

Le sel dans les produits carnés de salaison

Effets de la réduction de la teneur en sel sur la qualité et la sécurité sanitaire*

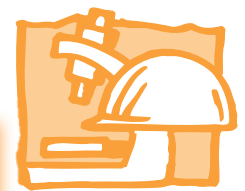
Le sel joue un rôle important dans la fabrication des produits de salaison, avec une incidence sur leur sécurité sanitaire et leur profil sensoriel. Les changements induits et les inconvénients possibles en cas de réduction de la teneur en sodium sont liés à la qualité et aux indices de sécurité ; cependant les connaissances disponibles en termes d'une bonne gestion de questions technologiques, microbiologiques et de qualité rendent désormais possible la réalisation de produits de salaison à faibles teneurs en sodium.

SIMONCINI N.
Département des produits de salaisons
SSICA
PARME, ITALIE



Le chlorure de sodium est l'un des ingrédients les plus utilisés dans les procédés de préparation des produits carnés, dans lesquels il joue un rôle déterminant dans la définition de la saveur, de la texture, de la couleur et de la durée de vie. La plupart du chlorure de sodium ingéré dérivent d'aliments préparés industriellement, parmi lesquels les produits carnés transformés participent à hauteur de 12 à 20%. Par conséquent une réduction du contenu en sodium doit être considérée même pour ces produits.

**Cet article a fait l'objet d'une communication orale lors de l'événement MEAT'IN organisé par le Pôle de Compétitivité InnoViandes les 17 et 18 novembre 2009 à Clermont-Ferrand.*



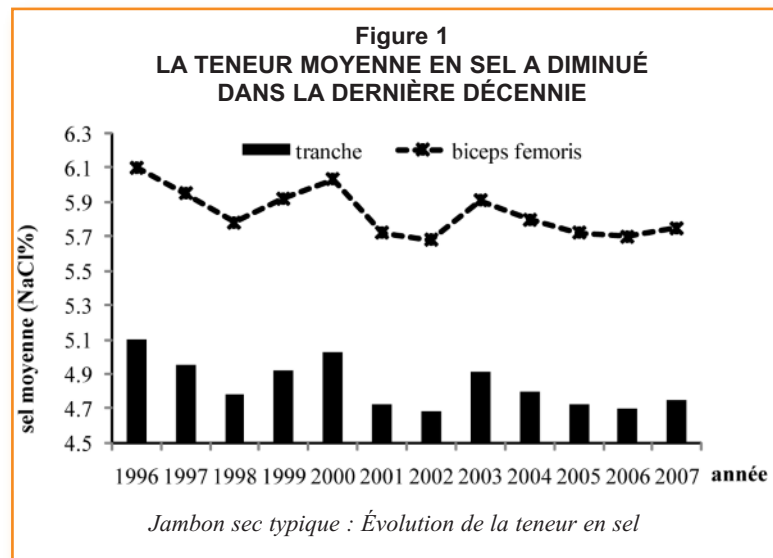
RÉDUCTION DU SEL : RECOMMANDATIONS ET RÈGLEMENTS

L'effet le plus important d'une ingestion élevée de sodium est l'augmentation de la pression sanguine, qui est un des facteurs de risque majeurs des maladies cardiovasculaires et d'infarctus ([1], [2]). Des études cliniques ont montré que cet effet est réversible : une réduction modérée du contenu en sel de la diète (environ 40 mmoles/jour) a conduit à une diminution de la pression sanguine réduisant de 25% la probabilité de manifester des troubles cardio-vasculaires ([3]).

La réduction du sel devient une priorité pour l'industrie des produits carnés, compte tenu de l'efficacité des campagnes conduites en faveur de la santé humaine à travers le « Dietary Guidelines for Americans » (2005), le « Food Standard Agency » dans le Royaume uni et le « World Health Organization » (2003). La « European Food Safety Authority » (EFSA) estime la consommation moyenne journalière de sodium chez les adultes autour de 3-5 g, correspondant à 7,5 à 12 g de sel par jour ([4]) alors que la valeur recommandée est d'environ 5 à 6 g de sel/jour. La réglementation européenne CE 1924/2006 considère possible l'utilisation des profils nutritionnels ou de santé pour l'étiquetage des aliments ([5]): la définition des profils nutritionnels doit tenir compte de la présence de composants ayant un effet sur la santé du consommateur, parmi lesquels justement le contenu en sel; l'utilisation de l'expression à « teneur en sel réduite » peut être un objectif réalisable pour les produits de salaison, avec une réduction du sodium ou de sel d'au moins 25%.

