

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 478

Uitsnijden van varkenskarkassen voor het opstellen van een formule om het vleespercentage met de HGP7 (Hennessy Grading Probe), CGM (Capteur Gras/Maigre-Sydel) en de CSB (Image Meater) te schatten

Mei 2011

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2011

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt
geen aansprakelijkheid voor eventuele schade
voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van
dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central
Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting
Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen
met het Departement Dierwetenschappen van
Wageningen University de Animal Sciences Group
van Wageningen UR (University & Research
centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

For each of the instruments HGP7, CGM and CSB-Image-Meater a prediction formula for the percentage lean meat in a pig carcass was derived.

Keywords

Classification, slaughter pigs, meat%

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

Bert Lambooij
Bas Engel
Willem Buist
Pieter Vereijken

Titel

Uitsnijden van varkenskarkassen voor het
opstellen van een formule om het
vleespercentage met de HGP7 (Hennessy
Grading Probe), CGM (Capteur Gras/Maigre-
Sydel) en de CSB (Image Meater) te schatten

Rapport 478

Samenvatting

Het opstellen van een schattingsformule van
het vleespercentage voor de HGP7, CGM en
CSB-Image-Meater voor slachtvarkens

Trefwoorden

Classificatie, slachtvarkens, vleespercentage

Rapport 478

Uitsnijden van varkenskarkassen voor het opstellen van een formule om het vleespercentage met de HGP7 (Hennessy Grading Probe), CGM (Capteur Gras/Maigre-Sydel) en de CSB (Image Meater) te schatten

Lean meat equation for the Hennessy Grading Probe (HGP7), Capteur Gras/Maigre-Sydel (CGM and CSB-Image-Meater (CSB)).

Bert Lambooij

Bas Engel

Willem Buist

Pieter Vereijken

Mei 2011

Voorwoord

Het mager-vleespercentage is de belangrijkste graadmeter voor de classificatie van het varkenskarkas, die de basis vormt voor de uitbetaling aan de producent en voor het vermarkten van het karkas in alle landen van de EU. Het doel van classificatie is het schatten van het mager-vleespercentage in het karkas.

Het mager-vleespercentage wordt geschat met behulp van een formule die in Nederland in de HGP (Hennessy Grading Probe) is ingebouwd. De HGP meet de spier- en spekdikte tussen de 3^e en 4^e rib, 6 cm uit de mediaan. De voorspellingsformule is met statistische methoden berekend uit gegevens van het uitsnijden van 180 varkenskarkassen (Engel, Lambooij, Buist, Reimert & Mateman, 2006). De huidige HGP2 is verouderd en onderhoud wordt niet langer door de leverancier ondersteund. Een nieuwe versie de HGP7 is op de markt beschikbaar. Een ander apparaat, dat op dezelfde manier meet, is de CGM (Capteur Gras/Maigre – Sydel). Een relatief nieuwe meetmethode is het meten van de spek- en spierdikte op verschillende plaatsen op de doorsnede van het halve karkas m.b.v. beeldherkenning (CSB-Image-Meater). Deze drie instrumenten kunnen mogelijk geschikt zijn voor toepassing in Nederlandse varkens slachterijen.

Samenvatting

Het mager-vleespercentage wordt geschat met behulp van een formule die in Nederland in de Hennessy Grading Probe (HGP) is ingebouwd. De huidige HGP2 is verouderd en onderhoud wordt niet langer door de leverancier ondersteund. Een ander apparaat is de Capteur Gras/Maire - Sydel (CGM). Een relatief nieuwe meetmethode is het meten van de spek- en spierdikte op verschillende plaatsen op de doorsnede van het halve karkas m.b.v. beeldherkenning CSB-Image-Meater. De doelstelling is het opstellen van een schattingsformule van het vleespercentage voor de HGP7, CGM en CSB-Image-Meater volgens de EU-richtlijnen voor gelten, beren en borgen.

De karkassen zijn uitgesneden volgens de EU-referentiemethode (Walstra & Merkus, 1996). In totaal zijn karkassen van 69 beren, 44 borgen en 79 gelten uitgesneden. Karkassen buiten de gewichtsklassen van 73,5 tot 107,5 kg zijn niet meegenomen. De karkassen zijn uit varkens van vier slachthuizen geselecteerd. (VION in Helmond, Apeldoorn en Druten, Compaxo in Zevenaar).

De uitsnijdingen zijn uitgevoerd aan de linkerhelft door twee gekwalificeerde uitsnijders, die zijn geholpen door vier ervaren uitsnijders. De gewichten van de verschillende weefsels in de verschillende onderdelen zijn gewogen en opgeslagen.

De varkens zijn bij een slachthuis conform de Verordening Slachting en Weging Slachtvarkens geslacht, gewogen en geklassificeerd met de HGP7 en met de CGM en CSB apparatuur gemeten volgens de voorschriften. Indien de karkassen scheef zijn gehakt, is de mate hiervan bepaald.

Schattingsformules voor het bepalen van het mager-vleespercentage zijn voor de HGP7 en CGM opgesteld met gebruik van lineaire regressie en die van de CSB met partial least squares (PLS).

Wanneer er te veel karkassen in een groep waren zijn deze at random verwijderd om tot een 60-40-60 (gelten-borgen-beren) te komen.

De HGP7 en CGM zijn probes, die twee parameters meten nl. spek- en spierdikte. Voor de HGP7 en CGM zijn er geen aanwijzingen voor de noodzaak om met aparte formules per sekse te werken; één overall formule is genoeg.

De formules luiden als volgt:

HGP7: $LMP = 65,92 - 0,6337 \times spek + 0,0446 \times spier$ n = 160, RMSPE = 2,10%

CGM: $LMP = 66,86 - 0,6549 \times spek + 0,0207 \times spier$, n = 160, RMSPE = 2,20%

De CSB-Image-Meater verzamelt 16 objectieve metingen. De overall formule is: $LMP = 65,2212 - 0,2741 S + 0,0160 F - 0,0302 ML - 0,2648 MS + 0,0831 MF - 0,1002 WL - 0,0509 WaS + 0,0172 WaF - 0,0169 WbS + 0,0006 WbF + 0,0341 WcS - 0,0097 WcF + 0,0223 WdS - 0,0008 WdF + 0,0132 ES - 0,0124 IS$,

n = 160, RMSEP = 2,02%,

Conclusies:

- De HGP7, CGM en CSB-Image-Meater meten correct wanneer de apparatuur volgens de voorschriften wordt gebruikt.
- Formule voor het schatten van het vleespercentage zijn opgesteld voor de HGP7, CGM en CSB, waarbij de schattingsfouten respectievelijk 2,10, 2,20 en 2,02% zijn. Deze schattingsfouten verschillen niet significant van elkaar.

De keuze voor nieuwe apparatuur kan op praktische gronden worden gemaakt.

Summary

For each of the instruments HGP7, CGM and CSB-Image-Meater a prediction formula for the percentage lean meat in a pig carcass, derived from objective carcass measurements, was derived. For each instrument, a single formula was derived that will be applied to all pigs in the slaughter line.

The slaughter pigs were selected from four slaughterhouses (VION in Helmond, Apeldoorn and Druten, Compaxo in Zevenaar) and slaughtered according the EC regulations. Carcasses were dissected the day after slaughter, according to the EU reference dissection method, by skilled technicians.

Actually, three proportional samples were taken: a separate sample for entire males ($n=69$), castrated males ($n=44$) and females ($n=79$). Carcasses with carcass weight outside the range from 73.5 to 107.5 (kg) were not included to avoid the truly unusual carcasses. HGP7 and CGM are both invasive and use the same position on the carcass. The needle of the CGM is thicker than the needle of the HGP7. Each carcass was measured first by CSB, than by HGP7, and finally by CGM. Consequently, the CGM measurement was performed in the same puncture that was made by the HGP7 measurement.

Calculation of the constant and coefficients of the prediction formula for HGP7 and CGM is equivalent to application of weighted linear regression. For CSB the prediction formula was calculated by partial least squares (PLS). When there were too much carcasses in a group, they were deleted at random to receive 60-40-60 (sows-castrated males-boars).

