

## INFLUENCE DU PH ET DE LA TEMPÉRATURE SUR LA SOLUBILITÉ DES PROTÉINES MUSCULAIRES DU PORC

R. GOUTEFONGEA

avec la collaboration technique de Denise GUENE et C. DENOYER

*Station de Recherches sur la Viande,  
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,  
63 - Saint-Genès-Champagnelle*

---

### RÉSUMÉ

Des échantillons de muscle *Longissimus dorsi* de porc, prélevés immédiatement après la saignée, ont été soumis pendant deux heures à des conditions définies de pH et de température. A la suite de cette incubation, on a procédé à l'extraction des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires, ainsi qu'à l'étude du spectre d'absorption de l'actomyosine en lumière ultraviolette.

Les résultats montrent que :

— les protéines sarcoplasmiques sont dénaturées par la conjonction des pH bas et de la température élevée ; par contre, les pH élevés exercent pour ces protéines un effet protecteur contre la dénaturation thermique;

— les protéines myofibrillaires subissent également une perte de solubilité lorsque la température s'élève, mais ne bénéficient pas d'un effet protecteur des pH élevés;

— la solubilité maximum des protéines myofibrillaires est obtenue pour des pH inférieurs à 5,8, à des températures de 8° à 15°C. Toutefois, compte tenu du temps nécessaire pour amener à des températures de cet ordre les muscles d'une carcasse au moyen d'une réfrigération rapide, il semble que seule la qualité des muscles superficiels d'une carcasse à chute de pH rapide puisse être améliorée par une telle technique.

---

### INTRODUCTION

Les travaux réalisés depuis plusieurs années dans le but de préciser les mécanismes responsables de l'existence de viandes « exsudatives » chez le porc semblent montrer que les caractéristiques physico-chimiques défectueuses, en particulier le pouvoir de rétention d'eau réduit de ces viandes, sont dues à la rapidité de la glyco-génolyse *post mortem*. En effet, de nombreux auteurs ont montré que la caractéris-

tique biochimique essentielle des muscles de porcs exsudatifs était la vitesse élevée de la chute de pH *post mortem*, consécutive à une glycogénolyse particulièrement rapide : ces viandes atteignent donc en très peu de temps après l'abattage, un pH bas, alors que la température musculaire, qui a d'ailleurs tendance, en raison de l'intensité et de la rapidité de la glycogénolyse, à être supérieure à la normale, est encore élevée. BENDALL et WISMER-PEDERSEN (1962) ont les premiers émis l'hypothèse que cette conjonction pH bas-température élevée, avait des conséquences néfastes sur les propriétés des protéines musculaires : ces auteurs pensent que sous l'action de ces deux phénomènes simultanés, les protéines sarcoplasmiques sont dénaturées et précipitent le long des protéines myofibrillaires, modifiant ainsi les propriétés de solubilité de ces dernières, de même que leur aptitude à retenir de l'eau.

L'action conjuguée du pH et de la température produirait donc des modifications importantes des propriétés physico-chimiques des protéines musculaires, sensibles en particulier au niveau du pouvoir de rétention d'eau, caractéristique musculaire importante sur le plan technologique, puisque responsable en grande partie du rendement des produits transformés d'une part, et d'autre part, élément fondamental des qualités organoleptiques.

CHARPENTIER (1969) a montré que les protéines sarcoplasmiques en solution subissent une importante dénaturation lorsqu'elles sont soumises simultanément à des pH inférieurs à 5,8 et à des températures supérieures à 40°C ; ces conditions de pH et de température se rencontrent fréquemment au début de la période *post mortem* dans des carcasses d'animaux à chute de pH rapide.

Nous avons pensé qu'il était souhaitable de compléter cette étude par l'examen de l'influence des facteurs pH et température sur la solubilité des protéines musculaires *in situ* ainsi que sur certaines caractéristiques spectrales de la principale protéine myofibrillaire après *rigor mortis*, l'actomyosine.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un échantillon de muscle *Longissimus dorsi* d'environ 100 g était prélevé aussitôt après la saignée sur des porcs de race *Large White* pesant  $100 \pm 5$  kg. L'échantillon était rapidement paré puis broyé dans un hachoir muni d'une grille à trous de 3 mm de diamètre.

Après détermination du pH du broyat, (pHmètre portatif EIL 30 C équipé d'une électrode duplex) des fractions de 5 g étaient homogénéisées (homogénéiseur Biorex) dans 50 ml de différents tampons *tris*-maléate préparés de sorte que les pH des homogénats atteignent les valeurs suivantes : 5,0 ; 5,4 ; 5,8 ; 6,2 ; 6,6 ; 7,0.

