

Influence de la température et du temps de cuisson sur la tendreté mécanique et la teneur en collagène de la viande de lapin

S. COMBES¹, J. LEPETIT², B. DARCHE¹, F. LEBAS¹

¹ INRA, Station de Recherches Cunicoles, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

² INRA, Station de Recherches sur la Viande, 63122 St-Genes Champanelle, France

Résumé - Ce travail a été entrepris afin d'étudier l'évolution de la tendreté mécanique du muscle *longissimus dorsi* (LD) de lapins âgés de 70 jours, mesurée par cisaillement de type Warner-Bratzler, en fonction de la température (50° à 90°C) et du temps (10 à 120 minutes) de cuisson. La teneur en collagène du muscle LD et sa solubilité ont été déterminées en parallèle. L'évolution de la contrainte maximum et du travail total nécessaire au cisaillement en fonction de la température de cuisson se découpe en 4 phases. Ces paramètres augmentent entre 20 et 50°C, chutent pour atteindre une valeur minimale à 60 - 65°C ($5,3 \pm 0,5$ N/cm² et 21 ± 3 mJ), puis ré-augmentent rapidement pour se stabiliser à une valeur maximale à partir de 80°C ($39,3 \pm 3,3$ N/cm² et 133 ± 23 mJ). La perte de jus à la cuisson augmente régulièrement avec la température de cuisson et atteint un maximum à 80°C ($31,3 \pm 0,8$ %). Lorsque les échantillons sont cuits à 80°C, les valeurs de la contrainte maximum et du travail total se stabilisent dès 40 minutes et 20 minutes de cuisson respectivement. La teneur totale en collagène n'est pas influencée par la température ou le temps de cuisson ($16,4 \pm 2,3$ mg/g de muscle sec). Dans le muscle LD cru, le pourcentage de collagène thermosoluble (détermination à 77°C) est de $75,3 \pm 8,1$ %.

Effect of cooking time and cooking temperature on tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. Effects of cooking temperature (50 to 90°C) and duration (10 to 120 minutes) on Warner Bratzler (WB) tenderness measurements of *longissimus dorsi* (LD) in 70-day-old rabbits were investigated. Total collagen content and solubility of LD were measured at the same time. Increasing cooking temperature revealed a four-phase effect on WB measurement. Stress and total energy increased between 20°C and 50°C. Afterwards, they dramatically decreased to a minimum observed at 60 - 65°C (5.3 ± 0.5 N/cm² and 21 ± 3 mJ, respectively) and increased again to reach a maximum at 80-90°C (39.3 ± 3.3 N/cm² and 133 ± 23 mJ, respectively). There was an 83 % increase in cooking loss between 50 and 80°C. At 80°C, stress and total energy values remained constant after 20 and 40 minutes respectively. Temperature or duration of cooking did not affect total collagen content (16.4 ± 2.3 mg/g of dried muscle). Collagen solubility at 77°C for 1 hour was high with a value of 75.3 ± 8.1 %.

Introduction

Le cisaillement de type Warner-Bratzler (WB) est une des techniques les plus utilisées pour évaluer la tendreté mécanique de la viande (Lepetit et Culioli, 1994). Chez le lapin, les travaux qui utilisent le cisaillement ont été réalisés sur viande crue (Cyril *et al.*, 1996; Lebas *et al.*, 2000) ou cuite (Holmes, 1984; Xiccato *et al.*, 1994; Cyril *et al.*, 1996; Combes *et al.*, 2000). Cependant les modes de cuisson, les températures et les temps de cuisson utilisés varient de façon considérable entre ces différents travaux, ce qui rend difficiles les comparaisons. Après avoir standardisé le mode de cuisson, nous avons entrepris de décrire l'évolution des caractéristiques mécaniques de la viande de lapin en fonction de la température et du temps de cuisson. Les pertes de jus à la cuisson ainsi que les teneurs en collagène ont été déterminées en parallèle.

◆ 1. Matériel et méthodes ◆

Un total de 30 lapins croisés (Hyplus x INRA 0067) a été abattu à un poids moyen de 2338 ± 77 g. Après 24 heures de ressuage, les deux muscles *longissimus*

dorsi (LD) de chaque râble ont été isolés, placés en sachet sous vide, puis congelés en attendant les analyses. Les échantillons ont été décongelés sous l'eau courante pendant 45 minutes.

