



# Les bactéries lactiques dans le milieu des viandes et produits carnés.

## 2<sup>e</sup> partie : aspects technologiques

LEÏLA MEKHTICHE

CTSCCV, 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex  
Technologie & Environnement

### RÉSUMÉ

Dans la première partie de cet article (*Bulletin de liaison du CTSCCV* 2004, n° 1, p. 25-32), le rôle, les actions et les propriétés physiologiques spécifiques des bactéries lactiques ont été évoqués. Dans cette seconde et dernière partie, seront développés les effets positifs ou négatifs des bactéries lactiques dans différents produits de charcuterie, ainsi que les effets de différents traitements technologiques sur la maîtrise de la flore microbienne.

### EFFET DES BACTÉRIES LACTIQUES SUR LES PRODUITS CARNÉS

Les bactéries lactiques ont toujours occupé une place importante parmi les auxiliaires de fabrication alimentaire.

#### EFFET SUR LES PRODUITS CARNÉS FERMENTÉS

Les saucissons fermentés séchés sont des produits constitués de 3 éléments de base : la viande maigre, la poitrine («mélange fabrication») et le gras bardière. Ils atteignent, suite à une action bactérienne ou une acidification artificielle, un pH de 5,3 ou moins à la fin de la période de fermentation. Ils sont ensuite séchés dans un séchoir pour réduire l'activité de l'eau ( $a_w$ ) jusqu'à environ 0,9. Les produits qui atteignent une  $a_w$  inférieure à 0,9 sont généralement considérés comme stables à la température ambiante.

Depuis les années 70, différents auteurs ont expérimenté l'adjonction de ferments pour améliorer la stabilité des viandes. La plupart des essais ont été effectués sur du bœuf qui ne pose

pas de réel problème de conservation. Par contre, la conservation du porc et du mouton est plus difficile du fait de contamination par *Brochothrix thermosphacta* et par des entérobactéries au détriment de la flore lactique.

Il existe deux grands types de saucisses fermentées présentant des caractéristiques différentes :

- les saucisses mi-sèches : fermentation rapide, température élevée de séchage (21 à 46°C), baisse de pH inférieur à 5,3, humidité du produit fini importante, goût acide (Europe du Nord, USA) ;
- les saucisses sèches : fermentation lente, température basse de la phase d'étuvage (11 à 23°C), séchage avec abaissement de l'activité de l'eau de 0,96 à 0,86 en fin de sèche (Bassin méditerranéen, Allemagne, France).

L'évolution des différentes populations bactériennes dans le saucisson sec français a été étudiée dans les années 70 et peut se définir de la façon suivante :

- Bactéries Gram - : disparaissent au cours de l'étuvage ;
- Bactéries Gram + (*Brochothrix* et *Enterococcus*) : se multiplient pendant la phase d'étuvage mais leur croissance s'arrête dès le début du séchage. Par contre, dès l'étuvage, les souches de *Micrococcus* et surtout *Staphylococcus* déjà nombreuses au départ se multiplient, puis leur croissance se stabilise et elles tendent à disparaître en cours de maturation ;
- Lactobacilles : développement très rapide. Présents au départ à  $10^3$  –  $10^4$  cellules par gramme, ils atteignent  $10^6$  –  $10^8$  cellules/g

# Les bactéries lactiques dans le milieu des viandes et produits carnés.

## 2<sup>e</sup> partie : aspects technologiques

à la fin de l'étuvage. En début d'étuvage se développent *Carnobacterium divergens*, *Carnobacterium piscicola*, qui disparaissent en cours de maturation pour laisser la place aux espèces *Lactobacillus curvatus* mais surtout *Lactobacillus sakei*.

En 1993, Marchesini *et al.* ont démontré que dans une proportion substantielle de cas, l'acidification est due à la flore endogène « maison » et non aux starters, ce qui expliquerait les variabilités observées entre les produits.

Demeyer (1999) a montré que le métabolisme durant le séchage des saucissons secs est une interaction complexe entre l'activité enzymatique résiduelle des muscles et/ou du tissu adipeux et le métabolisme bactérien et/ou fongique.

Parallèlement, il a été défini une flore essentielle de saucisson sec qui se compose d'*Arthrobacter*, de *Corynebacterium*, d'*Enterococcus*, d'*Acinetobacter*, de *Micrococcus*, de *Staphylococcus*, de *Lactobacillus*, de levures et de moisissures. Les différentes espèces de *Pediococcus* recensées dans le milieu saucisson sont présentes avec des lactobacilles, des streptocoques et des microcoques. La flore spontanée prédominante de la fermentation des produits carnés est constituée de lactobacilles (Novel, 1993). En effet, dans l'étude de Papamanoli *et al.* (2003), il a été montré que les souches de lactobacilles étaient principalement composées des espèces suivantes :

- *Lactobacillus sakei*,
- *Lactobacillus curvatus*,
- *Lactobacillus plantarum*.