LE SEL DANS LES PRODUITS DE SALAISON

En Italie, la teneur en sel moyenne dans les produits de salaison les plus répandus oscille entre 3,8 g/100 g pour le salami de Milan et 4,9 g/100 g pour le jambon sec typique (en particulier le San Daniele et le Parme) ([6]). Une orientation vers des produits de salaisons à teneur réduite en sel est déjà en cours; un exemple est représenté par le jambon de Parme



pour lequel des données acquises de manière continue par le Consortium de Tutelle et l'Institut de contrôle sont représentatives de la production (figure 1). Le contenu en sel mesuré sur tranche entière du produit (privée du gras de couverture) et sur le muscle *biceps femoris* (utilisé comme muscle de référence) montre une tendance vers une diminution graduelle du sel utilisé. La réduction progressive du sel a été obtenue en respectant les gammes de sel imposées par les impératifs de production (limite minimale de NaCl dans le muscle *b. femoris* = 4,5%).

La réduction du sel dans les produits de salaison doit cependant être atteinte en prenant en considération les procédés technologiques, la formulation et le type de produit et en ayant défini la teneur de référence à partir de laquelle est réalisée la réduction. Dans le cas particulier des produits typiques dont la production est protégée par un consortium de tutelle, les teneurs en sel limites spécifiées dans les cahiers de charge doivent être respectées et la possibilité d'utiliser des substituts du chlorure de sodium doit être vérifiée.

EFFETS DE LA RÉDUCTION DE LA TENEUR EN SEL SUR LA QUALITÉ ET LA SÉCURITÉ SANITAIRE

L'objectif de produire des produits de salaison à teneurs en sel réduites doit faire face à de multiples aspects de qualité et de sûreté des produits de salaisons ([7], [8]): la réduction du chlorure de sodium a

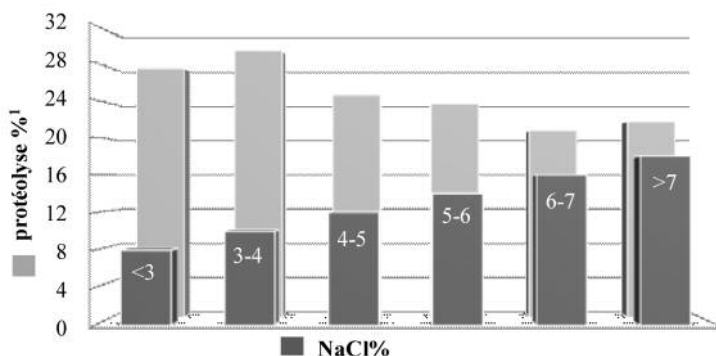
des répercussions sur la protéolyse, la consistance, le développement de l'arôme et de la saveur caractéristique, la couleur et les populations microbiennes (i.e. dans le cas des produits carnés fermentés). En ce qui concerne la sécurité sanitaire, il faut vérifier l'effet de la réduction du sel sur le possible développement de pathogènes tels que *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus* et/ou de microorganismes qui peuvent engendrer des molécules non désirées (i.e. amines biogènes).

PROTÉOLYSE ET CONSISTANCE

Quelques études conduites sur des jambons typiques italiens montrent que la réduction du contenu en chlorure de sodium influence l'intensité de la protéolyse induite par les équipements enzymatiques intramusculaire et microbien. Comme rapporté sur la figure 2, l'accroissement de la teneur en chlorure de sodium est associé à une diminution de l'indice de protéolyse (exprimé comme le rapport en pour-cent des matières azotées solubles dans l'acide trichloracétique à 5% sur l'azote total). La protéolyse est un des facteurs déterminants de la texture et de la flaveur des produits de salaison, surtout ceux à longue durée de maturation comme le jambon sec ([9]). Les peptides et les aminoacides produits en quantités et rapports appropriés, contribuent au développement du goût caractéristique des produits carnés (9, [10]) et ils constituent un substrat pour la formation des composés organiques



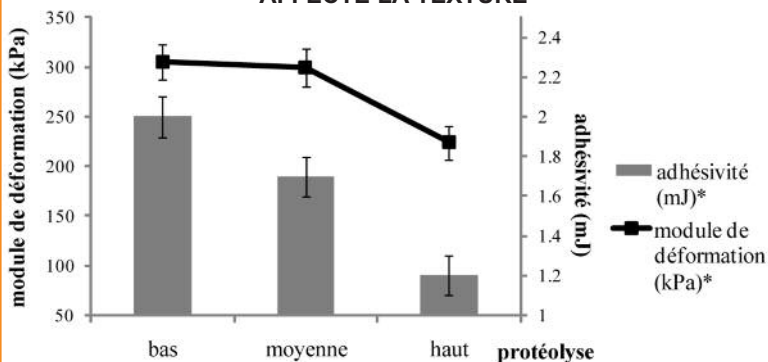
Figure 2
LA PROTÉOLYSE DIMINUE
LORSQUE LA TENEUR EN SEL AUGMENTE



¹ exprimée en g d'azote soluble dans une solution aqueuse de TCA (10 g/100 ml) par 100 g de protéines