La cuisson des LD a été réalisée selon la procédure décrite par Honikel (1998). Les LD, placés dans un sachet sous vide, ont été immergés dans un bain-marie maintenu à température constante. Afin de tester l'effet de la température de cuisson, les échantillons ont été cuits pendant 1 heure à 20, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 ou 90°C. L'effet du temps de cuisson a été testé à la température constante de 80°C ; les temps de cuisson retenus sont 10, 20, 40, 60, et 120 minutes. La température des bains-marie, ainsi que la montée en température des échantillons ont été suivies en utilisant un thermomètre à sonde de pénétration à thermistance (HI 762 PW, Hanna Instruments). Après cuisson, les échantillons ont été refroidis 20 min sous l'eau courante. La perte de jus à la cuisson a été mesurée par différence de poids avant et après cuisson.

Les tests de cisaillement ont été réalisés en utilisant une colonne de traction-compression munie d'un capteur de force (Mecmesin, model Versatest). La

lame d'une épaisseur de 3 mm présentait une encoche rectangulaire de 1 cm de large. La vitesse de déplacement a été de 100 mm/minute. Les LD cuits ont été découpés en parallépipède rectangle de 1 cm² de section et 2 cm de long. Les échantillons ont été cisailés perpendiculairement à l'axe des fibres musculaires. Les paramètres analysés ont été la contrainte maximum (N/cm² : rapport entre la force maximum et l'aire de section à savoir 1 cm²) et le travail total (mJ : aire sous la courbe).

Après cisaillement, les échantillons ont été lyophilisés puis leur concentration en hydroxyproline a été déterminée (Woessner, 1961). La teneur en collagène a été calculée en multipliant les concentrations d'hydroxyproline par un facteur de 7,14 (Etherington et Sims, 1981). La solubilité du collagène a été déterminée selon la méthode de solubilisation de Hill (1966). Cette méthode ayant pour principe une solubilisation à 77°C pendant 60 minutes, elle n'est valable que pour les échantillons n'ayant pas subi de cuisson préalable. Les données ont été traitées par analyse de variance (SAS, 1987) avec comparaison de moyennes (test de Student-Newman-Keuls).

◆2. Résultats◆

Les températures effectives des bains-marie sont présentées dans le tableau 1. Le poids moyen des LD avant cuisson était de 50,2 ± 4,3 g. La température de 80°C a été atteinte à cœur en 20 minutes. La température (P<0,001) et le temps (P<0,02) de cuisson influencent significativement la contrainte maximum et le travail total nécessaire au cisaillement. L'évolution de la contrainte maximum et du travail total en fonction de la température de cuisson présente une variation en 4 phases (figure 1). Ces paramètres augmentent entre 20 et 50°C (phase 1), chutent (phase 2) pour atteindre une valeur minimale entre 60 et 65°C. Après un accroissement rapide (phase 3) la contrainte maximale et le travail total se stabilisent à une valeur maximale à partir de 80°C (phase 4). Entre 60°C et 80°C, la contrainte maximum et le travail total augmentent de 86 et 84 % respectivement. Lorsque les échantillons sont cuits à 80°C, les valeurs de la contrainte maximum et du travail total semblent se stabiliser à partir de 40 minutes et 20 minutes de cuisson respectivement (figure 2).

Tableau 1 : Températures effectives des bains de cuisson (°C).

Température attendue	20	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Température moyenne	20,5	50,4	55,8	60,4	65,2	70,6	75,1	80,7	85,1	90,5
Ecart type	0,2	0,5	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,6

Figure 1 : Evolution de la contrainte maximum et du travail total en fonction de la température de cuisson pendant 1 h (n=4 LD par point)

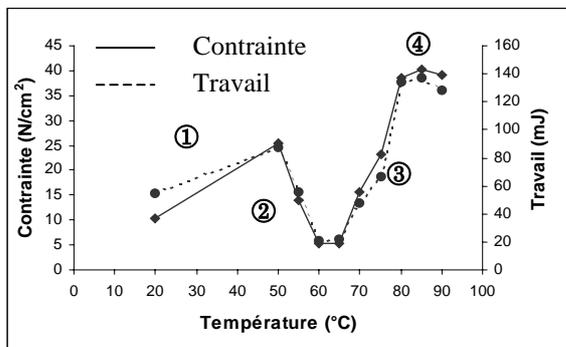


Figure 2 : Evolution de la contrainte maximum et du travail avec le temps de cuisson à 80 °C (n=4 LD par point)

