

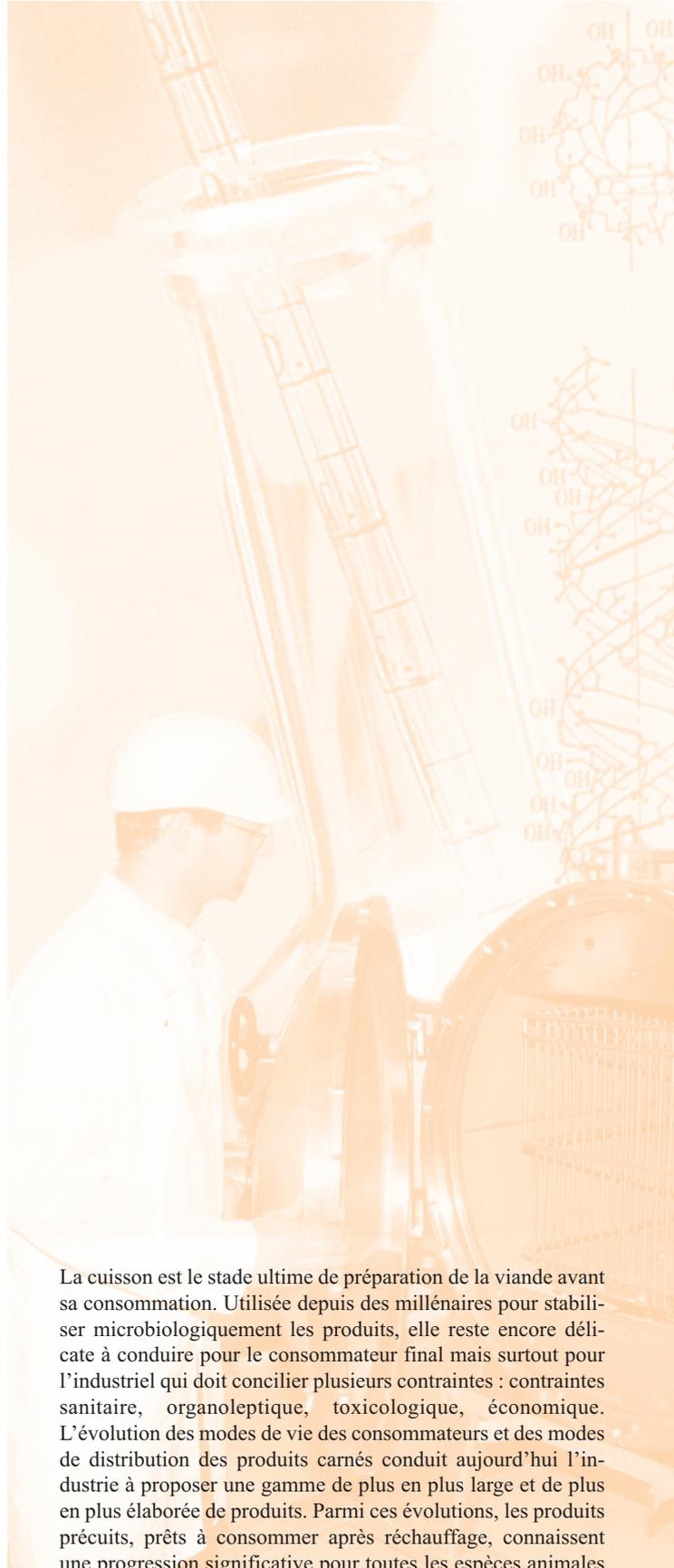
Cuisson industrielle des viandes

## Mécanismes et contraintes

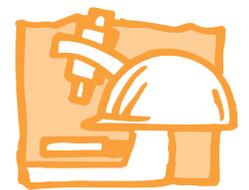
**La cuisson est une opération encore délicate dont il est essentiel de comprendre les mécanismes pour garantir au consommateur un produit sain et agréable à consommer. Cet article fait un état des lieux des connaissances disponibles et manquantes pour optimiser le pilotage de la cuisson.**

PICGIRARD L.

