

## DIE INVLOED VAN TYD VAN ONTWEIDING OP DIE pH EN SEKERE ANDER EIENSKAPPE VAN VARKSPIERE

J.F.G. Klingbiel, R.T. Naudé & S.J. Fourie

Ontvangs van M.S. 25.5.76

Navorsingsinstituut vir Vee- en Suiwelkunde, Irene, 1675

**SUMMARY:** THE EFFECT OF TIME OF EVISCERATION ON pH AND CERTAIN OTHER CHARACTERISTICS OF PORK MUSCLE

During surveys at pig slaughter centres in South Africa, it was noted that at some centres the carcasses were eviscerated within 8 min. *post mortem* while at other centres only after 35 to 60 min. *post mortem*. Consequently the influence of time of evisceration on certain meat quality characteristics was investigated with special reference to *post mortem* muscle pH. Following electrical stunning, 9 Landrace x Large White baconer pigs were eviscerated 8 min. *post mortem* (controls) and 9 were eviscerated 45 min. *post mortem* (treated). Muscle pH, temperature, reflectance, *rigor* and cooking loss were determined. At not one of the stages 0,25; 0,50; 0,75; 1; 2; 3; 4; 5; 6 and 24 h *post mortem* did the pH of the *M. longissimus lumborum* or *M. semimembranosus* differ significantly between treatments. The pH<sub>1</sub>-values of the *M. longissimus lumborum* were 6,395 and 6,252 and those of the *M. semimembranosus* 6,511 and 6,401 for the control and treated carcasses respectively. The pH<sub>1</sub>-values were 5,311 and 5,295 for the *M. longissimus lumborum* and 5,316 and 5,342 for the *M. semimembranosus* for the control and treated carcasses respectively. Temperature of the *M. longissimus lumborum* at 45 min. *post mortem* was 38,4°C for the control and 39,3°C for the treated carcasses ( $P < 0,05$ ). *Rigor*, reflectance and cooking loss did not differ significantly between treatments except in the case of the reflectance of the *M. semimembranosus* which was 33,1% for the control and 37,2% for the treated carcasses ( $P < 0,05$ ). Late evisceration of carcasses, 45 min. *post mortem*, can therefore not be regarded as a major factor causing all the important typical characteristics of pale, soft and exudative pork muscle to develop.

### OPSOMMING:

Na elektriese bedwelming is 9 Landras x Grootwitvarke se karkasse 8 min. *post mortem* ontwei (vroeg ontwei) en 9 karkasse is 45 min. *post mortem* ontwei (laat ontwei). Die *post mortem* pH-daling, *rigor*, temperatuur, refleksie en gaarmaakverliese van twee spiere is bepaal. Op geen een van die tydsteppe 0,25; 0,50; 0,75; 1; 2; 3; 4; 5; 6 en 24 uur *post mortem* het die pH van die *M. longissimus lumborum* en *M. semimembranosus* betekenisvol tussen behandelings verskil nie. Spier temperatuur van die *M. longissimus lumborum* 45 min. *post mortem* was 38,4°C vir die vroeg en 39,3°C vir die laat ontweide karkasse ( $P < 0,05$ ). *Rigor*, refleksie en gaarmaakverliese het nie betekenisvol tussen behandelings verskil nie behalwe in die geval van die refleksie van die *M. semimembranosus* wat 33,1% vir die vroeg en 37,2% vir die laat ontweide karkasse was ( $P < 0,05$ ). Laat ontweiding van karkasse het gevolglik nie die *post mortem* spierpH en gaarmaakverliese uit spiere beïnvloed nie, maar het wel die kleur van die *M. semimembranosus* nadelig beïnvloed.

In 'n opname wat gedurende die tydperk 1971 tot 1973 by ses slagsentra in Suid-Afrika uitgevoer is, is gevind dat simptome van bleek, sagte en waterige (BSW-) varkveis by tussen 5,0 en 71,9% van die spekvarke wat geslag is, voorgekom het (Naudé & Klingbiel, 1973). Penpistoolbedwelming en voordoodse spanning is geïdentifiseer as faktore wat 'n rol speel by die voorkoms van BSW-varkveis (Klingbiel & Naudé, 1972; 1976). By twee spesifieke slagsentra is bevind dat 17,5 en 28,6% van die spekvarkkarkasse simptome van BSW-varkveis getoon het en is voorts waargeneem dat daar soms 'n lang tydperk (35 tot 60 min.) verloop het vandat 'n vark elektries bedwelmd is totdat dit ontwei is. By 'n ander sentrum waar die voorkoms van BSW-varkveis 8,6% was, is die varke binne 8 min. *post mortem* ontwei en op grond van die opnamedata is die gevolgtrekking gemaak dat die tydstep van ontweiding 'n invloed op die voorkoms van BSW-varkveis kon gehad het (Naudé, 1972).

