

屠鷄處理 前後의 環境溫度가 鷄肉의 生化學的 代謝 및 軟度에 미치는 影響

李 由 方
(韓國科學技術研究所)

Effect of Antemortem and Postmortem Environmental Temperatures on Biochemical Metabolism and Tenderness in Chicken Muscles

Y. B. Lee

Summary

1. The effects of heat stress (38°C), cold stress (4°C) and extreme cold stress (-20°C) before slaughter on the tenderness and postmortem glycolysis of the excised chicken breast muscle were studied. Heat stress significantly (p 0.05) increased the toughness of breast muscle. Though statistically not significant, cold stress also adversely affected the tenderness. The heat-stressed birds showed higher zero hr glycogen, higher zero hr pH and significantly (p 0.05) lower ultimate pH than the controls. The cold-stressed birds showed intermediate values in these parameters. Highly significant correlations were observed between shear value and each of these three parameters. Glycolysis rate and final moisture content were minor factors which affected the muscle tenderness to a limited extent. The slightly elevated lactate-dehydrogenase and creatine phosphokinase activities in serum and breast muscle of stressed birds failed to account for any variations in tenderness.
2. Chicken breast and thigh muscles were subjected to different environmental temperatures to determine if the phenomenon of cold shortening exists in chicken muscle. For both breast and thigh muscles, minimum shortening was observed in the 4-10°C range. Muscles held at 0°C showed a slightly higher extent of shortening than at 4°C; whereas muscles held at above 20°C showed a severe shortening effect. It was concluded that no apparent cold shortening was detected in chicken muscle except at 0°C and even at 0°C and even at 0°C the extent of shortening was of a small magnitude compared to bovine muscles. Since high temperature induces a much greater shortening, muscle temperature must be lowered to below 20°C as early as possible to prevent excessive muscle shortening.

I. 序 論

도살전에 더위, 추위, 피로, 흥분 등의 각종 刺

戟을 받았을 때, 가축은 副腎 피질 및 수질 ฮอร์โมน 分泌가 촉진되고 (Marple and Cassens, 1973) 그 果로 死後 筋肉内 代謝速度와 肉質에 영향을 미 게 된다. (Hedrich, 1965; Marple and Cassens,

1973). Sayre 등(1963)은 돼지를 도살 전에 높은 環境溫度에 死後 筋肉溫度가 상승하고 解糖作用(glycolysis)이 促進되어 고기의 軟度가 低下하였다고 報告하였다. 또한 자극에 감수성이 강한 돼지를 도살전 高溫에 放置하였을 때 肉質이 不良한 PSE (pale, soft, exudative) 筋肉이 많이 생성되었다. (Judge, 1966). 이와 反對로 屠殺前에 低溫에 방치한 돼지는 보다 肉質이 良好하였고 軟度도 높았다고 보고되었다. (Briskey, 1963).

환경온도가 이처럼 육질에 미치는 영향에 대한 보고가 豚肉과 牛肉에 대해서는 많이 있으나 鷄肉에 대해서는 극히 제한되어 있다. 즉 Simpson 등(1975)은 최근의 보고에서 가을에 도살된 브로일러 屠體가 다른 계절에 비해 軟度가 가장 좋았다고 하였고 Wood 등(1975) 등은 도계전 높은 환경 온도는 계육의 軟度에 아무런 영향을 미치지 못했으며 오히려 2℃의 낮은 溫度에서 軟度가 약간 低下하였다고 報告하였다. 한편 Lee 등(1973)은 도계장에서 처리되는 브로일러를 연중 조사한 결과 더운 여름에 처리된 계육이 가장 軟度가 不良하였음을 관찰하였다. 이처럼 鷄肉의 경우, 研究者에 따라 서로 다른 結果를 報告하였고 그 數도 제한되어 있어 일정한 結論을 내릴 수 없었다.