Les homogénats ainsi réalisés étaient maintenus pendant deux heures à une des températures suivantes : (thermostat Haake KT 62) + 2°C, + 8°C, + 15, + 20, + 25, + 30, + 35, + 37, + 40, + 42.

L'expérimentation a été conduite de manière que, au total, chaque couple pH-température soit appliqué à au moins 3 échantillons provenant d'animaux différents.

Après contrôle du pH au sortir du thermostat, les homogénats étaient centrifugés à 3 000 g pendant 20 mn à 4°C. La teneur en azote total des surnageants était déterminée par microkjeldahl, de même que la teneur en azote non protéique après traitement d'une aliquote des surnageants à l'acide trichloracétique 10 p. 100. La teneur en protéines sarcoplasmiques était obtenue par différence. Les culots de centrifugation étaient alors homogénéisés avec 60 ml de solution de Weber-Edsall et l'extraction durait 24 h à 4°C. Le lendemain, une centrifugation à 20 000 g à 4°C pendant 45 mn permettait de séparer les protéines myofibrillaires solubles dans la solution de Weber-Edsall de la fraction insoluble. Ces deux fractions étaient soumises à la détermination de leur teneur en azote par microkjeldahl. L'actomyosine contenue dans le surnageant était purifiée par deux cycles successifs de précipitation par dilution en milieu 0,2 M KCl puis dissolution du précipité dans une solution de KCl 0,6 M tamponnée à pH 7,2 (*tris* HCl 0,02 M). La solution d'ac-

TABLEAU I  
*Solubilité des fractions sarcoplasmiques, myofibrillaires et protéines solubles totales  
 en fonction du pH et de la température d'incubation*  
 (en p. 100 des protéines musculaires totales)

0°	pH																	
	5,0			5,4			5,8			6,2			6,6			7,0		
	Prot. sarco.	Prot. myof.	Prot. solubles totales	Sarco.	Myo.	Sol. totales	Sarco.	Myo.	Sol. totales	Sarco.	Myo.	Sol. totales	Sarco.	Myo.	Sol. totales	Sarco.	Myo.	Sol. totales
2	20,3	21,4	41,7	20,7	21,5	42,2	22,8	20,4	43,2	22,4	18,6	41,0	23,4	18,1	41,5	24,8	17,7	42,5
8	22,5	32,7	55,2	22,2	25,4	47,6	21,9	22,2	44,1	24,7	16,9	41,6	24,2	16,6	40,8	26,5	16,4	42,9
15	22,2	30,8	53,0	21,9	23,9	45,8	24,4	19,2	43,6	25,2	17,8	43,0	23,3	18,6	41,9	24,6	17,5	42,1
20	21,7	23,5	45,2	21,3	20,9	43,2	22,4	19,1	41,5	26,1	18,1	44,2	26,5	16,7	43,2	26,1	15,5	41,6
25	23,4	18,2	41,6	24,3	18,4	42,7	22,8	21,1	43,9	26,7	16,0	42,7	28,5	16,8	45,3	29,9	15,0	44,9
30	22,7	17,2	39,9	23,1	16,7	39,8	27,2	16,9	44,1	26,5	17,3	43,8	27,2	14,9	42,1	30,0	14,0	44,0
35	19,9	15,2	35,1	21,6	18,9	40,5	24,9	15,9	40,8	25,6	16,7	42,3	28,1	15,5	43,6	28,1	14,4	42,5
37	20,7	12,5	33,2	22,1	15,5	37,6	25,8	16,5	42,3	29,4	15,2	44,6	30,1	16,1	46,2	28,0	15,8	43,8
40	16,6	10,8	27,4	20,1	15,2	35,3	23,8	14,8	40,6	27,0	14,9	41,9	28,9	15,9	44,8	33,3	13,4	46,7
42	11,1	11,9	23,0	17,7	13,3	31,0	23,9	13,9	37,8	29,1	13,7	47,5	33,8	13,7	47,5	31,4	14,4	45,8

tomyosine purifiée servait à l'établissement de son spectre d'absorption en lumière ultraviolette (260-380 m $\mu$ ) à pH 13 (spectrophotomètre Safas, Spectralux 1 800) suivi de la détermination du  $E_{1\%}^{293}$  de la solution, effectuée en tenant compte de la correction de turbidité. Cette correction était effectuée en déterminant le  $\Delta$  DO dû à la turbidité à 293 m $\mu$  par extrapolation à cette longueur d'onde de la droite  $\log(\text{DO}) = f(\log \lambda)$  construite à partir des points d'abscisse  $\lambda = 340, 360$  et  $380$  m $\mu$ . Sur plusieurs échantillons, nous avons vérifié que la présence de nucléotides amènerait à faire une correction inférieure ou au plus égale à 10 p. 100 de la correction de turbidité. Nous avons donc jugé négligeable l'influence des nucléotides.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### I. — Solubilité des fractions protéiques

Nous mentionnons pour mémoire les teneurs en azote non protéique, dont les variations sont faibles (10,9 à 13,1 p. 100 de l'azote total) et absolument indépendantes des traitements subis par les échantillons. Ce résultat est d'ailleurs logique car bien que l'activité des peptidases soit favorisée par les pH élevés, la brièveté du traitement ne doit pas permettre une action sensible.

