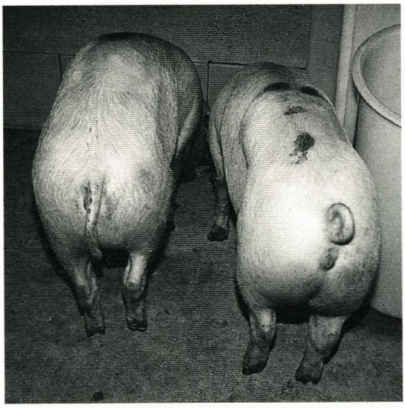
September 1999

DJF rapport

Nr. 12 • Husdyrbrug



Jette Søholm Petersen, Niels Oksbjerg, Poul Henckel, Susanne Støier, Camilla Bejerholm, Per Ertbjerg, Dorte Juncher, Anders Juel Møller, Lone Melchior Larsen og Grete Bertelsen

Muskelfysiologi og kødkvalitet i svin af dansk landrace *anno* 1976 og 1995

Muscle Physiology and Meat Quality in Pigs of Danish Landrace anno 1976 and 1995

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks JordbrugsForskning

Muskelfysiologi og kødkvalitet i svin af dansk landrace *anno* 1976 og 1995

Jette Søholm Petersen, Niels Oksbjerg
og Poul Henckel
Afdeling for Animalske Fødevarer
Postboks 50
DK-8830 Tjele

Susanne Støier og Camilla Bejerholm
Slagteriernes Forskningsinstitut
Maglegårdsvej 2
DK-4000 Roskilde

Per Ertbjerg, Dorte Juncher, Anders Juel Møller
Lone Melchior Larsen og Grete Bertelsen
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole
Bülowsvej 13
DK-1870 Frederiksberg C.

DJF rapport Husdyrbrug nr. 12 • september 1999

Udgivelse:	Danmarks JordbrugsForskning Forskningscenter Foulum Postboks 50 8830 Tjele	Tlf. 89 99 19 00 Fax 89 99 19 19
Løssalg: (incl. moms)	t.o.m. 50 sider t.o.m. 100 sider over 100 sider	50,- kr. 75,- kr. 100,- kr.
Abonnement:	Afhænger af antallet af tilsendte rapporter, men svarer til 75% af løssalgsprisen.	

Forord

Nærværende arbejde er en del af projektet "Optimering af kødfarve, dryptab og spisekvalitet i svinekød" (KVALIOP) som gennemførtes i et samarbejde mellem Danmarks JordbrugsForskning (DJF), Slagteriernes Forskningsinstitut (SF), Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole (KVL) og Landsudvalget for Svin, Danske Slagterier. Projektet blev finansieret af FØTEK-2 midler fra Strukturdirektoratet og Slagteribranchen.

De undersøgte svin blev opfodret på Avlsforsøgsstationen Tylstrup (tilhørende det daværende Statens Husdyrbrugsforsøg) og slagtet på DJF's forsøgsslagteri. I forbindelse hermed blev udtaget muskel- og kødprøver, som fordeltes mellem de forskellige projektdeltagere, der forestod undersøgelsen af nedennævnte egenskaber. Susanne Støier, SF, var således ansvarlig for den sensoriske analyse samt undersøgelse af kødets kemiske sammensætning og indhold af hæmatin samt saltopløseligt protein. Ved KVL undersøgte Per Ertbjerg, Lone Melchior Larsen og Anders Juel Møller egenskaber relateret til kødets postmortale proteolyse, konsistens samt optønings- og kogesvind. Derudover blev kødets oxidative stabilitet (udvikling af TBARS) og farvestabilitet undersøgt af Dorte Juncher og Grete Bertelsen, KVL. Registrering af det postmortale pH-forløb og kødfarven samt analyse af fibertypesammensætning, energistofskifte og pigmentindhold blev foretaget ved DJF (Jette Søholm Petersen, Niels Oksbjerg og Poul Henckel). Hensigten med denne rapport er dels at give en samlet præsentation af projektets resultater, dels at sammenholde de undersøgte egenskaber.

Indholdsfortegnelse

Forord 3
Indholdsfortegnelse 4
Indholdsfortegnelse på engelsk 5
Sammendrag 6
Sammendrag på engelsk 8
1. Indledning 10
2. Materiale og metoder 11
2.1. Opfodring af forsøgssvin 11
2.2. Slagtning og udtagning af muskel- samt kødprøver 12
2.2.1. Alle forsøgssvin 12
2.2.2. Udvalgte svin 13
2.3. Analysemetoder 13
2.3.1. Slagtekroppens kødindhold 13
2.3.2. Muskelfibertyper samt enzymer og metabolitter relateret til energistofskiftet 13
2.3.3. Kødkvalitetsegenskaber 14
2.3.4. Supplerende muskel- og kødundersøgelser 15
2.3.5. Statistiske metoder 15
3. Resultater 17
3.1. Produktionsegenskaber 17
3.2. Muskelfiber- og energistofskifte karakteristika 18
3.3. Teknologiske og sensoriske kødkvalitetsegenskaber 20
3.4. Kødets mørhedsudvikling 23
3.5. Kødets oxidative stabilitet og farvestabilitet under lagring 26
4. Diskussion 29
4.1. Forskelle mellem Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995 29
4.2. Sammenhænge mellem vækstpotentiale, muskelfysiologi og kødkvalitet 31
5. Konklusion 37
6. Anerkendelser 38
7. Referencer 39

Contents

Preface 3
Contents in Danish 4
Contents in English 5
Summary in Danish 6
Summary in English 8
1. Introduction 10
2. Material and methods 11
2.1. Feeding of experimental pigs 11
2.2. Slaughter procedure and excision of muscle and meat samples 12
2.2.1. All of the experimental pigs 12
2.2.2. Sub-sample pigs 13
2.3. Analysis metods 13
2.3.1. Carcass lean content 13
2.3.2. Muscle fiber types, enzymes and metabolites involved in energy metabolism 13
2.3.3. Meat quality traits 14
2.3.4. Muscle and meat investigations in sub-sample pigs 15
2.3.5. Statistical methods 15
3. Results 17
3.1. Performance of the pigs 17
3.2. Muscle fibres and energy metabolism 18
3.3. Technological and sensoric meat quality traits 20
3.4. Meat tenderisation 23
3.5. Oxidative stability and colour stability of chops under storage 26
4. Discussion 29
4.1. Differences between Danish Landrace pigs *anno* 1976 og 1995 29
4.2. Relations between growth potential, muscle physiology and meat quality 31
5. Conclusion 37
6. Acknowledgements 38
7. References 39

Sammendrag

Formålet med nærværende projekt var at undersøge, hvorledes svin med et væsentligt forskelligt vækstpotentiale varierer mht. kødkvalitet og muskelfysiologi for derved at øge forståelsen for sammenhængen mellem disse egenskaber. Projektet omfattede i alt 77 sogrise, hvoraf halvdelen stammede fra en besætning af Dansk Landrace, der blev grundlagt i 1973 og siden vedligeholdt uden avlsmæssig selektion for daglig tilvækst, foderudnyttelse og kødprocent. Besætningen blev i 1978 tilført genetisk materiale fra Norsk Landrace og antages derfor at repræsentere Dansk Landrace *anno* 1976. Den anden halvdel af projektets svin, der var af Dansk Landrace *anno* 1995, stammede fra fem anerkendte avlsbesætninger og havde et gennemsnitligt avlsværdiindeks på 110. I vækstintervallet fra 40 til 95 kg opfodredes alle svinene under ens betingelser på Avlsforsøgsstationen Tylstrup, hvorefter de blev slagtet på forsøgsslagteriet ved Forskningscenter Foulum, og muskelprøver blev udtaget til undersøgelse af muskelfysiologi og kødkvalitet.

Sammenligning af produktionsresultaterne viste, at Dansk Landrace *anno* 1995 havde en væsentligt højere daglig tilvækst, et markant lavere foderforbrug og en signifikant højere kødprocent end *anno* 1976 svin. Fibertypefordelingen i *M.longissimus dorsi* (LD) varierede endvidere mellem de to svinetyper, idet den procentvise andel af de glykolytiske type IIb fibre var signifikant højere og andelen af de mere oxidative type I fibre tilsvarende mindre hos *anno* 1995 svin. I skinkemusklen *M.biceps femoris* (BF) varierede fibertypefordelingen ikke væsentligt mellem svinetyper. For begge de undersøgte muskler var fibrenes gennemsnitlige tværsnitsareal markant større i *anno* 1976 end i 1995 svin. Da der ikke var tilsvarende store forskelle i vægten af LD og BF musklerne, indikerer dette, at *anno* 1995 svin havde et højere muskelfiberantal end *anno* 1976 svin. LD musklens hvile glykogenniveau tenderede til at være højere i *anno* 1995 svinene. *Anno* 1976 svinene havde derimod en signifikant højere aktivitet af glykolyseenzymet laktatdehydrogenase (LDH) og en tendens til højere aktivitet af enzymer relateret til muskulaturens aerobe kapacitet, citrat synthase (CS) og 3-OH-acyl-CoA-dehydrogenase (HAD), end *anno* 1995 svinene. Dette antyder, at *anno* 1976 svin i sammenligning med *anno* 1995 svin var mere udholdende over for såvel længerevarende (aerob) fysisk aktivitet, som kortvarig intens (anaerob) aktivitet.

Forløbet af det postmortale pH-fald, kødets saftbindeevne og dryptab var ens for Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995, men kogesvindet var højere for *anno* 1995 svinenes vedkommende. Kødets kemiske sammensætning varierede ligeledes mellem svinetyper, da *anno* 1995 svin havde et signifikant lavere proteinindhold og en højere vandprocent end *anno* 1976 svin. Det intramuskulære fedtindhold var derimod ens for de to svinetyper. Nærværende sammenligning viste end-videre, at LD musklens hæmatinindhold var væsentligt reduceret for *anno* 1995 svinene. Samtidigt havde koteletter fra *anno* 1995 svin en mere lys og mindre rød kødfarve end koteletter fra *anno* 1976 svin.

Disse farveforskelle var stabile ved 4 °C over en lagringsperiode på 6 døgn. Koteletter blev lagret i 6 døgn (2.-8. døgn efter slagtning). Konsistensen af ikke modnede LD prøver afhang ikke af svinenes type, men den sensoriske undersøgelse viste, at modnet kød fra *anno* 1976 var lidt mere mørt og havde en lidt mere intens kødsmag end kød fra *anno* 1995 svin.

For en mindre gruppe svin (5-10 af hver type) blev kødets mørhedsudvikling undersøgt gennem studier af aktiviteten af enzymerne cathepsin B + L samt af deres inhibitor, cystatin, samt af calpainsystemet (μ- og m-calpain og calpastatin). Der blev ikke fundet variation i aktiviteten af disse enzymer og inhibitorer, som kunne tilskrives svinenes type. Til trods for dette var den relative forekomst at 31 kDa peptidet signifikant højere i *anno* 1976 sammenlignet med *anno* 1995 svin. Dette indikerer, at graden af postmortal proteolyse var højere i kød fra Dansk Landrace *anno* 1976, og kan være en forklaring på, at smagspanelet vurderede modnet kød fra *anno* 1976 svin til at være lidt mere mørt end kød fra *anno*1995 svin. Kødets oxidative stabilitet (udvikling af TBARS) blev ikke påvirket af svinetype. Studier af datamaterialets korrelationsstruktur afslørede en stærk negativ sammenhæng mellem svinenes foderforbrug pr. kg tilvækst og kødets lyshed, der sammen med resultater fra andre arvbarhedsundersøgelser viser, at forbedring af slagtesvins foderudnyttelse vil medføre en lysere kødfarve. Tværsnitsarealet af type I fibrene var negativt korreleret med kødets mørhed.

Det kunne således konkluderes, at de seneste 20 års avlsarbejde vedrørende Dansk Landrace har været succesfuldt mht. at forbedre svinenes produktionsegenskaber. Dette har dog medført en forringelse af kødfarven, som er blevet lysere og mindre rød, samt en lidt dårligere mørhed og mindre intens kødsmag. Forskellen i kødets lyshed kunne relateres til svinenes foderforbrug pr. kg tilvækst, hvorimod den reducerede pigmentering delvis kunne forklares ved at dyrene var yngre på slagtetidspunktet.

Summary

The aim of the present work was to investigate to what extent two groups of pigs, representing a marked difference in growth potential, vary with regard to meat quality and muscle physiological traits in order better to understand the relationship between meat quality and muscle physiology. A total of 77 female pigs were included in the experiment. Half of the pigs originated from an experimental herd of Danish Landrace pigs, founded in 1973 and maintained without any selection for growth performance traits such as daily gain, feed utilisation or carcass lean percentage. In 1978 semen from boars of Norwegian Landrace were used in the herd. Therefore, the herd was assumed to represent the 1976 population of Danish Landrace pigs. The second half of the experimental pigs was bought as piglets from five certified breeding herds of Danish Landrace pigs and had a mean breeding value index of 110. In the growth interval from 40 to 95 kg live weight, all the pigs were housed in the same stable at "Avlsforsøgsstationen Tylstrup". The pigs were slaughtered at the experimental abattoir of Research Centre Foulum, and samples were excised for determination of meat quality and muscle physiological traits.

When comparing the production results, Danish Landrace pigs *anno* 1995 had a significantly higher rate of daily gain, used significantly less feed per kg gain and had a significantly higher carcass lean percentage than *anno* 1976 pigs. The distribution of muscle fibre types in *M.longissimus dorsi* (LD) depended on pig type, as the percentage of the glycolytic type IIb fibres was found to be significantly higher and the percentage of the more oxidative type I fibres significantly lower in *anno* 1995 pigs when compared with *anno* 1976 pigs. In the ham muscle, *M. biceps femois* (BF), the distribution of muscle fibre types did not depend on pig type. In both muscles, however, the mean fibre cross-sectional area was significantly higher in *anno* 1976 pigs. Because the weight of the muscles only differed slightly between pig types, this indicates that the number of muscle fibres was higher in *anno* 1995 pigs than in 1976 pigs. The resting glycogen level of LD tended to be higher in *anno* 1995 pigs. The activity of the glycolytic enzyme lactate dehydrogenase (LDH), however, was higher in *anno* 1976 pigs, and the activity of enzymes related to muscle aerobic capacity (citrate synthase and 3-OH-acyl-CoA-dehydrogenase, tended to be higher in *anno* 1976 pigs compared to *anno* 1995 pigs. This indicates that *anno* 1976 pigs are more resistant to muscle fatique than *anno* 1995 pigs.

