

GOVP 12018151

664.93  
L2930

최 종  
연구보고서

부가가치 향상을 위한 계육의 새로운  
저장가공기술에 관한 연구

New storage and processing techniques for the  
improvement of chicken economic traits

연구기관

고려대학교 응용동물학과

강원대학교 축산가공학과

서울대학교 동물자원학과

농 립 부



## 최 종 보 고 서

1997년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한  
부가가치 향상을 위한 계육의 새로운 저장가공기술에 관한 연구 과제의  
최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

2000 . 10 . 28 .

주관연구기관 : 고 려 대 학 교

총괄연구책임자 : 김 병 철 (인)

주관연구기관장 : 김 정 배 직 인

농 립 부 장 관 귀 하

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “부가가치 향상을 위한 계육의 새로운 저장가공기술에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000 . 10 . 28 .

주관연구기관명 : 고려대학교  
총괄연구책임자 : 김 병 철  
제1위탁연구기관명 : 강원대학교  
제1위탁연구책임자 : 이 성 기  
제2위탁연구기관명 : 서울대학교  
제2위탁연구책임자 : 이 무 하

# 요 약 문

## I. 제 목

부가가치 향상을 위한 계육의 새로운 저장가공기술에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

닭고기는 주로 통닭형태로 소비되던 것이 최근 10년동안 부분육 판매를 거쳐 밀가루나 빵가루를 입혀 튀긴 제품이나 소시지, 햄 혹은 롤 등의 염지제품 유통에까지 이르렀다. 국내에서는 아직도 부분육을 포함한 추가가공제품보다는 통닭 형태의 유통이 주종을 이루고 있으며 한동안 양념통닭의 인기로 닭고기 소비가 신장되는 듯하였으나 소비자 기호에 맞는 연속적인 신제품 개발의 미비로 소비수준을 향상시키지 못하고 있다.

또한 국내 닭고기 가공제품의 다양성은 선진국의 그것과 비교가 되지 않아 소비자들의 관심을 끌지 못하고 있으며, 산란계 업계의 노계처리문제 역시 과거에 육계와 함께 섞어 일반소비자들에게 판매되곤 하였으나 더 이상 육계용으로 유통되지 못하고 노계 도계가 허가된 도계장에서만 처리되는 현실이 되었다. 따라서 노계육의 소비는 육가공업계의 원료육으로 그 사용처가 제한되고 있는 실정이다.

계육에 대한 소비자의 관심을 유발하고 향후 국내 육계산업의 활성화를 위해서는 먼저 계육의 저장성 증진과 위생성 향상을 통해 고급화된 계육을 생산하고 안정된 유통체계와 소비패턴을 유도해야 한다. 또한 노계 처리문제가 심각한 산란계 업계의 당면과제를 노계육 활용을 통한 새로운 육제품 개발로 해결하여, 부가가치를 높이는 가공제품제조 기술 및 그 유통기술의 개발이 필요한 실정이다.

본 연구는 신선계육의 고품질화 및 가공제품제조 기술의 개발을 통해 국내 육계산업의 활성화를 이루기 위해 신선계육의 저장성 증진을 위한 계육 생산·유통 조건을 확립하고, 고품질 계육 surimi 제조기술의 개발과 노계육을 이용한 팽화스넥의 제조공정을 개발하고자 수행하였다.

부가가치 향상을 위해 사양, 도축, 사후처리 및 저장의 모든 과정이 과학적인 기초아래 체계적으로 자리잡혀야 하고 우리나라 육계산업의 활성화라는 궁극적인 목표를 놓고볼 때 고품질 계육생산, 다양한 계육제품 개발 등이 서로 긴밀히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

#### (1) 저장성 증진을 위한 고품질 계육 생산기술과 포장가공기술개발 (주관과제)

- ①  $\alpha$ -tocopherol의 사료첨가시 항산화 효과 구명과 계육의 이화학적 특성 조사
- ②  $\alpha$ -tocopherol의 급여량 설정과 selenium 보충효과 구명과 이에 따른 육질 비교
- ③ 저장성 증진을 위한 포장방법과 저장조건 설정 및 실용화 방법 구축
- ④ 최상의 가금육 생산조건과 저장방법의 개발

Tocopherol의 급여 형태를 선정하기 위해 free tocopherol과  $\alpha$ -tocopheryl acetate 형태로 나누어 급여하였다. 이 중 효과가 뛰어난  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 선택하여 급여기간을 두단계로 나누어 급여하여 급여기간에 대한 효과를 모색하였다. 급여기간에 대한 효과 검증 후  $\alpha$ -tocopherol의 첨가수준을 다섯단계로 나누어 사양하였으며, 경제성을 고려하여 selenium을 조절 급여하여  $\alpha$ -tocopherol과의 보충효과를 검증하여 최적첨가량을 산출하였다.

현장에서 사양실험한 닭의 이화학적 특성과 육질을 측정, 평가하고 근내지방 함량과 콜레스테롤 함량, 지방산화속도에 대한 상관관계를 다각적으로 모색하여 육질에 미치는 요인을 분석하였다. 계육의 저장성을 평가하기 위해 냉장저장시 저장성평가와 포장방법에 따른 저장 중 품질변화를 분석하였다.

## (2) 고품질 계육 surimi 제조기술 개발 (제1위탁과제)

- ① 고급 계육단백질의 정제기술 확립
- ② 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립
- ③ 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대 기술의 확립

본 연구는 고품질 계육 surimi 제조기술을 확립하기 위하여 먼저 계육단백질의 정제 기술을 확립하고 확립된 정제기술을 이용하여 만들어진 계육 surimi가 냉동저장시에 변성을 일으키는지 변성정도는 어느정도 인지를 알아보고 이와 더불어 산화방지 기술을 확립하여 저장성을 높히도록 하며, 마지막으로 계육 surimi를 이용하여 육단백질의 최적 열처리와 고착과 modori현상의 규명을 통하여 보다 나은 gel을 제조하는 방법을 강구하도록 하였다. 연구목표를 달성하기 위한 범위를 보면 적절한 수세용매를 선택하고, 용매첨가로 용액의 이온강도가 근원섬유 단백질의 적정 회수율에 미치는 영향을 확인하고, 작업온도 및 용액의 온도가 계육 surimi의 gel 강도에 미치는 영향을 고려하며, 마지막으로 pH별 단백질의 특성이 surimi의 품질에 미치는 영향을 고려하여 최적 pH를 결정하는데 있다. 이같은 연구범위에서 결론을 도출하여 경제성 확보를 위한 저급육(노계, 기계발골계육) surimi 정제기술을 확립하며, 나아가 산업화를 위한 pilot식 수세 및 탈수방법의 모델을 정립하고자 한다. 또한 저장온도와 기간에 따른 단백질의 기능성을 알아보고, 산화방지를 위한 항산화제의 첨가량의 결정과 냉동기간에 따른 냉동변성을 조사하여 변성과 산화방지에 대한 기술을 확립하도록 한다. 냉동저장과 산화방지를 확립한 surimi를 이용하여 gel화를 증대하기 위하여 suwari와 modori현상유무를 확인하도록 하며, 첨가하는 최적염농도와 최적 혼화시간을 결정하고 최적의 열처리 조건을 제시하여 조직감을 향상시키는 방안을 연구하였다.

### (3) 계육의 스택화를 위한 연구 (제2위탁과제)

- ① 신선노계육 생산비를 절감하는 공정을 도입하고, 쌀가루, 감자전분, 옥수수 가루 등을 이용한 팽화스낵 제조공정개발
- ② 기생산되는 노계정육을 이용하여 반건조 닭고기제품의 제조공정개발
- ③ 제품의 시장 확립을 위한 저장성 규명

본 연구는 압출기를 이용한 닭고기팽화스낵 제조공정개발을 위하여 원료육에 대한 열탕처리조건을 설정하고, 이에 제조된 원료육을 곡류(전분, 쌀)와 배합하여 적정팽화조건에 알맞는 배합비를 확립하고 또한 적정하게 팽화되는 팽화조건(팽화온도, 팽화시간, 팽화시 삽입량)을 설정하며 또한 최적양념배합비를 설정한다. 팽화기의 조건에 따른 닭고기와 곡류의 성형성에 대한 변화와 배합비에 따른 성형성에 한 변화를 규명하였다. 팽화 및 성형제품의 저장성 및 유통조건을 비교하기 위하여 저장조건에 따른 품질변화를 규명하고 저장성향상을 위한 양념배합비를 조정한다.

## IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 저장성 증진을 위한 고품질 계육 생산기술과 포장가공기술개발(주관과제)

$\alpha$ -Tocopherol의 급여형태를 결정하기 위해(실험 I) 사료에 RRR- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate와 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate를 50 또는 100 mg/kg 첨가하여 실험을 실시한 결과  $\alpha$ -tocopherol의 첨가 및 급여형태에 따른 육계의 성장에 대한 역효과는 없는 것으로 평가되었으며, vitamin E를 첨가하여 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 잔존량이나 저장에 따른 산화억제 효과를 모색할 수 있었다. 또한  $\alpha$ -tocopherol의 급여형태 중 다른 측정항목에서는 차이가 나지 않았지만 지방산화 억제 효과에 대해서는 RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate 보다 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate의 효과가 좋은 것으로 평가되어 이후 실험에 급여하는  $\alpha$ -tocopherol 형태는 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate를 첨가하는 것으로 확정하였다.

$\alpha$ -Tocopherol의 급여기간에 따른 급여효과를 검정하기 위해(실험 II) 실험

I에서 결정한 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 첨가하여 사육 초기부터 6주까지 계속 급여한 그룹과 동일한 사료를 사육 3주부터 6주까지 급여한 그룹으로 나누어 실험을 실시한 결과, 사육 3주후부터  $\alpha$ -tocopherol을 첨가급여해도 사육 초기부터 급여한 처리구에 비해 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 잔존량이나 산화억제 효과가 크게 떨어지지 않는 것으로 평가되어 사료 생산비에 대한 경제성을 감안할 때 사육 초기부터  $\alpha$ -tocopherol을 급여하는 것은 불필요한 것으로 판단되었다.

$\alpha$ -Tocopherol과 selenium의 첨가급여에 따른 계육의 냉장저장성을 검정하기 위해(실험 III)  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준을 0, 50, 100, 200, 400 IU (5수준)로, sodium selenite의 첨가수준을 0, 2 ppm으로 설정하였으며 급여기간을 21일령 또는 32일령부터 첨가사료를 급여하는 것으로 설정하여 실험을 수행하였다. 실험결과를 종합해보면 이전 실험결과에 입각하여 대규모 실험을 실시한 결과 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 축적량 증가와 그에 따른 저장일 경과에 대한 항산화 효과를 확실히 확인할 수 있었다. 가장 효과적인  $\alpha$ -tocopherol의 사료내 첨가량은 400 IU/kg 라는 것을 검증할 수 있었고 가장 경제적인 항산화 효과를 얻기 위해서는 100 IU 이상은 첨가되어야 한다는 것을 모색할 수 있었다. 또한 vitamin E 급여기간을 6주, 3주, 10일로 실험 2번에 걸쳐 분석한 결과 장기간의 첨가가 그 효과면에서 가장 좋겠지만 10일 첨가에 의해서도 효과가 떨어지지 않는 것으로 평가되었다. 또한 본 연구에서 설정한  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite의 첨가수준은 육계의 사양성적에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 평가되었으며, 첨가제 수준의 증가에 의한 역효과를 나타내지는 않는 것으로 판단된다. 또한 이들의 급여에 의한 근육내 축적량을 측정한 결과 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 축적은  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준과 급여기간에 의해 영향을 받는 것으로 평가되었다. 첨가사료를 21일간 급여한 처리구에서의 100 IU 수준 및 10일간 급여한 처리구에서의 200 IU 급여수준에 의해 근육내  $\alpha$ -tocopherol 축적량이 유의적인 증가를 보였다.

Selenium의 축적은 basal diet에 2 ppm의 sodium selenite 급여에 의한 축적량의 차이는 없는 것으로 평가되었다. 그러나 급여기간에 따른 비교시 21일간 급여할 경우 10일 급여한 처리구에 비해 유의적인 증가가 있었다. 또한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준이 증가할 경우 축적량이 증가해 이들간에 상호작용이 있는 것으로 평가되었다.

따라서  $\alpha$ -tocopherol의 첨가수준, selenium의 첨가수준, 첨가사료의 급여기간 3가지 요인들은 서로 밀접한 연관성을 가진 것으로 판단되며 단독적 또는 복

합적으로 작용하여 계육의 육질 및 저장성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

포장방법에 따른 저장성 증진효과를 검증하기 위해(실험 IV) 진공포장, 수축포장, 가스치환포장 I (질소 100%), 가스치환포장 II (질소 80% + 이산화탄소 20%)의 4가지 포장방식에 따라 포장을 실시하여 저장성을 평가하였다. 4가지 포장방식에 따른 포장 후 감량을 저장일 별로 분석한 결과 저장 6일에 진공포장 처리구에서 가장 많은 감량을 보였으며, 다음으로 수축포장 처리구가 감량이 많은 것으로 나타났다. 가스치환포장의 경우에는 두 방법 모두 가장 낮은 감량을 보였으며 두 방법간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 저장 12일의 경우에도 진공포장, 수축포장, 가스치환포장 순으로 감량이 많은 결과를 나타내 6일의 결과와 유사한 경향을 보였다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 진공포장이나 수축포장에 비해 가스치환포장방법이 포장 후 감량이 적은 장점을 가진 것으로 판단된다. 저장일 별로 포장방법 간에 총세균수를 측정된 결과 처리구 간에 차이를 나타내지 않았다. 미생물 억제효과가 있을 것으로 예상되었던 20% 이산화탄소가 첨가된 MAP2 포장의 경우 다른 포장방법에 비해 수치상으로는 낮은 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 검증되지 않았다. 포장방식에 따른 계육의 육질과 저장성에 대한 결과는 각 포장방식에 따른 뚜렷한 차이를 나타내지는 않았으나 진공포장과 MAP2포장이 수축포장이나 MAP1에 비해 포장감량이나 지방산패 정도를 고려했을 경우 효과적인 것으로 판단된다.

본 연구개발의 최종 목표는 국내 양계산업의 경제성을 향상시킬 수 있는 최상의 가금육 생산조건을 개발하는데 있다. 실험 I에서는  $\alpha$ -tocopherol의 급여 형태를 검증하여 *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 형태의 첨가급여가 가장 좋은 효과가 있는 것으로 밝혔으며, 실험 II에서 실시한 첨가사료의 급여기간에 설정에서도 초기에 비해 후기 3주간의 첨가급여로도 효과가 떨어지지 않는다는 것을 판별하였다. 또한,  $\alpha$ -tocopherol의 산화억제효과와 근육내 지방함량과 콜레스테롤과의 관계 구명 및 계육의 전반적인 육질특성을 연구하여 기초자료를 확고히 하였다. 이러한 연구결과를 기반으로  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite의 첨가급여수준과 급여기간을 고려하면서 항산화 효과를 최대한으로 높일 수 있는 경제적인 최적 급여량을 설정하였다.

실험 I, II, III의 결과를 분석해 보면 일단 본 실험설계상의 최대 첨가량인

$\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg feed와 sodium selenite 2 ppm에 의한 성장에 영향을 미치는 요인은 없는 것으로 나타나 설계상의 무리는 없었던 것으로 판단된다. 일단 근육내에  $\alpha$ -tocopherol의 축적량을 배가시키는 것이 일차단계로 생각되어지는데 기초사료에  $\alpha$ -tocopheryl acetate 첨가량을 증가시킬수록 축적효과는 커지는 것으로 판별할 수 있었다. 또한, 이에 따른 지방산화 억제와 콜레스테롤 산화물질의 생성억제에 대한 효과도 뚜렷한 것으로 나타났다. 물론  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 400 IU/kg feed로 첨가하면 그 효과가 가장 뛰어나지만 경제성을 고려하여 최소한의 첨가급여로 줄이는데는 다리살과 가슴살 간에 효과 차이가 있는 것으로 검증되어 확고한 급여량을 설정하는데는 확신하기 어려운 문제점이 뒤따랐다.

근육내 축적되는  $\alpha$ -tocopherol 함량을 고려한다면 일단  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU는 최소 급여량이라 할 수 있으며 급여기간은 후기 21일간 급여해야 더 뚜렷한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 가슴살에서는 큰 차이가 없었으나 다리살의 경우에는 후기 10일간의  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg feed의 급여는 축적량은 증가하나 뚜렷한 차이를 얻을 수는 없었고 단기간의 10일 급여 효과를 위해서는  $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg feed의 급여가 필요한 것으로 판단된다. 특히 200 IU/kg feed의 첨가시에는 sodium selenite의 첨가량을 2 ppm으로 증가시키면  $\alpha$ -tocopherol 축적량의 상승효과를 기대할 수 있다.

지방산화 억제와 콜레스테롤 산화물질 억제효과에 있어서는  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 근육 간의 차이를 보여 100 IU/kg feed의 첨가시에도 효과가 있는 것으로 검증되지만 뚜렷한 효과는 200 IU/kg feed로 판단된다. 한편 sodium selenite 2 ppm 첨가시 콜레스테롤 산화물질 억제효과를 나타내 조합 첨가의 효과를 기대할 수 있었으며 또한 근육내 축적되는 selenium의 함량도 무첨가구에 비해 큰 차이를 나타내지 않아 다량섭취시 문제되는 식품으로써의 독성문제도 없을 것으로 생각된다.

저장성을 고려한다면  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 가슴살의 육색에 어느 정도 관계되는 것으로 생각되며 항산화 정도를 고려한 첨가수준도  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 최소한 100 IU/kg feed는 첨가되어야 하며 식품으로써의 안정성을 고려하여 장기적인 유통기한의 증가를 모색한다면 200 IU/kg feed의 첨가량이 추천된다.

## 2. 고품질 계육 surimi 제조기술 개발(제1위탁과제)

고급 계육단백질의 정제 기술 확립에 대한 연구결과로써 수세에 적당한 용매로 STPP가 우수하였으나 STPP나 SBC (sodium bicarbonate)는 수세완료된 후에 육의 pH를 재조절해야 하므로 SC를 사용하는 것이 바람직하다고 판단하였다. 소금이온 강도별에 따른 실험결과 색깔과 물성을 고려한 적정 이온강도는 소금 0.2-0.5%수준이다. 수세횟수의 경우에는 이물질 제거를 위해 색깔과 가공적성면을 고려하여 3회 수세가 바람직한 것으로 판단되었다.

