

9262 電気刺激をおこなった食肉の食塩浸透性と加工適性の改善効果

助成研究者:三浦 弘之(帯広畜産大学 生物資源化学科)

共同研究者:中川 充利(帯広畜産大学)

:三上 正幸(帯広畜産大学)

:関川 三男(帯広畜産大学)

ホルスタイン牛に対して屠殺後、低電圧電気刺激(40V、13.8Hz)を60秒間行った。

腿部から採取した大腿二頭筋を整形し、2°Cのピクル液に塩漬した。塩漬して、0~21日の間に塩漬液から取り出し分析した。

この塩漬期間中に熟成が進み食塩、硝酸塩、亜硝酸塩が広く筋肉系に浸透拡散し、肉塊の中に典型的な発色と風味が作られることはよく知られている。

同時に食塩、粗タンパク質、SDS-PAGEパターン、みかけの粘度、加熱形成ゲル収率、切断応力、圧縮応力などの変化を分析した。

その結果を示すと下記の通りである。

1. 浸透する食塩の濃度は、電気刺激をおこなった食肉塊の方が、電気刺激をおこなわない物よりも高く、相対的にピクル液の食塩濃度は減少した。
2. 塩漬液中の粗タンパク質量は、塩漬中に増加した。
3. SDS-PAGEによるタンパク質パターンの消長は、電気刺激をおこなった食肉塊において、 α -アクチニン、トロポニンT、トロポミオシンの減少が見られた。
4. pH値は塩漬工程中5.5~5.6であった。
5. 電気刺激をおこなった挽き肉スラリーのみかけの粘度は、有為に高かった。
6. 電気刺激をおこなった食肉の加熱形成ゲル収率は、塩漬後3日目に飛躍的に高くなったが7日以降は平衡状態になった。
7. 切断応力および圧縮応力は共に塩漬14日から21日目にかけて大きな変化はみられなく安定していた。

9262 電気刺激をおこなった食肉の食塩浸透性と加工適性の改善効果

助成研究者:三浦 弘之(帯広畜産大学 生物資源化学科)

共同研究者:中川 充利(帯広畜産大学)

:三上 正幸(帯広畜産大学)

:関川 三男(帯広畜産大学)

1. 研究目的

本来、食肉の保水性は食塩濃度が4.6～5.8%の付近でもっとも高くなることから、保水性と保蔵性の維持のために高い食塩濃度が使われて来た。しかしながら健康上の理由から減塩がはかれるようになってからは、食肉加工の分野においても減塩化が進み、そのために本来の肉製品らしさが失われて来ている。そこで本研究では低い食塩濃度でも食肉の深部まで短時間で浸透させるひとつの方法として、電気刺激による食肉の多孔質化を計り、それによって、いわゆる単身製品(ハム・ベーコン・生ハムなど)の塩漬効果を促進し、均質化を計りたい。電気刺激という物理的な処理によって、塩漬効果を促進させるので当然食肉の性状に理化学的変化が起こるから、その様な変化が肉製品原料としてどのような付加価値を生ずるかを明らかにしたい。

2. 研究方法

海野(1992)は電気刺激を施した牛肉は、電気刺激を施していない牛肉に比べて、自己消化が急速に進み、筋繊維の筋内膜からの離脱による空隙が出現し、多孔質な組織になることを報告している。このことは、塩漬効果の促進を期待させるものである。

十勝ハンナン株式会社で肥育されたホルスタイン経産牛4頭を用い、屠殺直後に40V 13.8Hz、60秒の電気刺激を行ったES区と電気刺激を行わない対照区とした。

供試部位は類似した試料である事が望ましいので生後6年1ヶ月～7カ月で、3～4産の生体重550～610Kgの牝牛の大腿二頭筋を用いた。

塩漬液は原料肉に対して70%の水にたいして食塩15%、砂糖6%、硝酸カリ0.1%、亜硝酸ナトリウム0.01%、胡椒0.5%、カルダモン0.1%、オールスパイス0.3%を混合し、1昼夜冷蔵して濾過したものをを用いた。別に重合リン酸塩を0.3%加えた塩漬液も調製した。

1頭の左右枝肉から採取した大腿二頭筋は、電気刺激区、対照区それぞれ調製して、別々に塩漬液に浸漬し、冷蔵庫中で毎日一回反転させ浸漬後0、3、7、14および21日後に取り出し、筋繊維の走行に対して直角に両端から2cmを取り除き3cmの厚さ部分を取り出してAブロックとし、更に5cmの幅で取り出したものをBブロックとした。

取り出したブロック肉は、それぞれ1cm幅でトリミングし(Fig.1)細切したものを更にミートグラインダーに2度かけて混和・均質化した。

- 1) 食塩の定量 挽き肉試料および塩漬液はヒスコトロンでホモゲナイズし、その濾液についてMOHRの方法により定量した。
- 2) 粗蛋白質の定量 塩漬液の粗蛋白質はキエルダールの方法により定量した。
- 3) SDS-PAGE SDS-ポリアクリルアミド電気泳動はLEAMMLIの方法に従いBio-Rad社のMini-ProteinIIスラブゲル装置を用いて分析した。
- 4) pHの測定 pHの測定は東亜電波工業〔株〕HM-20B pHメーターを用いて測定した。
- 5) みかけの粘度 みかけの粘度は、試料細切肉をホモゲナイズして、回転粘度計BM8型（東京計器〔株〕）を用い、25°Cの恒温槽中で、回転数1.5rpm、ローターNO.3で測定した。
- 6) 加熱形成ゲル収率 挽き肉試料を冷却しながらホモゲナイズし、70°Cで30分間加熱し、200Gで10分間遠心分離した上澄を捨てて生成ゲルの重量を測定し、加熱前の重量に対する割合を求めた。
- 7) 切断応力測定 6)で得られた加熱ゲルの上層および下層各1cmを採り出してレオメーター（不動工業NRM-1002A）で測定した。
- 8) 圧縮応力測定 6)で得られた加熱ゲルの中間層1cmを採り出してテンシロンUTM-4（東洋測器〔株〕）で測定した。

