

COMPOSITION DU PIGMENT DES VIANDES SALEES

A. FROUIN - J.P. CORDIER
 =====

Service de Recherche de la Société OLIDA-
 CABY ASSOCIES - FRANCE =====

RESUME

A l'aide de la spectrométrie, de la chromatographie sur papier et de l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide, les auteurs ont confirmé que le pigment des viandes salées était du nitrosohème, que le corps obtenu était indépendant du pigment de départ et de la cuisson, puisqu'il y avait rupture de la liaison entre le hème et la globine lors de sa formation.

Ils ont montré, qu'en plus de l'oxyde d'azote NO, un réducteur se fixait sur le hème pour former le nitrosohème.

En discutant les résultats connus, ils attirent l'attention sur les différences fondamentales de structures électroniques et de réactivité qui existent entre l'oxyde d'azote NO libre et celui qui est lié dans le nitrosohème; ces différences rendent improbables la formation de nitrosamines à partir de nitrosohème.

Les compositions comparées des pigments nitrosometh et nitrosohème les conduisent à estimer que la globine est liée au hème par coordinance.

COMPOSITION OF THE CURED MEAT PIGMENT

SUMMARY

With the help of spectrometry, paper chromatography and polyacrylamid gel electrophoresis, the autors have confirmed that the cured meat pigment is nitrosoheme; this product is independant of the starting pigment and of thermal processing since there is a disruption of the linking between heme and globin when it is formed.

They showed that in addition of nitrogen oxide NO a reducing compoud is fixed on the heme to give nitrosoheme.

Discussing the known results, they hold the attention on the basic differences is electronic structure and in reactivity which exist between free nitrogen oxide NO and NO which is bound in nitrosoheme: these differences make unlikely the nitrosamines formation from nitrosoheme.

The compared compositions of nitrosometh-and nitrosoheme pigments conduce to assess that globin is bound to heme by coordinence.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit Hilfe der Spektrometrie, der Papierchromatographie und der Elektrophorese auf Polyacrylamidgel haben die Autoren bestätigen können, dass das Nitrosohäm der Farbstoff des Pökelfleisches ist, und dass der erhaltene Stoff unabhängig von dem Ausgangsfarbstoff und der Hitzebehandlung ist, denn während seiner Bildung findet ein Bindungsbruch zwischen dem Häm und dem Globin statt.

Sie haben gezeigt, dass sich zusätzlich zum Stickstoffoxyd NO, ein Reduktionsmittel an das Häm heftet, um das Nitrosohäm zu formen.

In der Diskussion der bekannten Ergebnisse machen sie darauf aufmerksam, dass grundsätzliche Unterschiede in der elektronischen Struktur und der Reaktivität zwischen dem freien Stickstoffoxyd NO und dem in dem Nitrosohäm gebundenen NO bestehen ; diese Unterschiede machen die Bildung von Nitrosaminen ausgehend vom Nitrosohäm unwahrscheinlich.

Der Vergleich der Zusammensetzung der Farbstoffe Nitrosometh und Nitrosohäm führte sie zu der Meinung, dass das Globin durch Koordinanz an das Häm gebunden ist.

I - Introduction

De très nombreuses publications ont paru depuis 50 ans sur les réactions de coloration conduisant à la formation de pigments roses, stables en cuisson, qui se développent dans les viandes salées en présence de nitrate et de nitrite.

Ces publications ont établi que les pigments en cause proviennent de la fixation d'oxyde d'azote NO sur l'hémo ou la myoglobine, en présence de réducteur. Cet oxyde d'azote provenant, lui-même, de la réduction de l'anion nitreux NO_2^- .

HORNSEY, puis TARLAGIS ont montré l'identité des propriétés de solubilité comparée dans l'eau et l'acétone, ainsi que des spectres d'absorption des composés nitrosés de la viande, formés à partir de la myoglobine, de l'hémoglobine, que ceux-ci soient crus ou cuits. Ils en avaient déduit que le pigment rouge des viandes salées était uniquement composé du noyau hémique nitrosé, c'est-à-dire que la formation de ce pigment s'accompagnait de la rupture de la liaison entre le hème et la globine qui existe naturellement dans la myoglobine et l'hémoglobine par liaison du fer du hème à l'histidine de la globine.

Ce qui veut dire que les quatre composés normalement appelés nitrosomyoglobine, nitrosohémoglobine, nitrosomyochromogène et nitrosohémochromogène seraient, en réalité, un seul et même corps, le nitrosohème, indépendant de la protéine d'origine, et tout au plus variable suivant l'éventuelle fixation complémentaire de réducteurs qui ne dépendent pas de la protéine à laquelle le hème est initialement lié, mais uniquement des conditions de milieu dans lesquelles se développe cette réaction.

MARSHALL, dès 1945, avait montré que ces réactions se produisaient en deux stades, le premier conduisant aux formes met dans lesquelles le fer du hème devient trivalent - cette première réaction conserve les propriétés de solubilité liées à la globine, ce qui prouve qu'il n'y a pas rupture de la liaison fer-histidine à ce stade. Durant la seconde réaction, le fer retourne à l'état divalent par réduction en formant le pigment nitrosé caractéristique des salaisons : le Nitrosohème. FOX et ses collègues ont confirmé ces résultats et étudié de façon beaucoup plus précise la dynamique de l'ensemble des réactions qui peuvent se produire suivant les réducteurs utilisés.

