Oorzaken van afwijkende vleeskwaliteit
bij stressgevoelige varkens

352221

Oorzaken van afwijkende vleeskwaliteit bij stressgevoelige varkens

Causes of aberrant meat quality in stress-susceptible pigs
(with a summary in English)

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van
doctor in de diergeneeskunde
aan de Rijksuniversiteit te Utrecht,
op gezag van de Rector Magnificus Prof. Dr. Sj. Groenman,
volgens besluit van het College van Dekanen
in het openbaar te verdedigen
op donderdag 28 maart 1974 des namiddags te 4.15 uur

door

Antonius Theodorus Maria Verdijk
geboren op 17 november 1935 te Beugen

Rb22
818



pudoc

Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie

Wageningen – 1974

Promotor: Prof. Dr. J. G. van Logtestijn

Dit onderzoek kwam tot stand in samenwerking met:
Het Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek 'Schoonoord' te Zeist
De Provinciale Gezondheidsdienst voor Dieren te Boxtel
De Integratiegroep Asten van de Veecentrale N.C.B.
De Vleeskeuringsdienst te Boxtel

Stellingen

1
Zowel selectie op stressresistentie binnen het ras als kruising van het NL-ras met meer stressresistente varkensrassen leidt tot vermindering van de transportsterfte en verbetering van de vleeskwaliteit van slachtvarkens.

2
Borgen blijken even stressgevoelig als gelten, maar ze herstellen sneller van de gevolgen van stress. De vleeskwaliteit van borgen is daardoor beter dan die van gelten.

3
Voor het verkrijgen van een betere vleeskwaliteit bij slachtvarkens verdient het aanbeveling alle varkens na aankomst op de slachterij twee tot vier uur te laten rusten.

4
Er bestaat een zekere mate van overeenkomst tussen het stress-syndroom bij varkens en de verschijnselen van acute psychose bij de mens.

5
Bij het optreden van diarree bij twee tot zes maanden oude kalveren dient coccidiose in de differentiaaldiagnose te worden opgenomen, speciaal op grote bedrijven.

6
Bestrijding van gastrophilus-infectie bij het paard zal alleen dan succesvol verlopen, indien ze geschiedt in georganiseerd verband.

7
Epifysiolyse van de femurkop bij mestvarkens is als regel het gevolg van overbelasting van een juveniel skelet.

8
Uit het oogpunt van milieuhygiëne dienen extra toevoegingen van nutriënten zoals fosfor- en koperverbindingen aan het veevoeder tot een minimum beperkt te worden.

Abstract

VERDIJK, A. TH. M. (1974) Oorzaken van afwijkende vleeskwaliteit bij stressgevoelige varkens (Causes of aberrant meat quality in stress-susceptible pigs). Doctoral thesis, Utrecht, ISBN 90 220 0513 5, (xi) + 114 p., 202 refs, 29 tbs, 17 figs, Du. and Eng. summaries.
Also: Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.) 818.

For one year the meat quality (PSE and DFD meat) of about 150 Dutch Landrace slaughter pigs was estimated every week by measuring the pH (pH_1) and rigor values (R) of the M. semimembranosus 32–37 min after exsanguination. The mean pH_1-value of 5000 pigs was 6.35 $\pm$ 0.33 and the mean rigor-value 6.57 $\pm$ 3.66. The meat quality of the gilts was significantly worse than that of the barrows and boars. There was hardly any correlation of either growth rate or age with either pH_1 or R. By slaughter weight progression the meat quality of the gilts decreases. Correlations of either pH_1 or R with backfat thickness were not significant, but with slaughter type they were relatively high ($r = 0.33$ and $r = -0.42$). It was assumed and also proved that an interaction exists between slaughter type and meat quality. Big differences were found between the meat quality of the progeny of the boars. It was concluded that a rest period before slaughtering of between two and four hours is optimum to obtain a low percentage of PSE and DFD carcasses. Correlations were also found between CPK value in the sticking blood and pH_1 value ($r = -0.61$) and the R-value ($r = +0.64$), respectively

ISBN 90 220 0513 5

Dit proefschrift verschijnt tevens als Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 818.

© Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 1974.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced or published in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Dankbetuiging

Bij deze wil ik mijn oprechte dank betuigen aan prof. dr. J. G. van Logtestijn voor de prettige wijze waarop hij als promotor het onderzoek begeleid heeft, en voor zijn opbouwende kritiek bij het verwerken en weergeven van de resultaten.

Prof. dr. J. H. J. van Gils ben ik erkentelijk voor zijn adviezen, speciaal in het beginstadium van het onderzoek, alsook voor zijn bereidwilligheid als co-referent op te treden.

Dr. J. J. M. de Bruin, directeur van de Vleeskeuringsdienst en het Openbaar Slachthuis te Boxtel dank ik voor de vele suggesties aangaande het onderzoek, en in het bijzonder voor het bieden van de mogelijkheden om dit onderzoek tot een proefschrift te bewerken.

Dr. W. Sybesma is mij tot grote steun geweest door zijn wetenschappelijke inbreng en daadwerkelijke hulp bij het onderzoek.

Het bestuur en directeur dr. D. H. Brus van de Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant ben ik waardering verschuldigd voor de spontane medewerking; met ir. M. J. M. Tielen van deze dienst mocht ik op prettige wijze samenwerken bij het verwerken en verzamelen van de gegevens.

Bestuur en directie van de Coöperatieve Brabantse Vee- en Vleescentrale van de Noordbrabantse Christelijke Boerenbond G. A. en de B.V. Export Centrale 'Boxtel' verleenden de noodzakelijke faciliteiten voor het uitvoeren van de proeven. Bestuur en zaakvoerder H. Th. van den Eynden van de integratiegroep 'Asten' gaven loyaal hun medewerking bij het verzamelen van de fok- en mesterijgegevens. Zonder de hulp van deze beide instanties was het onderzoek niet mogelijk geweest.

De hulp van H. W. Verwer en H. de Vries van het Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek 'Schoonoord' te Zeist bij het statistisch verwerken en grafisch weergeven van de resultaten mag niet onvermeld blijven. G. van Essen, L. Zuidam, L. Pietersе-Heykoop en U. J. Mecklenburg, eveneens van dit instituut, verrichtten op plezierige en stipte wijze de metingen. W. J. Koops van de afdeling Veeteelt van de landbouwhogeschool te Wageningen verzorgde kundig de computerprogrammering.

Het definitieve uiterlijk van deze dissertatie werd medebepaald door drs. P. Bergström, die het omslag ontwierp, en door Pudoc, dat zorg droeg voor de redactie van het manuscript en de correctie van de Engelse teksten.

Tot slot betuig ik graag mijn dank aan allen die verder op enigerlei wijze aan het tot stand komen van dit proefschrift hebben meegewerkt.

Inhoud

1 Inleiding 1

2 Literatuur 4
- 2.1 Terminologie 4
- 2.2 De postmortale glycolyse bij normale slachtdieren 5
- 2.3 De postmortale glycolyse bij PSE-dieren 5
- 2.4 De postmortale glycolyse bij DFD-dieren 6
- 2.5 De aetiologie van PSE- en DFD-vlees 7
- 2.6 De belangrijkste criteria voor het vaststellen van PSE-vlees 10
- 2.7 Hygiënische aspecten 13
- 2.8 Organoleptische eigenschappen 14
- 2.9 Economische betekenis 15
- 2.10 Preventieve maatregelen 16

3 Materiaal en methoden 20
- 3.1 De proefvarkens 20
- 3.2 Het slachtproces 21
- 3.3 Beoordeling van longen en levers 22
- 3.4 Het meten van de pH_1 en de R van de M. semimembranosus 22
- 3.5 Sexe en identificatienummers 23
- 3.6 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht 23
- 3.7 Verwerking van de gegevens 24

4 De relatie tussen de pH_1-waarden van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi en de relatie tussen de eind- pH-waarden van enkele spieren 25
- 4.1 Inleiding 25
- 4.2 Literatuur 25
- 4.3 Materiaal en methoden 27
- 4.4 Resultaten 27
- 4.5 Discussie en conclusie 28

5 Het tijdstip van pH_1- en R-metingen en van de evisceratie 30
- 5.1 Inleiding 30
- 5.2 Materiaal en methoden 30

5.3 Resultaten 31
5.4 Discussie 31

6 pH_1- en rigormetingen 34
6.1 Inleiding 34
6.2 Materiaal en methoden 34
6.3 Resultaten en discussie 34

7 Verschillen in vleeskwaliteit tussen gelten, borgen en beren 41
7.1 Inleiding en literatuur 41
7.2 Materiaal en methoden 41
7.3 Resultaten en discussie 41

8 Transportafstand en rustperiode 44
8.1 Inleiding en literatuur 44
8.2 Probleemstelling 46
8.3 Materiaal en methoden 47
8.4 Resultaten 48
8.5 Discussie 54
8.6 Samenvattende conclusies 57

9 Invloed van de klimaatomstandigheden op de vleeskwaliteit 58
9.1 Inleiding en literatuur 58
9.2 Materiaal en methoden 59
9.3 Resultaten en discussie 59

10 Het verband tussen vleeskwaliteit en slachtkwaliteit 64
10.1 Inleiding 64
10.2 Materiaal en methoden 64
10.3 Resultaten 64
10.4 Discussie 66

11 De invloed van het mestbedrijf op vleeskwaliteit en stressgevoeligheid 67
11.1 Inleiding 67
11.2 Literatuur 68
11.3 Materiaal en methoden 71
11.4 Resultaten 71
11.5 Discussie 74

12 Genetische aspecten 77
12.1 Inleiding 77
12.2 Literatuur 77
12.3 Materiaal en methoden 78

12.4 Resultaten en discussie 79
12.5 Conclusie 81

13 Relatie tussen de gezondheidstoestand vóór en de vleeskwaliteit ná het slachten 82
13.1 Inleiding en literatuur 82
13.2 Materiaal en methoden 82
13.3 Resultaten 83
13.4 Discussie 84

14 Het gehalte creatinefosfokinase in het bloed van slachtvarkens en de relatie ervan met de vleeskwaliteit 85
14.1 Inleiding en probleemstelling 85
14.2 Literatuur 85
14.3 Materiaal en methoden 86
14.4 Resultaten en discussie 87
14.5 Conclusies 95

Samenvatting en conclusies 96

Summary and conclusions 101

Literatuur 105

Afkortingen 113

1 Inleiding

Zowel in ons land als in vele andere landen heeft varkensvlees vaak een abnormaal bleke kleur, een slappe consistentie, een losse vezelstructuur en een minder goed waterbindend vermogen. Dit vlees wordt thans internationaal naar analogie van de Engelse benaming der kenmerken aangeduid als PSE vlees (Pale, Soft, Exudative).

Minder vaak is er sprake van een andere afwijkende vleeskwaliteit, het zogenaamde DFD-vlees. Dit vlees heeft een abnormaal donkere rode kleur, een vaste structuur, een droog aspect op de sneevlakte (Dark, Firm, Dry) en een pH die hoger is dan 6,3.

Zowel PSE-als DFD-vlees moeten als min of meer afwijkend beschouwd worden. De twee afwijkingen staan nauw met elkaar in verband en zijn een gevolg van het feit dat slachtvarkens vaak onvoldoende weerstand kunnen bieden aan de stressinvloeden waarmee het transport en het slachtproces, tot aan het doden der dieren, gepaard gaat.

Als gevolg van deze stressgevoeligheid sterft in ons land momenteel ca. 0,5 % van de mestvarkens tijdens het transport (Den Hartog, 1973; Lendfers, 1969) en ontstaat bij ca. 20 % na het slachten PSE- of DFD-vlees (Sybesma et al., 1966; Verdijk, 1971). De economische verliezen die hier een gevolg van zijn, zijn groot. Zo wordt de schade door transportsterfte momenteel geschat op ca. 11 miljoen gulden per jaar (Den Hartog, 1973) en de schade als gevolg van het PSE-vlees op ca. 8 miljoen gulden (Leest en Van Roon, 1969). Voor dezelfde factoren werd in de USA voor 1972 een schade beraamd tussen de 230 en 320 miljoen dollar (Hall, 1972).

De afname van het weerstandsvermogen, oftewel de toename van de stressgevoeligheid van het varken, hangt nauw samen met de snelle ontwikkeling in de varkensfokkerij gedurende de laatste 20 jaren, waarbij men er door het toepassen van een intensief selectieprogramma in geslaagd is een varken te fokken met een betere voederconversie, een snellere groei en gunstige vlees-vet-been verhouding. Het percentage slachtvarkens met een dikke speklaag (klasse II en III) nam af van 49,7 % in 1952 tot 19,1 % in 1971 en het percentage varkens met een gunstige bevleesdheid (slachttype A) nam in dezelfde periode toe van 33,1 % tot 73,9 %.

Tegelijk met de verbetering van deze, in economisch opzicht gunstige eigenschappen heeft de selectie geleid tot een grotere gevoeligheid van de varkens voor allerlei stressfactoren tijdens de opfok en de mesterij, maar in het bijzonder voor de stressfactoren tijdens het transport naar de slachterij.

Het effect van stressfactoren op varkens wordt enerzijds bepaald door de aard, de hoeveelheid en de intensiteit van de stressprikkels, anderzijds door de mate van stressgevoeligheid van de dieren zelf. Deze is voor een groot deel erfelijk bepaald.

Zowel tussen rassen als tussen families of stammen binnen de rassen zijn duidelijk verschillen vastgesteld zowel in stressgevoeligheid, als in vleeskwaliteit en in het percentage transportsterfte (Bentler, 1972; Ludvigsen, 1954; Weiss, 1967; Unshelm, 1970).

Omtrent de aetiologie van het PSE- en DFD-syndroom is ook in ons land reeds veel onderzoek verricht. Zo is veel bekend geworden omtrent de klinische symptomen en de biochemische processen waarmee het syndroom gepaard gaat. Toch waren er nog een aantal leemten in de kennis van deze materie, vooral met betrekking tot de praktische toepasbaarheid van de gebruikelijke vleeskwaliteitscriteria. Ook was er nog onvoldoende bekend over de relatie tussen vleeskwaliteit en fokkerij, vleeskwaliteit en mesterij en de transport- en slachthuisinvloeden. Bovendien bestaat er behoefte aan toepasbare selectiemethoden om het aantal stressgevoelige varkens te verminderen.

In dit onderzoek werd daarom getracht zoveel mogelijk deze leemten aan te vullen, waarbij juist die punten uitvoerig onderzocht werden, waarvan verwacht kon worden dat ze zouden kunnen leiden tot maatregelen die het mogelijk maken het aantal stressgevoelige dieren en het percentage PSE-dieren te verminderen.

Op de eerste plaats werden de gebruikelijke criteria voor het meten van de slachtkwaliteit aan de slachtlijn, de pH_1 en rigorwaarde R, aan een kritisch onderzoek onderworpen. Gedurende een jaar werd wekelijks de vleeskwaliteit gemeten van in totaal ca. 5000 varkens van het NL-ras. Hierdoor kon het percentage dieren met PSE-vlees vastgesteld worden. Ook werd hierbij nagegaan in hoeverre er verschillen in vleeskwaliteit bestaan tussen borgen, gelten en beren.

Uitvoerige aandacht werd besteed aan de invloed van de lengte van de rustduur van de varkens na aankomst op de slachterij op de vleeskwaliteit.

Naar analogie van de grote invloed van het klimaat op de transportsterfte van varkens was het tevens van belang na te gaan of voor de vleeskwaliteit ook het klimaat van betekenis is.

Een groot aantal van de varkens waarvan de vleeskwaliteit gemeten werd was afkomstig van een zeventiental mestbedrijven van de integratie 'Asten'. Met behulp van de gegevensadministratie hiervan was het mogelijk:

- de relatie na te gaan tussen de bevleesdheid en de vleeskwaliteit van de karkassen. Hierbij werden onder meer correlaties berekend tussen de pH_1 en R enerzijds en de spekdikte en slachttype anderzijds;
- het verband vast te stellen tussen het ontstaan van PSE-vlees en de groeisnelheid, de leeftijd en het slachtgewicht van de varkens;
- verschillen vast te stellen in vleeskwaliteit en stressgevoeligheid tussen varkens afkomstig van diverse fok- en mestbedrijven of afstammende van verschillende fokberen.

Ook mogelijke relaties tussen enkele gezondheidskenmerken van de mestvarkens en het voorkomen van PSE- en DFD-vlees vormden een punt van onderzoek.

Op grond van literatuuraanwijzingen (Bickhardt, 1969; Schmidt & Schmidt, 1970) was het van belang vast te stellen in hoeverre het CPK-gehalte in het bloed bruikbaar

is als selectiecriterium voor stressgevoeligheid en vleeskwaliteit bij slachtvarkens.

Op basis van de resultaten van het onderzoek zouden maatregelen beraamd kunnen worden om het percentage dieren met PSE- en DFD-vlees te verminderen. Dit zou tevens kunnen leiden tot een vermindering van het aantal dieren dat tijdens het transport of op de boerderij sterft als gevolg van stressfactoren.

2 Literatuur

In de loop van het afgelopen decennium zijn enkele uitgebreide literatuuroverzichten verschenen over het voorkomen, het wezen en de aetiologie van de stressgevoeligheid, en over de daaruit resulterende sterfte tijdens transporten en afwijkende vleeskwaliteit (Briskey, 1964; Hildebrandt, 1969; Bentler, 1972). Eikelenboom (1972) geeft in zijn dissertatie een overzicht van de hormonale en biochemische aspecten van de stressgevoeligheid. Ook zijn Proceedings verschenen van diverse congressen en meetings die over deze onderwerpen werden gehouden (Zeist, 1968, 1971; Madison, 1972; European Meeting of Meat Research Workers te Sandeford, 1966; Boedapest, 1970; Bristol, 1971).

Voor een uitgebreider literatuuroverzicht zij naar deze publikaties verwezen. Dit literatuuroverzicht wordt daarom beperkt gehouden, temeer daar bij de afzonderlijke hoofdstukken ook nog literatuurinformatie gegeven wordt.

2.1 Terminologie

Sinds 1964 wordt het bij varkens veelvuldig voorkomende afwijkende, bleke, waterige en slappe vlees op voorstel van Briskey internationaal aangeduid als PSE (pale, soft, exudative meat). Voordien was deze afwijking in ons land reeds onderkend en betiteld als hyaline spierdegeneratie (Postma, 1950), spierdegeneratie (Tacken, 1952) en Enterse ziekte (Zwijnenberg, 1952). Sybesma (1964) introduceerde de naam vleesdegeneratie, daarmee aangevend dat de afwijkingen postmortaal ontstaan en dat het geen pathologische afwijkingen van de spieren betreft.

Andere, buitenlandse, benamingen zijn: Weiss-, Hühner- of Fischfleischigkeit, white muscle disease, watery pork, meat degeneration en myopathie exudative dépigmentaire.

Naar analogie van de naam PSE-vlees is ook de term DFD-vlees ontstaan, gebaseerd op de typerende kenmerken van dit vlees, namelijk een abnormaal donkere rode kleur (dark), een vaste stugge structuur (firm) en een droog, pikkerig uiterlijk (dry) (Briskey, 1964).

Vooral de laatste jaren is het duidelijk geworden dat het ontstaan van PSE- en DFD-vlees nauw met elkaar in verband staat en dat beide afwijkingen het gevolg zijn van een grote stressgevoeligheid van de hedendaagse mestvarkens. (Van Logtestijn, 1968; Sybesma, 1969; Hamm & Potthast, 1972; Topel, 1972).

2.2 De postmortale glycolyse bij normale slachtdieren

Een gezond slachtdier heeft in de spieren en het bloed tijdens het leven een pH-waarde welke schommelt tussen 7,2 en 7,5. Direct na de dood daalt de pH van de spieren in het algemeen zeer snel naar waarden tot ca. 6,8. Deze waarden worden 10–20 minuten na de dood reeds gemeten (Van Logtestijn, 1965). Daarna daalt de pH-waarde als regel slechts langzaam omdat eerst de aanwezige initiële voorraden van ATP en CP omgezet worden en de anaërobe glycolyse nog niet op gang komt (Bendall, 1960). Dit stadium, ook wel latente fase van de pH-daling genoemd, gaat over in de snelle fase, wanneer de initiële zuurstofvoorraad en het gehalte aan creatinefosfaat (CP) sterk gedaald zijn. In 8–24 uur daalt de pH-waarde geleidelijk naar waarden tussen 5,3 en 5,8 (Van Logtestijn, 1965).

Wanneer de CP-voorraad uitgeput is daalt ook de ATP-concentratie snel (Bendall, 1960; Van den Bergh, 1971).

De daling van de ATP-spiegel zet niet alleen een versnelde anaërobe glycolyse in gang maar is tevens verantwoordelijk voor de intrede van de rigor mortis of lijkstijfheid. Hierbij gaan de spieren over in een irreversibele contractietoestand, doordat er een verbinding tot stand komt tussen het actine en het myosine van de myofibrillen. Bij normale slachtdieren begint de rigor te ontstaan ongeveer vijf uur na het slachten (Bate-Smith, 1948, geciteerd door Van Logtestijn, 1965). De eindfase van de rigor mortis wordt pas bereikt als de glycolyse is beëindigd, hetgeen normaliter na 24 uur het geval is (Lawrie et al., 1959; Bentler, 1972).

2.3 De postmortale glycolyse bij PSE-dieren

Het ontstaan van PSE-vlees kenmerkt zich door een versnelde glycolyse. 30–60 Minuten na het slachten wordt reeds zoveel melkzuur uit het spierglycogeen gevormd, dat de zuurgraad gedaald is tot pH-waarden van 6,0 tot 5,4 (Ludvigsen, 1954, geciteerd door Briskey, 1964; Bendall & Lawrie, 1964; Sybesma, 1964).

Hamm & Potthast (1972) vonden in het PSE-vlees de hoogste lactaat- en de laagste glycogeenwaarden, vergeleken met normaal en DFD-vlees. Ludvigsen (1953) wees als eerste op de abnormaal snelle pH-daling, waarmee het ontstaan van PSE-vlees gepaard gaat. Briskey en Wismer-Pedersen (1961) volgden systematisch het pH-verloop van de spieren gedurende 24 uur na het slachten en onderscheidden daarbij diverse typen pH-dalingen. Bij het type waarbij 1½ uur na het slachten de pH lager was dan 5,6 trad steeds PSE-vlees op.

De snelle pH daling is een goed criterium gebleken voor het opsporen van PSE-vlees. Algemeen wordt thans de pH, gemeten 30 tot 45 minuten na het slachten, de z.g. pH_1, als een parameter voor de vleeskwaliteit geaccepteerd. (Briskey, 1964; Van Logtestijn, 1965; Sybesma & Van Logtestijn, 1966; Bentler, 1972). Omtrent de pH_1-grens op een bepaald tijdstip na de dood, waarbeneden PSE-vlees zou kunnen ontstaan, bestaat tot nog toe geen uitgesproken eenstemmigheid. Sybesma en Van Logtestijn (1966) geven 6,0 aan als grenswaarde op 30–45 minuten na de dood. Zo ook

Bendall et al. (1966); McLoughin (1965); Van Roon & Leest (1967); Moerman & Krol (1968). Briskey legt de grens bij een pH_1 van 6,1. Elliot (1965) en Scheper (1971) daarentegen bij een pH_1 van 5,9.

Ook gaat het ontstaan van PSE-vlees gepaard met een versnelde rigor mortis. De versnelde rigor mortis wordt veroorzaakt door een versnelde afbraak en een gebrekkige resynthese van het ATP. (Sybesma et al., 1967; Eikelenboom, 1972).

Briskey (1964) stelde vast dat bij varkensvlees de rigor mortis in het algemeen snel intreedt. Sybesma (1966) vond dat bij 31 % van de varkens van het Nederlandse Landvarkenras (NL) de rigor reeds 40 minuten na het slachten volledig was ingetreden. Bij 90 % was dit na 1½ uur het geval. Een versnelde rigor intrede kan optreden bij elke pH_1-waarde zodat het meten van de rigor 30–45 minuten na het slachten op zichzelf niet geschikt is voor het opsporen van PSE-vlees (Sybesma, 1968).

Het derde begeleidende verschijnsel is een abnormaal hoge vleestemperatuur na het slachten (Sybesma & Van Logtestijn, 1967). Deze hoge vleestemperatuur is een gevolg van een hoge lichaamstemperatuur voor het slachten en de postmortale warmteproduktie uit biochemische processen. Incidenteel kan de temperatuur zelfs stijgen tot 43–44 °C. De hoge temperatuur stimuleert de afbraak van ATP en glycogeen, waardoor de kans op het ontstaan van PSE-vlees nog sterk toeneemt (Lawrie, 1966; Hamm & Potthast, 1972).

Door de lage pH-waarde van het vlees, maar vooral door de combinatie van een hoge vleestemperatuur en een lage pH denatureren bepaalde spiereiwitten waardoor het waterige en bleke vlees ontstaat (Lawrie, 1965; Penny, 1967).

2.4 De postmortale glycolyse bij DFD-dieren

Het ontstaan van DFD-vlees kenmerkt zich door:

a. Een onvoldoende glycolyse.

De glycogeenvoorraad bij vermoeide dieren is op het moment van slachten geheel of voor een groot deel uitgeput, daardoor kan geen of onvoldoende melkzuur gevormd worden.

De pH_1-waarde ligt daardoor steeds boven de 6,5 (Sybesma & Van Logtestijn, 1966) en de eind-pH-waarde boven de 6,3 (Alterauge et al., 1967; Briskey, 1964; Van Gils & Van Logtestijn, 1967). Hamm & Potthast (1972) vonden in dit vlees zowel lage glycogeen- als lage lactaatwaarden.

b. Een versnelde intrede van de rigor mortis.

Doordat het creatinefosfaat en het glycogeen in de spieren reeds voor het slachten grotendeels verbruikt is, vindt er een onvoldoende resynthese van het ATP plaats. Hierdoor treedt reeds binnen 30–40 minuten na het slachten de rigor mortis in.

c. Een verhoogde lichaamstemperatuur vóór het slachten en een hoge vleestemperatuur na het slachten.

De vleestemperatuur stijgt uiteraard bij deze DFD-dieren veel minder dan bij PSE-dieren omdat de anaërobe glycolyse nagenoeg uitblijft en er dus geen extra warmte geproduceerd wordt.

Fig. 1. Schematische weergave van het pH-verloop van normaal, DFD- en PSE-vlees.

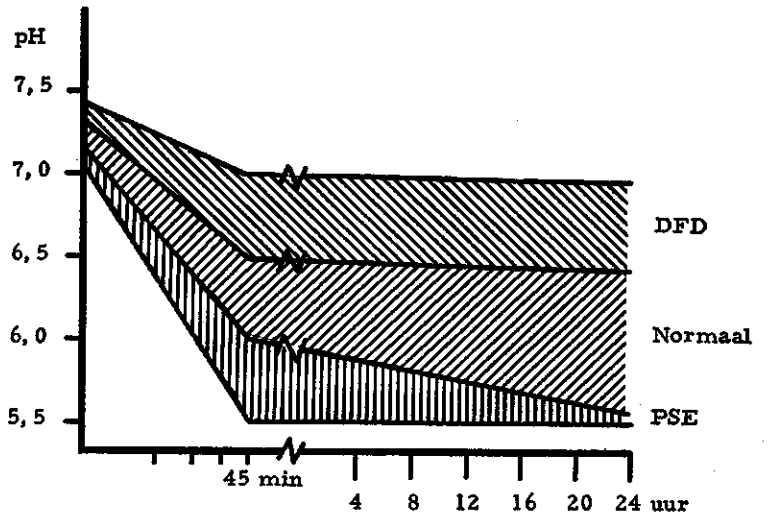


Fig. 1. Diagram of the course of pH for normal, DFD and PSE meat.

Binnen een karkas kunnen zowel spieren voorkomen met PSE- als met DFD-vlees (Barton, 1971; Hamm & Potthast, 1972; Linke & Heinz, 1972; Sybesma, 1969). Dit is te verklaren doordat enerzijds bepaalde spieren meer aanleg hebben om PSE-vlees te vormen (Van Logtestijn, 1965; Merkel, 1971) anderzijds doordat de glycogeenvoorraad van bepaalde spieren of gedeelten daarvan na langdurige stress of langdurige beweging eerder uitgeput is dan van andere. Naarmate de stress of de spierarbeid langer duurt zal het aantal spieren met DFD-vlees gaan overheersen (Scheper, 1971; Barton, 1971; Linke & Heinz, 1972). Spieren die in het bijzonder gepredisponeerd zijn voor het ontstaan van PSE-vlees zijn: Musculus longissimus dorsi, M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. psoas major en M. gluteus medius. Voor het ontstaan van DFD-vlees zijn gepredisponeerd: M. adductor, M. gluteus internus, M. rectus femoris en de extensoren en flexoren van de ledematen.

In fig. 1 wordt het pH-verloop van het vlees weergegeven bij normale PSE- en DFD-dieren.

2.5 De aetiologie van PSE- en DFD-vlees

2.5.1 Relatie tussen het ontstaan van PSE- en DFD-vlees en stressgevoeligheid

Reeds in 1954 stelde Ludvigsen een hypothese op over het ontstaan van PSE-vlees bij varkens, die gebaseerd was op de stresstheorie van Selye. Tijdens de sterke selectie

op groeisnelheid bij varkens is volgens hem gelijktijdig geselecteerd op een grotere produktie van het groeihormoon. Dit zou ten koste zijn gegaan van de ACTH-produktie en de produktie van het thyreotrope hormoon in de hypofyse. De activiteit van de bijnierschors en de schildklier zou hierdoor zijn afgenomen, waardoor het dier onvoldoende kan reageren op invloeden van buitenaf.

Briskey (1968) omschrijft stress als een verstoring van de harmonie van het normale levenspatroon door allerhande factoren. 'Stressgevoelige varkens' definieert hij als: varkens die niet in staat zijn bij een hoge omgevingstemperatuur opwinding te verdragen.

Topel et al. (1968) introduceerden het Porcine Stress Syndrome (PSS): het totaal aan symptomen dat optreedt bij varkens die stressfactoren niet of onvoldoende kunnen verwerken. De eerste symptomen zijn spiertrillingen; de varkens kunnen zich moeilijk verplaatsen. Deze verschijnselen worden gevolgd door een onregelmatige ademhaling, tachycardie, afwisselende verkleuring van de huid, dan weer witte en dan weer rode plekken. De lichaamstemperatuur stijgt, een hyperventilatie treedt op, gevolgd door cyanosis en daling van de pH-waarde van het bloed. De laatste fase is een totale collaps, gevolgd door de intrede van de dood onder verschijnselen die veel op shock gelijken.

Momenteel wordt als vaststaand aangenomen dat zowel de transportsterfte als het PSE- en DFD-vlees het gevolg zijn van een grote stressgevoeligheid van varkens en dat zowel de transportdode als de PSE- en DFD-varkens voor de dood, respectievelijk voor het slachten, symptomen gehad hebben die overeenkomen met die van het PSS-complex (Ludvigsen, 1954; Berman & Kench, 1971; Christian, 1972; Sybesma, 1972; Topel, 1972; Judge, 1972; Eikelenboom, 1972).

De erfelijke predispositie voor stressgevoeligheid van bepaalde rassen of stammen van een ras wordt unaniem aanvaard (Ludvigsen, 1954, geciteerd door Briskey, 1964); Scheper, 1971; Unshelm, 1971; Christian, 1972).

Hoewel een verband tussen stressgevoeligheid en de afwijkende vleeskwaliteit vaststaat is men er tot nog toe ondanks veel onderzoek nog niet in geslaagd de juiste toedracht van het ontstaan van PSE- en DFD-vlees te ontdekken.

2.5.2. Hypothesen omtrent het ontstaan van stressgevoeligheid en van PSE- en DFD-vlees

Omdat Eikelenboom in zijn dissertatie (1972) reeds uitvoerig op de belangrijkste desbetreffende theorieën is ingegaan, wordt volstaan met een korte opgave van de belangrijkste hypothesen.

Zoals gezegd stelde Ludvigsen (1954) dat het aanpassingsvermogen verminderd is als gevolg van een verschuiving van de verhouding tussen het groeihormoon en het ACTH-hormoon. Stimulering van de groei d.m.v. methylthiouracil bijvoorbeeld verhoogt het percentage dieren met PSE-vlees (Ludvigsen, 1969).

De verminderde functie van de schildklier bij snelgroeiende dieren leidt volgens Sybesma (1964) tot afname van de oxydatieve fosforyleringscapaciteit van de spier,

waardoor het niveau aan energierijke fosfaten vermindert.

Proeven van Lister (1968) wezen uit dat stressgevoelige varkens gevoeliger zijn voor zuurstofarme omstandigheden voor en tijdens het slachtproces.

Judge et al. (1968) en Topel (1968) suggereren als oorzaak van een grotere stressgevoeligheid van varkens, een onvoldoende functioneren van de bijnierschors. Bij histochemisch onderzoek bleek de bijnierschors van stressgevoelige varkens meer vetophopingen te bevatten dan die van normale varkens. De vetophopingen worden gezien als een vorm van degeneratie van het bijnierschorsweefsel. Ook de latere onderzoekingen van Judge en Marble (1971) wijzen sterk in de richting van hormonale stoornissen bij de stressgevoelige varkens. Zo bleek het bloed in het algemeen niet alleen meer ACTH-hormoon te bevatten, doch was ook de verhouding corticosteroïden-ACTH 2 tot 4 maal zo laag als normaal.

Sybesma & Eikelenboom (1969) vinden dat de primaire oorzaak van het PSE- en PSS-probleem gezocht moet worden in het functioneel tekortschieten van het spierweefsel. Zij baseren dit op experimenten waarbij Pietrainvarkens onder narcose gebracht werden met behulp van fluothaan en waarbij het z.g. maligne-hyperthermiesyndroom optrad. Bij verder onderzoek vond Eikelenboom (1972) dat de spiermitochondriën van de M. longissimus dorsi van stressgevoelige varkens een lagere zuurstofcapaciteit hadden, dan die van stressresistente dieren. Zolang de vraag naar ATP beperkt is, zoals bij dieren in rusttoestand, geeft dit geen problemen. Zodra de dieren echter plotseling veel spierinspanningen moeten verrichten, vooral onder stressomstandigheden, wordt het CP in de spieren snel afgebroken en moet de ATP-resynthese voornamelijk plaatsvinden via de oxydatieve fosforylering in de mitochondriën. Daar deze bij stressgevoelige dieren onvoldoende functioneren daalt het ATP-gehalte in de spieren. Verder komt bij de ATP-resynthese in de mitochondriën abnormaal veel warmte vrij, waardoor plaatselijk een temperatuurstijging ontstaat en de spiereiwitten in meerdere of mindere mate worden aangetast. Eikelenboom (1972) vond met behulp van biopsie een positieve relatie tussen de O_2-consumptie van de spiercelmitochondriën vóór het slachten en de vleeskwaliteit na het slachten.

Door Unshelm (1971) wordt meer de nadruk gelegd op de grotere vleesrijkheid van de stressgevoelige varkens. Bij stress ontstaat een heftige reactie van de bijnierschors waardoor in korte tijd veel hormonen van de bijnierschors vrijkomen, die kort maar heftig werken. De hormonen zouden hoofdzakelijk perifere reacties tot gevolg hebben en verder zou de beschikbare hoeveelheid hormonen onvoldoende zijn voor de grote hoeveelheid spieren.

Andere onderzoekers vermelden het onvoldoende functioneren van hart en bloedvaatstelsel, waardoor de O_2-voorziening van de spieren in gevaar komt. Een relatief kleiner bloedvolume, een hogere haematocrietwaarde (Sybesma & Hart, 1965) en een kleiner aantal capillairen in de PSE-spieren (Merkel, 1971), bij stressgevoelige varkens geconstateerd, geven hiertoe aanleiding. Ook bij de PSS-symptomen spelen circulatiestoornissen een belangrijke rol.

2.5.3 De rol van CPK en andere enzymen

Enzymen als creatinefosfokinase (CPK), aldolase en lactodehydrogenase (LDH) komen normaliter hoofdzakelijk voor in de spiercellen. Pas bij bepaalde spieraandoeningen of spierbeschadigingen waarbij de spiercelwand permeabel wordt voor grotere eiwitmoleculen, komen deze enzymen in verhoogde concentraties in de bloedbaan voor (Zondag, 1964; Hessel-de Heer, 1968; Merkel, 1971; Hunter & Critz, 1971). Bickhardt (1969, 1971) vond bij stressgevoelige dieren zowel voor als na een doorstane stress hogere CPK-waarden in het bloed dan bij stressresistente varkens. Ook Allen & Patterson (1971), Woolf et al. (1970, gepubliceerd door Allen et al., 1971) en Christian (1972) vermelden identieke resultaten. Dit wijst erop dat ook door stress de spiercelwanden bij stressgevoelige varkens op grote schaal beschadigd kunnen worden, waardoor de waarden van het CPK en het aldolase in het bloed sterk kunnen stijgen. Experimenteel is dit ook aangetoond bij het opwekken van het maligne-hyperthermiesyndroom bij Pietrainvarkens door middel van narcose met fluothaan. Dit gaat namelijk steeds gepaard met 5- tot 10-voudig verhoogde CPK-waarden. (Allen & Patterson, 1971; Bickhardt, 1971).

Denborough et al. (1970, geciteerd door Allen et al., 1971) beschrijven het maligne-hyperthermiesyndroom bij de mens. Ook hierbij traden verhoogde CPK-waarden op.

Bij ongetrainde mestvarkens, die hij 20 minuten liet lopen vond Bickhardt verhoogde CPK-waarden van 100 mE/ml. Hunter & Critz (1971) zagen bij de mens verhoogde CPK-waarden na sterke lichamelijke inspanning, waarbij de mate van stijging afhankelijk was van de trainingsconditie.

Normaliter speelt het CPK een belangrijke rol in de spierstofwisseling, waar het een schakel is bij de omzetting van creatinefosfaat in creatine, volgens de formule:

$$\text{creatinefosfaat} + \text{ADP} \xrightleftharpoons{\text{CPK-ase}} \text{creatine} + \text{ATP}$$

Hierbij komt energie vrij die gebruikt wordt voor de omzetting van adenosinedifosfaat (ADP) in adenosinetrifosfaat (ATP). Het ATP speelt een essentiële rol bij de spiercontractie en is zowel activator als relaxator bij de spieractiviteit (McLoughlin, 1971).

Tussen de diverse varkensrassen, als ook tussen stammen en families binnen een bepaald ras, blijken duidelijk verschillen voor te komen van de gemiddelde CPK-waarden in het bloedplasma (Sybesma, 1972; Allen & Patterson, 1971; Bickhardt, 1971). Allen en Patterson adviseren de CPK-waarde op te nemen in het selectieprogramma, als criterium voor de stressgevoeligheid.

2.6 De belangrijkste criteria voor het vaststellen van het PSE-vlees

Er moet onderscheid gemaakt worden tussen criteria die betrekking hebben op vlees waarin de glycolyse beëindigd is, hetgeen in de praktijk neerkomt op ca. 24 uur

na het slachten, en criteria die betrekking hebben op vlees dat onderzocht wordt aan het einde van het slachtproces, ca. 30–45 minuten na de dood van het varken.

2.6.1 Criteria 24 uur na het slachten

Het waterbindend vermogen Het z.g. hydraatwater, 4 à 5% van het water in het vlees, is sterk chemisch gebonden in de spiereiwitmoleculen en komt praktisch onder geen enkele omstandigheid vrij. De binding van het overige water wordt voor een groot deel bepaald door de pH van het vlees. Een lage pH, in de buurt van het iso-elektrische punt van de vleeseiwitten, gaat gepaard met een klein aantal ladingsgroepen van de eiwitten en daardoor ook met een geringe binding van de bipolaire watermoleculen. Bij een hogere pH van het vlees daarentegen, zoals bij DFD-vlees, is het aantal ladingsgroepen van de eiwitten groter, waardoor ook het waterbindend vermogen van het vlees groter is (Hamm & Grau, 1956; Van Logtestijn 1965).

Het waterbindend vermogen kan op diverse wijzen bepaald worden. Zeer eenvoudig en voldoende betrouwbaar is de methode volgens Hamm en Grau (1956) waarbij de hoeveelheid capillair gebonden vocht dat met behulp van een compressorium uit het vlees gedrukt kan worden, wordt bepaald. Het vocht wordt hierbij geabsorbeerd door filtreerpapier. Weniger et al. (1964) ontwikkelden de z.g. centrifugemethode die op hetzelfde principe berust als de methode van Hamm en Grau.

De vleeskleur De bleke kleur van het PSE-vlees is een gevolg van de denaturatie van de spiereiwitten, waardoor de brekingsindex van de eiwitten verandert en het opvallend licht diffuus teruggekaatst wordt (Steinhauf et al., 1966). Tussen normaal en PSE-vlees bestaat dan ook geen systematisch verschil in het myoglobine- en haemoglobinegehalte, zoals aanvankelijk wel verondersteld werd (Weniger et al., 1964).

De meest toegepaste beoordelingsmethode voor het meten van de vleeskleur is nog steeds de subjectieve kleurbeoordeling van het vlees 24 uur na het slachten. Het bleke vlees krijgt de slechtste beoordeling en naarmate de kleur roder wordt is de beoordeling gunstiger. Deze methode wordt ook in ons land bij selectiemesterijvarkens toegepast in combinatie met een beoordeling van de vochtigheid van het vlees.

Door Lohse et al. (1965) is een Fahellphometer ontwikkeld waarvan het principe berust op het meten van de intensiteit van het teruggekaatste licht van een bepaalde golflengte (Helligkeitsmessung) met behulp van een vergelijkende kleurschaal. De Fahellphometer is nadien door Steinhauf et al. (1966) gemodificeerd door middel van een foto-elektrische cel in het z.g. Göfö-apparaat.

De transmissiewaarde PSE-vlees kenmerkt zich door de denaturatie van een zekere hoeveelheid oplosbare spiereiwitten. Op grond hiervan ontwikkelde Hart (1965) de transmissiewaardebepaling: een extract van PSE-vlees bevat minder opgeloste eiwitten dan normaal vlees en geeft dus minder troebeling. De transmissie van het licht door een dergelijke oplossing is dan ook groter voor een extract van PSE-vlees. Deze meting geschiedt colorimetrisch.

2.6.2 Criteria 30–45 minuten na de dood

Sybesma & Van Logtestijn (1966) bepaalden de pH, de rigorwaarde en de vleestemperatuur 30–45 minuten post mortem en verdeelden aan de hand hiervan de karkassen in de rubrieken: normaal, PSE of DFD. Karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ een $R \geqq 10$ en een temperatuur $> 41°$ C. worden gerekend tot de categorie PSE en die met een $pH_1 > 6{,}5$, een $R \geqq 10$ en een vleestemperatuur $> 40{,}5$ tot de categorie DFD. Bij latere onderzoekingen bleek dat de vleestemperatuur weinig extra informatie gaf boven die uit de pH_1- en R-metingen, zodat thans de combinatie van pH_1- en R-meting veelvuldig gebruikt wordt voor het vaststellen van PSE- en DFD-vlees (Sybesma & Van Logtestijn, 1966; Lendfers, 1968; Moerman & Krol, 1968; Van Hoof & Dedeken, 1968).