수세용액의 온도를 4℃와 20℃로 구분하여 처리한 결과 보수력에서 4℃가 높았을 뿐 색깔과 물성면에서 20℃가 우수하였다. pH별에 따른 실험결과는 가열에 의한 surimi의 gel 강도가 육의 pH 6.0에서 가장 높은 것으로 판명되었다. 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립을 위한 연구 결과 수리미 단백질의 기능성은 저장온도가 높을수록 해동 후 드립(drip) 량이 많아지고, 색깔이 검어지며, 기계적 조직감이 변하였다. 냉동 수리미의 기능성은 -10℃에서는 쉽게 기능성이 상실되었고, -18℃에서는 부분적으로 기능성이 상실되었다. 냉동온도가 높거나 저장기간이 길어질수록 가열한 gel의 그물망구조가 흐트러지고 미세구조가 굴곡이 심하고 근육군이 뭉쳐 있으며 심한 탈수현상을 보였다.

냉동저장중 저장온도가 낮을수록 TBARS (thiobarbituric acid reactive substance)나 lipid peroxide (POV) 생성이 억제되었고, 염류보다 당류를 수리미에 첨가하면 -10℃와 -18℃에서도 산화 안정도가 증가되었다. 수리미에 인산염(sodium tripolyphosphate) 0.2% + 솔비톨(sorbitol) 4% + 설탕(sucrose) 4%나 또는 소금(sodium chloride) 3% + 솔비톨 4% + 설탕 4%를 첨가하면 육단백질의 냉동변성을 방지할 수 있는 가장 적합한 방법이었다. 인산염 혼합구는 색깔, 지방 및 단백질 변성 방지면에서 우수한 것으로 판명되었다. 일반 항산화제인 propyl gallate 0.02% + sodium ascorbate 0.2% + sodium tripolyphosphate 0.2%를 수리미에 첨가하면 대조구에 비해 냉동중 지방산화를 현저히 억제시킬 수 있어 산업화 하는데 어려움이 없을 것 같다. 일반 항산화제 대신 천연 향신료 추출물(oleoresin)중에서 육가공 제품에 많이 사용하면서도 항산화력이 높은 rosemary, thyme, sage, mace, marjoram, bay를 육 무게당 0.05%씩 첨가하면 냉동저장중 산화 안전성을 확보할 수 있었다.

따라서 본 연구의 결과를 종합해보면 저장온도와 기간에 따른 수리미육의 이화학적 변성과정을 조사하고, 이에 대처하기 위해 첨가제의 종류와량을 결정하여 냉동온도에 따라서 단백질 냉동변성 방지와 지방산화 방지법을 확립하였다. 정제방법의 확립과 냉동변성이 및 산화방지 기술의 확립을 통해 제조한 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대기술의 확립에서는 5℃, 25℃, 30℃에서 setting 효과가 있음을 발견하였고, 비교적 높은 온도인 50℃에서 가장 좋은 setting 효과가 있음을 확인하였다. 60℃에서도 setting 효과를 볼 수 있었으나 시간이 연장되었을 때 modori 현상이 발생함을 확인하였다. gel화를 진행시키기 위해서 첨가하는 염의 최적 첨가량을 알아보기 위한 실험에서는 3%의 수준에서 가장 좋은 조직감을 나타냄을 알 수 있었으며, 염을 첨가하여 혼합시에 혼합하는 시간에 대한 실험에서는 10min동안의 혼합이 가장 좋은 gel특성을 나타내는 것을 확인하였다. 육단백질은 40℃ 이상에서 변성이 시작되어 50℃에서 최고조에 달하였다. gel형성을 위하여 가열시에 가열처리 조건에 대한 실험의 결과는 90℃에서 40분간 가열했을 때 가장 좋은 조직감을 나타내었다.

gel화를 향상시키기 위해 egg albumin, starch, corn starch를 각각 2%, 5%, 10% 수준에서 첨가한 surimi의 조직감에서는 starch를 제외한 egg albumin과 corn starch에서 조직감을 향상시키는 효과가 컸으며, 그중에서도 egg albumin의 효과가 가장 뛰어남을 알 수 있었다.

위의 결과를 통해 계육 surimi를 제조하는 것이 가능하게 되었으며, 저장중 산화나 품질저하되는 부분에서의 방지 방법도 확립되었으며, 제품으로 이용하기 위해 중요한 특성인 gel화 증대기술을 확립하였기 때문에 이러한 기술들을 계육관련 산업체와 계육을 원료로 가공하는 산업에 중점적으로 적용하여 새로운 제품생산 및 다양한 원료로 이용한다면 계육의 부가가치 향상과 산업적인 발전, 경제적인 이익을 가져올 수 있을 것이다. 또한 저급 부산물로만 취급되어 오던 MDCM의 품질향상으로 인하여 원료로서의 가치향상을 가져올 수 있을 것이다. 저장성이 짧아 유통하는데 어려움이 많은 문제점이 보완되기 때문에 대량으로 장기간 유통할 수 있기때문에 폭넓은 이용가치를 가질 수 있을 것이다.

### 3. 계육의 스낵화를 위한 연구 (제2위탁과제)

본 연구는 산란노계육을 원료육으로 하고 옥수수 전분, 감자전분, 쌀가루를 이용하여 팽화스낵을 제조하여 개발하여 부가가치가 높은 고영양의 육제품의 제조를 위하여 수행되었다. 실험은 3단계로 이루어 졌는데 노계육의 최적 열탕 처리조건 설정, 고기와 곡류의 배합과 펠릿제조 및 팽화과정, 팽화 및 성형제품의 제조공정확립 및 저장성에 관한연구이다. 그 결과는 다음과 같다.

첫번째인 최적 열탕처리조건 설정단계는 열탕가열온도(100, 105, 110, 115, 120, 125℃)와 열탕가열온도(20, 40, 60분)을 설정하여 총 18개의 처리구로 실행되어졌고 연도, 전단력, 육색을 측정하였으며 각각 3반복으로 실시하였다. 측정 결과는 RSREG방법을 사용하여 반응표면분석으로 열탕처리에 대한 효율이 최대가 되게 하는 최적조건을 설정하는 최적화를 시도하였다. 반응표면분석결과 112℃에서 40분, 100℃에서 40분이 최적열탕처리조건이었다.

두 번째 단계는 닭고기와 곡류의 배합과 펠릿화 및 팽화과정으로 최적열탕 처리조건에서 원료육(산란노계육)을 처리하여 정육을 채취하고 일정모양으로 분쇄하였다. 감자전분, 옥수수 전분, 쌀가루 3:1. 2:1, 1:1, 1:2, 1:3(닭고기:곡류)로 배합하여 수분함량을 20%로 조절한 다음 직경 3mm인 펠릿으로 각각 배합비별로 제조되었다.

배합된 시료는 송풍건조기에서 건조한다. 팽화온도 260, 270, 280℃로 하였고, 팽화가열시간은 5, 7, 10초로 하여 삼입량을 2g, 3g으로 나누어 설정하였다. 총 팽화조건은 18가지로 배합비별로 총 처리구는 270개 이다. 각 처리구를 팽화기에서 제조를 한 후 밀도 색도측정, 절단시험, 관능검사를 실시하였다. 측정 한 값은 반응 표면분석을 이용하여 최적 팽화조건을 설정하였다. 그 결과 280℃에서 1:1(닭고기:옥수수전분)을 5초동안 팽화시킨 것과 280℃에서 1:1(닭고기:감자전분)을 5초동안 팽화시킨 것이 이 가장 최적조건임을 나타내었다. 온도별, 배합비별 팽화시 조직의 변화를 분석하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 측정한 결과 온도가 높을수록 팽화된 입자는 일정하게 고르지 않았으며, 곡류의 배합율이 높을수록 고기의 배합율이 높은 것보다 입자가 고르게 팽화되었다.

세 번째 단계는 팽화 및 성형제품의 제조공정확립 및 저장성에 관한연구로

결과적으로 확립된 팽화스낵의 제조공정은 다음과 같다.

①산란노계육의 열탕처리 ⇒ ②열탕처리된 산란노계육의 건조 및 분말화 ⇒ ③분말화된 고기와 전분과 배합 ⇒ ④반죽(spice 첨가) ⇒ ⑤입자로 성형 ⇒ ⑥수분 조절 ⇒ ⑦팽화. 고기와 전분의 반죽하는 과정에서 최적의 수분 첨가량은 50%로 이때 이 수분함량으로 팽화된 스낵의 밀도가 가장 높게 나타났다. 팽화 시 성형화된 입자의 최적의 수분함량은 17%로 이때 제조된 팽화스낵에서 가장 높은 밀도 수준이 나타났다. 최적의 양념을 선정하기 위하여 첨가된 양념의 종류로는 파래맛, 카레맛, 백숙맛, 닭고기 구운맛, 불고기맛등이 첨가 되었는데 관능검사 결과 이 중 불고기 맛이 가장 높은 기호성을 나타내었다. 팽화스낵의 저장성 실험에서는 팽화스낵의 저장성 향상을 위하여 첨가된 rosemary와 이때 포장방법으로 공기충진포장과 질소충진포장이 이용되었는데 rosemary를 첨가한 팽화스낵과 첨가되지 않은 팽화스낵의 경우 그 품질적인 요인에서 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 공기충진포장과 질소충진 포장에 있어서도 전체적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 팽화스낵의 적정저장조건은 저장기간은 6개월, 저장온도는 실온저장으로 판단되었다.

## SUMMARY

### New storage and processing techniques for the improvement of chicken economic traits

#### A. Development of technologies for the production of high quality chicken meat and optimum processing methods

Four experiments were conducted to determine the effect of supplementation with  $\alpha$ -tocopherol and selenium for the shelf-life extension. Exp. I is for determining the type of  $\alpha$ -tocopherol, exp. II is to determine the effective durations of  $\alpha$ -tocopherol supplementation for shelf-life extension, exp. III is to examine the synergic effects of  $\alpha$ -tocopherol supplementation with selenium on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage and exp. IV is to examine the effect of various packaging methods for the improvement of shelf-life.

Two types of  $\alpha$ -tocopherol, RRR- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate and *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate, were used at two dietary supplemental levels (50 or 100 mg/kg feed) were compared to determine appropriate type of supplementation  $\alpha$ -tocopherol (Experiment I). Concentration of  $\alpha$ -tocopherol in muscles and oxidative stability were improved by vitamin E supplementation regardless of type of supplementation. supplementation *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate resulted in higher oxidative stability than that of RRR- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate. *All-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate was chosen to supplementation of further study.

Effective supplementation duration (fed a diet over last 6 weeks or over last 3 weeks) were evaluated to determine the optimum supplemental duration of  $\alpha$ -tocopherol (Experiment II). There were no critical differences on the concentration in  $\alpha$ -tocopherol in muscles and oxidative stability of lipid beyond supplement of 6 weeks, 3 weeks respectively. So we choose over 3 weeks supplementation because it is economic compared with over 6 weeks.

Five levels (0, 50, 100, 200, 400 IU) of  $\alpha$ -tocopheryl acetate and two levels (0, 2 ppm) of sodium selenite were supplemented for last 10 days or 21 days to examine the effect of supplementation on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. The concentration of  $\alpha$ -tocopherol in muscle showed positive correlation with lipid stability. The minimum supplementation level were 100 IU for improving lipid stability and the highest lipid stability was achieved by supplementatin 400 IU  $\alpha$ -tocopherol. The levels of  $\alpha$ -tocopheryl acetate and sodium selenite supplementation did not affect growth rate, and the concentration of  $\alpha$ - tocopherol in muscles was influenced by the level and duration of supplemented  $\alpha$ -tocopheryl acetate. The concentration of  $\alpha$ -tocopherol in muscle was significantly increased by either 100 IU supplementation for 21 days or 200 IU for 10 days.

No differences were founded between 0 and 2 ppm supplementation of sodium selenite in muscle selenium. However, there was a significant difference in selenium contents between 21 days and 10 days of supplementation. Futhermore, the level of  $\alpha$ - tocopheryl acetate was close correlation with selenium contents in muscle.

Therefore, evidence suggests that there were significant relation among the levels and durations of  $\alpha$ -tocopheryl acetate and sodium selenite supplementation.

Vacuum packaging, shrink packaging, modified atmosphere packaging I (MAP I, 100% N<sub>2</sub>) and modified atmosphere packaging II (MAP II, 80% N<sub>2</sub> + 20% CO<sub>2</sub>) were evaluated to evaluate the effect of packaging method son economic trait and shelf-life. Vacuum packaging at 6 days of storage showed highest and shrinkage showed second drip loss among packaging methods. MAP I, II showed little difference and were lower than others on drip loss. The amount of drip loss was decreased in the order of vacuum packaging, shrink packaging and MAP at 6 days storate. Consequently, it was concluded minimize

drip loss was achieved by MAP in this study. There was no substantial difference in bacterial count among packaging methods. Although MAP II showed slight lower level in bacterial count. Based on above results, vacuum or MAP II was recommended better methods to improve shelf-life and drip loss

## B. Manufacturing techniques settlement of high quality chicken meat protein.

### 1. Purpose of study

This study was accompanied 1) to settle refining techniques of high quality chicken meat protein 2) to settle frozen denaturation and oxidation preventing technique of chicken surimi 3) to settle gelation improvement technique of meat protein from chicken surimi.

### 2. Results and conclusion

First experiment was accompanied to settle refining technique of high quality chicken meat protein. Chicken surimi was made from MDCM (mechanically deboned chicken meat) by various washing procedures. Processing parameters were evaluated to develop the optimum processing techniques to yield the best quality of surimi. The effects of washing processing on the thermal gelation, color, functional properties, and microstructure of chicken surimi were investigated.

Among the SC (sodium chloride, 0.5%), STPP (sodium polyphosphate, 0.5%) and SBC (sodium bicarbonate, 0.5%) solution, STPP washed MDCM was lighter, and less red than other washing treatments. But SC washed MDCM was higher WHC (water holding capacity) and adhesiveness than STPP washed MDCM.

The effect of increasing the ionic strength from 0 to 1% sodium chloride was to reduce the amount of salt soluble protein and meat pigment in the surimi products. Textural rigidity was highest in the heat-set surimi washed with 0.2-0.5% NaCl solution.

As the number of washing increased, the gel strength decreased, but the

color lightness value ( $L^*$ ) increased. Scanning electron microscopy released distinct difference among the washed MDCMs by the number of washing cycle. The washed meat showed a fibrous protein network structure resulting from protein gelation.

Consistent effects of different wash temperature (4°C and 20°C) were not observed although the color value and gel strength of surimi washed with 20°C solution was slightly higher than that with 4°C.

Of the various examined, pH had the largest effect on the properties of the chicken surimi. Pigment which was measured by the color difference meter were more effectively removed by raising the pH value of the washing solution. And higher moisture contained at higher pH value. Chicken surimi washed at pH 6.0 solution gel had greatest textural rigidity such as hardness, cutting strength, tensile and compress test.

Therefore, the quality of chicken surimi made from MDCM was affected by processing factors such as washing solution and cycle, pH change, ion strength, and temperature etc. We recommend that the effective washing procedure of surimi from MDCM was to reduce the connective tissue with chopping and filtering (2mm, 1mm and 0.6mm mesh), and to remove meat pigments with 3 washing cycle (5 volume of 0.2-0.5% NaCl, pH 6.0), and to concentrate on myofibrillar protein with centrifuging at 3000rpm for 25 min.

Second experiment was accompanied to investigate frozen denaturation of chicken surimi and to settle prevent oxidation technique. As storage temperature become higher, protein functionality of surimi had much drip, dark color and mechanical texture changed.

Frozen surimi lose functionality easily at -10°C, also their functionality lose partly at -18°C. As temperature higher or storage period delayed, cooking gel's network structure unfolded, microstructure was roughed, aggregated, and showed deeply dehydrated condition. As storage temperature lower, TBARS (thiobarbituric and reactive substance) or lipid peroxide formation was suppressed during frozen storage. Thus, oxidative stability of sugar-added surimi was increased than

salt-added surimi by storage temperature both -10°C and -18°C.

Sodium phosphate 0.2% + sorbitol 4% + sucrose 4% mixed surimi or sodium chloride 3% + sorbitol 4% + sucrose 4% mixed surimi treatment was most suitable method to prevent freeze-denaturation of meat protein. Phosphate compounded treatment had good property about color, fat, prevention of protein denaturation.

General antioxidant propyl gallate 0.02 % + sodium ascorbate 0.2 % + sodium tripolyphosphate 0.2 % added surimi significantly suppressed lipid oxidation than control during frozen storage. Instead of general antioxidant, natural spice extract (oleoresin) 0.05% rosemary, 0.05% thyme, 0.05% sage, 0.05% mace, 0.05% marjoram, 0.05% bay content per chicken surimi had oxidation stability during frozen storage respectively.

Third experiment was accompanied to improve gellation techniques of meat protein from chicken surimi. To confirm suwari and modori phenomenon of chicken surimi protein, were tested at various temperature, salt, mixing time and cooking treatment conditions.

After determined optimum salt concentration, mixing time and cooking treatment conditions, all gels were examined under scanning electron microscopy. Low temperature setting effect of chicken surimi were tested at 5°C, 25°C, 30°C and high temperature setting effect of chicken surimi were tested at 47.5°C, 50, 52.5°C, 60°C. Gel degradation phenomenon (modori) of chicken surimi were tested at 50, 60°C.

Setting effect of chicken surimi had both low temperature and high temperature. There were most high compressive force at 5°C for 20 hours. Compressive force of chicken surimi at 25°C for 3 hours 2 times than control (non-setting treatment).

As increased salt concentration, texture properties were improved and compressive force were showed most high value on 3% sodium chloride. When surimi were mixed with salt, optimum mixing time was 10 min and optimum cooking treatments of chicken surimi were 90°C for 40 min. Scanning electron

micrographs of gels structure from chicken surimi were showed small pore size and large numbers at setting temperature 50°C, salt concentration 3%, mixing time 10 min.

To improve gel functionality of chicken surimi were added 2%, 5%, 10% egg albumin, starch, corn starch respectively. All treatments were showed low moisture content than non-mixtured control. Egg alumin was showed most high compressive force and T.P.A value. Especially, 10% egg albumin was showed good protein functionality.

### C. A study on chicken meat snack with spent fowl.

This study was carried out to produce the best nutrient meat product which was manufactured by using the mixtures of spent fowl and grains (corn starch, potato starch, rice flour).

This experiment consisted of three stages; (1) the definition of optimum heating condition, (2) the mixtures of spent fowl and grains (corn starch, potato starch and rice flour) and the popping procedure, (3) These results are following as.

#### 1. The definition of optimum heating condition.

Spent fowls were processed by different heating temperature (100, 105, 110, 115, 120 and 125°C) and heating time (20, 40 and 60min) and then analyzed cooking loss, color, tenderness, shear force, strength of bone. Through these results the optimum heating time and temperature were determined by using RSM. These optimum heating conditions were resulted in both 112°C (40min) and 100°C (40min).