Le tableau 1 rassemble les valeurs des fractions protéiques solubles en milieu de faible force ionique (que nous appellerons dans la suite protéines sarcoplasmiques) et en milieu de force ionique élevée (protéines myofibrillaires) ainsi que de leur somme (protéines solubles totales), exprimées en p. 100 des protéines musculaires totales.

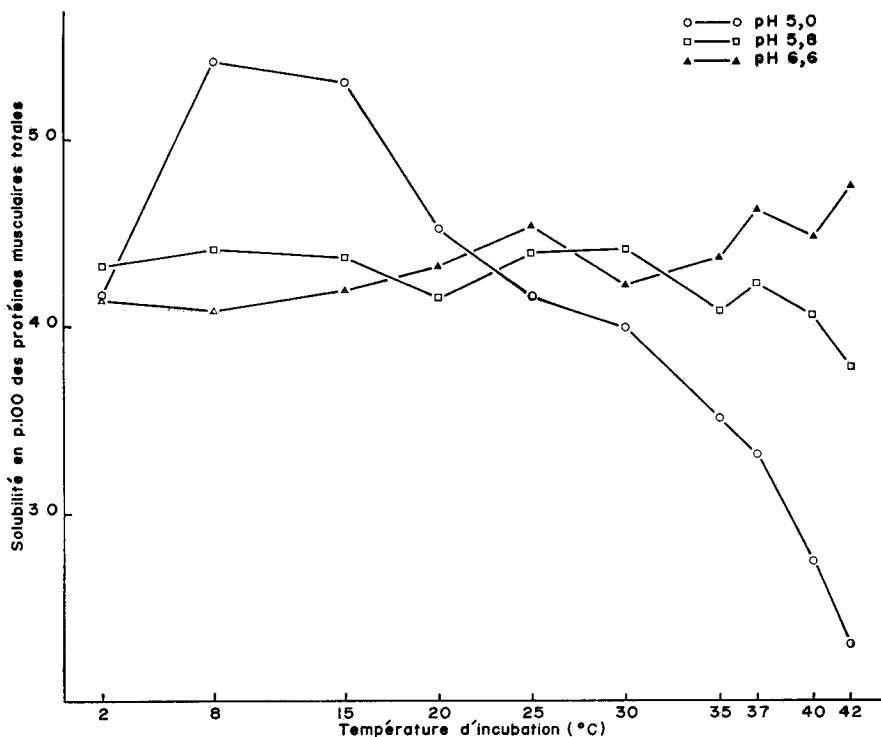


FIG. 1. — Évolution de la solubilité des protéines solubles totales en fonction de la température

Ce tableau appelle les commentaires suivants, que nous avons illustrés au moyen des figures 1-2 et 3, où est représentée l'évolution de la solubilité des différentes fractions protéiques, pour un nombre limité de pH : 5,0, 5,8 et 7,0 — ceci dans un souci de clarté des figures.

*Protéines solubles totales (fig. 1).*

Tant que la température reste inférieure à 25°, la solubilité des protéines musculaires, considérées globalement, n'est pas diminuée par les pH bas. Aux températures de 8 et 15°, cette solubilité est même plus importante pour des pH bas (5,0 et 5,4) que pour des pH élevés (supérieurs à 5,8). Par contre, la conjonction pH bas-température élevée, provoque une réduction de la solubilité, sensible à partir de 25° et très nette à partir de 35°.

*Protéines sarcoplasmiques (fig. 2).*

Pour des pH inférieurs à 5,8, la solubilité des protéines sarcoplasmiques est constante ou légèrement croissante en fonction de la température jusqu'à 30°, puis on assiste à une chute de solubilité, lente jusqu'à 37° et rapide à 40 et 42°. Pour des pH supérieurs à 5,8, la solubilité est légèrement croissante en fonction de la température, l'accroissement étant plus marqué pour les pH les plus élevés.