De pH_1-waarde De pH_1 van een of meerdere spieren is een belangrijk zo niet het belangrijkste criterium dat direct na het slachten bepaald kan worden (Lister, 1971).

Reeds in 1958 werden in Denemarken bij selectiemesterijvarkens op uitgebreide schaal pH_1-metingen van de M. longissimus dorsi uitgevoerd (Jonsson et al., 1971). Sindsdien is de pH_1-meting ook in vele andere landen toegepast bij onderzoekingen en selectieprocedures (Van Logtestijn, 1965; McLoughlin, 1965; Bendall et al., 1966; Weiss, 1966; Charpentier et al., 1971).

Wat betreft de relatie tussen pH_1 en andere vleeskwaliteitskenmerken lopen de gegevens nogal uiteen. Zo vond Wismer-Pedersen (1959) bij het Deense Landras een correlatie tussen pH_1 en het waterbindend vermogen van de M. longissimus dorsi van $r = 0{,}71$. Door anderen gevonden correlaties tussen dezelfde eigenschappen zijn: 0,55 (Holtz, 1966); 0,27 (Van Roon & Leest, 1967); 0,47 (Mac Dougall & Disney, 1967); 0,71 (Matsushima & Topel, 1969); 0,50 (Hildebrandt, 1968); 0,32 (Buchter & Zeuthen, 1971). Weniger et al. (1970) vermelden in een overzichtsartikel een variatie in de correlatie van 0,43 tot 0,69.

Jonsson et al. (1971) vonden een correlatie tussen de pH_1 en de subjectieve kleurbeoordeling van de M. longissimus dorsi van $r = 0{,}66$ voor de borgen en $r = 0{,}71$ voor de gelten. Door anderen gevonden correlaties voor dezelfde eigenschappen zijn: 0,41 (Holtz, 1966); 0,41 (Borowski et al., 1966); 0,52 (Van Roon & Leest, 1967); 0,50 (Nordin et al., 1971).

Ook de correlaties tussen de pH_1 en de Göfö-waarden geven eenzelfde beeld te zien (Bentler, 1972).

Tussen de pH_1 en de transmissiewaarden berekende Holtz (1966) een correlatie van $r = -0{,}39$, Schmidt et al. (1971) één van $r = -0{,}68$.

Behalve om deze uit de literatuur bekende gunstige relaties met andere vleeskwaliteitskenmerken is de pH_1-meting ook om praktische redenen geschikt om op grotere schaal toegepast te worden. De meting kan geschieden aan het einde van de slachtlijn in een dermate snel tempo dat door één persoon 200 varkens per uur gemeten kunnen worden.

De rigorwaarde De snelheid waarmee de rigor intreedt als maat voor de vleeskwaliteit is van betekenis geworden sinds door Sybesma (1966) een bruikbaar apparaat voor het meten hiervan ontwikkeld is. Voordien zijn wel enkele apparaten hiervoor ontwikkeld (Briskey, 1964), doch deze waren uitsluitend geschikt voor laboratoriumdoeleinden. Met de rigormeter van Sybesma is het mogelijk kwantitatief de veranderingen in de contractietoestand van de hiervoor anatomisch gunstig gelegen spieren te meten. Zo kon door het meten van de rigor (R) van de M. adductor en de M. semimembranosus op een bepaald tijdstip na het slachten een goede indruk verkregen worden van de graad van stijfheid van de totale ham (Sybesma, 1966). De betrouwbaarheid van de R-meting en ook de correlatie tussen R en pH_1 van de M. semimembranosus is groter dan die van de M. adductor (Sybesma, 1966). Van Roon & Leest (1967) berekenden tussen de pH_1 en R van de M. semimembranosus een correlatie van $r = -0{,}68$.

Tussen R-waarden en vleestemperatuur vond Sybesma (1969b) een correlatie van $r = 0{,}41$ voor de M. adductor en $r = 0{,}58$ voor de M. semimembranosus.

Zoals reeds is vermeld in 2.4 bestaat er een duidelijke relatie tussen het snel intreden van de rigor mortis en de stressgevoeligheid van de slachtdieren (Topel, 1968; Sybesma, 1969a; Bentler, 1972). Bij de stressgevoelige dieren heeft reeds tijdens het transport een versnelde afbraak van het creatinefosfaat plaats. Na het slachten kan hierdoor onvoldoende ATP geresynthetiseerd worden waardoor het ATP-niveau daalt en de rigor versneld intreedt. Dit geschiedt onafhankelijk van de glycolyse zodat onderscheid wordt gemaakt tussen een zure en een alkalische rigor mortis. De rigorwaarde is slechts in geringe mate gecorreleerd met andere vleeskwaliteitseigenschappen.

Dit omdat zowel bij hoge pH_1 als bij lage pH_1-waarde een hoge rigorwaarde voor kan komen. De rigor heeft dan ook met betrekking tot de vleeskwaliteit vooral betekenis in combinatie met de pH_1-waarde.

2.7 Hygiënische aspecten

Van Gils & Van Logtestijn (1969) stellen dat de houdbaarheid van PSE-vlees door de lage eind-pH beter is dan van normaal vlees. Uit een oogpunt van hygiëne vinden zij PSE-vlees acceptabel. Ook de bacteriologische kiemcijfers van PSE-vlees zijn gelijk of lager dan die van normaal vlees (Kroeske et al., 1961; Hildebrandt et al., 1969). Het DFD-vlees daarentegen heeft door de hoge eind-pH een geringere houdbaarheid (Labots, 1967; Van Logtestijn, 1965). Door Van Logtestijn (1965) is nagegaan waar de grens zou kunnen worden getrokken tussen normaal vlees en vlees met een te hoge eind-pH. Hij stelt dat een pH-waarde van 6,5 en hoger als te hoog moet worden aangemerkt, gelet op de organoleptische en technologische eigenschappen en de houdbaarheid. Bentler (1972) geeft in zijn literatuurstudie aan dat reeds een eind-pH van varkensvlees van 6,3 als te hoog beschouwd moet worden.

2.8 Organoleptische eigenschappen

2.8.1 PSE-vlees

De meningen omtrent de aard en de betekenis van de organoleptische eigenschappen c.q. afwijkingen van PSE-vlees lopen nogal uiteen. In het algemeen wordt de bleke kleur door de consument niet als minder gunstig beoordeeld.

Zo bleek o.a. uit een enquête van Zuidam (1971) dat de consument in ons land de voorkeur geeft aan een roze vleeskleur inplaats van aan de meer normale rode vleeskleur. Primair wordt echter gelet op de vetrijkheid van het te kopen vlees.

De malsheid van het PSE-vlees is volgens de meeste onderzoekingen minder dan van normaal vlees. Dit komt vooral tot uiting bij gebraden of geroosterd vlees waarbij dit vlees makkelijk vocht verliest (Buchter & Zeuthen, 1971; MacDougall & Disney, 1977; Merkel, 1971; Van Tarrij, 1969; Wirth, 1972). Daarentegen vonden Hedrick & Kaufman (1972) een grotere malsheid van het PSE-vlees. Wat de smaak betreft werden er nauwelijks verschillen met normaal vlees vastgesteld bij de diverse onderzoekingen (Buchter & Zeuthen, 1971; Hedrick & Kaufman, 1972; Deethardt & Tuma, 1971; Merkel, 1971).

Bij de verwerking van het PSE-vlees tot vleesprodukten treden er in het algemeen weinig of geen bezwaren van organoleptische aard op. Zo geeft Krol (1972) aan dat het goed mogelijk is droge-worstsoorten te bereiden met vlees waarvan 50% uit PSE-vlees bestaat. Ook de verwerking van PSE-vlees tot rauwe produkten zoals boerenham levert geen organoleptische of technologische problemen op (Van Logtestijn, 1966). Gekookte produkten van PSE-vlees zoals gekookte hammen en schouders krijgen in het algemeen een slechtere beoordeling door de grote kleurverschillen tussen de diverse spieren en de lossere structuur van het PSE-vlees (Merkel, 1971; Wirth, 1972).

2.8.2 DFD-vlees

De slechtere organoleptische eigenschappen van DFD-vlees vergeleken met die van normaal vlees zijn identiek aan die van vlees met een hoge pH. Ze zijn reeds uitvoerig beschreven door Van Oyen en Reitsma (1951) en door Van Logtestijn (1965). De hoeveelheid vrij water van het DFD-vlees is erg klein, waardoor het vlees een droog en pikkerig aspect heeft en minder sappig is. Ook heeft dit vlees weinig of geen aroma. Voor verwerking tot rauwe verduurzaamde vleeswaren zoals droge worstsoorten en boerenham is dit vlees in verband met de hoge pH_1 en de slechte zoutopname minder geschikt. Voor de produktie van gekookte hammen en als grondstof voor gekookte vleeswaren is het DFD-vlees wel geschikt en kan soms zelfs technologische voordelen bieden.

2.9 Economische betekenis

2.9.1 Nederland

De economische verliezen door het optreden van het stress-syndroom zijn aanzienlijk. Op de eerste plaats sterven per jaar thans ca. 50000 varkens tijdens het transport naar het slachthuis, waardoor een schade ontstaat van 12,5 miljoen gulden (Lendfers, 1969). Leest & Van Roon (1969) berekenden de nadelen van PSE-vlees voor een groot vleeswarenbedrijf. Omgerekend voor het hele land kwam dit neer op een verlies van ca. 8 miljoen gulden per jaar. De schade bestond hierbij voornamelijk uit grotere gelei-afzet bij gekookte vleesprodukten, zoals casselerib, gekookte hammen en schouders, als ook door groter vochtverlies van het verse vlees. Economische verliezen als gevolg van verhoogde gelei-afzet bij vleesprodukten zijn in ons land ook beschreven door Van Logtestijn (1966, 1969), Moerman & Krol (1969), Leest & Van Roon. (1969).

Een nadeel bij de gekookte produkten, zoals hammen, is ook de grote kleurvariatie van het eindprodukt die ontstaat doordat slechts bepaalde spieren het PSE-verschijnsel vertonen. De directe schade die de consument ondervindt als gevolg van het grotere kook- en braadverlies van PSE-vlees is hierbij nog buiten beschouwing gelaten (Hedrick en Kaufman, 1972; Van Logtestijn, 1966; Merkel, 1971; Wirth, 1972).

De economische nadelen van DFD-vlees zijn vooral gelegen in een geringere houdbaarheid van het verse vlees. Ook is het minder geschikt voor verwerking tot rauwe vleesprodukten doordat het minder zout opneemt en moeilijk het vrijgebonden water loslaat (Labots, 1967; Van Logtestijn, 1965). Extreem hoge pH-waarden (6,8 en hoger) zijn vaak aanleiding om het vlees slechts goed te keuren onder voorwaarde van verkoop in het klein onder toezicht, of zelfs af te keuren.

Aan de hand van een enquête berekende Den Hartog (1973) een schade van 1,5 miljoen gulden voor het jaar 1972 als gevolg van het niet onvoorwaardelijk goedkeuren of afkeuren van PSE- en DFD-karkassen door de vleeskeuringsdiensten.

2.9.2 Buitenland

Sommer (1967) vermeldt een stijging van het percentage transportsterfte in Duitsland. Zo steeg dit percentage voor de aanvoer van het slachthuis te München van 0,1 % in 1954, tot 0,6 % in 1966. Ook Eikmeyer (1964) en Pohlchristoph (1970) geven gelijksoortige resultaten weer. Totale schade in W. Duitsland in 1966 22 miljoen D.M. (Eikmeyer, 1964). Devloo et al. (1971) maken melding van grote transportverliezen in België. Ook de schade als gevolg van het voorkomen van PSE-vlees wordt door velen vermeld, zoals in Duitsland door Borowski et al. (1966) en Scheper (1971), in Denemarken door Clausen & Thomsen (1956), in Ierland door McLoughlin (1965), in België door Van Hoof & Dedeken (1968) en in Engeland door Bendall et al. (1965). Hall (1972) schat voor de USA de verliezen als gevolg van de transportsterfte en het PSE-vlees per jaar op 230–320 miljoen dollar.

Ook de varkenshouders ondervinden economische nadelen van de grote stressgevoeligheid van de varkens, zoals bijvoorbeeld door acute sterfte bij het vechten van de varkens na het verhokken (Devloo et al., 1971), het ontstaan van een of tweezijdige rugspiernecrose (Bickhardt, 1971) en een verminderde weerstand tegen ziekten (Judge, 1972).

2.10 Preventieve maatregelen

Er zijn vele maatregelen bekend die kunnen leiden tot een vermindering van de gevolgen van het stress-syndroom (transportsterfte en afwijkende vleeskwaliteiten). De belangrijkste hiervan worden besproken.

2.10.1 Een goede raskeuze en het toepassen van kruisingen tussen de rassen

Verschillen in stressgevoeligheid en vleeskwaliteit tussen de rassen zijn reeds lang bekend (Bentler, 1972; Briskey, 1964). Zo zijn in ons land de GY-varkens minder stressgevoelig en hebben een betere vleeskwaliteit dan de NL- en Pietrainvarkens (Sybesma, 1969; Walstra et al., 1971). Van de F_1-kruisingen tussen de NL- en GY-varkens blijkt de vleeskwaliteit intermediair te zijn, hetgeen een verbetering betekent ten opzichte van het in meerderheid voorkomende NL-ras. Verbetering van de vleeskwaliteit en ook van de stressgevoeligheid kan tevens geschieden door een andere raskeuze of door het toepassen van kruisingen (Van de Pas & Buiting, 1972; Walstra et al., 1971).

2.10.2 Genetische selectie binnen de rassen

De belangrijkste maatregel om het percentage PSE- en DFD-vlees op lange termijn te verminderen is ongetwijfeld een genetische selectie van de varkens op vleeskwaliteit (Jonsson et al., 1971; Minkema, 1969; Steinhauf, 1968). Een selectie primair op stressgevoeligheid zou meer voor de hand liggen, doch hiervoor zijn nog geen bruikbare criteria bekend (Bentler, 1972; Christian, 1972).

In ons land (Sybesma et al., 1966) en ook in Duitsland (Holtz, 1966; Weiss, 1967; Scheper, 1971 en Denemarken (Jonsson, 1971) wordt de vleeskwaliteit reeds betrokken bij de beoordeling en de selectie van de varkens voor de selectiemesterij. Deze beoordeling bestaat in ons land uit een subjectieve beoordeling van kleur en consistentie van het vlees. Voor deze eigenschappen werd in de periode 1969–1970 bij het NL-ras een erfelijkheidsgraad berekend van 0,19 bij de borgen en van 0,39 bij de gelten (Walstra et al., 1971). Gelijksoortige bevindingen werden voordien reeds vermeld (Sybesma et al., 1966 en Steinhauf, 1969). Door Steinhauf (1969) wordt een genetische benadering van het PSE- en PSS-syndroom bijzonder aangeraden, omdat de correlaties van de vleeskwaliteit met de overige selectiecriteria zoals groeisnelheid en slachtkwaliteit dermate laag zijn, dat een simultane selectie op groei, vleeskwaliteit en slachtkwaliteit goed mogelijk is.

Fig. 2. Aantal dood aangevoerde varkens (%) over de jaren 1967–1972 bij de BV Exportcentrale te Boxtel.

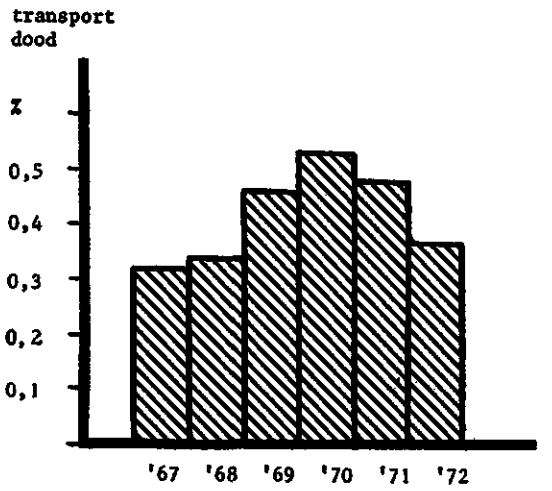


Fig. 2. Transport death rate (%) in the years 1967–1972 at the BV Export Centrale at Boxtel.

2.10.3 Vermindering van de transportstress

Een duidelijk criterium voor de transportstress is het percentage varkens dat tijdens het transport sterft. Zo blijkt uit de verslagen van de vleeskeuringsdienst Boxtel dat dit percentage van 0,32 in 1967 steeg tot 0,53% in 1970. Daarna daalde het tot 0,37% in 1972 (fig. 2). De Bruin (1967) adviseerde ter verbetering van het transport van de varkens, het aanbrengen van laadperrons op de boerderijen, waar de mestvarkens reeds voor de komst van de vrachtauto's ondergebracht kunnen worden. Lendfers (1969) onderzocht diverse facetten van het transport en stelde aan de hand daarvan een aantal adviezen op ten aanzien van het voederregime vóór het transport, de wijze van laden van de varkens, de beladingsgraad en de ventilatie der vrachtauto's. De laatste tijd wordt de mogelijkheid van vervoer per container bestudeerd (Van Putten, 1971).

2.10.4 Goede behandeling van de dieren in de stallen op de slachterij

Goed gekoelde rusthokken zorgen vooral in de zomer voor een daling van de lichaamstemperatuur, welke tijdens het transport vaak verhoogd is (Steinhauf et al., 1970). Het zoveel mogelijk gescheiden houden van de transporten en koppels varkens betekent meer rust voor de dieren (Lendfers, 1969). Ook de lengte van de rustperiode speelt een belangrijke rol. In hoofdstuk 8 zal hierop verder worden ingegaan.

2.10.5 Goede bedwelming van de varkens

Iedere vorm van bedwelming is een stress voor de varkens met als gevolg dat de postmortale glycolyse direct na de dood versneld wordt. (McLoughlin, 1971). De bedwelming met behulp van koolzuurgas heeft een grotere stress en een slechtere vleeskwaliteit tot gevolg dan bedwelming met elektriciteit (70 V; 15 sec) (Bendall et al., 1965; Leest et al., 1971; Sybesma & Groen, 1970). Speciaal het transport naar en door de CO_2-tunnel is hierbij een grotere stressfactor dan de CO_2-bedwelming (Sybesma & Groen, 1970). Van de Wal et al. (1972) verkregen met een elektroshock-bedwelming (300 V; 1,5 sec) betere resultaten dan met de gebruikelijke elektrische of CO_2-bedwelming.

2.10.6 Snelle afkoeling en koeling van de karkassen

Uit oogpunt van hygiëne is een goede en snelle koeling van groot belang (Bartels, 1953, geciteerd door Bentler, 1972; Van Logtestijn, 1965; Moerman, 1973; Van Oyen & Reitsma, 1951; Westerling, 1970).

Het twee-fasen systeem van vóórkoeling en koeling is bij varkens momenteel algemeen vervangen door het één-fase systeem, waarbij de dieren direct na het beëindigen van het slachtproces gekoeld worden bij 0–4 °C al of niet voorafgegaan door een verblijf van ca. 1 uur in een snelkoeltunnel bij een temperatuur van −5 °C tot −10 °C. Deze koeling kan echter gezien de duur van het slachtproces in het algemeen pas beginnen maximaal 45 minuten na de dood van de varkens. Bij de PSE-dieren is dan de rigor reeds ingetreden en heeft ook de glycolyse voor een groot deel reeds plaats gehad (Kuchling & Schlicht, 1970; Van Logtestijn, 1965).

Om het ontstaan van PSE-vlees tegen te gaan is het namelijk noodzakelijk dat, voordat de rigor ingetreden is, de vleestemperatuur tot 35 °C gedaald is. Beneden 35 °C is de kans op het ontstaan van PSE-vlees klein (Ludvigsen, 1953, geciteerd door Briskey, 1964; McLoughlin, 1971; Wismer-Pedersen & Briskey, 1961). Een snelle daling van deze vleestemperatuur is daarom van essentieel belang.

Koeling van het karkas binnen 30–45 minuten na het slachten kan het ontstaan van PSE-vlees nog tegengaan. Borchert & Briskey (1965) toonden dit aan door karkasdelen direct na de dood van het varken in vloeibare stikstof af te koelen. Wismer-Pedersen & Briskey (1961) bereikten hetzelfde door afkoeling in koude pekel. Hart & Sybesma (1964) en ook Kuchling & Schlicht (1970) verkregen vermindering van het percentage PSE door direct na de exsanguinatie de isolerende speklaag te verwijderen.

Het verblijf van de karkassen in de broeikuip van 5 tot 8 minuten bij een temperatuur van ca. 60 °C en ook het korte verblijf in de schroeioven werkt de afkoeling tegen en is dan ook nadelig voor de vleeskwaliteit (Sybesma et al., 1965). Van grotere betekenis is echter het zo snel mogelijk openen van het karkas en het verwijderen van het maag-darm-pakket. Hierdoor komt namelijk de afkoeling pas goed op gang (Sybesma, 1965). Zo zagen Wismer-Pedersen & Briskey (1961) bij verlenging van de tijd tussen de dood van de dieren en het openen van de buikholte met 10 minuten een toename

van het percentage PSE-dieren met 30%

De koeling die ca. 45 minuten na de dood van het varken begint, kan het ontstaan van PSE-vlees niet meer tegen gaan, doch wel de mate van kwaliteitsafwijking van het vlees beperken (Bentler, 1972; Borchert & Briskey, 1965). Kuchling & Schlicht (1970) vonden een lager braad- en dripverlies van PSE-vlees dat gekoeld was met behulp van een snelkoeltunnel dan wanneer een normale koeling bij 0–2 °C was toegepast.

Een bijzondere moeilijkheid bij de koeling van de karkassen is de sterke isolatie door de dikke speklaag en het zwoerd.

Zo vond Krzywicky (1969) na 2½ uur koelen bij −15 °C nog een kerntemperatuur van de hammen van 30 °C.

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat in de praktijk het ontstaan van PSE-vlees door koeling en afkoeling niet voorkomen kan worden. Wel heeft de koeling een gunstige invloed op de grootte van de afwijking (Bentler, 1972).

3 Materiaal en methoden

Een groot deel van het onderzoek, namelijk datgene waarbij de varkens van de integratiegroep 'Asten' betrokken waren, verder te noemen proef 'Asten', vond plaats in samenwerking met de Provinciale Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant te Boxtel. Hierdoor was het ondermeer mogelijk dat het proefmateriaal behalve voor de eigen onderzoekingen omtrent de vleeskwaliteit, ook gebruikt kon worden voor een onderzoek naar de relatie tussen het stalklimaat en het voorkomen van longontsteking en parasitaire leveraandoeningen (Tielen, 1974).

In dit hoofdstuk worden alleen de algemene zaken betreffende de proefopzet, materiaal en methoden behandeld. Daarnaast zullen in ieder hoofdstuk voorzover nodig, het materiaal en de methoden afzonderlijk besproken worden.

3.1 De proefvarkens

3.1.1 De integratiegroep 'Asten'

De integratie 'Asten' bestaat uit ca. 40 fokkers en ca. 40 mesters die zich verplichten de gefokte varkens onderling te verhandelen en de slachtrijpe varkens te leveren aan de Veecentrale van de Noordbrabantse Christelijke Boerenbond te Boxtel. Deze laatste verzorgt de administratie van de biggen en mestvarkens en zorgt ook voor de identificatie van de biggen. De bedrijven worden begeleid door de Provinciale Gezondheidsdienst voor Dieren die ook de beschikbare gegevens verzamelt en verwerkt (Brus et al., 1972). Zo worden van elk mestvarken de volgende gegevens op ponskaarten verwerkt: geboortedatum, nummer van de vader en de moeder van het dier, nummer fokbedrijf, speendatum, nummer mestbedrijf, slachtdatum, slachtgewicht en slachtklassificatie.

Voor de proef 'Asten' werden 17 mestbedrijven uitgekozen, waarvan vaststond dat ze tesamen wekelijks 200 slachtdieren konden leveren die in het onderzoek betrokken konden worden. Deze 17 mestbedrijven ontvingen hun biggen van ca. 25 fokkers. De transporten varkens bestonden, afhankelijk van de grootte van de vrachtauto's en het aanbod, uit 50 tot 70 varkens. Het transport vond steeds plaats met twee auto's die ieder één à twee transporten per dag verzorgden. De eerste groep varkens werd 's nachts geladen en arriveerde tussen 6 en 7 uur op de slachterij (groep 1). De tweede groep werd 's morgens geladen en arriveerde tussen 10 en 11 uur (groep 2).

De tijdsduur tussen de aanvang van het laden der varkens en de aankomst op de slachterij bedroeg drie à vier uur. Het transportschema werd zodanig opgezet door

het variëren van de auto's en de volgorde van de mestbedrijven, dat de mestbedrijven afwisselend varkens leverden die tot groep 1 en 2 behoorden.

Alle varkens van de proef 'Asten' behoorden tot het ras van het Nederlandse Landvarken.

3.1.2 Varkens voor aanvullende experimenten

In het algemeen betroffen dit willekeurige transporten varkens die niet behoorden tot de proef 'Asten'. Wel was van deze transporten steeds het ras, de plaats van herkomst en het tijdstip van aankomst op de slachterij bekend. In dit aanvullend onderzoek werd nagegaan of er verschillen in vleeskwaliteit optreden door verschillen in transportafstanden en de duur van de rustperiode van de varkens na aankomst op de slachterij (hoofdstuk 8).

Voor het onderzoek betreffende de invloed van het tijdsverloop tussen exsanguinatie en evisceratie werden alleen varkens gebruikt die betrokken waren bij storingen van de slachtlijn (hoofdstuk 5).

3.2 Het slachtproces

Bij aankomst op de slachterij van de BV Exportcentrale te Boxtel werden de dieren in rusthokken ondergebracht zodanig dat elk transport in zijn geheel in één rusthok geplaatst werd. De scheiding tussen de rusthokken bestond uit stenen muren of hekken.

De varkens werden meteen na aankomst gedurende 10 à 20 minuten gedouched of natgespoten, waarbij vooral in de zomer de vloer met stromend water werd natgehouden.

Ongeveer tien minuten vóór het slachten werd begonnen met het opdrijven van de varkens naar de CO_2-tunnel. De stress verbonden aan dit opdrijven en het binnenleiden in deze tunnel kan groot zijn, reden waarom getracht werd dit steeds zo rustig mogelijk te laten verlopen.

Er werd bedwelmd met ca. 70% CO_2-gas. De tijd tussen het passeren van het diepste punt van de tunnel waar de bedwelming intrad en het steken van de varkens bedroeg ca. 100 sec. Na het steken en het verbloeden van de varkens werden de dieren vijf minuten bij ca. 60 °C gebroeid. Daarna doorliepen de varkens achtereenvolgens de krabmachine, de schroeioven, de zwartscheerder en de borstelmachine. Ca. 25 minuten na het steken van de dieren werd de buikholte geopend en het maag-darmpakket verwijderd, gevolgd door het uithalen van de borstorganen. Hierna werden de karkassen en de organen gekeurd en eventueel voorkomende afwijkingen genoteerd. Vervolgens werden de karkassen gewogen en beoordeeld naar slachttype en spekdikte. De karkassen bereikten de snelkoeltunnel 40 à 50 minuten na het steken van de varkens.

Op deze wijze werden per uur 200–220 varkens geslacht.

3.3 Beoordeling van longen en levers

De longen werden beoordeeld op het voorkomen van acute en chronische pneumonische processen en aan de hand van de mate van aantasting ingedeeld in de klasse 0 tot en met 4. Deze indeling is te beschouwen als een vereenvoudigde versie van degene die Truyen (1967) voor zijn proeven gebruikte. Ook de ernst van de leverbeschadigingen als gevolg van parasitaire aandoeningen werd weergegeven in een puntenbeoordeling van 0 tot 3 (zie hoofdstuk 13).

3.4 Het meten van de pH_1 en de R van de M. semimembranosus

3.4.1 De pH_1-meting

De pH_1-metingen werden uitgevoerd met een draagbaar Philips pH-meetapparaat type PR 9 401/01. De afleesnauwkeurigheid van de schaal bij een meetbereik van 2 tot 12 pH-eenheden was 0,02. Als elektroden werden gebruikt de Electrofact-insteekglaselektrode type no. 7 G 742 en als referentie-elektrode de Electrofact verzadigde-kalomelelektrode type R 111.

Gedurende de laatste helft van het proefjaar werd ook regelmatig gebruikt een gecombineerde glas-kalomelinsteekelektrode (M 406/1).

De pH-meter en de elektroden werden steeds geijkt met verse bufferoplossingen met een pH-waarde van 4,00 en 7,00. Ongeveer tien minuten voor de aanvang van een serie metingen werd het apparaat ingeschakeld, gecontroleerd en geijkt. Tijdens een serie metingen van 70 tot 100 karkassen werd in verband met het hoge slachttempo niet opnieuw geijkt. Wel werden regelmatig de elektroden met gedestilleerd water schoongemaakt. Van Logtestijn (1965) verrichtte op deze wijze veel pH_1-metingen waarbij bleek dat deze werkwijze voldoende betrouwbaar was. Ook vond hij een voldoende reproduceerbaarheid van de pH_1-metingen mits genoegen werd genomen met een meetnauwkeurigheid van 0,05.

Van Logtestijn (1965) geeft in zijn dissertatie een uitvoerige beschouwing over de diverse methoden ter bepaling van de pH_1 en gaat uitvoerig in op de technische achtergronden van de elektrometrische pH-meting. Daarnaar zij hier verwezen.

3.4.2 De rigor-meting

Door Sybesma werd in 1965 een instrument ontwikkeld waarmee men op basis van het indrukken van een veer de stijfheid of het weerstandsvermogen van spieren van b.v. de M. adductor en de M. semimembranosus kan meten. Het apparaat bestaat uit een 9 cm lange holle cylinder aan de onderzijde voorzien van een ronde plaat met een diameter van 6 cm. In de cylinder zit een as die verbonden is met een aanwijsnaald op de buitenzijde van de houder. Op de daar aangebrachte schaalverdeling kan men aflezen hoever de veer ingedrukt wordt. De veer is gewonden om de centrale as. Als deze wordt ingedrukt door een met de as verbonden metalen schijf van 2½ cm door-

snede bepaalt de weerstand van het spieroppervlak d.w.z. de stijfheid van de spier, de stand van de aanwijsnaald. De spieren waarin de rigor is ingetreden geven waarden te zien van 10 tot 15, hetgeen overeenkomt met een tegendruk groter dan 1150 gram. Spieren waarin de rigor mortis zich begint te ontwikkelen, vertonen rigorwaarden tussen 5 en 10 overeenkomende met een tegendruk van 1000 tot 1150 gram. Spieren die nog volkomen slap zijn hebben een rigorwaarde van 0 tot 5.

Als meetpunt werd gekozen de M. semimembranosus en daarvan het punt te bereiken onder een hoek van 120° met de as van de symphysis pelvis, ca. 5 cm verwijderd van het tuber ischiadicum.

3.4.3 Praktische uitvoering

De metingen van pH_1 en R werden gedurende de hele proefperiode uitgevoerd door één persoon die van elk karkas eerst de pH_1 en daarna de rigor van de M. semimembranosus mat. Bij voorkeur gebeurde dit aan de linker ham, doch in die gevallen waar deze moeilijk te bereiken was, bijvoorbeeld door beschadiging van de ham of door de aanwezigheid van een laagje spek, werden de metingen aan de rechter zijde verricht. De gemeten resultaten werden afgelezen en ingesproken op een dictafoon, dagelijks na het beëindigen van de metingen afgeluisterd en overgebracht op een kaartsysteem.

De pH_1- en R-metingen vonden steeds plaats 32 tot 37 minuten na de exsanguinatie der varkens.

3.5 Sexe en identificatienummers

Na het passeren van de krabmachine werd van elk varken het tatoeëernummer, dat het gekregen had als big op het fokbedrijf, tesamen met het oorbliknummer, dat elk varken krijgt bij het laden op het mestbedrijf, genoteerd. Hierdoor konden de integratiegegevens van elk dier gecombineerd en verwerkt worden. Tevens werd hier de sexe van elk dier genoteerd.

3.6 Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid van de buitenlucht

Voor het nagaan van de invloed van klimaatverschillen op de vleeskwaliteit was het noodzakelijk de juiste temperatuur en relatieve vochtigheid van de buitenlucht te kennen. De Meteorologische Dienst van de vliegbasis Volkel verstrekte welwillend de benodigde gegevens hiervoor.

Deze dienst werd gekozen omdat hij tussen de slachtplaats en de plaats van herkomst van de varkens is gelegen. Voor elk varken werd op de ponskaart de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid op het moment van aankomst op de slachterij genoteerd.

3.7 Verwerking van de gegevens

Naast de ponskaart met integratiegegevens werd ten behoeve van dit onderzoek voor elk varken nog een extra ponskaart gemaakt met de volgende gegevens: oorbliknummer, nummer groep, codenummer van de vrachtauto, buitentemperatuur en relatieve luchtvochtigheid, pH_1- en R-waarde, eventuele afwijkingen van longen en levers, tijdstip van aankomst en van het slachten der varkens. Met behulp van de computer van de Coöperatieve Handelsvereniging te Veghel werd van deze twee kaarten een nieuwe ponskaart (eindkaart) gemaakt, met alle gegevens erop die voor het onderzoek van belang waren. Tevens werden hierbij van de waarden voor enkele criteria frequentieverdelingen gemaakt.

In samenwerking met de afdeling Veeteelt van de Landbouwhogeschool te Wageningen werd een computerprogramma opgesteld voor het berekenen van gemiddelde waarden, spreidingen, correlatie- en regressiecoëfficiënten van de belangrijkste waarnemingen.

4 De relatie tussen de pH_1-waarden van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi en de relatie tussen de eind-pH-waarden van enkele spieren

4.1 Inleiding

De M. longissimus dorsi is één van de spieren die het meest frequent de PSE-symptomen vertoont en bovendien door zijn omvang en kwaliteit één van de belangrijkste onderdelen is van het karkas. Maar in de slachtlijn is de M. longissimus dorsi niet en de M. semimembranosus wél bereikbaar voor metingen. Het is daarom van belang te weten of en in hoeverre er een correlatie bestaat tussen de snelheid van postmortale pH-daling en rigorontwikkeling in beide spieren. Is deze correlatie goed, dan kan men volstaan met metingen aan de M. semimembranosus. Om dit te kunnen motiveren werden de pH_1-waarden van beide spieren gemeten.

Daarnaast werden, om een indruk te krijgen van de eind-pH-waarden van de M. semimembranosus, de M. longissimus dorsi en de M. adductor en de onderlinge relaties bij ca. 300 karkassen de eind pH-waarden van deze spieren gemeten en de onderlinge correlaties berekend. Aan de hand van deze relaties is het mogelijk de waarde van de eind-pH zoals die in hoofdstuk 6 uit de pH_1 en R voorspeld wordt nader te preciseren.

4.2 Literatuur

De spieren die bij uitstek PSE-vlees vertonen en daarom bij voorkeur gebruikt worden voor het meten van de pH_1 zijn de M. longissimus dorsi, de M. semimembranosus en de M. gluteus medius en superficialis (Briskey, 1964; Goutefongea & Charpentier, 1966; Linke & Schlicht, 1972; Van Logtestijn, 1965 & 1969).

De meeste onderzoekingen in dit verband, vooral de buitenlandse, zijn verricht met de M. longissimus dorsi. De daarbij gevonden gemiddelde pH-waarden lopen erg uiteen. Voor het grootste deel wordt dit veroorzaakt door verschillen in ras, behandeling vóór het slachten en slachtmethoden van de onderzochte varkens. Ter verduidelijking wordt hieronder een opsomming gegeven van enkele in de M. longissimus dorsi gevonden pH_1-waarden en de namen van de auteurs.

Bendall et al., 1966	Engeland	6,50
Weiss, 1967	W-Duitsland	6,17
MacDougall & Disney, 1967	Frankrijk	6,33
Cuthbertson & Pomeroy, 1970	Engeland	6,58
Charpentier et al., 1971	Frankrijk	6,45

Scheper, 1971	W-Duitsland	6,12
Vos & Sybesma, 1971	Nederland	6,23
Eigen onderzoek,	Nederland	6,29

Over de verdeling van de pH_1-waarden over de spieren van een karkas zijn slechts weinig gegevens gepubliceerd. Briskey & Wismer-Perdersen (1961) vermelden duidelijke pH_1-verschillen tussen de diverse spieren van het karkas. Zij vonden lage pH_1-waarden bij de M. longissimus dorsi en de M. biceps femoris en hoge pH_1-waarden bij de M. pectoralis superficialis en M. serratus ventralis. Vos & Sybesma (1971) bepaalden bij 1749 NL-varkens de pH van zowel de M. longissimus dorsi als van de M. semimembranosus. Bij deze laatste vonden zij een gemiddelde pH_1 die 0,13 hoger was dan die van de M. longissimus dorsi.

Wat betreft de eind-pH is reeds lang bekend dat er binnen het karkas grote verschillen kunnen voorkomen (Postma, 1932; Schoon & Ooms, 1933). Door Van Logtestijn (1969) werden zelfs verschillen in eind-pH tussen de M. semimembranosus, de M. adductor en de M. semitendineus gemeten van 0,8 pH-eenheid.

In het algemeen wordt aangegeven dat varkensvlees in vergelijking met het vlees van de overige slachtdieren een hoge eind-pH bezit (Van Logtestijn, 1965). Van Logtestijn (1965) bepaalde bij 1314 varkens de eind-pH van de M. adductor. De gemiddelde eind-pH was 5,99, waarbij 22,7% van de dieren zelfs een eind-pH had die hoger was dan 6,3. Ook Postma (1932) en Schoon & Ooms (1933) vonden bij diverse spieren eind-pH-waarden die boven de 6,0 lagen.

Speciaal bij de flexoren en extensoren van de ledematen als ook bij de M. longissimus cervicis en de M. rectus femoris werden hoge pH-waarden gevonden.

Linke & Heinz (1972) bepaalden bij zes varkens de eind-pH van 55 spieren. Van 38 spieren was de eind-pH hoger dan 6,0, waarvan 12 zelfs met een eind-pH hoger dan 6,3.

De verschillen, zowel in pH_1 als in eind-pH, tussen de spieren wijzen erop dat er essentiële verschillen bestaan tussen het glycolyse- en pH-verloop van deze spieren. Briskey & Wismer-Pedersen (1961) en ook Van Logtestijn (1965) stelden aan de hand van hun onderzoekingen een indeling samen van diverse typen pH-dalingen. Opgemerkt dient nog te worden dat de betekenis van de pH_1 vooral gelegen is in het feit dat het spieren resp. karkassen aanwijst met een snelle glycolyse. Over spieren met een normale of onvoldoende glycolyse geeft het weinig informatie. Toch vond Van Logtestijn (1965) bij 194 varkens een correlatie van 0,52 tussen de pH_1 en de eind-pH van de M. adductor. Westerink et al. (1969) berekenden een correlatie van 0,34 voor de M. semimembranosus tussen dezelfde parameters. Charpentier et al. (1971) vonden een correlatie van slechts 0,24 tussen dezelfde waarden van de M. longissimus dorsi.

Een betere indicatie omtrent de te verwachten eind-pH-waarden kan verkregen worden door naast de pH ook de rigor na het slachten te meten. Aan de hand van deze twee parameters stelden Van Logtestijn en Sybesma (1966) normen op voor het te verwachten % DFD-dieren.

In hoofdstuk 6 zal hier nader op worden ingegaan.

4.3 Materiaal en methoden

4.3.1 De meting van pH_1-M. semimembranosus en van pH_1-M. longissimus dorsi

Bij 95 NL-varkens werd de relatie tussen de pH_1 van de M. semimembranosus en de pH_1 van de M. longissimus dorsi vastgesteld. Na aankomst op de slachterij kregen de dieren 2 uur rust. De pH_1 van de M. longissimus dorsi werd gemeten ter hoogte van de eerste lendenwervel. Alle pH-metingen werden door dezelfde persoon en op dezelfde wijze verricht als vermeld in hoofdstuk 3.

4.3.2 De meting van de eind-pH

Bij 215 varkens werd de relatie tussen de eind-pH-waarden van de M. adductor en de M. semimembranosus en bij 62 varkens de relatie tussen de eind-pH-waarden van de M. adductor, de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi nader onderzocht. Bij de 215 varkens vonden de metingen plaats 22 of 60 uur na het slachten. Omdat beide pH-metingen praktisch eind-pH-waarden opleveren zijn de resultaten bij elkaar gevoegd. De metingen werden uitgevoerd in een verse sneevlakte in verband met de uitdroging van het oppervlak. Bij de 62 karkassen, waarvan naast de eind-pH van de M. adductor en de M. semimembranosus ook die van de M. longissimus dorsi gemeten werd, werd een draagbare Electrofact pH-meter gebruikt met een insteekelektrode. Hierdoor kon de sneevlakte achterwege blijven en werd de pH gemeten op een diepte van ca. 1½ cm. De metingen vonden plaats ongeveer 20 uur na het slachten van de varkens.

4.4 Resultaten

4.4.1 De meting van pH_1-M. semimembranosus en pH_1- M. longissimus dorsi

De gemiddelde pH_1 van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi van de 95 NL-varkens was 6,35 resp. 6,29.

De correlatie tussen beide was zeer significant ($r = + 0{,}87$).

4.4.2 De meting van de eind-pH

De resultaten staan weergegeven in tabel 1. De eind-pH van de M. adductor was gemiddeld 6,1 en was in 40,6% van de gevallen hoger dan 6,0 en in 5,8% zelfs hoger dan 6,5. De pH-waarden van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi waren gemiddeld 0,3 à 0,4 pH-eenheden lager (significant, $P < 0{,}001$) dan die van de M. adductor. Tussen de eind-pH van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi was geen significant verschil aanwezig.

Het gemiddelde verschil in eind-pH binnen de karkassen bedroeg tussen de M. semimembranosus en de M. adductor resp. M. longissimus dorsi 0,36 resp. 0,13 eenheid. Van de M. semimembranosus was het percentage eind-pH $> 6{,}0$ nog 10, van de M. longissimus dorsi 5%.

Tabel 1. De gemiddelde eind-pH-waarden van de M. adductor, de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi en de onderlinge correlaties bij 277 NL-varkens.

