



La fabrication du jambon cuit supérieur comme modèle pour étudier l'impact des procédés sur les caractéristiques nutritionnelles des aliments

BRUNO BOUTTEN, ANNE-SOPHIE GUILLARD*, CHRISTEL GRONDIN ET STÉPHANIE PETIT

Centre Technique de la Salaison, de la Charcuterie et des Conserves de Viandes, 94704 Maisons-Alfort Cedex

* Adresse actuelle : Fromageries Bel, Département Recherche, 41100 Vendôme

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre du programme "Impacts des procédés sur les caractéristiques nutritionnelles des aliments" (ETNA) soutenu par l'ACTIA.

De préoccupations individuelles, l'alimentation et la nutrition sont devenues en quelques années de véritables enjeux de santé publique.

Ces éléments sont en effet en étroite relation avec un nombre important de pathologies, par exemple :

- les maladies cardiovasculaires qui, en France, sont aujourd'hui la première cause de mortalité,
- la progression mondiale de l'obésité qui suscite de nombreux débats et interrogations au sein de la communauté scientifique, des pouvoirs publics, des médias... et bien sûr des entreprises agroalimentaires.

Vis-à-vis de ces préoccupations, les produits de charcuterie-salaison ont une image négative. Elle est due en grande partie à une méconnaissance par le grand public de leurs caractéristiques nutritionnelles fortes et de leurs grandes diversités nutritionnelles.

La composition nutritionnelle des produits de charcuterie-salaison peut évoluer entre une haute teneur en lipides et une haute valeur protéique. Ces variations sont causées par une grande diversité quant à l'origine de la matière première qui les compose (principalement le porc, "animal gras à muscle maigre") et quant à la technologie de transformation qui les génère. De plus, le caractère gras tend de plus en plus à être remis en cause dans les conditions actuelles de génétique et d'élevage. Cette évolution donne lieu à une grande diversité de valeurs nutritionnelles.

La variabilité de composition peut s'observer dans des produits aussi divers que les rillettes, le boudin, le jambon cuit. La formulation de ces produits donne la possibilité de maîtriser l'équilibre des principales composantes nutritionnelles : eau, lipides, protéines, sucres, ainsi que de nutriments à caractère qualitatif tels le fer, la diversité de l'apport lipidique et de l'apport de certaines classes de vitamines.

Cette situation est renforcée par la diversité et le contrôle des technologies mises en œuvre. L'exemple peut en être le jambon cuit et le jambon cru qui, fabriqués à partir d'une même matière première, ont des caractéristiques nutritionnelles très différentes :

- différences liées au traitement des produits : cuisson douce et longue dans le cas du jambon cuit, absence de cuisson dans le cas du jambon sec ;
- différences quant à la composition en eau du produit final recherché : présence d'eau importante dans le cas du jambon cuit et faible dans le cas du jambon sec.

Pour comprendre l'impact du procédé de transformation sur les caractéristiques nutritionnelles, nous avons décidé d'étudier le jambon cuit supérieur, produit phare en valeur et en tonnage des industries de transformation de la viande (202 000 tonnes en 2004), dont le tonnage augmente encore régulièrement : + 12 % ces 10 dernières années.

Dans cette étude, l'évolution de différents paramètres nutritionnels (lipides, vitamines, fer) est suivie au cours du processus de fabrication du jambon cuit. Le but est de voir s'il est possible ultérieurement d'ajuster le processus pour obtenir une valeur optimum de ces différents paramètres.

La fabrication du jambon cuit supérieur comme modèle pour étudier l'impact des procédés sur les caractéristiques nutritionnelles des aliments

I. FABRICATION DES JAMBONS CUITS SUPÉRIEURS

Le schéma de fabrication du jambon cuit supérieur est représenté sur la figure 1.

Après découennage, désossage, parage, les différentes pièces anatomiques du jambon sont injectées avec une saumure composée principalement d'eau, de sel, de sucres, de nitrite. Ces pièces anatomiques sont alors malaxées pendant 10 à 18 heures à une température avoisinant les 5°C.

