

Variation de la teneur en collagène des muscles de bovins et conséquences sur la qualité des produits qui en résultent.

B.L. DUMONT

Laboratoire de Recherches sur la viande de l'I.N.R.A., C.N.R.Z., 78350 Jouy en Josas, France.

La qualification de viandes en vue de leur aptitude à l'emploi par l'industrie et en vue de la certification des niveaux de qualité qu'il est nécessaire de garantir aux consommateurs est un objectif important et permanent de la technologie de la viande des différents pays. Sa réalisation pose, en pratique, un problème délicat car elle nécessite, à la fois, une définition précise des caractères de base intervenant comme paramètres de la qualité, des méthodes appropriées de leur mesure et de leur expression et une connaissance détaillée de l'amplitude de leur variation.

Dans la perspective de la qualification, les caractères de composition chimique présentent un intérêt particulier dans la mesure où ils définissent en même temps une part de la valeur alimentaire de la viande et certains des caractères organoleptiques ou technologiques. C'est, à notre avis, spécialement vrai pour la teneur en collagène dont on sait qu'elle affecte l'intérêt nutritionnel des viandes (et celui des produits carnés qui en dérivent) et leurs propriétés de texture.

Il est bien connu que le collagène est l'élément essentiel de la composante conjonctive du muscle où l'on peut distinguer une composante conjonctive interne (epimysium et endomysium) et une composante conjonctive externe (epimysium et tendon). Le conjonctif interne détermine directement les propriétés de texture des viandes alors que c'est l'ensemble de la composante conjonctive (interne et externe) qui affecte la valeur alimentaire du muscle brut. Celle de la viande vendue au public pourra sensiblement varier en fonction des traitements technologiques appliqués aux muscles entiers pour en extraire tout ou partie de la composante externe par des opérations de parage plus ou moins poussé.

La présente communication rapporte les valeurs constatées dans notre laboratoire, au cours de différents essais, dans la teneur en collagène de différents muscles de bovins ayant subi des traitements de parage plus ou moins importants et en discute les conséquences sur le plan de la qualification des viandes, considérées soit en tant que matière première de l'industrie soit comme produit élaboré livré aux consommateurs.

Matériel et méthodes

A) Dans un premier essai on a considéré les échantillons musculaires suivants :

- 1) muscles prélevés entiers : Biceps brachii (BB), Extensor carpi radialis (EC), Supraspinatus (SE) ;
- 2) portion antérieure du muscle Latissimus dorsi (LT).

Pour les muscles BB et EC on a d'abord sectionné les tendons à la limite de séparation visible entre le corps charnu musculaire du muscle et ses extrémités tendineuses. Pour tous les muscles on a débarassé au couteau les muscles des aponévroses externes et de leurs prolongements éventuels en profondeur sous la forme des lames aponévrotiques directement associées à l'epimysium. Après ce prélèvement la partie restante correspondait à la fraction musculaire interne stricto sensu. Le poids de chaque fraction était enregistré et chacune était homogénéisée par coupure et broyage. Les tendons et les aponévroses étaient dilacérés séparément par hachage au couperet à main jusqu'à obtention de particules de 1 mm de côté environ. La fraction musculaire était dilacérée par passage au cutter permettant de réaliser une pâte fine. Les produits étaient ensuite lyophilisés et après séchage ils étaient de nouveau hachés et passés au broyeur à boulets pour obtenir une poudre très fine servant à la détermination de l'hydroxyproline par une méthode manuelle adaptée de celle de BERGMAN et LOXLEY et à la détermination de l'azote total selon KJELDAHL. Chaque détermination était effectuée en double. Les essais ont porté, au total, sur 8 carcasses de bovins (boeufs et vaches). A partir des résultats des analyses on a calculé la valeur du rapport C :

$$\frac{\text{Azote de l'Hydroxyproline}}{\text{Azote total}} \times 10^3$$

B) Dans une seconde série d'essais on a étudié la variation du rapport C en considérant la teneur en hydroxyproline et en N total d'échantillons prélevés sur les muscles suivants : Adductor (AD), Longissimus dorsi (LD), Psoas major (PM), Rhomboideus (RH), Semitendinosus (ST), Splenius (SP), Teres major (TM), Triceps brachii caput laterale (TB).