Ces différentes souches permettent d'inhiber 2 souches de *Staphylococcus aureus* mais pas *Escherichia coli* O157:H7 ni *Bacillus cereus* (Papamanoli *et al.*, 2003).

Des travaux récents ont montré que la population d'*Enterococcus faecium* augmente rapidement aux températures de fabrication du saucisson sec et produit un fort taux de bactériocine. Mais quand le pH diminue avec la fermentation, il y a diminution de la fabrication de ces bactériocines (Leroy, 2002).

L'arôme des saucissons se développe en présence de *Carnobacterium piscicola*. Les produits du catabolisme de la leucine sont particulièrement actifs chez cette souche. La bactérie persiste bien après inoculation. Après 18 jours de maturation il a été identifié plus d'acides 3-méthyl butanoïque,  $\alpha$ -cétoisocaproïque et hydroxy  $\alpha$ -cétoisocaproïque et de 3-méthyl butanal que dans le saucisson non inoculé (Larrouture-Thiveyrat *et al.*, 2003).

Dans le cas du jambon sec, l'utilisation de ferments est limitée à cause de leur croissance et leurs activités faibles aux températures basses de fabrication (5 à 8°C) et de la teneur élevée en sel, en nitrates et en sucres. Ces conditions permettent la multiplication des micro-organismes halotolérants seuls : microcoques, lactobacilles et certains gram négatif (*Vibrio*). L'utilisation de ferments n'a d'intérêt que s'ils sont apportés par injection. *Pediococcus acidilactici* inoculé dans du jambon fumé améliore sa couleur et son arôme tout en accélérant sa fabrication (Garry *et al.*, 1999).

Papamanoli *et al.* (2003) ont isolé, à partir de 2 types de saucisses fermentées, 147 bactéries lactiques identifiées à 4 étapes différentes du séchage :

- 90% lactobacilles,
- 4% *Enterococcus*,
- 3% *Pediococcus* sp.,
- isolat sporadique de *Weissella viridescens*,
- *Leuconostoc pseudomesenteroides* et *Leuconostoc* sp.

Les souches qui ont été principalement caractérisées sont *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus* et *Lactobacillus plantarum*. Toutes les souches pouvaient se développer à 15°C en présence de 6,5% NaCl.

### EFFET SUR LES PRODUITS NON FERMENTÉS

#### Effets positifs

##### *Viandes fraîches*

Différents facteurs liés aux matières premières viandes telles que la température, le pH ou même l'activité de l'eau ( $a_w$ ) influencent le développement des bactéries lactiques.

L'addition de diverses bactéries lactiques à de la viande fraîche permet une meilleure conservation même en l'absence de croissance, mais les résultats peuvent être contradictoires.

Seuls les lactobacilles n'apportent pas de désagréments, ils sont donc principalement recherchés pour restreindre la croissance des autres flores indésirables. C'est pourquoi une étude a été réalisée dans un environnement viande pour comprendre le comportement des souches productrices de bactériocine telles que *Lactobacillus sakei* CTC 494, *Lactobacillus curvatus* LTH 1174 et *Lactobacillus amylovorus*. Elles se sont toutes développées en milieu MRS (milieu enrichi en glucose) à 25°C et à pH 5,5. Une bonne acidification était observée pour *Lactobacillus sakei* CTC 494 et *Lactobacillus curvatus* LTH 1174 conformément à leur qualité de starters (Leroy *et al.*, 2002).

Les bactéries lactiques ne réagissent pas de la même façon lorsqu'elles sont en présence de matière première ou de viandes fraîches fumées ou non. En effet, les *Lactobacillus sakei* et *Lactobacillus curvatus* prédominent dans les viandes et produits fumés tels que longe de porc, bacon, mortadelle et francfort tandis que *Leuconostoc mesenteroides* prédomine dans la viande non fumée (Samelis *et al.*, 1998).

Les autres matières premières peuvent donner les mêmes résultats que dans le cas du porc avec la présence de bactéries lactiques. Dans le blanc de dinde tranché, les espèces bactériennes rencontrées sont phénotypiquement identiques aux espèces trouvées comme prédominantes dans le jambon cuit tranché stocké +4 et 8°C, à savoir *Lactobacillus sakei* subsp. *carneus* et *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* respectivement (Samelis *et al.*, 2000a et 2000b).

#### *Autres produits non fermentés*

Korkeala *et al.* (1989) ont montré, lors d'une étude sur des saucisses cuites, que 95% de la population totale de bactéries à la surface et 55% au centre étaient des bactéries lactiques. Dans ce centre on rencontrait également un autre grand groupe : celui

des *Bacillus* spp. Les bactéries lactiques à la surface ou au centre étaient similaires avec comme groupe principal à la surface : streptobactérie atypique, c'est-à-dire *Lactobacillus* homofermentaire psychrotrophe. La proportion de *Leuconostoc* dans la saucisse altérée était très large.