또한 家畜의 도살후의 屠體 保存온도가 肉質에 미치는 영향을 보면, 牛肉과 羊肉의 경우 屠體의 신속한 냉각은 근섬유의 冷短縮(cold shortening)을 초래하여 軟度가 극히 저하하여 고무처럼 질긴 고기를 얻게된다고 報告되었다(Marsh, 1966; Locker, 1963). 鷄肉의 경우 두가지의 相反된 研究報告가 있는데 즉 Smith 등(1969)은 도계후 계육을 0℃에서 보존하였을 때 牛肉에서와 마찬가지로 심한 근섬유의 短縮이 있었다고 보고한데 대해 Jungk 등(1970)은 0℃에서는 근섬유의 短縮이 없었고 오히려 보존온도가 높음에 따라 비례적으로 短縮度가 증가하고 肉質이 저하하였다고 報告하였다. 또 다른 보고는(Welbourn 등, 1968) 계육을 0℃의 저온에 3시간 보존하였을 때 다리고기는 현저하게 軟度가 低下하였으나 가슴고기는 약간의 軟度 低下가 있었을 뿐이라고 하였다.

이와같이 鷄肉의 경우, 屠殺前의 環境溫도와 도살 후의 계육 보존온도가 근육내 代謝, 근섬유의 短縮度 및 軟度에 미치는 영향에 대해 相異한 研究結果가 보고되고 있어 일정한 結論을 내릴 수 없으므로 本 研究에서는 이것을 분명히 규정하고자 實

施하였던 바 그 結果를 보고하는 바이다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗 I. 屠鷄前의 環境溫度가 肉質에 미치는 영향

(1) 試驗期間 및 場所

1976年 4月 20일부터 8月 20일에 걸쳐 美國 鷄 食食品研究所에서 實施하였다.

(2) 供試動物 및 試驗設計

六週齡 브로일러 암컷 200羽를 브로일러생산업자로부터 구입하여 20±2℃로 環境온도가 일정하게 유지된 鷄舍에 수용하여 2週間 平飼育한 후, 8週齡때에 平均體重 1.5kg의 건강한 個體 60羽를 선정하여 供試動物로 使用하였다.

試驗區는 標準 對照區, 高溫區, 低溫區, 極低溫區의 4區로 하였는데 브로일러 5羽씩을 屠殺 6時間 前에 環境온도가 各各 20℃, 38℃, 4℃, -20℃로 일정하게 유지된 恒溫室에 비치한 후 屠殺處理하였다. 各 處理當 3反覆, 反覆當 20羽씩 完全任意 配置하였다.

(3) 試料採取

各 屠體로부터 가슴근육(pectoralis major)을 제거하여 4℃의 차가운 증류수가 담긴 용기에 넣어 氷室에 비치한 後, 死後 0, 2, 4, 24時間마다 8g씩의 筋肉試料를 채취하여 즉시 液体窒素에 冷凍하였다. 冷凍된 試料를 冷凍된 상태에서 분말로 한 후 glycogen, PH, 水分含量을 측정하였다. 또한 死後 24時에 마지막 시료 채취후 남아있는 가슴고기는 20分間 100℃의 熱湯에서 處理한 후 Kramer shear press를 이용하여 剪斷力(shear force)를 測定하였다.

(4) 化學分析

筋肉水分含量은 AOAC(1975)法에 의해서, PH는 1g의 試料를 10ml의 5M sodium iodoacetate로 均質化하여 測定하였고 glycogen은 Dalrymple等(1973)의 方法으로 분리한 후 phenalsulfuric acid를 사용하여 측정하였다(Dubois 등, 1956). 또한 屠鷄時 채취한 血清과 屠鷄 直後에 채취한 0時間의 筋肉試料에 대해 lactate dehydrogenase(LDH)와 creatine phosphokinase(CPK)의 活力을 Bergmeyer(1974) 및 Forster(1974) 方法에 의해 測定하였다.

2. 試驗 II. 屠殺後 筋肉의 保存溫度가 肉 軟度에 미치는 영향

(1) 試驗期間 및 場所

1977년 2월 10일부터 2월 30일까지 20日間에 걸쳐 試驗 I에서와 같은 場所에서 실시하였다.