Il nous a semblé important de préciser la composition de ces pigments pour avoir quelques notions supplémentaires sur les liaisons entre l'oxyde d'azote et le hème,

Nous pensons que cette connaissance présente de l'intérêt sous les deux points de vue des connaissances des phénomènes de technologie et de la toxicologie. En effet, la formation de nitrosamines est liée à la structure électronique très spéciale de l'oxyde d'azote, particulièrement réactif à cause de son électron non stabilisé en orbitale de partage. Or, les mesures de spectrométrie de résonances magnétiques de PAULING comme de TARLAGIS montrent l'absence d'électrons célibataires dans la Nitrosomyoglobine, donc une modification électronique importante de l'oxyde d'azote lors de sa fixation.

Nous avons cherché à confirmer que la Nitrosomyoglobine, la Nitrohémoglobine, et les formes cuites de ces pigments, le Nitrosomyochromogène et le Nitrosohémochromogène représentaient, sous quatre noms, la même chose : du nitrohème; nous avons également cherché à mettre en évidence la composition de ce corps qui ne se forme qu'en présence d'oxyde d'azote et de réducteur.

Les méthodes utilisées ont été la spectrométrie sur extraits acétoniques, la chromatographie avec divers solvants pour vérifier l'identité des caractéristiques des 4 pigments selon deux procédés différents.

En électrophorèse sur gel de polyacrylamide, nous nous sommes confirmés l'absence de globine, donc l'identité de ces pigments et obtenu quelques précisions sur le rôle de réducteur.

II - METHODES

Préparation des échantillons : à 10 g de sang ou de viande, on ajoute 200 mg d'ascorbate de sodium, quelques milligrammes de nitrite; on laisse reposer, puis l'on filtre. Toutes les manipulations sont faites à l'obscurité. Les cuissons sont effectuées en 30 mn à 80° C.

SPECTROPHOTOMETRIE

L'échantillon est broyé et homogénéisé avec quelques milligrammes d'ascorbate de sodium; 10 g en sont prélevés et mélangés à 10 cm³ d'eau et 40 cm³ d'acétone; le tout est mélangé avec un Ultra-Turrax, porté 10 mn à l'obscurité, filtré rapidement; on y ajoute quelques gouttes de trichloréthylène, l'eau éventuellement apportée par l'échantillon est décomptée

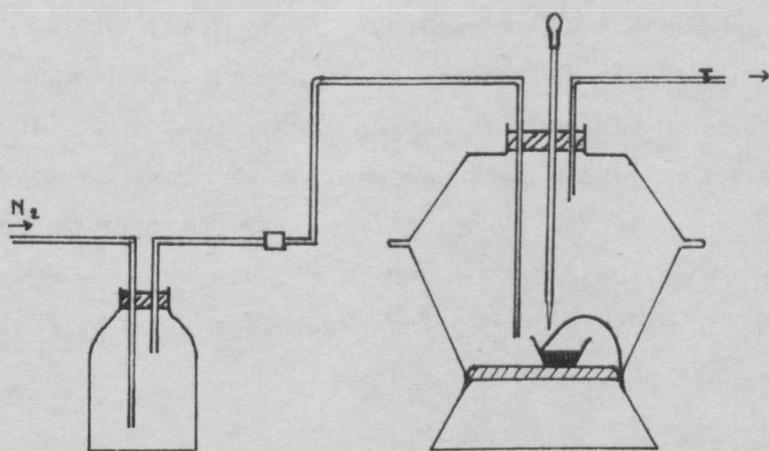


Fig 1. Montage pour chromatographie

des 10 ml ci-dessus mentionnés.

On trace le spectre d'absorption entre 450 m μ et 650 m μ à l'aide d'un spectrophotomètre Jobin Yvon Mark 6.

CHROMATOGRAPHIE

Elle s'effectue sous azote, à l'obscurité, sur papier Wathmann n°1 (87 g/m²), en chromatographie ascendante. Le bac d'éluant est disposé dans un dessiccateur purgé à l'azote. Le papier est placé en équilibre sur le rebord de ce bac, et des pipettes pasteur munies de poires en caoutchouc contiennent les échantillons à analyser. Ces pipettes coulisent dans le bouchon du dessiccateur, le tout est enveloppé de papier d'aluminium et placé dans une salle sombre. La manipulation consiste à basculer le front du papier dans l'éluant à l'aide des pipettes, déposer une goutte de l'échantillon en front de solvant, préalablement repéré, attendre 10 mn, puis ouvrir, marquer au crayon le front du solvant et les taches (dessin n°1).

L'échantillon est préparé comme ci-dessus, il n'est pas filtré et on y ajoute pas de trichloréthylène.

ELECTROPHORESE SUR GEL DE POLYACRYLAMIDE

Appareillage Canalco n° 1200

. Technique : migration d'un échantillon de 3 μ l (5 mm dans la tubule) sur un gel composé comme suit :

. gel inférieur	A'	1 ml
	C'	1 ml
	G	2 ml Polymérisation 1/2 h
. gel intermédiaire	B	0,5 ml
	D	0,5 ml
	E	0,5 ml
	F	2 ml Polymérisation 1/2 h sous U.V.
. gel supérieur (même composition que le gel intermédiaire + échantillon)		

La polymérisation est faite à l'abri partiel de la lumière en entourant le haut des tubes de papier aluminium.