Aantal	M. adductor		M. semimembranosus		M. longissimus dorsi	
	pH	% pH > 6,0	pH	% pH > 6,0	pH	% pH > 6,0
215	6,10	48,5	5,78	10,7	.	.
62	6,05	51,6	5,70	10,0	5,67	4,9

pH M.s. t.o.v. pH M.a. $r = 0{,}84^{***}$
pH M.s. t.o.v. pH M.l.d. $r = 0{,}67^{***}$
pH M.a. t.o.v. pH M.l.d. $r = 0{,}61^{***}$

*** $P < 0{,}001$.

Table 1. The mean ultimate pH-values of the M. adductor, the M. semimembranosus and the M. longissimus dorsi and the correlations between them of 277 pigs of the Dutch Landrace.

4.5 Discussie en conclusie

Het gevonden verschil van 0,06 tussen de pH_1 van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi bij 95 varkens is lager dan het verschil van 0,13 dat door Vos & Sybesma (1971) gevonden werd bij 1749 varkens. Op grond van eigen waarnemingen en die van Vos & Sybesma, bij hetzelfde ras uitgevoerd, kan gesteld worden dat de pH_1 van de M. longissimus dorsi gemiddeld ca. 0,1 pH-eenheid lager is dan die van de M. semimembranosus. Gebruikt men de frequentieverdeling van de pH_1 van de M. semimembranosus uit hoofdstuk 6 voor de M. longissimus dorsi met dien verstande dat deze gemiddeld 0,1 pH-eenheid lager is, dan komt men tot een vrij betrouwbare schatting van het percentage dieren met een pH_1 van de M. longissimus dorsi $< 6{,}0$ van 19,6%. Dit percentage komt goed overeen met het percentage dat Clausen & Thomsen (1960), geciteerd door Ludvigsen (1969) opgeven voor het Deense landvarken, te weten 20%. Ook Sybesma et al. (1966) geven aan dat bij 20% van het Nederlandse landvarken na het slachten PSE-vlees voorkomt.

Uitgaande van het percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ van 13,6% van de M. semimembranosus (Verdijk, 1972) en van de 19,6% van de M. longissimus dorsi zoals hierboven berekend, kan gesteld worden dat het percentage PSE-dieren de laatste jaren in ons land niet of niet merkbaar is toegenomen.

Uit de vergelijkende metingen blijkt dat zowel de pH_1 als de eind-pH van de M. semimembranosus en de M. longissimus dorsi slechts weinig van elkaar verschillen en sterk met elkaar gecorreleerd zijn ($r = + 0{,}87$, resp. $r = + 0{,}67$). Dit wijst erop dat beide spieren een glycolyse- en pH-verloop hebben dat tot eenzelfde type behoort. Bovendien toont het de bruikbaarheid aan van de M. semimembranosus als spier voor het meten van de vleeskwaliteit aan de slachtlijn. Deze spier kan immers de M. longissimus dorsi vervangen als meetpunt voor de pH_1 terwijl bovendien de R-waarde als extra parameter verkregen kan worden. De M. longissimus dorsi daar-

entegen blijkt bij de huidige slachttechniek onbereikbaar.

De eind-pH van de M. adductor is aanzienlijk hoger dan die van de M. longissimus dorsi en de M. semimembranosus, hetgeen erop wijst dat deze spier een ander type spiermetabolisme bezit. Hij kan daarom niet tot de groep van spieren gerekend worden die gepredisponeerd zijn voor het ontstaan van PSE-vlees, hetgeen wel het geval is voor de M. longissimus dorsi en de M. semimembranosus. De M. adductor is daarom minder geschikt voor het meten van de pH_1. De gemiddeld hoge eind-pH maakt de M. adductor in de praktijk wel geschikt voor het opsporen van karkassen met een hoge eind-pH.

De eind-pH van de M. adductor resp. M. semimembranosus en M. longissimus dorsi was bij 48% resp. 10% en 5% van de karkassen hoger dan 6,0. Deze bevindingen komen goed overeen met die van Postma (1932); Schoon & Ooms (1933); Van Logtestijn (1965) en Linke & Heinz. (1972). In 5,8% van de gevallen was de eind-pH van de M. adductor zelfs hoger dan 6,5.

5 Het tijdstip van pH_1- en R-meting en van de evisceratie

5.1 Inleiding

In vele slachterijen is de pH_1-meting pas mogelijk later dan 32–37 min na de exsanguinatie, de tijd die in dit onderzoek in het algemeen aangehouden werd. Daarom wordt algemeen bij de pH_1-metingen een variatie in tijd van 30–45 min geaccepteerd. Taylor (1966) vond een significant verschil van 0,11 pH-eenheid tussen de gemiddelde pH-waarden 35 en 45 minuten na de exsanguinatie.

Een belangrijke factor die van invloed is op de pH en de R is de mate van afkoeling van het karkas vóór het meten. Om de pH_1 en de R zo gunstig mogelijk te doen zijn, dient de afkoeling zo snel mogelijk na de dood van het dier te beginnen. Een snelle afkoeling vertraagt namelijk het pH-verloop (Hart & Sybesma, 1964), Wismer-Pedersen & Briskey, 1961). Alle factoren die de afkoeling tegengaan bevorderen dus het ontstaan van PSE-vlees. In dit opzicht zijn te noemen: de tijd gedurende welke het varken in de broeikuip bij ca. 60 °C verblijft en de tijdsduur tussen het steken en het openen van de buikholte. Bij dit laatste en de verdere splijting van het karkas komt de afkoeling pas goed op gang.

Volgens de Beschikking Uitvoer Vers Vlees, Bijlage 1, mag de tijdsduur tussen de exsanguinatie en evisceratie niet langer zijn dan 30 minuten. In de praktijk variëert deze tijd, afhankelijk van het slachtsysteem, tussen de 20 en 30 minuten. Wismer-Pedersen & Briskey (1961) vonden bij een verlenging van deze tijd van 22–31 minuten een toename van het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}1$ van 12 tot 45%.

Bij sterk gemechaniseerde slachtlijnen komen wel eens technische storingen voor, waardoor de pH_1- en R-metingen pas op een later tijdstip kunnen plaats vinden. Ook de evisceratie vindt in dat geval op een later tijdstip plaats. Verder zal per slachterij de tijdsduur tussen de exsanguinatie en de evisceratie en tussen de exsanguinatie en het meettijdstip van pH_1 en R enigszins variëren.

Om een indruk te krijgen van de invloed van deze variaties zijn op opvolgende tijdstippen metingen verricht, ook later dan 32 min na exsanguinatie, en bij een deel van de dieren na vertraagde evisceratie.

5.2 Materiaal en methoden

Naast de gebruikelijke pH_1- en R-metingen 32 minuten na de exsanguinatie werden de metingen bij 60 varkens na 5 minuten en bij 31 andere varkens na 15 minuten herhaald.

De tijdsduur tussen de exsanguinatie en de evisceratie bedroeg normaliter 25 minuten. Door technische storingen in de slachtlijn was het enkele malen mogelijk om de pH_1 en de R te meten van kar-

kassen, waarbij de evisceratie op een later tijdstip plaats vond. Bij deze metingen werd getracht een vergelijkbare controlegroep te vinden. Zoveel mogelijk werd hiervoor gebruikt het overige deel van het transport varkens, waartoe de varkens behoorden die op een later tijdstip werden geëviscereerd. Vergelijkingen binnen transporten zijn namelijk vrij betrouwbaar omdat hierdoor de transportinvloeden op de vleeskwaliteit genivelleerd worden. Bij 354 varkens vond de evisceratie pas plaats 30 minuten na het slachten. De tijd tussen exsanguinatie en pH_1- en R-meting bedroeg hierbij ca. 37 minuten. Bij 55 karkassen vond de evisceratie plaats na 45 minuten en bedroeg de tijd tussen exsanguinatie en de metingen ca. 60 minuten. Het aantal controledieren bij deze groepen, waarvan de evisceratie en de pH_1- en R-meting op het normale tijdstip plaats vond bedroeg 396. Bij 161 karkassen vond de evisceratie op het normale tijdstip plaats, doch de pH_1- en R-meting pas 37 minuten na de exsanguinatie.

5.3 Resultaten

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van de pH_1- en R-metingen op de diverse tijdstippen. Hieruit blijkt dat een verlenging van de tijdsduur tussen de exsanguinatie en het meten van de pH_1 en de R met 5 minuten een verlaging te zien geeft van de pH_1 met 0,06 eenheden en een verhoging van de R-waarde met 0,7 eenheden. Bij een verlenging met 15 minuten is het verschil 0,10 respectievelijk 1,2 eenheden.

In fig. 3 zijn in de vorm van een staafdiagram de resultaten weergegeven van de metingen die plaats vonden na verlengd tijdsverloop tot de evisceratie als ook die van de bijbehorende metingen van de controledieren. Vindt de evisceratie vijf minuten later plaats dan normaal, dan neemt het percentage PSE-karkassen toe met 7%.

De varkens vermeld in kolom IV van fig. 3 zijn pas geopend 60 minuten na de exsanguinatie. Een controlegroep voor de juiste vergelijking was om praktische redenen niet samen te stellen.

5.4 Discussie

De gevonden resultaten komen in grote lijnen overeen met die zoals gepubliceerd door Wismer-Pedersen & Briskey (1960) en Taylor (1966).

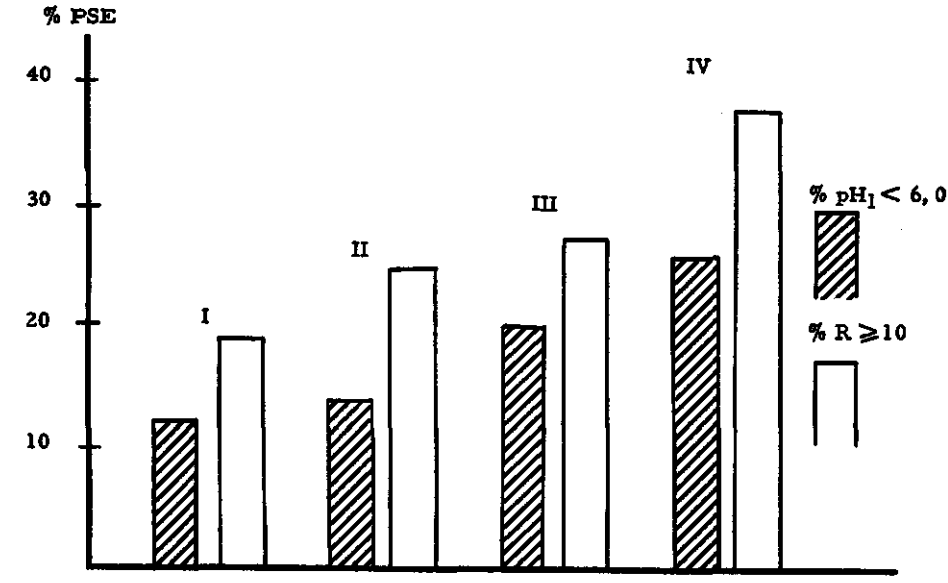
Tabel 2. pH_1 en R-waarden van de M. semimembranosus gemeten 32 en 37 min na het slachten bij 60 karkassen, respectievelijk na 32 en 47 minuten bij 31 karkassen van NL-varkens.

	Meettijdstip (min)		Verschil	Meettijdstip (min)		Verschil
	32	37		32	47	
Aantal	60	60		31	31	
pH_1	6,37	6,31	-0,06***	6,32	6,22	-0,10***
% $pH_1 < 6,0$	10	12	2	13	16	3
R	6,5	7,2	0,7***	6,0	7,2	1,2***
% $R \geqq 10$	22	27	5	19	25	6

***$P < 0,001$.

Table 2. pH_1 and R values of the M. semimembranosus measured 32 and 37 min after slaughtering of 60 carcasses and after 32 and 47 min in 31 carcasses of Dutch Landrace pigs.

Fig. 3. Percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ resp. $R \geqq 10$, gemeten op diverse tijdstippen na het slachten. Van groep III en IV vond de evisceratie op een later tijdstip plaats.



Groep	I	II	III	IV
Aantal	396	161	354	60
Meettijdstip (min)	32	37	37	45
Tijdstip evisceratie (min)	25	25	30	55
Gem. pH_1	6,38	6,35	6,24	6,21
Gem. R	6,0	6,6	7,0	7,8

Fig. 3. Percentages of carcasses with a $pH_1 < 6.0$ and $R > 10$ measured at different times after slaughtering. The evisceration of Groups III and IV took place later.

De algemeen gebruikelijke variatie van het meettijdstip van de pH_1 van 30 tot 45 minuten blijkt tot grote verschillen te kunnen leiden (tabel 2). De resultaten kunnen daardoor niet zonder meer vergeleken worden met die van andere onderzoekers. Uit dit onderzoek komt duidelijk naar voren, dat het noodzakelijk is om bij het vermelden van de resultaten van pH-metingen het juiste tijdstip te vermelden.

Uit fig. 3 komt de invloed van de wijze van slachten op de vleeskwaliteit tot uiting. Het zo snel mogelijk openen van de buikholte en het verwijderen van het maag-darmpakket bevordert een snelle afkoeling van het karkas, waardoor het ontstaan van PSE-vlees wordt afgeremd.

Een verlenging van de tijd tussen exsanguinatie en evisceratie van 25 tot 30 minuten, waarbij de tijd tussen de exsanguinatie en pH_1-meting gelijk bleef, gaf een pH_1

te zien die gemiddeld 0,1 pH_1-eenheid lager was en een verhoging van het percentage PSE-karkassen met 4%. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er in de praktijk naar gestreefd moet worden de tijd tussen exsanguinatie en evisceratie zo kort mogelijk te houden.

Mogelijkheden ter verkorting van deze tijd zijn o.a.:

1. Verkorting van de broeitijd. Het toepassen van middelen die deze verkorting mogelijk maken. Verkorting van de broeitijd verdient in deze de voorkeur boven verlaging van de temperatuur van het broeiwater. Dit mede in verband met het geringe warmtegeleidend vermogen van de speklaag.
2. Het gecombineerd broeien en ontharen van de varkens. Dit wordt op enkele plaatsen toegepast en geeft een verkorting van het slachtproces van enkele minuten (Vleesdistributie en Vleestechnologie nr 12-1972).
3. Een continue koeling met koud water vanaf het moment dat de dieren de broeikuip verlaten, nog slechts eenmaal onderbroken door een verblijf van enkele seconden in de schroeioven. Ook tijdens het machinaal ontharen, zwartscheren en nascheren dient de afkoeling gecontinueerd te worden.
4. Een lage temperatuur in de slachthal, bijvoorbeeld beneden 10°C. Dit bevordert de verdere afkoeling van het karkas, vooral na de evisceratie en het splijten van de wervelkolom.

Uit de literatuur (2.10.6) blijkt dat een geforceerde koeling die pas ca. 40 minuten na de dood van het varken begint, het ontstaan van PSE-vlees niet meer tegen kan gaan, doch wel de ernst van de afwijking kan verminderen.

Het gebruik van een snelkoeltunnel heeft in dit opzicht voordelen ten opzichte van gewone koeling. Essentieel bij de koeling is een daling van de temperatuur van het vlees tot ca. 35°C. (2.10.6). Zelfs bij gebruik van een snelkoeltunnel wordt in de kern van de hammen deze temperatuur pas bereikt na één tot anderhalf uur koelen.

6 pH_1- en rigormetingen

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de gevonden gemiddelde pH_1 en R-waarden van de M. semimembranosus en hun frequentieverdelingen, als parameter voor de vleeskwaliteit, weergegeven en besproken.

Om de vleeskwaliteit van groepen dieren weer te geven is gebruik gemaakt van de normen zoals die door Van Logtestijn en Sybesma in 1966 zijn vastgesteld en later door diverse andere onderzoekers zijn gehanteerd (Devloo et al., 1971; Van Hoof & Dedeken, 1968; Lendfers, 1969). Hierbij worden alle karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ en een $R \geqq 10$ beschouwd als PSE.

De meeste buitenlandse onderzoekers hanteren als norm voor een PSE-dier een pH_1 van de M. longissimus dorsi $< 6{,}0$ (Bendall, 1960; McLoughlin, 1965; Van Roon & Leest, 1967). Briskey (1964) legt de grens bij een $pH_1 < 6{,}1$. Eliot (1965) en ook Scheper (1971) bij $pH_1 < 5{,}9$. Hierbij ontbreekt steeds de rigormeting omdat bij deze spier tijdens het slachtproces een betrouwbare rigormeting nog niet mogelijk is.

Mede daarom worden in het gehele verdere onderzoek, mits anders vermeld alle karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ van de M. semimembranosus als PSE-dier of PSE-karkas beschouwd. In dit hoofdstuk is ter vergelijking zowel het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ en een rigor $\geqq 10$, als het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ berekend. De correlatie tussen pH_1 en R vormt een afzonderlijk punt van bespreking in dit hoofdstuk.

Het percentage DFD-karkassen van de proef Asten wordt berekend aan de hand van de normen door Van Logtestijn & Sybesma (1966) opgesteld voor metingen in de M. adductor, en daarom hier enigszins gewijzigd.

6.2 Materiaal en methoden

Van 5036 mestvarkens van de integratiegroep 'Asten' werden de pH_1 en de R van de M. semimembranosus bepaald. Van 3584 varkens waren ook gegevens bekend betreffende afstamming, groeisnelheid e.d. Van deze dieren werd de correlatie tussen pH_1 en R berekend per sexe, vaderdier en mester.

6.3 Resultaten en discussies

6.3.1 pH_1- en R-waarden

De pH_1-waarden lagen steeds tussen 5,3 en 7,1. Lagere waarden zoals 5,2 en zelfs

5,0 die door sommige onderzoekers vermeld worden (Bendall & Lawrie, 1964; Wismer-Pedersen, 1959), werden door ons niet waargenomen, ook niet bij de M. longissimus dorsi. Het enzymsysteem, dat de anaerobe glycolyse bewerkt, wordt bij een pH_1 van 5,3 blijkbaar onwerkzaam.

Voor de pH_1 kon een gemiddelde berekend worden van 6,35 met een spreiding van $\pm$ 0,33. Voor de rigorwaarde was het gemiddelde 6,57 met een spreiding van $\pm$ 3,66.

In fig. 4 en 5 zijn de frequentieverdelingen weergegeven van de pH_1- en de R-waarden. De pH_1-verdeling blijkt zeer regelmatig, met een brede top bij 6,4–6,5 en een vrij brede basis.

Statistisch gezien is de pH_1-verdeling normaal, waarbij voor homogeniteit het cijfer 699,9; voor scheefheid —0,46 en voor kurtositeit —0,31 berekend kon worden. Voor de R-verdeling zijn deze cijfers respectievelijk 580,3; 0,18; en —0,81. De kurtositeit is hierbij laag, hetgeen betekent dat de frequentiecurve nogal vlak is. Ook deze verdeling mag nog als normaal beschouwd worden, hetgeen onder andere inhoudt dat het verantwoord is correlatieberekeningen met deze cijfers uit te voeren.

De gemiddelde waarden en ook de frequentieverdelingen komen goed overeen met

Fig. 4. R-frequentieverdeling van de M. semimembranosus, gemeten 32–37 min na het slachten bij 5036 mestvarkens van het NL-ras.

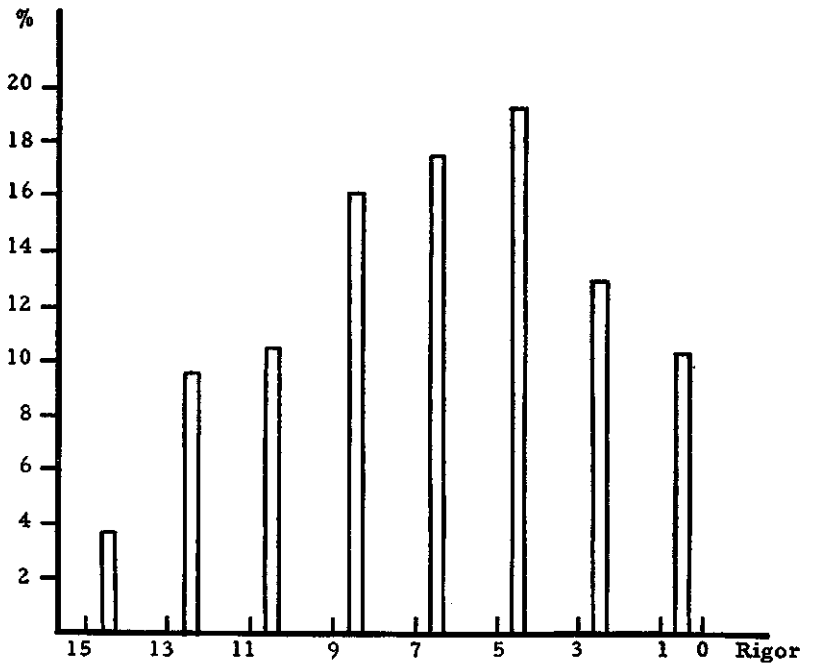


Fig. 4. The frequency distribution of the R value of the M. semimembranosus measured 32–37 minutes after killing of 5036 Dutch Landrace pigs.

Fig. 5. pH_1-Frequentieverdeling van de M. semimembranosus gemeten 32–37 min na het slachten bij 5036 mestvarkens van het NL-ras.

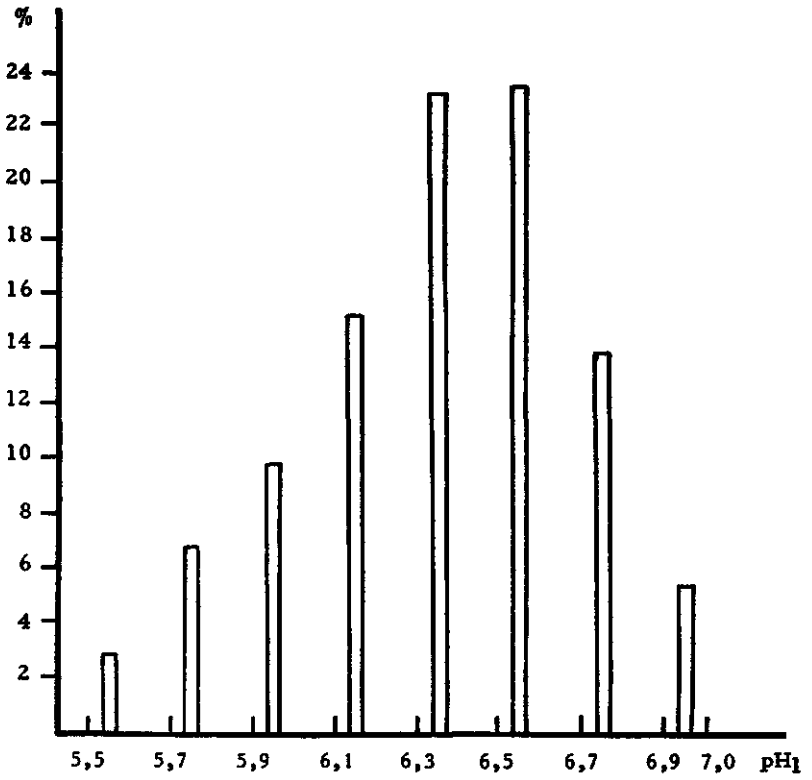


Fig. 5. The frequency distribution of the pH_1 of the M. semimembranosus measured 32–37 minutes after killing of 5036 Dutch Landrace pigs.

de resultaten van het eerste half jaar zoals die reeds door Verdijk (1972) zijn weergegeven. Het pH_1-gemiddelde van 6,35 is iets lager dan het gemiddelde van 6,39 dat door Vos & Sybesma (1971) bij 1749 varkens van hetzelfde ras werd gevonden. Mogelijk is het verschil te verklaren uit het feit dat zij geen rekening hielden met het al of niet rusten van de varkens en bovendien hun metingen verrichten op meerdere slachterijen (Zie hoofdstuk 8). Leest & Van Roon (1969) en ook Westerink et al. (1969) vonden gemiddelde pH_1-waarden tussen 6,1 en 6,2. Ook van Hoof & Dedeken (1968) vonden beduidend lagere pH_1-waarden bij het Belgische landvarken. pH_1-Metingen van de M. semimembranosus bij het Duitse landras en ook bij het Engelse landras daarentegen gaven aanzienlijk hogere waarden te zien (Bendall et al., 1966; Borowski et al., 1966; Taylor, 1966). De verschillen met Belgische, Engelse en Duitse gegevens kunnen voor een groot deel toegeschreven worden aan rasinvloeden.

De gevonden gemiddelde rigorwaarde van 6,57 komt goed overeen met de waarde van 6,58 gevonden door Vos & Sybesma (1971).

Fig. 6. De frequentieverdelingen van de pH_1 van de nakomelingen van twee beren. De nakomelingen van beer A hebben een uitzonderlijk goede, die van B een uitzonderlijk slechte vleeskwaliteit.

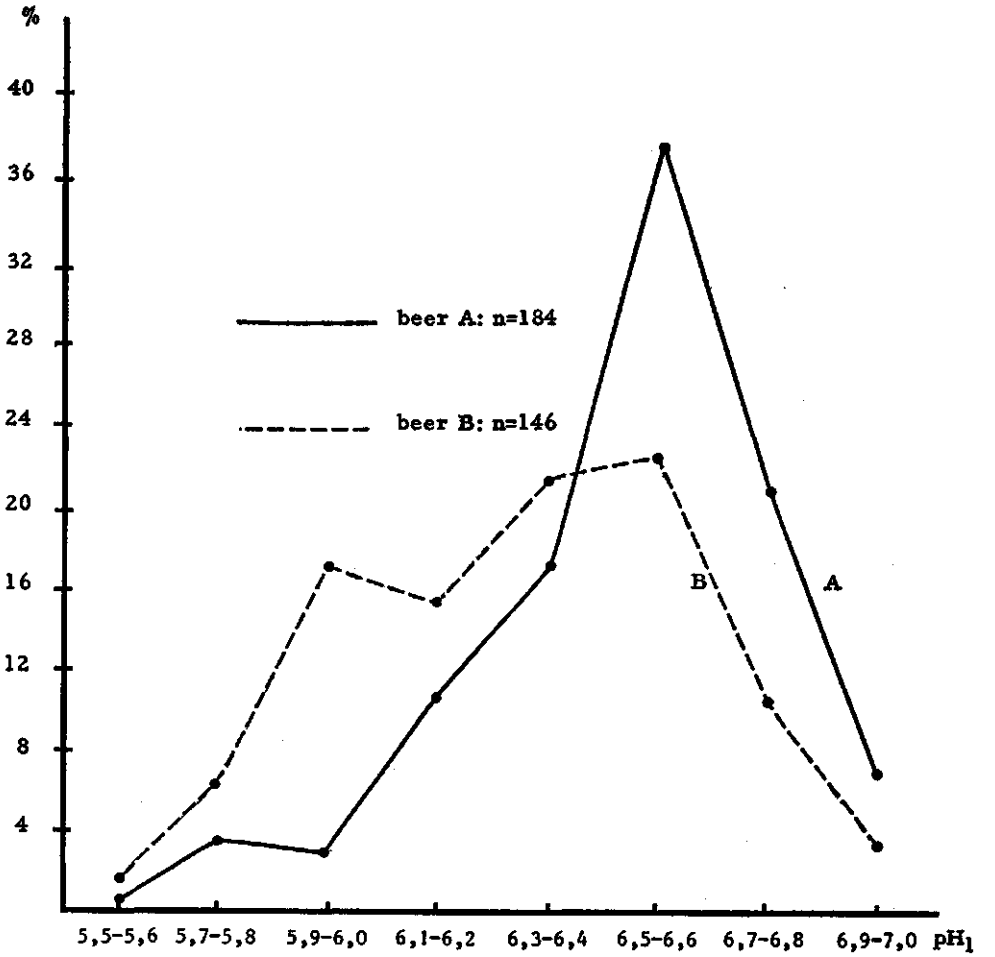


Fig. 6. The frequency distributions of the pH_1 of the progeny of two boars. The progeny of boar A have an extremely good meat quality, those of boar B an extremely bad meat quality.

Wismer-Pedersen (1959) en ook Bendall & Wismer-Pedersen (1962) vonden bij de Deense landvarkens een pH_1-frequentie curve van de M. longissimus dorsi met twee toppen, namelijk een bij 5,7 en een bij 6,3. In het onderzoek van Van Logtestijn (1965) en ook in eerste instantie in dit onderzoek was van een tweetoppige curve geen sprake. Bij het vergelijken echter van de curven van groepen dieren met een uitgesproken slechte en goede vleeskwaliteit kwam bij de groep met de slechte vleeskwaliteit wel duidelijk een tweetoppigheid naar voren. Fig. 6 is hiervan een goed voorbeeld. Het betreft de pH_1-frequentiecurven van de nakomelingen van twee beren, die opgefokt en afgemest zijn bij dezelfde fokker respectievelijk mester. Curve B heeft een uitgespro-

ken brede basis en een top bij 5,7–5,8 en een bij 6,3–6,5. Curve A heeft duidelijk een spitse top bij 6,6. Toch is ook bij deze curve in de omgeving van 5,7–5,8 nog een kleine top aanwezig. In de meeste gevallen waar het gaat om kleine groepen geselecteerde varkens zoals in fig. 6, is steeds een top bij 5,7 aanwezig.

De door Wismer-Pedersen en anderen gevonden tweetoppigheid van de pH_1-frequentieverdeling van de M. longissimus dorsi van de Deense landvarkens zou dan ook op een slechtere vleeskwaliteit van deze varkens kunnen wijzen.

De frequentiecurve van de rigorwaarde geeft ook uitgesproken verschillen te zien tussen groepen varkens met een goede en een slechtere vleeskwaliteit. De rigorcurven van de borgen en de gelten afzonderlijk geven hiervan een goed voorbeeld (hoofdstuk 7). Bij groepen met een uitgesproken goede vleeskwaliteit benadert de frequentieverdeling van de rigor meer een lineair verloop.

6.3.2 De relatie tussen de pH_1 en de rigorwaarde

De correlatie tussen pH_1 en R in elk van de groepen afzonderlijk was $r = -0{,}80$ en over alle groepen tezamen $-0{,}76$. Beide correlaties zijn zeer significant. De regressie was 0,068, hetgeen er op neer komt, dat wanneer de pH_1 daalt van 6,8 naar 6,0, de rigorwaarde toeneemt met tien eenheden. Deze correlatie geldt uiteraard alleen voor de relatie pH_1 en R gemeten 32 tot 37 minuten na de exsanguinatie.

De correlaties berekend over het totale materiaal komen goed overeen met de correlatie van $r = -0{,}75$ die reeds berekend werd uit eerder gevonden cijfers (Verdijk, 1972). De gevonden correlatie komt ook goed overeen met de correlatie van $r = -0{,}68$ die Leest & Van Roon (1969) vonden. Sybesma (1968) daarentegen vond slechts een correlatie van $r = -0{,}40$. De hoge correlatie van $r = -0{,}76$ wijst erop dat het aantal dieren met een hoge R en een hoge pH, dat voor een groot deel het percentage DFD-dieren uitmaakt, klein is. De resultaten gelden uiteraard alleen voor de M. semimembranosus. In hoeverre ze ook geschikt zijn voor het vaststellen van DFD-kwaliteit van het karkas is reeds in de hoofdstukken 2, 3 en 4 besproken.

Tabel 3. Procentuele verdeling van 5036 mestvarkens van het NL-ras over de 3 pH_1- en de 3 rigorgroepen.

	$R \geqq 5$	$10 > R > 5$	$R \geqq 10$	Totaal
$pH_1 > 6{,}5$	27,2	1,5	1,3	30,0
$6{,}5 \geqq pH_1 \geqq 6{,}0$	15,3	31,0	10,0	56,3
$pH_1 < 6{,}0$	.[1]	1,2	12,5	13,7
Totaal	42,5	33,7	23,8	100,0

1. Minder dan 10 dieren.

Table 3. Contributions in percentages of 5036 slaughter pigs of the Dutch Landrace by the 3 pH_1 and the 3 R groups.

6.3.3 Het percentage PSE-karkassen

In tabel 3 is het totale materiaal ingedeeld volgens het schema opgesteld door Van Logtestijn & Sybesma (1966).

Bij 13,7% van de onderzochte karkassen bleek de pH_1 lager te zijn dan 6,0 terwijl bij 28,8% van de karkassen de rigor mortis volledig was ingetreden. In totaal was bij 12,5% van de karkassen de $pH_1 < 6{,}0$ en de $R \geqq 10$. Dus bij 1,2% van de karkassen was de $pH_1 < 6{,}0$, doch was de rigor niet of nog niet volledig ingetreden.

Vergelijking van het door ons gevonden percentage PSE-dieren met die van andere onderzoekers is bijzonder moeilijk omdat de meeste buitenlandse onderzoekers de M. longissimus dorsi als representatieve spier nemen. In ons land verrichte Van Logtestijn (1965) bij het NL-ras pH_1-metingen bij de M. adductor. Hij vond een percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ van 13,4%. Van Logtestijn & Sybesma (1966) berekenden bij het NL-ras uitgaande van de M. semimembranosus een percentage $pH_1 < 6{,}0$ van 18,4%. Van Roon & Leest (1967) vonden daarentegen zelfs een percentage dieren met $pH_1 < 6{,}0$ van 22% bij hetzelfde ras en dezelfde spier.

Opvallend is het lage percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ dat gevonden wordt in Engeland en Ierland. Bendall et al. (1966) en McLoughlin (1965) vonden percentages die variëren van 1 tot 6%.

Uit de gevonden percentages kan geconcludeerd worden dat voor het opsporen van PSE-vlees volstaan kan worden met het meten van de pH_1 30 tot 45 minuten na het slachten. In bepaalde gevallen is de rigor meting hierbij een goede aanvulling.

6.3.4 Het percentage DFD-karkassen

Door Van Logtestijn & Sybesma (1966) werden normen opgesteld die DFD-vlees zouden mogen doen verwachten ($pH < 6{,}5$, $R \geqq 10$ en vleestemperatuur $> 40{,}5°C$). Bij later onderzoek is gebleken (Van Logtestijn, 1968) dat de correlatie tussen vleestemperatuur en vleeskwaliteit niet erg groot was. In dit onderzoek zijn daarom de vleestemperatuur metingen achterwege gebleven.

Zoals uit hoofdstuk 4 blijkt, behoort de M. semimembranosus tot de spieren met een lage eind-pH. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld de M. adductor die meer beschouwd kan worden als een vertegenwoordiger van de spieren met een hoge eind-pH. Omdat de bestaande normen voor aanwijzingen van DFD-karkassen voor een groot deel gebaseerd zijn op metingen in de M. adductor, werden in ons onderzoek de normen die betrekking hebben op de M. semimembranosus enigszins verruimd.

Alle karkassen met een $pH_1 > 6{,}3$ en een $R \geqq 8$ werden beschouwd als DFD. Deze normen zijn arbitrair maar gesteld kan worden dat bij karkassen met een rigor van 8 of meer reeds duidelijk gesproken kan worden van een ingetreden rigor. Een $pH_1 > 6{,}3$ is gebaseerd op de resultaten die Van Logtestijn (1965) vond in zijn onderzoek bij de M. adductor. Van 3336 dieren werd door hem een percentage DFD-dieren van 8,3% berekend. Dit percentage komt redelijk overeen met de resultaten van hoofdstuk 4 waar bij 10% van de hammen een eind-pH van de M. semimembranosus

gemeten werd die hoger was dan 6,0. De 8,3% is in afwijking van de 10% gebaseerd op een voorspelling van de eind-pH en R. Zoals uit onderzoekingen van Van Logtestijn (1965) en Scheper (1971) bleek, mag deze voorspelling wel toegepast worden voor grotere groepen karkassen, doch niet voor een karkas afzonderlijk.

7 Verschillen in vleeskwaliteit tussen gelten, borgen en beren

7.1 Inleiding en literatuur

De literatuurgegevens betreffende verschillen in vleeskwaliteit tussen de sexen zijn verre van eensluidend. Al eerder is een duidelijk verschil in vleeskwaliteit aangetoond tussen borgen en gelten, ten nadele van de gelten (Verdijk, 1972). In dit hoofdstuk zijn de verschillen verder uitgewerkt en hebben ze betrekking op het totale materiaal.

Taylor (1966), Bendall et al. (1966), Weiss (1967), McDougall & Disney (1967) en ook Charpentier et al. (1971) vonden geen significante verschillen tussen borgen en gelten met betrekking tot enkele vleeskwaliteitscriteria zoals pH_1 en kleur. Clausen (1961) en ook Jonsson (1963) vonden bij het Deense Landras een betere vleeskwaliteit bij de gelten dan bij de borgen. Sybesma et al. (1966) vonden bij het Nederlandse Landras een slechtere vleeskwaliteit bij de gelten. Van de Pas & Buiting (1972) vonden onlangs nog bij het NL-ras een betere vleeskwaliteit bij borgen dan bij gelten.

7.2 Materiaal en methoden

Van alle varkens van de proef 'Asten' werd het geslacht bepaald, waarbij tevens de binnenberen (cryptorchide varkens) en de tweeslachtige dieren (hermafrodieten) als afzonderlijke groepen beschouwd werden. Het aantal metingen verricht bij normale mannelijke varkens was erg klein. Wel betrof het steeds dieren die tot dezelfde gewichtsklasse behoorden als de overige mestvarkens.

In verband met het kleine aantal werd daarom gedurende enkele weken van 70 willekeurig uit de gewone aanvoer genomen beren, na het slachten de rigor bepaald. De pH_1-meting moest om technische redenen achterwege blijven. Als controlegroep fungeerden 70 zeugen en 70 borgen die eveneens willekeurig uit dezelfde groep getrokken werden.

7.3 Resultaten en discussie

Gemiddeld is de pH_1 van de gelten 0,11 eenheid lager dan die van de borgen (tabel 4). In fig. 7 en 8 worden de pH_1 en de R afzonderlijk voor de gelten en borgen grafisch weergegeven. De top van de pH_1-curve ligt bij de gelten bij 6,3–6,4, bij de borgen bij 6,5–6,6. Beide verdelingen zijn normaal zoals blijkt uit statistische berekeningen. Voor de frequentieverdeling van de gelten werd een homogeniteit berekend van 351,8, voor de scheefheid −0,39 en voor de kurtositeit −0,37. Voor de borgen waren deze cijfers respectievelijk 348,8; −0,54 en −0,19. Ook de R-frequentieverdelingen van de gelten en borgen zijn normaal: homogeniteit 260,7, scheefheid 0,11 en kurtositeit −0,82 voor de curve van de gelten, en voor die van de borgen respectievelijk 317,2; 0,37 en 0,73.

Tabel 4. pH_1- en R-waarden van de M. semimembranosus van borgen en gelten.

	Aantal	pH_1	R	$\%\ pH_1 < 6{,}0$	$\%\ R \geqq 10$
Borgen	2555	$6{,}40 \pm 0{,}32$	$5{,}53 \pm 3{,}76$	10,8	17,2
Gelten	2398	$6{,}29 \pm 0{,}33$	$7{,}69 \pm 3{,}54$	16,7	30,9
Verschil		0,11***	2,16***	5,9***	13,7***

***P < 0,001.

Table 4. pH_1 and R values in the M. semimembranosus of barrows and gilts.

In tabel 5 staan de gemiddelde pH_1 en R-waarden vermeld van alle beren, borgen en gelten als ook van de binnenberen en tweeslachtige dieren van de proef 'Asten'. De pH_1 en de R van de binnenberen komen het meest overeen met die van de borgen, die van de tweeslachtige dieren daarentegen ligt tussen die van de borgen en gelten in. Dit komt overeen met de hormonale positie die deze dieren innemen ten opzichte van de beren en gelten (Breeuwsma, 1970).

Van de 70 beren, borgen en gelten waarvan alleen de R gemeten werd, bedroegen de gemiddelde R-waarden 6,4 resp. 6,4 en 8,3.

Ook het percentage DFD-dieren van de proef 'Asten' werd afzonderlijk voor de gelten en de borgen berekend op dezelfde wijze als beschreven in hoofdstuk 6. Voor de gelten was het percentage DFD-dieren 10,6% en voor de borgen 6,1%.

Fig. 7. De frequentiecurve van de R-waarde, afzonderlijk weergegeven voor borgen en gelten.

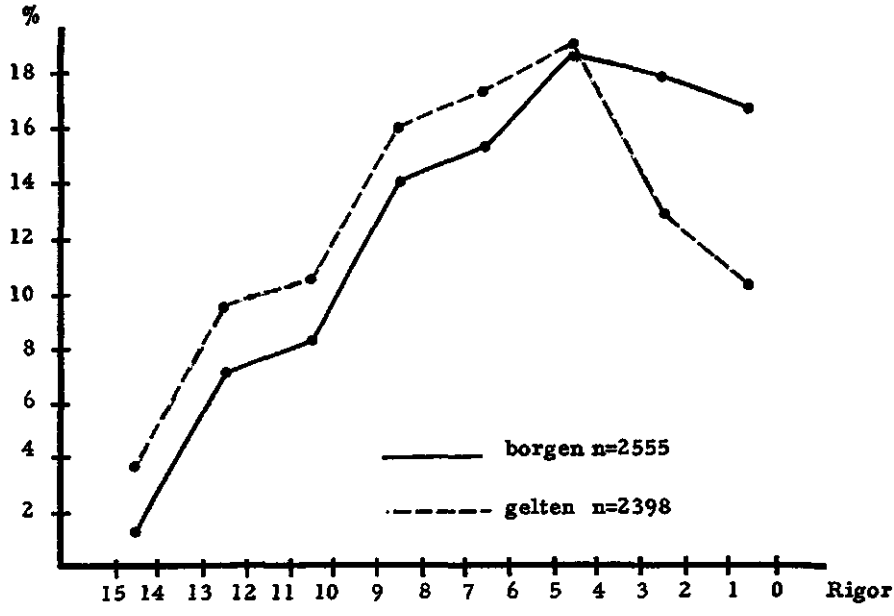


Fig. 7. The frequency curve of the R value, separately reproduced for barrows and gilts.

Tabel 5. Gemiddelde pH_1 en R van beren, binnenberen, borgen, tweeslachtige varkens en gelten.

	Aantal	pH_1	R
Beren	39	6,50	4,8
Binnenberen	17	6,38	5,4
Borgen	2555	6,40	5,5
Tweeslachtigen	14	6,34	6,2
Gelten	2398	6,29	7,6

Table 5. Mean value of pH_1 and R of boars, cryptorchide pigs, barrows, pigs intersexes and gilts.

In het algemeen komt uit de grafieken en tabellen het verschil tussen beren en borgen enerzijds en gelten anderzijds voldoende tot uiting. Alhoewel het aantal waarnemingen bij de beren niet zo groot is, kan toch geconcludeerd worden dat de vleeskwaliteit gelijk aan of zelfs gunstiger is dan die van de borgen.