#### 2. The mixtures of spent fowl and grains, and the popping procedure.

Spent fowl were grinded and then mixed with gains. The mixed compounds

were regulated by different ratio (3:1, 2:1, 1:1, 1:2 and 1:3), and then adjusted in 20% moisture to moderate pellet form.

The popping procedure was designed by popping temperature (260, 270 and 280 °C), popping time (5, 7 and 10sec) and amount of inlet (2 and 3g). After the pelleted compounds were popped at these popping conditions, bulk density, color, breaking strength and sensory test were analyzed. Through these results, the optimum popping time, temperature and the ratio were determined by using RSM. These optimum popping condition were resulted in both 280 °C (5sec, 1:1 = meat:corn starch) and 280 °C (5sec, 1:1 = meat:potato starch).

According to the temperature and the ratio of compound, the changed popping textures were observed by using scanning electron microscope. The higher popping temperature, the tougher snack particle were formed and the higher of grain ratio, the better particle of popping snack.

### 3. The establishment of production process of popping snack and the definition of shelf life of popping snack.

Resultly, the production process of popping snack is following as.

① heating process of spent fowl ⇒ ② drying and powdering of cooked spent fowl ⇒ ③ mixtures of spent fowl and starchs ⇒ ④ dough of the mixtures (adding spices) ⇒ ⑤ pelleting ⇒ ⑥ moisture adjustment of pellet particles ⇒ ⑦ popping.

The optimum moisture content of dough was about 50% and the optimum moisture content of pellet particles was about 17%. A kinds of spices are curry taste, green laver taste, taste of chicken boiled in plain water, taste of chicken roasted, Bulgogi taste and sweet taste. In descriptive analysis, Bulgogi taste among these spices showed the highest score in acceptability. The shelf life of popping snack was suitable 6 months. When popping snack were manufactured with rosemary with antioxidant properties for increasing of shelf life, the between control and snack added rosemary were no significant difference.

# CONTENTS

	page
Chapter I . Introduction	33
Section 1. Purpose and scope of study	33
Section 2. Object and content of research	40
Chapter II. Development of technologies for the production of high quality chicken meat and processing methods	45
Section 1. Experimental design and methods	45
1. Experiment 1: Selection of optimum type of $\alpha$ -tocopherol for feed supplementation	45
2. Experiment 2: Determination of effective duration of $\alpha$ -tocopherol for feed supplementation	46
3. Experiment 3: Effects of $\alpha$ -tocopherol and selenium supplementation on the economic traits of chicken and shelf-life	46
4. Experiment 4: Effects of packaging methods on the shelf-life extention	47
5. Material and method	48
Section 2. Selection of optimum type of $\alpha$ -tocopherol for feed supplementation (Experiment 1)	60
1. Feed intake, body weight and feed efficiency	60
2. $\alpha$ -Tocopherol content	60
3. Cholesterol content	62
4. Thiobarbituric acid value during storage	63
Section 3. Determination of effective duration of $\alpha$ -tocopherol for feed supplementation (Experiment 2)	67
1. Feed intake, body weight and feed efficiency	67
2. $\alpha$ -Tocopherol content	68
3. Thiobarbituric acid value during storag	68

Section 4. Effects of $\alpha$ -tocopherol and selenium supplementation on the economic traits of chicken and shelf-life (Experiment 3)	70
1. Feed intake, body weight and feed efficiency	70
2. Proximate analysis and lipid profile	72
3. $\alpha$ -Tocopherol and selenium content	78
4. Lipid oxidation and cholesterol oxidation products	84
5. Effects of $\alpha$ -tocopherol and selenium supplementation on the shelf-life and meat quality	98
6. Correlation analysis	104
Section 5. Effects of packaging methods on the shelf-life extention (Experiment 4)	109
1. Feed intake, body weight and feed efficiency	109
2. Investigation on the shelf-life and quality changes among packaging methods	110
Section 6. Conclusion	118
Section 7. Reference	121
Chapter III. Manufacturing techniques settlement of high quality chicken meat protein	123
Section 1. Introduction	123
Section 2. Materials and methods	124
Section 3. Results and discussion	133
1. Settlement refining techniques of high quality chicken meat protein	133
a. Physicochemical properties of chicken surimi	133
b. Selection of optimum washing solution	134
c. Washing effect as salt concentration	137
d. Quality changes as optimum washing cycle	141
e. Determination of Optimum washing temperature	144

f. Selection of optimum pH for washing	146
g. Refining technique Settlement of Low quality meat surimi for economical efficiency	151
h. Fixing of Pilot type washing and dehydrating method for inderstralization	151
2. Investigation of frozen denaturation and settlement of oxidation preventing technique of chicken surimi	153
a. Investigation of myofibrillar protein functionality as storage temperature, storage period	153
b. Functionality changes of chicken surimi during refregerated storage	174
c. Determination of Cryoprotectant and addition quantity	177
d. Determination of antioxidant and addition quantity	183
e. Confirmation of TBARS, POV changes by lipid oxidation during frozen storage	201
f. Investigation of freeze denaturation of surimi as frozen storage period	204
3. Settlement of gellation improvement technique of meat protein from chicken surimi	217
a. Confirmation of suwari and modori phenomenon from chicken surimi	217
b. Investigation of gellation ability as salt concentration and mixing time	223
c. Changes of textural properties as mixing time	224
d. Presentation of opitimum cooking condition	230
e. Observation of tissue by scanning electron microscopy	234
f. Measurement of textural properties as additive ingredient	239
Section 4. Summary	251
Section 5. Reference	254

<b>Chapter IV. A study on chicken meat snack with spent fowl</b>	<b>258</b>
<b>Section 1. The development of chicken meat snack production process using popping machine</b>	<b>258</b>
1. Content and method of experiment	258
a. Treatment of spent fowl	258
1) samples purchase	258
2) heating process of spent fowls	258
b. The content and texture analysis	258
1) Proximate analysis	259
2) Texture analysis	259
3) Color measurement	259
4) Statistical analysis	259
c. RSM (Response Surface Methology)	259
d. The mixing ratio of chicken meat and grains	261
e. Pelleting	262
f. Popping	262
1) The definition of popping condition	262
2) Density measurement	262
3) Color measurement	263
4) Breaking strength	263
g. An experiment design for the definition of optimum popping condition by RSM	263
h. Sensory analysis	264

2. Results and discussion	264
a. The definition of optimum heating condition	264
b. Pelleting	279
c. Popping	281
d. Response surface methodology	300
e. Sensory analysis	309
Section 2. The development of popping snack using popping machine	312
1. Content and method of experiment	312
a. The establishment of popping snack forming	312
1) The observation of snack texture manufactured by different popping condition and different mixing ratio. (using electron microscope)	312
2) The observation of starch and chicken meat particle of snack texture. (using optical microscope)	312
b. The definition of optimum mixing ratio	313
1) Snack manufacture	313
2) Sensory analysis	313
2. Results and discussion	314
a. The observation of texture of popping snack	314
1) Difference of snack texture by popping condition after popping	314
2) Difference of snack texture by the mixing ratio of spent fowl meat and grains after popping	317
3) Changes of starch and chicken meat particle by the mixing ratio of spent fowl meat and grains after popping	322
b. The establishment of optimum mixing ratio	326
1) Optimum moisture content	326
2) Sensory analysis	327

Section 3. The establishment of production process and the shelf life of popped snack	333
1. Content and method of experiment	333
a. The establishment of production process of popped snack	333
1) The manufacture of popped snack with rice flour	333
2) Quantity of pellet manufactured with mixtures of starch and chicken meat	334
3) Optimum moisture content for popping	334
4) Optimum drying method of pelleted particles	334
5) Optimum doughing time	334
6) Sensory analysis of popped snacks with added spices	334
b. Change of snack quality during storage	335
1) The definition of optimum quantity of added rosemary	335
2) Change of quality of popped snack during storage	336
2. Results and discussion	337
a. The establishment of production process of popped snack	337
1) The quality comparison of popped snacks manufactured with rice flour and starch	337
2) A quantity of pellet manufactured with mixtures of starch and chicken meat, and optimum moisture content of dough	338
3) Optimum moisture content on popping	338
4) Optimum drying method of pelleted particles	339
5) Quality comparison of popped snacks manufactured by several doughing times	340
6) Sensory analysis of popped snacks with spices	340
b. Change of snack quality during storage	342
1) Optimum quantity of rosemary addition	342
2) Change of quality of popped snack during storage	344
Section 4. Reference	353



5. 재료 및 방법.....	48
가. 공시료.....	48
나. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 함량 분석.....	51
다. Selenium 분석.....	53
라. 지방산 조성 및 콜레스테롤 함량.....	54
마. Thiobarbituric acid value (TBA) 측정.....	55
바. 콜레스테롤 산화물 측정.....	56
사. 육색과 육색소 측정.....	58
아. 일반성분 분석.....	59
자. 통계분석.....	59
제 2 절 $\alpha$ -Tocopherol의 급여형태 검정 (실험 I).....	60
1. 사양실험.....	60
2. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 함량 분석.....	60
3. 근육내 콜레스테롤 함량 분석.....	62
4. 저장 중 지방산패도 측정 (Thiobarbituric acid value).....	63
제 3 절 $\alpha$ -Tocopherol의 급여기간에 따른 급여효과 검정 (실험 II).....	67
1. 사양실험.....	67
2. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 함량 분석.....	68
3. 근육내 콜레스테롤 함량 분석.....	68
4. 저장 중 지방산패도 측정 (Thiobarbituric acid value).....	68

제 4 절	$\alpha$ -Tocopherol과 selenium의 첨가급여에 따른 계육의 냉장저장성 검정 (실험 III)	70
1.	사양실험	70
2.	계육의 일반성분, 지방산 조성	72
가.	계육의 일반성분 분석	72
나.	계육의 지방산 조성 분석	74
3.	$\alpha$ -Tocopherol 및 selenium의 근육내 축적량	78
가.	근육내 $\alpha$ -tocopherol 축적량 분석	78
나.	근육내 selenium 축적량 분석	81
4.	첨가제 특성에 따른 지방산화와 콜레스테롤 산화물에 미치는 영향	84
가.	지방산패도 측정	84
나.	저장 중 콜레스테롤 산화물 분석	87
5.	각 첨가단계에 따른 육질과 저장성	98
가.	계육의 육색	98
나.	저장 중 metmyoglobin 함량변화	101
6.	상관관계 분석	104
제 5 절	포장방법에 따른 저장성 증진효과 검정 (실험 IV)	109
1.	사양실험	109
2.	포장방법에 따른 계육의 저장성 평가	110
가.	가스치환포장의 head space 공기조성 분석	110
나.	포장감량	112
다.	총세균수 측정	113
라.	지방산패도 측정	116

제 6 절	$\alpha$ -Tocopheryl acetate와 sodium selenite의 경제적 최적 급여량 설정.....	118
제 7 절	참고문헌.....	121
제 3 장	고품질 계육 surimi 제조기술 확립.....	123
제 1 절	서론.....	123
제 2 절	재료 및 방법.....	124
	1. 원료육 구입.....	124
	2. 수세에 의한 원료육의 처리.....	125
	3. 용매 선택시험.....	125
	4. 이온강도에 따른 회수율 확인.....	125
	5. 최적 수세회수와 용액의 양을 결정.....	125
	6. 최적 추출온도 결정.....	126
	7. pH별 추출단백질의 품질 및 수율확립.....	126
	8. 닭고기 surimi 정제기술 확립과 pilot식 제조공정의 모델정립.....	126
	9. 일반분석과 pH.....	126
	10. 콜라젠(Collagen), 보수력, 염용성 단백질(SSP, salt soluble protein)	126
	11. 색깔의 측정.....	127
	12. 전자현미경에 의한 조직관찰.....	128
	13. Surimi의 gel 강도 측정방법.....	128
	14. 냉동변성 방지제 첨가량 결정시험.....	130
	15. 산화방지를 위한 항산화제 선정 및 결정시험.....	130
	16. TBARS(Thiobarbituric acid reactive substance).....	130
	17. 과산화물가(Peroxide value; POV).....	131
	18. 휘발성 염기태 질소(VBN).....	131

제 3 절 결과 및 고찰.....	133
1. 고급 계육단백질의 정제 기술 확립.....	133
가. 원료육의 이화학적 특성.....	133
나. 최적 수세용매의 선택.....	134
다. 이온강도에 따른 수세효과.....	137
라. 최적 수세회수에 따른 품질변화.....	141
마. 최적 수세온도 결정.....	144
바. 수세를 위한 최적 pH의 선정.....	146
사. 경제성 확보를 위한 저급육 surimi 정제기술 확립.....	151
아. 산업화를 위한 pilot식 수세 및 탈수방법의 모델정립.....	151
2. 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립.....	153
가. 저장온도 및 기간에 따른 근원섬유 단백질의 기능성 조사.....	153
나. 계육 surimi의 냉장저장 중 기능성 변화.....	174
다. 냉동변성 방지제 종류와 첨가량 결정시험.....	177
라. 항산화제 종류와 첨가량 결정.....	183
마. 냉동중 지방산 산화에 의한 TBARS, POV 변화 확인.....	201
바. 냉동기간별 surimi의 냉동변성 조사.....	204
3. 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대 기술의 확립.....	217
가. 계육 surimi 단백질의 고착(suwari)과 되풀림 현상유무의 확인.....	217
나. 염농도 및 혼화시간별 gel화 능력을 구명.....	223
다. 혼화시간에 따른 조직감의 변화.....	224
라. 최적의 열처리 조건 제시.....	230
마. SEM에 의한 조직 관찰.....	234
바. 첨가제 종류에 따른 조직감 측정결과.....	239

제 4 절 적 요.....	250
1. 고급 계육단백질의 정제 기술 확립.....	250
2. 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립.....	251
3. 고품질 계육 surimi 제조기술 확립.....	252
제 5 절 참고문헌.....	254
제 4 장 계육의 스낵화를 위한 연구 (제2위탁과제).....	258
제 1 절 팽화기를 이용한 닭고기 팽화스낵제조 공정개발	258
1. 산란노계육의 열탕처리 최적조건분석.....	258
가. 시료의 처리.....	258
나. 성분과 조직분석.....	258
다. 반응표면분석(Response surface methodology, RSM).....	259
라. 곡류와 닭고기의 배합.....	261
마. 펠릿제조.....	262
바. 팽 화.....	262
사. 최적팽화조건 확립을 위한 반응표면분석에 의한 실험설계.....	263
아. 관능검사.....	264
2. 연구결과 및 고찰.....	264
가. 노계의 일반성분분석.....	264
나. 열탕처리 후 노계육의 성분분석과 물리적인 특징.....	265
다. 산란노계육과 곡류(감자전분, 옥수수전분, 쌀가루)의 배합.....	279
라. 배합된 시료의 펠릿화.....	279

마. 팽 화.....	281
바. 반응표면분석.....	300
사. 관능검사.....	309
제 2 절. 팽화기를 이용한 성형제품개발.....	312
1. 연구내용 및 방법.....	312
가. 팽화스넵의 성형성확립.....	312
나. 최적배합비 확립.....	313
2. 연구결과 및 고찰.....	314
가. 팽화기를 이용한 성형제품조직분석.....	314
나. 최적배합비 확립.....	326
제 3 절. 팽화 및 성형제품의 제조공정확립 및 저장성에 관한 연구.....	333
1. 연구내용 및 방법.....	333
가. 팽화 및 성형제품의 제조공정 확립.....	333
나. 저장조건에 따른 품질변화규명.....	335
2. 연구결과 및 고찰.....	337
가. 팽화 및 성형제품의 제조공정 확립.....	337
나. 저장조건에 따른 품질변화 규명.....	342
제 4 절. 참고문헌.....	353

# 제 1 장 서론

## 제 1 절 연구개발의 목적과 범위

닭고기는 서양 선진국에서 저지방 고단백질 식품으로서 인식되어 최근에 그 소비가 적육의 소비량을 능가하는 실정에 이르렀다. 그러나 국내사정은 이와는 달리 닭고기의 소비량이 돼지고기와 쇠고기의 소비량에 미치지 못하고있다.

닭고기는 주로 통닭형태로 소비되던 것이 최근 10년동안 부분육 판매를 거쳐 밀가루나 빵가루를 입혀 튀긴 제품이나 소시지, 햄 혹은 롤 등의 염지제품 유통에까지 이르렀다. 따라서 이러한 추가가공은 비교적 최근 개념으로서 소비자들의 식생활 및 사회생활의 급속한 변화에 부응하고자 서양의 닭고기 가공업계의 발빠른 대응전략에서 비롯되었다. 1980년대에 서양에서는 닭고기 정육을 이용한 제품, 기계적 발골육을 이용한 제품, 부분육을 이용한 제품들이 통닭으로 판매되는 것보다 높은 시장점유율을 보이기 시작했다. 국내에서는 정확한 비율을 알 수는 없지만 아직도 부분육을 포함한 추가가공제품보다는 통닭의 형태로의 유통이 주종을 이루고 있는 것으로 판단된다. 한동안 양념통닭의 인기로 닭고기 소비가 신장되는 듯하였으나 소비자 기호에 맞는 연속적인 신제품 개발의 미비로 소비수준을 향상시키지 못하고 있다. 최근에는 외식산업계의 튀김닭이 외국brand를 중심으로 소비신장을 보이고 있으나 1997년 7월 이후 닭고기시장이 완전개방됨에 따라 국내 육계업계는 소비부진에 의한 어려움이 가중될 것을 염려하고 있다.

이에 비하여 계란을 생산하기 위하여 사육되는 산란계가 능력이 저하되면 도태되어 출하되는 노계는 과거에 육계와 함께 섞어 일반소비자들에게 통닭으로 판매되곤 하였다. 그러나 일반적인 사회수준이 향상되면서 노계가 더 이상 육계용으로 둔감유통되지 못하고 노계도계가 허가된 도계장에서만 처리되는 현실이 되었다. 따라서 노계육의 소비는 육가공업계의 원료육으로 그 사용처가 제한되고 있는 실정이다. 더욱이 최근에는 외국의 칠면조육이 가공원료육으로 수입되어 사용되어지므로써 노계육의 가격경쟁력이 약화되어 노계육 소비가 더욱 곤란을 겪게 되었다. 이러한 노계육의 새로운 활용방안이 강구되어진

다면 국내 산란계 업계의 경쟁력도 강화되고 농가소득의 증대도 기할 수 있을 것이다.

국내 닭고기 가공제품의 다양성은 선진국의 그것과 비교가 되지않아 소비자들의 관심을 끌지 못하고 있고, 가공업계에 종사하는 사람들의 위생관념도 희박하여 새로운 냉장제품은 그 활용도가 제한적일 것이다. 따라서 새로운 닭고기 가공제품을 생산하기 위한 스낵제조기술을 도입하는 것은 선진국의 경우를 보아도 타당한 것으로 판단된다. 그러나 부가가치를 높이기 위해서는 스낵제품 제조시 공정의 간편화가 비용절감과 함께 중요한 문제로 대두된다.

