

Effet de la stimulation électrique à très basse tension sur les carcasses d'agneau

A. MORAL, F. JIMENEZ-COLMENERO, J. CARBALLO et E. GARCIA-MATAMOROS

Instituto del Frío. Ciudad Universitaria, Madrid - 3, Espagne

Introduction

On admet en général que la contraction musculaire par le froid dans les agneaux est suivie d'un plus grand durcissement du muscle quand celui-ci est réfrigéré ou congelé préalablement à l'état de rigor mortis (Marsh et Leet, 1966; Marsh et coll., 1968; Mc Crae et coll., 1971).

La contraction musculaire par le froid peut être évitée ou minimisée par la stimulation électrique des carcasses, ce qui assure une diminution rapide du pH et des teneurs en ATP. Rashid (1982) rapporte que le pH du *M. longissimus dorsi* et du *M. semitendinosus* d'agneaux stimulés électriquement à 350 V atteint la valeur de 6,0 quatre heures après l'abattage, ce qui permet d'éviter la dureté des muscles (Savell et coll., 1977; Mc Keith et coll., 1979).

On a essayé diverses méthodes de stimulation, en employant une ample gamme de voltages, formes d'onde, valeurs d'impulsions, temps d'application après abattage, durées de stimulation, etc., et il a été constaté que chaque procédé présente des avantages et aussi des inconvénients. Ainsi on a employé des voltages aussi bien hauts que bas; quant à ces derniers, la tension de 110 V abaisse le pH des muscles de bovins (Shaw et Walker, 1977; Bouton et coll., 1978) et de ceux de brebis (Tume, 1980) et en améliore la tendreté (Bouton et coll., 1980). Ainsi bien la basse tension à 80 V (Rudrus, 1980) et la très faible tension à 45 V (Bouton et coll., 1980) et à 32 V (Taylor et Marshall, 1980) se sont avérées également efficaces dans les carcasses de bovins.

Pour des raisons de sécurité et d'économie, on a appliqué dans ces derniers temps la stimulation électrique à très faible voltage, mais les opinions ne sont pas entièrement d'accord en ce qui concerne l'efficacité de cette méthode.

Les études concernant les effets de la stimulation électrique à des tensions voisines de 5 V sont très rares ou même inexistantes. C'est pourquoi on a tenté, par l'expérience décrite dans le présent rapport, de mettre en évidence l'effet de la stimulation électrique à 5 V sur des carcasses d'agneau "Merino-entre-refino" à engraissement précoce dans des conditions industrielles.

Matériels et Méthodes

Les échantillons préparés pour l'expérience ont été constitués par les gigots de 15 agneaux "Merino-entre-refino" à engraissement précoce, qui présentaient un poids en carcasse de 10 à 12 kg.

On procéda d'abord à saigner 10 agneaux; puis on en a extrait les gigots pour le lot destiné à la réfrigération rapide (Lot RN) et le reste de l'animal, avec peau et viscères, était stimulé immédiatement après (Lot RE).

La stimulation a été effectuée au moyen d'un stimulateur marque "E.E. ERICK", type EE101, à courant continu, à onde carrée ayant les caractéristiques suivantes: 80 V de crête, 5,9 V de tension moyenne et 21,8 V de valeur efficace; durée d'impulsion 5,2 ms et 14,3 impulsions par seconde. La stimulation électrique a été appliquée dans les cinq premières minutes après la saignée, pendant deux minutes. Postérieurement on a procédé à l'habillage de l'animal et à l'extraction de l'autre gigot puis on a procédé à la réfrigération rapide de tous les gigots (Lot RE et Lot RN). Les gigots des cinq agneaux ont été utilisés dans le lot tempéré (Lot N), où ils ont été maintenus pendant 24h à 15°C, puis ils ont été refroidis dans la chambre d'entreposage.

La réfrigération rapide des lots RN et RE a commencé à peu près 30 minutes après abattage au même abattoir, dans un tunnel à une vitesse d'air de 3m/s et température d'air de -18°C, jusqu'à ce que les thermo-couples situés dans le centre thermique du gigot indiquaient 2°C ± 1. Les échantillons ainsi réfrigérés ont été transportés dans un véhicule isotherme, en 15 minutes, à l'installation frigorifique pilote de l'Instituto del Frío, où ils ont été placés dans une chambre à ventilation forcée à 0°C ± 1, à une vitesse d'air de 0,2 m/s.

Pour le contrôle de la qualité des échantillons, effectué les jours 0, 1er, 2ème, 6ème et 10ème de stockage on a déterminé le pH, l'exsudat et la dureté par des méthodes instrumentales et on a employé aussi l'examen sensoriel.