(2) 供試試料 및 試驗設計

体重 2 kg 내외의 로우스터 肉鷄 10首를 가끔처리장으로 부터 구입하여 표준방법으로 屠殺한 후 즉시 가슴근육(pectoralis major)과 다리고기(thigh muscle)를 절취하였다. 이들 근육으로부터 0.5×0.5×4~6cm의 길고 가는 筋肉切片을 근섬유의 방향과 평행하게 절제하여 여과지 위에 놓은 후 petri dish에 담고 여과지를 生理的 식염수로 적셨다. 여과지 위에 근육의 최초 길이를 표시한 후 petri dish의 뚜껑을 덮고 0, 4, 10, 16, 22, 25, 35 and 43℃의 각각 다른 恒溫室에 비치하였다. 各溫度處理區마다 10개의 가슴근육 切片과 10개의 다리근육 切片을 供試하였다. 處理後 5時間이 經過한 다음 筋肉의 길이를 다시 測定하고(최초의 길이-최후의 길이)÷최초의 길이×100의 公式에 의거 短縮度(Degree of shortening)를 計算하였다.

筋肉 PH는 試驗工에서와 同一한 方法으로 測定하였다.

II. 結果 및 考察

1. 試驗 I. 屠殺前 環境溫도의 영향

(1) 가슴고기의 軟度(tenderness)

도계후 24시간 熟成하여 加熱處理한 가슴 고기의 軟度는 표 1에서 보는 바와 같다. 剪斷力은 軟度를 客觀적으로 測定하는 方法으로서 剪斷力이 클수록 고기는 질기고 反對로 작을수록 고기는 연한 것을 나타내게 된다. 표1에 의하면 剪斷力이 標準對照區에서 가장 낮았고, 低溫區, 極低溫區, 高溫區의 順序로 증가하였으며 對照區와 高溫區 間에는 5%水準에서 有意差가 있었다. 심한 個體間의 變異때문에 對照區와 두개의 低溫區 사이에는 有意差를 認定할 수 없었으나 3反覆에서 한결같이 低溫區가 對照區보다 軟度가 劣等함을 나타내었다. 이러한 實驗結果는 環境溫度가 높거나 낮은 경우 계육의 軟度에 좋지 못한 영향을 주고 있음을 말해 준다. 이는 더운 여름에 생산된 브로일러 고기가 신선한 계절에 생산된 브로일러보다 그 軟度가 열등하였다고

報告한 Lee 등(1973), Simpson(1975) 등의 관찰과 一致하고 있다.

표 1. 가슴고기의 剪斷力

도살전 환경온도	공사동물수	剪斷力* (kg/20g시료)
표준대조구	15	150±13°
고온구, 38℃	15	187±13°
저온구, 4℃	15	170±12°
극저온구, -20℃	15	175±8°

* 평균±표준오차

a, b 서로 다른 글자로 표시된 처리구는 5% 수준에서 유의차가 있음.

(2) 筋肉 glycogen 含量과 死後 解糖作用 速度

가슴근육에 있어서 各處理別 死後 時間 경과시에 따른 glycogen水準을 表示하면 表2와 같다. 筋肉의 收縮作用에 필요한 에너지로는 ATP와 glycogen이 存在하는데 이들 에너지源의 근육내 含量과 이의 死後 分解速度는 근섬유의 物理的 狀態와 短縮度(shortening)에 영향하고 궁극적으로 고기의 軟度에 영향하게 된다.

表2에 의하면, 屠殺 直後(0시간)의 근육내 glycogen 含量은 各處理區間에 有意差는 없었으나 高溫區가 다른 區에 비해 가장 높은 수치를 나타내었다.

低溫區 역시 상당히 높은 水準을 나타내었고 極低溫區는 약간 감소하였다. 이러한 試驗結果는 닭의 경우 다른 가축과는 달리 羽毛의 結연효과로 인해 상당히 낮은 環境온도에서도 근육내 에너지源의 水準이 영향받지 않고 유지되고 있음을 나타내고 있다. 이와 反對로 高溫의 環境온도는 보다 용이하게 근육내의 代謝에 영향한다고 보겠다.

또는 死後 해당작용속도(rate of glycolcolysis)를 보면 低溫區와 對照區間에는 전혀 차이가 없었으나 高溫區는 최초 2시간 동안 對照區에 비해 빠른 해당속도를 보여 주었다. 이와같이 고온의 環境 온도에서 자극을 받은 동물은 근육내 온도가 높아지고 그에 따라 근육내 효소의 活力이 증가되며 결과적으로 基質의 分解速度가 빨라지게 된다고 볼 수 있다.