Het feit dat de vleeskwaliteit van de beren beter is dan die van de gelten wijst er op dat ook hormonale invloeden een rol spelen bij het ontstaan van PSE- en DFD-vlees.

Fig. 8. De frequentiecurve van de pH_1, afzonderlijk weergeven voor borgen en gelten.

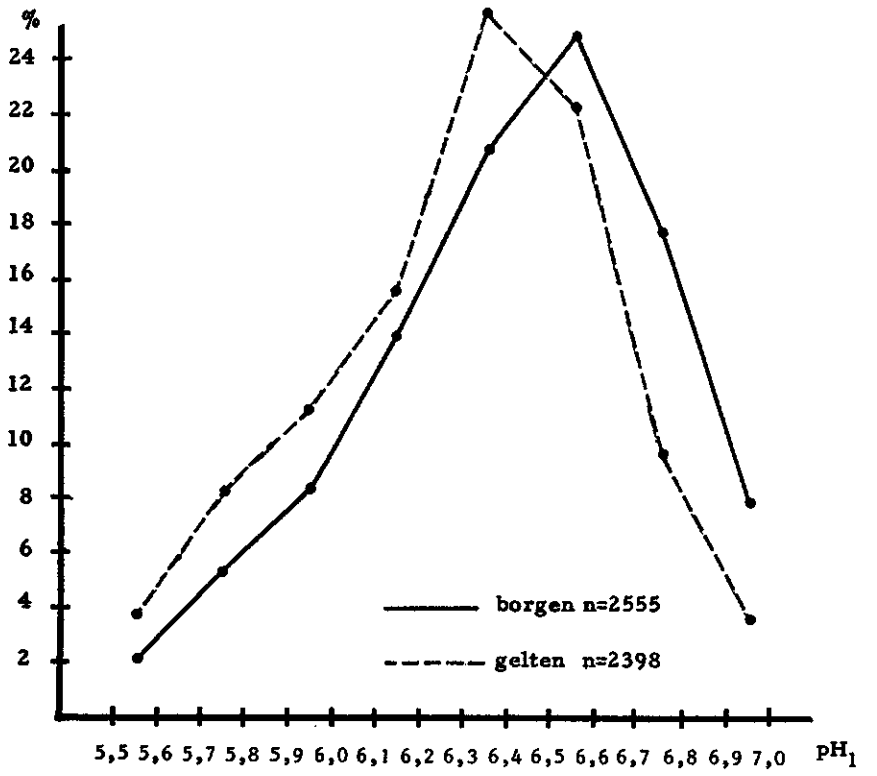


Fig. 8. The frequency curve of the pH_1, separately reproduced for barrows and gilts.

8 Transportafstand en rustperiode

8.1 Inleiding en literatuur

Sinds mensenheugenis staat het varken bekend als een moeilijk te transporteren huisdier (Van Putten, 1971). Het is moeilijk te fixeren en gaat van nature snel tegen de draad in. Diverse factoren maken het varken bovendien extra stressgevoelig, zoals de huisvesting van de varkens in kleine ruimten waardoor de dieren weinig beweging gewend zijn. Het transport uit de stallen wordt vaak bemoeilijkt doordat de varkenshokken geen deuren hebben (De Bruin, 1967). Daarnaast vormt het laden van de dieren op de vrachtauto een ernstige stressfactor. Tijdens het transport zelf probeert het varken zich staande te houden ten koste van voor het dier abnormaal veel spierarbeid. Bovendien wordt de sociale rangorde grondig verstoord, doordat de varkens van verschillende bedrijven gemengd worden, wat de opwinding nog verergert.

Duidelijk komt die stressgevoeligheid tot uiting in het onderzoek van Lendfers (1969) die tijdens het transport van het varken telemetrisch het electrocardiogram volgde. Gedurende het gehele transport was de hartfrequentie met meer dan 100% verhoogd.

Deze verhoogde hartfrequentie gaat gepaard met een verhoogde ademhalingsfrequentie en, afhankelijk van de omgevingstemperatuur, ook met een verhoogde lichaamstemperatuur. De temperatuurverhoging kan zelfs 2–3 °C bedragen (Van Logtestijn et al, 1966; Steinhardt & Georgiev, 1970). Bij de experimenten van Steinhardt bleek verder dat een dergelijke temperatuurverhoging weer voorbij is na 90 tot 100 minuten, mits de dieren gedurende die tijd gehuisvest worden onder normale omstandigheden.

8.1.1 De invloed van transport en rust op het ontstaan van PSE-vlees

Bij het beoordelen van de invloed van het transport en een rustperiode na aankomst op de slachterij op de uiteindelijke kwaliteit van het vlees, is het noodzakelijk onderscheid te maken tussen PSE- en DFD-vlees. De aetiologie van beide is weliswaar dezelfde doch de invloed van het transport en een rustperiode van de varkens op beide is niet gelijk.

Ludvigsen wees reeds in 1953 op de nadelige invloed van het transport van de varkens naar de slachterij. Een rustperiode van 18–22 uur na aankomst op de slachterij verminderde het percentage dieren met PSE-vlees zelfs met 75%. Enkele uren rust gaf ook reeds een duidelijke verbetering. Van Logtestijn (1965) kon geen verschillen

vaststellen in het percentage dieren met PSE-vlees tussen 25 transporten varkens, aangevoerd over diverse afstanden. In bepaalde gevallen zag hij het percentage dieren met PSE-vlees na drie à vier uur rust toenemen. Ook Bendall et al. (1966) zagen een toename van het percentage PSE-dieren wanneer zij de dieren twee uur in plaats van één uur lieten rusten. Lendfers (1968) vergeleek enkele transporten slachtvarkens, aangevoerd over een afstand van 220 tot 300 km, met die, aangevoerd over een afstand van 20 tot 80 km. Hij vond hierbij 10%, resp. 7% dieren met PSE-vlees. Scheper (1971) liet varkens van selectiemesterijen in Duitsland over diverse afstanden vervoeren. De dieren kregen na het transport steeds één à twee uur rust. De dieren aangevoerd over een afstand van 5–20 km gaven vaak een hoog percentage lage pH_1-waarden van de M. longissimus dorsi te zien, maar niet of nauwelijks van de hammusculatuur. Bij varkens, aangevoerd over afstanden van 50, 150, 300 en 500 km waren de percentages pH_1 in de M. semimembranosus $<6{,}0$ resp. 13,0; 2,7; 0 en 25%.

In veel gevallen ontwikkelde zich bij de dieren aangevoerd over grotere afstanden zowel PSE- als DFD-vlees in de hammen en/of in de rugstrekkers.

Taylor (1966) vergeleek 1397 varkens die een nacht op de slachterij gerust hadden met 1007 varkens die op de dag van aankomst geslacht werden. Het verschil tussen de percentages dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ was erg klein, maar bij de dieren die 24 uur gerust hadden iets groter. Wel was bij deze groep de gemiddelde pH_1 hoger.

Interessant in dit opzicht zijn de onderzoekingen van Barton (1971). Zij bepaalde de eind-pH en beoordeelde de kleur van de M. longissimus dorsi en de M. biceps femoris van Deense selectiemesterijvarkens en onderzocht de invloed van verschillende transportafstanden en rusttijden op deze criteria.

Toename van de transportafstand van 3 tot 55 km zonder rustperiode gaf een verhoging van de eind-pH en een verbetering van de kleur van de M. longissimus dorsi te zien, maar een toename van het aantal dieren met een te hoge eind-pH van de M. biceps femoris van 5,5 tot 24,6%. In het algemeen vond zij dat een transportduur en een rustpauze korter dan één uur een hoog percentage PSE van de M. longissimus dorsi tot gevolg had, doch dat het percentage dieren met PSE-verschijnselen van de M. biceps femoris in deze gevallen erg laag was. Bij toename van de transportduur en de rusttijd echter nam het percentage PSE van de M. biceps femoris toe, maar dat van de M. longissimus dorsi af.

8.1.2 De invloed van transport en rust op het ontstaan van DFD- vlees

Wat betreft de invloed van het transport en de rustduur na aankomst op de slachterij op het ontstaan van DFD-vlees zijn reeds in een veel eerder stadium onderzoekingen verricht. In 1936 wezen Bate Smith en Callow (geciteerd door Van Logtestijn, 1965) er reeds op dat langdurige transporten gecombineerd met langdurig vasten en veel beweging er oorzaak van zijn dat de glycogeen voorraad van de spieren uitgeput wordt, met als gevolg een hoge eind-pH van het vlees. Scheper (1971) zag bij transportafstanden van 120 tot 300 km de hoogste percentages dieren met een hoge eind pH van de M. longissimus dorsi en de M. semimembranosus. Barton (1971) vond het

hoogste percentage dieren met een eind-pH van de M. biceps femoris > 5,8 in de groep varkens die het langst gereisd (55 km) en het langst gerust hadden (drie uur). Bij verlenging van de transporttijd van tien minuten tot twee uur en geen rust nam dit percentage toe van 5,5% tot 24,6%. Door van Logtestijn (1965) werd geen verband gevonden tussen transportafstanden en het percentage varkens met een hoge eind-pH. De transportomstandigheden en de meetmethoden bij zijn onderzoek waren identiek aan die in deze onderzoekingen, met dien verstande dat hij geen rekening hield met de rustduur van de varkens en de metingen verrichtte aan de M. adductor. Ondanks de vrij korte transportafstanden en transporttijden van twee – drie uur vond hij bij 40% van de 1314 onderzochte varkens een eind pH_1 van de M. adductor hoger dan 6,0.

8.1.3 Het toepassen van een rustperiode

Het ligt voor de hand varkens die tijdens het transport vermoeid zijn geraakt een rustperiode te geven. In sommige landen is het zelfs voorschrift dat varkens, aangevoerd over afstanden groter dan 50 km gedurende enkele uren moeten rusten (Sprincis, 1970). De meeste onderzoekers echter vinden een rustperiode zonder verstrekking van energierijke koolhydraten onjuist (Callow et al., 1939 geciteerd door Van Logtestijn, 1965; Kroeske et al. 1961; Sprincis, 1970). Hildebrandt et al. (1969) adviseren na een langdurig transport toediening van suiker, maar merken daarbij op dat de kans op het ontstaan van PSE-vlees hierdoor wel weer toeneemt. Bij in ons land uitgevoerd onderzoek bleek dat een rustperiode in het algemeen weinig verbetering geeft (Kroeske et al., 1961; Van Logtestijn, 1965). Cuthbertson & Pomeroy. (1970) zagen bij een verlenging van de rustduur van een half uur tot acht uur een verhoging van de eind-pH van de M. longissimus dorsi optreden van 5,7 naar 6,0. Barton (1971) vond bij de groep varkens die het langst gerust had (drie uur) het hoogste percentage karkassen met een hoge eind-pH van de M. biceps femoris. Bij de interpretatie van de Deense gegevens van Barton moet rekening gehouden worden met het feit dat de transportafstanden in Denemarken klein en de rusttijden kort zijn. Afstanden groter dan 50 km en rusttijden langer dan twee uur worden daar reeds als lang beschouwd.

In ons land is een inventariserend onderzoek verricht naar de huidige praktijkgewoonten omtrent huisvesting, behandeling en lengte van de rusttijd van de slachtvarkens op de slachterijen. De gevonden resultaten zijn weergegeven door Verdijk et al. (1974).

8.2 Probleemstelling

In het hierna besproken onderzoek werd getracht bij NL-varkens vast te stellen hoe lang een rustperiode na aankomst op de slachterij moet zijn om het percentage dieren met PSE- en DFD-vlees zo klein mogelijk te doen zijn. In beperkte mate is ook de relatie met de transportafstand in het onderzoek betrokken.

Voor het vinden van de meest geschikte rustduur werd uitgegaan van de volgende overwegingen:

– Een slachtdier dient voor het slachten een normale lichaamstemperatuur te bezitten. Bezit het die niet, dan is niet voldaan aan de voorwaarden gesteld in de Vleeskeuringswet en de Beschikking Uitvoer Vers Vlees.
– Het percentage PSE-dieren dient om economische redenen en het percentage DFD-dieren om organoleptische en hygiënische redenen zo laag mogelijk te zijn.
– Het rusten van de varkens in de stallen van de slachterij dient uit het oogpunt van economie en volksgezondheid zo kort mogelijk te duren. Lange rusttijden bevorderen de kruiscontaminatie met salmonellae en andere ziektekiemen (Kampelmacher et al., 1962) en leiden tot een gewichtsvermindering van de dieren (Cuthbertson & Pomeroy, 1970). Ook is er meer stalruimte bij de slachterijen noodzakelijk.

Onderzocht werden achtereenvolgens:
Experiment 1: de invloed van de transportafstand op het ontstaan van PSE-vlees;
Experiment 2: de invloed van een rustperiode na aankomst van de transporten, op het ontstaan van PSE-vlees;
Experiment 3: de invloed van een rustpauze op de verdeling van de eind-pH en het percentage dieren met een hoge eind-pH.

8.3 Materiaal en methoden

Experiment 1

607 varkens, behorende tot 14 transporten, werden direkt na aankomst op de slachterij geslacht. 8 Transporten waren afkomstig van plaatsen 1 tot 25 km van de slachterij verwijderd, de overige 25–60 km. Deze indeling is arbitrair. Alle transporten, op twee na, geschiedden bij een buitentemperatuur hoger dan 10 °C.
pH_1 en R werden op de gebruikelijke wijze gemeten.

Experiment 2

a. Zes transporten werden verdeeld in twee groepen. De ene helft werd meteen geslacht. De andere helft werd drie à vier uur ondergebracht in een rusthok en niet vermengd met andere transporten. Na het slachten werden pH_1 en R gemeten.
b. Vijf transporten werden op gelijke wijze, in twee helften verdeeld waarbij de ene helft drie à vier uur rust en de andere helft zes à zeven uur rust kreeg. Na het slachten werden pH_1 en R gemeten.
c. Vergelijkingen werden gemaakt van de resultaten van de pH_{-1} en R-metingen van de varkens van de proef 'Asten', die steeds twee à drie uur rust kregen, met die van alle andere varkens waarvan om diverse redenen de pH_1, R en rustduur bekend waren.

De resultaten werden afzonderlijk berekend voor de dagen met een buitentemperatuur van −5–−6 °C, 7–17 °C en > 17 °C, een volkomen arbitraire indeling.

Experiment 3

a. Van de transporten van experiment 2a en 2b werd bepaald het percentage dieren met $pH_1 > 6{,}3$ en $R \geqq 8$, als maat voor een hoge eind-pH (hoofdstuk 6.3.4.), bij de diverse rusttijden.
b. Van 75 hammen, afkomstig van 30 varkens die één uur, en 45 varkens die vijf uur gerust hadden werd de eind-pH gemeten van de M. adductor en de M. semimembranosus. Deze metingen werden uitgevoerd met een Polymetron pH-meter en een oppervlakte-elektrode. Hiervoor werd een vers snee-

vlak gemaakt, ongeveer één cm diep, evenwijdig aan het oppervlak.

De dieren die rust kregen werden ondergebracht in hokken die van elkaar gescheiden waren door lage muurtjes en hekken met roostergaas. Elk transport varkens werd gehuisvest in een afzonderlijk hok en gedurende de eerste minuten na aankomst in de slachterij met koud water gedouched. Bovendien werd de gehele stal mechanisch geventileerd.

Uiteraard is er in de stallen tijdens de aanvoer en het slachten van de varkens veel lawaai, zodat niet steeds van volledige rust gesproken kan worden.

Alle dieren behoorden tot het NL-ras.

8.4 Resultaten

Experiment 1

De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 6. Uit de tabel blijkt dat de transportafstanden korter dan 25 km in het algemeen een minder ongunstige invloed hebben op de vleeskwaliteit dan transporten over 25–60 km. Bij transporten aangevoerd over afstanden van 25 km tot 60 km is de gemiddelde pH_1 lager ($P < 0{,}001$), de gemiddelde R hoger ($P < 0{,}001$) en het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ groter. Voor dit laatste percentage is het verschil tussen de resultaten van beide afstandscategorieën echter niet significant.

Tabel 6. De invloed van verschillen in transportafstand op de vleeskwaliteit bij 14 transporten NL-slachtvarkens.

Transport-nummer	Aantal varkens	Lengte transport	pH_1	R	% $pH_1 < 6{,}0$	% $R \geqq 10$
1	70	1–25 km	6,25	6,5	15	22
2	54		6,44	5,7	7	17
3	25		6,34	5,7	8	9
4	40		6,32	6,0	15	17
5	39		6,35	6,9	15	23
6	27		6,54	5,7	3	22
7	46		6,33	6,5	15	22
8	50		6,26	7,7	24	28
9	36	25–60 km	6,09	7,9	43	36
10	29		6,27	6,8	29	38
11	34		6,18	6,5	23	23
12	50		6,24	7,9	20	30
13	60		6,28	7,0	22	18
14	47		6,30	6,9	15	30

Gemiddelde pH_1 (1–25 km) 6,34 > gemiddelde pH_1 (25–60 km) 6,23 $P<0{,}001$.
Gemiddelde R (1–25 km) 6,42 < gemiddelde R (25–60 km) 7,19 $P<0{,}001$.

Table 6. The influence of differences in transport distance on the values of criteria for meat quality in 14 transports of Dutch Landrace pigs.

Experiment 2

a. De resultaten staan vermeld in tabel 7. Bij twee van de zes transporten treedt een grote en bij twee een kleine verhoging op van de pH_1 en een verlaging van het percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$. In twee gevallen treedt een kleine verslechtering op. De pH_1-verschillen tussen de twee rustperioden zijn significant ($P<0{,}002$), de rigorverschillen daarentegen niet ($P>0{,}05$).

De verhoging van de pH_1 en de verlaging van het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ treedt vooral op bij de transporten met een lage gemiddelde pH_1 en een hoog percentage dieren met $pH_1 < 6{,}0$. Een rustperiode van drie tot vier uur blijkt dus een sterk nivellerende invloed te hebben. Bij de transporten met een gemiddelde $pH_1 < 6{,}30$ geeft een dergelijke rustperiode steeds een afname van het percentage slachtvarkens met een $pH_1 < 6{,}0$ en een verhoging van de gemiddelde pH_1 te zien. Naarmate de pH_1 lager is, zoals blijkt bij de transporten 15 en 19, is de verbetering des te groter. Een gunstige invloed van rust op de rigorwaarde kon niet aangetoond worden.

b. In tabel 8 wordt binnen vijf transporten de rusttijd van drie à vier uur vergeleken met die van zes à zeven uur. Met uitzondering van transport 23 wordt de gemiddelde pH_1 hoger. Het percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$ daarentegen geeft geen systematische verbetering te zien. De gemiddelde rigorwaarde wordt iets lager of blijft gelijk. Zowel de gemiddelde pH_1 als de R waren niet significant verschillend tussen de rustperioden ($P>0{,}05$, resp. $P>0{,}2$).

Tabel 7. Invloed van een rustperiode vóór het slachten op waarden van enkele vleeskwaliteitscriteria. Voor elk transport zijn de vergelijkingen afzonderlijk weergegeven.

Transport-nummer	Aantal uren rust	Aantal varkens	pH_1	R	$\%pH_1<6{,}0$	$\%R\geqq 10$
15	0	34	6,18	6,5	23	23
	4	34	6,43	4,3	9	9
16	0	25	6,34	5,7	8	9
	4	22	6,40	6,9	9	26
17	0	50	6,26	7,2	24	28
	3	20	6,39	5,8	17	25
18	0	39	6,35	6,9	15	23
	3	27	6,30	7,6	22	33
19	0	36	6,09	7,9	43	36
	4	36	6,43	5,6	11	11
20	0	40	6,32	6,0	15	18
	4	28	6,26	6,9	21	32

Gemiddelde pH_1 (geen rust) 6,26< gemiddelde pH_1 (3–4 uur rust) 6,37 $P<0{,}002$.
Gemiddelde R (geen rust) 6,77 > gemiddelde R (3–4 uur rust) 6,07 $P>0{,}05$.

Table 7. Influence of resting time on the meat quality. Comparisons within the transports of pigs of the Dutch Landrace.

Tabel 8. De invloed van de lengte van de rustduur op de waarden van enkele vleeskwaliteitscriteria. Voor elk transport slachtvarkens zijn de vergelijkingen afzonderlijk weergegeven.

Transport-nummer	Aantal uren rust	Aantal varkens	pH_1	R	% pH < 6,0	% R ≧ 10
21	3	50	6,28	7,2	14	34
	6–7	32	6,46	6,0	3	10
22	3	24	6,37	7,7	17	33
	6–7	27	6,43	6,7	18	27
23	3	44	6,30	7,5	18	30
	6–7	35	6,20	7,5	29	40
24	3	34	6,31	5,9	9	15
	6–7	35	6,40	5,9	8	16
25	4	39	6,35	6,5	14	19
	6–7	39	6,43	6,5	5	15

Gemiddelde pH_1 (3 uur rust) 6,32< gemiddelde pH_1 (6–7 uur rust) 6,38 P>0,05.
Gemiddelde R (3 uur rust) 6,96> gemiddelde R (6–7 uur rust) 6,52 P>0,05.

Table 8. The influence of the length of the resting time on the value of criteria for meat quality. Comparisons within the transports of slaughter pigs of the Dutch Landrace.

Tabel 9. Waarden van enkele criteria voor de vleeskwaliteit van groepen slachtvarkens die zonder rust en na 3–4, resp. 6–7 uur geslacht werden. De groepen zijn bovendien ingedeeld aan de hand van de buitentemperatuur, gemeten op het moment van aankomst.

Buiten temperatuur in °C	Rustduur in uren	Aantal varkens	pH_1[1]	R	% pH_1 < 6,0	% R ≧ 10
–5–6	0	151	6,31	7,1	15,9	25,2
	3–4	74	6,34	7,4	14 9	33,8
	6–7	27	6,43	6,4	18,5	33,3
6–17	0	202	6,28	6,6	17,8	24,6
	3–4	77	6,35	6,1	14,2	20,3
	6–7	152	6,30	6,9	16,4	24,4
17–21	0	341	6,29 (1)	6,8	21,0	24,3
	3–4	168	6,37 (2)	6,3	12,5	21,1
	6–7	37	6,39 (2)	6,0	8,1	16,0
Totaal	0	694	6,29 (3)	6,8	19,0	24,9
	2–3	4536	6,35 (4)	6,6	13,6	23,8
	3–4	321	6,37 (4)	6,5	13,8	23,4
	6–7	216	6,37 (5)	6,8	14,1	25,2

1. (1) t.o.v. (2) P < 0,05
(3) t.o.v. (4) P < 0,001
(3) t.o.v. (5) P < 0,002

Table 9. Values for some meat quality criteria of slaughter pigs, slaughtered without and after 3–4 and 6–7 hours rest, respectively. The groups are also divided on the basis of the temperature at the moment of arrival.

c. In tabel 9 zijn voor de diverse rusttijden alle pH_1- en R-gegevens, zowel van de proef 'Asten' als van de 25 transporten van experiment 1 en 2 weergegeven. De laatste zijn hierbij nog onderverdeeld in drie groepen, afhankelijk van de buitentemperatuur. In alle groepen hebben de dieren die niet gerust hebben de laagste pH_1 en het hoogste percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$. De pH_1-verschillen tussen de groep die niet gerust heeft en de groepen die wel gerust hebben zijn significant ($P < 0{,}002$). Dat geldt ook voor de groep waarbij de buitentemperatuur 17–22 °C bedroeg ($P < 0{,}05$). Bij buitentemperaturen hoger dan 17 °C is het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ aanzienlijk hoger dan bij de temperaturen beneden de 6 °C, namelijk 20,1 resp. 15,9 %.

Een rustperiode van drie tot vier uur heeft op warme dagen een groter effect op dit percentage dan op koele dagen. Op warme dagen daalde dit percentage na een rustpauze van drie tot vier uur met 40 %, op de koude dagen daarentegen slechts met 7 %. De groep met een buitentemperatuur van 6 tot 17 °C neemt een tussenpositie in. De invloed van een rustperiode op de rigorwaarde is aanzienlijk geringer. Op koude dagen neemt de rigorwaarde na enkele uren rust zelfs iets toe, op de warme dagen neemt ze iets af. De verschillen zijn niet significant. Ook het percentage dieren met een reeds volledig ingetreden rigor mortis vertoont eenzelfde verloop. De veranderingen

Fig. 9. Frequentieverdeling van de pH_1 van de varkens geslacht na 0, 3–4 en 6–7 uur rust.

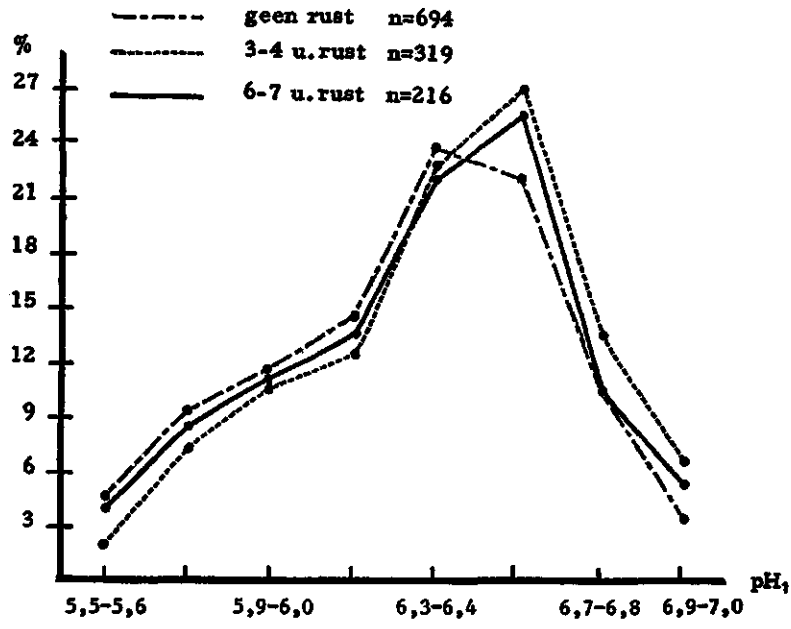


Fig. 9. Frequency distribution of the pH_1 of the pigs slaughtered after 0, 3–4 and 6–7 hours rest.

Fig. 10. Frequentieverdeling van de R-waarde van de varkens geslacht na 0, 3–4 en 6–7 uur rust.

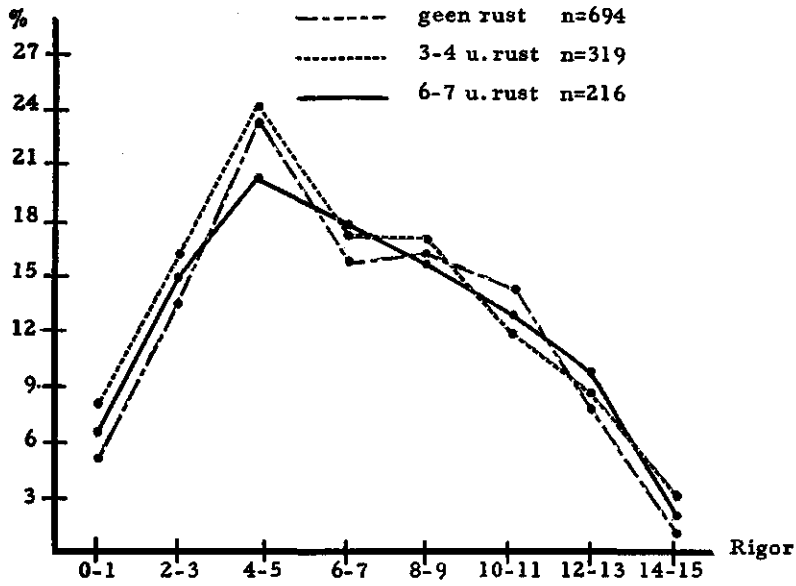


Fig. 10. Frequency distribution of the R value of the pigs slaughtered after 0, 3–4 and 6–7 hours rest.

zijn echter maar gering. Een rustduur van zes à zeven uur geeft dus in zijn totaliteit wel een verbetering van de pH_1 en het percentage karkassen met een $pH_1 < 6{,}0$, doch niet van de rigor.

In fig. 9 en 10 zijn de pH_1- en de R-frequentieverdeling van de varkens, geslacht zonder rustperiode en met rustperioden van drie tot vier en zes tot zeven uur tegen elkaar uitgezet. De pH_1-verdeling van de dieren die niet gerust hebben blijkt een minder spitse top te hebben dan de andere groepen. Dit verschijnsel komt ook bij andere vergelijkingen tussen de groepen met sterk uiteenlopende vleeskwaliteit naar voren, zoals in hoofdstuk 6 reeds besproken is.

Experiment 3

a. Als norm voor een te verwachten hoge eind-pH werd een $pH_1 > 6{,}3$ en een $R \geqq 8$ genomen. Dit levert voor de transporten 15 tot 21, waarvan de ene helft geen rust en de andere drie tot vier rust en voor de transporten 21 tot en met 25, waarvan de ene helft drie tot vier uur rust en de andere helft zes tot zeven uur rust kreeg de resultaten op, zoals weergegeven in tabel 10.

Tabel 10. Invloed van de lengte van de rustduur op het percentage dieren met een te hoge eind pH-van het vlees. Vergelijkingen binnen transporten NL-varkens.

Transport-nummer	Geen rust		3–4 Uur rust		6–7 Uur rust	
	aantal varkens	%pH > 6,3 en R ≧ 8	aantal varkens	%pH_1 > 6,3 en R ≧ 8	aantal varkens	%pH_1 > 6,3 en R ≧ 8
15	34	2,9	34	11,9		
16	25	4,0	22	18,2		
17	50	12,0	20	5,0		
18	36	2,9	36	8,5		
19	39	5,1	27	14,8		
20	40	2,5	28	3,5		
21			50	4,0	32	9,5
22			24	16,7	27	22,1
23			44	9,5	35	5,7
24			39	8,8	39	13,9
25			34	3,0	35	8,5

Table 10. Influence of the length of the resting time on the expected percentage pigs with a too high end pH. Comparisons within the transports of slaughter pigs of the Dutch Landrace breed.

Tabel 11. Vergelijking van de eind-pH en het percentage dieren met een eind-pH > 6,0 van de M. adductor en de M. semimembranosus van varkens die 1 resp. 5 uur gerust hebben.

Rustduur	Aantal	M. adductor		M. semimembranosus	
		eind-pH	% pH > 6,0	eind-pH	% pH > 6,0
1 uur	30	6,09	53	5,80	16,0
5 uur	45	6,17	62	5,88	22

Voor alle verschillen geldt P > 0,20 (niet significant).

Table 11. Comparisons of the end pH and the percentage animals with an end pH of 6.0 of the M. adductor and the M. semimembranosus of pigs that had rested 1 and 5 hours respectively.

Bij negen van de elf transporten trad bij verlenging van de rustduur een toename op van het percentage dieren met een hoge eind-pH en een hoge R. Er konden echter geen significante verschillen berekend worden tussen de diverse rusttijden. Het kleine aantal dieren is hier voor een groot deel debet aan. Van de totale proef 'Asten', omvattende 5036 varkens, die gemiddeld twee tot drie uur gerust hadden, had 7,6% der dieren een $pH_1 > 6,3$ en een rigor ≧ 8.

b. In tabel 11 staan de resultaten vermeld van de eind-pH-metingen van de M. adductor en de M. semimembranosus. De dieren die vijf uur gerust hadden, hebben een gemiddelde eind-pH die 0,08 pH eenheid hoger is, dan die van de dieren die één uur gerust hadden. Het percentage dieren met een eind-pH > 6,0 nam toe met 9 resp. 6%. Geen der verhogingen was significant.

8.5 Discussie

8.5.1 Relatie tussen de transportafstand en de pH_1- en de R-waarden

Uit tabel 6 mag geconcludeerd worden dat dieren uit de directe omgeving van de slachtplaatsen die geslacht worden direct na aankomst, een betere pH_1 en R en een lager percentage met een $pH_1 < 6{,}0$ hebben dan dieren aangevoerd over grotere afstanden en geslacht onder dezelfde omstandigheden. De resultaten komen redelijk overeen met die van Scheper (1971), die bij transportafstanden kleiner dan 20 km weinig of geen dieren vond met een $pH_1 < 6{,}0$ van de M. semimembranosus. Bij afstanden van 50 km daarentegen vond hij een percentage van 13%. Barton (1971) daarentegen vond bij afstanden kleiner dan 10 km het hoogste respectievelijk laagste percentage dieren met PSE-vlees van de M. longissimus dorsi respectievelijk M. biceps femoris. Naarmate de transportafstand groter werd daalde respectievelijk steeg dit percentage. Over de invloed van transportafstanden groter dan 60 km kan naar aanleiding van dit onderzoek geen conclusie getrokken worden. Naar analogie van de resultaten van Scheper (1971) en ook van Barton (1971) mag aangenomen worden dat het percentage PSE-dieren bij deze afstanden verder daalt, maar tegelijk het percentage DFD-dieren toeneemt.

8.5.2 De invloed van een rustperiode op de gemiddelde pH_1- en R-waarden en het percentage PSE-dieren

Uit alle experimenten blijkt dat enkele uren rust voor het slachten een gunstige invloed hebben op de pH_1 van het vlees. Dit komt overeen met de literatuurgegevens van Ludvigsen (1953), Borowski et al. (1966) en Barton (1971).

Borowski et al. (1966) berekende een correlatie van 0,17 tussen de rustduur en de pH-stijging. Per uur rust zou, tot maximaal zes uur rust, een pH_1-stijging van 0,09 plaats vinden. In ons onderzoek werd slechts éénmaal een overeenkomstige grote pH_1-stijging binnen een transport waargenomen, namelijk 0,34 pH-eenheden na drie tot vier uur rust. Het maximaal pH_1-verschil tussen drie tot vier uur rust en zes tot zeven uur rust bedroeg 0,18. De vermindering van het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ bedroeg in deze gevallen 32% respectievelijk 11%.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat door twee tot vier uur rust het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ met 25% vermindert en de gemiddelde pH_1 met 0,08 stijgt. Vooral bij die transporten, waarvan de varkens ernstige stress-symptomen vertonen, of waarvan meerdere dieren tijdens het transport zijn gestorven verdient het aanbeveling de dieren minimaal twee uur te laten rusten.

Het is tot nog toe in ons land en ook in België (Devloo & Dedeken, 1971) gebruikelijk transporten varkens waarvan enkele dieren stress-symptomen vertonen, in de praktijk ook wel 'slappe' varkens genoemd, direct na aankomst te slachten om te voorkomen dat enkele dieren na aankomst of tijdens de rustperiode nog zullen sterven. Deze werkwijze moet beslist afgewezen worden, omdat enerzijds de lichaamstemperatuur

van deze dieren veel te hoog is, waardoor niet meer van een normaal gezond slachtdier gesproken kan worden, anderzijds omdat het juist een hoger percentage dieren met PSE-vlees in de hand werkt.

Bij de gebruikelijke keuring voor het slachten is het mogelijk de varkens die het stress-syndroom vertonen uit de groep te isoleren, en onmiddellijk te slachten. De overige dieren kunnen dan enkele uren rusten. Douchen met koud water 15 tot 30 minuten bevordert de daling van de tijdens het transport verhoogde lichaamstemperatuur. Uit de experimenten van Steinhardt & Georgiev (1970) bleek in deze gevallen de lichaamstemperatuur binnen twee uur weer gedaald tot normale waarden.

De term vermoeide, oververhitte of slappe varkens zou daarom beter vervangen kunnen worden door de uitdrukking stressvarkens of PSS-varkens.

Een verdere verlenging van de rustduur tot zes à zeven uur geeft geen duidelijke verbetering te zien van de pH_1 en het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$. De rigorwaarde neemt na een rustperiode in het algemeen niet of nauwelijks af en in de winter zelf iets toe. Doordat het aantal dieren met hoge R-waarden niet verandert, blijft ook na een rustperiode de kans aanwezig dat er PSE- of DFD-vlees ontstaat. Welke van deze twee zal ontstaan hangt af van de glycogeenvoorraad (Topel, 1972).

Omdat de rustduur zo kort mogelijk moet blijven en omdat geen of slechts een kleine verbetering te verwachten is van een rustduur van zes tot zeven uur ten opzichte van twee tot vier uur moet de voorkeur worden gegeven aan een rustduur van twee tot vier uur (tabel 9). In de zomerperiode zal het effect hiervan groter zijn dan in de winterperiode doch een systematisch toepassen van deze rustduur gedurende het hele jaar verdient de voorkeur.

8.5.3 De invloed van een rustperiode op de eind-pH en op het percentage DFD-dieren

Uit experiment 3 blijkt dat door verlenging van de rustduur tot zeven uur de eind-pH stijgt en ook het percentage dieren met een te hoge eind-pH toeneemt (tabel 10 en 11). Gezien de waarnemingen van Taylor (1966), Cuthbertson & Pomeroy (1970) en Topel (1972) is bij een verlenging van de rustduur tot 24 uur en langer een verdere verhoging van de eind-pH te verwachten.

8.5.4 Nabeschouwing

De resultaten van de experimenten 1, 2 en 3 komen overeen met de algemene opvattingen over het PSE- en DFD-syndroom. Bij de stressgevoelige varkens treedt tijdens het doormaken van stress, zoals hittestress of transportstress een versneld spiermetabolisme op, waardoor het CP, ATP en het spierglycogeen in een versneld tempo wordt afgebroken. De snelheid van deze afbraak en dus de uitputting van de glycogeen voorraad wordt bepaald door de duur en de intensiteit van de stress, alsmede door de stressgevoeligheid van het dier (Hamm, 1968; Topel, 1969, 1972; Van Logtestijn, 1969; Bentler, 1972). Dit blijkt ook uit de resultaten van experiment 2a, transport 15 en 19, waarbij de ene helft van het transport, direct na aankomst geslacht, gemiddeld

een lage pH_1 en extreem veel PSE-dieren te zien gaf. De overige dieren daarentegen, na drie tot vier uur geslacht, hadden weer gemiddeld een hoge pH_1 en een hoog percentage dieren had een te hoge eind-pH. Aangenomen kan worden dat bij deze dieren zowel tijdens, als nog enige tijd na het transport een versnelde afbraak van het spierglycogeen heeft plaats gehad (Topel, 1972).

Na enkele uren rust is de glycogeenvoorraad bij de meeste stressgevoelige dieren uitgeput en kan DFD-vlees ontstaan. Zoals blijkt uit tabel 7, 8 en 9 gaat de glycogeenafbraak vooral tijdens de eerste uren van de rustperiode door. Dit verklaart ook de sterke vermindering van het percentage PSE-dieren na twee tot drie uur rust.

Het ontstaan van PSE- of DFD-vlees hangt bij de PSS-varkens af van de glycogeenvoorraad van de spieren op het moment van de dood. Is deze voldoende dan ontstaat PSE-vlees, is deze bijna uitgeput dan ontstaat DFD-vlees. Verder blijft er een grote tussengroep bestaan, die zich kenmerkt door vlees met een hoge rigor en een pH_1 die ligt tussen de 6,0 en 6,5.

Is de transportafstand kort (transport 18 en 20: 25 km) of de transportstress gering, dan kan na de rustperiode het percentage PSE-dieren toenemen. Dit is onder meer het geval op koude dagen (Verdijk, 1972). Is daarentegen de transportafstand langer (transport 15, 17 en 19: ongeveer 40 km) of de stress heftiger dan heeft een rustperiode steeds een gunstig effect op het percentage PSE-dieren.

Uit tabel 7, 8 en 9 kan geconcludeerd worden dat onder de Nederlandse omstandigheden een rustperiode van twee tot drie uur voldoende is om het percentage PSE-dieren te doen dalen. Verlenging van deze rustperiode tot zeven uur geeft geen verdere vermindering van dit percentage, doch heeft wel een verhoging van het percentage DFD-dieren tot gevolg. Volgens buitenlandse onderzoekers (Taylor, 1966; Topel, 1972) geeft een verdere verlenging tot 24 uur dezelfde resultaten, maar dan nog in sterkere mate.

Uit de literatuurstudie van Bentler (1972) over de transportinvloeden op de vleeskwaliteit blijkt dat praktisch alle onderzoekers een rustperiode noodzakelijk vinden na lange transporttijden of bij sterk vermoeide dieren. Gelet echter op de relatief korte transporttijden in ons land en de vaak nog behoorlijk gevulde magen van de slachtvarkens (Lendfers, 1969) kan in ons land normaliter niet gesproken worden van sterk vermoeide of uitgehongerde dieren, die als gevolg daarvan alle spierglycogeen verbruikt hebben.

Dat DFD-dieren desondanks veel voorkomen kan dan ook alleen verklaard worden uit het frequent voorkomen van stressgevoeligheid. Bij stressgevoelige dieren heeft tijdens het transport en de rustperiode daarna een dermate snelle glycolyse plaats dat alle glycogeen op het moment van slachten volledig verbruikt is.

Het verstrekken van koolhydraat-voedsel zoals suiker tijdens deze rustperiode kan het percentage DFD-dieren verminderen (Wismer-Pedersen, 1959; Briskey et al., 1960). Doch wanneer de glycogeenvoorraad weer op peil is neemt de kans op het ontstaan van PSE weer toe (Briskey et al., 1960; Hildebrandt, 1968); vooral ook omdat het percentage dieren met een hoge rigor na een rustperiode nauwelijks daalt, zoals blijkt uit experiment 1 en 2. Onder normale Nederlandse omstandigheden heeft

het verstrekken van koolhydraten tijdens de rustperiode dan ook geen zin (Wismer-Pedersen, 1960; Seifart, 1962; Bentler, 1972).

8.6 Samenvattende conclusies

Voor het Nederlandse Landvarken onder Nederlandse omstandigheden kan geconcludeerd worden:

- Het aantal dieren met PSE-vlees is groter bij aanvoer over een afstand van 25 tot 60 km dan bij afstanden kleiner dan 25 km. Dit geldt alleen indien de dieren meteen na aankomst op de slachterij geslacht worden.
- Een rustperiode van drie tot vier uur op warme dagen verhoogt de pH_1-waarde met 0,08 en vermindert het percentage dieren met PSE-vlees met 40%.
- Naarmate de verschijnselen van het Pork Stress Syndrome ernstiger zijn is het gunstige effect van een rustperiode op de vleeskwaliteit groter.
- Rustperioden langer dan vier uur dienen vermeden te worden omdat anders het percentage dieren met DFD-vlees te groot wordt.
- Als regel dient een rustperiode van twee tot vier uur voorgeschreven te worden.

9 Invloed van de klimaatomstandigheden op de vleeskwaliteit

9.1 Inleiding en literatuur

Het varken staat bekend om zijn beperkt warmteregulerend vermogen (Baldwin & Ingram, 1968; Romijn, 1970). Reeds bij een omgevingstemperatuur van 30 °C treden regulatiestoornissen op, wat zich onder andere uit in een onregelmatige en verhoogde ademhalingsfrequentie en een verhoging van de lichaamstemperatuur (Steinhardt & Georgiev, 1970; Unshelm, 1971). Een dikke isolerende speklaag en het nauwelijks aanwezig zijn van zweetklieren zijn hier debet aan.