#### 1. 저장성 증진을 위한 고품질 계육 생산기술과 포장가공기술개발 (주관과제)

가금육은 적색육에 비해 상대적으로 불포화지방산의 수준이 높고 육내 tocopherol의 함량이 낮아 지방산화에 불안정하다고 할 수 있다. 불포화지방산의 수준이 높을수록 지질이 산화되기가 쉬운데, 육내 지방산화와 oxymyoglobin 산화는 소비자의 선호도가 떨어지는 변패적 과정이라 할 수 있어 가금육 제품에 산패는 주요한 문제점으로 나타난다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 조절 단계는 사양, 도계, 저장조건, 포장 및 유통단계라고 할 수 있다.

항산화제는 산화반응을 억제시키는 역할로 많이 사용되고 있다. 그 기작은 다음과 같이 분류할 수 있는데, free radical에 수소이온을 주고 chain reaction을 막는 합성물로, 주로 페놀합성물, butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), tocopherol 등(Dawson과 Gartner, 1983)이 있다. 그 중 사료내  $\alpha$ -tocopherol 급여는 막의  $\alpha$ -tocopherol 수준을 증가시키고 막의 안전성을 높여 육의 저장성을 증진시키는 것으로 알려져있다. 또한, 콜레스테롤 산화물은 가열하거나 분쇄한 가금육에 존재하고 저장기간동안 증가하게 되는데  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 콜레스테롤 산화물의 형성을 줄일 수 있다(Galvin 등, 1995). 최근 Guidera 등(1995)은 사료내 vitamin E의 급여로 돈육, 가금육의 지방과 콜레스테롤 산화, 변색, 보수성의 손실을 막을 수 있다고 보고하였다. 한편 selenium의 급여는 가축의 정상적인 성장과 가임 및 실험동물에서 식이상으로 유발될 수 있는 여러 가지 질병의 예방에 필요하며 세포의 중요한 구성성

분들이 산화적 손실을 당하지 않도록 보호하는 효소인 glutathion peroxidase의 구성요소로서 작용(한 등, 1985)하는 것으로 알려져 있다. 따라서 상대적으로 가격이 높은 vitamin의 보족역할로 selenium을 첨가해 효과를 충분히 거둘 수 있다면 경제적으로도 잇점을 가져올 수 있다.

도제, 저장, 포장, 유통단계에서의 조절은 환경적, 물리적 요인으로 온도, 포장재질 등이 산화반응의 속도를 지체시킬 수 있다. 물론 실제적으로 저장기간을 늘릴 수 있는 가장 좋은 방법으로는 신선육의 취급주의와 저장방법이 상당히 중요하다고 할 수 있다.

국내의 경우에는 산란계의 성장을 위한 vitamin E의 첨가나 계란에 축적되는 양에 대한 연구(강, 1993)가 있을 뿐 고급육을 생산하기 위한 실험은 이루어지지 않고 있는 실정이다. 현재 vitamin E를 사료에 어느 정도 수준으로 급여해야 확실한 효과가 있는지, 그에 따르는 경제성이 뒷받침 되는지에 대한 다각적인 연구가 아직 부족한 실정이다. 또한 이러한 급여에 의한 육질의 효과는 조사된 바 없고 고급육의 포장이나 냉장육 유통과 관련한 실질적인 연구가 필요한 실정이다.

## 2. 고품질 계육 surimi 제조기술 개발 (제1위탁과제)

Surimi는 원래 일본어로서 물고기를 기계로 압착하여 뼈로부터 살을 분리하고 물로 여러번 씻어 준 후에 탈수시켜 완성된다(Okada, 1985). 통상 장기간 냉동시키기 때문에 단백질의 변성을 방지하기 위해 냉동방지제를 첨가한다. 발골 후에 수세과정을 거치면서 어육에 함유된 수용성 단백질, 각종효소, 혈액, 금속이온, 지방들이 제거되고 기능성이 우수한 고급 근원섬유단백질이 주종을 이루는 살코기만 남게 된다. 이것을 이용하여 가열처리하므로써 탄력성이 강한 고급 연제품을 제조하게 된다. 일본의 경우 surimi의 생산은 1960년대부터 본격적으로 시작되었고 연구는 그 이전부터 진행되어 왔었다.

우리나라에서는 원양어업이 시작된 이후로 원양어선에서 고기를 어획한 다음 직접 선상에서 surimi를 제조하여 냉동시켜 국내로 반입하고 있다. 어육 surimi 제조는 물고기를 씻고 다듬은 후에 수세하고 기계압착방법으로 살코기

와 뼈를 분리한다. 세절된 혼합육은 몇차례 수세와 탈수작업을 반복한 후에 냉동변성 방지제를 첨가하여 포장한 후에 냉동저장시킨다.

기계발골계육(mechanically deboned chicken meat), 노계통닭, 손발골계육을 이용하여 surimi를 제조하고자 할 때는 발골계, 수세조의 혼합기, 탈수기, 원심분리기, 압착 등의 기본 시설이 필요하다. 발골기계를 제외한 기계류는 우리나라의 현재 기술로 제작가능하다. 기계로 발골한 계육혼합물은 품질이 현저히 떨어지는 저급 육혼합물이기 때문에 근원섬유단백질이 다량 함유된 고급 기능육으로 전화시킨 것이 surimi이다. Surimi제조를 위해 육혼합물의 수세 및 탈수기술이 요구되고, 육혼합물에 대한 용액의 양이나 용매종류, 온도 및 pH의 선정 기술이 필요하다. 또한 제조된 surimi 제품은 이화학적으로 매우 불안정하여 기능성이나 저장성이 떨어지므로 산화방지 기술과 육단백질 냉동방지 기술이 요구된다. Surimi를 이용하여 탄력성이 있는 각종 육제품을 제조하기 위해서는 surimi속에 함유된 근원섬유단백질의 특성을 파악하고 고도의 열처리와 혼합기술이 필수적으로 요구된다.

Surimi를 원료육으로 탄력성과 견고성이 강한 육제품으로 제조하기 위해서는 근원섬유단백질의 특성을 이해가 선행되어야 하며, 염용성 단백질의 추출기술과 열처리나 각종 제조기술이 요구된다. 단백질의 탄력성은 surimi에 2 ~ 3% NaCl를 넣어 혼합하므로써 염용성 단백질이 충분히 유출시킨 다음 열에 의한 gel화 작용에 의해 이루어진다. 이때 근원섬유단백질이 서로 엉켜 마치 그물망처럼 형성된다. 어육 surimi에는 특이하게도 본격적인 열처리를 하기 전에 suwari라고 하여 40℃에서 일정시간 setting 과정을 필히 둔 후에 90℃에서 가열처리하여 응고시키는 공정이 있다. Surimi로 만든 최종제품은 gel 형성으로 말미암아 탄성(elasticity)과 견고성(firmness) 정도가 품질을 좌우하게 된다 (Suzuki, 1981; Anon, 1987). 이와같이 surimi의 제조는 어육에서 시작되었고 일본과 우리나라에서는 기술적인 면과 산업적인 면에서 상당한 기술을 지니고 있다고 본다.

소, 돼지, 닭과 같은 육상동물은 어육과 달리 계획생산이 가능하고, 외형이 크며 쉽게 부패하지 않기 때문에 surimi와 같은 근원섬유단백질만을 추출하여 육가공 제품의 중간원료로 이용하고자 하는 기술이 없었다. 근래에 이르러 비로서 소, 돼지로부터 MRM (mechanically recovered meat)이나 닭으로부터

MDCM (mechanically deboned chicken meat)과 같은 변질되기 쉬운 저급 고기가 생산되면서 이들을 고급 단백질로 전환하고자 하는 노력이 시도되기 시작하였다. 따라서 축육을 이용한 surimi의 제조연구가 어육보다 훨씬 이후인 80년대에 들어와서 본격적으로 시작되었다. MRM이나 MDCM과 같은 저급육을 수세하면 혈액, 뼈, 인대, 지방, 콜레스테롤 등을 제거시킬 수 있고, 고기의 산화를 지연시키며 미생물의 오염을 억제시킬 수 있다. 뿐만 아니라 고급 육가공제품의 원료로 사용하여 최종제품의 조직감과 색택을 향상시킬 수 있다. 그러나 세계적으로 아직까지 축육에 대한 surimi의 연구는 어육에 비해 훨씬 미흡한 실정이며 최근에 와서야 미국에서 산업화가 시작되었다.

노계육이나 MDCM은 색깔이 검고 조직감이 나쁘며 저장성이 짧을 뿐 아니라 산패가 쉽게 일어나기 때문에 가공용 원료육으로 품질이 현저히 떨어진다. 그래서 80년대 이후부터 미국 North Carolina State Univ., Royleigh, North Carolina에서는 MDCM을 정제하고자 하는 연구가 수세장치의 개발을 중심으로 활발히 이루어지고 있다. MDCM에 들어있는 혈액은 단순히 물로서 씻고 원심분리시키면 제거할 수 있다고 한다(Froning등, 1973). 그러나 수세후 색깔, 수율, 이물질들을 더 제거하기 위하여 인산염, ascorbic acid, acetone, sodium acetate, hydrogen peroxide, sodium bicarbonate, sodium metasilphite 등을 도입한 바 있다(Thompson, 1984). 이물질을 제거하기 위해 screen법을 쓰기도 하고 탈수시키기 위해 원심분리나 압착방법을 시도하기도 하였다. 제조완료된 surimi는 가공용 원료로 이용할때까지 냉동보관된다. 계육 surimi의 냉동보존방법, 냉동중 단백질 변성방지법, 산화억제 기술에 관해서는 연구가 극히 미흡한 실정이다. 더 나아가 계육 surimi를 이용하여 열처리에 의한 근원섬유단백질의 gel형성에 관한 연구도 어육에 비해 거의 알려지지 않고 있으며 어육에서 일어나는 gel 플립 현상이 없다는 1편의 보고가 있을 뿐 완전히 알려지지 않고 있다. 그러므로 계육을 이용하여 surimi를 제조하고 냉동보존하면서 gel형성을 증진시키는 기술이 우리나라에서는 도입된 적도 없었고, 외국의 경우에도 어육에 비해 체계적인 기술이 완전히 확립되지 않고 있다. 아울러 형성된 gel의 성질을 측정하여 품질의 우열을 가리는 측정방법이 우리나라에서는 아직 보고가 너무 미흡하다. 품질지표로서 surimi의 화학 및 물리적 특성을 조사하여야 되기 때문이다. 화학적인 특성으로는 수분함량, pH, 색택을 조사하여야 하고 물리적

특성으로는 점도, 유리수, 인장력, 견고성, 씹힘성, 탄력성과 같은 성질을 객관적으로 판정되어야 한다.

### 3. 계육의 스낵화를 위한 연구 (제2위탁과제)

스낵제품원으로 쓰일 수 있는 국내산 노계육이 수입칠면조육과의 가격비교에서 경쟁력을 갖기위한 방법중의 하나로 대한양계협회가 추천한 것은 가공비를 줄이는 것이다. 노계육의 소비를 촉진시키려면 이에 덧붙여 고부가가치제품을 개발, 생산하여 가격의 문제를 고려하지 않게 하여야 한다. 그러나 이제 것도계장에서 처리되어 신선닭도체를 일일이 인부가 발골하는 방법으로는 가공비를 줄이기는커녕 점점 상승하는 인건비로 오히려 가공비는 날이 갈수록 증가하게 될 것이다.

따라서 계육의 용도에 따라 가공방법을 변경시켜 계정육생산비를 절감하는 기술의 개발과 생산된 계정육을 이용하여 농민이 쉽게 만들 수 있고 안전하게 유통시킬 수 있는 부가가치 제품의 개발이 필요하다.

국내에서 생산되는 닭고기를 이용한 제품들은 전기구이나 양념통닭이 대부분이었고 최근에는 부분육을 튀김옷이나 빵가루를 입혀 튀긴 것이 그 주종을 이루고 있다. 기타의 염지가공육 제품은 닭고기 제품이 아니고 닭고기가 원료의 일부로 사용된 제품에 불가하다.

스낵제품은 대부분이 감자와 옥수수를 사용하기도 하지만 거의가 밀가루 제품으로서 고기를 이용한 스낵제품은 육포나 저키류가 일부 중소기업에 의해 쇠고기나 돼지고기를 원료로 생산되어 시판되고 있다. 다만 양승용 등(1990)의 연구에서는 단축압출기로 닭가슴육(수분 75%)과 옥분을 이용하여 팽화스낵을 제조한 후 배합비에 따른 팽화율, 밀도, 색깔, 전단력 등을 조사한 결과, 닭고기 : 옥분의 비율이 1 : 3일때 팽화스낵 제조가 가능한 것으로 보고하였다. 아울러 고기함량을 늘리면 팽화는 되지않고 반건조 제품의 생산도 가능할 것으로 판단하였다.

미국의 고기스낵시장은 약 6억 달러(Dillon, 1990)에 달하는 것으로 보고되며 꾸준히 성장하고 있음을 보여준다. 워낙 고기가 주식으로 확립되어 있는 사회

이기 때문에 고기스낵 제품의 개발도 다양하게 이루어져 많은 제품이 나와 있으나 압출공법에 의한 제품개발은 최근에서야 시도되었다. 이것은 과거의 단축 압출기로는 수분이 많은 고기를 이용한 팽화스낵을 만드는 것이 기술적으로 불가능하였고 또한 고기제품에 비육원료의 혼합량이 법적으로 제한되어 있었기 때문이었다. 그러나 쌍축압출기의 개발로 고기의 수분함량이 크게 문제되지 않게 되었고, 저칼로리 육가공제품의 보급이 확대되면서 비육원료의 사용이 유통성을 가지게 되었기때문에 고기를 이용한 압출스낵 제조에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 단축압출기로 팽화스낵을 제조하려면 적정수분함량이 20-40% 수준인 것으로 보고되지만(US Patent, 1969) 최근에는 팽화제품이 아닌 단순성형제품제조를 단축 압출기로 시도하여 McKee 등(1995)은 저키를 단축압출기로 제조하여 품질 평가를 하였다.

따라서 지금까지 수행된 닭고기 스낵제품에 관한 연구결과로는 계육가공의 가능성만을 타진한 실정이며 앞으로 농촌에서 생산되는 더 많은 종류의 곡류를 이용하여 농가에서 안전하고 손쉽게 생산 유통될 수 있는 여러가지 닭고기 제품을 제조할 수 있는 기술과 이를 체계화할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다. 그리고 우리나라에서는 계육을 포함한 축육을 이용한 surimi의 제조기술의 필요는 절실히 요구되나 보고된 연구나 기술이 없는 상태이므로 향후 어육이 지니는 기존 기술을 바탕으로 계육에 응용한다면 예상보다 빨리 계육 surimi의 제조기술이 확립될 것으로 생각된다.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발목표

계육에 대한 소비자의 관심을 유발하여 궁극적으로 향후 국내 육계산업의 활성화를 위하여 먼저 저장성 증진과 위생성 향상을 통해 고급화된 계육을 생산하고 안정된 유통체계와 소비패턴을 유도한다. 또한 노계 처리문제가 심각한 산란계 업계의 당면과제를 노계육 활용을 통한 새로운 육제품 개발로 해결하여, 부가가치를 높이는 계육활용을 위한 가공제품제조 기술 및 그 유통기술을 개발하고자 한다. 이러한 계육활용을 위한 새로운 육제품개발 이전에 원료육 자체의 고품질이 요구되며 사양, 도축, 사후처리 및 저장의 모든 과정이 과학적인 기초아래 체계적으로 자리잡혀야 하고 우리나라 육계산업의 활성화라는 궁극적인 목표를 놓고볼 때 고품질 계육생산, 다양한 계육제품 개발 등이 서로 긴밀히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 이러한 목표를 달성하고자 본 연구에서는 세가지 세부과제로 구분하여 다음과 같은 세부목표를 설정하여 수행하였다.

#### 가. 저장성 증진을 위한 고품질 계육 생산기술과 포장가공기술개발 (주관과제)

- 1)  $\alpha$ -Tocopherol의 사료첨가시 항산화 효과 구명과 계육의 이화학적 특성 조사
- 2)  $\alpha$ -Tocopherol의 급여량 설정과 selenium 보충효과 구명과 이에 따른 육질 비교
- 3) 저장성 증진을 위한 포장방법과 저장조건 설정 및 실용화 방법 구축
- 4) 최상의 가금육 생산조건과 저장방법의 개발

#### 나. 고품질 계육 SURIMI 제조기술 개발 (제1위탁과제)

- 1) 고급 계육단백질의 정제기술 확립
- 2) 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립
- 3) 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대 기술의 확립

#### 다. 계육의 스낵화를 위한 연구 (제2위탁과제)

- 1) 신선노계육 생산비를 절감하는 공정을 도입하고, 쌀가루, 감자전분, 옥수수가루 등을 이용한 팽화스낵 제조공정개발
- 2) 기생산되는 노계정육을 이용하여 반건조 닭고기제품의 제조공정개발
- 3) 제품의 시장 확립을 위한 저장성 규명

### 2. 연구개발 내용

#### 가. 저장성 증진을 위한 고품질 계육 생산기술과 포장가공기술개발 (주관과제)

- 1)  $\alpha$ -Tocopherol의 사료첨가시 항산화 효과 규명과 계육의 이화학적 특성 규명
  - $\alpha$ -tocopherol의 지방산화, 콜레스테롤 산화 억제 효과 규명
  - 근육내 지방함량과 콜레스테롤과의 관계 규명 및 지방산화 속도에 미치는 영향 조사
  - 계육의 지방산조성, 콜레스테롤 함량, 육색안정성, 육질조사
- 2)  $\alpha$ -Tocopherol의 급여량 설정 및 selenium 보족효과 규명과 이에 따른 육질 비교연구
  - $\alpha$ -tocopherol 사료첨가량 설정과 selenium의 보족효과 규명
  - 각 첨가단계에 대한 육질과 저장성 연구
  - 닭의 성장단계에 대한 첨가조절로 최적, 최소의 급여량 설정에 대한 경제성 조사
  - 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 존재량 및 육질과 지방 산화에 미치는 영향 조사
- 3) 저장성 증진을 위한 포장방법과 저장조건 설정 및 실용화 연구
  - 포장재의 특성과 포장방식 간의 육질비교 분석
  - 포장 후 저장하여 head space의 공기조성에 따른 지질대사 조사
  - 저장조건 및 포장방법에 따른 저장성 연구

Tocopherol의 급여 형태를 선정하기 위해 free tocopherol과  $\alpha$ -tocopheryl acetate 형태로 나누어 급여한다. 이 중 효과가 뛰어난 것을 선택하여 성장단계를 두단계(4주)로 나누어 급여하여 성장단계에 대한 효과를 모색한다. 성장단계에 대한 효과가 검증되면  $\alpha$ -tocopherol의 첨가수준을 다섯단계로 나누어 첨가량을 달리하여 사양한다(첨가량확정). 닭의 다리살, 가슴살간에  $\alpha$ -tocopherol이 축적되는 양을 조사하여 최적 사양효과를 모색한 뒤 생산에 대한 경제성을 고려하여 selenium을 조절급여하여  $\alpha$ -tocopherol과의 보충효과를 검증하여 최적 첨가량을 산출한다. 현장에서 사양실험한 닭의 이화학적 특성과 육질을 측정, 평가하고 근내지방함량과 콜레스테롤 함량, 지방산화속도에 대한 상관관계를 다각적으로 모색하여 육질에 미치는 요인을 분석한다.

