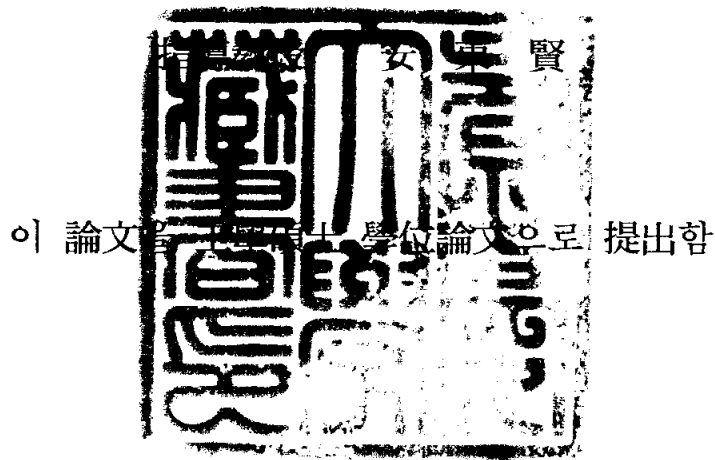


7/7
12
2
=2

工學碩士 學位論文

키토산 및 칼슘 처리에 의한
돈육의 저장성 및 품질 향상 효과



2003 年 2 月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

李 絃 瑛

李絃瑛의 工學碩士 學位論文을 認准함

2002年 12月 26日

主 審 水産學博士 趙 永 濟



委 員 工學博士 全 炳 秀



委 員 農學博士 安 東 賢



목 차

Abstract	1
서 론	3
재료 및 방법	
1. 재 료	
1-1. 키토산	6
1-2. 공시균주	6
2. 방 법	
2-1. 칼슘주사 및 키토산처리	6
2-2. 키토산의 항균력 측정	9
2-3. 생균수 측정	9
2-4. 산화도 측정	9
2-5. 연도 측정	10
2-6. Color 측정	10
2-7. 수분함량 측정	10
2-8. 수분활성도 측정	10
2-9. pH 측정	10
2-10. 보수력 측정	11
2-11. Cooking loss 측정	11
2-12. 근원섬유의 소편화도(MFI) 측정	11

결과 및 고찰

1. 식육의 부패에 관여하는 미생물에 대한 키토산의 생육억제능 . 13

2. 키토산 용액에 침지 방법

2-1. 돈육의 저장성	16
2-2. 지질의 산화도	16
2-3. 색의 변화	23
2-4. 수분함량의 변화	23
2-5. pH의 변화	28

3. 키토산 코팅법

3-1. 돈육의 저장성	35
3-2. 지질의 산화도	38
3-3. 연도의 변화	41
3-4. 색의 변화	41
3-5. 수분함량의 변화	49
3-6. 수분활성도의 변화	49
3-7. 돈육의 pH	52
3-8. 보수력의 변화	57
3-9. Cooking loss의 변화	57
3-10. 돈육의 근원섬유 소편화도	62

요 약	65
-----------	----

참 고 문 헌	67
---------------	----

Effects on Improvement of Preservation and Quality in the Pork Treated with Calcium and Chitosan

Hyun-Young Lee

*Department of Food Science and Technology,
Graduate School, Pukyong National University*

Abstract

This study has been investigated the effects on improvement of preservation and quality in the pork treated with calcium and chitosan. First, antimicrobial effects of chitosan on 12 kinds of microorganisms related to meat spoilage were measured. All concentration of molecular weight(M.W.) 5 kDa of chitosan had a very weak growth-inhibitory effect against spoilage bacteria in meat. But, over 0.1% of M.W. 30 kDa and 120 kDa of chitosan had very strong those effects, respectively. To know preservation effect of chitosan, the pork with various concentrations and molecular weight of chitosans was dipped. The pork dipped in any concentrations of M.W. 5 kDa chitosan has not shown the extended effect of storage. But, 1% of M.W. 30 kDa and 120 kDa chitosans had a very strong effect on self-life of pork. In antioxidation, the dipped pork has shown remarkable effects in all concentrations of M.W. 30 kDa and 120 kDa of chitosans. In M.W. 30 kDa and 120 kDa

of chitosans, they found that the internal redness of them were increased as the storage time passed and those external redness were also maintained stably. Throughout these experiments, in 1% of M.W 30 kDa and 120 kDa of chitosan, preservation effects of pork were very high. Therefore, the porks were coated by 1% of M.W. 30 kDa and 120 kDa of chitosans with 3% gelatin solution. It was found that self-life and antioxidation were detected very high in all samples. In contrast with non-treated group, pH of group treated with chitosan was very stable. Moisture content and water activity(A_w) of them had a tendency to similar. Water holding capacity decreased slightly but cooking loss increased during the period of storage in all samples. The value of redness was increased by coated chitosan. In the textural characteristic of pork, when injected calcium, the tenderness was the highest all of the samples. These result was shown an effect of improvement on preservation and quality of pork by the treatment of calcium and M.W. 30 kDa or 120 kDa of chitosan.

서 론

우리의 식생활은 서구화되어 가고 있어 식육류의 소비가 점차 증가하고 있고(Korean Food Yearbook, 2001), 사회·경제가 발전함에 따라 식육의 양보다는 질을 중요시하는 추세이다. 숙성 시 식육은 연도, 풍미와 다즙성 등이 개선되어 품질이 향상되는데 그 중 연도가 가장 중요한 요인으로 알려져 있다(Weir, 1960; Lawrie, 1966; Bailey, 1972; Moeller et al., 1977). 이에 따라 연도가 높은 냉장식육에 대한 선호도가 높아져 최근에는 냉장숙성육이 유통되고 있다. 그러나 식육을 자연 숙성시킬 경우 많은 시간을 소요하게 되며, 그 동안 미생물의 오염, 지방의 산화, 그리고 수분손실 등 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 따라서 식육의 숙성 시 보다 빠른 연화와 저장 시에 미생물로 인한 부패를 막기 위해 인체독성을 가질 수 있는 기존의 합성 보존제보다는 인체에 무해한 천연 보존제 개발에 관한 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

식육의 연도를 개선하는 방법으로는 효소적 처리, 물리적 처리 등이 알려져 있는데 이들은 근원섬유의 구조와 결합조직의 구조를 변화시키거나 파괴시키기 위한 것이다. 연화도를 높이는 화학 물질로는 칼슘이 관계되는데, 칼슘에 의한 연화의 기작은 여러 가지 형태로 보고되어 있다. 대표적으로, Von Hippel and Schleich(1969)는 칼슘이 유발하는 단백질의 불안정화는 주로 Ca^{2+} 에 의한 것으로 특히 fibrillar 단백질과 globular 단백질에서 천연 구조의 안정성을 감소시키기 때문에 연화된다고 하였고, Takahashi(1996)는 식육의 숙성 중 연화 현상은 단백질 분해효소에 의해서 보다는 숙성 중 2,000배 정도로 높아지는 cytosol의 Ca^{2+} 에 의해 일어난다고 보고하였다. 한편, Whipple and Koochmaria(1992)는 칼슘이 숙성 중 주요한 근원섬유 단백질

의 구조를 가수분해하는 효소인 calpain을 활성화시킴으로써 연도를 향상시키게 된다고 하였다. 여기에 대해 Koohmaraie 등(1989)은 양고기에 0.3 M의 칼슘 용액을 사용하였을 때 연화정도에 효과가 있었다고 보고하였고, Wheeler 등(1991)은 쇠고기에 300 mM의 칼슘 용액을 10% 주입하였을 때 연도가 개선되었다고 보고하였는데 이들은 경직 전 식육의 칼슘 주입이 연화도를 가속화시킨다고 하였다(Koohmaraie et al., 1988, 1990; Koohmaraie and Shackelford, 1991; Morgan et al., 1991). 또한 칼슘 용액을 broiler에 주입하였을 때 물성을 개선하였다는 보고가 있었으며(Lyon et al., 1992; Janky et al., 1992; Cason et al., 1997; Veeramuthu and Sams, 1999), 0.2 M의 칼슘 용액 5%를 쇠고기 스테이크에 주입하였을 때 연도 및 맛과 향의 정도를 개선하였다는 보고도 있었다(Miller et al., 1995; Hoover et al., 1995).

새로운 보존제로서는 organic acid(Berry and Cutter, 2000; Castillo et al., 2001), α -tocopherol(Cheah and Gan, 2000), herb extracts(Cutter, 2000), bacteriocin(Ariyapitipun et al., 2000; Nandini and Sheldon, 2000), tea catechin(Tang et al. 2001) 등의 천연 물질을 사용하여 식육류의 저장성을 늘리고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이들 보존제를 식육류에 사용하는 방식도 기존의 wash 방식에서 spraying, dipping, coating 등의 영역은 물론 항균성 물질로 biofilm을 제조(Chung et al., 1998; An et al., 1999; Shin, 1999)하여 이용하는 등 다양하다.

한편 키토산은 게, 새우 등 갑각류의 껍질이나 곤충류의 표피, 버섯, 균류의 세포벽 등에 널리 분포되어 있는 천연고분자 물질(Weiner, 1992)인 키틴을 진한 수산화나트륨 용액으로 탈아세틸화하여 얻어진다(Skjak et al., 1989; Goosen, 1997). 키토산은 2-amino-2deoxy- β -D-glucosamine의 반응성이 높은 amino기를 가지고 있어 많은 유리 양이온을 지닐 수 있기 때문에

(Knorr, 1982) 항균·항진균 작용(Allan and Hadweiger, 1979; Ghaouth, 1992; Sudarshan et al., 1992; Rhoades and Roller, 2000), 항암작용(Ito et al., 1999), 항산화작용(Xue et al., 1998), 콜레스테롤 조절효과 및 지방결합능력(Ikeda et al., 1993; Lee et al., 1999), 유당소화불량 억제작용(Knorr, 1984; Austin et al., 1981), 보습성 및 유화안정성(Rodriguez et al., 2002) 등 여러 생리활성을 나타내어 식품산업분야, 의약품 및 화장품 분야에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 키토산은 중성 pH에서는 불용이지만, 유기산과 같이 약산을 띠는 용액에서는 용해될 수 있어 높은 점성을 가지므로 이들의 점성을 이용하여 천연의 무독하고 생분해성 있는 film 또는 membrane(Allan et al., 1989; Wong et al., 1992; Begin and Calsteren, 1999; Ouattara et al., 2000; Young and Kauss, 1983; Ge et al., 2000)을 제조함으로써 식품의 보존성을 향상시킬 수 있다. 그 예로 콩이나 옥수수과 같은 식물의 종자에 코팅함으로써 보존성을 증진(Donald and Mirocha, 1977; Hadwiger et al., 1984)하고자 하였고, 생새우나 생굴에 키토산을 처리함으로써 저장성을 향상(Simpson et al., 1997; Chen et al., 1998)시키고자 하였으며, 키토산 코팅에 따른 토마토의 저장성 향상(Ghaouth et al. 1992), 오이와 청피망의 수분손실 감소를 위한 키토산 코팅(Ghaouth et al. 1991), 딸기의 표면 코팅에 따른 저장성 및 품질의 향상(Ghaouth et al. 1991), 달걀의 표면 처리에 따른 저장성의 향상(Lee et al, 1996) 등에 대해 국내외에서 연구가 보고되어 있다.

따라서 본 연구에서는 돈육의 내부에 칼슘 용액을 주입한 다음 표면에 키토산을 표면 처리하여 숙성 기간 중의 연도의 개선 및 저장성 증진 등과 같은 품질 향상 효과를 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

1-1. 키토산

실험에 사용된 키토산은 분자량 약 5 kDa, 30 kDa 및 120 kDa의 것으로 각각의 특성은 Table 1과 같다.

1-2. 공시균주

키토산의 항균력을 알아보기 위해 사용된 균주는 식육의 부패에 관여하는 미생물로서, 표준균주를 분양받아 사용하였다(Table 2).

2. 방법

2-1. 칼슘주사 및 키토산처리

본 실험에서는 신선한 돈육의 등심부위를 약 200 g씩 잘라 사용하였으며, 분자량 약 5 kDa 키토산은 물에 용해하여 사용하였고, 30 kDa과 120 kDa의 키토산은 0.3% 젖산용액에 용해한 후 pH 5.5로 조절하였다.

침지 방법에 이용된 키토산의 최종농도는 0.1%, 0.5%, 1.0%로 용해하여 돈육 등심을 1분간 침지한 다음 합기 용기에 넣어 10℃에서 8일간 저장하였다.

코팅 방법의 경우는 키토산과 젤라틴의 최종농도가 각각 1.0%와 3.0%가 되도록 혼합 용액으로 제조하였으며, 돈육 등심에는 물, 0.2 M 칼슘 용액, 0.2 M EDTA(Ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate) 용액을 식육에 대해 각각 5%의 농도로 주사한 후 키토산 용액을 분무, 코팅하여 합기 용기에 넣어 1℃에서 18일간 저장하였다.

Table 1. Charateristics of chitosan

Molecular weight	5 kDa	30 kDa	120 kDa
Degree of deacetylation	> 95%	> 92%	> 85%
Arsenic	ND¹⁾	ND¹⁾	ND¹⁾
Heavy metal	ND¹⁾	ND¹⁾	< 20ppm

ND¹⁾ ; Not detected

Table 2. The list of 12 microorganisms submitted for antimicrobial activity of chitosan

Strains
<i>Brochothrix thermosphacta</i> KCTC 3402
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922
<i>Lactobacillus curvatus</i> KCTC 3767
<i>Lactobacillus plantarum</i> KCTC 1048
<i>Listeria innocua</i> ATCC 33090
<i>Listeria monocytogenes</i> KCTC 3569
<i>Pediococcus pentosaceus</i> KCTC 3507
<i>Pseudomonas auruginosa</i> ATU 27853
<i>Pseudomonas fragi</i> KCTC 2345
<i>Salmonella enteritidis</i> ATCC 13076
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028
<i>Serratia liquefaciens</i> KCTC 2925

2-2. 키토산의 항균력 측정

*Lactobacillus*와 *Pediococcus*는 MRS(Difco), *Brochothrix*와 *Listeria*는 Brain Heart Infusion(Difco)을 사용하여 30℃에서, *Pseudomonas*는 Trypticase Soy Broth(Difco)를 사용하여 26℃에서, *Serratia*, *Salmonella*, *Escherichia*는 Nutrient Broth에서 각각 30℃, 37℃의 적절한 온도에서 24시간 동안 배양한 후 600 nm에서 흡광도를 측정하여 0.2의 농도로 희석하였다. 희석된 균액 중 *Lactobacillus*와 *Pediococcus*는 45 ml가 든 Thioglycollate에, 그 외의 균액은 Mueller Hinton Broth(Difco)에 600 μ l 접종하여 1.5 ml의 분자량별 키토산 용액과 섞은 다음 48시간 동안 배양한 후 600 nm에서 흡광도를 측정하여 저해율을 계산하였다. *Lactobacillus*의 경우에는 anaerobic jar(BBL)에 catalyst와 Gas-Pak(BBL)을 넣어 혐기 상태가 되게 한 다음 실험을 행하였다.