Adiv, 10 rue Jacqueline Auriol, ZAC des Gravanches,  
63039 Clermont-Ferrand Cedex 2



La cuisson est le stade ultime de préparation de la viande avant sa consommation. Utilisée depuis des millénaires pour stabiliser microbiologiquement les produits, elle reste encore délicate à conduire pour le consommateur final mais surtout pour l'industriel qui doit concilier plusieurs contraintes : contraintes sanitaires, organoleptiques, toxicologiques, économiques. L'évolution des modes de vie des consommateurs et des modes de distribution des produits carnés conduit aujourd'hui l'industrie à proposer une gamme de plus en plus large et de plus en plus élaborée de produits. Parmi ces évolutions, les produits précuits, prêts à consommer après réchauffage, connaissent une progression significative pour toutes les espèces animales valorisées. Ces mutations nécessitent plus que jamais de maîtriser la technologie de cuisson et de trouver les meilleurs compromis nécessaires à la satisfaction des multiples contraintes afférentes.



## LES COMPROMIS DE LA CUISSON

La cuisson des viandes doit permettre de garantir plusieurs qualités au consommateur :

- qualité microbiologique par la destruction des germes naturellement présents sous l'effet de la chaleur à partir d'une température de 55 °C ;
- qualité organoleptique, par le développement de composés aromatiques, d'une couleur attractive et surtout par l'optimisation de la jutosité et de la tendreté du produit. La texture est d'ailleurs le critère le plus sensible à maîtriser puisqu'il nécessite d'adapter parfaitement la technique et le barème de cuisson à la nature de la matière première utilisée. Une mauvaise conduite de la cuisson pourra ainsi avoir des effets très rédhibitoires ;
- qualité nutritionnelle et toxicologique en limitant la destruction ou les pertes en micronutriments d'intérêts tels que les vitamines, les minéraux, les acides gras poly-saturés et en évitant la formation de composés néoformés dangereux pour la santé tels que les acrylamides et les amines hétérocycliques. Si ces qualités étaient jusqu'alors peu prises en considération, elles deviennent aujourd'hui des préoccupations essentielles puisque la viande et les produits carnés souffrent d'une mauvaise image nutritionnelle et sont de plus en plus mis en cause dans la manifestation de cancers colorectaux.

Enfin, la cuisson doit répondre, pour l'industriel, à des impératifs économiques. Elle doit lui permettre d'améliorer la valorisation de ses matières premières et l'équilibre de ses approvisionnements. La maîtrise des rendements cuisson est essentielle pour optimiser les prix de revient de ses productions. Enfin, l'industriel doit être capable de proposer au consommateur des productions cuites régulières d'une fabrication à une autre mais aussi au sein d'une même fabrication.

Il est souvent difficile de trouver le meilleur compromis qui permette de garantir l'ensemble des qualités énoncées ci-dessus. Ainsi, si un traitement thermique poussé est bénéfique à la qualité sanitaire des produits, il peut corrompre leur texture et ainsi aboutir à des produits durs et

secs. Par exemple, depuis les crises d'intoxication alimentaires avec des steaks hachés contaminés en *E.Coli* 0157 : H7, le Syndicat National de la Restauration Collective (SNRC) demande aux industriels un approvisionnement en steaks hachés cuits à 65 °C à cœur. Or, à cette température, les steaks ont des caractéristiques organoleptiques qui ne correspondent pas à nos modes de consommation habituels. Le produit est cuit à cœur. Il n'est plus saignant. Il devient dur et trop sec.

## CUISSON ET DESTRUCTION MICROBIENNE

La première des priorités à laquelle doit répondre la cuisson est la stabilisation microbiologique du produit. À ce titre, deux types de traitement sont pratiqués sur les produits carnés : la pasteurisation effectuée à température inférieure à 100 °C, qui permet la destruction des formes végétatives des bactéries, et l'appertisation, traitement thermique effectué à température supérieure à 100 °C, nécessaire à la destruction des bactéries capables de sporuler telles que *Clostridium botulinum*, dans un récipient étanche aux gaz, liquides et micro-organismes.

Dans le premier cas, le produit pasteurisé ne sera stable que sous le régime de la réfrigération, durant une période, la DLC (date limite de consommation) dont la durée dépendra de l'intensité du traitement thermique appliqué, des caractéristiques physico-chimiques du produit (pH, aW), de la contamination initiale de la matière première et des manipulations effectuées sur le produit après sa cuisson, si celui-ci n'est pas cuit et/ou conservé dans son emballage de cuisson.

Dans le second cas, le produit cuit aura une DLUO (date limite d'utilisation optimale) et devra être stable à température ambiante. L'intensité du traitement thermique devra être suffisante pour assurer la stabilité du produit. Il dépendra, malgré tout, de la contamination initiale de celui-ci et de ses caractéristiques physico-chimiques.