Deze eigenschap vormt 's zomers een van de belangrijkste stressfactoren tijdens het transport naar de slachterij. Dit uit zich onder andere door een frequent optredende hyperthermie en door een grotere transportsterfte tijdens warme dagen (Lendfers, 1969). Ook de vleeskwaliteit wordt volgens de literatuurgegevens nadelig beïnvloed door de hyperthermie. Zo gaf Ludvigsen reeds in 1954 aan dat het percentage PSE-dieren in het zomerseizoen groter is dan in het winterseizoen. Wismer-Pedersen (1959) vermeldt dat in de zomer bij de Deense Landvarkens 6% meer dieren met PSE-vlees voorkomt dan in de winter. Lendfers (1969) geeft aan dat in ons land in de zomer tweemaal zoveel karkassen niet goedgekeurd worden als gevolg van PSE-vlees dan in de winter.

Vooral plotselinge overgang van koud naar warm en vochtig weer blijkt bijzonder ongunstig te zijn (Briskey et al., 1960; Sayre, 1962). Forrest et al. (1963) en Weiss (1966) geven aan dat juist bij grote dagelijkse temperatuurschommelingen de vleeskwaliteit het slechtst is. Forrest vond in de herfst en het voorjaar meer PSE-vlees dan in de zomer. Sybesma et al. (1963) toonden experimenteel aan de nadelige invloed van omgevingstemperatuur door de varkens direct vóór het slachten enige tijd in een klimaatkamer bij 30 °C te plaatsen.

Kastenschmidt et al. (1964) plaatsten varkens 30 tot 60 minuten bij een temperatuur van 42 °C en daarna gedurende 30 minuten onder een koude douche. Hierbij bleek dat na het slachten de rigor wel snel intrad, doch dat geen versnelde pH-daling optrad.

De invloed van de jaargetijden alsook de dagelijkse temperatuurinvloeden zijn door enkele onderzoekers systematisch nagegaan. Barton (1970) stelde in de zomer en de herfst een slechtere vleeskwaliteit vast dan in de winter en de lente. De verschillen waren echter gering.

Bendall et al. (1966) vonden bij varkens van de Engelse selectiemesterij geen significante verschillen van de pH_1 en het percentage PSE-dieren tussen de vier jaargetij-

den. Weiss (1970) berekende bij varkens van de Duitse selectiemesterij tussen de buitentemperatuur enkele uren vóór het slachten en de pH_1 een correlatie van $r = -0{,}09$. Tussen buitentemperatuur en vleeskleurmeting met een Göfö-apparaat vond hij een correlatie van $r = -0{,}38$.

De verschillen in gemiddelde pH_1 tussen de dagen is vrij groot. Charpentier et al. (1971) stellen dat 13,7% van de totale pH-variatie veroorzaakt wordt door de verschillen die bestaan tussen de dagen. Ook Scheper (1969) wijst op grote dagvariaties onafhankelijk van de buitentemperatuur.

Om meer informatie te krijgen over de invloeden van de Nederlandse klimaatomstandigheden op de vleeskwaliteit, speciaal ook met het oog op het eventueel betrekken van de vleeskwaliteit in het uitbetalingssysteem van de mestvarkens, zijn de gegevens van de proef 'Asten' ingedeeld naar de dagelijkse temperatuur en naar het jaargetijde.

9.2 Materiaal en methoden

Van de proefgroep 'Asten' werden de gegevens gerangschikt zowel per dag als per maand waarbij ook de buitentemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid twee uur voor het slachten aan de gegevens werden toegevoegd. De temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid werden verstrekt door de Meteorologische Dienst van de vliegbasis Volkel.

9.2.1 Rangschikking per maand

Per maand werden berekend de gemiddelde pH_1 en R, en het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ en een $R \geqq 10$. Met behulp van de computer werden correlaties berekend tussen de pH_1, respectievelijk R, en de buitentemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid.

9.2.2 Invloed van de buitentemperatuur

De gebruikelijke vleeskwaliteitscriteria verzameld van vier dagen met de warmste en de koudste buitentemperaturen werden vergeleken met die van vier dagen met gemiddelde buitentemperaturen van 13 à 14 °C.

9.2.3 Seizoensinvloeden

De vleeskwaliteitsgegevens van de proef 'Asten' voor de winterperiode en de zomerperiode werden onderling vergeleken. Omdat de klimaatsinvloed duidelijk tot uiting komt bij de vleeskwaliteit van de varkens die direct na aanvoer geslacht zijn, zoals bleek uit hoofdstuk 8, zijn ter vergelijking deze gegevens er bij vermeld.

9.3 Resultaten en discussie

9.3.1 Rangschikking per maand

In tabel 12 zijn de gemiddelde pH_1 en de R, als ook het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ en een $R \geqq 10$ per maand weergegeven. De correlatie tussen pH_1 resp. R en de buitentemperatuur en de luchtvochtigheid werd berekend op de wijze zoals

Tabel 12. De gebruikelijke vleeskwaliteitscriteria van varkens uit de proef 'Asten' weergegeven per maand.

Maand	Aantal	pH_1	$\% pH_1 < 6{,}0$	R	$\% R \geqq 10$
Okt. '69	574	6,37	8,7	6,1	18,0
Nov. '69	696	6,37	11,8	6,3	21,1
Dec. '69	687	6,32	14,3	7,0	28,2
Jan. '70	776	6,34	14,0	6,8	24,9
Febr. '70	571	6,33	15,6	6,6	23,8
Maart '70	487	6,34	15,0	6,6	26,8
Juni '70	506	6,31	15,3	7,0	26,6
Juli '70	242	6,41	11,2	6,3	21,1
Sept. '70	431	6,41	6,0	6,0	17,6

Table 12. Values of criteria for meat quality of the pigs from the Asten Experiment reproduced per month.

beschreven in hoofdstuk 3. Tussen de pH_1 en de temperatuurschommelingen binnen elke maand werd een correlatie berekend van 0,005 (niet significant). Tussen de pH_1 en de temperatuurgemiddelden van de maanden onderling was de correlatie zeer significant ($r = +0{,}056/P < 0{,}001$). Voor de pH_1 en de relatieve luchtvochtigheid waren deze correlaties resp. $r = +0{,}020$ (niet significant) en $r = -0{,}031$ (niet significant). De correlatie tussen de rigor en de temperatuur bedroeg binnen de maanden $r = -0{,}060$ ($P < 0{,}001$) en tussen de maanden $r = -0{,}114$ ($P < 0{,}001$).

Tussen rigor en relatieve luchtvochtigheid waren deze correlaties respectievelijk $r = 0{,}010$ (niet significant) en $r = +0{,}081$ ($P < 0{,}001$). De correlaties tussen de rigor en de temperatuur zijn het grootst en bovendien alle significant. Die van de pH_1 tussen de maanden en de temperatuur geven een overeenkomstig beeld te zien.

Deze correlaties betekenen voor de proef 'Asten' dat op de warmere dagen de rigor lager was dan op de koudere dagen. Verder dat de pH_1 en R in de wintermaanden gemiddeld ongunstiger waren dan in de zomermaanden.

9.3.2 Invloed van de buitentemperatuur

Interessant zijn de vergelijkingen van de pH_1 en de R van de warmste en de koudste dagen met die van vier dagen met gemiddelde temperaturen. In tabel 13 zijn deze gegevens weergegeven.

Bijzonder opvallend is de slechte vleeskwaliteit op de vier koude dagen. Speciaal ook de hoge gemiddelde R en de hoge percentages met een $R \geqq 10$ wijzen erop dat temperaturen beneden de 0 °C voor de dieren een bijzonder grote stressfactor zijn. De verschillen tussen de eerste en de tweede resp. de derde groep waarnemingen zijn significant. De verschillen tussen de tweede en de derde daarentegen zijn niet significant.

Tabel 13. Vergelijking van de waarden van de gebruikelijke vleeskwaliteitscriteria bij varkens geslacht op vier koude en vier warme dagen en vier dagen met een buitentemperatuur van 13 à 14 °C.

Temp. (°C)	Aantal	pH_1	% $pH_1 < 6,0$	R	% $R \geqq 10$
–6	237	6,29	14,8	7,34	33,8
–6	119	6,26	18,5	8,00	34,5
–5	164	6,29	15,2	6,69	26,8
–2	58	6,22	19,0	9,00	44,8
14	93	6,39	5,4	5,67	17,2
13	127	6,30	15,0	6,60	22,8
13	190	6,40	7,9	6,00	19,5
13	139	6,30	10,8	7,47	28,8
20	99	6,37	12,2	6,00	20,1
21	103	6,32	22,2	6,43	25,1
20	154	6,39	13,0	6,66	23,4
17	125	6,36	4,8	6,53	20,8

Table 13. Comparison of the values of the usual criteria for meat quality of pigs slaughtered on 4 cold and 4 hot days, and on 4 days with outside temperature of 13 to 14 °C.

Tabel 14. Waarden voor vleeskwaliteitscriteria van varkens, geslacht in herfst en winter, en lente en zomer. Tevens zijn resultaten weergegeven van varkens uit hoofdstuk 8, die zonder rustperiode geslacht zijn.

	Aantal	pH_1	% $pH_1 < 6,0$	R	% $R \geqq 10$
Herfst + winter					
Proef 'Asten'	3335	6,34	13,7	6,6	24,2
Exp. 1 en 2, hfdst. 8	278	6,29	16,5	6,8	25,2
Lente + zomer					
Proef 'Asten'	1202	6,37	13,2	6,5	22,4
Exp. 1 en 2, hfdst. 8	416	6,30	20,9	6,8	24,3

Table 14. Values of criteria for meat quality of pigs, slaughtered in both autumn and winter and in both spring and summer. The same results are given for the pigs of Chapter 8, that are slaughtered without a rest.

9.3.3 Seizoeninvloeden

In tabel 14 zijn de vleeskwaliteitscriteria weergegeven van de varkens, geslacht in het eerste en tweede halve proefjaar. Bovendien zijn de resultaten vermeld van de varkens die in de overeenkomstige periode direct na aankomst geslacht zijn en waarbij de gebruikelijke metingen op dezelfde wijze uitgevoerd werden. Het betrof varkens van de experimenten 1 en 2 uit hoofdstuk 8.

De pH_1 en R verschillen tussen zomer en winter zijn erg klein en niet significant. Ook bij de dieren die meteen na aankomst geslacht zijn, zijn de verschillen klein. Alleen het percentage PSE-dieren is hierbij in de zomer 4 % groter.

In het algemeen kan uit de resultaten van de proef 'Asten' geconcludeerd worden dat er geen of nauwelijks verschillen in vleeskwaliteit bestaan tussen varkens geslacht in verschillende jaargetijden. Alleen op koude dagen met temperaturen om en beneden het vriespunt bleek de vleeskwaliteit significant slechter. Deze resultaten en wel speciaal de niet merkbare invloed van hoge buitentemperaturen op de vleeskwaliteit komen niet overeen met de ervaringen van de meeste onderzoekers zoals o.a. Ludvigsen (1954, geciteerd door Briskey, 1964), Wismer-Pedersen (1960) en Lendfers (1969). Zoals uit de resultaten van dit en van het vorig hoofdstuk gebleken is, kan dit verklaard worden door het feit dat de varkens van de proef 'Asten' steeds twee à drie uur gerust hebben in gekoelde hokken.

Daarnaast benadert het laten rusten van de varkens in koele hokken, na het transport op warme dagen, de experimenten van Kastenschmidt et al. (1964). Zij lieten, zoals reeds eerder in dit hoofdstuk vermeld, de varkens een hittestress ondergaan al of niet gevolgd door een koude doche. Na het slachten bleek hierbij het percentage-PSE dieren bij de groep die een koude douche ondergaan had aanzienlijk lager te zijn.

Het groter percentage PSE-dieren op dagen met temperaturen beneden het vriespunt is moeilijk te verklaren. Mogelijk hebben de varkens op deze dagen minder

Fig. 11. R-frequentieverdelingen gedurende zomer- en wintermaanden bij varkens van de proef 'Asten'.

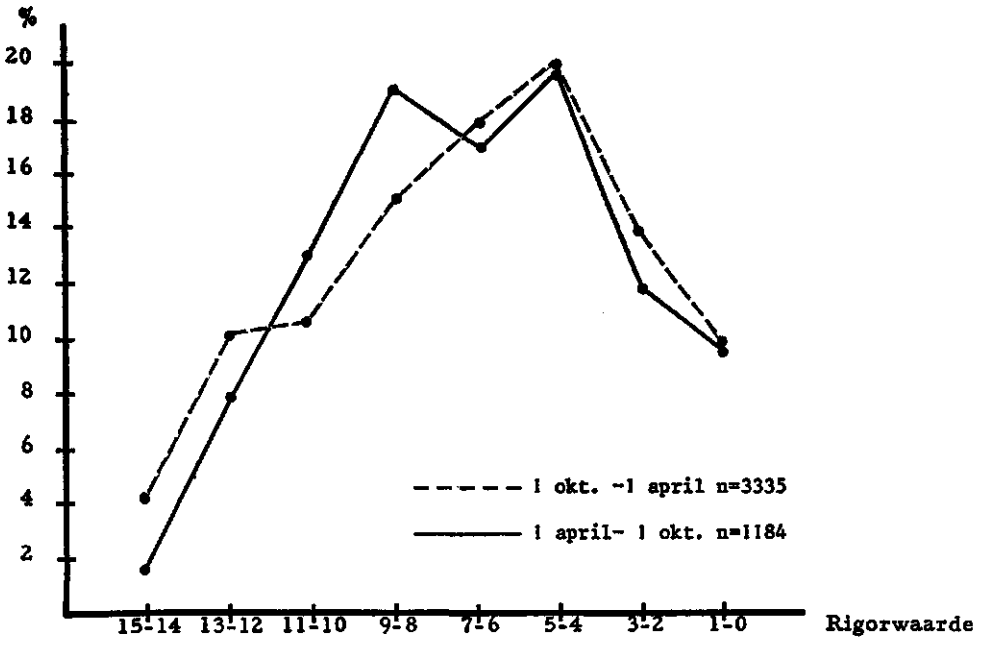


Fig. 11. Frequency distributions for summer and winter season of the pigs of the Asten Experiment.

nadelige gevolgen van de transportstress, als gevolg van een grotere warmteafgifte bij de respiratie. Hierdoor zal de lichaamstemperatuur niet of veel minder stijgen en blijft de versnelde spierglycolyse geheel of gedeeltelijk achterwege. Na de dood van het varken stopt deze warmteafgifte en stijgt de lichaamstemperatuur met als gevolg een versnelde glycolyse. Op deze koude dagen zal bij veel dieren nog voldoende glycogeen voorradig zijn, waardoor het aantal dieren waarbij PSE-vlees zal ontstaan groter is dan op warmere dagen. Het hoge percentage dieren met een $R \geqq 10$, wat erop wijst dat een groot aantal dieren in stresstoestand geslacht werd, pleit voor deze veronderstelling.

Fig. 12. pH_1-frequentieverdelingen gedurende zomer- en wintermaanden bij varkens van de proef 'Asten'.

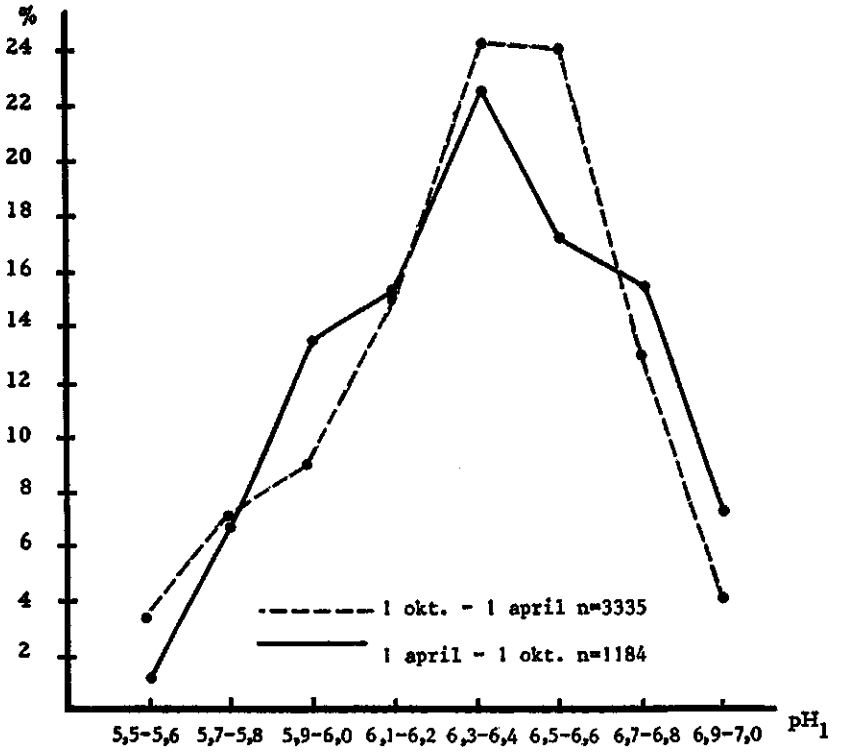


Fig. 12. pH_1 Frequency distributions for summer and winter season of the pigs of the Asten Experiment.

10 Het verband tussen vleeskwaliteit en slachtkwaliteit

10.1 Inleiding

De resultaten van het eerste halve proefjaar betreffende dit onderwerp zijn reeds gepubliceerd (Verdijk, 1972). Hierbij bleken tussen de diverse spekdikteklassen geen pH_1- en slechts kleine R-verschillen te bestaan. Tussen de slachtkwaliteitstypen daarentegen werden grote pH_1-verschillen vastgesteld tussen type A en type B + C resp. 6,26 en 6,50. Van de type-A-dieren had 20,2 % der dieren een $pH_1 < 6{,}0$, van de type-B-dieren was dit 2,4 %. Ook konden grote verschillen in R-waarde berekend worden tussen de slachtkwaliteitstypen (type A: 7,7, type B: 4,2). Van de type-A-dieren had 32,9 % een rigor $\geqq 10$, van de type-B-dieren was dit slechts 5,7 %. Tussen de hampercentages van de type-A- en -B-dieren konden slechts kleine verschillen vastgesteld worden. Dit gecombineerd met de sterk afwijkende R-curve van de type-B-dieren en het parallel lopen van de pH_1- en R-waarden met de slachttypen, waren duidelijke aanwijzingen om een interactie te veronderstellen tussen de R-waarde en de beoordeling van het slachttype.

In dit hoofdstuk, een vervolg van deze publikatie, worden de resultaten van het hele proefjaar besproken. Speciaal wordt aandacht besteed aan de correlatiecoëfficiënten tussen de diverse slacht- en vleeskwaliteitscriteria.

10.2 Materiaal en methoden

Het proefmateriaal en de gevolgde methodieken zijn reeds besproken in hoofdstuk 3 en in de publikatie van Verdijk (1972). Van 2975 van de 5036 dieren waren alle gegevens compleet; deze gegevens werden met de computer verwerkt.

Ter completering van het onderzoek naar de relaties tussen slachttype en de rigorwaarde was het noodzakelijk te beschikken over uitsnijgegevens van de slachttypen IA en IB. Het IVO 'Schoonoord' te Zeist stelde hiervoor de uitsnijgegevens van de kruisingsproeven tussen NL- en GY-varkens ter beschikking. Hierdoor kon de relatie tussen het hamperpercentage en de rigorwaarde van in totaal 248 borgen van het slachttype A en B nagegaan worden.

10.3 Resultaten

In tabel 15 zijn de correlatie- en regressiecoëfficiënten weergegeven tussen de slacht- en vleeskwaliteitscriteria, zowel binnen als tussen de groepen (hoofdstuk 3), alsook van het totale materiaal.

De correlaties tussen slachttype en pH_1, respectievelijk R zijn alle zeer significant waarbij die van de borgen beduidend groter zijn dan die van de gelten. Namelijk 0,41,

Tabel 15. Correlatiecoëfficiënten tussen de pH_1, resp. R, en spekdikte en slachttype, en de bijbehorende regressiecoëfficiënten, berekend (1) binnen, (2) tussen de groepen en (3) over het totale materiaal, 2975 mestvarkens van het NL-ras.

		pH_1 × slachttype		R × slachttype		pH_1 × spekdikte		R × spekdikte	
		corr.[1]	regress.	corr.[1]	regress.	corr.[1]	regress.	corr.[1]	regress.
Gelten +	(1)	0,421	0,721	−0,584	−0,080	0,150	0,200	−0,276	−0,029
borgen	(2)	0,289	0,386	−0,326	−0,039	0,037	0,045	−0,044	−0,005
	(3)	0,330	0,480	−0,418	−0,053	0,070	0,087	−0,118	−0,013
Gelten	(1)	0,149	0,123	−0,223	−0,017	0,000	0,000	−0,082	−0,004
	(2)	0,186	0,176	−0,202	−0,018	0,051	0,033	−0,051	−0,003
	(3)	0,178	0,163	−0,207	−0,018	0,040	0,025	−0,058	−0,003
Borgen	(1)	0,411	0,638	−0,455	−0,057	0,013	0,021	−0,004	−0,005
	(2)	0,367	0,600	−0,408	−0,058	0,035	0,057	−0,046	−0,006
	(3)	0,376	0,610	−0,420	−0,058	0,030	0,048	−0,043	−0,006

1. $P<0{,}001$ bij $r>0{,}074$ $P<0{,}01$ bij $r>0{,}047$ $P<0{,}05$ bij $r>0{,}036$.

Table 15. Correlation coefficients between pH_1 and R, and back fat thickness and slaughter type and the regression coefficients of pH_1 and R on back fat thickness and slaughter type, respectively, calculated (1) within and (2) between the groups and (3) for the total, 2975 NL fattening pigs.

Tabel 16. Aantallen dieren in 4 categorieën hampercentage en (tussen haakjes) de gemiddelde rigorwaarde per categorie, opgesplitst naar ras, kruising en slachttype van 248 borgen.

Slachttype	Ras/kruising	Hampercentage			
		20	20–21	21–22	22
1A	GY	5 (5,2)	15 (5,o)	16 (6,5)	27 (5,8)
	NL	5 (6,6)	9 (2,7)	27 (4,7)	24 (7,4)
	GY × NL NL × GY	3 (7,0)	4 (5,6)	20 (6,0)	19 (4,0)
	Totaal	13 (6,2)	28 (4,4)	63 (5,6)	70 (6,0)
1B	GY	4 (4,5)	6 (2,0)	4 (2,0)	2 (0,0)
	NL	15 (2,0)	24 (2,3)	7 (2,0)	.
	GY × NL NL × GY	3 (2,0)	4 (1,2)	5 (3,2)	.
	Totaal	22 (2,2)	34 (2,1)	16 (2,5)	2 (0,0)

Table 16. Number of pigs in 4 categories of ham percentage and the average rigor values (in brackets) per category, given separately for race, crossbreds and slaughter type of 248 barrows.

respectievelijk –0,45 voor de borgen en 0,15, respectievelijk –0,22 voor de gelten. Ook tussen de groepen, voornamelijk groepen nakomelingen van de diverse beren, zijn de correlaties zeer significant. De correlaties tussen spekdikte en pH_1 respectievelijk R zijn niet of nauwelijks significant. Ook bestaat er in deze geen verschil tussen de borgen en de gelten.

Voor een nauwkeurige analyse van de interactie tussen beoordeling van het slachttype en rigorwaarden zijn in tabel 16 van 248 borgen (174 IA en 74 IB) de gemiddelde rigorwaarden binnen vier categorieën hampercentages afzonderlijk weergegeven voor de slachttypen IA en IB en voor het GY- en NL-ras alsmede voor de NL × GY- en GY × NL-kruisingen. Hieruit blijkt dat de borgen met slachttype A gemiddeld een groter hampercentage bezitten dan die van slachttype B. Per ras en per proef varieerde het verschil van ca. 0,5 tot 1,0%. Verder blijkt dat binnen de slachttypen IA en IB bij toenemend hampercentage, de gemiddelde rigorwaarde nauwelijks toeneemt. Wel is er een constant verschil van ca. 4 rigoreenheden tussen de slachttypen bij hetzelfde hampercentage.

10.4 Discussie

Zoals reeds eerder vermeld is (Verdijk, 1972) bestaan er tussen slachttype A en B duidelijke verschillen in de gemiddelde pH_1 en R en slechts kleine verschillen in het gemiddelde hampercentage. Op grond hiervan werd een beïnvloeding verondersteld bij de beoordeling van het slachttype door de rigor van de M. semimembranosus. Daar het percentage IB bij de gelten kleiner was dan 10% van het totale materiaal (Tabel II), zijn bij het aanvullend onderzoek alleen IA- en IB-borgen betrokken. Uit de frequentieverdeling van de dieren over de diverse hampercentages (tabel 16) blijkt dat gemiddeld de IA-dieren een grotere bevleesdheid bezitten dan de IB-dieren (ca. 0.5 tot 1%). Daarnaast bevestigen de gemiddeld hogere rigorwaarden van de IA dieren ten opzichte van de IB-dieren bij hetzelfde hampercentage, de interactie tussen slachttypebeoordeling en de rigorwaarde. Opgemerkt dient te worden dat de verhouding van het aantal IA- ten opzichte van het aantal IB-borgen in tabel 16 ongeveer 2:5 bedraagt, terwijl deze voor proef 'Asten' 1:1 bedraagt. De correlatie tussen slachttype en pH_1 resp. R moet dus enerzijds verklaard worden door een invloed van de rigor op de slachttype beoordeling en anderzijds door een grotere bevleesdheid van de A-dieren. Deze grotere bevleesheid van de dieren van slachttype A, als ook de kleine correlatie tussen spekdikte en pH_1 resp. R, wijzen erop dat de vleeskwaliteit afneemt naarmate de slachtkwaliteit en met name de verhouding vlees-vet toeneemt.

De gevonden correlaties komen overeen met de resultaten gevonden door Weiss (1967), Weniger (1970) en Jonsson et al. (1971). Ook zij vinden in het algemeen geen of slechts een kleine correlatie van de vleeskwaliteitscriteria met de spekdikte en een duidelijke correlatie met het slachttype, hampercentage of carbonadepercentage. Veruit de meeste correlaties zijn kleiner dan 0,3. Van belang in dit opzicht zijn de bevindingen van De Punder & Wagenberg (1972). Zij vonden namelijk een significante negatieve correlatie tussen spekdikte en activiteit van de varkens in de mesthokken. Deze grotere activiteit bij varkens met een gunstige vlees-vet verhouding gaat volgens Topel et al. (1968) gepaard met abnormale gehalten aan bijnierschorshormonen en een grotere stressgevoeligheid.

11 De invloed van het mestbedrijf op vleeskwaliteit en stressgevoeligheid

11.1 Inleiding

Er zijn vele factoren die verschillen in vleeskwaliteit tussen varkens van verschillende mestbedrijven kunnen veroorzaken. De belangrijkste factoren zijn:

– Genetische factoren.

Bij de integratiekern 'Asten' wordt er zoveel mogelijk naar gestreefd dat de mestbedrijven de biggen van steeds hetzelfde fokbedrijf betrekken. Verschillen tussen de mestbedrijven berusten daarom voor een aanzienlijk deel op genetische invloeden. Bij de correlatieberekeningen is hiermee rekening gehouden en werden alle correlaties ook afzonderlijk berekend per mestbedrijf en, wanneer de varkens van meerdere beren afstamden, ook per beer. Ook werden correlaties berekend tussen de eigenschappen van groepen nakomelingen van diverse beren. Omdat deze correlaties voor het grootste deel bepaald worden door de genetische verschillen tussen deze groepen, werden deze tezamen met andere genetische aspecten in een afzonderlijk hoofdstuk behandeld.

– De voedersamenstelling en de wijze van voedering.

Omdat de voedersamenstelling en de wijze van voedering op 16 van de 17 mestbedrijven praktisch identiek was, kon de invloed van deze factoren op de vleeskwaliteit niet nagegaan worden. Ter completering van dit hoofdstuk zal volstaan worden met een kort literatuuroverzicht hieromtrent.

– De leeftijd en de groeisnelheid van de varkens.

Reeds in 1953 stelde Ludvigsen dat het hoge percentage PSE-dieren het gevolg zou zijn van een strenge selectie op groeisnelheid en voederconversie. Van algemeen belang voor de varkensfokkerij was het daarom na te gaan of bij de dieren met de grootste groeisnelheid als ook bij de mestbedrijven met de grootste gemiddelde groeisnelheid meer PSE-vlees voorkomt. Alhoewel de relatie tussen groeisnelheid en leeftijd van de mestvarkens groot is, werden toch afzonderlijk de correlaties berekend tussen pH_1 respectievelijk R en de leeftijd.

– Het slachtgewicht van de mestvarkens.

Het slachtgewicht van de mestvarkens wordt bepaald door de varkensmester, die in deze geadviseerd wordt door de afnemer van de mestvarkens. Bovendien koppelt deze laatste het slachtgewicht vaak aan de wijze van uitbetaling. Zo werd tijdens de proefperiode de hoogste prijs uitbetaald voor varkens met een slachtgewicht van 75–85 kg. Juist omdat het slachtgewicht voor een groot deel bepaald kan worden door de afnemer was het van belang na te gaan of er verschillen in vleeskwaliteit bestaan tussen de diverse slachtgewichtrubrieken.

– De wijze van huisvesting van de varkens.

De laatste jaren komt uit de literatuur steeds meer naar voren dat de wijze van huisvesting van de mestvarkens mede van invloed kan zijn op de stressgevoeligheid (Aberle et al., 1969; Judge, 1972). Voor zover de huisvestingsomstandigheden cijfermatig waren uit te drukken, werd de relatie hiervan met de vleeskwaliteit van de mestvarkens nagegaan.

Omdat het percentage transportsterfte van de mestbedrijven ook een maat is voor de stressgevoeligheid, is in dit hoofdstuk de relatie tussen het percentage transportsterfte en de vleeskwaliteit van de mestbedrijven onderzocht. De transportsterfte percentages over het jaar 1970 van de mestbedrijven waren bekend. Omdat deze voor een groot deel betrekking hadden op dezelfde varkens, waarvan ook de vleeskwaliteit gemeten was, kon de onderlinge relatie tussen beide nagegaan worden.

11.2 Literatuur

11.2.1 Voedersamenstelling en de wijze van voedering tijdens de mestperiode

De literatuurgegevens ten aanzien van de invloed van de voedersamenstelling op de vleeskwaliteit lopen sterk uiteen. Tacken (1952) wijtte het ontstaan van PSE-vlees aan een deficiënte voeding, waarbij vooral een tekort aan eiwit een belangrijke factor zou zijn. Ook Hupka (1952) was een gelijksoortige mening toegedaan. Schön & Scheper (1959) en Janicki et al. (1963, geciteerd door Bentler, 1972) daarentegen zagen geen verbetering van de vleeskwaliteit bij voeding van extra eiwit. Scheper (1969) zag enige verbetering bij toevoeging van sojaschroot aan de meelrantsoenen. Ludvigsen daarentegen stelde reeds in 1953 dat bij overvloedige toediening van eiwit de stressgevoeligheid en daardoor ook het percentage PSE-vlees toeneemt. Het hoge percentage eiwit in het voer zou de produktie van het ACTH-hormoon vergroten.

Toediening van extra hoeveelheden koolhydraten tijdens de mestperiode heeft volgens de meeste onderzoekers weinig of geen invloed op de vleeskwaliteit (Wilcox et al., 1953, geciteerd door Briskey, 1964; Lewis et al. 1961; Scheper, 1969).

In de Scandinavische literatuur wordt veelvuldig melding gemaakt van spierdystrofie bij varkens veroorzaakt door deficiëntie aan vitamine E in het voer (Thomke et al., 1965; Lannek, 1967). Omdat in ons land bij het NL-ras regelmatig 'Mulberry heart disease' vastgesteld wordt, een aandoening die ook aan een tekort aan vitamine E toegeschreven wordt (Mouwen, 1965), onderzochten Sybesma et al. (1971) het effect van injecties vitamine E, toegediend gedurende 15 dagen voor het slachten. Hierbij bleek dat vitamine E geen verbetering van de vleeskwaliteit tot gevolg had. Ook seleniumgebrek, dat eveneens met spierdystrofie in verband staat, bleek geen invloed te hebben op de vleeskwaliteit (Thomke et al., 1965; Gunther & Schweiger, 1966, geciteerd door Bentler, 1972). Thans wordt door de meeste onderzoekers (Scheper, 1970; Bentler, 1972) aangenomen dat de hedendaagse uitgebalanceerde meelvoeding geen of nauwelijks invloed heeft op verschillen in vleeskwaliteit.

Wat de wijze van voedering betreft vermeldt Lawrie (1966) dat overvloedige voeding een stressfactor voor de spieren is, omdat de spieren hierbij als eiwitreservoir gaan dienen. Osinka & Kielanowski (1960) en Janicki et al. (1963, geciteerd door Bentler, 1972) zagen bij dieren met een lage voederconversie meer PSE-vlees dan bij dieren met een hoge.

Barton (1971) kon geen verschil in het percentage PSE- en DFD-dieren vaststellen als gevolg van groeps- of individuele voeding van de mestvarkens.

Omtrent het verstrekken van speciaal voeder gedurende de laatste 24 uur voor het slachten is veel bekend, speciaal wat betreft het verstrekken van extra koolhydraatrantsoenen. Bentler (1972) geeft als conclusie na een uitgebreid literatuuronderzoek over dit onderwerp aan, dat toediening van extra koolhydraten aan mestvarkens zowel vóór als na het transport dan pas noodzakelijk is wanneer het gaat om transporten die langer duren dan een dag, of wanneer het gaat om uitgehongerde of sterk vermoeide varkens.

Een overvloedige maagvulling direct voor het transport verhoogt het percentage transportsterfte en geeft meer PSE-vlees (Van Logtestijn & Sybesma, 1967; Lendfers, 1969). Het 24 uur laten vasten van de dieren heeft echter weer een groter percentage DFD-dieren tot gevolg (Topel, 1972).

11.2.2 Invloed van de groeisnelheid en de leeftijd van de mestvarkens op de vleeskwaliteit

In de laatste 25 jaar is door selectie de groeisnelheid en de voederconversie van de mestvarkens sterk verbeterd, als gevolg waarvan de mestduur van de slachtvarkens korter geworden is. Zo vermeldt Weiss (1966) dat alleen al in de periode 1960–1965 van varkens van de Duitse selectiemesterij de groeisnelheid verbeterd is met 35 gram per dag en de voederconversie verlaagd is met 0,20 kg/kg groei.

Deze sterke selectie is, zoals in het algemeen literatuur overzicht reeds vermeld is, gepaard gegaan met een toename van de stressgevoeligheid van de varkens, hetgeen een versnelde spierglycolyse tot gevolg heeft, wat zich uit in een groter percentage dieren met DFD- en PSE-vlees.

Toch blijkt uit de literatuur dat de correlatie tussen de leeftijd en groeisnelheid enerzijds en de vleeskwaliteitscriteria anderzijds erg klein zijn. Zo vond Holtz (1966) bij varkens van de Duitse selectiemesterij slechts een correlatie van $r = -0{,}10$ tussen pH_1 en groeisnelheid. Tussen leeftijd, respectievelijk voederconversie, met de pH_1 vond hij geen significante correlaties. Grotere correlaties vond hij tussen het waterbindend vermogen van het vlees en de groeisnelheid ($r = -0{,}18$), de voederconversie ($r = 0{,}22$) en de leeftijd ($r = -0{,}27$).

Schön & Scheper (1959) daarentegen vonden geen significante correlaties tussen deze criteria. Weniger et al. (1970) vonden wel significante correlaties tussen waterbindend vermogen en kleur van het vlees enerzijds en groeisnelheid en voederconversie anderzijds ($r = 0{,}15$ tot $r = 0{,}19$) doch de correlatie tussen pH_1 en groeisnelheid, respectievelijk voederconversie, waren niet significant.

Volgens hen is slechts 2 tot 4% van de totale variatie van de vleeskwaliteit terug te

voeren tot de eigenschappen groeisnelheid, leeftijd en voederconversie.

Wat betreft de relatie tussen vleeskwaliteit en leeftijd zijn de meningen erg verdeeld. Vast staat dat oudere zeugen een betere vleeskwaliteit hebben (Van Logtestijn, 1965). In dit onderzoek zijn deze dieren echter buiten beschouwing gebleven.

Janicki et al. (1963, geciteerd door Bentler, 1972) en Holtz (1966) vonden een betere vleeskwaliteit bij de jongere mestvarkens dan bij de oudere. Lohse et al. (1965) en Heinze (1968) zagen daarentegen een betere vleeskwaliteit bij de oudere varkens. Van de Hende (1970) zag bij elektronenmicroscopisch onderzoek bij oudere en zwaardere mestvarkens minder intacte mitochondriën, hetgeen volgens hem een toename van de anaerobe glycolyse in de spieren tot gevolg heeft.

Bentler (1972) trekt uit zijn literatuurstudie de conclusie, dat de invloed van de leeftijd op de vleeskwaliteit bij de mestvarkens als nihil beschouwd kan worden.

11.2.3 Invloed van het slachtgewicht op de vleeskwaliteit

Clausen & Thomsen (1956, geciteerd door Briskey, 1964) vonden bij de zwaardere mestvarkens meer PSE-vlees dan bij de lichtere. Forrest et al (1963) zagen bij hammen van 9–10 kg meer PSE-vlees dan bij de hammen van 7–8 kg. Van Logtestijn (1965) vond bij karkassen met een gewicht van meer dan 80 kg gemiddeld een lagere pH_1 van de M. adductor dan bij de karkassen met een gewicht kleiner dan 70 kg. Bij de zwaardere varkens vond hij bovendien meer dieren met een eind-pH $>$ 6,0 dan bij lichtere. Overeenkomstige resultaten vonden MacDougall & Disney (1967). Bentler (1972) concludeert uit zijn literatuurstudie omtrent dit onderwerp dat er geen invloed te verwachten is van het lichaamsgewicht.

11.2.4 Invloed van de wijze van huisvesting van de mestvarkens op de vleeskwaliteit

Omtrent de invloed van een minder gunstige huisvesting, zoals een te grote hokbezetting en een slecht stalklimaat tijdens de mestperiode, op de stressgevoeligheid en de vleeskwaliteit van de varkens is nog weinig bekend. 'Leg weakness' wordt in sterke mate bevorderd door de wijze van huisvesting en vormt voor de varkens een stressfactor bij het transport naar de slachterij (Verdijk, 1969; Sybesma, 1972).

Volgens Rosse (1971, geciteerd door Judge, 1972) treedt het PSS- en PSE-syndroom meer op bij varkens die gemest zijn in afgesloten stallen dan in open stallen. Addis et al. (1967) constateerden bij varkens gemest bij 18 °C een heftiger reactie ten opzichte van hittestress (vier uur bij 37 °C) dan wanneer de varkens gemest waren bij 29 °C.

Van bijzondere betekenis zijn de onderzoekingen van Judge en Marble (1971). Zij vonden bij varkens die langere tijd bij wisselende staltemperaturen gehouden waren meer vetafzetting in de bijnierschors dan bij varkens gemest bij een constante temperatuur. Na het slachten bleken deze dieren meer PSE-vlees te bezitten. Een hoge luchtvochtigheid van de stal verhoogde de stress niet. Judge (1972) veronderstelt dat stress tijdens het opfokken en mesten van de varkens cumulatief werkt op de vetafzetting in de bijnierschors waardoor de weerstand tegen stress in het algemeen afneemt.

11.2.5 Relatie tussen het transportsterftepercentage en de vleeskwaliteit per mestbedrijf

De positieve relatie tussen transportsterfte en het percentage PSE-vlees is reeds uitvoerig besproken in hoofdstuk 3. Omdat beide voor een aanzienlijk deel erfelijk bepaald zijn (Bendall & Lawrie, 1964; Sybesma et al., 1965; Judge et al., 1967; Scheper, 1967, 1971 en Lendfers, 1969) kunnen binnen de mestbedrijven positieve relaties verwacht worden tussen het percentage varkens dat van een bepaald bedrijf tijdens het transport sterft en het percentage PSE-vlees bij de varkens van dit bedrijf.

11.3 Materiaal en methoden

In totaal waren 22 mestbedrijven bij de proef 'Asten' betrokken. Van 5 bedrijven echter was het aantal varkens kleiner dan 60 en deze zijn daarom niet in dit hoofdstuk betrokken.

De gegevens nodig voor het berekenen van de groeisnelheid, leeftijd en eindgewicht van de geslachte varkens werden verkregen via de integratiekern 'Asten'.

De informatie omtrent de huisvesting van de varkens, en het stalklimaat was afkomstig uit onderzoek van de Provinciale Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant (Tielen, 1974).

De metingen van het stalklimaat bestonden uit metingen van de temperatuur en luchtvochtigheid, het CO_2- en het NH_3-gehalte, de luchtsnelheid en het meten van de dagelijkse temperatuurschommelingen.

Het percentage transportsterfte per mestbedrijf werd berekend door de Veecentrale van de NCB te Boxtel, die dit steeds voor alle varkensleveranciers uitvoert. Omdat deze berekeningen pas in 1970 begonnen werd, was van de 17 mestbedrijven alleen het sterftepercentage voor 1970 beschikbaar. Bij het vergelijken van deze percentages met die van de vleeskwaliteit moet rekening gehouden worden met het feit dat het percentage transportsterfte betrekking heeft op al de in 1970 door deze mestbedrijven afgeleverde mestvarkens.

11.4 Resultaten

11.4.1 Invloed van leeftijd en groeisnelheid op de vleeskwaliteit

De gemiddelde leeftijd van de mestvarkens bedroeg 221,3 dagen met een spreiding van 22,8 dagen. De spreiding binnen de groepen, dus binnen de mestbedrijven per sexe voor de nakomelingen van elk vaderdier afzonderlijk berekend, bedroeg 16,4, die tussen de groepen zelf 41,8 dagen, hetgeen uitzonderlijk hoog is. De borgen werden gemiddeld 2,7 dagen eerder geslacht dan de gelten.

De gemiddelde groeisnelheid van de varkens bedroeg 572 gram per dag. Die voor de borgen was gemiddeld 11 gram per dag hoger.

In tabel 17 zijn de correlaties en regressies weergegeven tussen leeftijd en groeisnelheid enerzijds en pH_1 en R anderzijds. De correlaties tussen leeftijd en de pH_1 respectievelijk R binnen de groepen zijn significant, zowel voor het totale materiaal als afzonderlijk voor borgen en gelten. Gemiddeld zijn de varkens met een lage pH_1 twee dagen ouder dan die met een hoge pH_1. Opvallend is verder dat de correlatie tussen pH_1 en leeftijd tussen de groepen alleen significant is voor de gelten. De gelten afkomstig van een bedrijf met een gemiddeld lage pH_1, zijn gemiddeld twee–drie dagen ouder dan die afkomstig van een bedrijf met een gemiddeld hoge pH_1.

