

Technologies de procédé et de contrôle pour réduire la teneur en sel du jambon sec et des saucissons

Jacint ARNAU, Elena FULLADOSA, Núria GARCIA-GIL, Xavier SERRA, Maria Dolors GUÀRDIA, Pere GOU, Josep COMAPOSADA, Pierre PICOUET, Israel MUÑOZ

IRTA, Finca Camps i Armet, E-17121 Monells, Espagne

Jacint.arnau@irta.cat

Technologies de procédé et de contrôle pour réduire la teneur en sel du jambon sec et des saucissons

Dans certains pays européens, les produits carnés élaborés peuvent représenter près de 20% de la consommation journalière de sodium. De ce fait, les industries de la viande tentent de réduire la teneur en sel dans les produits carnés pour répondre, d'une part aux attentes des consommateurs et d'autre part aux demandes des autorités sanitaires. Le système Quick-Dry-Slice process (QDS®), couplé avec l'utilisation de sels substituant le chlorure de sodium (NaCl), a permis de fabriquer, avec succès, des saucisses fermentées à basse teneur en sel en réduisant le cycle de fabrication et sans ajout de NaCl supplémentaire. Les technologies de mesure en ligne non destructives, comme les rayons X et l'induction électromagnétique, permettent de classer les jambons frais suivant leur teneur en gras, un paramètre crucial pour adapter la durée de l'étape de salaison. La technologie des rayons X peut aussi être utilisée pour estimer la quantité de sel incorporée pendant la salaison. L'information relative aux teneurs en sel et en gras est importante pour optimiser le processus d'élaboration du jambon sec en réduisant la variabilité de la teneur en sel entre les lots et dans un même lot, mais aussi pour réduire la teneur en sel du produit final. D'autres technologies comme la spectroscopie en proche infrarouge (NIRS) ou spectroscopie microondes sont aussi utiles pour contrôler le processus d'élaboration et pour caractériser et classer les produits carnés élaborés, selon leur teneur en sel. La plupart de ces technologies peuvent être facilement appliquées en ligne dans l'industrie afin de contrôler le processus de fabrication et d'obtenir ainsi des produits carnés présentant les caractéristiques recherchées.

Processing and control technologies to reduce salt content in dry-cured ham and dry-fermented sausages

In some European countries, processed meat products can contribute up to 20% of the sodium intake of the diet. Therefore, meat industries are interested in reducing the salt content of meat products to match both consumer and health authority demands. The Quick-Dry-Slice process (QDS®) technology, in combination with the use of potassium salts as NaCl substitutes, has been successfully used to manufacture salt-reduced fermented sausages in a short period of time and without added NaCl. Online non-destructive technologies such as X-ray and Electromagnetic Induction allow green hams to be classified according to their fat content which is a crucial parameter to adjust the duration of the salting period. X-ray technologies can also be used to estimate the salt uptake after salting. Information regarding fat and salt contents is important to optimize the dry-cured ham process by decreasing salt content variability (inter- and intra- batch) and by reducing the salt content of the final product. Other technologies such as Near Infrared Spectroscopy (NIRS) and Microwave Spectroscopy are useful to control the process and to characterize and classify the product according to its salt content. Most of these technologies can be easily implemented on line in the industry in order to control manufacturing processes, and to produce meat products with the desired characteristics.

INTRODUCTION

Bien que le sel soit nécessaire à notre organisme, la consommation élevée de sodium est un facteur connu, favorisant l'hypertension et les problèmes cardiovasculaires.

Réduire la consommation de sel est donc bénéfique pour la santé publique. C'est pourquoi, en 2008, la Plateforme Européenne d'Action « *Alimentation, Activité Physique et Santé* » a commencé une série d'actions pour promouvoir la réduction des apports en sel au niveau de l'ensemble de l'Union Européenne (UE). Une des actions prévues est la reformulation des produits alimentaires, qui doit être réalisée aussi bien par l'industrie que par le secteur de la restauration. Le sel ingéré par personne et par jour dans la plupart des pays européens se trouve dans une fourchette comprise entre 8 et 12 g, bien que la valeur maximale recommandée par l'OMS (Organisation Mondiale de la santé), soit de 5g/jour seulement.