The proposed prediction formula for HGP7 is:

$$LMP = 65.92 - 0.6337 \times Fat + 0.0446 \times Muscle, \quad RMSEP = 2.10\%, n = 160.$$

The proposed prediction formula for CGM is:

$$LMP = 66.86 - 0.6549 \times Fat + 0.0207 \times Muscle, \quad RMSEP = 2.20\%, n = 160.$$

The proposed prediction formula, as obtained by PLS with four t-variables (dimension PLS model = 4) is:

$$\begin{aligned} LMP = & 65.2212 - 0.2741 S + 0.0160 F - 0.0302 ML - 0.2648 MS + 0.0831 MF - 0.1002 WL - 0.0509 \\ & W_a S + 0.0172 W_a F - 0.0169 W_b S + 0.0006 W_b F + 0.0341 W_c S - 0.0097 W_c F + 0.0223 W_d S - 0.0008 \\ & W_d F + 0.0132 ES - 0.0124 IS, \quad RMSEP = 2.02\%, n = 160. \end{aligned}$$

For an ordinary linear regression with two objective measurements (x-variables), $n = 160$ dissected carcasses, and a true value for the residual standard deviation (*RSD*) of about 2, the estimated *RSD* can roughly range from 1.8 to 2.2%. So, from one dissection experiment to another, while the two experiments are conducted in the same way, estimated *RSDs* can easily differ by 0.2%. The *RMSEP* is only slightly larger than the *RSD*, for 160 dissected carcasses. Using this as a yardstick for comparison of the three instruments evaluated in this note, we can only conclude that from a statistical point of view, these instruments have similar accuracy. The choice between them can be entirely made on practical grounds.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1 Inleiding	1
2 Materiaal en methode	2
2.1 Fase a: Aanvraag.....	2
2.2 Fase b1: Uitsnijden van karkassen	2
2.3 Fase c: Opstellen van de formule voor vleespercentage.....	3
3 Resultaten.....	4
3.1 Fase a: Aanvraag.....	4
3.2 Fase b1: Uitsnijden van karkassen	4
3.3 Fase c: Opstellen van de formule voor vleespercentage.....	4
3.4 Fase d: Goedkeuring.....	5
4 Discussie	6
5 Conclusies.....	8
Dankbetuiging.....	9
Literatuur	10
Bijlagen.....	11

1 Inleiding

In 1930 zijn al in Nederland varkens geklassificeerd. De latere systemen zijn door het Productschap Vee en Vlees geïmplementeerd in de regelgeving. Het bestuur stelt de verordening vast op advies van de Adviescommissie Varkens. In de commissie zitten vertegenwoordigers uit alle sectoren, inclusief onderzoekschakels van de kolom. Classificatie is verplicht als er in een slachterij meer dan 10.000 varkens per jaar worden geslacht.

Er zijn verschillende instrumenten om objectief de spier- en spekdikte te meten. Deze metingen worden gebruikt voor het schatten van het vleespercentage. De formule voor de schatting komt tot stand op basis van een anatomische dissectie van de verschillende kruisingen en typen varkens die in een regio zoals Nederland worden geslacht. De volledige anatomische dissectie was de gebruikelijke referentie van de classificatie. Later is een goedkopere referentie op basis van economische waarde gedefinieerd.

Nieuwe technologieën als alternatief voor anatomische dissectie zijn nu mogelijk. In het EUpiglass project zijn de oude methoden geëvalueerd en de nieuwe methoden onderzocht op toepasbaarheid. Alternatieve indirekte methoden zijn Vision, X-Ray (röntgenstralen) CT-scan en MRI-scan (Magnetic Resonance Image). Uit het onderzoek bleek, dat de CT-scan het meeste perspectief bood voor het bepalen van het mager-vleespercentage, naast de traditionele referentie uitsnijmethode. Een nadeel zijn de hoge kosten van het scannen en vervolgens uitwerken van de resultaten. Uiteindelijk zijn de kosten vergelijkbaar met de traditionele uitsnijmethode. Deze laatste methode is voor dit onderzoek verkozen voor het berekenen van het mager-vleespercentage.

Het mager-vleespercentage wordt geschat met behulp van een formule die in Nederland in de Hennessy Grading Probe (HGP) is ingebouwd. De HGP meet de spier- en spekdikte tussen de 3e derde en 4e vierde rib, 6 zes cm uit de mediaan (Buts e.a., 1998). De voorspellingsformule is met statistische methoden berekend uit gegevens van het uitsnijden van 180 varkenskarkassen (Engel e.a., 2006). De huidige HGP2 is verouderd en wordt niet meer door de leverancier ondersteund. Een ander apparaat is de Capteur Gras/Maigre – Sydel (CGM). Deze werkt in principe op dezelfde wijze en wordt in o.a. in Frankrijk en Polen gebruikt. De CGM heeft een dikker meetnaald en andere software. Een relatief nieuwe meetmethode is het meten van de spek- en spierdikte op verschillende plaatsen op de doorsnede van het halve karkas m.b.v. het de CSB-Image-Meater (Betteray, 1998).

Goedkeuring van apparatuur door de EU voor classificatie is vereist en dient gebaseerd te zijn op vaststelling van het percentage mager vlees volgens een door de EU vastgestelde en door Walstra en Merkus (1996) beschreven nieuwe EU-referentiemethode voor dissectie.

Doelstelling

- 1) Begeleiding van de selectie van karkassen en van de dissectie volgens de referentie methode en evaluatie van de mogelijkheden van HGP7, CGM en CSB-Image-Meater voor implementatie in Nederlandse slachthuizen.

Validering van het systeem, waarbij volgens de EU-richtlijnen schattingsformules voor het bepalen van vleespercentages in karkassen van gelten, borgen en beren worden opgesteld.

2 Materiaal en methode

2.1 Fase a: Aanvraag

De uitvoering van de steekproef is vóór het uitsnijden aan het “EU Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets” voorgelegd. De aanvraag is volgens het protocol uitgevoerd.

2.2 Fase b1: Uitsnijden van karkassen

Deze fase van het onderzoek betreft het ontwikkelen van een schattingsformule voor het vleespercentage van het karkas. De karkassen zijn uitgesneden volgens de EU-referentiemethode (Walstra & Merkus, 1996). De uitsnijdingen zijn uitgevoerd aan de linkerhelft door twee gekwalificeerde uitsnijders, die zijn geholpen door vier ervaren uitsnijders. De gewichten van de verschillende weefsels in de verschillende onderdelen zijn gewogen en opgeslagen. De karkassen voor dissec tie zijn verzameld naar regio, gewicht, sekse en spekdikte.

Regionaal	proportioneel
Karkasgewicht	tussen 2,5 en 97,5%
Sekse	60 gelten, 40 borgen en 60 beren
Spekdikte	5 klassen proportioneel per sekse

De varkens zijn, volgens de EU voorschriften, uit vier slachthuizen betrokken (VION in Helmond, Apeldoorn en Druten, Compaxo in Zevenaar) t.b.v. de regionale verdeling. Geselecteerde varkens of hele vrachten met varkens zijn vervoerd naar het slachthuis (in Helmond) waar de uitsnijdingen plaats hebben gevonden. Een karkas is visueel geselecteerd, niet geclasseerd, maar wel gemerkt en gescand met de CSB-Image-Meater. Daarna zijn de karkassen uitgeraaid en geprikt met de twee te testen apparaten. Eerst met de HGP7 en daarna met de CGM (Olsen e.a. 2007).

De varkens zijn uiteindelijk geselecteerd voor uitsnijding op grond van de HGP7 spekdikte meting. Aparte steekproeven zijn genomen voor beren, borgen en gelten. Dit in verband met de latere berekening van de voorspellingsnauwkeurigheid bij een eventueel aanwezig sekse-effect en indien nodig ook formules te kunnen ontwikkelen bij een wijziging in de sekseverhouding. De steekproeven zijn proportioneel, dat wil zeggen dat de steekproefproporties in de klassen zo gelijk mogelijk zijn gekozen aan de proporties in de Nederlands varkens populatie. De selectie heeft als bedoeling om willekeurige steekproeven (random steekproeven) na te bootsen.

