

366. beretning fra forsøgslaboratoriet.

Udgivet af Statens Husdyrbrugsudvalg

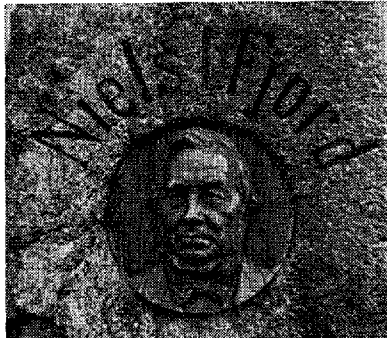
Muskelfibrenes diameter og antal samt deres betydning for kødfylde og kødkvalitet hos svin af Dansk Landrace

*Diameter and number of muscle fibres
and their relation to meatiness and
meat quality in Danish Landrace pigs*

With an English summary and subtitles

Af

Henning Staun



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri
1968

Denne afhandling er af Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles jordbrugsvidenskabelige fagråd antaget til offentlig at forsvares for den jordbrugsvidenskabelige doktorgrad.

København, den 20. september 1968.

Formand for det jordbrugsvidenskabelige fagråd

M. Sode-Mogensen

Forord.

Undersøgelserne vedrørende det foreliggende arbejde er gennemført ved Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums afdeling for forsøg med svin og heste i perioden 1963-65. Afdelingens forstander, professor, dr. phil. Hjalmar Clausen, har ved sin levende interesse for de gennemførte undersøgelser og deres resultater været til stadig inspiration for forfatteren. Under arbejdets udførelse er der ydet mig en stor hjælp i form af fortrinlige arbejdsforhold, såvel laboratoriemæssigt som på afdelingen i det hele taget. For dette beder jeg professoren modtage min hjerteligste tak.

Statens teknisk-videnskabelige Fond og Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole har ydet mig værdifuld hjælp ved økonomisk støtte til en af forfatteren i 1962 gennemført rejse til Vesttyskland, Østrig og Jugoslavien med det formål at studere muskelfibermålingernes anvendelighed som udtryk for slagtedyrenes kødindhold og kødkvalitet. Herfor udtrykker jeg min bedste tak.

Endvidere takker jeg Statens teknisk-videnskabelige Fond for økonomisk støtte til aflønning af en teknisk medhjælp i perioden 1/6 1963-31/3 1964.

Forsøgsleder, dr. agro. Per Jonsson har med stor velvilje stillet sine erfaringer med hensyn til behandling af populationsgenetiske spørgsmål inden for svineproduktionen til rådighed for forfatteren. Forsøgslederen har været mig behjælpelig ved opstillingen af analysemodeller og har ved mange diskussioner vist stor interesse for mit arbejde. Herfor ønsker jeg at bringe forsøgslederen en hjertelig tak.

Til professor, dr. med. vet., dr. h. c. Edvard Sørensen, der har givet mig en meget værdifuld vejledning vedrørende anatomiske problemer, rettes en varm tak.

Lektor, dr. J. Wismer-Pedersen bringes min bedste tak for mange frugtbare samtaler og megen hjælp og vejledning vedrørende problemer indeholdt i dette arbejde.

Muskelprøverne, der er anvendt i undersøgelsen, er fortrinsvis udtaget af svin fra De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre i forbindelse med slagte kvalitetsbedømmelsen af disse dyr. Til for-

søgsleder R. Nørtoft Thomsen, der er den daglige leder af disse forsøg, samt til videnskabelig assistent O. K. Pedersen rettes en hjertelig tak for deres store interesse for arbejdet, samt for adgang til det talmateriale, der var nødvendigt for resultaternes endelige bearbejdning.

Der bringes en tak til funktionærerne ved Roskilde Andels Svineslagteri, der har været behjælpelig ved udtagning af muskelprøver.

Til forsøgsleder, dr. agro. Arne Madsen og forsøgsleder Henning Nielsen, M.S. samt agronom Villy Hansen rettes en tak for mange drøftelser vedrørende specielle problemer.

Assistenterne Erling Rasmussen, Holger Rasmussen og Ejvind Jensen bringes en tak for udførelse af et samvittighedsfuldt arbejde ved prøveudtagning, måling og materialets behandling i øvrigt.

En særlig tak rettes til fotograf A. Munch, Landbrugets Informationskontor, for hjælp ved fremstilling af figurmateriale.

Agronom Torben Larsen og agronom Poul Jensen, M.S. bringes min bedste tak for megen hjælp ved korrekturlæsningen. For oversættelsen af sammendraget takkes fru Anna E. Lehmann samt J. C. M. Hinks, Ph. D. for værdifuld støtte. Fru E. Dansholm har ydet en meget stor hjælp ved renskrivning af manuskriptet samt ved korrekturlæsning og bringes herfor min oprigtige tak.

København, august 1968.

Henning Staun.

Indholdsfortegnelse.

	Side
Indledning	7
Kapitel I	
<i>Skeletmuskulaturens anatomiske bygning</i>	9
Muskulens bygning	9
Muskelfibrenes form og størrelse	11
Muskelfibrenes opbygning	12
a. Sarkolemma	12
b. Cellekerne	12
c. Sarkoplasma	13
Mørke og lyse muskelfibre	17
Muskelfibrenes embryonale udvikling	18
Kapitel II	
<i>Tekniske faktorerers indflydelse på muskelfibrenes diameter og antal pr. kvadrattmillimeter</i>	19
Fikseringen	19
Egne undersøgelser	21
Forsøg 1	21
Forsøg 2	24
Forsøg 3	25
Forsøg 4	27
Måleapparat og målemetoder	30
Måleinstrumentet	35
Præparerings- og målemetode	36
Antal målinger pr. præparat og muskelprøve	38
Egne undersøgelser	39
Muskelfibrenes diameter forskellige steder i tværsnittet og længderetningen af m. longissimus dorsi	45
Egne undersøgelser	46
Sammenligning af forskellige målemetoder til bestemmelse af muskelfibrenes størrelse	49
Muskelfibrenes forløb i m. longissimus dorsi	52
Teknik ved prøveudtagningen og muskelfibermålingerne	53
Kapitel III	
<i>Årsager til variation i muskelfibrenes diameter og antal hos svin</i>	57
Tidligere undersøgelser	57
Materiale og metoder	60
De undersøgte egenskaber og regressionsanalysens resultater	66
Varians- og kovariansanalysens resultater	71

	Side
1. muskelfibrenes diameter, antal fibre pr. mm ² og det totale antal fibre i musklen	73
a. fænotypens opdeling	73
b. samvariation med andre egenskaber	76
2. arealet af m. longissimus dorsi, totalt kødareal og vægt af m. psoas major	81
a. fænotypens opdeling	81
b. samvariation med andre egenskaber	81
3. den gennemsnitlige rygspæktykkelse, sidespækmålet og spækarealet i overskåren side	84
a. fænotypens opdeling	84
b. samvariation med andre egenskaber	85
4. points for kødfarve, daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst	
a. fænotypens opdeling	86
b. samvariation med andre egenskaber	87

Kapitel IV

<i>Muskelfibrenes størrelse og antal i relation til svinekødets kvalitet</i>	89
Tidligere undersøgelser	89
Egne undersøgelser	91
Muskelfibermålingernes anvendelsesmuligheder i avlsarbejdet	96
Sammendrag	99
Summary	102
List of translations	112
Litteraturliste	116

Indledning.

I modsætning til kemiske og fysiske metoder til måling og undersøgelse af kødmængde og kødkvalitet, har mikroskopiske undersøgelser været kendt i mange år.

Den første, der bragte muskelfibermålinger i anvendelse inden for husdyravlen, var Adametz, der i sit arbejde fra 1888 viste, at der var en væsentlig forskel i muskelfibrenes tykkelse hos forskellige kvægracer. Malsburg (1911) forsøgte at benytte muskelfibertykkelsen som udtryk for størrelse og produktionsegenskaber hos vore husdyr. Adametz (1924) fandt dog ingen sammenhæng mellem dyrenes størrelse og muskelfibrenes størrelse. Ved adskillige senere undersøgelser over muskelfibrenes tykkelse hos vore husdyr er Malsburgs målemetodik blevet anvendt.

Et værdifuldt bidrag til forskningen vedrørende muskelfibre blev givet af Hammond og Appelton (1932), der undersøgte mange forskellige forhold vedrørende muskelfibrenes diameter hos får. Undersøgelser på får er senere meget grundigt gennemført af Joubert (1954, 1956 a, b og c).

Vedrørende muskelfiberdiametere hos svin blev det i 1930'erne vist, at dyrets alder og vægt har betydning for muskelfibrenes udviklingsgrad (Janeba, 1932), samt at fiberdiametere var forskellig hos forskellige svine-racer (Rubli, 1931; Mauch og Marinesco, 1934). McMeekan (1940-41) viste ligeledes, at fiberdiametere hos svin var stigende med stigende alder og vægt, men fandt samtidig, at dyrenes fodring i vækstperioden havde indflydelse på muskelfibrenes udviklingsgrad og dermed på kødindholdet i dyrene.

Forskellige faktorerers indflydelse på muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace er undersøgt og beskrevet af Staun (1960, 1963 og 1964). Disse undersøgelser viste, at muskelfibrenes diameter i *m. longissimus dorsi* i høj grad var afhængig af fodringen, medens muskelfibrenes antal ikke blev påvirket. Dette er i overensstemmelse med teorien om, at muskelfibrenes differentiering er afsluttet, inden grisen fødes (McMeekan, 1940-41; Eliot et al., 1943; og Meara, 1947).

Hos de større husdyr er der kun udført ganske få arbejder med bestemmelse af den genetiske varians af fiberstørrelse og fiberantal. Med udgangspunkt i tværnsnitsarealet af *m. longissimus dorsi*, hvis størrelse er en økonomisk vigtig egenskab hos svin, vil det være naturligt at spørge: Skyldes variationen i muskelarealet, målt ved det bageste ribben, af den nævnte muskel, at der er forskel på muskelfibrenes antal, eller skyldes det en forskel i muskelfibrenes tykkelse?

Dette spørgsmål har ikke blot teoretisk interesse, men vil også være af praktisk værdi, da der, såfremt antallet af muskelfibre er arveligt betinget, og kødindholdet er desto større, jo større antallet af fibre er, kan blive tale om et udvalg af avlsdyr med anlæg for et stort antal muskelfibre. Skyldes variationen i kødfylden derimod muskelfibrenes forskellige tykkelse, er det også af stor betydning at finde frem til årsagerne til denne variation, om den er arveligt betinget, miljøbestemt eller eventuelt afhængig af begge.

Det var derfor nærliggende at foretage en nøjere undersøgelse af de genetiske og miljøbetingede forhold vedrørende muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace.

Da muskelfiberdiameteren hos svin er afhængig af race, alder, vægt og fodring (Staun, 1960 og 1963), var det meget vigtigt, at den planlagte undersøgelse kunne gennemføres med svin af samme race, alle opfodret i samme stald og med foder af samme sammensætning, samt slagtet ved samme levende vægt. Et sådant materiale kunne stilles til rådighed fra De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre.

I den foreliggende undersøgelse er der anvendt muskelprøver fra 1368 so- og galtgrise, der var afkom efter orner, som blev afprøvet på den faste svineforsøgsstation »Sjælland«. Prøveudtagningen strakte sig over perioden fra 1. september 1963 til 31. maj 1965, eller i alt 7 kvartaler.

Den foreliggende afhandling omfatter fire kapitler. Kapitel I omhandler i korte træk de generelle forhold vedrørende skeletmuskulaturens anatomiske bygning.

Inden de egentlige undersøgelser kunne påbegyndes, var det nødvendigt at foretage en række mindre undersøgelser af forskellige tekniske faktorer, som har betydning for måleresultaterne. Resultaterne fra disse undersøgelser samt den anvendte fremgangsmåde ved muskelfibermålingerne er omtalt i kapitel II.

Kapitel III omhandler de egentlige resultater vedrørende den genetiske og miljøbetingede variation i muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace. Desuden er fænotypens opdeling for en række egenskaber behandlet, ligesom de fænotypiske og genetiske korrelationer mellem muskelfibrenes diameter og antal og andre egenskaber er diskuteret.

I kapitel IV er der givet en redegørelse for muskelfibermålingernes anvendelsesmuligheder i avlsarbejdet samt muskelfibrenes relation til kødets kvalitet.

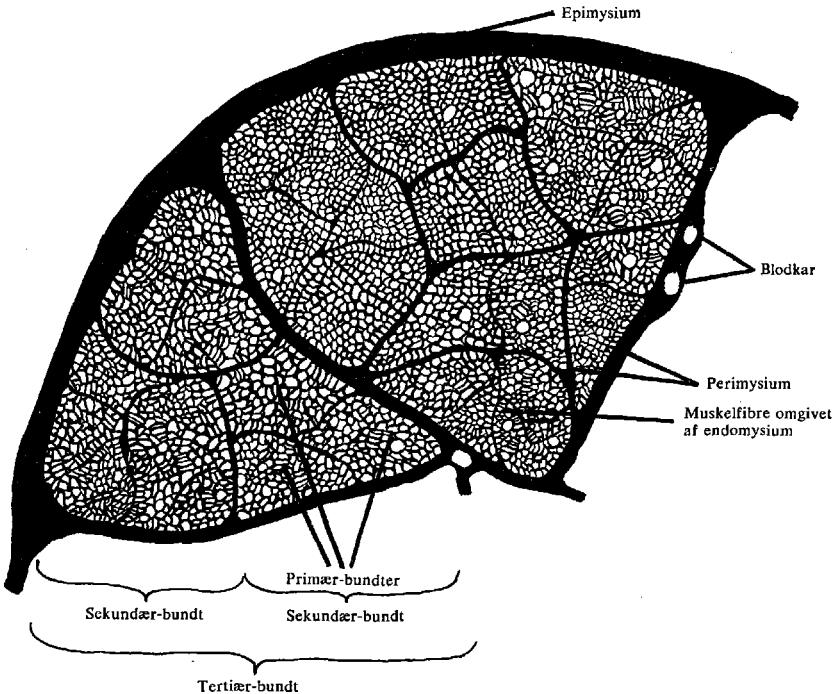
KAPITEL I

Skeletmuskulaturens anatomiske bygning.**Musklens bygning.**

Skeletmuskulaturen udgør en meget væsentlig del af kroppens vægt. I baconsiden hos svin af Dansk Landrace er der således ca. 60 pct. kød, 29 pct. spæk og svær og 11 pct. knogler (Staun, 1966).

Morfologisk er skeletmuskulaturen delt op i velafgrænsede organer, der let kan isoleres og betegnes som muskler. Hos en muskel skelner man mellem den aktive, kontraktile del, der betegnes muskellegemet eller muskelbugen, og den passive del, udsprings- og tilhæftningssene, med hvilke musklerne hæftes til skelettet.

Selve muskellegemet består af tværstribede muskeltråde, der i det følgende vil blive benævnt som *muskel fibre*. Muskelfibrenes længde og tykkelse er i høj grad afhængig af, fra hvilken muskel i legemet, de stammer. Desuden vil art, race, køn, vægt, alder og ernæringstilstand have stor betydning, især for muskelfibrenes tykkelse.



Figur 1. Skematisk fremstilling af bindevævsnetværket i en skeletmuskel.

Figure 1. The connective tissue framework of a voluntary muscle.

Et skema af musklens bygning er vist i figur 1. På musklens overflade findes der et lag bindevæv (epimysium), der omgiver hele musklen. Fra den indvendige overflade af epimysium strækker der sig med tilfældige mellemrum bindevævsblade ind mod musklens midte. Disse bindevævsblade, som danner perimysium, omslutter bundter af muskelfibre, såkaldte fasciculi. Muskelfiberbundterne kan være af forskellig størrelse og form, idet de store bundter deles op i mindre. De mindste bundter betegnes som de primære, et antal af disse ordnes til sekundære bundter, der igen ordnes i tertiærbundter o.s.v. Navnet perimysium anvendes for det bindevæv, der omslutter muskelfiberbundter. Fra perimysium omkring et primærbundt strækker bindevævet sig ind omkring de enkelte muskelfibre. Dette bindevæv benævnes endomysium. Det fremgår af figur 1, hvorledes bindevævet samler muskelfibrene i bundter.

Mængden af bindevæv i forhold til muskelfibre er større i nogle muskler end i andre, hvilket delvis er forklaringen på, at noget kød er mere sejt end andet. Bindevævet består hovedsagelig af to slags tråde, dels de kollagene, der indeholder proteinstoffet kollagen, dels de elastiske, der indeholder proteinstoffet elastin (Bloom og Fawcett, 1962). Endvidere optræder der en tredje slags tråde, der danner et meget fint netværk, de retikulære tråde. I en muskel findes de retikulære tråde i tilknytning til muskelfibrenes sarkolemma.

Fedtvævet, der findes mellem muskelfiberbundterne, det intramuskulære fedt, dannes især i større mængder, såfremt der optages større kvanta næringsstoffer, end organismen har behov for til vedligeholdelse og køddannelse.

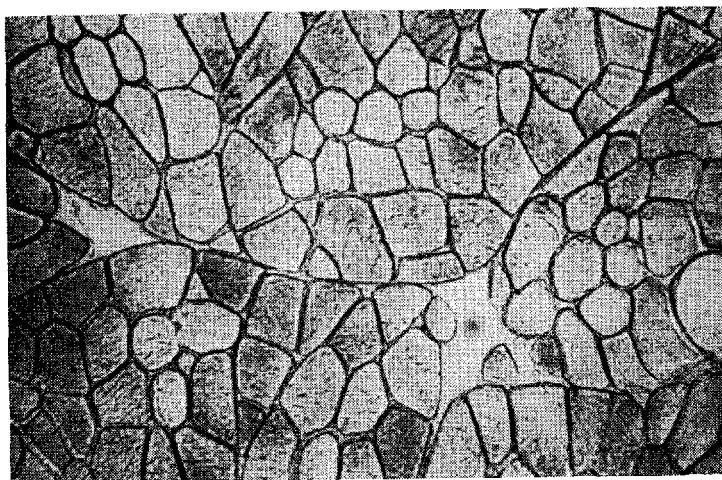
Musklerne er rigt forsynet med blodkar og nerver. De større blodkar og nerver forløber i perimysium, medens kapillærene og nervetrådene forløber i endomysium i muskelfibrenes længderetning. Blodgennemstrømningen i en muskel står i forhold til musklens aktivitet. Kapillærene er ordnet i et meget fint netværk på en sådan måde, at musklens kontraktion ikke påvirker blodets gennemstrømning. Kapillærene løber hovedsageligt parallelt med muskelfibrenes længderetning, men med talrige forgreninger, så der dannes et tæt netværk omkring de enkelte muskelfibre (Krogh, 1922). Hos hest og hund fandt Krogh (1922), at antallet af kapillærer pr. mm^2 af muskeltværsnittet var henholdsvis 1400 og 2600. Kapillærenes overflade pr. cm^3 muskel var hos hest 240 cm^2 og hos hund 590 cm^2 .

Skeletmuskulaturens kontraktioner er underkastet viljens herredømme og sker gennem en overføring af impulser gennem de tilførende nerver. I musklens perimysium deles nerven op i de enkelte nervetråde. Disse splittes op i nervefibriller, der ender i en lille pladeformet dannelse, den motoriske endeplade. En nervetråd innerverer således flere muskeltråde. Summen af

disse betegnes som en motorisk enhed, der samtidig bringes til kontraktion. Den præcision, hvormed en muskel kontraherer sig, er afhængig af antallet af fibre, der innerveres over en bestemt neurit (Bucher, 1963).

Muskelfibrenes form og størrelse.

Skeletmuskulaturens muskelfibre er langstrakte, tenformede tråde. I frisk, ufikseret tilstand er muskelfibrenes tværsnitsform enten cirkelrund eller oval (Høncke, 1947). I et tværsnit af en muskel, der er fikseret, vil de fleste fibre være polygonale, medens kun ganske få er cirkelrunde eller ovale. Figur 2 viser muskelfibrenes tværsnitsform efter fiksering i en 10 pct. formalin-saltopløsning.



Figur 2. Tværsnit af *m. longissimus dorsi* hos svin, visende muskelfibrenes tværsnitsform ($\times 170$).

Figure 2. Cross section of *m. longissimus dorsi* for a pig showing the shape of the muscle fibres ($\times 170$).

Muskelfibre kan mod enderne enten være tilspidsede eller afstumpede (Buchthal og Kaiser, 1951). Muskelfibrenes længde varierer som oftest fra

1–5 cm, men fibre på op til 12 cm eller mere kan træffes (Krölling og Grau, 1960).

Muskelfibrenes tykkelse er som tidligere anført underkastet en temmelig stor variation. Der vil være forskel i muskelfibrenes gennemsnitstykkelse fra den ene muskel til den anden, ligesom dyreart, race, køn, alder, vægt og den øjeblikkelige ernæringstilstand vil være af afgørende betydning for muskelfibrenes diameter eller tværsnitsareal. En angivelse af en generel gennemsnitstykkelse giver derfor kun et indtryk af størrelsesordenen. Almindeligvis angives en variationsbredde på 10–150 μ med 20–50 μ som den oftest forekommende gennemsnitstykkelse (Hoffmann, 1959; Krölling og Grau, 1960; Reichel, 1960; Nickel, Schummer og Seiferle, 1961; Bloom og Fawcett, 1962).

Som det fremgår af figur 2, er der, selv inden for et lille tværsnit af en muskel, en ret stor forskel fra den mindste til den største fiberdiameter. Der er mulighed for, at nogle af de tynde fibre, der ses i tværsnittet, er tværsnit af de tilspidsede ender fra tykkere muskelfibre. At der dog findes tykke og tynde muskelfibre side om side, vil kunne konstateres ved at isolere de enkelte muskelfibre.

Muskelfibrenes opbygning.

Den enkelte muskelfiber består af a. sarkolemma, b. cellekerner og c. sarkoplasma med de kontraktile fibriller.

a. *Sarkolemma*. Den tværribede muskelfiber er omgivet af en tynd, tilsyneladende strukturløs membran, sarkolemma, der svarer til cellernes cellemembran, plasmolemma. Sarkolemma er dannet af muskelfibren og er således en del af denne, og ikke et produkt af det bindevæv, der omgiver muskelfibren (Ham, 1965). Sarkolemma kan ikke ses ved normal forstørrelse, ikke blot fordi den er meget tynd, men også fordi den er meget fast knyttet til muskelfibrens overflade.

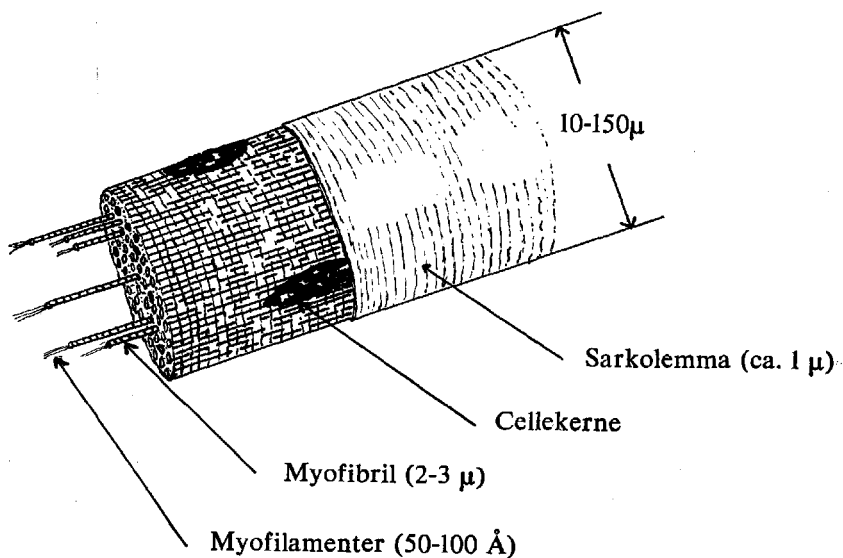
Den egentlige opgave af sarkolemma er at opretholde differencen i ionkoncentrationen mellem muskelfibren og dens omgivelser. Den adskiller den omgivende væske, der er rig på Na^+ og Cl^- , fra den indre væske (sarkoplasma), der er rig på K^+ .

b. *Cellekernerne*, hvoraf der findes mange, ligger i muskelfibren placeret tæt op til sarkolemma, men kan i særlig sarkoplasmafyldte fibre ligge mere centralt. Cellekernerne, der er ca. 10 μ lange og 5 μ brede, er ovale og afladede og ligger som regel ordnet i muskelfibrens længderetning.

c. *Sarkoplasma*. Muskelfibrens indhold består hovedsagelig af de kontraktile myofibriller (figur 3), og det tyktflydende sarkoplasma, der ligger imellem disse.

Myofibrillerne, der er ca. $1-2 \mu$ tykke, er ordnet parallelt i muskelfibrenes længderetning. Ved meget stærk forstørrelse (Huxley, 1960) kan man se, at myofibrillerne har en indre struktur bestående af ganske tynde tråde, myofilamenter, der er $50-100 \text{ \AA}$ tykke.

Myofibrillerne ligger normalt jævnt fordelt i hele muskelfibren. I enkelte fibre ser man undertiden myofibrillerne samle sig i bundter. Set i tværsnit bliver fibren derved delt op i felter, Cohnheims felter.



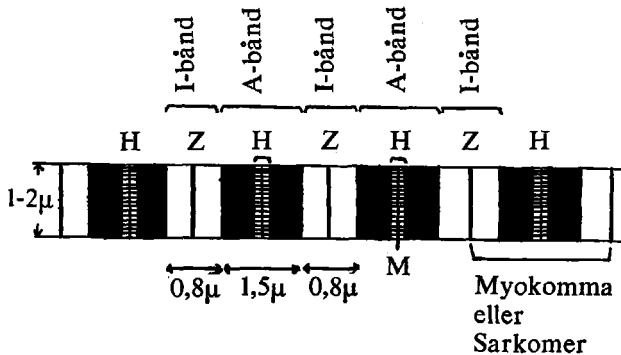
Figur 3. Skematisk fremstilling af muskelfibrens enkelte bestanddele.

Figure 3. Diagram showing the different components of the muscle fibre.

Selv ved ret svag forstørrelse viser muskelfibren ikke blot en tydelig længdestribning, men også en tydelig tværstribe. Tværstribe skyldes, at myofibrillerne består af skiftevis enkelt- og dobbeltbrydende segmenter. Da segmenter med samme lysbrydning lejr sig ud for hinanden, opfattes muskelfibren som værende tværstribet.

I polariseret lys viser det sig, at de afsnit, der er mørke ved almindelig belysning, er dobbeltbrydende (anisotrope), hvorimod de lyse afsnit er enkeltbrydende (isotrope).

Af figur 4 fremgår det, hvordan myofibrillerne er opbygget. Det isotrope afsnit (ca. $0,8 \mu$), I-båndet, bliver delt op i to lige store halvdele af en mørkere anisotrop mellemskive (Z-linien).



Figur 4. Skematisk figur, der viser myofibrillernes bygning.

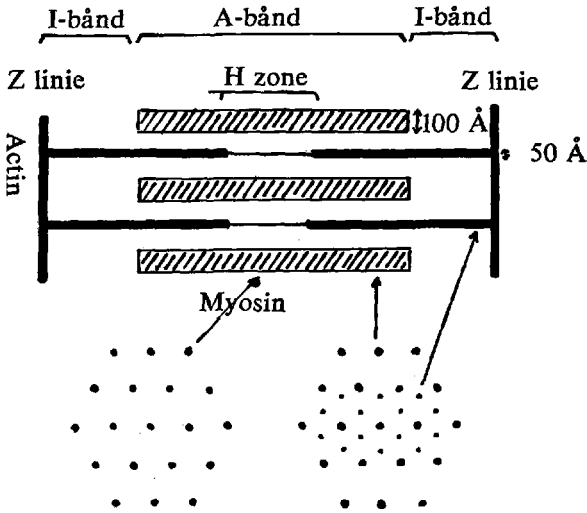
Figure 4. Diagram showing the structure and the different components of the myofibrils.

A-båndet, der er ca. $1,5 \mu$ langt, er anisotropt og bliver halveret af en midtskive (M, figur 4), der har en lidt svagere lysbrydning og er vanskeligere at opfatte. Omkring denne midtskive kan der undertiden ses et noget lysere parti, H-zonen. Myofibrillerne opdeles således i en mængde afsnit, der har samme opbygning fra Z-linie til Z-linie, et sådant enkelt afsnit benævnes *myokomma* eller *sarkomer*.

Myofibrillernes A-bånd består af ca. 100 Å tykke filamenter, myosinfilamenter, der er ordnet regulært i hexagonaler. I-båndet består af tyndere filamenter, actinfilamenter, med en tykkelse på ca. 50 Å. Den rumlige ordning af A- og I-filamenter fremgår af figur 5.

De tykke myosinfilamenter indeholder proteinstoffet myosin, medens de tynde actinfilamenter indeholder et andet proteinstof, actin. H-zonerne i muskelfibren er således kendetegnet ved at være de steder, hvor myosinfilamenterne og actinfilamenterne ikke overlapper hinanden. Af figur 5 fremgår desuden, at seks tynde actinfilamenter er lejret omkring ét tykkere myosinfilament, samt at ét actinfilament er omgivet af tre myosinfilamenter. Denne indre opbygning af den tværstribede muskelfiber er meget indgående klarlagt ved elektronmikroskopi (Huxley, 1960) og har ført til den teori, at

I-båndets actinfilamenter ved kontraktion af musklen glider ind i A-båndets myosinfilamenter. Dette stemmer overens med, at I-båndet og H-zonen forsvinder under isotonisk kontraktion af musklen.



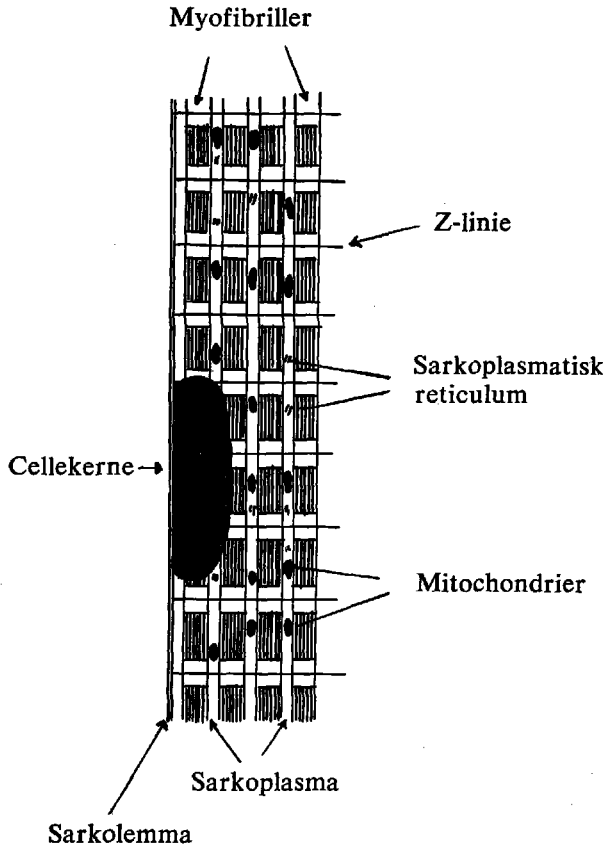
Figur 5. Skematisk fremstilling, der viser filamenternes rumlige ordning (efter Huxley, 1960).

Figure 5. Diagram showing the structure of the filaments and their placing in the space (Huxley, 1960).

Det tyktflydende sarkoplasma, der omgiver myofibrillerne i muskelfibren, indeholder mitochondrier og det endoplasmatiske retikulum, der danner et meget fint rørsystem. Retikulum består normalt kun af et enkelt lag, men hvor pladsen mellem myofibrillerne tillader det, ofte af flere.

Mitochondrierne, hvis antal varierer fra muskelfiber til muskelfiber, lejrer sig tæt op til myofibrillerne og forsyner disse med adenosintrifosfat. Adenosintrifosfat bliver ved oxidativ fosforylering syntetiseret i mitochondrierne.

Mitochondrierne består af et kompleks af fosfolipider, proteiner og nukleinsyrer. Mitochondrierne indeholder cytokromer m. v., der er aktive i det aerobe stofskifte.



Figur 6. Skematisk fremstilling af muskelfibrens enkelte bestanddele.
 Figure 6. Diagram showing the different components of the skeletal muscle fibre.

Foruden mitochondrier og det endoplasmatiske retikulum (figur 6) indeholder muskelfibren også nogle ganske små elementer, der ikke er identiske med de i sarkoplasma forekommende fedtdråber, men menes at indeholde visse proteolytiske enzymer, de såkaldte kathepsiner, der kan have betydning for kødets modning og senere opløsning.

Mørke og lyse muskelfibre.

Der forekommer almindeligvis to former af tværstribede muskelfibre, nogle der indeholder meget, og andre der indeholder lidt sarkoplasma. De sarkoplasmarige fibre har på grund af et større indhold af myoglobin et mørkere rødt udseende end de sarkoplasmafattige, der har et blegt, hvidligt udseende. Hos størsteparten af vore dyrearter findes begge typer af fibre inden for den samme muskel og er derfor vanskelige at skelne fra hinanden, men f. eks. hos kaniner og høns findes der muskler, der er ganske tydeligt blege, og andre der er typisk røde (Watzka, 1939; Bloom og Fawcett, 1962; Krölling og Grau, 1960).

Ved fortrængningskrydsning af vildsvin (*sus scrofa ferus*) med svin af Dansk Landrace fandt Clausen (1949), at kødfarven i *m. longissimus dorsi* blev gradvis lysere, jo mere de arvelige anlæg hos de enkelte generationer nærmede sig til de arvelige anlæg hos Dansk Landrace. F_5 -generationen havde samme kødfarve som renracede svin af Dansk Landrace. Tilbagekrydsning af F_1 -generationen til vildsvin gav det mørkeste kød i *m. longissimus dorsi*. Det må formodes, at ændringen i den observerede kødfarve for størstedelen skyldes, at der er sket en forskydning i forholdet mellem røde og lyse fibre.

Graf (1944) undersøgte en hvid *m. adductor magnus* og en rød *m. semitendinosus* hos en tamkanin og fandt, at de røde muskelfibre havde et tværsnitsareal på $2185 \pm 68 \mu^2$, og de hvide et areal på $1779 \pm 64 \mu^2$. Antallet af cellekerner i de røde fibre var tre gange så stort som i de hvide fibre.

Det er en almindelig opfattelse, at de lyse muskler kontraherer sig hurtigere og mere energisk end de røde og derfor også hurtigere trættes. I langt de fleste muskler forekommer røde og hvide muskelfibre dog side om side (Walls, 1960).

Hammond og Appelton (1932) fandt ved systematisk undersøgelse af muskler fra får, at i nogle muskler var hovedparten af fibrene mørke og i andre hovedparten lyse, medens der i alle muskler fandtes mange fibre, der var intermediære i farve. Forfatterne konstaterede også, at muskelfarven var påvirket af dyrets alder, idet yngre dyr havde lysere muskler end ældre. Musklernes farve afhænger også meget af deres funktion i legemet, idet muskler, der bliver brugt kontinuerligt, er mørkere end andre, der er relativt inaktive.

Beecher et al. (1965) opdelte musklerne hos svin i en gruppe, der indeholdt mere end 40 pct. røde fibre (røde muskler) og en gruppe, der indeholdt mindre end 30 pct. røde fibre (hvide muskler). Koncentrationen af myoglobin var større i de røde end i de hvide muskler.

Muskelfibrenes embryonale udvikling.

Muskelfibrene i den tværstribede muskulatur hos pattedyr dannes ud fra det midterste kimblad, mesodermet. Fra dette afsnøres der tenformede udifferentierede celler, der indeholder kornet sarkoplasma og én cellekerne. Disse celler kaldes myoblaster. Den enkelte muskelfiber opstår ved, at de enkelte myoblasters kerner deler sig mitotisk, hvorved der opstår plasmasøjler med flere centralt beliggende kerner. På plasmasøjleens overflade er der i begyndelsen ét lag fibriller, senere flere lag fibriller, således at der dannes et fibrilrør. Myofibrildannelsen foregår ved en længdespaltning, der fortsætter, indtil hele fibrilrøret er udfyldt. Myofibrillerne lejrer sig således, at den karakteristiske tværstribning fremkommer. Cellekernerne presses af myofibrillerne ud til overfladen (Zietzschmann og Krölling, 1955).

Ved dannelse af sarkolemma, der er den sidste del, der udvikles, opstår muskelfibren. Cuajunco (1942) fandt, at sarkolemma hos menneskefostre var fuldt udviklet ved 15. fosteruge.

Den fortsatte udvikling af muskelfibren består dels af en længdevækst og dels af en tykkelsesvækst.

Det er en almindelig opfattelse, at en muskels vækst i fosterstadiet hovedsagelig skyldes en forøgelse af muskelfibrenes antal (hyperplasi) og at musklens udvikling efter fødslen foregår ved en vækst i omfang og længde af de allerede bestående fibre (hypertrofi).

På grundlag af de i litteraturen beskrevne undersøgelser vedrørende muskelcelledifferentieringen (MacCallum, 1898; Morpurgo, 1898; Tello, 1922; Schultz, 1934; Wohlfart, 1937; McMeekan, 1940-41; Cuajunco, 1942; Eliot et al., 1943; Meara, 1947; Joubert, 1955, 1956 b og c; Smith, 1963; Goldspink, 1965) kan det erkendes, at det er den almindelige opfattelse, at celledifferentieringen afsluttes før fødslen eller lige umiddelbart efter. Undersøgelserne tyder dog på, at nydannelsen af muskelceller ophører på forskelligt tidspunkt hos de forskellige dyrearter. Det er muligt, at det udviklingstrin, på hvilket de enkelte dyrearter fødes, er af afgørende betydning i dette spørgsmål.

I tilknytning hertil kan anføres, at der hos svin af Dansk Landrace ikke har kunnet konstateres nogen forøgelse af muskelfibrenes antal i vækstperioden 15-90 kg levendevægt (Staun, 1963 og 1965).

KAPITEL II

Tekniske faktorerers indflydelse på muskelfibrenes diameter og antal pr. kvadratmillimeter.

Fikseringen.

Ved undersøgelser over muskelfibrenes diameter og antal pr. mm² vil en række tekniske faktorer i større eller mindre grad påvirke de resultater, der opnås. Årsagen hertil er først og fremmest den, at det er meget vanskeligt at udføre målingerne på frisk muskelvæv, da dette er blødt, hvilket besværliggør præparering og isolering af muskelfibre uden at forandre deres oprindelige form og størrelse. Det er derfor nødvendigt at foretage en fiksering af muskelvævet, inden muskelfibermålingerne gennemføres.

De fleste fikseringsvæsker virker skrumpende på muskelfibre, men såfremt den relative skrumpning er ens for alle fibre uanset størrelse, forandres det indbyrdes forhold ikke. Fikseringen har den fordel, at prøveudtagningen kan foregå på et hvilket som helst tidspunkt, og prøven kan derpå henstå til senere undersøgelse.

En 10 pct. formalinopløsning til fiksering og konservering af muskelvæv er blevet anvendt af mange forskere (Hammond og Appelton, 1932; Robertson og Baker, 1933; McMeekan, 1940-41; Meara, 1947; Hiner et al., 1953; Joubert, 1954 og 1956a; Lörincz og Biro, 1960 og Staun 1960).

Joubert (1956a) undersøgte en 10 pct. formalinopløsnings indflydelse på muskelfibre i m. longissimus dorsi fra en kanin. Der blev ikke fundet nogen statistisk sikker nedgang i den gennemsnitlige muskelfiberdiameter, selv over et fikseringstidsrum på 6 måneder. Der skete dog et fald i fiberdiameteren inden for det første fikseringsdøgn.