Comme l'indique le Tableau 1, les aliments qui contribuent le plus à l'apport journalier de sodium sont les produits carnés (26,16%), suivis du pain (19,06%) et des produits laitiers (15,60%).

Tableau 1 - Principales sources alimentaires de sodium dans le régime alimentaire de la population espagnole, AESAN(2009)

Groupes d'aliments	Apport total de sodium au régime alimentaire (%)	
Produits carnés	26,16	
Produits carnés en salaison	17,08	
Jambon sec		11,73
Chorizo		3,87
Saucisson « <i>fuet</i> »		1,42
« <i>fuet</i> »		0,06
Produits carnés cuits	7,61	
Jambon et dinde		4,73
Saucisses		2,15
Foie gras et pâtés		0,34
Mortadelle		0,31
Mortadelle « chopped pork »		0,07
Pain et pains spéciaux	19,06	
Lait et produits laitiers	15,60	
Produits de la pêche	7,23	
Plats cuisinés	4,85	72,9%
Viandes fraîches	4,01	
Soupes et crèmes	4,01	
Sauces	3,24	
Légumes	3,01	
Confiserie	2,20	
Autres céréales	1,99	91,4%
Œufs et ovoproduits	1,69	
Sucres et sucreries	1,60	
Olives et variantes	1,46	
Gâteaux	1,25	
Apéritifs salés	1,03	
Boissons	0,85	
Fruits et produits dérivés	0,27	
Beurre et margarine	0,23	
Légumes secs et produits dérivés	0,16	
Condiments	0,11	

Ces dernières années, dans le cadre des projets européens Truefood (www.truefood.eu) et Q-porkchains (www.q-porkchains.org), de nouvelles technologies de mesure et de

nouveaux procédés d'élaboration ont été développés pour réduire le contenu en sel de la charcuterie et du jambon sec.

La **substitution partielle du chlorure de sodium (NaCl)** par d'autres sels est une pratique régulièrement utilisée dans l'industrie alimentaire mais qui se heurte au fait que le chlorure de sodium est le sel qui a le meilleur rapport efficacité/coût. Les sels inorganiques alternatifs les plus utilisés pour l'élaboration de produits carnés avec une teneur réduite en NaCl sont: les chlorures de potassium (KCl), de calcium (CaCl₂) et de magnésium (MgCl₂).

Le KCl est le substitut le plus utilisé, car il possède la plupart des caractéristiques fonctionnelles propres au NaCl.

En remplaçant 50% du NaCl par du KCl, Frye *et al.* (1986) ont obtenu d'excellents résultats dans la liaison des pièces musculaires dans les jambons. Gou *et al.* (1996) ont utilisé ce substitut, en remplaçant jusqu'à 30% du NaCl dans les saucissons et jusqu'à 40% du NaCl dans la longe séché (i.e. *lomo seco*), sans observer de modification de la texture et avec la même acceptabilité sensorielle que les produits conventionnels.

Le lactate de potassium est présenté comme une alternative possible en raison de ses propriétés bactériostatiques et de sa capacité à réduire l'activité de l'eau dans les matrices carnées. Gelabert *et al.* (2003) ont étudié, dans la charcuterie crue-sèche, l'effet du remplacement molaire du sel (NaCl) par du lactate de potassium (jusqu'à 40% de substitution) sur les paramètres physico-chimiques, de texture et sensoriels. Ces auteurs ont remarqué qu'une substitution supérieure à 30% retardait la diminution du pH pendant la fermentation, ce qui entraînait une modification de la texture et du goût, le lactate étant détecté dans le produit final. Guàrdia *et al.* (2008) ont évalué l'acceptabilité par des consommateurs, de *saucisse sèche* dont le NaCl a été remplacé à hauteur de 50% par un mélange de substituts comprenant du lactate de potassium. Les produits préparés avec les mélanges de KCl/K-lactate 40:10 et 50:10 ont été le plus appréciés par les consommateurs, qui ne détectaient pas de différence par rapport à un produit standard. Néanmoins, un groupe important de consommateurs a également accepté des produits préparés avec des substituts contenant une plus grande quantité de lactate de potassium (mélanges KCl/K-lactate 20:30 et 30:20).