Tabel 1 Berekende klassegrenzen voor de 5 spekdikte klassen per sekse voor de HGP7

Fat class HGP7	spekdikte	Beren	Borgen	Gelten
1	9%	≤12,2	≤14,1	≤12,2
2	29%	≤14,1	≤16,0	≤14,1
3	71%	≤16,4	≤19,1	≤17,2
4	91%	≤18,7	≤22,2	≤19,5
5		>18,7	>22,2	>19,5

Aan de hand van praktijk data (Centraal Bureau Slachtveediensten, BV CBS) is nagegaan wat de aantallen karkassen in de spekdikte klassen in de steekproef moeten zijn. Voor de klasse grenzen zijn percentage punten uit de praktijk data genomen: de 9, 29, 71 en 91% punten (of waarden die in de buurt daarvan liggen) uit de praktijk. De klassegrenzen zijn berekend voor HGP2, omdat alleen met dit apparaat gegevens over spekdikte en sekse van het varken beschikbaar waren. In een pilot proef waarin varkenskarkassen zowel met HGP2 als HGP7 zijn gemeten is de relatie tussen HGP7 en HGP2 gelegd. Vervolgens zijn de klassegrenzen omgerekend voor HGP7. De berekende klasse grenzen voor de HGP7 staan vermeld in tabel 1. In totaal zijn karkassen van 69 beren, 44 borgen en 79 gelten uitgesneden. Karkassen buiten de gewichtsklassen van 73,5 tot 107,5 kg zijn niet meegenomen. Wanneer er te veel karkassen in een groep waren zijn deze at random verwijderd om tot een 60-40-60 (gelten-borgen-beren) te komen (tabel 2).

Tabel 2 Aantal karkassen in de verschillende vet klassen gemeten met de HGP7 (tussen haakjes het werkelijk gebruikte aantal voor de berekening)

Vet klasse	Gelten	Borgen	Beren
1	5 (5)	3 (3)	5 (5)
2	12 (13)	8 (8)	12 (12)
3	26 (25)	18 (17)	26 (27)
4	18 (17)	8 (9)	12 (11)
5	5 (5)	3 (3)	5 (5)
Totaal	60	40	60

2.3 Fase c: Opstellen van de formule voor vleespercentage

De statistische berekeningen (Causeur e.a., 2006) hangen af van het aantal x-variabelen (prediktoren, karkasmetingen of samenvattingen daarvan). Bij een gering aantal x-variabelen, niet meer dan 5, kan gewone lineaire regressie worden gebruikt. Bij een groot aantal x-variabelen, stel tientallen en misschien wel meer dan 100, kan regressie niet meer met goed resultaat worden aangewend. In dat geval gebruikt men vaak Partial Least Squares (PLS). Deze methode is oorspronkelijk ontwikkeld voor nabij infraroodmetingen (NIR), maar wordt inmiddels op velerlei terreinen toegepast. In de nieuwe EG-regelgeving is regressie als standaard methode vervangen door PLS.

PLS bestaat uit twee stappen. Eerst wordt het grote aantal x-variabelen samengevat in een beperkt aantal samenvattende nieuwe variabelen. Deze nieuwe variabelen zijn in feite gewogen gemiddelden van de oorspronkelijke variabelen. Vervolgens wordt met de beperkte nieuwe set van x-variabelen, de zogenaamde t-variabelen, regressie toegepast.

Schattingsformules voor het bepalen van het mager-vleespercentage zijn voor de HGP7 en CGM opgesteld met gebruik van gewogen lineaire regressie en die van de CSB met PLS. De uitsnijprocedure en de berekende schattingssformules zijn beschreven in een werk document en ter goedkeuring aan het 'EU Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets' voorgelegd.

3 Resultaten

3.1 Fase a: Aanvraag

Het protocol van de uitvoering van de steekproef is aan het "EU Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets" voorgelegd. Dit comité heeft het protocol goedgekeurd. Daarna zijn de uitsnijdingen begonnen.

De aanvraag is beschreven in bijlage 1.

3.2 Fase b1: Uitsnijden van karkassen

Elk karkas is eerst gemeten met de CSB-Image-Meater, daarna uitgeraaid en in de koelcel gemeten met de HGP7. Als het karkas binnen de geselecteerde groep (gelt, beer, borg, 5 spekklassen) paste is gemeten met de CGM. De prikker van het CGM pistool is dikker in diameter dan die van de HGP7. Om deze reden is besloten altijd eerst HGP7 pistool te gebruiken. Het is toegestaan om twee maal2x in hetzelfde gat te prikken (Olsen et al, 2007).

Na koeling zijn de halve karkassen de volgende dag volgens de EU referentie methode uitgesneden. Er is gekozen voor een proportioneel deel van 40 borgen karkassen, omdat in de toekomst beren niet meer gecastreerd zullen worden. Er is gekozen voor een totaal van 60 karkassen van gelten en beren. Op die manier is ook om aan de eis van de EU regelgeving te voldaan om de uitsnijgegevens van minimaal 120 karkassen in de formule te verwerken wanneer de borgen niet worden meegenomen. In totaal zijn karkassen van 69 beren, 44 borgen en 79 zeugen uitgesneden. Karkassen buiten de gewichtsklassen van 73,5 tot 107,5 kg zijn niet meegenomen. Aangezien er te veel karkassen zijn uitgesneden zijn er karkassen aselect uitgekozen en verwijderd, wanneer er te veel karkassen in een groep waren. Er was een karkas te kort in een groep bij elke sekse. Drie karkassen van de naast gelegen groep werden gebruikt. Dezelfde karkassen zijn gebruikt voor alle drie de meet systemen.

3.3 Fase c: Opstellen van de formule voor vleespercentage

De statistische berekeningen voor het 'EU Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets' staan in bijlage 2 vermeld. De juistheid van de voorspelling is geëvalueerd in termen van 'root mean squared error of prediction' (RMSEP) met gebruik van leave-one-out volgens de EU richtlijnen en het statistisch handboek voor varkens classificatie (Causeur et al, 2006).

De HGP7 en CGM zijn probes, die twee parameters meten namelijk spek- en spierdikte. De berekeningen zijn uitgevoerd met een gewogen discriminant analyse. Voor de HGP7 en CGM zijn er geen aanwijzingen voor de noodzaak om met aparte formules per sekse te werken; één overall formule is genoeg. De overall formule geeft voorspellingen van dezelfde kwaliteit als formules berekend voor de afzonderlijke seksen.

De formules luiden als volgt:

Formule HGP7:

$$LMP = 65,92 - 0,6337 \times \text{spek} + 0,0446 \times \text{spier}$$

$$n = 160, \text{ RMSPE} = 2,10\%$$

Formule CGM:

$$LMP = 66,86 - 0,6549 \times \text{spek} + 0,0207 \times \text{spier}$$

$$n = 160, \text{ RMSPE} = 2,20\%$$

De CSB-Image-Meater verzamelt 160 objectieve metingen. Een overall formule is met PLS verkregen uit de 160 beschikbare karkassen. Daarnaast zijn nog de resultaten bekeken met principale componenten regressie en gewone regressie met subset selectie. Deze technieken leveren echter geen betere resultaten dan PLS.

Formule CSB:

$$LMP = 65.2212 - 0.2741 S + 0.0160 F - 0.0302 ML - 0.2648 MS + 0.0831 MF - 0.1002 WL - 0.0509 WaS + 0.0172 WaF - 0.0169 WbS + 0.0006 WbF + 0.0341 WcS - 0.0097 WcF + 0.0223 WdS - 0.0008 WdF + 0.0132 ES - 0.0124 IS,$$

n = 160, RMSEP = 2,02%

De 10 metingen op de split lijn zijn (mm)

S = spekdikte, minimale spekdikte gluteus medius spier

F = spierdikte, minimale spierdikte tussen de anteriore en dorsale deel van het medullaire kanaal van de gluteus medius spier

ML = lengte van de gluteus medius spier.

MS = gemiddelde spekdikte van de musculus gluteus medius spier

MF = gemiddelde vleesdikte van de musculus gluteus medius spier

WL = gemiddelde lengte van de afzonderlijke wervellichamen inclusief tussenwervelschijf

Wa,b,c,dS = gemiddelde spekdikte van de wervel (Wa ... Wd)

Wa,b,c,dF = gemiddelde vleesdikte van de wervel (Wa ... Wd)

ES = gemiddelde spekdikte van de externe speklaag boven de wervel

IS = gemiddelde spekdikte van de interne speklaag boven de wervel

3.4 Fase d: Goedkeuring

Het protocol voor de goedkeuring van de resultaten en de formules voor de HGP7, CGM en CSB zijn aan het "EU Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets" voorgelegd. Dit comité heeft het protocol goedgekeurd, zodat de formules geïmplementeerd mogen worden.

Het protocol met formules is beschreven in bijlage 2. De schattingfouten tussen de drie apparaten verschillen niet significant van elkaar.