. Composition des différents réactifs

(A')	1 N H Cl	48 ml	(C')	Acrylamide	60,0 g
	Tris	36,3 g		Bis	0,4 g
	Temed	0,23 ml		Eau QSP	100 ml
	Eau QSP	100 ml			
	(pH : 8,8-9,0)				
(G)	<u>Catalyst</u>				
	Amno Persulfate	0,14 g			
	Eau QSP	100 ml			
(B)	1 N H Cl approx.	48 ml			
	Tris	5,98 g			
	Temed	0,46 ml			
	Eau QSP	100 ml			
	(pH : 6,6-6-8)				
(D)	Acrylamide	20,0 g	(E)	Riboflavin	4,0 mg
	Bis	5,0 g		Eau QSP	100 ml
	Eau QSP	100 ml			
			(F)	Sucrose	40 g
				Eau QSP	100 ml

Electrophorèse pendant 45 mn à 1 h à 5 mA/tube dans tampon (H)

(H)	<u>Tampon</u>	
	Tris	3,0 g
	Glycine	14,4 g
	Eau QSP	1 l

. Préparation des échantillons

5 g Hb cristallisée + 50 ml d'eau distillée

A cette solution, on ajoute quelques mg de nitrite et une spatule d'ascorbate ou de cystéine (environ 200 mg).

L'extraction du pigment nitrosé se fait classiquement (mélange acétone-eau 80-20).

Filtrer. Toutes ces manipulations sont faites à l'abri de la lumière.

. Coloration spécifique après électrophorèse

Fixation et coloration immédiate des groupements protéiques pendant 1 h à l'aide du réactif " Aniline Black " dans l'acide acétique.

Décoloration de tout ce qui n'est pas protéique par électrophorèse, 1 h à 1 h 30 sous 10 mA/tube.

On repère les protéines sous forme de bandes bleutées.

III - RESULTATS

A/ - Spectrophotométrie

On ne note aucune différence de spectre entre les extraits acétoniques de viande et de sang ascorbatés, nitrités, crus ou cuits, c'est-à-dire que les spectres d'absorption obtenus dans ces conditions sont identiques pour les :

Nitrosomyoglobine, Nitrosohémoglobine, Nitrosomyochromogène, Nitrosohémochromogène. (graphique 2)

En solution aqueuse, aucun spectre des corps précédents n'a pu être obtenu, par suite de leur insolubilité. Par contre, on note que le spectre du composé met se formant lorsque l'on ajoute du nitrite seul (sans ascorbate) à du sang, possède un spectre très différent de celui de la met-hémoglobine : le maximum d'absorption est déplacé de 495 m μ à 535 m μ . Ce spectre ne peut être identifié à un mélange de met-hémoglobine, hémoglobine et oxymyoglobine, quelles que soient les proportions réciproques de chacun de ces corps. On se trouve donc en présence d'un corps différent des précédents (graphique 3).

B/ - Chromatographie

Les résultats de chromatographie, comme les propriétés de solubilité ont été identiques pour tous les solvants utilisés sur les extraits acétoniques de viande et de sang nitrités, ascorbatés, crus ou cuits, c'est-à-dire que ces propriétés sont identiques pour les Nitrosomyoglobine, Nitrosohémoglobine, Nitrosomyochromogène et Nitrosohémochromogène (graphique 4).