SPECK : effet de la teneur du sel sur la protéolyse

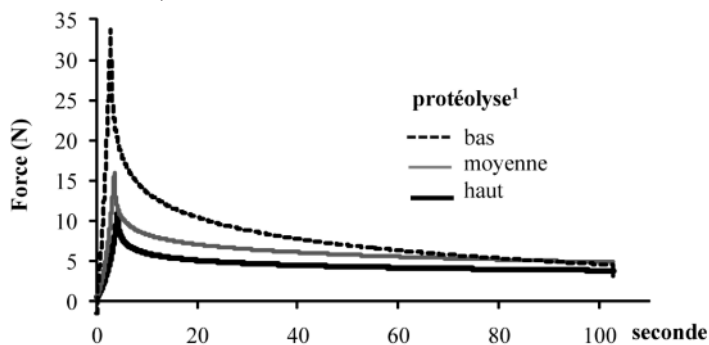
Figure 3
UNE PROTÉOLYSE ÉLEVÉE
AFFECTE LA TEXTURE



^{*} paramètres mesurés par le TPA (Texture Profile Analysis) test sur le muscle b. femoris, perpendiculaire aux fibres

Jambon sec italien : Paramètres de la texture en fonction de trois niveaux différents de la protéolyse

Figure 4
LA RÉSISTANCE AU STRESS DIMINUE
QUAND LA PROTÉOLYSE EST ÉLEVÉE



¹ exprimée en g d'azote soluble dans une solution aqueuse de TCA (10 g/100 ml) par 100 g de protéines

Jambon sec italien : compression avec « Stress Relaxation Test », perpendiculaire aux fibres musculaires

Tableau 1
LE SEL JOUE UN RÔLE
DANS LA PRÉDICTION DE
LA PROTÉOLYSE FINALE

Variable dépendante = PROTEOLYSE

Variables incluses dans le modèle

	Stdz. coeff.	Signif.
NaCl (%)	-0,35	0,000
Cathepsin B ¹	0,31	0,000
pH _{24h}	-0,28	0,000

R multiple = 0,73

R² = 0,53

¹ indicateur de l'activité protéolytique musculaire

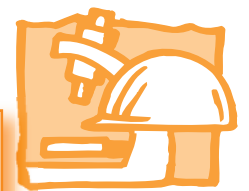
Jambon sec typique : Modèle prédictif de la protéolyse, obtenu par l'analyse de régression multiple

Adapté de Schivazappa et al., 2002 (11).

volatiles importants pour l'arôme de produit. La protéolyse endogène ou microbienne est inhibée par le chlorure de sodium qui exerce un effet d'inhibition et influence ainsi la quantité et la distribution des fractions azotées produites.

Des modèles de prédiction de l'indice de protéolyse dans les jambons italiens secs typiques ([11]), ont été élaborés en intégrant des variables liées à la qualité technologique de la viande et/ou la teneur en sel (tableau 1) : l'incidence négative du chlorure de sodium confirme son rôle d'inhibiteur de la protéolyse. Le phénomène protéolytique est favorisé par un bas pH et l'activité protéolytique musculaire (l'activité de la cathepsine B a été considérée comme marqueur) ; avec la réduction du sel, les caractéristiques de la matière première deviennent critiques pour le contrôle de la protéolyse.

Un des effets résultant d'une protéolyse excessive concerne le développement d'une texture anormalement molle du produit. Une étude récente sur la consistance des jambons secs typiques appartenant à trois niveaux de protéolyse (définis comme bas, moyen et haut) a confirmé que ce phénomène influence significativement la consistance du produit ([12], [13]). Dans les figures 3 et 4 sont rapportés des exemples de variation de quelques paramètres de texture du jambon sec associés à l'augmenta-