3. 実験結果

①塩漬肉塊中の食塩浸透率の推移

塩漬により肉塊中に食塩が浸透する状態を経日的な推移で示すとF.2の通りである。Aブロック、Bブロックとも0日目および3日目まではほとんど差異が認められないが、7日目以降は明らかに電気刺激区の食塩の浸透が早い。しかし、この傾向は塩漬液に重合リン酸塩を添加した場合、両区間に差異がみられなくなる。(Fig.3)

②塩漬液中の食塩およびタンパク質含有量の推移

塩漬液中の食塩の減少曲線および可溶性タンパク質の経日的推移を示すとFig.4, Fig.5の如くである。電気刺激区は常に対照区よりも食塩含有量が低く14日目および21日目にはその差異が明瞭になる。しかし、リン酸塩の添加によって両区間に差異がみられなくなる。可溶化するタンパク質は経日的に電気刺激区が高くなるが、リン酸塩添加の有無によって溶出するタンパク質量に差異は見られない。

③SDS-PAGEによる食肉構成タンパク質の変化

SDS-ポリアクリルアミド電気泳動によって食肉構成タンパク質の経日的変化を調べるとF.6の如くで、塩漬日数と共に各構成タンパク質バンドは減少し細くなるが、リン酸

塩添加の有無による差異は顕著でない。しかし電気刺激によって減少は促進されている。

④ pHの変化

塩漬中の肉塊のpH変化を示したのがTable 1でリン酸塩添加の有無とは関係無く、5.5～5.6の範囲を示し、いわゆる塩漬肉の通常のpH領域であった。

⑤みかけの粘度

みかけの粘度はFig.7, 8の如くで塩漬日数の経過と共に増加の傾向を示すが、電気刺激区の方が1%水準で有為の高い粘度を示した。しかし、リン酸塩の添加によって、粘度の経日的変化に特徴がみられなくなった。

⑥加熱形成ゲル収率

加熱形成ゲル収率は、電気刺激区において0日目から3日目にかけて急激に増加し、以後減少したまま平衡状態を保った。平衡状態に入ってから推移は常に電気刺激区が低く推移し、リン酸塩添加によってもその傾向は変わらなかった。(Fig.9, Fig.10)

⑦切断応力測定

切断応力測定結果はFig.11, 12の如くで一旦低下した後平衡状態で推移する。この場合電気刺激区の方が、ばらつきが小さく推移する。そうして14日間あるいは21日間経過すると両区の間には有為の差は見られない。しかしリン酸塩の添加によって両区の間にはほとんど差異が見られなくなる。

⑧圧縮応力測定

圧縮応力測定の結果はFig.13, 14に示す通りである。塩漬0日目であるにもかかわらず、電気刺激区の方がゲル圧縮応力は高いが塩漬日数の経過と共に両区の間には差異は見られなくなった。一方リン酸塩の添加によって対照区の圧縮応力は上昇した。

4. 考察

肉製品の加工工程である塩漬は、肉製品の保存性を高め、風味、色調、保水性、組織などを良くする目的を持っているが、食肉塊に対する塩漬剤の浸透は遅く、常圧では一晩で1mm程度である。従って肉厚の部位では中心部に塩漬剤をゆきわたらせる為には数カ月を要する。また、塩漬剤の拡散速度は温度に比例するから、温度が高いほど速やかに終了する。しかし高温では微生物の発育も早く、条件によっては変敗の原因ともなる。

塩漬温度を通常3～5°Cに限定するのはこのような変敗を防ぐ目的もある。

塩漬剤と食肉組織中の塩濃度の差が大きい程拡散速度は大きく速やかに塩漬剤が食肉組織中に浸透するが、最近の食品の食塩濃度は、健康上の理由から低減化の方向にある。

その結果塩漬剤の食塩添加量は少なくなり、結果として塩漬の目的の一つである保水性が低下し、肉製品の品質が低下する原因になっている。この品質低下を補うものとして、リン酸塩の添加が行われるが、近年の様に加工品に対する添加物の使用を極力制限してゆこうとする社会的趨勢のもとでは、出来るだけ使用量を少なくするか、あるいは使用しな

いことが望まれる。そこで従来から家畜を屠殺したあとのコールドショートニングを防止する技術として使用されている低電圧電気刺激により筋肉組織の酵素的賦活をはかると、筋繊維周辺に空隙を生じて、深部にまで塩漬剤が浸透し、その結果塩漬効果が促進されるのではないかという発想からこの研究は行われた。

塩漬により肉塊中に食塩が浸透する早さは3日目まで電気刺激の有無によって差異は認められないが、7日目以降は電気刺激区の方が食塩濃度が高く、深部のBブロックにまで効果的に浸透した。(Fig.2) 塩漬液にリン酸塩を添加すると電気刺激による塩漬剤浸透の差異は見られなくなるが、リン酸塩の親水性界面活性剤的作用によるもので、脂肪とタンパク質混在の系の中でエマルジョンの安定化に寄与する解膠作用を示したものであろう。(Fig.3)