La détermination du pH a été effectuée sur viande hachée du *M. quadriceps femoris*, et homogénéisée en eau (1/5, p/v) dans un pHmètre Radiometer, modèle PHM63, muni d'une électrode combinée.

Exsudat. Il a été déterminé comme perte de poids à la cuisson (exsudat ME) du *M. semitendinosus* entier, destiné à la préparation des échantillons pour la mesure de la résistance au cisaillement dans la cellule de Kramer. La cuisson a eu lieu dans un flacon hermétique au bain-marie pendant 40 minutes. On a obtenu également l'exsudat (MN) de 20g de viande hachée du *M. quadriceps femoris*, en cuisant l'échantillon au bain-marie en flacon hermétique pendant 30 minutes et centrifugeant à 5000 r.p.m. pendant 30 autres minutes. Le liquide surnageant a été décanté et égoutté pendant 10 minutes avant pesage. Les résultats sont exprimés en tant pour cent de perte de poids.

Tendreté. Elle a été déterminée par des méthodes instrumentales. La résistance au cisaillement mesurée dans la cellule de Kramer (K) a été déterminée sur le *M. semimembranosus*, suivant le

procédé décrit dans un rapport antérieur (García-Matamoros et coll., 1984). La dureté a été déterminée au moyen de l'appareil de Warner-Braztler (WB) sur le *M. semitendinosus* cuit dans les mêmes conditions que le muscle mentionné précédemment, dans un texturomètre Instron, modèle 1140. L'analyse a été effectuée sur 6 portions cylindriques d'un diamètre de 1,2 cm et hauteur de 2 cm. La hauteur de la pointe en fonction de la surface de cisaillement exprime le rapport kg/cm².

Examen sensoriel. Il a été fait sur le *M. biceps femoris*, et il est décrit dans le rapport mentionné plus haut (García-Matamoros et coll., 1984).

Analyse statistique. Le degré de signification des valeurs moyennes a été déterminé en effectuant une analyse de variance au moyen d'une épreuve F. Le degré de signification des corrélations a été évalué au moyen des tableaux de Lamotte (1981).

Résultats et discussion

Les valeurs du pH des carcasses étudiées sont consignées dans les Tableaux 1. Les résultats obtenus permettent de constater que le pH initial du lot stimulé, déterminé 3 heures après l'abattage, est inférieur à celui des deux autres échantillons. Il semble que la stimulation (ES) exerce une certaine influence sur la glycolyse post-mortem; toutefois, cet effet ne s'avère pas permanent, du fait que l'évolution ultérieure du pH est semblable dans les échantillons RN et RE. D'ailleurs, après 24 heures de stockage, le pH de la viande tempérée est plus faible que ceux des lots RN et RE. Donc, dans les conditions essayées, la stimulation, n'a pas accéléré les processus glycolytiques, comme il a été décrit dans la bibliographie. On constate en général que les valeurs de pH sont relativement élevées, ce qui pourrait être attribué, entre autres facteurs, au "stress" Sorinmade et coll. (1978), en ce qui concerne le muscle de bovins, ont observé que même avec la stimulation électrique les carcasses atteintes de "stress" présentaient des valeurs de pH élevées.

Tableau 1. Valeurs post-mortem du pH (1)

Lots	Jours d'entreposage				
	0	1	2	6	10
N	6,53	6,13	5,96	5,97	6,07
RN	6,53	6,37	6,42	6,05	6,27
RE	6,28	6,23	6,40	6,07	6,25

(1) Les résultats sont les moyennes obtenues de quatre déterminations.

La détermination de la dureté par la résistance au cisaillement dans la cellule de Kramer (Tableau 2), montre qu'à partir de 24 heures après l'abattage, c'est le lot N qui présente les valeurs les plus faibles et que postérieurement les variations de dureté ne sont pas significatives. La dureté des lots RN et RE reste constante jusqu'au deuxième jour d'entreposage, montrant une diminution accusée après 6 jours de stockage; cette dureté se maintient jusqu'à la fin du temps de conservation.

Tableau 2. Détermination de la dureté par cellule de Kramer (K), Warner-Braztler (WB) et jury de dégustation (TP) (1).