포장재의 특성을 설정한 후 포장방식(가스치환포장, 진공포장, 일반 wrap 포장)을 연구하여 저장성을 증진시키기 위한 최적방식을 모색한다. 또한 포장 후 저장함에 따라 포장내의 head space의 공기조성을 분석하여 지방산화의 속도와 육질과의 관계를 모색한다. 그리고 경제성에 대한 평가를 위하여 일단 항산화제인  $\alpha$ -tocopherol을 사용할 경우 생산비를 우려하지 않을 수 없으므로 사양단계부터 도계, 포장, 유통출하까지의 총생산비를 산출하여 이에 대한 부가가치를 고려한다.

#### 나. 고품질 계육 SURIMI 제조기술 개발 (제1위탁과제)

##### 1) 고급계육단백질의 정제 기술 확립

- 수세 용매의 종류별 효율성 제고
- 이온강도에 따른 회수율 확인
- 온도에 따른 단백질 추출율 측정
- pH별 추출단백질의 품질 및 수율확립
- 수세 및 탈수방법의 모델정립

##### 2) 계육 surimi의 냉동변성 및 산화 방지 기술개발

- 저장온도 및 기간에 따른 근원섬유 단백질의 기능성 조사

- 냉동방지제(당, 인산염 등) 종류와 첨가량을 결정
- 항산화제(oleoresin, BHT등)종류와 첨가량을 결정
- 냉동중 지방산 산화에 의한 TBARS, POV 변화확인
- 냉동기간별 surimi의 기능성 변화조사

### 3) 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대기술개발

- 계육 surimi 단백질의 고착(suwari)과 되풀림 현상유무를 확인
- 염농도 및 혼화시간별 gel화 능력을 구명
- 온도증가별 육단백질의 변성점을 확인
- 최적 열처리 조건을 제시

저급육인 MDCM이나 노계를 발골하여 저급육의 원인이 되는 물질을 제거하고 고급 육단백질을 회수하는 연구를 수행한다. 또한 제조된 surimi의 기능성 유지, 산화 방지, 냉동중 단백질의 변성을 방지하기 위한 기술을 확립한다. 마지막 단계에서는 surimi가 최종 육제품의 중간소재로 이용되기 위해서 열처리에 의한 최대의 탄력성과 경도를 유지시키는 기술을 확립한다.

## 다. 계육의 스낵화를 위한 연구 (제2위탁과제)

### 1) 팽화기를 이용한 닭고기팽화스낵 제조공정개발

- 수분함량 감축을 위한 계육 수확공정변경
- 곡류와 닭고기 배합비에 따른 적정팽화확립
- 최적양념배합비 확립

### 2) 팽화기를 이용한 성형제품개발

- 팽화기의 조건에 따른 닭고기 성형성 변화규명
- 신선노계정육과 곡류의 배합비에 따른 성형성 확립
- 최적양념배합비 확립

### 3) 팽화 및 성형제품의 제조공정 확립 및 저장성에 관한 연구

- 팽화 및 성형제품의 제조공정 확립
- 저장조건에 따른 품질변화 규명
- 저장성향상을 위한 양념배합비 조정

실험에 사용하는 계육은 탈우후의 닭도체를 내장적출전 열탕수에서 익힌 후 정육을 채취하여 열탕온도에 따른 원료육의 성질을 먼저 평가한다. 생산된 원료육과 쌀가루, 옥수수가루, 밀가루 등의 배합비를 달리하여 제조된 팽화스낵의 품질을 평가한다. 한국인의 입맛에 맞는 양념배합비를 확립한 후 원료육과 곡류를 함께 혼합하여 팽화제품제조공정을 확립한다. 일반성분은 AOAC에 의하고, 제품의 강도는 Instron을 이용하며, 색깔은 Minolta chromameter를 이용한다. 기타 성질은 양승용 등(1990)의 것을 이용한다.

팽화기에서 닭고기의 성형성을 파악하고 곡류의 배합비변경에 따른 결과를 분석하여 성형제품제조공정을 확립한다. 우선 저키류의 제조를 시도한 후 가능하면 재구성육 제품의 제조가능성도 타진한다. 일반성분, 색깔, 강도, 기타 성질을 평가한다

통기성, 진공, 개스포장과 저장온도에 따른 색깔, 지방산패도, 미생물변화, pH 등을 기간별로 측정한다. 결과에 의하여 저장성 향상을 위한 양념첨가물 배합의 변경을 시도한다. 또한 저장기간별 관능검사도 실시한다.

## 제 2 장 저장성 증진을 위한 고품질 계육 생산기술과 포장가공기술개발 (주관과제)

### 제 1 절 실험설계 및 실험방법

본 연구는 사양실험과 실험실 분석을 통해 수행되었으며, 총 4가지 실험을 설계하여 실시하였다.  $\alpha$ -Tocopherol의 급여형태 검정은 실험 I을 통해,  $\alpha$ -tocopherol의 급여기간에 따른 급여효과 검정은 실험 II를 통해 수행하였다. 실험 III에서는 실험 I, II의 결과를 바탕으로  $\alpha$ -tocopherol과 selenium 첨가급여에 의한 냉장저장중 계육의 저장성을 평가하였으며, 실험 IV에서는 동일 사양을 통해 생산된 계육을 다양한 포장방법을 설정하여 첨가급여효과 및 포장방법에 따른 저장성 증진효과를 평가하였다. 저장성의 평가는 지방산화, 산화억제효과 규명 연구와 근육내 지방함량과 콜레스테롤과의 관계규명 및 지방산화속도, 계육의 이화학적 특성 및 육질특성에 대한 연구를 구체적으로 실시하였다. 각 실험의 설계는 다음과 같다.

#### 1. 실험 I : $\alpha$ -Tocopherol의 급여형태 검정

$\alpha$ -Tocopherol의 급여형태를 검증하기 위하여 처리구를 다음과 같이 설정하였다.

- A: NRC에서 요구하는 기본적인 vitamin E 10 IU를 함유한 사료를 급여한 그룹 (CON)
- B: A 사료에 RRR- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate 50 mg/kg을 더 첨가하여 급여한 그룹 (RRR-A)
- C: A 사료에 RRR- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 더 첨가하여 급여한 그룹 (RRR-B)
- D: A 사료에 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 mg/kg을 더 첨가하여 급여한 그룹 (All-A)
- E: A 사료에 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 더 첨가하여 급여한 그룹 (All-B)

실험설계: 5처리 × 3반복 × 30수 = 450수

Abor Acre 계통의 1일령 육계를 감별하여 수컷 450수를 공시계로 사용하였다. 사육에 이용한 사료는 vitamin E의 효과적인 첨가를 위해 가루사료를 이용하였으며, 자유급여로 3주까지는 전기사료를 이후 6주까지 후기사료를 급여하였다.

## 2. 실험 II: $\alpha$ -Tocopherol의 급여기간에 따른 급여효과 검증

급여기간에 따른 급여효과를 검증하기 위하여 실험 I에서 확인한 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 사료에 첨가한 후 다음과 같이 두 처리구로 급여기간을 다르게 설정하여 실험을 실시하였다.

A: 사료에 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 더 첨가하여 사육 초기부터 6주까지 계속 급여한 그룹 (A)

B: A와 동일한 사료를 사육 3주부터 6주까지 급여한 그룹 (B)

실험설계: 2처리 × 3반복 × 30수 = 180수

Abor Acre 계통의 1일령 육계를 감별하여 수컷 180수를 공시계로 사용하였다.

## 3. 실험 III: $\alpha$ -Tocopherol과 selenium의 첨가급여에 따른 계육의 냉장저장성 검증

실험 II의 사육 3주후부터 vitamin E를 첨가급여 하여 초기부터 급여한 구와 비교한 결과 그 효과가 떨어지지 않아 경제성을 고려하여 급여기간을 다시 분할하게 되었으며, vitamin E의 효과를 검증하였으므로 최소량으로 최대효과를 얻을 수 있는 vitamin E 수준을 모색하기 위해 실험 III을 설계하였다.

$\alpha$ -Tocopherol의 사료첨가량 설정을 위해 5수준으로 설정하였으며 이에 대한 selenium의 보족효과 검증은 독성과 환경오염을 고려하여 2수준으로 설정하였고 급여기간을 2단계로 나누어 설계하였다.

1)  $\alpha$ -Tocopherol (5수준)

NRC에서 요구하는 기본적인 vitamin E 10 IU를 함유한 사료와 여기에 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate를 50, 100, 200, 400 IU/kg을 더 첨가하여 5수준으로 설정.

2) Selenium (2수준)

사료내 NRC 요구량의 selenium 첨가수준과 여기에 sodium selenite 2 ppm을 첨가하여 2수준으로 설정.

3) 급여기간 (2단계)

$\alpha$ -Tocopheryl acetate와 sodium selenite의 첨가량을 사양 3주 후부터 2단계(생후 21일령, 32일령에 급여 시작)로 나누어 급여하는 것으로 설정.

위의 세가지 요인을 이용하여  $5 \times 2 \times 2 = 20$ 가지의 처리구로 실험을 설계하였는데 처리구가 많은 관계로 실험여건상 한번 사양실험에 1반복을 수행할 수밖에 없었다. 따라서 한번의 사양실험을 block으로 설정하는 난괴법(randomized block design)을 이용하여 실험을 설계하여 3번의 사양실험을 실시하였다. 한번의 사양실험 조건은 다음과 같다.

Abor Acre 계통의 1일령 육계 660수를 공시계로 사용하였다.

$\alpha$ -tocopheryl acetate (5수준)  $\times$  sodium selenite (2수준)  $\times$  급여기간(2단계)  $\times$  33수(pen당) = 660수

4. 실험 IV: 포장방법에 따른 저장성 증진효과 검정

Abor Acre 계통의 1일령 육계를 감별하여 수컷을 공시계로 사용하였다.

$\alpha$ -Tocopherol 첨가는 NRC에서 요구하는 기본적인 vitamin E 10 IU를 함유한 사료와 여기에 all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate를 50, 100, 200, 400 IU/kg을 더 첨가하여 5수준으로 설정하였으며, selenium은 사료내 NRC 요구량의 selenium 첨가

수준과 여기에 sodium selenite 2 ppm을 첨가하여 2수준으로 설정하였다. 사양은 3주까지 전기사료를 급여했으며 이후 6주까지의 후기사료 급여기간 중 첨가사료의 급여기간을 도계전 10일간 급여하는 것으로 급여기간을 설정하였다.

$\alpha$ -tocopheryl acetate (5수준)  $\times$  sodium selenite (2수준)  $\times$  replication (3)  $\times$  30수 (pen당) = 900수

사양실험한 6주령의 육계를 도계장으로 운송하여 일반적인 방식에 의해 도계하였으며 도계 후 이분할하여 진공포장, 수축포장, 가스치환포장 I (질소 100%), 가스치환포장 II (질소 80% + 이산화탄소 20%)의 4가지 포장방식에 따라 포장을 실시하였다. 이후 저온실( $2\pm 2^{\circ}\text{C}$ )에 저장하면서 저장 6, 12, 18일과 24일에 시료를 채취하였다. 가슴살(breast)은 pectoralis major 부분만을, 다리살(thigh)은 고골(femur) 상부에서부터 경골(tibia) 하단까지의 근육을 채취하여 시료로 사용하였다.

## 5. 재료 및 방법

실험 I, II의 사양실험은 육계사양 1, 3, 6주에 실험 III, IV는 1, 2, 3주, 32일령, 6주에 생체중, 사료섭취량을 측정하여 사료효율을 계산하였으며, 효과적인 첨가급여를 위해 가루사료에 각 처리구의  $\alpha$ -tocopherol 및 selenium을 혼합하여 자유급식하였다. 사양 3주까지는 전기사료를 이후 6주까지는 후기사료를 급여하였으며 기초 사료내의 vitamin E 함량은 10 IU/kg 였으며 기초 사료의 formulation은 Table 1과 2에 제시하였다.

### 가. 공시료

6주령의 육계를 도계장으로 운송하여 일반적인 방식에 의해 도계하였으며 도계시 한 처리당 6수씩 선별하여 냉장차량을 이용하여 실험실로 운반하였다. 가슴살(breast)은 pectoralis major 부분만을, 다리살(thigh)은 고골(femur) 상부에서부터 경골(tibia) 하단까지의 근육을 채취하여 시료로 사용하였다.

Table 1. Formulation of experimental diets for broiler starters (0~3 weeks).

Raw Material			%
Corn, yellow			37.5102
Wheat			25.0000
Lupine-kernel			5.0000
Soybean meal			20.6098
Rap seed meal			1.3000
Fish meal			4.8580
Yellow grease			3.0000
Lysine-HCl			0.3369
Limestone			0.2897
Tricalcium phosphate			1.0049
Salt			0.1305
Wheat bran			0.2320
Methionine			0.2125
Threonine			0.0455
Mineral premix <sup>1)</sup>			0.1000
Vitamine premix <sup>2)</sup>			0.1000
Choline chloride			0.1200
Clinacox			0.0500
virginia-M			0.0500
Bio-plus			0.0500
<b>Total</b>			<b>100.0000</b>
<b>A n a l y s i s</b>			
[VOLUME]	100.0000	Tryptophan	0.2157
Moisture	11.4413	Available lysine	0.9000
Crude protein	19.0000	Available methionine	0.3200
Crude fat	6.6143	Available Met + Cys	0.6259
Crude fiber	2.8407	Available threonine	0.6498
Crude ash	4.6397	Available tryptophan	0.1989
Metabolizable energy	3060.0002	Calcium	0.8000
Lysine	0.9753	Total phosphate	0.6087
Methionine	0.3412	Available phosphate	0.3700
Met + Cys	0.6709	Sodium	0.1400
Threonine	0.7027	Chloride	0.1969

<sup>1)</sup> Fe 50,000; Mn 70,000; Zn 50,000; Cu 7,000; Co 400; I 750; Se 170

<sup>2)</sup> Vitamin A 13,000,000 IU/g; D<sub>3</sub> 2,600,000 IU/g; E 20,000; K<sub>3</sub> 2,500; Rivoflavin 4,000; Pantothenic A 10,000; Niacin 40,000; B<sub>12</sub> 15; Folic acid 1,000; Biotin 80; Ethoxyquin 500

Table 2. Formulations of experimental diets for broiler finishers (4~6 weeks)

Raw Material		%	
Corn (C)		35.0000	
Corn (G)		1.8287	
Wheat		25.0000	
Lupine-Kernel		8.0000	
Soybean meal		21.6536	
Fish meal		1.3528	
Yellow Grease		4.0000	
Lysine-HCl		0.0742	
Limestone		0.4828	
Tricalcium phosphate		1.3587	
Salt		0.2392	
Wheat bran		0.3413	
Methionine		0.1187	
Mineral premix <sup>1)</sup>		0.1000	
Vitamine premix <sup>2)</sup>		0.0900	
Choline chloride		0.1200	
Salinomycin		0.1000	
Flavomycin		0.0800	
Bio-plus		0.0500	
Total		100.0000	
A n a l y s i s			
[VOLUME]	100.0000	Tryptophan	0.2285
Moisture	11.6556	Available lysine	1.0401
Crude protein	20.0032	Available methionine	0.4113
Crude fat	5.7991	Available Met + Cys	0.7201
Crude fiber	2.8154	Available threonine	0.7101
Crude ash	4.6510	Available tryptophan	0.2069
Metabolizable energy	3031.3201	Calcium	0.8000
Lysine	1.1285	Total phosphate	0.6407
Methionine	0.4385	Available phosphate	0.4100
Met + Cys	0.7737	Sodium	0.1400
Threonine	0.7714	Chloride	0.2034

<sup>1)</sup> Fe 50,000; Mn 70,000; Zn 50,000; Cu 7,000; Co 400; I 750; Se 170

<sup>2)</sup> Vitamin A 13,000,000 IU/g; D<sub>3</sub> 2,600,000 IU/g; E 20,000; K<sub>3</sub> 2,500; Rivo-flavin 4,000; Pantothenic A 10,000; Niacin 40,000; B<sub>12</sub> 15; Folic acid 1,000; Biotin 80; Ethoxyquin 500

## 나. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 함량 분석

### 1) 시료

Jiang 등(1994)의 방법을 변형하여 실시하였다. 도계 후 1일째 계육의 가슴과 다리 근육을 결체조직과 지방조직을 최대한 제거한 후 각 7 g 씩 채취하여 polyethylene bag으로 싼 후 deep freezer(-80℃)에 저장한 후 1개월 이내에 실험을 실시하였다.

### 2) 시료 추출

시료는 빛을 차단한 곳에서 망치로 분쇄 후 가위로 세절하여 aluminum foil로 싼 reflux 수기에 5 g을 칭량한 후, 비타민 C 1 g, ethanol 75 ml, 40% potassium hydroxide 25 ml를 넣어 냉각장치에 연결시킨 후 항온수조 (VS-1901W, Vision Scientific Co., Ltd., Korea)를 이용하여 80℃에서 60분간 가열하고 시료가 완전히 녹은 것을 확인한 후 방냉하였다. 방냉 후 reflux 수기에 있는 용액을 갈색 분별깔대기에 넣고, hexane을 이용하여 잘 섞은 후 15분간 정치하여 층분리 시켰다. 하층을 다른 분별깔대기에 넣어 hexane 50 ml를 붓고 섞은 후 층분리 시켜 상층을 원래의 분별깔대기에 다시 붓는 과정을 2회 반복하여 추출시 소실되는 양을 최대한 줄였다. 여기에 증류수 25 ml를 넣어 혼합 후 층분리 시켜 하층을 제거하여 hexane 층 내의 KOH와 불순물을 제거하고 버려지는 증류수 층이 맑아질 때까지의 과정을 7~10회 반복하였다. 세척 후 hexane 층을 aluminum foil로 싼 rotatory evaporator (R-3000, BUCHI Co., Ltd., Switzer-land) 수기에 옮겨 30~40℃에서 2시간 동안 완전히 건조시킨 후 isopropyl alcohol 3 ml를 넣어 건조된  $\alpha$ -tocopherol을 녹인 후 CA-membrane (0.20  $\mu$ m + GF-prefilter, Minisart-plus, Sartorius AG, Germany)에 여과시키고 amber vial에 넣어 -18℃에 저장하였다.