塩漬液中の残存食塩濃度は塩漬日数の経過と共に減少するが、電気刺激区の方が最終的には低い。(Fig.4) この事は電気刺激区の肉塊の食塩濃度が高くなることを裏付けている。塩漬液中に溶出するタンパク質濃度は電気刺激区の方が高くなり(Fig.5)食肉タンパク質の可溶化が進んでいることを示している。

SDS-PAGEによる食肉タンパク質の経日的変化をブロック肉B Fig.6で比較してみると、電気刺激区では α -アクチニン、トロポニンT、トロポミオシンの減少が認められ、塩漬液へのタンパク質の溶出は、これら筋原繊維タンパク質の可溶化によるものである。

塩漬肉のpHはTable 1に見られる様に5.5~5.6の範囲で経日的にも安定しているから電気刺激による極端な肉質変化は起こっていない。

試料細切肉のみかけの粘度をみると(Fig.7)塩漬日数の経過と共に両区とも粘度の上昇が認められるが、電気刺激区は常に高く推移する。電気刺激による食肉組織の多孔質化により塩漬剤の深部浸透が進み、筋原繊維タンパク質の抽出性が高められて粘性を増している現象と見る事が出来る。しかし、リン酸塩の添加によって塩漬液のイオン強度が高められる為にリン酸塩による抽出性が増加して、両区の差異が明確でなくなった。

加熱形成ゲルの収率は、塩漬によって保水性が高められた場合の尺度として比較することができる。電気刺激によって早期に収率が高められるが、塩漬7日目以降は対照区とほとんど差異がなくなり、むしろ低い値で推移する。(Fig.9)この事はリン酸塩の添加によっても見られ(Fig.10)むしろ電気刺激区が低く推移し、リン酸塩の添加によっても補われない。

ゲル切断応力は、官能検査でいう歯切れの良さを表現する尺度として有効である。分析測定の結果電気刺激区が概して低く推移し、ゲルの構造はやわらかいものと推定される。

しかし、リン酸塩の添加により電気刺激の効果は解消された。(Fig.11, Fig.12)

ゲル圧縮応力は Fig.13, Fig.14 に示される。塩漬0日目であるにもかかわらず、電気刺激区は高い値を示し、ほとんどが電気刺激のみによる物性変化とみる事ができる。

Fig.14に見られるようにリン酸塩の添加によって両区のゲル圧縮応力は互いに交錯し、電気刺激による影響を読み取ることは出来ないが、圧縮によって復元しようとする力は、両区とも塩漬日数の経過と共にほぼ一定の幅で推移した。

このように、塩漬を前提とした食肉に電気刺激を行うことにより、食肉内の種々の酵素系が賦活され、死後変化によつて持続している硬直現象を緩和する。この緩和によって、筋繊維の周辺が多孔質化し、塩漬剤の浸透を早める効果を示す。

食肉加工における塩漬は、高い食塩濃度の下に、長期間かけて行われて来たが、最近健康上の理由から低減化が図られるようになり、塩漬液自体の食塩濃度も低い濃度のものが使われるようになってきている。そのために肉製品の品質が弾力性に欠け、保水性も劣るものが多いと指摘されている。また塩漬剤の浸透が悪いと発色にむらを生じ、切り口の褪色、褐変、および緑変などの原因になりやすい。

そこで低濃度でも早期に均一な浸透をうながす方法として低電圧電気刺激が行われた。

食肉組織の多孔質化により食塩は広く深部にまで到達し、粘調性を誘発した。しかし、加熱形成ゲルの収率やゲル切断応力、ゲル圧縮応力などの物性の要素は塩漬直後の状態では適度の弾性を示すが、塩漬日数の経過と共に対照区と差異がみられなくなった。

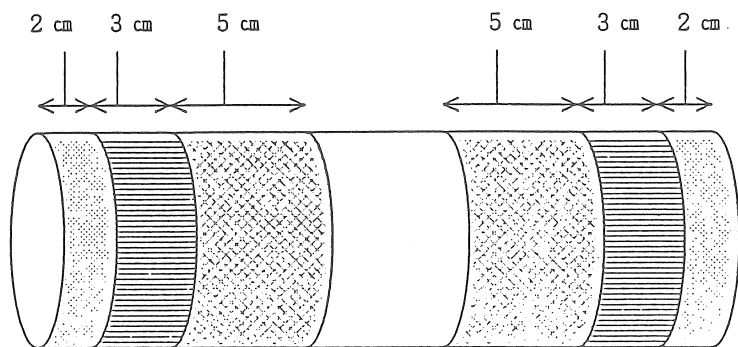
5. 今後の課題


低電圧電気刺激を行った牛肉を用いて塩漬し、塩漬剤浸透に伴う物性の変化を調べた。


電気刺激を行った食肉は食塩の浸透が早い、物性の変化から見てそれほど際立ったものではなかった。しかし、塩漬液のタンパク質の可溶化とSDS-PAGEパターンから見て、電気刺激を行った食肉を塩漬することにより食味の改善に効果が期待される。


6. 文献

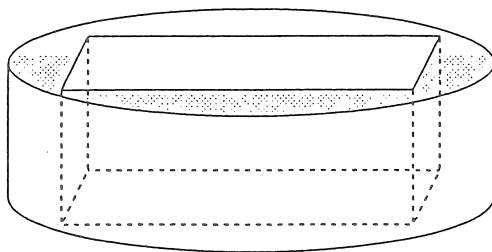
- 1) 海野直也 (1992) 第84回日本畜産学会講演要旨 (広島大学) P. 100.
- 2) Bendal J. R. (1972) Meat Research Institute Symposium No. 2, P. 3.
- 3) Carse W. A (1973) J. Food Technol., 8, 163.
- 4) Dutson T. R. and A. M. Pearson (1985) Advances in meat research I., 207.
- 5) Dutson T. R. et al. (1981) Die Fleischwirtschaft, 61, 596.
- 6) Dutson T. R. et al. (1980) J. Food Sci., 45, 1097.
- 7) Elgasim E. A. et al. (1981) J. Food Sci., 46 340.