4 Discussie

Bij de huidige classificatie met een enkelvoudige meting zijn de beste voorspellers de spekdiktematen tussen de derde en vierde rib van achteren gemeten 6 of 7 cm opzij van de mediaan. De zijspekdiktemeting geeft een betere voorspelling dan de spekdikte op de mediaan.

Bij toepassing van visionsystemen bij de classificatie van varkens met als doel het schatten van het vleespercentage, moet het vleespercentage worden afgeleid uit de lijnen die op het karkassnijvlak worden geprojecteerd. Deze lijnen moeten een absolute spekdikte en eventueel ook spierdikte aangeven.

Nieuwe instrumentele methoden zijn automatisch, non-invasief, snel en nauwkeurig. De potentiele voordelen van automatische en non-invasieve vision methoden zijn:

- geen invloed van menselijke factoren bij de meting zelf,
- minder hygiënische risico's,
- mogelijkheid om meerdere parameters in de schattingssformule op te nemen,
- mogelijkheid van het schatten van het gewicht en vleespercentage in onderdelen.

Een potentieel nadeel van beeldherkenningstechnieken is:

- effect van scheef doorhakken op de meting op het snijvlak.

Discriminatie van seksen wordt bij de huidige schatting van het vleespercentage met de HGP niet toegepast. Berekeningen met de statistische methode PCA geven aan dat de verschillen tussen seksen klein zijn. Nog bij schatting van het vleespercentage m.b.v. HGP of CGM, noch bij de schatting m.b.v. CSB-Image-Meater wordt aanbevolen om de invloed van de sekse in de berekening mee te nemen: het levert geen winst op in voorspellingsnauwkeurigheid.

We kunnen niet anders dan constateren dat de relatie tussen vleespercentage en de twee huidige HGP maten van de vet- en spierdikte niet veel is veranderd gedurende de afgelopen jaren. Het vleespercentage was echter gebaseerd op de volgende formule:

$$\% \text{ vlees:} = C \times 100 \times \frac{\text{Som4 (J - SSF - IF - B) + T}}{\text{Som12 J}}$$

C = 1,3

J = gewicht van de delen voor dissectie

SSF = gewicht huid met subcutaan vet

IF = gewicht intermusculair vet

B = gewicht van de beenderen

T = gewicht van de haas

Som4 = som van de gewichten van de delen (schouder, karbonadestreng, ham en buik)

Som12 = som van de gewichten van alle 12 delen

De constante C van 1,3 is in 2006 vervangen door de constante van 0,89, omdat uit anatomische dissecties bleek dat deze constante een betere voorspeller zou zijn (European Community, 2008). Met de nieuwe constante in het vleespercentage zouden in Nederland verschillen tussen de seksen optreden wanneer we het nieuwe vleespercentage zouden voorspellen met de spek en spierdikte maten van de HGP2. Naast de constante is ook de noemer is veranderd namelijk het gewicht van de versneden deelstukken (schouder, karbonadestreng, ham en buik) wordt niet meer opgeteld bij het gewicht van de haas en het gewicht van de overige deelstukken. Het vleespercentage is nu op de nieuwe formule gebaseerd:

$$\% \text{ vlees} = 0,89 \times 100 \times \frac{\text{gewicht haas + gewicht spier in schouder, karbonadestreng, ham en buik}}{\text{gewicht haas + gewicht versneden deelstukken}}$$

Het vleespercentage volgens de oude en nieuwe formule verschillen behoorlijk van elkaar voor Nederlandse varkens. Afhankelijk van de sekse kan dat oplopen tot een verschil van 2,7%. Er zijn andere lidstaten waar dergelijke grote verschillen ook optreden. Daar er ook lidstaten zullen zijn waar het nieuwe percentage juist lager kan uitvallen, zijn onderlinge verschuivingen in de orde van grootte van 4% denkbaar. De overgang naar het nieuwe percentage en/of het naast elkaar bestaan van voorspellingsformules voor het oude en het nieuwe percentage kunnen dus aanzienlijke verschuivingen tussen lidstaten met zich mee brengen.

De HGP7 en CGM met de nieuwe formules voorspellen gemiddeld dezelfde mager-vleespercentages. Het verschil op basis van de 160 karkassen die voor de uitsnijproef zijn gebruikt bedraagt 0,007%. Het blijkt uit de eerste resultaten in de praktijk dat gemiddeld de HGP7 én de CGM ongeveer 2% punten hogere mager-vleespercentages geven, bijvoorbeeld 56,73% HGP2 en 58,71% (nieuwe formule). Die 2% verschil betreft het gemiddelde. Het verschil van 2% komt omdat het EG vleespercentage nu anders wordt berekend dan voorheen. Het verschil zit dus niet in de overgang naar een ander apparaat, maar in het feit dat de EU de definitie van het EU vleespercentage op basis van uitsnijding anders heeft gedefinieerd. De kern van het probleem is dat er een cosmetische factor is bepaald bij de overgang naar het nieuwe percentage, waarmee het nieuwe percentage is vermenigvuldigd, zodat het gemiddelde percentage in de hele EU ongeveer op 'zijn plaats blijft. Wanneer we alleen naar Nederland zouden kijken zou deze cosmetische factor 0.86 moeten zijn om het vleespercentage op hetzelfde niveau te houden.

5 Conclusies

- De HGP7, CGM en CSB meten correct wanneer de apparatuur volgens de voorschriften wordt gebruikt.
- Formule voor het schatten van het vleespercentage zijn opgesteld voor de HGP7, CGM en CSB, waarbij de schattingfouten respectievelijk 2,10, 2,20 en 2,02 % zijn. Deze schattingfouten verschillen niet significant van elkaar.
- De keuze voor nieuwe apparatuur kan op praktische gronden worden gemaakt.

Dankbetuiging

Dit onderzoek is door het Productschap Vee en Vlees (PVV) gefinancierd. De auteurs danken de directeuren en staf van VION (Helmond) voor het beschikbaar stellen van de uitsnijders en de faciliteiten. Geschikte dieren zijn geleverd door VION en Compaxo. De karkassen zijn geselecteerd en geclassificeerd door classificateurs van BV CBS (onderdeel van CoMore) en technische begeleiding bij de uitsnijdingen is gegeven door C. Richter en S. Lescouhier (Universiteit van Gent).

Literatuur

- Betteray, K van. 1998. The CSB-Image-Meater: The new generation for grading slaughtered pigs. *Interface* 8: 12-15.
- Buts, B., Hulsegege, B., P. Sterrenburg en G.S.M. Merkus. 1992. Meervoudige spek- en spierdiktemetingen met de Hennessy Grading probe ter voorspelling van het EG-vleespercentage in de belangrijkste karkasonderdelen. IVO-DLO Rapport B-374.
- Causeur, D., Daumas, G., Dhorne, T., Engel, B., Font i Furnols, M.. Højsgaard, S. (2006). *Statistical handbook for assessing pig classification methods: recommendations from the EUPIGCLASS project group*. EU working document.
- Engel, B., Lambooij, E., Buist, W.G., Reimert, H., Mateman, G. (2006). Prediction of the percentage lean of pig carcasses with a small or a large number of instrumental carcass measurements – an illustration with HGP and Vision. *Animal Science* 82: 919-928.
- European Community, 2008. Commission Regulation (EC) N0. 1249/2008. Laying down detailed rules on the implementation of the Community scales for the classification of beef, pig and sheep carcasses and the reporting of prices therof.
- GenStat (2009). *GenStat release 13 reference manual*. VSN Int. Hemel Hempstead, UK.
- Olsen, E.V., Candek-Potokar, M., Oksama, M., Kien, S., Lisiak, D., Busk, H. (2007). On-line measurements in pig carcass classification: Repeatability and variation caused by the operator and the copy of instrument. *Meat Science* 75: 29–38.
- Walstra, P. and G.S.M. Merkus. 1996. Procedure for assessment of the lean meat percentage as a consequence of the new EU reference dissection method in pig carcass classification. Annex to Commission Regulation Nr. 3127/94. Report ID-DLO 96.014.