Tabel 17. Correlatiecoëfficiënten tussen pH_1 en R en leeftijd, groeisnelheid en slachtgewicht en regressie-coëfficiënten van pH_1 en R op leeftijd, groeisnelheid en slachtgewicht (1) binnen en (2) tussen de groepen en over (3) het totale materiaal, 2975 mestvarkens.

		Borgen				Gelten				Totaal			
		pH_1		R		pH_1		R		pH_1		R	
		corr.[1]	regr.	corr.[1]	regr.	corr.[1]	regr.	corr.[1]	regr.	corr.[1]	regr.	corr.[1]	regr.
Leeftijd	(1)	−0,007	.	+0,005	.	−0,071	− 7,2	+0,060	+0,56	−0,056	− 5,6	+0,061	+0,47
	(2)	−0,041	−2,3	+0,038	+0,18	−0,037	− 1,9	+0,037	+0,17	−0,038	− 2,0	+0,037	+0,18
	(3)	−0,025	.	+0,023	.	−0,048	− 3,2	+0,043	+0,27	−0,044	— 3,0	+0,046	+0,28
Groei/dag	(1)	+0,016	.	−0,063	−2,0	+0,054	+21,1	−0,103	−3,77	+0,054	+20,4	−0,109	−3,2
op mest-	(2)	−0,012	.	−0,001	.	−0,023	.	+0,043	+0,88	−0,017	.	+0,019	.
bedrijf	(3)	−0,002	.	−0,023	.	+0,005	.	−0,011	.	+0,009	.	−0,033	.
Groei/dag	(1)	+0,054	13,25	−0,101	−2,0	+0,093	+23,0	+0,130	−3,0	+0,084	+19,7	−0,125	−2,3
v.a. geboorte	(2)	−0,002	.	−0,012	.	−0,041	− 5,5	+0,057	+0,7	−0,021	.	+0,020	.
	(3)	+0,018	.	−0,046	−0,69	−0,009	.	−0,00	.	+0,019	.	−0,040	−0,6
Slacht-	(1)	+0,086	+2,48	−0,153	−0,36	+0,061	+1,73	−0,134	−0,35	+0,061	+1,65	−0,111	−0,24
gewicht	(2)	−0,055	−0,89	+0,036	+0,05	−0,107	−1,71	+0,123	+0,19	−0,080	−1,28	+0,077	+0,11
	(3)	−0,000	.	−0,040	−0,07	−0,044	−1,87	+0,029	—	−0,025		−0,002	

1. $r > 0{,}036$ $P < 0{,}05$
   $r > 0{,}047$ $P < 0{,}01$
   $r > 0{,}074$ $P < 0{,}001$

Table 17. Correlation coefficients between pH_1 and R, and age, growth rate and slaughter weight and regression coefficients of pH_1 and R on age, growth rate and slaughter weight of 2975 DL slaughter pigs, (1) within groups, (2) between groups and for the total (3).

Tabel 18. Procentuele verdeling over 3 pH_1-klassen voor 4 gewichtsklassen van 3373 slachtvarkens van de proef 'Asten'. Gegevens voor borgen en gelten apart. Tussen haakjes de aantallen.

pH_1	Geslacht	Gewicht (kg)			
		65–75	75–84	85–94	95–104
> 6,5	♂	36,0 (69)	33,6 (320)	35,8 (187)	36,6 (22)
	♀	33,7 (52)	21,7 (197)	22,3 (114)	24,6 (15)
6,0–6,6	♂	55,0 (105)	55,0 (522)	54,8 (291)	53,4 (34)
	♀	56,5(87)	61,8 (564)	61,6 (314)	55,6 (34)
< 6,0	♂	9,0 (17)	11,4 (108)	10,4 (55)	10,0 (6)
	♀	9,8 (15)	16,7 (153)	16,1 (82)	19,8 (12)

Table 18. Percentage distribution over 3 pH_1 classes for 4 weight classes of 3373 slaughter pigs of the Asten Experiment. Data for barrows and gilts given separately. Numbers of animals in brackets.

De correlaties tussen groeisnelheid en pH_1 binnen de groepen zijn alle negatief maar niet of nauwelijks significant. Alleen die van de gelten is significant (r = 0,04). De correlaties tussen de bedrijven daarentegen zijn praktisch alle significant, zowel wat betreft pH_1 als wat betreft de R. Merkwaardig genoeg zijn de correlaties van de pH_1 hierbij alle positief en dus tegenovergesteld aan de pH_1-correlaties binnen de bedrijven. Bedrijven met gemiddeld een hogere groeisnelheid hebben gemiddeld ook een hogere pH_1 en een lagere R.

11.4.2 Invloed van het slachtgewicht op de vleeskwaliteit

Uit tabel 17 blijkt dat de correlaties binnen de groepen tussen slachtgewicht en pH_1 respectievelijk R alle significant zijn. De regressiecoëfficiënt is hierbij groter voor de gelten dan voor de borgen. De zwaardere dieren hebben gemiddeld een lagere pH_1 en een hogere R. Gelten met een pH_1 van 6,5 zijn gemiddeld 1,71 kg lichter dan gelten met een pH_1 van 5,5. Voor de borgen is dit verschil 0,89 kg.

De correlaties tussen de bedrijven daarentegen geven een tegenovergesteld beeld te zien. Naarmate het gemiddelde slachtgewicht van het bedrijf groter is, is ook de pH_1 hoger en de R kleiner.

In tabel 18 zijn de mestvarkens van de proef 'Asten' van het eerste halve proefjaar verdeeld over vier gewichtsklassen afzonderlijk voor de gelten en borgen.

Hierbij blijkt dat er in de gewichtsklassen 65–75 kg geen noemenswaardig verschil bestaat tussen het percentage borgen en gelten in de drie pH_1-klassen. Bij de zwaardere gewichtsklassen daarentegen bestaat er steeds een duidelijk verschil tussen de percentages borgen en gelten per pH_1-klasse en wel zodanig dat in de lagere pH_1-klassen het percentage gelten steeds groter is. Ter verduidelijking geeft fig. 13 het percentage PSE-dieren per gewichtsklasse afzonderlijk weer voor borgen en gelten.

Fig. 13. Het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ per gewichtsklasse, afzonderlijk weergegeven voor borgen en gelten.

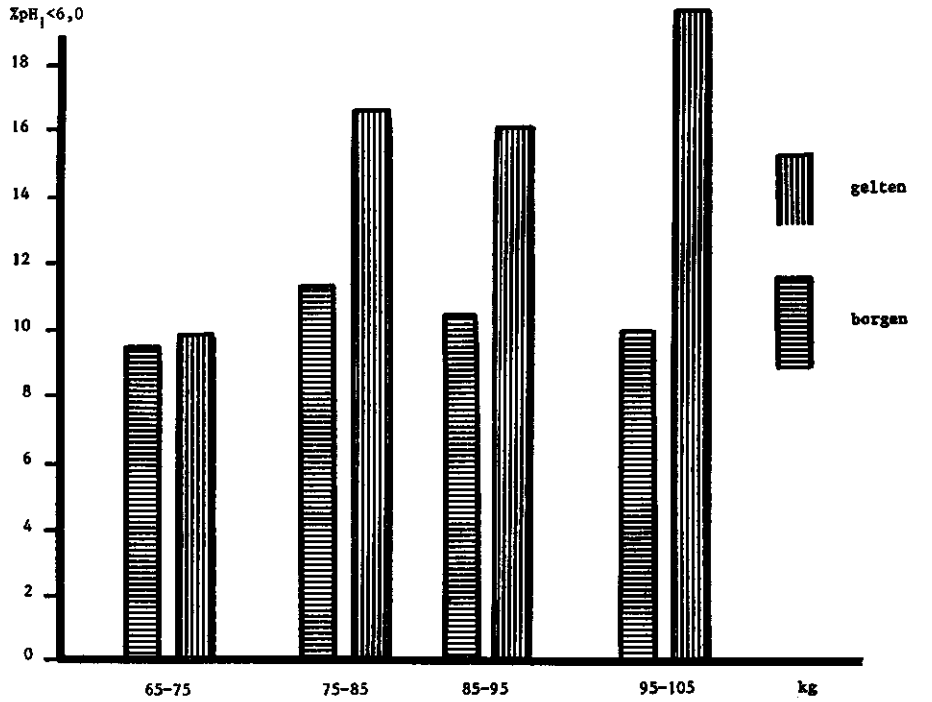


Fig. 13. The percentage of pigs with a $pH_1 < 6.0$ for the different classes of weight, represented separately for gelts and barrows.

11.4.3 Relatie tussen percentage transportsterfte en vleeskwaliteit per mestbedrijf

Het gemiddelde transportsterftepercentage van de 17 bedrijven was 0,5%, hetgeen goed overeenkomt met het transportsterftepercentage van de ca. 400000 op de slachterij in 1970 in totaal aangevoerde mestvarkens. Van 8 bedrijven was het percentage kleiner en van 9 was het groter dan 0,6%. In tabel 19 zijn verschillende pH_1- en R-indelingen gemaakt ter vergelijking van de vleeskwaliteitscriteria en het transportsterftepercentage van varkens van de verschillende bedrijven. Uit alle zes vergelijkingen komt duidelijk de relatie naar voren die er bestaat tussen een slechte vleeskwaliteit en een hoog transportsterftepercentage. Door het kleine aantal bedrijven echter zijn de resultaten niet significant.

11.5 Discussie

Alle gevonden correlaties in 11.4.1 zijn bijzonder klein, hetgeen er op wijst dat de invloed van zowel de groeisnelheid als de leeftijd van de varkens van weinig betekenis

Tabel 19. Vergelijkingen van de waarden van een aantal vleeskwaliteitscriteria van bedrijven met een hoog en laag percentage transportsterfte

	Aantal mestbedrijven met een percentage transportsterfte	
	$\leqq 0{,}6$	$> 0{,}6$
$pH_1 \leqq 6{,}34$	4	6
$pH_1 > 6{,}34$	4	3
% PSE < 13%	5	3
% PSE > 13%	3	6
% PSE < 20%	8	5
% PSE > 20%	0	4
$R < 6{,}60$	5	3
$R > 6{,}60$	3	6
$\%R \geqq 10 > 20\%$	3	7
$\%R \geqq 10 < 20\%$	5	2
% PSE > 13% $\%R \geqq 10 > 20\%$	3	6
Overige	5	3

Table 19. Comparison of some values for meat quality criteria from farms with a high and a low pig transport death rate.

is voor de vleeskwaliteit.

De spreiding van de leeftijd binnen de groepen is slechts 16 dagen. Een negatieve regressie van twee dagen per pH_1-eenheid is daarom toch nog van enige betekenis.

De correlaties tussen de pH_1 en de groeisnelheid zijn binnen de groepen alle negatief, de correlatie R–groeisnelheid positief, doch alleen voor de gelten significant. Dit wijst erop dat alleen binnen de groepen nakomelingen van één beer geldt dat de dieren met de hoogste groeisnelheid ook een slechtere vleeskwaliteit bezitten. Dit komt overeen met de hypothese van Ludvigsen (1953) en met de onderzoekingen van Steinhauf (1969) en Weniger et al. (1970).

De positieve correlatie tussen pH_1 en groeisnelheid tussen de mestbedrijven is moeilijk te verklaren. Het wijst er echter duidelijk op dat groepen nakomelingen van dezelfde beer, en hoogstwaarschijnlijk ook families of stammen met gemiddeld hoge groeisnelheden, geen slechtere vleeskwaliteit behoeven te bezitten. Er is dan ook geen reden om selectie tussen groepen nakomelingen, families of stammen op groeisnelheid om wille van de vleeskwaliteit te beperken.

Zwaardere varkens hebben gemiddeld een lagere pH_1 en een hogere R en het percentage PSE-dieren is hoger. Bij de gelten is dit meer uitgesproken dan bij de borgen. Bij het onderzoek viel op dat er tot een slachtgewicht van 75 kg in dit opzicht nauwelijks verschil bestaat tussen de borgen en de gelten. Boven een gewicht van 75 kg wordt het percentage gelten echter in de lagere pH_1-klassen duidelijk groter dan dat van de borgen.

Het gevonden pH_1-verschil tussen de sexen bij de diverse gewichtsklassen vormt mogelijk ook een verklaring voor het feit dat in Denemarken weinig verschil tussen de borgen en gelten gevonden wordt (Clausen & Thomsen, 1956, geciteerd door Briskey, 1964; Jonsson, 1963). Daar worden de mestvarkens namelijk op een lager gewicht, zo genaamd bacongewicht, geslacht, waarbij het slachtgewicht tussen de 65 en 75 kg ligt. Zoals in tabel 18 blijkt is er in deze gewichtsklasse ook bij de NL-varkens praktisch geen verschil in vleeskwaliteit tussen borgen en gelten.

Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat bij de gelten met een slachtgewicht groter dan 90 kg, het percentage PSE-vlees groter is dan bij een slachtgewicht lager dan 90 kg. Het verdient daarom aanbeveling de gelten te slachten voordat ze een levend-gewicht bereikt hebben van ca. 100 kg.

Het gemiddelde transportsterftepercentage van de 17 bij dit onderzoek betrokken mestbedrijven bedroeg in 1970 ca. 0,5%. In tabel 19 zijn zes verschillende vergelijkingen gemaakt tussen de vleeskwaliteitscriteria en het transportsterftepercentage. Uit alle zes vergelijkingen blijkt een hoger transportsterftepercentage gepaard te gaan met een slechtere vleeskwaliteit. De verschillen waren echter niet significant wat voor een belangrijk deel te wijten was aan het kleine aantal bedrijven.

12 Genetische aspecten

12.1 Inleiding

Algemeen wordt aangenomen dat de verschillen in stressgevoeligheid tussen de varkens en de daaruit resulterende verschillen in transportsterfte en vleeskwaliteit voor een belangrijk deel bepaald worden door erfelijke factoren.

Door diverse onderzoekers zijn zowel duidelijke verschillen in vleeskwaliteit vastgesteld tussen de varkensrassen onderling, als tussen stammen of families binnen het ras (Briskey, 1964; Sybesma et al., 1965; Jonsson et al., 1971; Walstra et al., 1971; Judge, 1972; Christian, 1972).

Omdat kruisingen tussen het NL- en het GY-ras steeds meer toegepast worden, werd de vleeskwaliteit van een aantal zuivere NL-varkens vergeleken met die van kruisingen tussen het NL- en GY-ras. Daarnaast werden van de proef 'Asten' verschillen in vleeskwaliteit berekend tussen groepen nakomelingen van de diverse fokberen. Aan de bedrijven met meerdere fokberen werd speciale aandacht geschonken, omdat voor de nakomelingen hiervan de milieuomstandigheden gelijk waren.

12.2 Literatuur

12.2.1 Verschillen in vleeskwaliteit tussen de rassen

Clausen & Thomsen en Ludvigsen (beiden geciteerd door Briskey, 1964) maakten reeds in 1960 melding van grote verschillen in vleeskwaliteit tussen NL- en Pietrainvarkens. Judge et al. (1959) vergeleken in de USA diverse rassen, waarbij bleek dat bij het Poland-China-ras het meeste en bij het Yorkshire- en Berkshire-ras veel minder PSE-vlees voorkwam. Het Hamspshire- en het Landvarken-ras namen een tussenpositie in. In ons land is het Pietrainvarken algemeen bekend als zeer stressgevoelig, wat tot uiting komt in een groter percentage transportsterfte en een slechtere vleeskwaliteit (Sybesma et al., 1965). De varkens van het Groot-Yorkshire-ras zijn het minst stressgevoelig, terwijl de stressgevoeligheid van het Landvarken daar tussenin ligt (Sybesma, 1963; Kroeske, 1966). Onlangs vergeleken Vos & Sybesma (1971), Walstra et al. (1971) en Van de Pas & Buiting (1972) de pH_1 en R van NL- met die van GY-varkens. Bij de NL-varkens werden de volgende cijfers voor de pH_1 en R gevonden: 6,32 en 6,7 (Vos & Sybesma), 6,50 en 5,1 (Walstra et al.), 6,32 en 6,7 (Van de Pas & Buiting). Bij de GY-varkens waren deze cijfers: 6,47 en 6,7 (Vos & Sybesma), 6,64 en 4,2 (Walstra et al.), 6,50 en 6,2 (Van de Pas & Buiting). In alle gevallen was de

pH_1 en in twee van de drie gevallen ook de R gunstiger voor de dieren van het GY-ras. De vleeskwaliteit van de kruisingen tussen het GY- en het NL-ras houdt het midden tussen die van de zuivere rassen (Van de Pas & Walstra, 1972). Ook buitenlandse onderzoekers komen bij andere rassen tot dezelfde conclusie (Allen & Patterson, 1971; Bentler, 1972).

12.2.2 Verschillen in vleeskwaliteit binnen het ras

In Denemarken vond Ludvigsen reeds in 1958 een aanzienlijk verschil in het percentage PSE-dieren tussen de nakomelingen van twee beren. Lendfers (1969) maakt melding van een stressgevoelige en een stressresistente stam van het NL-ras met verschillen in het percentage PSE-dieren van 52% resp. 8%. Ook andere onderzoekers (Allen & Patterson, 1971; Bickhardt, 1971; Topel et al., 1968) maken melding van stressgevoelige stammen die ze gebruiken bij hun experimenten.

Van belang zijn de erfelijkheidsgraden (h^2) van de diverse vleeskwaliteitscriteria. De h^2 voor de vleeskleur is veelvuldig onderzocht. Jonsson berekende in 1966 voor het Deense Landvarken een waarde van 0,30, Peace & Smith (1965) een van 0,25 voor het Large-White-ras. In ons land berekenden Sybesma et al. (1966) bij varkens van de selectiemesterij een h^2 voor de vleeskleur van 0,41 voor de borgen en 0,30 voor de gelten.

In het algemeen zijn de erfelijkheidsgraden van de overige vleeskwaliteitscriteria lager (Minkema, 1968). Weniger et al. (1970) vonden voor de pH_1 een h^2 van 0,15 voor de borgen, en van 0,35 voor de gelten. Jonsson et al. (1971) een van 0,32 voor gelten en borgen samen. Scheper (1969) stelde dat van de totale pH_1-variatie 19% bepaald wordt door het vaderdier en 6% door het moederdier.

12.3 Materiaal en methoden

Op twee dagen werden van 79 resp. 132 NL-varkens en van 89 resp. 53 kruisingen tussen het GY- en het NL-ras de pH_1 en de R gemeten. De varkens waren afkomstig van één mestbedrijf en werden aangevoerd met twee vrachtauto's. Laden en transport vonden voor beide groepen dieren praktisch gelijktijdig plaats. Van een groot deel van deze dieren werd ook de CPK-waarde in het steekbloed bepaald, zoals verder vermeld is in hoofdstuk 14.

Tabel 20. Vergelijking van de vleeskwaliteit van groepen zuivere NL- en NL × GY-varkens.

	Aantal	pH_1	R	% $pH_1 < 6{,}0$	% $R \geqq 10$
Groep 1 NL × NL	79	6,47	3,7	6,5	10
GY × NL	89	6,47	3,4	4,5	8
Groep 2 NL × NL	132	6,23	7,5	21,0	34
GY × NL	53	6,37	5,8	9,0	15

Table 20. Comparison of the meat quality of groups thoroughbred DL and DL × LW pigs.

Alle afstammingsgegevens van de varkens van de proef 'Asten' waren bekend, waardoor het mogelijk was alle dieren te rangschikken per fokker, per mester en per vaderdier. Het onderzoek beperkte zich tot het vaststellen van de gemiddelde pH_1- en R-verschillen tussen de fokberen. Alle nakomelingen van een beer zijn opgefokt bij één fokker en afgemest bij één of twee mesters. In enkele gevallen had de fokker twee of drie beren waardoor de genetische verschillen tussen de vaderdieren nog sterker op de voorgrond traden.

12.4 Resultaten en discussie

12.4.1 Vleeskwaliteitsverschillen tussen zuivere NL-varkens en F_1-kruisingen van NL- en GY-varkens

De resultaten zijn weergegeven in tabel 20. Alleen van groep 2 geven de metingen een gunstiger beeld te zien door de vleeskwaliteit van de F_1-kruisingen. Als bijzonderheid dient nog te worden vermeld dat van groep 2 tijdens het transport vier NL-varkens stierven en geen enkel GY × NL-dier.

In het algemeen kan gesteld worden dat verschillen in stressgevoeligheid pas duidelijk tot uiting komen na een voldoende dosis stress. Bij groep 1 is deze stress blijkbaar dermate klein geweest dat er geen verschil tussen NL- en GY × NL-dieren optrad. De gunstige gemiddelde waarden voor pH_1 en R ondersteunen deze veronderstelling. Voor groep 2 is de stress veel groter geweest, wat tot uiting komt in de slechtere vleeskwaliteit van beide groepen. Daarbij is die van de zuivere NL-dieren aanzienlijk slechter dan die van de F_1-kruisingen.

Deze resultaten komen overeen met die van Van de Pas en Walstra (1972). Het wijst erop dat de GY × NL-kruisingen stressresistenter zijn dan de raszuivere NL-varkens. Ook de CPK-gegevens, vermeld in hoofdstuk 14, ondersteunen deze bevinding. Voor de huidige varkensfokkerij in ons land is dit van grote betekenis omdat de laatste paar jaar op vrij grote schaal GY-fokberen gekruist worden met NL-zeugen. Uit een oogpunt van vleeskwaliteit en transportsterfte kan dit alleen maar aanbevolen worden.

12.4.2 Verschillen in vleeskwaliteit binnen het NL-ras

In tabel 21 zijn de gebruikelijke vleeskwaliteitscriteria weergegeven van minimaal 100 nakomelingen van een aantal fokberen. Hiervan hebben vijf groepen (29%) een percentage met een $pH_1 < 6{,}0$ dat lager is dan 10%. Voor drie groepen (18%) ligt dit percentage tussen 10 en 15%; voor zeven (41%) tussen 15 en 20% en voor twee (12%) is dit percentage groter dan 20%.

Uitgaande van de gemiddelde pH_1 blijkt dat vijf groepen nakomelingen (29%) een pH_1 hebben die lager is dan 6,30 en drie (18%) een pH_1 die gelijk of groter is dan 6,40.

Tabel 22 geeft dezelfde waarden weer als tabel 21, maar nu zijn alleen de fokberen vermeld die afkomstig zijn van bedrijven met twee of meer beren. Omdat er een correlatie bestaat tussen slachttype en vleeskwaliteit is tevens het percentage nakomelingen vermeld per fokbeer met slachttype A. Dit om na te gaan in hoeverre de verschillen in

Tabel 21. Waarden voor vleeskwaliteitscriteria van de nakomelingen van 17 beren van de integratiegroep 'Asten'.

Nummer beer	Aantal nakomelingen	pH_1	R	% $pH_1 < 6,0$	% $R \geqq 10$
890	182	6,20	7,71	28,0	40,5
823	105	6,22	8,57	18,1	43,0
237	221	6,24	7,95	22,2	40,5
292	248	6,26	7,24	16,5	29,4
985	202	6,29	7,15	16,4	28,2
809	297	6,31	6,98	16,8	26,3
243	146	6,31	6,92	13,1	30,1
819	302	6,31	7,23	11,3	26,0
316	218	6,33	6,09	15,6	23,4
063	211	6,33	6,88	13,3	24,8
984	174	6,34	5,95	17,2	22,4
334	255	6,35	6,67	8,6	23,6
808	110	6,34	6,87	15,4	24,8
647	164	6,37	6,25	8,5	13,4
810	300	6,40	6,20	6,0	14,0
626	184	6,49	4,50	4,4	10,9
433	173	6,51	4.33	3,5	7,0

Table 21. Values of criteria for meat quality of the progeny of 17 boars of the Asten Integration Group.

Tabel 22. Verschillen in vleeskwaliteit en het percentage slachttype A tussen groepen nakomelingen van beren afkomstig van eenzelfde fokbedrijf.

Fok: bedrijf	Nummer beer	Aantal nakomelingen	pH_1	R	% $pH_1 < 6,0$	% $R \geqq 10$	% A
1	688	48	6,46	5,06	8,3	16,6	48
	896	51	6,21	7,25	33,4	31,4	64
	253	56	6,48	4,40	3,6	7,2	63
2	825	59	6,42	6,35	8,5	25,4	68
	574	61	6,34	7,53	9,9	34,4	69
3	602	52	6,43	5,90	6,0	15,0	63
	985	202	6,29	7,15	16,4	28,2	73
4	243	146	6,31	6,92	13,1	30,1	77
	626	184	6,49	4,50	4,4	10,9	67
5	576	76	6,32	6,54	10,5	23,6	68
	890	182	6,20	7,71	28,0	40,5	75
6	334	255	6,34	6,67	8,6	23,6	75
	823	105	6,22	8,57	18,1	43,0	82
7	028	72	6,38	7,22	6,9	25,0	69
	810	300	6,40	6,21	6,0	14,0	71
8	984	174	6,34	5,95	17,2	22,4	68
	093	74	6,48	4,71	5,5	8,1	62

Table 22. Differences in meat quality and the percentage of slaughter type A between the progeny groups of boars from the same pig breeded.

vleeskwaliteit tussen de beren van een bedrijf parallel lopen met het slachttype A.

Uit tabel 22 komt naar voren dat de beerinvloed op de vleeskwaliteit ook binnen het fokbedrijf bijzonder groot kan zijn zoals bijvoorbeeld uit de gegevens van fokbedrijf 5 en 6 blijkt.

12.5 Conclusie

De vleeskwaliteit van de F_1-kruisingen tussen het GY-en NL-ras is beter dan van de raszuivere NL-varkens. Ook de CPK-waarden in het bloedserum van de F_1-kruisingen zijn beduidend lager dan die van de raszuivere NL-varkens (hoofdstuk 14). Beide gegevens tonen aan dat uit oogpunt van stressgevoeligheid en vleeskwaliteit het toepassen van deze kruising dient te worden bevorderd.

Uit het onderzoek bleek bovendien dat er tussen de groepen nakomelingen van fokberen grote verschillen bestaan in vleeskwaliteit. Deze grote verschillen bieden de mogelijkheid om onder praktijkomstandigheden te selecteren op vleeskwaliteit en indirect op stressgevoeligheid.

13 Relatie tussen de gezondheidstoestand voor en de vleeskwaliteit na het slachten

13.1 Inleiding en literatuur

Het verband tussen de gezondheidstoestand van het slachtvarken en de vleeskwaliteit komt in ongunstige zin voornamelijk tot uiting bij dieren die voor het slachten duidelijk algemeen ziek zijn. Dit betreft zowel varkens die acuut ziek zijn en daarbij koorts vertonen als dieren die chronisch ziek zijn en daardoor vermagerd zijn. (Schoon, 1931; Van Oyen & Reitsma, 1951; Van Logtestijn, 1965). In het algemeen vonden deze auteurs eind-pH-waarden in het vlees van zulke dieren die hoger waren dan 6,4.

Over de invloed van de gezondheidstoestand op het ontstaan van PSE- en DFD-vlees is weinig bekend. Sybesma et al. (1966) vonden bij varkens met chronische longontsteking meer PSE-vlees dan bij normale dieren. Het betrof varkens met een normale voedingstoestand, terwijl voor het slachten geen afwijkingen vastgesteld werden.

Tussen het voorkomen van PSE-vlees en de vleesrijkheid van de varkens bestaat een positieve correlatie (hoofdstuk 10). Het is daarom logisch te veronderstellen dat dieren die als gevolg van ziekten vermagerd of minder snel gegroeid zijn en daarom een minder gunstige vlees-beenverhouding hebben, ook minder vaak PSE- en DFD-vlees zullen hebben.

Het onderzoek behandeld in dit hoofdstuk, heeft alleen betrekking op slachtvarkens die vóór het slachten geen duidelijke klinische afwijkingen vertoonden, terwijl ook de voedingstoestand normaal was, maar die bij de keuring na het slachten bleken te lijden aan arthritis, enzoötische pneumonie, ernstige pleuritis, lokale of verspreide abcessen en peritonitis. Nagegaan werd of er een relatie bestond tussen deze afwijkingen en de gemeten vleeskwaliteitscriteria.

Omdat daarnaast ook de mate van parasitaire aantasting van de levers als gevolg van *Ascaris lumbricoides* bekend was, werd ook de relatie hiervan met de pH_1 en R nagegaan, alhoewel hiertoe niet direct aanleiding bestond.

13.2 Materiaal en methoden

Alle waarnemingen vonden plaats bij varkens van de proef 'Asten'.

Voor de beoordeling van de longen op pneumonische processen werd een zelfde, doch wat vereenvoudigde puntenwaardering toegepast, als Truyen (1967) bij het door hem verrichte longonderzoek gebruikte. De volgende indeling werd gehanteerd: 0 geen afwijkingen; 1 een lobus aangetast; 2 twee lobi aangetast; 3 drie of meer lobi aangetast waaronder de hoofdlobus; 4 meerdere lobi aangetast

waaronder een groot deel van de hoofdlobus.

De puntenwaardering voor de parasitaire leveraandoeningen was als volgt; 0 geen afwijkingen; 1 respectievelijk 2 zodanige aantasting dat 10 respectievelijk 30% van de lever afgekeurd werd; 3 lever in zijn geheel afgekeurd.

Van de puntenwaarderingen werden correlaties en regressiecoëfficiënten berekend. De verdere afwijkingen gevonden bij de post-mortale keuringen werden afzonderlijk genoteerd en tezamen met de overige gegevens van deze dieren op afzonderlijke lijsten vermeld.

13.3 Resultaten

In tabel 23 zijn waarden voor de vleeskwaliteitscriteria weergegeven voor de diverse klassen van longontsteking. De varkens met de ernstigste longaandoeningen bleken een iets betere vleeskwaliteit te hebben dan de dieren zonder longontsteking. De correlaties tussen beide factoren zijn niet of nauwelijks significant, maar geven wel eenzelfde tendens weer. Zo werd tussen pH_1 resp. R en de mate van longontsteking een binnencorrelatie berekend van 0,052 ($P < 0{,}001$) resp. −0,033 voor de borgen (niet significant) en 0,006 resp. −0,008 voor de gelten, beide eveneens niet significant.

Tussen de parasitaire leveraandoeningen en de pH_1 resp. R konden geen significante

Tabel 23. De relatie tussen de mate van longontsteking en de vleeskwaliteit van varkens van de proef 'Asten'.

Mate van longontsteking	Aantal	pH_1	% $pH_1 < 6{,}0$	R	% $R \geqq 10$
0	2163	6,34	13,0	6,7	24,8
1	1558	6,35	12,4	6,5	22,2
2	345	6,35	15,6	6,2	20,1
3 + 4	122	6,37	12,5	6,2	18,1

Table 23. The relation between the degree of pneumonia and the meat quality of the pigs of the Asten Experiment.

Tabel 24. Waarden voor de vleeskwaliteitscriteria bij varkens lijdend aan enkele van de meest voorkomende pathologische aandoeningen.

Aandoening	Aantal	pH_1	R	% $pH_1 < 6{,}0$	% $R \geqq 10$
Arthritis 1- of r-kniegewricht	30	6,30	7,6	21	33
Epiphysiolysis femurkop	9	6,37	8,2	11	33
Bekkenabces	9	6,32	6,4	0	11
Abces rug-lendewervels	15	6,16	8,7	33	33
Verspreide abcessen met uitzaaiing in de longen	20	6,29	7,5	15	36
Peritonitis en/of enteritis	3	6,70	4,0	0	0
Geen afwijkingen	5036	6,35	6,6	13,7	29

Table 24. Values of criteria for meat quality of pigs suffering from some of the most frequently occurring pathological affections.

correlaties vastgesteld worden.

In tabel 24 zijn enkele van de meest voorkomende aangetroffen pathologische afwijkingen weergegeven met de daarbij behorende vleeskwaliteitscriteria van dezelfde varkens. Bij 30 varkens met één- of tweezijdige arthritis van het kniegewricht werd een gemiddelde pH_1 gemeten van 6,30 en een R van 7,6. Ook bij de dieren lijdende aan een pyaemie, meestal als gevolg van een staartontsteking en gepaard gaande met een uitzaaiing in de longen, werden lage pH_1- en hoge R-waarden gemeten.

13.4 Discussie

De positieve relatie die Sybesma et al. (1966) vonden tussen het voorkomen van PSE-vlees en de mate van longontsteking kon niet bevestigd worden. In het algemeen komt uit het onderzoek zelfs een tegenovergestelde tendens naar voren, alhoewel de correlaties niet of nauwelijks significant zijn. Mogelijk zijn deze verschillen te verklaren door het feit dat Sybesma et al. bij hun onderzoek geen rekening hielden met het laten rusten van de dieren.

De in het eigen onderzoek verstrekte rust van twee à drie uur heeft namelijk, zoals bleek uit de onderzoekingen van hoofdstuk 8 en 9, een sterke daling van het aantal PSE-karkassen tot gevolg. Evenzo is het mogelijk dat een eventuele bestaande ongunstige invloed van pneumonieën op het ontstaan van PSE-vlees niet meer tot uiting zal komen na een rustperiode van twee à drie uur.

De in het algemeen slechtere vleeskwaliteit van dieren met pathologische afwijkingen is moeilijk te verklaren. Het is in overeenstemming met de hypothese van Judge (1972) die stelt dat chronisch aanwezige stressfactoren het vermogen om de stressinvloeden goed te verwerken, verminderen. Daarnaast speelt bij één of tweezijdige arthritis van de kniegewrichten nog een rol dat één of beide achterbenen minder belast of overbelast worden. Uit eigen waarnemingen is namelijk gebleken dat de spieren van het minder belaste achterbeen, zoals bijvoorbeeld bij epiphysiolysis van de femurkop, vaker en in ernstiger mate een PSE-karakter bezitten dan die van het andere overbelaste achterbeen.

14 Het gehalte creatinefosfokinase in het bloed van slachtvarkens en de relatie ervan met de vleeskwaliteit[1]

14.1 Inleiding en probleemstelling

In de humane geneeskunde wordt reeds jaren zowel bij het onderzoek van spieraandoeningen als meer in het algemeen bij fysiologisch onderzoek gebruik gemaakt van enzymbepalingen in het bloedserum. Te noemen zijn in dit opzicht creatinefosfokinase (CPK), aldolase en lactodehydrogenase (LDH).

De concentratie van deze, vooral in de spieren voorkomende enzymen is in het bloedplasma bij acute hartaandoeningen en spierbeschadigingen sterk verhoogd. Er ontstaan hierbij spiercelwandbeschadigingen waardoor de enzymen in grote hoeveelheden vanuit de spiercellen in de bloedbaan komen (Zondag, 1964; Hessel-de Heer, 1968; Merkel, 1971; Hunter & Critz, 1971).

Het ontstaan van PSE-vlees bij varkens en ook het plotseling sterven van de slachtvarkens tijdens het transport wordt momenteel beschouwd als te worden veroorzaakt door een malfunctie van de intermediaire stofwisseling in de spieren (Lister, 1971; Eikelenboom, 1972). Bickhardt (1972) spreekt van een latente myopathie. De stress, verbonden aan het transport van deze dieren, veroorzaakt een stijging van de CPK-concentratie in het bloed.

In het kader van dit onderzoek werd nagegaan of de CPK-waarde in het bij de exsanguinatie vrijkomende bloed een indicatie geeft van de te verwachten vleeskwaliteit. Ter controle van het meer algemeen enzym-niveau van de dieren werd naast de CPK-waarde ook het gehalte aan glutamaat-oxaalacetaat transaminase (GOT-waarde) bepaald.

Bovendien werd onderzocht of genetische verschillen binnen het NL-ras en tussen het NL-ras en kruisingen van het NL- met het GY-ras weerspiegeld worden in verschillen in het CPK-gehalte. Dit zou namelijk van betekenis kunnen zijn voor het opzetten van selectieprogramma's.

14.2 Literatuur

Bij stressgevoelige varkens, zoals die van het Pietrainras kunnen na toediening van stress extreem hoge CPK-waarden in het bloedserum voorkomen (Sybesma, 1970; Allen & Patterson, 1971; Bickhardt, 1971). Binnen een bepaald ras blijken duidelijke verschillen voor te komen tussen stammen en families (hoofdstuk 12).

1. Dit onderzoek vond plaats in nauwe samenwerking met het fysiologisch laboratorium van het IVO Schoonoord te Zeist, dat ook de enzym- en lactaatbepalingen uitvoerde.

Allen & Patterson (1971) adviseren de serum-CPK-waarde te gebruiken als selectiecriterium om de stressgevoeligheid van de diverse stammen en ook om de kruisingsgeschiktheid van stressgevoelige stammen te testen.

Volgens Bickhardt (1971) is bij het varken het quotient GOT/CPK van grotere betekenis dan alleen de CPK-waarde. Een quotient lager dan 0,5, gepaard gaande met een hoge CPK-waarde, is uitgesproken typerend voor spieraandoeningen. Daarnaast kan zowel de CPK-als de GOT-waarde verhoogd zijn als gevolg van allerlei ziekten. Varkens die na weinig stress reeds een CPK-verhoging te zien geven van meer dan 100 mE per ml beschouwt Bickhardt als stressgevoelig mits tenminste de GOT-waarde niet verhoogd is. De CPK-verhoging bereikt volgens hem acht tot tien uur na het begin van de stress zijn maximale waarde en blijft nog twee à drie dagen verhoogd. Merkel (1971) bepaalde in het slachtbloed de CPK-, GOT- en LDH-waarden. Hij deelde de varkens in op grond van de verdeling van rode en witte vezels van de M. gluteus medius, in een normale, in een intermediaire en in een PSE-groep. De varkens behorende tot de normale groep hadden een CPK-waarde die significant lager was dan die van de andere twee groepen (101 tegenover 142 resp. 143).

Lister (1971) concludeerde dat het CPK-gehalte in het plasma en ook het aldolasegehalte bij het Pietrainras en andere vleesrijke rassen een goede afspiegeling vormt van de degeneratieve spiercelveranderingen door de stressinvloeden. Hij deelt de CPK-waarde in bij de 'associated criteria' van de vleeskwaliteit. Hij duidt hiermee aan dat deze waarde wel een indicatie geeft voor de te verwachten vleeskwaliteit, doch dat er geen causaal verband bestaat tussen de veranderde CPK-waarde en het PSE-syndroom. Verder wijst Lister (1971) nog op het belangrijke feit, bekend in de humane geneeskunde, dat vele enzymen en enzymcombinaties genetisch bepaald zijn.

Schmidt, Zuidam & Sybesma (1971) namen biopsieën van de M. longissimus dorsi bij de NL-varkens; 6 tot 12 dagen later werden de dieren geslacht en de vleeskwaliteit vastgesteld. Hierbij bleek dat er een sterk significante correlatie bestond tussen bloed-CPK-waarde en transmissiewaarde van de M. longissimus dorsi ($r = 0{,}60$) en de subjectieve beoordeling van de vleeskwaliteit na 24 uur ($r = -0{,}37$).

14.3 Materiaal en methoden

Er vond een drietal onderzoekingen plaats. Ten eerste werd de relatie tussen de CPK-waarden en de vleeskwaliteit nagegaan. Voorts werden de CPK-verschillen tussen en binnen de rassen bekeken, terwijl ter verdere oriëntering een belastingsproef werd uitgevoerd.

14.3.1 Experiment 1

Op twee verschillende data (resp. groep 1 en 2) werden 82 resp. 83 NL-varkens, afkomstig van de integratiekern 'Asten', onderzocht. De dieren werden met twee auto's aangevoerd en kregen na aankomst op de slachterij drie uur rust in gekoelde hokken. Bij de verbloeding werden bloedmonsters verzameld voor het bepalen van het CPK- en het GOT-gehalte,

Gemiddelde waarden en verschillen tussen borgen en gelten werden vastgesteld; tevens werd uitvoerig de relatie nagegaan met de vleeskwaliteit. Omdat de herkomst van de varkens bekend was, werd ook onderzocht of er gemiddelde CPK-verschillen bestaan bij varkens afkomstig van een aantal mestbedrijven, waarvan gedurende één jaar vleeskwaliteitsbepalingen waren verricht.

14.3.2 Experiment 2

Er werden bloedmonsters genomen van varkens afkomstig van slechts één mestbedrijf. Het betrof 89 zuivere NL-varkens en 79 varkens met GY-beren als vader en NL-zeugen als moeder. Het transport geschiedde met twee vrachtauto's en de tijd tussen aanvoer en het slachten varieerde van nul tot zes uur. De CPK-waarden in het slachtbloed van de zuivere NL-varkens werden vergeleken met die van de kruisingsprodukten van het NL- en GY-ras.

14.3.3 Experiment 3

Bij vier NL-varkens werd langs operatieve weg een blijvende polyethyleen katheter in de vena jugularis externa aangebracht, waarna tevens de eerste bloedmonsters verzameld werden. Zeven dagen later ondergingen twee van de vier varkens een belastingsproef. Deze bestond uit tien minuten lopen op een tredmolen bij een omgevingstemperatuur van 35 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 70%. Op diverse tijden voor en na de belastingsproef werden bloedmonsters verzameld voor CPK-, GOT- en lactaatbepalingen; de uitkomsten staan aangegeven in tabel 29. De twee overige varkens verloren na vier resp. vijf dagen de aangebrachte katheters en konden dus niet meer voor de proef gebruikt worden.

14.3.4 Onderzoek van de bloedmonsters

De monsters werden zo snel mogelijk na het opvangen afgecentrifugeerd, in smeltend ijs afgekoeld en bewaard tot de volgende dag. Van de monsters van groep 1, experiment 1, werden de CPK-, GOT- en lactaatwaarden bepaald. Van die van groep 2 werd uitsluitend het CPK-gehalte bepaald.

Bij de CPK-, GOT- en lactaatbepalingen werd gebruik gemaakt van de Boehringertesten 15926, respectievelijk TC-ATI en TC-B. De waarden werden uitgedrukt in mE per ml serum.

De CPK-bepalingen van experiment 2 werden uitgevoerd door middel van een auto-analyser volgens de methode beschreven door Siegel et al. (1966). Deze methode is nauwkeuriger dan de Boehringertest, maar ook gevoeliger voor factoren als temperatuur, pH, etc. Bovendien is de eenheid waarin Siegel et al. het CPK-gehalte uitdrukken anders gedefinieerd. De resultaten zijn dan ook niet zonder meer met elkaar te vergelijken.

Van groep 2 van experiment 1 werd van 48 monsters volgens beide methodieken de CPK-waarde bepaald. Tussen de uitkomsten van beide methoden kon een correlatie van r = 0,80 tussen beide methodieken berekend worden.

