

ORIGINAL RESEARCH PAPER

**RESEARCH ON REDUCING THE LENGTH OF MATURATION IN
USING ELECTROSTIMULATION OF BEEF**

**RECHERCHE SUR LA REDUCTION DE LA DUREE DE
MATURATION EN UTILISANT L'ELECTROSTIMULATION DE
LA VIANDE DE BŒUF**

Felicia Dima^{*}, Camelia Vizireanu

*Université "Dunarea de Jos" Galati, Faculté de Science et de Génie des
Alimentes, Galati, Rue Domneasca nr.47, 800008, Roumanie*

*Corresponding author: felicia.dima@ugal.ro

Received: June, 21, 2012

Accepted: April, 26, 2013

Abstract: From technological point of view in the food industry has been obtained meat maturation using different methods: storage under controlled conditions, the use of enzymes or mechanical equipment tenderization musculature. Was also reported that electrical stimulation of carcasses immediately after slaughter procedure can increase the degree of maturation of the meat. Meat and meat products are subjected to reduce during chilling and freezing temperatures principal for reasons of conservation or meat packing. Particular attention must be paid to temperature control, especially before rigor mortis, knowing that too rapid cooling could lead to a cold shortening or thaw rigor during the thaw. During application of the electrostimulation process, occur physical and biochemical changes, meaning that this one has some effect on the technological properties of meat. It has obtained a reduction of maturation of beef with the electrostimulation of half-carcasses of cattle, verified by the increase of non-protein nitrogen in meat. The same time it has been considerably improved the texture and firmness of the muscles, which allows the use of beef in fast food products (ready to cook). Researches have revealed the conclusion that the use of the portable device for electrostimulation, in the described conditions, has induced positive transformations improving meat quality of adult beef.

Keywords: *electrostimulation, beef, maturation, sensory analysis*

INTRODUCTION

Dans la littérature on a trouvé que l'électrostimulation a été utilisée jusqu'à 30 min -1 h post-mortem en utilisant un courant électrique qui a la tension électrique de 100-700 V et l'intensité de 1-6 A. La procédure appliquée indique des intervalles actifs et des pauses en alternance, dont la durée est fixée entre 1- 4 minutes [1, 2, 4, 5].

Les rapports scientifiques se concentrent sur les transformations d'ultrastructure de myofibrilles, comme une mesure de certaines caractéristiques de la qualité de viande, qui ont lieu à la suite de l'application d'électrostimulation [6, 15-22].

Il existe également des données dans la littérature qui explique les changements biochimiques par la baisse rapide de niveau de *ATP* et de glycogène, ce qui détermine une maturation de la viande plus vite, également prouvé par l'accumulation de l'azote non protéique dans les muscles [7-11].

La texture et la fermeté de muscles peuvent être améliorées lorsque les carcasses de bœufs sont électrostimulées à l'aide d'un courant électrique alternatif à une faible tension [8, 13, 14, 16]. Notre recherche a visée d'évaluer la qualité de la viande de bœuf quand la procédure décrite dans la littérature a été effectuée avec un appareil mobile, de production propre, breveté en Roumanie [3].

MATERIAUX ET METHODES

Pour les expériences nous avons utilisé des échantillons de contrôle, pas stimulé, et des échantillons électrostimulés à des différents paramètres.

L'électrostimulation des demi-carcasses de bovins a été effectuée avec un appareil mobile, de production propre, breveté en Roumanie.

L'opération a été faite immédiatement après l'abattage et le dépouillement, dans un intervalle de 30 minutes. On avait utilisé quatre tip de tension électrique (70, 80, 85 et 90 V) et plusieurs variantes pour la durée de pouls et de la pause (0,5, 1,0 et 1,5 sec). La durée totale de la procédure était fixe aux 40, 50 ou 60 secondes. Ont été utilisés des échantillons de muscles du mollet de bœuf et de *Longissimus dorsi*.