Malsburg (1911) fikserede muskelvæv i 10 pct. formalin, men inden præparation og måling af muskelfibre blev prøverne anbragt i en 20 pct. HNO₃-opløsning i 3-8 dage. Ved denne præparationsmetode fandt forfatteren ikke nogen ændring i muskelfibrenes diameter.

Samme metode til fiksering af muskelvæv blev anvendt af Raschodowa, 1926; Krüger, 1930; Ahrens, 1931 og Heidenreich, 1931.

Neseni og Müller (1955) angiver, at en nedsænkning af den friske muskelprøve i en fysiologisk saltopløsning bevarer muskelfibrene uændrede. Forfatterne fandt samtidig, at der ved formalinfiksering sker en betydelig skrumpning af muskelfibrene indtil den 23. dag efter præparationen, senere ændrer muskelfiberdiametere sig ikke. Efter formalinbehandlingen blev det undersøgt, hvorvidt en behandling med 20 pct. HNO_3 -opløsning yderligere påvirkede fiberdiametere. Opbevaring af prøverne i salpetersyreopløsningen i indtil 6 dage influerede ikke på fibertykkelsen. Motiveringen for anvendelse af salpetersyre er, at muskelfibrene derved lettere lader sig adskille fra det omkringliggende bindevæv.

Under henvisning til Neseni og Müller's undersøgelser er denne fikseringsmetode anvendt af Gravert (1963) og Schilling (1966).

Staun (1960) fandt en statistisk sikker nedgang i muskelfibrenes diameter i løbet af det første døgn fiksering i en 10 pct. formalinopløsning.

Ved at fremstille en 10 pct. formalinopløsning på grundlag af en fysiologisk saltopløsning opnås, at opløsningen bliver isotonisk, hvilket skulle medføre, at skrumpningseffekten nedsættes. En sådan fremstillet fikseringsvæske er anvendt af Tuma et al., 1962; Romans et al., 1965 og Livingston et al., 1966.

Andre forskere har ligeledes anvendt en 10 pct. formalin-saltopløsning til fiksering af muskelvæv, men først neutraliseret opløsningen med kaliumfosfat, så der er opnået et pH på ca. 7,2 i fikseringsvæsken, inden muskelprøverne er nedsænket deri (Everitt og Carter, 1961; Smith, 1963; Hight og Barton, 1965). Denne fikseringsvæskes indflydelse på muskelfibrenes skrumpningsgrad er imidlertid ikke nøjere undersøgt.

I *m. longissimus dorsi* hos svin er pH faldende fra slagtetidspunktet, indtil det med større eller mindre tidsinterval indstiller sig på ca. 5,4 (Wismer-Pedersen, 1959). Jonsson (1965) fandt således, at ca. 90 pct. af den fænotypiske variation i pH i *m. longissimus dorsi* hos svin, bestemt ca. 45 min. efter slagtning, skyldtes individuel variation mellem de enkelte grise. Udtages muskelprøverne dagen efter slagtning, vil pH-værdierne være mere konstante og ligge på omkring 5,3–5,7 (Wismer-Pedersen, 1959). Denne forholdsvis lille variation i pH 24 timer efter slagtning vil næppe have nogen betydning for fibrenes skrumpning, hvorimod den hastighed hvormed pH-faldet er sket umiddelbart efter slagtningen, har større betydning for, hvor meget fibre skrumper ved fikseringen. En korrektion for forskellig hastighed i pH-fald vil imidlertid ikke være praktisk gennemførlig, når det drejer sig om et stort antal prøver.

Goldspink (1961) undersøgte 10 forskellige fikseringsvæskers indflydelse på muskelfibrenes skrumpning i *m. biceps brachii* hos mus. Alle 10 væsker, undtagen Campy's og Flemming's væske minus eddikesyre, for-

årsagede en skrumpning af muskelfibrene. Som en bestanddel af de to nævnte fikseringsvæsker indgår der osmiumsyre, der for det første er giftig og for det andet er relativt dyr, hvilket begrænser de to væskers anvendelsesmuligheder i større målestok.

Carpenter et al. (1963) anvendte 3 forskellige fikseringsvæsker, 10 pct. formalin, 1,5 pct. pikrinsyre og 1 pct. osmiumsyre. Forfatterne fandt, at pikrinsyre var den væske, der forårsagede den mindste skrumpning, og at fikseringen foregik hurtigst med denne væske. Det blev desuden fundet, at muskelvævet struktur havde betydning for fikseringstiden. Muskelvævet pH var en tilfredsstillende rettesnor for fikseringstiden. Prøver med pH over 5,8 var færdigfikserede på 8 timer, medens prøver med pH under 5,8 kun behøvede fiksering i 6 timer.

Swanson et al. (1965) anvendte Helly's opløsning som fikseringsvæske til muskelvæv. Formalin indgår som en bestanddel af denne fikseringsvæske.

Wismer-Pedersen og Møller (1966) har fundet, at fiksering med en 6 pct. glutaraldehydopløsning har en meget ringe skrumpningseffekt på muskelfibrene.

Af andre fikseringsmetoder undersøgte Joubert (1956a), hvorledes en kogning af muskelprøver påvirkede muskelfibrene. Det blev fundet, at blot en kort nedsænkning af muskelprøven i kogende vand medførte en signifikant skrumpning af fibrene, medens kogning indtil en time ikke påvirkede fiberdiametere yderligere.

Egne undersøgelser.

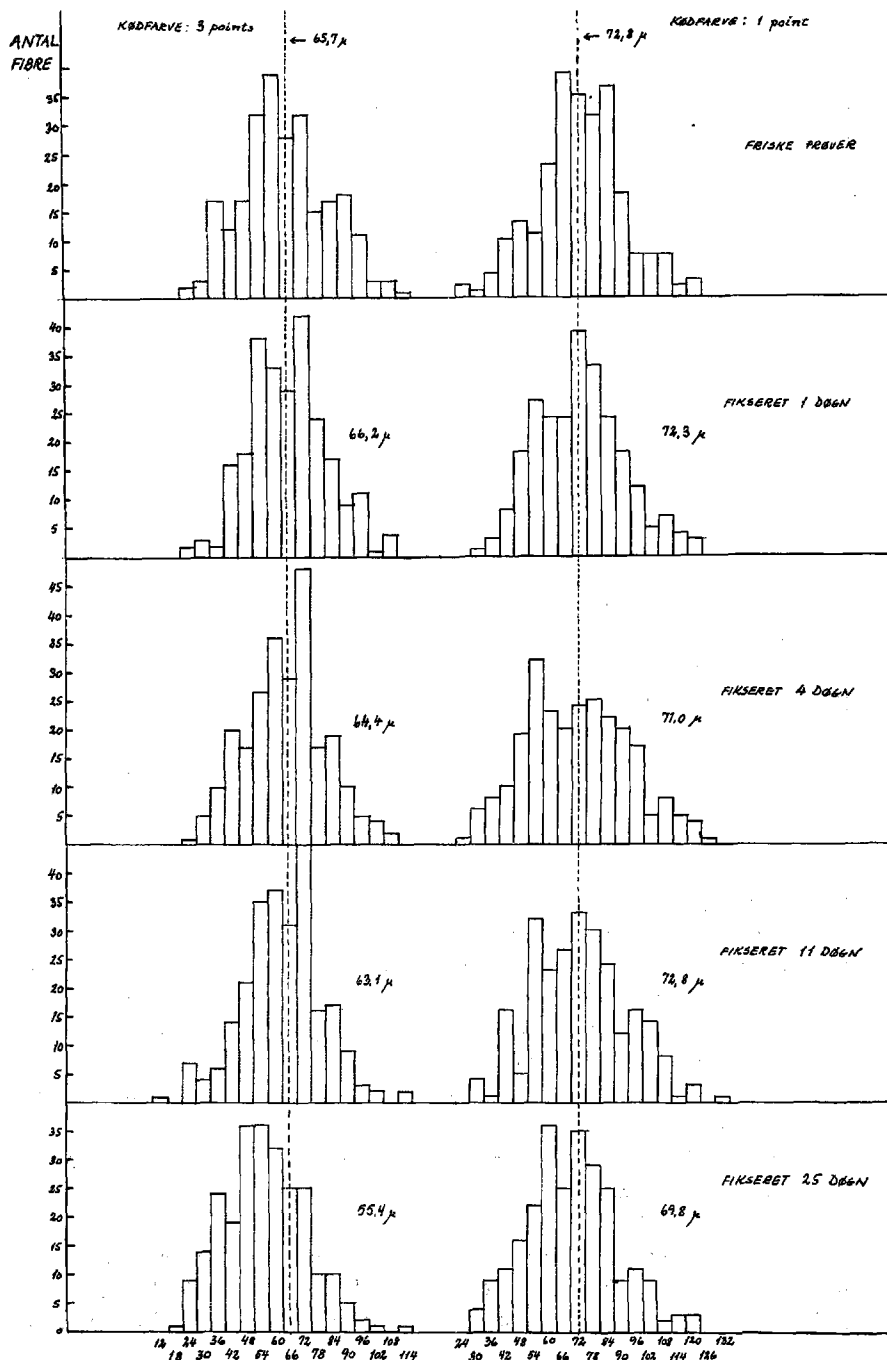
Da der i den planlagte undersøgelse over avlens betydning for muskelfibrenes diameter og antal var tale om udtagelse og undersøgelse af et meget stort antal muskelprøver, ville den af Goldspink (1961) anførte fikseringsteknik, hvor der i fikseringsvæsken indgår osmiumsyre, blive alt for kostbar. Det blev derfor besluttet at anvende en 10 pct. formalinopløsning, der for at gøre fikseringsvæsken isotonisk, blev fremstillet på grundlag af en fysiologisk saltopløsning.

For at undersøge denne fikseringsmetodes indflydelse på muskelfibrenes diameter og antal pr. mm² blev der gennemført fire undersøgelser.

Forsøg 1. Dagen efter slagtingen blev der udtaget 5 muskelprøver af m. longissimus dorsi fra en gris, der havde fået 1 point for kødfarve, og 5 prøver fra en gris, der ligeledes dagen efter slagting havde fået 3 points

MUSKEL I.

MUSKEL II.



Figur 7.

FIBERDIAMETER i μ .

for kødfarve (skala 0,5–5,0, Clausen et al., 1965). Prøverne blev udtaget ud for henholdsvis 6., 8., 10., 12. og 14. ribben.

Muskelfibrenes diameter blev målt på de friske prøver, hvorefter prøverne blev fikseret i 10 pct. formalin-saltopløsning og derefter målt med de tidsintervaller, som fremgår af figur 7, side 22.

Der blev målt 50 fibre pr. prøve, idet ca. 20 μ tykke tværsnit af muskelprøven blev udrevet i fortyndet glycerin, hvorved de enkelte fiberstykker blev isoleret. Herefter blev fiberdiameteren målt under mikroskop.

Variationen i fiberdiameteren for hver af de to muskler på de fem forskellige tidspunkter er vist i figur 7.

Det fremgår af figuren, at muskelfibrene i muskel I, der havde opnået 3 points for kødfarve, udviste en større gennemsnitlig skrumpning end fibrene i muskel II, der havde kødfarvekarakteren 1. Der er således noget, der tyder på, at det meget lyse kød i muskel II allerede på en vis måde er fikseret, så dette kød har en dårligere vandbindingsevne, som følge af en hurtigere glykolyse efter slagtning (Wisner-Pedersen, 1959). Derfor ændrer fiberdiameteren sig ikke væsentligt ved den efterfølgende formalinbehandling.

Figur 7 viser endvidere, at det i muskel I er de tykke fibre der skrumper, hvorimod der ikke sker nogen forskydning i fiberdiameteren hos de tynde fibre.

Et væsentligt spørgsmål i forbindelse med fiksering af muskelprøver er, om fibrene i gennemsnit skrumper procentisk lige meget eller reagerer på samme måde over for fikseringen. Til belysning af dette spørgsmål er der udført variansanalyser på resultaterne fra de to muskler hver for sig. Analysernes resultater er vist i tabel 1 side 24.

Det fremgår af tabel 1, at der for muskel I er fundet en statistisk sikker forskel mellem tidspunkter, hvilket vil sige, at der er sket en skrumpning af fibrene. Dette er ikke tilfældet med fibrene i muskel II, hvor kødfarven var meget dårlig.

Inden for hver af de to muskler er der fundet en signifikant forskel på de fem prøver. Dette skyldes, at de fem prøver er udtaget fem forskellige steder i musklens længderetning.

Figur 7. Fikseringstidens indflydelse på fordelingen af muskelfiberdiameteren i *m. longissimus dorsi*.

Muskel I: points for kødfarve 3
Muskel II: » » » 1

Figure 7. The effect of different fixation time on the distribution of the muscle fibre diameter in the *m. longissimus dorsi*.

Muscle I: Score for meat colour 3 (dark)
Muscle II: » » » » 1 (light)

Tabel 1. Variansanalyse af fikseringens indflydelse på muskelfiberdiameteren i en muskel med 3 points for kødfarve (I) og en muskel med 1 point for kødfarve (II).
Table 1. Analysis of variance. The effect of fixation on the muscle fibre diameter in two muscles (m. longissimus dorsi) with a meat colour score of 3 (I) and 1 (II), respectively.

Muskel I:

Variationsårsag:	Frihedsgrader	Middelkvadrat	P
Mellem tidspunkter	4	132,3	<0,001
» prøver	4	55,8	<0,001
Tidspunkter × prøver	16	13,2	<0,05
Mellem fibre inden for prøver	1225	7,9	
Total	1249	8,51	

Muskel II:

Variationsårsag:	Frihedsgrader	Middelkvadrat	P
Mellem tidspunkter	4	18,3	<0,10
» prøver	4	227,3	<0,001
Tidspunkter × prøver	16	27,9	<0,001
Mellem fibre inden for prøver	1225	9,2	
Total	1249	10,2	

Vekselvirkningen tidspunkter × prøver er for begge musklers vedkommende statistisk sikker. Dette betyder, at de enkelte prøver ikke reagerer på samme måde over for fikseringen, eller med andre ord, at fikseringen og dermed skrumpningen foregår med uensartet styrke i forskellige muskelprøver.

Forsøg 2. Dagen efter slagtingen blev der udtaget 21 muskelprøver af m. longissimus dorsi, én fra hver af 21 tilfældigt udvalgte forsøgsgrise fra de faste svineforsøgsstationer. Prøverne blev udtaget over det bageste ribben, hvor forsøgssvinene normalt overskæres til fotografering af karbonadetværsnittet.

Muskelfibrenes diameter blev målt efter samme metode som anført under forsøg 1. Fiberdiameteren blev bestemt dels i de friske prøver, dels efter fiksering i 30 dage i 10 pct. formalin-saltopløsning.

Resultatet af en variansanalyse på dette materiale er vist i tabel 2 side 25.

I løbet af de 30 dage som fikseringstiden varede, skete der en statistisk sikker nedgang i fiberdiameteren. Den gennemsnitlige fiberstykkelse hos de friske prøver var 62,3 μ og hos de fikserede 55,2 μ . Dette svarer til en gennemsnitlig skrumpning på 11,4 pct.

Den statistisk sikre forskel mellem prøver er udtryk for, at der har været forskel på muskelfibrenes tykkelse hos de 21 grise, som indgik i undersøgelsen.

Tabel 2. Variansanalyse af fikseringens indflydelse på muskelfiberdiameteren i 21 muskelprøver fra svin af Dansk Landrace.

Table 2. Analysis of variance. The effect of fixation on the muscle fibre diameter in muscle samples from 21 Danish Landrace pigs (m. longissimus dorsi).

Variationsårsag:	Frihedsgrader	Middelkvadrat	P
Mellem tidspunkter	1	742,9	<0,001
» prøver	20	99,1	<0,001
Tidspunkter × prøver	20	28,4	<0,001
Mellem fibre inden for prøver	2058	6,0	
Total	2099	7,4	

At muskelfibrene i de enkelte prøver og dermed hos de enkelte grise ikke reagerer på samme måde over for fikseringen, ses af den signifikante vekselvirkning mellem tidspunkter og prøver.

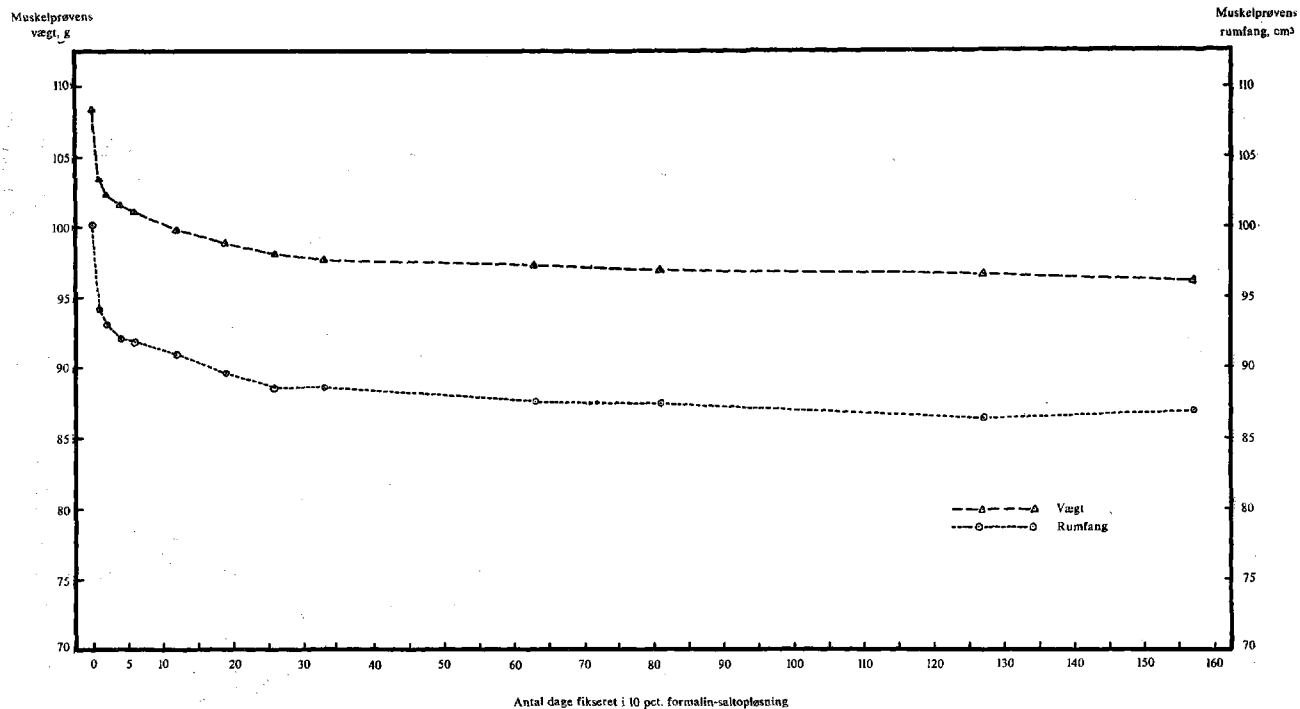
Forsøg 3. For at undersøge, hvorledes muskelprøvernes vægt og rumfang påvirkes af fikseringen, blev der på slagteriet udtaget 10 tilfældigt udvalgte muskelprøver af 10 tilfældigt udvalgte grise fra svineforsøgsstationen »Sjælland«. Prøverne blev taget som anatomiske tværsnit af m. longissimus dorsi lige over det bageste ribben og var ca. 2 cm tykke. Efter udtagningen blev prøverne vejede og deres rumfang bestemt.

Rumfangsbestemmelsen blev foretaget på følgende måde:

En cylinderformet plasticbeholder forsynet med et overløbsrør blev fyldt op med 10 pct. formalin-saltopløsning, således at væsken løb ud gennem overløbsrøret. Efter afdrykning af overløbsrøret blev muskelprøven, der var forsynet med en tynd nylonnor, sænket ned i beholderen. Den af muskelprøven fortrængte væskemængde blev opsamlet i et i forvejen aftareret bægerglas, hvorpå væskens vægt blev bestemt. Den fortrængte væskemængdes vægt blev bestemt to gange for hver muskelprøve. Gennemsnittet af de to vejninger dannede grundlaget for beregning af muskelprøvens rumfang. Formalin-saltopløsningens vægt blev ved hjælp af en hydrostatisk vægt bestemt til 1,030 g/cm³. Vejede den fortrængte væskemængde eksempelvis 101,4 g, blev muskelprøvens rumfang bestemt til 101,4/1,030 = 98,4 cm³.

Rumfangsbestemmelsen af de 10 prøver blev foretaget i alt 13 gange med den tidsafstand mellem målingerne, som fremgår af figur 8, side 26. I tidspunktet mellem målingerne opbevarede prøverne i 10 pct. formalin-saltopløsning ved stuetemperatur.

Af figur 8 fremgår det, at muskelprøvens vægt og rumfang falder meget stærkt inden for det første fikseringsdøgn og derefter mere moderat indtil ca. 30 dages fiksering, hvorefter der ikke sker nogen væsentlig ændring



Figur. 8. Fikseringens indflydelse på muskelprøvernes vægt og rumfang.
Figure 8. The effect of fixation upon weight and volume of muscle samples.

i vægt og rumfang. Dette svarer nøje til de iagttagelser, der blev gjort vedrørende muskelfibrenes skrumpning.

Den procentiske ændring i prøvernes rumfang er vist i tabel 3.

Tabel 3. Den procentiske nedgang i rumfang af muskelprøver fikseret i ca. 5 mdr.

Table 3. Percentage decrease in volume of muscle samples during fixation in about 5 months.

e nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gns.	± _s
nfang, frisk, cm ³	103,4	95,0	101,8	95,1	118,9	100,2	95,6	96,7	101,8	93,4	100,2	7,44
nfang efter ca.												
mdrs. fiksering, cm ³ . .	88,0	82,9	88,2	82,0	106,2	87,7	81,3	81,8	90,2	81,3	87,0	7,56
skrumpning	14,9	12,7	13,4	13,8	10,7	12,5	15,0	15,4	11,4	13,0	13,2	1,55

Variationen i de 10 prøvers skrumpningsprocent var ikke så stor, som det måske på forhånd kunne ventes. Den gennemsnitlige skrumpning på 13,2 pct. ligger på linie med den skrumpning, der i forsøgene 1 og 2 blev fundet for muskelfibrenes vedkommende.

Da materialet i denne undersøgelse ikke var særlig stort, og da det kunne have interesse at se, om rumfangsændringerne eventuelt stod i forhold til muskelprøvernes størrelse, kødfarve og pH, blev der gennemført endnu ét forsøg, hvori der indgik et større antal muskelprøver.

Forsøg 4. I dette forsøg indgik der i alt 150 muskelprøver, én fra hver af 150 tilfældigt udvalgte forsøgsgrise, udtaget på samme måde som i forsøg 3. Prøverne blev udtaget over et tidsrum af 8 uger. Umiddelbart efter hver prøveudtagning blev prøvernes friske vægt og rumfang bestemt. Regnet fra den sidste prøveudtagning gik der 9 uger (ca. 60 døgn), inden samtlige 150 prøver igen blev målt. Da der i den foregående undersøgelse ikke blev konstateret nogen ændring i vægt og rumfang efter 30–35 dages fiksering, blev det anset for forsvarligt at gennemføre undersøgelsen på ovennævnte måde. En klassificering af materialet med hensyn til fikseringstid gav følgende resultat:

Antal uger fikseret	9	10	11	12	13	15	16	17
Antal prøver	18	31	13	17	15	18	20	18
Skrumpning i rmf., pct.	10,3	10,1	10,1	10,5	10,0	11,3	10,9	11,3
Spredning i skrumpningspct. ±	1,20	1,44	1,20	1,62	1,46	1,02	0,88	1,62

Der blev ikke fundet nogen statistisk sikker forskel mellem de anførte skrumpningsprocenter, hvorfor de små forskelle mellem disse må skyldes andre, tilfældige årsager.

Formålet med undersøgelsen var dels at få et bedre skøn for skrumpningsprocentens størrelse med hensyn til muskelprøvernes rumfang, dels at undersøge, om prøvernes vægt, pH og kødfarve havde indflydelse på skrumpningsgraden.

Der blev gennemført en partiel regressionsanalyse på materialet, idet skrumpningsprocenten blev betragtet som afhængig variabel (Y). De uafhængige variable fik følgende betegnelser: Muskelprøvens friske vægt i gram (X_1), muskelprøvens pH 24 timer efter slagtning (X_2) og kødfarven bedømt subjektivt 24 timer efter slagtning (X_3). Beregningerne gav følgende resultater:

Variationsårsag:	Frihedsgrader	Kvadrat-sum	Middelkvadrat	P
Regressionsværdier	3	74,96	24,99	<0,001
Omkring regressionsværdier	146	223,41	1,63	
Total	149	298,37		

$$R^2 = \frac{74,96}{298,37} = 0,251;$$

P

$$b_1 = \div 0,019 \pm 0,006 <0,001$$

$$b_2 = + 0,498 \pm 0,256 >0,05$$

$$b_3 = + 0,925 \pm 0,260 <0,001$$

$$\bar{Y} = 10,57 \pm 0,114; \bar{X}_1 = 103,49 \pm 1,314; \bar{X}_2 = 5,82 \pm 0,032;$$

$$\bar{X}_3 = 2,27 \pm 0,044;$$

Det ses af variansanalysen, at variationen mellem regressionerne er statistisk sikker. Regressionskoefficienterne b_1 og b_3 er ligeledes signifikante, da de er flere gange større end deres tilhørende middelfejl (s_b). Regressionskoefficienten b_2 ligger lige under og meget nær ved 95 pct.s grænsen. Når regressionskoefficienten for pH (b_2) ikke er signifikant, skyldes det sikkert det forhold, at pH i svinekød målt 24 timer efter slagtning ligger meget konstant på 5,3–5,7 (Wismer-Pedersen, 1959).

R^2 er et udtryk for, hvor stor en del af den samlede variation der kan henføres til regressionsplanet. Som angivet ovenfor, er R^2 ret lille, hvilket vil sige, at det meste af variationen i skrumpningsprocenten ikke er forklaret ved de tre undersøgte egenskaber. Variationen i skrumpningsgraden skyldes derfor i højere grad tilfældige årsager eller årsager, der ikke er omfattet af denne undersøgelse.

Den gennemsnitlige skrumpningsprocent for samtlige prøver var $10,57 \pm 0,114$ ($s = \pm 1,397$). Størrelsesordenen af rumfangsskrumpningen

svarer således meget nær til de resultater, der blev fundet i forsøg 3 og for fiberdiameterens vedkommende i forsøgene 1 og 2. Disse forhold tyder på, at formalinfikseringens effekt er næsten den samme, hvad enten det gælder hele muskelprøven eller de bestanddele, hvoraf muskelprøven væsentligst består, muskelfibrene.

Set på baggrund af de gennemførte forsøg til belysning af muskelfibrenes og muskelprøvernes skrumpning ved fikseringen i 10 pct. formalinsaltopløsning, er der ingen tvivl om, at der sker en skrumpning ved fikseringen, og at flere faktorer har betydning for skrumpningsgraden.

Det er af stor betydning, at prøverne bliver fikseret så længe, at skrumpningen er afsluttet, inden muskelfibermålingerne foretages. For den prøvestørrelse, som er anvendt i undersøgelserne, synes dette tidspunkt at ligge mellem 20 og 30 dage, hvorfor det også blev besluttet ikke at måle muskelfibre i prøver, der ikke havde været fikseret i mindst 30 dage.

Ifølge forsøg 4 er der en tendens til, at skrumpningen af prøvernes rumfang bliver en ubetydelighed mindre med stigende vægt af prøverne ($b = \div 0,019$). Hvorvidt denne effekt også omfatter muskelfibrenes skrumpning er dog tvivlsomt, såfremt muskelprøven er helt gennemvædet med fikseringsvæsken. Man kan dog ikke se bort fra, at jo større (bredere) muskelprøven skæres ud, desto vanskeligere vil fikseringsvæsken kunne trænge helt igennem prøven. Ved de fortsatte prøveudtagninger blev der derfor tilstræbt en standardtykkelse af alle prøverne på ca. 2 cm.

I forsøg 1 fandtes der ikke nogen signifikant skrumpning af muskelfibrene i den muskel, der havde 1 point for kødfarve, hvorimod muskelfibrene i den muskel, der havde 3 points for kødfarve, udviste en signifikant skrumpning. Det må formodes, at musklen med 1 point for kødfarve også har haft et hurtigt pH-fald efter slagtning. Proteinstofferne i muskelfibrenes sarkoplasma vil ikke kunne tåle at være udsat for et meget lavt pH. Proteinstofferne i sarkoplasma vil derved denaturere og kondensere sig på de fibrillære proteinstoffer, hvorved vandbindingsevne og opløselighed nedsættes meget betydeligt. I en sådan muskel vil fikseringen således være begyndt eller helt tilendebragt, inden den egentlige formalinfiksering påbegyndes, hvorfor der ikke fås yderligere effekt af denne.

Den vekselvirkning der i forsøg 1 og 2 blev fundet mellem tidspunkter og prøver med hensyn til muskelfibrenes skrumpning, kan derfor tænkes at bero på, at faldet i pH efter slagtning er sket med forskellig hastighed, og at denatureringen i de enkelte prøver derfor også vil være forskellig, hvilket medfører, at der vil blive konstateret en varierende skrumpning af muskelfibrene i de forskellige prøver.

I forsøg 4 blev det vist, at den variation der er i muskelprøvernes rumfangsændring ved fikseringen, ikke alene kan forklares ved forskelle i prø-

vernes vægt, pH og points for kødfarve, men beror på andre, tilfældige faktorer. På grundlag af de ovennævnte undersøgelser må det betragtes som meget farligt at korrigere den faktisk målte muskelfiberdiameter for nogle af de her undersøgte forhold, da der herved let kan bortskæres en variation, som man ikke er interesseret i at få fjernet fra materialet, f. eks. genetiske forskelle mellem dyr.

Ved de følgende undersøgelser har forfatteren derfor besluttet at betragte den målte fiberdiameter efter fikseringen som den faktiske størrelse for fibertykkelsen. Afvigelserne herfra vil desuden blive registreret gennem fejlvariansen på hele materialet.

Måleapparatur og målemetoder.

Mange forskellige målemetoder har i tidens løb været anvendt til bestemmelse af muskelfibrenes diameter. Disse metoder kan stort set inddeles i to grupper, dels de der omfatter en bestemmelse af muskelfibrenes diameter målt på isolerede fiberstykker, dels de hvor muskelfibrenes tværsnitsareal bestemmes på et tværsnitspræparat.

Warringsholz (1903) målte fiberdiameteren både på vandret liggende fiberstykker og fibre i tværnsnit. Ved målingerne fandtes, at fiberdiameteren, der var målt på et tværnsnit, var større end den, der mælttes på de vandret liggende fibre.

Malsburg (1911) isolerede de enkelte muskelfibre ved udrivning og målte et varierende antal fibre pr. præparat under et almindeligt lysmikroskop. Malsburgs teknik er senere blevet anvendt af mange forskere, omend undertiden i en noget modificeret form. Raschodowa (1926) målte 20–50 fibre pr. præparat. Krüger (1930) målte i alt 300 fibre pr. prøve, medens Heidenreich (1931) målte 100 fibre fra hvert præparat. Ahrens (1931) og Winkler (1932) anvendte samme metode, men målte pr. prøve 200 fibre. Malsburgs metode blev nøje efterprøvet af Nesen og Müller (1955). Efter fiksering i 10 pct. formalin og 6 dages behandling med 20 pct. salpetersyre blev fibre isoleret og farvet med eosin, hvorefter de blev indsmeltet i gelatine. Der blev målt 100 fibre pr. præparat ved en forstørrelse på 200 gange. Denne metode, men uden forudgående farvning og med anvendelse af fortyndet glycerin i stedet for gelatine, blev anvendt af Otto (1962) og Gravert (1963). Lörincz og Biro (1960) målte på samme måde 100 fibre ved 300 ganges forstørrelse, idet de enkelte fibre blev isoleret og målt inden for primærbundter. Schilling (1966), der også har anvendt denne metode, hævder, at målingerne herved kan udføres mest nøjagtigt, da man på de isolerede fibre inden for et primærbundt kan korrigere for en forskel i fiberdiameteren på forskellige steder af den enkelte fiber. Forfatteren

målte fiberdiametere i 3–4 primærbundter, som blev isoleret fra forskellige steder i musklen.

Lindhard (1926) kogte friske muskelprøver 2 timer i vand. Efter isolering af de individuelle fibre under et binokulært mikroskop, blev diameteren målt med et okular-mikrometer.

Paff (1930) indsmeltede muskelprøver i paraffin og fremstillede snit på tværs af muskelfibrenes længderetning. Af tværnittene blev der, på kvadreret papir, fremstillet »Camera lucida« tegninger af de enkelte fibres tværsnitsareal. Arealet blev bestemt ved hjælp af kvadraterne på papiret. Der blev målt 75 fibre fra hver muskelprøve.

Hammond og Appelton (1932) snittede med barberblad tynde tværnsnit af formalinfikserede muskelprøver. Muskelprøverne blev udtaget i musklernes midte. Snittene blev anbragt i nogle dråber fortyndet glycerin, og de enkelte fiberstykker blev isoleret ved udrykning med nåle. Med et okular-mikrometer målt diameteren hos 50 fibre, og gennemsnittet af disse anvendtes som udtryk for fibertykkelsen i den pågældende muskel. Samme metode anvendtes af McMeekan, 1940–41; Meara, 1947; Joubert, 1954, 1955 og 1956a; Smith, 1963 og Yates, 1964. McMeekan farvede desuden tværnsnit med pikrinsyre, lagde dem i Farrant's opløsning og optalte derefter under mikroskop antal fibre pr. primærbundt. Meara målte 100 fibre i hver prøve med et Zeiss-lanameter ved en forstørrelse på 500 gange. Meara's undersøgelser viste, at 100 målinger pr. præparat gav det sikreste udtryk for den gennemsnitlige fiberdiameter. Fiberdiameteren blev til sammenligning også målt på et tværnsnitspræparat, og i alle tilfælde viste det sig, at den sidstnævnte fremgangsmåde gav de mindste værdier for fiberdiameteren. Joubert (1956a) undersøgte foruden fikseringens indflydelse på muskelfibrenes diameter også effekten af observationernes antal. Der blev ikke fundet nogen signifikant forskel på 20, 40, 60, 80 og 100 observationer pr. præparat, men 100 målinger angives dog som det bedste for at få et så pålideligt gennemsnit som muligt.

Robertson og Baker (1933) anbragte tynde tværnsnit af friskt muskeltvæv i 20 pct. salpetersyre i 2–4 dage, hvorefter fibrene blev isoleret og anbragt i fortyndet glycerin. Der blev foretaget 200 enkeltmålinger pr. muskelprøve. Samtidig blev muskelfibrenes tykkelse bestemt indirekte, idet der af samme muskelprøve blev fremstillet et tværnsnitspræparat, i hvilket antal fibre pr. 0,207 mm² blev optalt på 25 forskellige steder. Førstnævnte metode blev anset for den bedste.

Voss (1935) anvendte ligeledes to forskellige metoder. Ved en forstørrelse på 600 gange målt muskelfibrenes tværnsnitsareal med planimeter. Desuden optalte antal muskelfibre pr. mm² og i nogle tilfælde antal fibre pr. muskelfiberbundt.

Brady (1937) fremstillede ca. 25 μ tykke tværnsnitspræparater ved hjælp af en frysemikrotom. Muskelfibrene isoleredes ved mikrodisektion. Til målingerne anvendtes et tråd-mikrometer, og der blev målt 50 fibre pr. muskel. Desuden blev der af muskelprøven fremstillet tyndere tværnsnit, på hvilke der efter farvning med Sudan IV og Harris-hæmatoxylin blev talt antal fibre pr. muskelfiberbundet i 50 bundter. Samme fremgangsmåde blev anvendt af Satorius og Child (1938).

Mehner (1938) anbragte muskelprøver, der var udtaget af musklernes midte, i 80 pct. alkohol, hvorefter de blev indstøbt i paraffin. Efter fremstilling af tværnsnitspræparater blev der med planimeter målt 100 fibre pr. prøve. Planimeterværdien i mm^2 divideret med mikroskopets arealforstørrelse gav den enkelte fibers tværnsnitsareal i μ^2 .

Buchtal og Lindhard (1939) giver i deres arbejde en oversigt over forskellige metoder til at isolere muskelfibre for måling af form og størrelse. Forfatterne gør samtidig opmærksom på den forsigtighed, hvormed man skal sammenligne histologiske undersøgelser af denne art, når der er anvendt forskellige fikseringsmidler og forskellige målemetoder.

Eliot et al. (1943) udtog muskelprøver fra midten af m. soleus hos rotter. Antal fibre pr. arealenhed blev bestemt på tværnsnitspræparater. Samtidig blev hele musklens tværnsnitsareal bestemt, hvilket gav mulighed for at beregne tværnsnitsarealets totale indhold af fibre.

Hiner et al. (1953) isolerede 30–40 fibre fra en formalinfikseret muskelprøve og anbragte dem i blodserum. Af disse blev 12 tilfældige fibre målt på tre forskellige steder i længderetningen for på denne måde at korrigere for fibrenes eventuelle tilspidsning mod enderne. De 36 observationers gennemsnit blev anvendt som udtryk for den pågældende muskels fiberdiameter.

MacDonald og Slen (1959) fikserede 5 g muskeltvæv i 10 pct. formalin og anvendte til muskelfibermålingerne Hammond og Appeltons teknik.

Everitt og Carter (1961) anvendte ligeledes Hammond og Appeltons teknik, men målte ved en forstørrelse på 600 gange 75 enkelte fibre. Desuden blev der på frysemikrotom fremstillet fire 20 μ tykke tværnsnit. I hvert af de fire snit blev der i fem tilfældigt valgte primærbundter talt antallet af fibre. Gennemsnittet af de 20 bestemmelser blev brugt som udtryk for antallet af muskelfibre pr. primærbundt. Tværnsnitsarealet af primærbundterne blev bestemt indirekte ved ud fra fiberdiameteren at beregne arealet af gennemsnitsfibren og multiplicere med antallet af fibre pr. primærbundt.

Goldspink (1962) fremstillede mikrofotografier af hele tværnsnittet af m. biceps brachii hos mus. Muskelfibrene forløber i denne muskel parallelt fra den ene ende til den anden. Muskelfibrenes gennemsnitsareal blev beregnet

på grundlag af »Camera lucida« tegninger på kvadreret papir af 25 tilfældigt valgte fibre. Muskulens hele tværsnitsareal divideret med gennemsnitsarealet var udtryk for det samlede antal fibre i hele muskelen. Muskelfiberdiametrenes fordeling inden for hele muskelen blev fastlagt ved at måle diameteren hos 100 fibre udvalgt forskellige steder i muskeltværsnittet. Beregning af muskelfibrenes tværsnitsareal efter den ovenfor anførte metode er meget tidsrøvende, hvorfor forfatteren også foreslår en beregning ud fra den gennemsnitlige fiberdiameter.

Tuma et al. (1962) anvendte en mikro-blender til sønderdeling af muskelprøver. Den formalinfikserede muskelprøve blev anbragt i blenderen sammen med så meget af en fysiologisk saltopløsning, at prøven lige var dækket. Blenderens blade blev vendt om for at undgå en ødelæggelse af fibre. Blenderen gik i 30 sek., hvorefter en lille portion af indholdet blev undersøgt under mikroskop. Der blev målt 50 fibre i hver prøve. Metoden er senere anvendt af Romans et al. (1965).