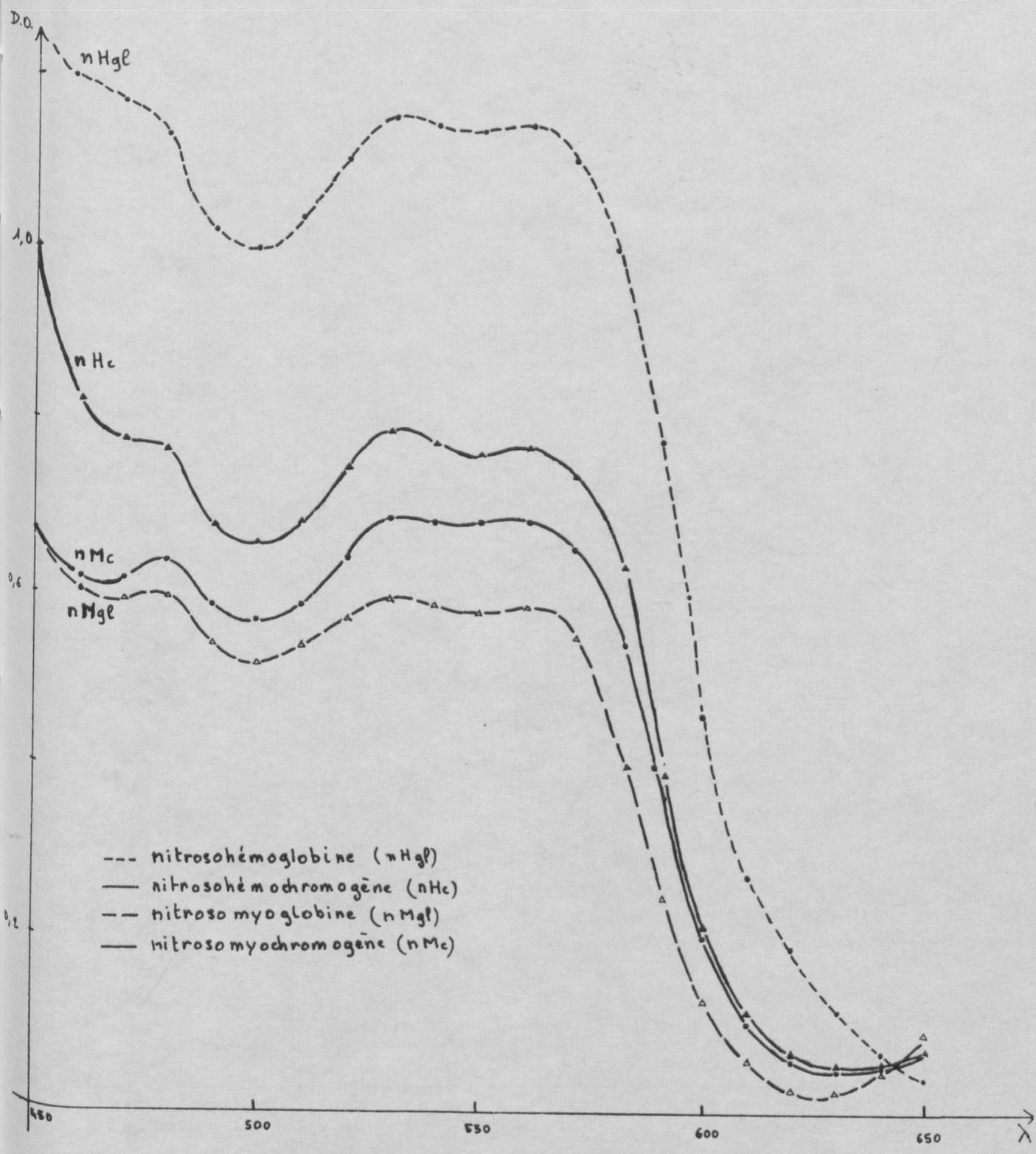


fig 2. Spectrophotométrie des pigments nitrosés réduits (Fe++)

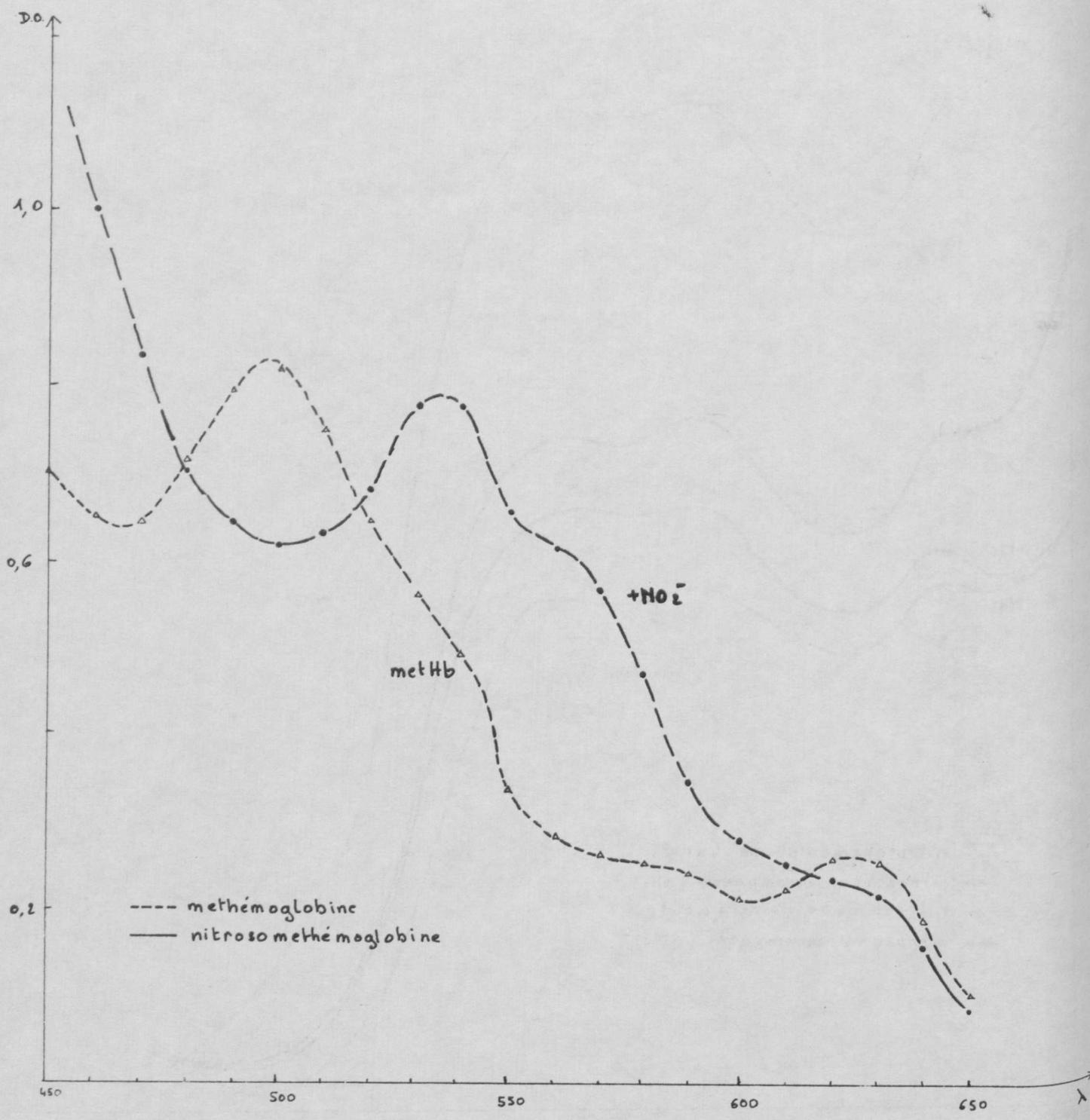
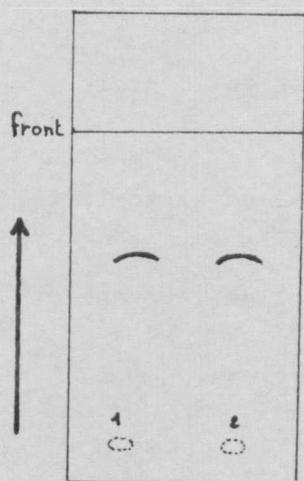