The *post mortem* pH decrease, the amount of salt soluble proteins and the drip loss did not differ between the two pig types. A significantly higher cooking loss was, however, found in *anno* 1995 pigs. Also the chemical composition of the meat varied according to pig type. Thus, *anno* 1995 pigs had a significantly lower protein content and a significantly higher water content than *anno* 1976 pigs. In contrast, LD from *anno* 1976 and *anno* 1995 pigs contained a similar amount of intramuscular fat. The present work also showed that the amount of muscle pigments was signifi-

ficantly lower in Danish Landrace *anno* 1995 when compared with *anno* 1976 pigs. In accordance with this, chops from *anno* 1995 pigs were found to be significantly lighter and less red than chops from *anno* 1976 pigs. These colour differences were found to be stable at 4 °C when chops were stored between 2 and 8 days *post mortem*. The texture of unaged LD samples did not depend on pig type. Aged (6 days) chops from *anno* 1976 pigs were given slightly higher scores with regard to tenderness as well as meat flavour by a sensory panel.

In a sub-sample of the investigated pigs (8-10 per type), the ageing process of the LD muscle was studied by measuring the activity of the enzymes (cathepsin B + L) as well as their inhibitor, cystatin, and the calpain system (μ- and m-calpain and calpastin). Variation in the activity of the enzymes and their inhibitor could not be ascribed to the type of the pigs. Nevertheless, the proportion of the 31 kDa peptide, was found to be significantly higher in *anno* 1976 pigs than in *anno* 1995 pigs. The latter indicates that the degree of *post mortem* proteolysis was higher in LD from *anno* 1976 than in *anno* 1995 pigs and may be related to the higher sensory tenderness score given to LD chops from *anno* 1976 pigs. With regard to the oxidative stability (formation of TBARS) of stored LD samples, no difference was found between pig types.

When studying the coefficients of correlation found between the variables investigated, a strongly negative relationship was found between the amount of feed consumed per kg gain and the lightness of the meat. This indicates in conjunction with significant coefficients of genetic correlation estimated in other experiments that improving the feed efficiency of slaughter pigs will lead to a lighter meat colour. A significant and negative coefficient of correlation was found between the cross-sectional area of type I fibres and sensory tenderness.

From the present work it was concluded that the breeding programme used for Danish Landrace pigs during the last 20 years has been very successful when it comes to improving the growth performance of the pigs. However, this has resulted in lighter and less red meat, and slightly less tender meat. Meat colour appeared to be increasingly lighter with decreasing feed consumption per kg gain and less red (reduced pigmentation) due to a reduced age at slaughter.

1. Indledning

Danske forbrugere af svinekød hævder ofte, at kødets kvalitet er ringere i dag end for 20-30 år siden. Endvidere er der indikation for, at den forbedring, der i samme periode er sket af slagtesvins produktionsegenskaber (f.eks. daglig tilvækst, foderudnyttelse og kødprocent), har haft en negativ effekt på kødkvaliteten. Hovenier *et al.* (1992) konkluderede således, at stigende kødprocent og faldende rygspæktykkelse medfører en forringelse af en række kødkvalitetsegenskaber (ultimalt pH, dryptab og intramuskulært fedtindhold). Ligeledes påpegede Barton-Gade (1990) et generelt fald i svinemuskulaturens pigmentindhold i perioden fra 1983 til 1989, hvor svinenes produktionsegenskaber blev forbedret markant. Tillige er det vist, at en β-agonist induceret stigning i kødaflejringsraten kan medføre ændringer i fordelingen af muskelfibertyper (Oksbjerg *et al.,* 1994), som ledsages af mindre rødt og mindre mørt kød (Warris *et al.,* 1990). Omvendt fører behandling med porcint væksthormon til øget muskelvækst (Sørensen *et al.,* 1995) uden at kødkvaliteten forringes (Oksbjerg *et al.,* 1995). Der er således en række indikationer for, at faktorer, som øger muskelvæksten (deriblandt selektion), kan have en negativ effekt på kødkvaliteten. Eksakte tests af denne hypotese gennem et selektionsforsøg vil være særdeles ressourcekrævende bl.a. pga. de meget tidskrævende muskelfysiologiske analyser, et sådant forsøg skal omfatte.

På Avlsforsøgsstationen Tylstrup fandtes indtil udgangen af 1996 en lukket besætning af Dansk Landrace, der blev grundlagt i 1973, således at den repræsenterede racen på dette tidspunkt, hvor man havde en gennemsnitlig daglig tilvækst på 735 g (Svineavl og -produktion i Danmark 1973, Landsudvalget for Svin). Besætningen blev derefter vedligeholdt avlsmæssigt uden at foretage selektion for daglig tilvækst, foderudnyttelse eller kødprocent. Svin af Dansk Landrace har efter 1973 været underlagt et massivt selektionspres for ovennævnte egenskaber. Racen er endvidere blevet tilført genetisk materiale og havde således i 1995 en gennemsnitlig daglig tilvækst på 960 g (orner afprøvet på forsøgsstationen Bøgildgård, jvf. Årsberetning 1995, Landsudvalget for Svin). Dansk Landrace *anno* 1995 forventes endvidere at have et lavere foderforbrug pr. kg tilvækst og en højere kødprocent end Dansk Landrace *anno* 1976.

Formålet med dette forsøg er at undersøge, hvorvidt der er forskel på de to typer svin for så vidt angår kødkvaliteten, og – såfremt dette er tilfældet - hvorvidt disse forskelle kan forklares ved forskelle i muskelfysiologiske egenskaber, som kan relateres til den stedfundne selektion for hhv. højere daglig tilvækst, højere kødprocent og lavere foderforbrug pr. kg tilvækst.

2. Materiale og metoder

2.1. Opfodring af forsøgssvin

Projektet omfattede i alt 77 sogrise. Halvdelen (40) af disse svin var afkom efter 21 søer og 8 orner fra Avlsforsøgsstationen Tylstrup, hvor Danmarks Jordbrugs-Forskning indtil udgangen af 1996 havde en besætning af Dansk Landrace, der blev grundlagt i 1973 og siden blev vedligeholdt uden at foretage selektion for daglig tilvækst, foderudnyttelse og kødprocent. I 1978 blev der anvendt sæd fra orner af "Ny Dansk Landrace", som bl.a. var tilført genetisk materiale fra Norsk Landrace. Derfor antages det, at besætningen på Avlsforsøgsstationen Tylstrup repræsentere-de Dansk Landrace *anno* 1976. Ét af de 40 undersøgte svin af Dansk Landrace *anno* 1976 var heterozygotisk bærer af halothangenet, og blev derfor udeladt af beregningerne. Den anden halvdel af projektets svin, som var af Dansk Landrace *anno* 1995, stammede fra fem godkendte avlsbesætninger og havde et gennemsnitligt avlsværdiindeks på 110. Indavlsgraden var mindre end 0,04 for begge typer af svin. Derudover var 40 af de 77 svin parvist kuldsøskende.

Ved en vægt på ca. 40 kg blev alle grisene indsat typevis i stier á 5 - 7 grise i samme staldafsnit på Avlsforsøgsstationen Tylstrup. Frem til slagtetidspunktet tildeltes grisene to gange dagligt moderne slagtesvinefoder *anno* 1995 efter "semi-ad-lib" princippet, idet den tildelte fodermængde skulle kunne ædes op i løbet af 30 minutter. Svinene blev vejet hver 14. dag, og foderoptagelsen blev bestemt hver uge.

Tabel 1. Kemisk sammensætning af det anvendte slagtesvinefoder (MONDEO fuldfoder til slagtesvin, DLG Ålborg)

Chemical composition of the diet applied (MONDEO compound feed for slaughter pigs, DLG Aalborg)

Foderkomponent/*Feeding ingredients*	Indhold
FEs/100 kg/*FUp/100 kg**	104
Procent/*Percent*	
Råprotein/*Crude protein*	18,8
Råfedt/*Crude fat*	4,5
Træstof/*Crude fibre*	4,9
Råaske/*Ash*	5,6
Calcium/*Calcium*	0,68
Fosfor/*Phosphorus*	0,58
g pr. kg/*g per kg*	
Lysin/*Lysine*	9,3
Methionin/*Methionine*	3,1
Cystein/*Cystine*	3,5
Treonin/*Threonine*	5,0

*1 FEs=1 foderenhed/**1 FUp=1 Feed unit for pigs=7.72 MJ net energy*

Ved en vægt på ca. 90 kg flyttedes alle svinene til en stald nær Forskningscenter Foulum, hvor de gik, indtil de opnåede en vægt på ca. 95 kg og blev slagtet på DJF's slagteri. Den anvendte fuldfoderblanding bestod af byg, hvede, sojaskrå og rapskage og havde en deklareret sammensætning som vist i Tabel 1.

Foderblandingen var endvidere tilsat 65 mg α-tokoferol samt 88 mg jern pr. kg foder i form af $FeSO_4$, 4 H_2O. Kemisk analyse af foderets fedtindhold viste et stoldtfedtindhold på 4,54 g fedt/100 g foder, samt at peroxidtallet var 0,18 g/100 g foder.

2.2. Slagtning og udtagning af muskel- samt kødprøver

2.2.1. Alle forsøgssvin

Tre dage før slagtningen blev der fra den centrale del af højre sides *M.longissimus dorsi* (LD) ud for det bagerste ribben taget en prøve på 40-100 mg til undersøgelse af svinenes hvile glykogenniveau og aktivitet af stofskifteenzymer. Prøven blev taget med biopsinål (Bergström, 1962) og straks frosset i flydende N_2 og opbevaret ved -80°C. Umiddelbart før biopsitagningen blev svinene fikseret med en tryneslynge og lokalbedøvet med 4 ml Carbocaine (10 mg/ml; BOFORS).

På slagteriet blev svinene opstaldet i ca. 1 time, inden de blev bedøvet med 80% CO_2 og aflivet. I forbindelse med stikning blev der udtaget en blodprøve til bestemmelse af hematokrit og hæmoglobinindhold. Hjertet og den afblødte blodmængde blev vejet. Ændringer i LD muskelens temperatur og pH blev målt i kroppens højre side (udfor det bagerste ribben) 2, 8, 16, 24, 32 og 45 minutter samt 1, 2, 3, 6 og 24 timer efter stikning. Til pH-måling anvendtes en indstikselektrode med proteolyte (HAMILTON). Derudover blev der 24 minutter efter stikning udtaget en prøve (200 mg) fra grisenes venstre side af hhv. LD (2 cm caudalt for det bagerste ribben) og af *M.biceps femoris* (BF)'s proximale del til bestemmelse af muskelfiber karakteristika. Disse prøver blev indlejret i et O.C.T. medium (TISSUE-TEK), frosset i isopentane, nedkølet i flydende N_2 og opbevaret ved -80° C. Fra LD (ud for det bagerste ribben) blev der 45 minutter efter stikning udtaget en prøve til analyse af musklens pigmentindhold. Umiddelbart herefter blev alle slagtekroppene overført til kølerum (4°C), hvor de opbevaredes til dagen efter slagtning.

Dagen efter slagtningen blev den højre side af slagtekroppen parteret i de fire hovedudskæringer (forende, kam, brystflæsk og skinke), som beskrevet af Pedersen & Busk (1990). Kam- og skinkeudskæringen blev endvidere dissekeret i kød, ben, intermuskulært fedt, subkutant fedt samt svær. Vægten blev desuden bestemt for musklerne: LD, BF, M. *psoas major*, M. *semitendinosus*, M. *semimembranosus* og *vastus* gruppen. Fra højre sides LD blev der i området fra 3. til 4. lændehvirvel udtaget en prøve til bestemmelse af kødets kemiske sammensætning, pigmentindhold og saftbindeevne. Prøven til saftebindeevne blev trimmet fri for fedt og muskelhinder, hvorefter den blev hakket 3 gange i en kødhakker (udstyret med en 3 mm hulskive) og opbevaret ved -20°C. Udfor 13. og 14. bryst-

hvirvel blev udtaget en prøve fra LD til måling af kødets farve. Efter farvemålingen blev sidstnævnte prøve vakuumpakket og opbevaret ved -20°C med henblik på senere konsistensundersøgelse. I LD området fra 9. til 12. brysthvirvel blev der udtaget en prøve til sensorisk undersøgelse. Denne prøve blev vakuumpakket, lagret i 6 døgn ved 2°C og opbevaret ved -20°C.

2.2.2. Udvalgte svin

Fra ovennævnte 77 svin blev der udtaget en gruppe på i alt 20 ubeslægtede svin (10 af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995, hhv). Fra disse 20 svin blev der foruden de ovennævnte, udtaget prøver som beskrevet nedenfor.

Til undersøgelse af kødets postmortale modning blev der fra venstre sides LD udfor 13. brysthvirvel udtaget en prøve 40 min efter stikning. Disse prøver blev frosset i flydende N_2 og opbevaret ved -80°C. Dagen efter slagtningen blev der fra venstre sides LD taget yderligere to prøver, hvoraf den første (udtaget ved 12. brysthvirvel) straks blev frosset i flydende N_2, mens den anden (udtaget ved 11. brysthvirvel) blev vakuumpakket, lagret ved 2°C i 6 døgn og derpå frosset i flydende N_2.

Tillige blev der dagen efter slagtningen udtaget en LD prøve i området fra 4. til 11. brysthvirvel til studier af kødets oxidative stabilitet og farvestabilitet under lagring. Sidstnævnte prøve transporteredes straks til KVL ved en temperatur på 4°C.