2-3. 생균수 측정

각각의 온도에 저장된 시료 2.5 g을 무균적으로 채취하여 10배의 PBS(phosphate buffered saline, pH 7.4)용액에 넣어 균질화한 다음 10배 희석법으로 희석하여 Nutrient Agar Broth에 도말하였다. 이를 37℃에서 48시간 배양하여 집락수(colony)를 측정하였다.

2-4. 산화도 측정

돈육을 약 5 g 분쇄한 다음 3배의 초순수를 첨가하여 3,000 rpm에서 1분간 균질화한 다음 glass wool에서 여과하였다. 이 여액 0.5 ml에 초순수 0.5 ml와 7.2% BHT 50 μ l, TBA/TCA용액 2 ml를 첨가하여 끓는 물에서 15분간 가열한 다음 냉각하여 4℃, 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 상정액을 531 nm에서 흡광도를 측정하여 TBARS(Thiobarbituric Acid Reactive Substances)의 함량, 즉 돈육의 kg당 malonaldehyde 양(mg)으로 나타내었다.

2-5. 연도 측정

돈육 등심의 결합조직이 없는 부분을 $2 \times 2 \times 1.5$ cm의 크기로 자른 후 texture meter(T1-XT2, SMS Co., UK)를 사용하여 전단력(shear force)으로 나타내었다.

2-6. Color 측정

돈육 표면에 키토산을 처리한 외부와 처리되지 않은 내부를 포함할 수 있도록 하여 $2 \times 2 \times 1.5$ cm의 크기로 자른 다음 색차계(JC801, Color technosystem Co., Japan)를 사용하여 각각의 색도를 L^* , a^* , b^* 값으로 나타내었다. 이 때 사용된 표준백판의 값은 $L^*=93.73$, $a^*=-0.12$, $b^*=0.11$ 였다.

2-7. 수분함량 측정

분쇄한 시료를 약 2 g 정도 항량접시에 균일하게 펼쳐 넣은 후 105°C 에서 2시간동안 가열하고, 10분간 데시케이터에서 방냉한 다음 무게를 측정하였다. 이를 시료의 항량점이 나올 때까지 반복하여 실험하여 총 시료무게에 대해 건조에 의한 시료의 손실량을 백분율로 나타내었다.

2-8. 수분활성도 측정

저장 중인 시료를 고르게 분쇄하여 수분활성측정기(Rotronic Hygroscop BT-RS1, Swiss)에 넣은 다음 수분활성도를 측정하였다.

2-9. pH 측정

돈육 5 g과 증류수 50 ml를 혼합하여 약 2분간 homogenize(AM-7, ace homogenizer, Nihonseiki, Japan)한 다음 pH meter(HM-30V, Toa, Japan)로 측정하였다.

2-10. 보수력 측정

돈육 등심의 결합조직과 지방을 제외한 살코기 부분만을 분쇄한 뒤 20 g 채취하여 보수력 측정용 원심관에 기포가 생기지 않도록 채운 다음 70℃에서 30분간 가열하였다. 가열된 원심관을 10분간 실온에서 방냉하여 1000 rpm, 10분간 원심분리한 후 분리된 액즙량을 측정하였다.

$$\text{수분손실 (\%)} = \frac{\text{분리된액즙량(ml)} \times 0.951}{\text{시료총수분함량(ml)}} \times 100$$

$$\text{보수력 (\%)} = 100 - \% \text{수분손실}$$

2-11. Cooking loss 측정

각각의 시료를 2×2×2 cm의 크기로 잘라 무게를 측정한 다음 70℃에서 30분간 가열하였다. 가열한 시료를 10분간 체 위에서 풍건하여 무게를 측정하였는데, Cooking loss는 최초 시료 무게에 대한 손실된 시료의 무게의 비율로서 나타내었다.

2-12. 근원섬유의 소편화도

근원섬유의 소편화도는 Takahashi 등(1967)의 방법으로 측정하였다. 돈육의 등심부위를 약 2 g 가량 잘게 세절하여 약 7.5배의 MF(0.1 M KCl, 10 mM Tris-maleate buffer, 5 mM EDTA(Ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt dihydrate), 1 mM DTT(Dithiothreitol), 1 mM NaN₃, pH 7.0) 용액을 첨가한 후 균질화(10000 rpm, 1분)한 현탁액을 적절히 희석하여 위상차 현미경(BX-40, Olympus, Japan)상에서 1000배율로 500개 이상의 근원섬유를 관찰하였다. 소편화도는 1-4개의 sarcomere로 이루어진 근원섬유 소편의 수[F]에 대한 전 근원섬유 수[Σ]의 비율([F]/[Σ])로서 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 식육의 부패에 관여하는 미생물에 대한 키토산의 생육억제능

분자량 약 5, 30, 120 kDa의 키토산을 0.001~0.5% 농도로 용해하여 식육의 부패에 관여하는 12종의 그람 양성 및 그람 음성의 미생물에 대해 생육억제능을 측정하였다(table 3, table 4). 이들 미생물에 대해 분자량 약 5 kDa의 키토산은 0.1% 이하의 농도에서 거의 생육 억제 효과가 없었으며, 대체적으로 0.35~0.5%의 농도에서도 약 30% 이하의 낮은 생육억제능을 나타내었다. 분자량 약 30, 120 kDa의 키토산의 경우에는, 0.001%에서는 낮은 생육 억제 효과를 나타내었으나 0.01%의 농도에서는 비교적 높은 생육억제능을 보였으며, *S. enteritidis*, *L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. innocua*, *L. monocytogenes*를 제외한 7종의 미생물에 있어서는 0.1% 이상의 농도에서 90% 이상의 높은 생육억제능을 보였다. 한편, *S. enteritidis*, *L. innocua*, *L. monocytogenes*의 경우에 있어서는 약 85% 전후의 비교적 높은 생육억제효과가 나타났으나, *Lactobacillus*는 분자량 약 30, 120 kDa의 키토산에서도 약 70~80% 정도로 다른 부패 미생물에 비해 낮은 생육억제효과를 나타내었다. 미생물의 생육억제능에 대한 여러 가지 기작으로는 세포벽의 합성 저해, 세포표면의 단백질과 키토산 분자간 상호작용에 의한 세포의 자유도 저하 또는 전사수준에서 유전자의 발현 억제에 의한 것으로 알려져 있다(Hirano and Nagao, 1989). 본 실험에서는 그람 양성균 2종, 그람 음성균 5종에 대해 키토산의 높은 생육 억제 효과를 나타내었는데 키토산의 분자량에 따른 생육억제능의 차이는 키토산의 분자량에 따른 전하밀도 차이로 미생물 표면에 대해 흡착력이 달라지기 때문이라고 Yun 등은 보고하였다(1999). 따라서 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산을 돈육에 처리하였을 경우 미생물의 증식을 감소시켜 저장성이 향상될 것으로 판단된다.

Table 3. Effect of growth inhibition of chitosans against gram positive spoilage bacteria in meat

Chitosan		<i>Brochothrix thermosphacta</i>	<i>Lactobacillus curvatus</i> *	<i>Lactobacillus plantarum</i> *	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	<i>Listeria inocua</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
5 kDa	0.200%	23.8	-	-	-	-	-
	0.350%	26.0	3.0	11.8	3.8	-	-
	0.500%	32.8	5.5	30.1	7.7	12.4	-
30 kDa	0.001%	7.4	-	-	-	44.2	-
	0.010%	79.4	38.0	26.1	56.3	58.7	0.4
	0.100%	91.5	79.8	75.0	95.9	84.8	87.1
	0.200%	95.8	83.1	77.0	96.5	85.1	86.9
	0.350%	97.1	81.5	84.0	97.0	84.8	86.7
	0.500%	97.3	79.7	83.0	97.9	84.2	86.4
120 kDa	0.001%	-	-	-	-	47.6	4.2
	0.010%	70.5	35.0	23.3	47.9	83.4	43.2
	0.100%	95.8	75.7	66.8	87.6	84.7	87.9
	0.200%	93.5	81.7	72.0	96.0	84.4	87.7
	0.350%	95.8	80.5	77.8	96.2	83.9	87.9
	0.500%	95.9	78.6	77.5	97.0	83.1	87.6

Inhibition rate was indicated by percentage as follow. %=[1-culture of chitosan(OD₆₀₀)/control(OD₆₀₀)] ×100

*: *Lactobacillus* sp. were cultured in the anaerobic condition.

-: Not detected growth inhibition.

Table 4. Effect of growth inhibition of chitosans against gram negative spoilage bacteria in meat

Chitosan		<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas auruginosa</i>	<i>Pseudomonas fragi</i>	<i>Salmonella enteritidis</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>
5 kDa	0.200%	-	-	14.7	-	-	-
	0.350%	6.0	-	23.8	-	12.4	-
	0.500%	19.1	-	23.3	-	16.7	1.9
30 kDa	0.001%	-	-	-	-	0.6	-
	0.010%	26.1	92.9	92.5	-	2.9	8.5
	0.100%	94.5	93.9	97.4	86.9	18.9	91.8
	0.200%	94.6	94.3	97.4	86.3	77.8	98.7
	0.350%	94.3	93.5	98.8	86.6	86.0	99.4
	0.500%	94.4	93.5	99.1	86.4	93.8	99.5
120 kDa	0.001%	1.7	2.7	-	0.9	3.2	-
	0.010%	28.2	94.1	90.9	15.3	33.4	3.3
	0.100%	95.0	94.5	96.9	34.9	68.9	90.4
	0.200%	95.2	94.9	97.8	86.9	84.0	98.9
	0.350%	95.0	94.5	98.8	87.3	93.4	99.3
	0.500%	94.7	94.5	98.3	86.8	93.6	99.2

Inhibition rate was indicated by percentage as follow. %=[1-culture of chitosan(OD₆₀₀)/control(OD₆₀₀)] × 100

-; Not detected growth inhibition.

2. 키토산 용액에 침지 방법

2-1. 돈육의 저장성

분자량 약 5, 30, 120 kDa의 키토산을 0.1~1.0% 농도의 수용액으로 만들어 돈육을 침지한 다음 10℃에서 8일간 저장해 두면서 저장 효과를 알아보기 위해 생균수를 측정하였다. 분자량 약 5 kDa의 키토산 용액에 침지한 돈육의 경우 키토산 무처리 돈육과 생균수가 거의 비슷하게 측정되어 저장성 효과가 나타나지 않음을 알 수 있었다(Fig. 1). 한편 돈육을 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산 용액에 침지한 경우(Fig. 2, Fig. 3)에는 0.1%와 0.5% 농도에서는 키토산 무처리 돈육과 생균수가 비슷하게 측정되었으나, 1.0% 농도에서는 저장 8일동안 다른 실험구에 비해 생균수가 낮게 측정되어 저장성을 향상시킬 수 있을 것으로 보여졌다.

2-2. 지질의 산화도

돈육 등심의 저장 중 지질 산화도는 지질의 산화물인 TBARS의 함량으로 측정했다. 분자량 약 5 kDa의 키토산 용액에 돈육 등심을 침지하였을 때 처리 농도가 증가할수록 TBARS의 함량은 낮게 측정되었으나 그 차이는 미미하였고, 저장 기간이 길어질수록 키토산 무처리 돈육과 유사하게 증가하였다(Fig. 4). 그러나 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산 처리 시 저장 중 산화도는 크게 낮게 측정되었고, 이는 최저 농도 0.1%에서부터 농도가 증가할수록 산화 억제 효과가 뚜렷한 것으로 나타났는데(Fig. 5, Fig. 6), 이는 육류에 표면처리한 키토산의 농도가 증가할수록 저장 중의 산화도가 감소되었다는 Darmadji and Izumimoto(1994)의 결과와도 일치하였다.

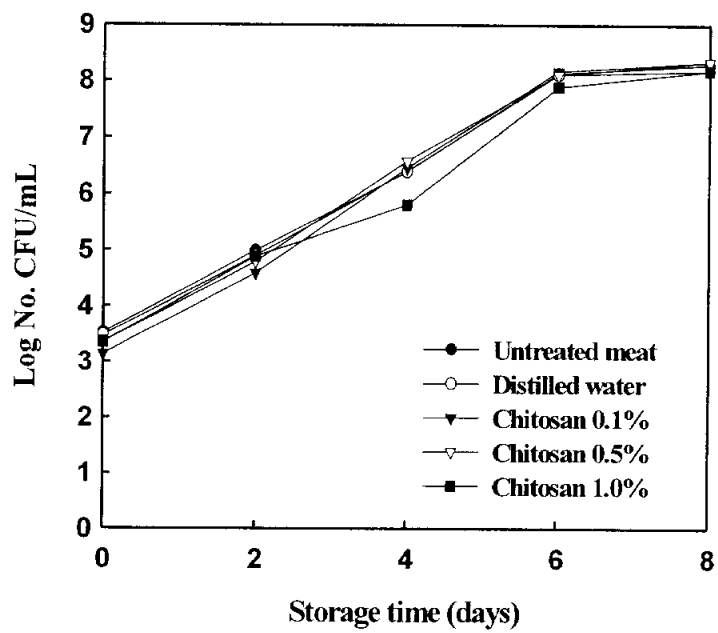


Fig. 1. Total bacterial cell count in the pork treated with various concentration of M.W. 5 kDa chitosan during storage at 10°C.

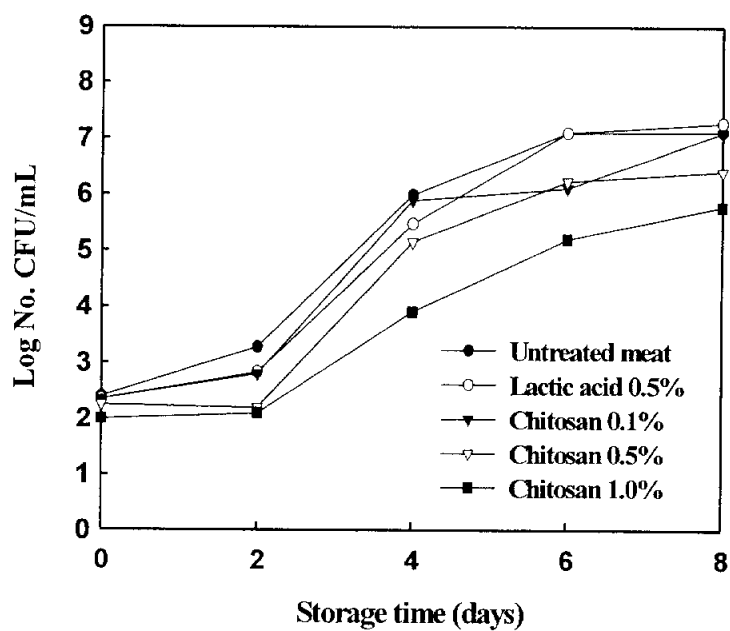


Fig. 2. Total bacterial cell count in the pork treated with various concentration of M.W. 30 kDa chitosan during storage at 10°C.