Une phase de cuisson suit ce malaxage. Elle est caractérisée par une température à cœur du produit avoisinant les 65°C. Cette phase de cuisson est suivie par une phase de refroidissement qui vise à faire atteindre une température à cœur du produit de 4°C en 48 heures. Après refroidissement, si le produit est destiné au rayon libre-service, il subit un processus de tranchage à haute vitesse.

Du point de vue de l'évolution des valeurs nutritionnelles, les deux phases importantes de ce processus sont le malaxage et la cuisson.

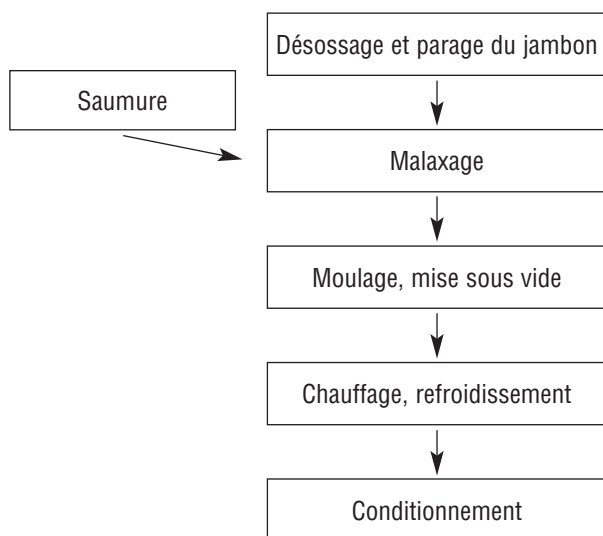


FIGURE 1 : schéma de fabrication du jambon cuit.

II. CHOIX DES MARQUEURS NUTRITIONNELS

Dans le cadre du jambon cuit, différents marqueurs nutritionnels ont été choisis en fonction de leurs intérêts nutritionnels et leurs modifications probables par le procédé.

Nous avons étudié des jambons cuits supérieurs type label obtenus à partir d'animaux nourris avec un régime enrichi en acides gras $\omega 3$. Ce choix particulier s'explique par la plus grande diversité du profil d'acides gras de ces produits.

1. Lipides

Nous nous sommes intéressés aux acides gras insaturés et en particulier à l'acide linoléique (LA, $\omega 6$) et l'acide alpha-linolénique (ALA, $\omega 3$).

Le rapport LA/ALA est ainsi déterminé, celui-ci devant être compris entre 1 et 4 pour être optimal.

2. Vitamines

Les vitamines étudiées sont les suivantes :

- Vitamine B1 (thiamine) : la viande de porc est riche en cette vitamine. Pour une consommation de 100g de jambon cuit, les apports journaliers recommandés (AJR) sont couverts à 64 %.
- Vitamine B3 (niacine ou PP) : la consommation de 100g de jambon cuit par jour couvre 33 % des AJR pour cette vitamine.
- Vitamine E : son effet antioxydant permet d'étudier son impact sur la stabilité oxydative des acides gras LA et ALA au cours du procédé.

3. Fer

Les teneurs en fer total, fer héminique, fer hémique nitrosé sont déterminées. La teneur en fer héminique est calculée à partir de la teneur en pigments héminiques totaux. La différence entre le fer total et le fer héminique constitue le fer libre.

Les teneurs en pigments nitrosés obtenus après saumurage sont également déterminées, ainsi que le pourcentage de conversion correspondant aux pigments héminiques nitrosés sur les pigments héminiques totaux.

III. VALIDATION DES MARQUEURS NUTRITIONNELS RETENUS DANS UN PROCESS INDUSTRIEL

Les essais sont réalisés à partir de prélèvements successifs, au fil du procédé, au sein d'un même lot, sur la ligne de fabrication des jambons "oméga" de Fleury Michon Charcuterie :

- Avant saumurage : 16 morceaux de demi-membraneux pesant entre 300 et 400g ;
- Après malaxage : 16 morceaux de demi-membraneux pesant entre 300 et 400g ;
- Après cuisson : 16 morceaux de demi-membraneux prélevés dans 6 demi-barres de jambon cuit.