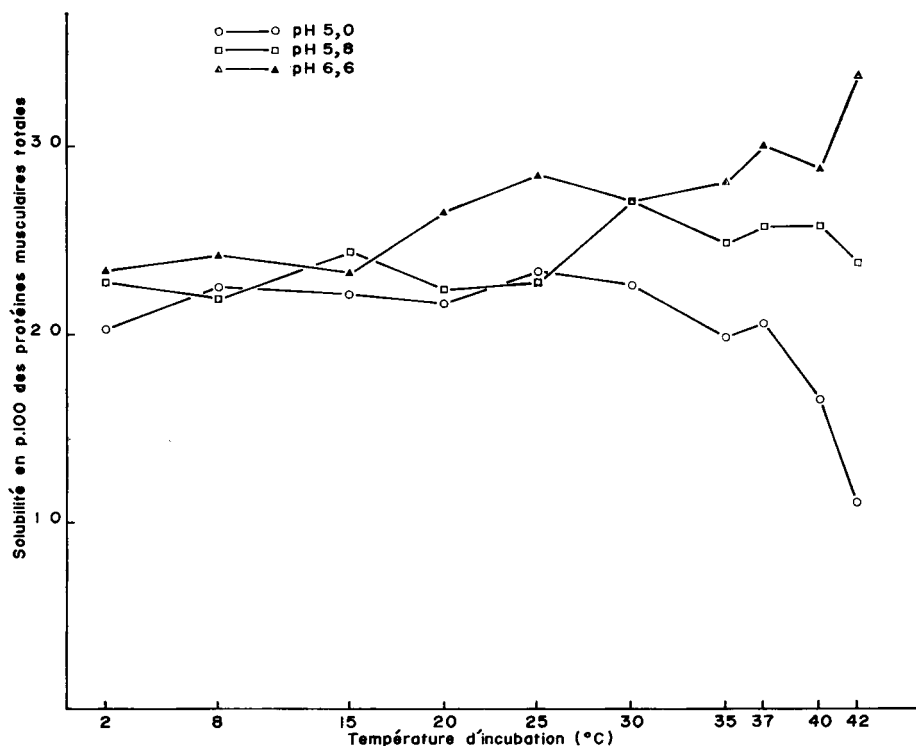


FIG. 2. — Évolution de la solubilité des protéines sarcoplasmiques en fonction de la température

*Protéines myofibrillaires* (fig. 3).

Lorsque le pH est inférieur à 5,8, les protéines myofibrillaires présentent un maximum de solubilité pour des températures de 8° à 15°, ce maximum étant d'ailleurs plus élevé pour le pH le plus bas (pH 5,0). A partir de 15°, on assiste à une baisse de solubilité au fur et à mesure que la température augmente.

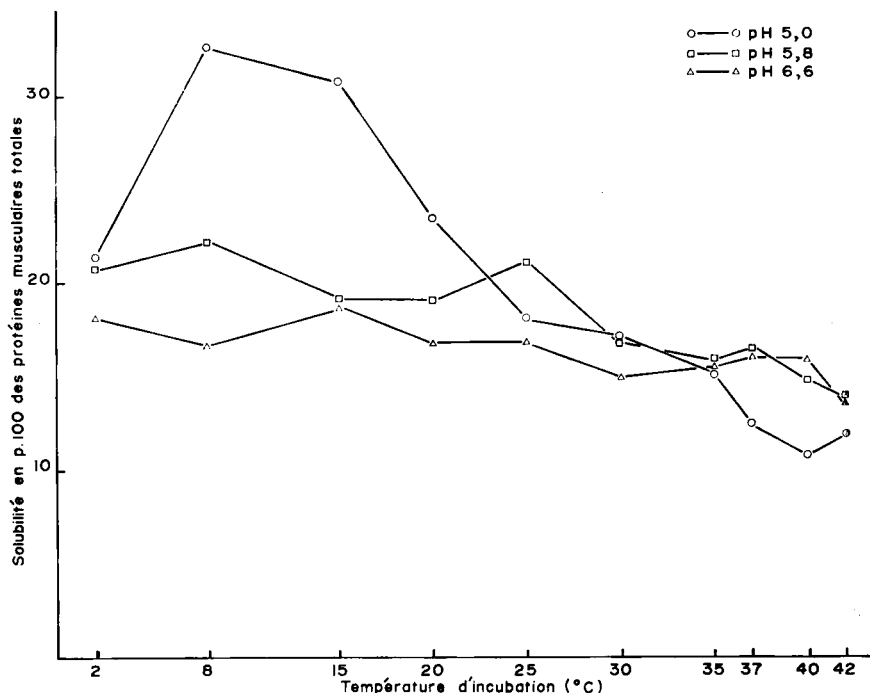


FIG. 3. — Évolution de la solubilité des protéines myofibrillaires en fonction de la température

Lorsque le pH est supérieur à 5,8, on assiste à une chute lente de la solubilité en fonction de la température.