Bijlagen

Bijlage 1

WORKING DOCUMENT

Grading of pig carcasses

Part one of the protocol provided for in annex II of regulation (EC) No. 1249/2008 submitted by the Netherlands authorities with a view to a dissection trial

**Lean meat equation for the Hennessy Grading Probe 7 (HGP7)
Capteur Gras/Maigre – Sydel (CGM) and CSB-Image-Meater**

Presented to the EU Management Committee for the Common Organisation of the Agricultural Markets

An application for a dissection trial for approval of lean meat equations for the HGP-probe7, CGM and CSB-system in the Netherlands in accordance with the EU reference dissection method

1. Introduction

Grading of pig carcasses is carried out with the Hennessy Grading Probe 2 (HGP2) in the Netherlands since July 1987 and the prediction equation was upgraded since 1 July 2006. The classification is controlled by the Committee Quality Control Classification. The pigs are classified by an independent organisation i.e. Central Office for Slaughter Services (BV CBS). The percentage of pigs classified is 97%.

The present estimated lean meat formula is based on the EU reference dissection: Working document part 2 "Lean meat equation for a VISION system and upgrading of the HGP-probe2" of 2005.

A new prediction formula will be derived for the CGM probe, for a new version of the HGP-probe (HGP7) and for the CSB-Image-Meater, from the data collected in a dissection trial performed in accordance with the EU reference dissection method. The instruments and prediction formula will be submitted for approval.

2. Description of the production of pig meat in the Netherlands

During 2010 approximately 14,5 million pigs will be slaughtered in the Netherlands, comprising 50% females, 30% castrated males and 20% entire males. The average carcass weight is 92 kg and the estimated percentage lean meat 56.7%. The pigs are slaughtered at 19 private plants (over 10.000 slaughterings/year). More than 65% of the pigs is slaughtered by the VION Food Group.

The Dutch pig population is largely derived from four basic breed crosses Landrace (LR), Yorkshire Dam Line (Y), Duroc (D), Large White (LW) and Pietrain (P):

- TOPIGS (80 – 85 %) with a terminal sire D (30%) or P (30%) or LW (40%) and mother breed Y x LR
- Hypor (5 – 7%) with a terminal sire P and mother breed Y x LR
- Imported genetic products (8 – 10%) from PIC, BHZP and Danbred

One company has more than one slaughterhouse. In general the 19 slaughterhouses are concentrated in the Eastern and Southern parts of the Netherlands.

3. Sampling of carcasses for grading and dissection

The carcasses will be selected from four slaughterhouses at Helmond and Apeldoorn of the VION Food Group, at Zevenaar of Compaxo and at Helmond of Van Rooi Meat and transported (if needed) to the plant at Helmond where they will be dissected. These slaughterhouses belong to the larger slaughterhouses and slaughter the different pig populations in The Netherlands. Carcasses will be dissected the day after slaughter, according to the EU reference dissection method (Walstra & Merkus, 1996), by skilled technicians, superintended by scientists of the Livestock Research of Wageningen University and Research Centre. A total of 135 carcasses, comprising 45 females, 45 castrated males and 45 males, will be dissected. When the statistical analysis shows that there is an effect of gender on the relationship between the percentage lean meat and the instrumental carcass measurements, another 40 carcasses (20 entire males and 20 females) will be dissected. This in order to allow for future absence of castrated males, in which case the number of remaining carcasses for females and entire males will be 130 (exceeding the minimum number of 120 as required by the regulations).

Prior to dissection, each carcass will be measured by HGP7 and by CGM at the third to fourth from last rib position, 6 cm from the dorsal mid line and by the CSB-Image-Meater. The sampling of carcasses for dissection will be performed according to the region, class of fat thickness and gender:

- Regions East and South: proportional
- Fat thickness: five classes, proportional
- Males, castrated males and females: 45 carcasses each
- Carcass weight between 2.5 and 97.5% points

A single prediction formula for all sexes will be constructed. Carcasses from each sex will be selected on the basis of back fat thickness, measured at the third to fourth from last rib position, 6 cm from the dorsal mid line, either by HGP7 or CGM. Five back fat classes will be used, separately for females, entire males and castrated males. Sampling will be proportional for each sex. The boundary values for the back fat classes will be derived from a large sample of representative slaughterhouse data that comprises HGP2 back fat thickness and gender. Results from two pilot experiments will be used to link back fat thickness by HGP2 to back fat thickness as measured by HGP7 and CGM. Some details are provided in the next section.

As in most proposals for a dissection experiment, the use of carcasses with extreme weights is avoided. Carcasses will only be included in the dissection experiment when carcass weight does not exceed the 2.5 and 97.5 percentile points for carcass weight. These percentile points will be derived from the aforementioned large representative sample of slaughterhouse data.

The sample of carcasses for dissection for each females, entire males and castrates will mimic a random sample from the Dutch pig population.

4. Statistical analyses

The statistical calculations will be performed by qualified statisticians of the division Biometris of Wageningen University and Research Centre, in accordance with the Commission Regulation (EC), No 1249/2008

It is planned to use ordinary linear regression for the evaluation of prediction with the HGP7, CGM and CSB-Image-Meater. In addition Partial Least Squares (PLS) will be considered for the CSB-Image-Meater.

A true random sample is almost impossible to obtain within a limited time span and a realistic budget. Therefore proportional samples are taken. Back fat classes are defined and representative numbers of animals will be selected from each class. The numbers in the classes will be chosen proportional to the numbers in the national population. The boundary values for the five back fat classes will be close to the 10, 30, 70 and 90% points of HGP7 and CGM back fat in the national population. Boundary values will be determined for each sex separately from the large sample of slaughterhouse data that comprises HGP2 back fat measurements and gender. From pilot experiments, where carcasses are measured both by HGP2 and either HGP7 or CGM, the relationships between HGP2 and HGP7 and CGM will be determined. Through these relationships separate boundary values for classes for back fat as measured with HGP7 or CGM will be derived for the sexes. Selection of carcasses will be based on back fat either measured by CGM or HGP7, which is still to be decided.

Both the RSD and RSMEP will be evaluated for the lean meat prediction formulae for the three instruments.

5. Time schedule

Sampling and dissection will start when this request for authorisation and part one of the protocol has been approved by the EU Management Committee for the Common Organisation of Agricultural Markets. The experiment is planned between July and November 2010.

6. Responsibility

This Working Document has been set up by Dr Bert Lambooij of Livestock Research of Wageningen UR at Lelystad.

Bijlage 2

WORKING DOCUMENT

Grading of pig carcasses

**Part two of the protocol provided for in annex II of regulation (EEC)
No. 1249 / 2008 submitted by the Netherlands authorities with a
view to a dissection trial**

**Lean meat equation for the Hennessy Grading Probe 7 (HGP7)
Capteur Gras/Maigre – Sydel (CGM) and CSB-Image-Meater (CSB)**

**Presented to the EU Management Committee for the Common
Organisation of the Agricultural Markets**

An application for approval of lean meat equations for the HGP probe7, CGM and CSB-system in the Netherlands in accordance with the EU reference dissection method

Results Dutch dissection experiment for HGP7, CGM, and CSB

Bas Engel ⁽¹⁾, Bert Lambooij ⁽²⁾, Willem Buist ⁽¹⁾, Pieter Vereijken ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Biometris, Wageningen UR, Wageningen

⁽²⁾ Livestock Research, Wageningen UR, Lelystad

1 Introduction

For each of the instruments HGP7, CGM and CSB a prediction formula for the percentage lean meat in a pig carcass, derived from objective carcass measurements, was derived. For each instrument, a single formula was derived that will be applied to all pigs in the slaughter line.

A change in the Dutch pig population is foreseen: castrated males are expected to be absent in the near future. Therefore, accuracy of prediction was calculated for different scenarios for the proportions of entire males, castrated males and females in the Dutch pig population, including the scenario where castrated males are completely absent. In order to be able to do so, separate samples of dissected carcasses were collected for entire males, castrated males and females in the Dutch pig population.

HGP7 and CGM are probes that collect only two objective carcass measurements (one fat and one muscle depth measurement). For these probes, calculations were based on (weighted) least squares. For vision system CSB, 16 objective carcass measurements are collected (variables related to fat and muscle depth and to length of the carcass), and partial least squares (PLS) was used. In addition, for CSB, the performance of principal component regression (PCR) and variable selection (subset selection) was studied as well.

The accuracy of prediction was evaluated in terms of the root mean squared error of prediction (*RMSEP*), employing leave-one-out, in accordance with the EC regulations and the statistical handbook for pig grading (Causeur et al., 2006).

