

食肉의 品質保存을 爲한 低溫管理(2)

〈Chilling Control of meat for quality retention〉

國立安城農業專門大學
食品製造科教授 李 聖 甲*

5. 食肉의 숙성

우육이나 양육은 식용으로 제공하기전에 숙성 과정을 거쳐야한다. 숙성은 사후경직후 해경이 지나 육질의 경도가 감소되어 식미가 향상되는 과정으로 상품가치가 향상된다. 숙성은 돈육의 경우보다 우육이나 양육이 경도가 높아 필수적인 과정이고 돈육, 식조육은 원래 육질이 유연하기 때문에 숙성의 필요성이 적다.

식육의 숙성기구는 뚜렷하게 구명되지 않고 있으나 해경후 근육단백질이 자가분해되어 증미(呈味)성분이 생성되고 연화하는 것으로 숙성작용은 ① 경화를 돕는 근육 중의 결합조직이 근육 중의 젖산에 의해 pH가 저하되어 그 조직의 주성분인 Collagen이 물을 흡수하여 gelatin상태가 되고 ② 근육원섬유(myofibril)을 구성하고 있는 Myofilament 중의 Z선 결합이 완만하게 되고 ③ 근육섬유내의 소유기체(Organelle)가 되는 lysosomes 중에 있는 효소 Cathepsins의 작용으로 근육단백질이 분해되어 Z선 결합을 이완시키는 것으로 설명되나 명확치 않다. 식육의 수화성은 사후경직전에 높고 Rigor Mortis가 최고시 또 pH가 최소일 때 최저가 된다. 해경후 숙성에 들어가게 되면 pH는 재차 증가되어 식육의 수화성은 회복된다. Cathepsine은 단백질

을 분해시켜 근육을 연화시키는데 관여하는 것으로 추측되고 있으며 우육이나 계육 중에는 Cathepsine A,B,C 및 D가 분리된다. Cathepsin의 활성은 포유동물에 비해 어류가 10배 강하고 사후 해당작용으로 근육 pH가 감소되어 lysosomes의 lipoprotein의 막이 파괴되어 Cathepsin이 유리되고 동결과 해동에 의하여 Cathepsin의 활성이 강하게 되는 것으로 알려졌다. 근육원섬유의 단백질이 Cathepsin의 활성에 의하여 분해되면 극히 경미하게 되어도 Myofilament의 Z선의 이곳에 분해가 일어나 근육의 변화에 크게 영향을 주게된다.

① 숙성방법

식육의 숙성방법은 저온과 고온의 2가지 방법이 있으며 일반적으로 저온숙성법이 사용된다. 숙성에 미치는 온도의 영향은 그림 5와 같다.

저온 숙성은 0-2°C, 습도 86-92% 유속 0.15-0.5m/sec의 공기 중에서 3주간 소요되는 데 처음 10일간에 숙성은 90%되고 그 후 10일간은 상품가치가 높아지는 기간이 된다. 송아지 육과 양육은 3°C에서 각각 3일과 7일이 소요된다.

고온숙성법은 급속히 할 필요가 있을 때 하는 법으로 10-15°C에서 2-3일간 하는데 미생물의 번식을 방지하기 위하여 살균등의 설치가 필요하다. 고온숙성후는 육온이 상승되어 0°C로 냉각시켜 냉장시켜야 한다.

* 産業應用技術士(食品製造加工)

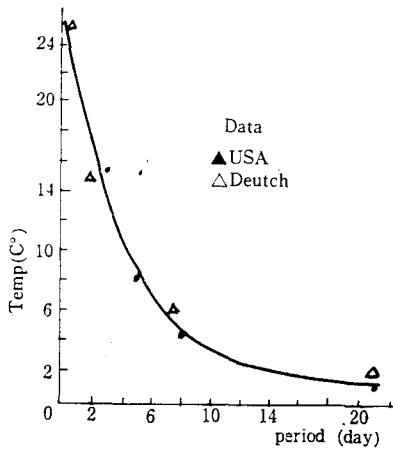


Fig. 5. Temperature and aging period of fresh meat.

② 숙성과 부패

식육은 숙성(자가분해)과 동시에 표면에 부착된 미생물의 번식도 시작하게 된다. 숙성말기에는 미생물의 번식으로 유해한 분해물을 생성시켜 악변을 초래하고 결국 식육을 부패시키게 된다. 고기가 가장 맛있는 시기는 부패 바로 전이며 이때 보관에 주의할 시기이다.

세균의 발육에 필요한 영양분은 초기단계에서는 주로 저분자 고형성분 즉 아미노산 등을 필요로 하고 어느정도 번식하게 되면 고분자 물질도 분해이용할 수 있게 된다. 결국 숙성은 근육 중의 단백질이 자가분해효소의 작용으로 저분자의 아미노산 등으로 분해시킴으로 숙성된 식육은 세균의 번식에 가장 좋은 영양분이 됨으로 숙성중에는 미생물에 의한 부패 변질이 일어나지 않도록 저온에서 청결히 보존시켜야 한다.

6. 냉장식육의 건조

냉장중의 식육은 수분의 증발로 중량이 감소되고 색도 변화되어 외관이 점차 불량하게 된다 이 경향은 식육의 상태가 냉각육 동결육 모두 동일하다. 식육의 건조는 저온에서도 일어나 수분이 식육 표면에서 증발되어 공기 중으로 확산된다. 식육의 냉장형태를 나체로 하거나 포장육이라도 완전히 공기를 차단시키지 않으면 정도

의 차는 있으나 건조는 불가피하다. 건조를 완전히 방지하는 방법은 현재로서는 불가능하고 단지 건조를 최소한 적게하는 방안이 모색되고 있다.

① 건조의 이론

냉장중의 건조는 냉각육이나 Chilled Meat는 표면에서 수분증발에 기인되고 반동결육이나 동결육은 표면에서 빙결정의 승화에 의한 수증기가 공기중에 이행되어 일어난다.

식육의 표면에서 단위시간내 증발이나 승화에 의한 수증기가 공기 중에 이행하는 수분량을 W 라하고 식육표면적을 F 식육표면의 수증기압을 Pf 표면에 접하고 있는 공기의 수증기압을 Pa 라고 할때 이들 사이에는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$W = \beta F (Pf - Pa)$$

식의 β 는 식육표면의 성상에 따라 발생하는 증발이나 승화계수이고 Pf-Pa는 식육표면과 이것에 접하고 있는 공기의 수증기압의 차를 표시한다.