Weniger et al. (1962) bestemte muskelfiberdiameteren på tværsnit og anvendte fasekontrastmikroskopi. Målingerne blev foretaget med et okularmikrometer ved en forstørrelse på 400 gange.

Carpenter et al. (1963) indsmeltede muskelprøver i paraffin og fremstillede på mikrotom 6 μ tykke tværsnit. Ved hjælp af et i mikroskopet anbragt kalibreret trådnat blev fiberdiameteren målt hos de 5 største fibre i 5 forskellige mikroskopiske felter. Gennemsnittet af de 25 målinger blev anvendt som udtryk for den maksimale fiberdiameter i muskelprøven. Samtidig blev muskelfiberbundternes størrelse vurderet subjektivt på basis af en skala fra 1 til 5. Metoden til bestemmelse af den maksimale fiberdiameter blev også anvendt af Allen et al. (1966).

Steinhaus et al. (1965) fremstillede tværsnitspræparater af formalinfikserede muskelprøver indsmeltet i paraffin. Ved hjælp af et projektmikroskop blev tværsnitsbilledet overført til tegnepapir. Tværsnitsarealet af 50 fibre blev bestemt med planimeter og anvendt som udtryk for muskulens gennemsnitlige fiberstørrelse.

Hight og Barton (1965) anvendte Hammond og Appeltons teknik, idet målingerne dog blev foretaget på et projektmikroskop ved en forstørrelse på 500 gange. Der blev målt 50 fibre på tre forskellige steder i *m. longissimus dorsi*'s længderetning. Da en statistisk analyse viste, at der ikke var nogen signifikant forskel på fiberdiameteren målt de tre forskellige steder i muskelen, samt at fejlvariansen ikke blev væsentligt reduceret ved at måle flere fibre pr. prøve, blev der i de fortsatte undersøgelser målt 50 fibre pr. dyr fra én prøve udtaget af muskulens midte.

Swanson et al. (1965) indsmeltede muskelprøverne i paraffin, inden 10 μ tykke tværsnit blev snittet og farvet med Wiegart's hæmatoxylin og eosin.

Der blev fremstillet to præparater pr. prøve. Hvert præparat blev projiceret til en skærm ved hjælp af en mikroprojektor. Forstørrelsen blev herved ca. 700 gange. Der blev tilfældigt udvalgt to grupper af 8 fibre, hvis tværnsnitsareal blev bestemt med planimeter. Pr. prøve blev det totale antal målte fibre således 32. Antal fibre i gennemsnit pr. $0,04 \text{ mm}^2$ blev bestemt to steder i hvert af de to præparater pr. muskelprøve. Hele måleproceduren blev gennemført for 5 prøver udtaget forskellige steder i musklens tværnsnit.

Herring et al. (1966) målte fiberdiametere på tværnsnitspræparater ca. 12μ tykke, snittet i en kryostat. Et sekundært muskelfiberbundt blev tilfældigt udvalgt og alle fibre heri målt med et okular-mikrometer. Gennemsnittet af alle fibre i sekundær-bundtet blev anvendt som udtryk for fiberdiametere i musklen.

Livingston et al. (1966) indsmeltede muskelprøverne i celloidin og fremstillede 10μ tykke tværnsnit, der blev farvet med hæmatoxylin og eosin. Med et okular-mikrometer blev der målt 50 fibre pr. prøve. De enkelte fibre til måling blev udvalgt således, at der blev målt 25 fibre, der berørte en lodret linie, og 25 fibre der berørte en linie vinkelret herpå. Linierne var permanent anbragt i mikroskopets synsfelt.

Staun (1960) anvendte Hammond og Appeltons metode til måling af muskelfibrenes diameter, idet der dog blev målt 60 fibre pr. prøve. I tilknytning til bestemmelsen af fiberdiametere blev der også fremstillet et tværnsnitspræparat, på hvilket antallet af fibre pr. $0,1675 \text{ mm}^2$ blev optalt. Antal fibre pr. arealenhed er et indirekte udtryk for fibertykkelsen, idet jo større fiberdiametere er, desto færre fibre er der pr. arealenhed. Mellem de to målemetoder blev der da også fundet negative korrelationskoefficienter på ca. $\div 0,9$. Kallweit (1964) anvendte udelukkende sidstnævnte metode og brugte antal fibre pr. $0,16 \text{ mm}^2$ som udtryk for muskelfibertykkelsen.

Når Staun allerede i 1960 var interesseret i at få et udtryk for antal fibre pr. arealenhed, skyldtes det, at der på grundlag af dette tal, under visse forudsætninger, kunne beregnes et udtryk for det samlede antal muskelfibre i hele musklens tværnsnit ved multiplikation, når tværnsnitsarealet af musklen ved prøveudtagningsstedet i forvejen var kendt.

Den i det foregående omtalte litteratur er udtryk for, at der i tidens løb er anvendt mange forskellige fremgangsmåder til bestemmelse af muskelfibrenes diameter eller tværnsnitsareal, mens kun få forskere har interesseret sig for muskelfibrenes antal pr. arealenhed eller en muskels samlede antal fibre.

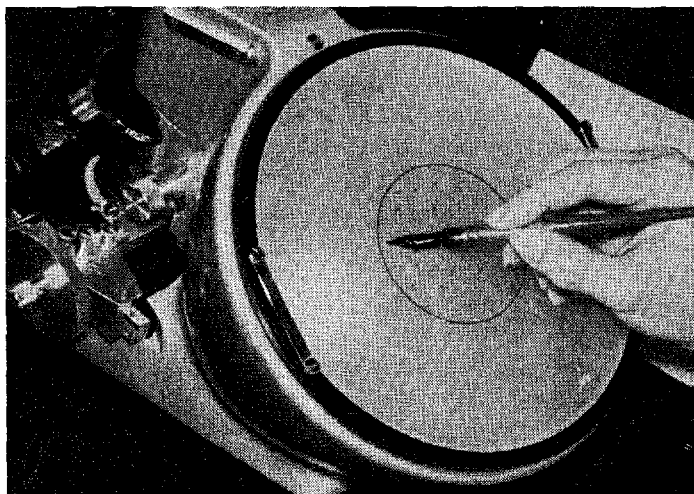
Såvel ved måling af fibrenes tværnsnitsareal som ved måling af fiberdiametere på isolerede fiberstykker, er der forskellige faktorer, som kan påvirke resultaterne. Af disse kan nævnes fikseringsmetoden, der har betydning for skrumpningen, men også de forskellige metoder til indsmeltning

af muskelprøverne i celloidin og paraffin inden fremstilling af de mikroskopiske præparater vil i høj grad kunne påvirke fibrenes form og størrelse. Ligeledes vil en for kraftig mekanisk påvirkning af fibrene ved isoleringen kunne medføre fejkilder, ligesom et tværsnit, der ikke er skåret nøjagtig vinkelret på fiberretningen, vil give et forkert mål for fibrenes tværsnitsareal.

Under den forudsætning, at forholdet mellem bindevæv og muskelfibre i et primærbundet ikke ændrer sig væsentligt ved formalinfikseringen, samt at muskelfibrene i det område, der undersøges, er skåret fuldstændig vinkelret på længderetningen, vil man ved optælling af antal fibre i et nærmere defineret areal af tværsnittet også have et udtryk for muskelfibrenes tværsnitsareal eller tykkelse. Tværsnitsarealet af muskelfibren bestemt på denne måde vil svare bedre til tværsnitsarealet *in vivo* end den direkte måling, der i større eller mindre grad afhænger af den teknik, der anvendes ved fremstillingen af de mikroskopiske præparater.

Måleinstrumentet.

Ved de af forfatteren gennemførte målinger af muskelfibrenes diameter og antal pr. mm² blev der anvendt et mikroskop af lanametertypen. Mikroskopet er forsynet med tre objektiver anbragt i en drejelig revolver, så der kan vælges mellem tre forstørrelser. Som det fremgår af figur 9, er der over matskiven anbragt en drejelig målestok. På selve matskiven er der indtegnet en cirkel.



Figur 9. Lanameteret der er anvendt til muskelfibermålingerne.
Figure 9. The lanameter used for measuring muscle fibre diameter and number of fibres per mm².

Når dette instrument blev foretrukket i stedet for et binokulært mikroskop, skyldes det, at lanameteret er let og hurtigt at arbejde med, ligesom øjnene ikke så let bliver trætte og overanstrengte af at se på matskiven, som af at stirre i et mikroskop, hvis lysintensitet er betydelig kraftigere.

Til optælling af muskelfibrenes antal pr. arealenhed blev objektivet valgt således, at arealet af cirklen på matskiven svarede til nøjagtig 1 mm² af præparatet. Forstørrelsen var 67 gange. Tidligere (Staun 1960 og 1963) anvendtes en forstørrelse, så arealet af cirklen på matskiven var 0,1675 mm². Tællearealet er således forøget med 5,97 gange, hvilket skulle medføre en mere nøjagtig bestemmelse af fiberantallet pr. arealenhed.

Ved måling af muskelfibrenes diameter blev der anvendt et objektiv, så forstørrelsen blev på 167 gange. Ved denne forstørrelse svarede 1 mm på målepinden til 6 μ i præparatet.

Præparerings- og målemetode.

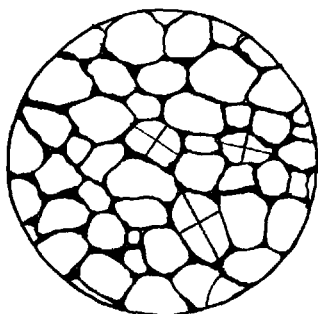
Den formalinfikserede muskelprøve blev anbragt bekvemt på arbejdsbordet, hvorefter den med en skalpel blev snittet til, så muskelfibrenes længderetning tydeligt kunne ses. Nøjagtig vinkelret på længderetningen blev der lagt et snit på ca. 0,5 cm's tykkelse, hvorefter den fremkomne skive blev skåret ren, så den málte ca. 1 \times 1 cm. Prøven blev derefter anbragt på en frysemikrotom og frosset med kulsyre. Der blev fremstillet to snit med en tykkelse på 10–15 μ . Snittene blev opfanget på et objektglas. Der blev tilsat et par dråber fortyndet glycerin, hvorpå der forsigtigt blev anbragt dækglas over snittene, så der ikke kom luftblærer i præparaterne. Det var ikke nødvendigt at farve præparaterne for at gennemføre målingerne.

Præparatet blev herefter anbragt under mikroskopet, og ved en forstørrelse på 67 gange blev der indstillet skarpt på tværsnitspræparatet, så de enkelte fibertværsnit tydeligt kunne ses. Det blev derpå kontrolleret, om der var snittet vinkelret på fibrenes længdeakse, idet et ikke vinkelret snit medførte, at fibertværsnittene var uklare i randen og noget ovale i formen. Var dette tilfældet, blev der fremstillet et nyt præparat.

Der blev tilfældigt udvalgt et målested, hvorpå alle fibre, der lå inden for cirklen på matskiven, blev optalt, idet fibre, der blev skåret af cirklen, skiftevis blev medregnet og ikke medregnet. For at få alle fibre talt med og for at undgå dobbelttællinger, blev der med rødt tusch sat et mærke på matskiven for hver talt fiber. Disse mærker kunne efter tællingens afslutning let fjernes med en fugtig klud. Tællingen blev gennemført to forskellige steder i hvert præparat.

Den gennemsnitlige muskelfiberdiameter blev bestemt på de samme tværsnitspræparater, som blev anvendt til optælling af antal fibre pr. mm². Målingerne blev gennemført ved en forstørrelse på 167 gange, og foretaget som illustreret på figur 10.

Inden for cirklen blev fibre delt op i tre grupper, således at det var let at overskue, hvilke fibre der var målt, og hvilke fibre der ikke var målt. Fiberdiameteren blev bestemt ved hjælp af en målepind med millimeterinddeling. Først blev den største diameter målt, derefter diameteren vinkelret på og midt på den første måleretning. Gennemsnittet af de to målinger, der blev regnet ud samtidig med målingerne, blev anvendt som udtryk for den



Figur 10. Fotografi der viser fremgangsmåden ved målingen af muskelfibrenes diameter.

Figure 10. A photograph showing the technique of measuring muscle fibre diameter.

pågældende fibers diameter. Der blev pr. præparat målt 50 fibre, der dannede grundlag for beregning af den gennemsnitlige muskelfiberdiameter. Når denne fremgangsmåde til måling af fiberdiameteren blev anvendt i stedet for den af forfatteren tidligere anvendte (Staun 1960), skyldtes det for det første, at der kunne spares en præparering, idet der ikke skulle foretages en adskillelse af de enkelte fiberstykker, og for det andet, at den ændrede metode gav et bedre udtryk for muskelfibrenes virkelige størrelsesorden. Måling af blot den største diameter som vist i figur 10 vil svare ret nøje til den fiberdiameter, der kunne bestemmes ved måling på isolerede fiberstykker. En måling af kun den mindste diameter ville derimod give en for lille værdi af fiberdiameteren.

Antal målinger pr. præparat og muskelprøve.

Selv om mange forskere har beskæftiget sig med måling af muskelfibrenes diameter, er det kun få, der har undersøgt, hvorledes fejlvariansen reagerer, når der måles et varierende antal fibre pr. muskelprøve, eventuelt flere steder inden for samme muskelprøve. Det oftest anvendte antal målinger pr. muskelprøve har været 50 og 100 uden anførelse af nogen egentlig begrundelse.

Meara (1947) fandt ved statistisk behandling af sit materiale, at 100 målinger pr. muskelprøve gav et tilstrækkelig sikkert grundlag for beregning af den gennemsnitlige fiberdiameter.

Joubert (1956a) gennemførte en undersøgelse, hvor muskelfibre blev målt i grupper på 20 fibre, efterhånden som de kom ind i mikroskopets synsfelt. Der blev målt 5 grupper eller i alt 100 fibre pr. prøve. Forfatteren fandt ikke nogen statistisk sikker forskel på fiberdiameteren i de 5 grupper og anvendte 50 målinger pr. prøve i de fortsatte undersøgelser.

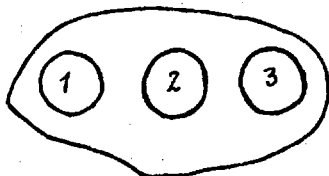
Ved måling af fiberdiameteren på isolerede fiberstykker fandt Staun (1960) ikke nogen statistisk sikker forskel på 60 og 100 målinger pr. prøve, hvorfor 60 målinger pr. muskelprøve blev anvendt som udtryk for den gennemsnitlige muskelfiberdiameter.

Everitt og Carter (1961) målte hos tyre 75 fibre pr. muskelprøve. På grundlag af variansen mellem tyre og inden for tyre beregnede forfatterne gentagelseskoefficienten og variationskoefficienten (s/x) og fandt rent teoretisk, at såfremt der måles et stigende antal serier à 75 fibre pr. prøve, falder variansen af tyregennemsnittet betydeligt, samtidig med at gentagelseskoefficienten stiger, og variationskoefficienten bliver mindre. Disse beregninger er teoretisk set korrekte, men det må huskes, at variansen af et gennemsnit vil antage en central værdi, der naturligvis vil blive sikrere bestemt, jo større antal observationer der ligger til grund for denne, men ved dens størrelse kan der ikke rokkes. Det er derfor farligt, teoretisk at slutte sig til, hvor stor gentagelseskoefficienten og variationskoefficienten vil blive, såfremt observationernes antal forøges.

Livingston et al. (1966) målte fiberdiameteren 7 forskellige steder i et tværsnit af *m. longissimus dorsi* hos 10 grise. Forfatterne fandt, at variansen inden for grise kun blev reduceret meget lidt (9,6 pct.) ved at forøge antallet af målte fibre fra 50 til 200, hvorimod variansen blev væsentligt reduceret (85,5 pct.) ved at måle 50 fibre 7 forskellige steder i muskeltværsnittet i stedet for et enkelt sted.

Egne undersøgelser.

For at undersøge, hvor mange tællinger og målinger der skulle udføres pr. muskel for at få et så sikkert udtryk som muligt for antal fibre pr. mm² og fiberdiametere, blev der gennemført en undersøgelse, hvor antal fibre pr. mm² blev talt indtil 5 gange, ligesom den gennemsnitlige fiberdiameter blev beregnet på grundlag af 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125 og 150 uafhængige målinger pr. prøve. Inden for musklen blev der udtaget tre prøver som vist på fig. 11.



Figur 11. Prøveudtagningsstederne inden for tværsnittet af *m. longissimus dorsi*.
1 dorsal, 2 medial, 3 lateral.

Figure 11. Cross section of *m. longissimus dorsi* showing the locations where the muscle samples were taken.
1 dorsal, 2 medial, 3 lateral.

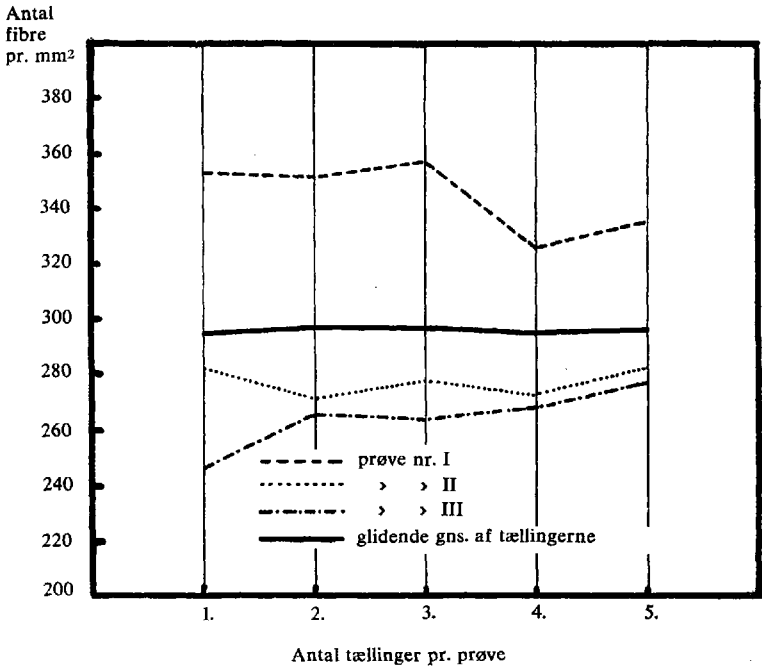
Der blev fremstillet tværsnitspræparater, og antal fibre pr. mm² blev bestemt 5 gange i hver prøve, som vist i tabel 4.

Tabel 4. Gennemsnitligt antal fibre pr. mm² i hele muskeltværsnittet bestemt på grundlag af 3–15 tællinger pr. muskel.

Table 4. The average number of fibres per mm² in the cross section of the muscle, based on 3–15 counts.

Tælling nr.	Prøve I	Prøve II	Prøve III	Sum	Glidende gns.
1	246	283	354	883	294 (3)
2	266	272	352	1773	296 (6)
3	264	278	358	2673	297 (9)
4	268	273	326	3540	295 (12)
5	277	283	336	4436	296 (15)

Det fremgår af tabel 4, at antal fibre pr. mm² varierer ret betydeligt fra sted til sted inden for musklen, men at det glidende gennemsnit næsten er konstant, enten der tælles 1 eller 5 gange inden for samme sted. Dette er også vist i figur 12, side 40. Det blev derfor besluttet at tælle antal fibre pr. mm² 2 gange inden for samme sted, således at det gennemsnitlige antal fibre pr. mm² for hele muskeltværsnittet bestemmes på grundlag af 6 tællinger.



Figur 12. Effekten af antal tællinger pr. prøve og muskel.

Figure 12. The effect of different number of counts per locality and muscle.

Den gennemsnitlige muskelfiberdiameter blev, på de samme tre steder i musklen, beregnet på grundlag af forskellige antal målinger. Målingerne blev gennemført således, at der ved påbegyndelse af hver ny måleserie blev målt fra 1 op til det antal fibre, som serien omfattede. De fibre, der blev målt i serien på 30 fibre pr. prøve, indgik derfor ikke nødvendigvis i den efterfølgende serie på 40 fibre pr. prøve. Resultatet af undersøgelsen er vist i tabel 5, side 41.

Tabel 5 viser, at spredningen på den gennemsnitlige fiberdiameter først er nogenlunde konstant, når der måles 50 fibre og derover. Endvidere reduceres middelfejlen på middeltallet først væsentligt, når der måles mere end 50 fibre.

I kolonnen yderst til højre i tabel 5 er anført det totale gennemsnit for hele musklen. Der blev her kun fundet en statistisk sikker forskel på 180 og 120 målinger samt 180 og 300 målinger pr. muskel.

Ud fra disse resultater blev det betragtet som forsvarligt at anvende 50 målinger pr. prøve, eller i alt 150 målinger pr. muskel, til beregning af den gennemsnitlige muskelfiberdiameter for den pågældende muskel.

Tabel 5. Den gennemsnitlige muskelfiberdiameter ved varierende antal målinger. pr. prøve (m = middelfejlen på gennemsnittet, s = standardafvigelsen) (μ).

Table 5. The average muscle fibre diameter by different number of measurements per sample (m = standard error, s = standard deviation) (μ).

Antal målinger pr. prøve	Prøve I		Prøve II		Prøve III		Totalt antal målinger pr. muskel	Gennemsnit for hele musklen	
	$\bar{x} \pm m$ s	$\bar{x} \pm m$ s	$\bar{x} \pm m$ s	$\bar{x} \pm m$ s	$\bar{x} \pm m$ s	$\bar{x} \pm m$ s			
20	57,5 ± 2,67 11,93	54,8 ± 2,88 12,87	46,1 ± 2,52 11,28	60	52,7 ± 1,53 11,84				
30	58,5 ± 2,50 13,43	55,1 ± 3,02 16,55	50,1 ± 2,45 13,40	90	54,5 ± 1,52 14,38				
40	53,4 ± 2,85 17,80	53,1 ± 2,74 17,33	47,2 ± 2,62 16,54	120	51,2 ± 1,56 17,09				
50	58,1 ± 2,23 15,56	55,6 ± 2,51 17,78	47,0 ± 1,79 12,68	150	53,6 ± 1,25 15,28				
60	61,4 ± 2,02 15,52	54,5 ± 2,10 16,27	49,4 ± 1,58 12,23	180	55,1 ± 1,10 14,69				
75	59,4 ± 1,80 15,61	51,8 ± 1,82 15,73	47,2 ± 1,58 13,70	225	52,8 ± 1,00 14,98				
100	57,9 ± 1,48 14,78	52,0 ± 1,78 17,77	45,7 ± 1,19 11,89	300	51,8 ± 0,86 14,95				
125	59,0 ± 1,55 17,29	54,5 ± 1,55 17,40	49,0 ± 1,33 14,85	375	54,2 ± 0,85 16,51				
150	56,6 ± 1,42 17,37	54,8 ± 1,49 18,22	47,3 ± 1,18 14,49	450	52,9 ± 0,79 16,73				

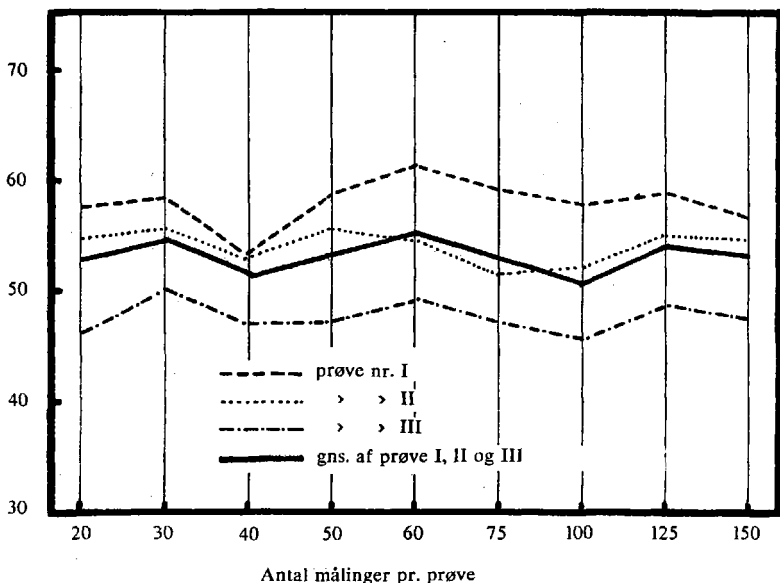
Resultaterne fra tabel 5 er vist grafisk i figur 13, side 42.

Da det ville være interessant at se, hvorledes fiberdiameterne fordeler sig omkring gennemsnittet, blev der i ovennævnte undersøgelse foretaget en beregning af fiberdiameterenes fordeling i det tilfælde, hvor der blev målt i alt 150 fibre pr. muskel. Fordelingen er vist i figur 14, side 43.

En statistisk behandling af fordelingen viste, at hverken $g_1 = 0,196$ eller $g_2 = 0,046$ afveg signifikant fra nul, hvilket vil sige, at det er overvejende

sandsynligt, at fiberdiametere er normalt fordelt. Den positive værdi af g_1 betyder, at der er et lille overskud af værdier omkring middelværdien. Lignende undersøgelser på andre muskelprøver har vist, at de målte fiberdiametre i næsten alle muskelprøver var fordelt på samme måde. I *m. biceps brahii* hos mus fandt Goldspink (1962), at der med stigende legemsvægt hos musene skete en ændring i fordelingen af muskelfiberdiametrene, således at der hos den udvoksede mus var to tydelige maxima på fordelingskurven. En sådan fordeling af muskelfibre har ifølge disse undersøgelser ikke kunnet påvises i *m. longissimus dorsi* hos svin, der slagtes ved 90 kg levendevægt.

Fiberdiameter
i μ

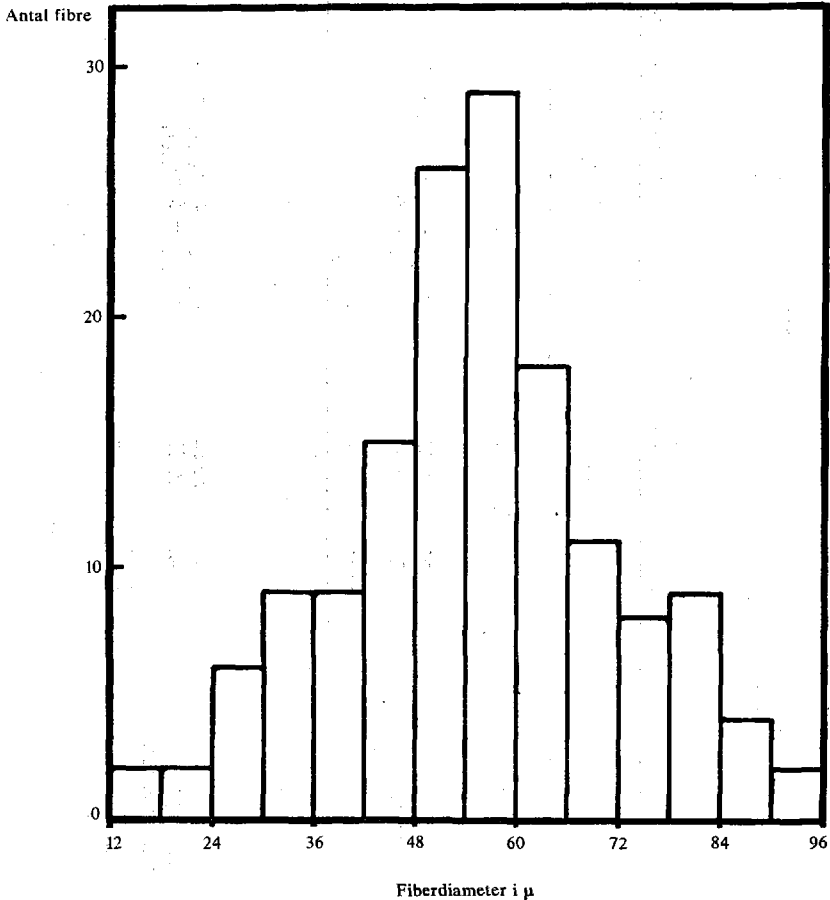


Figur 13. Effekten af forskelligt antal målinger pr. prøve og muskel.

Figure 13. The effect of different number of observations per sample and muscle.

For at få et indtryk af, hvorledes fejlvariansen inden for samme gris påvirkes, når der måles 50 fibre henholdsvis 1, 2 og 3 steder i muskelen, blev der foretaget en undersøgelse på muskelprøver fra i alt 210 grise, blev tilfældigt udtaget i 10 serier à 21 grise. Der blev udført variansanalyser, som det fremgår af tabel 6, side 44, idet analysen blev gennemført for 1.

sted, 1. + 2. sted og 1. + 2. + 3. sted. I den sidste analyse indgår således samtlige 150 målinger pr. muskel.



Figur 14. Fordelingen af fiberdiametrene, når der måles 150 fibre pr. muskel.
Figure 14. The distribution of muscle fibre diameters with 150 fibres measured per muscle.

Det fremgår af tabel 6, at variansen er faldende med stigende antal målinger pr. muskelprøve, hvilket skyldes, at den underbygges med flere og flere frihedsgrader. Der er derfor ingen tvivl om, at det mest centrale skøn

Tabel 6. Variansanalyse over betydningen af 1, 2 og 3 målesteder i muskelprøven (gennemsnit af 10 serier à 21 grise).

Table 6. Analysis of variance on the importance of measurements taken at three sites in the muscle (Average of 10 series with 21 pigs each).

Variationsårsag	Frihedsgrader	Middelkvadrater	Forventede middeltkvadrater
<i>Sted 1:</i>			
Mellem 21 grise målt 1 sted	20	30,37	$\sigma^2_{\text{fibre}} + 50\kappa^2_{\text{sted}}$
Mellem 50 fibre inden for samme sted . . .	1029	6,56	σ^2_{fibre}
Total	1049	7,01	
	$\sigma^2_{\text{fibre}} = 6,56;$	$\kappa^2_{\text{sted}} = 0,48;$	
<i>Sted 1 + 2:</i>			
Mellem 21 grise målt 2 steder	20	37,90	$\sigma^2_{\text{fibre}} + 50\kappa^2_{\text{steder}} + 2 \times 50 \sigma^2_{\text{grise}}$
Mellem 2 steder inden for samme gris . . .	21	15,88	$\sigma^2_{\text{fibre}} + 50\kappa^2_{\text{steder}}$
Mellem 50 fibre inden for samme sted inden for samme gris	2058	6,38	σ^2_{fibre}
Total	2099	6,78	
	$\sigma^2_{\text{fibre}} = 6,38;$	$\kappa^2_{\text{steder}} = 0,19;$	$\sigma^2_{\text{grise}} = 0,22;$
<i>Sted 1 + 2 + 3:</i>			
Mellem 21 grise målt 3 steder	20	50,32	$\sigma^2_{\text{fibre}} + 50\kappa^2_{\text{steder}} + 3 \times 50 \sigma^2_{\text{grise}}$
Mellem 3 steder inden for samme gris . . .	42	16,81	$\sigma^2_{\text{fibre}} + 50\kappa^2_{\text{steder}}$
Mellem 50 fibre inden for samme sted inden for samme gris	3087	6,22	σ^2_{fibre}
Total	3149	6,64	
	$\sigma^2_{\text{fibre}} = 6,22;$	$\kappa^2_{\text{steder}} = 0,21;$	$\sigma^2_{\text{grise}} = 0,22;$

for fejlvariansen opnås, når der måles 3 steder i den samme muskelprøve. I forhold til varianskomponenten for fibre er varianskomponenterne for steder og grise små. Der vil derfor ikke kunne forventes noget større fald i fejlvariansen ved at forøge antallet af målesteder yderligere.

I henhold til de her anførte undersøgelser blev det besluttet, at de fortsatte muskelfibermålinger for hver gris skulle bygge på en måling af 50 fibre i hver af de tre i figur 11, side 39, anførte afsnit af musklen.

Den gennemsnitlige muskelfiberdiameter i *m. longissimus dorsi* bygger således på 150 enkeltmålinger pr. gris, medens antal fibre pr. mm² bygger på i alt 6 tællinger pr. gris.

Muskelfibrenes diameter forskellige steder i tværsnittet og længderetningen af *m. longissimus dorsi*.

En undersøgelse af variationen i fiberdiameteren inden for en muskel har ikke blot teoretisk interesse, men er også af stor betydning for en vurdering af, hvilken indflydelse prøveudtagningsstedet har for målingernes resultat.

Hos ungtyre og ældre køer bestemte Tuma et al. (1962) fiberdiameteren på tre forskellige steder i tværsnittet af *m. longissimus dorsi*. Forfatterne fandt en statistisk sikker forskel på fiberdiameteren i den dorsale, mediale og laterale del af musklens tværsnit. Den gennemsnitlige fibertykkelse for 33 dyr målt de tre anførte steder var henholdsvis 68,1, 65,1 og 62,2 μ .

Staun (1964) gennemførte en lignende undersøgelse hos svin af Dansk Landrace. Muskelprøverne blev udtaget ud for det bageste ribben og fiberdiameteren bestemt på 6 forskellige steder i musklens tværsnit, 2 steder dorsalt, 2 steder medalt og 2 steder lateralt. Der blev fundet en statistisk sikker forskel mellem fiberdiameteren i det dorsale (54,1 μ) og i det laterale (51,4 μ) afsnit af musklen. I *m. semitendinosus* fra de samme dyr blev der ikke konstateret nogen signifikant forskel mellem fiberdiameteren på 5 forskellige steder i musklens tværsnit.

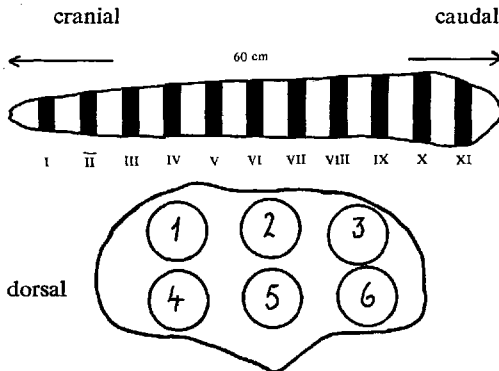
Swanson et al. (1965) målte fiberdiameteren og antal fibre pr. 0,04 mm² i *m. longissimus dorsi* hos kalve, dels 5 steder i musklens længderetning, dels 5 steder inden for muskeltværsnittet. Forfatterne fandt den mindste fiberdiameter og det største antal fibre pr. 0,04 mm² ud for den 12. brystvirvel. Herfra blev fiberdiameteren større, både mod den forreste og den

bageste del af musklen. Inden for muskeltværsnittet blev de tyndeste fibre fundet i det laterale afsnit. Foruden den statistisk sikre forskel på fiberdiameteren i musklens længderetning og på fiberdiameteren inden for muskeltværsnittet, fandt forfatterne også en ikke ringe vekselvirkning mellem nævnte egenskaber og dyr, der indgik i forsøget.

Livingston et al. (1966) undersøgte variationen i muskelfibrenes diameter i et tværsnit af *m. longissimus dorsi* hos svin. Der blev fra 10 grise anvendt 10 muskelprøver udtaget lige over det bageste ribben. Fiberdiameteren blev bestemt på 7 forskellige steder. Der blev fundet en statistisk sikker forskel mellem grise, mellem steder inden for musklen og en signifikant vekselvirkning mellem grise og steder.

Egne undersøgelser.

For at undersøge variationen i muskelfibrenes diameter, antal fibre pr. mm² og det totale antal fibre i hele musklens tværsnit forskellige steder i *m. longissimus dorsi*, blev der fra to tilfældigt udvalgte baconsider af sogrise udtaget to muskler i deres fulde udstrækning. Fra hver af de to muskler blev der udskåret 11 muskelprøver som vist på figur 15 (I–XI). Begge muskler var 60 cm lange, og muskelprøverne, der var 2 cm tykke, blev skåret ud med et mellemrum på 3 cm.



Figur 15. Skematiske tegninger der viser prøveudtagningsstederne i musklens længderetning og målestederne i musklens tværsnit.

Figure 15. Diagrams showing the locations (I–XI) where the muscle samples were taken, and the sites (1–6) within each sample where the fibre measurements were carried out.

Tabel 7. Muskelfiberdiameterens variation inden for m.longissimus dorsi hos to grise (μ).

Table 7. The variation in muscle fibre diameter within the m. longissimus dorsi of two pigs (μ).

Lokali- teter	Muskel A: steder			$\bar{x} \pm s$	Muskel B: steder			$\bar{x} \pm s$
	1 4	2 5	3 6		1 4	2 5	3 6	
I	57,2 49,9	48,2 54,5	48,1 54,4	52,0 \pm 0,65	49,6 59,7	46,9 53,2	46,9 75,0	54,7 \pm 0,82
II	44,5 47,9	50,4 47,0	50,6 48,0	48,1 \pm 0,56	55,0 57,2	52,9 50,6	52,2 41,8	50,6 \pm 0,74
III	55,1 50,6	54,8 46,8	44,2 50,0	50,3 \pm 0,61	56,5 46,5	50,0 46,3	49,7 53,8	50,5 \pm 0,68
IV	52,7 50,2	53,2 49,7	50,6 47,2	50,6 \pm 0,59	53,2 51,6	51,0 57,6	48,7 49,9	52,0 \pm 0,66
V	59,4 51,4	50,6 48,7	53,9 52,6	51,1 \pm 0,63	55,6 55,9	48,5 49,4	51,4 54,1	52,5 \pm 0,67
VI	48,1 51,0	46,7 51,2	49,7 57,3	50,6 \pm 0,53	54,3 65,6	49,2 56,3	51,1 61,3	56,3 \pm 0,84
VII	53,3 48,8	55,0 55,6	47,9 51,4	52,0 \pm 0,55	64,6 55,1	58,3 58,3	56,0 66,0	59,7 \pm 0,71
VIII	47,9 56,3	55,9 53,2	48,1 52,6	51,4 \pm 0,65	66,1 57,6	55,4 54,8	64,2 63,2	60,2 \pm 0,79
IX	47,5 49,3	52,3 49,0	52,5 57,5	51,4 \pm 0,68	62,5 60,2	63,0 55,6	58,4 63,7	60,6 \pm 0,85
X	50,3 57,8	49,6 54,3	57,4 53,9	53,9 \pm 0,67	59,5 53,2	53,6 51,5	57,3 64,7	56,6 \pm 0,76
XI	53,7 60,6	55,0 50,9	63,7 65,1	58,1 \pm 0,74	54,9 53,5	62,0 73,0	60,1 72,8	62,7 \pm 0,93
Gns.	51,8 52,1	52,0 51,0	50,6 53,6	51,8	56,9 56,0	53,7 55,1	54,2 60,3	56,0

Efter endt fiksering blev muskelfibrenes diameter og antal pr. mm² bestemt i 6 forskellige afsnit af tværsnittet som vist på figur 15 (1-6).

For muskelfiberdiameterens vedkommende er resultaterne vist i tabel 7. Det fremgår heraf, at der for begge musklers vedkommende fra lokalitet nr.

II til lokalitet nr. XI sker en stigning i fiberdiameteren. Fiberdiameteren i lokalitet nr. I ligger for begge musklers vedkommende højere end i lokalitet nr. II.

Fiberdiameteren på de forskellige steder inden for de enkelte lokaliteter viser derimod et meget varierende billede. En variansanalyse omfattende alle målinger viste for hver muskel følgende:

Muskel A:

Variationsårsag:	Frihedsgrader	Middelkvadrat	P
Mellem steder	5	172,6	<0,001
» lokaliteter	10	54,1	<0,001
Steder × lokaliteter	50	5,6	<0,001
Inden for samme sted samme			
lokalitet	3234	2,9	
Total	3299	3,3	

Muskel B:

Mellem steder	5	87,8	<0,001
» lokaliteter	10	156,9	<0,001
Steder × lokaliteter	50	39,8	<0,001
Inden for samme sted samme			
lokalitet	3234	4,3	
Total	3299	5,5	

Det fremgår heraf, at der er fundet en signifikant forskel på fiberdiameteren på de forskellige steder i tværsnittet, samt på de forskellige lokaliteter i musklens længderetning. Den statistisk sikre vekselvirkning mellem steder og lokaliteter er udtryk for, at rækkefølgen af fibrenes størrelse fra sted 1 til sted 6 ikke er den samme på de enkelte lokaliteter.