Après 7 jours de conservation des carcasses à + 2°C on obtenait les muscles par dissection et on y prélevait plusieurs échantillons destinés aux analyses. Une tranche de 15 mm d'épaisseur était d'abord prélevée pour four-niture d'éprouvettes destinées à la mesure de la force de cisaillement par l'appareil de WARNER-BRATZLER. La tranche était prélevée de façon uniforme dans la partie médiane des muscles à l'exception de celle du LD (tranche prélevée au niveau de la 3ème vertèbre lombaire) et de celle du PM (prélèvement au niveau de la quatrième vertèbre lombaire). De part et d'autre de la première tranche on prélevait des tranches de même épaisseur pour analyses histologiques et chimiques. Celles-ci étaient lyophilisées, puis broyées et amenées à l'état pulvé-ulent pour analyse en vue de la détermination de l'azote et de l'hydroxyproline selon les méthodes indiquées plus haut. Au total les essais ont porté sur 34 bovins de divers types sexuels, de niveau de conformation différent et provenant de race mixte (Frisonne pie noire et Normande principalement) ou de race spécialisée pour la production de viande (race Maine-Anjou en type morphologique normal et en type hypertrophié ou culard).

Résultats

Le tableau 1 indique la valeur moyenne et l'écart type de la composition (en % par rapport au produit frais) des différentes fractions isolées des quatre muscles étudiés dans le premier essai ainsi que la valeur moyenne et l'écart type de l'indice C.

On note que les tendons (T) présentent une teneur nettement plus élevée en azote total et en hydroxyproline que les aponévroses (A) et surtout que la fraction musculaire interne correspondant au coeur du muscle.

Cette dernière partie représentait en moyenne (en pourcentage de l'ensemble) pour les 4 muscles étudiés ici 88,77 + 3,55 pour BB, 77,84 + 2,18 pour EC, 87,54 + 1,18 pour SE et 87,85 + 2,55 pour LT.

Ces valeurs traduisent le rendement de l'opération de "parage" qui aurait consisté à débarasser les échantillons bruts de leurs composants conjonctifs amovibles et anatomiquement prélevables sans léser fondamentalement la structure du muscle.

La composition en N total du coeur du muscle est peu différente d'un muscle à l'autre et celle en hydroxyproline est un peu plus variable.

La fraction "aponévroses" présente d'un muscle à l'autre une composition très différente tant en N total qu'en hydroxyproline.

Cette variation pourrait s'expliquer à la fois par des différences de composition réelle entre les aponévroses, liées à leur épaisseur et à la nature des muscles, et par des différences dans leur degré de "contamination" par le tissu musculaire strict à l'issue des opérations de parage.

Celles-ci conduisent à diminuer considérablement la valeur du rapport C. En particulier l'ablation des tendons à un effet déterminant en raison des différences considérables séparant le niveau du rapport C dans le coeur des muscles (de 3,42 à 4,67 en moyenne) et dans les tendons (74,21 pour le tendon de BB et 74,87 pour celui de EC).

Le tableau 2 indique les valeurs de l'indice C observées dans la seconde série d'essais mettant en comparaison divers muscles d'animaux de types différents. Ces valeurs concernent la fraction musculaire interne et correspondent donc à des échantillons de muscles totalement débarassés de leur aponévrose.

On a présenté séparément les valeurs concernant les carcasses de bovins de race mixte (N = 23) et ceux de la race Maine-Anjou (N = 10). Parmi les premiers on observe entre muscles des différences importantes dans la valeur de l'indice C qui sont la plupart du temps hautement significatives (à P 0,01). Les seules différences non significatives (à P 0,05) sont TM-AD, ST-SP, SP-RH et TB-RH.

Sur l'ensemble des muscles étudiés l'intervalle de variation est considérable et les valeurs extrêmes constatées sont dans un rapport de 1 à 8.

Au niveau de chaque muscle la variation est relativement importante comme l'indiquent l'intervalle de variation et les coefficients de variation qui vont de 12,5 % pour TM à 27,8 % pour LD.

La comparaison des valeurs observées dans les deux types de bovins Maine-Anjou montrent clairement que le type hypertrophié présente, pour les différents muscles, des valeurs plus faibles de l'indice C qui, en moyenne, tous muscles réunis, n'est que de 70 % de la valeur des sujets comparables de même race mais de type normal.