Les analyses sont effectuées sur 8 prélèvements constitués chacun de 2 morceaux de demi-membraneux.

Les caractéristiques des analyses sont données dans le tableau I.

Afin de pouvoir effectuer des comparaisons entre les différents prélèvements, il est nécessaire de mesurer l'impact des apports dus au saumurage (eau, sel) et des éventuelles pertes à la cuisson. Pour cela, les taux d'humidité (NF V04-401 [Afnor, 2001b]), de cendres (NF V04-404 [Afnor, 2001d]) et de matière grasse libre (NF V04-403 [Afnor, 2001c]) sont déterminés sur la totalité des échantillons.

Marqueur	Méthode d'analyse
LA, ALA (g/100g)	CPG (Extraction de Folch + NF EN ISO 5508 [Afnor, 1995] et NF EN ISO 5509 [Afnor, 2000])
Vitamine E (mg/100g)	HPLC (NF EN 12822 [Afnor, 2001a])
Vitamine B1 (mg/100g)	HPLC (Arrêté du 12/1/1999 [République française, 1999])
Vitamine B3 (mg/100g)	HPLC (Extraction enzymatique + AOAC 944-13)
Fer total (mg/100g)	SAA (NF EN 14082 [Afnor, 2003])
Fer héminique (mg/100g) Pigments nitrosylés (mg/100g) % conversion	Colorimétrie (Hornsey, 1956)

TABLEAU I : références des différentes analyses pratiquées.

Les résultats sont analysés suivant deux axes : celui de la qualité du produit d'un point de vue réglementaire et celui de ses caractéristiques nutritionnelles.

1. Humidité

Le tableau II montre les différences de taux d'humidité pour le demi membraneux, entre le muscle natif, le muscle après malaxage et le muscle après cuisson. Les différences pour ce paramètre sont faibles. C'est le muscle en sortie de malaxage qui présente le taux d'humidité le plus important, ce qui est logique compte tenu de l'ajout de saumure. Cette situation est accentuée lorsque l'on soustrait à la matière sèche le taux de sel apporté par la saumure. Le produit le plus humide est alors la viande après malaxage, puis vient le jambon après cuisson et enfin le muscle natif.

2. Lipides

L'évolution du taux de matière grasse libre à différents moments de la fabrication est représentée dans le tableau III. Elle est stable même en se rapportant au taux de matière sèche sans sel.

Aucun effet significatif du malaxage ou de la cuisson n'a été observé pour les teneurs en acide α -linoléique

	effectif	% humidité	% matière sèche	% matière sèche - sel
Viande	8	73,94 ± 0,42	26,06 ± 0,42	26,06 ± 0,42
Viande malaxée	8	74,45 ± 0,53	25,55 ± 0,53	24,16 ± 0,52
Jambon cuit	8	73,56 ± 0,85	26,44 ± 0,85	24,94 ± 0,96
ST viande/ viande malaxée		*	*	****
ST viande/ jambon		NS	NS	**
ST viande malaxée/jambon		*	*	NS

TABLEAU II : évolution du taux d'humidité du produit à différents moments de la fabrication.

ST = test de Student ; $p > 5\% = NS$; $p < 5\% = *$; $p < 1\% = **$; $p < 0,1\% = ***$; $p < 0,01\% = ****$

	effectif	% matière grasse libre	% matière grasse libre/matière sèche -sel
Viande	8	2,41 ± 0,70	9,23 ± 2,56
Viande malaxée	8	2,14 ± 0,65	8,81 ± 2,54
Jambon cuit	8	2,25 ± 0,76	8,97 ± 2,84
ST viande/ viande malaxé		NS	NS
ST viande/ jambon		NS	NS
ST viande/ malaxé/jambon		NS	NS

TABLEAU III : évolution du taux de matière grasse du produit à différents moments de la fabrication.