Ved udtagning af muskelprøver til muskelfibermålinger er det derfor vigtigt, at prøveudtagningsstedet er fikseret fra dyr til dyr, ikke blot i musklens længderetning, men også inden for musklens tværsnit.

Sammenligning af forskellige målemetoder til bestemmelse af muskelfibrenes størrelse.

De to muskler, der blev anvendt i den foran omtalte undersøgelse over muskelfiberdiameterens variation inden for en muskel, blev samtidig anvendt til en sammenligning af forskellige målemetoder.

For hvert målested blev der fremstillet et tværsnitspræparat og et udrivningspræparat. På tværsnitspræparatet blev fiberstørrelsen bestemt på følgende 4 måder.

1. Ved at måle den største diameter af 50 tilfældigt udvalgte fibre.
2. Ved at måle den mindste diameter af 50 tilfældigt udvalgte fibre.
3. Ved at måle såvel den største som den mindste diameter hos hver af 50 tilfældigt udvalgte fibre.
4. Ved at tælle antal fibre pr. mm² to forskellige steder i præparatet.

I udrivningspræparatet blev fiberdiameteren bestemt som gennemsnit af diameteren af 50 tilfældige fiberstykker.

Som det fremgår af tabel 8, side 50, ligger fiberdiameteren på forskelligt niveau ved de forskellige målemetoder.

Når fiberdiameteren bestemt ved udrivning er større end den største diameter bestemt på tværsnitspræparatet, kan det skyldes det forhold, at der ved måling af fibre i udrivningspræparatet ikke bliver målt så mange små fibre, som det er tilfældet i tværsnitspræparatet, hvor alle fibre inden for cirklen på mikroskopets matskive måles. Dette bevirker, at gennemsnittet forrykkes opad. Når den største diameter bestemt på tværsnittet ikke i noget tilfælde er større end diameteren bestemt på udrivningspræparatet, er det bevis for, at der er snittet vinkelret på fibrenes længderetning, idet et ikke vinkelret snit vil medføre, at muskelfibrenes tværnsnit bliver mere ovalt og den største diameter som følge deraf større.

Det fremgår endvidere af tabel 8, at der er et nøje forhold mellem de enkelte værdier for fiberdiameteren, uanset hvilken målemetode der er anvendt.

På grundlag af måleresultaterne fra samtlige 66 målesteder pr. muskel blev der udført korrelationsberegninger mellem de forskellige målemetoder for at se, hvor stor overensstemmelse der var mellem disse. Korrelationskoefficienterne, der alle er statistisk sikre ($P < 0,001$), er vist for hver muskel for sig i tabel 9, side 51.

Tabel 8. Muskelfibrenes størrelse bestemt ved forskellige målemetoder.

Table 8. The size of muscle fibres measured by different methods.

Muskel A:

Lokaliteter	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Største diameter, μ	59,0	53,8	56,3	56,4	56,9	56,5	58,5	58,7	58,0	59,6	65,3
Mindste diameter, μ	45,2	42,4	42,7	44,6	45,6	44,7	45,4	45,7	44,9	48,2	51,6
(Største + mindste diameter)/ 2, μ	52,0	48,1	50,3	50,6	51,1	50,6	52,0	52,3	51,4	53,9	58,1
Antal fibre pr. mm ²	275	312	283	266	272	266	268	246	265	238	214
Fiberdiameter udrykning, μ	61,4	62,2	62,4	61,8	63,7	64,7	65,0	67,9	64,7	71,3	76,9

Muskel B:

Lokaliteter	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Største diameter, μ	61,7	57,5	55,9	58,3	58,9	63,2	67,6	68,2	69,9	64,8	69,4
Mindste diameter, μ	48,2	43,7	45,1	45,9	46,1	49,4	52,0	52,6	51,6	48,4	55,7
(Største + mindste diameter)/ 2, μ	54,7	50,6	50,5	52,0	52,5	56,3	59,7	60,2	60,6	56,6	62,7
Antal fibre pr. mm ²	266	283	271	257	233	205	217	200	188	185	208
Fiberdiameter udrykning, μ	60,3	62,4	63,0	60,7	64,8	69,7	69,8	72,9	75,2	81,2	70,5

**Tabel 9. Korrelationerne mellem de forskellige målemetoder.
For muskel A over og muskel B under diagonalen.**

*Table 9. The correlations between the different methods of measuring.
Muscle A above and muscle B below the diagonal.*

	Største diameter	Mindste diameter	(Største + mindste diameter)/2	Fiberdiameter, udrivning	Antal fibre pr. mm ²
Største diameter		+0,81	+0,95	+0,68	÷0,70
Mindste »	+0,89		+0,93	+0,69	÷0,79
(Største + mindste diameter)/2 ..	+0,98	+0,96		+0,72	÷0,77
Fiberdiameter, udrivning	+0,76	+0,49	+0,55		÷0,69
Antal fibre pr. mm ²	÷0,97	÷0,91	÷0,72	÷0,73	

De i tabel 9 anførte korrelationskoefficienter viser, at der er den bedste sammenhæng mellem de målemetoder, der har tværsnitspræparatet som grundlag, hvorimod overensstemmelsen mellem fiberdiameteren bestemt på udrivningspræparatet og de øvrige metoder er knap så god.

De fundne korrelationskoefficienter fortæller dog ikke noget om, hvilken målemetode, der giver det bedste skøn for den gennemsnitlige fiberdiameter.

Den negative korrelation mellem antal fibre pr. mm² og de øvrige målemetoder skyldes det forhold, at antal fibre pr. mm² er omvendt proportionalt med fibertykkelsen, forudsat at musklens indhold af fedt og bindevæv er konstant.

Som tidligere nævnt er der i de fortsatte muskelfibermålinger anvendt to metoder, dels (største + mindste diameter)/2 som udtryk for muskelfibertykkelsen, da denne metode giver den laveste variationskoefficient, dels antal fibre pr. mm², da dette tal er nødvendigt for en beregning af det totale antal fibre i musklens tværsnit.

Muskelfibrenes forløb i *m. longissimus dorsi*.

I en simpelt bygget muskel løber fibrene parallelt med musklens længderetning fra udspringssene til tilhæftningssene. Sådanne muskler findes kun enkelte steder i kroppen. Som eksempel kan nævnes *m. psoas major* og *m. semitendinosus*. Den lange rygmuskel (*m. longissimus dorsi*) er kroppens største og længste muskel. Den udspringer fra en del af korsbenets øverste flade og fra hoftebenets forreste rand og strækker sig som et tykt fladtrykt muskellegeme fremad langs lænden og fortsætter henad brystet, aftager her noget i bredde og tykkelse og når helt frem til tværvæksterne af de to bageste halshvirvler. Under sit forløb udsender musklen en indre og ydre række af muskelfiberbundter (Bendz, 1853). Den indre række forløber skråt fremad og udad og hæfter sig på de forreste biudvækster af alle lænde- og brysthvirvler og for brysthvirvlernes vedkommende tillige på disses tværvækster. Den ydre række af fiberbundter går ligeledes skråt fortil og hæfter sig på spidserne af lændehvirvlernes tværvækster og på den bageste rand af alle ribben ud til ribbenshjørnet. Fiberbundterne tiltager i længde fortil.

M. longissimus dorsi er den største og kraftigste af ryggens strækemuskler. Musklen er desuden med til at fiksere hvirvelsøjlen og medvirker ved strækning af halsen.

Den ovenfor omtalte struktur af *m. longissimus dorsi* medfører, at det fysiologiske tværsnit af musklen bliver større end det anatomiske tværsnit.

Fiberarrangementet i *m. longissimus dorsi* er ikke nøjere undersøgt hos svin. Hos kvæg gennemførte Eisenhut et al. (1966) en undersøgelse over fibrenes forløb i *m. longissimus dorsi*. I forsøget indgik der 12 dyr, der vejede 400–450 kg. Efter slagtning blev alle højre-siderne ophængt vertikalt i skanken på normal måde, medens venstre-siderne blev anbragt horisontalt under nedkølingen. Forfatterne fandt, at fibervinklen med tværtappene steg betydeligt fra den forreste del hen mod den bageste del af musklen. Omvendt blev fibervinklen med torntappene mindre hen mod den bageste del af musklen. I sammenligning med horisontal anbringelse forårsagede den vertikale ophængning, at fibervinklen både mod torntappe og tværtappe blev større.

På det samme materiale undersøgte Herring et al. (1966) betydningen af slagtekroppens placering, sarkomerlængden og fiberdiameteren for mørhedsgraden hos en række muskler. Hos de vertikalt ophængte sider blev der fundet en variation i den gennemsnitlige fiberdiameter mellem de enkelte muskler fra 34,5 μ til 64,5 μ , eller en forskel på 30 μ . Hos de horisontalt placerede var denne forskel kun 7,1 μ . Ved ophængningen formindskedes fiberdiameteren i musklerne *psoas major*, *rectus femoris* og *latissimus dorsi*, medens fiberdiameteren blev forøget i musklerne *semitendinosus*, *biceps*

femoris, semimembranosus og triceps brachii. Der skete ikke nogen ændring i fiberdiameteren hos musklerne serratus ventralis, longissimus dorsi, adductor, gluteus medius og infraspinatus ved vertikal ophængning sammenlignet med horisontal placering. Med stigende sarkomerlængde som følge af slagtekroppens strækning blev der fundet et fald i fiberdiameteren, men samtidig også en større mørhedsgrad.

De her nævnte undersøgelser hos kvæg tyder således ikke på, at en strækning af slagtekroppen under nedkølingen påvirker fibertykkelse i m. longissimus dorsi. Hvorvidt en lignende undersøgelse hos svin ville give samme resultat, kan ikke afgøres med sikkerhed. Samtlige grise i de af forfatteren gennemførte undersøgelser over muskelfibrenes diameter og antal pr. mm² har imidlertid gennemgået en fuldstændig ens slagte- og nedkølingsproces samt i lighed med andre slagtede bacongrise været ophængt vertikalt i baglemmerne, hvorfor resultaterne også skulle være fuldt ud sammenlignelige.

Teknik ved prøveudtagningen og muskelfibermålingerne.

Muskelprøverne blev udtaget ca. 24 timer efter slagting af grise fra De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre, slagtet på Roskilde Andels Svineslagteri. Prøven blev taget ud for det bageste ribben på det forreste af de to stykker der fremkommer, når baconsiden skæres over til bedømmelse af karbonadens kødfylde. Da der til den normale slagte kvalitetsbedømmelse skiftevis benyttes en højre og en venstre side, har udtagningen af muskelprøver også fulgt dette system.

Prøven af m. longissimus dorsi blev skåret ud med en tykkelse af ca. 2 cm og befriet for det omkringliggende fedtvæv og bimuskler (multifidus dorsi). Samtidig med, at grisens nummer og slagteriets løbenummer blev noteret, blev der på muskelprøven fastgjort en lille metalring med fortløbende nummer, så muskelprøven senere kunne identificeres. Metalringen i prøverne blev altid anbragt foroven i prøven og i den ende, der var nærmest torntappene, hvilket sikrede, at prøverne altid senere kunne orienteres i forhold til ryglinien.

Straks efter udtagningen blev prøverne transporteret til afdelingen for forsøg med svin og heste, hvor de blev fikseret i en 10 pct. formalin-saltopløsning.

Efter en fikseringstid på 14 dage blev prøverne forsynet med frisk fikseringsvæske og blev opbevaret heri, indtil målingerne skulle foretages.

Efter en fikseringstid på mindst 1 måned blev muskelfibermålingerne gennemført.

Inden målingerne blev påbegyndt, blev hver enkelt prøve orienteret i forhold til ryglinien, så målestederne 1, 2 og 3 altid var fikserede, som vist på figur 11, side 39.

Måleresultatet fra en tilfældig muskelprøve kan eksempelvis opstilles således:

	Sted 1		Sted 2		Sted 3		Gns. for hele musklen
Antal fibre pr. mm ²	190	206	212	218	239	241	
Gns.	198		215		240		218
Muskel-fiber-diameter, $\mu/6$.	10,5	9,0	13,5	11,0	9,0	9,0	
	11,0	12,0	7,5	10,0	8,0	6,0	
	10,0	8,0	10,5	4,0	8,5	11,5	
	10,5	11,0	6,0	7,0	10,0	10,0	
	7,0	10,0	7,5	10,0	9,0	9,5	
	9,0	11,0	8,0	9,5	7,0	8,5	
	14,5	10,5	9,5	7,0	7,5	13,5	
	7,5	6,5	9,5	11,0	7,5	9,0	
	8,5	9,5	9,0	7,0	5,5	8,5	
	11,5	6,0	12,0	11,5	6,0	8,0	
	13,0	14,0	12,0	6,5	9,0	8,5	
	9,0	5,0	9,0	9,5	11,0	10,5	
	11,0	14,0	13,0	12,5	11,5	8,5	
	12,5	15,0	10,0	8,0	11,0	12,5	
	9,5	13,0	12,5	10,0	11,5	6,0	
	11,5	16,0	6,5	15,0	8,0	10,5	
	8,5	9,5	11,0	12,5	10,0	12,5	
	12,0	14,0	11,5	6,0	11,0	12,0	
	14,0	11,5	13,5	9,0	10,0	8,0	
	15,0	10,0	11,5	9,5	11,0	10,0	
	9,5	12,5	5,0	8,0	7,5	10,0	
	4,0	10,0	9,5	10,0	10,0	7,0	
	9,0	8,5	10,0	10,0	8,0	12,0	
	15,0	7,5	11,0	14,0	7,0	9,0	
	7,5	13,0	10,0	8,0	6,0	8,5	
Sum	528,0		485,5		459,5		1473,0
Gns.	10,56		9,71		9,19		9,82
$\pm s$	2,753		2,414		1,923		2,438

Omregnet til μ bliver den gennemsnitlige fiberdiameter for hele musklen: $9,82 \times 6 = 58,9 \pm 14,63 \mu$.

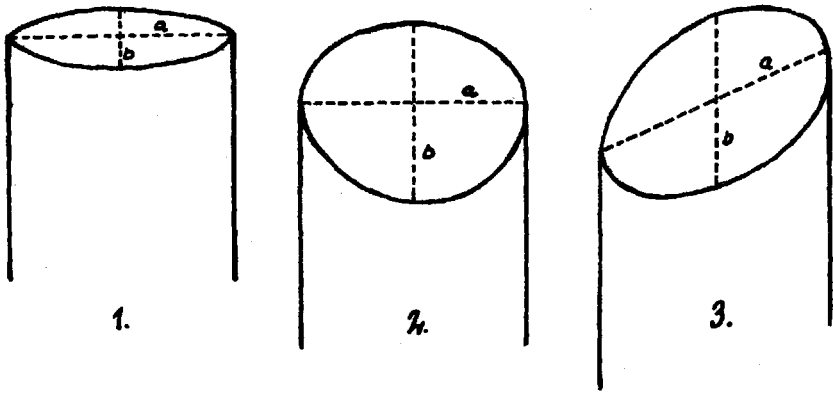
Ved et areal af m. longissimus dorsi på 29,5 cm² bliver det beregnede antal fibre i muskeltværsnittet: $2950 \times 218 = 643100$ stk.

Som nævnt foran bevirker fiberretningen i m. longissimus dorsi, at det fysiologiske tværsnit bliver større end det anatomiske tværsnit. Ved beregning af det totale antal fibre i musklens tværsnit multipliceres antal fibre pr.

mm² med arealet af det anatomiske tværsnit (karbonadearealet). Dette bevirker, at det antal fibre, der beregnes på denne måde, bliver for lille i forhold til det faktiske antal i det fysiologiske tværsnit. Forudsat at den vinkel, fiberretningen danner med henholdsvis torntappe og tværtappe, er konstant fra gris til gris, vil der også være et konstant forhold mellem det fysiologiske og det anatomiske tværsnitsareal. Beregningen af det samlede antal fibre i musklens tværsnit på grundlag af det anatomiske tværsnit er således forsvarlig, idet der blot er tale om en niveauforskydning i antallet af fibre.

I de undersøgelser, der blev gennemført hos kvæg af Eisenhut et al. (1966), var der kun en meget lille variation med hensyn til fibervinklernes størrelse, hvorfor det må formodes, at disse er meget nær konstante fra dyr til dyr.

Figur 16 viser skematisk, hvorledes det fysiologiske tværsnit opstår ved at dreje det anatomiske snit i to planer.



Figur. 16. Skematisk tegning der viser, hvorledes det fysiologiske tværsnit opstår ved drejning af det anatomiske tværsnit. 1) anatomisk tværsnit, 2) og 3) illustrerer hvorledes snittet ved to drejninger bringes vinkelret på fiberretningen.

Figure 16. Diagrams showing how the physiological cross section is formed by turning the anatomical cross section. 1) anatomical cross section, 2) and 3) illustrates how the section by two turnings is brought into right angles to the direction of the fibres.

Størrelsen af de to vinkler, som det anatomiske snit skal drejes for at få det fysiologiske tværsnit er, efter forfatterens skøn, ca. 20° i forhold til torntappene og ca. 25° i forhold til tværtappene.

Forudsat at musklen betragtes som ellipseformet, kan følgende beregninger foretages:

Areal af anatomisk tværsnit: $I = \pi \cdot a \cdot b$;

Ved drejning henholdsvis 20° og 25° bliver de nye akser:

$$c_1 = \frac{2b}{\cos 20^\circ} = \frac{2b}{0,9397} ; \frac{c_1}{2} = \frac{b}{0,9397} ;$$

$$c_2 = \frac{2a}{\cos 25^\circ} = \frac{2a}{0,9063} ; \frac{c_2}{2} = \frac{a}{0,9063} ;$$

$$\text{Areal af fysiologisk tværsnit: } II = \pi \cdot \frac{a}{0,9063} \cdot \frac{b}{0,9397} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{0,8517} ;$$

$$\frac{\text{Areal I}}{\text{Areal II}} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{\frac{\pi \cdot a \cdot b}{0,8517}} = 0,8517 ;$$

Forholdet mellem de to arealer vil således, under de anførte forudsætninger, altid være konstant. Selv om *m. longissimus dorsi* ikke er helt ellipseformet, vil den fejl, der indføres ved beregningen af det totale antal fibre i muskeltværsnittet, være af meget ringe betydning, hvorfor beregningsmetoden også er anvendelig for at få et udtryk for det samlede antal muskelfibre i musklens tværsnit.

Når *m. longissimus dorsi* er anvendt til muskelfiberundersøgelserne, skyldes det, at denne muskel ved sin størrelse og vægt bidrager meget væsentligt til det totale kødindhold i slagtekroppen og derfor er af stor betydning for grisenes slagte kvalitet. Denne muskel er således, økonomisk set, meget vigtig. Da samtlige forsøgssvin overskæres ved det bageste ribben, var der endvidere let adgang til at udtage muskelprøverne og på nøjagtig det samme sted for samtlige dyrs vedkommende. Desuden bliver arealet af *m. longissimus dorsi* på dette sted opmålt rutinemæssigt hos samtlige forsøgssvin fra de faste svineforsøgsstationer (Clausen et al., 1966), hvorfor de allerede opmålte arealer kunne benyttes til beregning af det totale antal fibre i muskeltværsnittet.

KAPITEL III

Årsager til variation i muskelfibrenes diameter og antal hos svin.**Tidligere undersøgelser.**

Som omtalt i kapitel I, afhænger muskelfibrenes diameter og antal af flere fysiologiske forhold som art, race, køn, vægt, alder, ernæringstilstand samt den enkelte muskel og dennes funktion i legemet. Muskelfibrenes diameter hos forskellige dyrearter er undersøgt og beskrevet af mange forskere (Warringholz, 1903; Malsburg, 1911; Franck, 1914; Paff, 1930; Janeba, 1932; Neseni og Müller, 1955; Joubert 1956a). Disse undersøgelser viser, at der ikke er nogen relation mellem dyrenes størrelse og diameteren af muskelfibrene. Inden for samme muskel hos udvoksede dyr vil man for vore husdyrs vedkommende finde, at svin, kaniner, kvæg, heste, får og høns danner en serie med faldende muskelfiberdiameter.

Undersøgelser over muskelfiberdiameteren hos forskellige svineracer og krydsninger mellem disse viser, at der ikke er nogen tvivl om, at der består en raceforskel, og at fiberdiameteren er genetisk betinget (Rubli, 1931; Mauch og Marinesco, 1934; Glebina, 1953; Neseni og Müller, 1955; Hofmann og Kürbs, 1956; Gurau og Derlogea, 1959; Staun, 1960 og 1963; Otto, 1961; Allen et al., 1966). De genetiske forhold vedrørende muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace bliver senere i dette kapitel mere indgående behandlet.

En forskel i fiberdiameteren hos sogrise og orner, der er slagtet ved samme levendevægt og alder, har ikke kunnet påvises (Staun 1960 og 1963), hvorimod der er tale om en kastrationseffekt, der alle andre forhold lige, bevirker at muskelfiberdiameteren hos kastrater bliver mindre end hos ikke kastrerede dyr (Holdas, 1960; Otto, 1961; Staun, 1960, 1963 og 1966). Tilskud af hormonpræparater med androgen virkning til galte påvirker fiberdiameteren i opadgående retning, men den kommer ikke helt på niveau med fiberdiameteren hos ukastrerede dyr (Winkler, 1932; Neseni og Müller, 1955; Staun, 1960).

Med stigende alder og vægt sker der en forøgelse af muskelfiberdiameteren (Ahrens, 1931, Heidenreich, 1931; Janeba, 1932; McMeekan, 1940-41; Neseni og Müller, 1955; Carpenter et al., 1963; Elson et al., 1963; Staun, 1963). De fleste forskere er dog af den opfattelse, at en forøgelse af fiberdiameteren hovedsagelig skyldes en forøgelse af dyrets vægt og ikke ubetinget skyldes stigende alder. Staun (1966) har hos orner af Dansk Landrace, der alle blev slagtet ved en levendevægt af 90 kg, men ved en alder af henholdsvis 164, 179, 198 og 219 dage, fundet, at fiberdiameteren i dette aldersinterval kun steg fra 58,7 til 62,0 μ . Dette er i overensstemmelse med

McMeekan (1940-41), der fandt, at forøgelsen i muskelfiberdiameteren væsentlig skyldes en forøgelse af muskeltvægten med stigende legemsvægt.

Fodringens indflydelse på muskelfibrenes udvikling hos svin er meget udførligt undersøgt af McMeekan (1940-41) og Staun (1960, 1963 og 1964). Indeholder det daglige foder for lidt protein, resulterer det i en mindre fiberdiameter og som følge deraf en mindre muskeltvægt. Samme forhold gør sig gældende, såfremt der fodres med et foder af lav biologisk værdi. Fodring efter ædelyst i forhold til fodring efter normen for moderat fodring bevirker ligeledes, at muskelfibre ikke udvikles fuldt ud. Gennem fodringen har det været muligt at påvirke antal muskelfibre pr. mm², der varierer omvendt proportionalt med fibertykkelsen, men det har ikke været muligt at påvirke det totale antal fibre i musklens tværsnit. Dette tyder på, at muskelfibrenes antal hos visse dyrearter ikke ændres efter fødslen, en opfattelse der deles af mange forskere.

Muskelfibrenes diameter varierer fra muskel til muskel inden for svinekroppen. Schilling (1966) har således fundet, at de overfladiske bøjje- og strækkemuskler har de tyndeste fibre. De tykkeste fibre findes i skinken og i rygmuskulaturen, de dele af kroppen der lægges stor vægt på i avlsarbejdet.

Muskelarbejde, under den form det udfoldes hos svin, synes ikke at have nogen indflydelse på muskelfibrenes tykkelse. Esskuchen og Nebelung (1929) og Otto (1962) fandt ikke nogen forskel i fiberdiameteren hos svin, hvad enten de var opfodret på stald eller havde haft adgang til løbegård. Hos svin, der har måttet stå på bagbenene for at indtage foderet i hævede fodertrug, har der heller ikke kunnet konstateres nogen forøgelse af fiberdiameteren eller arealet af m. longissimus dorsi (Skjervold et al., 1963; Staun, 1963).

Størrelsen af en muskel er en funktion af cellestørrelse og celleantal. Variationen i muskelstørrelsen afhænger af variationen i én eller begge disse variable samt forskelle i musklens indhold af fedt og bindevæv. Der er gennemført mange genetiske studier over variationen i muskelstørrelse og muskelmængde hos vore husdyr, og der findes mange skøn for den genetiske varians for disse egenskaber. Det er dog yderst få, og slet ingen da det foreliggende arbejde blev påbegyndt, der har beskæftiget sig med den genetiske varians af muskelfibertykkelse og antallet af muskelfibre, der er de primære faktorer for muskelstørrelsen. Dette spørgsmål har imidlertid ikke blot teoretisk, men også praktisk interesse, da det vil være af stor betydning at vide, om muskelfylden kan forbedres enten ved at selekttere dyr, der har arvelige anlæg for et stort antal fibre, eller dyr der har arvelige anlæg til at udvikle de bestående fibre i størst muligt omfang, eller eventuelt en kombination af begge dele.

Hammond og Appelton (1932) konkluderede på grundlag af deres omfattende undersøgelser over muskelfibrenes diameter hos får, at en forbedring af muskelfylden gennem avlen resulterer i en forøgelse af fiberantallet og ikke i nogen forøgelse i selve fibertykkelsen.

Dette er ikke helt i overensstemmelse med de resultater, der blev fundet af Mauch og Marinesco (1934) hos svin. Forfatterne fandt, at muskelfibrene hos det uforædlede Mangaliza svin var betydeligt tyndere end hos det forædlede Large White, og at krydsningen mellem det hjemlige rumænske svin og Large White havde fibre, der var intermediære i størrelse. Rubli (1931) fandt tyndere fibre hos en vildsvineørne end hos tamsvin. Hos krydsningsdyrene af Large White \times Berkshire konstaterede Glebina (1952), at fiberdiametere bestemt på flere alderstrin var større end hos nogen af forældreracerne. Neseni og Müller (1955) fandt hos forskellige krydsninger af svin, at bastardernes fiberdiameter i størrelse lå mellem de rene forældreracer. Andre forfattere, der har arbejdet med muskelfiberundersøgelser hos svin, antyder, at afstamningen har stor indflydelse på fiberdiameterens størrelse (Ahrens, 1931; Baethge, 1932; Staun, 1960; Otto, 1961).

Smith (1963) fandt, at fibertykkelsen hos høns var kontrolleret af additiv genvirkning. Hos kvæg fandt Gravert (1963) en heritabilitetskoefficient på 0,29 for fiberdiameterens vedkommende. Allen et al. (1966) fandt, at fiberdiameteren hos svin af Durocracen var mindre end hos svin af Yorkshireracen. Fiberdiameteren hos grisene af Durocracen var i høj grad betinget af arvelige anlæg ($h^2 = 1,00 \pm 0,76$). Den store usikkerhed på heritabilitetskoefficienten skyldes muligvis, at undersøgelsen kun omfattede 55 dyr.

De her anførte undersøgelser peger således i retning af, at fiberdiameteren eller cellestørrelsen er betinget af additiv genvirkning. Kun Glebinas (1952) krydsningsforsøg med Large White \times Berkshire, hvor der var tale om en heterosiseffekt, er i modstrid hermed.

Heritabiliteten af muskelfibrenes antal i en given muskel har ikke tidligere været genstand for en nøjere undersøgelse. Robertson (1959), der anvendte vingestørrelsen hos bananfluer (*Drosophila melanogaster*) som udtryk for legemsstørrelsen, fandt både fænotypiske og genetiske forskelle i cellestørrelse og celleantal inden for samme vingestørrelse. Smith (1963) konkluderede på grundlag af sine undersøgelser hos høns, at heritabiliteten af muskelfibrenes antal må formodes at være betydeligt højere end for fiberdiameteren, da antallet af fibre er fastlagt, inden kyllingen er udruget og således foregår på et tidspunkt, hvor den miljøbetingede indflydelse normalt er lille. Da forskellige miljøpåvirkninger i høj grad influerer på fiberdiameterens udvikling, vil heritabiliteten af denne egenskab ikke kunne forventes at være særlig høj.

Set på baggrund af disse resultater skulle det være muligt at opnå en større muskel på kortere tid ved at selektere for mange muskelfibre, end ved at selektere for en større fiberdiameter.

Materiale og metoder.

Muskelprøverne til den foreliggende undersøgelse over muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace er udtaget i tilknytning til De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre og har strakt sig over perioden fra 1. september 1963 til 31. maj 1965, eller i alt 7 kvartaler. Af hensyn til arbejdets tilrettelæggelse er der kun anvendt prøver fra svin, der har været afprøvet på svineforsøgsstationen »Sjælland« og slagtet på Roskilde Andels Svineslagteri.

I henhold til Robertson (1960) er 3 forsøgshold fra forskellige mødre (søer), men med samme far (orner), det mindstekrav, som må stilles til halvsøskendegruppernes størrelse for at få et tilstrækkeligt centralt skøn for halvsøskendekorrelationen og dermed heritabiliteten for en egenskab. Endvidere vil heritabilitetsskønnet blive mere centralt bestemt, såfremt komponenten for orner inden for samme avlscenter befries for påvirkningen af forskelligt besætningsmilieu, da ornekomponenten kædet sammen med besætningsmilieuet bevirker, at h^2 bliver for stor. Dette forhold modvirkes ved at kræve, at der pr. avlscenter afprøves mindst 2 orner, således at besætningsmilieuets indflydelse kan fjernes.

Ved at kræve mindst 2 forsøgshold pr. orne og mindst 2 afprøvede orner pr. avlscenter, vil det samlede forsøgsmateriale fra et beretningsår blive reduceret til ca. 40 pct. (Jonsson 1965).

Som det fremgår af kapitel II, er målingerne af muskelfibrenes diameter og antal forbundet med en temmelig omfattende arbejdsindsats. For ikke at måle et stort materiale, der senere alligevel skulle udskydes, blev selektionen af materialet gennemført a priori, idet det blev bestemt, at der kun skulle udtages muskelprøver, når der var tale om mindst 3 forsøgshold pr. orne og mindst 2 afprøvede orner pr. avlscenter. Materialets størrelse og struktur fremgår af følgende:

	Galte	Sogrise
Antal avlscentre	69	69
Antal orner	141	140
Antal forsøgshold	350	349
Antal grise i alt	685	683

Det planlagte minimum af 3 forsøgshold pr. orne kunne ikke overholdes for alle ornernes vedkommende. I gennemsnit blev der afprøvet 2,5 forsøgshold pr. orne. Årsagen hertil ligger i, at det forudsatte tredje forsøgshold i

nogle tilfælde ikke nåede at komme på forsøgsstationen. Når der i forvejen forelå resultater fra 2 forsøgshold, blev disse alligevel medtaget i det samlede materiale.

Vedrørende grisenes behandling og fodring på forsøgsstationen i perioden 20–90 kg levendevægt samt slagte kvalitetsbedømmelsens gennemførelse, henvises der til Clausen et al. 1965 og 1966.

Da der for langt de fleste økonomiske egenskaber hos svin af Dansk Landrace er en forskel mellem sogrise og galte, blev det besluttet, at de undersøgte egenskaber skulle analyseres for de to køn hver for sig. Da Jonsson (1965) har fundet signifikante forskelle mellem de to køn med hensyn til genetiske varianser og kovarianser, var det nærliggende også at behandle de to køn hver for sig i det foreliggende arbejde. Sammenlignet med det materiale Jonsson (1965) anvendte i sine undersøgelser, er størrelsen af det materiale, der er anvendt til de foreliggende muskelfiberundersøgelser, ikke stort, hvorfor materialet i forhold hertil må betragtes som en stikprøve. Svarer de fundne skøn imidlertid ret nøje til de, der er fundet på et langt større materiale og over flere år, er der god grund til at antage, at den anvendte stikprøve også har været repræsentativ for racen. En sådan sammenligning var mulig for flere af de analyserede egenskaber vedkommende, da det blev vedtaget at anvende de samme analysemetoder som Jonsson (1965), men med hensyntagen til en lidt ændret opbygning og struktur af materialet.

Samtlige data vedrørende muskelfibermålingerne blev overført til hulkort og blev sammen med de allerede foreliggende hulkort for de øvrige forsøgsresultater sorteret i henhold til følgende hierarki: Avlscenter, orne, forsøgshold, dyr og køn.

Inden for de 7 kvartaler, hvori materialet var indsamlet, blev de enkelte data korrigeret for forskelle mellem kvartaler (årstider) og for slagte kvalitetssegenskaberens vedkommende også for kold slagtevægt.

Korrektionen af slagte kvalitetssegenskaberne blev udført i henhold til følgende sammensatte regressionsmodel

$$Y_{ij} = \mu + a_i + \beta x_{ij} + \varepsilon_{ij};$$

hvor μ er en given egenskabs middelværdi og a_i er en fikseret effekt, der er fælles for alle individer i gruppen a_i ; i er det i^{ende} kvartal ($i = 1, 2, \dots, 7$); j er den j^{te} gris i det i^{ende} kvartal, β er regressionen af egenskaben y på den kolde slagtevægt x , og ε er tilfældige påvirkninger.

Observationerne inden for en egenskab blev derfor korrigeret således

$$\hat{Y}_{ij} = y_{ij} \div a_i \div \bar{b}(x_{ij} \div \bar{x} \dots),$$

hvor a_i er den vejede konstant for kvartal i , og \bar{b} er regressionen inden for de 7 kvartaler af egenskab y på kold slagtevægt.

Egenskaber, som er uafhængige af kold slagtevægt, blev kun korrigeret for kvartalsforskelle således

$$\hat{Y}_{1j} = y_{1j} \div a_1,$$

idet \bar{b} blev sat lig med 0.

For at stille de enkelte egenskaber lige, blev samtlige analyserede egenskaber korrigeret og uden hensyntagen til noget signifikansniveau for \bar{b} og a_1 .

Bestemmelse af heritabilitetsskøn og genetiske og fænotypiske korrelationer blev foretaget ved anvendelse af varianskomponentanalyser, som f. eks. beskrevet af Kempthorne (1957).

Den fænotypiske variation i en observeret egenskab y er tænkt sammensat af fire hovedårsagskomponenter: avlscentre, orner, forsøgshold og kuld-søskende af samme køn. Det forudsættes, at variation, der skyldes årstider og kold slagtevægt, er elimineret. En vilkårlig observation inden for materialet forudsættes additivt sammensat efter følgende lineære ligning:

$$y_{ijklm} = \mu_i + c_{ij} + o_{ijk} + h_{ijkl} + i_{ijklm}$$

hvor:

y_{ijklm} = en observation på den m^{te} gris inden for det 1^{te} forsøgshold efter orne k i det j^{te} avlscenter og af køn i .

μ_i = middelværdien for variabelen y inden for køn i i den foreliggende stikprøve ($i = 1, 2$).

c_{ij} = den variation der skyldes det j^{te} avlscenter inden for køn i ($j = 1, 2, \dots, p$, hvor p er antallet af avlscentre).

o_{ijk} = den variation der skyldes den k^{te} orne inden for det j^{te} avlscenter og inden for køn i ($k = 1, 2, \dots, q$, hvor q er antal orner pr. avlscenter).

h_{ijkl} = den variation der skyldes det l^{te} forsøgshold efter den k^{te} orne inden for det j^{te} avlscenter og inden for køn i ($l = 1, 2, \dots, r$, hvor r er antal forsøgshold efter samme orne).

i_{ijklm} = den variation der er knyttet til den enkelte gris, dog undtaget årstidsvariation og variation i kold slagtevægt ($m = 1, 2, \dots, s$, hvor s er antal grise pr. forsøgshold).

De fænotypiske komponenter c_{ij} , o_{ijk} , h_{ijkl} og i_{ijklm} opfattes om tilfældige variable med middelværdierne 0 og varianserne σ_c^2 , σ_o^2 , σ_h^2 og σ_i^2 . De variable forudsættes uafhængige af hinanden og normalt fordelt.

Variansanalysen har i henhold til modellen 3 hierarkiske grupperinger. De forventede middeldkvadrater har ifølge modellen den sammensætning, som er vist i tabel 10.

Tabel 10. De fire forventede middelvadraters sammensætning i variansanalysen for sogrise og galte hver for sig.

Table 10. The composition of the expected mean squares in the analysis of variance. Gilts and castrates separately.

årsårsag:	Frihedsgrader	Forventede middelvadrater
1 avlscentre	68	$\sigma^2_{ind.} + 1,97 \sigma^2_{hold} + 5,42 \sigma^2_{orne} + 9,86 \sigma^2_{center}$
1 orner inden for samme center	71	$\sigma^2_{ind.} + 1,95 \sigma^2_{hold} + 4,34 \sigma^2_{orne}$
1 forsøgshold efter samme orne	209	$\sigma^2_{ind.} + 1,95 \sigma^2_{hold}$
1 kuldsøskende af samme køn	334	$\sigma^2_{ind.}$
1 avlscentre	68	$\sigma^2_{ind.} + 1,98 \sigma^2_{hold} + 5,41 \sigma^2_{orne} + 9,89 \sigma^2_{center}$
1 orner inden for samme center	72	$\sigma^2_{ind.} + 1,97 \sigma^2_{hold} + 4,33 \sigma^2_{orne}$
1 forsøgshold efter samme orne	209	$\sigma^2_{ind.} + 1,95 \sigma^2_{hold}$
1 kuldsøskende af samme køn	335	$\sigma^2_{ind.}$

Fordelingen af den additivt genetiske varians imellem de fire fænotypiske variationsårsager blev udført i henhold til Dickerson (1942) og Hazel et al. (1943).