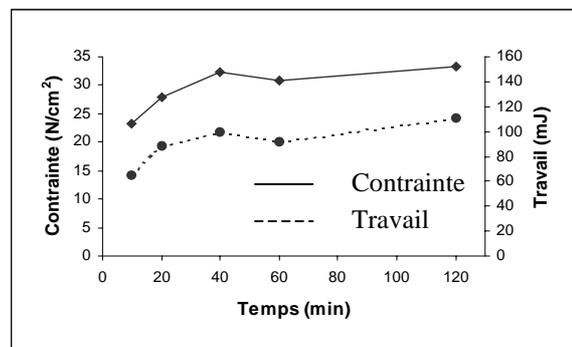


Figure 3 : Evolution de la perte de jus à la cuisson en fonction de la température de cuisson pendant 1 heure (n=4 LD par point)

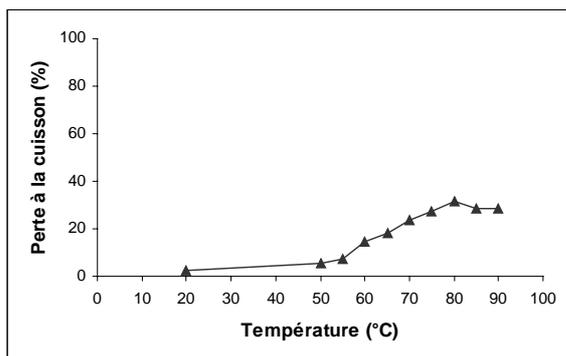
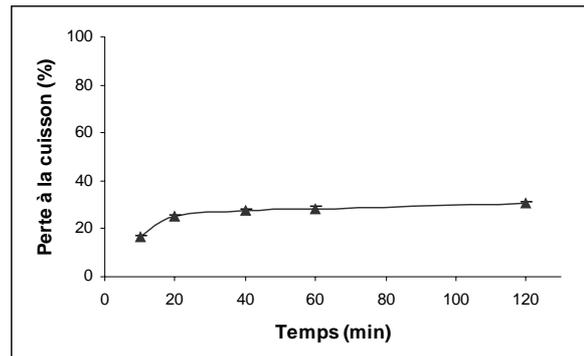


Figure 4 : Evolution de la perte de jus à la cuisson en fonction du temps de cuisson à 80°C (n=4 LD par point)



La perte de jus à la cuisson augmente régulièrement avec la température jusqu'à 80°C puis se stabilise (figure 3). A 80°C, la perte de jus à la cuisson est de $25,0 \pm 0,5$ % au cours des 20 premières minutes. Celle-ci n'augmente plus que de 5 % entre 20 et 120 minutes (figure 4).

La teneur totale en collagène n'est influencée ni par la température ni par le temps de cuisson ($16,4 \pm 2,3$ mg/g de muscle sec ; n = 60 LD). Le pourcentage de collagène thermosoluble du muscle LD (n = 4 LD) est de $75,3 \pm 8,1$ %.

◆ 3. Discussion ◆

Ce travail a été entrepris afin de guider le choix d'une méthode pour standardiser la cuisson préalable aux mesures de cisaillement de type WB. Il complète et conforte de précédents résultats obtenus en utilisant la technique de cisaillement sur muscle LD entier (Combes *et al.*, 2000). Les modes, les températures et les temps de cuisson varient de façon considérable entre les différents travaux publiés sur le lapin. Selon les différents auteurs, le muscle LD de lapin destiné au cisaillement a été cuit dans la friture pendant 2 minutes (Araving Reddy *et al.*, 1990), 15 à 30 minutes dans un four à chaleur sèche à 200°C (Bernardini Battaglini *et al.*, 1994; Castellini *et al.*, 1998; Castellini *et al.*, 1999), 2 à 4 minutes dans un micro-onde (Holmes, 1984; Pla *et al.*, 1998) ou enfin 8 minutes (Cyril *et al.*, 1996), 1 heure (Cauquil *et al.*, 2001) et 2 heures 30 (Xiccato *et al.*, 1994) dans un bain-marie maintenu à 80 ou 100°C. Dans notre étude le choix du bain-marie comme mode de cuisson s'explique par sa plus grande stabilité thermique dans le temps. En effet, selon Cyril *et al.* (1996), le coefficient de variation de la température d'un four à 200°C ou d'un bain d'huile à 175°C est de 5 %, tandis qu'il n'est que de 1 % pour un bain-marie.