表 6에서 보는 바와 같이 근육내 glycogen의 최초 含量(0시간의 含量) 및 사후 해당속도는 剪斷力과 높은 相關關係를 보여 주었다. 相關係數는 各々 0.58(P<0.01), 0.31(P<0.05)로서 최초含量이 해당속도보다도 더 높은 상관계수를 보이고 있음은

이제까지 많은 研究者들이 解糖速度만을 重要視하였고 解糖程度(extent of glycolysis)는 중요시하지 않은 것과는 對照的이다. 즉 本 試驗結果는 해당속도와 최초의 glycogen함량(환원하면 해당정도)을 공히 중요시해야 함을 시사하고 있다. 높은 剪斷力을 보인 高溫區는 최초 glycogen 수준과 해당속도가共に 他區에 비해 높았음은 당연한 귀결로 판단된다.

表 2. 死後 時間經過에 따른 근육내 Glycogen 수준의 變化

도살전	死後 經 過 시 間			
	0	2	4	24시간
대 조 구	9.4±0.7	4.6±0.7	2.1±0.5	0.2±0.1
고 온 구	10.9±0.6	4.9±0.8	2.5±0.7	0.2±0.2
저 온 구	9.6±0.9	5.2±0.7	2.7±0.7	0.2±0.1
극저온구	9.0±0.8	4.4±0.5	2.4±0.6	0.2±0.1

* glycogen의 함량은 근육 1g당 mg으로 표시됨.

(3) 근육 PH의 變化

근육내 해당작용의 최종산물인 젖산의 축적은 PH의 저하를 가져오며 各 處理別 筋肉 PH의 變化는 表3에서 보는 바와 같다. 屠殺 直後 0시간의 PH는 處理間에 아무런 有意差가 없었으나 24時間後의 最終 PH에 있어서는 高溫區가 他區에 비해 현저하게 낮았다. 表 2에 나타난 바와 같이 고온구는 근육내 glycogen의 함량이 他區에 비해 높았고 따라서 해당작용이 가장 많이 일어나게 되어 최종 PH역시 가장 낮게 나타났다고 볼 수 있다. 表6에 의하면 剪斷力과 0시간(도살직후) 및 24시간 PH와는 고도의 상관관계를 보이고 있다. 0시간의 PH와 剪斷力間의 높은 상관관계($r=0.72, P<0.01$)는 도살시 근육 PH가 낮을수록 연한 고기를 얻을 수 있음을 나타내고 있다.

本 試驗에서 0시간 PH가 가장 낮은 對照區의 계육이 다른 3구에 비해 가장 연도가 우수하였음을 지적해 준다. 이러한 結果는 Kahn 등(1973)의 보고와 相反되고 있으나 다음과 같이 설명할 수 있다. 즉 도살전 근육이 아직 골격조직에 부착되어 있을 때 근육내 保에 에너지원의 대부분이 소모되게 되면 도살시 낮은 PH를 나타내고 도살 후 절제된 근육의 自由收縮을 위한 에너지가 없어지게 되므로 근섬유의 短縮度가 적어지고 結果的으로 軟度가 높은 고기를 얻게 된다. 이와 반대로 가슴고기의 절취시 아직도 많은 에너지원이 남아있을 때(즉 높은 0시간 PH), 도살후 숙성기간중 근섬유의 自由短縮이

크게 일어나며 그 결과로 질긴 고기를 얻게 된다.

剪斷力과 24시간 후의 최종 PH와의 높은 相關關係($r=-0.55, p<0.01$)은 다른 研究者들(de Fremery, 1966, Kahn and Nakamura, 1970)의 報告와도 一致되며 최종 pH가 낮을수록 연도가 저하된다. 本 연구에서 최종 pH가 가장 낮은 高溫區에 있어 가장 질긴 가슴고기를 나타내었다.