Analyses	Lots	Jours d'entreposage				
		0	1	2	6	10
K (kg/g)	N	23,9 ^a	13,8 ^b	12,2 ^b	9,9 ^b	9,0 ^b
	RN	23,9 ^a	25,6 ^a	25,5 ^a	14,0 ^b	14,7 ^b
	RE	21,3 ^a	22,6 ^a	23,4 ^a	16,6 ^b	15,4 ^b
WB (kg/cm ²)	N	9,8 ^a	5,5 ^b	4,5 ^{bc}	4,06 ^b	3,4 ^c
	RN	9,8 ^a	5,3 ^b	3,9 ^b	5,37 ^b	3,6 ^b
	RE	5,9 ^a	5,4 ^a	4,7 ^{ab}	5,29 ^{ab}	3,9 ^b
TP (2)	N	-	3,8 ^a	3,6 ^a	4,0 ^a	3,6 ^a
	RN	-	6,0 ^a	5,2 ^a	5,2 ^a	5,0 ^a
	RE	-	5,0 ^a	5,0 ^a	4,2 ^a	5,4 ^a

(1) Lettres différentes dans la même file indiquent différences significatives, P < 0,05.

(2) L'échelle structurée employée par le jury de dégustation pour mesurer la dureté va de 1 (très molle) à 7 (très dure).

L'analyse de variances indique que le tempéage exerce une influence significative (P < 0,01) sur la dureté mesurée dans la cellule de Kramer (Tableau 3). Cependant, il n'y a pas de différences significatives entre les échantillons réfrigérés rapidement, stimulés (RE) ou non (RN), ce qui porte à penser que la stimulation dans les conditions essayées n'a pas évité l'apparition de la contraction par le froid.

La détermination de la dureté par la résistance au cisaillement dans l'appareil de Warner-Braztler (Tableau 2) indique que, pour les lots N et RN, les valeurs les plus élevées se présentent dans le premier contrôle, et on constate ici un ramollissement progressif pendant tout le temps d'entreposage. Dans le lot RE on constate également un certain ramollissement pendant toute la période de conservation, bien qu'il soit moins accusé que dans les deux autres lots, du fait que la valeur initiale es plus faible. Cette technique n'a pas permis de découvrir

des différences significatives entre les trois traitements essayés (Tableau 3).

Le jury de dégustation n'a pas trouvé de différences de dureté significatives au cours de la période d'entreposage étudiée (Tableau 2). Parmi les trois lots étudiés, c'est le lot tempéré qui présente les valeurs de dureté les plus faibles. L'analyse de variances (Tableau 3) indique -comme on l'a vu lors de l'analyse des résultats de dureté mesurée par la cellule de Kramer- que la stimulation n'a pas évité l'apparition de la contraction par froid.

Tableau 3. Analyses de variance des paramètres de dureté, déterminés par cellule de Kramer (K), Warner-Bratzler (WB) et jury de dégustation (TP).

	K	WB	TP
N-RN	**	NS	**
N-RE	**	NS	**
RN-RE	NS	NS	NS

** Significative. $P < 0,01$. - NS : non significative.

La dureté mesurée par la cellule de Kramer aussi que par le jury de dégustation évolue de façon semblable tout le long de la période d'entreposage, de sorte qu'il existe une corrélation significative ($r=0,42$, $P < 0,01$) entre les deux techniques employées. Toutefois, on n'a pu établir des corrélations significatives entre les résultats de ces mesures et ceux obtenus par l'appareil de Warner-Bratzler, ce qui semble indiquer que, dans les conditions essayées, cette dernière méthode ne serait pas appropriée pour la détermination de la dureté. Toutefois, Lee (1983) a constaté qu'il y a des corrélations fort significatives entre les trois méthodes mentionnées, bien qu'elles aient été appliquées dans des conditions très différentes de celles adoptées dans notre expérience.

De nombreux chercheurs ont démontré que la stimulation électrique produit un effet d'attendrissement sur le muscle (Asgar et Henrickson, 1982). Cependant tous ces résultats se rapportent à des voltages plus élevés que celui essayé dans notre expérience (5V), pour lequel on n'a pas trouvé de références dans la bibliographie.

Les résultats concernant l'exsudat à la cuisson (Tableau 4), déterminés par chacune des méthodes décrites ci-dessus (ME et MH), peuvent être justifiés, en général, en fonction des variations du pH que la viande subit tout le long de la période d'entreposage. Les différences quantitatives entre les deux

méthodes de mesure de la capacité de rétention d'eau peuvent être attribuées à la diversité des procédés employés pour la séparation de l'exsudat.

Tableau 4. Exsudat à la cuisson (%) du muscle (1).

Lots		Jours d'entreposage				
		0	1	2	6	10
ME(2)	N	20,2 ^a	34,6 ^b	35,8 ^b	33,8 ^b	33,5 ^b
	RN	20,2 ^a	30,3 ^b	32,8 ^b	33,7 ^b	31,5 ^b
	RE	31,5 ^a	31,4 ^a	31,6 ^a	34,1 ^a	31,6 ^a
NH(3)	N	24,9 ^a	33,1 ^b	32,5 ^b	37,3 ^b	34,6 ^b
	RN	24,9 ^{ab}	27,5 ^a	23,6 ^b	33,4 ^c	28,3 ^a
	RE	23,5 ^a	26,4 ^a	28,1 ^{ab}	32,8 ^b	29,4 ^{ab}

- (1) Lettres différentes dans la même file indiquent différences significatives, $P < 0,05$.
- (2) Exsudat à la cuisson du *M. semitendinosus* entier. Les résultats ont été obtenus de 3 déterminations.
- (3) Exsudat à la cuisson du *M. quadriceps femoris* haché. Les résultats sont les moyennes de 8 déterminations.

La stimulation électrique à 5 V n'a guère, apparemment, d'influence sur l'exsudat à la cuisson, ce qui semble un phénomène logique compte tenu des paramètres étudiés précédemment et que ce phénomène a été observé par d'autres auteurs (Rashid et coll., 1983).

Tableau 5. Acceptabilité générale de la viande, déterminée par le jury de dégustation, en fonction du traitement appliqué (1)

Echantillons	Jours d'entreposage			
	1	2	6	10
N	5,1	6,0	5,8	5,2
RN	4,0	5,7	5,0	5,0
RE	4,6	5,0	5,4	4,4

(1) Echelle structurée employée: 1:très mauvaise; 7: très bonne.

Le jury de dégustateurs a constaté que l'échantillon tempéré montre de plus hauts degrés d'acceptabilité que les échantillons réfrigérés rapidement (Tableau 5); tout de même, aucun d'eux n'a été jugé rejetable. La stimulation électrique n'améliore pas l'acceptabilité générale de la viande.

Vu les résultats qu'on vient de présenter, il y a lieu de conclure que la stimulation électrique n'a pas montré la moindre efficacité pour l'attendrissement de la viande d'agneau "mérino-entrainé" à engraissement précoce, dans les conditions expérimentales essayées.

REMERCIEMENTS

Une partie de l'expérience décrite dans cet article a été réalisée dans l'Abattoir Général Frigorifique "GYPSA", et nous tenons à en remercier le Directeur M. Durán et le Directeur Technique sanitaire, M. Jiménez, pour la collaboration qui nous ont prêtée à tout moment.

BIBLIOGRAPHIE

- Asghar, A. et Henrickson. Citrical Reviews in Food Science and Nutrition. 18, 1-58, 1982.
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V. et Shaw, F.D.: *J. Food Sci.*, 43, 1392, 1978.
- Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V. et Shaw, F.D.: *Meat Sci.*, 4, 145, 1980.
- García-Matamoros, E., Jiménez Colmenero, F. et Moral, A.: 30th Europ. Meet. Meat Res. Work. Bristol, Septembre, 1984. Royaume-Unie.
- Lamotte, M. Estadística Biológica (Ed. S.A. Toray-Masson) 159. Barcelona. España, 1981.
- Lee, B.Y.: *J. Food Sci.*, 48, 304, 1983.
- Marsh, B.B. et Leet, N.G.: *J. Food Sci.*, 31, 450, 1966.
- Marsh, B.B., Woodhams, P.R. et Leet, N.G.: *J. Food Sci.*, 33, 12, 1968.
- Mc Crae, S.E., Secombe, G.C., Marsh, B.B. et Carse, W.A.: *J. Food Sci.*, 36, 566, 1971.
- Mc Keith, F.K., Savell, J.W., Smith, G.C., Dutson, T.R. et Shelton, M.: *J. Anim. Sci.*, 1979.
- Rashid, N.H., Henrickson, R.L., Asghar, A., Claypool, P.L.: *J. Food Sci.*, 48, 136, 1983.
- Rashid, N.H.: Ph. D. Thesis. Oklahoma State University, Stillwater, OK. 1982.
- Ruderus, H.: Proc. 26th Europ. Meet. of Meat Res. Work. Colorado Springs, USA, 96, 1980.
- Savell, J.W., Smith, G.C., Dutson, T.R., Carpenter, Z.L. et Suter, D.A.: *J. Food Sci.*, 42, 702, 1977.
- Shaw, F.D. et Walker, D.J.: *J. Food Sci.*, 42, 1140, 1977.
- Sorinmade, S.O., Cross, H.R. et Ono, K.: proc. 24th Europ. Meet. Meat Res. Work, E-9, Kulmbach. R.F.A.
- Taylor, D.G. et Marshall, A.R.: *J. Food Sci.*, 45, 144, 1980.
- Tume, R.K.: *Aust. J. Biol. Sci.*, 33, 43, 1980.