2.3. Analysemetoder

2.3.1. Slagtekroppens kødindhold

Svinenes kødprocent blev estimeret udfra kød- og fedtindholdet i kam og skinke (bestemt ved dissektion) som beskrevet i nedenstående formel, der er udviklet på grundlag af dissektions- og kødprocent data, indsamlet i 1989 fra 200 svin af Dansk Landrace (Busk 1997, personlig meddelelse).

$$\text{Kødprocent} = [-5{,}16 - (0{,}51 * \text{kg brystflæsk}) + (0{,}73 * \text{kg skinke}) + 0{,}30 * (\text{kg kød} + \text{knogler i skinke}) + 0{,}45 * (\text{kg kød} + \text{knogler i kam})]$$

2.3.2. Muskelfibertyper samt enzymer og metabolitter relateret til energistofskiftet

Den relative fordeling og tværsnitsareal af tre forskellige muskelfibertyper blev bestemt i seriesnit (10 µm tykke) skåret ved -20°C på tværs af den indlejrede muskelprøves fiberretning. På ét snit anvendtes en α-amylase PAS farvning (Andersen, 1975) til detektion af fibrenes tværsnitsareal og kapillarisering. Tre andre snit blev inkuberet ved hhv. pH = 10,3, pH = 4,6 og pH = 4,37. Derpå anvendtes den varierende pH-følsomhed for forskellige isoformer af myosin ATP-ase til at differentiere følgende tre fibertyper: Type I (langsomt kontraherende, oxidative), type IIa (hurtigt kontraherende, oxidative) og type IIb (hurtigt kontraherende, glykolytiske) jvf. Brooke & Kaiser (1970) samt Henckel *et al.* (1997). De farvede muskelsnit blev analyseret ved hjælp af et semiautomatisk, PC-baseret billedanalysesystem (Tema version 1.00; SCAN BEAM).

Med henblik på at bestemme muskulaturens hvile glykogenniveau (glukose-enheder) blev 10 mg væv hydrolyseret i 1 M HCL ved 100°C i 2 timer (Passonneau & Lowry, 1993), hvorefter mængden af glukose blev bestemt spektrofotometrisk (Alcyon 300ISE). Aktiviteten af enzymerne citrat synthase (CS) og 3-OH-acyl-CoA-dehydrogenase (HAD) blev ligeledes undersøgt i 10 mg muskelvæv homogeniseret i en 0,3 M kalium fosfat buffer (Essén *et al.*, 1980). Efter fortynding (1:50) af homogenatet estimeredes aktiviteten af LDH ud fra enzymets katalytiske effekt på reaktionen, hvor pyruvat reduceres til laktat (Passonneau & Lowry, 1993).

Ovennævnte enzymaktiviteter blev bestemt spektrofotometrisk (Alcyon 300 ISE) ud fra måling af ændringer i koncentrationen af NADH. Der anvendtes en reaktionstemperatur på 37°C. Pigmentindholdet blev bestemt i henhold til en metode udviklet af Trout (1991) og modificeret som beskrevet af Oksbjerg *et al.* (1997). Koncentrationen af pigment blev udtrykt som mg myoglobinenheder pr. g muskelvæv.

2.3.3. Kødkvalitetsegenskaber

Dagen efter slagtningen måltes kødfarven ud fra tristimulus parametrene L*, a* og b*, der blev bestemt ved hjælp af et Minolta Chroma Meter (CR-300) efter at kødprøvens snitflade var iltet i 1 time ved 4°C. De hakkede kødprøvers indhold af vand blev bestemt gravimetrisk, mens proteinindholdet analyseredes i henhold til Kjeldahls metode og fedtindholdet blev estimeret efter HCL hydrolyse og ekstraktion med diethylether (Nordisk Metodik Komité for Levnedsmidler, 1974). Hæmatinindholdet i LD blev bestemt spektrofotometrisk i henhold til metoden beskrevet af Hornsey (1956). For at undersøge kødets saftbindeevne (proteinets saltopløselighed) blev det hakkede kød homogeniseret i en 0,1 M fosfat buffer (pH = 7,4) tilsat 1,1 M KI, hvorefter filtratets proteinindhold blev bestemt spektrofotometrisk (Murray, 1995). Det sensoriske panel bedømte koteletter (22 mm tykke), som blev stegt i 7-8 min ved 150-180°C på en teflonpande penslet med en neutral olie. Koteletternes sensoriske egenskaber (mørhed, bidemodstand, smag, saftighed og syrlighed) blev vurderet ved en profilering foretaget af ni trænede dommere (Bejerholm 1997, personlig meddelelse). Ved bedømmelsen anvendtes en skala fra 0 til 15 for de enkelte egenskaber, hvor 15 svarer til den højeste intensitet.

Optøningssvind, kogesvind og Warner-Bratzler konsistens blev undersøgt for prøver af LD fra de samme svin (udtaget og nedfrosset 24 timer efter slagtningen). De frosne prøver blev vejet og optøet i 24 timer ved 4°C, hvorpå de igen blev aftørret og vejet, således at optøningssvindet kunne beregnes. Efter vakuumpakning blev prøverne varmebehandlet ved 80°C i 60 min., afkølet 14 min. i isvand samt aftørret og vejet, således at kogesvindet kunne beregnes. De varmebehandlede prøver blev derefter udskåret i 4 blokke á 1 x 1 x 5 cm, hvor den lange side var parallel med fiberretningen. Konsistensmålingen blev foretaget ved hjælp af en materiale-testningsmaskine (INSTRON, 4301) monteret med et Warner-Bratzler skæreblad, som beskrevet af Møller (1980).

Hver af de fire kødblokke resulterede i tre overskæringskurver. Herefter blev der ud fra 12 overskæringskurver pr. prøve beregnet gennemsnitsværdier for følgende parametre: "Maximal yield" (1. hovedtop på overskæringskurven) samt "Final yield" (punktet, hvor skærebladet lige er nået igennem kødblokken, der anses for at udtrykke bindevævets bidrag til kødets sejhed).

2.3.4. Supplerende muskel- og kødundersøgelser

For de udvalgte svin (5-10 af hver type) blev der desuden foretaget studier af mørhedsudvikling på grundlag af LD prøver, der blev nedfrosset hhv. 40 min, 24 timer og 7 døgn, efter at svinene blev slagtet. Aktiviteten af enzymerne cathepsin B + L, blev bestemt med fluorescensmålinger i muskelhomogenater, den lysosomale og den opløselige fraktion af homogeniserede kødprøver fra 18 svin, som beskrevet af Ertbjerg *et al.* (1994). Den opløselige fraktion blev endvidere anvendt til bestemmelse af inhibitoren cystatin's evne til at hæmme aktiviteten af papain, som beskrevet af Ertbjerg *et al.* (1996). I prøverne udtaget 40 min efter slagtning fra 10 svin (5 af hver type) blev enzymerne μ-calpain, m-calpain og calpastatin oprenset og separeret i henhold til Iversen et al. (1993). Aktiviteten af disse enzymers blev målt gennem et casein-assay baseret på en spektrofotometrisk metode (Ertbjerg, 1996). Derudover blev den relative forekomst af forskellige myofibrillære proteiner studeret gennem SDS-PAGE, som beskrevet af Ertbjerg et al. (1997). Kødets oxidative stabilitet blev vurderet ud fra forekomsten af lipidoxidation og farveændringer igennem et lagringsforløb. Fra den LD prøve, der dagen efter slagtningen blev transporteret til KVL, blev afskåret 5 koteletter. Èn af disse blev anvendt til dryptabsbestemmelse, idet koteletten blev vejet før og efter ophængning via en plastsnor i en lukket polyethylen pose. Ophængningen foregik ved 4 °C i 6 døgn. De resterende 4 koteletter blev lagret i kølegondol ved 4 °C i lys (900 lux) i hhv. 0, 1, 4 og 6 døgn. Derefter blev overfladefarven (L*-, a*- og b*-værdier) bestemt med Minolta 508i udstyr. Forekomsten af thiobarbitursyre reaktive substanser (TBARS) blev desuden bestemt for 5 g fra hver kotelet efter en metode modificeret efter Vyncke (1975), jvf. Juncher *et al.* (1997).

2.3.5. Statistiske metoder

Som tidligere nævnt var 40 af de 77 forsøgssvin parvist kuldsøskende. For hvert af disse par blev beregnet en gennemsnitsværdi for de undersøgte egenskaber, således at kun 57 observationer (20 parvise og 37 enkeltdyrs observationer) indgik i den statistiske analyse. Undtaget herfor er egenskaben "kg foder pr. kg tilvækst", der blev registreret for hver sti, og derfor kun findes for 12 forsøgsenheder (6 per svinetype).

Statistisk analyse af egenskaber, som blev registreret én gang pr. forsøgsenhed, er foretaget i henhold til model (I) ved hjælp af proceduren PROC GLM i programpakken SAS (SAS, 1988). Egenskaber, der blev målt på den samme forsøgsenhed ved forskellige tidspunkter, er analyseret i henhold

til model (II) via proceduren PROC MIXED i SAS (SAS, 1992). Simple korrelationskoefficienter (r) blev beregnet for hver svinetype ved hjælp af proceduren PROC CORR (SAS, 1988). Såfremt to egenskaber viste sig at være tæt korreleret for begge svinetyper, blev en korrigeret korrelationskoefficient (r_{kor}) beregnet efter model (III) via proceduren PROC GLM og MANOVA funktionen.

Model (I): Y = svinetype + a*slagtevægt + REST
Model (II): Y = svinetype + lagringstid + svinetype*lagringstid + GRIS + REST
Model (III): Y = svinetype + REST

Effekten af GRIS og REST (fra model I, II og III, hhv.) antages at være tilfældig og normalfordelt med konstant varians. For de undersøgte egenskaber er mindste kvadraters gennemsnit estimeret per svinetype og pr. lagringstidspunkt ud fra LSMEANS funktionen i SAS. En given faktor anses for at være statistisk signifikant, såfremt sandsynligheden (p) for, at den pågældende faktor ingen effekt har, er mindre end 0,05. En korrelationskoefficient regnes ligeledes for at være statistisk signifikant, såfremt sandsynligheden for, at den har værdien 0, er mindre end 0,05.

3. Resultater

3.1. Produktionsegenskaber

Dansk Landrace *anno* 1995 havde større daglig foderoptagelse (0,31 kg/dag), højere tilvækst (288 g/dag) og mindre foderforbrug (0,89 kg foder/kg tilvækst) end Dansk Landrace *anno* 1976 (tabel 2). De seneste 20 årsavlsarbejde har således været særdeles succesfuldt mht. at øge svinenes appetit samt tilvækst og mindske foderforbruget pr. kg tilvækst, hvorimod kødprocenten kun er blevet moderat øget (1,8 procentenheder).

Tabel 2. Produktionsresultater for svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Angivet som mindste kvadraters gennemsnit

Performance (least square means) of Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995

	Dansk Landrace *Anno* 1976	Dansk Landrace *Anno* 1995	Spredning/ *RootMSE*	p-værdi *p-value*
Antal observationer/ *No. of observations*	22	35	-	-
Vægt v. forsøgets start[a], kg/ *Weight at beginning, kg[a]*	40,2	40,2	-	-
Vægt v. forsøgets slutning[a]/ *Weight at end, kg[a]*	95,1	98,0	-	-
Antal dage i forsøg/ *No. of days on experiment*	85	60	8,4	<0,01
Daglig tilvækst, g/dag/ *Daily gain, g/day*	670	958	80	<0,01
Daglig foderoptagelse, kg[b]/ *Daily feed intake, kg[b]*	2,37	2,68	0,11	<0,01
Kg foder/kg tilvækst[b]/ *Kg feed/kg gain*	3,64	2,75	0,21	<0,01
Beregnet kødprocent/ *Meat percentage*	58,1	59,9	2,3	<0,01
Vægt af udvalgte muskler, kg/ *Weight of muscles, kg*				
M. *longissimus dorsi* (kam)	3,11	3,05	0,26	0,41
M. *psoas major* (mørbrad)	0,56	0,61	0,05	<0,01
M. *biceps femoris* (yderlår)	1,55	1,47	0,11	0,02
M. *semitendinosus* (yderlår)	0,43	0,41	0,04	0,08
M. *semimembranosus* (inderlår)	1,78	1,81	0,13	0,55
M. *vastus gruppen* (klump)	1,00	1,05	0,08	0,05
Blod, kg/ *Blood, kg*	3,55	3,95	0,28	<0,01
Hjerte, g/ *Heart, g*	306	340	31	<0,01
Hæmatokrit, %/ *Hematocrit, %*	46,8	45,9	2,80	0,31
Hæmoglobin, mM/ *Hemoglobin, mM*	9,03	8,82	0,51	0,19

[a]: Gennemsnit/*Mean*

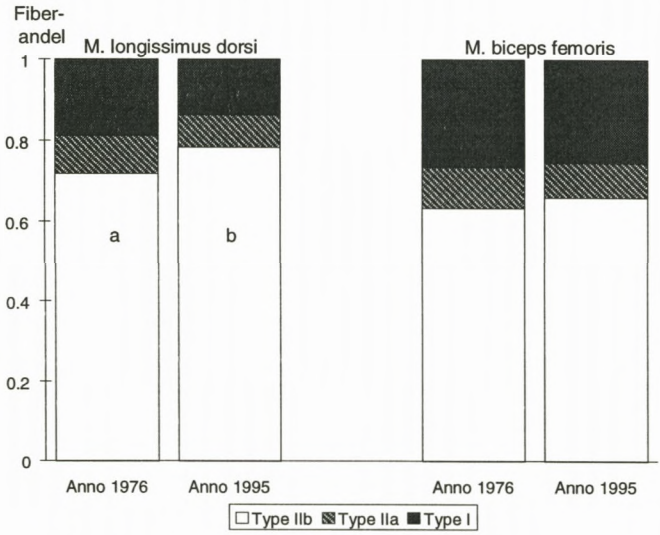
[b]: Registreret på stiniveau, der anvendtes 6 stier/svinetyp/*Determined per pen for 6 pens/pig type*

Hos *anno* 1995 svinene viste både *M.psoas major* og *M.vastus* muskelgruppen sig at veje 50 g mere end hos *anno* 1976 svinene (tabel 2). Vægten af *M.biceps femoris* og *M.semitendinosus* var derimod hhv. 80 og 20 g mindre for *anno* 1995 end for 1976 svin, hvorimod vægten af *M. Longissimus dorsi* og *M. semimembranosus* ikke var forskellig.