Méthodes d'analyse utilisées:

- la détermination de l'azote total en utilisant la méthode Kjeldahl;
- la détermination de l'azote non-protéique en utilisant la méthode Kjeldahl, après la précipitation des protéines avec acide trichloracétique (TCA);
- la détermination de coefficient d'acidité titrable/capacité d'oxydation d'un extrait aqueux de viande de bœuf (a/v; 1/4) ;
- l'acidité a été déterminée par titrimétrie en utilisent une solution basique de NaOH 0,1 N en la présence de phénolphtaléine;
- la capacité d'oxydation de l'extrait a été déterminée par titrimétrie en utilisent une solution de KMnO_4 0,1 N en présence de H_2SO_4 0,1 N;
- l'analyse sensorielle de la tendreté de viande de bœuf par l'intermède d'un équipe de 10 experts qui ont évalué la texture et la fermeté des muscles de la jambe de bœuf; les caractéristiques ont été évaluées en utilisant une échelle de 1 à 10 points.

Les paramètres expérimentaux sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Paramètres expérimentaux utilisées pour la procédure d'électrostimulation

Variante de l'expérience	Voltage [V]	Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
I	70	40	50	60
II	80	40	50	60
III	85	40	50	60
IV	90	40	50	60

Les résultats expérimentaux ont été obtenu en analysant 97 demi-carcasses de bovine adultes dans trois abattoirs de la région Galati: S.C. Galco SA Galati, Abattoir Cuca et Abattoir Vanatori.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

En matière de nutrition, les protéines constituent la base de la nourriture animale et notre recherche s'en occupe de l'augmentation de la qualité de la viande, évaluée, principalement, pour la teneur en protéines. La procédure d'électrostimulation a été réalisée sur des demi-carcasses de bœuf, à maximum 30 minutes après l'abattage et immédiatement après l'enlèvement de peau. Pour exécuter les déterminations de notre recherche on a utilisé un appareil portatif propre, qui a fait l'objet de la licence d'invention No. Ro/116592/2001 [3].

Azote total et azote non-protéique

L'électrostimulation des demi-carcasses de bovines adultes a accéléré le processus de vieillissement par la dégradation des protéines sarcoplasmique, à la suite de l'activité protéolytique d'enzymes musculaires. La teneur en *azote total*, immédiatement après la procédure, a varié entre les limites de 2,70-2,74 g/100 g pour le contrôle et 2,72-2,82 g/100 g pour les échantillons électrostimulés (Tableau 2). Nous constatons que les différences existant entre les échantillons n'ont pas été influencées par le traitement appliqué, puisque l'écart des valeurs est d'approximatif 1,48 %, avec un seul maximum de 3,30 % pour la tension de 90 V et la durée de procédure de 40 secondes (Tableau 2).

Tableau 2. Teneur en azote total dans les échantillons de muscle de bœuf [g/100 g]

Voltage [V]	Echantillons de contrôle	Échantillons électrostimulés			Différences face au contrôle [%]		
		Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]			Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
		40	50	60	40	50	60
70	2,74±0,02	2,77±0,04	2,75±0,06	2,72±0,03	1,09	0,36	-0,73
80	2,70±0,05	2,73±0,02	2,74±0,02	2,74±0,02	1,11	1,48	1,48
85	2,71±0,03	2,76±0,02	2,72±0,00	2,73±0,05	1,85	0,37	0,74
90	2,73±0,00	2,82±0,01	2,76±0,03	2,76±0,02	3,30	1,10	1,10

Afin de contrôler le niveau de la protéolyse nous avons comparé le contenu de l'azote non-protéique immédiatement après l'électrostimulation, à 1 h et puis à 24 h et 48 h, pour le contrôle et les échantillons électrostimulés. Les déterminations du niveau d'azote non-protéique, effectués à 1h après l'application de la procédure d'électrostimulation,

montre que l'application de traitement peut augmenter sensiblement la quantité d'azote non-protéique par rapport au contrôle.

Les résultats présentés dans le Tableau 3 montrent que la différence par rapport à contrôle se levait à maximum 5,81 % pour la détermination effectuée à 1h post-électrostimulation pour les échantillons électrostimulés à 85V, procédure de 60 secondes, impulsion et pause de 1 secondes.

