

# 牛肉の色調に対する電気刺激の影響

関川三男・背野公江・三上正幸・三浦弘之・本郷泰久\*

帯広畜産大学, 帯広市 080

\*北海道立新得畜産試験場, 新得町 081

(1995. 1. 20 受理)

キーワード: 牛肉, 熟成, 電気刺激, 色調, 加熱ドリップ

## 要 約

ヘレフォード種の去勢牛 (25-27 ケ齢) を, 無作為に 3 頭づつ対照区, 30 秒および 60 秒の 3 区に設定し電気刺激を行った. と殺直後に温と体除骨を行い, 得られた背最長筋, 大腿二頭筋および横隔膜を用いて色調と pH を経日的に測定した. 電気刺激により pH は早期に低下するが, 2 日目以降から処理間で大きな差はなかった. 色調値の平均値を比較すると,  $L^*$ ,  $a^*$  および  $b^*$  ともに, 電気刺激区の方が対照区よりも, 横隔膜を除きいずれの経過日数においても概ね高い値を示した. また, 各試料ともに 0 日目の処理間差が最大で, 特に大腿二頭筋において顕著であった.  $L^*$ ,  $a^*$  および  $b^*$  の平均値は, 全てと殺後 1 あるいは 2 日目に最大値を示し, 以後, 低下する傾向が認められたが, この傾向は, 試料間でやや様相が異なり, 特に  $L^*$  で顕著であった. これらの結果から, 電気刺激はと殺後の初期に牛肉の色調に大きな影響を与えるが, その程度や経日的変化には個体間や個体内の筋肉間で差があることが推察された.

## 緒 言

と体に電気刺激を与えると, 筋肉内の ATP の消費や pH の低下が早められる. その結果, 筋肉の構造 (SEKIKAWA et al.; 1993) やタンパク質分解酵素等の活性に影響するので (MIKAMI et al.; 1993), 死後硬直や熟成が早期に完了する. このため筋肉の低

温短縮を回避でき, 温と体除骨に引き続いて急速冷却することが可能である (CHRYSSTALL and DEVINE; 1985). 電気刺激を行い温と体除骨する方法は, 冷蔵や冷却に伴う空間や経費を節減し得るので経済的な効果も期待できる (HENRICKSON and ASGHAR; 1985). しかし, わが国の食肉業界では電気刺激法の導入がほとんど行われていないので, 得られた食肉の品質に関しては不明の点も多い (MIKAMI et al.; 1993). 今回, 電気刺激を行い温と体除骨した試料が得られたので, 色調, pH および加熱ドリップを経日的に測定した.

## 実 験 方 法

ヘレフォード種の去勢牛 (25-27 ケ齢) を, 無作為に 3 頭づつ対照区, 30 秒および 60 秒電気刺激区の 3 区に設定した. 電気刺激 (40 V, 13.8 Hz) は, と殺放血後, 直ちに鼻尖と後趾交差部に電極を装着して行った. 剥皮・内臓除去後, 直ちに温と体除骨し, 部分肉に分割し背最長筋 (*M. longissimus*), 大腿二頭筋 (*M. biceps femoris*) および横隔膜 (*M. diaphragma*) を真空包装し試料とした. 各測定は, と殺後 6 時間経過したものを 0 日目とし, 以後 1, 2, 3, 5 および 7 日間冷蔵 ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) した試料について経日的に行った. 色調の測定は, 分光測色計 (CM-1000, Minoluta) を用いて行い, 結果は Hunter の  $L^*$ ,  $a^*$  および  $b^*$  で表した. pH は, 細切した筋肉 5.0 g を蒸留水 45.0 ml に懸濁して均質化 (ヒスコトロン) し,

Effect of electrical stimulation on beef meat colour: M. SEKIKAWA, K. SENO, M. MIKAMI, H. MIURA and Y. HONGO\* (Department of Bioresource Chemistry, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080. \*Shintoku Livestock Research Station, ARS Hokkaido, Shintoku 081)

**Key words:** beef meat, meat conditioning, electrical stimulation, hunter colour values, cooking loss.

pHメーター (TOA HM-40S) を用いて測定した。加熱ドリップは、背最長筋と大腿二頭筋を用いて、と殺6時間後に挽肉を調製し真空包装を行い冷蔵した試料について測定した。測定は、得られた挽肉40gに3MKCl, 10mlを加え混和し、農研式ソーセージ結着計に充填し20分間加熱(75±1℃)後、遠心分離(1,000rpm)により遊離した液量を求めた。加熱ドリップは、この得られた液量を加熱乾燥法で求めた試料水分量に対する割合で表した。