Anno 1995 grisene havde et signifikant større hjerte (11%) og 11% mere blod kunne afblødes ved stikning. Blodets hematokritværdi og hæmoglobinindhold var ikke forskellig for de to typer af svin (tabel 2).

3.2. Muskelfiber og energistofskifte karakteristika

Den numeriske fordeling af de tre muskelfibertyper er vist i figur 1 for LD og BF. De langsomt kontraherende og udholdende type I fibre udgjorde en signifikant større andel af fibrene i LD fra *anno* 1976 (18 %) end fra *anno* 1995 svin (13%). Andelen af de hurtigt kontraherende og mindre udholdende type IIb fibre var til gengæld 7 procentenheder mindre i LD fra *anno* 1976 svinene. Fibertypefordelingen i skinkemusklen BF varierede imidlertid ikke signifikant mellem de to svinetyper (figur 1)



Figur 1. Mindste kvadraters gennemsnit for numerisk fibertypefordeling i *M.longissimus dorsi* og *M.biceps femoris* fra svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Forskellige bogstaver inden for én fibertype markerer en signifikant forskel mellem svinetyper/*Numeric distribution of muscle fibre types in M.longissimus dorsi and M.biceps femoris from pigs of Danish Landrace anno 1976 and 1995 (least square means). Different letters within one fibre type mark a significant difference between pig types***

Muskelfibrenes tværsnitsareal samt antallet af kapillærer pr. fiber og pr. arealenhed fremgår af tabel 3. Her ses, at tværsnitsarealet af *anno* 1976 svinenes LD muskelfibre var signifikant større (20 %) end tværsnitsarealet af *anno* 1995 svinenes LD fibre. Opdeling af fibrene i ovennævnte tre typer viste endvidere, at forskellen i fibrenes gennemsnitlige tværsnitsareal især skyldtes forskelle i type IIa og IIb fibrenes tværsnitsareal (tabel 3). Det gennemsnitlige tværsnitsareal af fibrene fra BF musklen var ligeledes signifikant højere (58 %) for *anno* 1976 svinene. Denne forskel var dog mest udpræget for type IIb fibrene.

Tabel 3. Fibertypernes tværsnitsareal og kapillarisering vist for musklerne *M. longissimus dorsi* og M. *biceps femoris* som mindste kvadraters gennemsnit for hver type af svin

Fibre cross-sectional area and capillarisation shown for the muscles M. longissimus dorsi and M. biceps femoris as least square means for Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995

	Dansk Landrace *Anno* 1976	Dansk Landrace *Anno* 1995	Spred-ning/ *RootMSE*	p-værdi *p-value*
M.longissimus dorsi				
Antal observationer/ *No. of observations*	21	29	-	-
Fiber tværsnitsareal, μm^2/ *Fibres cross-sectional area, μm^2*				
Type I	3194	2933	852	0,33
Type Iia	3203	2345	1043	0,01
Type Iib	6948	5497	1802	0,01
Gns. Fibertværsnitsareal, μm^2/ *Mean cross-sectional area, μm^2*	5863	4878	1529	0,04
Kapillærer/fiber/ *Capillaries/fibre*	0,91	0,88	0,2	0,63
Kapillærer/mm^2/ *Capillaries/ mm^2*	154	166	48	0,43
M.biceps femoris				
Antal observationer/ *No. of observations*	11	11	-	-
Fiber tværsnitsareal, μm^2/ *Fibres cross-sectional area, μm^2*				
Type I	3228	2486	893	0,15
Type Iia	3831	2956	971	0,12
Type Iib	6825	4013	1913	0,02
Gns. Fibertværsnitsareal, μm^2/ *Mean cross-sectional area, μm^2*	5570	3527	1408	0,02
Kapillærer/fiber*/ *Capillaries/fibre**	2,0	1,8	0,3	0,32
Kapillærer/mm^2*/ *Capillaries/ mm^2**	446	407	38	0,16

* n = 8 for hver svinetype/**n = 8 for each pig type*

Antallet af kapillærer pr. fiber og pr. arealenhed (tabel 3) varierede ikke mellem de to svinetyper, hverken for LD eller BF. .Koncentrationen af glykogen i prøver af *M.longissimus dorsi,* udtaget fra udhvilede svin, var ca. 9% højere i *anno* 1995 grisene, skønt forskellen ikke var signifikant (tabel 4). Aktiviteten af det glykolytiske enzym LDH, der er positivt korreleret til muskelfibrenes anaerobe energistofskifte, var signifikant højere (14%) hos *anno* 1976 svinene. Aktiviteten af enzymerne CS og HAD, der indgår i det aerobe energistofskifte (Krebs' cyklus og β-oxidation af frie fede syrer), viste sig ligeledes at være 13 og 11% højere, for Dansk Landrace *anno* 1976 end for *anno* 1995 svinene. I overensstemmelse hermed blev der fundet 20-34% højere indhold af pigment (hæmoglobin og myoglobin, involveret i transport af O_2 fra blod til muskelcelle) i LD fra *anno* 1976 svinene (tabel 5)

Tabel 4. Hvileniveau for glykogenindhold og aktivitet af stofskifteenzymer i *M. longissimus dorsi*. Mindste kvadraters gennemsnit for hver type af svin

Resting glycogen level and activity of enzymes related to energy metabolism in muscles M. longissimus dorsi. Least square means for Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995

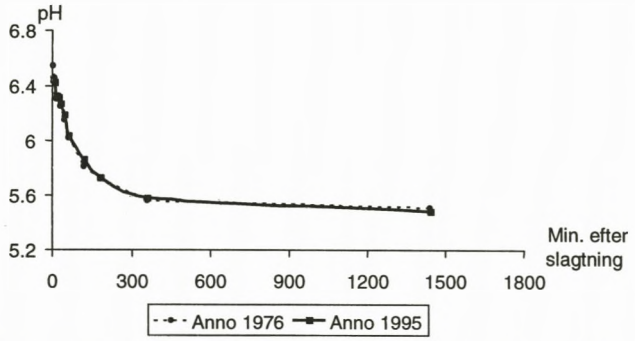
	Dansk Landrace *Anno* 1976	Dansk Landrace *Anno* 1995	Spredning/ *RootMSE*	p-værdi *p-value*
Antal observationer/ *No. of observations*	22	35	-	-
Glykogen[1]/ *Glycogen[1]*	65,1	70,8	13,5	0,16
Enzymaktivitet/ *Activity of enzymes*				
CS[2]	6,25	5,53	1,4	0,09
HAD[2]	7,15	6,47	1,2	0,06
LDH[2]	4144	3622	622	<0,01

[1]: µmol/g WW/[1]: *µmol/g WW*

[2]: µmol/min/g WW/[2]: *µmol/min/g WW. CS= citrate Synthetase, HAD=β-hydroxy-Acyl-CoA Dehydrogenase, LDH= Lactate Dehydrogenase*

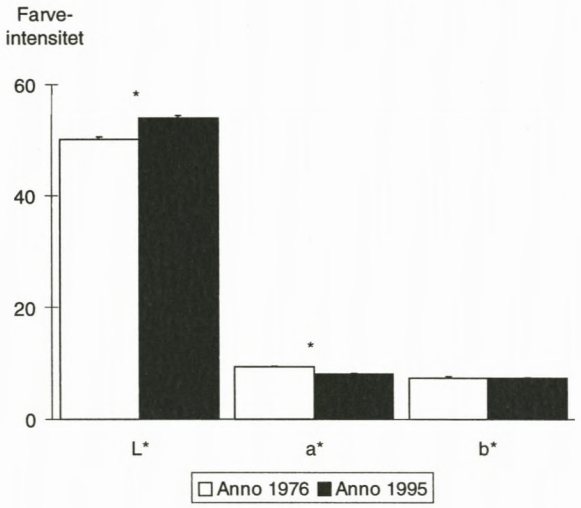
3.3. Teknologiske og sensoriske kødkvalitetsegenskaber

Forløbet af det postmortale pH-fald er skitseret i Figur 2, og pH værdierne målt 45 minutter og 24 timer efter slagtningen ses desuden i tabel 5. Heraf fremgår, at hverken pH-faldets hastighed eller udstrækning varierede mellem de to svinetyper.



Figur 2. Gennemsnitlig pH i *M.longissimus dorsi* som funktion af tid efter slagtningen for 77 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995/*Mean pH value in M.longissimus dorsi shown as a function of time post mortem for 77 pigs of Danish Landrace anno 1976 and 1995*

Figur 3 viser overfladefarven af koteletter, udtrykt ved tristimulus parametrene L*, a* og b* for alle undersøgelsens svin. Værdien L*, der afspejler kødets lyshed, var signifikant højere for Dansk Landrace *anno* 1995 end for *anno* 1976, mens a*, der afspejler rødheden, var signifikant lavere for *anno* 1995 svin sammenlignet med *anno* 1976 svin. Der blev ikke fundet forskel i b*-værdien (kødets gulhed) mellem de to typer af svin.



Figur 3. Koteletters L* (lyshed) , a* (rødhed) og b* (gulhed). Mindste kvadraters gennemsnit for svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. * Markerer statistisk sikker forskel mellem de to svinetyper/*L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness) of chops. Least square means for Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995.* Marks a statistically significant difference between pig types*

Forskellen i kødets a* og L* værdi er i overensstemmelse med det højere haematin og pigmentindhold, der blev fundet i *anno* 1976 svinene (tabel 5).

I tabel 5 er den kemiske sammensætning af LD angivet. Heraf fremgår, at svin af Dansk Landrace *anno* 1995 havde et højere vandindhold og et lavere proteinindhold i LD end *anno* 1976 svin, mens fedtindholdet ikke var forskelligt for de to typer af svin. Såvel kødets saftbindeevne (indhold af saltopløselige proteiner) som det procentvise dryptab og optøningssvind afhang ikke af svinenes type.

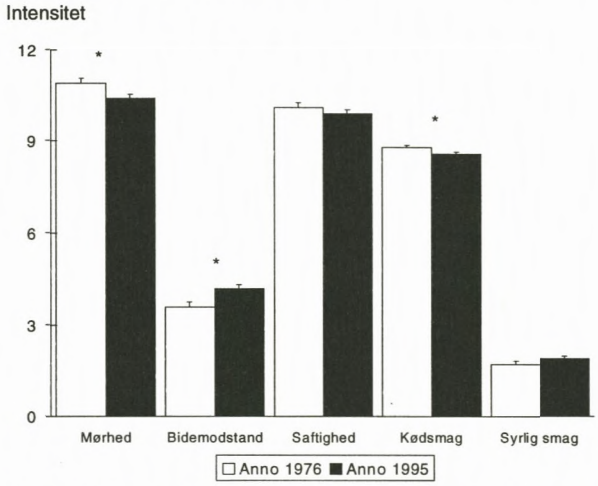
Tabel 5. Kammens kemiske sammensætning og kødkvalitetsegenskaber angivet for hver type af svin som mindste kvadraters gennemsnit

Chemical composition and meat quality characteristics of M. longissimus dorsi. Least square means given for Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995

	Dansk Landrace *Anno* 1976	Dansk Landrace *anno* 1995	Spredning/ *RootMSE*	p-værdi *p-value*
Antal observationer/ *No. of observations*	22	35	-	-
Longissimus				
Vand, %/ *Water, %*	74,1	74,6	0,49	<0,01
Protein, %/ *Protein, %*	23,6	23,0	0,37	<0,01
Fedt, %/ *Fat, %*	1,37	1,59	0,44	0,10
Hæmatin, ppm/ *Hematin, ppm*	29,8	22,2	3,7	<0,01
Pigment, mg/g/ *Pigment, mg/g*	1,02	0,85	0,17	<0,01
pH 45 min efter slagtning/ *pH 45 min after slaughter*	6,15	6,18	0,08	0,55
pH 24 timer efter slagtning/ *pH 24 h after slaughter*	5,51	5,50	0,25	0,70
Saftbindeevne, g peptid/g kød/ *Soluble protein, g/g*	0,179	0,175	0,013	0,31
Dryptab*, %/ *Drip loss, %*	6,3	6,8	1,51	0,48
Optøningssvind, %/ *Thawing loss, %*	7,2	8,0	2,8	0,40
Kogesvind, %/ *Cooking loss, %*	26,9	29,1	1,4	<0,01
Konsistens/ *Shear force*				
Max. Yield, N	49,1	50,9	9,2	0,51
Final yield, N	18,0	15,9	4,5	0,14

*: Bestemt for 18 af de 20 udvalgte svin ved ophængning af en kotelet fra 2. til 8. døgn efter slagtningen/ *Determined for 18 pigs by hanging of a chop in a bag from day 2 to 6 post mortem*

Derimod fremkom en signifikant stigning (8%) i kødets kogesvind, når svin af Dansk Landrace *anno* 1995 sammenlignedes med *anno* 1976 svin (tabel 5). Resultaterne fra konsistensbestemmelsen for ikke modnet kød viste ingen signifikant forskel mellem svinetyper, men der var en tendens (p=0,14) til, at *anno* 1976 svinene havde et højere "final yield" end *anno* 1995 svinene. Dette kan skyldes en aldersbetinget stigning i krydsbindingsstabiliteten af intramuskulært kollagen hos *anno* 1976 svinene, der var ældre på slagte tidspunktet end *anno* 1995 svinene (tabel 2). Resultatet af den sensoriske bedømmelse af LD musklens spisekvalitet fremgår af figur 4. Det ses, at kød fra *anno* 1995 svinene ydede en signifikant større (17%) modstand mod overbidning (intensiteten var 4,2 for 1995 svin og 3,6 for 1976 svin) og var 5% mindre mørt end kød fra *anno* 1976 svin (1995: 10,4 *vs.* 1976: 10,9). Derudover blev der fundet en signifikant forskel til fordel for 1976 svinene mht. kødsmagens intensitet, der blev vurderet til 8,8 for *anno* 1976 og 8,6 for 1995 svin.