동일한 식육의 β 및 F는 일정하다. Pf-Pa = δP 가 되고 W의 크기를 좌우하는 것은 δP 즉 식육표면과 이에 접하고 있는 공기 중의 수증기압의 차이이다. 이 수치가 크게되면 단위 시간당 증발이나 승화가 큰 것이고 증발이나 승화시는 잠열이 필요하다. 이 열원으로 전등, 체온, 도체온, 외부침입열 등이 있다. 따라서 건조를 방지하려면 δp 를 극소화시켜야 되고 잠열의 공급원을 적게하는 것이 효과적이다. 기타 건조방지는 기밀포장재로 식육을 수축 밀착 포장하여 외기의 영향을 차단하는 방법이 있다. 건조현상은 식육표면과 포장내건조가 있다.

② 자유건조

이것은 냉장실내에 포장하지 않은 식육이 공기와 직접 접촉하여 일어나는 건조이다. 자유건조는 Pf > Pa의 관계로 냉장실내의 공기는 냉장장치의 표면에 접촉되어 냉각되고 동시에 공기 중의 수증기의 일부가 냉각기 표면에 응축되어 서리발이 생겨 공기는 상당히 탈습되어 Pa가 적어져 식품표면이 따뜻하게 되어 Pf > Pa의 관계가 된다. 이때 식품표면의 수증기는 공기중에 이행된다. 이와같이 공기가 식육과 냉장장치 사

이에 순환을 반복하게 되는한 $P_f > P_a$ 의 관계가 유지되고 식육의 건조가 진행하게 된다.

냉각육과 Chilled Meat의 건조는 P_f 가 점차 감소되고 P_a 가 변화되지 않으면 $p_f - p_a$ 즉 δp 치는 감소한다. 결과적으로 건조는 시간의 경과에 따라 경감된다.

반동결육이나 동결육의 건조는 빙결정의 승화이기 때문에 p_f 는 변화가 없고 p_a 가 일정할 때는 $p_f - p_a$ 즉 δp 도 변화가 없어 건조는 처음부터 빙결정이 생기지 않을때까지는 경감되지 않는다.

증발건조는 표면수분의 소실로 표면이 수축경화되어 Case Hardening이 생겨 내부의 수분이 표면을 통한 증발작용이 방지되고 승화건조는 수축경화없이 승화작용이 진행되어 탈수율이 크게된다. 냉각육, Chilled Meat, 반동결육은 동결육에 비하여 단기간에 건조됨으로 증량감소가 적고 냉동소 등의 품질저하가 경미하여 별문제가 없다.

③ 포장내 건조

포장육의 경우 포장재와 식육과의 사이에 공격이 있게 되면 포장내 건조가 일어나 증발수분이 포장재 내면에 붙어 물방울이 생겨 눈서리가 부착되어 제품의 외관을 불량하게 한다. 이 경우도 증발이나 승화는 자유건조와 같이 일어나므로 자유건조시의 냉각장치 표면역할을 포장재가 함으로 포장재료가 문제된다.

포장육내의 공기는 순환이 거의 없으므로 자유건조와 같이 크지는 않다. 그리하여 포장육은 진공 Pump로 공기를 뽑아 포장내의 식육과 밀착 진공포장하는 것이 건조의 방지에 도움을 준다.

④ 건조를 조장하는 요인

식육의 유통 보관 판매시의 건조를 조장하는 경우가 적지 않다.

① 냉장실에 높은 온도의 식육을 넣을 때 ② 냉장실과 냉각장치의 온도차가 클 때 ③ 냉장실의 내부에서 발생하는 열이 많을 때 ④ 찬 공기의 유속이 클 때 ⑤ 식육의 형태가 적을 때 ⑥ 동일용적에 수용하는 물량이 적을 경우 등이 건조를 조장한다.

①과 ②는 모두 온도차의 문제로 이것이 크면

건조가 많아지는 것은 체험적이나 이론적으로 잘 알려진 사실이다.

①에 대한 설명은 냉장실에 온도체를 넣으면 식육에 미치는 찬공기 부분은 고온의 식육에 영향을 주어 냉장실의 온도가 상승되어 수증기를 어느정도 흡수되어 식육에서 증발된 수증기를 다량수용하는 능력을 갖는다. 따라서 식육이 온도가 상승하면 그 표면의 수증기압이 높아져 증발도 왕성하게 촉진되어 다량의 수증기가 공기중에 이행되어 건조가 일어나게 된다. 찬공기의 접촉은 식육의 품온을 찬공기 온도에 접근하게 되고 증발은 감소되어 건조도 적게된다. 일반적으로 식육과 냉장실의 온도차가 크게 되면 건조시간은 길어지고 건조도 크다. 식육의 냉장은 식육의 품온을 냉장실 온도에 가깝게 투입하는 것이 효과적이고 육의 품온상승은 최대한 방지해야 한다.

②는 냉장실의 가장 낮은 온도는 냉각장치의 표면이다. 수증기 함유한 공기는 이 표면에서 냉각되어 수증기 일부는 응축되어 물방울이 생긴다. 냉각장치표면이 0°C 이하가 되면 그 물방울은 바로 동결되어 서리가 된다. 이와같이 공기가 냉각되는 동시에 탈습(脫濕)되어 건조한 공기가 된다. 이 건조된 찬공기가 재차 식육에 접촉하여 건조를 이르기때 이 때 공기의 건조도나 탈습정도가 크게 되면 식육표면에서 증발량이 많아 건조가 크다. 냉장실의 온도가 동일한 0°C 일지라도 냉각장치의 표면온도는 설비에 따라 달라 $-10, -7, -5^{\circ}\text{C}$ 등 여러가지로 되나 식육의 건조를 최소화 하려면 이중 15°C 가 가장 양호하다.

이러한 온도차 문제는 냉각장치의 사용방법의 적부가 아니어서 사용자측과 무관하고 전혀 설비의 선택관계이다.

③은 식육에서 수분이 증발하게 되면 수증기로 변화되는데 이때 energy(증발잠열)가 필요하다. 잠열의 크기는 물 1g을 수증기화 하는데 대략 600cal의 열량이 필요하고 물 1g을 1°C 올리는데 필요한 열량은 1cal보다 크다. 냉장실사용시 외부침입열이나 내부 전등에 의한 발열은 증발잠열로서 이용되기 때문에 외부나 고내(庫內)의 발열을 최대한 억제시켜야 한다. 특히 하

절기는 동절기 보다 냉장중의 중량감소가 많고 벽이나 문부근이 건조가 빨리 일어나는 것은 경험으로 알고 있으며 이같은 증발잠열의 작용을 받는 조건을 적게 하여야 한다.