표 3. 死後 경과시간에 따른 PH變化

도살전	死後 經 過 시 間			
	0	2	4	24시간
대 조 구	6.40±0.04	5.99±0.07	5.83±0.05	5.53±0.03
고 온 구	6.46±0.05	6.00±0.06	5.83±0.07	5.46±0.02*
저 온 구	6.48±0.04	6.09±0.06	5.91±0.04	5.51±0.02
극저온구	6.46±0.03	6.03±0.04	5.90±0.05	5.52±0.03

* $p<0.05$

(4) 加熱處理 前後의 水分含量

24시간 熟成기간중의 生肉의 水分함량의 變化와 가열처리 후의 근육 수분함량은 表 4에서 보는 바와 같다. 高溫處理區가 가장 낮은 수분함량을 보이고 極低溫區는 가장 높은 수분함량을, 對照區와 低溫區는 중간수준의 수분함량을 나타내고 있다. 고온처리구의 경우 높은 환경온도로 인하여 조직水분의 脫水가 일어났고 도살후 근육을 24時間 水中에 침지숙성하더라도 쉽게 水和되지 못하고 최종수분함량이 가장 낮았다. 가열처리한 후의 肉水分 함량도 生肉에서와 동일하게 高溫區가 가장 낮은 수치를 보여주었으나 處理間 有意差는 認定할 수 없었다.

剪斷力과 삶은 고기의 水分함량과는 5% 水準에서 有意한 相關關係(表 6, $r=0.35$)를 보이고 있어 筋肉의 水和度가 어느 정도 筋肉의 軟度에 영향을 주고 있음을 나타내고 있다.

표 4. 死後 경과시간에 따른 生肉 및 자숙육의 수분함량(%)

도살전	사후 경과시간, 생육				자숙육
	0	2	4	24	
대 조 구	73.5±0.4	75.5±0.4	76.2±0.4	77.5±0.5	67.9±0.1
고 온 구	72.6±0.4	74.8±0.4	75.4±0.3	76.7±0.4	67.0±0.6
저 온 구	74.0±0.3	75.9±0.3	76.5±0.2	77.7±0.2	67.5±0.8
극저온구	74.2±0.3	75.8±0.3	76.8±0.5	78.2±0.4	68.5±0.9

생육의 수분함량
고온구 대조구 저온구 극저온구

(5) 근육과 혈청중의 Lactate dehydro-genase 와 creatine phosphokinase 효소의 活力. 이들 두 효소는 추위와 더위에 대한 닭의 감수성(susceptibility)을 측정기 위해 조사되었다. 여러 研究結果에 의하면 돼지의 경우 자극에 감수성이 높은 個體는 혈청중의 LDH 및 CPK의 活力이 크게 상승되기 때문에 CPK효소의 측정은 자극에 감수성이 높은 돼지를 골라내는데 이용되고 있다(Addis 등, 1974).

本 試驗에서는 表 5에 나타난 바와 같이 더위나 추위의 자극이 혈청중의 효소活力을 약간 증가시키는 것은 하였으나 현저한 증가는 없었고, 근육에 있어서도 高溫區가 약간 높은 수치를 보였으나 역시 有意差는 없었다. 또한 고기의 軟度와 이들 효소간에는 아무런 相關關係가 없었는데 이는 鷄肉에 있어서는 효소활력의 高低보다는 근육수축에너지 원인 glycogen이나 APT 등 基質의 농도가 더 重要함을 시사하고 있다.

이상의 결과를 종합해 보면 더위와 추위 등의 환경온도는 근육의 해당작용 정도와 속도, 근육 PH, 근육의 水和度 등에 영향을 미치고 결과적으로 고기의 軟度에 영향을 주고 있다. 특히 높은 환경 온도는 고기의 軟度를 저하시키는 좋지 못한 결과로, 가적오므로 有意해야 한을 強調해 둔다.

2. 試驗 II. 屠殺後 保存溫度의 영향

도살후 근육의 보존온도와 근섬유 단축도와의 관계를 보면 그림 1과 같이 다리고기와 가슴고기 같이 최저의 근섬유 단축은 4~10℃ 사이에서 일어났다. 0℃에서 保存된 다리근육은 4℃에서 보존된 것보다 더 높은 정도의 근섬유 단축을 보였으나 가슴고기에 있어서는 0℃와 4℃ 사이에 거의 차이가 없었다. 근섬유의 단축도는 低溫에서 보다는 高溫에서 더 현저하였는데, 즉 10~43℃ 사이에서 온도의 상승에 따라 비례적으로 증가하였으며 특히 가

표 5. 혈청과 근육중의 LDH와 CPK의 活力*

도살전지 환경온도	다 리 고 기		가슴고기	
	LDH	CPK	LDH	CPK
대 초 구	1.11±0.28	0.50±0.15	1287±52	1322±93
고 온 구	1.31±0.30	0.66±0.17	1385±85	1390±72
저 온 구	1.37±0.35	0.62±0.06	1270±76	1270±85
극저온구	1.20±0.25	0.55±0.07	1230±80	1320±75

* 1 효소단위는 25℃에서 1분당 1 μ mole의 기질을 전환시킴.