平均値の差の検定は、Studentのt-検定を用いて行い、結果が危険率5%で有意な時には、本文中で「有意」と表現した。

### 結果および考察

と殺後7日目のpHは、今回実験に供した全ての筋肉のいずれの処理区においても5.3から5.6の範囲にあり、これらの値は牛肉の正常な範囲内であるので、試料の調製やと殺後の取り扱いは適切であったと考えられる。pH(平均値)の経日的変化は図1に示したが、背最長筋の両電気刺激区を除いて、すべての試料でと殺後0日目から1日目にかけて低下する傾向が認められ、特に大腿二頭筋で顕著であった。また、背最長

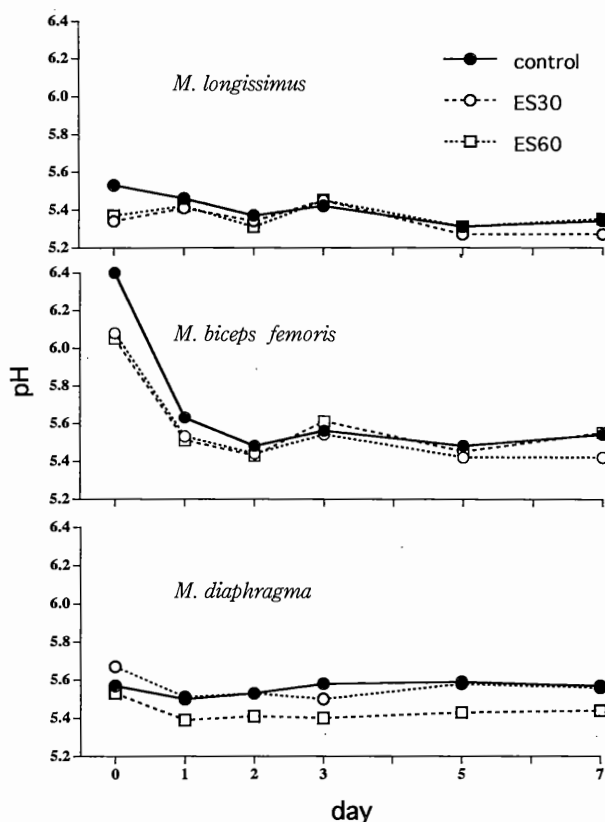


Fig. 1 Changes of pH value during storage

Table 1. Effect of electrical stimulation on cooking loss (%)

	control		ES 30		ES 60	
<i>M. biceps femoris</i>						
	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0 day	47.64	2.91	53.48	2.37	54.28	2.37
7 day	30.74	2.28	45.51	2.96	41.70	5.01
<i>M. longissimus</i>						
	mean	SD	mean	SD	mean	SD
0 day	48.05	2.35	51.26	1.35	46.29	1.04
7 day	34.08	2.75	37.00	2.95	32.24	4.61

Mean values of three meat analyses performed in triplicate. ES 30 and ES 60 indicate electrical stimulated for 30 and 60 seconds, respectively.