14.4 Resultaten en discussie

14.4.1 Experiment 1

De gemiddelde CPK-, GOT-, pH_1- en R-waarden van de groepen 1 en 2 zijn weergegeven in tabel 25. Omdat bij het onderzoek gedurende het eerste half jaar duidelijke pH_1- en R-verschillen tussen borgen en gelten geconstateerd werden, zijn de gegevens ook per sexe weergegeven.

Zowel uit tabel 25 als 26 blijkt dat de CPK-waarden op de tweede datum hoger zijn dan op de eerste. Ook de vleeskwaliteit was ongunstiger en de transportsterfte was groter, zoals blijkt uit tabel 27. Hierin zijn waarden voor de diverse criteria weergegeven, zowel voor de vleeskwaliteit als voor de transportsterfte op de slachtdata van de groepen 1 en 2.

Van bijzondere betekenis is de vergelijking tussen een zevental mestbedrijven,

Tabel 25. Gemiddelde CPK- en GOT-waarden in het steekbloed en de pH_1 en R-waarden van de varkens van experiment 1.

	Groep 1			Groep 2		
	borgen	gelten	totaal	borgen	gelten	totaal
Aantal	40	41	81	39	43	82
pH_1	6,38	6,35	6,36	6,36	6,25	6,31
R	4,1	5,6	4,8	6,3	8,2	7,4
CPK	196	166	181	276	244	258
GOT	123	117	120	.	.	.

Table 25. Mean CPK- and GOT-values in sticking blood, as well as the pH_1 and R values of the pigs of Experiment 1.

Tabel 26. De CPK-waarden in het slachtbloed onderverdeeld in 5 klassen (experiment 1). Ter vergelijking zijn gegeven de CPK-waarden in katheterbloed zoals deze door Schmidt et al. (1971) werden gevonden.

CPK-waarde	Klasse	Groep 1, aantal	Groep 2, aantal	Groep 1 + 2, %	Schmidt et al., %
0–100	1	40	18	35	10
100–200	2	18	23	25	53
200–400	3	17	20	22	10
400–600	4	4	14	11	10
600	5	3	8	7	17

Table 26. CPK-values of the sticking blood subdivided in 5 classes (Experiment 1). For comparison the values in catheterized blood as found by Schmidt et al. (1971) are given.

Tabel 27. Waarden van enkele criteria voor de vleeskwaliteit en de transportsterfte van de varkens in de groepen 1 en 2, experiment 1.

	Groep 1	Groep 2
Aantal varkens	116	165
% Transportdood	0,0	0,8
% Transportdood van de totale dagaanvoer op de slachterij	0,5	0,8
Gemiddelde pH_1	6,35	6,27
Gemiddelde R	5,3	7,8
% Dieren met $pH_1 < 6,0$	17,2	16,4
% Dieren met $R \geqq 10$	18,1	29,5
Gemiddelde CPK	181	258

Table 27. Values of some criteria for meat quality and transport death of the pigs of groups 1 and 2, Experiment 1.

Tabel 28. Gemiddelde CPK-, pH_1- en R-waarden van de varkens van een zevental mestbedrijven (experiment 1) en de waarden voor de vleeskwaliteitscriteria van varkens van deze mestbedrijven van een heel jaar.

Mestbedrijf	Metingen experiment × 1				Metingen gedurende 1 jaar				
	Aantal	CPK	pH_1	R	Aantal	pH_1	R	% $pH_1 < 6,0$	% $R \geqq 10$
1	15	339	6,21	7,8	295	6,31	7,2	12	29
2	22	284	6,14	7,5	159	6,25	8,0	22	42
3	12	249	6,33	4,8	192	6,27	7,1	17	28
4	9	221	6,37	5,8	200	6,35	6,7	11	26
5	15	217	6,33	6,7	250	6,42	5,3	8	19
6	36	185	6,42	6,1	380	6,37	6,3	10	17
7	17	158	6,51	4,5	362	6,37	6,5	6	16

Table 28. Mean CPK-, pH_1- and R-values of the pigs of seven fattening farms (Experiment 1) and the values for the meat quality criteria of pigs of these farms for a whole year.

waarvan een voldoende aantal dieren bij de CPK-bepalingen van experiment 1 betrokken was. In tabel 28 zijn deze bedrijven gerangschikt naar de grootte van de gemiddelde CPK-waarden. In het linker deel van de tabel is het aantal dieren vermeld waarop de gemiddelde CPK-waarde betrekking heeft, met de daarbij behorende gemiddelde pH_1 en R en het percentage dieren met $pH_1 < 6,0$ en een $R \geqq 10$.

Daarnaast is in de rechterhelft van de tabel vermeld het aantal dieren afkomstig van die bedrijven, waarvan gedurende één jaar pH_1- en R-metingen gedaan zijn, met de daarbij behorende gemiddelde pH_1- en R-waarden en het percentage dieren met $pH_1 < 6,0$ respectievelijk een rigor $\geqq 10$.

Op de eerste plaats spreken uit tabel 28 de grote verschillen tussen de gemiddelde CPK-waarden per mestbedrijf. Bovendien bestaat er een negatieve relatie tussen de hoogte van de CPK-waarde in het bloed en de vleeskwaliteit. Naarmate het CPK-gehalte stijgt worden de pH_1- en R-waarde per bedrijf ongunstiger. Ook de rangvolgorde van de CPK-gemiddelden per bedrijf gemeten op slechts twee dagen, komt overeen met de rangvolgorde van de vleeskwaliteitsbeoordeling per mestbedrijf en is significant volgens de rangcorrelatieberekening van Spearman ($r = -0,88$).

Ook de relatie tussen het CPK-gehalte en het percentage dieren met een $pH_1 < 6,0$ per mestbedrijf is significant (rangcorrelatiecoëfficiënt van Spearman $r = 0,85$).

In fig. 14 en 15 is de CPK-waarde tegen de pH_1- en de R-waarden afzonderlijk voor de gelten en borgen uitgezet. De relatie tussen CPK- en de pH_1- resp. R-waarden komt hierin nogmaals goed tot uiting.

Van 81 varkens van groep 1 konden de volgende correlaties berekend worden:

$$\begin{aligned}
\text{CPK} \times pH_1 &= -0,61 \quad P < 0,001 \\
\text{CPK} \times \text{R} &= +0,64 \quad P < 0,001 \\
\text{GOT} \times pH_1 &= -0,37 \quad P < 0,001 \\
\text{GOT} \times \text{R} &= +0,20 \quad P < 0,10 \\
\text{GOT} \times \text{CPK} &= +0,36 \quad P < 0,001
\end{aligned}$$

Fig. 14. Gemiddelde CPK-waarden in relatie tot de R-waarde. CPK-waarden bepaald en uitgedrukt volgens Boehringer.

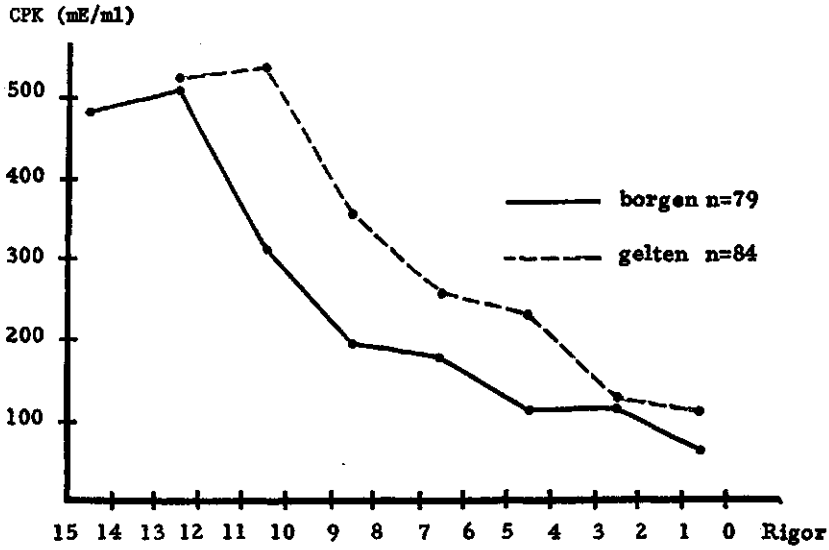


Fig. 14. Mean CPK-values in relation to the R values. CPK values estimated and expressed according to Boehringer.

Fig. 15. Gemiddelde CPK-waarden in relatie tot de pH_1. CPK-waarden bepaald en uitgedrukt volgens Boehringer.

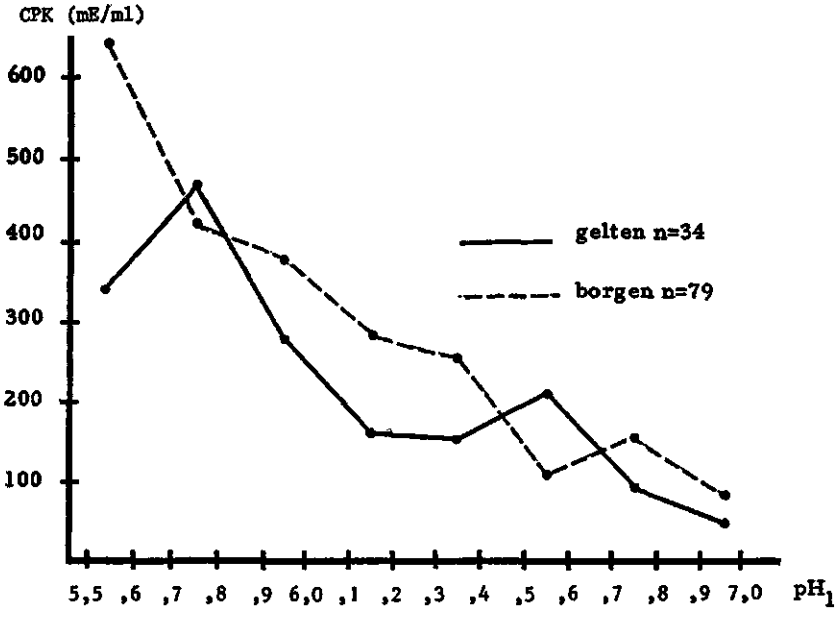


Fig. 15. Mean CPK-values in relation to the pH_1. CPK values estimated and expressed according to Boehringer.

De correlatie tussen CPK- en pH_1 resp. R-waarden spreken voor zichzelf. Die tussen GOT- en pH_1-, resp. R-waarden zijn moeilijker te verklaren. De correlatie CPK × GOT wijst er echter op dat bij de stressgevoelige dieren in het algemeen na het ondergaan van een grote dosis stress ook het GOT-gehalte verhoogd is. Dit komt overeen met de bevindingen van Hunter (1969), die bij ongetrainde mannen na een korte maar krachtige lichaamsinspanning zowel een verhoogde CPK- als een verhoogde GOT-waarde vaststelde. Eikelenboom et al. (1970) vonden hogere GOT-waarden bij stressgevoelige dieren, dit in tegenstelling tot de resultaten van Bickhardt (1969).

14.4.2 Resultaten van experiment 2

De CPK-waarden gevonden in het slachtbloed van de varkens van experiment 2 en bepaald met behulp van de auto-analyser zijn ingedeeld in klassen en weergegeven in fig. 16. Hierbij komt duidelijk het verschil naar voren tussen het CPK-gehalte van de raszuivere NL-varkens en NL × GY-kruisingen ($P < 0{,}0005$). Van deze laatste groep had slechts 9% een CPK-gehalte hoger dan 3,0 in tegenstelling tot de zuivere NL-varkens waarbij dit percentage 37% was.

Ook Allen et al. (1971) vonden bij kruisingen van Pietrainvarkens met Landrasvarkens significant lagere CPK-waarden dan bij de raszuivere Pietrainvarkens.

Fig. 16. Vergelijking van de CPK-waarde tussen zuivere NL-varkens en kruisingen van het NL- en het GY-ras. CPK-waarden werden bepaald en uitgedrukt volgens Siedel et al. (1966).

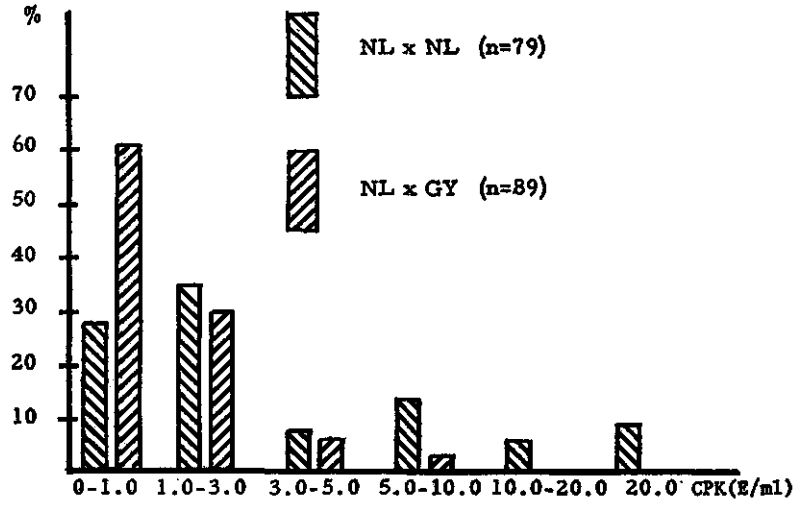


Fig. 16. Comparison of the CPK value between pigs of Dutch Landrace breed and crossbreeds of DL and GY. CPK values were measured and expressed according to Siedel et al. (1966).

14.4.3 Resultaten van experiment 3

De CPK-, GOT- en lactaatwaarden van de varkens I en II die de belastingsproef ondergingen staan vermeld in tabel 29. Ook fig. 17 geeft het verloop van de CPK-waarde duidelijk weer.

In tabel 29 valt op dat de CPK-waarden na de operatieve ingreep sterk verhoogd waren en dat deze verhoging vier tot vijf dagen stand hield.

Ook de twee varkens die later de katheter kwijtraakten gaven eenzelfde beeld te zien. Het transport van de dieren naar de klimaatkamer veroorzaakte een kleine stijging van de CPK-waarde en een opvallend grote stijging van de lactaatwaarden. Direct na de belastingsproef op de tredmolen stegen de CPK-waarden, terwijl de lactaatwaarden reeds gedaald waren tot het normale niveau. Een uur na de proef waren de maximale CPK-stijgingen bereikt. Bij varken II was deze stijging na drie uur weer verdwenen, bij varken I duurde de daling wat langer, echter korter dan 24 uur.

Fig. 17. Verloop van de serum-CPK-waarde bij 4 varkens na het aanbrengen van een katheter in de vena jugularis externa, bij twee varkens gevolgd door een belastingsproef met een tredmolen. CPK-waarden bepaald en uitgedrukt volgens Boehringer.

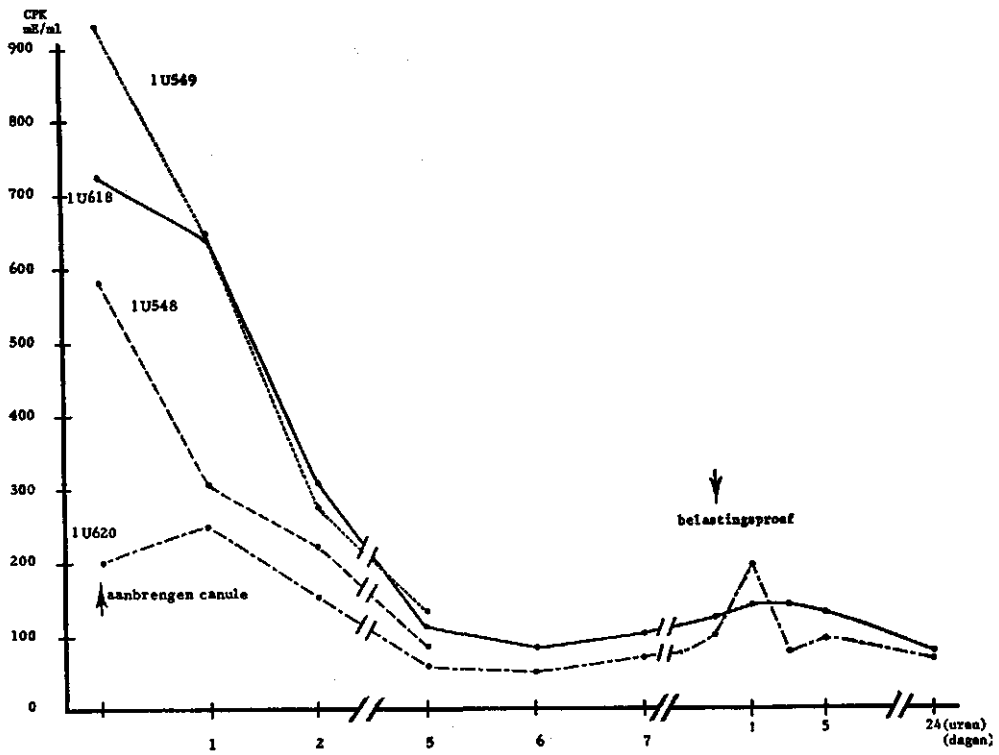


Fig. 17. CPK curves for 4 pigs after placing a catheter in the vena jugularis externa and for 2 pigs before and after the stress experiment with a treadmill. CPK values were measured and expressed according to Boehringer.

Tabel 29. CPK-, GOT- en lactaatwaarden bij 2 varkens (I en II) na het aanbrengen van een katheter in de vena jugularis externa, en direct vóór en na een belastingproef met een tredmolen bij 35 °C.

Tijdstip van meting	CPK		GOT		Lactaat	
	I	II	I	II	I	II
Na aanbrengen katheter	725	198	45	34	35	39
1 Dag na aanbrengen katheter	643	255	25	25	36	19
2 Dagen na aanbrengen katheter	305	148	16	18	19	17
5 Dagen na aanbrengen katheter	107	66	36	13	28	19
6 Dagen na aanbrengen katheter	82	58	16	22	25	18
7 Dagen na aanbrengen katheter	98	72	16	7	22	9
Direct voor de stress	105	75	13	9	74	110
Direct na de stress	121	99	16	13	30	21
1 Uur na de stress	140	192	18	11	21	17
3 Uur na de stress	140	74	13	11	13	15
5 Uur na de stress	132	91	13	18	13	11
24 Uur na de stress	77	66	13	11	16	11

Table 29. CPK, GOT and lactate values for 2 pigs (I and II) after placing the catheter in the vena jugularis externa and immediately before and after the stress experiment with the treadmill at 35 °C.

14.4.4 Discussie

Experiment 1 en 2 De CPK-waarden van experiment 1, bepaald in het steekbloed van de slachtvarkens, bleken op hetzelfde niveau te liggen als de door Schmidt et al. (1971) gevonden CPK-waarden in bloed, verkregen via punctie in de vena cava bij levende varkens. Dit is in tegenstelling met de bevindingen van Allen & Patterson (1971), die meestal in steekbloed aanzienlijk hogere CPK-waarden vonden dan in bloed verkregen na punctie. Het blijkt dat het steekbloed voor het bepalen van de CPK-waarden bruikbaar is, zeker als het gaat om een indruk te krijgen van de gemiddelde waarden van groepen dieren.

De gevonden gemiddelde CPK-waarden (tabel 26) zijn iets lager dan de gemiddelde waarde van Schmidt et al. (1971).

Bickhardt (1971) vond gemiddelde CPK-waarden van 25 mE vóór een stressbehandeling, en 43 mE erna. Bij varkens die als stressgevoelig bekend stonden waren deze cijfers 133, respectievelijk 312 mE. Ook de gegevens van Merkel (1971) zijn vergelijkbaar. Hij vond bij stressgevoelige en bij normale varkens CPK-waarden van 142 respectievelijk 104 mE per ml serum.

Uit de tabellen 25 en 28 en de figuren 14 en 15 komt de relatie tussen CPK en vleeskwaliteit, met pH en R als criterium, duidelijk tot uiting. Ook de hoge correlatiecoëfficiënten van CPK-waarde met resp. pH_1 en R, nl. $r = -0{,}61$ en $r = +0{,}64$, die berekend konden worden bij 81 NL-varkens, bevestigen dit.

Deze feiten ondersteunen de opvatting dat de vleeskwaliteit in belangrijke mate beïnvloed wordt door het totaal aan stress dat de varkens de laatste uren voor het

slachten ondergaan. De grote spreiding van de CPK-waarden die binnen het NL-ras bestaat, zoals blijkt uit tabel 26, wijst op een grote variatie in de individuele stressgevoeligheid voor het opladen en het transport. (Het slachtproces zelf heeft weinig invloed op het CPK-gehalte omdat een CPK-verhoging na een stress pas na 10–15 minuten aantoonbaar is (Bickhardt 1969)). Speciaal ook de goede correlatie tussen CPK- en R-waarden is van belang. Het geeft houvast aan de stelling dat de rigorwaarde een goed criterium is voor het totaal aan stress dat het slachtvarken ondergaan heeft. Zo werd voor de slachtvarkens met een $R \geqq 10$ een CPK-waarde berekend van 424. Voor de dieren met $5 < R < 10$ en $R \leqq 5$ waren deze cijfers respectievelijk 235 en 141. Daarnaast is de rigor duidelijk gecorreleerd met de pH_1 ($r = -0{,}76$) en mede daardoor bruikbaar als criterium voor de vleeskwaliteit (Verdijk, 1972).

Fig. 16 geeft aan dat er significante verschillen bestaan tussen de CPK-waarden van de raszuivere NL-varkens en kruisingen van NL- met het GY-ras. Dit duidt erop dat de kruisingen van het NL- × GY-ras meer bestand zijn tegen stressinvloeden voor het slachten dan raszuivere NL varkens. Analoge resultaten zijn beschreven door Allen & Patterson (1971) en Bickhardt (1971).

Ook binnen het NL-ras bestaan verschillen tussen families, zoals blijkt uit de significante verschillen die gevonden werden tussen de CPK-waarden van enkele mestbedrijven (tabel 28).

Bij een zevental mestbedrijven bleek er een significante rangvolgorde te bestaan tussen de vleeskwaliteitscriteria en de CPK-waarden. Dit biedt de mogelijkheid om in de praktijk een indruk te krijgen van de stressgevoeligheid van de varkens van een bepaalde fokker of mester door slechts van een gering aantal dieren de CPK-waarden in het slachtbloed te bepalen.

Experiment 3 Uit fig. 17 komen duidelijk twee soorten CPK-verhogingen naar voren. De eerste als gevolg van de operatieve ingreep, is uitzonderlijk groot en duurt enkele dagen.

De tweede na de tredmolenproef is veel minder groot en slechts van korte duur. Analoog aan de enzymwaarde-interpretatie van Schmidt & Schmidt (1970) wijst de eerste verhoging op een ernstige beschadiging van een kleine hoeveelheid weefselcellen, hetgeen door de kleine chirurgische ingreep te verklaren valt. De tweede verhoging wijst volgens Schmidt & Schmidt (1970) op een lichte weefselcelbeschadiging die op een uitgebreidere schaal heeft plaatsgevonden.

De resultaten van de CPK-bepaling na de tredmolenbelasting komen niet overeen met die van Bickhardt (1969). Hij vond nl. dat de CPK-waarde na een gelijksoortige stress pas 10–20 uur later zijn maximum bereikt. Verder bleef deze verhoging nog twee dagen bestaan.

De sexeinvloed Bij de borgen werd gemiddeld een hogere CPK-waarde gevonden dan bij de gelten (tabel 25). Het omgekeerde werd verwacht. De vleeskwaliteit van de gelten immers is beduidend slechter dan die van de borgen (Verdijk 1972).

Uit fig. 15 blijkt dat de CPK-verschillen tussen de geslachten het grootst zijn bij de

lagere pH_1-waarden. Bij een pH_1 van 6,0 hebben de gelten een veel lager CPK-niveau dan de borgen. Dezelfde waarnemingen herhalen zich bij de relatie tussen CPK en rigor. Dit geeft aanleiding te veronderstellen dat de borgen minstens even stressgevoelig zijn als de gelten. Ze hebben immers, gezien de gemiddelde CPK-waarden, evenveel beschadigingen van de spiercelmembraan als de gelten, terwijl de stressinvloeden voor beiden even groot zijn geweest. Dat desondanks de vleeskwaliteit van de gelten aanzienlijk slechter is dan die van de borgen, zou er op kunnen wijzen dat de spieren van de borgen zich na een doorstane stress sneller kunnen herstellen dan die van de gelten. Dit geeft steun aan de opvatting van Sybesma (1964) dat de zuurstofvoorziening van de spieren bij vrouwelijke dieren slechter is dan van die bij mannelijke. Hij verwijst hierbij naar proeven met muizen waarbij dit vastgesteld werd. De slechtere zuurstofvoorziening zal de zuurstofconsumptie van de spiercelmitochondriën, die bij stressgevoelige varkens toch al lager is dan normaal, zeker nadelig beïnvloeden. Volgens Eikelenboom (1972) speelt de stofwisseling van de spiercelmitochondriën een essentiële rol bij het ontstaan van PSE-vlees.

14.5 Conclusies

Het transport van varkens naar een slachterij brengt in veel gevallen een zo zware belasting met zich mee dat spiercelbeschadigingen ontstaan en het enzym CPK in grote hoeveelheden in het bloedserum vrij komt. In dit onderzoek bleek dat de concentratie van het enzym sterk gecorreleerd was met de pH_1 ($r = -0{,}61$) en met de R ($r = +0{,}64$) van de M. semimembranosus. Dit steunt de veronderstelling dat de vleeskwaliteit in sterke mate bepaald wordt door het totaal aan stressinvloeden dat het varken voor het slachten ondergaat. Dit totaal wordt enerzijds bepaald door de omvang van de stressinvloeden, anderzijds door de weerstand van het dier ten opzichte van deze stressinvloeden. Deze weerstand is ten dele erfelijk bepaald, zoals de CPK-verschillen aangeven die in dit onderzoek naar voren kwamen tussen raszuivere NL-varkens en kruisingen van NL- met GY-varkens. De verschillen tussen de CPK-waarden van de varkens afkomstig van een zevental mestbedrijven kunnen daar ook op wijzen. Alhoewel de vleeskwaliteit van de borgen beter is dan die van de gelten waren de CPK-waarden voor beiden niet significant verschillend. Dit leidde tot de hypothese dat de borgen even stressgevoelig zijn als de gelten, doch dat de spieren zich sneller na een doorstane stress kunnen herstellen.

Samenvatting en conclusies

Het rendement van de varkensmesterij in Nederland wordt verminderd door sterfte van de varkens tijdens het transport naar de slachterij en het veelvuldig voorkomen van bleek, slap en waterig varkensvlees (PSE-vlees = pale, soft and exudative meat). De totale schade door beide factoren veroorzaakt, bedraagt thans ca. 22 miljoen gulden per jaar, waarvan ca. 10 miljoen gulden als gevolg van het voorkomen van PSE-vlees (door minder goed waterbindend vermogen ontstaan grotere verliezen bij de verwerking).

Ook DFD-vlees (dark, firm and dry meat), veroorzaakt door dezelfde factoren als het PSE-vlees komt frequent voor in ons land. Dit donkere en kleverige vlees heeft minder goede organoleptische eigenschappen en is korter houdbaar.

Zowel de transportsterfte als PSE- en DFD-vlees zijn een gevolg van een onvoldoende weerstand van de varkens tegen de behandeling in de laatste periode voor het slachten, in het bijzonder tijdens het transport. Deze stressgevoeligheid is de laatste jaren sterk toegenomen als gevolg van een eenzijdige selectie van varkens op een gunstiger groeisnelheid, voederconversie en de slachtkwaliteit (vlees-vet-been verhouding).

De opzet van deze dissertatie was via een praktijkonderzoek meer gegevens ter beschikking te krijgen over de factoren die bij het ontstaan van transportschade en afwijkende vleeskwaliteit een rol spelen en over eventuele bestaande relaties met foktechnische kenmerken van het varken.

In hoofdstuk 2 is een beknopt overzicht gegeven van literatuurgegevens betreffende de stressgevoeligheid bij varkens en het PSE- en DFD-syndroom.

De methoden van onderzoek en het proefmateriaal zijn vermeld in hoofdstuk 3. Als criteria voor de vleeskwaliteit werden gebruikt de pH- en rigorwaarden van de M. semimembranosus gemeten 32–37 minuten na de dood van het varken. Indien de pH-waarde van de M. semimembranosus op dat moment reeds lager was dan 6,0 werden de karkassen beschouwd als 'PSE'. Het onderzoek werd uitgevoerd bij ca. 5000 varkens van het NL-ras afkomstig van 17 mestbedrijven, behorende tot de zogenaamde integratie-groep 'Asten'. Van deze dieren waren de afstammings- en foktechnische gegevens bekend, als ook de wijze van huisvesting, verzorging en transport, zodat tussen diverse kenmerken correlaties berekend konden worden.

Gedurende één jaar werden wekelijks 150–200 varkens onderzocht. Deze varkens werden aangevoerd met twee à drie vrachtauto's. Vóór het slachten kregen ze steeds twee à drie uur rust. Na bedwelming met behulp van CO_2-gas werden de varkens verder afgeslacht aan een sterk geautomatiseerde slachtlijn. Aan het einde hiervan werden de karkassen gewogen en werd de slacht- en vleeskwaliteit vastgesteld. De

NL-varkens nodig voor de experimenten beschreven in hoofdstuk 4, 8 en 13 werden steeds willekeurig gekozen uit de normale aanvoer en behoorden als regel niet tot de proef 'Asten'.

In hoofdstuk 4 wordt de pH_1 (de pH-waarde 32–37 minuten na de dood) en de eind-pH van enkele spieren onderling vergeleken. Hoge correlatiecoëfficiënten werden vastgesteld tussen de pH_1, respectievelijk de eind-pH van de M. long. dorsi en die van de M. semimembranosus ($r = + 0{,}87$, resp. $r = + 0{,}84$), hetgeen er op wijst dat het pH-verloop van beide spieren vrijwel geheel met elkaar overeenkomt. Beide spieren zijn geschikt voor het in de praktijk op eenvoudige en snelle wijze bepalen van de pH_1. Deze pH_1-waarde geeft een goede indicatie voor het opsporen van PSE-karkassen doch de M. semimembranosus verdient hierbij de voorkeur omdat deze spier gemakkelijker bereikbaar is waardoor pH_1- en R-meting op eenvoudige wijze verricht kunnen worden. De eind-pH van de M. adductor was gemiddeld hoger dan 6,0 en 0,35 eenheid hoger dan die van de M. semimembranosus.

Uit de experimenten beschreven in hoofdstuk 5 bleek dat de in de literatuur wat te gemakkelijk aanvaarde variatie van het tijdstip waarop de pH_1 gemeten wordt, nl. op 30 tot 45 minuten tot grote verschillen in uitkomsten, c.q. percentages PSE-dieren en interpretatie daarvan kan leiden. Verschuiving van het tijdstraject van meting 32–37 minuten na de exsanguinatie naar 5 respectievelijk 15 minuten later gaf een verlaging van de pH_1 van 0,06 respectievelijk 0,10 pH_1-eenheid. Hieruit blijkt dat een exacte aanduiding van het pH_1-meettijdstip beslist noodzakelijk is.

Aangezien het ontstaan van PSE-vlees in sterke mate wordt bepaald door de temperatuur van het vlees, is het van groot belang deze zo snel mogelijk te doen dalen. Daarom is het van belang het slachtproces zo koel mogelijk te laten verlopen en vooral het openen van het karkas snel te laten plaatsvinden. Deze gegevens worden onderstreept door de bevinding dat verlenging van de tijd tussen exsanguinatie en evisceratie met vijf minuten een verlaging van de gemiddelde pH_1 met 0,1 pH_1-eenheid tot gevolg had. Duidelijk komt naar voren dat een zo snel mogelijke evisceratie van het karkas van groot belang is voor de vleeskwaliteit.

In hoofdstuk 6 wordt vermeld dat de gemiddelde pH_1 van de M. semimembranosus van 5036 varkens van de integratiegroep 'Asten' $6{,}35 \pm 0{,}33$ bedroeg en de gemiddelde rigor $6{,}57 \pm 3{,}66$. Tussen beide kon een correlatie van $r = 0{,}76$ berekend worden. Het percentage dieren met een $pH_1 < 6{,}0$ (PSE-dieren) bedroeg 13,7%. Wanneer de pH_1 van de M. longissimus dorsi als PSE-criterium gebruikt zou zijn, zou dit geleid hebben tot een percentage PSE-karkassen van 18,3%. Bij 28,8% van de varkens was de rigor in de M. semimembranosus 32–37 minuten na het slachten reeds volledig ingetreden ($R \geqq 10$). Aan de hand hiervan wordt gesteld dat tenminste 28,8% van de varkens in stresstoestand geslacht werd.

In hoofdstuk 7 wordt bevestigd dat er tussen beren, borgen en gelten aanzienlijke verschillen in vleeskwaliteit bestaan. Voor de borgen werd een gemiddelde pH_1 van 6,40 en voor de gelten één van 6,29 vastgesteld. Het percentage PSE-dieren bedroeg respectievelijk 10,8 en 16,7%. De vleeskwaliteit van beren, opgefokt en afgemest op dezelfde wijze als de overige slachtvarkens was gelijk aan of zelfs nog beter dan die

van de borgen.

In hoofdstuk 8 is uitvoerig het onderzoek beschreven naar de onder praktijkomstandigheden voor de vleeskwaliteit optimale duur van de rustperiode na aankomst op een slachterij. Groepen varkens met dezelfde voorgeschiedenis en behorende tot eenzelfde transport werden verdeeld in subgroepen die, geslacht na verschillende rustperioden, met elkaar vergeleken werden. Hierbij bleek het percentage PSE-dieren in de groepen die drie à vier uur gerust hadden in de winter 7% en in de zomer zelfs 40% lager te zijn dan in de groepen die niet gerust hadden (tabel 7 en 9). Deze daling was groter naarmate de varkens in ernstiger stresstoestand op de slachterij aankwamen.

Verlenging van de rustduur tot zes à zeven uur gaf weinig verdere verlaging van het percentage PSE-dieren. Wel nam het percentage dieren met een te hoge eind-pH bij deze verlenging toe (tabel 10 en 11). Geconcludeerd werd dat twee tot vier uur rusten van de varkens op de slachterij de optimale tijd is om een zo gunstig mogelijk percentage PSE- en DFD-dieren te verkrijgen. Deze conclusie is mede gebaseerd op het onderzoek van Steinhardt et al. (1970) en Mickwitz et al. (1971). Zij stelden vast dat lichaamstemperatuur, ademhalings- en hartfrequentie van varkens na een hittestress of in het algemeen na een transport, na ca. twee uur weer normaal zijn.

De afname van het percentage dieren met PSE-vlees gedurende een rustperiode van ca. twee uur komt tot stand doordat een deel van de zich in stresstoestand bevindende dieren zich herstelt. Bij een ander deel blijft de versnelde afbraak van spierglycogeen zich voortzetten, waardoor deze glycogeenvoorraad uitgeput raakt en geen PSE-vlees meer kan ontstaan. Bij deze laatste groep dieren wordt wel de kans op het ontstaan van DFD-vlees groter.

Tussen de vier jaargetijden werden bij de proef 'Asten' geen noemenswaardige vleeskwaliteitsverschillen gevonden (hoofdstuk 9). Op dagen met buitentemperaturen om en beneden het vriespunt bleek de vleeskwaliteit significant slechter dan op dagen met hogere temperaturen (tabel 13). Hoge buitentemperaturen bleken geen nadelige invloed te hebben op de vleeskwaliteit indien de varkens na aankomst gedouched werden met koud water en daarna twee à drie uur rust kregen voor het slachten. Van de varkens die zonder rust geslacht werden was het percentage PSE in de zomer 4% hoger dan in de winter.

In hoofdstuk 10 is uitvoerig aandacht besteed aan de relatie tussen slacht- en vleeskwaliteit. Tussen spekdikte en pH_1 en R konden, indien afzonderlijk berekend voor gelten en borgen, geen significante correlaties vastgesteld worden. Tussen slachttype en pH_1 respectievelijk R daarentegen kon voor de borgen een significante correlatie berekend worden van $r = +0{,}41$ respectievelijk $r = -0{,}45$. Voor de gelten waren deze cijfers $r = +0{,}15$ respectievelijk $r = -0{,}22$ (tabel 15). Zo was het percentage PSE-dieren van het slachttype A 20% en bij die van het slachttype B slechts 2,4%. Op grond van deze hoge correlaties werd een invloed verondersteld van de vleeskwaliteit op de slachttypebeoordeling. Ter ondersteuning van deze hypothese werden de gegevens van een drietal proeven uitgevoerd door het IVO 'Schoonoord' te Zeist, nader geanalyseerd (tabel 16). Hieruit kon geconcludeerd worden dat de IA-dieren in het algemeen gemiddeld een hoger hampercentage bezitten (0,5 tot 1%) dan de IB-

dieren. Daarnaast echter bevestigen de hogere rigorwaarden van de IA- ten opzichte van de IB-dieren bij gelijke bevleesdheid van de ham de veronderstelde interactie. De hoge correlaties tussen slachttype en de pH_1-, respectievelijk R-waarde, moeten dan ook enerzijds verklaard worden door een grotere bevleesdheid van de dieren met slachttype A, anderzijds door een schijnbaar grotere bevleesdheid veroorzaakt doordat bepaalde spieren door de snel ingetreden rigor mortis omvangrijker lijken.

Daar de ontwikkeling van de rigor niet zoals die van de pH rechtstreeks afhankelijk is van de glycogeenvoorraad, verdient de rigormeting als criterium voor een eventuele invoering van een vleeskwaliteitsbeoordeling op grotere schaal de voorkeur boven de pH_1-meting.

De relatie tussen produktiekenmerken en vleeskwaliteit, genetische factoren buiten beschouwing gelaten, waren, zoals blijkt uit hoofdstuk 11, niet of nauwelijks aantoonbaar. De correlaties tussen de pH_1 respectievelijk R en de groeisnelheid, berekend binnen de mestbedrijven, waren negatief doch niet significant. Tussen pH_1 respectievelijk R en de leeftijd van de mestvarkens konden wel significante binnen-correlaties berekend worden. Gemiddeld waren de varkens met een lage pH_1 twee dagen ouder dan die met een hogere pH_1. De lage correlatie- en regressiecoëfficiënten tussen vleeskwaliteit en groeisnelheid respectievelijk leeftijd wijzen erop dat een selectie op vleeskwaliteit niet ten koste hoeft te gaan van de groeisnelheid. Tussen slachtgewicht en pH_1 werd een negatieve binnen-correlatie vastgesteld, met als regressie voor de gelten 1,71 kg en voor de borgen 0,89 kg per pH_1-eenheid. Opvallend is dat de verdeling van de borgen over de 3 pH_1-categorieën in elke gewichtsklasse (tabel 18) vrijwel gelijk is, terwijl die van de gelten bij toenemend gewicht ongunstiger wordt. Omwille van een betere vleeskwaliteit verdient het daarom aanbeveling de gelten eerder te slachten dan de borgen, bij voorkeur bij een gewicht lager dan ca. 100 kg.

De invloed van rasverschillen op de vleeskwaliteit zijn behandeld in hoofdstuk 12. De F_1-kruisingen tussen het GY- en NL-ras bleken in het algemeen een betere vleeskwaliteit te bezitten dan de raszuivere NL-varkens. De grotere stressresistentie tegen transportinvloeden van deze F_1-kruisingen komt op bijzondere wijze tot uiting in de aanzienlijk lagere CPK-waarden, die in het slachtbloed van deze dieren (fig. 16) gevonden werden.

Tussen de nakomelingen van de diverse fokberen van de proef 'Asten' bleken duidelijke verschillen in vleeskwaliteit te bestaan. Zo was het aantal PSE-dieren in de groep nakomelingen van 29% van de fokberen kleiner dan 10%, bij 59% kleiner dan 20 en groter dan 10% en bij 12% groter dan 20%. Geconcludeerd werd dat verschillen in vleeskwaliteit tussen varkens van verschillende mestbedrijven voor het overgrote deel berusten op genetische factoren.

Het onderzoek (hoofdstuk 13) naar de relatie tussen de pathologische afwijkingen die gekonstateerd werden bij de keuring na het slachten en de vleeskwaliteit leverde weinig positieve resultaten op. Tussen pH_1 en R en de ernst van longontsteking kon geen relatie vastgesteld worden. Lokale aandoeningen zoals arthritiden en lokale abcessen bleken vaak aanleiding te geven tot een slechtere vleeskwaliteit (tabel 24).

Van een groot aantal varkens werd het gehalte creatinefosfokinase in het steekbloed

bepaald (hoofdstuk 14). Hierbij werd een duidelijke correlatie tussen pH_1 respectievelijk R en het CPK-gehalte van het bloed vastgesteld ($r = -0{,}61$ respectievelijk $r = +0{,}64$). In tegenstelling tot het feit dat de vleeskwaliteit van de gelten significant slechter was dan die van de borgen, waren de CPK-waarden bij beide sexen niet significant verschillend, hetgeen inhoudt dat de spiercelbeschadigingen als gevolg van de transportstress bij beide sexen even groot zijn. Dat desondanks de vleeskwaliteit van de borgen beter is, zou erop kunnen wijzen, dat deze dieren zich na de transportstress sneller herstellen dan de gelten. Ook het slechts geringe verschil in het percentage transportsterfte van de gelten en borgen geeft steun aan deze veronderstelling.

Het verloop van de CPK-waarde in het bloed van twee varkens tijdens een belastingsproef gaf aan dat de spiercelbeschadigingen van lichte aard zijn, doch wel op uitgebreide schaal voorkomen (fig. 17).

Geconcludeerd kan worden dat de CPK-waarde in het bloed, vooral van groepen varkens, een bruikbaar ciriterium vormt voor de stressgevoeligheid.

Summary and conclusions

Causes of aberrant meat quality in stress-susceptible pigs

The revenue from pig fattening in the Netherlands is reduced by death of pigs during transport to the slaughterhouse and the frequent occurrence of pale, soft and exudative meat (PSE). At present the total annual loss, caused by both factors, amounts to about 22 million Hfl, of which about 10 million is due to PSE meat (its poorer waterbinding capacity increases the loss at processing).

Dark, firm and dry meat (DFD), also caused by stress during transport, occurs frequently in the Netherlands too. This dark and sticky meat has inferior organoleptic qualities and a shorter shelf-life.

Transport death as well as PSE and DFD meat are a consequence of an insufficient resistance of the pigs to stress during their treatment before slaughtering, especially during transport. This stress susceptibility has increased during the last years because pigs have been selected only on a more favourable growth rate, food conversion and carcass quality (meat: fat: bone ratio).

The aim of this thesis was to study those factors that cause transport death and inferior meat quality, and to determine any relations that may exist between transport death and meat quality, and the breeding characteristics of the pigs.