L'évolution de la solubilité des protéines musculaires en fonction des conditions de pH et de température semble donc d'une certaine complexité. En fait, un phénomène complémentaire vient ici se superposer à l'action combinée du pH et de la température : la force ionique des tampons utilisés n'est pas constante et croît avec le pH ; les valeurs de la force ionique sont respectivement de 0,05-0,06-0,08-0,09-0,15-0,17 pour les pH correspondants de 5,0-5,4-5,8-6,2-6,6 et 7,0. Or, on sait que parmi les protéines sarcoplasmiques, certaines, comme les albumines, sont solubles dans l'eau pure, à force ionique nulle, alors que d'autres, comme les globulines ne sont solubles que dans des solutions de force ionique supérieure à 0,05, certaines globulines nécessitent même des forces ioniques supérieures à 0,1 pour être solubilisées (WEBER et MEYER, 1933).

Compte tenu de la force ionique des solutions tampons utilisées lorsque l'échantillon se trouve placé à bas pH, seule une faible partie des globulines est extraite avec la fraction appelée sarcoplasmique, le reste l'étant avec la fraction myofibrillaire. Au

fur et à mesure que le pH des solutions croît, la force ionique s'élève et la proportion des globulines extraite dans la fraction sarcoplasmique augmente, tandis que diminue celle extraite dans la fraction myofibrillaire.

Ceci peut suffire à expliquer qu'à une température donnée où la quantité de protéines solubles totales est peu dépendante du pH des tampons d'incubation, par exemple 2° ou 25°, l'importance de la fraction sarcoplasmique soit croissante avec le pH alors que celle de la fraction myofibrillaire soit décroissante dans les mêmes conditions. En effet, la variation de la force ionique des tampons d'incubation peut, à elle seule, modifier la répartition des protéines extraites entre les deux fractions sarcoplasmique et myofibrillaire, mais ne peut avoir d'influence sur la quantité de protéines solubles totales.

En ce qui concerne les protéines sarcoplasmiques, tant que la température reste inférieure à 30°, leur solubilité ne semble pas affectée par le pH, et les différences observées semblent surtout imputables à l'augmentation de la force ionique avec le pH. Par contre, au-dessus de 30 à 35°, l'action des pH bas (5,0 et 5,4) se manifeste par une baisse importante de la solubilité. Les pH élevés (supérieurs à 5,8) ont manifestement une action protectrice contre la dénaturation thermique. Ces résultats sont en accord avec ceux de CHARPENTIER (1969) montrant que la dénaturation des protéines sarcoplasmiques en solution est très importante pour des pH inférieurs à 5,8 et des températures supérieures à 40°.

Si nous considérons les protéines myofibrillaires, nous observons pour les pH supérieurs à 5,8, une décroissance lente mais régulière de la solubilité en fonction de la température. Les protéines myofibrillaires ne semblent donc pas bénéficier de l'effet protecteur des pH élevés contre la dénaturation thermique ; ceci explique que, aux températures élevées (40° et 42°) les différences de solubilités liées aux pH d'incubation soient bien moins nettes pour les protéines myofibrillaires que pour les protéines sarcoplasmiques, puisque l'élévation de température abaisse la solubilité des protéines myofibrillaires pour tous les pH employés, la diminution de solubilité aux températures élevées étant néanmoins un peu plus accentuée pour les pH bas (5,0).

L'existence du maximum de solubilité de la fraction myofibrillaire aux températures de 8° et 15°, maximum d'autant plus élevé que le pH est bas, s'explique par une inhibition progressive de la glycolyse et de l'activité ATPasique de la myosine (LACOURT, 1970), inhibition d'autant plus prononcée que le pH est bas. En raison de cette inhibition, la combinaison, au cours de la *rigor mortis*, de l'actine et de la myosine en actomyosine, a lieu lentement. Or, nous avons observé que, lorsque les phénomènes biochimiques accompagnant la *rigor mortis* se déroulent lentement, (GOUTEPONGEA, 1967) la quantité d'actomyosine soluble dans la solution de Weber-Edsall est plus importante. L'effet de cette inhibition due aux bas pH s'estompe quand la température s'élève, car la réduction d'activité des enzymes glycolytiques et de la myosine-ATPase n'étant pas instantanée, les réactions biochimiques se déroulent alors à une vitesse croissant avec la température. Aux températures basses, 2° par exemple, l'importance de la fraction myofibrillaire diminue également par rapport à la valeur obtenue pour une température d'incubation de 8°. Ici, nous avons affaire au phénomène déjà décrit sous le nom de « Cold Shortening » (LOCKER et HAGYARD, 1963). La température basse provoque une inhibition du réticulum sarcoplasmique lequel relargue abondamment les ions  $Ca^{++}$  qu'il a fixés, ce qui entraîne

une contraction des sarcomères et une association brutale de l'actine et de la myosine en actomyosine alors que l'activité de la myosine-ATPase n'est pas encore totalement inhibée par le bas pH.