Til brug for beregning af fordelingskonstanterne blev der på hele det anvendte materiale foretaget en beregning af de nødvendige slægtskabskoefficienter (Wright, 1922). Disse beregninger gav følgende resultat:

- Slægtskab mellem forældre til forsøgshold $r = 0,01637$
- Slægtskab mellem søer, der har fået forsøgshold afprøvet ved at være parret med samme orne på samme avlscenter $r = 0,22648$
- Slægtskab mellem orner, der har været fædre til forsøgshold på samme avlscenter $r = 0,01809$

hvilket giver følgende kovarianser:

$$\text{Kovarians}_{(helsesøskende)} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}(0,01637)\frac{1}{2} = 0,5041.$$

$$\text{Kovarians}_{(halvsøskende)} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}(0,22648)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01637)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01637)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01637)(0,01637)\frac{1}{2} = 0,3149.$$

$$\text{Kovarians}_{(ikke søskende)} = \frac{1}{2}(0,22648)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01637)(0,01637)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01637)(0,01637)(0,01637)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01637)\frac{1}{2} + \frac{1}{2}(0,01809)\frac{1}{2} = 0,0654.$$

Skøn for den relative fordeling af den additivt genetiske varians ($V_{add. genv.}$) mellem de fire fænotypiske årsagsfaktorer bliver herefter for dette materiale:

Mellem avlscentre . . . kov. _(ikke søskende)	= 0,0654
Mellem orner inden for samme avlscenter kov. _(halvsøskende) ÷ kov. _(ikke søskende) . .	= 0,2495
Mellem søer parret med samme orne på samme avlscenter kov. _(helsøskende) ÷ kov. _(halvsøskende) ÷	0,1892
Mellem kuldsøskende af samme køn .. 1 ÷ 0,5041	= 0,4959
	1,0000

Beregning af skøn for de fire årsagskomponenter (V), hvis sum er den fænotypiske varians inden for materialet, blev derpå foretaget således:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{center}} &= 0,0654 V_{\text{add. genv.}} + V_{\text{centermilieu}}; \\
 V_{\text{orne}} &= 0,2495 V_{\text{add. genv.}}; \\
 V_{\text{hold}} &= 0,1892 V_{\text{add. genv.}} + V_{\text{kuldmilieu}}; \\
 V_{\text{ind.}} &= 0,4959 V_{\text{add. genv.}} + V_{\text{ind. rest}}; \\
 V_{\text{centermilieu}} &= V_{\text{center}} \div 0,2620 (V_{\text{orne}}); \\
 V_{\text{add. genv.}} &= 4,0080 (V_{\text{orne}}); \\
 V_{\text{kuldmilieu}} &= V_{\text{hold}} \div 0,7584 (V_{\text{orne}}); \\
 V_{\text{ind. rest}} &= V_{\text{ind.}} \div 1,9876 (V_{\text{orne}}).
 \end{aligned}$$

Beregnet på denne måde skulle $V_{\text{centermilieu}}$ ikke indeholde anden årsagsvirkning end den, der stammer fra rene milieubetingede forskelle mellem svineavlscentre. $V_{\text{add. genv.}}$ er befriet for sin væsentligste fejlkomponent, idet σ^2_{orne} er beregnet som forskel mellem orner inden for det samme svineavlscenter. Også den additivt genetiske komponent, der skyldes slægtskab mellem ikke-søskende på samme avlscenter, er elimineret. Den kovarians, der kan opstå ved, at flere halvsøskende-forsøgshold afprøves over et forholdsvis kort tidsrum, skulle der være taget hensyn til i regressionsanalysen. V_{orne} indeholder ikke noget skøn for komponenten for dominantvariation, idet denne vil være fordelt inden for og mellem halvsøskendegrupper. Derimod forventes V_{orne} kun at indeholde lidt mere end $1/16 \sigma^2_{\text{epist.}}$ (Lush, 1948). Da V_{orne} og V_{hold} forventes at indeholde en fjerdedel af den samlede epistatiske varians, vil V_{hold} indeholde mindre end $3/16 \sigma^2_{\text{epist.}}$. Den dominante varians vil være repræsenteret med en fjerdedel i V_{hold} . $V_{\text{kuldmilieu}}$ indeholder således skøn for $\frac{1}{2} \sigma^2_{\text{dom.}}$ og $3/16 \sigma^2_{\text{epist.}}$, men er først og frem-

mest et udtryk for den milieubetingede kovariation mellem kuldsøskende på samme avlscenter. Resten af den epistatiske og dominante varians vil sammen med de tilfældige milieupåvirkninger være repræsenteret i $V_{\text{ind. rest}}$.

Ved hjælp af intraklassekorrelationsprincippet blev skønnet for egenskabernes fænotypiske variation delt op i skøn for de fire årsagskomponenter:

$$\frac{V_{\text{centermilieu}}}{V_{\text{fænotype}}} = \text{cem}^2 \text{ er et skøn for avlscentermilieuets relative indflydelse på en egenskab}$$

$$\frac{V_{\text{add. genv.}}}{V_{\text{fænotype}}} = \text{ag}^2 \text{ er et skøn for den additive genvirknings relative virkning på egenskaben, heritabiliteten}$$

$$\frac{V_{\text{kuldmilieu}}}{V_{\text{fænotype}}} = \text{kum}^2 \text{ er et skøn for kuldmilieuets relative indflydelse på egenskaben}$$

$$\frac{V_{\text{ind. rest}}}{V_{\text{fænotype}}} = \text{ir}^2 \text{ er et skøn for den relative indflydelse på egenskaben, der skyldes tilfældige påvirkninger}$$

Summen af disse fire relative størrelser er 1. Hver af størrelserne er et skøn for den relative andel, den pågældende årsagsfaktor har i den forventede gennemsnitlige fænotypiske observation hos en egenskab.

Der blev beregnet tilnærmede middelfejl for ag^2 og kum^2 efter en metode udviklet af B. Woolf og beskrevet af Falconer (1965). Samme metode er anvendt af Smith et al. (1962) og Jonsson (1965).

Kovarianskomponenter for alle mulige egenskabskombinationer blev beregnet. Sammen med komponenterne fra variansanalyserne blev disse anvendt til beregning af følgende korrelationer for to vilkårlige egenskaber (Hazel et al., 1943):

$$r_{\text{centermilieu}(ij)} = \frac{Kov_{\text{centermilieu}(i) \text{ centermilieu}(j)}}{(V_{\text{centermilieu}(i)} \cdot V_{\text{centermilieu}(j)})^{1/2}}$$

og efter samme princip

$$r_{\text{add. genv.}(ij)}; r_{\text{kuldmilieu}(ij)}; r_{\text{ind. rest}(ij)}; r_{\text{fænotype}(ij)};$$

Tilnærmet middelfejl for $r_{\text{add. genv.}}$ blev beregnet efter den af Falconer (1960) angivne metode.

Den til dette arbejde anvendte regressionsanalyse samt varians- og kovariansanalysen er kodet på A/S Regnecentralen til kørsel på elektronregnemaskinen DASK. Programmerne er tilgængelige i Regnecentralens publikationsserier (Nymand, 1962 a og b).

De undersøgte egenskaber og regressionsanalysens resultater.

Foruden muskelfiberundersøgelsens resultater var det nærliggende samtidig at analysere en række andre egenskaber hos svin af Dansk Landrace, idet det var interessant at kunne sammenligne varians- og kovariansskøn for de enkelte egenskaber i det foreliggende materiale med de for de samme egenskaber, men på et større materiale, tidligere fundne resultater (Jonsson, 1965). Desuden vil en ret nøje overensstemmelse mellem disse skøn være en rettesnor for, hvor repræsentativ for racen den i dette arbejde anvendte stikprøve har været. Da muskelfibrenes diameter og antal har en meget nær relation til svinenes kødfylde, blev der først og fremmest medtaget og undersøgt egenskaber, der har betydning for eller er udtryk for slagtekroppens kødfylde.

Følgende egenskaber blev kun korrigeret for kvartalsforskelle:

1. Daglig tilvækst i gram fra 20 til 90 kg levendevægt
2. Foderforbrug pr. kg tilvækst i f.e.

Følgende egenskaber blev korrigeret både for kvartalsforskelle og for forskelle i kold slagtevægt:

3. Gns. rygspæktykkelse, cm
4. Sidespækmål i overskåren side, cm
5. Kroplængde, cm
6. Points for kødfylde i overskåren side
7. Points for kødfarve i overskåren side
8. Vægt af mørbrad (m. psoas major), g
9. Spækareal i overskåren side, cm²
10. Kødareal i overskåren side, cm²
11. Areal af m. longissimus dorsi, cm²
12. Antal muskelfibre pr. mm² i afsnit I (dorsal)
13. Antal muskelfibre pr. mm² i afsnit II (medial)
14. Antal muskelfibre pr. mm² i afsnit III (lateral)
15. Gns. muskelfiberdiameter, μ i afsnit I
16. Gns. muskelfiberdiameter, μ i afsnit II
17. Gns. muskelfiberdiameter, μ i afsnit III

Herefter blev følgende egenskaber beregnet:

$$18. \text{ Spækareal i pct. af kødareal: } \left(\frac{9}{10} \times 100 \right)$$

$$19. \text{ Gns. antal fibre pr. mm}^2: \left(\frac{12 + 13 + 14}{3} \right)$$

$$20. \text{ Gns. muskelfiberdiameter, } \mu: \left(\frac{15 + 16 + 17}{3} \right)$$

Idet det totale antal fibre i musklens tværsnit forudsættes upåvirket af forskelle i kold slagtevægt og kvartalsforskelle, er dette antal beregnet på grundlag af det ukorrigerede areal af *m. longissimus dorsi* og det ukorrigerede antal fibre pr. mm².

21. Antal muskelfibre i tværsnittet af *m. longissimus dorsi*:

$$(11 \times \frac{12 + 13 + 14}{3} \times 100)$$

Daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst blev alene korrigeret for kvartalsforskelle. I tabel 11 er vist disse to egenskabers gennemsnit samt kvartalsgennemsnittene med tilhørende korrektionskonstanter.

Tabel 11. Årstidsvariationen i daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst (n = antal grise, \bar{y} = deres middeltal, s_y = standardafvigelse, a = korrektionsfaktor for kvartaler).

Table 11. Seasonal variation in daily gain and feed consumption per kg gain (n = number of pigs, \bar{y} = their means, s_y = standard deviation, a = correction factors for seasons).

	n	Daglig tilvækst, g			Foderforbrug pr. kg tilvækst, f.e.		
		\bar{y}	s_y	a	\bar{y}	s_y	a
<i>Sogrise:</i>							
Kvartal 1 1963/64	95	710	33,3	+ 5,5	2,84	0,147	÷0,043
» 2 »	92	704	35,0	+ 0,1	2,89	0,143	+0,012
» 3 »	99	689	35,3	÷15,1	2,95	0,148	+0,070
» 4 »	118	698	36,3	÷ 6,2	2,89	0,168	+0,007
» 1 1964/65	107	713	34,1	+ 8,9	2,82	0,129	÷0,057
» 2 »	102	717	34,3	+12,6	2,85	0,137	÷0,029
» 3 »	70	696	31,6	÷ 7,9	2,94	0,143	+0,060
Total	683	704	35,5		2,88	0,152	
<i>Galte:</i>							
Kvartal 1 1963/64	95	696	28,7	÷ 6,0	2,93	0,141	+0,011
» 2 «	90	710	33,7	+ 8,1	2,89	0,145	÷0,025
» 3 »	100	696	31,4	÷ 6,4	2,94	0,146	+0,020
» 4 »	115	694	38,3	÷ 8,1	2,96	0,176	+0,037
» 1 1964/65	108	706	33,6	+ 3,6	2,88	0,157	÷0,039
» 2 »	102	717	33,3	+14,4	2,87	0,142	÷0,045
» 3 »	75	696	29,7	÷ 5,9	2,97	0,165	+0,052
Total	685	702	33,9		2,92	0,157	

De i tabellen viste resultater for daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst svarer meget nøje til kvartalsgennemsnittene for forsøgsstationen »Sjælland« i samme periode (Clausen et al. 1965 og 1966). Der er ikke signifikant forskel på daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst mellem de to køn. Der er derimod noget, der tyder på, at daglig tilvækst ligger på et lidt højere niveau og foderforbruget pr. kg tilvækst på et lidt lavere niveau i 1. og 2. kvartal end i 3. og 4. kvartal. Kvartalsgennemsnittene må således siges at være påvirket af årstiden, men kan også være påvirket af, at der i et bestemt kvartal er leveret flere grise end normalt til slagtning af en bestemt afstamning og fra bestemte avlscentre. Selv om antal grise pr. kvartalsgruppe ikke er overvældende stort, er det dog tilstrækkeligt omfattende til, at enkelte avlsdyr ikke er kædet for stærkt sammen med kvartalskonstanterne. Det er derfor ret begrænset, hvor meget af den genetisk betingede del af den fænotypiske variation, der vil blive fjernet ved kvartalskorrektionen.

Variationen i kold slagtevægt mellem de forskellige kvartaler er vist i tabel 12 for sogrise og galte hver for sig.

Tabel 12. Årstidsvariationen i kold slagtevægt.
Table 12. Seasonal variation in cold carcass weight.

Kvartaler	Sogrise			Galte		
	antal dyr	kold slagtevægt, kg	standard afv.	antal dyr	kold slagtevægt, kg	standard afv.
Kv. 1 1963/64	95	65,8	1,90	95	65,2	1,75
» 2 »	92	65,0	1,86	90	64,4	1,95
» 3 »	99	64,9	1,87	100	64,3	1,82
» 4 »	118	64,8	1,72	115	64,6	1,75
» 1 1964/65	107	65,0	1,82	108	64,4	1,61
» 2 »	102	64,9	1,76	102	64,4	1,74
» 3 »	70	64,8	2,12	75	64,2	1,69
Total	683	65,0	1,83	685	64,5	1,77

Det fremgår af tabel 12, at der bortset fra 1. kvartal 1963/64, kun er en ringe variation i kold slagtevægt mellem kvartaler inden for hvert af de to køn. Den større gennemsnitsværdi af kold slagtevægt i første kvartal er i overensstemmelse med de resultater, der er offentliggjort (Clausen et al. 1965) for forsøgsstationen »Sjælland« i dette kvartal. Inden for hvert af de to køn var den største forskel i kold slagtevægt mellem to grise 10 kg. Standardafvigelsen for de enkelte kvartaler er lille og varierende, for sogrisenes vedkommende fra 1,72 til 2,12 kg og for galtenes vedkommende fra 1,61 til 1,95 kg. Ifølge tabel 12 er der mellem sogrise og galte en forskel i kold

slagtevægt på 0,5 kg. Ved leveringen til slagteriet var den gennemsnitlige levendevægt for sogrisene 89,5 kg og for galtene 89,4 kg, der i forhold til den anførte slagtevægt medfører et slagtesvind på henholdsvis 27,4 og 27,9 pct. Den gennemsnitlige kolde slagtevægt for sogrise, der i dette materiale vejede 88,0 og 90,0 kg ved leveringen, var henholdsvis 63,8 og 65,5 kg; for galte, der også vejede 88,0 kg og 90,0 kg ved leveringen, var den kolde slagtevægt henholdsvis 63,3 og 65,1 kg. I det foreliggende materiale har galtene således haft et større slagtesvind end sogrisene. Da slagte kvalitetssegenskaberne er korrigeret for forskelle i kold slagtevægt og for årstider for sogrise og galte hver for sig, er den ovenfor nævnte forskel i kold slagtevægt mellem de to køn uden betydning for de fortsatte beregninger.

De korrigerede egenskabers middeltal og spredning er anført i tabel 13. Desuden er der vist regressionen af de enkelte egenskaber på den kolde slagtevægt, \bar{b} , hvoraf 3 ikke er signifikante, idet $t < 1,96$. Af hensyn til en ensartet behandling af materialet blev disse 3 egenskaber alligevel korrigeret for forskelle i kold slagtevægt.

Yderst til højre i tabel 13 er angivet den procentdel, hvormed den totale variation er reduceret ved at korrigere for kvartalsforskelle og forskelle i kold slagtevægt. For enkelte egenskabers vedkommende er denne reduktion temmelig stor. For sidespækmålets vedkommende reduceres totalvariationen kun ca. 2 pct. for begge køn på grund af korrektion for kold slagtevægt, medens den øvrige reduktion sker som følge af kvartalskorrektionen. Totalvariationen i arealet af *m. longissimus dorsi* reduceres derimod med 10,2 og 3,2 pct. hos henholdsvis sogrise og galte på grund af korrektionen for forskelle i kold slagtevægt og henholdsvis 4,2 og 7,5 pct. på grund af kvartalsforskelle. Det kan ikke med sikkerhed afgøres, hvor stor en del af den genetiske variation der fjernes ved korrektionen. De fundne heritabilitets-skøn for f. eks. sidespækmålets vedkommende er imidlertid høje, henholdsvis 0,83 og 0,66 for sogrise og galte. Ved at untlade kvartalskorrektionen ville varianskomponenten for orner blive større, og som følge deraf ville skønnene for h^2 også blive større. Materialets struktur er endvidere således, at enkelte orners afkom ikke er for stærkt kædet sammen med de enkelte kvartaler. I gennemsnit er der afprøvet afkom efter 31 orner pr. kvartal, hvorfor afkommet også har krydset flere måneder og flere kvartaler.

Den fænotypiske variation i antal fibre pr. mm^2 er blevet reduceret særlig meget ved korrektionen. Så godt som hele denne reduktion skyldes korrektionen for kvartalsforskelle. Antal fibre pr. mm^2 er stigende fra afsnit I til afsnit III, hvorimod fiberdiametere er faldende i samme rækkefølge. Dette er i overensstemmelse med, at de to egenskaber er omvendt proportionale. For hver gang fiberdiametere stiger eller falder med 1μ , stiger eller falder antal fibre pr. mm^2 ca. 7. Variationskoefficienterne for antal

Tabel 13. Uddrag af regressionsanalysens resultater.
Table 13. Abstract of results from the regression analysis.

Egenskaber	Køn	\bar{y}	s_y	$s_y/\bar{y} \cdot 100$	\bar{b}	t	s^2 reduceret i pct. ved korrek- tion
Gns. rygspæk- tykkelse, cm	sogrise	2,43	0,225	9,3	+0,026	5,5	9,2
	galte	2,66	0,251	9,4	+0,023	4,2	5,7
Sidespæk- mål, cm	sogrise	1,83	0,307	16,8	+0,018	2,8	16,4
	galte	2,27	0,384	16,9	+0,024	2,8	13,8
Kroplængde, cm	sogrise	96,2	1,91	2,0	+0,033	0,8	3,9
	galte	95,8	1,90	2,0	+0,189	4,5	5,7
Points for kødfylde overskåren	sogrise	13,6	0,78	5,7	+0,038	2,3	5,2
	galte	12,4	1,02	8,2	÷0,007	÷0,3	3,4
Points for kødfarve	sogrise	2,21	0,506	22,9	÷0,065	÷6,2	10,4
	galte	2,18	0,483	22,2	÷0,027	÷2,5	9,8
Vægt af m. psoas major, g	sogrise	696	56,8	8,2	+0,930	7,8	10,3
	galte	647	53,6	8,3	+0,678	5,8	8,4
Karbonadens spækareal, cm ²	sogrise	25,7	3,99	15,5	+0,267	3,2	13,9
	galte	30,8	4,72	15,3	+0,194	1,9	7,4
Karbonadens kødareal, cm ²	sogrise	36,3	3,32	9,1	+0,672	9,7	15,0
	galte	33,2	3,00	9,0	+0,404	6,1	11,2
Areal af m. longis- simus dorsi, cm ²	sogrise	30,1	2,92	9,7	+0,585	9,6	14,4
	galte	27,2	2,58	9,5	+0,348	6,1	10,7
Antal fibre pr. mm ² I (dorsal)	sogrise	236	32,3	13,7	÷3,274	÷4,8	27,8
	galte	253	36,8	14,5	÷2,231	÷2,8	28,0
Antal fibre pr. mm ² II (medial)	sogrise	251	30,4	12,1	÷2,958	÷4,7	32,3
	galte	265	34,1	12,9	÷1,984	÷2,7	35,2
Antal fibre pr. mm ² III (lateral)	sogrise	258	33,6	13,0	÷3,201	÷4,6	34,1
	galte	275	38,4	14,0	÷2,796	÷3,3	32,9
Fiberdiameter, μ , I (dorsal)	sogrise	59,8	5,23	8,7	+0,510	4,7	6,9
	galte	57,7	4,88	8,5	+0,432	4,0	5,8
Fiberdiameter, μ , II (medial)	sogrise	57,9	4,28	7,4	+0,336	3,8	5,2
	galte	56,3	4,28	7,6	+0,204	2,2	4,0
Fiberdiameter, μ , III (lateral)	sogrise	57,1	4,50	7,9	+0,444	4,7	5,0
	galte	55,4	4,52	8,2	+0,378	3,8	5,4

fibre pr. mm² er næsten dobbelt så store som for fiberdiameteren. I gennemsnit falder eller stiger antal fibre pr. mm² 2,7, medens fiberdiameteren forøges eller formindskes med 0,38 μ , for hvert kg den kolde slagtevægt er større eller mindre end gennemsnittet.

I tabel 14, side 71 er anført middeltal, spredning og variationskoefficient for de egenskaber, der er beregnet på grundlag af andre egenskaber. Forskel-

Tabel 14. Middeltal og spredning for beregnede egenskaber.*Table 14. Means and standard deviations of traits, calculated from other traits.*

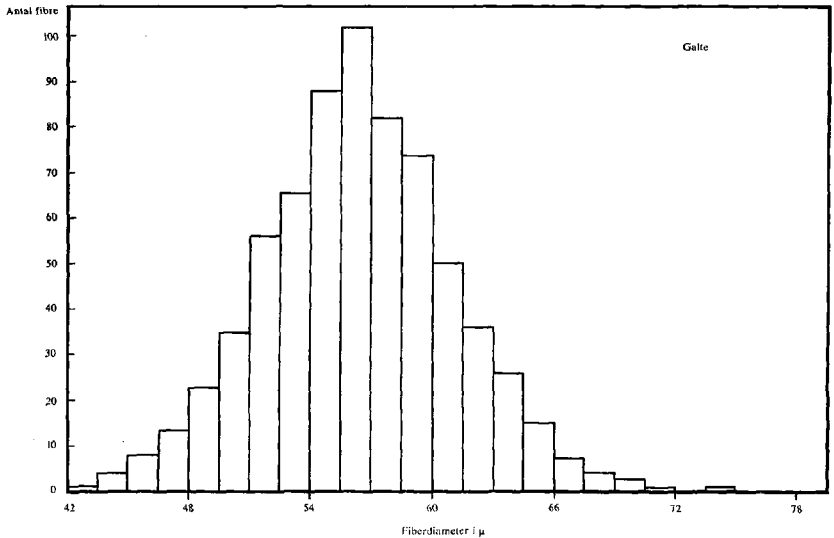
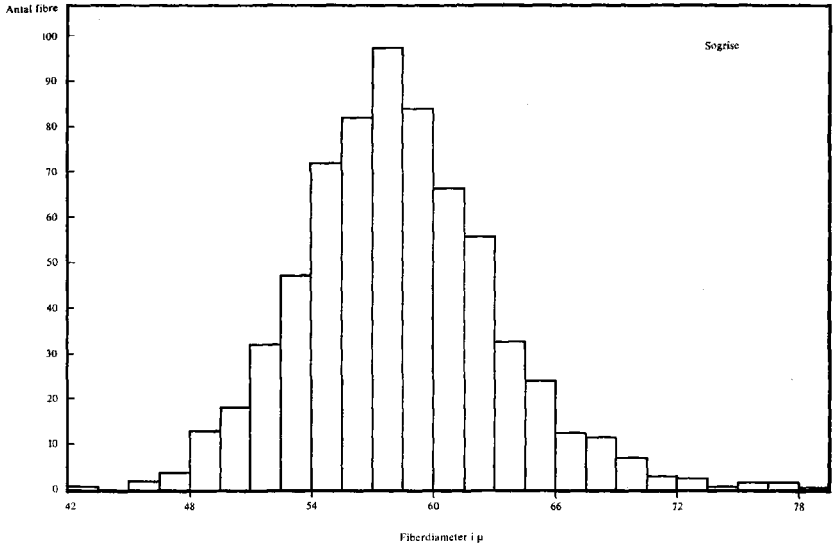
Egenskaber	Køn	$\bar{y} \cdot \cdot$	s_y	$s_y/\bar{y} \cdot \cdot \cdot 100$
Spækareal i pct. af kødareal	sogrise	71,6	14,8	20,7
	galte	94,3	19,8	21,0
Antal fibre pr. mm ² , gns. af sted I + II + III	sogrise	248	28,0	11,3
	galte	264	32,7	12,4
Fiberdiameter, μ , gns. af sted I + II + III	sogrise	58,3	3,72	6,4
	galte	56,4	3,72	6,6
Total antal fibre i musklens tværsnit (1000)	sogrise	743	112	15,1
	galte	715	115	16,1

len mellem sogrise og galte hos disse egenskaber er alle statistisk sikre ($P < 0,001$). For spækarealet i pct. af kødarealet, antal fibre pr. mm² og fiberdiameterens vedkommende stemmer dette overens med, at der hos slagtekvalitetsegenskaberne næsten altid findes en signifikant forskel mellem de to køn. Der er derimod noget mærkeligt i, at der er forskel på det totale antal fibre i muskeltværsnittet hos sogrise og galte, hvilket skulle betyde, at grise af forskelligt køn ikke fødes med anlæg til det samme antal muskelfibre. Forskellen skyldes dog sikkert det forhold, at mængden af intramuskulært fedt er større hos galte end hos sogrise, som f. eks. fundet af Duniec et al. (1961), Allen og Bray (1964) og Jensen (1967). Såfremt den mm² af tværsnittet, hvorpå antal fibre tælles, indeholder mere fedt end gennemsnittet af hele muskelfladen, vil det antal fibre der tælles pr. mm² hos galtene blive for lille i forhold til sogrisene, hvor mængden af intramuskulært fedt er mindre. Da antal fibre pr. mm² er for lille, vil det totale antal fibre, der fremkommer ved multiplikation med arealet af m. longissimus dorsi, også blive for lille. Det intramuskulære fedt har større indflydelse på de mikroskopiske målinger end på selve muskelarealet. Antal fibre pr. mm² hos galtene er underkastet større variation end hos sogrisene.

I figur 17, side 72, er vist fordelingen af den gennemsnitlige muskelfiberdiameter hos sogrise og galte. For galtenes vedkommende afviger fordelingen af den gennemsnitlige fiberdiameter (gns. af 150 enkeltmålinger) ikke fra normalfordelingen. Hos sogrisene er der derimod en tendens til lidt for mange værdier omkring middeltallet, ligesom middeltallet er lidt større end medianen. Fordelingen er således en lille smule skæv til højre side.

Varians- og kovariansanalysens resultater.

I dette afsnit vil der i overvejende grad blive lagt vægt på at belyse den fænotypiske og genetiske variation i muskelfibrenes diameter og antal samt andre egenskaber, der er udtryk for svinenes kødfylde. Desuden vil samvariationen mellem de forskellige udtryk for karbonadetværsnittets kødfylde



Figur 17. Histogram der viser fordelingen af den gennemsnitlige muskelfiberdiameter hos sogrise og galte.

Figure 17. Histogram showing the distribution of the muscle fibre diameter in gilts and castrates separately.

blive behandlet. Det falder uden for denne afhandlings rammer at give en udførlig omtale af samtlige analyserede egenskaber. Nogle egenskaber er medtaget, dels for at have en kontrol på stikprøven i forhold til tidligere fundne resultater hos Dansk Landrace (Jonsson, 1965), dels fordi det på forhånd ikke var muligt at afgøre, hvilke egenskaber der havde den stærkeste samvariation, fænotypisk eller genetisk, med muskelfibrenes diameter og antal.

1. Muskelfibrenes diameter, antal fibre pr. mm² og det totale antal fibre i musklen.

a. Fænotypens opdeling.

Resultaterne af variansanalysen for disse tre egenskaber er vist i tabel 15. Ifølge tabellen har aviscntret eller besætningsmilieuet ikke nogen indflydelse på muskelfibrenes størrelse og antal. Når de fleste af variansskønnene for centermilieu har negative fortegn, skyldes det stikprøvevariation. Centermilieuets ringe betydning for muskelfibrenes udviklingsgrad og antal

Tabel 15. Variansanalysens resultater for muskelfibrenes diameter, antal fibre pr. mm² og det totale antal fibre i musklen.

Table 15. Analysis of variance of muscle fibre diameter, number of fibres per mm² and total number of fibres.

Muskelfiber-diameter, $\mu/6$.	Fænotypisk varians				
	absolut		relativ		
	sogrise	galte	sogrise	galte	
$V_{\text{centermilieu}} =$	$\div 0,0025$	$\div 0,0092$	$\text{cem}^2 =$	$\div 0,007$	$\div 0,024$
$V_{\text{add. genv.}} =$	0,1186	0,0633	$\text{ag}^2 =$	$0,313 \pm 0,228$	$0,166 \pm 0,237$
$V_{\text{kuldmilieu}} =$	0,0225	0,0743	$\text{kum}^2 =$	$0,060 \pm 0,085$	$0,195 \pm 0,093$
$V_{\text{ind. rest}} =$	0,2403	0,2530	$\text{ir}^2 =$	0,634	0,663
$V_{\text{fænotype}} =$	0,3789	0,3814		1,000	1,000
<i>Antal fibre pr. mm².</i>					
$V_{\text{centermilieu}} =$	15,96	$\div 29,47$	$\text{cem}^2 =$	0,020	$\div 0,028$
$V_{\text{add. genv.}} =$	183,54	156,85	$\text{ag}^2 =$	$0,234 \pm 0,204$	$0,147 \pm 0,245$
$V_{\text{kuldmilieu}} =$	100,98	269,83	$\text{kum}^2 =$	$0,129 \pm 0,086$	$0,252 \pm 0,095$
$V_{\text{ind. rest}} =$	485,22	672,69	$\text{ir}^2 =$	0,617	0,629
$V_{\text{fænotype}} =$	785,70	1069,90		1,000	1,000
<i>Antal fibre totalt, (1000).</i>					
$V_{\text{centermilieu}} =$	$\div 637,7$	$\div 550,8$	$\text{cem}^2 =$	$\div 0,050$	$\div 0,042$
$V_{\text{add. genv.}} =$	11177,8	8730,3	$\text{ag}^2 =$	$0,883 \pm 0,288$	$0,660 \pm 0,293$
$V_{\text{kuldmilieu}} =$	38,4	2551,5	$\text{kum}^2 =$	$0,003 \pm 0,087$	$0,193 \pm 0,096$
$V_{\text{ind. rest}} =$	2083,5	2505,8	$\text{ir}^2 =$	0,164	0,189
$V_{\text{fænotype}} =$	12662,0	13236,8		1,000	1,000

er i nøje overensstemmelse med, at besætningsmilieuet på avlscentrene kun påvirker slagtekvantitetsegenskaberne i meget ringe grad (Jonsson, 1965).

Kuldmilieuet må derimod betragtes som en væsentlig faktor, når det drejer sig om muskelfibrenes diameter og antal fibre pr. mm². De fundne skøn for kuldmilieuets relative andel i den fænotypiske varians for disse to egenskaber andrager fra 6 til 25 pct. Der er derfor næppe nogen tvivl om, at den genetisk betingede forskel mellem avlssøer, der betinger deres specielle fænotypiske moderegenskaber (mælkeydelse, mælkens næringsværdi m. m.) samt det milieu den enkelte so på et givet tidspunkt kan byde sit kuld, har betydning for den udviklingsgrad muskelfibrene opnår hos grisene i løbet af vækstperioden, indtil en levendevægt af 90 kg.

Ud fra den betragtning, at det totale antal fibre i musklen er fastlagt på et forholdsvis tidligt tidspunkt i fosterstadiet, skulle denne egenskab ikke i væsentlig grad kunne påvirkes af kuldmilieuet. $V_{\text{kuldmilieu}}$ indeholder som tidligere nævnt også skøn for $1/4\sigma_{\text{dom.}}^2$ og $3/16\sigma_{\text{epist.}}^2$, hvis størrelse ikke kendes. Det fundne relative variansskøn for kuldmilieu er for sgrisenes vedkommende 0,3 pct. og for galtene 19,3 pct., eller i gennemsnit ca. 10 pct. Det lave skøn hos sgrisene falder i tråd med den nævnte teori, at antallet af muskelfibre i en muskel bliver fastlagt på et tidligt tidspunkt i fosterstadiet og ikke senere kan ændres på grund af milieupåvirkninger. Det større skøn hos galtene peger derimod i modsat retning, således at kuldmilieuet i nogen grad kan påvirke det totale antal fibre i musklen. Denne reaktion hos galtene kan muligvis skyldes flere forhold. Som tidligere anført er indholdet af intramuskulært fedt og bindevæv større hos galtene end hos sgrisene, hvilket kan påvirke det under mikroskop talte antal fibre pr. mm² i højere grad end selve muskelarealet, såfremt det tværsnit, hvorpå der tælles, indeholder mere fedt end hele muskelfladen i gennemsnit. Dette forhold skyldes kastrationen og vil, da kastrationseffekten ikke er ens fra kuld til kuld (Staub, 1966), indgå i varianskomponenten for kuldmilieu.

Det kan endvidere tænkes, at kastrationen på det tidspunkt, den udføres, hos visse grise (kuld) forårsager, at nogle muskelfibre går til grunde eller forbliver som ganske tynde celler, der ikke opnår en sådan størrelse, at de kan ses i mikroskopet ved den anvendte forstørrelse og som følge deraf ikke bliver talt med i antal fibre pr. mm².

I denne forbindelse kunne grisenes alder ved kastrationens udførelse tænkes at have nogen betydning for, i hvor høj grad muskelfibrene påvirkes, ligesom kastrationens indflydelse på de fysiologiske processer meget vel kan være forskellig fra gris til gris.

Heritabilitetsskønnet for muskelfiberdiametere hos sgrise og galte var henholdsvis 0,31 og 0,17 og er ikke statistisk sikre. Dette svarer meget nær til det skøn for h^2 på 0,29, som Gravert (1963) fandt for muskelfibrenes diameter hos kvæg. Allen et al. (1966) fandt et skøn for heritabiliteten af mu-

skelfiberdiameteren hos svin af Duroc-racen på $1,0 \pm 0,76$, der ikke var signifikant. Dette skøn for h^2 er sandsynligvis for højt og behæftet med en meget stor middelfejl, hvilket må tilskrives det meget lille antal galte, 55, som indgik i undersøgelsen. En heritabilitetskoefficient på ca. 0,25 for fiberdiameteren, som er gennemsnittet af sogrise og galte i den foreliggende undersøgelse, vil dog sikkert være mere realistisk.

Heritabilitetsskønnet for antal fibre pr. mm^2 ligger på samme niveau som for fiberdiameteren, men er en ubetydelighed lavere. Da disse to egenskaber begge er udtryk for muskelfibrenes tykkelse, er ensartetheden i egenskabernes reaktion naturlig. Den lave h^2 for de to egenskaber skyldes deres store fejlvarians, hvori bl. a. indgår de tekniske faktorerers indflydelse på måleresultaterne.

Set ud fra de her fundne resultater vil muskelfibrenes diameter kunne forøges eller formindskes gennem avlsarbejdet, men en eventuel ændring vil foregå langsomt, da udvalget af avlsdyr vil være behæftet med ret stor unøjagtighed.

Procent additiv genvirkning for det totale antal fibre i tværsnittet af *m. longissimus dorsi* er hos sogrisene $88,3 \pm 29$ ($P < 0,01$) og hos galtene $66,0 \pm 29$ ($P < 0,05$) og hører med blandt de største skøn for procent additiv genvirkning, der er fundet i dette arbejde. Skønnet for fejlvariansen er samtidig meget lille set i forhold til fejlvariansen hos arealet af *m. longissimus dorsi* og antal fibre pr. mm^2 , der er de to egenskaber, der har dannet grundlag for beregning af det totale antal fibre i muskeltværsnittet. Beregningen af det totale antal fibre ved multiplikation af arealet af *m. longissimus dorsi* med antal fibre pr. mm^2 bevirker således, at den fejlvarians, der er knyttet til hver af de to egenskaber, ophæves ved multiplikationen og ikke influerer på fejlvariansen for den dannede egenskab.

Da heritabilitetskoefficienten for det totale antal fibre i tværsnittet af *m. longissimus dorsi* er høj og fejlvariansen lille, er der her tale om en egenskab, der med fordel kan drages nytte af i avlsarbejdet. Som det senere vil ses, er det større totale antal fibre i muskeltværsnittet også ensbetydende med en større kødfylde i hele dyret.

Smith (1963) konkluderede på grundlag af sine undersøgelser over muskelfibrenes diameter og antal hos høns, at heritabiliteten af muskelfibrenes antal vil være betydeligt højere end heritabiliteten af fiberstørrelsen, da fiberantallet bliver fastlagt i fosterstadiet, hvor miljøpåvirkningen normalt er forholdsvis lille. Miljøpåvirkningerne er derimod betydeligt større for fibertykkelsen, hvilket er med til at sænke heritabiliteten for denne egenskab. De i dette arbejde fundne skøn for den additive genvirkning af muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace er således helt i overensstemmelse med Smith's konklusioner vedrørende de samme egenskaber hos høns.

b. Samvariation med andre egenskaber.

På grundlag af kovariansanalysen, hvor alle egenskaber blev kombineret med alle, blev der beregnet såvel fænotypiske som genetiske korrelationskoefficienter for samtlige egenskabskombinationer. I tabel 16 er vist samvariationen mellem muskelfiberdiameteren, antal fibre pr. mm² og det totale antal fibre i muskeltværsnittet og de øvrige undersøgte egenskaber.

Det fremgår af tabel 16, at der er en høj negativ korrelation mellem muskelfiberdiameteren og antal fibre pr. mm², hvilket er en følge af, at begge egenskaber er et udtryk for muskelfibrenes størrelse. En stor gennemsnitlig fiberdiameter vil automatisk medføre, at antallet af fibre pr. arealenhed bliver mindre, hvorfor korrelationen mellem disse egenskaber også vil være et udtryk for målingernes nøjagtighed. De faktorer, der påvirker korrelationskoefficienten, således at denne ikke bliver nøjagtig $\div 1$, er tidligere diskuteret. Swanson et al. (1965) fandt en korrelationskoefficient på $\div 0,57$ mellem muskelfibrenes tværsnitsareal og antal fibre pr. arealenhed. Årsagen til denne forholdsvis lave koefficient må sikkert søges i, at der kun blev målt 8 fibre pr. prøve, og at arealenheden, hvorpå fiberantallet blev bestemt, kun var 0,04 mm².

Det totale antal fibre i muskeltværsnittet er negativt korreleret med fiberdiameteren. Et forøget antal fibre i tværsnittet medfører således, at muskelfibrene bliver tyndere, eller at deres udviklingsmuligheder med hensyn til volumen begrænses af det totale antal fibre i tværsnittet. Omvendt vil et stort antal fibre pr. arealenhed også medføre et større samlet antal fibre i musklens tværsnit. De genetiske korrelationer mellem det totale antal fibre i muskeltværsnittet og fiberdiameteren, samt det totale antal fibre og antal fibre pr. mm² har samme fortegn som de fænotypiske korrelationer.

Muskelfiberdiameteren er positivt korreleret med de egenskaber, der er udtryk for dyrets kødindhold, hvilket vil sige arealet af m. longissimus dorsi, totalt kødareal, vægt af m. psoas major og points for kødfylde overskåren. De fænotypiske korrelationskoefficienter er alle små, medens de genetiske fluktuerer dels mellem køn, dels fra egenskab til egenskab.

Joubert (1956a) fandt hos får en korrelationskoefficient på $+0,93$ mellem muskelfiberdiameter og bredden af m. longissimus dorsi ved bageste ribben, medens fiberdiameterens korrelation med musklens højde var $+0,48$. Undersøgelsen omfattede får af forskellig alder og vægt, hvilket forklarer de høje korrelationskoefficienter.

Hos kvæg fandt Tuma et al. (1962) lignende sammenhæng mellem muskelareal og fiberdiameter, men ved korrektion til samme alder og vægt faldt korrelationskoefficienten til ca. $\div 0,08$. Samme forhold gjorde sig gældende for sammenhængen mellem fiberdiameter og totalt kødindhold i slagtekroppen.

16. Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem muskelfiberdiameter, antal fibre pr. mm², det totale antal fibre i musklen og andre egenskaber.

16. Genetic and phenotypic correlations between muscle fibre diameter, number of fibres per mm², total number of fibres and other traits.