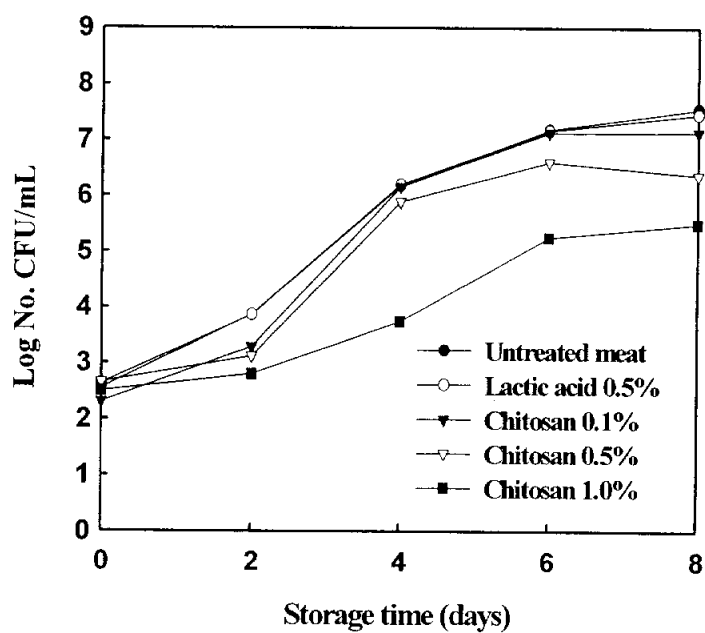


Fig. 3. Total bacterial cell count in the pork treated with various concentration of M.W. 120 kDa chitosan during storage at 10°C.

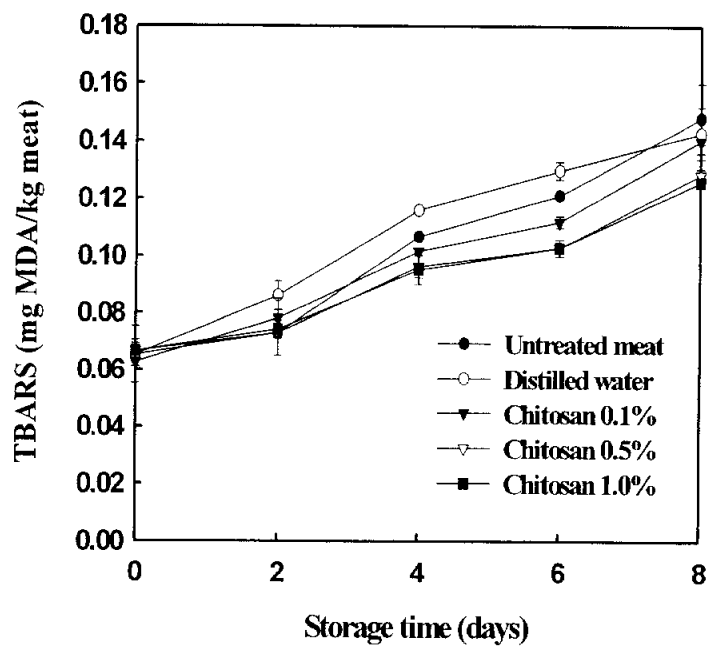


Fig. 4. Changes of TBARS value in the pork treated with various concentration of M.W. 5 kDa chitosan during storage at 10°C.

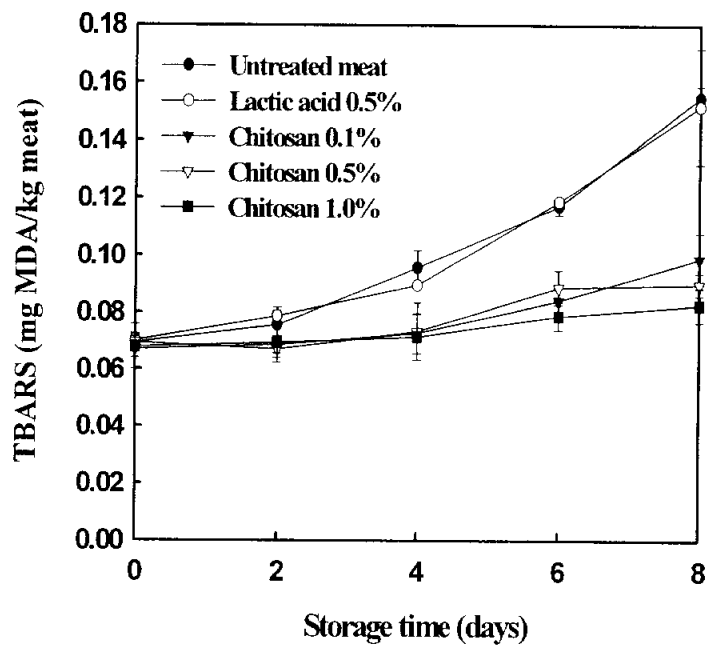


Fig. 5. Changes of TBARS value in the pork treated with various concentration of M.W. 30 kDa chitosan during storage at 10°C.

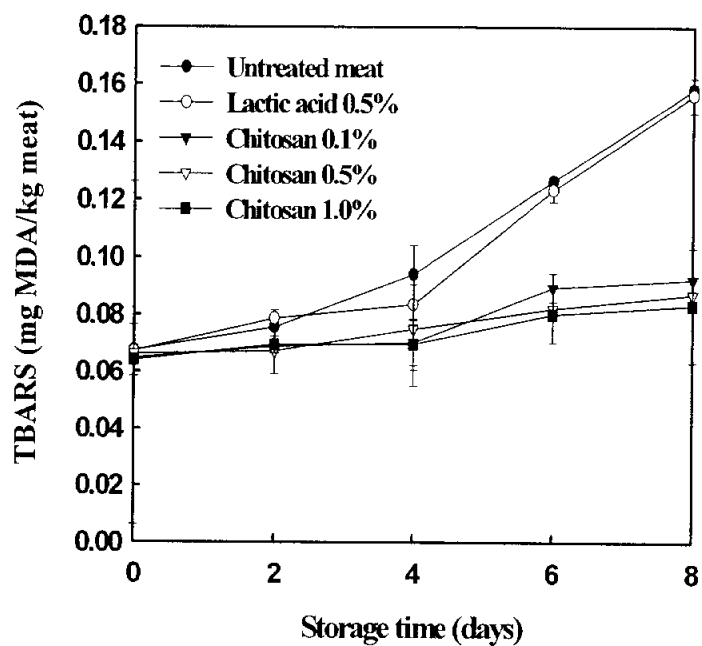


Fig. 6. Changes of TBARS value in the pork treated with various concentration of M.W. 120 kDa chitosan during storage at 10°C.

2-3. 색의 변화

분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산을 농도별로 제조하여 그 액에 돈육 등심을 침지 처리한 다음 저장 중 색의 변화를 알아보았다. 그 결과, 분자량 약 30 kDa의 키토산을 처리한 돈육의 외부 및 내부 명도(L*값)는 키토산 무처리 돈육과 젖산 용액으로 처리한 경우와 비교해 볼 때 저장 18일에 약간 감소하는 경향을 나타내었으나 큰 차이는 없었다. 적색도(a*값)에 있어서는, 키토산 용액에 침지한 돈육의 경우 외부 적색도는 저장 초기와 후기에 거의 비슷한 값을 나타내어 키토산을 처리하지 않은 경우에 비해 저장 기간 동안 적색이 안정하게 유지되었다. 돈육의 내부에서는 키토산 무처리 돈육의 적색이 감소하는데 비해 키토산 용액에 침지한 돈육에서는 적색도가 오히려 약간 증가하였다(Table 3, Table 4). 황색도(b*값)는 키토산을 처리하지 않은 돈육의 내외에서 저장함에 따라 증가했으나 키토산 처리 돈육은 안정하게 유지되었다. 분자량 약 120 kDa의 키토산 용액에 침지한 돈육에서도 분자량 약 30 kDa의 키토산 용액에 침지한 돈육의 결과와 거의 비슷한 경향을 나타내어 키토산 처리를 한 경우는 색이 비교적 안정하게 유지되었다(Table 5, Table 6). 식육의 선택 시 색은 신선도 및 관능적인 부분과 매우 밀접하게 관련하므로 중요한 요인 중의 하나이다. 그러나 저장 중 식육의 색은 육즙의 침출로 인해 투명성이 증가하고, 산화함에 따라 명도 및 황색도는 증가하는데 비해 적색도는 감소한다는 Darmadji and Izumimoto(1994)의 보고를 고려해 볼 때, 식육에 대해 키토산 용액의 처리 시 저장 중 색을 안정하게 유지시키는데 적합할 것으로 사료된다.

2-4. 수분함량의 변화

분자량 및 농도별로 키토산 용액을 제조하여 돈육을 침지한 다음 10℃에서

Table 5. External color of the pork treated with various concentration of M.W. 30 kDa chitosan

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	8 day	0 day	8 day	0 day	8 day
Untreated meat	66.34±0.29	68.43±0.43	2.40±0.34	0.58±1.01	7.54±0.21	8.26±0.45
Lactic acid 0.5%	69.50±0.25	70.63±0.15	2.11±0.06	1.85±0.36	7.02±0.23	7.99±0.31
Chitosan 0.1%	71.42±0.18	69.79±0.04	2.31±0.28	2.73±0.35	7.61±0.14	7.48±0.06
Chitosan 0.5%	69.96±0.07	67.84±0.22	2.32±0.03	2.59±0.41	7.16±0.00	7.79±0.19
Chitosan 1.0%	70.61±0.08	68.13±0.78	2.31±0.07	2.34±0.17	7.51±0.14	7.92±0.05

Table 6. Internal color of the pork treated with various concentration of M.W. 30 kDa chitosan

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	8 day	0 day	8 day	0 day	8 day
Untreated meat	69.17±0.17	70.17±0.27	2.34±0.36	1.94±0.20	6.24±0.72	7.77±0.04
Lactic acid 0.5%	70.71±0.13	71.00±0.01	2.25±0.46	1.71±0.16	6.67±0.20	6.98±0.18
Chitosan 0.1%	71.34±0.37	71.18±0.49	2.32±0.02	2.73±0.08	7.04±0.08	7.42±0.13
Chitosan 0.5%	69.00±0.37	67.78±0.92	2.29±0.24	2.48±0.18	7.76±0.24	8.02±0.06
Chitosan 1.0%	69.38±0.35	68.93±0.27	2.32±0.55	2.97±0.39	7.28±0.01	7.85±0.11

Table 7. External color of the pork treated with various concentration M.W. 120 kDa chitosan

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	8 day	0 day	8 day	0 day	8 day
Untreated meat	67.10±0.18	68.76±0.23	2.29±0.72	0.32±0.23	7.33±0.21	9.23±0.33
Lactic acid 0.5%	66.09±0.07	67.96±0.37	2.32±0.26	1.55±0.87	7.12±0.61	8.17±0.14
Chitosan 0.1%	68.78±0.39	66.72±0.64	2.31±0.08	2.51±0.08	7.72±0.23	7.90±0.45
Chitosan 0.5%	69.49±0.11	68.44±0.05	2.27±0.15	2.76±0.20	7.52±0.65	7.86±0.06
Chitosan 1.0%	68.76±0.50	67.51±0.16	2.34±0.20	2.60±0.12	7.76±0.26	7.91±0.32

Table 8. Internal color of the pork treated with various concentration of M.W. 120 kDa chitosan

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	8 day	0 day	8 day	0 day	8 day
Untreated meat	65.02±0.07	69.33±0.16	2.35±0.25	2.02±0.09	6.81±0.08	8.53±0.52
Lactic acid 0.5%	66.37±0.31	68.34±0.12	2.30±0.02	1.46±0.14	6.92±0.34	7.14±0.10
Chitosan 0.1%	68.44±0.43	69.48±0.82	2.38±0.16	2.83±0.27	7.37±0.11	8.08±0.02
Chitosan 0.5%	68.77±0.14	67.48±0.71	2.38±0.16	2.78±0.15	7.93±0.06	8.82±0.07
Chitosan 1.0%	68.56±1.14	66.52±0.12	2.30±0.41	2.96±0.33	7.58±0.07	8.56±0.12

8일간 저장하면서 수분함량의 변화를 관찰하였다. 분자량 약 5 kDa의 키토산 용액에 침지한 돈육에서는 저장 기간이 증가할수록 수분함량도 비례하여 감소하였으나, 0.5% 이상 처리 시 어느 정도의 수분함량은 유지되었다(fig. 7). 분자량 약 30 kDa의 키토산 용액에 침지한 돈육의 경우에는 0.1% 처리 시에는 약 4일 까지 수분함량이 유지되었으나 그 이후에는 키토산 무처리 돈육과 함께 수분함량이 감소하였고, 0.5% 이상 처리 시에는 약 6일 까지 수분함량이 유지되다가 저장 8일째 약간 감소하여 저장 중 수분함량 변화에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다(fig. 8). 분자량 약 120 kDa의 키토산 용액에 침지한 경우에 분자량 약 30 kDa의 키토산 용액을 처리한 돈육에 비해서는 전반적으로 저장 중에 수분함량이 낮게 측정되었으나, 최종적으로 저장 8일째 수분함량의 감소는 비슷한 것으로 나타났다(fig. 9). 이러한 결과는 키토산의 분자량 및 농도에 따른 점도(Lee and Lee, 2000; Kim and Cho, 1994)에 의한 것으로 사료되며, 식품 중의 수분함량은 미생물의 증식뿐만 아니라 식품 자체의 물성 및 색에도 큰 영향을 미치게 되므로 식육의 품질을 향상 시키는데 도움을 줄 것으로 판단된다.

2-5. pH의 변화

일반적으로 신선한 돈육의 pH는 5.6~5.8이며(James, 1972), 본 실험에서 사용된 돈육의 pH 역시 5.7 정도로 측정되었다. 저장 중 pH의 변화는 분자량 약 5 kDa, 30 kDa, 120 kDa의 키토산 용액에 침지한 모든 시료에서 저장 기간이 길어질수록 증가하였고, 이러한 결과는 분자량 약 5 kDa의 키토산을 처리한 돈육에서, 분자량 약 30 kDa 그리고 120 kDa의 키토산을 처리한 돈육에서는 침지액의 농도가 낮을수록 pH가 급속히 증가하는 경향을 보였다(Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12). 이러한 결과는 저장 중 식육 내부의 단백질 및 지질 등의 분해 및 돈육의 표면 미생물 증식으로 인해 ammonia와 amino sugar complex가 형성되었기 때문이라 사료된다(Jay and Shelef, 1978).