 : trimming portion 2cm from side

 : A block(3cm)

 : B block (5cm)




 : trimming 1cm from side

Fig.1 Preparation of meat lump

Table 1 Changes of pH during in curing process
(non phosphate)

	days	A block	B block	pickle
C-0	0	5.55	5.55	6.57
C-3	3	5.58	5.57	5.49
C-7	7	5.59	5.58	5.54
C-14	14	5.61	5.59	5.54
C-21	21	5.62	5.62	5.57
ES-0	0	5.52	5.52	6.57
ES-3	3	5.53	5.54	5.46
ES-7	7	5.57	5.59	5.52
ES-14	14	5.58	5.59	5.51
ES-21	21	5.60	5.60	5.53

C.....control

ES.....electrical stimulation

Table 2 Changes of pH during in curing process
(add phosphate)

	days	A block	B block	pickle
C-0	0	5.61	5.61	6.58
C-3	3	5.56	5.51	5.77
C-7	7	5.58	5.55	5.66
C-14	14	5.60	5.58	5.70
C-21	21	5.64	5.60	5.74
ES-0	0	5.51	5.51	6.58
ES-3	3	5.53	5.46	5.68
ES-7	7	5.53	5.51	5.68
ES-14	14	5.55	5.55	5.68
ES-21	21	5.56	5.54	5.68

C.....control

ES.....electrical stimulation

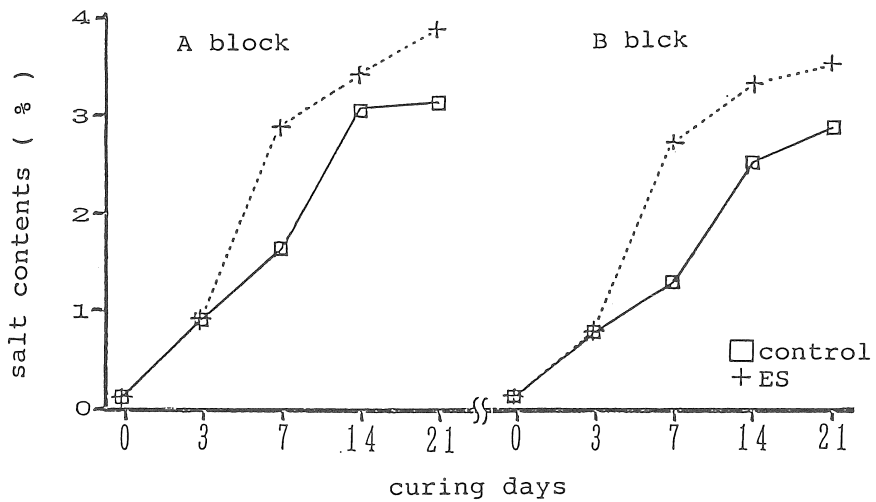


Fig. 2 Changes of salt contents in meat during the curing process (non phosphate)

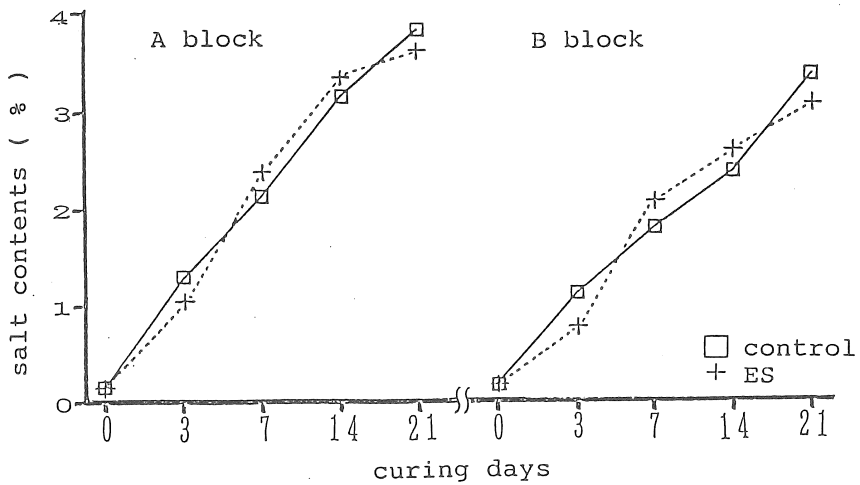


Fig. 3 Changes of salt contents in meat during the curing process (add phosphate)