It will be shown that the prediction formulae for HGP7, CGM and CSB have *RMSEP* below the upper limit of 2.5%, as required by the EC regulations, for a wide range of different population proportions of entire males, castrated males and females. In particular, the prediction formulae of HGP7, CGM and CSB have *RMSEP* below the required limit of 2.5% when castrated males would be absent from the Dutch pig population, i.e. when the prediction formula is used for entire males and females only. Therefore, HGP7, CGM and CSB and their associated prediction formulae are in compliance with the EC regulations for the present situation in The Netherlands, but also in a future situation where males are no longer castrated, and for the transition period in between.

2 Sampling

2.1 Proportional sampling

Considerations for sampling were the same as in Engel et al. (2006). For interpretation of the RMSEP, in terms of expected accuracy of prediction of a random carcass, it is convenient to collect a random sample of carcasses for dissection. However, collection of a sample of carcasses that is truly random is extremely difficult, involving sampling of carcasses from all slaughterhouses in a country or region throughout the year. Therefore, a proportional sample was taken. A proportional sample mimics a random sample. Actually, three proportional samples were taken: a separate sample for entire males, castrated males and females. A proportional sample of 40 carcasses was taken for castrated males. It is expected that castrated males will be absent in the near future in The Netherlands. For that reason, a proportional sample of 60 carcasses was collected for entire males and for females, in order that the minimum sample size of 120 dissected carcasses, as required by the EC regulations, was also reached without the castrated males.

2.2 Selection on back fat as measured by HGP7

HGP7 and CGM are both invasive and use the same position on the carcass. The needle of the CGM is thicker than the needle of the HGP7. Each carcass was measured first by CSB, than by HGP7, and finally by CGM. Consequently, the CGM measurement was performed in the same puncture that was made by the HGP7 measurement. It has been established (Olsen et al., 2007) that a repeated invasive measurement at the same position at a carcass is permissible. This was confirmed in a recent pilot experiment in The Netherlands, where measurements with HGP7 and HGP2 were taken at the same carcass position.

For entire males, castrated males and females separately, five classes were defined based on the HGP7 fat depth measurement. The back fat measurement by HGP7 was used for selection of the carcasses in the slaughter line. The boundary values for these classes were based on a large sample of representative slaughterhouse data, comprising back fat measurements with the HGP2 probe (that is presently used in The Netherlands) and gender. The boundary values were the 9, 29, 71 and 91 % percentile points for HGP2 fat depth for each of the sexes. HGP2 could not have been used for selection, since it is only allowed to use the same puncture twice. For that reason, the boundary values for HGP2 were transformed into boundary values for HGP7 by means of linear regression, based on a large sample of carcasses that were measured both by HGP2 and HGP7 in the aforementioned pilot experiment.

Table 1

Numbers of carcasses in HGP7 back fat classes per sex

Fat classes are numbered 1...5, boundary values are presented in the text.
Intended numbers of carcasses, and actual numbers (in parentheses).

HGP7 fat class	entire male	castrated male	female
low HGP7 fat 1	5 (5)	3 (3)	5 (5)
2	12 (13)	8 (8)	12 (12)
3	26 (25)	18 (17)	26 (27)
4	12 (12)	8 (9)	12 (11)
high HGP7 fat 5	5 (5)	3 (3)	5 (5)
Total sample size	60	40	60

The samples of dissected carcasses were proportional, i.e. we intended to have 5 (about 9% of 60) carcasses in the lowest fat class, 12 (5 + 12 = 17 is about 29% of 60) in the one but lowest fat class, etc. The four boundary values for HGP7 back fat used for entire males were 12.2, 14.1, 16.4 and 18.7 (mm), for castrated males 14.1, 16.0, 19.1 and 22.2 (mm), and for females 12.2, 14.1, 17.2 and 19.5 (mm). The intended numbers of carcasses in the HGP7 back fat classes are reproduced in Table 1. The actual numbers that were realized (in parentheses) are nearly the same. The total sample size is 160 carcasses. All carcasses were dissected in accordance with the EC regulations and the EC reference lean meat percentage was determined. The carcasses are presented according to the EU reference presentation as mentioned in Council regulation (EC) No 1234/2007.

Table 2
Summary statistics

HGP7 and CGM fat and muscle measurements, lean meat percentage (LMP) and carcass weight for entire males, castrated males, females and overall

Entire males	no.	mean	median	min.	max.	sd	%CV
HGP7 fat (mm)	60	15.4	15.8	9.6	21.8	2.43	15.8
HGP7 muscle (mm)	60	59.9	59.4	41.0	76.6	7.62	12.7
CGM fat (mm)	60	14.1	14.4	8.8	18.1	2.28	16.1
CGM muscle (mm)	60	59.1	59.2	42.8	80.0	7.94	13.4
LMP (%)	60	59.1	59.6	45.5	63.1	2.89	4.9
Weight (kg)	60	90.3	90.8	78.3	106.0	5.53	6.1
Castrated males	no.	mean	median	min.	max.	sd	%CV
HGP7 fat (mm)	40	17.8	17.8	11.8	23.6	2.85	16.1
HGP7 muscle (mm)	40	63.4	64.0	44.0	90.0	8.98	14.2
CGM fat (mm)	40	16.2	16.2	10.9	22.4	2.66	16.5
CGM muscle (mm)	40	64.9	64.0	48.3	82.4	8.46	13.1
LMP (%)	40	56.6	56.4	51.3	61.0	2.11	3.7
Weight (kg)	40	92.4	92.6	75.9	104.2	5.94	6.4
Females	no.	mean	median	min.	max.	sd	%CV
HGP7 fat (mm)	60	15.6	15.5	9.4	21.8	2.52	16.1
HGP7 muscle (mm)	60	67.0	67.6	52.0	85.4	8.20	12.2
CGM fat (mm)	60	14.2	14.2	9.8	21.1	2.45	17.2
CGM muscle (mm)	60	67.4	66.8	48.0	81.3	7.33	10.9
LMP (%)	60	59.1	59.2	52.1	65.2	2.59	4.4
Weight (kg)	60	93.3	92.2	81.8	110.8	5.58	6.0
Overall (ignoring sexes)	no.	mean	median	min.	max.	sd	%CV
HGP7 fat (mm)	160	16.1	16.0	9.4	23.6	2.74	17.1
HGP7 muscle (mm)	160	63.4	63.6	41.0	90.0	8.70	13.7
CGM fat (mm)	160	14.7	14.6	8.8	22.4	2.58	17.5
CGM muscle (mm)	160	63.6	63.9	42.8	82.4	8.62	13.6
LMP (%)	160	58.5	58.6	45.5	65.2	2.80	4.8
Weight (kg)	160	91.9	91.9	75.0	110.8	5.77	6.3

Carcasses with carcass weight outside the range from 73.5 to 107.5 (kg) were not included to avoid the truly unusual carcasses.

A number of extra carcasses was dissected. When there were too many carcasses in a back fat class, carcasses were randomly omitted. Due to a mishap, the intended numbers could not be reached for CSB. We were lacking one carcass for each sex in one of the fat classes. Three carcasses from neighboring classes were used. It was decided to use the same dissected carcasses for HGP7 and CGM, as for CSB, leading to the numbers that were actually realized, as given in parentheses in table 1. Some summary statistics of the dissected carcasses are presented in Table 2 for probes HGP7 and CGM.

3 Calculation of the prediction formula

3.1 Weighted least squares for HGP7 and CGM

For each probe, one overall formula will be used for all three sexes. The inverse of the numbers of carcasses per sex (1 / 60, 1 / 40 and 1 / 60) were added as weights, in order to correct for these different numbers. The following weighted sum of squares was minimized:

$$\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \hat{y}_{ij})^2, \quad (1)$$

where y_{ij} and \hat{y}_{ij} denote the lean meat percentage and associated prediction, for the j -th carcass of the i -th sex, $j=1 \dots n_i$ (60, 40 or 60), $i = 1, 2, 3$ (for entire males, castrated males and females, respectively). So, a priori, we have given equal weight to the three sexes. Calculation of the constant and coefficients of the prediction formula is equivalent to application of weighted linear regression.

All calculations were performed with GenStat (2009).

3.2 Partial least squares for CSB

For CSB the prediction formula was calculated by partial least squares (PLS), ignoring the sexes. In PLS the correlation matrix (rather than the covariance matrix) was used, i.e. variables were scaled by their standard deviations. Use of PLS is conform the statistical handbook for assessing pig classification methods (Causseur et al., 2006). The reasoning behind PLS is that underlying the original prediction variables there are a limited number of latent variables that represent the association among the prediction variables and the association between the prediction variables and the response. This idea is reflected in the algorithm by the calculation of a limited set of new variables (often referred to as t-variables). These t-variables are linear combinations of the original variables. The number of these t-variables used is referred to as the dimension.