Egenskab	Muskeltype	Muskelfiberdiameter		Antal fibre pr. mm ²		Total antal fibre	
		r _{add.genv.}	r _{fænotype}	r _{add.genv.}	r _{fænotype}	r _{add.genv.}	r _{fænotype}
Fiber diameter	sogrise	÷1,09	÷0,79				
	galte	÷1,32	÷0,81				
Antal fibre pr. mm ²	sogrise	÷0,46 ± 0,27	÷0,48	+0,39 ± 0,32	+0,61		
	galte	÷0,37 ± 0,53	÷0,53	+0,20 ± 0,64	+0,66		
Muskelareal i pct. af m. dorsi	sogrise	÷0,11 ± 0,49	+0,16	÷0,32 ± 0,53	÷0,18	+0,16 ± 0,35	+0,51
	galte	÷1,49	+0,16	+0,89 ± 0,31	÷0,16	+0,25 ± 0,77	+0,47
Kødfyldt kød	sogrise	÷0,25 ± 0,54	+0,16	÷0,32 ± 0,56	÷0,20	+0,24 ± 0,36	+0,46
	galte	÷0,48 ± 0,93	+0,13	+0,45 ± 1,04	÷0,15	+0,17 ± 0,71	+0,44
Muskelareal i pct. af m. major	sogrise	+0,28 ± 0,49	+0,06	÷0,53 ± 0,42	÷0,03	+0,39 ± 0,30	+0,13
	galte	+0,07 ± 0,69	+0,13	÷0,03 ± 0,74	÷0,09	+0,35 ± 0,37	+0,12
Pækelse, gns.	sogrise	+0,25 ± 0,36	÷0,09	÷0,18 ± 0,41	+0,08	÷0,02 ± 0,26	÷0,05
	galte	÷0,11 ± 0,46	÷0,16	+0,14 ± 0,50	+0,17	÷0,13 ± 0,28	÷0,04
Pækelst	sogrise	+0,38 ± 0,33	÷0,06	+0,04 ± 0,42	+0,06	÷0,11 ± 0,25	÷0,23
	galte	÷0,47 ± 0,39	÷0,13	+0,65 ± 0,32	+0,18	+0,14 ± 0,40	÷0,13
Muskelareal	sogrise	+0,22 ± 0,35	÷0,14	+0,06 ± 0,40	+0,15	÷0,08 ± 0,25	÷0,12
	galte	÷0,45 ± 0,39	÷0,22	+0,55 ± 0,37	+0,24	+0,25 ± 0,28	÷0,05
Muskelareal i pct. af kødareal	sogrise	+0,22 ± 0,39	÷0,18	+0,17 ± 0,44	+0,20	÷0,09 ± 0,37	÷0,29
	galte	÷0,27 ± 0,53	÷0,22	+0,33 ± 0,55	+0,23	+0,18 ± 0,34	÷0,24
Muskelareal i pct. af kødfyldt kød	sogrise	÷0,49 ± 0,31	÷0,12	+0,19 ± 0,43	+0,09	÷0,16 ± 0,26	÷0,06
	galte	÷0,08 ± 0,88	÷0,13	+0,06 ± 0,96	+0,11	÷0,11 ± 0,52	+0,01
Kødfyldt kød	sogrise	÷0,28 ± 0,48	+0,09	÷0,08 ± 0,59	÷0,09	+0,17 ± 0,33	+0,38
	galte	+0,17 ± 0,48	+0,16	÷0,43 ± 0,44	÷0,20	÷0,01 ± 0,30	+0,22
Arve	sogrise	÷0,20 ± 0,55	+0,04	+0,14 ± 0,61	÷0,02	÷0,08 ± 0,38	÷0,06
	galte	÷0,36 ± 0,69	÷0,12	+0,81 ± 0,29	-	+0,22 ± 0,46	+0,11
Vækst	sogrise	÷2,12	÷0,05	+1,92	+0,06	+0,43	+0,17
	galte	+1,03	+0,05	÷1,61	÷0,05	÷0,15	+0,09
Foderforbrug pr. livvægt	sogrise	+1,65	+0,03	÷1,55	÷0,04	÷0,34	÷0,20
	galte	÷0,91	÷0,08	+1,71	+0,07	+0,39	÷0,11

fænotype > 0,103, P < 0,01

fænotype > 0,078, P < 0,05

Weniger et al. (1962) konstaterede en meget lille sammenhæng mellem muskelareal og fiberdiameter hos kvæg ($r = +0,102$). Mellem kold slagtevægt og fiberdiameter fandt Gravert (1963) en korrelationskoefficient på $+0,115$.

Mellem fiberdiameter og muskelareal ud for 12. ribben hos kvæg fandt Swanson et al. (1965) en korrelationskoefficient på $÷0,16$. Mellem muskelareal og antal fibre pr. arealenhed var korrelationen positiv ($r = +0,34$).

Hos svin fandt Carpenter et al. (1963) en korrelation på $+0,84$ mellem dyrenes alder og fiberdiameteren i *m. longissimus dorsi*. En lignende udvikling af muskelfibrenes diameter med stigende alder og vægt hos svin er vist af Staun (1960 og 1963).

De i tabel 16 registrerede lave korrelationer mellem udtryk for grisenes kødindhold og muskelfiberdiameteren i *m. longissimus dorsi* falder således i tråd med resultater fundet af andre forskere, når målingerne foretages ved samme alder og vægt af dyrene. Det er endvidere under forudsætning af, at de ydre kår er holdt konstante, idet især fodringen under opvæksten har stor betydning for muskelfibrenes udvikling, hvilket f. eks. er vist af Joubert (1954 og 1956a), Nesen og Müller (1955), Staun (1960 og 1963), Yeates (1964) og Goldspink (1965).

Muskelfiberdiameterens relation til udtryk for svinenes fedningsgrad har alle været negative og af samme størrelsesorden som relationen til udtryk for kødfylden.

Sammenhængen mellem fiberdiameter og kropslængde har samme negative tendens, hvorfor man ikke helt kan se bort fra, at en forøgelse af kropslængden vil bevirke, at muskelfibre bliver længere og af den grund eventuelt bliver tyndere.

Den fænotypiske korrelation mellem muskelfiberdiameter og points for kødfarve var for sogrisenes vedkommende $+0,04$ og for galtene $\div 0,12$, hvorfor et afhængighedsforhold mellem disse to egenskaber må betragtes som tvivlsomt. Mellem de samme egenskaber hos svin af Duroc-racen og Yorkshire-racen fandt Allen et al. (1966) korrelationskoefficienter på henholdsvis $+0,01$ og $+0,05$. Schilling (1966) fandt, at svin, der havde tykke fibre, også havde det laveste pH i kødet 24 timer efter slagtning ($r = \div 0,20$). Vedrørende kødets myoglobinindhold fandt Kallweit (1964), at dette var stigende med stigende antal muskelfibre pr. arealenhed ($r = +0,134$).

I denne undersøgelse er der ikke fundet nogen relation mellem fibertykkelsen og daglig tilvækst samt foderforbrug pr. kg tilvækst.

Korrelationen mellem antal fibre pr. mm^2 og de i tabel 16 anførte egenskaber ligger på samme niveau som egenskabernes korrelation med muskelfiberdiameteren, men med modsat fortegn. Dette stemmer overens med Kallweit (1964), der fandt negative korrelationer mellem antal fibre pr. arealenhed og udtryk for kødfylden hos svin. Hos kvæg fandt Swanson et al. (1965) derimod en korrelationskoefficient på $+0,34$ mellem antal fibre pr. arealenhed og arealet af *m. longissimus dorsi*.

Korrelationerne mellem det totale antal fibre i muskeltværsnittet og de egenskaber, der er udtryk for kødfylden, er positive og væsentligt højere end korrelationerne mellem samme egenskaber og fiberdiameteren. For arealet

af *m. longissimus dorsi*'s vedkommende er korrelationskoefficienten $+0,49$ i gennemsnit af begge køn. Såvel genetisk som fænotypisk er der positiv sammenhæng mellem det totale antal fibre i *m. longissimus dorsi* og vægten af *m. psoas major*.

Relationerne mellem det totale antal muskelfibre og spækmålene er negative og af samme størrelsesorden som korrelationerne med fiberdiametere.

Der er positiv fænotypisk sammenhæng mellem daglig tilvækst og det totale antal fibre i musklen, medens den genetiske sammenhæng er positiv hos sogrisene og negativ hos galtene. Dette, at der er positiv korrelation mellem daglig tilvækst og antal fibre i musklen, tyder således på, at de dyr, der har et stort antal muskelfibre i musklen, også har en større vækstenergi, muligvis fordi der på grund af det større antal celler også er en større enzymaktivitet og en rigeligere blodforsyning til musklen.

I figur 18, side 80, er der opstillet et årsagsdiagram for fire egenskabskombinationer. Ved beregning af årsagsdiagrammet er anvendt den metode, der er vist af Hazel et al. (1943).

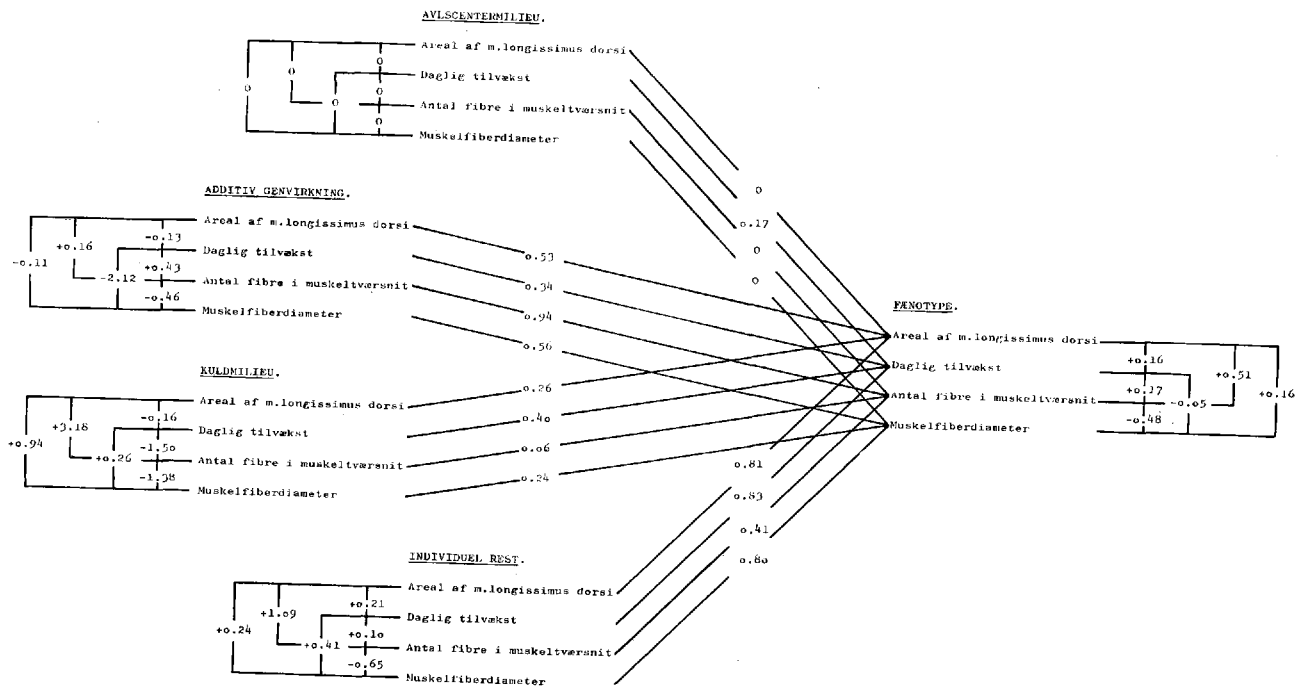
I årsagsdiagrammet er der vist de 6 mulige fænotypiske korrelationskombinationer hos sogrisene. Det ses, at daglig tilvækst har en path-koefficient på $0,17$ fra avlscentermilieuet til sogrisenes fænotype, medens de øvrige er nul. For arealet af *m. longissimus dorsi* fandt Jonsson (1965) en path-koefficient fra avlscentermilieuet til fænotypen hos sogrise på $0,25$, men angiver, at dette sikkert er for højt et skøn. Ifølge de foreliggende resultater influerer avlscentermilieuet ikke på *longissimus*arealet, det totale antal fibre og fibertykkelsen, når grisene slagtes ved en levendevægt af 90 kg.

Arealet af *m. longissimus dorsi* og muskelfiberdiameterens additivt genetiske path-koefficienter på sogrisenes fænotype er ca. $0,5$, medens koefficienten for daglig tilvækst er noget lavere, ca. $0,3$. Den additivt genetiske path-koefficient for det totale antal fibre i muskeltværsnittet er ca. $0,9$ og meget høj.

Kuldmilieuets path-koefficient på fænotypen er størst for den daglige tilvæksts vedkommende, medens path-koefficienten for det totale antal fibre er meget lille, kun $0,06$, hvilket underbygger teorien om, at muskelfibrenes antal er fastlagt allerede i fosterstadiet.

Bortset fra det totale antal fibre i muskeltværsnittet virker den individuelle rest med ret ens styrke på sogrisenes fænotype for de fire egenskaber.

Arealet af *m. longissimus dorsi* er fænotypisk positivt korreleret med daglig tilvækst, antal fibre i muskeltværsnittet og fiberdiametere. Stærkest er korrelationen på $+0,51$ mellem antal fibre og muskelareal. Den genetiske korrelation mellem disse to egenskaber er $+0,16$. Mellem daglig tilvækst og antal fibre i musklen er den genetiske korrelation $+0,43$. Negativ



Figur 18. Diagram over genetiske og milieubetingede relationer inden for en gruppe egenskaber hos sogrise.

Figure 18. Diagram of genetic and environmental relations within a group of characters in gilts.

korrelation, såvel fænotypisk som genetisk mellem daglig tilvækst og muskelfiberdiameteren er muligvis begrundet i, at der er en fysiologisk tærskel for, hvor hurtigt muskelfibrene kan udvikle sig på et givet foder og en given fodringsmetode. Lignende iagttagelser er gjort af Staun (1963).

På grundlag af resultaterne fra den foreliggende undersøgelse må det konkluderes, at arealet af *m. longissimus dorsi* i overvejende grad bestemmes af det antal fibre, der er i muskeltværsnittet, og i ringere grad af de tilstedeværende fibres tykkelse. Når arealet af *m. longissimus dorsi* forøges gennem avlen, beror det først og fremmest på en forøgelse i det samlede antal fibre i musklens tværsnit.

2. Arealet af *m. longissimus dorsi*, totalt kødareal og vægt af *m. psoas major*.

a. *Fænotypens opdeling.*

I tabel 17, side 82 er vist resultaterne for tre egenskaber, der er udtryk for svinenes kødfylde, idet det vigtigste mål, procent kød i den utilskårne side, ikke på det tidspunkt undersøgelsen blev gennemført, indgik som en egenskab ved bedømmelsen af forsøgssvinenes slagte kvalitet.

Besætningsmilieuets betydning for de anførte egenskaber må betragtes som minimalt, hvilket er i overensstemmelse med tidligere fundne resultater (f. eks. Jonsson, 1966), og som gælder slagte kvalitets egenskaberne i almindelighed.

For arealet af *m. longissimus dorsi* og det totale kødareal i den over-skårne side ligger skønnene for den additive genvirkning på niveau med de skøn, der blev fundet for muskelfiberdiameteren og antal fibre pr. mm². For begge egenskaber har galtene det laveste skøn. Disse skøn for heritabiliteten af arealet af *m. longissimus dorsi* og det totale kødareal er dog sikkert for lave, hvilket må tilskrives materialets forholdsvis lille størrelse. Jonsson (1966) fandt således på et materiale, der omfattede 7 beretningsår, at heritabiliteten af arealet af *m. longissimus dorsi* var 0,44 hos sogrise og 0,41 hos galte. Set i sammenligning med disse resultater er det overvejende sandsynligt, at de i dette arbejde fundne skøn for heritabiliteten af muskelfibrenes diameter eller antal fibre pr. mm² også er tilsvarende for lave og ville være blevet større, såfremt undersøgelsen var blevet gennemført på et endnu større materiale.

Heritabiliteten af vægten af *m. psoas major* er i det undersøgte materiale fundet til ca. 0,30 i gennemsnit af sogrise og galte. Dette svarer meget nøje til det af Jonsson (1963) fundne skøn for denne egenskab.

b. *Samvariation med andre egenskaber.*

Som det fremgår af tabel 18, side 83, er der positiv sammenhæng, såvel genetisk som fænotypisk, mellem arealet af *m. longissimus dorsi* og andre

Tabel 17. Variansanalysens resultater for arealet af *m. longissimus dorsi*, totalt kødareal og vægt af *m. psoas major*.

*Table 17. Analysis of variance of area of *m. longissimus dorsi*, total area of meat in cut side and weight of *m. psoas major*.*

	Fænotypisk varians				
	absolut			relativ	
	sogrise	galte		sogrise	galte
<i>Areal af m. longissimus dorsi, cm².</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	÷0,050	0,406	cem ²	÷0,006	0,061
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	2,368	0,557	ag ²	0,278 ± 0,225	0,084 ± 0,212
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	0,564	1,305	kum ²	0,067 ± 0,086	0,196 ± 0,086
$V_{\text{ind. rest}}$	5,627	4,386	ir ²	0,661	0,659
$V_{\text{fænotype}}$	8,509	6,654		1,000	1,000
<i>Totalt kødareal, cm².</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	÷0,058	0,404	cem ²	÷0,005	0,044
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	2,855	0,979	ag ²	0,258 ± 0,228	0,109 ± 0,220
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	1,105	1,852	kum ²	0,100 ± 0,087	0,206 ± 0,088
$V_{\text{ind. rest}}$	7,144	5,777	ir ²	0,647	0,641
$V_{\text{fænotype}}$	11,046	9,012		1,000	1,000
<i>Vægt af m. psoas major, g.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	288,07	130,55	cem ²	0,089	0,045
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	925,20	930,53	ag ²	0,286 ± 0,220	0,324 ± 0,216
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	420,03	113,36	kum ²	0,130 ± 0,081	0,039 ± 0,020
$V_{\text{ind. rest}}$	1598,02	1700,33	ir ²	0,495	0,592
$V_{\text{fænotype}}$	3231,32	2874,77		1,000	1,000

egenskaber, der er udtryk for svinenes kødindhold, medens sammenhængen med egenskaber, der er udtryk for svinenes fedningsgrad, er negativ. Den høje korrelation mellem det totale kødareal og arealet af *m. longissimus dorsi* er en følge af, at *longissimus* arealet udgør en meget væsentlig del af det totale kødareal. At arealet af *m. longissimus dorsi* spiller en meget stor rolle for points for kødfylde overskåren, fremgår af den høje positive korrelation mellem disse to egenskaber. Den største negative korrelation er fundet med spækarealet i pct. af kødarealet. Den fænotypiske korrelation mellem *longissimus* arealet og points for kødfarve er negativ, men svag. Den genetiske korrelation mellem de samme egenskaber er også negativ, hvilket ikke stemmer overens med Jonsson (1965), der fandt en svag positiv genetisk sammenhæng mellem de to egenskaber.

Sammenhængen mellem det totale kødareal og de i tabel 18 anførte egenskaber følger meget nøje resultaterne for arealet af *m. longissimus dorsi*.

M. psoas majors korrelation med de forskellige udtryk for slagtekaliteten, såvel genetisk som fænotypisk, følger arealet af m. longissimus dorsi og det totale kødareal, men ligger på et noget lavere niveau. Når vægten af m. psoas major hos Dansk Landrace i perioden 1934/35-1965/66 er steget fra 553 g til 699 g i gennemsnit af sogrise og galte (Clausen, 1967) eller 26,4 pct., uden at der direkte er selekteret for denne egenskab i eliteavlen, skyldes det, at vægten af denne muskel er genetisk fordelagtigt korreleret med egenskaber, der har været underkastet et selektionspres i nævnte periode. Mellem pct. kød i hele siden og vægten af m. psoas major fandt Pedersen (1964) en korrelationskoefficient på +0,4.

Tabel 18. Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem areal af m. longissimus dorsi, totalt kødareal, vægt af m. psoas major og andre egenskaber.

Table 18. Genetic and phenotypic correlations between area of m. longissimus dorsi, total area of meat in cut side, weighth of m. psoas major and other traits.

Egenskaber		Arealet af m. longissimus dorsi		Totalt kødareal		Vægt af m. psoas major	
		r _{add. genv.}	r _{fæno-type}	r _{add. genv.}	r _{fæno-type}	r _{add. genv.}	r _{fæno-type}
Totalt kødareal	sogrise	+0,97	+0,96				
	galte	+0,98	+0,95				
Vægt af m. psoas major	sogrise	+0,73	+0,23	+0,64	+0,22		
	galte	+1,51	+0,33	+1,72	+0,32		
Rygspæktykkelse	sogrise	÷0,34	÷0,17	÷0,31	÷0,17		
	galte	÷0,61	÷0,24	÷0,87	÷0,26	÷0,61	÷0,31
Sidespækmål	sogrise	÷0,68	÷0,42	÷0,51	÷0,41	÷0,52	÷0,29
	galte	÷0,89	÷0,47	÷1,08	÷0,48	÷0,81	÷0,32
Spækareal	sogrise	÷0,86	÷0,35	÷0,70	÷0,35	÷0,74	÷0,29
	galte	÷0,78	÷0,40	÷1,09	÷0,43	÷0,61	÷0,32
Spækareal i pct. af kødareal	sogrise	÷0,91	÷0,67	÷0,82	÷0,69	÷0,80	÷0,33
	galte	÷0,77	÷0,70	÷1,05	÷0,75	÷0,82	÷0,38
Kropslængde	sogrise	÷0,12	÷0,21	÷0,05	÷0,18	÷0,56	÷0,14
	galte	+0,84	÷0,13	+1,23	÷0,10	+0,89	÷0,10
Points for kødfylde, overskåren	sogrise	+0,90	+0,70	+0,62	+0,67	+0,79	+0,34
	galte	+0,96	+0,65	+1,07	+0,66	+0,69	+0,36
Points for kødfarve	sogrise	÷0,35	÷0,07	÷0,20	÷0,08		
	galte	÷1,28	÷0,13	÷0,84	÷0,13	÷0,62	÷0,10
Daglig tilvækst	sogrise	÷0,13	+0,16	÷0,42	+0,16	÷0,22	+0,09
	galte	+1,47	+0,23	+1,40	+0,22	+0,50	+0,19
Foderforbrug pr. kg tilvækst	sogrise	+0,09	÷0,25	+0,38	÷0,25	÷0,16	÷0,12
	galte	÷0,16	÷0,29	÷1,72	÷0,30	÷0,71	÷0,26

|r| fænotype > 0,078, P < 0,05.

|r| fænotype > 0,078, P < 0,05.

3. Den gennemsnitlige rygspæktykkelse, sidespækmålet og spækarealet i overskåren side.

a. Fænotypens opdeling.

Opdelingen af den fænotypiske varians for de tre egenskaber, der er medtaget som udtryk for svinenes fedningsgrad, er vist i tabel 19.

Avlscentermilieuet har i lighed med egenskaberne i det foregående afsnit ikke nogen indflydelse på betydningen af de her diskuterede egenskaber. Kuldmilieuets betydning er ligeledes moderat. Den individuelle rest for de tre egenskaber er samtidig lille, hvilket bevirker, at procent additiv genvirkning bliver høj.

De fundne heritabilitetsskøn, der, som gennemsnit af sogrise og galte, ligger på ca. 75 pct., er sikkert for høje, når det gælder populationen som helhed, idet Jonsson (1966) over 7 beretningsår fandt heritabilitetsskøn for sidespækmålet på 56 pct. og for spækarealet på 51 pct. De i dette arbejde fundne høje heritabilitetsskøn for de tre udtryk for fedningsgraden er således et eksempel på, at den additive genvirkning hos en eller flere egen-

Tabel 19. Variansanalysens resultater for gennemsnitlig rygspæktykkelse, sidespækmål og spækareal i overskåren side.

Table 19. Analysis of variance of average backfat thickness, side fat measurement and area of fat in cross section of cut side.

	Fænotypisk varians				
	absolut		relativ		
	sogrise	galte	sogrise	galte	
<i>Rygspektykkelse, cm.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	$\div 0,0017$	$\div 0,0011$	cem^2	$\div 0,033$	$\div 0,017$
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	0,0335	0,0557	ag^2	$0,658 \pm 0,272$	$0,882 \pm 0,270$
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	0,0035	$\div 0,0044$	kum^2	$0,068 \pm 0,088$	$\div 0,069$
$V_{\text{ind. rest}}$..	0,0156	0,0129	ir^2	0,307	0,204
$V_{\text{fænotype}}$	0,0509	0,0631		1,000	1,000
<i>Sidespækmål, cm.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	$\div 0,0056$	$\div 0,0089$	cem^2	$\div 0,059$	$\div 0,060$
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	0,0617	0,1226	ag^2	$0,656 \pm 0,265$	$0,829 \pm 0,292$
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	$\div 0,0001$	0,0084	kum^2	$\div 0,001$	$0,056 \pm 0,090$
$V_{\text{ind. rest}}$	0,0380	0,0259	ir^2	0,404	0,175
$V_{\text{fænotype}}$	0,0941	0,1480		1,000	1,000
<i>Spækareal, cm^2.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	$\div 1,519$	$\div 0,724$	cem^2	$\div 0,095$	$\div 0,033$
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	12,159	17,987	ag^2	$0,762 \pm 0,288$	$0,807 \pm 0,275$
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	0,659	$\div 0,185$	kum^2	$0,041 \pm 0,092$	$\div 0,008$
$V_{\text{ind. rest}}$	4,648	5,202	ir^2	0,292	0,234
$V_{\text{fænotype}}$	15,947	22,280		1,000	1,000

Tabel 20. Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem gennemsnitlig rygspæktykkelse, sidespækmål, spækareal i overskåren side og andre egenskaber.

Table 20. Genetic and phenotypic correlations between average backfat thickness, side fat measurement, area of fat in cross section of cut side and other traits.

Egenskaber		Rygspæktykkelse		Sidespækmål		Spækareal	
		r _{add. genv.}	r _{fæno-type}	r _{add. genv.}	r _{fæno-type}	r _{add. genv.}	r _{fæno-type}
Sidespækmål	sogrise	+0,65	+0,50				
	galte	+0,61	+0,59				
Spækareal	sogrise	+1,03	+0,59	+0,91	+0,76		
	galte	+0,81	+0,66	+0,91	+0,81		
Spækareal i pct. af kødareal	sogrise	+0,95	+0,52	+0,85	+0,75	+0,98	+0,91
	galte	+0,82	+0,59	+0,94	+0,80	+1,01	+0,91
Krop-længde	sogrise	÷0,33	÷0,19	+0,23	÷0,05	+0,09	÷0,06
	galte	÷1,05	÷0,23	÷0,26	÷0,10		
Points for kødfylde, overskåren	sogrise	÷0,59	÷0,44	÷1,02	÷0,79		
	galte	÷0,73	÷0,58	÷0,99	÷0,87	÷0,94	÷0,77
Points for kødfarve	sogrise	+0,03	+0,09	÷0,41	+0,05	+0,05	+0,12
	galte	+0,73	+0,07	+0,55	+0,07	+0,58	+0,10
Daglig tilvækst	sogrise	+0,80	÷0,09	+0,68	÷0,18	+0,51	÷0,14
	galte	+0,24		÷0,17	÷0,27	÷0,07	÷0,23
Foderforbrug pr. kg tilvækst	sogrise	÷0,33	+0,16	÷0,04	+0,27	÷0,05	+0,22
	galte	+0,11	+0,28	+0,30	+0,37	+0,38	+0,36

|r| fænotype > 0,078, P < 0,05.

|r| fænotype > 0,103, P < 0,01.

skaber kan være latent i racen. Når der drives udvalg på denne eller disse egenskaber, kommer den latente variation frem.

Til sammenligning kan anføres, at Smith og Ross (1965) hos British Landrace fandt 74 pct. additiv genvirkning for gennemsnitlig rygspæktykkelse og 62 pct. for et mål, der registreres samme sted som det danske sidespækmål. Disse skøn er dog ikke befriet for besætningsmilieuets påvirkning. Hos Norsk Landrace fandt Langholz (1966) heritabilitetsskøn for gennemsnitlig rygspæktykkelse, sidespækmål og spækareal på henholdsvis 52, 31 og 31 pct.

b. Samvariation med andre egenskaber.

I tabel 20 er vist korrelationen mellem henholdsvis gennemsnitlig rygspæktykkelse, sidespækmål og spækareal og andre egenskaber.

Gennemsnitlig rygspæktykkelse er såvel fænotypisk som genetisk positivt korreleret med sidespækmål, spækareal og spækareal i pct. af kødareal. Det samme gør sig gældende for korrelationerne mellem sidespækmål og spækareal samt sidespækmål og spækareal i pct. af kødareal. Den additivt genetiske korrelation mellem spækareal og spækareal i pct. af kødareal er

meget nær $+1,0$, medens den fænotypiske korrelation er $+0,9$. Den stærke samvariation mellem disse to egenskaber skyldes, at de er automatisk korrelerede.

Sidespækmålets fænotypiske korrelation med spækareal og spækareal i pct. af kødareal er ca. $+0,8$. Med points for kødfyldte bedømt på den over-skårne side er samvariationen ca. $+0,8$. Lignende høje fænotypiske korrelationer mellem sidespækmålet og andre slagte kvalitets egenskaber er også konstateret af Pedersen (1964) og Jonsson (1965). Sidespækmålets additive genetiske samvariation med spækarealet er $+0,9$. Denne stærke genetiske sammenhæng mellem disse to egenskaber betyder, at de gener, der bestemmer spækarealets størrelse, når grisen slagtes ved en levendevægt af 90 kg, også bestemmer dens fedningsgrad, udtrykt ved sidespækmålet. I avlsarbejdet vil sidespækmålet derfor være et virkningsfuldt udvalgs kriterium for nedbringelse af svinenes fedningsgrad.

De fænotypiske korrelationer mellem daglig tilvækst og de tre udtryk for fedningsgraden er konsekvent negative og ikke særlig høje. Omvendt er de tre egenskabers fænotypiske sammenhæng med foderforbrug pr. kg tilvækst konsekvent positive.

4. Points for kødfarve, daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst.

a. Fænotypens opdeling.

De i tabel 21, side 87 anførte skøn for fænotypens opdeling hos egenskaben, points for kødfarve, svarer stort set til de af Jonsson (1967) fundne skøn over 9 beretningsår. Set i forhold til de fluktueringer, der er konstateret i denne egenskabs additive genetiske varians, enten bestemt pr. beretningsår eller pr. forsøgsstation inden for beretningsår (Jonsson, 1965), må det i den foreliggende stikprøve fundne skøns overensstemmelse med et heritabilitets-skøn fundet over 9 beretningsår betragtes som en tilfældighed. Såvel skønnet for den additive genvirkning som for den fænotypiske varians er lavere hos galtene end hos sgrisene. Lignende skøn for heritabiliteten af points for kødfarve er fundet hos Britisk Landrace og Large White af Pease og Smith (1965) og hos amerikanske svineracer af Jensen (1967).

Avlscentrets indflydelse på grisens daglige tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst fra 20 til 90 kg levendevægt udgør i den foreliggende stikprøve 3–7 pct. Kuldmilieuets indflydelse på de to egenskaber er større hos sgrisene end hos galtene. De individuelle påvirkninger på grisenes fænotype har en styrke af ca. 65 procent.

Den additive genvirkning for den daglige tilvækst er hos sgrisene 12 procent og hos galtene 29 procent, medens den additive genvirkning for foderforbrug pr. kg tilvækst hos begge køn er ca. 23 procent. Jonsson (1965) fandt på sit materiale fra beretningsårene 1958–62, at den additive genvirk-

ning for daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst var henholdsvis 5 og 14 procent. I samme arbejde viste forfatteren, at additiv genvirkning for foderforbrug pr. kg tilvækst var faldet fra 44 til 14 procent over en tiårsperiode. De i det foreliggende arbejde fundne højere heritabilitetsskøn kan skyldes stikprøvevariation eller det forhold, at den additivt genetiske varians hos egenskaber, der ikke er under selektionspres, er latente i populationen.

Tabel 21. Variansanalysens resultater for points for kødfarve, daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst.

Table 21. Analysis of variance of scores for meat colour, daily gain and feed consumption per kg gain.

	Fænotypisk varians				
	absolut		relativ		
	sogrise	galte	sogrise	galte	
<i>Points for kødfarve.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	÷0,0003	0,0168	cem ²	÷0,001	0,072
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	0,0790	0,0531	ag ²	0,308 ± 0,274	0,227 ± 0,201
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	0,0171	0,0034	kum ²	0,066 ± 0,085	0,015 ± 0,077
$V_{\text{ind. rest}}$	0,1610	0,1603	ir ²	0,627	0,686
$V_{\text{fænotype}}$	0,2568	0,2336		1,000	1,000
<i>Daglig tilvækst, g.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	33,05	43,10	cem ²	0,028	0,040
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	138,84	316,22	ag ²	0,118 ± 0,216	0,291 ± 0,207
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	190,27	1,61	kum ²	0,161 ± 0,087	0,002 ± 0,079
$V_{\text{ind. rest}}$	815,79	725,29	ir ²	0,693	0,667
$V_{\text{fænotype}}$	1177,95	1086,22		1,000	1,000
<i>Foderforbrug pr. kg tilvækst, f.e.</i>					
$V_{\text{centermilieu}}$..	0,00135	0,00170	cem ²	0,063	0,072
$V_{\text{add. genvirkn.}}$..	0,00487	0,00513	ag ²	0,230 ± 0,217	0,218 ± 0,207
$V_{\text{kuldmilieu}}$..	0,00272	0,00195	kum ²	0,129 ± 0,087	0,083 ± 0,080
$V_{\text{ind. rest}}$	0,01223	0,01477	ir ²	0,578	0,627
$V_{\text{fænotype}}$	0,02117	0,02355		1,000	1,000

b. Samvariation med andre egenskaber.

Foderforbruget pr. kg tilvækst er automatisk højt korreleret med den daglige tilvækst, fordi tilvæksten fra 20 til 90 kg levendevægt indgår i begge egenskabers kvotienter. Det fremgår af tabel 22, side 88, at den additivt genetiske samvariation mellem de to egenskaber hos sogrisene er ÷1,03 og hos galtene ÷0,83. I gennemsnit af begge køn er den fænotypiske korrelation ÷0,88. Ved den fodring, der praktiseres på de faste svineforsøgsstationer, følger disse to egenskaber således meget nær hinanden.

Tabel 22. Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem points for kødfarve, daglig tilvækst, foderforbrug pr. kg tilvækst og andre egenskaber.

Table 22. Genetic and phenotypic correlations between scores for meat colour, daily gain, feed consumption per kg gain and other traits.

Egenskaber		Points for kødfarve		Daglig tilvækst		Foderforbrug pr. kg tilvækst	
		r _{add. genv.}	r _{fænotype}	r _{add. genv.}	r _{fænotype}	r _{add. genv.}	r _{fænotype}
Daglig tilvækst	sogrise	÷ 0,94	÷ 0,01				
	galte	÷ 1,02	÷ 0,05				
Foderforbrug pr. kg tilvækst	sogrise	+ 0,32	+ 0,05	÷ 1,03	÷ 0,87		
	galte	+ 1,11	+ 0,08	÷ 0,83	÷ 0,89		
Krop-længde	sogrise	+ 0,31	+ 0,23	+ 2,78	+ 0,03	÷ 0,21	÷ 0,02
	galte	+ 0,10	+ 0,17	÷ 0,11	÷ 0,04	÷ 0,53	+ 0,01
Points for kødfylde, overskåren	sogrise	+ 0,05	÷ 0,09	÷ 0,17	+ 0,23	÷ 0,28	÷ 0,33
	galte	÷ 0,66	÷ 0,08	+ 0,51	+ 0,33	÷ 0,68	÷ 0,43
Spækareal i pct. af kødareal	sogrise	+ 0,01	+ 0,12	+ 0,65	÷ 0,18	÷ 0,21	+ 0,29
	galte	+ 0,61	+ 0,13	÷ 0,33	÷ 0,28	+ 0,65	+ 0,41

| r |_{fænotype} > 0,103, P < 0,01.

| r |_{fænotype} > 0,103, P < 0,01.

Daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst er fordelagtigt korreleret med points for kødfylde overskåren og spækareal i pct. af kødareal. Når der i disse korrelationer ikke er konsekvent overensstemmelse mellem fortegnene på de fænotypiske og genetiske korrelationskoefficienter, skyldes det sandsynligvis de genetiske korrelationers store følsomhed over for stikprøvevariationer.

Relationerne mellem points for kødfarve og de i tabel 22 anførte egenskaber er af beskeden størrelse og svarer ret nøje til tidligere fundne skøn hos Dansk Landrace (Jonsson, 1965). Den største fænotypiske sammenhæng er fundet mellem points for kødfarve og kropslængde.

KAPITEL IV

Muskelfibrenes størrelse og antal i relation til svinekødets kvalitet.

Tidligere undersøgelser.

En af de vigtigste kvalitetsegenskaber hos kød er dets mørhedsgrad, da fejl hos denne kvalitetsfaktor meget hurtigt registreres af konsumenterne. Muskelfibrenes tykkelse har længe været anset for at spille en ikke ringe rolle for kødets mørhedsgrad. Brady (1937) fandt således, at jo større antallet af fibre pr. muskelbundet var, desto større var oksekødets mørhedsgrad. Sartorius og Child (1938) viste ligeledes hos oksekød, at store muskelbunder, der består af tynde fibre, var mere møre end små bundter, der består af tykke fibre. Hammond (1940) opfatter problemet vedrørende kødets mørhedsgrad således: »The meat from young animals is tender and that from old animals tough; in young animals the »grain« of the meat is fine, whereas in old animals it is coarse. Increase in size of the muscle bundles with age is brought about by increase in muscle fibre size. Within anyone joint, such as a leg of mutton, some muscles such as the gracilis with small muscle fibres and fine grain, are tender and others, such as the vastus externus, with large muscle fibres and coarse grain are tough. The meat too from small animals in which the muscle bundles are small, such as the rabbit and sheep is tender, whereas the meat from large animals in which the muscle bundles are large, such as cattle, is tough.«

Hiner et al. (1953) fandt ligeledes, at kød, der bestod af tynde muskelfibre, var mere mørt end kød, der bestod af tykke muskelfibre. Undersøgelsen, der blev gennemført på kvæg, viste, at sammenhængen mellem fiberdiameter og mørhedsgrad var krumliniet, og at korrelationen var $+0,83$. Undersøgelsen viste også, at mængden og fordelingen af kollagen og elastin havde betydning for mørhedsgraden. Lörincz og Biro (1960) fandt, at muskler, der bestod af tynde fibre, var mere møre end andre, der bestod af tykke fibre, ligesom der blev fundet en relation mellem mængden af bindevæv og mørhedsgrad. Lignende resultater blev fundet af Steinhauß (1961).

Hos Herefordkvæg, der varierede i alder fra 6 til 90 mdr., fandt Tuma et al. (1962), at en større fiberdiameter også medførte en mindre mørhedsgrad af kødet. Inden for aldersgrupper var der kun ringe sammenhæng mellem fiberdiameter og mørhedsgrad. Gravert (1963) fandt ligeledes hos kvæg, at mørhedsgraden var faldende med stigende fiberdiameter ($r = +0,27$).

Romans et al. (1965) fandt ikke nogen relation mellem muskelfibrenes diameter og oksekødets mørhedsgrad. Herring et al. (1965) viste, at oksekroppens placering under nedkølingen har betydning for sarkomerlængden og fiberdiameteren i nogle muskler. Ved vertikal ophængning af slagtekrop-

pen i modsætning til horisontal placering, forøgedes sarkomerlængden i musklerne psoas major, latissimus dorsi og rectus femoris, samtidig med at fiberdiameteren blev mindre. Strækningen af kroppen betød en forbedring af mørhedsgraden, bestemt med Warner-Bratzler apparatet. Det blev endvidere vist, at 12 procent af variationen i kødets mørhedsgrad kunne henføres til sarkomerlængden og fiberdiameteren.