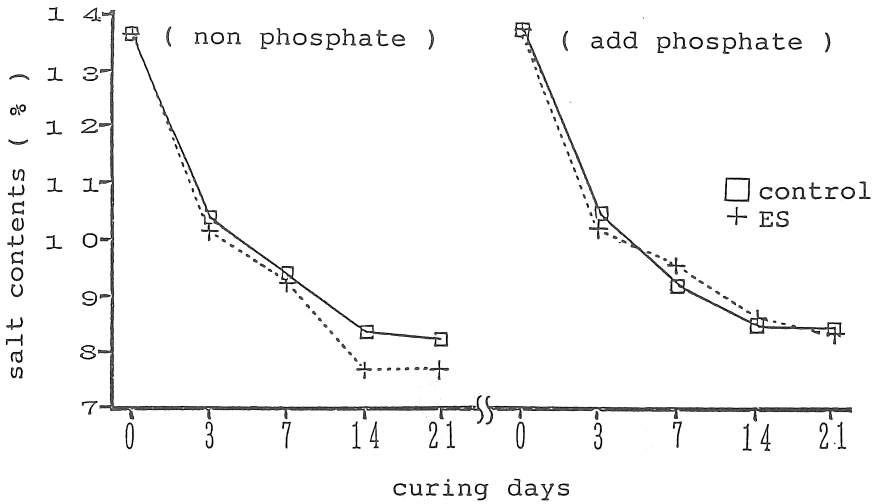


Fig. 4 Changes of salt contents in brain during the curing process

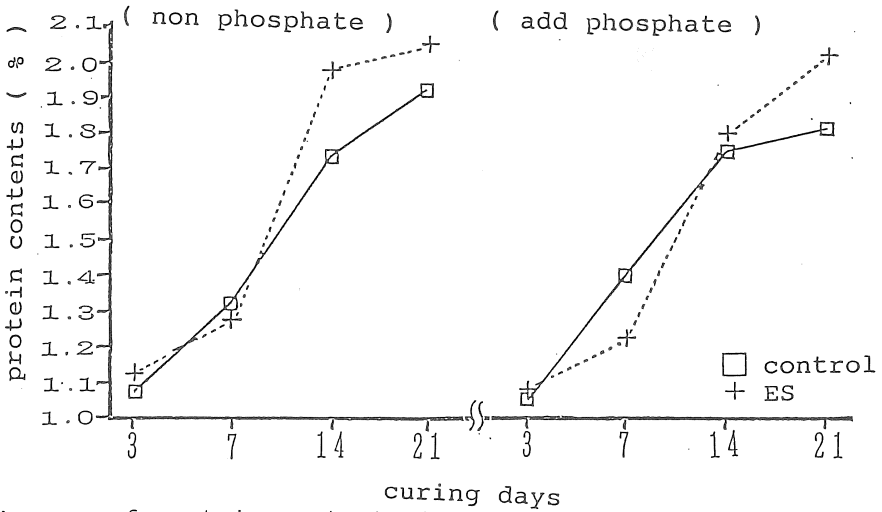


Fig. 5 Changes of protein contents in brain during the curing process

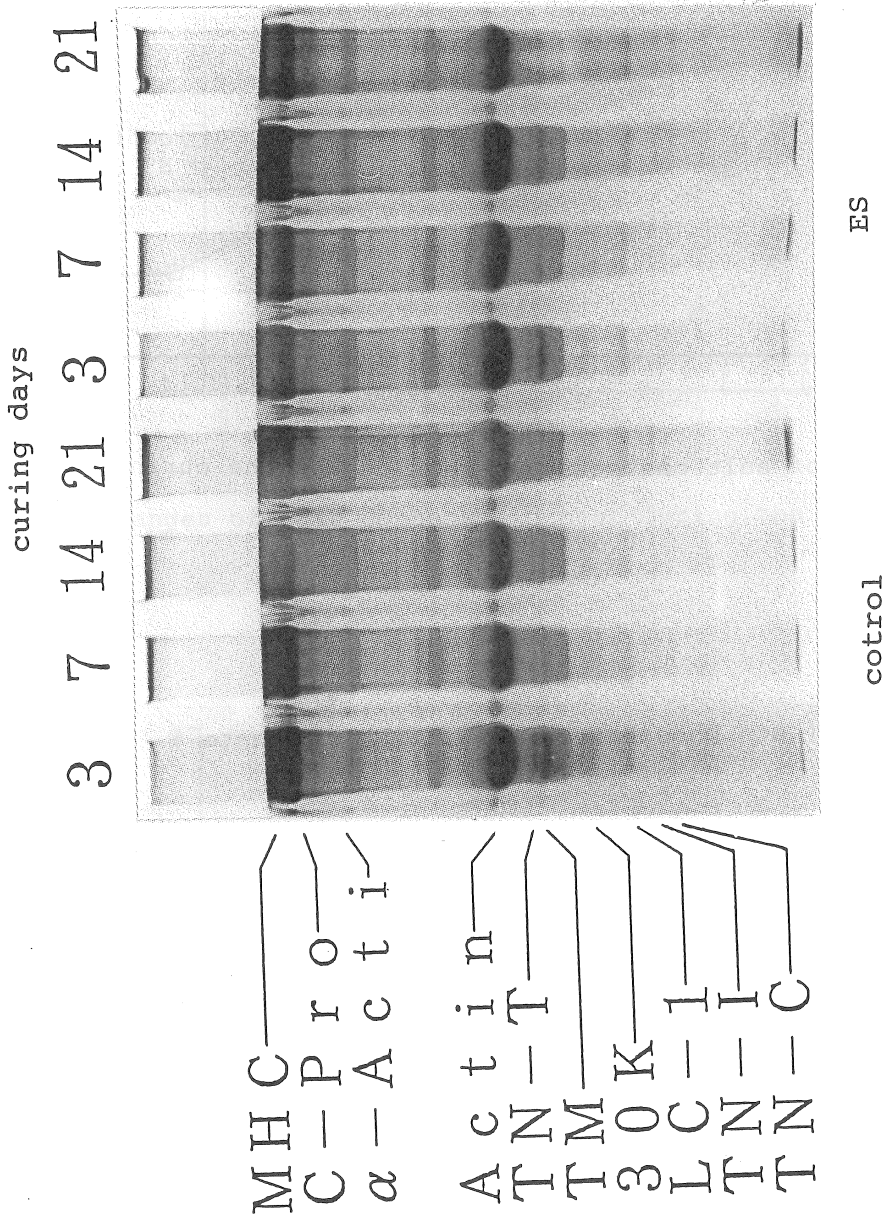


Fig. 6 SDS-PAGE patern of B block meat (non phosphate)