Par ailleurs, l'utilisation de nouveaux procédés d'élaboration, ou la modification de procédés existants, permettraient d'obtenir des produits de teneur en sel encore plus réduite, tout en maintenant ou améliorant leur qualité sensorielle.

1. CHARCUTERIE SÈCHE AVEC UNE TENEUR EN SEL RÉDUITE

Dans le cas particulier de la charcuterie sèche, il existe de nombreuses références bibliographiques qui donnent une indication des quantités minimales de sel à ajouter aux différents groupes de produits carnés, pour maintenir une qualité acceptable. Pētāja *et al.* (1985) ont montré que la quantité de sel minimale nécessaire pour les produits crus-secs du type salami était de 2,5%. Pour descendre en dessous de cette valeur tout en maintenant la même qualité que celle du produit conventionnel, d'autres stratégies sont proposées, comme le développement de nouveaux procédés de fabrication.

Quick Dry Slice system

Une des nouvelles technologies du procédé de séchage-maturation des produits carnés est le Quick-Dry-Slice (QDS), proposée par Comaposada *et al.* (2004) (Figure 1).

Cette technologie permet de sécher directement les tranches de charcuterie fermentée, en réduisant ainsi la durée de séchage de quelques semaines à seulement 30-70 minutes.

Dans le QDS, le procédé d'élaboration comprend des phases identiques à celles de la fabrication traditionnelle, comme le hachage, le pétrissage, le poussage en boyau et la fermentation et d'autres qui en diffèrent par l'ordre d'application, à savoir: la congélation du produit fermenté, le tranchage, le séchage par QDS des tranches (Metalquimia, Gérone, Espagne; www.metalquimia.com) et le conditionnement (Figure 2).



Figure 1 - Plateaux de charcuterie tranchés entrant dans le tunnel de séchage QDS process® (Metalquimia, S.A. et Casademont, S.A.)

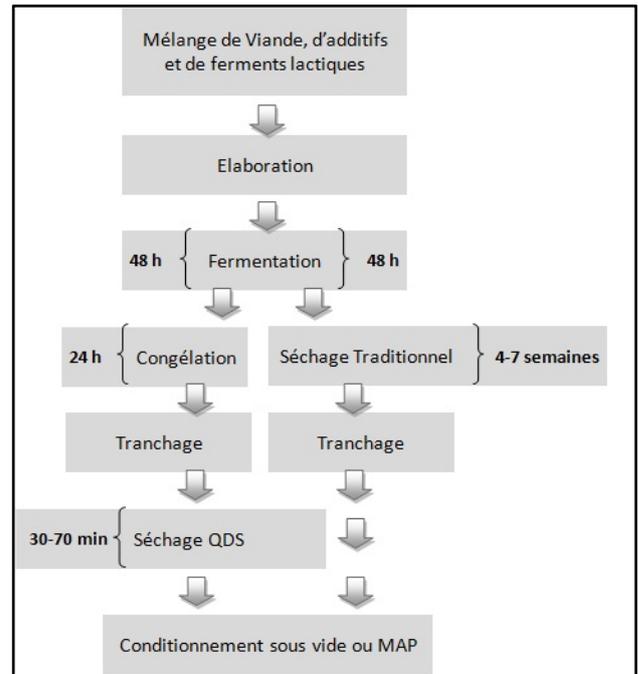


Figure 2 - Comparaison des étapes du procédé d'élaboration traditionnelle et du système QDS process®.

Cette technologie simplifie la fabrication des produits fermentés /tranchés qui ont besoin d'un procédé de séchage rapide pour garantir leur stabilité microbiologique et leur sécurité alimentaire. Récemment, une technologie pour élaborer des produits carnés crus-secs sans sodium ajouté a été développée (Arnau *et al.*, 2011). Dans ce cas, une substitution molaire du NaCl par un mélange de KCl et de lactate de potassium est réalisée et le séchage du produit carné est effectué en utilisant la technologie QDS process®. Les études réalisées par Stollewerk *et al.* (2012) montrent que ce procédé est conforme pour tous les critères microbiologiques européens des produits prêts à être consommés (European Commission Regulation n° 2073 / 2005 and Regulation n° 1441 / 2007 on microbiological criteria for foodstuffs).