TABLEAU 1
TABLE 1

Caractères de composition des différentes fractions des muscles
Characteristics of the different parts of the muscles

Muscles	Fractions anatomiques anatomical components	Composition en % du produit frais (percent of fresh product)				Indice C (C index) N de l'hydroxyproline x 10 ³ / N total	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Latissimus dorsi (LT)	Aponévroses (Aponeurosis)	0,75	0,11	2,67	0,26	29,97	2,84
	Fraction musculaire interne ("coeur du muscle") ("heart of muscle")	0,10	0,01	3,23	0,08	3,42	0,50
	Ensemble du muscle (whole muscle)	0,18	0,01	3,16	0,10	6,09	0,58
Supraspinatus (SE)	Aponévroses	1,33	0,19	3,14	0,26	45,00	3,34
	Fraction musculaire interne ("coeur du muscle")	0,12	0,01	3,08	0,18	4,17	0,58
	Ensemble du muscle	0,27	0,03	3,08	0,15	9,43	1,25
Biceps brachii (BB)	Tendons	3,76	0,62	5,41	0,85	74,21	2,17
	Aponévroses	1,79	0,22	3,63	0,40	52,75	3,59
	Fraction musculaire interne ("coeur du muscle")	0,11	0,02	3,08	0,11	3,84	0,75
	Ensemble du muscle	0,78	0,06	3,37	0,14	24,71	2,59
Extensor carpi radialis (EC)	Tendons	3,54	0,39	5,05	0,39	74,87	2,76
	Aponévroses	2,37	0,32	4,39	0,43	57,51	3,59
	Fraction musculaire interne ("coeur du muscle")	0,15	0,04	3,34	0,36	4,67	0,84
	Ensemble du muscle	0,71	0,08	3,61	0,32	21,12	1,50

TABLEAU 2 : Valeur de l'indice C des muscles de différents types de bovins (viande parée)
 TABLE 2 : Values of C index of muscles from various types of beef carcasses (trimmed muscle)

MUSCLES	A - Carcasses de bovins de race mixte N = 23 Beef carcasses of dual-purpose cattle N = 23			B - Taurillons <u>Maine-Anjou</u> <u>Maine-Anjou Bulls</u>			
	\bar{X}	σ	intervalle de variation (range)		Type normal Normal N=5	Type hypertrophie Double-muscled N=5	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	σ
Psoas major	1,76	0,38	1,16	2,57	1,59	0,19	0,20
Teres major	2,49	0,31	1,78	2,97	2,56	0,33	0,42
Adductor	2,50	0,56	1,76	3,80	2,67	0,75	0,30
Longissimus dorsi	3,13	0,87	1,85	5,35	2,60	0,61	0,29
Semitendinosus	4,17	0,70	2,81	5,85	4,24	0,88	0,78
Splenius	4,52	0,71	3,34	6,14	4,17	0,76	1,14
Rhomboïdeus	5,18	1,14	3,47	8,00	5,50	1,40	1,90
Triceps brachii caput laterale	5,42	1,35	3,31	8,57	5,32	0,93	0,54

Discussion

Le premier aspect qui doit être considéré à propos de la teneur en collagène des viandes est son mode d'expression pour lequel il existe, dans la littérature, une grande diversité. La relative spécificité de l'hydroxyproline comme élément constitutif du collagène et son importance absolue dans cette protéine ont été des critères essentiels du choix de la détermination de ce composant pour évaluer l'importance de la fraction collagénique des viandes (ETHERINGTON et SIMS 1981). Ces critères peuvent être critiqués dans la mesure où la spécificité de cet acide iminé apparaît comme discutable en raison de la présence d'hydroxyproline dans d'autres types de protéines (élastine ou autres) ; ce fait pose surtout problème, à cet égard, au plan des produits fabriqués pour lequel le recours à l'estimation d'autres constituants plus spécifiques a été récemment proposé (ZARKADAS, 1981). La diversité rencontrée dans la littérature dans l'expression de la teneur en collagène basée sur la détermination initiale de l'hydroxyproline tient pour partie à ses techniques de dosage, mais surtout au manque d'uniformité concernant les valeurs des coefficients de conversion de l'hydroxyproline en collagène et aux bases relatives de comparaison (produit frais, sec, délipidé, matières protéiques, etc...) (BOCCARD 1978). Le mode d'expression de la teneur relative en collagène par la valeur de l'indice proposé par BOCCARD (1968) :