### 3) HPLC 분석

추출 시료에서  $\alpha$ -tocopherol을 정량하기 위해 다음과 같은 조건에 의해 크로마토그래피를 실시하였다.

Instrument : HPLC with Gilson 506C  
Column : SynChropak (4.6×150 mm, 5 μm, Gilson)  
Mobile phase : methanol : water (90 : 10, v/v)  
Flow rate : 0.7 ml/min  
UV detector wavelength: 280 nm  
Chart speed : 10 mm/min  
Peak width : 0.2  
Peak sensitivity : 5%  
Injection volume : 10 μl

$\alpha$ -Tocopherol은 retention time 8분에 분획되었으며 standard는  $\alpha$ -tocopherol (Sigma Chemical Co., Ltd., U.S.A.)을 isopropyl alcohol에 직접 녹여 사용하였으며 실험조건의  $\alpha$ -tocopherol 회수율은  $\alpha$ -tocopheryl acetate (Sigma)를 이용하여 동일한 조건으로 실시하여 조사하였다.

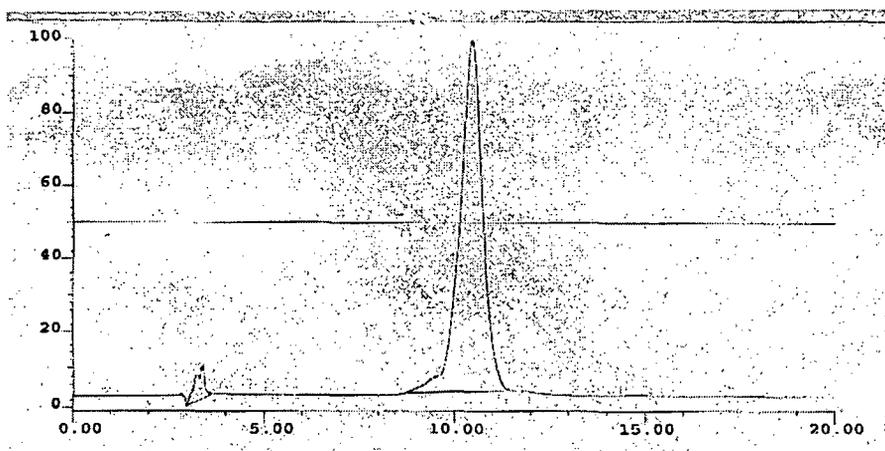


Figure 1. Chromatogram of  $\alpha$ -tocopherol standard performed by HPLC. HPLC quantitation of  $\alpha$ -tocopherol was carried out with a GILSON 712 HPLC system with Synchronpac SCD-100 column (15 cm × 4.6 mm) and UV detection at 280 nm (GILSON 118UV/Vis detector). The eluting solvent was methanol/water (80 : 20, v/v) at flow rate of 1 ml/min.

## 다. Selenium 분석

### 1) 시료

Selenium 분석은 Whetter와 Ullrey (1978)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료는 도계 후 1일에 가슴과 다리 근육에서 눈에 보이는 지방과 결체조직을 제거하고 3 g을 각각 채취하여 polyethylene bag으로 싸서 deep freezer (-80℃)에 보관하였고 저장 1개월 이내에 실험하였다.

### 2) 분석방법

실험에 사용되는 모든 초자는 질산으로 세척한 후 이용하였다. 시료를 세절하여 2 g을 elenmeyer flask에 넣어 칭량하였다. 증류수 4ml, 농질산 7 ml와 70% perchloric acid 5 ml를 첨가한 후 hot-plate에서 perchloric acid의 흰연기가 발생할 때까지 점진적으로 가열하였다. 모든 flask에서 흰연기의 역류가 일어나면 온도를 낮추고 시료액이 투명해질 때까지 가열한 후 방냉하였다. 방냉 후 10% 염산 3 ml를 첨가한 후 재가열 하였다. 암실에서 disodium dihydrogen ethylene diaminetetraacetate (EDTA) dihydrate solution (14.2 g/L) 10 ml와 암모니아수 1.2 ml를 첨가한 후 cresol red 지시약을 첨가한 후 0.1N 염산과 cyclohexane, 2,3-Diaminonaphtalene (DAN)을 넣은 후 분별깔때기를 이용하여 층 분리하였다. 층분리 후 하층을 glass wool을 이용하여 여과시킨 DAN 용액 5 ml를 첨가하여 50℃ 항온수조에서 30분간 정치한 후 냉각하였다. 냉각 후 6 ml의 cyclohexane을 첨가한 후 rotary shake에서 100~140 rpm으로 5분간 shaking 하였다. Cyclohexane 층을 fluorometer tube에 옮긴 후 spectrophotofluorometer (SFM25, Kontron Instruments Co., Switzerland)를 이용하여 여기파장 376 nm, 방출파장 518 nm에서 강도를 측정하였다.

### 3) Standard

Selenium standard는 selenium atomic absorption standard solution (980 µg Se/ml in 1% HNO<sub>3</sub>, Sigma)을 이용하였다. Standard solution을 elenmeyer flask에 넣고 시료와 동일과정을 수행하여 측정하여 산출하였다.

## 라. 지방산 조성 및 콜레스테롤 함량

### 1) 시료

$\alpha$ -Tocopherol 측정실험의 시료 채취 및 저장방법을 동일하게 실시하였다.

### 2) 지방의 추출

지방의 추출은 Folch 등(1957)의 방법을 이용하여 실시하였다. 망치로 분쇄한 시료 5 g을 Folch 용액(chloroform : methanol = 2 : 1, v/v) 50 ml에 넣어 Tissuizer (SDT182EN shaft, Tekmar Co., U.S.A.)를 이용하여 30초간 2회 균질하였다. 균질 후 Whatman #40으로 여과하고 여과액에 Folch 용액을 더 첨가하여 최종 부피를 50 ml로 맞추는 후 지방산 조성 및 콜레스테롤 함량 측정에 이용하였다.

### 3) 지방산 추출

Lepage와 Roy (1989)의 방법과 Chee 등(1990)의 방법을 병행하여 실시하였다. Teflon-lined cap tube에 추출용액 16 ml를 넣고 100  $\mu$ l internal standard (heptadecanoic acid 0.4 mg/ml in iso-octane)를 혼합한 후 vacuum dry oven을 이용하여 용매를 완전히 제거하였다. 용매 제거 후 methanol과 benzene을 4 : 1 (v/v)로 혼합한 용액 2 ml를 넣어 섞은 후 각 tube에 magnetic bar를 넣어 stirring 시키면서 acetyl chloride 200  $\mu$ l를 주입하였다. 각 tube에 질소 gas를 충전한 후 hot block에 꽂아 hot plate 위에서 90 $^{\circ}$ C, 1시간 동안 stirring 시키면서 반응(methylation)시킨 후 방냉하였다. 방냉 후 iso-octane 1 ml와 6% potassium carbonate 5 ml를 넣어 원심분리(1,500 $\times$ g, 25 min)한 후 상정액을 최대한 회수하여 amber vial에 넣고 질소 gas로 충전한 후 -18 $^{\circ}$ C에 보관하였다. 분석에 사용한 모든 시약은 HPLC grade를 사용하였다.

### 4) GC 분석

시료는 1/20 비율로 희석하여 0.5  $\mu$ l를 주입하였으며, 지방산 분석을 위하여 다음의 조건을 이용하였다.

Instrument : GC with Hewlett Packard 5890 II

Column : Omegawax 320 (0.32 mm ID, 0.25  $\mu$ m film thickness, 30 m fused silica capillary column, Supelco)

Injection port temperature : 250 $^{\circ}$ C

Detector temperature : 270 $^{\circ}$ C

Oven temperature : 200 $^{\circ}$ C

Carrier gas flow rate :

- head pressure 118 kPa
- total flow 100 ml/min
- set up purge 4 ml/min

Carrier gas : He (99.999%)

Flame ionization detector

Injection volume : 1  $\mu$ l

각 peak는 fatty acid methyl ester mixtures (Sigma)를 이용하여 구별하였다.

##### 5) 콜레스테롤 함량

지방추출용액 0.5 ml를 vacuum dry oven에서 용매를 완전히 제거한 후 Cholesterol E kit (BC 108-E, Yeongdong Pharm. Co., Korea)를 이용하여 분석하였다. 용매를 제거한 시료에 효소용액 3 ml를 혼합한 후 37 $^{\circ}$ C 항온수조 (VS-1901W, Vision scientific Co., Ltd., Korea)에서 15분간 반응시킨 후 1시간 이내에 분광광도기(DU650, Beckman Electronics Inc., U.S.A.)를 이용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 kit의 콜레스테롤 기준액(300 mg/100 ml)을 이용하여 산출하였다.

##### 마. Thiobarbituric acid value (TBA) 측정

지방산화는 Salih 등(1987)의 방법을 변형하여 실시하였다. 시료는 도계 후 냉장저장( $2\pm 2^{\circ}$ C) 1, 3, 7, 10, 12일에 가슴과 다리 근육 5 g을 각각 채취하여

deep freezer (-80℃)에 보관하였고 저장 1개월 이내에 실험하였다. 시료를 세절하여 2 g을 칭량한 후 18 ml 3.86% perchloric acid를 혼합하였다. 혼합용액에 butylated hydroxytoluene (BHT)을 98% ethanol에 3.75 mg/ml로 녹인 용액 0.2 ml를 첨가하여 균질(5,000 rpm, 1 min, AM-8, Nissei Co., Japan)하였다. 균질 후 저온실(2±2℃)에서 Whatman #1으로 여과 시킨 후 여과액 2 ml와 20 mM thiobarbituric acid 2 ml를 혼합하여 22℃ 암실에서 17시간 정치한 후 분광광도계(DU650, Beckman Co., Ltd., U.S.A.)를 이용하여 531nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 mg malonadehyde/kg tissue로 환산하여 나타내었으며, standard는 1,1 - 3,3 - tetra- ethoxypropane을 이용하였다.

#### 바. 콜레스테롤 산화물 측정

##### 1) 시약

Cholesterol (cholest-5-en-3 $\beta$ -ol), 7 $\alpha$ -hydroxycholesterol (cholest-5-ene-3 $\beta$ , 7 $\alpha$ -diol), 7-ketocholesterol (3 $\beta$ -hydroxycholest-5-en-7-one), 25-hydroxycholesterol (cholest-5-ene-3 $\beta$ , 25-diol), 7 $\beta$ -hydroxycholesterol (cholest-5-ene-3 $\beta$ , 7 $\beta$ -diol), 7-keto-pregnenolone (3 $\beta$ -hydroxypregn-5-en-7, 20-dione)은 Sigma Chemical 사로부터 구입하였다. 그외 chloroform, methanol, hexane, ethyl acetate, acetone, 2-propanol은 모두 HPLC 등급을 구입하여 이용하였다.

##### 2) 지질추출

총 지질 추출은 Folch 등(1957)의 방법을 이용하였다. 시료 2 g을 칭량 후 CHCl<sub>3</sub>/CH<sub>3</sub>OH (2:1, v/v) 50 ml를 첨가하였다. HPLC 분석을 위한 internal standard로 50  $\mu$ g 7-ketopregnenolone을 첨가한 후 polytron을 이용하여 균질(5,000 rpm, 1 min)하였다. 균질 후 Whatman #1으로 여과 후 생체막 등 불순물을 분리하기 위해 원심분리(1,000×g, 20 min) 하였다. 총 지질 추출물을 얻기 위해 vacuum rotary evaporator (R-3000, BUCHI Co., Ltd., Switzerland)와 vacuum dry oven을 이용하여 용매를 모두 제거하였다.

### 3) 시료 정제

지질 추출물을 9:1 hexane-ethyl acetate (v/v) 4 ml로 다시 녹인 후 column (silica gel, Sep-Pak Vac 20cc, 5 g, Waters)을 이용하여 정제하였다. 시료 loading 후 hexane-ethyl acetate (v/v) 9:1 용액 26 ml와 8:2 용액 20 ml를 이용하여 불순물을 제거한 후 45 ml의 acetone을 이용하여 sterol oxide 만을 회수하였다. 분석의 신속성을 위해 extraction manifold (Waters Co., U.S.A.)를 이용하여 1회 10개의 시료를 함께 처리하였으며 50~60 kPa의 진공도를 이용하였다. 정제 후 vacuum rotary evaporator를 이용하여 acetone을 제거한 후 7% 2-propanol (in hexane, v/v) 2.5 ml로 sterol oxide를 다시 녹여 amber vial에 넣어 -18℃에서 보관하였다.

### 4) HPLC 분석

HPLC를 이용하여 콜레스테롤 산화물을 분석하기 위해 다음의 조건을 이용하였다.

Instrument : HPLC with Gilson 506C

Column : 10  $\mu$ m  $\mu$ Porasil column (3.9 mm i.d.  $\times$  30 cm, Waters Associates, Milford, MA)

Mobile phase : 7% 2-propanol in hexane (v/v)

Flow rate : 1 ml/min

UV detector wavelength: 208 nm with 0.032 absorbance units full scale (AUFS)

Chart speed : 0.5 cm/min

Peak width : 0.2

Peak sensitivity : 5%

Injection volume : 10  $\mu$ l

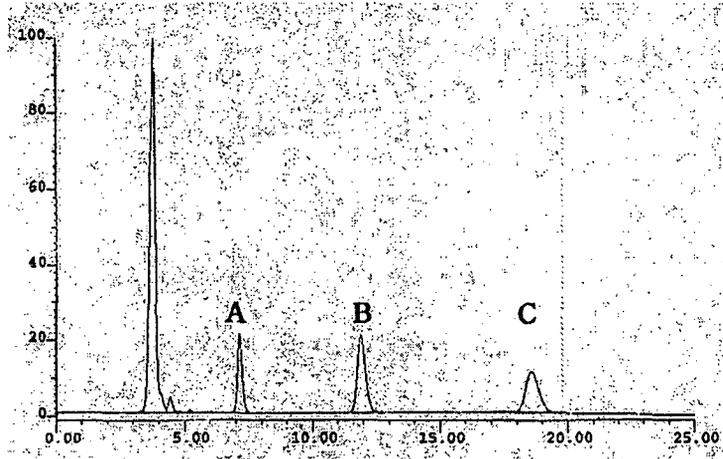


Figure 2. HPLC of cholesterol oxides standards. Standards were injected onto a  $\mu$  Porasil column (3.0 mm  $\times$  30 cm) and eluted with 7% 2-propanol in hexane (v/v) at 1.0 ml/min. Elution was monitored at 208 nm at 0.032 AUFS. A: 25-hydroxycholesterol; B: 7-ketocholesterol; C: 7 $\beta$ -hydroxycholesterol.

#### 사. 육색과 육색소 측정

육색은 백색판으로 표준화(C:  $Y=91.7$ ,  $x=0.3138$ ,  $y=0.3200$ ) 시킨 Minolta chromameter (Model CR-300, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 도계 후 시료를 냉장( $2\pm 2^\circ\text{C}$ ) 저장하며 1, 2, 3, 7, 10, 12일째 가슴과 다리근육을 절개하여 냉장실( $2\pm 2^\circ\text{C}$ )에서 blooming time을 20분으로 하여 측정하여 CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , chroma [ $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ] 로 나타내었다.

저장중 육색소의 변화를 관찰하기 위해 Kryzwicki (1979)의 방법을 이용하여 표면의 metmyoglobin 농도를 측정하였다. 표면의 반사율은 spectrum color sensor (JP7200F, Color Techno System Co., Japan)의 30 mm viewing port를 이용하여 도계 후 냉장저장 ( $2\pm 2^\circ\text{C}$ ) 1, 3, 7, 10, 12일에 각각 시료를 채취하여 시료 표면을 polyvinylchloride wrap으로 싸 후 측정하였다. 측정된 반사율은 흡광도로 계산되었고( $2-\log\{\% \text{ 반사율}\}$ ) 표면의 metmyoglobin 농도는 다음의 계산식을 이용하였다.

$$\text{metMb (\%)} = 1.395 - \frac{(A572 - A700)}{(A525 - A700)} \times 100$$

아. 일반성분 분석

A.O.A.C (1990) 방법에 의거하여 조수분, 조지방, 조단백질, 조회분을 분석하였다.

자. 통계분석

실험설계는 앞에서 밝힌 바와 같고 모든 데이터는 SAS (1993)의 General linear model procedure로 분석하였다. 유의성 검정은 F-test를 이용하여 검정하였으며 결과는 least-square mean으로 나타내었고 처리간의 유의성 검정은 PDIFF option을 이용하였다. 또한 지방함량, 지방산 조성, 콜레스테롤 함량,  $\alpha$ -tocopherol 함량, TBA 항목 간의 상관관계를 조사하였다.

## 제 2 절 $\alpha$ -Tocopherol의 급여형태 검정 (실험 I)

### 1. 사양실험

성장률과 사료섭취량, 사료효율을 사육 1주, 3주, 6주의 기간으로 나누어 분석한 결과  $\alpha$ -tocopherol의 급여형태에 따른 실험 처리구 간에는 통계적인 유의성 차이는 나타나지 않았으며(Table 3), 실험처리구 간의 어떠한 일정한 경향도 보이지 않아 vitamin E를 어떠한 형태로 급여하거나 100 mg/kg까지 더 첨가하여도 성장이나 사료섭취량에는 역효과가 없는 것으로 판단할 수 있다.

### 2. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 함량 분석

Table 4는  $\alpha$ -tocopherol의 급여형태, 급여량에 따른 가슴살과 다리살에 잔존하는  $\alpha$ -tocopherol 함량을 나타내었다. 사료내  $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU가 첨가되어 있는 대조구에 비해 *RRR*- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate나 *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 형태 모두 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 근육내  $\alpha$ -tocopherol 함량이 증가하였다( $p < 0.01$ ). 그러나 *RRR*- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate와 *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate를 같은 양으로 첨가하여 급여한 경우에는 *RRR*- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate 보다 *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 구의 근육내  $\alpha$ -tocopherol 함량이 약간 높은 것으로 나타났으나 통계적인 유의성은 없었다. 근육간의 비교로는 다리살이 가슴살에 비해  $\alpha$ -tocopherol의 축적량이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때  $\alpha$ -tocopherol의 사료내 첨가급여에 따라 근육내 잔존량이 증가된다는 것을 검증할 수 있었으며 지방산화 억제효과를 모색하여  $\alpha$ -tocopherol의 형태를 선택하고자 하였다.