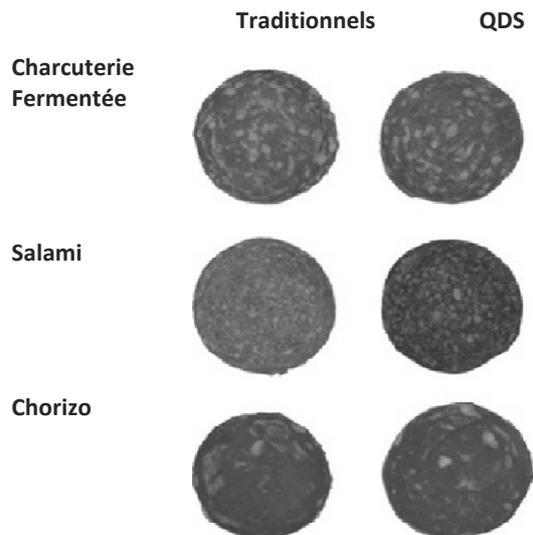


Figure 3 - Apparence des échantillons fabriqués selon le système traditionnel et le système QDS process®

2. JAMBON SEC AVEC UNE TENEUR EN SEL RÉDUITE

Le jambon sec est un produit beaucoup plus hétérogène que la charcuterie sèche, étant constitué d'une pièce entière. Le sel peut être absorbé en quantité très variable par le produit, selon le procédé d'élaboration et les caractéristiques de la matière première utilisée. Ceci peut provoquer, dans certains cas, une teneur en sel élevée dans les jambons, inacceptable pour une partie des consommateurs, ou *a contrario* des jambons présentant des défauts de texture, dus au manque de sel (Figure 3). L'hétérogénéité de la teneur en sel, entre les lots et dans un même lot, est un problème important pour l'industrie du jambon sec. Lorsque l'objectif recherché est de réduire la teneur en sel, ce problème est encore plus important. Dans ces situations, la première étape est d'obtenir des lots de jambons plus homogènes puis, dans une deuxième étape, de réduire la teneur en sel du produit. De cette façon, l'obtention de jambons dont la teneur en sel est insuffisante est évitée, réduisant de fait l'apparition de défauts sensoriels (Figure 4).

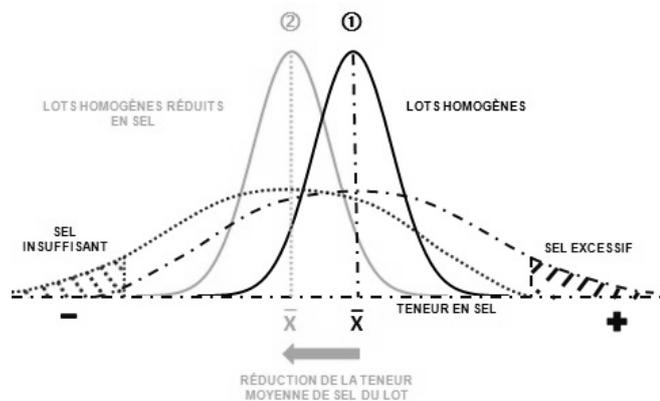


Figure 4 - Distribution des teneurs en sel dans les lots de jambon sec, avec ou sans réduction de la teneur en sel, et fabriqués en utilisant une procédure normale ou en appliquant des stratégies d'homogénéisation.

Il existe plusieurs stratégies, applicables à différents stades du procédé, qui peuvent aider à diminuer l'hétérogénéité de la teneur en sel des jambons.