## 2. — Caractéristiques spectrales de l'actomyosine

Nous avons observé, (GOUTEFONGEA, 1967) que la solubilité de l'actomyosine extraite de muscles de porc exsudatifs, c'est-à-dire ayant subi une *rigor mortis* très rapide, était faible, et d'autant plus faible que le caractère exsudatif était plus accentué, et en outre que cette actomyosine présentait un spectre d'absorption en lumière ultra violette modifié par rapport à celui d'actomyosine extraite d'un muscle normal.

Le spectre d'absorption typique de l'actomyosine en lumière ultraviolette (fig. 4) présente un maximum à 278 m $\mu$  s'il est réalisé à pH neutre, et à 293 m $\mu$ , s'il est réalisé en pH fortement alcalin (pH 13). Ces maxima sont dus à la présence d'acides aminés aromatiques, en particulier de tyrosine, dans la molécule. En général les auteurs étudiant les propriétés spectrales de l'actomyosine se placent à pH alcalin car le maximum est plus net et la turbidité de la solution est fortement diminuée. La mesure de l'absorption à 293 m $\mu$  permet de déterminer le coefficient d'extinction

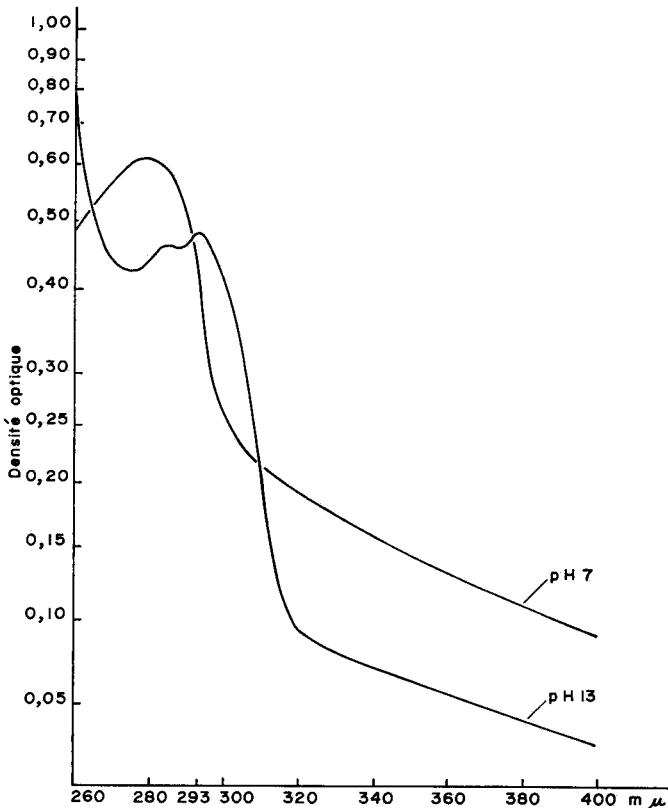


FIG. 4. — Spectres d'absorption de l'actomyosine en lumière ultraviolette à pH neutre et à pH fortement basique



$E_{1\%}^{293}$  dont la valeur varie en fonction des proportions respectives d'actine et de myosine dans l'actomyosine mais se situe toujours entre les valeurs 6,3 et 11,0 qui sont les valeurs respectives du  $E_{1\%}^{293}$  pour la myosine et l'actine à pH 13. (MIHALYI et ROWE-1966).

Nous avons enregistré les spectres d'absorption de l'actomyosine purifiée extraite de nos échantillons et déterminé les valeurs du  $E_{1\%}^{293}$ . Nous avons observé des différences très importantes tant au niveau de la forme générale des spectres qu'au niveau des valeurs de  $E_{1\%}^{293}$ . La figure 5 représente 3 exemples des spectres que nous avons obtenus.