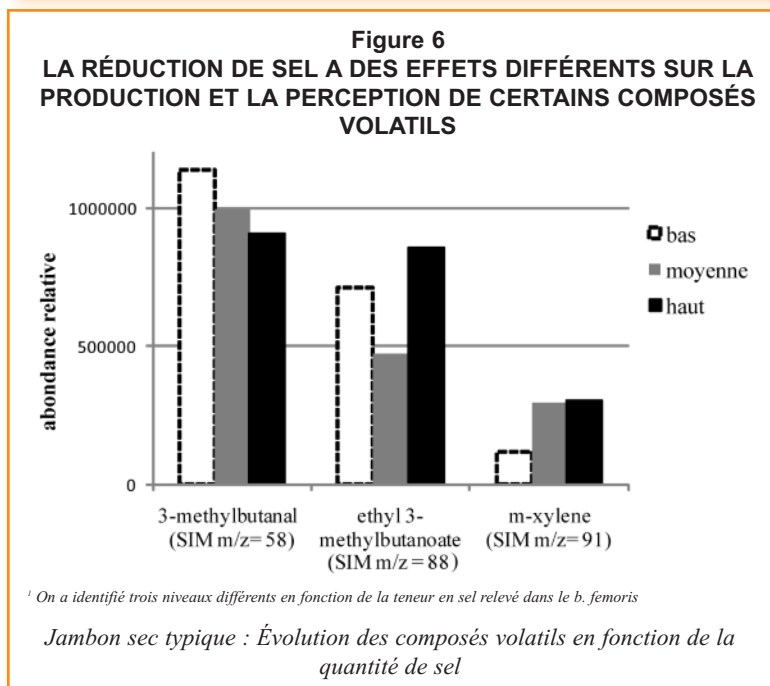
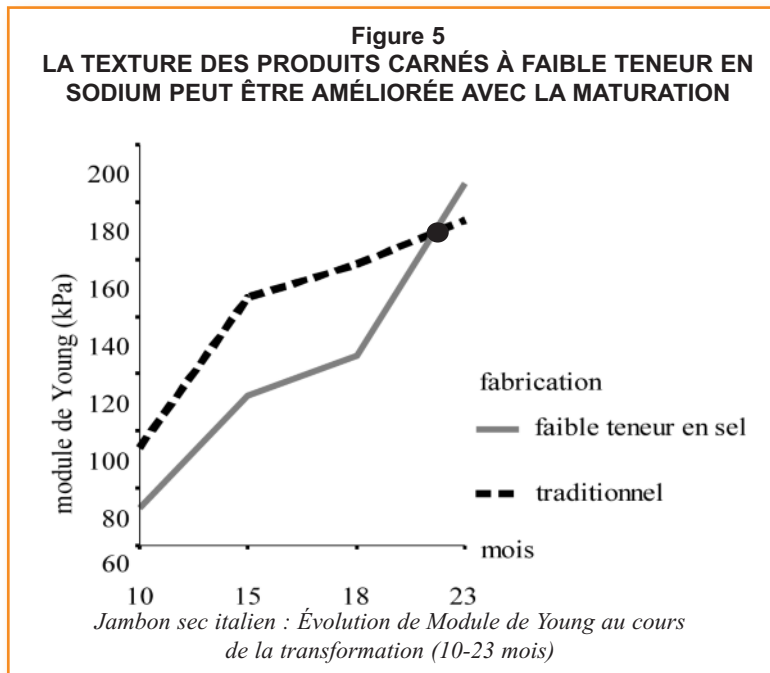


tion de la protéolyse. Une réduction du contenu en chlorure de sodium de 6% à 4% (intervalle de variation de référence pour le jambon sec typique italien), cause une diminution de compacité de produit ; outre l'effet du sel sur la protéolyse, il est important de prendre en considération même le rôle complémentaire de l'humidité. Un bas niveau de sel correspond, pour une même composition, à une augmentation de l'humidité dans le jambon avec une diminution de la consistance du produit ([14]). Pour contrebalancer cet effet, l'allongement de la période de maturation du jambon typique italien (jusqu'à 24 mois), permet de garantir le développement d'une consistance acceptable même pour les jambons ayant de faibles quantités de sel (figure 5).

QUALITÉ SENSORIELLE

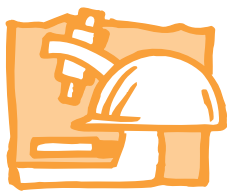
Le sel, ou chlorure de sodium, a un rôle de premier plan dans le développement et dans la perception des attributs sensoriels de la texture, de la saveur et de l'arôme (flaveur) des charcuteries. Dans la flaveur des produits de salaisons on distingue une composante non volatile et une composante volatile ([15]). La première comprend, outre le chlorure de sodium, des phosphates et autres chlorures, des dipeptides et des aminoacides produits par la protéolyse et caractérisés par les saveurs acide, douce, amère (associées aux acides aminés et dipeptides à caractère hydrophobe), umami (associé aux acides glutamique et aspartique), kokumi (saveur aspécifique associée à l'histidine et le glutathion). L'intensité de la protéolyse, et la quantité de sel, influence les teneurs respectives de ces composants de la saveur.

Les composés volatils comprennent principalement les produits de la lypolyse et de l'oxydation (aldéhydes, cétones, esters, alcools, acides organiques et hydrocarbures), de la dégradation des acides aminés et de la fermentation des hydrates de carbone. Dans une étude récente sur les jambons typiques italiens (13), le taux en chlorure de sodium, au-delà de la perception de la saveur salée, est lié à l'arôme mûri typique. La réduction du sel peut avoir des effets sur la génération et la perception des composés organiques vola-



tils. La figure 6 rapporte quelques exemples de composés qui contribuent au profil aromatique du jambon sec typique, avec des notes aromatiques agréables et une basse valeur du seuil de perception ([16]). Les composés organiques volatils ramifiés comme le 3-méthylbutanal (figure 6), issus de la dégradation des acides aminés libres sont plus abondants dans les jambons les plus doux, confirmant le rapport inverse entre les teneurs en sel et les produits de la protéolyse. Les esters éthyliques, composés responsables de l'arôme fruité typique (par exemple l'éthyl-3-méthylbutanoate), et dont la production a

été attribué à estérases d'origine microbienne en présence de substrats contenant de l'éthanol et les acides organiques correspondants ([17]), montrent une dépendance plus incertaine vis-à-vis du sel ; l'augmentation de telles molécules résulte plus directement de l'allongement de durée d'affinage du jambon ([18]). Les molécules à faible polarité comme les hydrocarbures (à titre d'exemple dans la figure 6 le m-xylène) augmentent avec la teneur en sel : un tel phénomène est à attribuer à l'effet de « salting out » dans une matrice riche de sel ([19]).