L'intensité des traitements de pasteurisation et de stérilisation est quantifiée respectivement par la Valeur pasteurisatrice ( $V_p$ ) et la Valeur stérilisatrice ( $F_o$ ). Dans les deux cas, ces valeurs permettent de comparer l'efficacité de différents barèmes de cuisson vis-à-vis de la destruction de

germes de référence. Pour la pasteurisation, le germe de référence est *Enterococcus faecalis* ou Streptocoque D dont le temps de réduction décimal à 70 °C est de 2,95 min environ (Martin, 1984). Pour la stérilisation, il s'agit de *Clostridium botulinum* dont le temps de réduction décimal à 121,1 °C est de 0,25 min. Un traitement de pasteurisation ou de stérilisation est considéré comme efficace s'il permet a minima de réduire la population du germe de référence de 12 réductions décimales. En d'autres termes et en théorie, une pasteurisation est jugée comme efficace si elle conduit à une  $V_p$  minimale de 36 min et une stérilisation si la  $F_o$  est supérieure ou égale à 3 min. Les cinétiques de destruction microbienne sont généralement considérées comme des cinétiques du premier ordre. Le logarithme de la population diminue donc linéairement avec le temps. La valeur pasteurisatrice d'un produit sera donc d'autant plus importante que la durée de cuisson sera longue, et bien sûr que la température sera plus élevée.

Cependant, l'expérience industrielle des fabrications montre qu'il peut subsister, après des traitements de pasteurisation assez importants, ( $V_p$  proches de 80 min), des reliquats de population bactérienne malgré des populations initiales faibles avant cuisson.

Ces constats remettent en question les modèles exclusivement logarithmiques de destruction microbienne mais aussi le choix du germe de référence *Enterococcus faecalis*. De plus, les modes de calcul de la valeur pasteurisatrice ne prennent pas en compte les éventuelles croissances bactériennes qui peuvent se manifester dans des plages de température intermédiaires durant les phases de montée en température des produits avant cuisson ou de refroidissement après cuisson, notamment lorsque ceux-ci sont volumineux tels que des jambons cuits.

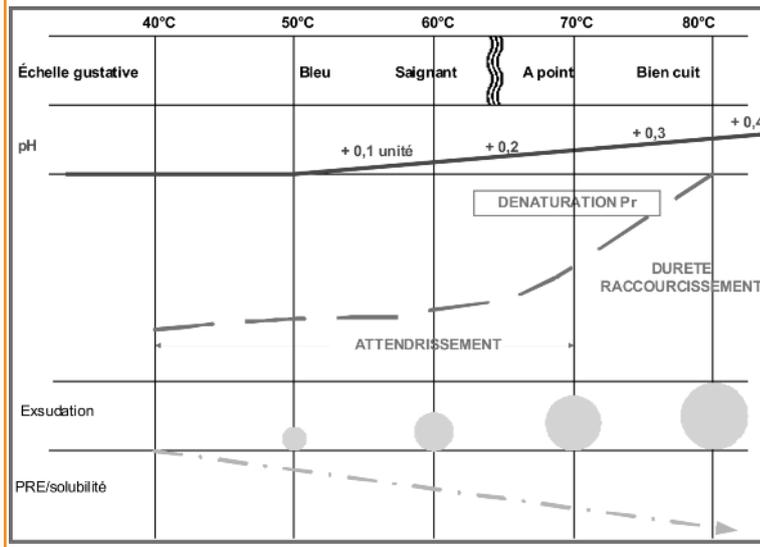
## MODIFICATIONS SUBIES PAR LA VIANDE AU COURS DE SA CUISSON

La cuisson de la viande induit de nombreuses modifications qui sont résumées dans la figure 1.

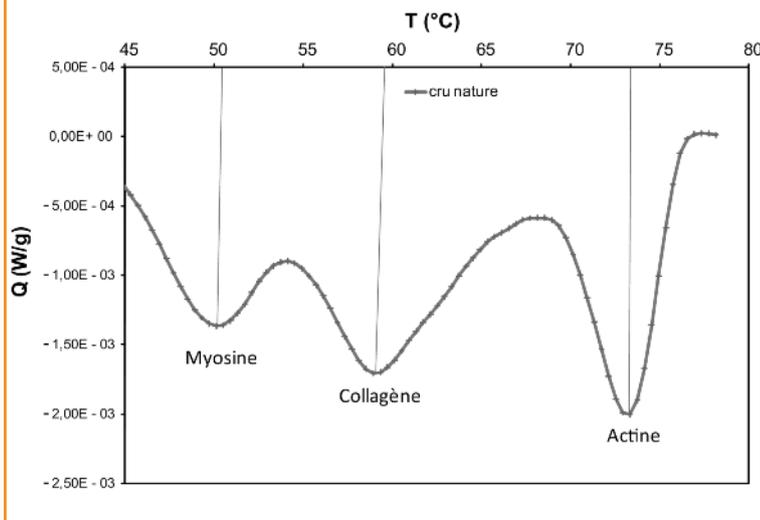
Elle induit une dénaturation des protéines de la viande qu'il s'agisse des protéines sarcoplasmiques et en particulier de la myoglobine, des protéines myofibrillaires ou des