④는 바람에 의한 건조로서 바람이 없는 경우와 바람이 있는 경우 건조의 크기를 그림 6에서 보면 0°C와 2°C의 찬 공기중에 유속을 달리하여 152시간 저장시 시간경과에 따른 풍량감소율(%)은 유속있는 A가 없는 B에 비하여 1.77, 정도 적게 나타났다. 곡선 A는 0°C, 습도(RH) 92%

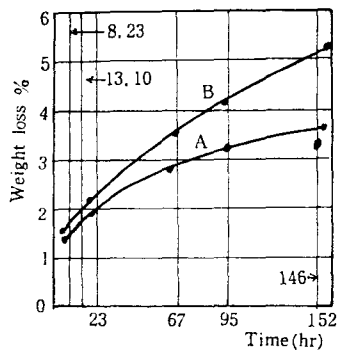


Fig. 6. Air condition and weight Loss of mutton carcass

유속 2m/sec 이고 곡선 B는 2°C, 습도(RH) 85% 유속 0.01m/sec의 조건의 경우이다. 이와 같이 유속이 있으면 공기의 온도는 낮아지고 습도가 높으면 B와 같이 거의 유속이 없는 정지상태의 공기보다도 건조는 적다.

이와같이 다습하고 저온이면 유속이 있어도 건조는 크지않다.

⑤는 냉장실에 식육의 입고를 형상을 적게 분할시키는 것이 건조가 적다. 식육표면의 수분증발은 수증기압차에만 의하지 않고 표면적이 크면 건조는 비례하여 크기 때문이다. 그리하여 지육형태가 정육 만육 형태보다 일정 중량에 대한 건조는 표면적이 적어 가장 낮다.

⑥은 동일크기의 냉장실에 투입하는 식육의 양이 적으면 건조가 많게 되는데 이는 식육이 갖는 일정량의 수증기를 공기가 흡수하는 경우보다 식육의 단위 중량당 다량의 수증기를 부담하기 때문이다.

7. 적색육의 변색

① Met 화에 의한 갈변

고기의 색깔은 상품가치를 크게 좌우하는 요인으로 상당히 중요하다. 생고기를 공기중에 방치해 두면 적자색→명적색→갈색의 순으로 변색이 일어난다. 상온저장과 같이 식육을 냉장할때도 동일한 양상으로 변색이 일어난다.

변색의 직접적인 원인은 근육색소인 Myoglobin이 공기중의 산소와 작용하여 생성된다.

Myoglobin이 산소와 가볍게 결합되면 명적색의 Oxymyoglobin이 되고 이러한 산소화된 Oxymyoglobin은 산소화형의 근육색소로 되어 갈색의 Met myoglobin으로 변화가 계속된다.

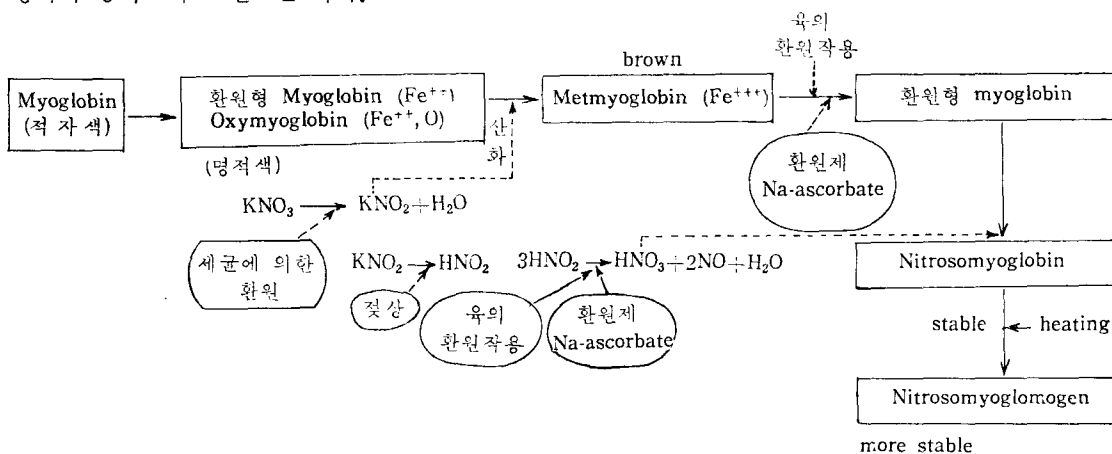


Fig. 7. Fixation of Meat color

Metmyoglobin 이 되면 $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}$ 로 변화되는데 50% 이상 초과되면 식육의 색깔은 갈색으로 보이게 된다. 이와같이 Myoglobin 의 산화나 산소화는 색에서 상당히 비슷하고 색의 고정과정은 그림 7과 같다. 식육의 색조는 Myoglobin Oxymyoglobin(산소화형), Metmyoglobin(산화형)의 물질이 각종 비율의 구성에 의해 좌우된다. 즉 Myoglobin 상태가 많으면 적자색을 띠우고 Oxymyoglobin 이 많으면 선명한 명적색을 나타낸다. 이같이 식육의 색의 변화를 Blooming 이라 하고 색조를 Bloom 이라 한다. 더욱이 Met-Myoglobin 이 많으면 갈색이 되어 식육의 품질을 저하시키게 된다. 좋은 품질의 색인 Bloom 을 오래 보존시키는 것을 색의 고정이라 하는데 이는 Met 화를 배제하거나 진행을 최소화 하는 것이다.

기타 식육의 변색은 Met 화에 의한 것이 가장 크고 그의 특변, 황변, 청변, 형광색으로 되는데 이것들은 세균이나 곰팡이의 번식이나 단백질의 분해에 의한 원인이 되는 특수한 것도 있다.

② 변색에 미치는 공기의 영향

상기와 같은 Met 화는 보관조건인 공기의 온

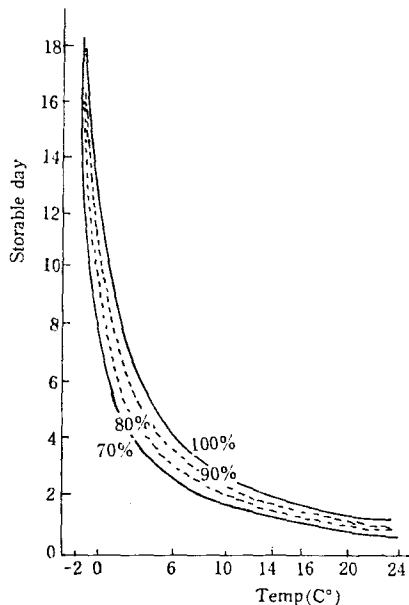


Fig. 8 color change of meat on the different temp and Humidity of storage

도, 습도, 유속, 공기조성 등에 따라 크게 지배된다.