ST = test de Student ; $p > 5\% = NS$; $p < 5\% = *$; $p < 1\% = **$; $p < 0,1\% = ***$; $p < 0,01\% = ****$

La fabrication du jambon cuit supérieur comme modèle pour étudier l'impact des procédés sur les caractéristiques nutritionnelles des aliments

(ALA) et pour le rapport LA/ALA qui est de l'ordre de 4. Les teneurs en ALA étant très faibles, une grande variabilité des mesures est observée.

Cette analyse serait encore plus complexe à réaliser sur des jambons ne provenant pas d'animaux élevés avec un régime enrichi en $\omega 3$. Le taux de matière grasse est équivalent mais le rapport LA/ALA passe de 4 dans cette situation particulière à 20 dans la situation standard. Une méthode d'analyse plus performante serait nécessaire pour observer ces variations fines.

Des variations difficilement interprétables sont observées pour l'acide linoléique LA (tableau IV). En effet, il semblerait que la teneur en LA diminue au cours du malaxage, puis augmente au cours de la cuisson. Il est probable que le malaxage entraîne une destruction de cet acide gras insaturé, sous l'action du nitrite de sodium de la saumure. L'augmentation observée au cours de la cuisson serait due à la "concentration" de la matière grasse, sous l'effet de la perte de jus de cuisson, composée essentiellement d'eau et de composés hydrosolubles.

3. Fer

Un effet significatif du malaxage et de la cuisson est observé pour les teneurs en fer total et fer héminique (tableau V).

La teneur en fer total augmente significativement au cours du procédé de malaxage. À ce stade, le fer n'est pas sous forme héminique ; il provient des différents éléments métalliques mis en jeu durant le process (injecteur, malaxeur) et de la saumure. Les teneurs en fer héminique augmentent principalement au moment de la cuisson, pour atteindre 70 % du fer total en fin de procédé.

Le pourcentage de fer héminique nitrosé n'évolue pas après le malaxage et la cuisson (65 % du fer héminique).

Le fer héminique nitrosé est une spécificité des produits de charcuterie. Il conditionne la couleur et le goût du produit. Il est fonction de la quantité de nitrite ajouté qui, par l'intermédiaire de l'acide nitreux, a également un rôle conservateur. Ce fer héminique nitrosé, en libérant du monoxyde d'azote, peut entraîner la formation de nitrosamine dans l'estomac (Sugimura, 2000 ; Pegg et Shahidi, 2000).

4. Vitamines

Aucun effet significatif du malaxage ou de la cuisson n'a été observé pour les teneurs en vitamines B1 et E. Pour la vitamine B3 (tableau VI), le malaxage entraîne la perte significative d'environ 20% de cette vitamine, et la cuisson une perte d'environ 10 %, soit une perte totale de près de 30% entre la viande parée et le jambon cuit.

	effectif	% acide linoléique (LA) /matière sèche - sel	% acide linoléique (ALA) /matière sèche - sel	LA/ALA
Viande	8	0,91 ± 0,39	0,29 ± 0,19	3,66 ± 0,92
Viande malaxée	8	0,57 ± 0,18	0,16 ± 0,08	3,97 ± 1,06
Jambon cuit	8	1,17 ± 0,60	0,33 ± 0,29	4,06 ± 0,94
ST viande/ viande malaxée		*	NS	NS
ST viande/ jambon		NS	NS	NS
ST jambon/ viande malaxée		*	NS	NS

TABLEAU IV : évolution du taux de LA et de ALA du produit à différents moments de la fabrication. ST = test de Student ; $p > 5\% = NS$; $p < 5\% = *$; $p < 1\% = **$; $p < 0,1\% = ***$; $p < 0,01\% = ****$

	effectif	% fer total	% fer héminique	% fer héminique nitrosé
Viande	8	0,33 $10^{-3} \pm 0,03$	0,19 $10^{-3} \pm 0,02$	
Viande malaxée	8	0,52 $10^{-3} \pm 0,06$	0,25 $10^{-3} \pm 0,03$	0,17 $10^{-3} \pm 0,06$
Jambon cuit	8	0,59 $10^{-3} \pm 0,07$	0,41 $10^{-3} \pm 0,04$	0,27 $10^{-3} \pm 0,03$
ST viande/ viande malaxée		****	***	
ST viande/ jambon		****	****	
ST viande/ malaxée/jambon		NS	****	NS