Metaxopoulos *et al.* (2002) ont montré que sur le bacon sous vide, les bactéries lactiques présentes sont :

- *Enterococcus* sp. 18,
- *Leuconostoc* sp. 20,
- *Lactobacillus sakei* 29.

Ces deux dernières ont inhibé toutes les souches de *Listeria monocytogenes* mais pas de *Brochothrix thermosphacta*, *Enterobacter* sp. *salmonella* ou *Escherichia coli*. De plus, *Leuconostoc* sp. 20 se retrouve dans le jambon sous vide et la souche *Lactobacillus sakei* 29 dans le «lingüiça» (saucisson portugais) (Metaxopoulos *et al.*, 2002).

Bredholt *et al.* (2001) ont montré que le développement de *Listeria monocytogenes*, lors de l'utilisation d'un spray de *Lactobacillus sakei* TH1 avant tranchage et conditionnement aux températures de 4 et 8°C pour respectivement du jambon cuit entier et du cervelas, était inhibé en présence de bactéries lactiques ajoutées. La raison de l'inhibition observée n'a pas encore été expliquée.

#### **Altération des produits carnés**

Certaines bactéries lactiques participent à l'altération des produits en produisant principalement du limon mais également des odeurs et/ou une coloration désagréable. Peu de recherches ont été conduites sur les bactéries qui produisent une décoloration dans le cas des viandes cuites. Plusieurs études ont montré que le verdissement est dû à différentes bactéries lactiques :

- *Lactobacilli*, *Leuconostoc*, *Pediococci* et *Streptococci*,
- *Weissella viridens* et non *Enterococcus faecalis* ou d'autres souches dans le cas de viande cuite salée (Pierson, 2003),
- *Aerococcus viridens* et *Carnobacterium viridens* dans le cas des viandes fraîches.

# Les bactéries lactiques dans le milieu des viandes et produits carnés. 2<sup>e</sup> partie : aspects technologiques

La vitesse et le développement du verdissement sont fonction du micro-organisme et de la composition du produit. De plus, cette étude suggère que le verdissement dans les produits de viandes cuites et salées n'est pas dû aux *Lactobacillus acidophiles*, *Leuconostoc* ou *Pediococcus* (Pierson *et al.*, 2003b).

Dans une autre étude concernant le porc cuit conditionné sous différentes formes (sous vide, sous atmosphère) avec la présence de différents carbohydrates, il a été montré que la souche responsable du limon est *Lactobacillus carnosum* seulement en présence de saccharose. Aucune souche productrice de bactériocine n'a pu empêcher l'effet limon dû à cette souche. Quant à la souche *Lactobacillus sakei*, le limon était présent dans tous les échantillons que ce soit sous vide, sous atmosphère et aux températures de 4 ou 8°C en stockage. Il n'est donc pas conseillé d'utiliser du saccharose dans la formulation du porc cuit, car il est source de carbone pour les souches de bactéries lactiques productrices de limon. L'association de l'entérocoque d'*Enterococcus faecium* CTC 492 et d'une saka-cine de *Lactobacillus sakei* CTC 494 prévient la formation de limon par *Lactobacillus sakei* CTC 746 jusqu'à 21 jours de stockage à 8°C aussi bien que l'entérocoque seule. Cependant, il n'a pas été trouvé de relation entre le degré de limonage, l'inoculation et les différents types de conditionnement (Aymerich *et al.*, 2002).

Des travaux grecs (Samelis *et al.*, 2000b) ont montré que dans des blancs de dinde cuits fumés tranchés sous vide, la flore de détérioration prédominante est *Lactobacillus sakei* subsp. *carnosus* tandis que dans des blancs de dinde bouillis, non fumés, emballés sous vide et tranchés, la prédominance vient de l'espèce *Leuconostoc mesenteroides* occasionnant un gonflement des paquets et un poissage après 2 semaines à 4°C.

## **EFFET DES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES SUR LA MAÎTRISE DE LA FLORE DANS LES PRODUITS CARNÉS**

Durant ces dernières décennies, la qualité bactériologique des viandes en cours de stockage a été améliorée par l'abaissement de la température de conservation et par le conditionnement sous vide ou en atmosphères modifiées :

- réfrigération : empêche la multiplication de la plupart des bactéries pathogènes ;
- diminution de O<sub>2</sub> : freine le développement de la flore d'altération aérobie (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*) et sélectionne la flore anaérobie facultative (entérobactéries, *Brochothrix thermosphacta*, lactobacilles).

Samelis *et al.* (2000a) ont montré qu'il existe une corrélation importante entre le développement et les types de bactéries lactiques et les facteurs intrinsèques du produit : pH du produit, humidité, concentration en sel et méthode de cuisson.