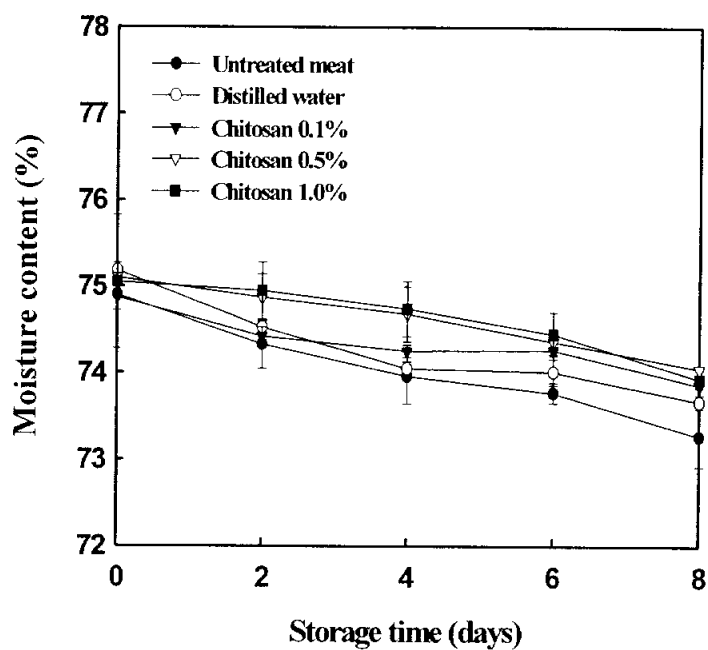


Fig. 7. Moisture content in the pork treated with various concentration of M.W. 5 kDa chitosan during storage at 10°C.

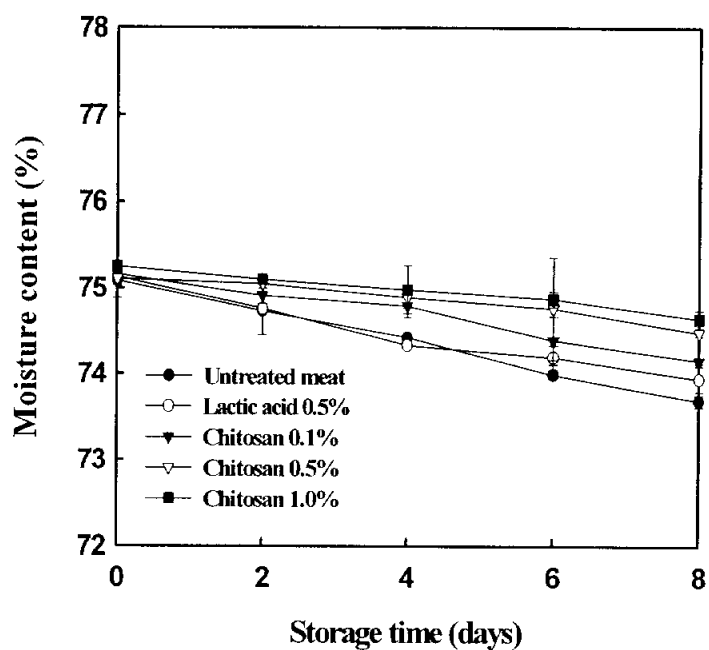


Fig. 8. Moisture content in the pork treated with various concentration of M.W. 30 kDa chitosan during storage at 10°C.

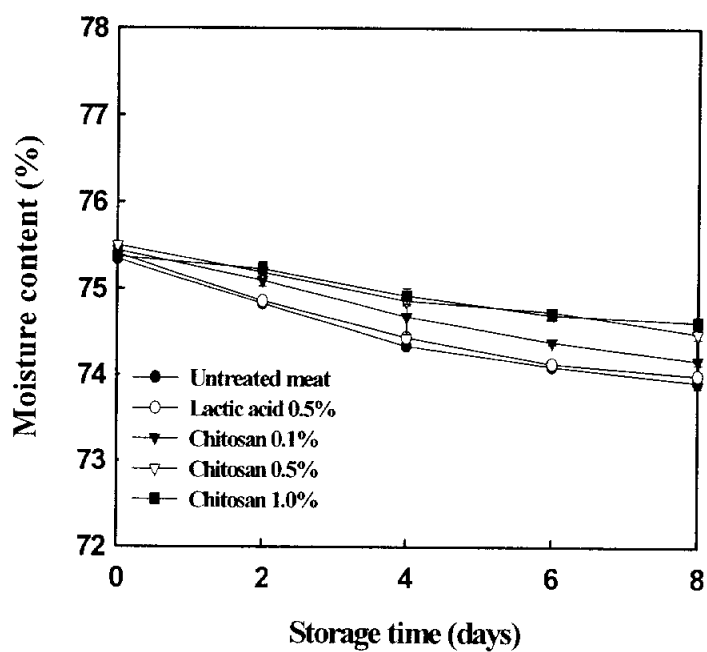


Fig. 9. Moisture content in the pork treated with various concentration of M.W. 120 kDa chitosan during storage at 10°C.

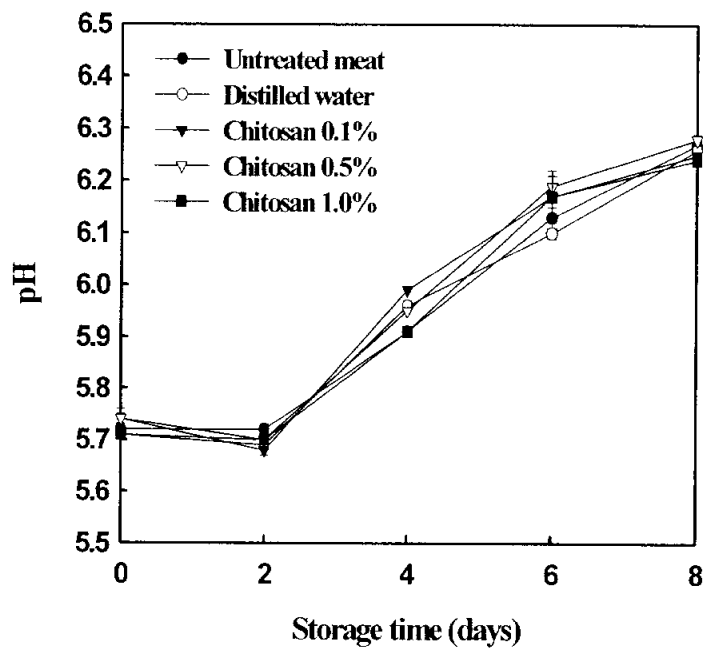


Fig. 10. pH value in the pork treated with various concentration of M.W. 5 kDa chitosan during storage at 10°C.

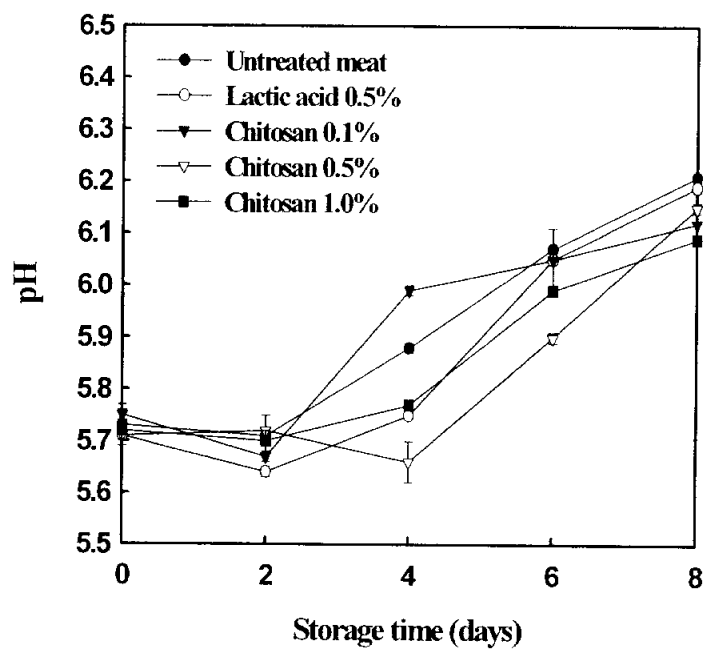


Fig. 11. pH value in the pork treated with various concentration of M.W. 30 kDa chitosan during storage at 10°C.

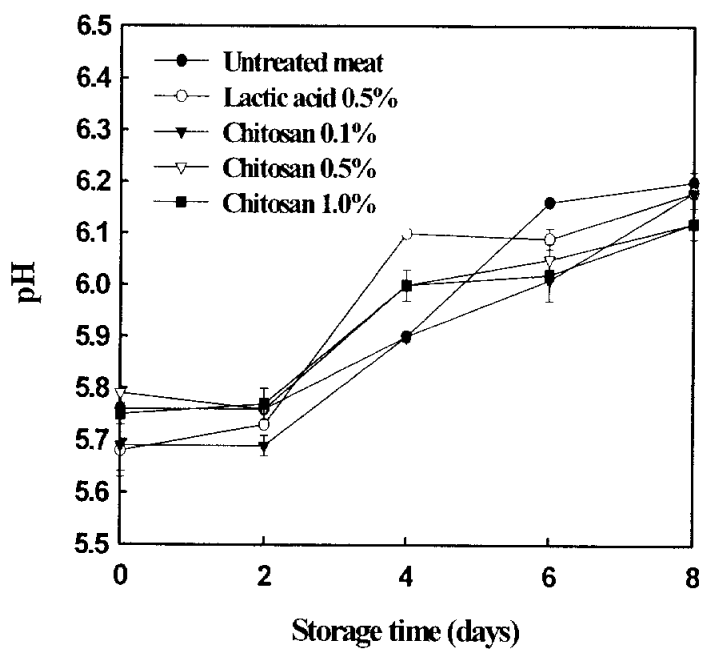


Fig. 12. pH value in the pork treated with various concentration of M.W. 120 kDa chitosan during storage at 10°C.

3. 키토산 코팅법

3-1. 돈육의 저장성

앞서 실험한 키토산 용액의 침지 방법에서 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 1%의 키토산을 사용했을 때 저장효과가 가장 뛰어났다. 따라서 1%의 키토산과 3%의 젤라틴을 혼합한 용액을 제조하여 돈육 등심에 칼슘주사 후 이를 코팅하여 1℃에서 18일간 저장하면서 생균수를 측정하였다. 그 결과, 분자량 약 30 kDa의 키토산을 코팅한 돈육의 경우 키토산을 코팅하지 않은 돈육에 비해 저장 3일부터 생균수가 훨씬 적게 측정되었고, 저장 일수가 길어질수록 이와 같은 경향은 더욱더 뚜렷하게 나타났다. 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 코팅 돈육 가운데서도 물, 칼슘, EDTA 용액을 주입한 경우에 저장 12일까지는 전반적으로 생균수가 비슷하게 측정되어 큰 차이를 관찰할 수 없었으나, 저장 15일 이후로 EDTA 용액을 주입한 돈육의 생균수는 다른 용액을 주입한 경우와는 달리 거의 증가하지 않는 것으로 측정되어 주사 처리구 중에서도 저장성 효과가 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 13). 분자량 약 120 kDa의 키토산을 사용하여 코팅한 돈육에서도 저장 18일 동안의 미생물 증식이 억제되는 것으로 나타나 분자량 약 30 kDa의 키토산을 코팅한 돈육에서의 경우와 거의 유사한 결과를 나타냈으며(Fig. 14), 본 실험에서 사용된 키토산의 분자량에 크게 영향을 받지 않고 키토산을 코팅 처리한 경우에 뛰어난 저장 효과를 나타냈음을 알 수 있었다. 특히 EDTA 용액을 식육 내부에 주사 처리한 후 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산 코팅 처리 시 식육의 저장성을 향상시키는데 적합할 것이라 사료된다.

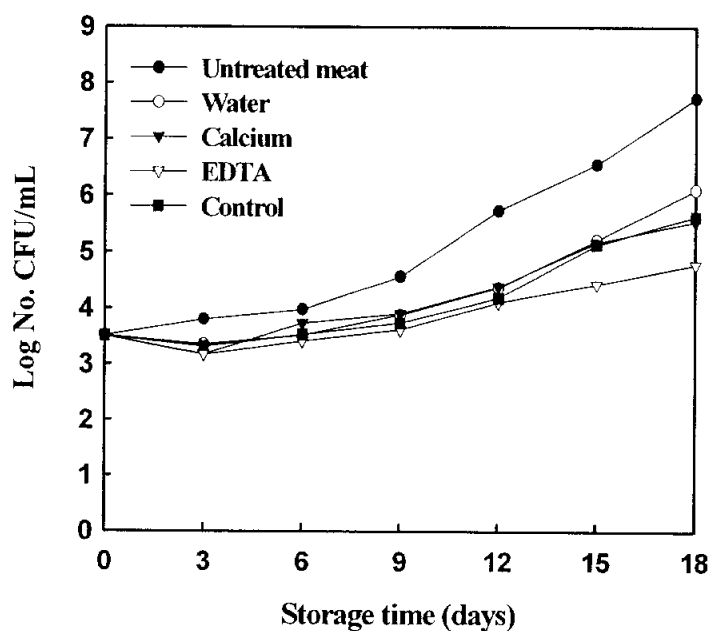


Fig. 13. Total bacterial cell count in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

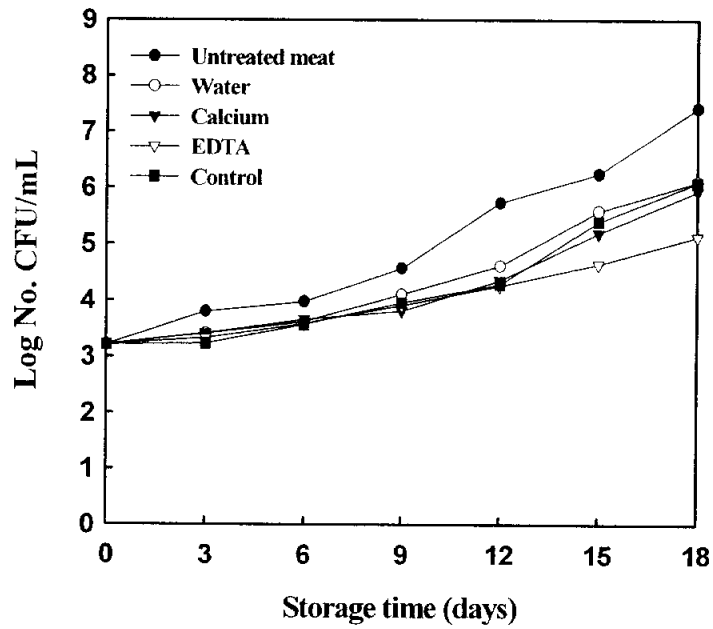


Fig. 14. Total bacterial cell count in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

3-2. 지질의 산화도

분자량 및 농도별로 제조한 키토산 용액에 돈육 등심을 침지하여 저장한 결과 분자량과 농도가 높아질수록 저장 중 지질 산화 억제에 더 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 칼슘 용액의 주입 후 키토산/젤라틴 혼합액으로 돈육의 표면에 코팅하여 저장 중 지질의 산화도를 측정한 결과, 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액으로 코팅한 돈육의 경우 저장 6일까지는 키토산으로 코팅하지 않은 돈육과 산화 정도가 비슷하게 나타났지만 그 이후에는 코팅하지 않은 돈육의 산화는 현저하게 진행되었다. 이에 비해 키토산 코팅 돈육의 산화는 비교적 안정하게 유지되어 저장 중 키토산/젤라틴 코팅에 의한 지질 산화 억제 효과는 큰 것으로 나타났고, 키토산/젤라틴 코팅 돈육 중, 주사 처리에 따라서는 물을 주입한 돈육보다는 칼슘 용액을 주입한 돈육에서 저장 중 지질의 산화 억제 효과는 큰 것으로 나타났다. 특히 EDTA 용액을 주입한 돈육의 산화 억제 효과는 다른 주사 처리구에 비해 두드러지게 높은 항산화 효과를 나타내어(Fig. 15), 저장성에서와 비슷한 경향을 보였다. 분자량 약 120 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 돈육에 코팅한 경우에 있어서도 분자량 약 30 kDa의 키토산과 비슷한 결과를 나타내었는데 분자량 약 120 kDa의 키토산 코팅 시 그 차이는 미미하나 산화 억제 효과가 조금 더 뛰어난 것으로 나타났다(Fig. 16). 지금까지 진행되어 온 연구에 따르면 몇몇 수용성 키토산 유도체가 항산화 효과를 나타내었다는 보고(Xue et al., 1998)가 있었을 뿐만 아니라 각종 식품에 적용하였을 때 키토산이 산화 억제 효과를 나타낸다는 몇몇 연구 결과도 보고되어 있어(Youn et al., 2001; Lee et al. 2002), 본 실험에서의 결과도 이들의 결과와 일치함을 보여주었다.