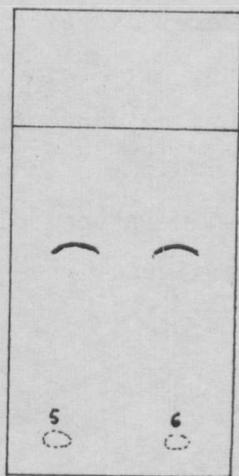
Fig 3. Spectrophotométrie des pigments oxydés (Fe⁺⁺⁺)



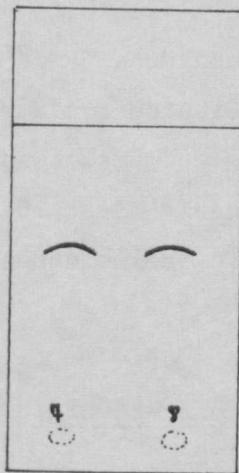
1 nitrosohémoglobine
2 nitrosohémochromogène



3 nitrosomyoglobine
4 nitrosohémochromogène



5 nitrosohémochromogène
6 nitrosomyochromogène



7 nitrosomyoglobine
8 nitrosohemoglobine

Fig 4 - chromatographie sur papier

- . Chloroforme = élution courte, migration frontale
- . Acétone = élution longue, migration frontale
- . Hexane = élution longue, légère migration
- . Toluène = élution longue, bonne migration (entre départ et front)
- . Alcool isopropylique = élution très courte, migration frontale
- . Alcool éthylique = élution longue, pas de migration

Le meilleur éluant est le Toluène, mais gênant à cause de sa toxicité; il nécessite de travailler sous hotte ventilée.

Un résultat identique a été mis au point en mélangeant de l'Hexane et de l'Acétone en proportion 80-20.

C/ - Electrophorèse

L'hémoglobine et tous les extraits aqueux donnent une bande très nette après coloration caractéristique des protéines. Aucune bande n'est obtenue sur les extraits acétoniques de viande et de sang nitrités ascorbatés, crus ou cuits, dans les mêmes conditions de coloration que ci-dessus.

Si l'on remplace l'ascorbate par de la cystéine, les mêmes extraits acétoniques donnent une bande dans les mêmes conditions.

Les extraits acétoniques d'ascorbate et de cystéine purs ne donnent aucune bande dans les mêmes conditions.

Une solution aqueuse d'ascorbate ne donne aucune bande, mais une solution aqueuse de cystéine donne la coloration caractéristique.

(graphique 5).

IV - DISCUSSION DES RESULTATS

Il nous semble que l'identité entre ce que l'on appelle nitrosomyoglobine, nitrosohémoglobine, nitrosomyochromogène, nitrosohémochromogène est largement prouvée : les spectres, les propriétés de dissolution dans divers solvants et leurs propriétés chromatographiques sont identiques.

De plus, les électrophorèses montrent que ces pigments formés en présence d'ascorbate de sodium ne contiennent pas de radicaux aminés, donc qu'il y a effectivement rupture entre le hème et la globine. Nous pouvons conclure comme HORNSEY et TARLAGIS et dire que ces quatre entités représentant la même chose : le nitrosohème.