(i) 보관온도와 습도

보관중의 공기가 저온다습하면 명적색의 육색을 유지해 준다. 그림 8은 냉장중의 Beef 가 met 화에 의해 갈변되어 상품가치를 잃기까지의 한계저장일수를 보여주는 것으로 한계일수는 냉장실의 공기가 저온이고 동일온도라도 습도가 높으면 양호함을 보여주고 있다. 즉 습도가 100%일 때 16°C에서는 2일간인데 비하여 0°C에서는 10일간 육색이 보존된다. 또 4°C일 때 습도가 100%이면 5일, 70%에서는 3일을 단축됨을 알 수 있다.

일반적으로 식육을 저온취급시 0~10°C의 온도범위이고 저온에서 다습하면 식육의 색은 명적색의 bloom 을 유지하는 효과가 크다. 저온이 과도하면 식육이 동결되어 육색의 일부가 불량하게 된다. 식육의 빙결점은 근육의 성상에 따라 차가 있으나 대체로 안정한 범위는 -1~-1.7°C이다. 그러나 실질적으로 냉장시의 온도 유지에는 다소의 상하변동이 있게 되어 이점을 고려하여 -1°C를 표준으로 하면 다소의 위험이 뒤따르므로 최저한계온도를 0°C로 하는 것이 안정하다.

냉장의 경우 Met 화에 의한 적육의 갈변방지는 반동결로 하여 동결상태(-40~-50°C)에서 장기간 저장하면 우육과 거의 동일한 육색소를 가진 참치육이 선명한 색을 유지하는 것과 같이 된다.

냉장실의 공기가 다습(多濕)하면 미생물의 번식이 조장되어 곰팡이, 세균 등이 발육되어 식육의 품질을 저하시킨다. 색이나 감량을 위하여 다습한 조건에서 안전하게 저장하려면 초기의 식육에 부착되는 미생물수를 가급적 적게 하는 것이며 이는 도살 해체처리나 취급을 위생적으로 신속히 함으로서 세균의 오염을 극소화시켜야 한다. 만약 냉장하는 식육이 무균상태라면 100% 다습한 공기에서도 저장이 가능하나 실제적으로 무균의 식육은 기대할 수 없어 동결점이 상으로 냉장보관하여 미생물의 번식을 방지해야 한다.

(ii) 냉장실의 유속과 공기조성

냉장실의 온도와 습도가 동일한 조건이라도 공기의 유동속도가 크거나 공기조성에 산소량이 많으면 Met 화는 촉진되어 육색의 갈변은 크게 된다.

공기의 유동은 온도가 낮으면 육의 표면건조가 일어나 Met 화가 촉진된다. 이것은 근육중의 수분이 건조되면 그 부분의 염류농도가 증가되기 때문이다. 이 현상은 식육을 식염에 침지할 때 갈변되는 것과 같다. 공기중의 산소는 21% 함유되어 식육과 접촉되면 met 화가 일어난다.

그리하여 myoglobin 의 산화는 산소농도에 비례하여 일어나며 진공에 가까운 저산소 상태에서는 met 화는 발생될 수 없다. 이것은 포장에 수축밀봉진공포장이 좋은 이유이다. 최근 인공적으로 Gas 틀(N₂ gas 나 Co₂ gas) 충전 포장시

의 효과는 신중한 연구가 필요하다.

(3) 식육의 갈변방지방안

식육은 위생적으로 처리하여 미생물의 오염을 막고 동결점 부근의 저온에서 보존하여야 하고 공기의 접촉을 줄이고 식육의 건조를 막아야 식육의 갈변을 방지할 수 있다. 즉 기밀포장을 하는 것이 좋고 냉장실의 습도유지가 필요하다.

8. 냉장실의 공기조성

저온저장의 품질보존 효과를 조작하는 법으로 냉장실공기를 Co₂ 나 N₂ 가스를 증가시키고 산소를 감소한 상태로 식육저장에도 시험되고 있다. 호주에서 구주까지 Beef 저육수송에 Co₂ 농도를 10%로 증가한 공기 중에 보관수송하는 것도 한 예이다.

Table 4. Storage effects of Meats by different air constitution

Exp. No	air composition	cold storage				Relative Humidity (%)	panel Test	
		Temp. °C	storage period (day)				Ranks	score Point
			Beef	pork	veal			
A	① Air	7	8	6	7	89-96	6	1
	② O ₂ 3% + N ₂ 97%						5	2
	③ O ₂ 1% + N ₂ 99%						4	2.5-3
	④ Co ₂ 30% Air 70%						2-3	4-5
	⑤ Co ₂ 70% Air 30%						2-3	3-7
	⑥ N ₂						1	7-9
B	① Air	3	7	7	7	93-96	4	3-4
	② O ₂ 1% + N ₂ 99%						2-3	5-6
	③ Co ₂ 70% Air 30%						2-3	4.6-7
	④ N ₂						1	7-7.5
C	① Air	7	-	7	-	87-97	3	2
	② N ₂						1	7
	③ Co ₂ 10% N ₂ 90%						2	6

※ 순위는 1이 우수하고 체점은 9가 가장 우수 1은 가장 불량

표 4의 성적은 인조공기 중에 Beef veal 및 Pork 를 3°C와 7°C에서 6~8일 냉장시켜 관능 검사로 식육품질은 냄새 선택 및 미생물 번식유

무에 따라 순위가 결정되었으며 그 결과는 다음과 같았다.