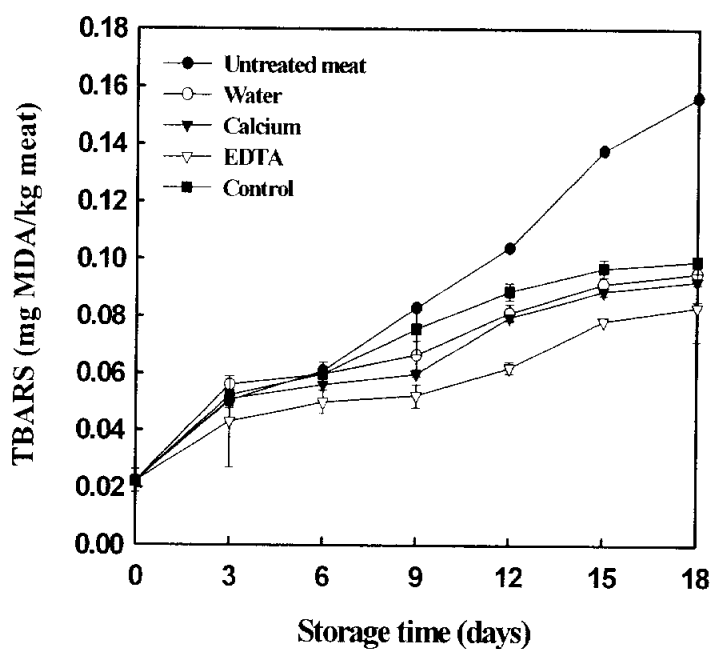


Fig. 15. Changes of TBARS value in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

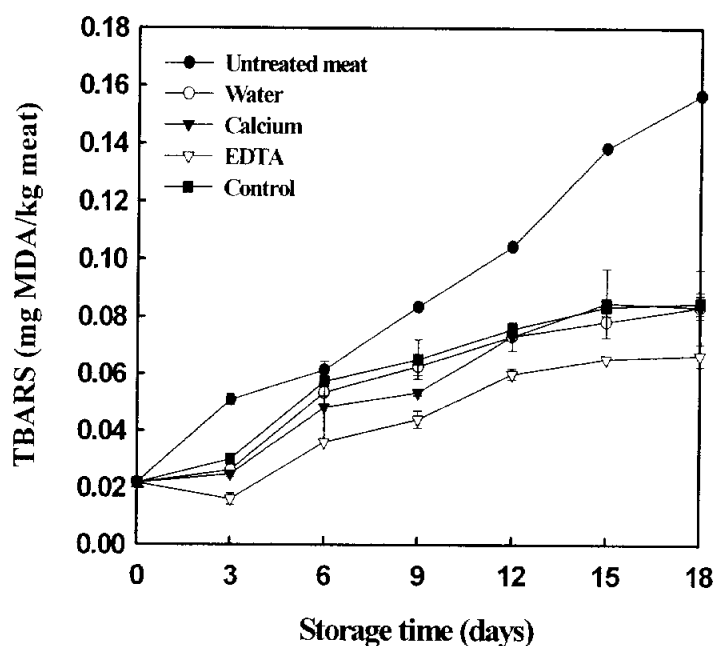


Fig. 16. Changes of TBARS value in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

3-3. 연도의 변화

0.2 M의 칼슘 용액을 돈육에 대하여 5% 주입한 다음 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅하여 저장기간 동안의 연도의 변화를 살펴보았다(Fig. 17, Fig. 18). 그 결과, 칼슘을 주입한 돈육의 전단력이 저장 2일째부터 가장 낮은 수치를 보였고 저장 전 기간에 있어서도 전단력이 가장 낮게 나타났다. 한편, EDTA 용액을 주입한 경우에는 다른 시료에 비해 전단력이 큰 차이는 나지 않았으나 연화의 정도가 가장 낮은 것으로 측정되었다. 이는 금속 킬레이트인 EDTA가 식육 내부에 존재하는 Ca^{2+} 의 작용을 저지하게 됨으로써 식육의 연화를 억제시킨 것으로 사료된다. 식육의 연도 변화는 사후경직 후 숙성기간 동안 결합조직 및 근원섬유의 구조변화 및 분해에 의해 일어나는 현상으로 이는 식육의 품질을 판정하는데 있어 가장 중요한 요인이 된다. 그러나 Miller 등(1995)은 다른 우육의 같은 부위에서라도 연화의 정도는 다르게 나타난다고 하였으며, Clare 등(1997)은 연화도가 너무 낮을 경우 식육의 본래의 탄력성 저하로 품질이 저하되고, 높을 경우 식육이 질겨지게 되므로 좋지 않다고 보고하였다. 이에 따라 Hoover 등(1995)이 보고한 결과에 따르면 0.2 M 칼슘액을 5% 주입한 쇠고기 스테이크에서 연도 및 풍미가 가장 증대되었다고 하였으며 이는 본 실험의 결과와도 일치하는 것이다.

3-4. 색의 변화

칼슘 용액을 돈육에 주입한 다음 분자량별 키토산/젤라틴 혼합액을 표면에 코팅하여 저장기간 동안의 내부 및 외부의 색 변화를 살펴보았다. 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액으로 코팅한 돈육의 경우에는 명도(L^*)가 조금씩 감소하였으나, 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅하지 않은 돈육의 명도는

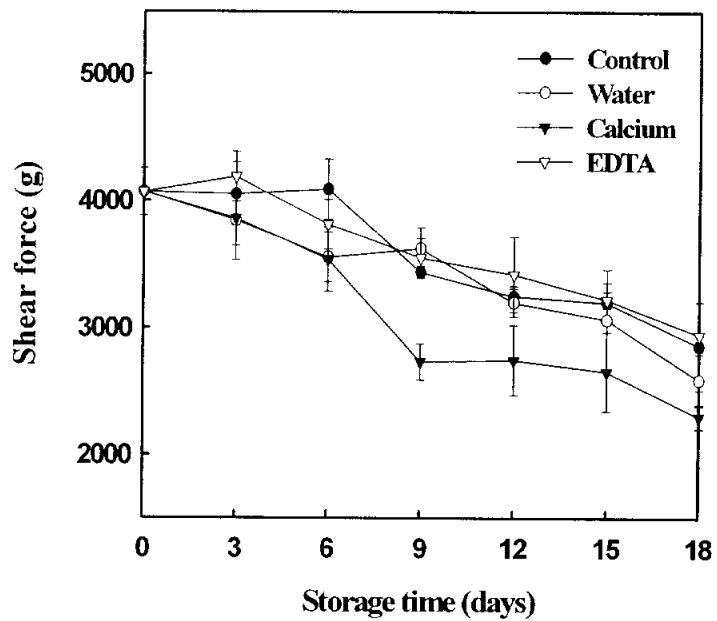


Fig. 17. Shear force in the pork coated with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Control; Not treated group with injection.

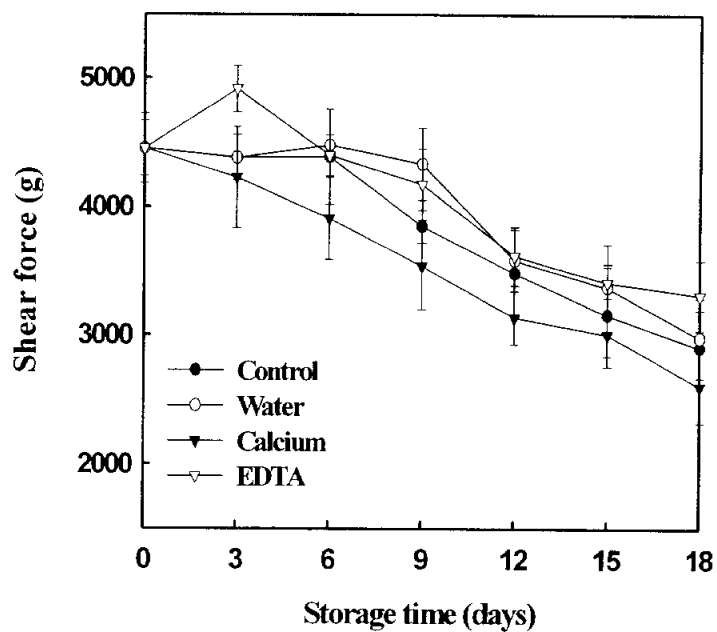


Fig. 18. Shear force in the pork coated with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Control; Not treated group with injection.

18일 후 증가하였고, 이러한 차이는 외부에서 보다 내부에서 더 큰 것으로 나타났다. 돈육의 외부 적색도(a^*)의 경우에는 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅하지 않은 돈육이 저장 초기보다 후기에 크게 감소하였는데 비해, 키토산/젤라틴 혼합액 처리 시 적색도가 약간 증가하였다. 특히 칼슘 용액을 주입하였을 때 적색도의 증가는 더욱더 두드러지게 나타났으며, 돈육의 외부에 비해 내부의 적색도가 한층 더 증가했음을 알 수 있었다. 황색도(b^*)의 경우에는 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅한 경우 전 주사 처리구에서 근소한 차이로 증가하는 경향을 나타내었으나, 이에 비해 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅하지 않은 돈육의 경우에는 황색도가 큰 폭으로 증가했음을 나타내었다(Table 9, Table 10). 분자량 약 120 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅한 돈육의 내부 및 외부의 명도는 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액으로 처리한 경우와 거의 비슷한 수준으로 감소하는 것으로 나타났다. 적색도에서는 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액으로 코팅한 돈육과 비교해 볼 때 외부에서는 저장 초기에 비해 저장 후기에 약간 더 증가하는 경향을 보였으나, 내부에서는 약간 감소하는 경향을 보였다. 그러나 분자량 약 120 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅한 돈육에서도 칼슘 용액 주입 시 다른 용액의 주사 처리구에 비해 적색도가 더 증가했음을 볼 수 있었다. 황색도 측정에서 저장 18일 후 전 주사 처리 및 키토산/젤라틴 코팅 처리구에 있어 증가하는 경향을 나타내었으나 특히 키토산/젤라틴 코팅을 하지 않은 경우와 비교해 볼 때 증가의 정도는 낮았다(Table 11, Table 12). 이와 같은 결과는 돈육의 키토산 액 침지 결과와 같을 뿐만 아니라 키토산 용액을 처리한 우육의 저장 중 명도의 감소와 더불어 적색도가 증가하였다는 보고와도 일치한다(Darmadji and Izumimoto, 1994). 따라서 키토산 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 코팅 및 칼슘의 주입은 저장 중의 색을 안정화함에 따라 품질 향상에 기여할 것으로 생각된다.

Table 9. External color of the coated pork with M.W. 30 kDa chitosan and gelatin after injection of calcium

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	18 day	0 day	18 day	0 day	18 day
Untreated meat ¹⁾	70.48±0.46	73.47±0.69	2.63±0.15	0.78±0.22	7.29±0.35	8.89±0.06
Control ²⁾	70.48±0.46	68.35±0.81	2.63±0.15	2.88±0.24	7.29±0.35	7.64±0.08
Water	70.48±0.46	69.04±0.71	2.63±0.15	2.79±0.03	7.29±0.35	7.74±0.35
Calcium	70.48±0.46	68.49±0.04	2.63±0.15	3.19±0.03	7.29±0.35	7.77±0.54
EDTA	70.48±0.46	68.33±0.00	2.63±0.15	2.77±0.24	7.29±0.35	7.50±0.07

¹⁾ Not treated group with injection and coating

²⁾ Not treated group with injection

Table 10. Internal color of the coated pork with M.W. 30 kDa chitosan and gelatin after injection of calcium

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	18 day	0 day	18 day	0 day	18 day
Untreated meat ¹⁾	70.13±0.35	76.91±0.26	2.17±0.02	1.55±0.01	6.75±0.26	8.61±0.18
control ²⁾	70.13±0.35	68.21±1.08	2.17±0.02	2.82±0.14	6.75±0.26	7.49±0.15
Water	70.13±0.35	68.46±0.61	2.17±0.02	2.79±0.03	6.75±0.26	7.74±0.27
Calcium	70.13±0.35	68.12±0.43	2.17±0.02	3.19±0.03	6.75±0.26	7.62±0.24
EDTA	70.13±0.35	67.81±0.12	2.17±0.02	2.77±0.24	6.75±0.26	7.48±0.16

¹⁾ Not treated group with injection and coating

²⁾ Not treated group with injection

Table 11. External color of the coated pork with M.W. 120 kDa chitosan and gelatin after injection of calcium

Sample	L*		a*		b*	
	0 day	18 day	0 day	18 day	0 day	18 day
Untreated meat ¹⁾	68.76±1.21	71.75±0.69	2.25±0.06	0.45±0.22	7.86±0.17	9.32±0.06
Control ²⁾	68.76±1.21	67.09±1.75	2.25±0.06	2.57±0.19	7.86±0.17	8.67±0.23
Water	68.76±1.21	65.68±0.01	2.25±0.06	2.46±0.07	7.86±0.17	8.73±0.42
Calcium	68.76±1.21	66.52±0.62	2.25±0.06	3.15±0.35	7.86±0.17	8.57±0.59
EDTA	68.76±1.21	66.08±0.11	2.25±0.06	2.51±0.19	7.86±0.17	8.66±0.39

¹⁾ Not treated group with injection and coating

²⁾ Not treated group with injection

Table 12. Internal color of the coated pork with M.W. 120 kDa chitosan and gelatin after injection of calcium

Sample	L*			a*			b*		
	0 day	18 day		0 day	18 day		0 day	18 day	
Untreated meat ¹⁾	68.26±1.15	73.34±0.26		2.57±0.02	1.99±0.01		7.32±0.30	9.41±0.18	
Control ²⁾	68.26±1.15	66.05±1.28		2.57±0.02	2.58±0.14		7.32±0.30	8.49±0.41	
Water	68.26±1.15	65.43±0.36		2.57±0.02	2.23±0.03		7.32±0.30	8.97±0.12	
Calcium	68.26±1.15	66.14±0.38		2.57±0.02	2.93±0.64		7.32±0.30	8.42±0.46	
EDTA	68.26±1.15	66.16±0.11		2.57±0.02	2.98±0.15		7.32±0.30	8.35±0.24	

¹⁾ Not treated group with injection and coating

²⁾ Not treated group with injection

3-5. 수분함량의 변화

1%의 키토산 용액과 3% 젤라틴 용액을 혼합하여 이를 칼슘 주사 처리 후의 돈육 표면에 각각 코팅하여 1℃에서 18일간 저장하면서 수분함량 변화를 살펴보았다. 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅하지 않은 돈육에 비해 코팅한 돈육에서 저장 기간 동안 수분함량이 크게 감소하지 않았는데, 이러한 결과는 키토산/젤라틴 혼합액의 코팅이 돈육으로부터의 수분이 증발되는 것을 억제시킴으로써 수분함량이 유지되는 것으로 생각된다. 또한 물, 칼슘, EDTA 용액의 주입 및 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅한 돈육의 경우에는 저장 3일째 수분함량이 약간 증가하였고, 18일간 저장 중의 수분함량은 물, 칼슘, EDTA 용액 순으로 변화의 정도가 작게 나타났다(fig. 19). 분자량 약 120 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 처리한 경우에도 분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액을 처리한 경우와 거의 비슷한 결과를 나타내어 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅하지 않은 경우에서 보다 코팅한 경우에 저장 중 수분함량이 더 높게 유지되었고, 그 중에서도 주사 처리를 한 돈육의 수분함량이 더 높게 측정되었다(fig. 20). 이는 돈육의 내부에 물, 칼슘, EDTA와 같은 처리액을 주입하였을 뿐만 아니라 돈육의 표면을 키토산/젤라틴 혼합액이 피막을 형성함으로써 이와 같은 결과를 나타내었으리라 생각된다. 따라서 돈육의 표면에 분자량 약 30과 120 kDa의 키토산/젤라틴 혼합액의 코팅처리는 저장 중 돈육의 표면 건조를 억제하여 돈육의 품질 저하를 막을 수 있을 것으로 사료된다.