TABLEAU V : évolution du taux de fer, de fer héminique, du pourcentage de fer héminique nitrosé à différents moments de la fabrication. ST = test de Student ; $p > 5\% = NS$; $p < 5\% = *$; $p < 1\% = **$; $p < 0,1\% = ***$; $p < 0,01\% = ****$

La diminution du taux de vitamine B3 observée au cours de la fabrication du jambon est en contradiction avec les résultats présentés dans la littérature. Le taux de vitamine B1, élément important apporté par la viande de porc et décrite comme la vitamine la plus instable, n'évolue que très faiblement. Pour cette raison, il est décidé de réaliser le suivi de la vitamine B3 dans un système modèle.

IV. ÉVOLUTION DES MARQUEURS NUTRITIONNELS DANS UN SYSTÈME MODÈLE

Dans un système modèle de fabrication de jambon cuit, décrit dans des travaux précédents (Boutten *et al.*, 2000 ; Ripoché, 2000), une évolution comparable au système industriel est retrouvée pour le taux d'humidité, le taux de matière sèche et le taux de sel, comme montré dans le tableau VII. L'essai en système modèle ne nous permet pas d'observer de différences de concentration au cours du process pour la vitamine B3, comme montré dans le tableau VIII.

	effectif	% Vit B1	% Vit B3	% Vit E
Viande	8	1,07 10 ⁻³ ± 0,09	7,06 10 ⁻³ ± 0,72	0,20 ± 0,05
Viande malaxée	8	1,04 10 ⁻³ ± 0,07	5,53 10 ⁻³ ± 0,55	0,23 ± 0,08
Jambon cuit	8	1,02 10 ⁻³ ± 0,10	4,99 10 ⁻³ ± 0,39	0,18 ± 0,06
ST viande/ viande malaxée		NS	***	NS
ST viande/ jambon		NS	****	NS
ST viande malaxée/jambon		NS	*	NS

TABLEAU VI : évolution du taux de vitamines B1, B3 et E du produit par rapport à la matière sèche sans sel à différents moments de la fabrication. ST = test de Student ; p > 5% = NS ; p < 5% = * ; p < 1% = ** ; p < 0,1% = *** ; p < 0,01% = ****

	effectif	% humidité	% matière sèche – sel	% matière grasse libre
Viande	3	74,83 ± 0,76	25,17 ± 0,76	2,00 ± 0,26
Viande malaxée	3	75,33 ± 0,40	22,89 ± 0,31	1,73 ± 0,55
Jambon cuit	3	75,33 ± 0,55	22,95 ± 0,59	1,67 ± 0,15
ST viande/ viande malaxée		NS	**	NS
ST viande/ jambon		NS	*	NS
ST viande/ malaxé/jambon		NS	NS	NS

TABLEAU VII : évolution du taux d'humidité, du taux de matière sèche et de matière grasse du produit à différents moments de la fabrication. ST = test de Student ; p > 5% = NS ; p < 5% = * ; p < 1% = ** ; p < 0,1% = *** ; p < 0,01% = ****

	effectif	% Vit B3
Viande	3	6.86 10 ⁻³ ± 0.55
Viande malaxée	3	6.15 10 ⁻³ ± 0.73
Jambon cuit	3	6.15 10 ⁻³ ± 0.76
ST viande/ viande malaxée		NS
ST viande/ jambon		NS
ST viande/ malaxée/jambon		NS

TABLEAU VIII : évolution du taux de vitamine B3 du produit par rapport à la matière sèche sans sel à différents moments de la fabrication.