① 공기중 보관보다 품질변화가 큰것은 0.5%

이하의 N₂ 가스, Co₂ 70%+Air 30%, N₂ 90%+Co₂ 10% 조성의 경우였고 ② N₂ 가스에 보관한 식육의 육색은 변화가 없었고 세균의 Colony가 약간 관찰되었으나 예외적이었다. ③ Co₂ 10% 함유공기 중에서는 세균의 번식이 약간 있었고 Pork의 Met Myoglobin화에 큰 영향이 없었으며 ④ Co₂ 30% 함유 공기중에서는 육의 표면은 암갈색 또는 회색이 되어 안정되었고 그의 변색정도는 3°C보다 7°C가 Co₂ 농도는 높을수록 많았다. ⑤ 갈변화(metmyoglobin)형성에 관계가 있는 NAD가 근육표면에 함유되는 양은 대체로 근육 1g 당 0.1mol 정도의 미량이어서 갈변에 크게 관여되지 않았다. ⑥ 식육의 소비형태는 부분육으로 하기 때문에 그 표면변색이 문제가 된다. 공기중 O₂3%+N₂97%, O₂1%+N₂99% 조성시 미생물의 발육은 왕성하여 품질의 악변이 육안이나 냄새로 감지되었다. 식육표면에 푸른곰팡이나 털곰팡이층이 생겨 Surface Slime이 전체 표면에 형성되는 경우도 있다. 표면에서 약 1m/m 내부의 근육조직 및 내부의 근육전체의 색깔은 Beef Veal pork 등 각 육편 모두 중간적 적색내지 암적색을 나타내어 공기조성효과는 단기간에는 표층에 국한되었다.

9. 식육중의 미생물의 번식

식육을 위생처리와 저온관리가 안되면 미생물의 오염번식으로 변질을 가져와 상품가치를 저하시키고 결국 부패를 초래시키게 된다. 살아있는 상태의 동물근육에는 미생물의 오염이 없으나 도살, 해체 이후의 취급에서 오염을 받는데 주위환경에서 식육에 오염되는 미생물이 원인이 된다. 식육의 변질, 부패에 관여하는 세균은 중온성과 저온성이 많고 발육 최적온도 범위는 중온균(中溫菌)은 35~40°C, 저온균은 20~30°C이며 최저온도는 중온균이 10~15°C, 저온균은 -5~5°C이다.

식육에 미생물의 오염은 최초에는 표면부위에 부착되고 시간이 경과함에 따라 혈관의 절단구로 침입하여 식육의 깊은 부위까지 오염이 전파된다. 조직이 손상된 으깬 식육은 곧 바로 전체에 퍼져서 절단육에 비하여 함유수가 많다. 이

들 오염세균은 Gram 음성균이 많으며 일반적으로 식육의 품온을 0°C 부근까지 급속히 강하지키면 세균의 오염은 표면에만 국한된다. 저온저장으로 식육이 건조로 표면수분이 감소되면 미생물의 발육은 지연되고 수분감소가 심하면 발육은 정지된다. 이는 미생물의 발육에 필요한 수분활성치가 한계점 이하로 되기 때문이다. 수분활성 한계치는 곰팡이 보다 세균이 더 예민하다. 수분활성이 세균보다 낮은 상태에 발육되는 Mold는 *Thamnidium Cladosporium Sporotrichum* 등이 알려져 있다.

① Surface Slime의 발생과 온도

식육에 세균의 번식이 불시에 생기면 표면에 점액이 생성되어 악취가 생기는데 이것을 Surface Slime이라 한다. Surface Slime이 형성된 식육표면의 세균수는 표면적 1cm² 당 5,000만이상에 달하고 Surface Slime이 형성되는데 소요되는 일수는 오염도(세균표면적 cm² 당 세균수)가 적으면 오래걸리고 많으면 빨리된다. 이 관계는 0°C경우 그림 9와 같이 초기오염도가 100/cm²이면 10일 100,000/cm²이면 7일이 소요된다.

Surface Slime형성은 수종의 세균의에 효모도 관여하는 것으로 알려지고 있다. 또 Surface Slime을 지연 방지하려면 도살 해체후의 취급을 위생적으로 하여야 하는데 이는 사용시설이나 취급자의 손이나 기구를 청결히 소독하여 무균상태나 가능한한 세균의 오염을 극소화시켜야 한다.

초기의 세균오염도가 일정한 경우라도 보관온

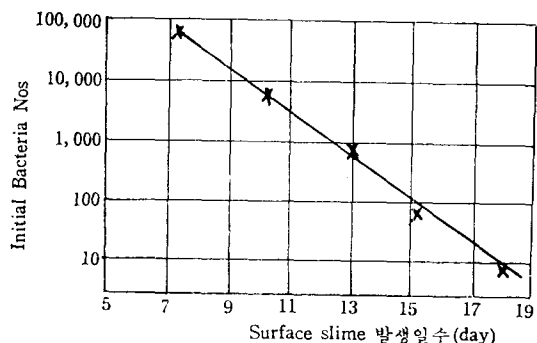


Fig. 9. Time required of contamination of microorganisms and slime on the meat surface

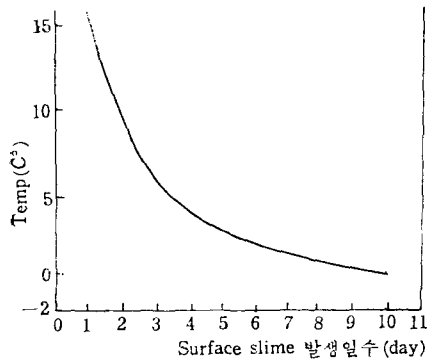


Fig. 10. Time required of surface Slime Forming and Temperature

도가 높으면 보다 속히 Surface Slime 이 발생된다. 그림 10의 곡선은 Surface Slime 의 형성이 0°C 에서 10일 소요되나 온도가 상승함에 따라 소요일수가 단축됨을 볼 수 있다. Surface Slime 중에서 볼 수 있는 주요한 세균은 Gram 음성의 호기성세균인 *Pseudomonas* 와 *Achromobacter* 속이 있고 기타 *Alicialigenes* *Acinetobacter* 등이 있다. 특히 *Acinetobacter* 속의 많은 것은 단백질은 분해시키지 않고 지질분해에만 관여한다.

이외에 *Microbacterium thermosphactum* 및 *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Serratia*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Staphylococcus* 등의 속의 세균이 발견되고 있다. 현재의 식육은 기밀성이 높은 Plastic Film 으로 포장하여 혐기적 조건으로 하기 때문에 호기성의 Gram 음성균인 *Pseudomonas*, *Alicialigenes* *Acinetobacter* 로 대체되어 공기가 적어도 발육되는 세균만이 발육하게 된다. 이와같이 *Enterobacter-Hafnia* 의 Group, *Kurthia*, *Microbacterium thermo-sphactum*, *Lactobacillus* 등이 있다.