2.1. Classement de la matière première

Une des stratégies consiste à classer la matière première, afin d'obtenir des lots de jambons frais de caractéristiques similaires et d'écartier ceux qui, par des caractéristiques différentes, pourraient être à l'origine d'un produit final de qualité inférieure. Dans les études de Gouet *al.* (1995) et Guerrero *et al.* (1996), les caractéristiques génétiques de la matière première (épaisseur du gras sous-cutané, teneur en gras intramusculaire et élaboration des morceaux de jambon) ont été reliées à des paramètres de texture et à la couleur du jambon sec tranché, indiquant ainsi quels étaient les choix génétiques les plus aptes à déterminer un produit carné homogène. Le pH est un paramètre qui affecte non seulement l'absorption de sel dans le jambon sec, mais qui a aussi une influence sur la stabilité microbologique (Rastelliet *al.* 2005), la texture et sur la qualité sensorielle du produit final (Morales *et al.* 2007).

La sélection de la matière première par rapport au pH permet, au cours du procédé de salaison et de séchage, de réduire les possibles défauts qui peuvent être détectés sur le produit final. Une valeur de pH (24 h *post-mortem*) comprise entre 5,6 et 6,0 est considérée comme optimale pour l'élaboration du jambon sec. Actuellement, il existe sur le marché des systèmes de classification en ligne qui se basent sur les mesures du poids et du pH de la matière première. Ces équipements sont déjà installés dans plusieurs entreprises de fabrication de jambons secs (Figure 5).



Figure 5a - Équipement pH120 dans les installations de l'IRTA-CENTA à Monells pour la classification de jambons selon le poids et le pH (TIMPOLOT, Olot, Girona). L'équipement dispose d'un système de vision artificielle qui permet, grâce à un bras robotisé, le positionnement de la sonde pH dans la zone de mesure prédéfinie. Les produits ainsi classés sont étiquetés pour garantir la traçabilité.

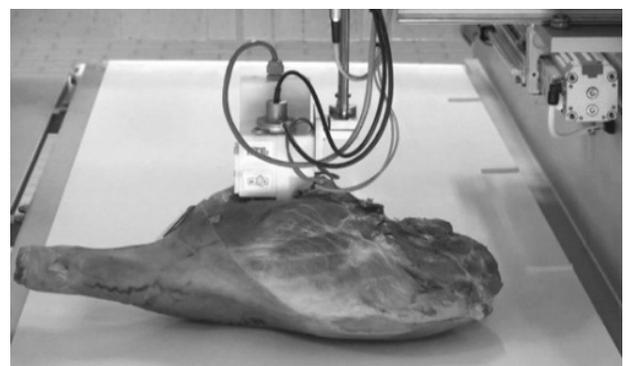


Figure 5b - Détail de la sonde de pH pendant la ponction du jambon

Un autre critère de classement de la matière première est la teneur en gras.

L'épaisseur de gras sous-cutané et la teneur en gras intramusculaire ont une influence importante sur l'absorption et la diffusion du sel pendant le procédé de salaison, ainsi que pendant la phase de maturation/séchage des jambons (Arnau et Picouet, 2007).

Un nouvel équipement, actuellement sur le marché, est le ham-grading system (JMP Ingenieros, S.L., Sotés, La Rioja, Spain) qui a été évalué dans le cadre du projet Q-PorkChains (Serra et Fulladosa, 2011). Il s'agit d'un équipement industriel qui permet de réaliser la prédiction, en ligne et de façon non invasive, de la teneur en gras totale du jambon frais (Figure 6). Le système est basé sur le principe de l'induction électromagnétique.

Chaque jambon est scanné et une valeur, directement proportionnelle à la teneur en viande maigre de la pièce, est obtenue.

Pour obtenir un indice de classification, cette valeur est corrigée selon le poids du jambon. Ceci permet de classer les jambons frais en fonction de leur teneur en viande maigre et d'ajuster le procédé de salaison du jambon.

Cette connaissance indirecte de la teneur en gras permet de réduire l'hétérogénéité des teneurs en sel finales des lots de jambon produits.