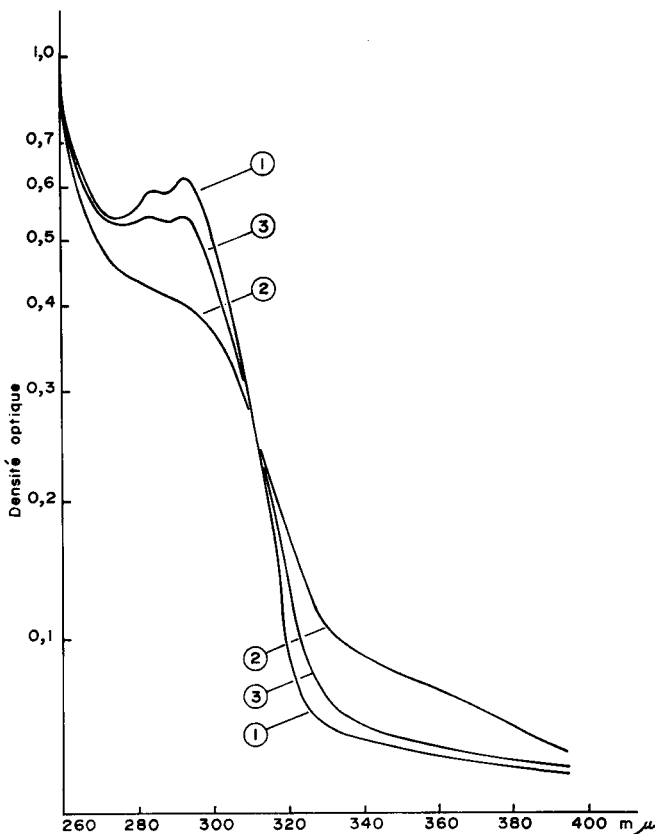


FIG. 5. — Spectres d'absorption en lumière ultraviolette et à pH 13 de l'actomyosine formée dans différentes conditions de pH et de température

1. pH 5,0 — température 8° —  $E_{1\%}^{293} = 8,24$ .  $\Delta$  DO turbidité = 0,065
2. pH 5,0 — température 42° —  $E_{1\%}^{293} = 3,03$ .  $\Delta$  DO turbidité = 0,171
3. pH 5,4 — température 25° —  $E_{1\%}^{293} = 7,05$ .  $\Delta$  DO turbidité = 0,091

On notera que, au fur et à mesure que le spectre d'absorption s'écarte du spectre typique 1, la turbidité de la solution d'actomyosine croît.

Le spectre n° 1 pour lequel la valeur du coefficient  $E_{1\%}^{293}$  calculé est de 8,24, a les caractéristiques de celui d'une actomyosine extraite d'un muscle normal. Il correspond à un échantillon dont les conditions d'incubation ont été : pH 5,0, température 8° et pour lequel la solubilité de la fraction myofibrillaire est maximum (32,7 p. 100 des protéines totales).

Le spectre n° 2 ne présente aucun maximum à 293 m $\mu$ . La valeur du coefficient  $E_{1\%}^{293}$  est de 3,03, ce qui est manifestement aberrant. La solubilité de la fraction myofibrillaire de cet échantillon (conditions d'incubation : pH = 5, température = 42°) est l'une des plus faibles que nous ayons enregistrée. L'actomyosine extraite de cet échantillon doit être sous une forme moléculaire telle que les acides aminés aromatiques sont masqués et ne se manifestent pas par leur absorption à 293 m $\mu$ . A pH 13, l'actomyosine devrait être sous forme de pelote statistique, donc ce masquage doit s'expliquer soit par une précipitation de protéines sarcoplasmiques sur les protéines myofibrillaires (BENDALL et WISMER-PEDERSEN, 1962) soit par un changement de conformation lié à une dénaturation irréversible à ce pH.

Le spectre n° 3 (conditions d'incubation : pH = 5,4, température 25°) est un type intermédiaire entre les deux précédents. Le maximum d'absorption à 293 m $\mu$  existe, mais il est moins net que pour le spectre n° 1. Le coefficient d'extinction  $E_{1\%}^{293}$  calculé est de 7,05, ce qui théoriquement est une valeur acceptable puisque comprise entre 6,30 et 11,0. Néanmoins elle n'est certainement pas représentative de la composition de l'actomyosine en actine et myosine, car l'examen du spectre dénote un masquage partiel d'acides aminés aromatiques.

Si nous considérons les résultats globalement, nous remarquons que pratiquement, les spectres d'absorption montrent des anomalies dès que la température d'incubation dépasse 25°, et également, mais à un degré moindre, pour la température de 20°.

Compte tenu du fait que, dans les cas les plus accentués, c'est-à-dire aux températures élevées, la solubilité des protéines sarcoplasmiques n'est pas systématiquement réduite (elle est réduite pour les pH bas, mais non pour les pH élevés) nous ne pensons pas que le masquage des acides aminés soit le fait d'une précipitation des protéines sarcoplasmiques sur les protéines myofibrillaires (BENDALL et WISMER-PEDERSEN, 1962). Nous pensons qu'elle est plutôt la conséquence d'une modification de conformation de l'actomyosine elle-même, qui est à rapprocher du phénomène mis en évidence par JOHNSON et ROWE (1964). Ces auteurs ont montré que, dans certaines conditions de pH et de force ionique, l'actomyosine pouvait se dissocier, puis les molécules de G-actine s'associer en un polymère différent de la F-actine, lequel donnerait avec la myosine, un complexe formant un gel, aux propriétés très éloignées de celles de l'actomyosine. KING (1966) a étudié ce phénomène et a constaté qu'il s'accompagnait d'une nette diminution de solubilité.

## CONCLUSION

L'étude de l'influence du pH et de la température sur la solubilité des protéines musculaires du porc permet de préciser les influences respectives de ces deux facteurs et d'observer que la réaction des protéines sarcoplasmiques est différente de celle des protéines myofibrillaires.