Additional calculations were performed with principal components regression (PCR) and subset selection. With subset selection, the predictive performance of prediction formulae based on all possible subsets of the 16 CSB carcass measurements were inspected. Since subset selection was not part of the leave-one-out procedure, the *RMSEP* values were somewhat too low. For PCR the original 16 CSB measurements were replaced by a number of principal components, as obtained by principal components analysis, that capture most of the variation in the prediction variables.

All calculations were performed with GenStat (2009).

4 Evaluation of the RMSEP of a prediction formula (technical details)

The *RMSEP* was evaluated by the leave-one-out method. Each carcass (say with lean meat percentage y_{ij}) in turn was left out of the sample. A prediction formula was derived from the remaining carcasses. With this formula a prediction ($\hat{y}_{(ij)}$) was derived for the carcass that was omitted. The difference $r_{(ij)} = y_{ij} - \hat{y}_{(ij)}$ (referred to as a deletion residual) was calculated.

Suppose that the three sexes appear in the population with proportions p_1, p_2 and p_3 ($p_1 + p_2 + p_3 = 1$). The mean square error of prediction for a random carcass can be expressed in terms of separate mean square errors of prediction for a random carcass of each of the sexes:

$$E(y - \hat{y})^2 = \sum_{i=1}^3 p_i E((y - \hat{y})^2 | y \text{ from sex } i).$$

Because the samples per sex mimic random samples, the estimated *RMSEP* of the single prediction formula, as an estimate for the root mean square error of prediction of a random carcass from the Dutch pig population, can be expressed in terms of the estimated mean square errors of prediction (*MSEP*) of the separate sexes:

$$RMSEP = \sqrt{\sum_{i=1}^3 p_i MSEP_i}. \quad (2)$$

Here, the estimated $MSEP_i$ is obtained by restricting the deletion residuals to the i -th sex ($i = 1, 2, 3$):

$$MSEP_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} r_{(ij)}^2.$$

5 Evaluation of gender effects

The calculations involve the following steps.

1. A prediction formula was derived by weighted least squares cf. expression (1) for HGP7 and CGM. For CSB PLS was used.
2. The *RMSEP* for the overall formula was derived cf. expression (2), for a range of values for the proportions p_1, p_2 and p_3 for entire males, castrated males and females. The aim was to show that the *RMSEP* is robust against changes in the proportions p_1, p_2 and p_3 , and is below the upper limit of 2.5%.
3. In addition, for each sex, a separate prediction formula was derived by linear regression (for HGP7 and CGM) or PLS (for CSB), based on the carcasses for that sex only, and the overall *RMSEP* was evaluated for the proportions p_1, p_2 and p_3 for entire males, castrated males and females, again cf. expression (2).
4. For HGP7 and CGM, main effects and interaction terms for gender were included in a regression model, and F-tests for gender effects were performed.

Table 3 RMSEP

Root mean square error of prediction (*RMSEP*) for a random carcass of the single overall prediction formula and with separate formulae for the sexes. Expressed for various population proportions for entire males (M, proportion p_1), castrated males (C, proportion p_2) and females (F, proportion p_3). For all $n = 160$ carcasses, but also for the $n = 120$ carcasses of entire males and females only.

			HGP7 RMSEP (%)			
gender proportions			M, C and F <i>n</i> = 160		M and F only <i>n</i> = 120	
p_1	p_2	p_3	overall formula	formula per sex	overall formula	formula per sex
3/8	2/8	3/8	2.10	2.09	2.12	2.17
1/3	1/3	1/3	2.10	2.07	2.12	2.17
5/12	2/12	5/12	2.11	2.12	2.12	2.17
2/8	3/8	3/8	2.06	2.02	2.07	2.12
1/4	1/4	2/4	2.04	2.02	2.03	2.08
1/2	0	1/2	2.12	2.17	2.12	2.17
1/3	0	2/3	2.03	2.08	2.03	2.08
1/4	0	3/4	1.98	2.03	1.99	2.03

			CGM RMSEP (%)			
gender proportions			M, C and F <i>n</i> = 160		M and F only <i>n</i> = 120	
p_1	p_2	p_3	overall formula	formula per sex	overall formula	formula per sex
3/8	2/8	3/8	2.19	2.15	2.16	2.21
1/3	1/3	1/3	2.20	2.14	2.16	2.21
5/12	2/12	5/12	2.19	2.17	2.16	2.21
2/8	3/8	3/8	2.17	2.09	2.12	2.16
1/4	1/4	2/4	2.13	2.09	2.08	2.12
1/2	0	1/2	2.18	2.21	2.16	2.21
1/3	0	2/3	2.09	2.12	2.08	2.12
1/4	0	3/4	2.05	2.08	2.04	2.08

			CSB RMSEP (%)			
gender proportions			M, C and F <i>n</i> = 160		M and F only <i>n</i> = 120	
p_1	p_2	p_3	overall formula	formula per sex	overall formula	formula per sex
3/8	2/8	3/8	2.04	2.07	2.12	2.16
1/3	1/3	1/3	2.02	2.04	2.12	2.16
5/12	2/12	5/12	2.07	2.10	2.12	2.16
2/8	3/8	3/8	1.99	2.01	2.08	2.13
1/4	1/4	2/4	2.00	2.03	2.05	2.11
1/2	0	1/2	2.11	2.15	2.12	2.16
1/3	0	2/3	2.06	2.11	2.05	2.11
1/4	0	3/4	2.03	2.08	2.02	2.08

5. For CSB, the lean meat percentage was regressed on the new prediction variables (usually referred to as t-variables) as derived by PLS (ignoring gender). Main effects and interaction terms for gender were added to this regression, and F-tests for gender effects were calculated.
6. In addition to the formal tests in steps 4 and 5, the *RMSEP* values from steps 2 and 3 were compared to see whether there would have been any appreciable gain in the use of separate formulae for the sexes.

6 Results

6.1 Results for HGP7

Gender effects and RMSEP

F-tests for interaction between gender and fat or muscle depth measurements were not significant. F-tests for main effects showed a significant effect for gender ($P = 0.01$). Main effects for fat depth and muscle depth were significant as well ($P = 0.00$ and $P = 0.01$, respectively). Tests for interaction and main effects proved to be sensitive to the presence or absence of a relatively small number of carcasses. There were some outlying carcasses, one carcass in particular, that markedly affected *RMSEP*.

The prediction formula for HGP7 was calculated without the outlying carcass, but *RMSEP* values were calculated for all carcasses, including the aforementioned outlying carcass. In Table 3, the *RMSEP* values for a random carcass are shown for the single overall formula and for separate formulae per sex. Results are shown for various proportions of entire males, castrated males and females, including the 60-40-60 carcasses as proportions 3 / 8, 2 / 8 and 3 / 8. For instance, for the latter proportions, the *RMSEP* of the single overall formula, derived from all 160 carcasses, was 2.10%. Without the castrated males, the formula based on the remaining sexes showed an *RMSEP* of 2.12%, for the remaining 120 males and females. When separate formulae were used for the sexes, for a random carcass from the population, the overall *RMSEP* value for all three sexes was 2.09%, and for entire males and females 2.17%.

There was no appreciable gain in terms of *RMSEP* in using separate formulae for the sexes. There would be no appreciable gain either, in using a formula derived from entire males and females only, in a future situation where castrated males would be absent.

We conclude that the *RMSEP* of the single overall prediction formula, as proposed for the HGP7, is robust against changes in the proportions of the sexes, ranging from 1.98% to 2.12%.

A plot of the deletion residuals is shown in Figure 1a. The outlying carcass is clearly visible.

The prediction formula for HGP7

The proposed prediction formula for HGP7 is:

$$LMP = 65.92 - 0.6337 * Fat + 0.0446 * Muscle, \quad RMSEP = 2.10\%, n = 160.$$

where *LMP* is the predicted lean meat percentage and *Fat* and *Muscle* are the HGP7 fat and muscle depth measurements, as measured at the third to fourth rib from last rib position, 6 cm from the dorsal midline.

The *RMSEP* of 2.10%, as stated above, is for equal proportions of the three sexes. The *RMSEP* without castrated males, with equal proportions for the remaining entire males and females, is 2.12%. The range for carcass weight is from 73.5 to 107.5 (kg).