Table 3. Body weight, feed intake and feed efficiency of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50 mg and 100 mg *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* - or 50 mg and 100 mg *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

Variable/Treatments	CON	RRR-A	RRR-B	All-A	All-B
Body weight, g					
1 d	45 ± 0.6 <sup>1</sup>	45 ± 0.7	46 ± 0.8	45 ± 0.6	45 ± 0.7
7 d	13.1 ± 12	128 ± 10	130 ± 11	129 ± 10	132 ± 11
21 d	632 ± 48	626 ± 47	629 ± 53	620 ± 44	624 ± 49
42 d	1838 ± 127	1809 ± 118	1827 ± 121	1844 ± 136	1836 ± 109
Feed intake, g					
1-7 d	170 ± 13	165 ± 10	159 ± 15	160 ± 11	168 ± 18
7-21 d	960 ± 63	968 ± 58	979 ± 78	955 ± 66	973 ± 72
21-42 d	2832 ± 327	3074 ± 381	2961 ± 252	3115 ± 407	3032 ± 356
Feed efficiency, g gain : g feed					
1-7 d	0.51 ± 0.05	0.50 ± 0.10	0.52 ± 0.12	0.53 ± 0.08	0.52 ± 0.13
7-21 d	0.52 ± 0.05	0.51 ± 0.07	0.50 ± 0.04	0.51 ± 0.07	0.51 ± 0.02
21-42 d	0.42 ± 0.03	0.38 ± 0.04	0.40 ± 0.03	0.39 ± 0.06	0.40 ± 0.08

<sup>1</sup> Mean ± SEM

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

RRR-A : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl acetate 50 mg/kg diet

RRR-B : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl acetate 100 mg/kg diet

All-A : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 50 mg/kg diet

All-B : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 100 mg/kg diet

Table 4. Concentrations of  $\alpha$ -tocopherol ( $\mu$ g/g muscle) in breast and thigh muscles of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50 mg and 100 mg *RRR*- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ - or 50 mg and 100 mg *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

	$\alpha$ -Tocopherol ( $\mu$ g/g muscle)	
	Breast	Thigh
CON	1.31 <sup>a</sup> ± 0.09 <sup>1</sup>	3.88 <sup>a</sup> ± 0.11
RRR-A	3.83 <sup>b</sup> ± 0.12	5.89 <sup>b</sup> ± 0.28
RRR-B	5.93 <sup>c</sup> ± 0.18	12.49 <sup>c</sup> ± 0.21
All-A	3.97 <sup>b</sup> ± 0.10	6.29 <sup>b</sup> ± 0.15
All-B	6.24 <sup>c</sup> ± 0.21	13.26 <sup>c</sup> ± 0.18

<sup>a,b,c</sup> Means within columns with no common superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup> Mean ± SEM

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

RRR-A : basal diet + *RRR*- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate 50 mg/kg diet

RRR-B : basal diet + *RRR*- $\alpha$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg diet

All-A : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 mg/kg diet

All-B : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg diet

### 3. 근육내 콜레스테롤 함량 분석

Table 5는  $\alpha$ -tocopherol 의 첨가형태 급여에 따른 가슴살과 다리살의 콜레스테롤 함량을 나타내었다. 개체의 변이가 큰 것으로 평가되어 처리구 간의 콜레스테롤 함량에 대한 유의적인 차이는 없었다. 또한 가슴살과 다리살 두 근육 간에도 콜레스테롤 함량 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다.

Table 5. Concentrations of cholesterol (mg/g muscle) in breast and thigh muscles fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50 mg and 100 mg *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* - or 50 mg and 100 mg *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

	Cholesterol (mg/g muscle)	
	Breast	Thigh
CON	1.10 ± 0.19 <sup>1</sup>	1.21 ± 0.16
RRR-A	1.04 ± 0.24	1.18 ± 0.15
RRR-B	1.13 ± 0.21	1.16 ± 0.17
All-A	1.15 ± 0.16	1.17 ± 0.24
All-B	1.12 ± 0.23	1.16 ± 0.22

<sup>1</sup> Mean ± SEM

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

RRR-A : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl acetate 50 mg/kg diet

RRR-B : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl acetate 100 mg/kg diet

All-A : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 50 mg/kg diet

All-B : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 100 mg/kg diet

#### 4. 저장중 지방산패도 측정 (Thiobarbituric acid value)

Table 6은 가슴살을 10일까지 냉장 저장(4℃)하여  $\alpha$ -tocopherol의 형태급여 처리구 간의 지방 산화 억제 효과를 검증하고자 실시한 thiobarbituric acid value 실험결과를 나타내었다. 도계 직후의 결과부터 대조구에 비해 *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl acetate나 *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 형태 모두 첨가량이 증가함에 따라 유의적(p<.05)으로 TBA가는 낮았고, 저장일이 증가됨에 따라 그 효과는 뚜렷하게 나타났다. *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl acetate와 *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate를 같은 양으로 첨가하여 급여한 경우에는 *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* -tocopheryl

acetate 보다 *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 구의 TBA가 저장 0, 3, 7일에 낮은 경향을 보였고 저장 10일에 유의적으로 낮은 것( $p<.05$ )으로 나타나 산화억제에 효과가 더 좋은 것으로 평가되었다.

Table 6. Thiobarbituric acid value in breast muscle of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50 mg and 100 mg *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$* - or 50 mg and 100 mg *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg* feed, respectively.

	Days of storage			
	0	3	7	10
CON	0.010 <sup>a</sup> ±0.002 <sup>1</sup>	0.045 <sup>a</sup> ±0.011	0.142 <sup>a</sup> ±0.014	0.267 <sup>a</sup> ±0.043
RRR-A	0.006 <sup>b</sup> ±0.001	0.023 <sup>b</sup> ±0.002	0.098 <sup>b</sup> ±0.009	0.185 <sup>b</sup> ±0.024
RRR-B	0.002 <sup>c</sup> ±0.001	0.014 <sup>c</sup> ±0.001	0.073 <sup>c</sup> ±0.006	0.144 <sup>c</sup> ±0.019
All-A	0.005 <sup>b</sup> ±0.001	0.022 <sup>b</sup> ±0.002	0.095 <sup>b</sup> ±0.008	0.177 <sup>b</sup> ±0.025
All-B	0.002 <sup>c</sup> ±0.001	0.010 <sup>c</sup> ±0.001	0.064 <sup>c</sup> ±0.006	0.123 <sup>d</sup> ±0.016

<sup>1</sup> Mean ± SEM

<sup>a,b,c,d</sup> Means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p<.05$ ).

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

RRR-A : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate* 50 mg/kg diet

RRR-B : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate* 100 mg/kg diet

All-A : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 50 mg/kg diet

All-B : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 100 mg/kg diet

Table 7은 다리살을 10일까지 냉장 저장(4℃)하여  $\alpha$ -tocopherol의 급여형태 처리구 간의 지방 산화 억제 효과에 대해 나타낸 결과이다. 처리구 간의 결과는 Table 6의 가슴살과 비슷한 경향을 보였으나 *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate* 100 mg/kg을 첨가한 구의 경우 3, 7, 10일에 그 효과는 *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 100 mg/kg을 첨가한 구에 비해 유의적으로 산화억제 효과가 낮은 것 ( $p<0.05$ )으로 나타났다. 한편, 저장기간이 경과됨에 따라 다리살은 가슴살과 비교하여 지방의 함량이 높은 관계로 산화억제 효과는 그에 못 미치는 것으로 평가되었다.

Table 7. Thiobarbituric acid value in thigh muscle of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50 mg and 100 mg *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -* or 50 mg and 100 mg *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg* feed, respectively.

	Days of storage			
	0	3	7	10
CON	0.017 <sup>a</sup> ±0.002 <sup>1</sup>	0.062 <sup>a</sup> ±0.013	0.194 <sup>a</sup> ±0.019	0.314 <sup>a</sup> ±0.045
RRR-A	0.011 <sup>b</sup> ±0.001	0.041 <sup>b</sup> ±0.008	0.142 <sup>b</sup> ±0.015	0.233 <sup>b</sup> ±0.031
RRR-B	0.009 <sup>c</sup> ±0.001	0.035 <sup>b</sup> ±0.008	0.130 <sup>b</sup> ±0.017	0.218 <sup>b</sup> ±0.036
All-A	0.011 <sup>b</sup> ±0.001	0.042 <sup>b</sup> ±0.007	0.133 <sup>b</sup> ±0.017	0.224 <sup>b</sup> ±0.029
All-B	0.007 <sup>c</sup> ±0.001	0.020 <sup>c</sup> ±0.002	0.099 <sup>c</sup> ±0.013	0.174 <sup>c</sup> ±0.018

<sup>1</sup> Mean ± SEM

<sup>a,b,c</sup> Means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p<0.05$ ).

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

RRR-A : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate* 50 mg/kg diet

RRR-B : basal diet + *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate* 100 mg/kg diet

All-A : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 50 mg/kg diet

All-B : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 100 mg/kg diet

실험 I의 결과를 종합적으로 분석해보면  $\alpha$ -tocopherol의 첨가 및 급여형태에 따른 육계의 성장에 대한 역효과는 없는 것으로 평가되었으며, vitamin E를 첨가하여 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 잔존량이나 저장에 따른 산화억제 효과를 모색할 수 있었다. 또한  $\alpha$ -tocopherol의 급여형태 중 다른 측정항목에서는 차이가 나지 않았지만 지방 산화 억제 효과에 대해서는 *RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate* 보다 *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate*의 효과가 좋은 것으로 평가되어 이후 실험에 급여하는  $\alpha$ -tocopherol 형태는 *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate*를 첨가하는 것으로 확정하였다.

### 제 3 절 $\alpha$ -Tocopherol의 급여기간에 따른 급여효과 검정 (실험 II)

#### 1. 사양실험

먼저 두 처리구 간의 성장률과 사료섭취량, 사료효율은  $\alpha$ -tocopherol의 급여 형태에 따른 실험과 마찬가지로 어떠한 통계적인 유의성 차이도 없었으며 분석항목에 대한 경향도 Table 3과 비슷한 경향을 나타냈다(Table 8).

Table 8. Body weight, feed intake and feed efficiency of broiler chicks fed a diet (100 mg/kg feed  $\alpha$ -tocopheryl acetate) over 6 weeks (A) or over last 3 weeks (B).

Variable/Treatments	A	B
<b>Body weight, g</b>		
1 d	45 ± 0.3 <sup>1</sup>	45 ± 0.4
7 d	131 ± 6	128 ± 9
21 d	630 ± 13	625 ± 17
42 d	1841 ± 32	1836 ± 45
<b>Feed intake, g</b>		
1-7 d	201 ± 6	193 ± 5
7-21 d	925 ± 23	904 ± 18
21-42 d	2524 ± 31	2484 ± 24
<b>Feed efficiency, g gain : g feed</b>		
1-7 d	0.43 ± 0.02	0.43 ± 0.03
7-21 d	0.54 ± 0.01	0.55 ± 0.01
21-42 d	0.48 ± 0.02	0.49 ± 0.01

<sup>1</sup> Mean ± SEM

## 2. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 함량 분석

Table 9는  $\alpha$ -tocopherol의 급여기간에 따른 가슴살과 다리살에 잔존하는  $\alpha$ -tocopherol 함량을 나타낸 결과이다. 사육 3주후부터  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 급여한 처리구는 가슴살과 다리살 모두 근육내  $\alpha$ -tocopherol 함량이 사육초기부터  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 mg/kg을 급여한 처리구와 비교하여 약간 낮은 것으로 측정되었으나 통계적인 유의차는 없었다( $p < 0.01$ ). 한편 가슴살과 다리살을 비교해 보면 다리살의  $\alpha$ -tocopherol 함량은 가슴살에 비해 2배 정도로 높은 것으로 검출되었다.

Table 9. Concentrations of  $\alpha$ -tocopherol ( $\mu$ g/g muscle) in breast and thigh muscles of broiler chicks fed a diet (100 mg/kg feed  $\alpha$ -tocopheryl acetate) over 6 weeks (A) or over last 3 weeks (B).

	$\alpha$ -tocopherol ( $\mu$ g/g muscle)	
	Breast	Thigh
A	6.24 $\pm$ 0.21 <sup>1</sup>	13.26 $\pm$ 0.18
B	5.99 $\pm$ 0.43	12.99 $\pm$ 0.53

<sup>1</sup> Mean  $\pm$  SEM

## 3. 저장중 지방산패도 측정 (Thiobarbituric acid value)

Table 10은 가슴살과 다리살을 10일까지 냉장 저장( $2 \pm 2^\circ\text{C}$ )하여  $\alpha$ -tocopherol의 성장단계 급여 처리구 간의 지방 산화 억제 효과를 검증하고자 실시한 thiobarbituric acid value 실험결과를 나타내었다. 두 처리구 모두 저장일 간에 TBA의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 vitamin E 첨가급여에 의한 산화 억제 효과는 있는 것으로 나타났다.

Table 10. Thiobarbituric acid value in breast and thigh muscles of broiler chicks fed a diet (100 mg/ $\alpha$ -tocopheryl acetate) over 6 weeks (A) or over last 3 weeks (B).

		Days of storage			
		0	3	7	10
Breast	A	0.002 $\pm$ 0.001 <sup>1</sup>	0.010 $\pm$ 0.001	0.064 $\pm$ 0.006	0.123 $\pm$ 0.016
	B	0.004 $\pm$ 0.002	0.012 $\pm$ 0.001	0.058 $\pm$ 0.005	0.132 $\pm$ 0.020
Thigh	A	0.007 $\pm$ 0.001	0.020 $\pm$ 0.002	0.099 $\pm$ 0.013	0.174 $\pm$ 0.018
	B	0.009 $\pm$ 0.001	0.025 $\pm$ 0.003	0.114 $\pm$ 0.011	0.188 $\pm$ 0.020

Mean  $\pm$  SEM

실험 II의 결과를 종합해보면 사육 3주후부터  $\alpha$ -tocopherol을 첨가급여해도 사육 초기부터 급여한 처리구에 비해 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 잔존량이나 산화억제 효과가 크게 떨어지지 않는 것으로 평가할 수 있다. 또한 현재의 사료 kg당 vitamin E 200 IU 첨가시 7원이 더 소요되는 사료 생산비에 대한 경제성을 감안할 때 사육 초기부터  $\alpha$ -tocopherol을 급여하는 것은 불필요한 것으로 생각되었다.

## 제 4 절 $\alpha$ -Tocopherol과 selenium의 첨가급여에 따른 계육의 냉장저장성 검정 (실험 III)

### 1. 사양실험

각 사양단위를 block으로 형성하여 3번의 사양실험을 통한 성장률과 사료섭취량, 사료효율을 사양 1, 2, 3주, 32일, 6주의 기간으로 나누어 분석하였다. 분석결과  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite의 첨가수준, 성장단계 구분급여에 따른 각 요인간의 교호작용에 대한 유의성( $p < 0.05$ )은 나타나지 않았다. Table 11과 12는  $\alpha$ -tocopheryl acetate 5수준과 sodium selenite 2수준에 대한 6주까지의 육계 사양성적을 각각 나타낸 것으로써, 측정기간에 따른 성장률, 사료섭취량, 사료효율에 대한 각 첨가제의 처리구의 특성에 대해서는 어떠한 경향도 나타나지 않았다. 증체량과 사료섭취량을 근거로 사료효율을 분석한 결과 selenium의 두 첨가수준에 따른 차이 역시 나타나지 않았다. 이러한 결과로부터 본 실험에서 사용한 최대 첨가량인  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 400 IU/kg feed, sodium selenite 2 ppm의 첨가가 육계의 사양성적에 역효과를 나타내지는 않는 것으로 판단할 수 있다.

다만 본 실험에서 첨가제의 효율적인 첨가를 위해 가루사료를 이용해 실험 하였으므로 사료효율이 좋지 않은 것으로 판단할 수 있는데 이는 본 실험의 결과분석으로 경제적인 첨가제의 사료첨가량을 설정하여 현장적용시 펠릿사료로 전환한다면 이에 따른 문제점은 해소될 것으로 생각된다.

Table 11. Least-square means of body weight, feed intake and feed efficiency of broilers fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50, 100, 200 and 400 IU *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

Variable/Treatments	CON	50	100	200	400
<b>Body weight, g</b>					
1 d	42.5±0.1 <sup>1</sup>	42.9±0.1	42.8±0.1	42.4±0.1	42.7±0.1
7 d	145±1.3	143±1.3	144±1.3	147±1.3	148±1.3
14 d	365±2.2	363±2.2	363±2.2	366±2.2	365±2.2
21 d	675±7	664±7	665±7	673±7	675±7
32 d	1251±12	1231±12	1257±12	1226±12	1236±12
42 d	1915±17	1881±17	1908±17	1903±17	1901±17
<b>Feed intake, g</b>					
1-7 d	202±4	192±4	192±4	196±4	193±4
7-14 d	373±3	367±3	366±3	372±3	367±3
14-21 d	622±7	619±7	619±7	633±7	619±7
21-32 d	1357±13	1337±13	1354±13	1332±13	1356±13
32-42 d	1633±12	1598±12	1585±12	1591±12	1605±12
<b>Feed efficiency, g gain : g feed</b>					
1-7 d	0.54±0.01	0.57±0.01	0.57±0.01	0.58±0.01	0.59±0.01
7-14 d	0.59±0.01	0.60±0.01	0.60±0.01	0.59±0.01	0.59±0.01
14-21 d	0.50±0.01	0.49±0.01	0.49±0.01	0.49±0.01	0.51±0.01
21-32 d	0.42±0.01	0.42±0.01	0.43±0.01	0.41±0.01	0.41±0.01
32-42 d	0.40±0.01	0.40±0.01	0.40±0.01	0.42±0.01	0.41±0.01

<sup>1</sup> Standard error of LS means

Table 12. Least-square means of body weight, feed intake and feed efficiency of broilers fed diets supplemented with 0 (S0) and 2 ppm (S2) sodium selenite.