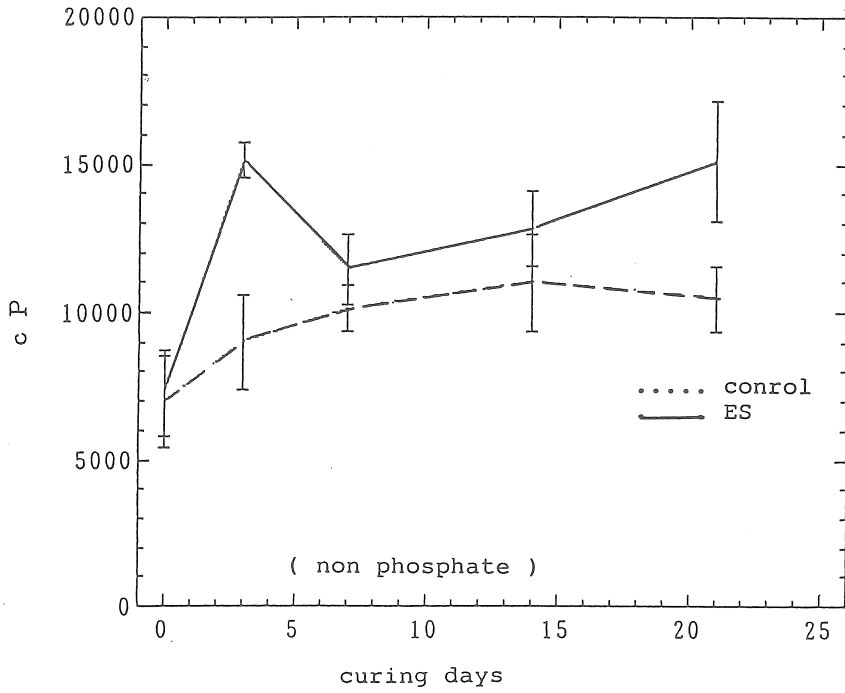


Fig. 7 Changes of Viscosity of meat slurry during the curing process

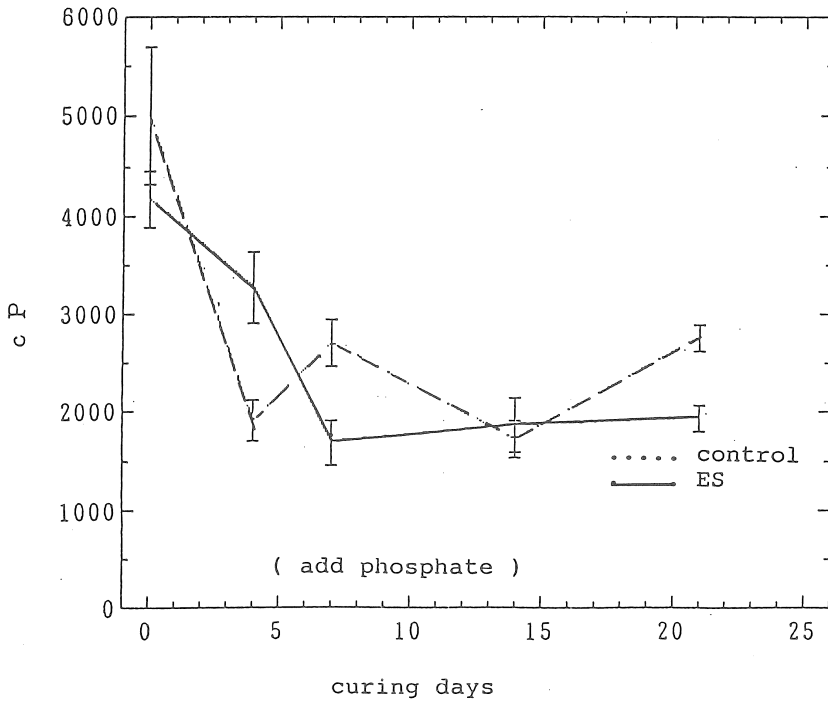


Fig. 8 Changes of Viscosity of meat slurry during the curing process

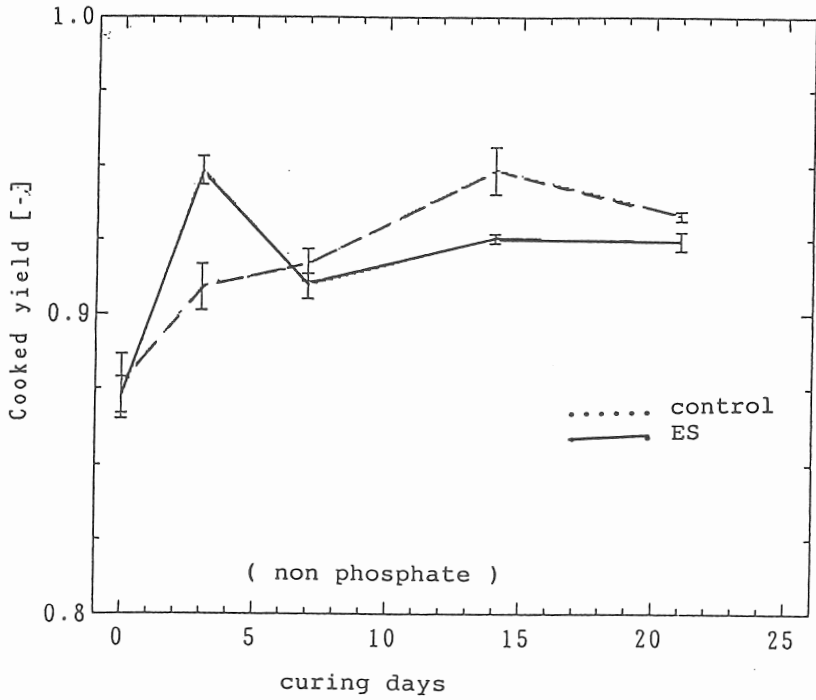


Fig. 9 Changes of Gel yield of meat slurry during the curing process

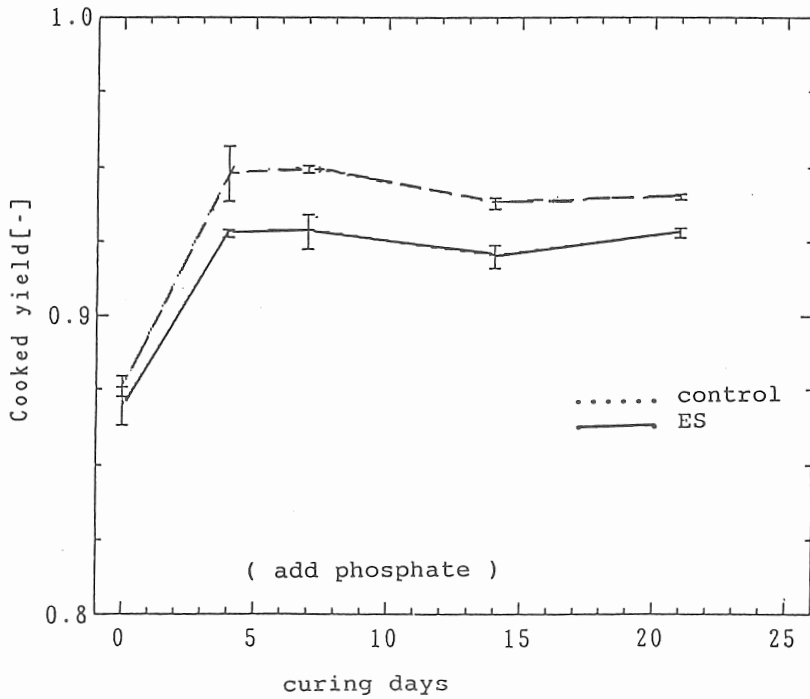


Fig. 10 Changes of Gel yield of meat slurry during the curing process

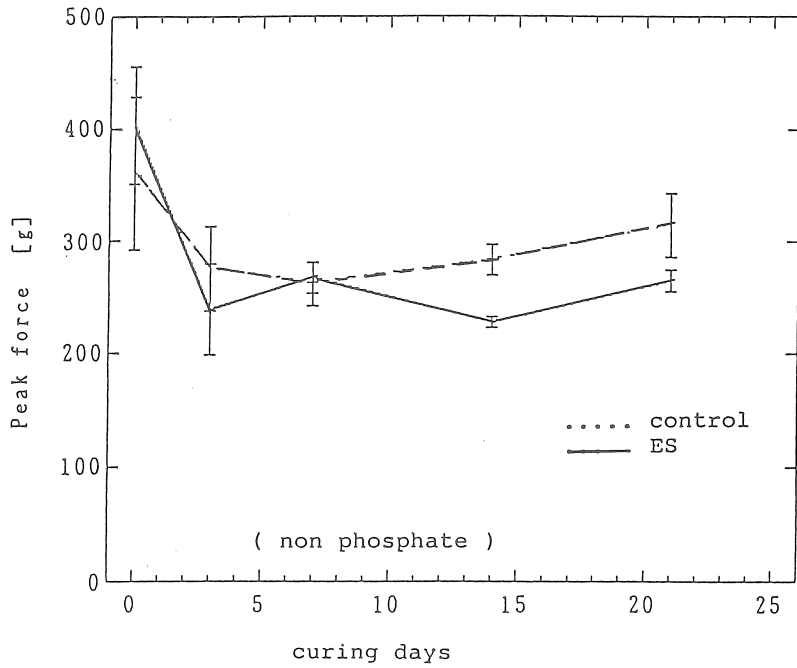


Fig.11 Changes of Shear stress of meat slurry during the curing process

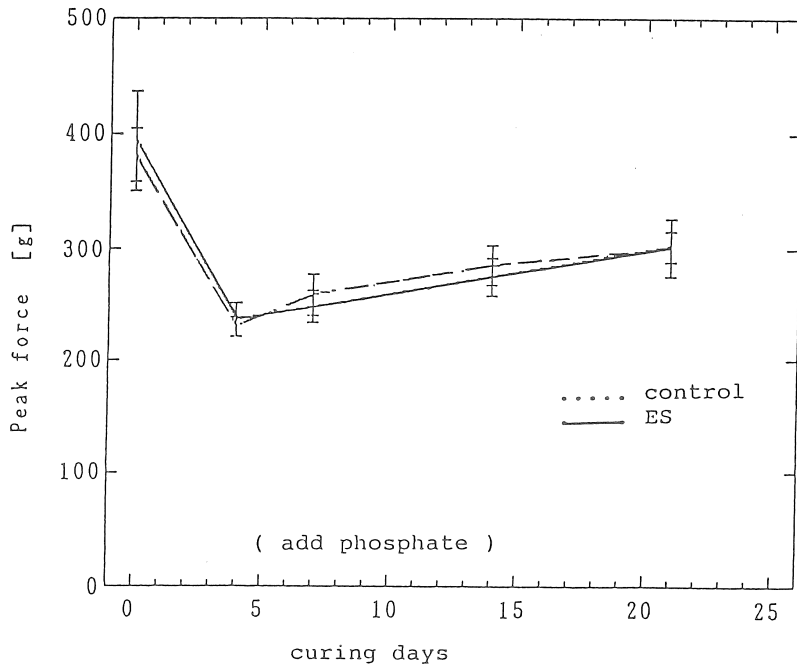


Fig. 12 Changes of Shear stress of meat slurry during the curing process

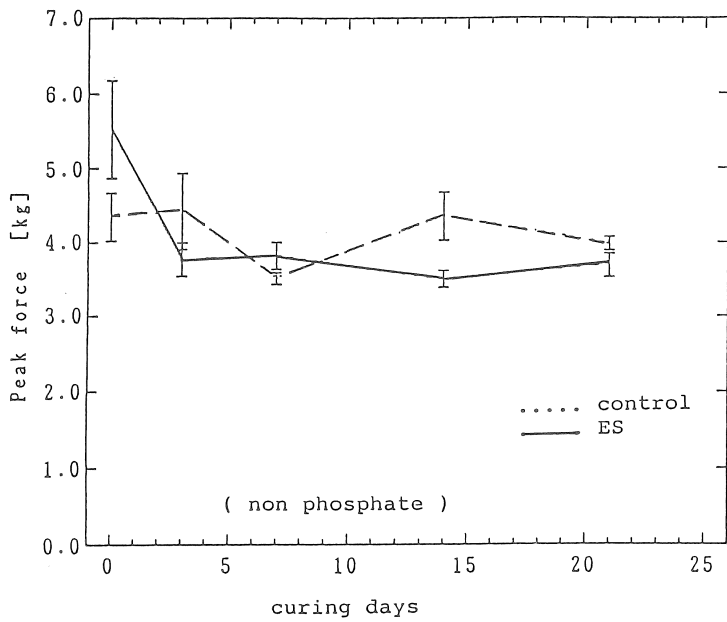


Fig. 13 Changes of Compressive stress of meat slurry during the curing process

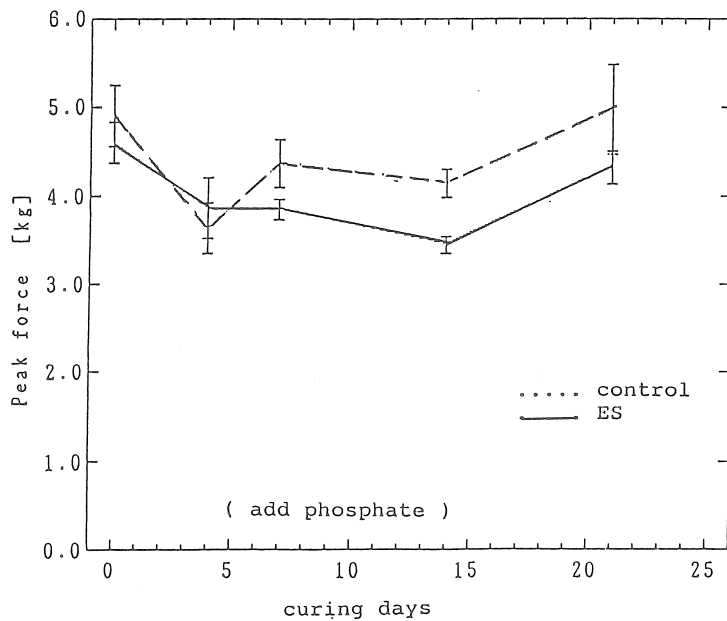


Fig. 14 Changes of Compressive stress of meat slurry during the curing process