## **EFFET DES FERMENTS UTILISÉS**

Les micro-organismes présents dans les viandes triées ont longtemps suffi à assurer les fermentations et les maturations. Quelquefois, des accidents de fabrication arrivaient malgré tout et rendaient les produits impropres à la consommation. Pour mieux maîtriser leurs produits, les fabricants ont été amenés à pratiquer des ensemencements de micro-organismes choisis et à sélectionner les ferments ou starters pour certaines actions spécifiques et bénéfiques pour l'évolution des produits. Les bactéries lactiques produites comme ferments commerciaux dans les produits à base de viandes sont des cultures pures ou en mélange appartenant aux genres *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*. Les bactéries constituant ces ferments sont des espèces déterminées et leur activité globale caractérise le ferment : l'acidification, la protéolyse, la formation d'arômes, l'obtention d'une texture, etc. Cependant, il est difficile de connaître les performances de ces souches starters car la plupart des études sont faites sur des milieux modèles et non sur milieux alimentaires.

Les bactéries choisies (les ferments) se multiplient et convertissent les hydrates de carbones ajoutés (les sucres) en acide lactique. L'acide lactique ainsi obtenu ralentit la croissance de certaines bactéries non désirables et participe à la saveur et à la texture du produit. Le pH final des produits dépend de la quantité de sucre ajoutée à la formulation et du type de sucre utilisé.

Les sucres simples comme le dextrose sont plus facilement fermentescibles que les disaccharides et les sucres complexes. La fermentation peut se faire à partir de la flore naturelle de la viande ou par l'ajout de cultures commerciales.

Les doses généralement utilisées sont de l'ordre de  $10^6 - 10^7$  germes par gramme mais peuvent varier suivant la qualité des produits (riches en sucre ou non, qualité des sucres) et de leur dimensions (petites ou grosses pièces).

Les qualités demandées aux souches de ferments sont :

- d'être capable de transformer l'aliment en un nouvel aliment différent du premier ;
- de permettre une bonne conservation de l'aliment par acidification ou par production de bactériocine.

Montel *et al.* (1998) ont permis de conclure que l'aptitude à produire des acides aminés ou à produire des esters est important dans le choix des ferments. Cependant, cet aspect n'a pas encore été bien considéré.

Les ferments utilisés sont différents selon les pays. Aux États-Unis, les ferments pour la fabrication des saucisses sont essentiellement des *Pediococcus acidilactici* et des *Pentosaceus* tandis qu'en Europe, il s'agit plutôt de mélanges de *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus* et *Lactobacillus plantarum*.

En 1993, une étude a été menée sur des fermentations de viandes industrielles en Allemagne, en Espagne et en Italie. Dans les trois pays, il a été montré que lors de l'addition de *Lactobacillus* ou de *Pediococcus* il n'y avait pas de bon développement : ceux-ci étaient présents en faible quantité et disparaissent dans les 48h. En ce qui

concerne les *Staphylococcus* à coagulase -, ils ont un bon développement et deviennent prédominants pendant toute la fermentation. Dans le cadre de cette étude, la flore naturelle prédominante était l'espèce *Lactobacillus curvatus* ou *Lactobacillus sakei* qu'il est encore rare d'utiliser comme starter et qui pourtant présente une meilleure adaptation que les souches de *Lactococci* (Marchesini *et al.*, 1993).

Il a été démontré en 1993 que les saucissons ensemencés par *Pediococcus pentosaceus* sont plus riches en acide glutamique, leucine et phénylalanine que ceux inoculés par *Pediococcus acidilactici* seul ou en association avec *Kocuria varians* (ex *Micrococcus varians*) qui contiennent plus d'isoleucine et de valine. L'utilisation de cultures bioprotectrices et de leurs métabolites pourrait aider à retarder le développement des bactéries lactiques productrices de limon sur du porc cuit au-delà de la durée de vie (Aymerich *et al.*, 2002).

L'utilisation de starters de culture producteurs de bactériocines pour la fermentation des saucisses crues peut contribuer à plus de produits uniformes et sûrs. Toutefois, l'activité des bactériocines dans une matrice viandes est plus faible que celle attendue. Ceci est principalement dû au problème d'environnement spécifique aux produits alimentaires, le sel par exemple qui diminue l'activité de l'eau ( $a_w$ ). La présence de concentration de sel élevée dans les saucissons crus peut être un des facteurs prédominants sur la réduction de l'efficacité des cultures starters productrices de bactériocines ou des cocultures. (Leroy *et al.*, 1999)

L'utilisation de souches non traditionnelles a fait l'objet de quelques études :