LA COULEUR

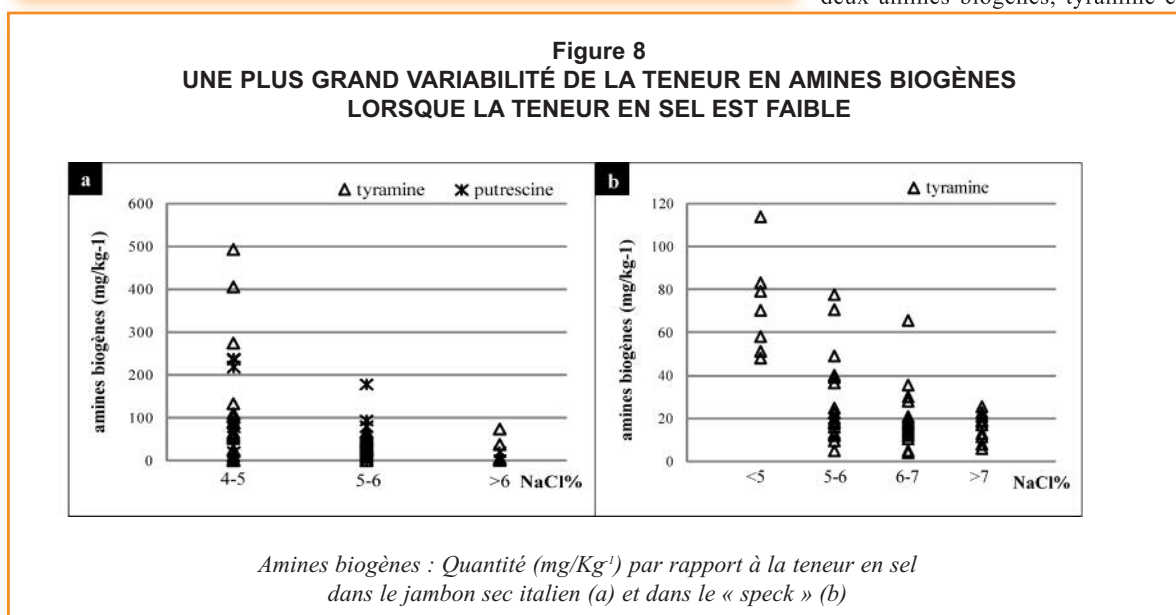
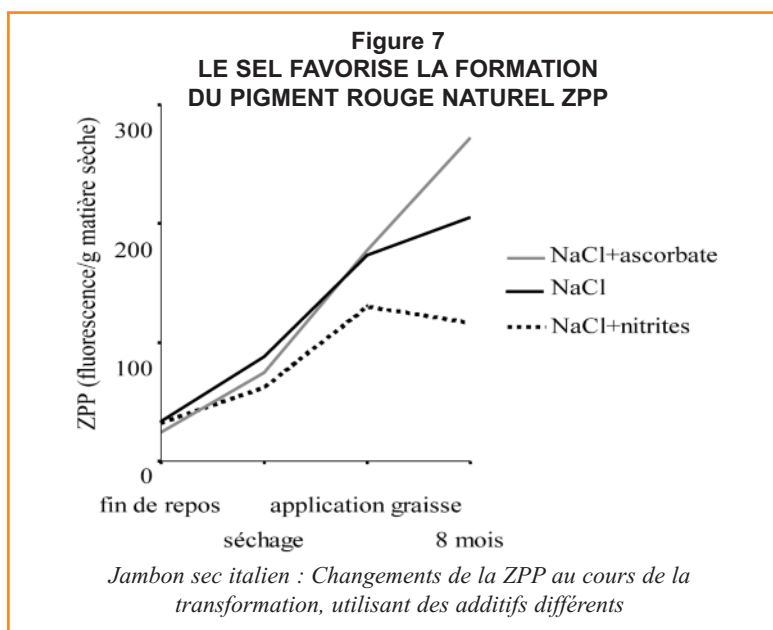
Le sel influence le développement de la couleur dans les produits de salaison, particulièrement dans les jambons secs obtenus sans addition de nitrates et de nitrites. Dans ces produits, le pigment responsable de la couleur rouge typique est lié à une molécule, la Zinc-Protoporphyrine IX (ZPP) ([20]); celle-ci est engendrée à travers un processus de substitution du fer de l'hème par un atome de zinc, métal dont la viande de porc est riche. L'enzyme zinc-chélatase semble être impliquée dans cette réaction, en catalysant la substitution du fer par le zinc ([21]). Les résultats obtenus dans des études récentes (en système modèle ([22]) ou dans les jambons secs affinés ([23])) mettent en évidence le rôle impor-