Table 2. Hunter colour values of three muscles during storage

Control						ES 30						ES 60								
L*		a*		b*		L*		a*		b*		L*		a*		b*				
day	mean	SD	mean	SD	mean	SD	day	mean	SD	mean	SD	mean	SD	day	mean	SD	mean	SD		
<i>M. longissimus</i>																				
0	36.70	1.98	12.14	1.64	8.66	1.80	0	38.35	3.57	13.14	2.37	10.38	2.67	0	39.57	1.80	13.92	2.50	10.90	1.95
1	39.28	2.18	15.79	1.87	11.67	1.61	1	41.50	2.01	15.88	1.81	12.62	1.81	1	40.81	1.67	16.43	2.49	12.81	1.95
2	39.19	1.73	15.56	1.45	11.87	1.13	2	40.99	1.92	15.62	1.19	12.48	1.29	2	40.48	1.83	15.68	1.01	12.60	1.20
3	38.84	1.64	14.63	1.43	11.38	1.17	3	40.31	1.78	14.49	1.55	12.16	1.87	3	40.36	1.74	14.54	0.83	12.16	0.99
5	39.21	1.13	13.79	1.04	11.20	0.80	5	40.00	1.98	14.22	1.02	12.22	1.22	5	40.75	2.17	13.49	0.91	11.61	1.01
7	39.61	1.45	13.39	1.31	11.14	0.85	7	40.53	1.97	13.44	1.02	11.91	1.39	7	40.88	1.95	13.17	0.80	11.76	0.83
<i>M. biceps femoris</i>																				
0	38.62	3.04	11.78	1.59	8.38	1.40	0	43.41	1.40	15.07	1.80	12.88	1.70	0	45.30	1.26	17.17	1.45	15.41	1.41
1	40.51	1.66	15.07	1.06	11.98	1.07	1	43.11	1.99	16.70	2.04	14.33	1.71	1	44.79	1.14	16.62	0.95	15.58	1.23
2	41.08	1.68	13.89	1.39	11.48	1.29	2	43.08	2.56	15.41	1.95	13.94	1.54	2	45.38	1.77	14.59	0.85	14.68	1.31
3	40.04	1.02	13.15	1.17	11.53	1.02	3	43.25	1.80	13.97	1.84	13.28	1.27	3	44.95	1.20	13.50	0.49	14.40	0.73
5	40.06	1.15	12.26	1.08	11.07	1.00	5	43.57	2.20	12.88	2.32	13.02	1.53	5	45.63	1.35	12.17	0.57	13.56	1.12
7	40.41	1.04	11.50	0.86	10.56	0.94	7	44.30	1.97	11.60	1.93	12.46	1.41	7	46.23	1.13	11.32	0.84	13.17	0.90
<i>M. diaphragma</i>																				
0	39.05	3.13	12.48	1.71	8.30	1.62	0	37.55	2.45	13.53	1.50	8.81	1.58	0	38.00	3.49	14.84	1.57	10.40	1.60
1	41.94	1.36	15.01	1.36	11.53	1.70	1	41.36	2.12	16.92	1.23	13.20	1.13	1	40.72	2.14	16.05	1.44	12.60	1.15
2	41.74	2.07	12.82	1.70	10.66	1.33	2	43.81	3.56	13.93	1.79	12.39	1.75	2	41.88	4.13	13.71	2.09	11.80	1.24
3	41.57	1.97	10.88	1.06	9.77	1.10	3	42.86	2.49	13.02	1.40	11.95	1.34	3	40.16	2.03	12.43	1.19	10.53	1.07
5	41.79	2.88	9.52	1.62	8.92	1.47	5	41.36	2.73	12.10	1.72	10.97	1.01	5	40.25	2.60	11.61	1.45	10.39	1.37
7	39.91	2.39	9.53	1.02	8.94	1.18	7	42.04	1.67	11.59	1.63	10.76	1.38	7	40.18	1.87	10.86	1.60	9.73	1.26

筋の電気刺激区は0日目と既に5.4まで低下していた。しかし、いずれの試料ともに2日目以降の変化は少なかった。背最長筋と大腿二頭筋においては、対照区に比べ両電気刺激区ではpHの平均値が低く推移し、特に0日目および1日目の差は有意であった。すなわち、背最長筋および大腿二頭筋は、pHの低下速度が電気刺激によって加速されたことを示し、これまでの結果と一致する(CHRISTALL and DEVINE; 1985)。一方、横隔膜においては、いずれのと殺後日数においても処理間における平均値の差は有意ではなく、電気刺激がpHに与える影響は認められなかった。

加熱ドリップは、大腿二頭筋および背最長筋ともに経日的に直線的に低下したので、と殺後、0および7日目の平均値を表1に示した。加熱ドリップは、食肉の特性としては少ない方が望ましく、今回の結果において冷蔵日数が進行するに伴い低下する傾向が認められ、牛肉を熟成させることの意義が再確認された。一方、加熱ドリップに対する電気刺激の影響は筋肉によって異なり、大腿二頭筋では対照区よ