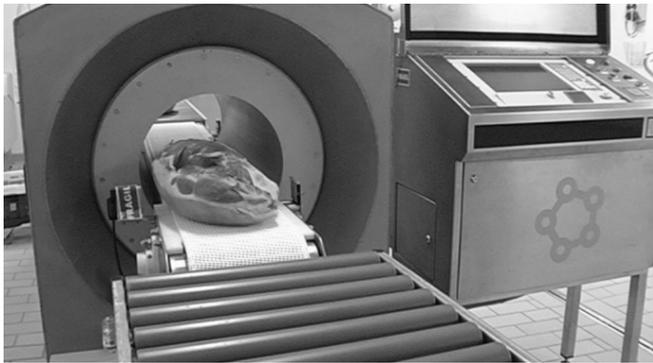


Figure 6 - Ham-grading system (JMP Ingenieros, S.L., Sotés, La Rioja, Spain) dans les installations de l'IRTA-CENTA (Monells, Gérone, Spain)

2.2. Optimisation du procédé d'élaboration

Les images obtenues par **Tomographie RX** (CT) (Figure 7) permettent de visualiser la diffusion du sel vers l'intérieur du produit (Figure 8).

Le sel a une densité plus élevée que la viande, ce qui permet de le distinguer des tissus. Fulladosa *et al.* (2010) et Santos-Garcés *et al.* (2010) ont développé des modèles permettant de déterminer les teneurs en sel et en eau du jambon sec à différentes étapes du procédé d'élaboration.

Cette modélisation permet de convertir les images RX en images montrant la distribution des teneurs en sel et en eau (Figures 8a et 8b).

Ces informations sont très utiles pour optimiser les procédés de salaison, après-salaison et séchage. Elles permettent également d'évaluer comment certains traitements réalisés sur la matière première avant la salaison affectent l'homogénéité des teneurs en sel des jambons dans un même lot.

Garcia-Gil *et al.* (2012a, 2012b) ont étudié l'effet du pressage, du type de découpage et les conditions d'aération (climat, température et humidité) sur la pénétration et l'absorption du sel.



Figure 7 - Équipement de Tomographie RX (CT) dans les installations de l'IRTA-CENTA à Monells (Girona, España)

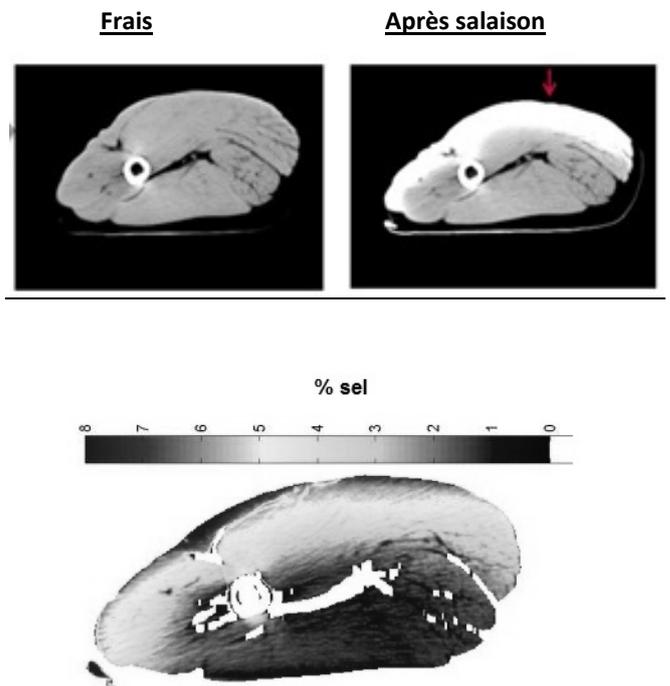


Figure 8 - a) Tomogrammes obtenus par tomographie RX. b) diagramme de distribution des teneurs en sel

Cette technologie d'analyse est particulièrement intéressante car elle donne la distribution de la teneur en sel en 3D dans le produit. Ceci permet de définir la durée optimale des procédés qui jalonnent l'élaboration du jambon sec et d'éviter ainsi l'apparition de défauts dans le produit final. Cependant, la Tomographie RX est une technologie qui a un coût élevé et qui implique des mesures de sécurité pour les opérateurs. Récemment d'autres systèmes expérimentaux qui utilisent des dispositifs d'inspection à rayons X (Figure 9) ont été développés pour déterminer les teneurs en sel du produit pendant le procédé d'élaboration. Ces équipements sont moins coûteux, robustes et peuvent fonctionner dans les conditions de température et d'humidité existant dans l'industrie des viandes. En utilisant une calibration appropriée réalisée antérieurement, la teneur en sel absorbée peut être estimée dans chaque jambon. L'intégration de ce type de systèmes en ligne permettrait une étape de re-salaison individuelle des jambons en fonction de la teneur en sel absorbée, et ainsi d'optimiser la teneur en sel à appliquer.