② Surface Slime 과 습도의 영향

습도가 낮으면 Surface Slime 발생에 소요되는 일수는 길어지는데 습도 100%에서 80%로 감소될 때 4°C 경우 1.5배 2°C는 2.7배, 0°C에서는 4배이상 더 지연되었다. 이와같이 저온에서의 효과는 고온도역(域)에서는 적고 저온도역에서는 크다. 이와같은 관계는 어떤 온도와 습도에서 냉장가능한 기간도 같이 길어지며 온

도를 높여 기대되는 것은 온도 1°C가 상승되면 습도는 5% 낮추어야 한다. 이와같이 0°C 습도 90%와 같은 냉장조건은 2°C가 되면 습도는 80%로 조절해야 된다.

③ 세균오염과 수분활성

식육의 표면이 건조하지 않고 습기가 있는 한 미생물의 번식은 계속된다 이것은 미생물이 필요한 수분을 주위의 수용액에서 이용하고 있으며 이용되는 수분량은 수용액의 농도에 따라서 좌우된다. 이와같이 수분이용성의 대소를 표시하는 것으로 수분활성(Aw: water Activity)의 차가 사용된다. 즉 순수한 물은 Aw=1.0이고 물에 타성분을 함유하거나 농도가 높아지면 Aw=1.0이하로 적어진다(표 5).

Table. 5. Water Activity (Aw) and Concentration of Brine

concentration of brine (%)	Water activity (AW)
0.9	0.995
1.7	0.990
3.3	0.980
7.0	0.960
10.0	0.940
13.0	0.920
16.0	0.900
19.0	0.880
22.0	0.860

Aw치가 적게되면 미생물이 이용하는 수분의 감소를 의미하는데 보통 세균에 적당한 Aw=0.995~0.990이고 미생물의 이용한계치는 세균은 0.86이나 식육의 부패에 관여하는 세균의 Aw는 0.980이다. 신선한 식육의 표면수분활성치는 0.990이고 약간 건조되면 0.980 이하가 되어 세균의 번식을 저지하는 효과가 있게 된다. 곰팡이는 세균보다 낮은 수분에 강하여 Aw 0.850에서도 발육되어 식육에서 곰팡이 번식을 막으려면 Aw치를 0.700~0.650정도로 낮추어야 하는데 이정도가 되면 식육의 상품가치가 저하되게 건조된다. 식육의 Aw와 공기중의 습도와 밀접한 관계가 있는데 이것은 식육표면의 수분증발은 주위의 공기중의 건조에 영향을 받아 최종적으로 공기와 식육의 Aw가 평형하게 된다.

식육의 보관시의 공기습도가 95%이면 곰팡이 번식은 왕성하게 되고 80%가 되면 약간 곰팡이 발육이 저조하나 100%가 되면 세균의 번식이 우세하게 되고 곰팡이의 번식은 없다.

④ 세균의 오염과 동결의 영향

동결식육 중의 세균은 동결 영향을 받는데 한 예로 -4°C 와 -18°C 에서 12주간 냉장후 37°C 로 배양후 호기성세균은 두 온도에서 감소되었고 20°C 배양시는 호기성세균과 Lipase 생성세균수가 검출되었으며 이들 세균증가는 -4°C 구가 많았고 Coliform 균은 두 온도구 모두 감소하였고 돈육이나 양육에서 분리되는 pseudomonas 나 Ac-hromobacter 는 -4°C 나 -6°C 냉장에서도 신속히 발육되었다. 동결의 영향이 큰것은 E. Coli 균으로 돈육을 -18°C 에 26주간 저장하면 처음 1%보다 크게 감소되었고 역시 으갠 돈육(지방 50%) 중에 Staphylococcus Aureus(황색포도상균)을 330,000/g 첨가하여 $-18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 에서 동결냉장시킬 때의 균수는 1개월 후 150,000/g 이하, 10개월 후는 50,000/g으로 줄었고 자연적으로 돈만육에 부착되는 세균으로는 Gram 음성의 것으로 이들은 $-18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 에 10개월 사이에 1,400,000/g에서 40,000/g으로 감소된다는 보고도 있다. 동결에 대한 내성은 Gram 음성균보다 양성균이 강하다.

10. 식육지질의 변화와 품질

식육중의 지질은 냉장기간 동안에 화학작용을 받아 변질되어 그 성상이 변화된다. 지질은 식육의 풍미를 주는데 대부분 축적지방으로 되며 이는 중성지방과 그의 복합지질 유사체 및 Cholesterol 등이 함유한 유도지질 등으로 구성되고 있다. 이중 식육의 품질에 영향을 주는 지질은 단순지질과 복합지질이다. 단순지질은 지방산과 Glycerin 소위 Glyceride 이고 복합지질은 Glyceride 외에 인산, 당질 등이 결합되었으며 인지질이 대표적이다. 단순지질은 보통 지방이고 복합지질은 뇌나 내장 등의 기관에 주로 존재한다. 변질은 단순지질에 비하여 복합지질이 더 용이하다.

지질의 변화는 진행순서에 따라 가수분해와

산화의 2단계로 구분할 수 있다.

가수분해는 지방분해 효소의 작용으로 이루어 지는데 이 효소는 식육자체 함유된 것과 외부오염된 미생물이 분비하는 것에 의한다. 이들 효소의 작용은 단순지질을 지방산과 Glycerin 으로 분해시키고 이외 인지질을 함유한 복합지질은 인산을 생성시킨다.

산화는 각종 지방산을 산화물로 만들어 좋지 않은 색, 냄새 맛을 주게되어 이취나 변미된 상태 즉 산패(Rancidity)가 일어나 식육의 품질을 저하시키게 된다. 이같은 산화나 산패는 서로 밀접한 관계를 갖는다. 지방산은 분자내에 이중결합으로 된 불포화지방산이 산화가 용이하다. 그리하여 지질의 산화와 산패는 지질을 구성하는 불포화지방산의 종류와 깊은 관계를 갖고 있다.

오래된 지방을 입에 넣으면 이상하고 탁하고 끈끈한 느낌을 주어 맛이 불량한 것은 불포화지방산이 산화로 산패된 때문이다. 지질의 산화는 과산화물이 존재하면 촉진되는데 이 현상을 자동산화라 한다. 식육의 구성지방산의 불포화도는 가축 사양의 영향이 큰데 보통 우육이나 양육보다 돈육지방산이 불포화도가 높다. 이러한 이유로 돈육지방이 산화가 용이하여 보관시 우양육보다 더욱 저온저장이 필요하다.

보통 식육의 취급은 불포화지방산의 산화를 조장하게 되는데 이는 공기접촉 외에 다음 내용이 관여되는 것으로 생각된다.

① 살균용 자외선이나 오존 및 γ -ray의 방사는 산화를 조장한다.