En effet, les protéines sarcoplasmiques sont dénaturées à bas pH lorsqu'elles sont soumises en même temps à une température élevée. Par contre les pH élevés exercent un effet protecteur contre la dénaturation thermique. La solubilité des protéines myofibrillaires est abaissée lorsque la température s'élève, mais les pH élevés n'exercent qu'une très faible protection contre les effets néfastes de l'élévation de température. En outre, on obtient une solubilité maximum des protéines myofibrillaires pour des pH inférieurs à 5,8 et des températures de l'ordre de 8° à 15°. Comme ces conditions de pH et de température sont également favorables au maintien de la solubilité des protéines sarcoplasmiques il semblerait intéressant d'amener les carcasses à une température de cet ordre aussitôt que possible après l'abattage. D'après les résultats obtenus par CHARPENTIER (1969), sur les vitesses d'abaissement de la température dans divers muscles de la carcasse en fonction de la température de réfrigération, il semble qu'une réfrigération rapide puisse être bénéfique seulement pour des muscles relativement superficiels où la température pourra être abaissée relativement vite. Par contre, pour des muscles profonds, le laps de temps s'écoulant avant que la température soit suffisamment basse ne permet pas d'espérer une amélioration sensible par cette technique.

Reçu pour publication en décembre 1970.

## SUMMARY

### INFLUENCE OF PH AND TEMPERATURE ON SOLUBILITY OF MUSCLE PROTEIN IN PIGS

The object of this study was to observe the effects of pH and temperature during the first two hours after killing on the extractability of muscle proteins in pigs.

Samples of *Longissimus dorsi* muscle of *Large White* pigs taken immediately after bleeding were kept for two hours in defined conditions of pH and temperature. After this period of holding sarcoplasm and myofibril proteins were extracted, the amount extracted was estimated and the absorption spectrum of purified actomyosin in ultraviolet light was recorded.

Results showed (table 1) that :

Sarcoplasm proteins were denatured by the combined effect of pH below 5.8 and temperature above 37°C. In contrast, high pH had a protective effect for these proteins against denaturation by heat (fig. 2).

Similarly, myofibril proteins became less soluble when the temperature was raised but did not enjoy any protective effect from high pH (fig. 3). Solubility of myofibril proteins was greatest with pH below 5.8 and temperature between 8° and 15°.

When holding temperature passed above 25°, whatever the pH, the absorption spectra of actomyosin irregularities which indicated the obscuring of aromatic amino acids such as tyrosine. This masking probably results from changes in conformation of the actomyosin molecule or the agglomeration of these molecules among themselves (fig. 5).

It would seem, then, that to improve quality of meat, there is some purpose in reducing temperature of the muscle to about 15° as quickly as possible. However, considering the practical conditions of slaughter and the speed at which muscle temperature can fall in the conditions of rapid refrigeration, this technique would only be effective in superficial muscles.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENDALL J. R., WISMER-PEDERSEN J., 1962. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.*, **27**, 144-158.
- CHARPENTIER J., 1969. Influence de la température et du pH sur quelques caractéristiques physico-chimiques des protéines sarcoplasmiques du muscle de porc. Conséquences technologiques. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **9**, 101-110.

- GOUTEFONGEA R., 1967. Contribution à l'étude du pouvoir de rétention d'eau de différentes fractions musculaires chez le porc normal et exsudatif. *XIIIth Conf. Meat Res. Workers*. Rotterdam.
- JOHNSON P., ROWE A. J., 1964. An ultracentrifuge study of the Actin-Myosin interaction. In GERGELY J. : *Biochemistry of Muscle Contraction*, chap. 27, p. 279. Little Brown and Co. Boston, Massachusetts.
- KING F. J., 1966. Ultracentrifugal analysis of changes in the composition of myofibrillar protein extracts obtained from fresh and frozen cod muscle. *J. Food Sci.*, **31**, 649-663.
- LACOURT A., 1970. Influence de la température et du pH sur le taux de calcium libre du tissu musculaire et sur l'activité ATPasique de la myosine. *Journées nationales d'étude de l'Association Française du froid*. Grenoble 7-8-9 octobre 1970.
- LOCKER R. H., HAGYARD C. J., 1963. A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agr.*, **14**, 787-793.
- MIHALYI E., ROWE A. J., 1963. Studies on the extraction of actomyosin from Rabbit muscle. *Biochem. Z.*, **345**, 267-285.
- WEBER H. H., MEYER K., 1933. Cited by CZOK R. and BUCHER Th., 1960. Crystallized enzymes from the myogen of rabbit skeletal muscle. *Adv. protein chem.*, **15**, 315-407.
-