tant du sel dans la formation de ce pigment, en favorisant l'activité enzymatique mentionnée précédemment. Les données rapportées dans la figure 7 montrent le rôle positif du sel dans la formation du pigment dans les jambons au cours de la transformation. L'addition d'ascorbate renforce la formation de la Zn-Protoporphyrine IX, grâce à son aptitude à lier les atomes de métal et donc à favoriser l'échange naturel entre le fer et le zinc. L'utilisation de nitrite avec le sel réduit la formation du pigment pendant le processus d'élaboration. Probablement, l'oxyde qui se forme suite à l'addition de nitrites dans le jambon peut inhiber la formation du pigment rouge ZPP.

SÉCURITÉ SANITAIRE DES PRODUITS DE SALAISSON À TENEUR RÉDUITE EN SEL

La réduction de la teneur en sel peut pénaliser la sécurité sanitaire des produits, à cause du ralentissement de la diminution de l'activité de l'eau et en conséquence d'un moins bon contrôle du développement microbien. Les effets pourraient comprendre le développement de microorganismes d'altération des produits jusqu'à celui de bactéries pathogènes telles que *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* et *S. aureus*. Dans ce cas, la sélection de matières premières présentant un niveau hygiénique élevé et l'adaptation des phases de fabrication cruciales pour la sûreté et la stabilité microbiologique des produits (par exemple l'allongement de la phase froide de séchage pour les jambons secs) peuvent représenter des moyens efficaces pour solutionner des problèmes. Les faibles quantités de sel peuvent aussi causer une sélection des populations microbiennes typiques : il peut s'agir d'un plus fort développement des Micrococcaceae ([24]) ou d'un changement dans l'activité hétérofermentaire des hydrates de carbone ([25]), jusqu'à la génération de molécules non désirées parmi lesquelles les amines biogènes ([26]). L'utilisation de starters spécifiques et sélectionnés peut représenter un moyen pour garantir la sécurité sanitaire des produits à faible teneur en sel.

Dans la figure 8 sont rapportés des exemples concernant les teneurs en deux amines biogènes, tyramine et



putrescine, en relation avec la quantité de sel (sur le muscle *b. femoris*). Ces molécules sont engendrées grâce à l'action décarboxylase de microorganismes décarboxylase-positifs, sur les acides aminés libres présents. Il a été noté que dans les produits carnés entiers maturés à basse teneur en sel, les quantités des amines biogènes sont très variables; en particulier les teneurs sont plus élevées dans le « speck » qui est un produit carné dont la conformation ouverte peut être plus sujette à la contamination microbienne. Probablement, la présence de ces molécules, qui à des niveaux élevés peuvent avoir des effets négatifs sur la santé, peut être liée soit à une augmentation de la quantité d'acides aminés libres disponibles, dérivant de la protéolyse et précurseurs de ces molécules, soit à un manque d'inhibition du développement microbien par le sel et, plus spécifiquement, de l'activité décarboxylase proprement dite ([27]).

APPROCHES À LA RÉDUCTION DU SEL DANS LES PRODUITS DE SALAISON

Outre la diminution de la quantité de NaCl ajouté, il y a d'autres stratégies qui peuvent être utilisées pour réduire la teneur en sel, en premier lieu l'utilisation de substituts du chlorure de sodium, comme par exemple le chlorure de potassium (KCl). En deuxième lieu, l'utilisation d'exhausteurs de saveurs et d'arômes ou de substances comme les lactates (i.e. lactate de potassium), le monoglutamate de sodium (MGS), la glycine ou encore les extraits de levure permettent d'améliorer le profil aromatique et de compenser le manque de goût dans des produits ayant de faibles quantités de sel. Enfin, le changement dans la forme physique du sel ajouté (granulé ou floculé) permet d'en utiliser des quantités inférieures, en garantissant

la qualité en termes de sûreté microbiologique et de propriétés sensorielles (8). Beaucoup de composés cités ci-dessus ont été déjà expérimentés en quantités différentes et dans divers produits de salaison, en analysant les effets sur la qualité et la stabilité microbiologique ([28], [29], [30]). Leur utilisation doit dans tous les cas tenir compte des caractéristiques spécifiques de produit, de sa composition, du type de procédé et des conditions de préparation recherchées.

L'UTILISATION DE SUBSTITUTS : LE CHLORURE DE POTASSIUM

Le chlorure de potassium est à l'heure actuelle le substitut du sel le plus utilisé dans la transformation des produits de salaison. De nombreuses études rapportent que le potassium alimentaire joue un rôle important dans la prévention et dans la thérapie de l'hypertension artérielle et recommandent une dose journalière de $\approx 3,1-3,5$ g de potassium, sauf contre-indications liées à la sensibilité de quelques sous-groupes de la population (sujets avec des insuffisances rénales ou autres maladies rénales, sujets souffrant de diabète type 1, etc.) ([31]).