Tableau 3. Evolution de la quantité d'azote non-protéique à 1h post-électrostimulation [mg/100g]

Voltage [V]	Echantillons de contrôle	Échantillons électrostimulés			Différences face au contrôle [%]		
		Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]			Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
		40	50	60	40	50	60
70	213,42±4,2	220,06±2,3	220,67±2,2	222,09±4,0	3,11	3,40	4,06
80	214,15±3,4	217,14±1,4	217,85±0,6	218,76±2,7	1,40	1,73	2,15
85	210,88±0,5	217,34±3,8	219,41±0,0	223,13±2,5	3,06	4,04	5,81
90	214,70±2,6	218,26±4,3	216,31±3,2	217,45±2,0	1,66	0,75	1,28

Les déterminations effectuées à 24h après l'électrostimulation ont montré une accélération des transformations biochimiques dans les échantillons électrostimulés prouvé par l'augmentation de la teneur en azote non-protéique de maximum 9,25 % face au contrôle pour les échantillons électrostimulés à 85V, procédure de 60 secondes, impulsion et pause de 1 secondes (Tableau 4).

Tableau 4. Evolution de la quantité d'azote non-protéique à 24 h post-électrostimulation [mg/100g]

Voltage [V]	Echantillons de contrôle	Échantillons électrostimulés			Différences face au contrôle [%]		
		Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]			Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
		40	50	60	40	50	60
70	224,39±4,6	237,25±1,1	238,11±2,0	240,11±2,6	5,73	6,11	7,01
80	224,33±1,5	237,00±2,5	237,89±0,9	240,67±1,9	5,65	6,04	7,28
85	221,61±1,9	238,32±3,3	239,45±3,5	242,12±2,4	7,54	8,05	9,25
90	223,53±0,7	238,56±1,3	239,22±3,1	239,07±1,5	6,72	7,02	6,95

Les échantillons analysés à 48 heures après l'électrostimulation ont révélés une augmentation entre 5,93–6,29 % de la teneur en azote non protéique en appliquant la tension de 85 V ou 90 V (Tableau 5).

Nous estimons que cette augmentation du niveau de l'azote non protéique est due à la fragmentation plus rapide des filaments protéiques induites par le courant électrique à basse tension qui traversait les muscles pendant l'électrostimulation.

Tableau 5. Evolution de la quantité d'azote non-protéique à 48h post-électrostimulation [mg/100g]

Voltage [V]	Echantillons de contrôle	Échantillons électrostimulés			Différences face au contrôle [%]		
		Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]			Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
		40	50	60	40	50	60
70	234,52±0,8	244,38±2,9	246,43±1,7	245,16±4,1	4,20	5,08	4,54
80	234,87±1,3	245,72±2,7	247,23±2,4	245,56±3,6	4,62	5,26	4,55
85	233,29±1,6	245,64±0,2	247,97±2,0	247,33±3,8	5,29	6,29	6,02
90	233,94±2,4	246,19±1,5	247,82±2,3	247,24±3,2	5,24	5,93	5,69

Donc, après seulement 1 h post-électrostimulation ont été obtenus des différences entre le contrôle et les échantillons électrostimulés de 0,75–5,81 %, après 24h de l'électrostimulation ces variations ont atteint entre 5,73–9,25 %, après 48h les différences diminuent à des valeurs entre 4,20–6,29 % (Figure 1).

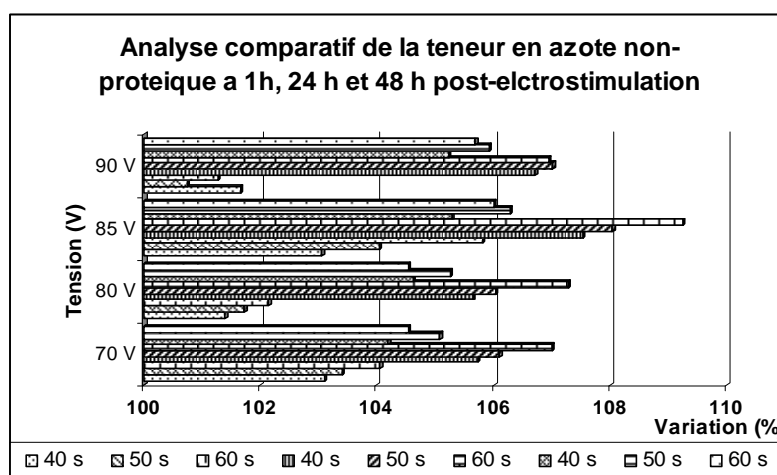


Figure 1. Analyse comparative de la variation de l'azote non-protéique à 1 h, 24 h et 48 h après l'électrostimulation

En comparant les résultats obtenus à 24h et 48h face au début (1h) après l'électrostimulation nous avons constaté une augmentation importante de la variation du niveau d'azote non protéique. Les valeurs ont augmentées avec maximum 14,81% face au début pour la variante d'application de 85 V, durée de procédure de 50 secondes et avec maximum 17,59 % face au début pour la variante qui appliquée une tension de 85 V, durée de la procédure de 60 secondes (Figure 2).

En analysant le pourcentage de l'azote non protéique dans l'azote total (Figure 3) on voit que le rapport augmente de valeurs initiales entre 0,57-0,59 % pour la durée de la procédure de 40 secondes au début de l'application de la tension, variante 70 V, jusqu'à des valeurs entre 0,67-0,69 % pour la durée de la procédure de 60 secondes, variantes 85-90 V. Donc nous avons obtenu une croissance importante du rapport, les valeurs de la variation sont entre 14,93 et 16,18 %.

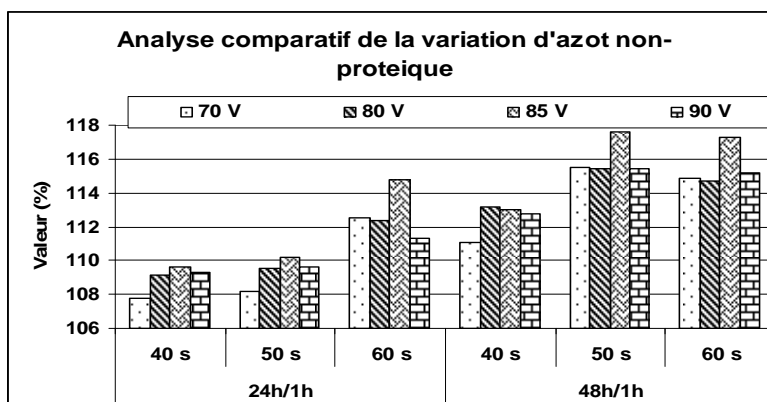


Figure 2. Analyse comparative de la variation de l'azote non-protéique à 24 h et 48 h face à 1 h après l'électrostimulation

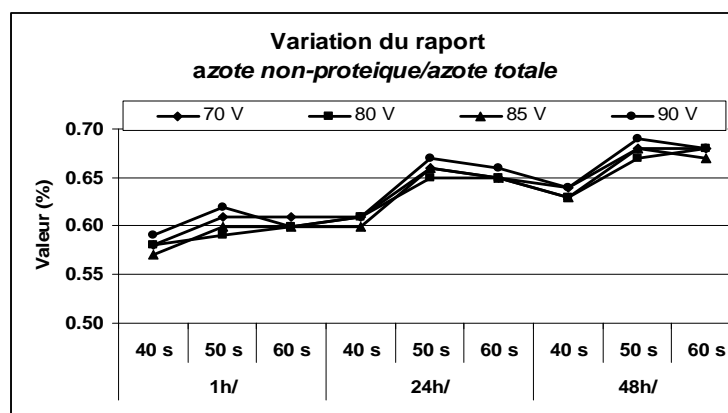


Figure 3. Variation du rapport azote non-protéique/ azote total à 1 h, 24 h et 48 h après l'électrostimulation

Compte tenu de tous les résultats expérimentaux, nous pouvons conclure qu'il y a une amélioration dans le processus de maturation de la viande en raison du traitement d'électrostimulation appliqué. Les déterminations démontrent l'efficacité de ce traitement, ce qui implique d'importants effets économiques à cause de la diminution des durées de stockage pour la maturation de la viande de bœuf.

Les résultats les plus intéressants ont été obtenus à partir de l'application de la tension de 85 V, une durée de la procédure de 50-60 secondes, durée d'impulse et de la pause de 1 secondes.

Coefficient d'acidité titrable/capacité d'oxydation

L'intensité de la protéolyse a été déterminée sur la base du coefficient *d'acidité titrable/capacité d'oxydation*, les résultats montrant des variations significatives.

Afin d'observer si le traitement d'électrostimulation a une influence significative sur l'intensité de la protéolyse, on a déterminé la capacité d'oxydation et l'acidité titrable pour le contrôle et les échantillons électrostimulés, après 1h et 24h de l'électrostimulation.

Les déterminations réalisées à 1h post-électrostimulation montrent des valeurs du coefficient entre 0,76-0,90. Ça représente une baisse relative des échantillons électrostimulés entre 5,26-14,61 % face au contrôle, à un maximum pour la tension appliqué de 85 V et la durée totale de procédure de 60 secondes. A 24h post-électrostimulation les valeurs du coefficient sont : 0,38-0,45, ce qui correspond à une baisse relative des échantillons électrostimulés entre 8,33-22,45 % face au contrôle, à un maximum pour la tension appliqué de 85 V et la durée totale de procédure de 50 et 60 secondes.

Les résultats montrent une variation relative du coefficient qui permet l'encadrement des échantillons électrostimulés entre les limites imposées pour la viande fraîche (Tableau 6 et Tableau 7).

Tableau 6. Coefficient d'acidité titrable/capacité d'oxydation à 1 h post-électrostimulation

Voltage [V]	Echantillons de contrôle	Échantillons électrostimulés			Différences face au contrôle [%]		
		Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]			Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
		40	50	60	40	50	60
70	0,95	0,89	0,90	0,87	93,68	94,74	91,58
80	0,93	0,86	0,82	0,81	92,47	88,17	87,10
85	0,89	0,80	0,77	0,76	89,89	86,52	85,39
90	0,94	0,86	0,83	0,82	91,49	88,30	87,23

Tableau 7. Coefficient d'acidité titrable/capacité d'oxydation à 24 h post-électrostimulation

Voltage [V]	Echantillons de contrôle	Échantillons électrostimulés			Différences face au contrôle [%]		
		Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]			Durée total de la procédure d'électrostimulation [s]		
		40	50	60	40	50	60
70	0,48	0,43	0,44	0,43	89,58	91,67	89,58
80	0,50	0,43	0,43	0,42	86,00	86,00	84,00
85	0,49	0,41	0,41	0,38	83,67	83,67	77,55
90	0,52	0,45	0,42	0,41	86,54	80,77	78,85

Figure 4 présente le profil de la courbe de variation de coefficient à 1 h et 24 h post-electrostimulation. Les résultats sont en concordance avec les résultats précédents, ce qui démontre l'efficacité du traitement d'électrostimulation appliqué avec l'appareil portable de conception propre.

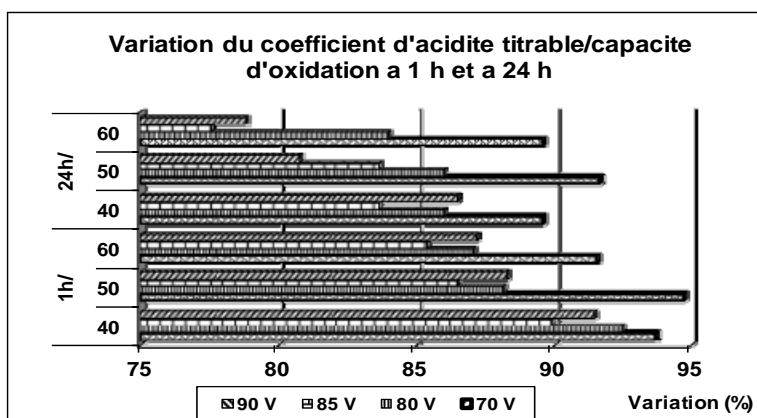


Figure 4. Analyse comparative de la variation de coefficient d'acidité titrable/capacité d'oxydation à 1 et 24 h post-électrostimulation

Nous avons estimé que la diminution accélérée des valeurs du coefficient est due au *calpaines*, qui commencent leur travail immédiatement après l'abattage et contribuent à la maturation de la viande en proportion d'approximatif 95 %, mais qui sont inactivés quand le pH chute en dessous de 6,5.

Analyse sensorielle

Pour établir si l'amélioration de la qualité de la viande peut être détectée également par l'évaluation sensorielle, un groupe de 12 experts a évalué la texture et la fermeté des muscles de la jambe de bœuf. Les caractéristiques ont été évaluées en utilisant une échelle de 1 à 10.

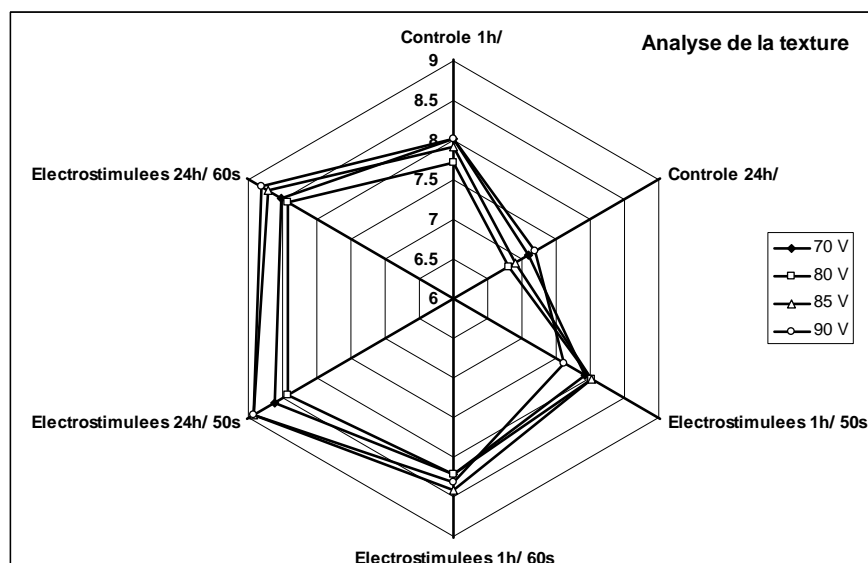


Figure 5. Appréciation de la texture de viande de bœuf, échantillons de contrôle et électrostimulés, après 1 h et 24 h

Après les déterminations déjà exécutées l'équipe a décidé d'effectuer l'analyse sensorielle seulement pour les variantes qui ont enregistré les meilleurs résultats, avec la durée de la procédure de 50 et 60 secondes. Les résultats sont présentés dans les Figures 5 et 6. En ce qui concerne la texture, les échantillons de contrôle ont reçu des notes acceptables après 1h de l'application de la procédure, plus élevées que les échantillons électrostimulés, mais réduits en comparaison avec les échantillons électrostimulés après 24 h. On peut observer que les meilleurs résultats ont été enregistrés par les échantillons électrostimulés à 85 V et 90 V, à une durée de la procédure de 50-60 secondes, après 24h.

Basé sur ces résultats, nous pouvons conclure que, à 1h post-abattage les échantillons ES présentent une structure contracturée, induite par l'électrostimulation; au contraire, les échantillons de contrôle ne sont pas entrés encore dans un état de rigidité.

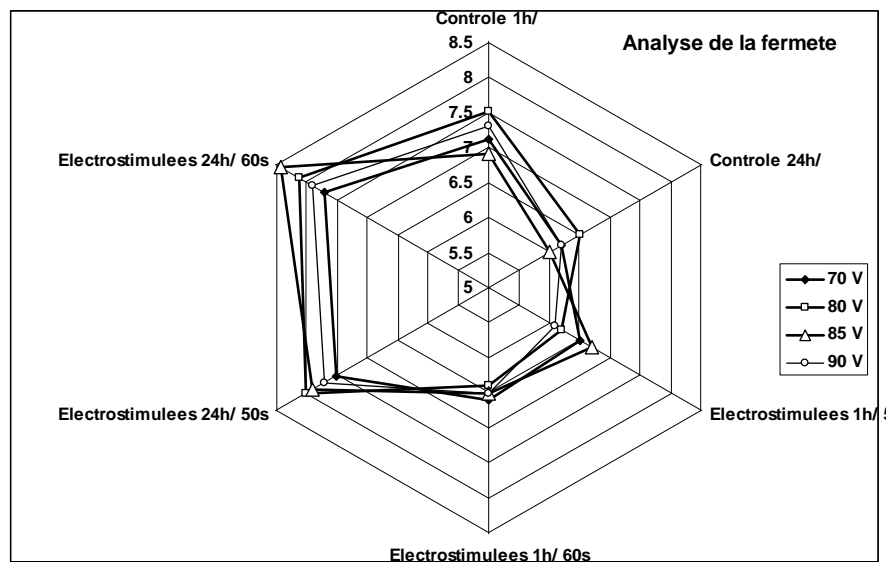


Figure 6. Appréciation de la fermeté de viande de bœuf, échantillons de contrôle et électrostimulés, après 1 h et 24 h

Les résultats obtenus pour 24 h après l'abattage montrent une texture plus lisse et une rigidité réduite, ce qui reflète une amélioration significative de tendreté de la viande. L'analyse de la variation relative des résultats de l'évaluation sensorielle nous a permis d'observer une amélioration de 28,98 % pour la texture et de 31,66 % pour la fermeté en ce qui concerne les échantillons électrostimulés à 85 V, une dure de 60 secondes. Pour les échantillons électrostimulés à 90 V, ES, la texture a été améliorée avec 25,13 %, la fermeté avec 24,19 %, donc la qualité globale de viande s'est améliorée, en moyenne, avec 24,32 %.

En termes généraux, la qualité globale de la viande s'est améliorée, en moyenne, avec 30 % (Figure 7).

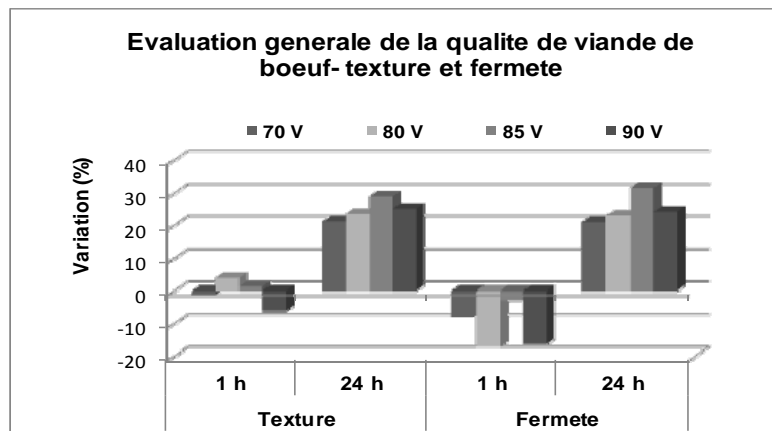


Figure 7. Évaluation de la qualité général de la viande de bœuf - texture et fermeté

CONCLUSIONS

En appliquant la stimulation avec le dispositif portable breveté, dans les conditions décrites, nous avons obtenu des certes avantages:

- une augmentation du degré de maturation de la viande, à la suite d'une augmentation du pourcentage d'azote non-protéique dans les échantillons de contrôle face à les échantillons électrostimulés, avec un maximum à 1 h post-électrostimulation de 0,75-5,81 %, après 24 h de l'électrostimulation ces variations ont atteint entre 5,73-9,25 %, après 48 heures les différences diminuent à des valeurs entre 4,20-6,29 % 3,33 %;
- les valeurs de coefficient d'acidité titrable/capacité d'oxydation à 1 et 24 h post-électrostimulation montrent que les résultats sont en concordance avec les résultats précédents, la procédure détermine une maturation accélérée;
- en même temps il y a une amélioration de la tendreté de viande par l'amélioration de la fermeté et de la texture, donc une amélioration globale de la qualité de la viande d'approximatif 30 %.

Nous pouvons conclure que l'utilisation de l'appareil portable d'électrostimulation, dans les conditions décrites, a conduit à des transformations importantes de la viande de bœuf, transformations technologiques positives. En conséquence l'amélioration de la qualité de la viande de bœuf adulte, démontre d'une part l'efficacité du traitement d'électrostimulation et d'autre part les performances de l'appareil portatif de conception propre.

Cette méthode d'obtenir une accélération de la tendreté de viande ne suppose pas d'autres substances ajoutées, aient une approche écologique à cet égard.

REFERENCES

1. Den Hertog-Meischke et al.: The effect of electrical stimulation on the water-holding capacity and protein denaturation of two bovine muscles, *Journal of Animal Science*, **1997**, 75, 118–124;
2. Devine, C. E. et al.: High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing, *Meat Science*, **2002**, 60(2), 141–146;
3. Dima, F., Banu, C., Alexe, P.: Méthode et dispositif portable pour l'électrostimulation des carcasses de bœuf à bas tension, Brevet d'invention no.RO.116592/2001;

4. Geesink, G.H. et al.: Effects of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb m.Longissimus, *Meat Science*, **2001**, 57, 265–271;
5. Geesink, G.H. et al.: Electrical stimulation-when more is less, *Meat Science*, **2001**, 57, 145–151;
6. Goodson, K.J. et al.: Beef customer satisfaction: Factors affecting consumer evaluation of clod steaks, *Journal of Animal Science*, **2002**, 80, 401–408;
7. Hopkins, D.L. et al.: Post-mortem muscle proteolysis and meat tenderness. Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality, **2004**, 363–388;
8. Hollung, K. et al.: Variation in the response to manipulation of post-mortem glycolysis in beef muscles by low-voltage electrical stimulation and conditioning temperature, *Meat Science*, **2007**, 77(3), 372–383;
9. Hopkins, D.L., et al.: Eating quality of conventionally chilled sheep meat, *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **2006**, 46(7), 897–901;
10. Hopkins et al.: Effects of level of current during lamb carcass stimulation on post-mortem muscle changes and meat quality, *Proceedings New Zealand Society of Animal Production*, Lincoln University, New Zealand, **2005**, 247–251;
11. Hwang, I.H. et al.: The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. *Meat Science*, **2003**, 65, 677–691;
12. Kadim, I.T. et al.: Effect of low voltage electrical stimulation on biochemical and quality characteristics of Longissimus thoracis muscle from one-humped Camel (*Camelus dromedaries*), *Meat Science*, **2009**, 82, 77–85;
13. Pearce, K.L. et al.: Alternating frequency to increase the response to stimulation from medium voltage electrical stimulation and the effect on objective meat quality, *Meat Science*, **2009**, 81, 188–195;
14. Polidori, P., et al.: Low voltage electrical stimulation of lamb carcasses: effects on meat quality, *Meat Science*, **1999**, 53, 179–182;
15. Reuter, B. J., et al.: Mapping intramuscular tenderness variation in four major muscles of the beef round, *Journal of Animal. Science*, **2002**, 80, 2594–2599;
16. Rhee, M.S., et al.: Effect of low voltage electrical stimulation and temperature conditioning on post changes in glycolysis and calpains activities of Korean native cattle (Hanwoo), *Meat Science*, **2001**, 58, 231–237;
17. Rosenvold, K., et al.: The protective effect of electrical stimulation and wrapping on beef tenderness at high pre rigor temperatures, *Meat Science*, **2008**, 79(2), 299–306;
18. Sams, A.: Commercial implementation of postmortem electrical stimulation, *Poultry Science*, **1998**, 78, 290–294;
19. Shaw, F.D. et al.: New electrical stimulation technologies for sheep carcasses, *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **2005**, 45(5), 575–583;
20. Soares, G.J.D. et al.: Effect of electrical stimulation on post mortem biochemical characteristics and quality of Longissimus dorsi thoracis muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*), *Meat Science*, **1995**, 41, 369–379;
21. Toohey, E.S., et al.: The impact of new generation pre-dressing mid-voltage electrical stimulation on tenderness and colour stability, *Meat Science*, **2008**, 79, 683–691;
22. Tsancov, D. et al.: Estimation of efficiency of electrical stimulation through measurement of carcass contraction strength, *Higer Institute of Food Flavor Industries*, Plovdiv, **1990**, 16.