- L'étude en 2000, de cultures starters avec deux souches «d'origine non viande» *Enterococcus faecium* CCM 4231 et *Enterococcus faecium* RZSC13 a permis de montrer que la production de bactériocine est inactive contre les autres bactéries lactiques mais active contre *Listeria* spp. lors de son utilisation dans les saucisses fermentées espagnoles (Callewaert *et al.*, 2000) ;

# Les bactéries lactiques dans le milieu des viandes et produits carnés.

## 2<sup>e</sup> partie : aspects technologiques

- En 2002, Pidcock *et al.* ont utilisé des starters non traditionnels d'origine humaine ou laitière pour la fabrication du salami hongrois. Il a été montré que dans le cas du salami, l'effet de cultures starters d'origine non traditionnelle durant la fermentation du salami, *Lactobacillus acidophilus* LAFTI™L10 (lait), *Lactobacillus paracasei* LAFTI™L26 (humain), *Lactobacillus paracasei* 5119 (lait), *Lactobacillus* sp.L24 (humain) et *Bifidobacterium lactis* LAFTI™B94 (humain), a réduit la teneur en *Escherichia coli* O111 de plus de 2,5 log alors que dix des cultures des starters d'origine non traditionnelle ont réduit *Listeria monocytogenes* de maximum 2,5 log. Le starter de viande commercial seul réduit *Escherichia coli* de 1,2 log et *Listeria monocytogenes* de 1,3 log alors que l'utilisation de souches traditionnelles réduisait *Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes* de 1,2 et 1,3 unité log respectivement (Pidcock *et al.*, 2002).

### EFFET D'INGRÉDIENTS ET ADDITIFS

#### Présence de sucres

L'intérêt des bactéries lactiques réside dans leur capacité à fermenter rapidement les sucres en acide lactique et autres acides organiques. Les bactéries lactiques transportent et accumulent les glucides soit sous forme de radicaux libres soit sous forme de dérivés phosphorylés.

Dans l'étude d'Aymerich *et al.* (2002) sur modèle de viande de porc cuite avec différents carbohydrates, conditionnée sous vide et MA (atmosphère modifiée) (80% N<sub>2</sub> et 20% CO<sub>2</sub>) et stockée 21 jours à +4°C et +8°C, on conclut qu'il n'est pas conseillé d'utiliser le saccharose dans la formulation du porc cuit car en tant que source de carbone pour souches de bactéries lactiques la production de limon est inévitable. En effet, à 4 et 8°C, la valeur de pH diminue significativement entre le début et la fin de l'expérience (6,35 à 5,95). À partir de +8°C, cette valeur sur des produits avec souches productrices de limon était significativement plus basse dans le lot avec glucose (5,41) et maltodextrine (5,40) que

dans celui avec l'amidon (6,13) et le lactose (6,14). Le pH des lots témoins était de 5,53 avec glucose et 6,10 avec amidon.

Une étude conduite à l'INRA de Theix a montré que la croissance de *Carnobacterium piscicola* était meilleure en présence de glucose dans le milieu mais la concentration en glucose aux teneurs étudiées n'avait pas d'influence. De plus, le métabolite produit était plus élevé avec un maximum de 1 et 2% de glucose (Larrouture-Thiveyrat *et al.*, 2003).

#### Présence de NaCl

Les études des dix dernières années se sont axées sur l'influence du chlorure de sodium sur l'activité des bactériocines.

En 1994, Gänzle *et al.* ont montré l'effet synergique entre NaCl et l'activité de la nisine et de la curvacine A contre *Escherichia coli* O157:H7. Cette dernière était 10 fois plus sensible à NaCl que la souche *Escherichia coli* LTH 1600 à valeurs de pH et de concentration en NaCl identiques. En ce qui concerne *Lactobacillus curvatus* et *Lactobacillus inocula*, l'activité des bactériocines curvacine A et sakacine P augmente avec l'addition de NaCl mais l'activité de la nisine n'a pas eu d'effet.

Quelques années plus tard, cette même équipe a démontré que l'effet des bactériocines, du pH et du sel sur les bactéries est réduit aux micro-organismes cibles Gram +. Il existerait une synergie entre le pH, NaCl et la sakacine P contre *Listeria ivanovii* et un effet inhibiteur avec le pH, NaCl et le nitrite sur le développement de *Listeria monocytogenes* indépendamment des effets de ces facteurs sur l'activité de la sakacine P contre cette souche (Gänzle *et al.*, 1996).

L'activité de la nisine, de la sakacine P et de la curvacine A contre *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes* étaient améliorées à bas pH et à des concentrations élevées de NaCl. Ces données sont contredites par Gänzle *et al.* (1999) pour l'effet de NaCl sur l'activité de la nisine contre

*Lactobacillus sakei* et *Listeria monocytogenes*. La différence est probablement due au choix des essais.