Chapter 2 gives a brief review of the literature on stress susceptibility in pigs and the PSE and DFD syndrome.

The methods and materials of the experiments are described in Chapter 3. The pH and rigor values of the M. semimembranosus, measured 32–37 min after death were used as criteria for meat quality. If the pH value of the M. semimembranosus was lower than 6.0, the carcasses were regarded as PSE. The experiments were done with about 5000 Dutch Landrace pigs, from 17 fattening farms belonging to the 'Asten Integration Group'. For all these pigs data on descent and breeding, and fattening were known, also the method of housing, management and transport. Thus it was possible to calculate the correlations between different characteristics. For one year 150–200 pigs were examined every week. These pigs were transported to the slaughterhouse in 2 or 3 lorries. Before slaughtering they were rested for 2 or 3 hours. After stunning with carbon dioxide, the pigs were slaughtered on a highly automated slaughter-line. At the end of this line the carcasses were weighed and the carcass and meat quality estimated. The Dutch Landrace pigs for the experiments of Chapters 4,8 and 13 were chosen at random from the normal intake and did not normally belong to the Asten Experiment.

In Chapter 4, the pH_1 value (measured 32–37 min after death) and the ultimate pH-

value of some muscles were compared. High correlation-coefficients were found between the pH_1 values and between the ultimate pH-values of the M. longissimus dorsi and the M. semimembranosus ($r = +0.87$ and $+0.84$, respectively) so that the pH course in both muscles is practically the same. Both muscles are acceptable for measuring the pH_1 value (this value is a good indication that a carcass is PSE) under practical circumstances but the M. semimembranosus is preferable because it is easier to reach. Thus the pH_1 and rigor values (R) could be measured simply and efficiently. The final pH-value of the M. adductor was on average higher than 6.0 and 0.35 units higher than that of M. semimembranosus.

In practice the range of time during which the pH is measured, 30–45 min, is too easily accepted.

The experiments described in Chapter 5 showed that this wide range could account for large differences in results, namely percentages of PSE animals, and their interpretation. Shifting the measuring range of 32–37 min after exsanguination by 5 and 15 min decreased the pH_1 value by 0.06 and 0.18 units, respectively. Therefore an exact indication of the measuring time of the pH_1 value is absolutely necessary. Because the origin of PSE meat is influenced by the temperature of the meat, it is very important to decrease this temperature quickly. Therefore the environment during slaughtering should be as cool as possible and especially the carcass should be opened as quickly as possible. That these conditions are very necessary was supported by the finding that the prolongation of the time between exsanguination and evisceration by 5 min resulted in a decrease of the mean pH_1 value by 0.1 units. Thus a quick evisceration of the carcass is very important for meat quality.

Chapter 6 gives the mean pH_1 values of the M. semimembranosus for 5036 pigs of the Asten Integration Group. The mean pH_1 was 6.35 ± 0.33 and the mean rigor value 6.57 ± 3.66. For both a correlation of $r = -0.76$ was calculated. The percentage of pigs with a $pH_1 < 6.0$ (PSE animals) was 13.7. If the pH_1 value of the M. longissimus dorsi had been used as a criterion for PSE, the percentage of PSE carcasses should have been 18.3. In 28.8% of the pigs, the rigor in the M. semimembranosus, 32–37 min after death, was already complete. Hence it is concluded that at least 28.8% of the pigs were slaughtered in a condition of stress.

In Chapter 7 it is confirmed that there are considerable differences in meat quality between boars, gilts and barrows. The pH_1 value for the barrows was 6.40 and for the gelts 6.29; the percentage of PSE animals was 10.8 and 16.7, respectively. The meat quality of the boars, reared and fattened in the same way as the other pigs, was equal to or even better than that of the barrows.

In Chapter 8 experiments are described on the optimum length of the rest period of the pigs after arrival at the slaughterhouse, in relation to optimum meat quality. Groups of pigs with the same history and belonging to the same transport were divided in subgroups, which were slaughtered after different rest periods and then compared. The percentage of PSE animals in the groups that had rested 3 to 4 hours decreased in winter by 7% and in the summer by even 40%, compared with groups that had no rest at all (Tables 7 and 9). As the stress condition of the pigs after transport became

more serious, this decrease became larger.

Extending the rest period to 6 or 7 hours resulted in no further decrease in the percentage of PSE pigs. This prolongation did increase the percentage of carcasses with a high ultimate pH value (Tables 10 and 11). It was concluded that under Dutch condition a rest period of 2 to 4 hours is optimum to obtain the lowest possible percentage of PSE and DFD animals. This conclusion is also based on the research of Steinhardt and Georgiev (1970) and Mickwitz et al. (1970). They noticed that body temperature, respiratory and pulse frequency of pigs, after heat stress or in general after transport, were back to normal after two hours.

The percentages of PSE animals decreases during a rest period of about 2 hours because some pigs that were in a stress condition recover and in others the accelerated demolition of the muscle glycogen continues so that no PSE meat can be formed. In this latter group the chance of DFD meat increases.

In the Asten experiment, no differences in meat quality between the four seasons were evident (Chapter 9). On days with outside temperatures around and below zero, the meat quality was significantly worse than on days with higher temperatures (Table 13). High outside temperatures had no harmfull effect on meat quality if the pigs were sprinkled with cold water on arrival and left to rest for 2 to 3 hours before slaughtering. The percentage of PSE animals of those pigs slaughtered without a rest was 4% higher in summer than in winter.

In Chapter 10 the relation between carcass and meat quality is discussed at length. No significant correlation was found between backfat thickness and pH_1 and R, respectively. Between slaughter type and pH_1 and R, respectively a significant correlation was found for barrows of $r = +0.41$ and -0.45, respectively. For gilts these data were $r = +0.15$ and -0.22, respectively (Table 15). The percentage PSE carcasses of slaughter type A was 20% and of slaughter type B only 2.4%. These high correlations suggested an influence of the meat quality on the assessment of slaughter type. To find support for this hypothesis, the data of three experiments done by the Institute of Animal Husbandry, 'Schoonoord' at Zeist, were further analysed (Table 16). This analysis showed that the carcasses classed IA usually have a higher mean ham percentage (0.5 to 1.0%) than the IB animals. However the higher rigor values of the IA carcasses compared with the IB carcasses with the same meatiness of the ham, confirmed the interaction. The high correlation between slaughter type and pH_1 and R values, respectively had to be explained on the one hand by a bigger meatiness of slaughter type A animals and on the other by an apparent bigger meatiness caused by some muscles seeming voluminous when rigor mortis sets in fast.

Because the development of the rigor, unlike that of the pH, is directly dependent on the glycogen supply, measuring the rigor value in practice is a better criterion on a large scale for meat quality than the pH_1 value.

The relation between fattening performance and meat quality, omitting genetic factors was hardly indicated (Chapter 11). The correlations between growth rate and pH_1 and R, respectively were negative but not significant. The growth rates were calculated on the fattening farms. However between the age of the fattening pigs and

pH_1 and R, respectively significant correlations could be calculated. On average pigs with a very low pH_1-value were 2 days older than those with a high pH_1-value. The low correlation and regression coefficients between meat quality and growth rate and between meat quality and age indicate that a selection on meat quality does not interfere with the growth rate. Between slaughter weight and the pH_1 value, a negative correlation was found, with a regression for the gilts of 1.71 kg and for the barrows of 0.89 kg per pH_1 unit. The distribution of barrows over the three categories of pH_1 value is practically the same in every weight class (Table 18), whilst that of the gilts becomes progressively unfavourable as weight increases. Because of better meat quality, it is advisable to slaughter the gilts earlier than the barrows, preferably at a weight less than 100 kg.

The influence of differences in race on meat quality are worked out in Chapter 12. The F_1 crossbreds between the large White and Dutch Landrace had usually a better meat quality than the pure Dutch Landrace pigs. The greater stress-resistance to tarnsport influences of these F_1 crossbreds manifests itself in substantially lower CPK values, which were determined in the slaughter blood of these animals (Fig. 16).

Between the progeny of the different boars of the Asten Experiment, outstanding differences in meat quality were found. So the number of PSE pigs in the progeny of 29% of the boars was less than 10%, in the progeny of 59% less than 20% and greater than 10%, and in the remaining 12% less than 20%. Hence most differences in meat quality between pigs of different fattening farms are due to genetic factors.

The investigation of the relation between pathological aberrations, which were found by post-mortem examinations, and the meat quality showed few positive results. Between pH_1 and R and the seriousness of pneumonia, no correlation could be found. Affections such as arthritis and abscesses often caused poor meat quality (Table 24).

The creatine-phosphokinase content was estimated in the sticking blood (Chapter 14). Here clear correlations between the CPK content of the blood and pH_1 and R, respectively were found ($r = -0.61$ and $r = +0.64$, respectively). Although the meat quality of the gilts was significantly worse than that of the barrows, the CPK values of both sexes showed no significant differences. Therefore the muscular cell damage caused by transport stress is the same for both sexes. Since the meat quality of the barrows is better, this could indicate that they recover faster than gilts after transport stress. Also the small difference in the transport death-rate of gilts and barrows underlines this supposition.

The course of the CPK value in the blood of 2 pigs during a treadmill experiment indicated that the muscular cell damage is slight but it occurs on a large scale (Fig. 17).

It can be concluded that the CPK value in the blood, especially of groups of pigs, is a successful criterion for stress sensitivity.

Literatuur

Aberle, E. D., N. W. Thomas, J. M. Howe & P. T. Arroyo, 1969. Environmental influence on high energy phosphate metabolites in porcine muscle. J. Fd Sci. 34: 600.

Achillus, W., 1968. Die Fleischqualität beim Schwein als Selektionsmerkmal. Diss. Göttingen.

Addis, P. B., H. R. Johnsson, N. W. Thomas & M. D. Judge, 1967. Effect of temperature acclimation on porcine physiological responses to heat stress and associated properties of muscle. J. Animal Sci. 26: 466.

Allen, W. M. & D. S. R. Patterson, 1971. The possible relationship between plasma creatine phosphokinase activity and muscle characteristics in the pig. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, 1971, p. 179.

Alterauge, W., H. Poggel & H. Hollinde, 1967. Beobachtung über Fisch-Fleischähnliche Aussehen der Muskulatur. Fleischwirtschaft 47: 974.

Baldwin, B. A. & D. L. Ingram, 1968. Factors influencing behavioural thermoregulation in the pig. Physiol. Behaviour 3: 409.

Bartels, H., 1953. Richtige Fleischkühlung. Ein Weg zur Kostenersparnis. Fleischwirtschaft 5: 232.

Bate-Smith, E. C., 1936. The effect of fatigue on post-mortem changes in muscle. Fd Invest. Board Br. ann. Rep. no. 21.

Bate-Smith, E. C., 1948. The physiology and chemistry of rigor mortis with special reference to the aging of beef. Adv. Fd Res. 1: 1.

Barton, P. A., 1971. Some experience on the effect of pre-slaughter treatment on the meat quality of pigs with low stress-resistance. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 180.

Bendall, J. R., 1960. Post mortem changes in muscle. In: The structure and function of muscle. G. H. Bourne, ed. Acad. Press, New York.

Bendall, J. R., 1966. Muscle as a contractile machine. In: The physiology and biochemistry of muscle as a food, Briskey et al. (ed.), Wisconsin, Madison, p. 7.

Bendall, J. R. & R. A. Lawrie, 1964. Wässeriges Fleisch, eine Diskussion über symptome und Ursachen. Fleischwirtschaft 44: 411.

Bendall, J. R., A. Cuthbertson & D. P. Gatherum, 1966. A survey of pH_1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. J. Fd Technol. 1: 201.

Bentler. W., 1972. Über postmortale Vorgänge in Skelettmuskel, vor allem bei Schlachtschweinen. Fleischwirtschaft 52: 861, 1014, 1150, 1591.

Bergh, S. G. van den, 1971. Muscle metabolism. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 90.

Berman, M. C. and J. E. Kench, 1971. Muscle metabolism during anaesthetic induced hyperthermia in pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 29.

Bickhardt, K., 1969. Ein enzymatisches Verfahren zur Erkennung von Muskelschäden beim lebenden Schwein. Dt. tierärztl. Wschr. 76: 601, 691.

Bickhardt, K., 1971. Muscle metabolism and enzyme patterns in landrace strains with different meat quality. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 36.

Borchert, L. L. & E. J. Briskey, 1965. Protein solubility and associated properties of porcine muscle as influenced by partial freezing with liquid nitrogen. J. Fd Sci. 30: 138.

Borowski, H. M., K. Ledebur & H. O. von Gravert, 1966. Statistische Untersuchungen über die Häufigkeit von Qualitätsmangeln beim Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 46: 1247.
Breeuwsma, A. J., 1970. Studies on intersexuality in pigs. Diss. Utrecht.
Briskey, E. J., 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. Adv. Fd Res. 13: 89.
Briskey, E. J., 1969. Pale, soft, exudative muscle. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 41.
Briskey, E. J. & R. N. Sayre, 1964. Muscle protein extractability as influenced by conditions of postmortem glycolysis. Proc. Soc. exp. Biol. Med. 115: 823.
Briskey, E. J. & J. Wismer-Pedersen, 1961. Biochemistry of pork muscle structure. J. Fd Sci. 26: 197.
Briskey, E. J., J. C. Forrest & M. D. Judge, 1966. Influence of ante mortem factors on meat quality. Z. Tierzücht ZüchtBiol. 82: 298.
Briskey, E. J., R. W. Bray, W. G. Hoekstra, P. H. Phillips & R. H. Grummer, 1960. Effect of high protein, high fat and high sucrose rations on the waterbinding and associated properties of pork muscle. J. Animal Sci. 19: 404.
Bruin, J. J. M. de, 1967. Enkele problemen bij ons slachtvarken. Tijdschr. Diergeneesk. 92: 320.
Brus, D. H., W. T. Truyen & M. J. M. Tielen, 1972. Cijfermatige benadering van de gezondheidstoestand op varkensbedrijven. Tijdschr. Diergeneesk. 97: 1483.
Buchter, L. & P. Zeuthen, 1971. The effect of ageing on the organoleptic qualities of PSE and normal pork loins. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 247.
Callow, E. H., 1939. The ultimate pH of muscular tissue. Rep. Fd Invest. Bd, p. 27.
Charpentier, J., G. Monin & L. Ollivier, 1971. Correlations between carcass characteristics and meat quality in Large White pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 255.
Christian, L. L., 1972. A review of the role of genetics in animal stress susceptibility and meat quality. Proc. Symp. Pork Quality, Wisconsin, Madison, 1972, p. 91.
Clausen, H. & J. Ludvigsen, 1961. Quantity and Quality of final products other than milk-nonruminants pigs. Fed. Proc. 20: 298.
Clausen, H. & R. N. Thomsen, 1956. Report on investigations with pigs. Natl. Research Inst. on Animal Husbandry. Copenhagen Rept. 288.
Clausen, H. & R. N. Thomsen, 1960. Report on investigations with pigs. Natl. Research Inst. on Animal Husbandry, Copenhagen. Rept. 317.
Cooper, C. C., R. G. Cassens & E. J. Briskey, 1969. Capillary distribution and fiber characteristics in stress-susceptible pigs. J. Fd Sci. 34: 299.
Cuthbertson, A. & R. W. Pomeroy, 1970. The effect of length of journey by road to abbattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. Animal Prod. 12: 37.
Deethardt, D. & H. J. Tuma, 1971. Effect of cooking methods on various qualities of pork loin. J. Fd Sci. 36: 626.
Denborough, M. A., P. Ebeling, J. O. King & P. Zapf, 1970. Myopathy and malignant hyperpyrexia. Lancet 1: 1138.
Devloo, S., H. Geerts & J. Symoens, 1971. Effect of azaperone on mortality and meat quality after transport of pigs for slaughter. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 215.
Eikelenboom, G., 1972. Stress-susceptibility in swine and its relationship with energy metabolism in skeletal musculature. Diss. Utrecht.
Eikelenboom, G. & S. G. van den Bergh, 1971. Aberrant mitochondrial energy metabolism in stress-susceptible pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 66.
Eikelenboom, G., P. G. van der Wal & M. C. Verwey, 1970. Plasma-transaminasen und Fleischqualität. Fleischwirtschaft 50: 1211.

Eikmeier, H., 1964. Muskeldegeneration, Muskeldystrophie, Weißfleischigkeit des Schweines. Dt. Tierärztl. Wschr. 71: 675.

Elliot, R. J. 1965. Post mortem pH values and microscopic appearance of pig muscle. Nature 206: 315.

Flock, D. K., 1968. Farbhelligkeit in Musculus longissimus dorsi als Selektionsmerkmal beim Schwein. Fleischwirtschaft 48: 1362.

Forrest, J. C., R. F. Gundlach & E. G. Briskey, 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. Proc. 15th ann. Res. Conf. Am. Meat Inst. Found. 1963.

Gils, J. H. J. van & J. G. van Logtestijn, 1969. Hygienic aspects of degenerated meat. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality pigs, Zeist, 1968, p. 271.

Goutefongea, R. & H. Charpentier, 1966. Etude de la répartition topographique de la myopathie exsudative et dépigmentaire du porc. Annls Zootech. 15: 279.

Hall, J. T., 1972. Economic importance of pork quality. Symp. Pork Quality, Wisconsin Madison, 1972, p. ix.

Hamm, R. & R. Potthast, 1972. Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 52: 206.

Hart, P. C., 1962. Fysisch-chemische kenmerken van spierdegeneratie bij varkens. Tijdschr. Diergeneesk. 87: 156.

Hart, P. C. & W. Sybesma, 1964. Einfluß von der Entfernung der Speckhaut auf die Fleischqualität von Schweinen. Proc. 10th Meet. Eur. Meat Res. Workers, Roskilde, 1964.

Hartog, J. M. P. den, 1973. Transportschade bij Nederlandse slachtvarkens in 1972. I.V.D.O rapport Nr 7311.

Hedrick, H. B. & R. G. Kaufman, 1972. The effect of post mortem quality on characteristics of fresh, processed and cooked pork. Proc. Symp. Pork Quality, Wisconsin, Madison, 1972.

Hende, C. van den, E. Muylle & W. Oyaert, 1970. Oxygen utilisation and metabolic acidosis after exercise in pigs. Zentbl. VetMed. A17: 167.

Hessel-de Heer, J. C. M, 1969. Serum LDH-5 and muscular stress. Proc. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 179.

Hildebrandt, G., 1968. Postmortale Glycolyse und Fleischbeschaffenheit in verschiedenen Muskeln von Schlachtschweinen unter Berücksichtigung einiger intravital faßbarer Parameter. Inaug. Diss. Berlin.

Hildebrandt, G., H. J. Sinell, Z. A. Elshammaa & H. Niederehe, 1969. Der Einfluß unterschiedlicher Transportbelastungen auf die Fleischreifung bei Schlachtschweinen. Schweinezucht Schweinemast 10: 262.

Holtz, A., 1966. Untersuchungen über die Fleischbeschaffenheit und ihre Beziehungen zu Ergebnissen der Mastleistung und des Schlachtkörperwertes beim Schwein. Diss. Göttingen.

Hoof, J. van & L. Dedeken, 1968. Onderzoek naar postmortale veranderingen van de pH en het optreden van de rigor bij het varken en hun invloed op de vleeskwaliteit. Vlaams diergeneesk. Tijdschr. 37: 25.

Hunter, J. B. & J. B. Critz, 1971. Effect of training on plasma enzyme levels in man. J. appl. Physiol. 31: 20.

Hupka, E., 1952. Fütterungsversuche zur Auslösung des enzoötische Hertztodes bei Schweinen. Dt. Tierärztl. Wschr. 59: 145.

Hupka, E., 1953. Neue Erkentnisse zur Atiologie des Herztodes der Schweine. Proc. 15th int. Vet. Congr. Stockholm, I. I.: 607.

Janicki, M. A., S. Kolacryk & J. Kortz, 1963. Proc. 9th Meet. Eur. Meat Research Workers, Budapest.

Jensen, P. H. B. Craig & O. W. Robinson, 1967. Phenotypic and genetic associations among carcass traits of swine. J. animal Sci. 26: 252.

Jonsson, P., 1963. Danish pig progeny testing results. Z. Tierzücht. ZüchtBiol. 78: 205.

Jonsson, P., P. Jensen & O. K. Pedersen, 1971. Genetic aspects of meat quality and adaptation in pigs. Eur. Ass. Anim. Prod., Comm. Pig. Production, Parijs.
Judge, M. D., 1972. A review of possible methods to detect animal stress susceptibility and potential low quality pork. Proc. Symp. Pork Quality, Wisconsin, Madison, 1972, p. 68.
Judge, M. D. & D. N. Marple, 1971. Adrenal insufficiency in stress-susceptible pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 47.
Judge, M. D., V. R. Cahill, L. E. Kunkle & W. H. F. Bruner, 1959. Influence of some factors on pork muscle characteristics. J. Animal Sci. 18: 448.
Judge, M. D., J. C. Forrest, J. D. Sink & E. J. Briskey, 1968. Endocrine related stress responses and muscle properties of swine. J. Animal Sci. 27: 1247.
Kampelmacher, E. H., P. A. M. Guinée, K. Hofstra & A. van Keulen, 1962. Salmonellae onderzoekingen in slachthuizen. Tijdschr. Diergeneesk. 87: 77.
Kastenschmidt, L. L., G. R. Beecher, J. C. Forrest, W. G. Hoekstra & E. J. Briskey, 1964. Influence of ante mortem environmental temperature regulation on glycolysis and associated properties of porcine muscle. J. Fd. Sci. 29: 210.
Kroeske, D., 1966. Vergelijkende mestproeven met Groot Yorkshires en Nederlandse Landvarkens. Veeteelt ZuivelBer. 9: 311.
Kroeske, D., P. C. Hart & H. T. van der Veen, 1961. Onderzoek naar de kwaliteit en de houdbaarheid van varkensvlees in verband met de behandeling voor de slacht. Tijdschr. Diergeneesk. 86: 264.
Krol, B., 1971. Progress and shortcomings in the utilization of PSE meat. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 243.
Krol, B., 1972. Een bijdrage tot de valorisatie van PSE vlees. Tijdschr. Diergeneesk. 97: 1442.
Krzywicki, K., 1969. Wässeriges, blasses Schweinefleisch, abstract. Fleischwirtschaft 49: 798.
Kuchling, E. & H. Schlicht, 1970. Einfluß der Kühlung auf die Senkung von Verlusten beim Vorkommen von PSE Fleisch bei Schweinen. Proc. 16th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Sofia, 1970.
Labots, H., 1967. Bacteriologische houdbaarheid en pH. Vleesdistrib. Vleestechnol. 2: 168.
Lannek, N., 1967. Muskeldegeneration hos Swin (Ref.). Landw. Zentrallbl. p. 2041 (1967).
Lawrie, R. A., 1966. Metabolic stresses which affect muscle. In: The physiology and biochemistry of muscle as a food, Briskey et al. ed., Wisconsin, Madison, p. 137.
Lawrie, R. A., D. J. Manners & A. Wright, 1959. Glycogen structure and rigor mortis in mammalian muscles. Biochem. J. 73: 485.
Leest, J. A. & P. S. van Roon, 1969. The relation between technological properties and meat quality parameters. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968.
Leest, J. A., P. S. van Roon, H. A. Brouwer & N. G. Westerink, 1971. De invloed van enkele verdovingsmethoden op de eigenschappen en kwaliteit van varkensvlees. VoedingsmTechnol. 2(26) 10.
Lendfers, L. H. H. M., 1968. Differences in meat quality by varying preslaughter conditions. Proc. 14th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Brno, 1968.
Lendfers, L. H. H. M., 1969. Transportsterfte en transportschade bij varkens, IVO rapport B 99.
Lendfers, L. H. H. M., 1971. Loss of pigs due to death during transport; a one-year-survey at an abbattoir. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 225.
Lewis, P. K., M. E. Heck & C. J. Brown, 1961. Effect of stress from electrical stimulation and sugar on the chemical composition of swine carcasses. J. Animal Sci. 20. 727.
Linke, H. J. & G. Heinz, 1972. Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 52: 208.
Lister, D., 1969. Some aspects of the physiology of pale, soft and exudative muscle. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 123.
Lister, D., 1971. Some observations in problems of pork quality, their identification and allevation. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 235.
Logtestijn, J. G. van, 1965. Over het post mortale pH verloop in vlees en de betekenis daarvan voor de beoordeling van slachtdieren. Diss. Utrecht.
Logtestijn, J. G. van, 1966. The effect of post mortem pH, rigor and temperature pattern on the processing yield of pork. Proc. 12th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Sandefjord, 1966.

Logtestijn, J. G. van, 1969. The economic significance of the stress-susceptability of pigs. Processing characteristics of different qualities of pork. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 261.

Logtestijn, J. G. van & K. E. Dijkman, 1971. Necrose des Rückenmuskeln beim Schlachtschwein. Schlacht-u. Viehh. Z. 9: 343.

Logtestijn, J. G. van & W. Sybesma, 1966. Some data about the relation between pH, temperature- and rigor values, 40 minutes post mortem and the meat quality of pigs. Proc. 12th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Sandefjord, 1966.

Logtestijn, J. G. van & W. Sybesma, 1967. Muskel- und Fleischdegeneration bei Schweinen. Dt. Tierärztl. Wschr. 74: 378.

Lohse, B., A. Pfau & L. A. J. Schröder, 1965. Messungen mit dem Farbhellwertphotometer als einfache Methode zur Qualitätseinstufung von Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 45: 121.

Ludvigsen, J., 1953. Muscular degeneration in pigs. Proc. 15th int. Vet. Congr. Stockholm, 1953.

Ludvigsen, J., 1954. Undersøgelsen over den sokallte 'muskeldegeneration' hos swin. Beretn. Forsøgslab. Copenhagen, 1: 272.

Ludvigsen, J., 1960. Maladaption syndromes in pigs. Proc. 2nd int. Animal Nutr. Conf. Madrid.

Ludvigsen, J., 1969. Some thyroid and adrenal breed characteristics and their possible relation to pale exudative muscle in pigs. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 113.

Maandblad voor de varkensfokkerij, jaargang 16 t/m 35.

MacDougall, D. B. & J. G. Disney, 1967. Quality characteristics of pork with special reference to Pietrain, Pietrain Landrace and Landrace pigs at different weights. J. Fd Technol. 2: 285–297.

Matsushima, C. Y. & D. G. Topel, 1969. Association of some porcine muscle characteristics with post mortem temperature and plasma 17-Hydroxy-corticosteroid levels. Paper J. 6135, Iowa agric. Stn.

McLoughlin, J. V., 1965. Studies on pig muscle. Irish J. agric. Res. 4: 151.

McLoughlin, J. V., 1971. The death reaction and metabolism post mortem of porcine skeletal muscle. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 123.

Merkel, R. A., 1971. The relationship of some cardiovascular and haematological parameters to porcine muscle quality. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 97.

Merkel, R. A., 1971. Processing and organoleptic properties of normal and PSE porcine muscle. Proc. 2nd int. symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 261.

Mickwitz, G. von, K. Meyer, H. Grund, L. Vogel, H. J. Klawitter, U. Kabbe & K. P. Stützle, 1971. Der Einfluss unterschiedlicher Transportbedingungen auf Belastungsreaktionen und die Höhe der Transportverluste bei Schlachtschweintransporten. Tierärztl. Umschau 26: 525.

Minkema, D., 1969. Possible ways of improving meat quality and stress resistance by genetic means. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 277.

Moerman, P. C., 1973. Afkoelsnelheid van slachtwarm vlees. VoedingsmTechnol. 4(5) 6.

Moerman, P. C. & B. Krol, 1969. Technological aspects of the preparation of hams of pale, watery pork. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 237.

Mouwen, J. M. V. M., 1965. Mulberry heart disease. Tijdschr. Diergeneesk. 90: 77.

Nordin, H. R., J. Randall & L. J. Lubin, 1971. A study of PSE pork in Canada. Proc. 17th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Bristol, 1971.

Osinka Z. & J. Kielanowski, 1960. Relationship between meat color and feed efficiency in pigs. J. Animal Prod. 2: 209.

Oyen, C. F. van & K. Reitsma, 1951. Vlees en vleeskeuring. Uitg. v/h K Mantgem en De Does, Amsterdam.

Pas, J. G. C. van de & G. A. J. Buiting, 1972. Een vergelijking van het Nederlandse Landvarken en het Groot Yorkshire ras wat betreft mest- en slachteigenschappen. IVO publ. B 109.

Pas, J. G. C. van de & P. Walstra, 1971. Difference in meat quality characteristics between Dutch breeds and their crossbreeds. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 291.

Penny, I. F., 1967. The influence of pH and temperature on the properties of myosin. Biochem. J. 104: 609.
Peace, A. H. R. & C. Smith, 1965. A note on the heritability of muscle colour in pigs. Animal Prod. 7: 273.
Pohlchristoph, H., 1970. Über die Verladung und Beförderung lebender Tiere mit der Bundesbahn und auf Lastwagen. Schlacht- u. Viehh. Z. 70: 41.
Postma, C., 1932. Ervaringen bij de bepaling van de waterstofionenconcentratie in vleesextracten. Tijdschr. Diergeneesk. 59: 1278.
Postma, C., 1950. Hyaline spierdegeneratie bij varkens. Tijdschr. Diergeneesk. 75: 421.
Putten, G. van, 1971. General introduction, section Transport. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 165.
Romijn, C., 1969. De warmteregulatie bij het varken. Tijdschr. Diergeneesk. 94: 1423.
Roon, P. S. van & J. A. Leest, 1967. Characteristics of pig carcasses at the slaughterline and fresh ham muscle in relation to properties of canned ham. Proc. 13th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Rotterdam, 1967.
Rosse, J. C., 1971. Some implications of the swine stress problem. Live Stock Conservation, Inc., Omaha, Nebraska.
Sayre, R. N., 1962. Glycogen and glycolysis of porcine muscle in relation to its post-mortem physical properties Ph. D. thesis, Univ. of Wisconsin, Madison.
Sayre, R. N., E. J. Briskey, W. G. Hoekstra & R. W. Bray, 1961. Effect of preslaughter change to cold environment on characteristics of pork muscle. J. Animal Sci. 20: 487.
Scheper, J., 1967. Über genetische Einflüsse auf postmortale Veränderungen im Schweinefleisch. Proc. 17th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Rotterdam, 1967.
Scheper, J., 1969. Relations between pH value, water binding capacity and colour of pork after different transport stresses. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 201.
Scheper, J., 1970. Im welchem Umfänge hat exudatives Schweinefleisch eine genetische Grundlage. Proc. 16th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Boedapest, 1970.
Scheper, J., 1971. Research to determine the limits of normal and aberrant meat quality (PSE and DFD) in pork. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 271.
Schmidt, E. & F. W. Schmidt, 1970. Aspecte der Enzyme Diagnostik. Medische Welt 18: 805.
Schmidt, G. R., L. Zuidam & W. Sybesma, 1971. Biopsy technique analyses for predicting pork quality. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 73.
Schön, L. & J. Scheper, 1959. Unterschiedliche Fütterung von Schweinen vor der Schlachtung in ihrer Wirkung auf den Schlachtwert und die Qualität des Fleisches. Fleischwirtschaft 11: 920.
Schoon, J. G. & A. Ooms, 1933. Onderzoekingen over de zuurgraad van vleesch bij gezonde en zieke dieren. Tijdschr. Diergeneesk. 60: 393.
Seifart, K., 1963. Ein Beitrag zur Frage der Fleischqualität beim Schwein. Schweinezucht Schweinemast 11: 80.
Siedel, A. L. & P. S. Cohen, 1966. An automated determination of creatine phosphokinase. Technicon Symp. Mediad Inc., White Plains (N4).
Sommer, O. A., 1967. Über Transportverluste und Transportschäden bei Schlachtschweinen. Schweinezucht Schweinemast 15: 119.
Späth, H., 1964. Das Pietrain Schwein. Diss. Göttingen.
Sprincis, P., 1971. Die Verbesserung der veterinär-sanitären Kennziffern des Fleisches von Schweinen, die unmittelbar in Fleischkombination aufgetrieben werden, abstract. Fleischwirtschaft 51: 306.
Steinhardt, M. & Sh. Georgiev, 1970. Untersuchungen über den Einfluß hoher Umgebungtemperaturen auf einige Factoren des inneren Milieus beim Schwein. Proc. 16th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Boedapest, 1970.
Steinhauf, D., 1969. Meat quality as a selection criterion. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 283.
Steinhauf, D., F. K. Weiss & J. H. Weniger 1966. Stressresistenz als Leistungsmerkmal beim Schwein. Fleischwirtschaft 46: 39.

Steinhauf, D., J. H. Weniger & K. H. Hoppenbroek, 1969. Stressresistenz als Leistungsmerkmal beim Schwein. Züchtungskunde 41: 93.
Sybesma, W., 1963. Enterse ziekte onder de huidige omstandigheden. Tijdschr. Diergeneesk. 99: 1043.
Sybesma, W. 1964. Enkele aspecten van het onderzoek naar oorzaken van het slappe, bleke en natte vlees bij het varken. Veeteelt- en ZuivelBer. 7: 397.
Sybesma, W., 1966. Het meten van het verschil in optreden van rigor mortis in varkenshammen. Veeteelt- en ZuivelBer. 9: 27.
Sybesma, W., 1969a. Verschillen in stressgevoeligheid bij slachtvarkens. Enkele veterinaire aspecten. Tijdschr. Diergeneesk. 94: 1696.
Sybesma, W., 1969b. Some remarks on the relation between two different meat quality types. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 187.
Sybesma, W., 1972. A review of the biochemical changes underlying the production of PSE muscle. Proc. Symp. Pork Quality, Wisconsin, Madison, 1972.
Sybesma, W. & G. Eikelenboom 1969. Malignant hyperthermia syndrome in pigs. Neth. J. vet. Sci. 2: 155.
Sybesma, W. & W. Groen, 1970. Stunning procedures and meat quality. Proc. 16th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Boedapest, 1970.
Sybesma, W. & P. C. Hart, 1965a. Bloedvolume en vleesdegeneratie bij varkens. Tijdschr. Diergeneesk. 90: 1116.
Sybesma, W. & P. C. Hart, 1965b. Einige Aspecten zum blassen und wässerigen Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 45: 643.
Sybesma, W. & J. G. van Logtestijn, 1966. Preslaughter temperature and its effects on the post mortem metabolism in pig muscle. Proc. 12th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Sandefjord, 1966.
Sybesma, W. & J. G. van Logtestijn, 1967. Rigor mortis und Fleischqualität. Fleischwirtschaft 47: 408.
Sybesma, W. & L. Zuidam, 1966. Longontsteking bij varkens en de gevolgen daarvan voor de vleeskwaliteit. Tijdschr. Diergeneesk. 31: 1727.
Sybesma, W., D. Minkema & H. W. Verver, 1966. IVO rapport B 87.
Sybesma, W., L. Zuidam & G. Eikelenboom, 1971. Vitamine E voorziening van varkens in verband met de vleeskwaliteit .IVO rapport C 143, C 151.
Sybesma, W., P. C. Hart, Jeannette C. M. de Heer, H. W. Verwer & H. E. van Veen, 1964. Onderzoekingen naar de beïnvloeding van de vleeskwaliteit van het varken door omstandigheden inwerkend voor, tijdens en na de slachting. Tijdschr. Diergeneesk. 89: 1060.
Tacken, P. H. W., 1952. Spierdegeneratie bij varkens, een acute psychosomatische decompositie op basis van een labiel physiologisch-chemisch evenwicht. Tijdschr. Diergeneesk. 77: 487.
Tarrij, H. van 1969. Tenderness and meat quality. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, P. 249.
Taylor, A. M., 1966. The incidence of watery muscle in commercial British pigs. J. Fd Technol. 1: 193.
Taylor, R. A., 1971. Influence of carcass cooling rate on exsudate from meat. Proc. 17th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Bristol, 1971.
Tarrant, P. J. V., J. V. McLoughlin & M. G. Harrington, 1972. Anaerobe glycolysis in biopsy and post mortem porcine longissimus dorsi muscle. Proc. R. Ir. Acad.
Thomke, S., O. Dahl & K. A. Peisson, 1965. Tocopherol and Selenium in pig rations including an assesment of meat quality parameters. Acta Agric. scand. V 3, 4.
Tielen, M. J. M, 1974. Diss. in bewerking, Wageningen.
Topel, D. G., 1969. Relation of plasma glucocorticoid levels to some physical and chemical properties of porcine muscle and the porcine stress syndrome. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 91.
Topel, D. G., 1972. A review of animal physiology and the porcine stress syndrome in relation to meat quality. Proc. Symp. Pork Quality, Madison, Wisconsin, 1972, p. 26.

Topel, D. G., E. J. Bicknel, K. S. Preston, L. L. Christian & C. Matsushima, 1968. Porcine stress syndrome. Mod. vet. Pract. 40: 40.
Truyen, W. T., 1967. Enige zoötechnische aspecten van enzoötische pneumonie bij varkens. Diss. Utrecht.
Unshelm, J., 1971. Physiological and morphological factors inducing stress-susceptibility in pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 171.
Verdijk, A. Th. M., 1969. Bewegingsstoornissen en beenzwakte bij varkens. Tijdschr. Diergeneesk. 49: 1649.
Verdijk, A. Th. M., 1971. The relation between pH_1 and rigor as criterion for the meat quality and carcass quality of Dutch Landrace pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 296.
Verdijk, A. Th. M., J. G. van Logtestijn & D. van de Mey, 1974. De behandeling van levende slachtvarkens op slachtbedrijven. Resultaten van een enquete. Aangeboden aan Tijdschr. Diergeneesk.
Vos, M. P. M. & W. Sybesma, 1971. Relation between meat quantity and meat quality of market pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 278.
Wal, P. G., van der, 1971. Stunning, sticking and exsanguination as stress factors in pigs. Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1971, p. 153.
Wal, P. G. van der, L. Zuidam & W. Sybesma, 1972. De invloed van verschillende bedwelmingsvormen op de vleeskwaliteit. Vleesdistrib. Vleestechnol. 7 (6) 19.
Walstra, P., D. Minkema, W. Sybesma & J. G. C. van de Pas, 1971. Genetic aspects of meat quality and stress resistance in experiments with various breeds and breed crosses. Res. Rep. nr 1, IVO, Zeist.
Weniger, J. H., D. Steinhauf & P. Glodek, 1970. Meat quality as a selection criterion in the pig. Proc. Eur. Ass. Animal Prod. Budapest, 1970.
Weniger, J. H., D. Steinhauf & G. H. M. Pahl, 1964. Wasserbindung und Safthaltevermögen. Fleischwirtschaft 44: 781.
Weniger, J. H., D. Steinhauf, H. Saaler & A. Holtz, 1967. Untersuchungen über die Beziehungen der Fleischbeschaffenheit zu Merkmalen der Mastleistung und des Schlachtkörperwertes beim Schwein. Züchtungskunde 39: 95, 105.
Weiss, F. K., 1967. Merkmale der Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Diss. Göttingen.
Westerink, N. G. & J. A. Leest, 1969. The pH in ham muscle 24 hours after slaughter in relation to canned ham quality. Proc. 15th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Helsinki, 1969.
Westerling, F. J., 1970. Het koelen van vlees. Vleesdistrib. Vleestechnol. 9: 272.
Wilcox, E. B., N. B. Merkeley, L. S. Galloway, P. A. Greenwood, W. Binns, J. A. Bernett & L. E. Harris, 1954. The effect of feeding sucrose to beef cattle and swine on the dressing percentage and quality of meat. J. Animal Sci. 12: 24.
Wirth, F., 1972. Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 52: 21.
Wismer-Pedersen, J., 1959. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. Fd Res. 24: 711.
Wismer-Pedersen, J., 1969. The pH-dependent waterbinding capacity of pork muscle in relation to processing. Proc. int. Symp. Condition Meat Quality Pigs, Zeist, 1968, p. 53.
Wismer-Pedersen, J. & J. Briskey, 1961. Der Einfluß von Temperatur und pH Wert auf die Qualität von Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 13: 273.
Wismer-Pedersen, J. & H. Rieman, 1960. Preslaughter treatment of pigs as it influences meat quality and stability. 12th Res. Conf. Am. Meat Inst. Found.
Woolf, N., C. Hall, M. Thorne, M. Down & R. Walker, 1970. Serum creatine-phosphokinase levels in pigs reacting abnormally to halogenated anesthetics. Br. med. J. 3: 386, 387.
Zondag, H. A., 1964. Bepaling en diagnostische betekenis van de melkzuur dehydrogenase isoenzymen. Diss. Utrecht.
Zuidam, L., 1971. Onderzoek over de appreciatie van de kleur van carbonades door de consument. Vleesdistrib. Vleestechnol. 6: 12.
Zwijnenberg, H. A., 1952. Over de z.g. 'Enterse Ziekte' bij varkens. Vlaams Diergeneesk. Tijdschr. 21: 25.

Afkortingen

ACTH	adenocorticotroophormoon
ADP	adenosinedifosfaat
ATP	adenosinetrifosfaat
CP	creatinefosfaat
CPK	creatinefosfokinase
DFD	dark (donker), firm (vast), dry (stroperig)
DFD-vlees	donker, stroperig vlees
DFD-varkens	varkens die na het slachten DFD-vlees hebben
GOT	glutamaat-oxaalacetaat transaminase
G6P	glucose-6-fosfaat
GY	Groot-Yorkshire (varken)
LDH	lactodehydrogenase
NL	Nederlands Land (varken)
pH_1	pH-waarde gemeten 30–45 minuten na de dood van het varken; in het eigen onderzoek was deze tijd steeds 32–37 minuten.
PSE	pale (bleek), soft (slap), exsudative (waterig)
PSE-vlees	bleek, slap, waterig vlees
PSE-varkens	varkens die na het slachten PSE-vlees hebben
PSS	porcine stress syndrome
R	rigorwaarde gemeten 30–45 minuten na de dood van het varken; in het eigen onderzoek was deze tijd steeds 32–37 minuten

Curriculum vitae

De schrijver van dit proefschrift werd geboren te Beugen (N.Br.). In 1954 behaalde hij aan het Sint Chrysostomus College te Boxmeer het diploma HBS-B. In hetzelfde jaar ving hij de diergeneeskundige studie aan, die na een onderbreking van twee jaar voor het vervullen van de militaire dienstplicht eind 1962 afgesloten werd met het dierenartsexamen. Daarna was hij gedurende anderhalf jaar werkzaam als waarnemend dierenarts.

In 1964 trad hij in dienst van het Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek 'Schoonoord' te Zeist. Na eerst nog een jaar werkzaam te zijn geweest bij de Provinciale Gezondheidsdienst voor Dieren in Noord-Brabant, trad hij in 1969 in dienst bij de Vleeskeuringsdienst en het Openbaar Slachthuis te Boxtel.