りも電気刺激区の方が高い平均値を示したが、背最長筋の60秒区では逆に低い値であった。この筋肉の部位間で電気刺激の影響が異なることは、MOORE and YOUNG (1991)が、羊肉の水分損失量についても報告している。これら部位間差の原因は不明であるが、部位間での筋肉構造の差や筋線維型の構成割合の違いなどが関連している可能性が考えられる。次いで処理間で比較すると、30秒区の平均値は、大腿二頭筋の0日目を除いて、60秒区よりも高い。すなわち、加熱ドリップに関しては、電気刺激時間が長くなれば比例的に増加するのではなく、ある至適な刺激時間が存在し、今回の条件において背最長筋では60秒の電気刺激が至適であると考えられる。このことは、60秒区の値が最小であることや、試みに一頭の牛を用いて90秒間電気刺激を行った背最長筋の加熱ドリップが、と殺後7日目で42.1%と大きかったことから推察される。

色調値の平均値は表2に示したが、今回供試した筋肉においてはL\*、a\*およびb\*ともに、対照区と比較して両電気刺激区の方が、いずれの経過日数に

においても概ね高い値を示した。また、各筋肉部位ともに0日目の処理間差が最大で、この差は横隔膜および背最長筋の電気刺激区間を除いて有意であった。L\*、a\*およびb\*の平均値は、全てと殺後1あるいは2日目に最大値に達し、以後、低下する傾向が認められたが、この傾向は試料間でやや様相が異なり、特にL\*で顕著であった。すなわち、背最長筋のL\*は、いずれの処理区においても1日目に最大値を示し以後やや低下する傾向にあるが、大腿二頭筋の電気刺激区では、ほぼ一定の値で推移し、横隔膜においては明らかな傾向が認められなかった。これらの特徴を要約すると、電気刺激によって筋肉は色が浅くなる方向へ変化し、特に、背最長筋と大腿二頭筋ではと殺後0日目でこの傾向が顕著であった。また、背最長筋では、日数の経過とともに対照区と電気刺激区における色調の差が肉眼的にも色調値の平均値においても少なくなるが、大腿二頭筋では、と殺後0日目における差がほぼ7日目まで継続し、電気刺激区の色調は肉眼的に対照区よりも浅い印象を与え、このことは対照区と比べて電気刺激区のL\*およびb\*の平均値が大きいことによるものと考えられた。また、横隔膜では、この様な傾向が認められず電気刺激の影響が不明であった。すなわち、電気刺激はと殺後の初期に牛肉の色調に大きな影響を与えるが、その程度や持続性に関しては個体間や個体内の筋肉間で一様ではないことが示唆された。

と殺後の筋肉において重要な生化学的変化の一つはpHの低下である。pHの低下速度は、生体における個々の筋細胞の収縮の様式や代謝の相違によって異なり、これらはミオグロビンの含有量に反映する(CHRYSTALL and DEVINE; 1985)。しかし、これらの性質は、各個体あるいは個々の筋肉の運動や神経支配によっても影響されるため、今回用いた3つの

筋肉の筋線維の性質あるいは筋線維型の構成割合を推定することは困難である。また、一般に、電気刺激により筋肉のpHの低下速度は早まると考えられているが、今回示した横隔膜のように影響をほとんど受けない筋肉もあり、筋肉の運動様式や代謝と電気刺激との関連性に関してはさらに詳細な検討が必要である。

## 文 献

- CHRYSTALL, B. B. and C. E. DEVINE, (1985) Electrical stimulation: Its early development in New Zealand. in *Advances in Meat Research. Electrical Stimulation*. 73-115.
- HENRICHSON, R. L. and A. ASGHAR, (1985) Cold storage energy aspects of electrically stimulated hot-boned meat. in *Advances in Meat Research. Electrical Stimulation*. 237-268.
- MIKAMI, M., M. SEKIKAWA and H. MIURA, (1993) Peptide and free amino acid content of electrically stimulated beef. *Meat Focus International*, 2: 537-539.
- MOORE, V. J. and O. A. YOUNG, (1991) The effects of electrical stimulation, thawing, ageing and packing on the colour and display life of lamb chops, *Meat Sci.*, 30: 131-145.
- 関川三男, 三上正幸, 三浦弘之, (1992) 牛肉の理化学的分析値に対する主成分分析, 帯広畜産大学学術研究報告, 17: 349-355.
- SEKIKAWA, M., M. MIKAMI and H. MIURA, (1993) Effects of electrical stimulation on meat colour, structure and amino acid content. *Proc. 1st Asia and Pacific Congress on Meat Sci. and Techno.*, Beijing, China, 183-193.