Figur 4. Sensorisk bedømmelse af *M.longissimus dorsi* fra 77 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995 vist som mindste kvadraters gennemsnit. * Markerer statistisk sikker forskel mellem svinetyper/ *Sensory evaluation of M.longissimus dorsi from 77 pigs of Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995 (least square means). * Marks a significant difference between pig types*

3.4. Kødets mørhedsudvikling

For en mindre gruppe (10-20) af undersøgelsens svin blev kødets mørhedsudvikling undersøgt. Dette arbejde omfattede bl.a. enzymerne μ-calpain, m-calpain og calpastatin, hvoraf μ-calpain og m-calpain har proteolytisk effekt ved hhv. mikro- og millimolære koncentrationer af Ca^{2+}, mens calpastatin har en specifik inhiberende effekt på proteolysen. Som det fremgår af tabel 6, var aktiviteten af enzymerne μ-calpain, m-calpain og calpastatin ikke forskellig for

svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Heller ikke forholdet mellem aktiviteten af proteolyse fremmende og hæmmende enzymer varierede som følge af svinetype (tabel 6).

Aktiviteten af cathepsin B + L i den opløselige- og lysosomale fraktion samt i muskelhomogenat blev bestemt i muskelprøver udtaget på forskellige tidspunkter efter slagtningen og er vist i tabel 7. Gennem lagringsperioden steg aktiviteten i den opløselige fraktion (p<0,001), hvorimod aktiviteten i den lysosomale fraktion faldt (p<0,05). Dette kan skyldes at lysosomerne brister under modning og derved frigiver cathepsiner til den opløselige fraktion. Aktiviteten i muskelhomogenaterne blev ikke forandret signifikant gennem modningsperioden Aktiviteten af cathepsin B+L i den opløselige fraktion samt i muskelhomogenatet var ikke forskellig mellem de to svinetyper.

Tabel 6. Aktivitet af µ-calpain, m-calpain og calpastatin i prøver fra *M.longissimus dorsi.* Mindste kvadraters gennemsnit for svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995

Activity of µ-calpain, m-calpain, and calpastatin in samples of M. longissimus dorsi. Least square means given for Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995

	Dansk Landrace *Anno* 1976	Dansk Landrace *Anno* 1995	Spredning/ *RootMSE*	p-værdi *p-value*
Antal observationer/ *No. of observations*	5	5	-	-
µ-Calpain[1]	146	148	63,5	0,96
m-Calpain[1]	605	688	75,3	0,15
Calpastatin[1]	739	726	293	0,95
µ+m-Calpain/calpastatin	1,1	1,4	0,5	0,34
Calpastatin/µ-calpain	6,4	6,8	6,7	0,93

[1]: mU/g muskel/*[1]: mU/g of muscle*

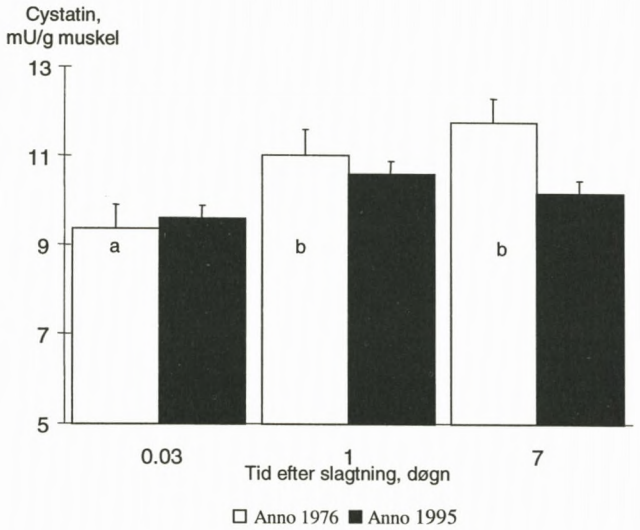
Som vist i figur 5 afhang aktiviteten af cystatin, der hæmmer cathepsinerne, af lagringstid. Denne sammenhæng viste sig at være mest udpræget for *anno* 1976 svinene, idet effekten af vekselvirkningen mellem svinetype og lagringstidspunkt var tæt på at være signifikant (p=0,07).

Tabel 7. Mindste kvadraters gennemsnit af cathepsin B+L (mU/g muskel) i opløselig- og lysosomal fraktion samt i muskelhomogenat fra *anno* 1976 og 1995 svin. Modellens spredning var 0,46, 0,21 og 0,73 for aktiviteten af cathepsin B+L i henholdsvis den opløselige- og lysomale fraktion samt i muskelhomogenat

Activity of cathepsin B+L (mU/g of muscle) in soluble and lysosomal fraction and in muscle homogenate of M. longissimus dorsi measured 42 minutes, 1 day and 6 days after slaughter. Least square means given for Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995. The standard deviation of the model was 0.46, 0.21, and 0.73 for the activity of cathepsin B+L in the soluble and lysosomal fraction and in the muscle homogenate

Fraktion/ *Fraction*	Tid postmortem, døgn/ *Time post mortem, days*	Dansk Landrace *anno* 1976	Dansk Landrace *anno* 1995	p-værdi *p-value*
Opløselig/ *Soluble*	0,03	2,66	3,05	0,51
	1	2,55	3,13	0,47
	7	3,16	4,03	0,14
Lysomal/ *Lysosomal*	0,03.	1,03	0,95	0,61
	1	0,82	0,86	0,87
	7	0,74	0,82	0,67
Homogenat/ *Homogenate*	0,03	3,51	4,14	0,33
	1	2,90	3,81	0,26
	7	2,76	3,74	0,13

Forekomsten af forskellige myofibrillære proteiner (nedbrydningsprodukter) blev undersøgt ved hjælp af SDS-PAGE i prøver nedfrosset hhv. 1 og 7 døgn efter slagtningen. I tabel 8 er resultaterne herfra vist for et peptide med molekylvægten 31 kDa. Tilsynekomsten af dette polypeptid ses ofte i forbindelse med modning af kød. Polypeptidet kan kædes sammen med nedbrydning af Troponin-T. Forekomsten af 31 kDa polypeptidet betragtes som en god indikator for omfanget af den postmortale proteolyse (Koohmaraie, 1994). I ikke modnede prøver (pooled data fra to analyser taget indenfor det første døgn) var der en lidt højere forekomst af 31 kDa peptidet i kødprøver fra *anno* 1976 svinene end i kødprøver fra 1995 svinene. Efter 7 døgns modning var denne forskel mere udtalt. I modnede prøver fandtes ligeledes en signifikant højere forekomst af et 150kD bånd i kød fra *anno* 1976 svinene. Forskellen i disse peptider indikerer, at mørhedsudviklingen var forskellig for de to typer af svin og mest udtalt i *anno* 1976 svinene.



Figur 5. Aktivitet af cystatin i prøver af *M.longissimus dorsi* fra i alt 18 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Mindste kvadraters gennemsnit for prøver nedfrosset 0,03, 1 og 7 døgn efter slagtningen. Forskellige bogstaver inden for svinetype markerer en statistisk sikker forskel mellem nedfrysningstidspunkter/Activity of cystatin in M.longissimus dorsi samples from 18 Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995. Least square means for samples after 0.03, 1 and 7 days storage post mortem, respectively. Different letters within pig type mark a statistically significant effect of storage period

3.5. Kødets oxidative stabilitet og farvestabilitet under lagring

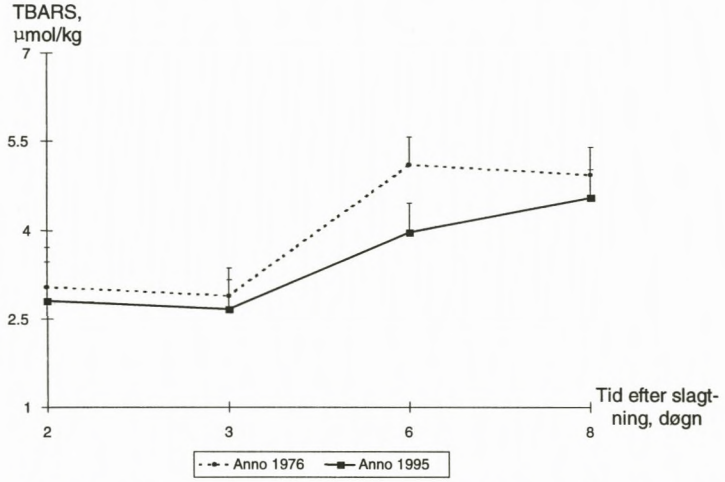
For de 20 udvalgte svin blev kødets oxidative stabilitet undersøgt ved at bestemme mængden af thiobarbinolsyre reaktive substanser (TBARS) i *M.longissimus dorsi* efter

Tabel 8. Intensitet af SDS-PAGE bånd for 31 kDa peptidet (i procent af den totale intensitet af alle proteinbånd i gelens bane). Mindste kvadraters gennemsnit for *M.longissimus dorsi* fra i alt 17 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Prøverne blev nedfrosset hhv. 0,03, 1 (0-24 timer) og 7 døgn efter slagtningen

Intensity of SDS-PAGE band of 31 kDa peptide (% of the total intensity of all protein bands in the lane) of M. longissimus dorsi in samples taken within the first day and 6 days after slaughter. Least square means given for 17 pigs of Danish Landrace pigs anno 1976 and 1995

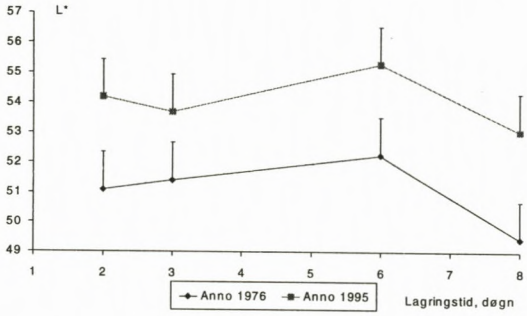
Lagringtid/ *Storing time*	Dansk Landrace *anno* 1976	Dansk Landrace *anno* 1995	Spredning/ *RootMSE*	p-værdi *p-value*
0-24 timer/ *0-24 hours*	0,85	0,41	0,60	<0,05
6 døgn/ *6 days*	1,22	0,48	0,34	<0,001

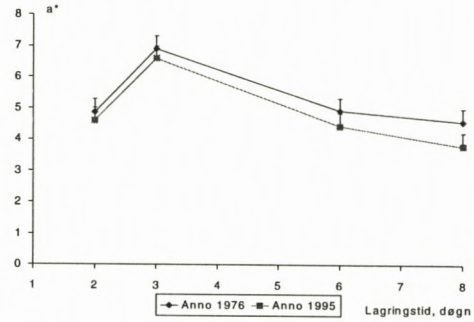
lagring af koteletter ved 4 °C i lys i en periode på 2 til 8 dage efter slagtningen. Som vist i figur 6 var der ved lagringsperiodens start ingen væsentlig forskel mellem svinetyper på niveauet af TBARS. For begge typer af svin steg mængden af TBARS signifikant med tiden. Figur 6 antyder endvidere, at niveauet af TBARS generelt var højest for *anno* 1976 svinene. Denne forskel var dog ikke statistisk sikker.

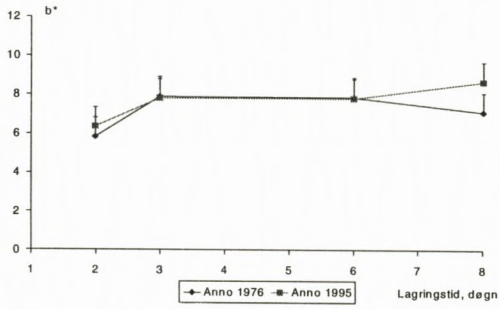


Figur 6. Thiobarbitursyre reaktive substanser (TBARS) i *M.longissimus dorsi* fra 20 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Mindste kvadraters gennemsnit for koteletter lagret i lys ved 4 °C i hhv. 2, 3, 6 og 8 døgn efter slagtningen/Thiobarbituracid reactive substances (TBARS) in M. *longissimus dorsi* from 20 pigs of Danish Landrace *anno* 1976 and 1995. Least square means for chops stored in light for 2, 3, 6 and 8 days *post mortem*, respectively (Mod. e. Juncher *et al.*, 1997).

Kødets farve (udtrykt ved L*-, a*- og b*-parametrene) blev ligeledes bestemt efter lagring i lys i perioden på 2 til 8 dage efter slagtningen. Lagringsperioden ændrede ikke den forskel i L*- og a*-værdien, der allerede dagen efter slagtning blev fundet mellem *anno* 1976 g 1995 svin (figur 3). Som vist i figur 7 havde koteletter fra *anno* 1995 svin således en lysere og mindre rød kødfarve end koteletter fra *anno* 1976 svinene igennem hele lagringsperioden. Der blev ikke fundet forskel mellem svinetyper i kødets b*-værdi (gulhed).







Figur 7. Kødfarve udtrykt ved L*, a* og b* i M. *longissimus dorsi* fra 20 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Mindste kvadraters gennemsnit for koteletter lagret i lys ved 4 oC i hhv. 2,3,6 og 8 døgn efter slagtning/*Meat colour expressed by L*, a* and b* measured in 20 pigs of Danish Landrace anno 1976 and 1995. Least square means of pork chops stored at 4 °C in light for 2, 3, 6, and 8 days post mortem (Juncher et al., 1996)*

4. Diskussion

Dette afsnit indledes med sammenfatning og diskussion af resultaterne fra den sammenlignende undersøgelse af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995. Dernæst fremhæves dele af korrelationsstrukturen mellem de undersøgte egenskaber med henblik på at indikere væsentlige relationer mellem vækstpotentiale, muskelfysiologi og kødkvalitet.