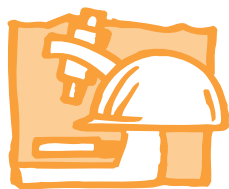
Le KCl présente des propriétés fonctionnelles semblables au NaCl, mais pour obtenir des caractéristiques comparables en termes de structure et de durée de vie du produit, la substitution doit être réalisée en ne se basant pas sur le poids en grammes mais sur la quantité molaire. Cela signifie utiliser de plus grandes quantités (en gramme) de KCl par rapport au NaCl avec une probabilité majeure d'encourir des problèmes liés au développement de saveurs étrangères (amère ou douceâtre), selon le produit, la quantité utilisée et la teneur en NaCl ([32]). À l'heure actuelle, la substitution par le KCl a été menée

avec des résultats acceptables jusqu'à des valeurs voisines de 30-40% dans divers produits de salaison (28, 29, 30). Les essais en cours sur le salami italien de calibre moyen-petit ont montré de bons résultats lors de la réduction du sodium jusqu'au 40% et la substitution par le potassium selon un rapport molaire Na : K de 1,6 : 1.

CONCLUSIONS

En matière de réduction du sel dans les produits de salaison, le rôle de la recherche est crucial, car ces produits doivent être redessinés et recréés. Il n'existe pas une solution unique à adopter, mais différents moyens d'action peuvent être mis en œuvre. Ils concernent d'abord la formulation du produit, à travers l'emploi de sels de substitution, le possible emploi d'exhausteurs de flaveur ou encore l'optimisation de la forme physique de NaCl de façon à en augmenter l'efficacité, en modifiant sa structure et sa perception. Un autre aspect concerne la matière première utilisée, en termes de qualité hygiénique et de paramètres technologiques comme le pH *post mortem*, l'activité protéolytique, la morphologie et la quantité de gras afin d'uniformiser le contenu final de sel. Enfin, l'emploi de procédures technologiques adaptées, en termes de temps, température, de starters sélectionnés ajoutés, peut contribuer à obtenir des produits qui continuent à attirer le consommateur. Ces passages sont obligatoires pour obtenir des produits plus sains à travers la réduction de la teneur en sel. Dans ces conditions, l'industrie de la viande pourra élargir la gamme des produits offerts aux consommateurs, en maintenant les caractéristiques de qualité (texture et flaveur) et de sécurité. Enfin, opportunément éduqués sur les bénéfices d'un juste emploi du sel sur la santé, ces mêmes consommateurs pourront consciemment choisir parmi les produits offerts ceux qui répondent le mieux à leurs attentes.