En række egenskaber hos muskelfibrene i relation til kødets kvalitet er behandlet af Wismer-Pedersen (1967).

Interessen for muskelfibrenes betydning for kødkvaliteten har især samlet sig om oksekødets kvalitet, da mørhedsgraden er en betydelig kvalitetsfaktor, når det drejer sig om oksekød. Imidlertid har der også, især i de senere år, været en ikke ringe interesse for hos svinekød at finde egnede kvalitetskriterier, der kan anvendes i avlsarbejdet. Muskelfibrenes betydning for svinekødets kvalitet har også tidligere været genstand for nærmere undersøgelser. Således fandt Krüger (1930) og Ahrens (1931), at jo større fiberdiameteren var, desto mindre mørt var kødet. Desuden var muskelfibrenes evne til at tilbageholde cellesaften ringere, jo større fibre var. Kød, der består af tynde fibre, vil således ikke blot være mere mørt, men også mere saftigt end kød, der består af tykke fibre.

Carpenter et al. (1963) målte de 25 største fibre i hver kødprøve, udtaget af m. longissimus dorsi fra 78 grise. Med stigende maksimal muskelfiberdiameter blev der fundet et fald i karakteren for mørhedsgrad af en kogt prøve, bedømt subjektivt af et smagshold. Der blev ikke fundet nogen signifikant sammenhæng mellem mørhedsgrad og musklens totale indhold af bindevæv, medens en grovere struktur af det tilstedeværende bindevæv medførte, at kødet blev mindre mørt.

Hos råt svinekød viste Vold og Wismer-Pedersen (1963), at kød med stor vandbindingsevne krævede en mindre overskæringskraft end kød med en lille vandbindingsevne. Muskelfibrene i kødet med stor vandbindingsevne var ligeledes lettere at sønderdele end muskelfibrene i kødet med den lille vandbindingsevne. Undersøgelsen viste endvidere, at resultaterne, fundet på råt kød, ikke kunne overføres til kød, der var stegt eller kogt.

Kallweit (1964) undersøgte sammenhængen mellem en lang række kødkvalitetskriterier i musklerne longissimus dorsi, psoas major, semitendinosus og supra spinam hos svin. Med stigende antal fibre pr. $0,16 \text{ mm}^2$ (faldende fiberdiameter) blev der generelt fundet en større vandbindingsevne og et større myoglobinindhold i musklerne. For m. longissimus dorsi blev det endvidere fundet, at mørhedsgraden, bestemt subjektivt, var stigende med stigende antal fibre pr. arealenhed ($r = +0,25$, $P < 0,05$).

Hos grise af samme race, der blev fodret ens og slagtet ved samme levedevægt fandt Schilling (1966), at der inden for den enkelte muskel var

en sammenhæng mellem fibertykkelsen og forskellige kødkvalitetssegenskaber. Tynde fibre var således forbundet med bedre kvalitetsegenskaber end tykke fibre. Ved at dele materialet i to lige store grupper, én omfattende de tykke muskelfibre (gns. 68,6 μ), og én omfattende de tynde muskelfibre (gns. 58,6 μ), blev det konstateret, at gruppen med de tykke fibre havde en signifikant kortere sarkomerlængde, et signifikant højere indhold af intramuskulært fedt og et større vægttab ved kogning. Desuden var kødets konsistens signifikant dårligere i gruppen med de tykke fibre. Beregnet på hele materialet var korrelationen mellem fiberdiameter og konsistens $r = +0,26$ ($P < 0,05$).

Allen et al. (1966) undersøgte de fænotypiske og genetiske relationer mellem 8 kødkvalitetskriterier hos 87 galte af Yorkshire-racen og 55 galte af Duroc-racen. Kødprøverne blev nedfrosset i et bad af kulsyreis og acetone umiddelbart efter slagtingen. Hos Duroc-racen blev der fundet en positiv, fænotypisk korrelation ($r = +0,36$, $P < 0,01$) mellem fiberdiameter og intramuskulært fedt og en negativ korrelation ($r = \div 0,46$, $P < 0,01$) mellem fiberdiameter og muskeltvævet vandindhold. Hos Yorkshire-racen var de samme relationer begge svagt negative og ikke statistisk sikre. Mellem fiberdiameter og pH i det nedfrosne kød, bestemt 24 timer efter slagting, blev der fundet en stærk negativ genetisk korrelation ($r = \div 0,88$, $P < 0,01$), hvilket må betragtes som fordelagtigt, idet et forholdsvis højt pH og en lille fiberdiameter bidrager til mere ønskværdige kvalitetsegenskaber end et lavt pH og en stor fiberdiameter.

I sin undersøgelse over fænotypiske og genetiske sammenhænge mellem nogle slagte- og kødkvalitetsegenskaber hos 5 amerikanske svineracer fandt Jensen (1967), at der ved selektion for mindre rygspæktykkelse og større areal af m. longissimus dorsi vil ske en forringelse af kødkvaliteten i form af dårligere vandbindingsevne, mindre intramuskulært fedt og mindre mørkt kød. Jensen (1967) viste også, at heritabiliteten for vandbindingsevnen var 0,63 og for mængden af intramuskulært fedt 0,86, medens den for mørhedsgraden var 0,25. Ud fra disse resultater konkluderes, at kødkvaliteten hos svin, på trods af fortsat selektion for større kødfylde, vil kunne forbedres ved samtidig at selektere for større vandbindingsevne og et større indhold af intramuskulært fedt.

Egne undersøgelser.

På grundlag af de i litteraturen anførte resultater vedrørende sammenhængen mellem muskelfibrenes tykkelse og kødets kvalitet, må det konstateres, at de fleste undersøgelser peger i retning af, at kød, der består af tynde muskelfibre, har en bedre farve og vandbindingsevne samt er mere mørkt end kød, der består af tykke muskelfibre. Set på baggrund af resulta-

terne fra kapitel III, er disse relationer ikke af uvæsentlig betydning. Selektion for større kødfylde, hvor denne skyldes, at muskelfibrene er blevet tykkere, skulle således indebære en fare for, at kødets kvalitet samtidig bliver ringere. Skyldes forøgelsen af kødfylden derimod et forøget antal af tyndere fibre, skulle det betyde en forbedret kødkvalitet. Ved selektion af dyr med et stort samlet antal fibre i muskeltværsnittet er der, i henhold til kapitel III, mulighed for at forøge kødfylden, uden at det medfører en tykkere fiberdiameter og dermed en dårligere kødkvalitet.

I tilknytning til De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre er der ikke hidtil gennemført nogen omfattende undersøgelse af kødkvaliteten, udover at der gives et samlet pointstal for kødfarve og kødstruktur, bestemt på snitfladen af *m. longissimus dorsi* ud for det bageste ribben. Som det fremgår af tabel 16, side 77, er korrelationen mellem points for kødfarve og muskelfibrenes diameter og antal af en meget lille størrelse.

For at få mere at vide om sammenhængen mellem fibertykkelse og kødkvalitet, blev der gennemført en mindre undersøgelse på svin fra den faste svineforsøgsstation »Sjælland«. Undersøgelsen blev gennemført i samarbejde med Slakteriernes Forskningsinstitut, der var behjælpelig med bestemmelsen af kødets vandbindingsevne, konsistens og farve (Jensen, 1965). Ved undersøgelsens planlægning blev det bestemt, at der skulle anvendes kødprøver fra to forsøgshold pr. orne. Kun 7 af de 13 orner, der indgik i undersøgelsen, havde 2 fuldtallige forsøgshold, medens der på grund af sygdom var udsat grise fra enkelte hold efter de øvrige 6 orner. I alt indgik der 93 grise, 49 galte og 44 sogrise i undersøgelsen.

Der blev anvendt muskelprøver af *m. longissimus dorsi*, der blev udtaget dagen efter slagtning. Prøverne blev udtaget ud for det bageste ribben. På Slakteriernes Forskningsinstitut blev der bestemt kødfarve ved hjælp af remissionsfotometer. Farveintensiteten angives her ved den mængde lys, der reflekteres fra kødet relativt til den del, der reflekteres fra en hvid overflade (MgO) ved en bølgelængde på 540 $m\mu$. Derfor vil kødet være lysere med stigende remissionstal. Vandbindingsevnen blev bestemt som milligram udpresset kødsaft pr. gram kød. Jo lavere dette tal er, desto bedre er derfor kødets vandbindingsevne. Konsistensen i rå kød blev bestemt på et Woldekewitsch konsistensmåleapparat. Det mest møre kød kræver den mindste overskæringskraft, hvorfor et lille konsistenstal også er ensbetydende med mere mørt kød end et højt konsistenstal.

Desuden blev der foretaget en måling af muskelfibrenes diameter og antal efter den på siderne 53–56 beskrevne fremgangsmåde.

Gennemsnitsresultaterne for de 13 afkomsgrupper er vist i tabel 23. De enkelte afkomsgrupper er ordnet efter faldende vandbindingsevne.

Tabel 23. Kød-kvaliteten hos afkom efter 13 orner af Dansk Landrace.*Table 23. Meat quality in progeny from 13 Danish Landrace boars.*

Orne nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Gns.
Antal grise	7	8	8	8	3	7	8	8	7	8	7	6	8	
Vandbindingsevne ..	487	491	492	496	496	497	499	503	507	510	512	516	522	502
Konsistens, kg	5,8	5,3	8,3	7,4	5,9	8,7	9,0	9,8	7,7	7,5	9,4	10,8	12,1	8,3
Farve, remission	21,1	22,4	23,2	23,9	20,3	23,8	25,5	23,1	23,5	23,5	25,9	27,0	28,4	24,0
Points for kødfarve ..	2,50	2,44	2,13	2,31	2,67	2,00	2,06	2,31	2,33	2,13	2,00	1,67	1,81	2,18
Fiberdiameter, μ	54,2	56,9	57,1	59,8	60,2	57,4	58,0	59,5	57,8	54,6	59,2	58,0	57,9	57,7
Total antal fibre, 1000, i m. long. dorsi	792	718	763	638	661	686	735	720	710	705	678	719	730	712
Areal af m.long. dorsi, cm ²	29,0	29,7	31,3	27,3	28,5	27,0	30,2	30,2	27,3	28,0	29,5	30,3	29,3	29,0
Daglig tilvækst, g	742	722	706	691	708	692	679	703	719	727	709	718	710	710

Det fremgår af tabel 23, at afkommet efter ornerne 1 og 2 ikke blot har haft den bedste vandbindingsevne, men også det mest møre kød samt en fortrinlig kødfarve, målt såvel objektivt som subjektivt. Endvidere har fiberdiameteren været forholdsvis lille og det totale antal fibre i muskeltværsnit stort. Ligeledes har den daglige tilvækst ligget over gennemsnittet.

Karakteristisk for afkommet efter ornerne 12 og 13 er, at både vandbindingsevnen, mørhedsgraden (udtrykt ved konsistensen) og kødfarven er betydeligt under middel, medens fibermålene, muskelarealerne og daglig tilvækst stort set ligger på gennemsnitsniveau. Mellem disse to yderpunkter er resultaterne mere varierende.

Set på baggrund af disse resultater er der ingen tvivl om, at kødkvaliteten, udtrykt ved kødets vandbindingsevne, konsistens og farve, er bestemt af arvelige anlæg. Dette er f. eks. også vist af Allen et al. (1966) og Jensen (1967). En forsøgsvis beregning af heritabilitetsskøn for de i tabel 23 anførte egenskaber viste, at materialet var for lille til en sådan beregning, idet variationskomponenten for orner i flere tilfælde var negativ.

Der blev imidlertid foretaget en beregning af de fænotypiske korrelationer mellem alle 8 egenskaber. Resultaterne heraf er for sogrise og galte hver for sig vist i tabel 24, side 94.

Det fremgår af tabel 24, at korrelationerne mellem de fire første egenskaber indbyrdes er temmelig høje og lige stærke for begge køn. En ringe vandbindingsevne er således nøje forbundet med lysere kødfarve og mindre mørt kød. En lignende høj korrelation mellem vandbindingsevnen og konsistensen af råt kød er tidligere fundet af Vold og Wismer-Pedersen (1963), der tillige konstaterede, at konsistensen af råt svinekød ikke havde nogen relation til konsistensen af kogt eller stegt kød.

Mellem fiberdiametere eller det totale antal fibre og de fire først anførte kvalitetskriterier er der fundet ideelle positive eller negative korrelationer for sogrisenes vedkommende, hvorimod galtene har reageret lige modsat. Årsagen hertil er sikkert materialets beskedne omfang.

Sammenhængen mellem kødkvalitetsegenskaberne og arealet af m. longissimus dorsi eller daglig tilvækst har i denne undersøgelse været af ringe størrelsesorden.

Som tidligere vist af f. eks. Carpenter et al. (1963) og Vold og Wismer-Pedersen (1963) har konsistensen af rå kød ikke nogen relation til konsistensen af tilberedt kød, kogt eller stegt. Da konsistensen af tilberedt kød har større betydning for konsumenten end konsistensen af rå kød, blev det besluttet at gennemføre en undersøgelse over sammenhængen mellem konsistensen af stegt kød og andre faktorer som muskelfibrenes diameter og antal, kødfarve, muskelareal og alder ved slagtning.

I undersøgelsen indgik der muskelprøver fra 47 grise fra svineforsøgsstationen »Sjælland«. Prøverne, der blev udtaget af m. longissimus dorsi ud for det bageste ribben dagen efter slagtningen, valgtes fra tilfældige grise, idet der dog ved udvælgelsen blev tilstræbt den størst mulige variation i muskelarealet. Prøverne til måling af muskelfibrenes diameter og antal blev udtaget og præpareret på sædvanlig måde.

Måling af kødets farve på remissionsfotometer samt konsistensmålingerne blev udført på Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Laboratoriet for kødteknologi.

Inden konsistensmålingerne blev foretaget, blev det ca. 8 cm lange stykke af m. longissimus dorsi friturestegt ved 150°C i 25 min. Efter afkø-

Tabel 24. Fænotypiske korrelationer mellem nogle kødkvalitetsegenskaber hos svin af Dansk Landrace. Galte over, sogrise under diagonalen.

Table 24. Phenotypic correlations among some meat quality traits in pigs of Danish Landrace. Castrates above, gilts below the diagonal.

	Vandbindings- evne	Konsis- tens	Farve, remis- sion	Points for kød- farve	Fiber- dia- meter	Total antal fibre	Areal af m. long. dorsi	Dagligt tilv.
Vandbindingsevne		+0,64	+0,71	÷0,41	+0,21	÷0,22	÷0,08	+0,28
Konsistens	+0,65		+0,82	÷0,55	+0,32	÷0,21	+0,11	÷0,18
Farve, remission	+0,76	+0,79		÷0,69	+0,32	÷0,27	÷0,04	÷0,15
Points f. kødfarve	÷0,67	÷0,51	÷0,71		÷0,29	+0,11	÷0,17	+0,05
Fiberdiameter	÷0,22	÷0,21	÷0,23	+0,28		÷0,48	+0,24	÷0,19
Total antal fibre	+0,29	+0,17	+0,12	÷0,34	÷0,53		+0,51	+0,29
Areal af m. long. dorsi	+0,15	+0,03	÷0,02	+0,24	+0,03	+0,69		+0,15
Daglig tilvækst	÷0,02	÷0,07	÷0,16	+0,14	÷0,13	+0,11	+0,07	

For $|r| > 0,29$, $P < 0,05$; for $|r| > 0,37$, $P < 0,01$

ling blev der på langs af fiberretningen udboret standardiserede prøver til de egentlige konsistensmålinger. Målingerne blev udført med et Warner-Bratzler konsistensmåleapparat. Jo mere mørt kødet er, desto mindre kraft medgår der til at skære den standardiserede kødprøve over.

De undersøgte egenskabers gennemsnit, spredning og variationsbredde er vist i tabel 25.

Tabel 25. Gennemsnit, spredning og variationsbredde for nogle egenskaber hos svin af Dansk Landrace (n = 47).

Table 25. Means, standard deviations and ranges for some traits in Danish Landrace pigs (n = 47).

Egenskaber	\bar{x}	s	Variationsbredde
Konsistens, kg	18,3	± 3,49	13,3–29,2
Farve, remission	22,4	± 1,68	7,1–32,0
Areal af m. long. dorsi, cm ²	29,8	± 3,98	22,7–40,7
Alder v. slagtning, dage	177	± 13,8	152–211
Antal fibre pr. mm ²	226	± 28,7	178–315
Fiberdiameter, μ	55,4	± 4,51	43,3–64,4
Total antal fibre, 1000	671	± 107,5	443–986

Det fremgår af tabel 25, at der for alle de viste egenskaber har været en betydelig variationsbredde. Udvalget af dyrene på grundlag af størst mulig variation i arealet af m. longissimus dorsi har således også medført en stor variation i de øvrige egenskaber.

Der blev foretaget en beregning af simple fænotypiske korrelationer mellem egenskaberne, hvoraf de vigtigste er vist i tabel 26.

Som det fremgår af tabel 26, side 96, er der en negativ, men ikke signifikant, korrelation mellem konsistens og farve. Da kødfarven er bestemt på remissionsfotometer, hvor et stigende farvetal er udtryk for faldende kødfarve, betyder den negative korrelation mellem de nævnte to egenskaber, at jo mørkere kødfarven er, desto mere mørt er kødet, hvilket må betragtes som en heldig relation.

Ligeledes er et forøget areal af m. longissimus dorsi og et forøget totalt antal fibre i muskeltværsnittet ensbetydende med mere mørt kød. Derimod synes fiberdiameteren i denne undersøgelse at spille en ret ringe rolle for kødets mørhedsgrad.

Stigende alder ved slagtning ved 90 kg levendevægt medfører ikke blot et mindre muskelareal, men også mindre mørt kød.

Kødfarven er stærkest påvirket af alder ved slagtning og det totale antal fibre i muskeltværsnittet.

De i det foregående omtalte to supplerende undersøgelser angående muskelfibrenes diameter og antal i relation til forskellige udtryk for kødets

Tabel 26. Fænotypiske korrelationer mellem nogle egenskaber hos svin af Dansk Landrace (n = 47).

Table 26. Phenotypic correlations among some traits in Danish Landrace pigs (n = 47).

	Konsistens	Farve, rem.	Areal af m. long. dorsi
Farve, remission	÷ 0,15		
Areal af m. long. dorsi	÷ 0,38	+ 0,02	
Alder ved slagting	+ 0,31	÷ 0,18	÷ 0,32
Fiberdiameter	÷ 0,06	÷ 0,002	+ 0,45
Total antal fibre	÷ 0,25	÷ 0,12	+ 0,61

For $|r| > 0,29$, $P < 0,05$; for $|r| > P 0,37$, $P < 0,01$.

kvalitet underbygger, på trods af det relativt lille materiale, de resultater, som andre forskere har fundet vedrørende samme problemstilling. Næsten alle undersøgelser viser en klar tendens til, at kødkvaliteten, målt ved kødets mørhedsgrad, farve og vandbindingsevne, er mere ideel, når kødet består af mange tynde fibre, end når det består af færre og tykke fibre.

En forøgelse af svinenes kødfylde vil således ikke, når forøgelsen af kødfylden sker ved en forøgelse af muskelfibrenes totale antal, rumme nogen fare for en samtidig forringelse af kødkvaliteten. Kødkvaliteten vil derimod snarere forringes, såfremt der ved en forøgelse af kødfylden, også sker en forøgelse af fiberdiameteren.

Endvidere har undersøgelserne vist, at nogle orner giver afkom, hvis kødkvalitet er betydeligt bedre end andre ornere. Der er derfor ingen tvivl om, at kødkvalitetsegenskaberne hos svin er arveligt betingede, også i en sådan grad, at de, såfremt det skønnes påkrævet, vil være effektive selektionskriterier i avlsarbejdet.

Muskelfibermålingernes anvendelsesmuligheder i avlsarbejdet.

Anvendelsen af muskelfibermålinger i avlsarbejdet, specielt det totale antal fibre i muskeltværsnittet, vil på grund af de i det foreliggende arbejde fundne resultater kunne få betydning, ikke blot med hensyn til en forbedring af kødfylden, men også med hensyn til en forbedring af kødkvaliteten. For kødfyldens vedkommende er dette begrundet i den høje heritabilitet af det totale antal fibre i muskeltværsnittet og det totale antal fibres positive relation til hele karbonadens kødfylde. For kødkvalitetens vedkommende vil forholdet være dette, at et stort antal tynde fibre i musklen i stedet for et mindre antal, men tykke fibre, vil bidrage til en bedre kødfarve, en bedre vandbindingsevne og mere mørt kød. Den mest effektive metode til at klarlægge muskelfibermålingernes anvendelsesmuligheder i avlsarbejdet, ville være et selektionsforsøg med det totale antal fibre i muskeltværsnittet som

selektionsgrundlag. Resultaterne af et forsøg af denne art vil kunne belyse problemerne yderligere, inden der tages stilling til, om muskelfibermålingerne eventuelt skal anvendes som et selektionskriterium i eliteavl.

I bekræftende fald vil muskelfibermålingerne kunne gennemføres i tilknytning til bedømmelsen af grisene fra De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre, som den gennemføres på bedømmelsescentralerne for forsøgssvin i henholdsvis Ringsted og Horsens. Arbejdet ved fibermålinger af ca. 5000 grise om året vil naturligvis være ret omfattende, men vil kunne gennemføres af 2 assistenter på hver bedømmelsescentral, idet der må tages hensyn til, at resultatet af målingerne sammen med de øvrige forsøgsresultater for forsøgsholdet hurtigst muligt skal meddeles avlscenterejeren.

En anden vej, som er farbar i selektionsarbejdet, er udnyttelsen af fænotypeprøven eller individsprøven, der består i en række prøver på selve det levende individ, som eventuelt ønskes anvendt i avlen. Som vist af Jonsson (1966) vil fænotypeprøven give den sikreste og hurtigste fremgang i avlsarbejdet, forudsat at den eller de egenskaber, der er under selektion, kan bestemmes med lige så stor nøjagtighed på det levende som på det slagtede dyr. Daglig tilvækst og foderforbrug pr. kg tilvækst er egenskaber, der bestemmes på samme måde, uanset hvilket selektionssystem der anvendes. For slagte kvalitetsens vedkommende stiller sagen sig imidlertid anderledes, idet det er vanskeligt at finde målemetoder, der med tilstrækkelig stor sikkerhed kan give udtryk for det levende dyrs slagte kvalitet. En måling af rygspækkets tykkelse på den levende gris ved hjælp af et ultralydapparat er teknisk mulig og anvendes i svineavlsarbejdet i flere lande. Under danske forhold har målinger af rygspækket på den levende gris ved hjælp af ultralydapparatet ikke givet så tilfredsstillende resultater, at det har kunnet berettiggende denne metodes anvendelse som supplement til helsøskendeprøverne (Pedersen, 1967).

Såfremt en videreudvikling af ultralydapparatets anvendelsesmuligheder medfører, at det, anvendt på den levende gris, kan måle arealet af *m. longissimus dorsi* eksakt, vil fænotypeprøven kunne få stor betydning, idet der da vil kunne selekteres direkte på muskelarealet og dermed på kødfylden.

Når en bestemmelse af arealet af *m. longissimus dorsi* på den levende gris er mulig, er der også skabt mulighed for at kunne bestemme det totale antal fibre i muskeltværsnittet, idet der ved biopsi kan udtages en muskelprøve til bestemmelse af antal fibre pr. mm².

Biopsiteknikken ved udtagelse af muskelprøver til fibermålinger er anvendt af Everitt og Carter (1961) på kvæg og af Livingston et al. (1966) på svin og har i begge tilfælde kunnet udføres på betryggende måde og med helt tilfredsstillende resultat for muskelfibermålingernes vedkommende.

Ved gennemførelse af fænotypeprøver som skitseret må disse af hensyn til sammenligningsgrundlaget udføres på dyr, der er opvokset under ensartede miljøforhold og har samme levendevægt ved prøvens udførelse.

Selv om det bliver muligt at finde metoder, der anvendt på det levende dyr, kan give et så sikkert mål for dyrets kødindhold, at det kan anvendes i selektionsarbejdet, vil der alligevel ved fænotypeprøven mangle oplysninger om kødets kvalitet.

For kødkvalitetens vedkommende åbner anvendelsen af biopsi sikkert en mulighed, såfremt den på det levende dyr udtagne muskelprøve også kan anvendes til en bedømmelse af kødets kvalitet. Nyere undersøgelser (Herring et al., 1967) har imidlertid vist, at en forkortning eller en strækning af muskelprøven medfører henholdsvis forøgelse og formindskelse af muskelfiberarealet samt henholdsvis en forkortelse og en forøgelse af sarkomerlængden i muskelfibrene. En forøgelse af sarkomerlængden stod i meget nøje relation til en faldende fiberdiameter, ligesom kødets mørhedsgrad var større, jo tyndere muskelfibrene var. Udtages der muskelprøver ved biopsi, og de ønskes anvendt til muskelfibermålinger og kødkvalitetsbestemelser, må de derfor underkastes en standardpåvirkning, så strækningsgraden bliver ens for alle prøver. Denne fiksering af muskelprøvens længde må være permanent fra det øjeblik, den er udtaget, og indtil den efter ca. 24 timer er afkølet til 4°C, der er normal kølehustemperatur. For at kunne sammenligne muskelfibermålinger og kødkvalitetsmålinger foretaget på muskelprøver udtaget ved biopsi, med muskelprøver udtaget ca. 24 timer efter slagtingen, må biopsiprøverne afkøles kontinuerligt og under samme anaerobe betingelser, som hersker i muskulaturen ved den normale slagtemetode. De her nævnte problemer er af teknisk art og vil forholdsvis let kunne løses.

Set på baggrund af det forannævnte er der næppe nogen tvivl om, at muskelfibermålinger såvel som kødkvalitetsmålinger på muskelprøver udtaget ved biopsi kan gennemføres og således være et værdifuldt supplement til fænotypeprøven og dermed et af de midler, der kan bringes i anvendelse for at forbedre kødfylden og kødkvaliteten hos Dansk Landrace.

Sammendrag.

Formålet med den foreliggende undersøgelse har været at undersøge den genetiske og fænotypiske variation i muskelfibrenes diameter og det totale antal fibre i m. longissimus dorsi hos svin af Dansk Landrace, samt at beregne de genetiske og fænotypiske korrelationer mellem de to nævnte egenskaber og forskellige udtryk for svinenes kødindhold og kødkvalitet.

Der er givet en kort fremstilling af skeletmuskulaturens anatomiske opbygning. Der er gjort rede for de enkelte bestanddele, hvoraf en muskel er opbygget, ligesom de generelle forhold vedrørende muskelfibrenes form og størrelse er omtalt. Endvidere er opbygning og struktur af den enkelte muskelfiber belyst. Muskelfibrenes embryonale udvikling er diskuteret i relation til forskellige undersøgelser, udført på andre dyrearter end svin. De fleste resultater peger i retning af, at muskelfibrenes antal ikke forøges efter fødslen hos dyrearter, der fødes på et relativt sent trin i udviklingen.

En undersøgelse af fikseringsvæskens indflydelse på muskelfibrenes diameter viste, at der i gennemsnit sker en skrumpning af diameteren på ca. 10 pct. Ved den størrelse af muskelprøver, der er anvendt i det foreliggende arbejde, vil fikseringstiden ligge mellem 20 og 30 dage. En korrektion til samme skrumpningsgrad vil være behæftet med stor usikkerhed, hvorfor der ved en korrektion eventuelt fjernes en variation, der ikke ønskes fjernet fra materialet. Derfor er den målte fiberdiameter uden korrektion betragtet som den faktiske fibertykkelse.

Muskelfibrenes diameter og antal pr. mm² blev bestemt på tværsnitspræparater fremstillet på frysemikrotom.

En statistisk behandling af resultaterne fra en undersøgelse over antal målinger pr. præparat og muskelprøve viste, at en måling af 50 fibre på tre forskellige steder i muskelprøven gav et tilstrækkeligt sikkert udtryk for den gennemsnitlige fiberdiameter. Antal fibre pr. mm² bestemt to gange inden for hvert af de tre steder i musklen var et tilstrækkeligt grundlag for beregning af det gennemsnitlige antal fibre pr. mm² i hele musklen.

Det er endvidere vist, at den gennemsnitlige fiberdiameter inden for *m. longissimus dorsi* ikke blot varierer i musklens længderetning, men også mellem forskellige steder i muskeltværsnittet. Det er derfor vigtigt, at prøveudtagningsstedet er fikseret.

En sammenligning af forskellige målemetoder viste, at der var den største korrelation mellem de målinger, der blev udført på præparater vinkelret på muskelfibrenes længderetning (tværsnitspræparater).

Det totale antal fibre i muskeltværsnittet blev beregnet ved at multiplicere antal fibre pr. mm^2 med arealet af *m. longissimus dorsi*. Anvendelsen af denne beregningsmetode er diskuteret.

Den genetiske og fænotypiske variation i muskelfibrenes diameter og antal hos svin af Dansk Landrace er undersøgt på et materiale bestående af 683 galte og 685 sogrise fra De sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre. Undersøgelsen omfattede kun grise, der blev afprøvet på svineforsøgsstationen »Sjælland«, hvor alle grise fodres individuelt under meget nær optimale staldforhold og med samme foder. Prøveudtagningen foregik i perioden 1/3 1963–31/5 1965, eller over 7 kvartaler. Der blev i gennemsnit afprøvet 2,5 forsøgshold pr. orne.

Muskelprøverne blev udtaget dagen efter slagtning og blev taget ud for det bageste ribben, hvor baconsiden i forvejen overskæres bl. a. til affotografering af muskelarealet. Prøverne, der var ca. 2 cm tykke og omfattede hele musklens tværsnit, blev herefter fikseret i en 10 pct. formalin-saltopløsning i ca. 1 måned. Muskelfibrenes diameter og antal pr. mm^2 blev målt og talt på tre forskellige steder i musklens tværsnit. Den gennemsnitlige fiberdiameter bygger på 150 enkeltmålinger og antal fibre pr. mm^2 på 6 tællinger pr. muskelprøve og gris.

De analyserede egenskaber, som fremgår af siderne 85 og 86, blev korrigeret for årstidsvariation og forskelle i kold slagtevægt; det totale antal fibre i muskeltværsnittet dog undtaget. Herefter blev der udført varians- og kovariansanalyser. Ved beregning af varianskomponenterne blev der korrigeret for slægtskab mellem forældre til samme forsøgshold, søer holdt til samme orne og orner inden for samme avlscenter.

Ved hjælp af intraklassekorrelationsprincippet blev skønnet for egenskabernes fænotypiske variation delt op i skøn for de fire årsagskomponenter: cem^2 , ag^2 , kum^2 og ir^2 (se side 65).

Kovarianskomponenter for de forskellige egenskabskombinationer blev beregnet og anvendt til udregning af genetiske og fænotypiske korrelationer. Alle beregninger blev foretaget for sogrise og galte hver for sig.

Heritabilitetsskønnet for fiberdiameteren var i gennemsnit af sogrise og galte 0,24. Fejlvariansens andel i den fænotypiske variation var 65 pct., hvilket betyder, at andre faktorer end de her analyserede har en væsentlig be-

tydning for fiberdiametere. Samme forhold gør sig gældende for antal fibre pr. mm^2 .

For det totale antal fibre i musklens tværsnit blev der fundet et skøn for h^2 på 0,77 i gennemsnit af sogrise og galte. Da fejlvariansen for denne egenskab samtidig er lille, er der her tale om en egenskab, der kan udnyttes effektivt i avlsarbejdet. Den høje heritabilitet af det totale antal fibre i muskeltværsnittet er endvidere et indirekte bevis for, at muskelfibrenes antal ikke forøges efter dyrets fødsel.

Mellem det totale antal fibre i muskeltværsnittet og arealet af *m. longissimus dorsi* blev der fundet en fænotypisk korrelation på +0,49 og en genetisk korrelation på +0,21. En selektion af dyr med et stort antal fibre i muskeltværsnittet vil således påvirke arealet af *m. longissimus dorsi* i opadgående retning.

Mellem fiberdiametere i *m. longissimus dorsi* og andre udtryk for grisenes kødindhold blev der fundet korrelationer, der var positive, men af en ringe størrelsesorden.

Korrelationen mellem det totale antal fibre i muskeltværsnittet og daglig tilvækst var positiv, medens den mellem det totale antal fibre og foderforbrug pr. kg tilvækst var negativ. Dette tyder på, at et større antal muskelfibre betinger en større vækstenergi og en bedre foderudnyttelse.

Muskelfibrenes diameter og antal i relation til kødets kvalitet er belyst i to mindre undersøgelser. Det fremgår heraf, at der er en tydelig tendens til, at kød, der består af mange tynde fibre, har større vandbindingsevne, mørkere kødfarve og er mere mørt end kød, der består af færre og tykkere fibre.

Når forøgelsen af svinenes kødfylde sker ved en forøgelse af muskelfibrenes totale antal, vil den forøgede kødfylde således ikke resultere i en forringelse af kødkvaliteten, men snarere påvirke kødkvaliteten i gunstig retning.

Endvidere er det vist, at kødkvaliteten hos nogle orners afkom er bedre end hos andre orners afkom, hvorfor kødkvalitetssegenskaberne også vil være effektive selektionskriterier i avlsarbejdet.

Muskelfibermålinger og kødkvalitetsmålinger på kødprøver, udtaget ved biopsi, er diskuteret i relation til anvendelsen af fænotypeprøven som selektionsmetode inden for eliteavl med svin af Dansk Landrace.

Summary.

The object of the present study has been to investigate genetic and phenotypic variation in the diameter of the muscle fibres and in the total number of fibres in *m. longissimus dorsi* in pigs of the Danish Landrace. Furthermore, the aim has been to take an estimate of the genetic and phenotypic correlations either between the fibre diameter or the total number of fibres and various expressions of the meat content and the meat quality of the pigs.

The use of muscle fibre measurements in animal husbandry research was introduced by Adametz (1888). A valuable contribution to the study of muscle fibres has been made by Hammond and Appeltson (1932). Investigations of sheep have been very thoroughly carried out by Joubert (1956a) subsequently. McMeekan (1940-41) demonstrated that the fibre diameter in pigs grew with increasing age and weight, but found at the same time that the feeding of the animals during the growth period influenced the degree of development of the muscle fibres and thus their meat content. The influence of various factors on the diameter and number of muscle fibres in pigs of the Danish Landrace has been studied by Staun (1960, 1963 and 1964). These studies proved that, whilst the diameter of the muscle fibres in *m. longissimus dorsi* greatly depended on the feeding, the number of fibres in the muscle was not affected. This is in accordance with the theory that the differentiation of the muscle cells is concluded before the pigs are born.

Only few studies have been carried out on the major domestic animals with regard to determination of the genetic variance of size and number of cells. Using as basis the area of *m. longissimus dorsi* in pigs, the size of which is an important economic characteristic, it would be natural to ask: Is the variation in the muscle area in pigs due to the fact that the number of muscle fibres varies or is it due to a difference in the diameter of the muscle fibres?

CHAPTER I

The Anatomic Structure of the Skeletal Musculature.

A short description of the anatomic structure of the skeletal musculature is given, explaining the individual elements making up a muscle. The general phenomena concerning the shape and size of the muscle fibres are mentioned also (Figs. 1 and 2). Likewise, the most important relations concerning the make-up and structure of the individual muscle fibre are described by an assessment of sarcolemma, sarcoplasma and cell nuclei.

In addition, the relationships between dark and light muscle fibres are described, partly within the individual muscle, partly in different muscles and partly with respect to animals of different breeds.

The embryonic development of the muscle fibres is described. The differentiation of the muscle cells is evaluated by an interpretation of relevant literature. Most of the results indicate that the number of muscle fibres does not increase after birth in species of animals which are born at relatively late stage of development. This is true, for instance, with pigs.

CHAPTER II

The influence of Technical Factors on the Diameter and Number of the Muscle Fibres per square millimetre.

Various methods of fixation of muscular tissues, as well as the influence of the fixation on the diameter of muscle fibres and on the number of fibres per unit area, are discussed. A 10 % salt-formaldehyde solution was used for the fixation of muscle samples in the present study. The influence of this method of fixation on the fibre diameter was submitted to a more detailed test, which proved that the muscle fibres in muscles having a dark meat colour (3 points) shrunk more than in muscles having a light meat colour (1 point). (Fig. 7 and Table 1).

Furthermore, it was shown that the amount of shrinkage of muscle fibres taking place at fixation averaged 10–15 % and that the shrinkage took place at different speeds in different muscle samples (Table 2). Further, the influence of fixation on the weight and volume of muscle samples was illustrated by a special examination (Fig. 8) from which it appeared that the effect of the fixation is almost the same regardless of whether the whole muscle sample or only the muscle fibres are involved.

The results of the studies carried out show that the shrinkage of the muscle fibres by fixation is affected by many different factors. It would therefore be wrong to correct the muscle fibre diameter for some factors and not for others since variation one does not want to eliminate from the material may easily be removed thereby, for instance, genetic differences between animals. In the present study, muscle samples of the same size were fixed 20–30 days before the fibre measurements were carried out.

The literature concerning different measuring methods for the determination of the diameter and number of the muscle fibres per mm^2 has been examined. In the present work, the fibre diameter was measured in a cross section specimen prepared using a freezing microtome. The cross sections were put on a slide in diluted glycerine. For the measurements, a microscope of the lanometer type as shown in Fig. 9 was used. At a magnification of 67 the number of fibre within the circle of the ground glass was counted in each specimen. The area of the circle on the ground glass corresponded to 1 mm^2 of the specimen. For each fibre counted, a mark in Indian ink was made, so that double counting was avoided. The fibre diameter was calculated as the average of the largest and smallest diameter, as shown in Fig. 10. In order to find the average muscle fibre diameter, 50 fibres were measured per specimen. These measurements were carried out in 3 places within the cross section of *m. longissimus dorsi*, as shown in Fig. 11. The reason for applying this particular method of measurement appears from the study results shown in Tables 4 and 5 as well as in Fig. 12 and 13. The distribution of the muscle fibre diameter when 150 fibres have been measured per muscle sample appears from Fig. 14.

The diameter of the muscle fibres longitudinally and in the cross section of *m. longissimus dorsi* was examined in two muscles. The places where samples were taken appear in Fig. 15, and the results are shown in Table 7. The fibre diameter increases both towards the cranial section, and towards the caudal section of the muscle. A significant difference between the fibre diameter in various sites of the muscle cross section was found, just as a significant interaction exists between sites and localities. These results correspond to results found by Swanson et al. (1965) in calves, and by Livingstone et al. (1966) in pigs.

An investigation of various measuring methods (Tables 8 and 9) showed that the best correlation existed between the measurements carried out in cross-section specimens.

The course of the muscle fibres in *m. longissimus dorsi* was examined in an intact, formalin-fixed sample. As shown in Fig. 16, the physiological cross section of the muscle is thus larger than the anatomical cross

section. If the muscle is regarded as elliptic, then the ratio between the anatomical and the physiological cross section is constant. The total number of fibres in the muscle cross section can thus be calculated by multiplication of the anatomical cross sectional area of the muscle by the number of fibres per mm^2 . The total number of fibres in the cross section calculated in this way is too small, but because of the constant ratio between the anatomical and physiological cross sectional areas, this is of no importance in the application of the results, since it is only a matter of a change of level.

CHAPTER III

Causes of variation in the Diameter and Number of the Muscle Fibres in Pigs.

By the way of introduction, the literature dealing with different reasons for variation in the diameter and number of muscle fibres in pigs was mentioned. As the genetic conditions concerning the fibre diameter and the number of fibres in pigs had not previously been studied, it was considered important to carry out a major investigation of this problem in pigs of the Danish Landrace.