표 6. 고기의 剪斷力과 各 測定項目간의 相關關係

측 정 항 목	상 관 계 수
剪斷力:	
최초 glycogen함량(도살직후)	0.58**
해당작용속도	0.31*
0시간의 PH(도살직후)	0.72**
24시간후의 최종 PH	-0.55**
生肉의 水和함량	-0.17
가열처리후의 고기의 수분함량	-0.35*
혈청 LDH	0.09
혈청 CPK	0.23
근육 LDH	0.10
근육 CPK	0.15

슴고기에 있어서 그 증가도가 현저하였다.

이러한 실험결과로 미루어, 鷄肉에 있어서는 0℃에서 약간의 冷短縮(cold shortening)이 있기는 하나 牛肉이나 羊肉에서처럼 현저하지 않고 오히려 高溫에서의 근섬유 단축이 크게 일어나고 있음을 明白히 나타내고 있다.

Jungk(1970) 등도 鷄肉에 있어 冷短縮은 볼 수 없었으나 온도상승과 단축도간에는 比例관계가 있었다고 報告한바 있어 本 試驗結果와 대체로 一致하고 있다. 또한 de Fremery(1963)의 보고에 의하면 鷄육의 열도는 10℃에서 보존된 것이 가장 양호하였고 보존온도 20℃ 이상에서는 軟度가 급격히 低下하였다고 하였다.

이와같이 높은 保存溫度는 근섬유의 短縮과 軟度의 低下를 초래하므로 屠殺後 가급적 신속히 15℃ 이하의 낮은 온도로 냉각함이 重要하다고 강조하고 싶다.

試驗 I과 II를 綜合的으로 結論지어 보면, 品質

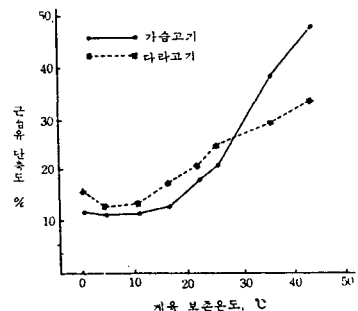


그림 1. 계육보존온도와 근섬유 단축도와의 관계

이 우수한 鷄肉을 生産키 위해서는 屠鷄前에 加급적 高温의 환경온도를 피하고 신선하게 유지해야 할 것이고 도제 후에는 肉을 加급적 速히 15℃이하의 온도로 냉각시켜 보존하도록 해야할 것이다.

IV. 摘 要

1. 도살전의 환경온도 (38℃, 20℃, 4℃, -20℃)가 닭 가슴고기의 연도와 근육내 해당작용에 미치는 영향을 연구하였다. 高温區는 현저하게 ($p < 0.05$) 肉의 軟度를 低下시켰고 低温區도 다소 軟度の 低下를 초래하였다. 高温區는 對照區보다 肉내 glycogen의 含量과 최초 PH가 높았고 24시간後의 最終 PH는 현저하게 ($P < 0.05$) 낮았다. 低温區는 對照區와 高温區 사이의 中間數値를 보여주었다. 고기의 剪斷力(즉 軟度)와 肉내 glycogen 含量, 최초 및 최종 肉 酸度(PH) 間에는 현저하게 ($p < 0.01$) 높은 상관關係를 나타냈고 死後 解糖速度와 加熱處理後의 고기의 水和度 역시 有意한 ($p < 0.05$) 相關關係를 보여 주었다. 肉 혹은 血清내의 효소(LDH, CPK)의 活력과 고기 軟度와는 아무런 相關關係가 없었다.

2. 屠殺後 가슴고기와 다리고기를 절취하여 各各 다른 보존온도에 방치하여 肉 섬유의 단축도를 조사하였던 바 4~10℃ 사이에서 가장 낮은 단축도를 보여주었다. 0℃에서 보존시 약간의 단축이 있었으나 현저하지 않았고 보존온도가 20℃ 이상일 때 온도상승에 따라 비례적으로 단축도의 급격한 증가를 보여주었다. 따라서 鷄肉에서는 低温보다는 高温에서 肉 섬유단축이 더 실제적인 重要성을 가지며 도제후 加급적 速히 15℃이하로 냉각하므로써 심한 軟度の 低下를 防止할 수 있다.