4.1. Forskelle mellem Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995

Sammenligningen af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995 viste, at *anno* 1995 svinene havde en væsentligt højere daglig tilvækst, et markant lavere foderforbrug og en lidt (signifikant) højere kødprocent end *anno* 1976 svinene (tabel 2). Dette er ikke overraskende, idet netop ovennævnte produktionsegenskaber udgjorde en væsentlig del af det selektionsgrundlag, der blev anvendt for Dansk Landrace i årene fra 1976 til 1995 (en detaljeret beskrivelse af selektionskriterierne findes i Årsberetningerne fra Landsudvalget for Svin).

Fordelingen af tre muskelfibertyper samt fibertypernes tværsnitsareal blev bestemt for musklerne LD og BF. I LD viste andelen af type I fibre sig at være højere, mens andelen af type IIb fibre var mindre hos *anno* 1976 end hos *anno* 1995 svin (figur 1). I BF var der derimod ingen forskelle i fibertypefordelingen (figur 1). Om forskellene i fibertypefordelingen i LD musklen er et resultat af genetiske fremgange i produktionsegenskaberne er usikker, og kan ikke umiddelbart bekræftes af andre undersøgelser. Således kunne Karlsson *et al.* (1993) ikke påvise nogen ændring i fibertypefordelingen i LD efter selektion for muskelvækst. Ligeledes fandt Cameron *et al.* (1997), at linier af svin divergent selekteret for enten foderoptagelse, muskelvækst ved restriktivt fodring, muskelvækst ved ad lib fodring, eller foderforbrug pr. kg muskelvækst i 7 generationer ikke varierede med hensyn til LD musklens fibretypefordeling.

Nærværende arbejde viste ligeledes, at tværsnitsarealet af såvel type IIa som type IIb fibre var mindre i LD fra de moderne *anno* 1995 svin end i *anno* 1976 svin (tabel 3). Det samme gjaldt for type II fibrene i BF (tabel 3). I selektionsforsøget af Cameron et al. (1997,1998) fandtes ingen forskel mellem selektionslinjerne i muskelfibrenes areal.

Det mindre tværsnitsareal af muskelfibrene i LD og BF hos *anno* 1995 grisene (tabel 3) indikerer, at antallet af muskelfibre i LD og BF var væsentligt højere hos 1995 svin end hos deres artsfæller *anno* 1976, da vægten af musklerne (tabel 2) ikke var væsentlig forskellig for de to svinetyper. Denne indikation styrkes af, at korrelationen mellem daglig tilvækst og det estimerede fiberantal i LD har vist sig at være positiv (Staun, 1968; Dwyer *et al.,* 1993), samt, at LD fra hurtigt voksende svin indeholder flere fibre og har en mindre gennemsnitlig fiberdiameter end LD fra langsomt voksende svin, når der sammenlignes ved samme vægt (Miller *et al.,* 1975). Da antallet af muskelfibre er fastlagt ved fødslen, er det øgede antal muskelfibre hos *anno* 1995 grisene et resultat af ændringer i muskelfiberdannelsen (myogenesen) i fosterudviklingen.

Sammenligningen af egenskaber, der karakteriserer muskelfibrenes energistofskifte, viste, at hvileglykogenniveauet var ca. 9% (p=0,16) højere i LD fra *anno* 1995 grisene sammenlignet *med anno* 1976 grisene (tabel 4). Dette resultat er i overensstemmelse med at glykogenkoncentrationen er genetisk positiv relateret til kødprocenten og negativ relateret til foderudnyttelsen (Pedersen, Andersen, Oksbjerg, ikke publicerede resultater). I overensstemmelse hermed fandt Karlsson *et al.* (1993) endvidere en signifikant stigning i muskulaturens glykolytiske potentiale efter kun 2 generationers selektion for høj muskelaflejring.

Nærværende sammenligning viste desuden, at Dansk Landrace *anno* 1976 havde en signifikant højere aktivitet af det glykolytiske enzym LDH og en anelse højere aktivitet af enzymerne CS og HAD (tabel 4), der begge er involveret i muskulaturens aerobe energistofskifte. Således må det forventes, at grise *anno* 1976 bedre kan tåle fysisk belastning end *anno* 1995 grisene, når de sammenlignes ved samme vægt.

Sammenholdes de teknologiske kødkvalitetsegenskaber for *anno* 1976 og *anno* 1995 grisene, ses, at kød (LD) fra *anno* 1995 svin havde et højere vandindhold og et lavere proteinindhold end *anno* 1976 svin (tabel 5). Dette kan forklares af aldersforskellen mellem svinene, idet det er velkendt, at vandindholdet falder og proteinindholdet stiger med alderen, når man undersøger kød fra ikke-udvoksede svin. I overensstemmelse hermed fandt Larzul *et al* (1997) at vandindholdet falder med stigende fiberdiameter. Mængden af intramuskulært fedt var derimod ikke signifikant forskelligt for de to svinetyper (tabel 5). Selektion for større kødfylde og lavere foderforbrug vides at føre til lavere intramuskulært fedtindhold, hvorimod selektion for større daglig tilvækst resulterer i et højere intramuskulært fedtindhold (Cameron, 1990; Hovenier *et al.,* 1992; De Vries *et al.,* 1994; Knapp *et al.,* 1997). I overensstemmelse med den store fremgang i daglig tilvækst, der fremmer aflejringen af intramuskulært fedt, og lavere foderforbrug og den mindre fremgang i kødfylde, som begge reducerer indholdet af intramuskulært fedt, er det således ikke overraskende, at indholdet af intramuskulært fedt ikke var forskelligt for de to svinetyper.

Forløbet af det postmortale pH-fald (figur 2), kødets saftbindeevne og dryptab afhang ikke af svinenes type, men kød fra *anno* 1995 svin havde et væsentligt højere kogesvind end *anno* 1976 svinene (tabel 5). Det højere kogesvind kan være relateret til det højere vandindhold.

Nærværende sammenligning viste endvidere, at koteletter fra *anno* 1976 svin var mindre lyse og mere røde end tilsvarende koteletter fra *anno* 1995 svin (figur 3).

I overensstemmelse med den rødere kødfarve blev der fundet et højere hæmatin- og pigmentindhold i *anno* 1976 svin (tabel 5). Både myoglobin og hæmoglobin bidrager til kødets pigmentindhold. Således vil ca. 10-30% af pigmentet være hæmoglobin i afblødte svin (Bendall, 1975; Götze, 1969; Hamm og El-Badawi, 1991). Af to grunde er det dog mest sandsynligt, at det er myoglobinindholdet, der er formindsket. Bidraget fra hæmoglobin stammer fra det blod, der er fanget i kapillærerne, og den mængde er propertional med antallet af kapillærer pr. arealenhed. Kapillærtætheden var dog ikke forskellig for de to svinetyper (tabel 3). For det andet er mængden af hæmoglobin.

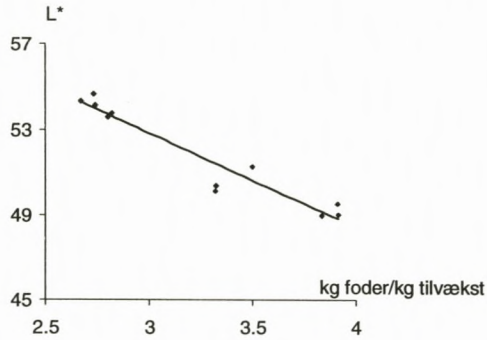
Blodets hæmoglobinindhold var ikke forskellig mellem de to typer (tabel 2). Det reducerede indhold af pigment i *anno* 1976 svin stemmer overens med Barton-Gade (1990), der fandt, at hæmatinindholdet i LD faldt med 11% fra begyndelsen til slutningen af 1980'erne. Barton-Gade (1990) vurderede endvidere den phenotypiske korrelation mellem kødets hæmatinindhold og svinenes daglige tilvækst samt kødprocent til at være ubetydelig.

Konsistensen af umodnede koteletter var ikke signifikant forskellig for de to typer af svin (tabel 5). I den sensoriske undersøgelse vurderede smagspanelet derimod, at modnet kød fra *anno* 1976 svin havde en lidt højere mørhedsintensitet og ydede mindre modstand mod overbidning end tilsvarende kød fra *anno* 1995 svin (figur 4). Derudover viste den sensoriske undersøgelse, at modnet kød fra *anno* 1976 havde en mere intens kødsmag. I overensstemmelse med den højere mørhedsinstensitet i koteletter fra *anno* 1976 svin blev der fundet en signifikant højere relativ forekomst af polypeptidet med molekylvægten 31 kDa (tabel 8), der er højt korreleret med mørheden. Samtidig var forekomsten af et 150 kD bånd højere hos *anno* 1976 grisene (data ikke vist). Disse resultater kunne imidlertid ikke forklares i signifikante ændringer i cathepsin B+L aktiviter (tabel 7) og der var endog en tendens til højere aktivitet af hæmmeren, cystatin (figur 5), i *anno* 1976 svinene. Dette tyder på, at andre forhold af betydning for mørhedsudvikling er forskellig de to svinetyper imellem. Det skal dog understreges at disse undersøgelser kun blev udført for en mindre del af grisene.

Kødets oxidative stabilitet (udvikling af TBARS) og farvestabilitet blev ligeledes undersøgt for en mindre del af undersøgelsens svin (figur 6 og 7). For disse egenskaber kunne ikke påvises signifikante forskelle mellem de to svinetyper.

4.2. Sammenhænge mellem vækstpotentiale, muskelfysiologi og kødkvalitet

Ved at studere korrelationsstrukturen mellem vækstrelaterede karakteristika og egenskaber knyttet til kødfarven, dvs., L*, a* og b* samt hæmatin- og pigmentindhold fandtes en stærk negativ sammenhæng mellem foderforbruget pr. kg tilvækst og kødets lyshed (L*). Som vist i figur 8, øges kødets lyshed således, når foderforbruget pr. kg tilvækst falder. Dette støttes af De Vries *et al.* (1994), der tillige fandt en stærk negativ genetisk korrelation mellem svinenes residual foderoptagelse og kødets lyshed (L*-værdi). I 1997 påviste Andersen & Pedersen (1997) en stærk negativ fænotypisk og genetisk sammenhæng mellem slagtesvins foderudnyttelse og kødets L*-værdi, ligesom de fandt små og ubetydelige korrelationer mellem L*-værdi og såvel daglig tilvækst som kødprocent. Der er således fundet stærk indikation for, at de seneste 20 års kraftige reduktion af Danske Landracesvins foderforbrug pr. kg tilvækst har ført til en lysere kødfarve.



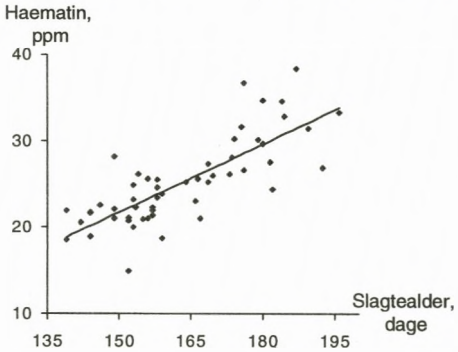
Figur 8. Koteletters L* (lyshed) bestemt 24 timer *post mortem* afbildet som funktion af svinenes foderforbrug/kg tilvækst. Gennemsnit beregnet for i alt 12 stier med 6-7 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995, $r_{(kor)}$=-0,73 (p=0,01)/ *L* of chops measured 24 h post mortem plotted against kg feed consumption per kg gain. Means calculated for a total of 12 pens containing 6-7 pigs of Danish Landrace anno 1976 and 1995, $r_{(cor)}$=-0.73 (p=0.01) (Mod. e. Oksbjerg et al., 1997).*

Årsagen til forandringerne i kødets lyshed (L*), som følge af forbedrede produktionsegenskaber er ikke kendte, men en del forskergrupper har arbejdet ud fra den hypotese, at det skyldes ændringer i muskelfiberegenskaber som følge af selektion for bedre produktionsegenskaber. Larzul *et al.* (1997), fandt en phenotypisk (r_p=-0,12) og genetisk (r_g=-0,34) korrelation mellem frekvensen af type I fibre og L*. En stigning i L* kan således tildels forklares af et fald i den relative andel af type I fibre. I nærværende undersøgelse var fibertypesammensætningen i LD imidlertid ikke korreleret i væsentlig grad til svinenes foderudnyttelse og kødets L* (data ikke vist). En anden faktor, som påvirker kødets L* værdi, er kødets pH (jo lavere pH jo højere L*). Imidlertid var kødets pH ikke forskellig de to svinetyper imellem (tabel 5, figur 2).

Kødets pigmentkoncentration er direkte relateret til kødets a* værdi. Sammenlignes pigmentkoncentrationen i forskellige muskler hvor fibertypefordelingen varierer fra 12 – 75% type I fibre, findes en stærk sammenhæng mellem pigmentkoncentrationen og frekvensen af type I fibre (ikke publiseret resultater). Indenfor LD, som består af 12% ±3% type I fibre, findes ligeledes, en svag positiv korrelation mellem frekvensen af type I og koncentrationen af pigment (Henckel et al., 1997). Således kan den reducerede frekvens af type I fibre i *anno* 1995 svinene være en medvirkende årsag til den lavere pigment koncentration. Imidlertid var pigmentkoncentrationen ligeledes reduceret i BF, uden at fibertypefordelingen var forskellig mellem de to svinetyper.