Effects of Electrical stimulation on the salt permeation and processing meat
quality of beef

Hiroyuki MIURA, Mitsutoshi NAKAGAWA, Masayuki MIKAMI Mitsuo SEKIKAWA

Department of Bioresource Chemistry, Obihiro University of Agriculture and
Veteinary Medicine

Summary

Electrical stimulation was applied to Holstein cow at a low voltage (40V, 13.8Hz) for 60 sec. after slaughter.

The selected *Biceps femoris* muscle were prepared and cured in pickle brain at 2°C. After removal from the pickle brain the *Biceps femoris* muscle were examined during the curing process to 0-21 days. During this period, known as maturation, the sodium chloride, the nitrate and the nitrite become more evenly distributed throughout the musculature and the typical colour and flavour of meat lump develop.

The changes of content of sodium chloride, crude protein, SDS-PAGE patterns, Viscosity, Gel yields, Shear stress and Compressive stress were investigated at the same time.

The results obtained were as followed.

1. Contents of sodium chloride in electrical stimulated meat lumps increased than non stimulate, relatively in the pickle brain contents decreased during the curing process.
2. Crude protein contents in the pickle brain increased during the curing process.
3. The SDS-PAGE patterns showed that the bands of α -actinin, troponin T and tropomyosin decreased in the electrical stimulated meat lumps.
4. The value of pH about 5.5-5.6 through the processing.
5. Apparent viscosity were significantly high in the electrical stimulated meat slurry.
6. Gel yield of the electrical stimulated meat increased drastically at 3 days, but reached its equilibrium state during the curing process after 7 days.
7. Both Shear stress and Compressive stress were no large difference from 14 days to 21 days in curing process.