V. 참고문헌

1. AOAC. 1975. "Official Methods of Analysis," 12th ed. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D. C.
2. Addis, P. B., Nelson, D. A., Ma, R. T-I. and Burroughs, J. R. 1974. Blood enzymes in relation to porcine muscle properties. *J. Animal Sci.* 38 :279.
3. Bergemeyer, H. U. and Bernt, E. 1974. Lactate dehydrogenase. In "Methods of Enzymatic Ana-

- lysis," 2nd ed, Vol 2, p.574. Academic press, Inc., New York.
4. Briskey, E. J. 1963. Influence of ante and postmortem handling practices on properties of muscle which are related to tenderness. In "Proceedings Meat Tenderness Symposium," p. 195. Campbell Soup Co., Camden. N. J.
5. Dalrymple, R. H. and Hamm, R. 1973. A method for the extraction of glycogen and metabolites from a single muscle sample. *J. Food Tech.* 8:439
6. de Fremery, D. 1966. Relation between chemical porperties and tenderness of poultry muscle. *J. Agr. Food Chem.* 14 : 214
7. de Fremery, D. 1963. Relation between biochemical properties and tenderness of poultry. In "Proceedings Meat Tenderness Symposium," Campbell Soup Co., Camden, N.
8. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamiton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colormetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28 : 350
9. Forster, G., Bernt, E. and Bergmeyer, H. U. 1974. Creatine kinase Determination with creatine phosphate as substrate. In "Methods of Enzymatic Analysis," 2nd ed, Vol 2, p. 789. Academic Press, Inc., New York.
10. Hedrick, H. B. 1965. Influence of antermortem stress on meat palatability. *J. Animal Sci.* 24:255.
11. Judge, M. D., Briskey, E. J. and Meyer, R. K. 1966. Endocrine related postmortem changes in porcine muscle. *Nature* 212 : 287.
12. Jungk, R. A. and Marion, W. W. 1970. Postmortem isometric tension changes and shortening in turkey muscle strips held at various temperatures, *J. Food Sci.* 35 : 143
13. Kahn, A. W. and Lentz, C. P. 1973. Influence of antermortem glycolysis and dephosphorylation of high energy phosphates on beef aging and tenderness. *J. Food Sci.* 38 : 56.
14. Kahn, A. W. and Nakamura, R. 1971. Quality and biochemical changes during frozen storage of meat from epinephrine-treated and underated chickens. *J. Food Sci.* 37 : 145.
15. Lee, Y. B. and Hargus, G. L. 1973. Unpublished

data.

16. Locker, R. H. and Hagyard, C. J. 1963. A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agr.* 14 : 787
17. Marple, D. N. and Gassens, R. G. 1973. A mechanism for stress susceptibility in swine. *J. Animal Sci.* 37 : 546
18. Marsh, B. B. and Leet, N. G. 1966. Studies in meat tenderness. 3. The effects of cold shortening on tenderness. *J. Food Sci.* 31 : 450
19. Sayre, R. N., Briskey, E. J. and Hoekstra, W. G. 1963. Alteration of postmortem changes in porcine muscle by preslaughter heat treatment and diet modification. *J. Food Sci.* 28:292.
20. Simpson, M. D. and Goodwin, T. L. 1975. Tenderness of broilers as affected by processing plants and seasons of the year. *Poultry Sci.* 54 : 275
21. Smith, M. C., Judge, M. D. and Stadelman, W. J. 1969. A cold shortening effect in avian muscle. *J. Food Sci.* 34 : 42.
22. Welbourn, J. L., Harrington, R. B. and Stadelman, W. J. 1968. Relationships among shear values, sarcomere lengths and cooling procedures in turkeys. *J. Food Sci.* 33 : 450
23. Wood, D. F. and Richards, J. F. 1975. Effect of some antemortem stressors on post-mortem aspects of chicken broiler pectoralis muscle. *Poultry Sci.* 54 : 528