Leroy *et al.* (1999) ont utilisé un modèle mathématique pour comprendre comment NaCl et le nitrite de sodium interfèrent avec les cinétiques de production de bactériocines produites par *Lactobacillus sakei* CTC 494 pendant une fermentation *in vitro* de saucissons fermentés crus. Le développement des bactéries lactiques augmente quelquefois en présence d'une concentration faible en NaCl mais le développement est inhibé lorsque la concentration en NaCl est supérieure à 3%. Les bactéries lactiques les plus résistantes à NaCl étaient :

- les homofermentaires,
- les souches proches de *Lactobacillus sakei*.

La vitesse de croissance diminue linéairement avec l' $a_w$ . Le sel a un effet négatif sur la production de sakacine K par *Lactobacillus sakei* CTC 494, ce qui démontre l'effet rétenteur d'eau du sel en tant que facteur majeur responsable de la diminution de la production de bactériocines spécifiques. Le sel a un effet drastique sur le développement cellulaire et sur la production de bactériocine spécifique.

Hugas *et al.* (2002) ont montré que la présence de certains ingrédients dans la saucisse fait varier la production de sakacine K. Le chlorure de sodium mélangé avec du nitrate et du nitrite diminue la production totale de bactériocine contrairement au mélange NaCl et poivre qui, en stimulant le développement de la souche, n'affecte pas la production. De plus, le sel protège *Listeria monocytogenes* de l'action de la bactériocine. Cependant, la présence du poivre noir et du nitrite de sodium améliore l'activité de la sakacine K *in vitro* dans les saucisses en surpassant l'effet protecteur de NaCl et en inhibant davantage le développement de *Listeria monocytogenes*.

### **Présence de minéraux**

Il a été démontré qu'en présence de manganèse dans le milieu, *Staphylococcus xylosum* et

*Staphylococcus carnosus* inhibent fortement l'oxydation de l'acide linoléique et *Lactobacillus* inhibe l'oxydation de l'acide linoléique. Plus généralement, les bactéries lactiques n'ont aucun effet en absence de manganèse (Demeyer, 1999). De la même manière, une étude en 2002 a observé une inhibition plus importante sur le développement de *Listeria monocytogenes* lors de l'utilisation de manganèse comme ingrédient remplaçant le poivre noir avec du nitrite. Cette observation a permis de conclure qu'un des facteurs actifs du poivre est le manganèse (Hugas *et al.*, 2002).

### **EFFETS DES TRAITEMENTS THERMIQUES**

Des traitements de surface sur les viandes fraîches ont été réalisés pour augmenter leur durée de conservation sans changer leur apparence (Demeyer, 1999). Il a été prouvé une synergie entre un traitement thermique rapide, contrôlé et très localisé suivi d'un refroidissement et l'ajout d'acide organique comme décontaminant supplémentaire pour détruire les micro-organismes de surface.

Pour prévenir la formation de limon par *Leuconostoc carnosum* CTC 747 après 21 jours de stockage, l'équipe d'Aymerich *et al.* (2002) a estimé qu'un traitement de 65°C pendant 30 min était suffisant tandis que pour *Lactobacillus sakei* CTC746, le temps de traitement nécessaire est plus long à la même température à savoir 60 min.

### **EFFET DU CONDITIONNEMENT**

#### **Conditionnement sous vide**

Le conditionnement sous vide a pour objectif de limiter la croissance des bactéries qui sont à l'origine de la putréfaction, de l'oxydation des graisses et des altérations de la couleur.

Le développement des bactéries lactiques sous vide semble plus prolifique sur les produits dans l'ordre suivant : jambon > filet de dinde bouillie > longe de porc fumée > mortadelle > bacon > francfort (Samelis *et al.*, 2000a).

# Les bactéries lactiques dans le milieu des viandes et produits carnés. 2<sup>e</sup> partie : aspects technologiques

Cependant, Babji *et al.* (2000) ont montré que pendant le stockage en conditionnement sous vide de viande de chèvre tranchée, la teneur en bactéries lactiques dans l'échantillon inoculé a chuté et une flore lactique spontanée s'est développée.

## **Conditionnement sous atmosphère modifiée**

Afin de remédier à quelques désavantages liés au conditionnement sous vide et à certaines méthodes d'emballage où la viande entre en contact avec l'atmosphère, des recherches ont été entreprises pour trouver des méthodes qui font usage d'un mélange de gaz de composition spéciale.

Les effets du conditionnement sous atmosphère dépendent de la matière première utilisée.

### • Bœuf :

Les bactéries lactiques sont généralement en faible quantité dans le bœuf. Pendant le stockage (5 et 15°C) sous conditionnement à l'air et sous mélange 40% CO<sub>2</sub> / 30% N<sub>2</sub> / 30% O<sub>2</sub>, et en présence d'origan, les bactéries lactiques se développent et la quantité finale est égale à celle des autres souches à la fin du stockage. Avec 100% de CO<sub>2</sub>, il y a prévalence des autres souches (Panagiotis *et al.*, 2002).