ST = test de Student ; p > 5% = NS ; p < 5% = * ; p < 1% = ** ; p < 0,1% = *** ; p < 0,01% = ****

La fabrication du jambon cuit supérieur comme modèle pour étudier l'impact des procédés sur les caractéristiques nutritionnelles des aliments

CONCLUSION

Les différents marqueurs retenus sont utilisables pour caractériser la qualité nutritionnelle du produit :

- acide linoléique (LA, $\omega 6$), acide alpha-linolénique (ALA, $\omega 3$), rapport LA/ALA,
- vitamine B1 (thiamine), vitamine B3 (niacine ou PP), vitamine E,
- fer total, fer héminique, fer nitrosé.

Ce ne sont pas de bons marqueurs de l'influence du process sur les qualités nutritionnelles du produit. Le process du jambon cuit se caractérise par une très faible influence sur les caractéristiques nutritionnelles initiales de la matière première. L'affectation par le process est complexe, le malaxage faisant intervenir un apport d'eau et de sel nitrifié.

Des différents éléments étudiés, c'est le devenir du sel nitrifié et de son association au fer héminique, déjà largement analysé dans la littérature, qui semble le plus intéressant du point de vue de la qualité nutritionnelle du produit.

La prochaine étape de ce travail consistera à évaluer la formation de fer nitrosé au cours de la fabrication du jambon cuit, en faisant varier les facteurs : concentration en sel nitrifié, type de muscle, température de cuisson.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR (2001). NF V04-401. Viandes, produits à base de viandes et produits de la pêche - Détermination de l'humidité. Afnor, Saint Denis (FRA)
- AFNOR (2001) NF V04-404. Viandes, produits à base de viandes et produits de la pêche - Détermination de la teneur en cendres. Afnor, Saint Denis (FRA)
- AFNOR (2001) NF V04-403. Viandes, produits à base de viandes et produits de la pêche - Détermination de la teneur en matière grasse libre. Afnor, Saint Denis (FRA)
- AFNOR (1995). NF EN ISO 5508. Corps gras d'origines animale et végétale - Analyse par chromatographie en phase gazeuse des esters méthyliques d'acides gras. Afnor, Saint Denis (FRA)
- AFNOR (2000). NF EN ISO 5509. Corps gras d'origines animale et végétale - Préparation des esters méthyliques d'acides gras. Afnor, Saint Denis (FRA)
- AFNOR (2001). NF EN 12822. Produits alimentaires - Dosage de la vitamine E par chromatographie liquide haute performance - Dosage des alpha-, bêta-, gamma- et delta-tocophérols. Afnor, Saint Denis (FRA)
- AFNOR (2003). NF EN 14082. Produits alimentaires - Dosage des éléments traces - Détermination du plomb, cadmium, zinc, cuivre, fer et chrome par spectrométrie d'absorption atomique (AAS) après calcination à sec. Afnor, Saint Denis (FRA)
- BOUTTEN B., BRAZIER M., MORCHE N., MOREL A. ET VENDEUVRE J.-L. (2000). Effects of animal and muscle characteristics on collagen and consequences on ham production. *Meat science*, vol. 55, p. 233-238
- HORNSEY H.C. (1956). The colour of cooked cured pork. *Journal of the science of food and agriculture*, vol. 7, p. 534-540
- PEGG R.B. ET SHAHIDI F. (2000). Nitrite curing of meat : the N-nitrosamine problem and nitrite alternatives. Food and nutrition press, Trumbull (USA)
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE (1999). Arrêté du 12 janvier 1999 relatif aux méthodes de dosage des vitamines B1, B2 et B6 dans les denrées et boissons destinées à l'homme. JORF du 4 février 1999, p. 1798-1802
- RIPOCHE A. (2000). Contribution au contrôle de la fabrication du jambon cuit supérieur. Thèse de doctorat ès sciences, Université de Caen
- SUGIMURA T. (2000). Nutrition and dietary carcinogens. *Carcinogenesis*, vol. 21, n° 3, p. 387-395