② 근육색소인 Myoglobin 과 불포화지방산은 상호산화를 촉진하여 지방산의 상태나 적색육의 갈변에 관여한다. 식육 중에 불포화지방산이 동일하여도 적색육이 지질의 변질이 신속하다.

③ 식육은 지육보다 세절이나 만육상태가 산화작용이 가속화되어 저온보관이 필요하다.

이상과 같이 식육의 지질 변패는 효소의 가수분해와 자동산화로 일어남으로 이러한 화학반응속도를 지연시킴으로서 식육의 변질을 방지시키는 방법은 저온저장이다. 표 6에서 가수분해 효소의 단위 시간당 지질의 분해율은 온도가 낮으면 감소됨을 알 수 있다.

Table. 6. Temperature and Hydrolysis of Lipid.

Temperature °C	Hydrolysis rate of lipid
40	11.29
10	3.89
0	2.26
-10	0.70

이와같이 식육의 품질은 되도록 신속히 결빙되지 않는 저온도까지 내려 그 품질을 소비시점까지 유지시키는 것이 좋다. 5°C에서 식육의 형상에 따른 지질의 산화를 비교한 것은 그림 11과 같이 온도와 기간이 일정하더라도 Chopped Meat가 Sliced meat보다 지방의 산화가 가속화되는 것을 볼 수 있다.

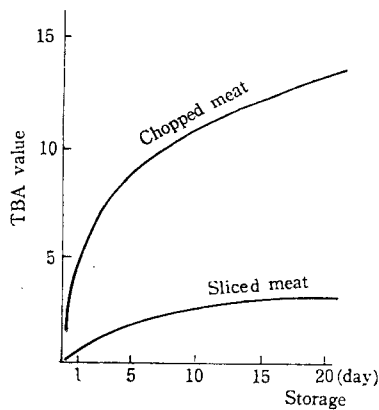


Fig. 11. TBA Change of lipid from Veal Meat

11. PH 변화와 식육의 품질

① Glycogen 과 PH

신선한 근육의 PH는 7.0~7.4의 중성이나 도살후 이 화학적 변화에 의해 PH는 점차 떨어져 최저 5.4~5.5까지 내려가 산성을 나타낸다.

PH치는 식육의 품질변화와 깊은 관계를 갖는다. 이와같이 PH가 산성이 되는 것은 주로 근육 중의 Glycogen이 Glycolysis에 의해 분해되어 젖산이 생성되기 때문이다. 그외에 Creatine 인산(cp)이나 Adenosine Triphosphate(ATP) 등이 분해되어 인산을 생성 PH의 감소를 도와준다.

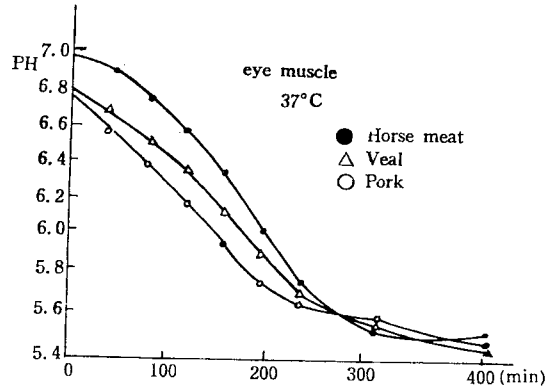


Fig. 12. PH change of meat during storage.

말고기, Veal, Pork(각배최장근육) 육을 37°C에 보관시의 PH 감소현상은 그림 12와 같이 차이가 있다. 또 동일한 고기라도 개체차이가 있으며 예로 Pork의 경우 PH가 6.5에서 5.5까지 감소되는데 소요되는 시간은 그림 13과 같이 서로 다르다.

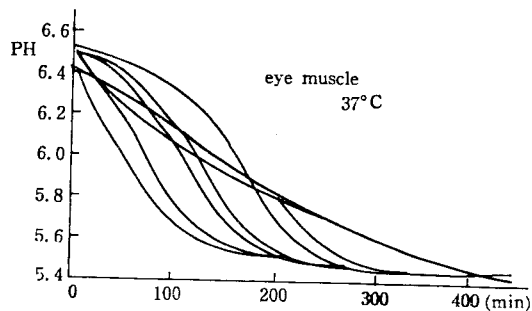


Fig. 13. PH Change of Pork

② PH의 감소영향

PH가 감소되면 식육에 각종 영향을 주게 된다. 그것은 식육중에 생성되는 화학적 각종변화 즉 해당작용에 관여하는 효소에 영향을 주는 외에 산성화로 세균의 번식방지나 육색의 보존에도 효과를 준다.

그러나 PH가 5.5가 되면 단백질의 등전점에 해당되어 식육의 보수력이 최저로 되어 수화성이 불량하게 된다.

식육은 사후경직으로 표면에 땀같이 수분이 잠출되고(weep)또 등결육은 해동시유출액(drip)

이 생기는데 이 현상들은 수화보수성과 관계된다.

식육중의 수분은 신선육일때는 근육단백질과 결합되어 있다가 사후경직이나 동결등의 변화작용을 받으면 단백질과의 결합력이 떨어져 물이 분리되는데 분리된 일부의 수분은 weep 현상이나 Drip 형태로 식육외부로 유실되는 것이다.

이같이 보수력이 떨어진 식육은 육질이나 색깔등의 관능적 품질이 불량하게 되고 또 가열조리시의 수축이 크게 되어 취식시 촉감이 거칠고즙액도 결핍되어 맛이 없어지게되며 가공원료로도 부적당하게 된다. Sausage와 Hamburger 같은 가공품들은 보수성이 적은 원료사용시는 수분분리나 유지분리로 결합력이 떨어져 제품의 품질이 불량하게 된다. 이와 반대로 PH가 상승되면 수화성은 향상되나 세균의 번식을 조장하여 식육의 보존성이 떨어지고 고기색도 불량하게 된다.

PH와 관능검사에 의한 식육의 연화 및 풍미평가를 우육에 대해 조사한 결과는 그림 14, 15

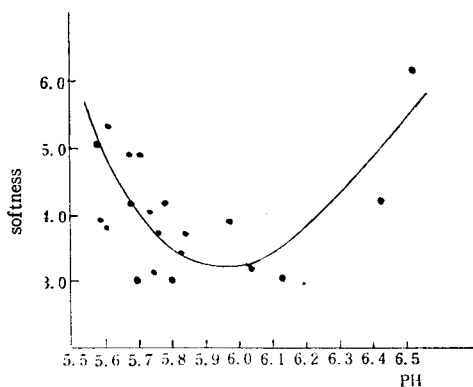


Fig. 14. PH and Tenderness of Beef.