$$\frac{N \text{ de l'hydroxyproline}}{N \text{ total}} \times 10^3$$

permet de régler de façon élégante à la fois les problèmes posés par les valeurs des coefficients de conversion -fonction notamment des types biochimiques de collagène- et ceux de la base de comparaison. L'adoption de la quantité d'azote total comme référence permet de réaliser toutes comparaisons valables entre matières premières différant largement par leur teneur en eau et en lipides. Eu égard à la valeur alimentaire des viandes l'apport azoté en valeur absolue et dans sa composition relative est aussi l'élément essentiel à considérer. L'indice peut être retenu pour caractériser l'importance de la composante collagénique des viandes et, de là, être utilisé pour leur qualification en fonction de leur aptitude à l'emploi et de leur texture. Sans prétendre être exhaustif l'échantillonnage de muscle représenté dans cette étude par les muscles et les types d'animaux considérés donne une indication solide sur l'intervalle de variation susceptible d'être rencontré dans la pratique dans les valeurs de l'indice C d'échantillons de viande parée débarassée de tout le tissu conjonctif amovible sans léser la structure de base du muscle. Une valeur légèrement inférieure à 1 (de l'ordre de 0,85 à 0,90) paraît être chez les gros bovins la valeur biologique minimal du rapport, caractéristique, chez les sujets les plus hypertrophiés, de muscles normalement à faible teneur en collagène.

A l'opposé une valeur de 9 paraît être l'ordre de grandeur de la valeur maximum de l'indice, chez des animaux d'une mauvaise conformation dans le cas de muscles à forte teneur en collagène. Dans ces limites, la variation de l'indice reflète la variation conjointe constatée dans la structuration et l'accentuation de la trame conjonctive intramusculaire responsable des variations de dureté de la viande (DUMONT et al 1977). Il est bien établi qu'il existe en effet une relation globale positive entre la force de cisaillement des muscles et la valeur de l'indice C (fig. 1).

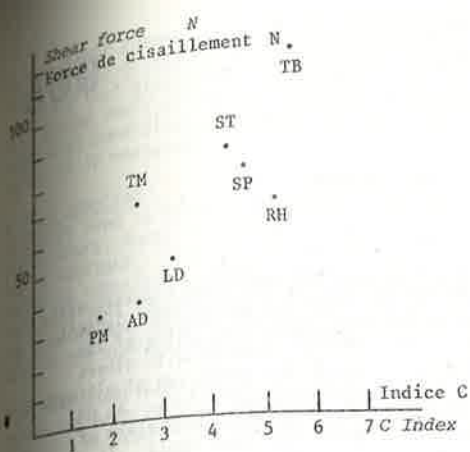


Fig. 1 : Force de cisaillement moyenne (épreuve de 0,5 pouce de diamètre) et indice C des différents muscles
Average Shear force (core diameter 0,5 inch) and C index of different muscles.

L'indice C présente une grande variabilité liée vraisemblablement aux différents effets de la variabilité imposée dans le choix du matériel animal quant au sexe, au poids, à l'âge... L'influence précise de ces facteurs et leur interaction mériteraient d'être étudiées par les technologues charnières de manière à leur permettre d'orienter le secteur de la production vers les types les plus aptes à fournir des muscles présentant des indices C de faible valeur. L'influence de la conformation sur ce caractère, déjà révélée par des travaux antérieurs (BOCCARD et al 1968, DUMONT 1977), devrait être précisée notamment par des études portant sur les conséquences de variation du format des animaux, à niveau de conformation identique. Tous autres facteurs de production semblables par ailleurs le type génétique paraît influencer la valeur de l'indice C qui se situe à des niveaux différents selon les races (BOCCARD et al 1980) et même selon les souches intra-race (DUMONT et COLLEAU 1978). Les possibilités réelles de sélection de cet indice demeurent toutefois à établir, au moins pour les types morphologiques normaux. Pour les types hypertrophiés la présente étude confirme, dans le cas de la race Maine-Anjou, l'effet dépressif du caractère culard sur la teneur en collagène musculaire déjà établi dans d'autres races (BOCCARD et DUMONT 1974, BOCCARD 1981). Les possibilités d'utilisation des muscles de bovins par l'industrie dépendent à la fois des valeurs de l'indice C souhaitées pour les produits élaborés (viandes fraîches ou produits transformés) et des valeurs de l'indice C des matières premières brutes. Pour adapter les premières aux secondes on doit envisager :