We conclude that the *RMSEP* for HGP7 is below the required upper limit of 2.5%, for a range of population proportions of entire males, castrated males and females, including a possible future scenario for The Netherlands with entire males and females only.

6.2 Results for CGM

Gender effects and RMSEP

F-tests for interaction between gender and fat or muscle depth measurements were not significant, although the P-value for interaction between gender and fat depth was relatively small ($P = 0.06$). F-tests for main effects showed a significant effect for gender ($P = 0.00$), fat depth ($P = 0.00$) and muscle depth ($P = 0.04$). Again tests for interaction and main effects were sensitive to the presence or absence of a relatively small number of carcasses, one carcass in particular (the same carcass as for HGP7), that also markedly affected the *RMSEP*.

The prediction formula for CGM was calculated without the outlying carcass, but *RMSEP* values were calculated for all carcasses, including the aforementioned outlying carcass. In Table 3, again both the *RMSEP* of a random carcass for the single overall formula and for separate formulae per sex are shown. Results are shown for various proportions of entire males, castrated males and females, including the 60-40-60 carcasses as proportions 3 / 8, 2 / 8 and 3 / 8. For instance, for the latter proportions, the *RMSEP* of the single overall formula, derived from all 160 carcasses, was 2.19%. Without the castrated males, the formula showed an *RMSEP* of 2.16%, based on the remaining 120 entire males and females. When separate formulae were used for the sexes, for a random carcass from the population, the *RMSEP* value for all three sexes was 2.15%, and for entire males and females 2.21%.

There was no appreciable gain in terms of *RMSEP* in using separate formulae for the sexes. There would be no appreciable gain either in using a formula derived from entire males and females only in a future situation where castrated males would be absent.

We conclude that the *RMSEP* of the single overall prediction formula, as proposed for the CGM, is robust against changes in the proportions of the sexes, ranging from 2.05% to 2.20%.

A plot of the deletion residuals is shown in Figure 1b (the same outlier again being clearly visible).

The prediction formula for CGM

The proposed prediction formula for CGM is:

$$LMP = 66.86 - 0.6549 \times Fat + 0.0207 \times Muscle, \quad RMSEP = 2.20\%, n = 160$$

where *LMP* is the predicted lean meat percentage and *Fat* and *Muscle* are the CGM fat and muscle depth measurements, as measured at the third to fourth rib from last rib position, 6 cm from the dorsal midline.

The *RMSEP* of 2.20%, as stated above, is for equal proportions of the three sexes. The *RMSEP* without castrated males, with equal proportions for the remaining entire males and females, is 2.18%. The range for carcass weight is from 73.5 to 107.5 (kg).

We conclude that the *RMSEP* for CGM is below the required upper limit of 2.5%, for a range of population proportions of entire males, castrated males and females, including a possible future scenario for The Netherlands with entire males and females only.

6.3. Results for CSB

PLS, subset selection and PCR

In all instances sexes were ignored in the calculations. The prediction formula for CSB, as shown below, was derived with PLS, using 60-40-60 carcasses for the sexes, and employing four t-variables (dimension = 4). Results with variable selection or PCR showed no marked improvement in *RMSEP*. The *RMSEP* with two selected variables was 2.05% and with three or four selected variables 1.99%. PCR with four components yielded an *RMSEP* of 2.29%, and with six components an *RMSEP* of 2.07%.

Again, the same outlying carcass was omitted in the PLS calculation of the prediction formula, but *RMSEPs* were based on all 160 carcasses, including the outlying carcass. In Table 3, for PLS, again both the *RMSEP* of a random carcass for the single overall formula and for separate formulae per sex are shown. Results are shown for various proportions of entire males, castrated males and females, including the 60-40-60 carcasses as proportions 3 / 8, 2 / 8 and 3 / 8. For instance, for the latter proportions, the *RMSEP* of the single overall formula, derived from all 160 carcasses, as obtained with PLS, was 2.04%. Without the castrated males in the population, the formula based on the remaining 120 entire males and females, showed a *RMSEP* of 2.12%. When separate formulae were used for the sexes, for a random carcass from the population, the *RMSEP* value for all three sexes was 2.07% and 2.16% for entire males and females only.

There was no gain in terms of *RMSEP* in using separate formulae for the sexes. There was no gain either in using a formula derived from entire males and females only in a future situation where castrated males would be absent.

We conclude that the *RMSEP* of the single overall prediction formula, as proposed for the CSB, is robust against changes in the proportions of the sexes, ranging from 1.99% to 2.11%.

A plot of the deletion residuals is shown in Figure 1c (again the same outlier is clearly visible).

The prediction formula for CSB

The overall prediction formula, as obtained by PLS and four t-variables (dimension PLS model = 4) is:

$$\begin{aligned} LMP = & 65.2212 - 0.2741 S + 0.0160 F - 0.0302 ML - 0.2648 MS + 0.0831 MF - \\ & 0.1002 WL - 0.0509 W_aS + 0.0172 W_aF - 0.0169 W_bS + 0.0006 W_bF + \\ & 0.0341 W_cS - 0.0097 W_cF + 0.0223 W_dS - 0.0008 W_dF + 0.0132 ES - 0.0124 IS, \end{aligned}$$

$$RMSEP = 2.02\%, n = 160,$$

where the 16 objective CSB measurements, taken at the split line, are:

- S = ZP fat depth, minimal fat depth over muscle *gluteus medius*
- F = ZP muscle depth, minimal muscle depth between anterior extremity of muscle *gluteus medius* and the dorsal part of the medullar canal.
- ML = length of muscle *gluteus medius*,
- MS = mean bacon width below muscle *gluteus medius*,
- MF = mean lean meat width below muscle *gluteus medius*,
- WL = mean length of vertebrae including spinal discs,

$W_{a,b,c,d}S$	= mean bacon width below 1st measured vertebra (a) and three other vertebrae (b, c, d),
$W_{a,b,c,d}F$	= mean lean meat width below 1st measured vertebra (a), and three other vertebrae (b, c, d),
ES	= mean external bacon width above the four measured vertebrae,
IS	= mean internal bacon width above the four measured vertebrae (mm).

The *RMSEP* of 2.02%, as stated above, corresponds to equal proportions of the three sexes. The *RMSEP* without castrated males, with equal proportions for the remaining entire males and females, is 2.11%. The range for carcass weight is from 73.5 to 107.5 (kg).

Effects of gender

Main effects for gender and interactions with gender were added to the regression of the EC reference lean meat percentage on the four t-variables. The F-test for interaction (in the regression upon the t-variables) was significant ($P = 0.02$). Again, significance depended on presence or absence of a limited number of carcasses. The main effect for gender was significant as well ($P = 0.001$).

7 Comparing the instruments

For an ordinary linear regression with two objective measurements (x-variables), $n = 160$ dissected carcasses, and a true value for the residual standard deviation (*RSD*) of about 2, the estimated *RSD* can roughly range from 1.8 to 2.2%. So, from one dissection experiment to another, while the two experiments are conducted in the same way, estimated *RSDs* can easily differ by 0.2%. The *RMSEP* is only slightly larger than the *RSD*, for 160 dissected carcasses. Using this as a yardstick for comparison of the three instruments evaluated in this note, we can only conclude that from a statistical point of view, these instruments have similar accuracy. The choice between them can be entirely made on practical grounds.

Acknowledgement

This study was financed by the Dutch Product Board for Livestock and Meat (PVV).

References

- Causeur, D., Daumas, G., Dhorne, T., Engel, B., Font I Furnols, M.. Højsgaard, S. (2006). *Statistical handbook for assessing pig classification methods: recommendations from the EUPIGCLASS project group*. EU working document.
- Engel, B., Lambooij, E., Buist, W.G., Reimert, H., Mateman, G. (2006). Prediction of the percentage lean of pig carcasses with a small or a large number of instrumental carcass measurements – an illustration with HGP and Vision. *Animal Science* 82: 919-928.
- GenStat (2009). *GenStat release 13 reference manual*. VSN Int. Hemel Hempstead, UK.
- Olsen, E.V., Candek-Potokar, M., Oksama, M., Kien, S., Lisiak, D., Busk, H. (2007). On-line measurements in pig carcass classification: Repeatability and variation caused by the operator and the copy of instrument. *Meat Science* 75: 29–38.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info@livestockresearch.wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl