

ÉVOLUTION DES LIPIDES INTRAMUSCULAIRES AU COURS DE LA FABRICATION DU JAMBON SEC CORSE :

Influence du mode de salage

Claude COUTRON (1), G. GANDEMER (2), F. CASABIANCA (1)

Institut National de la Recherche Agronomique

(1) *Laboratoire de Recherches sur le Développement de l'Élevage - B.P. 8, 20250 Corté*

(2) *Laboratoire d'Études des Interactions des Molécules Alimentaires - B.P. 527, 44026 Nantes Cedex 03*

L'objectif de ce travail est de mieux connaître l'évolution des lipides intramusculaires au cours de la fabrication du jambon sec corse et l'influence du mode de salage. Nous avons comparé la composition des lipides intramusculaires de la matière première avec celle des jambons (après 18 mois de maturation) ayant subi un salage de longue durée ou de courte durée. Les résultats montrent que :

- la maturation entraîne une lipolyse et une oxydation importante des lipides intramusculaires. La dégradation des phospholipides (0,44 contre 0,17 à 0,14 g/100 g de matière première) s'accompagne d'une forte augmentation du taux d'acides gras libres (0,19 contre 0,54 et 0,48 g/100 g de matière première). Les phospholipides subissent une hydrolyse, marquée par l'augmentation des acides gras polyinsaturés dans les acides gras libres, mais également une oxydation comme en témoigne la diminution de la PE et des acides gras polyinsaturés. Les triglycérides sont peu altérés et ne présentent qu'une légère hydrolyse comme le montre l'augmentation des monoglycérides et diglycérides.
- les jambons fabriqués suivant la technique de salage court ont des teneurs en sel plus faibles (chlorures totaux et libres) que ceux obtenus par le salage long. Par contre la technique de salage n'a que peu d'influence sur la composition des lipides intramusculaires. Seule la proportion d'acides gras polyinsaturés des phospholipides est plus élevée dans les jambons salés suivant la méthode de salage courte comparativement au salage long.

Changes in intramuscular lipids during processing of corsican dry cured ham : Effect of salting conditions

This study deals with the changes in intramuscular lipids during Corsican dry-cured ham processing and with the effect of salting process on these changes. For that we have compared the lipid composition of raw mater with that of 18 months aged ham salted according two processes (long / short time of salting). The results showed that :

- the aging caused hydrolysis and oxidation of intramuscular lipids. The decrease of phospholipid amount (0,44 versus 0,17-0,14 g/100 g of raw mater) is linked with a sharp increase in free fatty acid amount in ham (0,14 to 0,54-0,48 g/100 g of raw mater). The low proportion of PE and PUFA in phospholipids indicated that oxidation affected these lipids. Only small changes were observed in triglycerides, thus, a slight increase in triglycerides hydrolysis was observed as showed by the increase of monoglycerides and diglycerides.
- the ham processed according to the long salting method exhibited a high salt content as compared the ones salted according to the short process. On the contrary, the lipid composition of the hams were similar whatever the salting process, excepted the proportion of polyunsaturated fatty acids in the phospholipids which was higher when the ham were salted using short process.

INTRODUCTION

Le jambon sec, produit phare des principaux pays producteurs de charcuterie sèche, n'occupe en Corse qu'une place secondaire dans la gamme des produits régionaux. L'inorganisation actuelle de la filière basée sur l'élevage local conduit à une atomisation de l'offre (production fermière) et à son absence des marchés formels (commercialisation par vente directe), ce qui est particulièrement défavorable au développement de la production de jambon sec.

Le jambon sec corse ou «prisuttu» est un produit élaboré à partir de porcs de génotype local élevés dans un système extensif régional. La technologie repose sur un salage long et un séchage de 6 à 12 mois. L'excellente aptitude à la transformation en produits secs de la matière première locale est un atout essentiel pour la production d'un jambon haut de gamme. En effet, sa qualité conditionne largement celle du produit fini dans ce type de technologie (MONIN, 1989). Toutefois pour permettre à cette matière première d'exprimer tout son potentiel, il convient de bien maîtriser la technologie utilisée. Afin que des producteurs organisés puissent positionner ce produit sur le segment de haut de gamme, des changements technologiques sont nécessaires. Les connaissances empiriques locales indiquent que la matière première exprime son potentiel aromatique au terme d'un affinage long pouvant aller jusqu'à 18 mois suivant la taille des jambons. De plus, il apparaît que les jambons ayant subi le salage long, tel qu'il est actuellement pratiqué, ont généralement une saveur salée trop prononcée.

C'est pourquoi, un programme a été mis en place pour tenter de mieux connaître les caractéristiques de la matière première et d'optimiser la technique de fabrication. Il a trait principalement à l'étude des modifications physico-chimiques de la matière première qui concourent à l'élaboration des caractéristiques organoleptiques du jambon corse. Il prend en compte à la fois la description des qualités organoleptiques des produits finis, mais aussi la formation des composés d'arôme et la dégradation des lipides au cours de la fabrication. Cet article présente la comparaison de la composition des lipides intramusculaires de la matière première et des jambons après 18 mois d'affinage et de l'influence de deux techniques de salage sur cette composition. Ce choix s'explique par le fait que les lipides sont des précurseurs très importants de la flaveur des jambons secs (BERDAGUÉ et al., 1991). Pour ce qui est du mode de salage, il convenait de réduire le taux de sel des jambons sans pour autant porter préjudice aux qualités organoleptiques du produit fini. Pour ce faire, des jambons ont été salés suivant deux techniques (salage long et salage court) avant d'être affinés jusqu'à 18 mois d'âge. L'évolution de la composition des lipides a été suivie par la mesure des teneurs en lipides totaux, neutres et polaires, le suivi de la lipolyse par le dosage des acides gras libres et des glycérides partiels et l'évaluation du degré d'oxydation par des mesures d'absorbances sur les lipides et celle de l'indice de TBA.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Fabrication des jambons

Les jambons proviennent de 6 animaux (mâles, femelles) de génotype local et ayant été engraisés sous châtaigneraie selon la pratique traditionnelle. Ces animaux âgés de 20 mois

ont été abattus à un poids vif d'environ 110 kg. Le lendemain de l'abattage, les douze jambons (6 droits, 6 gauches) sont séparés des carcasses, identifiés, puis transportés jusqu'à l'atelier expérimental dans un véhicule isotherme. Sur les jambons de la demi-carcasse gauche, un échantillon de *Biceps femoris* est prélevé au niveau de la section jambon - longe au moment du parage pour déterminer les caractéristiques de la matière première. A leur arrivée à l'atelier, les 12 jambons sont mis au sel. Les six jambons gauches sont salés suivant une technique de salage proche de celle pratiquée en Corse (salage de longue durée). Les 6 jambons droits le sont suivant une technique proche de celle pratiquée en Espagne pour le porc ibérique (salage de courte durée). Le salage de longue durée (SL) est obtenu en enfouissant les jambons dans le sel pendant 30 à 45 jours (4 jours/kg de poids frais) à une température de 4°C. Le dessalage est effectué par lavage à l'eau courante des jambons (24 heures). Le salage de courte durée (SC) est réalisé par frottage avec du sel des parties musculaires apparentes (pénétration du sel), puis en recouvrant de sel la surface musculaire et le jarret. Cette opération est effectuée à une température de 4°C pendant environ 10 jours (1 jour/kg de poids frais). Elle est suivie, après brossage des pièces (élimination du sel de la surface), d'une phase de repos au froid à 4°C d'environ 3 semaines (diffusion du sel). Ensuite, tous les jambons sont poivrés et placés dans un séchoir pour une durée de 6 à 9 mois en conditions contrôlées (humidité 75-90%, température 10°C). Puis, ils sont transférés dans une salle d'affinage (humidité de 75%, température 14-16°C) jusqu'à 18 mois. Au terme de la fabrication, le *Biceps femoris* est disséqué et 50 g de muscle sont prélevés dans sa partie postérieure et congelés à -80° C jusqu'au moment des analyses.

1.2. Caractérisation chimique du *Biceps femoris*

1.2.1. Constituants non lipidiques

La teneur en matière sèche est déterminée par pesée à partir de 2 g de muscle placés à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. La teneur en chlorures totaux et libres est mesurée par dosage des ions chlorures à l'aide d'un chloruremètre à électrode d'argent (Corning 926). Les chlorures totaux sont dosés à partir de 10 g de jambon mis en suspension dans de l'eau distillée puis placés une heure au bain marie. Après refroidissement, du ferrocyanure de potassium et de l'acétate de zinc sont ajoutés avant de filtrer l'homogénat. Pour les chlorures libres, 10 g de jambon en solution dans de l'eau distillée sont laissés 3 heures à température ambiante puis centrifugés. Le surnageant est additionné de ferrocyanure de potassium et d'acétate de zinc avant d'être filtré. Les résultats sont exprimés en g de NaCl/100 g de muscle.

1.2.2. Caractérisation de la fraction lipidique du *Biceps femoris*

Les lipides sont extraits de 10 g de muscle frais par un mélange de chloroforme/méthanol (2:1), suivant la méthode de FOLCH et al. (1957). Après élimination du solvant, la teneur en lipides totaux est déterminée par pesée. La teneur en phospholipides (P x 25) est déterminée après dosage du phosphore de l'extrait lipidique total par la méthode de BARTLETT (1959). L'extrait lipidique total est fractionné en lipides neutres et phospholipides sur des cartouches de silice (Sep-pack, Waters) suivant la méthode de JUANEDA et ROCQUELIN (1985). La teneur en lipides neutres est estimée par la différence entre les teneurs en lipides totaux et en phospholipides. Les résultats sont exprimés en g/100g de muscle.

Le rapport PE/PC est déterminé par chromatographie liquide haute performance des phospholipides suivant la méthode de LESEIGNEUR et al. (1989). Seul le rapport de la phosphatidyléthanolamine (PE) sur la phosphatidylcholine (PC) sera présenté, car les profils des fractions extraites des jambons après 18 mois présentent de nombreux pics parasites qui interdisent une quantification précise des classes mineures en raison de l'oxydation des phospholipides au cours de la maturation.

La lipolyse est suivie par la mesure du taux et de la composition des acides gras libres et la détermination des proportions relatives de glycérides partiels dans les lipides neutres. Le dosage des acides gras libres est réalisé selon la méthode de GANDEMER et al. (1991). Le principe repose sur la fixation des acides gras libres sur une résine échangeuse d'anions de type Amberlyst A 26 et leur dosage après méthylation en présence d'étalon interne par chromatographie en phase gazeuse. Les glycérides (diglycérides, monoglycérides) sont quantifiés suivant une méthode adaptée de celle décrite par MYHER et KUSKIS (1984). La méthode repose sur une séparation des dérivés silylés des glycérides par chromatographie en phase gazeuse. Les pics sont identifiés par leur temps de rétention. Les proportions relatives des différentes classes (monoglycérides, diglycérides, triglycérides et acides gras libres) sont calculées en % des lipides neutres, après correction de la surface des pics de chaque classe par leurs coefficients de réponse respectifs déterminés expérimentalement par rapport à l'étalon interne (tricaprène) dont le coefficient de réponse est fixé à 1.

L'oxydation des lipides est suivie par la détermination du rapport des absorbances à 232 et à 215 nm d'une part, et à 275 et à 215 nm d'autre part, d'une solution de lipides à 200 µg par ml dans du cyclohexane suivant la méthode de KLEIN (1970). Une augmentation du rapport A_{232}/A_{215} correspond à une augmentation de la concentration en diènes conjugués qui traduit une peroxydation des lipides. L'augmentation du rapport A_{275}/A_{215} est en relation avec l'augmentation de la concentration en composés carbonyles, produits secondaires de l'oxydation. Le test à l'acide thiobarbiturique est réalisé suivant la méthode de SALIH et al. (1987). Les valeurs sont exprimées en µg de TEP/g de muscle.

La composition en acides gras des triglycérides, des phospholipides et des acides gras libres du muscle est déterminée par chromatographie en phase gazeuse des esters méthyliques préparés d'après la méthode décrite par MORRISON et SMITH (1964). Le chromatographe utilisé Hewlett Packard (HP 5890) est équipé d'un détecteur à ionisation de flamme. Les esters méthyliques sont séparés sur une colonne capillaire (DB 225, J&W) de 30 m de long, 0,32 mm de diamètre interne et 0,25 µm d'épaisseur de film contenant une phase stationnaire polaire. Le débit du gaz vecteur est maintenu constant à 2 ml/mn et la température du détecteur est de 250°C. L'injection se fait en mode on-column pour les fractions mineures (phospholipides, acides gras libres) en programmant la température du four de 50°C à 210°C à 10°C/mn. Pour les fractions majeures (triglycérides), on utilise le mode injection division avec une programmation de la température du four allant de 150°C à 210°C à 10°C/mn, la température de l'injecteur est de 250°C. Les acides gras sont identifiés par leur temps de rétention. Les résultats sont exprimés en % de la surface des esters méthyliques injectés.

1.3. Analyses statistiques

Les résultats ont été comparés par une analyse de variance à deux facteurs : un facteur lot (3 niveaux : matière première, jambons SL, jambons SC), un facteur animal. Les paramètres mesurés n'étant pas affectés par le facteur animal, la présentation des résultats se limite à celle de l'effet lot.

2. RÉSULTATS

2.1. Caractéristiques de la matière première

Le *Biceps femoris* contient 30% de matière sèche, 5,5 g de lipides dont 5 g de lipides neutres et 440 mg de phospholipides (tableau 1). Le taux de monoglycérides, diglycérides et d'acides gras libres est respectivement de 0,8%, 0,9% et 5,4% (tableau 2). Ces valeurs apparaissent élevées au regard de celles généralement rencontrées dans le muscle frais. Ce résultat peut être attribué au long stockage des échantillons à -80°C avant leur analyse au laboratoire. Les compositions en acides gras des lipides totaux et neutres sont très proches et se caractérisent par un faible taux d'acides

Tableau 1 - Quantités de matière sèche, de chlorures et de lipides dans la matière première et dans les jambons âgés de 18 mois ayant subi un salage long (SL) ou court (SC)
(Les résultats sont exprimés en g et rapportés à 100 g de matière première)

	Matière première n = 6	Jambon «SL» n = 6	Jambon «SC» n = 6	Seuil
Matière sèche	30,5 a	25,2 b	23,8 c	***
Chlorures totaux	0,0 a	7,3 b	4,7 c	***
Chlorures libres	0,0 a	2,0 b	1,5 c	***
Lipides totaux	5,5	5,0	3,9	ns
Lipides neutres	5,0	4,9	3,9	ns
Phospholipides	0,44 a	0,17 b	0,14 b	***
Acides gras libres	0,19 a	0,54 b	0,48 b	***

Sur une même ligne, les valeurs affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 0,1% (***) - ns : non significatif.

Tableau 2. Oxydation des lipides intramusculaires et hydrolyse des lipides neutres de la matière première et des jambons âgés de 18 mois ayant subi un salage long (SL) ou court (SC)

	Matière première n = 6	Jambon «SL» n = 6	Jambon «SC» n = 6	Seuil
PE/PC	0,20 a	0,09 b	0,06 b	***
A₂₃₂/A₂₁₅	0,625	0,666	0,625	ns
A₂₇₅/A₂₁₅	0,098 a	0,057 b	0,065 b	***
Indice de TBA (1)	0,014 a	0,008 b	0,008 b	*
Acides gras libres (2)	5,4 a	13,6 b	16,3 b	***
Monoglycérides (2)	0,8 a	2,4 b	3,7c	**
Diglycérides (2)	0,9 a	2,3 b	2,1 b	**
Triglycérides (2)	92,9 a	81,7 b	77,9 b	***

Sur une même ligne, les valeurs affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 5 % (*), 1 % (**) ou 0,1 % (***) - ns : non significatif.

(1) : (µg de TEP/g de muscle),

(2) : (en % des lipides neutres).

gras polyinsaturés (<12%) et une forte proportion de monoinsaturés (>50%) (tableau 3). La composition en acides gras des phospholipides est proche de celle classiquement rapportée chez le porc, avec un fort taux d'acides gras polyinsaturés (50%) sous forme d'acide linoléique (29%), d'acide arachidonique (12,5%) et une proportion non négligeable d'acides gras à longue chaîne (4%) (tableau 4). La composition en acides gras des acides gras libres fait apparaître un taux d'acides gras polyinsaturés élevé (43%) avec une proportion non négligeable d'acide linoléique (27%) et arachidonique (9,4%) (tableau 5). La matière première utilisée pour la fabrication des jambons présente une composition lipidique caractéristique, parfaitement représentative de celles rencontrées dans les muscles de porcs élevés suivant le système traditionnel Corse (SECONDI et al., 1992).

2.2. Évolution de la composition du muscle au cours de la fabrication

Le rendement technologique des jambons est de 63,2% pour les jambons ayant subi un salage long et de 62% pour ceux ayant subi un salage court. Les résultats montrent que l'affinage entraîne une perte de matière sèche (de 5 à 7 g/100 g de matière première) (tableau 1). Absents de la matière première, les chlorures sont abondants dans les jambons, conséquence logique du salage. Ils représentent de 7,3 à 4,7 g/100 g de matière première suivant le mode de salage ce qui correspond à des teneurs en sel des jambons de 11,5 et 7,6% respectivement.

Les teneurs en lipides totaux et en lipides neutres sont comparables dans la matière première et les jambons secs. Par contre, la quantité de phospholipides est beaucoup plus faible dans les jambons secs que dans la matière première. A l'inverse, on observe une forte augmentation du taux d'acides gras libres (x 2 ou 3). Le dosage des glycérides montre une hydrolyse modérée des triglycérides qui se traduit par une augmentation des proportions de monoglycérides et de diglycérides au cours du procédé technologique (tableau 2). La maturation du jambon pendant 18 mois provoque une forte réduction du rapport PE/PC (0,2 contre 0,09 à 0,06) indiquant une oxydation marquée de la PE. En revanche, on n'observe aucune fluctuation du rapport A₂₃₂/A₂₁₅, indiquant que le

niveau de peroxydation des lipides est comparable dans la matière première et les jambons. De plus, l'indice de TBA et le rapport A₂₇₅/A₂₁₅ sont plus bas dans les jambons que dans la matière première ce qui témoigne d'une réduction de la concentration en composés carbonylés des lipides et des jambons au cours de la fabrication (tableau 2).

Les lipides totaux et les triglycérides ont une composition voisine aussi bien dans la matière première que dans les jambons. En conséquence, seule la composition en acides gras des triglycérides est présentée (tableau 3). Les triglycérides ont une composition très proche dans la matière première et dans le produit fini. Toutefois, on note une augmentation significative du taux de 20:4 n-6 dans les triglycérides des jambons. Ce résultat est imputable à une augmentation de la proportion d'acides gras libres dans les lipides neutres (tableau 3). Or cette fraction est riche en acides gras polyinsaturés à chaîne longue comme le 20:4. La composition en acides gras des phospholipides est très largement influencée par la maturation. Globalement, les jambons contiennent un taux d'acides gras polyinsaturés plus faible que la matière première (tableau 4). La même tendance se retrouve sur la composition en acides gras des acides gras libres qui est proche de celle des phospholipides (tableau 5).

2.3. Influence du mode de salage

La méthode de salage affecte significativement les quantités de matière sèche, de chlorures totaux et de chlorures libres des jambons après 18 mois de fabrication. Les jambons ayant subi un salage court ont perdu plus de matière sèche, et ont fixé moins de chlorures (-35%) que ceux salés suivant la technique traditionnelle (salage long). Notons que la quantité de chlorures libres, fraction perçue lors de la dégustation du produit, est inférieure d'environ 25% dans les jambons salés suivant la technique de salage court. Si la technique de salage court permet de limiter la pénétration du sel dans le jambon, elle a peu d'effet sur la fraction lipidique du muscle. Les teneurs en lipides totaux, en lipides neutres, en phospholipides et en acides gras libres sont comparables dans les deux types de jambons. Le degré d'oxydation est très voisin dans les deux jambons que l'on considère le rapport PE/PC, le rapport A₂₃₂/A₂₁₅ et A₂₇₅/A₂₁₅ ou la valeur de l'indice de TBA.

Tableau 3 - Composition en acides gras des lipides neutres de la matière première et des jambons âgés de 18 mois ayant subi un salage long (SL) ou court (SC). (en % des esters méthyliques)

	Matière première n = 6	Jambon «SL» n = 6	Jambon «SC» n = 6	Seuil
14:0	1,1	1,1	1,0	ns
16:0	22,8	22,3	22,0	ns
17:0	0,2	0,2	0,2	ns
18:0	10,9	10,5	10,3	ns
Saturés	35,1 a	34,3 ab	33,6 b	*
16:1	3,3	3,5	3,5	ns
17:1	0,2	0,2	0,2	ns
18:1	50,7	49,8	49,9	ns
20:1	1,0 a	0,9 b	0,9 b	*
Monoinsaturés	55,2	54,3	54,6	ns
18:2	7,8	8,7	8,7	ns
20:2	0,4	0,3	0,3	ns
20:3	0,1 a	0,2 b	0,2 b	*
20:4	0,8 a	1,5 b	1,6 b	**
N-6	9,1	10,7	10,9	ns
18:3	0,6	0,6	0,6	ns
Polyinsaturés	9,7	11,4	11,5	ns

Sur une même ligne, les valeurs affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 5 % (*) ou de 1 % (**) - ns : non significatif

Tableau 4 - Composition en acides gras des phospholipides de la matière première et des jambons âgés de 18 mois ayant subi un salage long (SL) ou court (SC). (en % des esters méthyliques)

	Matière première n = 6	Jambon «SL» n = 6	Jambon «SC» n = 6	Seuil
14:0	0,3 a	0,9 b	0,7 b	**
16:0	23,0	22,9	21,2	ns
18:0	9,6 a	13,5 b	12,3 b	***
Saturés	32,9 a	37,2 b	34,2 ab	*
16:1	0,9 a	1,9 b	1,3 a	**
18:1	17,0 a	25,9 b	21,5 ab	*
20:1	0,4 a	0,9 b	0,7 ab	**
Monoinsaturés	18,3 a	28,7 b	23,4 ab	*
18:2	29,4 a	22,3 b	23,4 b	*
20:2	0,9	1,1	1,0	ns
20:3	1,4 a	1,0 b	1,1 b	*
20:4	12,5 a	6,5 b	11,6 b	**
22:4	1,1 a	1,0 a	1,5 b	**
N-6	45,3 a	31,9 b	38,7 ab	*
18:3	0,6	0,6	0,5	ns
20:5	0,7 a	0,2 b	0,6 a	**
22:5	1,5 a	0,8 b	1,7 b	*
22:6	0,6 ab	0,4 a	0,8 b	*
N-3	3,5 a	2,1 b	3,5 a	**
Polyinsaturés	48,8 a	34,0 b	42,3 a	**

Sur une même ligne, les valeurs affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 5 % (*), 1 % (**) ou de 0,1 % (***) - ns : non significatif.

De même, il ne semble pas non plus, que le mode de salage affecte sensiblement l'hydrolyse des lipides du muscle. En effet, seule la proportion de monoglycérides est significativement plus élevée dans les jambons salés suivant

le salage court comparativement au salage long. La composition en acides gras des lipides totaux et lipides neutres ne varie pas avec la technique de salage, contrairement à celle des phospholipides. Le salage court provoque une diminution

Tableau 5 - Composition en acides gras des acides gras libres de la matière première et des jambons âgés de 18 mois ayant subi un salage long (SL) ou court (SC) (en % des esters méthyliques)

	Matière première n = 6	Jambon «SL» n = 6	Jambon «SC» n = 6	Seuil
14:0	0,6 a	0,8 b	0,8 b	*
16:0	19,0	19,0	19,0	ns
18:0	6,4 a	10,6 b	11,0 b	***
Saturés	25,9 a	30,7 b	31,4 b	*
16:1	2,6	3,0	2,9	ns
18:1	27,5 a	34,3 b	30,9 b	*
20:1	0,5 a	0,7 b	0,8 b	*
Monoinsaturés	30,9 a	38,4 b	35,0 b	*
18:2	27,0 a	18,7 b	20,8 b	*
20:2	0,8	1,1	0,7	ns
20:3	0,9	0,7	0,6	ns
20:4	9,4 a	7,2 a	7,8 b	*
22:4	0,6	0,5	0,5	ns
N-6	38,8 a	28,2 b	30,4 b	***
18:3	1,0	0,8	0,9	ns
20:5	0,9 a	0,5 b	0,6 b	*
22:5	1,8 a	1,0 b	1,2 b	***
22:6	0,7 a	0,4 b	0,5 b	*
N-3	4,3 a	2,7 b	3,2 b	***
Polyinsaturés	43,1 a	30,9 b	33,7 b	***

Sur une même ligne, les valeurs affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de 5 % (*) ou de 0,1 % (***) - ns : non significatif.

d'acides gras polyinsaturés des phospholipides beaucoup moins marquée que le salage long. Cette perte atteint 48% pour le 20:4 dans les jambons ayant subi un salage long, alors qu'elle n'est que de 7% dans le cas des autres jambons. Il en est de même pour la composition en acides gras des acides gras libres, mais la différence entre les deux techniques de salage est moins marquée puisqu'elle n'atteint jamais le seuil de signification.

3. DISCUSSION

3.1. Modifications des lipides intramusculaires au cours du processus de maturation

Les lipides intramusculaires subissent une hydrolyse et une oxydation très marquées au cours du processus de maturation. L'hydrolyse des lipides se traduit par une forte augmentation des quantités d'acides gras libres dans les jambons mais aussi dans une moindre mesure par une élévation des proportions de monoglycérides et de diglycérides dans les lipides neutres. Nos résultats suggèrent que les acides gras libres proviennent à la fois de l'hydrolyse des triglycérides et des phospholipides. Bien qu'il soit difficile de déterminer de manière précise la contribution respective de chacune de ces fractions dans la production des acides gras libres, il semble que la lipolyse affecte préférentiellement les phospholipides. Cette hypothèse s'appuie sur deux observations : la forte diminution de la quantité de phospholipides au cours du processus de maturation, mais surtout la grande similitude de composition en acides gras des acides gras libres et des

phospholipides. En effet, les acides gras polyinsaturés à chaîne longue sont exclusivement localisés dans les phospholipides. La présence d'une proportion importante d'acide arachidonique dans la fraction acides gras libres apporte la preuve de l'hydrolyse de ces lipides. Bien plus, il apparaît que la chute spectaculaire de la quantité de phospholipides dans le muscle au cours de la maturation pourrait être en grande partie due à la lipolyse. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par BUSCAILHON et al. (1994) et FLORES et al. (1985). Il ne fait aucun doute que les triglycérides participent également à la libération des acides gras. Toutefois, il semble que leur contribution à la formation des acides gras libres reste modeste. En effet, l'augmentation des proportions de monoglycérides et de diglycérides reste faible et la composition en acides gras des triglycérides est très différente de celle des acides gras libres. Malgré la très forte teneur en triglycérides des muscles chez le porc Corse (5% du poids frais), il ne semble pas que cette fraction lipidique ait une contribution plus importante à la lipolyse dans les jambons secs corses que dans ceux produits à partir de porcs industriels dont les muscles sont deux fois moins riches en triglycérides.

Les lipides sont également oxydés au cours de la fabrication du jambon sec corse. Cette oxydation se traduit par une diminution de la phosphatidyléthanolamine ainsi que par une diminution des acides gras polyinsaturés des phospholipides et des acides gras libres. La forte diminution de la proportion des acides gras polyinsaturés des phospholipides et du rapport PE/PC attestent d'une oxydation marquée des phospholipides. Ce résultat est en accord avec ceux publiés

antérieurement indiquant que les phospholipides sont les substrats privilégiés de l'oxydation dans les produits carnés (WILSON et al., 1976, GANDEMER, 1990). Cette grande sensibilité des phospholipides à l'oxydation est généralement attribuée à leur forte insaturation. La phosphatidyléthanolamine étant la classe de phospholipides la plus riche en acides gras polyinsaturés à chaîne longue, il est logique de constater que l'oxydation affecte principalement ce phospholipide lors de la fabrication des jambons secs. Ce résultat rejoint ceux obtenus sur les viandes réfrigérées et cuites (GANDEMER, 1990 ; KELLER et KINSELLA, 1973). Toutefois, il n'est pas exclu que ce phospholipide participe également au brunissement non enzymatique par l'intermédiaire de sa fonction NH_2 libre. Les acides gras libres sont également affectés par l'oxydation puisque la proportion des acides gras polyinsaturés diminue en fin de fabrication. De nombreux auteurs s'accordent à dire que les acides gras sont plus sensibles à l'oxydation sous forme libre que lorsqu'ils sont estérifiés dans des triglycérides ou des phospholipides. Par contre, il semble que les triglycérides soient très peu affectés par l'oxydation, confirmant les travaux précédemment publiés sur l'oxydation des lipides dans les produits carnés. Il est vrai que cette fraction ne contient pas d'acides gras polyinsaturés à chaîne longue. De plus, les triglycérides des muscles contiennent peu d'acide linoléique chez le porc Corse, ce qui constitue sans doute un élément participant à la bonne aptitude à la transformation des porcs corses.

Les tests d'oxydation que nous avons réalisés semblent indiquer que le degré d'oxydation des lipides est très proche dans la matière première et les jambons, voire même un peu plus faible. Ces résultats ne sont pas contradictoires avec la dégradation des lipides que nous avons décrite ci-dessus. En effet, l'information livrée par ces tests n'est pas de même nature. Ainsi, le suivi de la disparition des substrats de l'oxydation comme les acides gras polyinsaturés permet de mettre en évidence une oxydation au cours du processus de fabrication. Par contre, les tests de mesure de l'oxydation ne donnent qu'une vision instantanée de l'état d'oxydation des lipides au moment de la mesure. Or, ces molécules sont très instables et ont des durées de vie très courtes. Ainsi, un indice de TBA plus faible dans les jambons que dans la matière première n'indique pas que les lipides ont été peu oxydés au cours de la fabrication mais que la quantité de composés carbonyles dosés est plus faible après 18 mois de fabrication que dans les jours précédant la fabrication. Ce résultat peut être expliqué par le fait qu'une partie des composés carbonyles interagit avec les protéines et les phospholipides pour former des pigments bruns. Pour étayer cette hypothèse, nous pouvons signaler que les phospholipides extraits en fin de maturation ont une couleur brune et que la couleur de la viande est plus foncée dans les jambons âgés de 18 mois que dans la matière première.