In 'n omvattende oorsig oor BSW-varkveis verwys Briskey (1964) na resultate wat daarop dui dat 45% van die varkkarkasse wat eers 45 min. *post mortem* ontwei was, lae pH<sub>1</sub>-waardes in die spiere gehad het. Daarteenoor was die ooreenstemmende syfer 12% waar ontweiding binne 22 tot 31 min. *post mortem* plaasgevind het. Volgens Naudé (1972) se data het 41,4% van die karkasse wat 45 min. *post mortem* nog nie ontwei was nie,

pH<sub>1</sub>-waardes van 6,0 of laer gehad, teenoor die 22,9% van die karkasse wat 45 min. *post mortem* al klaar ontwei of in verskillende stadia van die ontweidingsproses was.

Uit die literatuur blyk dit dat die invloed wat die verslagtingsproses op bloedspatsels en mikrobiologiese kontaminasie het, wel bestudeer is met betrekking tot die uitbloei-, onthaar- en ontweidingsprosesse (Ayres, 1955; Thornton, 1968; Mitchell, 1970). Daar is egter nie besondere aandag gegee aan die moontlike invloed wat die verslagtingsproses en die tydsduur daarvan op *post mortem* veranderinge van varkspier het nie.

Gevolglik is besluit om vas te stel of die tydstep van ontweiding wel 'n invloed op die spoed van *post mortem* pH-daling en die daarmeegepaardgaande vleiskwaliteitseienskappe van spekvarke se spiere het. Die langer tydsduur wat verloop voordat 'n vark ontwei word, veroorsaak moontlik dat afkoeling vertraag en 'n vinniger tempo van *post mortem* glikolise gestimuleer word (Bendall & Lawrie, 1964).

### Prosedure

Agtien Landras x Grootwitvarke is onder dieselfde toestande grootgemaak. Die dag van slagting is bepaal sodra twee varke 'n lewende massa van  $82 \pm 5$  kg bereik het. Voer is dan van die varke onttrek en hulle is na die

aanhoudingshokke van 'n eksperimentele abattoir gebring waar hulle oormag het voordat hulle die volgende dag geslag is.

Die uitvoering van die verslagtingsproses en inwin van data het plaasgevind volgens 'n program wat vir slagtings van hierdie aard deur Klingbiel (1975) opgestel is en waarvolgens altwee varke gelyktydig in die bedwelmingshok gebring is. Die vark wat laat ontwei sou word is eerste geslag en daarna moes sy maat wat vroeg ontwei sou word nog een uur wag voordat dit geslag is. Dit is toe opgemerk dat laasgenoemde vark senuweeagtig geword het terwyl hy alleen daar gewag het; hy het begin skreeu en gepoog om uit die bedwelmingshok te spring. Laasgenoemde vark was dus aan spanning onderwerp wat nie die geval met die vroeg ontweide vark was nie. Hierdie probleem is in die huidige eksperiment oorkom deur 'n ander vark vanuit dieselfde hok saam met die vark wat geslag moes word in die bedwelmingshok te jaag, wat meegebring het dat laasgenoemde vark minder opgewonde tydens slagting was as in die geval waar hy alleen moes wag.

Bedwelming is volgens 'n standaard metode met 'n elektriese bedwelmer (90V) uitgevoer en daarna is die vark geslag. Buiten die ontweidingsproses is al die varke aan dieselfde toestande voor, tydens en na slagting blootgestel.

#### *Proefbehandeling (Laat ontwei)*

Die eerste vark wat tydens 'n slagting geslag is, se ingewande is vir 45 min. binne die dier gelaat alvorens dit ontwei is.

#### *Kontrolebehandeling (Vroeg ontwei)*

Die tweede vark is 1 h na die eerste vark geslag en is 8 min. *post mortem* ontwei.