Med stigende alder øges fibrenes tværsnitsareal og koncentrationen af pigment (Lawrie, 1950). Årsagen til dette er, at difussionsafstanden inden i fibrene stiger, når fibrenes tværsnitsareal øges. Pigment (myoglobin) gør iltens diffussion mellem

kapillærerne og fibrenes mitokondrier mere effektiv. Ved samme vægt findes tillige en positiv sammenhæng mellem fibrenes tværsnitsareal og koncentration af pigment (Henckel et al., 1997; Larzul et al., 1997). Således kan de mindre fibre (mindre fysiologisk modne) i både LD og BF i *anno* 1995 svin være en medvirkende årsag til den lavere pigmentkoncentrationen. Således fandtes en sammenhæng mellem LD musklens hæmatinindhold og alder som afbildet i figur 9. Heraf fremgår det, som nævnt ovenfor, at hæmatinindholdet øges med stigende slagtealder. Sammenhængen mellem slagtealderen og hhv. kødets L* og a* værdi var imidlertid ikke signifikant.

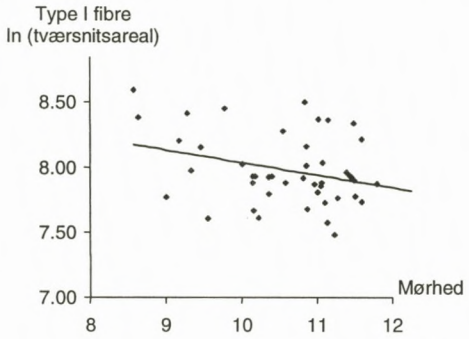


Figur 9. Sammenhængen mellem hæmatinindholdet i *M. longissimus dorsi* og svinenes slagtealder vist for 22 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 35 *anno* 1995 svin, r_{kor}=0,48 (p<0,01) */The correlation between the haem content of M.longissimus dorsi and the age of slaughter of the pigs shown for 22 pigs of Danish Landrace anno 1976 and 35 anno 1995 pigs, r_{cor}=0.48 (p<0.01).*

Sammenfattende bekræfter nærværende arbejde eksistensen af en stærk negativ sammenhæng mellem slagtesvins foderudnyttelse og kødets lyshed (L*), som ikke umiddelbart kan relateres til de undersøgte muskelfysiologiske egenskaber. Derimod er det sandsynligt at en reduktion i fibrenes tværsnitsareal, som følge af selektion for bedre produktionsegenskaber, kan medføre mindre rødt kød. Alternativt kan det forventes, at hvis selektion for produktionsegenskaber forårsager øget vækst i den enkelte muskelfiber uden at antallet af muskelfibre ændres, vil pigmentindholdet forblive uændret, når svin slagtes ved samme vægt. I overensstemmelse hermed fandt Cameron et al (1998) ingen effekt af selektion for bedre produktionsegenskaber på hverken fiberareal og pigmentindhold.

Ved at relatere LD musklens fysiologiske egenskaber med kødets sensoriske kvalitet fandtes, at type I fibrenes tværsnitsareal var negativt korreleret med kødets mørhed (figur 10), dvs., at kødets mørhed forbedres med faldende tværsnitsareal af type I fibre. Henckel *et al.* (1997) fandt ingen signifikant sammenhæng mellem fibrenes tværsnitsareal og kødets mørhed, mens Maltin *et al.*

(1997) i overensstemmelse med nærværende arbejde så, at kødets modstand mod kompression voksede, når de oxidative (SO og FOG) fibres diameter steg. Idet tværsnitsarealet af type I fibrene ikke var signifikant forskellige for de to svinetyper (tabel 3), kan den højere mørhedsintensitet, der blev fundet for disse svin, ikke forklares ved forskelle i muskelfibrenes tværsnitsareal.



Figur 10. Tværsnitsarealet af type I fibrene i *M.longissimus dorsi* (ln transformeret) afbildet som funktion af kødets mørhed for 21 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 29 *anno* 1995 svin, r_{kor}=-0,43 (p<0,01). The cross-sectional area of type I fibres from *M.longissimus dorsi* (ln transformed) plotted as a function of meat tenderness for 21 pigs of Danish Landrace *anno* 1976 and 29 *anno* 1995 pigs, r_{cor}=-0.43 (p<0.01).

For begge svinetyper var der endvidere en tendens til, at frekvensen af type I fibre var negativt relateret til kødets sensorisk bestemte mørhed (*anno* 1976 svin: r=-0,33; p=0,14 og *anno* 1995 svin: r=-0,31; p=0,10). Det er derfor ikke sandsynligt, at den højere frekvens af type I fibre hos *anno* 1976 svinene er årsag til den bedre mørhed, der blev fundet for Dansk Landrace *anno* 1976 (figur 4). Dette støttes af Karlsson *et al.* (1993), der fandt en reduktion i kødets modstand mod gennemskæring med stigende andel af type IIb fibre. Derimod fandt Essén-Gustavsson & Fjelkner-Modig (1985) en tendens til forbedret mørhed med stigende andel af type I fibre.

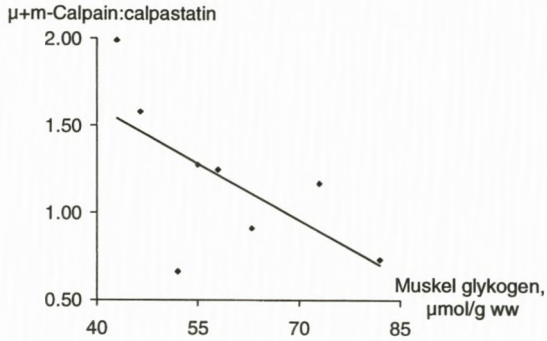
Sammenhængen mellem den proteolytiske aktivitet af de undersøgte enzymsystemer og kødets mørhedsudvikling blev undersøgt i relation til svinetype og kødproduktionsegenskaber. Med forbehold i den begrænsede datamængde er resultaterne heraf medtaget til vurdering af mulige kvalitetsmarkører i en evt. fremtidig og mere omfattende undersøgelse.

Simple korrelationskoeficienter viste, at kødets mørhedsegenskaber (Warner-Bratzler konsistens samt smagspanelets vurdering af mørhed og bidemodstand) især var relateret til aktiviteten af enzymerne μ-calpain og calpastatin, der hhv. fremmer og hæmmer proteolysen.

Et højt calpastatin: μ-calpain forhold indikerer derfor et lavt potentiale for proteinnedbrydning og mørhedsudvikling. I prøver hvor calpastatin: μ-calpain var højt blev observeret en reduceret mørhed (r=0,9).

En forskel i calpastatin: μ-calpain forholdet forklarer imidlertid ikke den bedre sensoriske mørhed fundet i kød fra *anno* 1976 svin sammenlignet med *anno* 1995 svin (fig. 4), idet aktiviteten af disse enzymer var ens for de to svinetyper (tabel 6). Den observerede sammenhæng mellem aktiviteten af calpainsystemet og mørhed kan dog vise sig at være betydningsfuld, idet man hos kvæg har fundet, at arvbarheden af calpastatin aktivitet var så høj som 0.65, samt at den genetiske korrelation mellem calpastatin og kødets Warner Bratzler konsistens var 0.50 (Shackelford *et al.*, 1994). Det skal dog undersøges, om der hos svin findes ligeså høj en arvbarhed, før det kan afgøres, om selektion mod lav calpastatin aktivitet er et værdifuldt redskab til forbedring af svinekødets mørhed.

Af de vækstrelaterede egenskaber var det kun slagtekroppens kødprocent, som for begge svinetyper var korreleret til calpastatin: μ-calpain forholdet (r=0,9). Denne korrelation indikerer, at en høj kødprocent forekommer i forbindelse med en høj aktivitet af calpastatin og en lav aktivitet af μ-calpain. Denne kombination forventes at begrænse nedbrydningen af muskelprotein. I forsøg med kvæg og får, hvor muskelproteinaflejringen blev øget gennem længere tids β-agonist behandling fandt man i overensstemmelse hermed en stigning i aktiviteten af calpastatin og en reduktion i kødets mørhed (Koohmaraie *et al.*, 1991). I nærværende undersøgelse medførte en lille (men signifikant) forskel i kødprocenten mellem de to svinetyper ikke nogen væsentlig forskel i calpastatin: μ-calpain forholdet. Man må således belyse flere aspekter af kødets mørhedsudvikling, såfremt forskellen i mørhed mellem Dansk Landrace anno 1976 og 1995 skal forklares. Endvidere viste forholdet μ+m-calpain:calpastatin sig for begge svinetyper at være negativt korreleret til muskulaturens hvileglykogenniveau, idet μ+m-calpain:calpastatin forholdet som vist i figur 11, aftog med stigende indhold af glykogen. Disse korrelationskoefficienter indikerer, at muskler med et forholdsvis lavt glykogenindhold har høj μ+m-calpain aktivitet og/eller nedsat calpastatin aktivitet, hvorved proteolysen øges. I det levende dyr kan en øget proteolyse medføre større oxidation af aminosyrers carbonskelet i Krebs cyklus og dermed være med til at opfylde muskulaturens energibehov, når glycogen og FFA reserverne er sparsomme. Denne fysiologiske sammenhæng danner grundlag for hypotesen om, at forholdet mellem μ+m-calpain:calpastatin er højt i muskler fra dyr, som er fysisk udmattede inden slagtning og derfor udvikler DFD kød (dark firm dry), der er kendt for at være særdeles mørt.



Figur 11. Relationen mellem forholdet µ+m-calpain:calpastatin og hvile glykogenniveau i *M.longissimus dorsi*. Vist for 5 og 3 svin af Dansk Landrace *anno* 1976 og 1995, hhv., r_{kor}=-0,66 (p=0,15) */The relationship between the ratio of µ+m-calpain to calpastatin and the resting glycogen level of M.longissimus dorsi. Shown for 5 pigs of Danish Landrace anno 1976 and 3 anno 1995 pigs, r_{cor}=-0.66 (p=0.15).*

Ovennævnte hypotese er i overensstemmelse med resultater fra et forsøg, hvor betydningen af adrenalin behandling inden slagtning blev undersøgt for aktiviteten af µ+m-calpain og calpastatin (Ertbjerg et al., 1999). Undersøgelsen viste, at adrenalin behandling resulterede i et signifikant højere µ-calpain:calpastatin forhold og i et væsentlig højere pH som følge af reducerede glykogen depoter. Nærværende undersøgelse kan således bidrage til at støtte hypotesen, at forholdet mellem µ+m-calpain og calpastatin påvirkes af muskulaturens energibalance.

Den praktiske betydning af disse resultater kan ikke vurderes nærmere på grundlag af dette projekt.

Der kunne ikke påvises signifikante korrelationskoefficienter mellem svinenes produktionsegenskaber og kødets sensoriske kvalitet (data ikke vist).

Mængden af TBARS bestemt hhv. 2, 3, 6 og 8 døgn efter slagtningen samt dryptabet målt fra 2. til 8. døgn efter slagtningen var ikke korreleret i væsentlig grad til svinenes muskelfysiologiske og vækstrelaterede egenskaber.

Konklusion

Nærværende arbejde fastslog, at Dansk Landrace *anno* 1995 har en væsentlig højere daglig tilvækst, et markant lavere foderforbrug og en signifikant højere kødprocent end *anno* 1976 svin. Sammenligning af fibertypefordelingen i *M.longissimus dorsi* (LD) viste, at den procentvise andel af de anaerobe type IIb fibre var signifikant højere og andelen af de mere aerobe type I fibre tilsvarende lavere hos de moderne *anno* 1995 svin. Den procentvise andel af fibertyperne var imidlertid ikke forskellig i *M. biceps femoris*. I begge muskler var type II fibrenes gennemsnitlige tværsnitsareal markant større i *anno* 1976 svin sammenlignet med *anno* 1995 svin. Da vægten af LD musklen ikke var forskellig for de to svinetyper antyder dette, at antallet af muskelfibre er forøget i *anno* 1995 grisene, som følge af selektion for produktionsegenskaber. LD musklens hvileglykogenniveau tenderede til at være højere i *anno* 1995 svinene (9%), mens *anno* 1976 svinene havde en signifikant højere aktivitet af de aerobe enzymer, CS og HAD og af det anaerobe enzym LDH end *anno* 1995 svinene. Dette tyder på at *anno* 1976 grisene bedre kan tåle fysisk belastning end *anno* 1995 grisene. Kødets kemiske sammensætning var også forskellig for de to svinetyper. *Anno* 1995 svin havde et signifikant mindre proteinindhold og et højere vandindhold end *anno* 1976 svin. Der var ikke forskel i mængden af intramuskulært fedt mellem de to typer af svin. Det *postmortale* pH-fald, kødets saftbindeevne og dryptab var ens for *anno* 1976 og 1995 svin, men kogesvindet var højest i kødprøver fra *anno* 1995 svinene. LD musklens indhold af pigment var lavest hos *anno* 1995 svinene, som også havde en væsentligt mere lys og mindre rød kødfarve end *anno* 1976 svin. Undersøgelser af spisekvaliteten viste, at kød fra *anno* 1976 var lidt mere mørt (efter modning) og havde en lidt mere intens kødsmag end kød fra *anno* 1995 svin. Der blev ikke fundet signifikante forskelle i de proteolyserelaterede enzymer mellem de to svinetyper. Højere forekomst at 31 kDa peptidet i *anno* 1976 svin, tyder imidlertid på, at graden af postmortal proteolyse var højere i kød fra Dansk Landrace *anno* 1976. For calpainsystemet påvistes – med forbehold i den begrænsede datamængde – at det proteolytiske potentiale for muskelnedbrydning/mørhedsudvikling var lavere med stigende kødprocent og højere i muskler med lavt glykogenindhold (højt pH) ved slagtetidspunktet. Ligeledes fandtes, at tværsnitsarealet af type I fibrene var negativt korreleret med kødets mørhed. Kødets oxidative stabilitet og farvestabilitet var ikke påvirket af svinenes type. Datamaterialet bekræftede endvidere eksistensen af en stærk negativ sammenhæng mellem svinenes foderforbrug pr. kg tilvækst og kødets lyshed. Det kan således konkluderes, at de seneste 20 års avlsarbejde har været succesfuldt mht. at forbedre svinenes produktionsegenskaber. Dette er dog sket på bekostning af kødets farve, der er blevet mere lys og mindre rød som følge af en reduktion i svinenes foderudnyttelse og lavere slagtealder. Endvidere har prisen været en mindre reduktion i kødets sensoriske kvalitet.