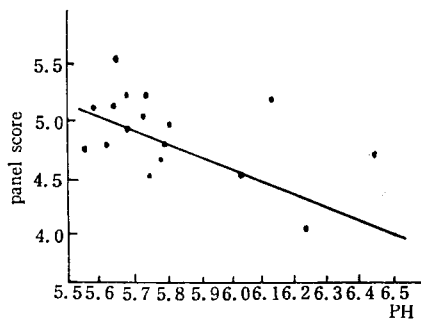


Fig. 15. PH and Panel score of Beef.

와 같이 PH가 낮은 식육이 우수하게 나타났다.

최종 PH는 근육중의 Glycogen 함량에 좌우됨으로 도살시의 도살조건이나 도살방법을 잘 이행하여 Glycogen의 함량의 소모를 적게하여야 한다. 또 Glycogen 함량은 동물 종류에 따라 다르며 Pork 보다 Horse meat가 많고 Beef는 적다.

③ PH 저하와 온도

PH가 감소하는데 대한 온도가 미치는 영향은 크다. 온도가 상승되면 도살후의 Glycolysis 속도가 빨라져 PH의 강하가 단시간에 일어난다(그림 16) 그러나 Rigor Mortis는 PH가 어느 정도 저하후에 개시되기 때문에 식육을 고온방치시키면 사후경직이 빨리 일어나 결국 식육의 선도를 장기간 유지시킬 수 없게 된다.

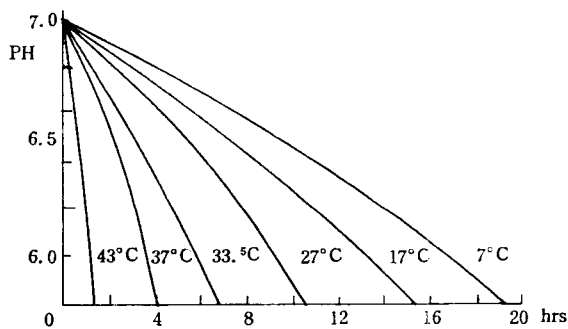


Fig. 16. Temperature and PH of Meat.

한예로 담백색의 유연한 물끼 많은 Pork 소위 P. S.E(Pale Soft Exudative) 이상 돈육은 상온에서 40분만에 PH를 5.4까지 단시간 강하시키는 경우도 있다. 고온방치로 급격한 PH의 강하를 막으려면 보통 사후의 근육체온을 신속히 냉각시키는 것이 가장 효과적이다.

12. 맺는 말

우리의 가장 우수한 식품인 식육은 생산보관 유통과정에서 각종의 요인에 의하여 품질이 저하되고 결국 부패변질로 폐기하게 된다.

본고에서 식육의 생산에서 소비까지의 과정별로 식육의 품질을 저하시키는 요인별로 기술한 바 있으며 우리가 원하는 가장 맛 좋고 영양 풍부한 완전식품으로서 식육을 얻기 위하여는 많

은 품질저하요인에 대하여 엄격한 관리가 요구되고 저온관리는 식육에서 절대적인 요건이며 특히 Chilling Control 기법에 많은 연구와 노력이 요구된다.

우리나라와 같이 육류자원 부족국에서는 한조각의 식육자원도 손실없이 이용하기 위하여는 완전한 품질보존기법이 더욱 중요시되고 있다. 이 분야에 관계하는 모든 분들은 이 점 더욱 명심할 필요가 있다고 본다.

<참 고 문 헌>

1. 加藤舜郎 1977. Chilled Food 209.
2. 加藤舜郎 1978. Refrigeration. 53(613)
3. Moran, T. 1926, Proc. Roy. Soc. Senes. A., 112,30.
4. Dyer, W.J. 1951, Food Res., 16, 522.
5. Khan, A.W., L. Van. den Berg, and C.P. Lentz., 1963 J. Food Sci. 28, 425.
6. 이성갑 1982. 안성농업전문대학 논문집 14호
7. Awad, A.W., D. powrie and O. Fennema 1968. J. Food Sci., 33, 227.
8. Albert Levie 1977. The Meat Handbook AVI Pub. Co. Wc. USA.
9. 송계원 1981. 축산가공학, 문운당
10. Merritt, J.H, 1978, Development in marine refrigeration. Int. Jour. of Refrigeration 1. (2).
11. Bendall, J.R. 1960. In structure and function of muscle Vol. Academic. N.Y.
12. Hamm, R. 1960. Advan. Food. Res. 10, 356.
13. Fremery, de, D. 1966. J. Agr. Food. chem. 14,214.
14. Cook, C.F. and R.F. Longsworth. 1966. J. Food. Sci., 31, 497.
15. Cassens, R.G. and R.P. Newbold. 1967. J. Food Sci. 32, 269.
16. Greaser, M.L. R.G. Cassens et. al. 1969. J. Food Sci. 34, 120.
17. Ibid. 1969. J. Food Sci. 34, 633.
18. Smith; M.C., M.D. Tudge and W.S. stadelman 1969. J. Food Sci. 34, 42
19. Lawrie, R.A. 1966. Meat Science, pergamon, N.Y.
20. Wtaker, J.R. 1959. Advan. Food Res. 9, 1.
21. Ibid. 1961. Wallerstein Laboratory communication 24.
22. Seibert, G. and A. Schmidt; 1965. The Technology of Fish Utiliz. U.K.
23. 김병목, 이성갑, 1982. 수산식품가공학. 진로연구사.
24. Hamdy, M.K., K.N. and J.J. powers 1961. proc. soc. Exptl. Biol. Med. 108.
25. Cno, K. 1970. J. Food. Sci. 35, 256.
26. Bodwell, C.E. and A.M. pearson 1964. J. Food. Sci. 29, 602.
27. partmann, W., and H.K., Frank 1973. Observations on the storage of meat in controlled gaseous atmospheres, progress in refrigeration science and Technology Vol. III. IIR.
28. Ingram, M. and R.H. Dainty. 1971. J. Appl Bacteriol., 34, 21.
29. Peebles, M.M., S.E. Gilliland, and M.L. Speck, 1969. Appl. Microbiol. 111, 805.
30. Minks, J. 1968. Acta. Univ. Agr. Facultas Veterinano, Brono 37, 425.
31. Muller, W.A. 1955, Food. Technol, 9, 332.
32. 김영교외 1981. 축산식품학 선진문화사