### • Porc :

Dans le cas de l'utilisation du CO<sub>2</sub>, seule une partie dissoute est active dans l'inhibition des micro-organismes. Dans le cas de l'étude sur milieu liquide de simulation pour produits de viande cuite, le développement de *Lactobacillus sakei* était significativement plus élevé dans le milieu MRS (milieu enrichi en glucose) modifié que dans le jambon cuit. Dans le milieu BHI (bouillon, cœur, cervelle) modifié/jambon cuit, il n'y avait pas de différences. Il a été mis en évidence une relation linéaire entre le développement de la teneur en *Lactobacillus sakei* et CO<sub>2</sub> dissous. Le CO<sub>2</sub> a un effet non significatif sur la phase de latence. Une interaction significative entre la température et le CO<sub>2</sub> dissous a un effet sur le développement de *Lactobacillus sakei* (Devlieghere *et al.*, 1998).

En 2002, une étude sur le saucisson cuit espagnol dans le cas d'une combinaison entre des atmosphères modifiées (50%CO<sub>2</sub> / 50%N<sub>2</sub> ou 100% CO<sub>2</sub>) et l'utilisation de *Lactobacillus sakei* 2a montre que le pH diminue (initial 6,1 ; 5,7 après 14 jours de stockage réfrigéré et 5,4 en fin de durée de vie). L'atmosphère modifiée n'affecte pas le développement de la souche *Lactobacillus sakei* 2a dans les produits réfrigérés ; par contre le type d'atmosphère modifiée affecte le développement de *Listeria monocytogenes*. Dans le cas de l'utilisation de 100% CO<sub>2</sub>, *Listeria monocytogenes* est complètement inhibée.

### • Volaille :

Une étude récente a montré que dans le filet de dinde bouilli, cuit et salé, la moyenne de durée de vie était de 1 à 2 semaines à 4 et 10°C. À la fin de cette période, la population bactérienne était essentiellement représentée par les bactéries lactiques. Les facteurs couleur, perte d'eau, limonage, développement d'odeur aigre n'étaient pas corrélés au pH mais étaient observés lorsque ce dernier était supérieur à 5,5 (Pexara *et al.*, 2002).

## **CONCLUSION**

Le monde des bactéries lactiques est constitué d'une diversité d'espèces et de souches ayant soit des effets nuisibles (altérations), soit des effets bénéfiques, et donc recherchés, sur les produits carnés. Ces effets sont dépendants non seulement des souches bactériennes mais aussi des procédés technologiques utilisés.

Les travaux de recherche actuels permettent d'améliorer les connaissances sur le métabolisme de ces différentes espèces et souches et sur leur physiologie et, par voie de conséquence, sur la maîtrise des procédés de fabrication. Ces recherches sont essentielles pour aboutir à des produits carnés fermentés de meilleures qualités organoleptique, fonctionnelle et hygiénique.



Par ailleurs, les travaux sur l'emploi de souches de bactéries lactiques sélectionnées pour leur potentiel bactériostatique ou bactéricide (production de bactériocines, potentiel d'acidification...) dans les produits de charcuterie, fermentés ou non, montrent des voies tout à fait prometteuses pour augmenter la sécurité des produits.