The material for the study originates from the Progeny Testing Station "Sjælland". The muscle samples were taken during the period September 1st, 1963—May 31st, 1965, or over 7 quarters. The muscle samples were taken approximately 24 hours after slaughter. The samples were taken at the level of the last rib where the carcasses are, in any case, severed to be photographed for measurements of the area of meat, the area of fat, etc.

At sampling care was taken that at least two boars were tested per breeding centre, and that at least three test groups (2 young female pigs + 2 castrated male pigs) were tested for each boar. The composition of the material is shown on page 60. The calculations were carried out separately for young female pigs and castrated male pigs.

Corrections were made for differences between the quarters of the year and or the cold carcass weight, as shown by the model on page 61. The determination of heritability and of the genetic and phenotypic correlations were made by applying variance component analysis. The phenotypic variation in an observed characteristic is assumed to be composed of the following four components: breeding centres, sires, test groups and litter mates of the same sex. The model is shown on page 62, and the estimated mean squares are listed in Table 10.

The distribution of the additive genetic variance between the four phenotypic causes of variation was carried out according to Dickerson (1942) and Hazel et al. (1943). The necessary coefficients of relationship were calculated, and are shown on page 63 together with the relative distribution of the additive genetic variance between the four phenotypic sources of variation. Estimates of the relative size of the four components in phenotypic variation in a characteristic were calculated as shown on page 65. Co-variance components of all character combinations were calculated and used to calculate the phenotypic and genetic correlations.

The investigated characteristics are shown on page 66 and 67 (see also list of translations, page 112). Average daily gain and feed consumption per kg. of gain were adjusted only for season differences. The other characteristics were adjusted both for season differences and for differences in cold carcass weight. The total number of fibres in the muscle cross section was calculated on the basis of the uncorrected observations of the area of *m. longissimus dorsi* and the number of fibres per mm^2 . Extracts of the results of the regression analysis with respect to the individual characteristics are shown in Table 13. The mean and standard deviation of the characters calculated from other characters is shown in Table 14. On average, the number of fibres per mm^2 is decreased or increased by 2.7 and the fibre diameter increased or decreased by 0.38μ , for each kilogramme that the cold carcass weight was greater or less than the average. The difference in the total number of fibres in the cross section of the muscle in young female pigs and castrated male pigs is probably due to the fact that the quantity of intramuscular fat is larger in castrated male pigs than in young female pigs. A larger content of intramuscular fat in the castrated male pigs reduces the number of fibres counted per mm^2 in comparison with the young female pigs, where the quantity of intramuscular fat is smaller. The intramuscular fat has a larger influence on the microscopic measurements than on the muscle area itself.

The distribution of the fibre diameter in young female pigs and castrated male pigs in the material treated is shown in Fig. 17.

The results of the variance- and co-variance analyses were considered in relation to various groups of characteristics.

1. *The Diameter of the Muscle Fibres, the Number of Fibres per mm^2 , and the Total Number of Fibres in the Cross Section of the Muscle.*

The analyses of variance for these three characters are shown in Table 15. This shows that the breeding centre environment has no influence on the diameter of the muscle fibres nor on their total number. The litter environment must be considered as an important element in relation to the

size of the fibres, but not to their total number. The heritability of muscle fibre diameter in young female pigs and castrated male pigs was 0.31 and 0.17 respectively and were non-significant. This corresponds very closely to the estimate of h^2 of 0.29 which Gravert (1963) found for the diameter of the muscle fibres in cattle. The heritability of 1.0 for the fibre diameter in pigs of the Duroc Breed, which was found by Allen et al. (1966) must on the other hand be regarded as too high, possibly because of an insufficient number of animals.

The heritability of number of fibres per mm^2 lies at the same level as for that of the fibre diameter. The low h^2 for these two characters is due to their large error variance. A possible increase in the diameter of the muscle fibres through selection must thus be expected to take place slowly.

For the total number of fibres in the cross section of *m. longissimus dorsi* a heritability of 0.88 ± 0.29 for young female pigs and of 0.66 ± 0.29 for castrated male pigs has been found. Since the error variance was small, it is clear that this is a characteristic which with advantage can be made profitable in breeding. The high heritability of the total number of fibres in the muscle cross section is an indirect proof that the number of muscle fibres is fixed at the embryonic stage, and that after the birth of the animal no further increase in the number of cells takes place.

Table 16 shows the genetic and phenotypic correlations between the muscle fibre diameter, the number of fibres per mm^2 , and the total number of fibres in the cross-section of the muscle and other characteristics. A high negative correlation exists between the fibre diameter and the number of fibres per mm^2 , which is a result of both characters being an expression of the size of the muscle fibres.

The total number of fibres is negatively correlated with the fibre diameter. An increased number of fibres in the muscle cross section either causes the muscle fibres to become thinner, or reduces their possibilities for development which are limited by the total number of fibres in the cross section.

The muscle fibre diameter is positively correlated with the characteristics which express the meat content of the animal, i.e. the area of *m. longissimus dorsi*, the total meat area, the weight of *m. psoas major* and points for amount of lean meat in cut side. The relation of the fibre diameter to expressions of the degree of fattness of the pigs are negative and of the same order of magnitude as the relationship with the amount of lean meat. The correlation between the fibre diameter and points for meat colour are also very small. During this study, no relation was found between the fibre diameter, the daily gain, or the feed consumption per kg. of gain. The very small correlations between the fibre diameter and the number of fibres per

mm² on the one hand, and characteristics that express the meat content of the animals on the other, agree with the results found by other investigators.

The correlation between the total number of fibres in the muscle cross section and the characteristics which express the amount of lean meat in the pigs are positive and considerably higher than the correlations between the same characters and the fibre diameter. As far as the area of *m. longissimus dorsi* is concerned, the correlation coefficient is +0.49 on average for both sexes. The positive phenotypic connection between the total number of fibres and the average daily gain indicates that animals with a large number of fibres in the muscle also have a larger energy of growth, possibly because of a greater activity of enzymes and a more abundant supply of blood to the muscle.

Fig. 18 shows a diagram of genetic relations and environmental relations within a group of characteristics in young female pigs.

On the basis of these results it may be concluded that the area of *m. longissimus dorsi* is largely determined by the total number of fibres existing in the muscular cross section. If the area of *m. longissimus dorsi* is increased by selection, this is primarily due to an increase in the total number of fibres in the cross section of the muscle.

2. *The Area of m. longissimus dorsi, total area of meat and weight of m. psoas major.*

As table 17 shows, the heritability of the area of *m. longissimus dorsi* and the total area of meat is approximately 0.25 for young female pigs and approximately 0.10 for the castrated male pigs. These estimates are lower than those found by Jonsson (1966). These low estimates are due to variations in random samples. The heritability of the weight of *m. psoas major* averages approximately 0.30 in young female pigs and castrated male pigs and corresponds exactly to estimates previously found for this character.

The co-variation between the three above-mentioned characters and other characteristics is shown in Table 18. The high phenotypic and genetic correlations between the area of *m. longissimus dorsi* and the total area of meat is natural, since the area of *m. longissimus dorsi* constitutes a considerable part of the total meat area. The correlations of the different characteristics with the area of *m. longissimus dorsi* is higher than the correlations between these same characteristics and the total area of meat.

The average weight of *m. psoas major* in young female and castrated male pigs during the period 1934/35—1965/66 increased from 553 gr. to 699 gr. or 26.4 %, in the absence of direct selection for this character, this is – as it also appears in Table 18 – due to the weight of this muscle being

genetically strongly correlated with other characteristics subjected to selection during the period in question.

3. *The Average Back Fat Thickness, the Side Fat Measurement, and the Area of Fat on the Cut Side.*

The partition of the phenotypic variation for the three characters is shown in Table 19. The heritability of the three characters lies at approximately 0.75 and is, it is thought, too high when it refers to the population as a whole. This is an example of the heritability in one or more characteristics possibly being latent in the Breed when selection is practised for this or other characteristics.

The genetic and phenotypic correlations between the three said characters and other characteristics are shown in Table 20. There is particular reason to note the high phenotypic and genetic correlations of the side fat measurement with the other expressions of the degree of fattening. The side fat measurement is thus an excellent criterium of selection when it is a matter of reducing the fattening degree of the pigs.

4. *Points for Meat Colour, Average Daily Gain and Feed Consumption per kg. of Gain.*

The estimates given in Table 21 for the heritability of points for meat colour correspond very closely to previously discovered results in the Danish Landrace (Jonsson, 1966). The heritability of the average daily gain is 0.12 in the young female pigs and 0.29 in the castrated male pigs, while the heritability of feed consumption per kg. live weight gain in both sexes is approximately 0.23. This is a somewhat higher estimate than that found by Jonsson (1966). The reason for this must be put down to random variation.

As shown in Table 22, the feed consumption per kg. of gain in both sexes is highly correlated with average daily gain, the reason being that the gain per kg. live weight from 20 to 90 kg. forms part of the quotients of both characters. The correlations between points for meat colour and the characteristics mentioned in Table 22 are of modest size and correspond fairly closely to the estimates discovered previously by Jonsson (1966) in the Danish Landrace.

CHAPTER IV

The Size and Number of the Muscle Fibres in Relation to the Quality of the Meat.

One of the most important factors of quality in meat is the degree of tenderness, since faults in this factor of quality are very quickly registered with the consumer. The diameter of the muscle fibre has for a long time been considered to have a considerable relationship with the degree of tenderness of the meat. For this reason it was also found timely in the present study to investigate this question in pigs of the Danish Landrace.

By way of introduction, this Chapter deals with a study of the most important literature concerning the subject. This shows that the results found have differed greatly, the main opinion, however, being that the degree of tenderness, the water binding capacity and the colour of the meat improve with the thinness of the muscle fibres. As shown in Chapter III, it will be possible to increase the amount of lean meat in the animals without the fibre diameter being increased. By selection of animals with a large number of fibres in the muscular cross section, there should be no danger of any reduction in the quality of the meat.

In order to examine the relation between the fibre diameter and the meat quality in the Danish Landrace, an investigation was made of offspring of 13 boars. The investigation consisted of a total of 93 pigs, 49 castrated male pigs and 44 young female pigs. The meat samples were taken from the *m. longissimus dorsi* about 24 hours after slaughter. The average result for the offspring of each of the 13 boars is shown in Table 23, with the groups arranged after decreasing water binding capacity.

The offspring of boars Nos. 1 and 2 do not only have the best water binding capacity, but also the most tender meat, as well as an excellent meat colour, measured both objectively and subjectively. Furthermore, the fibre diameter has been small and the total number of fibres large.

Characteristic of the offspring of boars Nos. 12 and 13 both water binding capacity, degree of tenderness and meat colour are considerably below average.

The phenotypic correlations between the measured characters are given in Table 24. The mutual correlations between the first four characters are rather high and equally strong for both sexes. A small water binding capacity is thus closely related to a lighter meat colour and less tender meat. With young female pigs, the correlation between the fibre diameter and the criteria of quality mentioned is ideally positive or ideally negative, while the reaction of the castrated male pigs is just the opposite. In this study, the degree of meat tenderness was investigated on samples of raw meat. As proved by Carpenter et al. (1963) and Vold and Wismer-Pedersen (1963)

the shear value of raw meat has no relation to the shear value of boiled or fried meat. It was therefore decided to make an investigation where the shear value was determined on samples of fried meat.

This investigation was carried out on 47 pigs selected at random which had been slaughtered on reaching 90 kg. live weight. The averages of the characteristics examined, and their variation are shown in Table 25.

Furthermore, a calculation of phenotypic correlations between the characteristics was made as shown in Table 26. On the basis of the results found it must be concluded that a pronounced tendency exists that the quality of the meat measured by its degree of tenderness, its colour and water binding capacity is better when the meat consists of many thin fibres than when it consists of fewer, but thicker fibres.

Conclusions.

On the basis of the results found in the present study, the application of muscle fibre measurements in breeding, especially the total number of fibres in the cross section of the muscle may become important not only as regards an improvement of the amount of lean meat, but also as regards an improvement of the meat quality. With regard to the amount of lean meat, this is based on the high heritability of the total number of fibres in the muscle cross-section and the positive relation of the total number of fibres to the amount of lean meat of the whole loin muscle. As far as meat quality is concerned, a large number of thin fibres will contribute to an improvement of the meat colour, a better water binding capacity and more tender meat. The most effective method of determining the possibilities of the application of muscle fibre measurements in breeding will be an attempt at selection based on the total number of fibres.

By using the biopsy technique for the taking of muscle samples on living animals, there may be a possibility of measuring muscle fibres as well as meat quality in connection with the phenotype test. The measurements of muscle fibres in the biopsy test will, together with the area of *m. longissimus dorsi*, measured by ultra-sound, make it possible to calculate the total number of fibres in the cross section of the muscle. From the biopsy test it will, moreover, be possible to determine some of the quality characteristics of the meat. If the phenotype test could be supplemented by a measurement of the area of *m. longissimus dorsi* and of the total number of fibres in the cross section of the muscle and by information regarding the meat quality, a possibility for rapid and effective progress would be created with respect to the amount of lean meat and the meat quality of the pigs.

List of Translations.

A. Characters which are analysed.

Daglig tilvækst i gram fra 20 til 90 kg levendevægt:

Average daily gain in gram from 20 to 90 kg. live weight.

Foderforbrug pr. kg tilvækst i f.e. fra 20 til 90 kg levendevægt:

Feed consumption in Scandinavian feed units (S.F.U.) per kg. live weight gain from 20 to 90 kg.

Gennemsnitlig rygspæktykkelse, cm:

Average backfat thickness in cm. Average of five measurements taken at the shoulder, the middle of the back, and the loin; the loin measurement is an average of three measurements taken in the region of *m. gluteus medius*.

Sidespækmål i overskåren side, cm:

Side fat measurement on the cross section of the cut side in cm. Measured 8 cm. from the mid line at the level of the last thoracic vertebra.

Kroplængde, cm:

Body length in cm. Measured from the front edge of os pubis to the bottom of the first cervicae vertebra (atlas).

Points for kødfylde i overskåren side:

Points (0-15) for amount of lean meat in cut side. Subjective judgment of the meat area and amount of fat exposed in the cut side at the level of the last thoracic vertebra.

Points for kødfarve i overskåren side:

Points (0-5) for meat colour in cut side. Subjective judgment of the meat colour in *m. longissimus dorsi*.

Vægt af mørbrad (*m. psoas major*), g:

Weight of the loin muscle (*m. psoas major*) in gram.

Spækareal i overskåren side, cm²:

Area of fat in square centimeters on the cross section of the cut side.

Kødareal i overskåren side, cm²:

Total area of meat in square centimeters on the cross section of the cut side.

Areal af *m. longissimus dorsi*, cm²:

Area of *m. longissimus dorsi* in square centimeters on the cross section of the cut side.

Antal muskelfibre pr. mm² i afsnit 1, 2 og 3:

Number of muscle fibres per mm² in section 1 (dorsal), 2 (medial), and 3 (lateral) on the cross section of *m. longissimus dorsi*; See also figure 11 page 39.

Gennemsnitlig muskelfiberdiameter, μ i afsnit 1, 2 og 3:

Average muscle fibre diameter in microns measured in section 1 (dorsal), 2 (medial), and 3 (lateral) on the cross section of *m. longissimus dorsi*. Fifty fibres measured in each section.

Spækareal i pct. af kødareal:

Area of fat in relation to area of meat on the cross section of the cut side (meat = 100).

Gennemsnitlig antal fibre pr. mm^2 :

Average number of fibres per mm^2 on the cross section of *m. longissimus dorsi*. Average of fibre numbers per mm^2 stated in the dorsal, medial and lateral part of the muscle.

Gennemsnitlig muskelfiberdiameter, μ :

Average muscle fibre diameter in microns in *m. longissimus dorsi*. Average of fibre diameters stated in the dorsal, medial and lateral part of the muscle.

Antal muskelfibre i tværsnittet af *m. longissimus dorsi*:

Number of muscle fibres in the cross section of *m. longissimus dorsi* at the level of the last thoracic vertebra. Calculated from number of fibres per mm^2 multiplied with the area of *m. longissimus dorsi*.

Vandbindingsevne:

Water binding capacity of meat from *m. longissimus dorsi*. Expressed as mg. of juice lost per gram of meat measured by the filter press method.

Farve, remission:

Meat colour measured by remission-photometer. Reflection from the meat in relation to a white surface (MgO) by a wavelength of 540 $\text{m}\mu$.

Konsistens, kg:

Shear value of meat from *m. longissimus dorsi* in kilogram. In raw meat determined by the Wolodkewitsch shear and in fried meat by the Warner-Bratzler shear.

B. Terms used in tables and figures.

Alder	age.
Antal	number.
Aviscenter	breeding centre, elite herd.
Avlscentermilieu	breeding centre environment.
Dyr	animal.
Egenskab	trait, character.
Fiberdiameter	fibre diameter.
Fiksering	fixation.

Frihedsgrader	degrees of freedom.
Friske prøver	samples of raw meat.
Forsøg	experiment.
Forsøgshold	test group.
Forældre	parents.
Fænotype	phenotype.
Galt	castrate, castrated male pig.
Glidende gennemsnit	moving average.
Halvsøskende	half sibs.
Helsøskende	full sibs.
Hold	group.
Inden for	within.
Individuel rest	residue.
Kold slagtevægt	cold carcass weight.
Korrektion	correction.
Kuldmilieu	litter environment.
Kuldsøskende	litter mate.
Kvartal	quarter of a year.
Køn	sex.
Lokalitet	locality.
Mellem	between.
Middelkvadrat	mean square.
Mindste	smallest.
Muskelprøve	muscle sample.
Måling	measurement.
Orne	boar.
Prøve	sample.
Reduceret	reduced.
Rumfang	volume.
Skrumpning	shrinkage.
Slægtskab	relationship.
Sogris	young female pig, gilt.
Spredning	standard deviation.
Sted	place, site.
Største	biggest.
Tidspunkt	moment.
Tælling	count.
Udrivning	teasing apart.
Uge	week.
Variationsårsag	cause of variation.

cem^2	c^2 , i.e. breeding centre environment.
ag^2	h^2 , i.e. additive gene action.
kum^2	l^2 , i.e. litter environment.
ir^2	e^2 , i.e. residue.

Litteraturliste.

- Adametz, L.*, 1888. Untersuchungen über den Bau und Zusammensetzung des Muskels bei verschiedenen Rinderrassen. *Landw. Jahrb.* 17, 577–606.
- Adametz, L.*, 1924. Über die Dicke der Muskelfaser als angebliches Mass der Konstitution. *Z. Tierzücht. Züchtungsbiol.* 1, 213–224.
- Ahrens, H.*, 1931. Schlachtbeobachtungen und Ausschachtungsversuche an Schweinen II. *Wiss. Arch. Landw.* 5, B.
- Allen, E. & R. W. Bray*, 1964. Physical and chemical lipid determination in barrow and gilt carcasses. *J. Anim. Sci.* 23, 656–660.
- Allen, E., J. C. Forrest, A. B. Chapman, N. First, R. W. Bray & E. J. Briskey*, 1966. Phenotypic and genetic associations between porcine muscle properties. *J. Anim. Sci.* 25, 962–966.
- Baethge, G.*, 1932. Mästungs- und Ausschachtungsversuche an Schweinen. *Biedermanns Zbt.* B, 4, 270. Ref. i *Züchtungskunde* 9, 77 (1934).
- Beecher, G. R., R. G. Cassens, W. G. Hoekstra & E. J. Briskey*, 1965. Red and white fiber content and associated post-mortem properties of seven porcine muscles. *J. Food Sci.* 30, 969–976.
- Bendz, H. C. B.*, 1853. Håndbog i den physiologiske anatomie af de almindeligste danske huuspattedyr. Reitzel.
- Bloom, W & D. W. Fawcett*, 1962. A textbook of histology. W. B. Saunders Comp., London.
- Brady, D. E.*, 1937. A study of the factors influencing tenderness and texture of beef. *Proc. Am. Sco. Anim. Prod.*, 30th meet. 246–249.
- Bucher, O.*, 1963. Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 3. udg. 1963 Hans Huber, Bern und Stuttgart.
- Buchtal, F. & J. Lindhard*, 1939. The physiology of striated muscle fibre. *Kgl. danske vidensk. selsk. biol. medd.* 14, 1–184.
- Buchtal, F. & E. Kaiser*, 1951. The rheology of the cross striated muscle fibre. *Kgl. danske vidensk. selsk. biol. medd.* 21, 178–187.
- Carpenter, Z. L., R. G. Kaufmann, R. W. Bray, E. J. Briskey & K. G. Weckel*, 1963. Factors influencing quality in pork. A. Histological observations. *J. Food Sci.* 28, 467–471.
- Clausen, H.*, 1949. Bilag til Landøk. Forsøgslab. efterårsmøde, København. (Førtroligt).
- Clausen, H.*, 1967. Forsøgene med svin 1966. *Andelsbladet* nr. 16, 428–433.
- Clausen, H., R. Nørtoft Thomsen & O. K. Pedersen*, 1965. 53. beretning om sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre. 351. beretning fra forsøgslaboratoriet, København. 150 pp.

- Clausen, H., R. Nørtoft Thomsen & O. K. Pedersen*, 1966. 54. beretning om sammenlignende forsøg med svin fra statsanerkendte avlscentre. 354. beretning fra forsøgslaboratoriet, København. 148 pp.
- Cuajunco, F.*, 1942. Development of the human motor end plate. *Contr. Embryol. Carneg. Instn.* 30, nr. 195, 127.
- Dickerson, G. E.*, 1942. Experimental design for testing inbred lines of swine. *J. Anim. Sci.* 1, 326-341.
- Duniec, H., J. Kielanowski & Z. Osinska*, 1961. Heritability of chemical fat content in the loin muscle of baconers. *Anim. Prod.* 3, 195-198.
- Eisenhut, R. C., R. G. Cassens, R. W. Bray & E. J. Briskey*, 1966. Fiber arrangement and microstructure of bovine longissimus dorsi muscle. *J. Food Sci.* 30, 955-959.
- Eliot, T. S., R. C. Wigginton & K. B. Corbin*, 1943. The number and size of muscle fibers in the rat Soleus in relation to age, sex and exercise. *Anat. Rec.* 85, 307-308.
- Elson, C. E., W. A. Fuller, E. A. Kline & L. N. Hazel*, 1963. Effect of age on the growth of porcine muscle. *J. Anim. Sci.* 22, 946-952.
- Esskuchen, E. & A. Nebelung*, 1929. Ein Versuch zur Feststellung des Einflusses verschiedener Haltung während der Mast auf die Güte von Fleisch und Fett. *Mitt. Dtsch. Landw. Ges.* 44, 364-366.
- Everitt, G. C. & A. H. Carter*, 1961. Growth and muscle development of steers implanted with hexoestrol. *J. Agric. Sci.* 57, 213-229.
- Falconer, D. S.*, 1965. Quantitative inheritance. W. J. Bourdette: Methodology in mammalian genetics. Holden-Day, Inc. San Francisco. 193-216.
- Falconer, D. S.*, 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd, Edingburgh. 365 pp.
- Franck, L.*, 1914. Handbuch der Tierärztlichen Geburtshilfe. 5. udg. rev. af M. Albrecht. Paul Parey, Hamburg.
- Glebina, E. L.*, 1953. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 82, 309. Ref. i *Anim. Breed. Abstr.* 21, nr. 299.
- Goldspink, G.*, 1961. Fixation of muscle. *Nature* 192, 1305-1306.
- Goldspink, G.*, 1962. Studies on postembryonic growth and development of skeletal muscle. *Proc. Roy. Irish Acad.* 62, B, 135-150.
- Goldspink, G.*, 1965. Cytological basis of decrease in muscle strength during starvation. *Am. J. Physiol.* 209, 100-104.
- Graf, W.*, 1944. Quantitativ - histologische Analyse von roter und weisser Muskulatur beim Kaninchen. *Anat. Anz.* 95, 107-118.
- Gravert, H. O.*, 1963. Untersuchungen über die Erbllichkeit von Fleischeigenschaften beim Rind II. *Z. Tierzücht. Züchtungsbiol.* 78, 139-178.
- Gurau, L. & V. Derlogea*, 1959. Researches on the muscular fibres of the Roumanian flesh pig compared to the Large White. *Ann. Inst. Zootechn., Bukarest.* XVII, 283-296.
- Ham, A. W.*, 1965. *Histology.* 5. udg. Pitman Medical.
- Hammond, J.*, 1940. Some factors effecting the quality and composition of meat. *Chem. and Ind.* 59, 521-525.
- Hammond, J. & A. B. Appellton*, 1932. Study of the leg of mutton. Part V. Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep. Oliver and Boyd, London.
- Hazel, L. N., M. L. Baker & C. F. Reinmiller*, 1943. Genetic and environmental correlations between the growth rates of pigs at different ages. *J. Anim. Sci.* 2, 118-128.

- Heidenreich, C. H.*, 1931. Der Einfluss der histologischen Bestandteile des Muskels auf die Qualität des Fleisches. *Wiss. Arch. Landw.* 6, B, 366–379.
- Higth, G. K. & R. A. Barton*, 1965. The effects of plane of nutrition on muscle fibre diameter and muscle composition of the *m. longissimus dorsi* in Romney ewes. *N. Z. J. Agric. Res.* 8, 602–606.
- Herring, H. K., R. G. Cassens & E. J. Briskey*, 1966. Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fiber diameter. *J. Food Sci.* 30, 1049–1054.
- Herring, H. K., R. G. Cassens, G. G. Suess, V. H. Brungardt & E. J. Briskey*, 1967. Tenderness and associated characteristics of stretched and contracted bovine muscles. *J. Food Sci.* 32, 317–323.
- Hiner, R. L., O. G. Hankins, H. S. Sloane, C. R. Fellers & E. E. Anderson*, 1953. Fiber diameter in relation to tenderness of beef muscle. *Food Res.* 18, 364.
- Hoffmann, G.*, 1959. *Histologischer Kurs. Teil 1.* Gustav Fischer, Jena.
- Hofmann, F. & R. Kürbs*, 1956. Objektive Qualitätsbestimmung des Fleisches und Fettes bei verschiedenen schweren Cornwall- und Sattel-Schweinen. *Tierzucht* 10, 365–368.
- Holdas, S.*, 1960. Der Einfluss der Kastration auf die Mast- und Schlachtergebnisse der Schweine. *Állattenyesztés* 9, 151–160. Citeret af Grosse, 1963. *Arch. Tierzucht.* 6, 210–230.
- Huxley, H. E.*, 1960. The structure of striated muscle. D. Nachmannsohn: *Molecular Biology.* Academic Press, New York.
- Høpncke, P.*, 1947. Investigations on the structure and function of living, isolated, cross striated muscle fibres of mammals. *Acta Physiol. Scand.* 15, suppl. 48, 1–230.
- Janeba, G.*, 1932. Ein Beitrag zur objektiven Beurteilung der Fleischgüte. *Arch. Tierernähr. Tierz.* 8, 543–578.
- Jensen, M. K.*, 1965. Rapport nr. 011.26 fra Slagteriernes Forskningsinstitut.
- Jensen, P.*, 1967. Phenotypic and genetic associations among carcass traits of swine. M. S. Thesis, North Carolina State University, Raleigh, N. C., U.S.A.
- Jonsson, P.*, 1965. Analyse af egenskaber hos svin af Dansk Landrace med en historisk indledning. 350. beretning fra forsøgslaboratoriet, København, 490 pp.
- Jonsson, P.*, 1966. Opdeling af fænotypen hos svin af Dansk Landrace. Afsluttende undersøgelser. Bilag Landøk. forsøgslab. efterårsmøde, København. 116–123.
- Jonsson, P.*, 1967. Avlsværdi og virkning af udvalg i dansk svineavl. *Ugeskr. f. Landm.* nr. 50–51, 1966 og nr. 1, 1967.
- Joubert, D. M.*, 1954. On the post-natal growth and development of muscle in relation to quality in meat. *Proc. Brit. Soc. Anim. Prod.*, 49–58.
- Joubert, D. M.*, 1955. Growth of muscle fibre in the foetal sheep. *Nature* 175, 936–940.
- Joubert, D. M.*, 1956 a. An analysis of factors influencing post-natal growth and development of the muscle fibre. *J. Agric. Sci.* 47, 59–102.
- Joubert, D. M.*, 1956 b. A study of pre-natal growth and development in the sheep. *J. Agric. Sci.* 47, 382–428.
- Joubert, D. M.*, 1956 c. Relation between size and muscle fibre diameter in the newborn lamb. *J. Agric. Sci.*, 47, 449–455.
- Kallweit, E.*, 1964. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischbeschaffenheit an wachsenden Schweinen. Dissertation der Georg-August-Universität, Göttingen. 142 pp.

- Kemphorne, O.*, 1957. An introduction to genetic statistics. John Wiley & Sons, New York.
- Krogh, Aug.*, 1922. The anatomy and physiology of Capillaries. Yale Univ. Press.
- Krüger, H. W.*, 1930. Schlachtbeobachtungen und Ausschlachtungsversuche an Schweinen I. Wiss. Arch. Landw. 3, B, 129–137.
- Krölling, O. & H. Grau*, 1960. Lehrbuch der Histologie und vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere. 10. udg. Paul Parey, Hamburg.
- Langholz, H. J.*, 1966. Das züchterische Hilfsmittel der stationären Nachkommenprüfung beim Schwein III. Heritabilitäten und genetische Korrelationen beim norwegischen Landschwein. Acta Agric. Scand. 16, 55–72.
- Lindhard, J.*, 1926. Physiological papers dedicated to professor Aug. Krogh. Kgl. danske vidensk. selsk. biol. medd. 4.
- Livingston, D. M. S., R. Blair & P. R. English*, 1966. The usefulness of muscle fibre diameter in studies of the lean meat content of pigs. Anim. Prod. 8, 267–274.
- Lush, J. L.*, 1948. The genetics of populations. Kompendium, Iowa State University. 381 pp.
- Lörincz, F. & G. Biró*, 1960. Zusammenhänge zwischen Muskelfaserdurchmesser und Fleischqualität. Fleischwirtsch. 12, 377–380.
- Lörincz, F., J. Szeredy & J. Szinak*, 1964. Muscle cell studies. Xth Conference Meat Research Workers, Roskilde. 1–8.
- Malsburg, K. von der*, 1911. Die Zellgröße als Form und Leistungsfaktor der landwirtschaftlichen Nutztiere. Arb. d. Dtsch. Ges. f. Züchtgskde. 10, 353 pp.
- MacCallum, J. B.*, 1898. Histogenesis of the striated muscle fibre and the growth of the human sartorius muscle. Johns Hopk. Hosp. Bull. 6, 208–212.
- MacDonald, M. A. & S. B. Slen*, 1959. The effect of estradiol and testosterone injections and thyroidectomy on muscle fibre diameters and live weight gain in yearling sheep. Canad. J. Anim. Sci. 39, 202.
- Mauch, A. & J. Marinresco*, 1934. Recherches sur la viande de Mangalitza comparée a celle de races York, Lincoln et leurs métis. Ann. Inst. Zootechn., Bukarest. 3, 154–174.
- Meara, P. J.*, 1947. Meat studies nr. 1 – Post-natal growth and development of muscle, as exemplified by the gastrocnemius and psoas muscles of the rabbit. Onderstepoort J. Vet. Sci. 21, 329–466.
- McMeekan, C. P.*, 1940–41. Growth and development in the pig, with special reference to carcass quality characters. J. Agric. Sci. 30, 276–569. J. Agric. Sci. 31, 1–49.
- Mehner, A.*, 1938. Beziehungen zwischen Zellgröße und Körpergröße. Z. Zücht. 40, B, 1–48.
- Morpurgo, B.*, 1898. Über die postembryonale Entwicklung der querstreifen Muskeln von weissen Ratten. Anat. Anz. 15, 200–206.
- Nickel, R., A. Schummer & E. Seiferle*, 1961. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 2. udg. Paul Parey, Hamburg.
- Neseni, R. & Chr. Müller*, 1955. Über die Muskelfaserstärke von Klein- und Grosstieren. Z. Tierzücht. Züchtungsbiol. 65, 335–358.
- Nyman, F.*, 1962 a. 3: Beskrivelse af program for beregning af sammenfatning af lineære regressionslinier. Regnecentralen, København. Uofficielt program. 8 pp.
- Nyman, F.*, 1962 b. 2: Beskrivelse af program for hierrakisk variansanalyse. Regnecentralen, København. Uofficielt program. 11 pp.

- Otto, E.*, 1961. Zur Feststellung der Farbe und Muskelfaserstärke des Fleisches und deren Beeinflussung durch Rasse, Geschlecht, Väter und Mütter. Intern. Congr. Anim. Prod. VIII. Hamburg, 211–213.
- Otto, E.*, 1962. Beitrag zur Frage des Einfluss der Haltung auf die Fleischbeschaffenheit bei Schweinen. Arch. Tierzucht. 5, 105–108.
- Paff, G. H.*, 1930. A quantitative study of the capillary supply in certain mammalian skeletal muscles. Anat. Rec. 46, 401–405.
- Pease, A. H. R. & C. Smith*, 1965. A note on the heritability of muscle colour in pigs. Anim. Prod. 7, 273–274.
- Pedersen, O. K.*, 1964. Bestemmelse af svinenes slagtekvælitet. Bilag Landøk. Forsøgslab. efterårsmøde, København. 257–267.
- Pedersen, O. K.*, 1967. Personlig meddelelse.
- Pedersen, O. K.*, 1967. Personlig meddelelse.
- Reichel, H.*, 1960. Muskelphysiologie. Springer-Verlag, Göttingen.
- Robertson, A.*, 1960. Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations. O. Kempthorne: Biometrical Genetics. Pergamon Press, London. VII, 101–106.
- Robertson, F. W.*, 1959. Studies in quantitative inheritance XII. Cell size and number in relation to genetic and environmental variation of body size in drosophila. Genetics 44, 869–896.
- Robertson, D. D. & D. D. Baker*, 1933. Histological differences in the muscles of full, half and rough fed steers. Univ. Mo. Agric. Res. Bull. nr. 200.
- Romans, J. R., H. J. Tuma & W. L. Rucker*, 1965. Influence of carcass maturity and marbling on the physical and chemical characteristics of beef. I. Palatability, fiber diameter and approximate analysis. J. Anim. Sci. 24, 681–685.
- Rubli, H.*, 1931. Arch. Sozialanthrop. Rassenhyg. 5, 391. Citeret af McMechan 1940–41.
- Satorius, M. & A. M. Child*, 1938. Effect of cut, grade, and class upon palatability and composition of beef roasts. Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. Sta. No 131.
- Schilling, E.*, 1966. Muskelstruktur und Fleischqualität. Z. Tierzücht. Züchtungsbiol. 82, 219–243.
- Schimert, J.*, 1934. Über den feineren Bau einiger Muskeln des Menschen. Zeitschr. Mikr. Anat. Forsch. 36, 215–221.
- Schultz, M.*, 1934. Über die Vergleichszahl der Nervenfasern und Muskelfasern in verschiedenen Altersstadien beim sartorius von *Rana esculenta*. Biol. Generalis. 10, 49–82.
- Skjervold, H., N. Standal & R. Bruflot*, 1963. Effect of one form of exercise on the body development in pigs. J. Anim. Sci. 22, 458–462.
- Smith, C., J. W. B. King & N. Gilbert*, 1962. Genetic parameters of British Large White bacon pigs. Anim. Prod. 4, 128–143.
- Smith, C. & G. J. S. Ross*, 1965. Genetic parameters of British Landrace bacon pigs. Anim. Prod. 7, 291–301.
- Smith, J. H.*, 1963. Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. Poultry Sci. 42, 283–290.
- Smith, R. D. & R. P. Giovacchini*, 1954. On vascular patterns in red and white muscles. Anat. Rec. 118, 355–356.
- Staan, H.* 1960. Avlens og fodringens betydning for muskelfibrenes diameter og antal hos svin. Licentiatafh. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. København. 79 pp.

- Staub, H.*, 1963. Various factors affecting number and size of muscle fibers in the pig. *Acta Agric. Scand.* XIII, 293-322.
- Staub, H.*, 1964. Muskelfibrenes udvikling gennem vækstperioden. Bilag Landøk-Forsøgslab. efterårsmøde. København. 217-219.
- Staub, H.*, 1965. Orner slagtet ved forskellig levendevægt. Bilag Landøk. Forsøgslab. efterårsmøde. København. 71-74.
- Staub, H.*, 1966. Kastrationseffekten hos svin. Ikke publ. resultater.
- Steinhaus, D.*, 1961. Histologische Untersuchungen zur Fleischqualität. *Fleischwirtsch.* 13, 1008-12.
- Steinhaus, D., J. H. Weniger & G. H. M. Pahl*, 1965. Methoden zur Bestimmung der Fleischbeschaffenheit. 3. medd. *Fleischwirtsch.* 17, 29-32.
- Swanson, Lloyd A., E. A. Kline & D. E. Goll*, 1965. Variability of muscle fiber size in bovine longissimus dorsi. *J. Anim. Sci.* 24, 97-101.
- Tello, J. F.*, 1922. *Z. Anat. Entw. Gesch.* 64, 348. Citeret af Joubert, 1955.
- Tuma, H. J., J. H. Venable, P. R. Wuthier & R. L. Henrickson*, 1962. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. *J. Anim. Sci.* 21, 33-36.
- Vold, E. & J. Wismer-Pedersen*, 1963. Relationship between fibre toughness and fibrillar water binding capacity in raw pork. *Acta Agric. Scand.* XIII, 341-352.
- Voss, H.*, 1935. Vergleichende Untersuchungen über den Aufteigungsgrad der kontraktilen Masse in den Skeletmuskeln. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* 38, 341-356.
- Walls, E. W.*, 1960. The microanatomy of muscle. G. H. Bourne: Structure and functions of muscle, 21-61. Academic Press, New York.
- Warringholz, H.*, 1903. Beitrag zur vergleichenden Histologie der quergestreiften Muskelfaser des Pferdes, Rindes, Schafes und Schweines und Beobachtungen der Nebenscheibe und Mittelscheibe beim Pferd und Schwein. *Arc. wiss. prakt. Tierheilk.* 29, 377-395.
- Watzka, M.*, 1939. »Weisse« und »rote« Muskeln. *Z. Mikrosk. Anat. Forsch.* 45, 668-678.
- Weniger, J. H., D. Steinhaus & G. H. M. Pahl*, 1962. Untersuchungen über Fleischeigenschaften an wachsenden Mastrindern deutscher Zweinutzungsrasen. *Fleischwirtsch.* 14, 1143-1148.
- Winkler, G.*, 1932. Schlachtbeobachtungen und Ausschlachtungsversuche an Schweinen III. *Wiss. Arch. Landw.* 7, B, 388-394.
- Wismer-Pedersen, J.*, 1959. Quality of pork in relation to rate of pH range post-mortem. *Food Res.* 24, 711-727.
- Wismer-Pedersen, J.*, 1967. Relationer mellem muskelfiber egenskaber og kødkvalitet. *Svensk Veterinärtidning* nr. 12, 1-8.
- Wismer-Pedersen, J. & A. J. Møller*, 1966. Personlig meddelelse.
- Wohlfart, G.*, 1937. Citeret fra E. W. Walls i Structure and function of muscle. 1. udg. af G. H. Bourne. Academic Press. New York.
- Wright, S.*, 1922. Coefficients of inbreeding and relationship. *Am. Naturalist* 56, 330-338.
- Zietzschmann, O. & O. Krölling*, 1955. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere. 2. udg. Paul Parey, Hamburg.
- Yeates, N. T. M.*, 1964. Starvation and subsequent recovery of adult beef muscle. *J. Agric. Sci.* 62, 267-272.