L'utilisation de ces informations à la fin du procédé de salaison, en parallèle avec un salage spécifique des jambons qui le nécessitent, permettrait d'obtenir des jambons avec une teneur réduite en sel et d'augmenter l'homogénéité de la teneur en sel des jambons d'un même lot.



Figure 9 - Dispositif d'inspection à rayons X pour déterminer la teneur en sel des jambons

2.3. Caractérisation du produit pour sa classification

Une autre possibilité pour obtenir un jambon avec une teneur en sel réduite est la classification à la fin du procédé d'élaboration. Il se trouve que, dans chaque lot, si les facteurs ci-dessus ne sont pas pris en compte, il existe une grande variation de la teneur en sel des pièces. Pour ces raisons, les producteurs de jambons secs sont intéressés par des outils rapides et non destructifs de classification qui leur permettent de prévoir la composition et la qualité de leurs produits, de façon à pouvoir réaliser un contrôle en ligne et de classer le produit final obtenu selon ses caractéristiques nutritionnelles, dont la teneur en sel. Ces informations pourraient être ajoutées sur l'étiquetage du produit, ce qui permettrait au consommateur de choisir selon ses préférences.

La **spectrométrie micro-ondes** permet de déterminer les propriétés diélectriques des aliments qui peuvent être corrélées avec les paramètres de qualité et de composition de ceux-ci. L'équipement Sequid RFQ-Scan (Figure 10), basé sur la mesure des variations des propriétés diélectriques, a démontré être un outil fiable pour prédire la teneur en eau et sel du jambon sec. Fulladosa *et al.* (2013) ont développé des modèles ayant une erreur de prédiction de la teneur en eau de 1,34% ($R^2=0,94$), et de sel de 0,22% ($R^2=0,95$), ce qui est considéré comme suffisamment bas pour pouvoir être utilisé pour le contrôle du jambon sec dans l'industrie. Cet

équipement pourrait être utilisé comme alternative à des méthodes destructives ou être incorporé en ligne pour vérifier le respect de l'ETG *Jambon Serrano* en termes de teneurs en eau et en sel.

De plus, il pourrait être utilisé pour classer le produit final selon son taux de sel et sélectionner les jambons ayant une teneur en sel réduite, lesquels pourraient être étiquetés comme tels.

L'utilisation de cet équipement pourrait également être intéressante pour évaluer quantitativement la variabilité de la teneur en sel dans le produit.



Figure 10 - Équipement Sequid RFQ-scan basé sur la spectrométrie micro-ondes

CONCLUSIONS

Les nouveaux procédés d'élaboration et l'utilisation de technologies non destructives peuvent aider à obtenir des produits crus-secs, présentant une teneur en sel réduite, tout en maintenant leur qualité et leur acceptabilité.

La plupart de ces technologies peuvent être facilement appliquées en ligne dans l'industrie afin de contrôler le processus de fabrication et d'obtenir ainsi des produits carnés avec les caractéristiques voulues.

REMERCIEMENTS

Cette publication a été élaborée avec l'aide de l'INIA (RTA2010-00029-C04-01) et de l'Union Européenne, dans le cadre du projet européen intégré Q-PORKCHAINS (FOOD-CT-2007- 036245) du 6^e Programme-Cadre.