**Figure 1**  
**MODIFICATIONS SUBIES PAR LA VIANDE**  
**DURANT SA CUISSON**



**Figure 2**  
**DÉNATURATION DES PROTÉINES**  
**AU COURS DE LA CUISSON DE LA VIANDE (Adiv, 2009)**



protéines conjonctives. En fonction des protéines touchées, les modifications induites sur la viande sont différentes. La dénaturation de la myoglobine conduit à un assombrissement de la couleur. Dans une gamme de température comprise entre 50 °C et 80 °C, la viande passe ainsi d'un état bleu à un état bien cuit.

Au cours de la cuisson, les protéines myofibrillaires qui naturellement permettent la rétention d'eau dans le muscle, coagulent et perdent de leur solubilité. Le pouvoir de rétention d'eau de la viande diminue, la viande perd du jus dans lequel on retrouve des minéraux, des vitamines, des lipides, des peptides et des acides aminés, et surtout de l'eau. Cette

perte en eau peut être accrue par une déshydratation du produit si celui-ci est cuit dans une atmosphère sèche sans conditionnement.

La dénaturation des protéines sarcoplasmiques, myofibrillaires et conjonctives conduit à la formation de petits composés d'origine protéique (acides aminés libres, peptides,...), ce qui se traduit par une élévation du pH. Enfin, cette dénaturation et notamment celle du collagène induit un raccourcissement des fibres musculaires.

L'ensemble de ces modifications détermine l'évolution de la texture de la viande et la compréhension de ces modifications permet d'adapter la technique de cuisson et le barème du

traitement thermique à la qualité de la matière première utilisée pour aboutir à un résultat optimum, c'est-à-dire un produit cuit, tendre et juteux.

### ÉVOLUTION DES PROTÉINES AU COURS DE LA CUISSON

La viande maigre contient en majorité deux types de protéines :

- les protéines myofibrillaires et en particulier l'actine et la myosine, protéines nobles responsables de la rétention d'eau dans le muscle ;
- le collagène, protéine très dure, peu fonctionnelle qui représente 80 % des protéines de structure.

Ces trois groupes myosine, collagène et actine se dénaturent sous l'effet d'un traitement thermique dans des plages de température spécifiques. Ainsi, la dénaturation de la myosine débute à partir de 48 °C avec un maximum de dénaturation à 52 °C.

Le collagène commence à se dénaturer à partir de 55 °C et cette dénaturation s'accélère quand la température de cuisson augmente. Cette dénaturation se manifeste tout d'abord par un raccourcissement des fibres de collagène responsables du rétrécissement global des fibres musculaires et de la déformation du morceau de viande. En fonction de la teneur en collagène des muscles et de leur degré de réticulation, les fibres de collagène peuvent se raccourcir jusqu'à 50 % de leur longueur initiale, ce qui conduit à un durcissement important des fibres de collagène et qui accélère l'expulsion du jus libéré par la dénaturation des protéines myofibrillaires. Les fibres de collagène peuvent cependant se gélatiniser et s'assouplir grâce à l'eau présente dans le milieu de cuisson et à celle contenue dans le morceau de viande si celui-ci est cuit dans une ambiance humide. On retrouve ces conditions lorsque la viande est cuite soit en bouillon, soit sous vide, soit en présence de vapeur.

Enfin, l'actine, protéine myofibrillaire majeure des muscles, coagule à partir de 68 °C et est complètement dénaturée au-delà de 80 °C.

Les températures de dénaturation des différentes familles de protéines peuvent être mesurées par analyse enthalpique différentielle (AED). La figure 2 est l'exemple d'un spectre d'AED effectué sur un échantillon de rond de gîte cru.