Elke behandeling is op nege varke toegepas en die behandelingsmetode is voor slagting volgens loting aan die varke toegeken. Bogenoemde tye van ontweiding is so gekies om twee uiterstes te vergelyk en om in ooreenstemming te wees met die verslagtingsproses wat by sommige slagsentra waargeneem is. Onder normale slagtoestande by die slagsentra is die varkkarkasse binne een uur nadat varke bedwelmd is in die koelkamer gestoot, nadat die verslagtingsproses geheel en al voltooi is. Met die uitvoering van hierdie eksperiment is daar dan ook by so 'n skedule gehou om sodoende bedryfstoestande na te boots.

Nadat die varke gedood is, is spiermonsters geneem waarop die pH bepaal is. Een uur *post mortem* is die karkas in 'n koelkamer by 2°C geplaas tot die volgende dag wanneer die bepaling van die kleur en gaarmaakverliese van die vleis gedoen is.

#### *pH-bepalings*

In eksperimente waar *post mortem* veranderinge van spiere bestudeer word, is dit die gebruik om die spier

so gou as moontlik *post mortem* uit die karkas te verwyder en in 'n vogtige, stikstofversadigde atmosfeer by 37°C te hou (Heffron & McLoughlin, 1971). In die geval van hierdie eksperiment waar ondersoek ingestel is of 'n nadoodse behandeling van die karkas *post mortem* spierpH-daling sou beïnvloed, is die spiere egter by beide behandelings vir die eerste uur *post mortem* in die karkasse gelaat. Tydens hierdie periode is klein monstertjies (10g) vanuit die spiere verwyder op 0,25; 0,50; 0,75 en 1 h *post mortem* en op hierdie monstertjies is die pH-bepalings gedoen. Direk voordat die karkas in 'n koelkamer gestoot is, is die *M. longissimus lumborum* en *M. semimembranosus* uit die karkas verwyder en in 'n inkubasie-oond onder toestande soos reeds beskryf vir 'n verdere 5 h gehou waartydens die pH-bepalings op 2, 3, 4, 5 en 6 h *post mortem* gedoen is. Na 6 h *post mortem* is die spiere ook in die koelkamer geplaas tot 24 h *post mortem* wanneer die finale pH ( $pH_F$ ) bepaal is. Die pH-bepalings is gedoen soos beskryf deur Klingbiel (1975).

#### *Bepalings van ander vleiskwaliteitseienskappe*

Vyf en veertig minute *post mortem* is die temperatuur van die spiere met 'n termometer en die *rigor*-waarde van die *M. semimembranosus* volgens die metode van Sybesma (1966) bepaal. Vier en twintig uur *post mortem* is die refleksiewaardes (kleur) en gaarmaakverliese van die spiere bepaal soos beskryf deur Klingbiel en Naudé (1976). Hierdie vier bepalinge is gedoen op die gedeeltes van die spiere wat in die karkas gelaat is nadat die monsters vir die pH-bepalings verwyder is. Statistiese ontleding van die resultate is met 'n F-toets gedoen (Snedecor, 1966).

### **Resultate en bespreking**

#### *pH-daling*

In Tabel 1 word die pH-waardes van die *M. longissimus lumborum* en *M. semimembranosus* aangedui soos dit op die verskillende tydstippe *post mortem* bepaal is. Geen statisties betekenisvolle verskille is in pH-waardes van die twee spiere tussen behandelings op dieselfde tydstippe *post mortem* gevind nie. Die pH van die spiere het geleidelik gedaal en volgens Tabel 1 is dit duidelik dat die proefbehandeling (laat ontweiding) soos in hierdie eksperiment toegepas, nie die tempo van pH-daling van die spiere statisties betekenisvol beïnvloed het nie. Klingbiel (1975) het ook bevind dat daar op verskillende tydstippe *post mortem* nie statisties betekenisvolle verskille in pH-waardes van spiere van vroeg en laat ontweide varke was nie.

#### *pH<sub>I</sub> en pH<sub>F</sub>*

Die  $pH_I$ -waarde (gemeet 45 min. *post mortem*) word algemeen gebruik as 'n parameter om BSW-vleis te identifiseer. Indien hierdie  $pH_I$ -waarde 6,0 of laer is terwyl die spiertemperatuur nog hoër as 35°C is, word

die vleis as BSW geklassifiseer (Briskey, 1964; McLoughlin, 1965; Lister, 1970; Heffron, 1973).