6. Anerkendelser

Forfatterne vil gerne takke alle, som har bidraget med hjælp og ekspertise til gennemførelsen af nærværende projekt. Specielt vil vi fremhæve: Irma og Erik Bach for det gode samarbejde i forbindelse med pasning af svinene samt ved udredning af *anno* 1976 svinenes familiære baggrund; N.C. Nielsen (KVL) for råd og vejledning om håndtering af sygdomsproblemer ved indsættelse af *anno* 1995 svin på Avlsforsøgsstationen Tylstrup; Hans Busk (DJF) for beregning af en formel til estimering af svinenes kødprocent; Daniel Sorensen (DJF) og Birthe Pedersen (LU) for beregning af svinenes indavlsgrad og gennemsnitlige avlsværdiindeks samt til Søren Andersen (LU) for rådgivning i forbindelse med valg af statistiske analysemetoder. Vivi Hunnicke Nielsen takkes for gennemførelsen af PCR screening mht. til dyrenes halothanstatus. Ligeledes takkes personalet ved Forskningscenter Foulums Forsøgsslagteri (Holger Thrane, Helle V. Ammitzbøll og Jens K. T. Jensen) for veludført arbejde.

Cand. Pharm. Inger-Lise Andersen (SF) og laboranterne Maiken Baltzer (SF), Louise Jørgensen, Agnes Preusse, Karina Ørum og Bente Sørensen (KVL), Inge Lise Sørensen, Marianne Rasmussen, Anna Hallborg-Madsen, Ivan Nielsen, Hanne Søndergaard Møller, og Stina Handberg (DJF) takkes for veludførte analyser. Levnedsmiddeltekniker Jens Askov Jensen (DJF) takkes for hjælp på slagteriet og sekretær Marianne Ridderberg for opsætning af rapporten.

Referencer

Andersen, P. 1975. Capillary density in skeletal muscle of man. Acta Physiologica Scandinavia 95, 203-205.

Andersen, S. & Pedersen B. 1997. Delrapport 1. Arvelighed af kødfarve. Internal report from The Federation of Danish Pig Producers and Slaughter-houses, Department for Breeding and Multiplication. 6 pp.

Barton-Gade, P.A. 1990. Danish experience in meat quality improvement. In proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 23.-27. July 1990, Edinburgh. Vol. XV:511-520.

Bejerholm, C. 1997. Personal communication.

Bendall, J.R. 1975. Cold-contracture and ATP-turnover in the red and white musculature of the pig, *post mortem*. J. Sci. Fd Agric. 26:55-71.

Bergström, J. 1962. Muscle electrolytes in man. Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation 14, 168 1-112.

Brooke, M.H. & Kaiser, K.K. 1970. Muscle fibre types: how many and what kind? Archives of Neurology 23, 369-379.

Busk, H. 1997. Personal communication.

Cameron, N.D. 1990. Genetic and phenotypic parameters for carcass traits, meat and eating quality traits in pigs. Livestock Production Science 26, 119-135.

Cameron, N.D., Oksbjerg, N. & Henckel, P. 1997. Responses in muscle fibre characteristics in pigs selected for components of efficient lean growth rate. British Society of Aanimal Science, Annual Meeting, Scarborough, 1997 som paper no. 32.

Cameron, N.D., Oksbjerg, N., Henckel, P., Nute, G., Brown, S. & Wood, J.D. 1998. Relationships between muscle fibre traits with meat and eating quality in pigs. British Society of Aanimal Science, Annual Meeting, Scarborough, 1998 som paper no. 123.

De Vries, A., Wal van der, Long, T., Eikelenboom & G. Merks, J.W.M.. 1994. Genetic parameters of pork quality and production traits in Yorkshire populations. Livestock Production Science 40, 277-289.

Dwyer, C.M., Fletcher, J.M. & Stickland, N.C.1993. Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. Journal of Animal Science, 71, 3339-3343.

Ertbjerg, P., Larsen, L.M. & Møller, A.J. 1994. Effect of *post mortem* pH, time and temperature on the distribution of lysosomal enzymes in beef muscle. In proceedings of the 40th International

Congress of Meat Science and Technology, August 28.-September 2. 1994, Haag, The Netherlands. S_IVB.13.

Ertbjerg, P., Larsen, L.M. & Møller, A.J. 1996. KVALIOP Metodeudvikling - enzymmålinger. Internal report from LMC, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. 12 pp.

Ertbjerg, P., Larsen, L.M. & Møller, A.J. 1997. KVALIOP Optimering af farve, dryptab og spisekvalitet af svinekød. Tylstrupgrise - enzymmålinger og mørhed KVL3 - Mørhedsudvikling. Internal report from LMC, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. 11 pp.

Ertbjerg, P., Henckel, P., Karlsson, A., Larsen, L.M., Møller, A.J. 1999. Combined effect of epineprine and exercise on calpain/calpastatin and cathepsin B and L activity in porcine longissimus muscle. J. Animal. Sci. (accepted).

Essén, B., Lindholm, A. & Thornton, J.1980. Histochemical properties of muscle fibre types and enzyme activities in skeletal muscles of Standardbred trotters of different ages. Equine
Veterinary Journal 12, 175-179.

Essén-Gustavsson, B. & Fjelkner-Modig, S. 1985. Skeletal muscle characteristics in different breeds of pigs in relation to sensory properties of meat. Meat Science 13, 33-47.

Götze, U. 1969. Bestimmung von Myoglobin und Hämoglobin in Fleischextrakt von Schlachttieren. Fleischwirtschaft. 7: 901-906.

Hamm, R. and El-Badawi, A.A. 1991. Aktivität und subzelluläre Verteilung der Lactatdehydrogenase in heller und dunkler Muskulatur von Rind und Schwein. Fleischwitschaft. 71:813-816.

Henckel, P., Oksbjerg, N., Erlandsen, E.,Barton-Gade, P. & Bejerholm, C. 1997. Histo- and biochemical characteristics of the longissimus dorsi muscle in pigs and their relationships to performance and meat quality. Meat Science 47, 311-321.

Hornsey, H.C. 1956. The colour of cooked cured pork. Journal of the Science of Food and Agriculture 7, 534-540.

Hovenier, R., Kanis, E., Asseldonk, T.V., Westerink, N.G. 1992. Genetic parameters of pig meat quality traits in a halothane negative population. Livestock Prodotion Science 32, 309-321.

Iversen, P., Ertbjerg, P., Larsen, L.M., Monllao, S., Møller, A.J. 1993. An FPLC method for determination of calpains and calpastatin in porcine *M. longissimus dorsi.* Biochimie, 75, 869-872.

Juncher, D., Andersen, H., Skibsted, L., Erichsen, L., Bertelsen, G. 1996. Meat colour of danish landrace pigs *anno* 1976 and 1995. II. Colour stability of pork chops during chill storage. Proc. 42nd ICOMST, 82-83. Lillehammer, Norway.

Juncher, D., Skovgaard, I.M., Skibsted, L.H. & Bertelsen, G. 1997. Delprojekt 1.4: Optimering af den oxidative stabilitet i kød og kødprodukter. Tylstrupgrise-forsøg. Internal report from LMC, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. 11 pp.

Karlsson, A., Enfält, A.-C., Essén-Gustavsson, B., Lundström, K., Rydhmer, L. & Stern, S. 1993. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. Journal of Animal Science 71, 930-938.

Knapp, P., Willam, A. & Sölkner, J. 1997. Genetic parameters for lean meat content and meatquality traits in different pig breeds. Livestock Production Science 52, 69-73.

Koohmaraie, M. 1994. Muscle proteinases and meat aging. Meat Science 36, 93-104.

Koohmaraie, M., Shackelford, S.D., Muggli-Cockett, N.E., and Stone, R.T. 1991. Effect of the beta-adrenergic agonist L644,969 on muscle growth, endogenous proteinase activities and postmortem proteolysis in wether lambs. J. Anim. Sci. 69:4823-4835.

Larzul, C., Lefaucheur, L., Ecolan, P., Gogué, J., Talmant, A., Sellier, P., Le Roy, P. & Monin, G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass and meat quality traits in large white pigs. Journal of Animal Science 75, 3126-3137.

Lawrie, R.A. 1950. Some observations on factors affecting myoglobin concentrations in muscle. J. Agric. Sci. Camb. 40, 356-366.

Maltin, C.A., Warkup, C.C., Matthews, K.R. Grant, C.M., Porter, A.D. & Delday, M.I. 1997. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. Meat Science 47, 237-248.

Miller, L.R., Garwood, V.A. & Judge, M.D. 1975. Factors affecting porcine muscle fibre type, diameter and number. Journal of Animal Science 41, 66-77.

Murray, A.C. 1995. The evaluationof muscle quality. In Quality and Grading of Carcasses of Meat Animals, ed. M. Jones. CRC Press, New York, USA. pp. 83-107.

Møller, A.J. 1980. Analysis of Warner-Bratzler shear pattern with regard to myofibrillar and connective tissue components of tenderness. Meat Science 5, 247-260.

Nordisk Metodik-Komité for Levnedsmidler. 1974. Fedt. Bestemmelse i kød og kødvarer efter SBR. Forskrift nr. 88.

Oksbjerg, N., Henckel, P. & Rolph, T. 1994. Effects of salbutamol, a β-adrenergic agonist, on muscles of growing pigs fed different levles of dietary protein. Acta Agricultura Scandnavica Sect. A. Animal Science 44, 12-19.

Oksbjerg, N., Petersen, J.S., Sørensen, M.T., Henckel, P., Agergaard, N., Bejerholm, C. & Erlandsen, E. 1995. The influence of porcine growth hormone on muscle fibre characteristics, metabolic potential, and meat quality. Meat Science 39, 375-385.

Oksbjerg, N., Petersen, J.S. & Støier, S. 1997 Muscle myoglobin and meat colour in Danish Landrace pigs *anno* 1976 and 1995. In proceedings of the 48th EAAP congress 25.-28. August 1997, Wienna, Austria. p 45.

Pedersen, O.K. & Busk, H., 1990. Avlsmarkedsforsøg dissektion og anatomisk opmåling. Internal report from the Danish Meat Research Institute in Roskilde, Denmark.

Passonneau, J.V. & Lowry, O.H. 1993. *Enzymatic Analysis - A Practical Guide.* The HumanaPress Inc. New Jersey, U.S.A.

SAS, 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

SAS 1992. SAS Technical Report P-229, SAS/STAT Software: Changes and enhancements, Release 6.07, pp. 620, SAS Institute, Cary, N.C., USA.

Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Cundiff, L.V. Gregory, K.E., Rohrer, G.A. & Savell, J.W. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpasta-tin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield and growth rate. Journal of Animal Science 72, 857-863.

Staun, H., 1968. Muskelfibrenes diameter og antal samt deres betydning for kødfylde og kødkvalitet hos svin af Dansk Landrace. 366. Beretning fra forsøgslaboratoriet, Statens Husdyrbrugsforsøg, Copenhagen, Denmark. 121 pp.

Sørensen, M.T., Oksbjerg, N. Agergaard & Petersen, J.S. 1995. Tissue deposition rates in relation to muscle fibre and fat cell characteristics in lean female pigs (Sus scrofa) following treatment with porcine growth hormone (pGH). Comparative Biochemistry and Physiology. 113A, 2:91-96.

Trout, G.R. 1991. A rapid method for measuring pigment concentration in porcine an other lowpigmented muscles. In proceedings of the 37th International congress on Meat Science and Technology. September 1. - 6. 1991, Kulmbach, Germany, 1198-1201.

Vyncke, W. 1975. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomner scombrus L.*). Fette Seifen Anstrichmittel77, 239-240.

Warris, P.D., Brown, S.N., Ralph, T.P. & Kestin, S.C. 1990. Interactions between te beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. J. Animal Science 68, 3669-3676.

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Direktion
Direktionssekretariat, Økonomisekretariat

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrernæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugssystemer
Afdeling for Plantevækst og Jord

Afdeling for Markdrift
Afdeling for Stalddrift
Centrallaboratoriet
Informationsenhed
IT-funktion
Biblioteksfunktion
International Enhed

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev
Tlf. 63 90 43 43. Fax 63 90 43 90

Afdeling for Prydplanter
Afdeling for Vegetabilske Fødevarer
Afdeling for Infrastruktur

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 58 11 33 00. Fax 58 11 33 01

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Afdeling for Infrastruktur

DJF Bygholm

Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax 75 62 48 80

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10, Tystofte
4239 Skælskør
Tlf. 58 16 06 00. Fax 58 16 06 06

Askov Forsøgsstation
Vejenvej 55, 6600 Vejen
Tlf. 75 36 02 77. Fax 75 36 62 77

Bioteknologigruppen
(Afd. f. Plantebiologi)
Thorvaldsensvej 40, 1.
1871 Frederiksberg C
Tlf. 35 28 25 88. Fax 35 28 25 89

Borris Forsøgsstation
Vestergade 46, 6900 Skjern
Tlf. 97 36 62 33. Fax 97 36 65 43

Den Økologiske Forsøgsstation
Rugballegård
Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax 75 62 48 80

Foulumgård, Postboks 50
8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Jyndevad Forsøgsstation
Flensborgvej 22, 6360 Tinglev
Tlf. 74 64 83 16. Fax 74 64 84 89

Rønhave Forsøgsstation
Hestehave 20, 6400 Sønderborg
Tlf. 74 42 38 97. Fax 74 42 38 94

Silstrup Forsøgsstation
Højmarken 12, 7700 Thisted
Tlf. 97 92 15 88. Fax 97 91 16 96

Tylstrup Forsøgsstation
Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup
Tlf. 98 26 13 99. Fax 98 26 02 11

ISSN 1397-9892