3-6. 수분활성도의 변화

신선 돈육의 수분활성도(A_w)는 0.990으로 보고되어 있으며(Chirife and Forntan, 1982), 실험에서 사용된 돈육의 수분활성도 역시 0.990 ± 0.001 의 값을

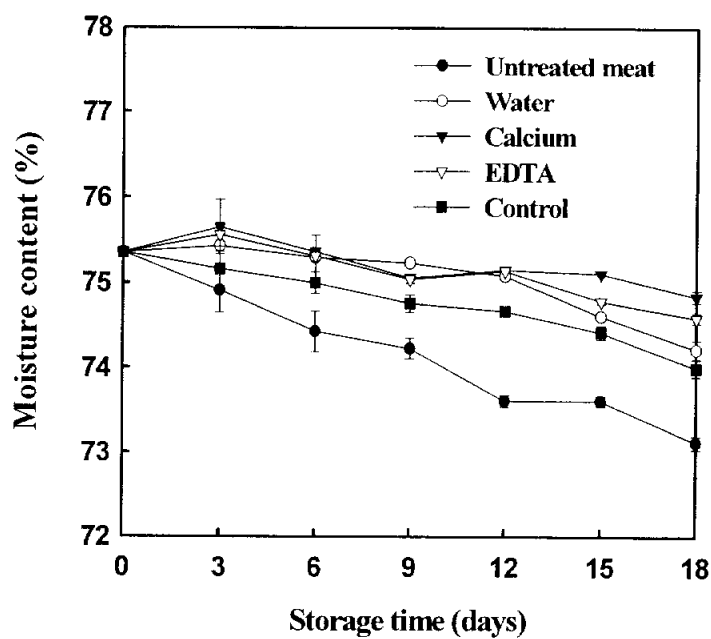


Fig. 19. Moisture content in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

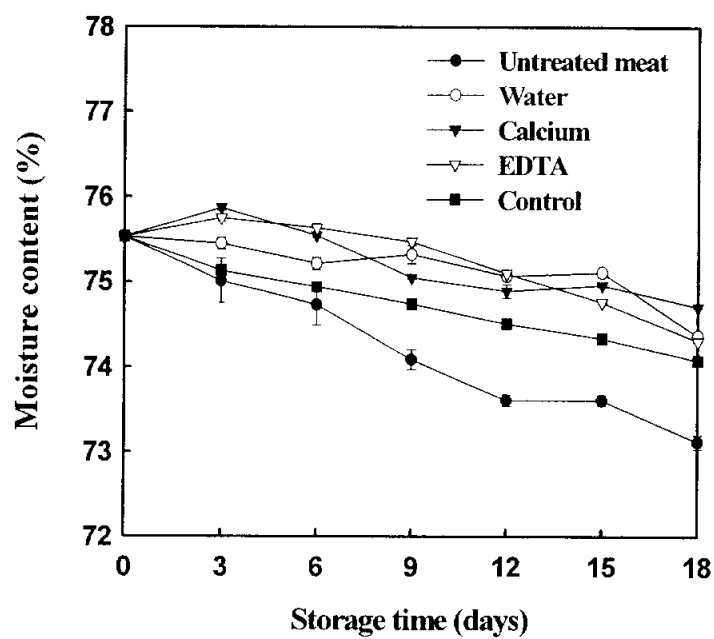


Fig. 20. Moisture content in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

나타내었다. 칼슘 주입 후 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산/젤라틴을 코팅한 돈육에 있어 저장 3일까지는 전체적으로 수분활성도가 큰 차이를 보이지 않았으나 저장 6일부터 키토산/젤라틴 혼합액을 처리하지 않은 돈육에서 수분활성도가 급격히 감소하였고, 주입액을 처리하지 않은 돈육의 경우 더 급격히 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 21, Fig. 22). 이러한 결과는 키토산이 지니는 보수성 때문인 것으로 사료되며(Knorr, 1982), Lee 등(2002)은 식빵에 키토산 첨가 시 저장 중 수분활성이 일정하게 유지된다고 보고하였다. 따라서 돈육 표면에 키토산/젤라틴 혼합액의 코팅 처리 시 건조에 따른 외관 손상 및 물성 변화 등을 막아 돈육의 저장 기간을 연장시킬 수 있을 것으로 사료된다.

3-7. 돈육의 pH

돈육의 초기 pH는 5.7 부근으로 측정되었고, 칼슘 용액의 주입과는 무관하게 물이나 EDTA를 주입한 경우에도 pH는 거의 비슷하게 측정되었다. 이는 닭고기에 대한 칼슘 용액의 처리는 pH에 아무런 영향을 미치지 않는다고 한 Young과 Lyon(1997)과 유사한 결과를 나타내었다. pH 변화는 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅에 영향을 받은 것으로 보여져 저장 3일부터 pH가 약간 감소하였고 저장 12일까지 거의 비슷한 수준으로 유지되었으나 18일째에는 크게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 23, Fig. 24). 저장 후기부터 pH가 증가하는 이유는 식육의 저장 중 미생물이 증식하면서 생성하는 대사산물로 인한 결과이다. 키토산/젤라틴의 코팅에 의해 미생물의 생육이 억제됨으로 저장 후기에 pH가 비교적 안정되는 것으로 사료된다.

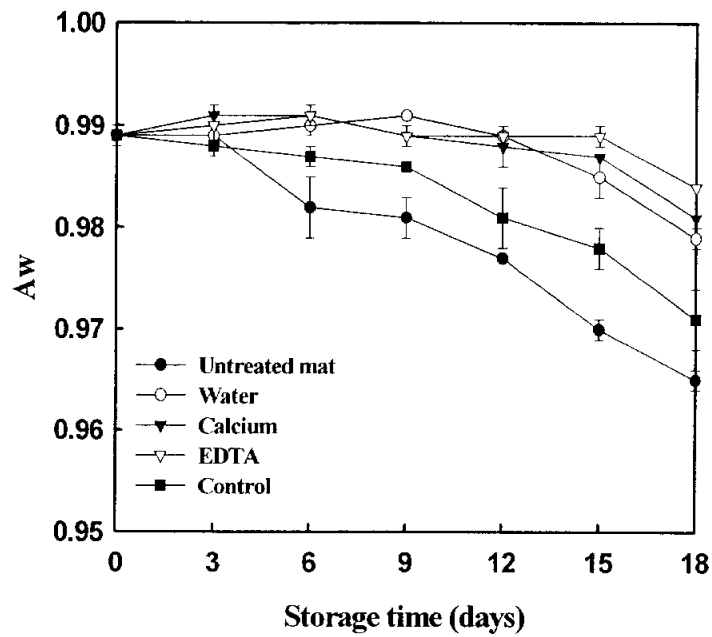


Fig. 21. Water activity(A_w) in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

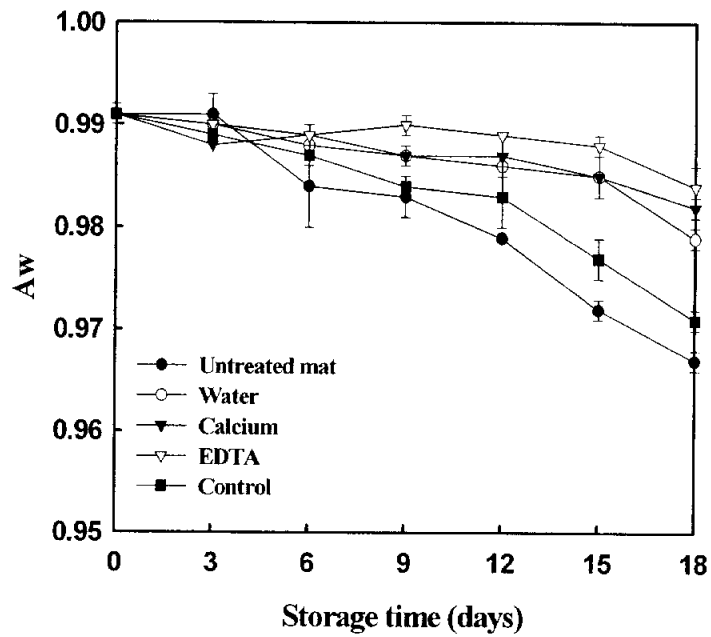


Fig. 22. Water activity(A_w) in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

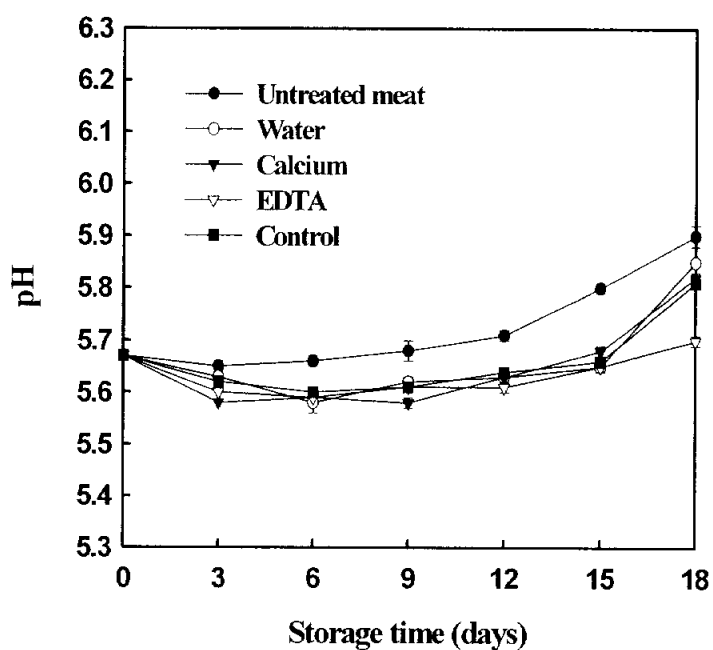


Fig. 23. pH value in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

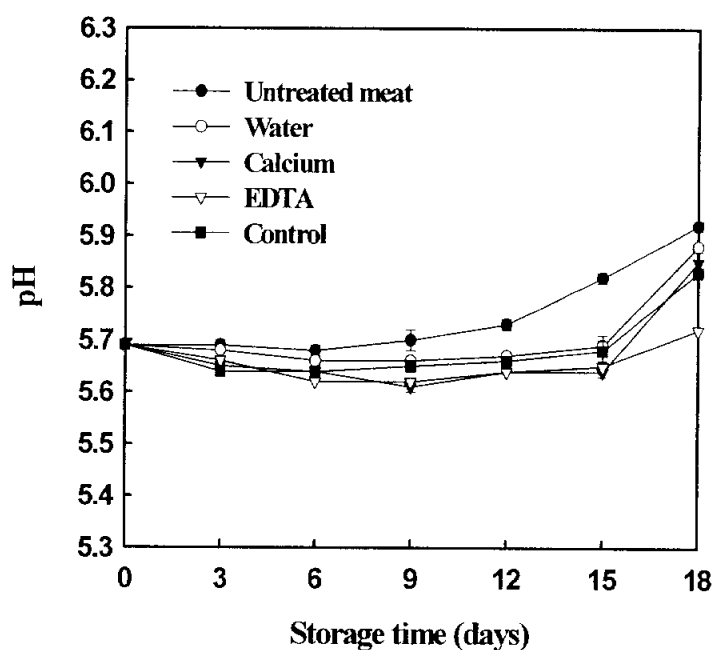


Fig. 24. pH value in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

3-8. 보수력의 변화

분자량 약 30 kDa의 키토산/젤라틴의 혼합액을 코팅한 돈육은 무코팅 돈육에 비해 저장 중 보수력의 변화가 비교적 적었으며, 키토산/젤라틴 혼합액을 코팅한 경우에 있어서도 EDTA 용액이나 물을 주입한 경우에 보수력이 더 낮은 것으로 나타났다(Fig. 25). 칼슘 용액을 주입한 돈육과 어떠한 용액도 주입하지 않은 경우에 있어서는 저장 12일까지 다른 실험구에 비해 보수력이 비교적 높게 나타났으나 15일 이후로는 비슷한 경향을 보였다. 분자량 약 120 kDa의 키토산을 사용한 경우에도 비슷한 결과를 보였는데, 분자량 약 30 kDa의 것을 사용하였을 때보다 약간 더 높은 보수력을 나타내었다(Fig. 26). 이러한 결과는 수분함량에 있어서도 유사한 경향을 보였다. 식육을 오랫동안 저장해 두면 건조에 의해 수분보유능이 감소하며, 단백질 변성에 의해 보수력이 저하하게 되는데 저장 중 육류의 조직으로부터 삼출되는 육즙은 기호도를 감소시키는 주요 원인이며 동시에 미생물의 오염을 촉진시킬 수 있다. 뿐만 아니라 육즙이 침출될 때 수용성 성분도 함께 빠져나오게 되므로 이로 인해 영양적으로 가치가 하락하게 된다. 따라서 칼슘의 주입 및 키토산/젤라틴 코팅 시 저장 중 보수력을 유지하게 됨으로써 영양적인 측면과 기호적인 측면을 향상시키는데 적합할 것으로 판단된다.