Le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité des auteurs et ne peut en aucune manière refléter le point de vue de l'Union européenne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AESAN (Agence Espagnole de Sécurité Alimentaire et Nutrition), 2009. Journée de débat: Stratégie NAOS. Réduction de la consommation de sel. Moins de sel pour une meilleure santé.
- Arnau J., Picouet P., 2007. Technologie de production du jambon sec en Espagne. Journées Rech. Porcine, 39, 331-336.
- Arnau J., Comaposada J., Serra S., Bernardo J., Lagares J., 2011. Composition for the partial or total substitution of sodium chloride in the elaboration of partially dehydrated dry cured meat products, the use of such composition and the elaboration process of dry cured meat products partially dehydrated in partial or total absence of sodium chloride. Patent application number P201130575. Country: Spain. Issuing organizations: IRTA, Casademont S.A. and Metalquimia, S.A.
- Comaposada J., Arnau J., Gou P., Monfort J. M., 2004. Accelerated method for drying and 381 maturing sliced food products. Patent number WO20041B00661.
- Frye C.B., Hand L.W., Calkins C. R., Mandigo R.W., 1986. Reduction or replacement of sodium chloride in a tumbled ham product. Journal of Food Sci., 51, 836-837.
- Fulladosa E., Santos-Garcés E., Picouet P., Gou P., 2010. Salt and water content prediction by computed tomography in dry-cured hams. J Food Eng., 96, 80-85.
- Fulladosa E., Duran-Montgé P., Serra X., Picouet P., Schimmer O., Gou P., 2013. Estimation of dry-cured ham composition using dielectric Time domain reflectometry. Meat Sci., submitted.
- Garcia-Gil N., Santos-Garcés E., Muñoz I., Fulladosa E., Arnau J., Gou P., 2012a. Salting, drying and sensory quality of dry-cured hams subjected to different pre-salting treatments: Skin trimming and pressing. Meat Sci., 90, 386-392.
- Garcia-Gil N., Santos-Garcés E., Muñoz I., Fulladosa E., Gou P., 2012b. Salt uptake of loins and hams at different surface water contents and temperatures. Meat Sci., submitted.
- Gelabert J., Gou P., Guerrero L., Arnau, J., 2003. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages. Meat Sci., 65, 833-839.
- Gou P., Guerrero L., Arnau J., 1995. Sex and breed cross effects on dry cured ham characteristics. Meat Sci., 40, 21-31.
- Gou P., Guerrero L., Gelabert J., Arnau, J., 1996. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. Meat Sci., 42, 37-48.
- Guàrdia M.D., Guerrero L., Gelabert J., Gou P., Arnau, J., 2008. Sensory characterisation and consumer acceptability of small calibre fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. Meat Sci., 80, 1225-1230.
- Guerrero L., Gou P., Alonso P., Arnau, J., 1996. Study of the physico-chemical and sensorial characteristics of dry cured hams in three pig genetic types. J. Sci. Food Agric., 70, 526-530.
- Morales R., Guerrero L., Serra X., Gou P., 2007. Instrumental evaluation of defective texture in dry-cured hams. Meat Sci., 76, 536-542.
- Petäjä E., Kukkonen E., Puolanne E., 1985. Einfluss des Salzgehaltes auf die Reifung von Rohwurst. Fleischwirtschaft, 65, 189-193.
- Rastelli E., Giraffa G., Carminati D., Parolari G., Barbuti S., 2005. Identification and characterisation of halotolerant bacteria in spoiled dry-cured hams. Meat Sci., 70, 241-246.
- Santos-Garcés E., Gou P., Garcia-Gil N., Arnau J., Fulladosa E., 2010. Non-destructive analysis of aw, salt and water in dry-cured hams during drying process by means of computed tomography. J Food Eng., 101, 187-192.
- Serra X., Fulladosa E., 2011. Online total fat prediction in green hams. Newsletter Q PorkChains, Number 8, pp. 8. Retrieved from http://www.q-porkchains.org/news/~media/Qpork/docs/pdf/newsletter/QPorkChains_Newsletter_8_march2011.ashx
- Stollewerk K., Jofré A., Comaposada J., Arnau J., Garriga M., 2012. The impact of fast drying (QDS process®) and high pressure on food safety of NaCl-free processed dry fermented sausages. Innov. Food Sci. Emerg. Tech., 16, 89-95..