La diminution de la contrainte maximum de cisaillement entre 50 et 60-65°C suivie d'une augmentation entre 65 et 80°C est en accord avec les observations réalisées chez les bovins (Bouton *et al.*, 1981; Harris et Shorthose, 1988). Cependant l'amplitude de variation entre 65 et 80°C semble plus importante chez le lapin (+86 % dans notre étude vs + 20 % chez les bovins ; Bouton *et al.*, 1981). Ainsi les valeurs de contrainte maximum et de travail total nécessaire au cisaillement sont 1,5 fois plus élevées entre 80 et 90°C qu'à 50°C. A 80°C, après 40 minutes de cuisson, une augmentation du temps de cuisson ne semble pas modifier les paramètres de cisaillement.

Différentes hypothèses ont été émises pour tenter d'expliquer la variation de la tendreté de la viande. La viande peut être assimilée à un système à 2 composantes : l'une myofibrillaire et l'autre conjonctive. L'évolution de la tendreté mécanique de la viande en fonction des conditions de cuisson résulte

donc de la contribution relative de ces deux composantes et de leur interaction.

Selon Bailey et Light (1989), l'augmentation de la contrainte maximum de cisaillement jusqu'à 50°C résulte de la dénaturation des protéines myofibrillaires qui forment un gel plus rigide que la viande crue. La dénaturation des fibres de collagène intervient entre 58 et 65°C. La diminution de 80 % de la contrainte maximum et du travail total nécessaire au cisaillement (phase 2) pourrait être reliée à la contraction et à la dénaturation du collagène. En effet, l'augmentation de la température entraîne un raccourcissement des fibres de collagène. Lorsque les fibres de collagène se raccourcissent, leur résistance diminue (Snowden *et al.*, 1977). L'augmentation de la contrainte et du travail total observée entre 65 et 80°C (phase 3) résulte vraisemblablement de l'interaction entre les composantes conjonctives et myofibrillaires. Dans la viande, la contraction du collagène est limitée par les myofibres qui de ce fait vont à leur tour moduler la résistance du collagène (Lepetit *et al.*, 2000). La compression des myofibres par le collagène augmente leur résistance. De plus la perte d'eau consécutive à la compression des myofibres par les fibres de collagène accroît la résistance myofibrillaire (Bailey and Light, 1989).

Exceptée l'étude de Gilka et Hornich (1975), ce travail est le premier à s'intéresser à la teneur en collagène total du muscle de lapin ainsi qu'à sa solubilité thermique. Les niveaux de collagène total chez le lapin âgé de 70 jours ($16,4 \pm 2,3$ mg/g) sont comparables à ceux obtenus chez le porc à 105 jours (LD : 17 mg/g ; Lebret *et al.*, 1998), chez le poulet de 52 jours (*pectoralis* : 20 mg/g ; Culioli *et al.*, 1990) ou chez le bovin de 18 mois (LD : 15 mg/g ; Light *et al.*, 1985). Par contre, la solubilité du collagène est nettement plus élevée chez le lapin ($75,3 \pm 8,1$ %) que dans les autres espèces (LD porc : 17 %, *pectoralis* poulet : 26 % et LD bovin : 19 %).

Conclusion

Ce travail a permis de montrer que la tendreté mécanique de la viande chez le lapin, mesurée par cisaillement de type WB, évolue fortement en fonction de la température de cuisson. La parfaite maîtrise de la température de cuisson est un impératif préalable à la réalisation des tests de cisaillement. A 80°C et après 40 minutes de cuisson les paramètres de cisaillement semblent se stabiliser. Ainsi, afin de minimiser les variations des paramètres de cisaillement liées au processus de cuisson, il serait souhaitable de recommander une cuisson au-delà de 80°C et ce pendant au moins 40 minutes. La teneur en collagène total du muscle LD de lapin est comparable à celle mesurée dans les autres espèces. Par contre, le lapin se distingue des autres espèces par la forte solubilité de son collagène.