1. TUOMILEHTO J., JOUSILAHTI P., RASTENYTE D., MOLTCHANOV V., TANSKANEN A., PIETINEN P., NISSINAN A. (2001) Urinary sodium excretion and cardiovascular mortality in Finland : a prospective study. *The Lancet* 357 : 848-851.
2. HE F.J., MACGREGOR G.A. (2007) Salt, blood pressure and cardiovascular disease. *Curr. Opin. Cardiol.* 22 : 298-305.
3. COOK N.R., CUTLER J.A., OBARZANEK E., BURING J.E., REXRODE K.M., KUMANYIKA S.K., APPEL L.J., WHELTON P.K. (2007) Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes : observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP). *BMJ* 334 : 885-892.
4. SCIENTIFIC PANEL ON DIETETIC PRODUCTS NAA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Sodium (Request N° EFSA-Q-2003-018). *The EFSA Journal* 209.
5. REGULATION (EC) N° 1924/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 20 DECEMBER 2006 ON NUTRITION AND HEALTH CLAIMS MADE ON FOODS. *Official Journal of The European Union L 404 of 30 December 2006.*
6. TABELLE DI COMPOSIZIONE DEGLI ALIMENTI, AGGIORNAMENTO (2000). Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN).
7. PAROLARI G., GIORGI M. (2005) Sale e alimenti. Un tema aperto. *Industria Conserve* 80 : 189-199.
8. DESMOND E. (2006) Reducing salt : A challenge for the meat industry. *Meat Sci* 74 : 188-196.
9. TOLDRÁ F. (1998) Proteolysis and Lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. *Meat Sci* 49 : S101-S110.
10. SFORZA S., GALAVERNA G., SCHIVAZAPPA C., MARCHELLI R., DOSSENA A., VIRGILI R. (2006) Effect of extended aging of Parma Dry cured ham on the content of oligopeptides and free amino acids. *J. Agric. Food Chem.* 54 : 9422-9429.
11. SCHIVAZAPPA C., DEGNI M., NANNI COSTA L., RUSSO V., BUTTAZZONI L., VIRGILI R. (2002) Analysis of raw meat to predict proteolysis in Parma ham. *Meat Sci.* 60 : 77-83.
12. RUIZ-RAMIREZ J., ARANU J., SERRA X., GOU P. (2006) Effect of pH24, NaCl content and proteolysis index on the relationship between water content and texture parameters in biceps femoris and semimembranosus muscles in dry cured ham. *Meat Sci.* 72 : 185-194.
13. IACOPINO L. (2008). Percezione salina e indicatori di qualità del prosciutto di Parma. Relazione con la composizione, la consistenza e i composti organici volatili. Università di Parma, Italy.
14. RUIZ-RAMIREZ J., ARANU J., SERRA X., GOU P. (2005) Relationship between water content, NaCl content, pH and texture parameters in dry-cured muscles. *Meat Sci.* 70 : 579-587.
15. BARBIERI G., BOLZONI L., PAROLARI G., VIRGILI R., BUTTINI R., CARERI M., MANGIA A. (1992) Flavour compounds of dry cured ham. *J. Agric Food Chem.*, 40 : 2389-2394.
16. CZERNY M., CHRISTLBAUER M., FISHER A., GRANVOGL M., HAMMER M., ET AL. (2008) Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odour solutions. *Eur. Food. Res. Technol.* 228 : 265-273.
17. FLORES M., DURÁ M., TOLDRÁ F., (2004) Effect of *Debaryomyces* spp on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat Sci.* 68 : 439-446.
18. PINNA A., VIRGILI R., TOSCANI T. (2009) Effect of processing time on ethyl esters content of Parma dry-cured ham. *Comunicazione orale 1st Mass Spectrometry Food Day, Parma, Italy.*
19. PÉREZ-JUAN M., FLORES M., TOLDRÁ F. (2007) Effect of ionic strength of different salts on the binding of volatile compounds to porcine soluble protein extracts in model systems. *Food Res. Intern.* 40 : 687-693.
20. WAKAMATSU J., NISHIMURA T., HATTORI A. (2004) A Zn-porphyrin complex contributes to bright red color in Parma ham. *Meat Sci* 67 : 95-100.
21. WAKAMATSU J., OKUI J., IKEDA Y., NISHIMURA T., HATTORI A. (2004) Establishment of a model experiment system to elucidate the mechanism by which Zn-protoporphyrin IX is formed in nitrite-free dry cured ham. *Meat Sci.* 68 : 313-317.
22. BENEDINI R., RAJA V., PAROLARI G. (2008) Zinc-protoporphyrin IX promoting activity in pork muscle. *LWT* 41 : 1160-1166.
23. TOSCANI T., BENEDINI R., PAROLARI G. (2009) Time-related changes of Zn-chelatase and Zn-protoporphyrin IX in dry-cured hams. In *Parallel Session 4, Process Technology of the 55th International Congress of Meat Science and Technology.* Copenhagen, Denmark, (www.icomst2009.dk).
24. IBANEZ C., QUINTANILLA L., CID C., ASTIASARÁN I., BELLO J. (1997) Dry fermented sausages elaborated with *Lactobacillus plantarum*-*Staphylococcus carnosus*. Part II : Effect of partial replacement of NaCl with KCl on the proteolytic and insolubilization processes. *Meat Sci.* 46 : 277-284.
25. 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.
26. ROSEIRO C., SANTOS C., SOL M., SILVA L., FERNANDES I. (2006) Prevalence of biogenic amines during ripening of a traditional dry fermented pork sausage and its relation to the amount of sodium chloride added. *Meat Sci.* 74 : 557-563.
27. VIRGILI R., SACCANI G., GABBA L., TANZI E., SORESI BORDINI C. (2007) Changes of free amino acids and biogenic amines during extended ageing of Italian dry-cured ham. *LWT* 40 : 871-878.
28. MUGUERZA E., GIMENO O., ANSORENA D., ASTIASARÁN I. (2004) New formulations for healthier dry fermented : A review. *Trends Food Sci. Technol.* 15 : 452-457.
29. BLESA E., ALIÑO M., BARAT J.M., GRAU R., TOLDRÁ F., PAGÁN M.J. (2008) Microbiology and physico-chemical changes of dry-cured ham during post-salting stage as affected by partial replacement of NaCl by other salts. *Meat Sci.* 78 : 135-142.
30. ALIÑO M., GRAU R., TOLDRÁ F., BLESA E., PAGÁN M.J., BARAT J.M. (2009) Influence of sodium replacement on physico-chemical properties of dry-cured loin. *Meat Sci.* 83 : 423-430.
31. SCIENTIFIC PANEL ON DIETETIC PRODUCTS NAA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Potassium (Request N° EFSA-Q-2003-018). *The EFSA Journal* 139.
32. SHALLENBERGER R. S. (1993) *Taste chemistry*, Ed. Blackie Academic & Professional.