- un tri anatomique basé sur la hiérarchisation des muscles d'après la valeur de l'indice C de leur portion interne, analogue à celle qui est présentée ci dessus et qu'il y aurait lieu d'établir sur l'ensemble des muscles de la carcasse ;
- une séparation des fractions collagéniques, par ablation et prélèvement, ce qui dans l'état actuel des techniques ne peut concerner que les tendons et les aponévroses externes.

La valeur de l'indice C des matières premières brutes (muscles entiers ou ensemble de muscles) peut facilement renseigner sur l'aptitude à l'emploi des viandes en fonction du but recherché. Il est clair en particulier que les classements des matières premières sur les marchés des viandes désossées gagnerait à être effectués en prenant en compte la valeur des indices C. Ces derniers devraient se substituer aux divers qualificatifs en usage (comme viandes pour fabrication, viande semi-parée, viande parée ...) qui ne donnent aux acheteurs qu'une information sommaire sur le degré d'élaboration subie par les pièces de viande, même quand la spécification d'origine anatomique est indiquée.

Il est clair aussi que la connaissance de l'indice C représente pour les consommateurs un grand intérêt non seulement pour les viandes en l'état mais aussi pour les produits fabriqués où la valeur de l'indice les renseigne en partie sur la valeur nutritionnelle des produits, mais surtout sur la justification du prix demandé par les producteurs.

Merciements : Cette étude a bénéficié de la collaboration de M. J. LEMAIRE pour l'obtention du matériel animal du premier essai et de la coopération technique de mesdames E. HUDZIK et T. MERA pour l'ensemble des mesures morphologiques et des déterminations chimiques. L'auteur est reconnaissant à ces personnes de l'aide précieuse ainsi accordée.

Références : BOCCARD R. 1968 - Variation de la teneur en hydroxyproline de muscles de porcs Large White et Piétrain. Ann. Zootechn., 17, 71-75. / BOCCARD R. 1977 - Development of connective tissue and its characteristics. In Patterns of growth and development in cattle, H. de BOER et J. MARTIN édit., Martinus Nijhoff - The Hague p. 13-89. / BOCCARD R. 1981 - Double muscling in cattle. In Developments in Meat Science (2), 1-28, R. LAWRIE édit., Applied Science Publishers, London. / BOCCARD R., DUMONT B.L. 1974 - Conséquences de l'hypertrophie musculaire héréditaire des bovins sur la musculature. Ann. Génét. Sel. Anim. 6, 2, 177-186. / BOCCARD R., DUMONT B.L., SCHMITT O. 1968 - Relation entre la conformation des carcasses et les caractéristiques de la musculature (sur les vaches de réforme). Bull. Acad. Vet., 52, 261-265. / BOCCARD R., VALIN C., BONAITI B. 1980 - Effect of genotype on pigment, lipid and collagen content of the longissimus dorsi muscle in young bulls. 26th Eur. Meet. Meat. Res. Workers. (Colorado Springs) F4, 271-273. / DUMONT B.L. 1977 - Influence de la conformation sur la texture des muscles de bovins. Réunion des chercheurs en viande, Paris 13-14 Déc. 1977 (Résumé in Ann. Technol. Agric. 1978, 27, 2, 570). / DUMONT B.L., COLLEAU J.J. 1977 - Relations entre la qualité des carcasses et les variations intra-race du potentiel laitier des taurillons. 24th Eur. Meet. Meat. Res. Workers. (KULMBACH), A7. / DUMONT B.L., LEFEBVRE J., SCHMITT O., BARBU S. 1977 - Relations entre les caractères de la trame conjonctive et la dureté de la viande bovine. 23th Eur. Meet. Meat. Res. Workers. (MOSCOU), F4. / ETHERINGTON D.J., SIMS T.J. 1981 - Detection and estimation of collagen. J. Sci. Food. Agric., 32, 539-546. / ZARKADAS G. 1981 - The determination of the myofibrillar and connective tissue contents of meats and composite meat products. 27th Eur. Meet. Meat. Res. Workers. (VIENNA) F5, 572-575.