Die pH<sub>1</sub>-waardes van die *M. longissimus lumborum* was 6,395 en 6,252 vir die vroeg en laat ontweide varke respektiewelik en vir die *M. semimembranosus* was die ooreenstemmende waardes 6,511 en 6,401 (Tabel 1) – die verskille was nie statisties betekenisvol nie. By slegs een laat ontweide karkas is 'n pH<sub>1</sub>-waarde van laer as 6,0 naamlik 5,695 in die *M. longissimus lumborum* bepaal.

Die pH<sub>F</sub>-waardes (24 uur *post mortem*) was in die *M. longissimus lumborum* 5,311 en 5,295 en in die *M. semimembranosus* 5,316 en 5,342 vir die vroeg en

laat ontweide varke respektiewelik (Tabel 1). Aangesien daar binne spiere nie statisties betekenisvolle verskille tussen behandelings ten opsigte van pH<sub>F</sub>-waardes was nie, dui dit daarop dat die varke in elke behandelingsgroep waarskynlik gelyke hoeveelhede spierglikogeen voordoods moes gehad het (Briskey, 1964). Voor en tydens bedwelming is die glikogeen by enige een van die twee behandelingsmetodes waarskynlik nie abnormaal verbruik nie en omdat die pH-daling nie as gevolg van die proefbehandeling statisties betekenisvol beïnvloed is nie, kan aanvaar word dat voordoodse omstandighede van spanning dieselfde was by die varke van beide behandelingsgroepe. Ander vleiskwaliteitseienskappe wat gemeet is, verskyn in Tabel 2.

Tabel 1

Die invloed van tyd van ontweiding op *post mortem* pH-daling<sup>a</sup> van varkspiere

Spier	<i>M. longissimus lumborum</i>			<i>M. semimembranosus</i>			
	Tyd <i>post mortem</i>	Kontrole <sup>b</sup> (n=9)	Behandel <sup>c</sup> (n=9)	F-waarde	Kontrole <sup>b</sup> (n=9)	Behandel <sup>c</sup> (n=9)	F-waarde
	0,25 h	6,475 ± 0,046	6,427 ± 0,063	0,39	6,567 ± 0,039	6,466 ± 0,040	3,22
	0,50 h	6,453 ± 0,042	6,368 ± 0,046	1,88	6,535 ± 0,042	6,377 ± 0,074	3,43
	0,75 h	6,395 ± 0,049	6,252 ± 0,082	2,22	6,511 ± 0,041	6,401 ± 0,046	3,25
	1 h	6,391 ± 0,056	6,185 ± 0,094	3,60	6,457 ± 0,047	6,376 ± 0,043	1,63
	2 h	6,253 ± 0,050	6,018 ± 0,117	3,43	6,399 ± 0,064	6,222 ± 0,065	1,65
	3 h	6,051 ± 0,087	5,815 ± 0,126	2,36	6,118 ± 0,105	5,986 ± 0,104	0,78
	4 h	5,614 ± 0,138	5,554 ± 0,093	0,13	5,981 ± 0,061	5,739 ± 0,108	3,79
	5 h	5,456 ± 0,081	5,414 ± 0,065	0,16	5,586 ± 0,086	5,504 ± 0,068	0,91
	6 h	5,376 ± 0,025	5,405 ± 0,065	0,16	5,414 ± 0,036	5,428 ± 0,037	0,08
	24 h	5,311 ± 0,018	5,295 ± 0,046	0,45	5,316 ± 0,019	5,342 ± 0,019	0,91

a : Gemiddelde ± standaard fout

c : Ontweiding 45 minute *post mortem*

b : Ontweiding agt minute *post mortem*

F-waarde : P < 0,01 = 8,53

P < 0,05 = 4,49

Tabel 2

Die invloed van tyd van ontweiding op spiereienskappe<sup>a</sup> van varke

Eienskap	Kontrole <sup>b</sup>	Behandeld <sup>c</sup>	F-waarde
T <sub>45</sub> LL (°C)	38,4 ± 0,24	39,3 ± 0,25	6,50*
T <sub>45</sub> SM (°C)	38,3 ± 0,34	38,4 ± 0,54	0,01
Rigor SM (mm)	7,5 ± 0,67	8,6 ± 0,53	1,69
Refleksie LL (%)	30,1 ± 0,86	30,2 ± 1,11	0,92
Refleksie SM (%)	33,1 ± 1,10	37,2 ± 1,23	5,53*
Gaarmaakverlies LL (%)	28,9 ± 1,00	29,7 ± 0,99	0,26
Gaarmaakverlies LL (%)	28,3 ± 1,12	27,1 ± 1,37	0,47