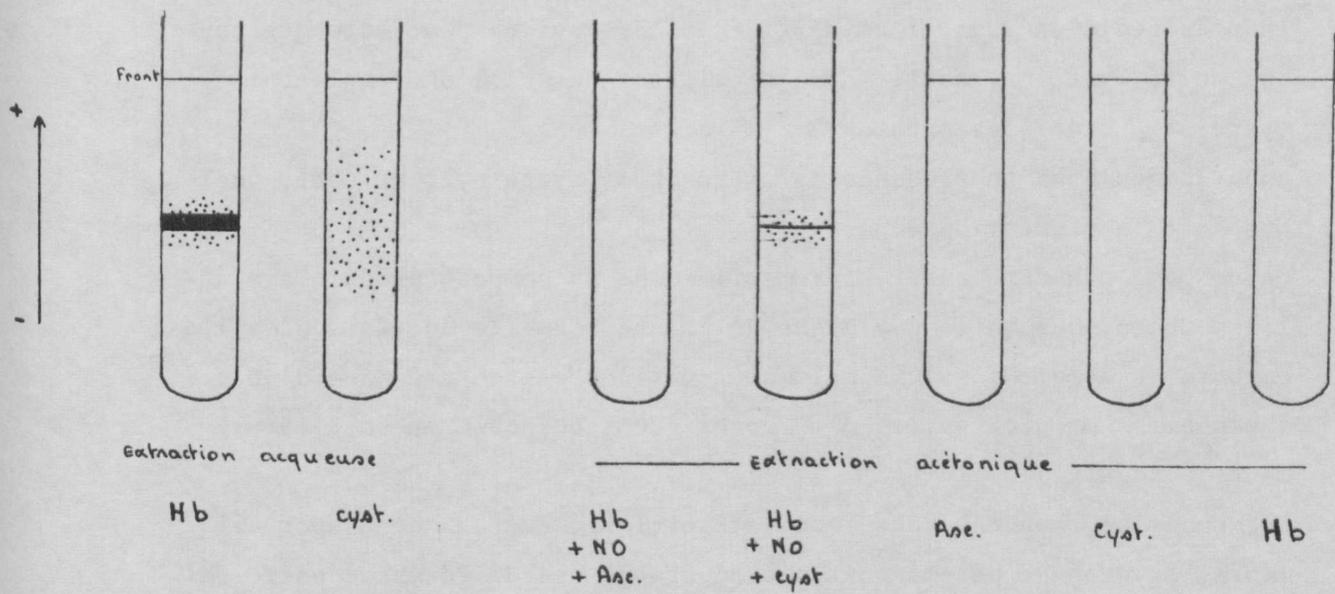


Fig 5. ELECTROPHORÈSE SUR GEL DE POLYACRYLAMIDE

De plus, les électrophorèses comparées entre les réactions se produisant en présence de cystéine et en présence d'ascorbate nous montrent qu'il y a fixation, soit d'ascorbate, soit de cystéine sur ce nitrosohème.

En effet, l'électrophorèse de cystéine pure, en milieu acétonique ne donne aucune bande, donc la cystéine ne passe pas, en l'état, dans cette solution. La bande obtenue en présence de nitrosohème démontre la présence d'un radical aminé fixé au hème qui ne peut être que celui de la cystéine; cette bande n'existant pas si l'on remplace la cystéine par de l'ascorbate.

Nous sommes donc en présence de nitrosohème cystéinyl, et ceci, quel que soit le pigment de départ.

On ne peut pas être aussi affirmatif quant au composé produit avec l'ascorbate, puisqu'il n'y a pas de preuve formelle de liaison de l'ascorbate au hème. On sait simplement que l'on est en présence d'un nitrosohème sans globine, et d'un corps identique quel que soit le pigment de départ.

Lorsque l'on rapproche ces résultats et les éléments connus par ailleurs, on ne peut pas manquer d'être frappé des différences entre les nitroso meth et le nitrosohème, le passage des premiers au second entraîne le départ de la globine, sans que la liaison avec le noyau tétrapyrrolique ou l'oxyde d'azote ne soit affectée, et l'on observe simultanément la fixation du réducteur, au moins dans le cas de la cystéine.

Dans cette réaction, le fer est modifié par apport d'un électron puisqu'il passe du stade Fe^{+++} au stade Fe^{++} , et il fixe simultanément au moins un autre électron, puisque la cystéine s'y lie.

Les spectrométrie et propriétés de solubilités observées sur le nitrosohème de jambon ou produits de salaison fabriqués industriellement sont les mêmes que celles observées sur du nitrosohème formé à partir d'ascorbate ou de cystéine. Elles confirment toujours l'absence de globine.

Il y a donc incompatibilité entre la présence de globine et la forme réduite du fer dans le nitrosohème; cette incompatibilité n'existe pas dans les nitrosometh, ceci quel que soit le réducteur utilisé.

On constate que l'apport d'un électron dans les nitrosometh délie la globine et libère simultanément la place pour un nouvel électron sur les orbitales du fer; ceci montre que la globine donnait deux électrons aux orbitales du fer, elle était liée par liaison dative (coordination).

Les spectres de résonance magnétique de PAULING, et ceux observés d'autre part par TARLAGIS montrent l'absence d'électrons non appariés dans le nitrosohème, ce qui semble parfaitement logique, car s'il existait une orbitale insaturée dans le nitrosohème la globine pourrait conserver ses liaisons datives malgré l'apport d'un électron. Ces éléments expliquent assez bien la remarquable stabilité du nitrosohème par rapport à sa constitution qui comprend du fer ferreux, de l'oxyde d'azote NO, un réducteur comme la cystéïne, tous trois normalement très instables en présence d'air.

Toutes les orbitales du fer hybridé en SP 3 D2 sont saturées pour arriver à la structure stable d'un gaz rare (Krypton).

L'oxyde d'azote a perdu son système d'électron partagé au profit d'une liaison de covalence beaucoup plus stable avec le fer, type de liaison qui existe déjà très probablement dans les nitrosometh - un réducteur, la cystéïne, s'est lié par covalence avec l'électron récupéré par le fer réduit au stade Fe^{++} . Celle-ci doit perdre son hydrogène lié au soufre et la liaison cystéïne-nitrosohème est probablement une liaison S - Fe^{++} ; quant au Tétrapyrole, son mode de liaison reste inchangé. Nous avons schématisé cette conception dans les dessins ci-après n° 6, 7 et 8.