3-9. 돈육의 cooking loss

돈육의 내부에 칼슘 용액을 주입한 다음 키토산/젤라틴 혼합액으로 코팅 처리하여 저장 중 cooking loss의 변화를 알아보았다(Fig. 27, Fig. 28). 그 결과, 18일 저장 기간 동안 키토산/젤라틴 혼합액 및 전 주사 처리 돈육의 cooking loss는 거의 비슷하게 약간 증가하였고, 주사 처리 하지 않은 돈육에서 가장 안정되었다. 이와 같은 경향은 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산

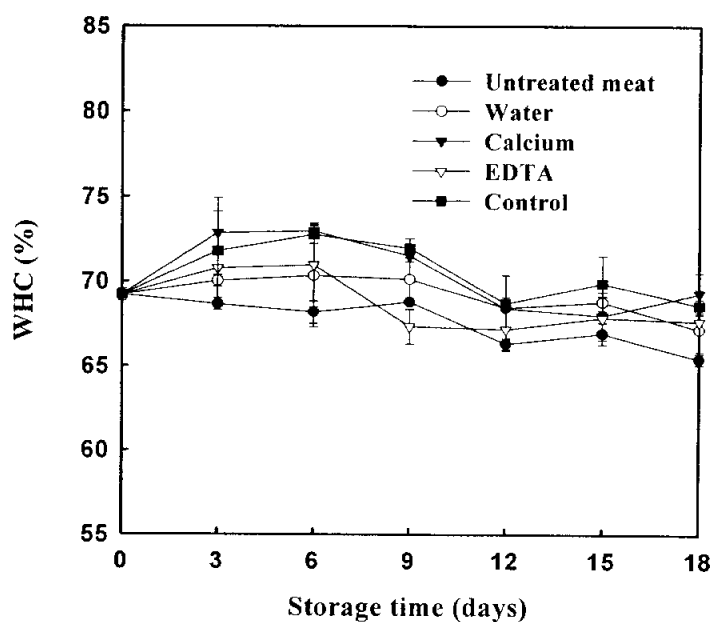


Fig. 25. Water holding capacity in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection.

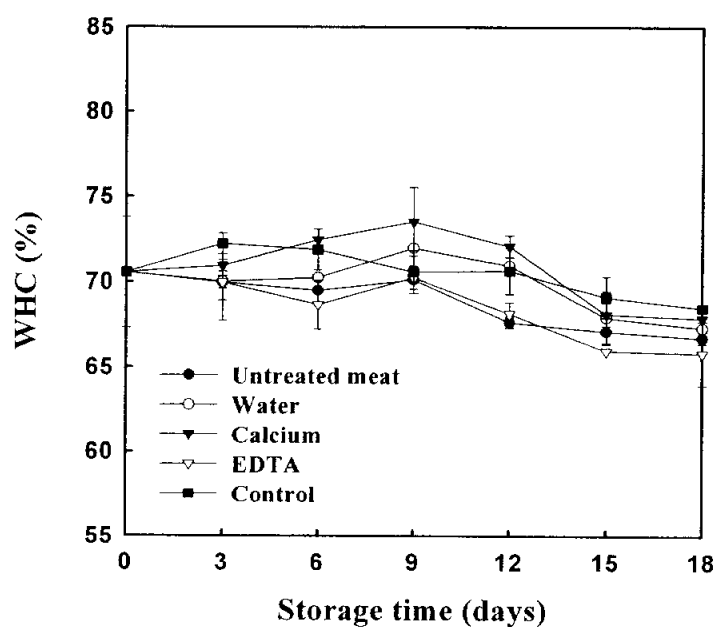


Fig. 26. Water holding capacity in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection

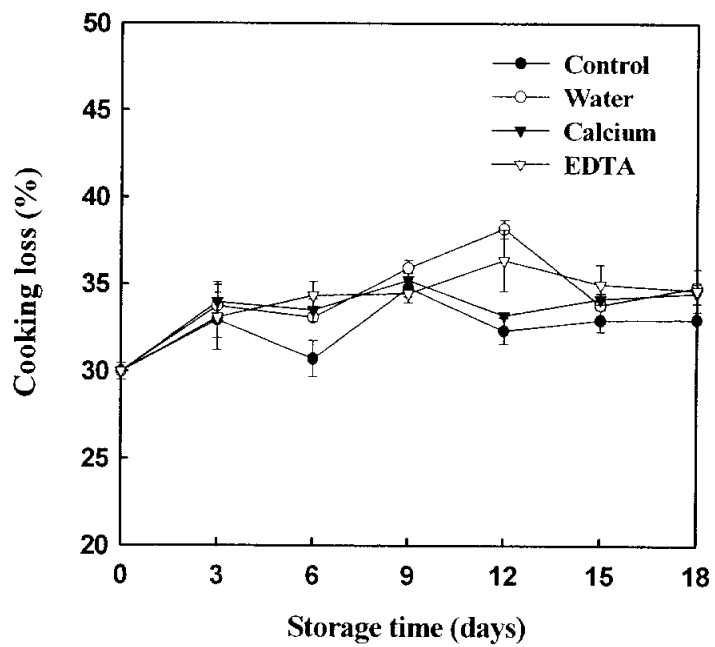


Fig. 27. Cooking loss in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Control; Not treated group with injection

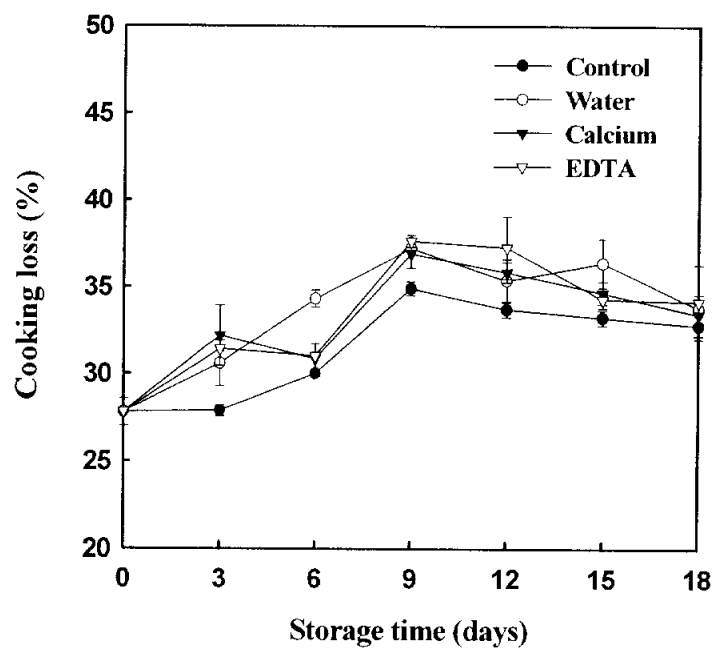


Fig. 28. Cooking loss in the coated pork with chitosan of M.W. 120 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Control; Not treated group with injection

토산 코팅 시에 유사하게 나타났다. Seabra 등(1997)은 닭 흉근 부위를 칼슘 용액에 침지하였을 때 cooking loss가 더 높았다고 보고하였는데, 본 실험에서도 칼슘 용액 처리 돈육이 무처리 돈육의 cooking loss 보다 약간 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다. 이는 식육에 용액을 주입하였기 때문에 가열 처리 시 단백질의 수축으로 인해 수분손실이 더 많을 것으로 사료된다.

3-10. 돈육의 근원섬유 소편화도

돈육의 등심 부위에 칼슘 용액을 주입한 다음 분자량 약 30 kDa의 키토산 /젤라틴을 코팅하여 숙성 기간 동안의 근원섬유의 소편화도를 관찰한 결과 (Fig. 29), 숙성 3일부터 칼슘 용액을 주입한 돈육에서 1-4 sarcomere로 된 근원섬유 소편이 가장 높게 측정되었고, 18일 숙성 중 근원섬유 소편화도는 가장 높은 비율로서 유지되어 연화도가 높아졌음을 알 수 있었다. Moller 등(1973)은 식육의 숙성 기간 동안 발생하는 연화 현상은 근원섬유의 Z선 약화로 인한 근원섬유 소편화가 크게 작용하는 것으로 보고했는데, 본 실험에서의 결과는 칼슘 용액 처리에 의해 titin이 분해되어 저분자 peptide로 되었다는 Tatsumi(1998)의 결과와 일치하며, 계육에 대해 칼슘 용액을 처리하였을 때 근원섬유의 Z선 구조를 약화시켜 연화시킨다는 Ahn and Park(1998)의 결과와도 일치하는 것이다. 또한 본 연구에서 칼슘 용액을 처리한 돈육의 전단력이 가장 낮게 나타난 결과와도 일치함을 보여주었다. 따라서 돈육에 대해 칼슘 용액을 처리함에 따라 근원섬유가 약화되어 숙성 중 빠른 연화를 유도하게 되므로 식육의 품질을 향상시키는데 큰 영향을 줄 것으로 사료된다.

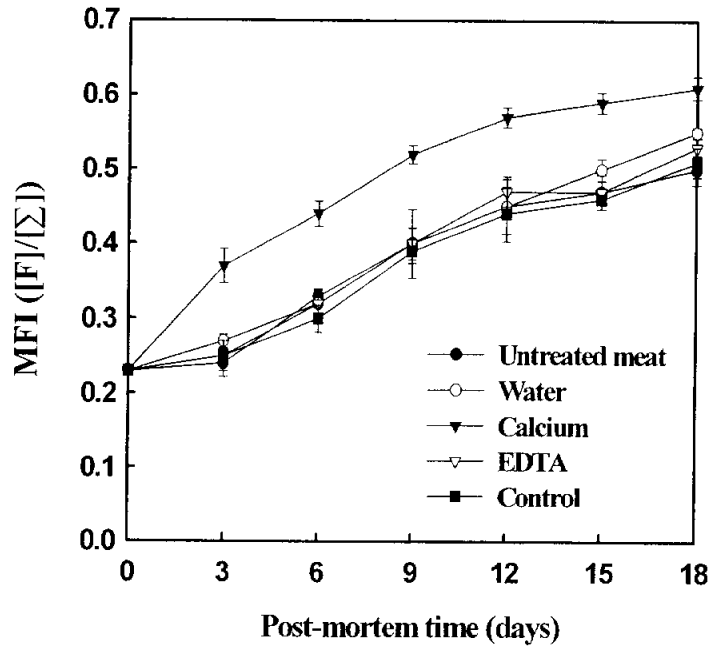


Fig. 29. Changes of Myofibrillar fragmentation index(MFI) in the coated pork with chitosan of M.W. 30 kDa and gelatin after injection of calcium during storage at 1°C. Untreated meat; not treated group with injection and coating, Control; Not treated group with injection, [F]; The number of myofibrillar fragments composed of 1-4 sarcomeres, [Σ]; The total number of myofibrils and myofibrillar fragments

요 약

식육의 저장성 증진 및 연도의 개선 등의 품질 향상 효과를 알아보기 위해 돈육의 내부에 칼슘 용액을 주입한 다음 표면에 키토산을 처리한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 식육의 부패에 관여하는 미생물에 대해 키토산의 생육억제능을 측정한 결과, 분자량 약 5 kDa의 키토산에서는 0.001~0.5%의 전 농도에서 생육억제가 약하게 나타났으나, 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산을 사용한 경우 0.01% 이상에서 강한 생육 억제 효과를 나타냈는데 *Lactobacillus*종은 키토산에 대한 생육 억제능이 약간 떨어졌다.
2. 분자량 약 5, 30, 120 kDa의 키토산을 0.1~1.0%로 제조하여 돈육을 침지한 다음 10℃, 8일간 저장한 결과 분자량 약 30, 120 kDa의 키토산 용액의 1% 침지 시 저장성 및 항산화 효과가 뛰어났다. 분자량 약 30과 120 kDa의 키토산 처리 시 저장 중 적색도는 저장 중 안정하게 유지되었고, 수분함량의 감소는 덜 하였다. pH는 돈육에 처리한 키토산의 분자량 및 농도가 낮을수록 급속하게 증가하는 경향을 나타내었다.
3. 돈육의 내부에 칼슘 용액 주입 후 분자량 약 30, 120 kDa의 키토산 1%와 젤라틴 3%의 혼합액을 코팅하여 1℃에서 18일간 저장한 결과, 키토산/젤라틴 처리 시 저장성 및 항산화도가 낮게 측정되었고, 적색도는 돈육의 내·외부에서 약간 증가하였다. 저장 기간 동안 수분함량, 수분활성 및 pH 변화에서도 키토산/젤라틴 코팅 시 안정하게 유지되었고, 보수력은 칼슘을 주입한

다음 키토산/젤라틴 혼합액으로 코팅한 돈육의 경우 비교적 높게 측정되었으며, Cooking loss는 전 실험구에서 증가했는데, 전반적으로 큰 차이를 보이지 않았다. 물성은 칼슘 용액을 돈육 내부에 주입한 경우에 shear force가 가장 낮게 측정되었고, 이러한 결과는 근원섬유의 소편화도에서도 같은 결과를 나타내어 연도를 개선에 효과적이었다.

이상의 결과로 미루어 보면 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산을 사용하였을 때 식육 부패균에 대해 생육억제능을 높게 나타내었으며, 돈육의 저장성에 있어서도 분자량 약 30 kDa과 120 kDa의 키토산 처리 시 그 효과가 가장 뛰어났다. 숙성 중 칼슘 용액을 주입한 경우 돈육의 연도가 향상되었다. 따라서 돈육에 칼슘 용액을 주입하고, 키토산을 표면 처리하면 저장성의 증진 및 연도의 개선 등으로 돈육의 품질을 향상시키는데 적합한 방법이라 사료된다.

참 고 문 헌

- Ahn, D.H. and Park, S.M. 1998. Postmortem changes in Z-disk domain of titin in the chicken muscle. Korean J. Food Sci. Ani. Resour., 18, 292~300.
- Allan, C.R., and Hadwier, L.A. 1979. The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. Exp. Mycol., 3, 285~287.
- Allan, G.G., Carroll, J.P. and Hirabayashi, Y. 1989. Chitosan-coated film: In Chitin and Chitosan, Sources, Chemistry, Biochemistry, Physical Properties and Applications; Skjak-break, G., Anthonsen, T., Sandford, P. (Eds.): Elsevier Applied Science, London, pp. 765~776.
- An, D.S., Shin, D.H., Cho, S.H., Lee, S.B. and Lee, D.S. 1999. Packaging films coated by antimicrobial plant extract and their effect on the keeping quality of cucumber and zucchini. Food Engineering Progress., 3, 22~27.
- Ariyapitipun, T., Mustapha, A. and Clarke, A.D. 2000. Survival of *Listeria monocytogenes* scott A on vacuum-packaged raw beef treated with polylactic acid, lactic acid and nisin. J. Food Prot., 63, 131~136.
- Austin, P.R., Brine, C.J., Castle, J.E. and zikakis, J.P. 1981. Chitin. New facets of reserch Science, 212, 749~753.