## BIBLIOGRAPHIE

- Demeyer D. (1999). Contrôle de la flaveur et de l'innocuité des produits carnés fermentés. *Programme européen FAIR* : <http://www.inra.fr/Internet/Unites/CRIAA/flair-flow/fiches/1999/320.htm>.
- Aymerich M.T., Garriga M., Costa S., Monfort J.M., Hugas M. (2002). Prevention of ropiness in cooked pork by bacteriocinogenic cultures. *International dairy journal*, vol. 12, p. 239-246.
- Babji Y., Murthy T.R.K. (2000). Effect of inoculation of mesophilic lactic acid bacteria on microbial and sensory changes of minced goat meat during storage under vacuum and subsequent aerobic storage. *Meat science*, vol. 54, n° 2, p. 197-202.
- Bredholt S., Nesbakkn T., Holck A. (2001). Industrial application of an antilisteria strain of *Lactobacillus sakei* as a protective culture and its effect on the sensory acceptability of cooked, sliced, vacuum-packaged meats. *International journal of food microbiology*, 66, p. 191-196.
- Callewaert R., Hugas M., De Vuyst L. (2000). Competitiveness and bacteriocin production of *Enterococci* in the production of Spanish-style dry fermented sausages. *International journal of food microbiology*, 57, p. 33-42.
- Devlieghere F., Debevere J., Van Impe J. (1998). Effect of dissolved carbon dioxide and temperature on the growth of *Lactobacillus sakei* in modified atmospheres. *International journal of food microbiology*, 41, p. 213-238.
- Evans J. (1999). Décontamination de la viande et des produits carnés. *Programme européen FAIR* : <http://www.inra.fr/Internet/Unites/CRIAA/flair-flow/fiches/1999/321.htm>.
- Gänzle M., Hertel C., Hammes W.P. (1996). Die antimikrobielle Wirkung von Bakteriozinbildenden Kulturen in Fleischwaren. *Fleischwirtschaft*, 76, p. 409-412.
- Gänzle M., Weber S., Hammes W.P. (1999). Effect of ecological factors on the inhibitory spectrum and activity of bacteriocins. *International journal of food microbiology*, 46, p. 207-217.
- Garry P., Le Guern L. (1999). Les bactéries lactiques. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, vol. 9, n° 6, p. 423-429.
- Hugas M., Garriga M., Pascual M., Aymerich M.T., Monfort J.M. (2002). Enhancement of sakacin K activity against *Listeria monocytogenes* with pepper or manganese as ingredients. *Food microbiology*, 19, p. 519-528.
- Korkeala H., Makela P. (1989). Characterization of lactic acid bacteria isolated from vacuum-packed cooked ring sausages. *International journal of food microbiology*, 9 (1), p. 33-43.
- Larrouture-Thiveyrat C., Montel M.C. (2003). Effects of environmental factors on leucine catabolism by *Carnobacterium piscicola*. *International journal of food microbiology*, 81, p. 177-184.
- Leroy F., De Vuyst L. (1999). The presence of salt and a curing agent reduces bacteriocin production by *Lactobacillus sakei* CTC 494, a potential starter culture for sausage fermentation. *Applied environmental microbiology*, 65, p. 5350-5356.
- Leroy F., Veluyten J., Messens W., De Vuyst L. (2002). Modelling contributes to the understanding of the different behaviour of bacteriocin-producing strains in a meat environment. *International dairy journal*, 12, p. 247-253.
- Liserre A.M., Landgraf M., Destro M.T., Franco B.D.G.M. (2002). Inhibition of *Listeria monocytogenes* by a bacteriocinogenic *Lactobacillus sakei* strain in modified atmosphere-packaged Brazilian sausage. *Meat science*, vol. 61, n° 4, p. 449-455.
- Marchesini B., Gaier W., Moreton R. (1993). Starter cultures for fermented meat products-Do they work ? *Nestlé research Centre*.

# Les bactéries lactiques dans le milieu des viandes et produits carnés. 2<sup>e</sup> partie : aspects technologiques

- Metaxopoulos J., Mataragas M., Dronisos E.H. (2002). Microbial interaction in cooked cured meat products under vacuum or modified atmosphere at 4°C. *Journal of applied microbiology*, vol. 93, n° 3, p. 363.
- Montel C., Masson F., Talon R. (1998). Bacterial role in flavour development. *Meat science*, vol 49, n° supplément 1, p. S111-S123.
- Novel G. (1993). Microorganismes industriels : les microorganismes d'intérêt industriel. *Lavoisier Tec & Doc*, p. 170-192 et p. 307-323.
- Panagiotis N. Skandamis G.J., Nychas E. (2002). Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International journal of food microbiology*, 79, 1-2, p. 35-45.
- Papamanoli E., Tzanetakis N., Litopoulos E., Kotzekidou P. (2003). Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dry-fermented sausage in respect of their technological and probiotic properties. *Meat science*. Article sous presse.
- Pexara E.S., Metaxopoulos J., Dronisos E.H. (2002). Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausage- 'piroski'- stored under vacuum and modified atmospheres at +4°C and +10°C. *Meat science*, vol. 62, n°1, p. 33-43.
- Pidcock K., Heard G.M., Henriksson A. (2002). Application of nontraditional meat starter cultures in production of Hungarian salami. *International journal of food microbiology*, 76, p. 75-81.
- Pierson M.D., Guan Y.T., Holly A. (2003a). Aerococci and carnobacteria cause discoloration in cooked cured bologna. *Food microbiology*, 20, p. 149-158.
- Pierson M.D., Guan Y.T., Holly A. (2003b). Thermal resistances and lactate and diacetate sensitivities of bacteria causing bologna discoloration. *International journal of food microbiology*, 75, p. 1-8.
- Samelis J., Kakouri A., Rementzis J. (2000a). Selective effect of the product type and the packaging conditions on the species of lactic acid bacteria dominated the spoilage microbial association of cooked meats at 4°C. *Food microbiology*, 17, p. 329-340.
- Samelis J., Kakouri A., Rementzis J. (2000b). The spoilage microflora of cured, cooked turkey breast prepared commercially with or without smoking. *International journal of food microbiology*, 56, p. 133-143.
- Samelis J., Kakouri A., Georgiadou X., Metaxopoulos J. (1998). Evaluation of the extent and type of bacterial contamination at different stages of processing of cooked jam. *Journal of applied microbiology*, vol. 84, n° 4, p. 649.