La réaction avec l'ascorbate, plus réactif que la cystéïne, ne peut pas être strictement identique, car la transformation de l'acide ascorbique en déshydroascorbique entraîne la rupture d'une double liaison et la libération de deux hydrogènes.

Il est probable que l'un des hydrogènes s'ionise et donne l'électron réduisant le fer du stade Fe^{+++} à Fe^{++} et que l'autre vient se fixer sur le hème par pont $Fe_{++} - H$ comme l'avait fait la cystéïne.

Nous n'avons pu le vérifier.

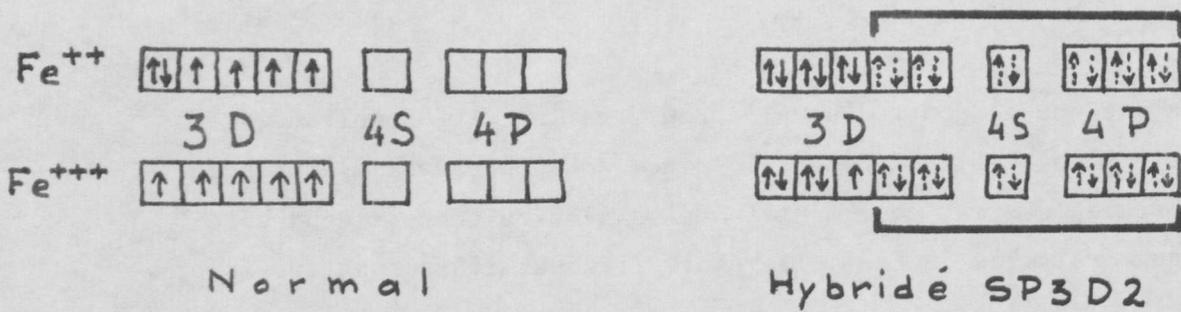


fig 6 Représentation schématique de la structure électronique du fer normal et hybridé en SP3D2

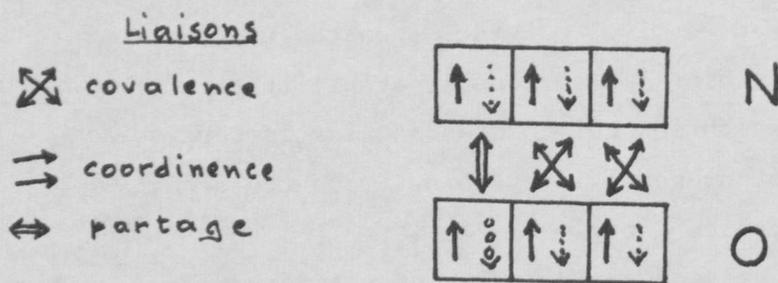


fig 7 Représentation schématique des structures électroniques des orbitales 2P de l'Azote et de l'Oxygène dans l'oxyde d'Azote NO

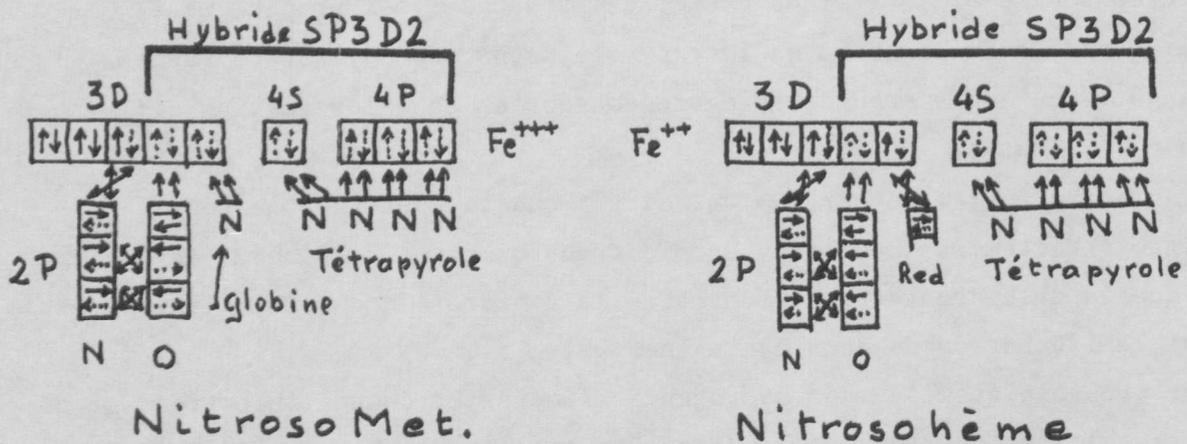


fig 8 Représentation schématique des structures électroniques des pigments nitrosés

CONCLUSIONS

Il ressort de cette étude que nitrosomyoglobine, nitrohémoglobine, nitrosomyochromogène, nitrosohémochromogène ne sont qu'un seul et même corps, le nitrosohème.

Le rôle des réducteurs dans la formation de ce corps ne se limite pas à celui de donneur d'électron, sous une forme ou une autre, il entre directement dans la composition du nitrosohème.

On ne peut pas comparer les propriétés chimiques et toxicologiques des nitrites ou de l'oxyde d'azote NO à celles du nitrosohème car la structure électronique et la réactivité de l'oxyde d'azote entrant dans la composition de ce dernier sont fondamentalement modifiées.

L'impossibilité de doser l'oxyde d'azote dans ce composé par les méthodes de GRIESS ou de ZAMBELLI le confirme.