Références

- ARAVING REDDY M., SRINIVASA REDDY M., GRAMAKRISHNA REDDY G., SURESH REDDY V., 1990. Certain quality characteristics of rabbit meat as influenced by breed and sex. *Indian J. Anim. Sci.*, **60**, 896-899.
- BAILEY A.J., LIGHT N.D., 1989. Chap 8 - The role of connective tissue in determining the textural quality of meat. in: *Connective tissue in meat and meat products*. Eds. Elsevier Applied Science, London, UK., pp: 170-194.
- BERNARDINI BATTAGLINI M., CASTELLINI C., LATTAILOLO P., 1994. Rabbit carcass and meat quality : effect of strain, rabbitry and age. *Ital. J. Food Sci.*, **2**, 157-166.
- BOUTON P.E., HARRIS P.V., RATCLIFF D., 1981. Effect of cooking temperature and time on the shear properties of meat. *J. Food Sci.*, **46**, 1082-1087.
- CAUQUIL L., COMBES S., JEHL N., DARCHE B., LEBAS F., 2001. Caractérisation physico-chimique et rhéologique de la viande de lapin. Application à la comparaison de lapins label et standard. *9èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 28-29 Novembre 2001, Paris, Itavi ed. Paris.
- CASTELLINI C., DAL BOSCO A., BERNARDINI M., CYRIL H.W., 1998. Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of raw and cooked meat. *Meat Sci.*, **50**, 153-161.
- CASTELLINI C., DAL BOSCO A., BERNARDINI M., 1999. Effect of dietary vitamin E supplementation on the characteristics of refrigerated and frozen rabbit meat. *Ital. J. Food Sci.*, **11**, 151-160.
- COMBES S., AUVERGNE A., LEBAS F., 2000. Effect of cooking temperature on Warner - Bratzler tenderness measurement in rabbit meat. *7th World Rabbit Congress*, Valencia, Espagne, 4-7 Juillet 2000. *World Rabbit Sci.*, **8**, **supp.1**, A, 573-578.
- CULIOLI J., TOURAILLE C., BORDES P., GIRARD J.P., 1990. Caractéristiques des carcasses et de la viande du poulet "label fermier". *Archiv für Geflügelkunde*, **54**, 237-245.
- CYRIL C., CASTELLINI C., DAL BOSCO A., 1996. Comparison of three cooking methods of rabbit meat. *Ital. J. Food Sci.*, **8**, 337-340.
- ETHERINGTON D.E., SIMS T.J., 1981. Detection and estimation of collagen. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 359-546.
- GILKA J., HORNICH M., 1975. The colour of some rabbit muscles and the content of connective tissue. *Zivocisna Vyroba*, **20**, 763-771
- HARRIS P.V., SHORTHOSE W.R., 1988. Meat Texture. in: *Developments in meat science*. R. Lawrie Eds. Elsevier Applied Science, pp. 245-296.
- HILL F., 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food Sci.*, **31**, 161-166.
- HOLMES Z.A., 1984. Proximate composition and sensory characteristics of meat from rabbits fed three levels of alfalfa meal. *J. Anim. Sci.*, **58**, 62-66.
- HONIKEL K.O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.*, **49**, 447-457.
- LEBAS F., JEHL N., JUIN H., DELMAS D., 2000. Influence of male rabbit castration on meat quality. *2/ Physico-chemical and sensory quality. 7th World Rabbit Congress*, Valencia, Espagne, 4-7 Juillet 2000. *World Rabbit Sci.*, **8**, **supp.1**, A, 599-606.
- LEBRET B., LISTRAT A., CLOCHEFERT N., 1998. Age-related changes in collagen characteristics of porcine loin and ham muscles. *44th International Congress of Meat Science and Technology*, Barcelone, Espagne, 30 Août au 04 Septembre 1998, II, 718-719.
- LEPETIT J., CULIOLI J., 1994. Mechanical properties of meat. *Meat Sci.*, **36**, 203-237.
- LEPETIT J., GRAJALES A., FAVIER R., 2000. Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat : consequence on meat toughness. *Meat Sci.*, **54**, 239-250.
- LIGHT N.D., CHAMPION A.E., VOYLE C., BAILEY A.J., 1985. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in six bovine muscles. *Meat Sci.*, **13**, 137-149.
- PLA M., GUERRERO L., GUARDIA D., OLIVER M.A., BLASCO A., 1998. Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives : I. Between lines comparison. *Livest Prod. Sci.*, **54**, 115-123.
- SAS 1987. Statistical Analysis System/STAT guide for personal computers. Cary, NC, SAS Institut Inc.
- SNOWDEN J.M., BOUTON P.E., HARRIS P.V., 1977. Influence of constraint during heating and cooling on the mechanical properties of collagenous tissue. *J. Food Sci.*, **42**, 890-894.
- WOESSNER J.E., 1961. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. *Arch. Biochem. Biophys.*, **93**, 440-447.
- XICCATO G., PARIGI-BINI R., DALLE-ZOTTE A., CARAZZOLO A., 1994. Effect of age, sex and transportation on the composition and sensory properties of rabbit meat. *40th International Congress of Meat Science and Technology*, 52