## IMPACT DE LA CUISSON SUR LA TEXTURE DES VIANDES ET LES PERTES EN JUS

Compte tenu des mécanismes de dénaturation thermique des protéines, la cuisson se traduit par une augmentation de la dureté myofibrillaire due à la dénaturation de la myosine et de l'actine et une diminution de la dureté collagénique dans la mesure où le milieu de cuisson contient suffisamment d'eau pour permettre la gélatinisation du collagène : jus non évaporé de la viande, bouillon de cuisson, vapeur (figure 3).

La perception globale de la texture est donc la résultante du durcissement myofibrillaire et de l'attendrissage plus ou moins important du collagène (Culioli, 1994).

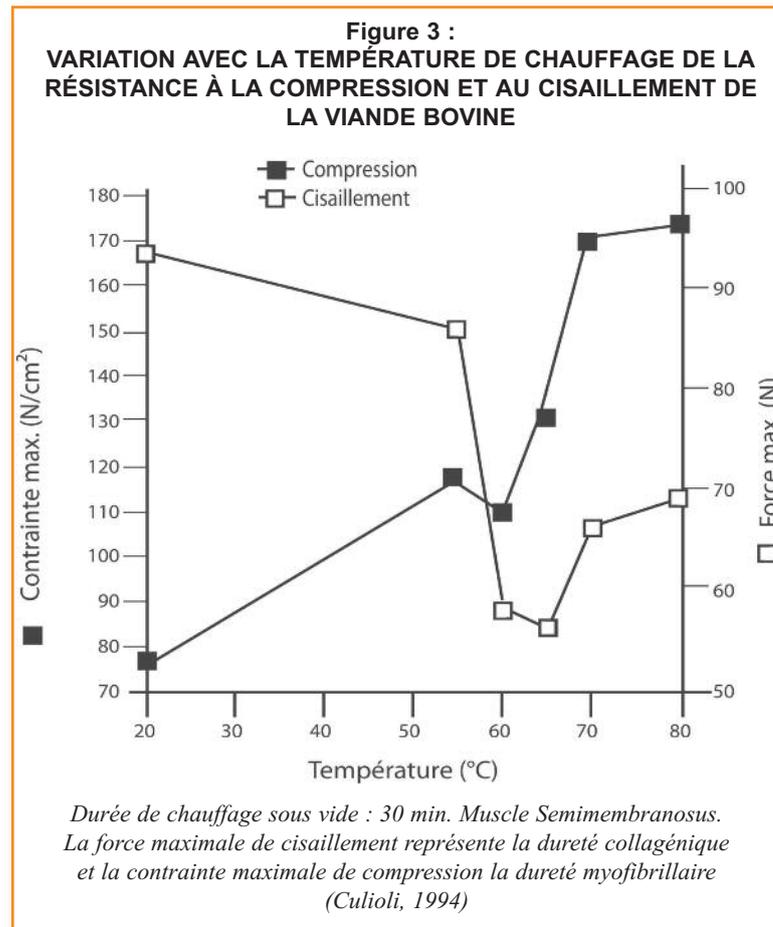
Malgré tout, cette perception sera également influencée par l'itinéraire technologique subi par le muscle avant cuisson : en particulier le niveau de maturation préalable des muscles, les traitements de saumurage (attendrissage, mécanique, injection, sabrage,...).

Si la dénaturation protéique impacte de manière déterminante la texture des viandes cuites, la jutosité en est également une composante essentielle. En effet, une viande sèche contenant peu d'eau sera perçue comme dure. La libération du jus obéit à un mécanisme en deux phases :

- une phase de déliaison de l'eau fixée par les protéines myofibrillaires à l'état natif sous l'effet du traitement thermique ;
- une phase d'expulsion du jus par la contraction du tissu endomysial du muscle et par écoulement sans contrainte entre les fibres musculaires. La gélatinisation du collagène au cours de laquelle la protéine absorbe de l'eau s'oppose de manière modérée à la perte en jus de la viande.

La température de cuisson a une action primordiale sur la première phase de la réaction alors que le temps de cuisson, la teneur du muscle en tissu conjonctif et le niveau de réticulation de celui-ci agissent plutôt sur la 2e phase du mécanisme.

Ainsi, un muscle de bœuf traité en salaison, sans apport de rétenteurs d'eau d'origine protéique, chimique



ou polysaccharidique, et cuit à 65 °C aura des pertes en jus proches de 30-35 % alors que celles du muscle de porc seraient proches de 10 % et celles d'un muscle de volaille de 3 à 5 %. La teneur et le degré de réticulation du collagène qu'elles contiennent ont un impact essentiel sur ces résultats.