B I B L I O G R A P H I E

- AMERICAN MEAT INSTITUT The Science of Meat and Meat Product
W.H.FREEMAN and Co Ed.1960
- E.ANTONINI, M.BRUNONI Hemoglobin and Myoglobin in then reactions
with ligands - North Holland Ed.1971
- J.CHARPENTIER La coloration des viandes et les princi-
paux facteurs de variation-INRA-1969 12 p.
- J.CHARPENTIER, L.MESLE Etude de la coloration des jambons de Pa-
ris, 8ème Meet.of Meat Res.Inst.1962 27 p.
- DAUTREVAUX et BOULANGER Les Myoglobines
Bull.Soc.Chim.Biol.1967, 49, p.949/83
- W.F.DIVEN, D.E.GOLDSACK
and R.A.ALBERTY Temperature Jump Kinetric Studies of the
Buiding of imidazole by sperm whale Met-
myoglobin
The journal of biological chemistry
1965, V.840,p.2437/2441
- DIVISION OF MEDICAL SCI Hemoglobin Standard
Science - vol 127 - 1958,6 p.1376-1378
- L.DOMANGE Précis de chimie générale et minérale
Masson et Cie, 1959
- A.M.ERDMANS, B.WATTS Spectrophotometric determination of color
change in cured Meat
J.Agrí.Food Chem.1957, vol.5,n°6,p.453/455
- J.E. FALK Porphyrins and metalloporphyrins
Elsevier Publ.Comp.Amsterdam 1964
- J.B.FOX, ACKERMAN Formation of nitrite oxyde myoglobin mecha-
nisms of the reaction with various Reduc-
tans
J.of Food Sci.vol.33, 1968, p.364-370
- HAMM.R. SCHWEIGER.A Uber das Farbhaltungsvermögen von Rind-
fleisch
Die Fleischwirtzchaft, 1964,8, p.773-778
- M.HENRY et C.BERNARD Sur la teneur en cytochrome C des muscles
de porcs normaux et myopathiques
Académie d'Agriculture de France, 8, 6
1960, p.639-642
- H.C.HORNSEY The colour of cooked cured porc
Jour.Sci.Food Agric.7, Aug.1956,p.534-540

- H.C.HORNSEY The colour of cooked cured Porc
Journ.Sci.Food Agric.10 feb.1959, p.114/124
- B.JAY, J.FOX The chemistry of Meat pigment
Journ.Agric.Food Chem.1966,vol.14,n°3,
207/210
- C.KOIZUMI and W.DUANE BROWN Formation of nitric oxyde Myoglobin by Ni-
cotinamide adenine dinucleotides and fla-
vins
Journ.of Sci.1971, V.36, p.1105/1109
- R.P.MAHLER Process of stabiling the color of cooked
Meat
United States Patent.2860.993 - Nov.1958
- MARSHALL W.MARSHALL C.R. The action of nitrite ond Blood
J.Biol.Chem.1945 - p.187/208
- K. MOHLER Bilan de la formation des pigments de vian-
de salée
Z. Lebensmittel-Untersuchung - Forsh,vol.142
(3) 1970, p.169
- J.F.REITH, M.SZAKALY Formation and stability of Nitric oxyde
Myoglobin
J.of Food Sci.Vol.32, 1967, p.188/196
- J.D.ROBERT et M.C.CASERIO Chimie organique moderne
Ediscience 1968
- J.ROSNAY Le fonctionnement de l'hémoglobine
La Recherche 1971, 7, p.677/680
- J.ROSSEL Physique générale
Dunod 1970
- D.RUSSEL and L.PAULING The Magnetic properties of the compounds
ethylisocyanide Ferrohémoglobin and imida-
zole-Ferrihémoglobin
Proc.N.A.S. 1939, vol.25, p.517/522
- W.I. SOLOVIEV Intensité et stabilité de la couleur dans
les produits carnés
Revue Conserve, mars 1959, p.77/83
- B.G.TARLAGIS Interpretation of the Spectra of Meat Pig-
ments
J.Sci.Food Agric.1962,vol.13, sep.p.485/495
- B.G.TARLAGIS Preservation of Meat color
U.S.Patent 3.360.381, 1967
- B.G.TARLAGIS Procédé de conservation de la couleur de
la viande
Brevet français 1 534 137 du 25.7.1967

H. WAHL

Chimie générale appliquée
Masson et Cie, 1968

C.L.WALTERS-TAYLOR A.McM

The reduction of nitrite by skeletal muscle
Mitochondria
Bioch.Biophys.Acta 96, 1965, p.522/524

J.T.WEISS, GREEN R.WATTS.B

Effect of metal ions on the formation of
nitric oxide Hemoglobin
Food Res.1953,vol.18, p.11/16

F.WIRTH, L.LEISTNER

Potentiel Red Ox dans les conserves de
viande
15e European Meat.of Meat Res.Work, 1969,
p.447/453

O.ZATOCIL, C.BRUNN

Sur le problème de l'action du Nitrite
dans les produits carnés
Die Fleischwirtschaft - Sep.1963,p.798/800

ANONYME

Hemoglobin Standard
Science V.127, p.1376/1378

ANONYME

Salaison de viandes, recherche sur les
facteurs de stabilité de la couleur
Revue de la Conserve, 1958, p.88/99.