a : Gemiddelde lesing ± standaard fout

b : Ontweiding agt minute *post mortem*c : Ontweiding 45 minute *post mortem*T<sub>45</sub> : Spiertemperatuur 45 minute *post mortem*LL : *M. longissimus lumborum*SM : *M. semimembranosus*

F-waarde : P &lt; 0,01 = 8,53

P &lt; 0,05 = 4,49

\* : Statisties betekenisvolle verskil (P &lt; 0,05)

### Spiertemperatuur

In die geval van die *M. semimembranosus* het die spiertemperatuur wat 45 min. *post mortem* gemeet is (T<sub>45</sub>) nie statisties betekenisvol tussen behandelings verskil nie. Die temperatuur van die *M. longissimus lumborum* was egter statisties betekenisvol hoër (P < 0,05) by die laat ontweide as by die vroeg ontweide varke (39,3°C teenoor 38,4°C – Tabel 2). Hierdie statisties betekenisvolle hoër temperatuur van die laat ontweide varke het egter nie 'n statisties betekenisvolle verlaging in die *post mortem* pH-daling van die laat ontweide varke teweeggebring nie. Daar is aanwysings in die literatuur (Van Logtestijn, 1969) dat 'n verhoogde vleistemperatuur nie in alle omstandighede afwykende kwaliteitseienskappe van varkvleis veroorsaak nie.

### Rigor

Sybesma (1966) het hoër *rigor*-waardes in varkspiere met lae pH<sub>1</sub>-waardes gevind as in varkspiere met hoër pH<sub>1</sub>-waardes. Aangesien in hierdie eksperiment nie pH-verskille tussen behandelings verkry is nie, is statisties nie-betekenisvolle verskille tussen *rigor*-waardes dus ook te verwagte soos aangetoon word in Tabel 2.

### Kleur

Volgens die gegewens in Tabel 2 was daar nie 'n statisties betekenisvolle verskil in die refleksiewaarde van

die *M. longissimus lumborum* nie, maar die refleksie van die *M. semimembranosus* was statisties betekenisvol (P < 0,05) laer in die vroeg as in die laat ontweide varke naamlik 33,1 en 37,2% refleksie vir die twee behandelings onderskeidelik. Die positiewe verwantskap tussen 'n hoër refleksiewaarde en 'n lae pH<sub>1</sub>-waarde van spiere soos deur MacDougall, Cuthbertson & Smith (1969) bevind, kan dus nie konsekwent met hierdie resultate gestaaft word nie. Bogenoemde resultate beteken dat die laat ontweide varke se *M. semimembranosus* ligter van kleur as dié van die vroeg ontweide varke was. Gevolglik het een van die nadelige eienskappe van BSW-vleis, naamlik 'n bleek kleur, by een van die twee spiere van die laat ontweide varke wel na vore gekom.

### Gaarmaakverliese

Volgens Tabel 2 was daar nie statisties betekenisvolle verskille in die gaarmaakverlies van beide spiere tussen behandelings nie. Dit was te verwagte aangesien die pH<sub>1</sub> (en ook die pH-waardes op die ander tydstippe) nie betekenisvol tussen behandelings verskil het nie. In 'n vorige eksperiment (Klingbiel & Naudé, 1976) is aangetoon dat waar die *post mortem* spierpH betekenisvol verlaag is, die gaarmaakverliese betekenisvol verhoog is.

### Gevolgtrekkings

Laat ontweiding van varke veroorsaak nie dat die *post mortem* spierpH, betekenisvol verlaag word

in vergelyking met dié van vroeg ontweide varke nie. Die waarnemings van Bendall & Lawrie (1964), Briskey (1964) en Naudé (1972) kon dus nie met hierdie resultate gestaaf word nie. In hierdie eksperiment is gevind dat die temperatuur van die *M. longissimus lumborum* en die refleksie van die *M. semimembranosus* statisties betekenisvol hoër was ( $P < 0.05$ ) in die geval van die laat ontweide varke – in teenstelling met die bevindings van Klingbiel (1975) wat by geeneen van die eienskappe sta-

tisties betekenisvolle verskille gevind het nie.