Le couple temps/température de cuisson, la qualité et la quantité de collagène de la matière première ont ainsi une incidence conséquente sur les rendements de cuisson des produits. Ceux-ci varieront également de manière significative en fonction du pH initial des muscles, de la géométrie des produits et de la viscosité du jus qui pourra être modifiée par l'apport d'épaississants tels que les amidons, les hydrocolloïdes, la gélatine, etc.

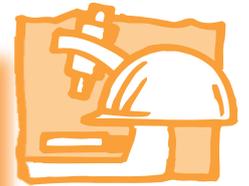
### BARÈMES DE CUISSON ET TEXTURE

L'impact de la cuisson sur la dénaturation protéique et la perte en jus des produits montrent que le choix du barème de cuisson est avant tout orienté par la quantité de collagène présent dans le muscle et son niveau de réticulation.

Le choix de la température de cuisson déterminera le niveau de dénaturation des protéines myofibrillaires et ainsi le niveau de durcissement de la viande et la quantité de jus pouvant être libérée. Le temps de cuisson déterminera la quantité de jus réelle qui s'écoulera du muscle. La gélatinisation du collagène sera influencée par les deux facteurs sous forme d'un couple temps/température dans la mesure où le milieu de cuisson contient de l'eau.

Ainsi, pour optimiser tout le potentiel de tendreté et de jutosité des viandes cuites, la température de cuisson devra être suffisamment basse (<75 °C) pour éviter la dénaturation de l'actine et suffisamment haute pour permettre la gélatinisation du collagène (>58 °C). Une fois la température de cuisson choisie, la durée de celle-ci sera définie par la quantité et le degré de réticulation du collagène. Les techniques de cuisson sous vide à basse température qui se sont largement développées dans l'industrie et la restauration obéissent à ces règles.

Malgré tout, si ces règles sont faciles à appliquer pour des produits cuits dans des ambiances de température basse, inférieures à 100 °C, elles res-



Science et  
Technique



tent complexes à appliquer dans le cadre de cuissons hétérogènes à haute température telles que le grillage, la friture ou le rôtissage. Les gradients de température très importants, observés pour un produit rôti ou grillé compliquent la prévision de l'évolution de la texture et de la perte en jus finale des produits traités.

L'un des objectifs des études en cours conduites sur la cuisson des viandes est d'essayer de modéliser l'évolution texturale des viandes cuites à haute température. Deux autres problématiques, tout aussi importantes, sont traitées en parallèle : l'évolution de la couleur de surface des produits en fonction du traitement thermique, caractéristique organoleptique essentielle recherchée pour un produit grillé, et les conditions de la formation de composés potentiellement dangereux pour la santé qui apparais-

sent, pour les cuissons conduites à températures élevées supérieures à 150 °C, tels que les acrylamides et les amines hétérocycliques.

### CONCLUSION

La compréhension des mécanismes physico-chimiques internes intervenant lors de la cuisson des viandes est essentielle à la maîtrise de cette opération délicate conduite à un stade industriel.

La cuisson de produits traités à température basse, inférieure à 100 °C, tels que les charcuteries cuites, peut être correctement pilotée compte tenu de l'état de connaissance pour aboutir à un résultat organoleptique visé. Il reste cependant à trouver des solutions technologiques pour améliorer la performance et notamment l'ho-

mogénéité des équipements de cuisson. De plus, les outils disponibles pour attester de l'efficacité « bactéricide » des traitements thermiques ne sont pas satisfaisants et doivent être perfectionnés pour intégrer les phénomènes de thermorésistance microbienne et les comportements microbiens pendant les phases de montée en température et de refroidissement.

Pour les cuissons conduites à température élevée, supérieure à 150 °C, les données scientifiques, techniques et les solutions technologiques sont insuffisantes pour garantir une maîtrise des qualités organoleptiques, toxicologiques et/ou nutritionnelles des viandes traitées dans ces conditions.

## B I B L I O G R A P H I E

- (1) **MARTIN JL., 1984.** Conduite des cuissons à l'aide des valeurs pasteurisatrices et cuisatrices. VPC 5 (3) – p.107-108.
- (2) **CULIOLI J., 1994.** Le chauffage de la viande : incidences sur la dénaturation des protéines et la texture. VPC 15 (5) – p.159-164.
- (3) **ADIV, 2009.** Optimisation du niveau de cuisson des viandes par analyse enthalpique différentielle. — Étude Interbev en cours.