- Bailey, A.J. 1972. The basis of meat texture. J. Food Sci. Agric., 23, 995~1007.
- Begin, A. and V., Calsteren, M.R. 1999. Antimicrobial films produced from chitosan. Int. J. Biol. Macromol., 26, 63~67.
- Berry, E.D. and Cutter, C.N. 2000. Effects of acid adaptation of *Escherichia coli* O157:H7 on efficacy of acetic acid spray washes to decontaminate beef carcass tissue. Appl. Environ. Microbial., 66, 1493~1498.
- Cason, J.A., Lyon, C.E. and Papa, C.M. 1997. Effect of muscle opposition during rigor on development of broiler breast meat tenderness. Poultry Sci., 76, 785~787.
- Castillo, A., Lucia, L.M., Roberson, D.B., Stevenson, T.H., Mercado, I. and Acuff, G.R. 2001. Lactic acid sprays bacterial pathogens on cold beef carcass surfaces and in subsequently produced ground beef. J. Food Prot., 64, 58~62.
- Cheah, P.B. and Gan, S.P. 2000. Antioxidative/antimicrobic effects of galangal and α -tocopherol in minced beef. J. Food Prot., 63, 404~407.

- Chen, C.S., Lian, W.Y. and Tsai, G.J. Antibacterial effects of N-sulfonated and N-sulfobenzoyl chitosan and application to oyster preservation. J. Food Prot., 61, 1124~1128.
- Chirife, J. and Fontan, C.F. 1982. Water activity of fresh foods. J. Food Sci., 47, 661~663.
- Chung, S.K., Cho, S.H. and Lee, D.S. 1998. Effect of antimicrobial packaging films on the keeping quality of strawberries. Food Engineering Progress., 2, 157~161.
- Clare, T.L., Jackson, S.P., Miller, M.F., Elliott, C.T. and Ramsey, C.B. 1997. Improving tenderness of normal and clippyge lambs with calcium chloride. J. Anim. Sci., 75, 377~385.
- Cutter, C.N. 2000. Antimicrobial effect of herb extracts against *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella typhimurium* associated with beef. J. Food Prot., 63, 601~607.
- Darmadji, P. and Izaumimoto, M. 1994. Effect of chitosan in meat preservation. Meat Sci., 38, 243~254.
- Donald, W.W. and Mirocha, C.J. 1977. Chitin as a measure of fungal growth in stored corn and soybean seed. J. Food Technol., 12, 581~584.

- Ge, J., Cui, Y., Yan, Y. and Jiang, W. 2000. The effect of structure on pervaporation of chitosan membrane. *Int. Membrane Sci.*, 165, 75~81.
- Ghaouth, A.E., Arul, J. and Ponnampalam. R. 1991. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. *J. Food Proc. Preserv.*, 15, 359~368.
- Ghaouth, A.E., Arul, J., Ponnampalam. R. and Boulet, M. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.*, 56, 1618~1631.
- Ghaouth, A.E., Arul, J., Asselin, A. and Benhamou, N. 1992. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycol. Res.*, 96, 769~779.
- Ghaouth, A.E., Ponnampalam. R., Castaigne, F. and Arul, J. 1992. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *HortSci.*, 27, 1016~1018.
- Goosen, M.F.A. 1997. Applications of chitin and chitosan. Technomic Publishing, Lancaster, USA, pp. 320.

- Hadwiger, L.A., Fristensky, B. and Riggleman, R.C. 1984. Chitosan, a natural regulator in plant-fungal pathogenic interactions, increases crop yields. In *Chitin, Chitosan and Related Enzymes*. Zikakis, J.P. (ed). Academic Press, New York, pp. 291~302.
- Hirano, S. and Nagao, N. 1989. Effects of chitosan, pectic acid, lysozyme, and chitinase on the growth of several phytopathogens. *Agric. Biol. Chem.*, 53, 3065~3066.
- Hoover, L.C., Cook, C.D., Miller, M.F., Huffman, K.L., Wu, C.K., Lansdell, J.L. and Ramsey, C.B. 1995. Restaurant consumer acceptance of beef loin strip steaks tenderized with calcium chloride. *J. Anim. Sci.*, 73, 3633~3638.
- Ikeda, I., Sugano, M., Yoshida, K., Sasaki, E., Iwamoto, I. and Hatano, K. 1993. Effects of chitosan hydrolysates on lipid absorption and on serum and liver lipid concentration in rats. *J. Agric. Food Chem.*, 41, 431~435.
- Ito, M., Ban, A. and Ishihara, M. 2000. Anti-ulcer effects of chitin and chitosan, healthy foods, in rats. *Japan. J. Pharmacol.*, 82, 218~225.
- James, M.J. 1972. Mechanism and detection of microbial spoilage in meats at low temperature. *J. Milk Food Technol.*, 35, 467~471.

- Janky, D.M., Dukes, M.G. and Sams, A.R. 1992. Research Note: The effects of postmortem muscle tensioning(muscle tensioning) on tenderness of early-harvested broiler breast meat. *Poultry Sci.*, 71, 574~576.
- Jay, J.M. and Shelef, L.A. 1978. Microbial Modifications in raw and processed meats and poultry at low temperatures. *Food Technol.*, 32, 186~187.
- Kim, G.E. and Cho, M.G. 1994. Chitin contents and antibacterial activity of chitosan extracted from biomass. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 22, 643~645.
- Knorr D. 1982. Functional properties of chitin and chitosan. *J. Food Sci.*, 47, 593~595.
- Knorr, D. 1984. Use of chitinous polymers in food-A challenge for food research and development. *Food Technol.*, 38, 85~97.
- Koohmaraie, M., and Shackelford, S.D. 1991. Effect of calcium chloride infusion on the tenderness of lambs fed a β -adrenergic agonist. *J. Anim. Sci.*, 69, 2463~2471.
- Koohmaraie, M., Babiker, A.S., Schroeder, A.L., Merkel, R.A. and Dutson, T.R. 1988. Acceleration of postmortem tenderization in

ovine carcasses through activation of Ca^{2+} dependent proteases. J. Food Sci., 53, 1638~1641.

Koohmaraie, M., Whipple, G. and Crouse, J.D. 1990. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and brahman-cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. J. Anim. Sci., 68, 1278~1283.

Koohmaraie, M., Crouse, J.D. and Mersmann, H.J. 1989. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. J. Anim. Sci., 67, 934~942.

Korean Food Yearbook. 2001. pp. 132.

Lawrie, R.A. 1966. Meat Science. Pergamon Press, Oxford, U.K.

Lee, H.Y., Kim, S.M., Kim, J.Y., Youn, S.K., Choi, J.S., Park, S.M. and Ahn, D.H. 2002. Effect of addition of chitosan on improvement for shelf life of bread. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 31, 445~450.

Lee, J.K., Kim, S.U. and Kim, J.H. 1999. Modification of chitosan to improve its hypocholesterolemic capacity. Biosci. Biotechnol. Biochem., 63, 833~839.

- Lee, J.W., Lee, Y.C. 2000. The physico-chemical and sensory properties of miki with water soluble chitosan. Korean J. Food Sci. Technol., 22, 806~813.
- Lee, S.H., No, H.K. and Joung, Y.H. 1996. Effect of chitosan coating on quality of egg during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 25, 288~293.
- Lyon, C.E., Robach, M.C., Papa, C.M. and Wilson, R.L., Jr. 1992. Reaserch Note: Effects of muscle tensioning on the objective texture of commercially processed broiler breast meat. Poultry Sci., 71, 1228~1231.
- Miller, M.F., Huffman, K.L., Gilbert, S.Y., Hamman, L.L. and Ramsey, C.B. 1995. Retail consumer acceptance of beef tenderized with calcium chloride. J. Anim. Sci., 73, 2308~2314.
- Moeller, P.W., Fields, P.A. Dutson, T.R. Landmann, W.A. and Carpenter, Z.L. 1977. High temperature effects of lysosomal enzyme distribution and fragmentation of bovine muscle. J. Food Sci., 42, 510~512.
- Moller, A.J., Vestragard, T. and Wismer-Pedersen, J. 1973. Myofibril fragmentation in bovin longissimus dorsi as an index of tenderness. J. Food Sci., 38, 824~825.

- Morgan, J.B., Miller, R.K., Mendez, F.M., Hale, D.S. and Savell, J.W. 1991. Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. *J. Anim. Sci.*, 69, 4469~4476.
- Nandini, N. and Sheldon, B.W. 2000. Efficacy of nisin-coated polymer films to inactivate *Salmonella typhimurium* on fresh broiler skin. *J. Food Prot.*, 63, 1189~1196.
- Ouattara, B., Simard, R.E. Piette, G., Begin, A. and Holley, R.A. 2000. Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films. *J. Food Sci.*, 65, 768~773.
- Rhoades, J. and Roller, S. 2000. Antimicrobial actions of degraded and native chitosan against spoilage organisms in laboratory media and foods. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 80~86.
- Rodriguez, M.S., Albertengo, L.A. and Agullo, E. 2002. Emulsification capacity of chitosan. *Carbohydr. Polym.*, 48, 271~276.
- Seabra, L.M., Zapata, J.F., Fuentes, M.F. Aguiar, C.M., Freitas, E.R. and Rodrigues, M.C. 2001. Effect of deboning time, muscle tensioning, and calcium chloride marination on texture characteristics of chicken breast meat. *Poultry Sci.*, 80, 109~112.

- Simpson, B.K., Gagne, N., Ashie, I.N.A. and Noroozi, E. 1997. Utilization of chitosan for preservation of raw shrimp. *Food Biotechnol.*, 11, 25~44.
- Shin, D.H., An, D.S., Cho, S.H. and Lee, D.S. 1999. Modified atmosphere packaging of fresh cucumber zucchini by using antimicrobial plastic films. *Food Engineering Progress.*, 3, 186~192.
- Skjak, B.G. Anthonsen, T. and Sandford, P. 1989. Chitin and chitosan. Elsevier Applied Science, London, pp. 560.
- Sudarshan, N.R., Hoover, D.G. and Knorr, D. 1992. Antibacterial action of chitosan. *Food Biotech.*, 6, 257~272.
- Takahashi, K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem aging of meat: the non-enzymetic mechanism of meat tenderization. *Meat Sci.*, 43(S), S67.
- Takahashi, K. Fukazawa, T. and Yasui, T. 1967. Formation of myofibrillar fragments and reversible contraction of sarcomeres in chicken pectoral muscle. *J. Food Sci.*, 32, 409~413.
- Tang, S., Kerry, J.P., Sheehan, D., Buckley, D.J. and Morrissey, P.A. 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility

of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. Food Research International, 34, 651~657.

Tatsumi, R., Hattori, A. and Takahashi, K. 1998. Deterioration of connectin/titin and nebulin filaments by an excess of protease inhibitors. Biosci. Biotechnol. Biochem., 62, 927~934.

Veeramuthu, G.I. and Sams, A.R. 1996. Postmortem pH, myofibrillar fragmentation, and calpain activity in pectoralis from electrically stimulated and muscle tensioned broiler carcasses. Poultry Sci., 78, 272~276.

Von Hippel, P.H. and Schleich, T. 1969. The effects of neutral salts on the structure and conformational stability of macromolecules in solution. In: Timasheff, S.H. and Fasman, G.D. (Ed.) Structure and Stability of Biological Macromolecules. Marcel Dekker, New York, pp. 418~574.

Weiner, M.L. 1992. An overview of the regulation status and of the safety of chitin and chitosan as food and pharmaceutical ingredients. In: Advances in chitin and chitosan, Elsevier Applied Science, London, pp. 663~670.

Weir, C.E. 1960. Palatability characteristics of meat. In: Science of Meat

and Meat Products. Freeman, W.H. and Co., San Francisco, CA, pp. 212~221.

Wheeler, T.L., Koohmaraie, M. and Crouse, J.D. 1991. Effects of calcium chloride injection and hot boning on the tenderness of round muscles. *J. Anim. Sci.*, 69, 4871~4875.

Whipple, G. and Koohmaraie. 1992. Freezing and calcium chloride marination effects on beef tenderness and calpastatin activity. *J. Anim. Sci.*, 69, 3081~3085.

Wong, D.W.S., Gastineau, F.A.G., Gregorski, K.S., Tillin, S.J. and Pavlath, A.E. 1992. Chitosan-lipid films: Microstructure and surface energy. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 540~544.

Xue, C., Guangli, Y., Takashi, H., Junji, T., Hong, L. 1998. Anti-oxidative activities of several marine polysaccharides evaluated in a phosphatidylcholine-liposomal suspension and organic solvents. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62, 206~209.

Youn, S.K., Kim, Y.J. and Ahn, D.H. 2001. Antioxidative effects of chitosan in meat sausage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30, 477~481.

- Young, L.L. and Lyon, C.E. 1997. Effect of calcium marination on biochemical and textural properties of pre-rigor chicken breast meat. *Poultry Sci.*, 76, 197~201.
- Young, D.H. and Kauss., H. 1983. Release of calcium from suspension-cultured glycine max cells by chitosan, other polycations, and polyamines in relation to effects on membrane permeability. *Plant Physiol.*, 73, 698~702.
- Yun, Y.S., Kim, K.S. and Lee, Y.N. 1999. Antibacterial and antifungal effect of chitosan. *J. Chitin Chitosan*, 4, 8~14.

감사의 글

매 해 그렇듯 봄, 여름, 가을, 겨울 무덤덤하게 흐르던 것이 석사과정이 마무리되는 지금의 계절은 뭔가 모를 섭섭함이 나를 붙잡습니다. 힘들었지만 소중했던 졸업논문을 준비하면서 많은 분들의 도움이 있었기에 이렇게 ‘감사의 글’ 까지 쓰게 되었습니다.

우선, 부족한 딸을 사랑으로 거두어 주시고 학문에 열을 올릴 수 있겠끔 이끌어 주신 부모님, 한없는 베품에 어찌 보답이 되겠습니까만은 자그나마 이 논문이 부모님께 자랑스런 선물이 되었으면 하고 바라며, 진심으로 감사드립니다.

5년동안 배인 실험실의 체취가 그리울까 떠나려니 어찌 떠날 수 있을까 합니다. 지금까지 끊임없는 관심과 열정을 가지고 제자를 이끌어 주신 안동현 교수님께 깊은 존경을 표하며, 장동석 교수님, 조영제 교수님, 김선봉 교수님, 이근태 교수님, 전병수 교수님, 양지영 교수님, 이양봉 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

기쁠 때나 슬플 때 항상 옆에서 위로하며 많은 것을 가르쳐 주셨던 소연, 경준, 상욱, 선경, 성미 선배님들과 실험실 생활에 있어 힘들었던 많은 부분을 도와주었던 희정, 하영, 미경, 선경, 다운, 은희, 진희 사랑하는 우리 후배님들에게도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

빼곡한 소나무의 가슴으로 스미는 환한 햇살처럼 이 논문이 완성되기까지 함께 했던 고마운 많은 분들이 제 삶을 환한 빛으로 지탱해 줄 것이며 다시 한 번 본 논문이 나오기까지 많은 도움을 주신 분들께 감사드립니다. 시간이 흘러 아름다운 기억으로 간직될 오늘을 감사히 생각하는 바입니다.