3.2. Effet du salage

La technique de salage influe de façon très marquée sur la teneur en sel des jambons. Comparativement à un salage long, le salage court limite la pénétration du sel, réduisant la teneur en chlorures totaux mais aussi en chlorures libres dans les jambons. L'usage de la technique de salage court permet de ramener la teneur en sel des jambons à des valeurs proches de celles mesurées dans les jambons de Parme (PALMIA et al., 1992). La conséquence attendue est une diminution du goût salé qui dépend très largement de la teneur en chlorures libres. Par contre, le mode de salage ne semble avoir que peu d'effets sur les lipides. En effet, les lipides intramusculaires présentent des caractéristiques de composition très proches quel que soit le mode de salage considéré. Cette observation suggère que le sel affecte peu les mécanismes de lipolyse et d'oxydation dans les jambons secs. Toutefois, le salage long semble favoriser l'oxydation des lipides comparativement au salage court. En effet, les phospholipides des jambons ayant subi un salage court sont ceux qui présentent le taux d'acides gras polyinsaturés le plus élevé. Ce résultat peut s'expliquer par le rôle pro-oxydant du chlorure de sodium (CHEFTEL et CHEFTEL, 1976). Les jambons les plus riches en sel (salage long) sont donc ceux dans lesquels les phospholipides sont les plus oxydés.

CONCLUSION

Les mécanismes impliqués dans la maturation du jambon corse sont de même nature que ceux décrits lors de la fabrication d'autres types de jambon comme le Bayonne. Toutefois, les caractéristiques de la matière première locale (bonne maturité de la viande, teneur élevée en lipides intramusculaires) permettent un affinage très long des jambons. En particulier, la faible insaturation des lipides contribue sans nul doute à ralentir les phénomènes d'oxydation. Par ailleurs, nos résultats suggèrent que la technique de salage long pratiquée traditionnellement pourrait être remplacée par un salage court sans que les mécanismes de dégradation des lipides en soient affectés. De plus, l'usage de cette méthode de salage court contribue à réduire le taux de sel des jambons, et par voie de conséquence, le goût salé des jambons devrait être moins prononcé, ce qui améliorerait la qualité gustative du produit fini. Seul le dépouillement des résultats des analyses sensorielles réalisées par ailleurs sur ces jambons permettra de conclure définitivement sur ce point.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement O. MAESTRINI pour son aide technique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARTLETT G.R., 1959. *J. Biol. Chem.*, 234, 466-468.
- BERDAGUE J.L., DENOYER C., LE QUERE J.L., SEMON E., 1991. *J. Agric. Food chem.*, 39, 1257-1261.
- BUSCAILHON S., GANDEMER G., MONIN G., 1994. *Meat Sci.*, 37, 245-255.
- CHEFTEL J.C., CHEFTEL H., 1976. In : *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments*, tome 1, 303-332, Tec. et Doc. Entreprise moderne d'édition.
- FLORES J., NIETO P., BERMELL S., MIRALLES M.C., 1985. *Rev. Agroquim. Technol. Alim.*, 25, 117-125.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE-STANLEY G.R., 1957. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- FRANKEL E.N., 1984. *J.A.O.C.S.*, 61, 1908-1916.
- GANDEMER G., 1990. *Rev. Franç. Corps Gras*, 3/4, 75-82.

- GANDEMER G., MORVAN-MAHI B., MEYNIER A., LEPERCQ M., 1991. 37 th Intern. Congress of Meat Sci. Technol., Kulmbach, 1139-1142.
- JUANEDA P., ROCQUELIN G., 1985. *Lipids*, 20, 40-41.
- KELLER J.D., KINSELLA J.E., 1973. *J. Food Sci.*, 38, 1200-1204.
- KLEIN R.A., 1970. *Biochim. Biophys. Acta*, 210, 486-489.
- LESEIGNEUR-MEYNIER A., GANDEMER G., MARION D., 1989. Actes du congrès international Chevreul pour l'étude des corps gras, 1, 311-316.
- LESEIGNEUR-MEYNIER A., GANDEMER G., 1991. *Meat Sci.*, 29, 229-241.
- MONIN G., 1989. Actes du Colloque «Production porcine en Europe Méditerranéenne», Ajaccio.
- MORRISON W.R., SMITH L.M., 1964. *J. Lip. Res.*, 5, 508-609.
- MYHER J.J., KUSKISA., 1984. *J. Biochem. Biomed. Methods*, 10, 13-23.
- PALMIA S., MAZOYER C., DIAFERIA C., BALDINI P., PORETTA A., 1992. *Rev. Esp. Sci. Technol. Aliment.*, 32, (1), 71-83.
- SALIH A.M., SMITH D.M., PRICE J.F., DAWSON L.E., 1987. *Poultry Science*, 66, 1483-1488.
- SECONDI F., GANDEMER G., LUCIANI A., SANTUCCI P.M., CASABIANCA F., 1992. *Journées Rech. Porcine en France*, 24, 77-84.
- WILSON F.B., PEARSON A.M., SHORTLAND F.B., 1976. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 7-10.