Ontweiding van varke 45 min. *post mortem* kan gevolglik nie beskou word as 'n faktor wat 'n betekenisvolle invloed op *post mortem* spierpH-daling het nie. Alhoewel die ekonomies belangrike eienskap, gaarmaakverlies nie benadeel is deur laat ontweiding nie, is twee ander eienskappe naamlik die spiertemperatuur ( $T_{45}$ ) en refleksiewaarde as aanduiding van kleur, wel beïnvloed deur die proefbehandeling.

### Verwysings

- AYRES, J.C., 1955. Microbiological implications in the handling, slaughtering and dressing of meat animals. *Adv. Fd Res.* 6, 109–161.
- BENDALL, J.R. & LAWRIE, R.A., 1964. Watery pork. *Anim. Breed. Abstr.* 32, 1–8.
- BRISKEY, E.J., 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft exudative porcine musculature. *Adv. Fd Res.* 13, 89–178.
- HEFFRON, J.J.A., 1973. The porcine, pale, soft, exudative condition – what is the basic biochemical lesion? *S. Afr. J. Anim. Sci.* 3, 177–181.
- HEFFRON, J.J.A. & McLOUGHLIN, J.V., 1971. The relationship between the rate of adenosine triphosphate hydrolysis and glycolysis post mortem in skeletal muscle. In: *Proc. 2nd int. Symp. Condition Meat Quality Pigs*, ed. Jeannette C.M. Hessel-de Heer, G.R. Schmidt, W. Sybesma & P.G. van der Wal. Wageningen: Pudoc.
- KLINGBIEL, J.F.G., 1975. Faktore wat 'n rol speel by die voorkoms van bleek, sagte en waterige varkvlies. M.Sc. (Agric.)-verhandeling, Univ. van Pretoria.
- KLINGBIEL, J.F.G. & NAUDÉ, R.T., 1972. The effect of two stunning techniques on the pH<sub>1</sub>-values of muscles in carcasses of bacon pigs. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 2, 105–107.
- KLINGBIEL, J.F.G. & NAUDÉ, R.T., 1976. Effect of immediate preslaughter stress on certain meat quality characteristics of bacon pigs. *Agroanimalia* 8, 7–12.
- LISTER, D., 1970. The physiology of animals and the use of their muscle for food. In: *The physiology and biochemistry of muscle as a food*. Vol. 2, ed. E.J. Briskey, R.G. Cassens & B.B. Marsh. Madison: Univ. Wisconsin Press.
- MacDOUGALL, D.B., CUTHBERTSON, A. & SMITH, R.J., 1969. The assessment of pig meat paleness by reflectance photometry. *Anim. Prod.* 11, 243–246.
- MITCHELL, J.R., 1970. *Guide to meat inspection in the tropics*. Bucks, England: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- McLOUGHLIN, J.V., 1965. Studies on pig muscle. 4. pH<sub>1</sub>-values in the *longissimus dorsi* muscle of pigs killed under commercial conditions. *Ir. J. agric. Res.* 4, 151–160.
- NAUDÉ, R.T., 1972. Bleek, sagte, waterige (BSW-) varkvlies. *Jl. S. Afr. vet. Ass.* 43, 47–56.
- NAUDÉ, R.T. & KLINGBIEL, J.F.G., 1973. The significance of pale, soft, exudative (PSE) pork in the South African meat industry. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 3, 183–192.
- SNEDECOR, G.W., 1966. *Statistical methods*. 5th edn. Ames: Iowa State Univ. Press.
- SYBESMA, W., 1966. Die Messung des Unterscheides im Auftreten des rigor mortis in Schinken. *Fleischwirtschaft* 6, 637–639.
- THORNTON, H., 1968. *Textbook of meat inspection*. 5th edn. London: Bailliere, Tindall & Cassell.
- VAN LOGTESTIJN, J.G., 1969. A high meat temperature – a cause or a symptom of meat degeneration? In: *Recent points of view on the condition and meat quality of pigs for slaughter*, ed. W. Sybesma, P.G. van der Wal & P. Walstra. Utrecht: Retroprint.