Variable/Treatments	S0	S2
Body weight, g		
1 d	43 ± 0.01 <sup>1</sup>	43 ± 0.01
7 d	146 ± 1	145 ± 1
14 d	365 ± 1	363 ± 1
21 d	674 ± 4	667 ± 4
32 d	1247 ± 8	1233 ± 8
42 d	1902 ± 11	1901 ± 11
Feed intake, g		
1-7 d	197 ± 3	193 ± 3
7-14 d	370 ± 2	369 ± 2
14-21 d	626 ± 4	619 ± 4
21-32 d	1353 ± 8	1342 ± 8
32-42 d	1606 ± 8	1600 ± 8
Feed efficiency, g gain : g feed		
1-7 d	0.57 ± 0.01	0.57 ± 0.01
7-14 d	0.59 ± 0.003	0.59 ± 0.003
14-21 d	0.49 ± 0.01	0.49 ± 0.01
21-32 d	0.42 ± 0.01	0.42 ± 0.01
32-42 d	0.40 ± 0.004	0.41 ± 0.004

<sup>1</sup> Standard error of LS means

## 2. 계육의 일반성분, 지방산 조성

### 가. 계육의 일반성분 분석

계육의 일반성분과 지방산 조성을 조사한 본 실험의 의미는 vitamin E 첨가에 따른 변화가 기대되지는 않았으나 기초결과를 획득함으로써 여러 가지 원인이 될 수 있는 다른 효과를 배제하기 위하여 실시하였다. 특히 vitamin E 첨

가에 따른 지방함량이나 지방산 조성에 차이가 날 경우 항산화 효과 구명을 재조명 해야될 것으로 생각하여 그에 따른 기초자료를 확보하고자 하였다.

Table 13은 다리, 가슴근육의 일반성분을 비교한 것으로써 다리근육의 수분과 조지방 함량이 가슴근육보다 유의적으로 높은 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 이러한 일반성분 비교는 기존의 보고들이나 마찬가지로 다리근육의 조지방 함량이 많다는 결과나 평균값의 범위도 크게 다르지 않은 결과를 얻은 것으로써 vitamin E의 첨가수준에 의해서도 다른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Table 13. Least-square means of proximate analyses between thigh and breast muscles of broiler chicks.

	Muscles	
	Thigh	Breast
Moisture	78.02 <sup>a</sup> ± 0.25 <sup>1</sup>	76.48 <sup>b</sup> ± 0.25
Crude ash	1.02 ± 0.03	0.99 ± 0.03
Crude protein	19.86 ± 0.59	20.30 ± 0.59
Crude fat	2.27 <sup>a</sup> ± 0.13	1.38 <sup>b</sup> ± 0.13

<sup>1</sup> Standard error of least-square means.

<sup>a,b</sup> Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ( $p<0.05$ ).

#### 나. 계육의 지방산 조성 분석

Table 14와 Table 15는 vitamin E 첨가급여수준에 따른 다리근육과 가슴근육의 지방산 조성을 나타내었다. 두 근육 모두 vitamin E 수준에 의한 통계적인 유의성은( $p < .05$ ) 검증되지 않았으며 지방산 조성의 결과도 기존의 보고결과와 비슷한 수준을 나타냈다. Table 16은 다리근육과 가슴근육간의 지방산 조성을 비교한 결과로서 분석된 지방산 중 linoleic acid, arachidic acid, cis-11-eicosenoic acid를 제외한 모든 지방산의 조성에 차이가 있는 것으로 나타났다. 두 근육 간에 SFA의 차이는 없었고 가슴근육의 경우 PUFA와  $\omega 6$  계열의 조성이 높고, 다리근육의 경우 MUFA와  $\omega 9$  계열의 조성이 높은 것으로 분석되었다.

Table 14. Least-square means of fatty acid composition in thigh muscle of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50, 100, 200 and 400 mg *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

Fatty acids	Vitamin E (mg/kg in diets)				
	0	50	100	200	400
	----- % -----				
C14:0	0.66±0.03 <sup>1</sup>	0.69±0.03	0.67±0.03	0.71±0.03	0.69±0.03
C14:1	0.22±0.01	0.21±0.01	0.22±0.01	0.24±0.01	0.22±0.01
C16:0	20.79±0.33	20.56±0.33	20.94±0.33	21.34±0.33	21.12±0.33
C16:1 $\omega$ 7	5.57±0.21	5.24±0.21	5.54±0.21	5.84±0.21	5.67±0.21
C18:0	8.75±0.20	8.91±0.20	8.73±0.20	8.60±0.20	8.31±0.20
C18:1 $\omega$ 9	37.21±0.84	35.91±0.84	37.46±0.84	37.56±0.84	39.42±0.84
C18:2 $\omega$ 6	14.38±0.35	14.90±0.35	13.93±0.35	14.03±0.35	13.73±0.35
C18:3 $\omega$ 3	0.715±0.05	0.78±0.05	0.76±0.05	0.81±0.05	0.90±0.05
C20:0	0.13±0.01	0.12±0.01	0.12±0.01	0.12±0.01	0.085±0.01
C20:1 $\omega$ 9	0.59±0.28	0.59±0.28	1.23±0.28	0.60±0.28	0.61±0.28
C20:2 $\omega$ 6	0.18±0.02	0.21±0.02	0.18±0.02	0.16±0.02	0.12±0.02
C20:3 $\omega$ 6	0.37±0.02	0.40±0.02	0.38±0.02	0.36±0.02	0.31±0.02
C20:4 $\omega$ 6	2.53±0.21	2.65±0.21	2.36±0.21	2.17±0.21	2.04±0.21
C22:0	0.09±0.02	0.07±0.02	0.08±0.02	0.05±0.02	0.07±0.02
C24:0	0.49±0.07	0.54±0.07	0.52±0.07	0.44±0.07	0.34±0.07
C22:6 $\omega$ 3	0.41±0.08	0.39±0.08	0.41±0.08	0.33±0.08	0.21±0.08
SFA <sup>2</sup>	30.890±0.33	30.89±0.33	31.07±0.33	31.26±0.33	30.62±0.33
MUFA <sup>2</sup>	43.58±0.92	41.94±0.92	44.44±0.92	44.23±0.92	45.90±0.92
PUFA <sup>2</sup>	18.69±0.50	19.52±0.50	18.14±0.50	17.92±0.50	17.34±0.50
Total $\omega$ 3	1.12±0.09	1.18±0.09	1.17±0.09	1.14±0.09	1.01±0.09
Total $\omega$ 6	17.57±0.48	18.35±0.48	16.97±0.48	16.79±0.48	16.32±0.48
Total $\omega$ 9	37.80±0.82	36.49±0.82	38.69±0.82	38.16±0.82	40.02±0.82

<sup>1</sup> Standard error of LS means

<sup>2</sup> SFA= saturated fatty acid; MUFA= monounsaturated fatty acid; PUFA= polyunsaturated fatty acid.

Table 15. Least-square means of fatty acid composition in breast muscle of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet or with supplementations of 50, 100, 200 and 400 mg *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

Fatty acids	Vitamin E (mg/kg in diets)				
	0	50	100	200	400
	----- % -----				
C14:0	0.51±0.04 <sup>1</sup>	0.49±0.04	0.51±0.04	0.54±0.04	0.50±0.04
C14:1	0.14±0.02	0.12±0.02	0.18±0.02	0.13±0.02	0.13±0.02
C16:0	19.81±0.66	20.24±0.66	18.74±0.66	19.95±0.66	20.97±0.66
C16:1 $\omega$ 7	3.51±0.35	3.46±0.35	3.86±0.35	3.77±0.35	3.73±0.35
C18:0	9.91±0.44	9.58±0.44	9.07±0.44	9.35±0.44	9.72±0.44
C18:1 $\omega$ 9	30.69±1.39	30.54±1.39	31.49±1.39	32.93±1.39	33.6±1.39
C18:2 $\omega$ 6	14.17±0.36	14.71±0.36	13.76±0.36	14.55±0.36	14.34±0.36
C18:3 $\omega$ 3	0.54±0.05	0.55±0.05	0.63±0.05	0.61±0.05	0.59±0.05
C20:0	0.09±0.02	0.10±0.02	0.15±0.02	0.11±0.02	0.14±0.02
C20:1 $\omega$ 9	0.54±0.04	0.57±0.04	0.61±0.04	0.54±0.04	0.58±0.04
C20:2 $\omega$ 6	0.18±0.21	0.33±0.21	0.15±0.21	0.16±0.21	0.31±0.21
C20:3 $\omega$ 6	0.35±0.23	0.75±0.23	0.33±0.23	0.34±0.23	0.71±0.23
C20:4 $\omega$ 6	4.17±0.58	4.32±0.58	3.76±0.58	3.57±0.58	4.08±0.58
C22:0	0.21±0.09	0.28±0.09	0.15±0.09	0.07±0.09	0.21±0.09
C24:0	1.06±0.18	1.08±0.18	0.78±0.18	0.93±0.18	1.04±0.18
C22:6 $\omega$ 3	0.41±0.10	0.43±0.10	0.58±0.10	0.38±0.10	0.61±0.10
SFA <sup>2</sup>	31.58±0.88	31.77±0.88	29.40±0.88	30.96±0.88	32.57±0.88
MUFA <sup>2</sup>	34.87±1.75	34.70±1.75	36.14±1.75	37.38±1.75	38.01±1.75
PUFA <sup>2</sup>	20.71±0.86	21.92±0.86	20.05±0.86	20.43±0.86	21.45±0.86
Total $\omega$ 3	0.95±0.11	0.97±0.11	1.21±0.11	0.99±0.11	1.20±0.11
Total $\omega$ 6	19.76±0.85	20.95±0.85	18.84±0.85	19.45±0.85	20.26±0.85
Total $\omega$ 9	31.23±1.42	31.12±1.42	32.10±1.42	33.47±1.42	34.17±1.42

<sup>1</sup> Standard error of LS means

<sup>2</sup> SFA= saturated fatty acid; MUFA= monounsaturated fatty acid; PUFA= polyunsaturated fatty acid.

Table 16. Least-square means of fatty acid composition between thigh and breast muscles of broiler chicks fed in thigh muscle of broiler chicks.

Fatty acids	Muscles	
	breast	thigh
	----- % -----	
C14:0	0.51 <sup>a</sup> ±0.01 <sup>1</sup>	0.68 <sup>b</sup> ±0.01
C14:1	0.14 <sup>a</sup> ±0.01	0.22 <sup>b</sup> ± 0.01
C16:0	19.94 <sup>a</sup> ±0.23	20.95 <sup>b</sup> ±0.23
C16:1 ω 7	3.67 <sup>a</sup> ±0.13	5.57 <sup>b</sup> ±0.13
C18:0	9.52 <sup>a</sup> ±0.17	8.66 <sup>b</sup> ±0.17
C18:1 ω 9	31.85 <sup>a</sup> ±0.54	37.51 <sup>b</sup> ±0.54
C18:2 ω 6	14.30±0.16	14.19±0.16
C18:3 ω 3	0.58 <sup>a</sup> ±0.02	0.77 <sup>b</sup> ±0.02
C20:0	0.12±0.01	0.11±0.01
C20:1 ω 9	0.57±0.09	0.72±0.09
C20:2 ω 6	0.50 <sup>a</sup> ±0.07	0.17 <sup>b</sup> ±0.07
C20:3 ω 6	0.68 <sup>a</sup> ±0.08	0.23 <sup>b</sup> ±0.08
C20:4 ω 6	3.98 <sup>a</sup> ±0.20	2.35 <sup>b</sup> ±0.20
C22:0	0.18 <sup>a</sup> ±0.03	0.07 <sup>b</sup> ±0.02
C24:0	0.98 <sup>a</sup> ±0.06	0.47 <sup>b</sup> ±0.06
C22:6 ω 3	0.48 <sup>c</sup> ±0.04	0.35 <sup>d</sup> ±0.04
SFA <sup>2</sup>	31.25±0.32	30.94±0.32
MUFA <sup>2</sup>	36.22 <sup>a</sup> ±0.65	44.02 <sup>b</sup> ±0.65
PUFA <sup>2</sup>	20.91 <sup>a</sup> ±0.33	18.32 <sup>b</sup> ±0.33
Total ω 3	1.06±0.04	1.12±0.04
Total ω 6	19.85 <sup>a</sup> ±0.33	17.20 <sup>b</sup> ±0.33
Total ω 9	32.42 <sup>a</sup> ±0.54	38.23 <sup>b</sup> ±0.54

<sup>a,b</sup> LS means with different superscript differ (P<.01)

<sup>c,d</sup> LS means with different superscript differ (P<.05)

<sup>1</sup> Standard error of LS means

<sup>2</sup> SFA= saturated fatty acid; MUFA= monounsaturated fatty acid; PUFA= polyunsaturated fatty acid.

### 3. $\alpha$ -Tocopherol 및 selenium의 근육내 축적량

#### 가. 근육내 $\alpha$ -tocopherol 축적량 분석

Table 17은 사료내 첨가급여에 따라 근육내 축적되는  $\alpha$ -tocopherol의 수준에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 효과를 나타낸 것이다. 가슴살과 다리살 모두  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 수준에 대한  $\alpha$ -tocopherol 축적량에 대해 고도의 통계적 유의성( $p < 0.01$ )이 검증되었다. 가슴살과 다리살 모두  $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg feed (이후 모두 IU 까지만 표기) 첨가시 무첨가구와 비교하여 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 무첨가구와 비교하면  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 첨가시 두 근육 모두 유의적인 차이가 나타났으나, 가슴살에서 100 IU 첨가구는 50 IU 첨가구와 유의적인 차이는 없었다. 다량 첨가시 가슴살에서는 400 IU까지  $\alpha$ -tocopherol의 축적량이 유의적으로 증가하였고, 다리살은 100 IU와 200 IU 첨가구에서는 유의적인 차이가 없었으나 400 IU 첨가시 유의적으로 증가되었다. 가슴살과 다리살의  $\alpha$ -tocopherol 축적량은 다리살에 축적이 더 많은 것으로 나타났으며 본 실험에서 설정한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 사료첨가 급여는 가슴살과 다리살 내  $\alpha$ -tocopherol 축적량의 증가효과가 뚜렷한 것으로 판단할 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가 급여조건을 설정해 보면, 단독 첨가급여시 400 IU의 다량 첨가가 그 효과면에서는 뛰어나겠지만 경제성을 고려하여 근육내 축적량을 모색하자면 최소 첨가량은  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU는 첨가되어야 한다.

Table 17. Least-square means of  $\alpha$ -tocopherol ( $\mu\text{g/g}$  tissue) in breast and thigh muscles of broilers supplemented with 0, 50, 100, 200 or 400 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Muscle	
	Breast	Thigh
CON	3.03 <sup>a</sup> ± 0.81 <sup>1</sup>	5.78 <sup>a</sup> ± 1.10
50	3.92 <sup>ab</sup> ± 0.81	8.10 <sup>a</sup> ± 1.10
100	5.61 <sup>b</sup> ± 0.81	11.59 <sup>b</sup> ± 1.10
200	8.00 <sup>c</sup> ± 0.81	13.23 <sup>b</sup> ± 1.10
400	10.37 <sup>d</sup> ± 0.81	18.84 <sup>c</sup> ± 1.10

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b,c,d</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p < .05$ )

Table 18. Least-square means of  $\alpha$ -tocopherol ( $\mu\text{g/g}$  tissue) in breast muscle of broilers for the interaction of selenium with  $\alpha$ -tocopheryl acetate treatments.

Sodium selenite	$\alpha$ -Tocopheryl acetate				
	CON	50	100	200	400
S0	3.05 <sup>a</sup>	4.10 <sup>a</sup>	5.29 <sup>a</sup>	5.18 <sup>a</sup>	10.13 <sup>b</sup>
S2	3.00 <sup>a</sup>	3.73 <sup>a</sup>	5.92 <sup>a</sup>	10.83 <sup>b</sup>	10.61 <sup>b</sup>

Standard error of least-square means is 1.15.

<sup>a,b</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < .05$ )

CON : all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

가슴살의  $\alpha$ -tocopherol 축적량은  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite의 2요인 교호작용에 대해 유의적인 경향( $p=0.0715$ )을 보였다(Table 18). 이 결과를 살펴보면  $\alpha$ -tocopheryl acetate 0, 50, 100, 400 IU에서는 sodium selenite의 첨가량에 따라 가슴살의  $\alpha$ -tocopherol 축적량에 영향을 보이지 않았으나,  $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU 첨가시 sodium selenite 2 ppm 첨가량에 따라 근육내 축적되는  $\alpha$ -tocopherol 함량이 sodium selenite 무첨가구에 비해 크게 증가하는 것으로 나타났다. 근육내 축적된 양은  $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU 첨가구의  $\alpha$ -tocopherol 축적량과 비슷한 것으로 나타나 상승효과가 모색되었다.

$\alpha$ -Tocopherol의 급여량에 따른 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 함량을 측정한 결과 다리살에서 급여량과 급여기간 간의 이요인교호작용에 대해 유의적( $p<0.05$ )인 차이가 나타났다. 도계 전 21일간  $\alpha$ -tocopherol을 첨가급여한 처리구의 경우 대조구와 50 IU 첨가구 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 100 IU, 200 IU 첨가구와 유의적인 차이를 보였으며 400 IU 첨가구에서 유의적으로 가장 높은 근육내  $\alpha$ -tocopherol 축적량을 나타냈다(Table 19). 도계 전 10일간 첨가급여한 경우에는 200 IU, 400 IU 첨가시 유의적인 차이를 보였다.

$\alpha$ -Tocopherol의 첨가수준 및 급여기간에 의한 근육내 축적량의 변화는 100 IU의 첨가급여시에는 도계 전 21일간 급여할 경우 효과를 나타내며, 200 IU를 첨가할 경우 21일간 급여한 처리구와 10일간 급여한 처리구 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 200 IU의  $\alpha$ -tocopherol을 급여할 경우에는 도계 전 10일간 급여하는 것이 효과적인 것으로 평가된다. 또한 400 IU의 첨가량을 이용할 경우 10일간 급여시에는 200 IU 첨가구와 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 21일간 급여할 경우 근육내 축적량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 현재까지의 결과를 종합하여 평가하면  $\alpha$ -tocopherol 400 IU 첨가사료를 도계 전 21일간 급여할 경우 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 축적량이 가장 높은 것으로 나타났으나 경제성을 고려할 경우 200 IU 첨가사료를 도계 전 10일간 급여하는 것이 가장 효율적인 처리로 판단된다.

Table 19. Least-square means of  $\alpha$ -tocopherol ( $\mu$ g/g tissue) in thigh muscle of broilers for the interaction of supplemented duration with  $\alpha$ -tocopheryl acetate treatments.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Supplemented duration	
	A	B
CON	5.36 <sup>a</sup>	6.20 <sup>a</sup>
50	8.07 <sup>a</sup>	7.94 <sup>a</sup>
100	13.08 <sup>b</sup>	7.98 <sup>a</sup>
200	13.01 <sup>b</sup>	13.48 <sup>b</sup>
400	21.75 <sup>c</sup>	16.02 <sup>b</sup>

Standard error of least-square means is 1.31

<sup>abc</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < .05$ )

A : broiler group fed a diet over last 21 days

B : broiler group fed a diet over last 10 days

CON : *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

#### 나. 근육내 selenium 축적량 분석

Sodium selenite 첨가급여에 따른 근육내 selenium 축적량을 조사한 결과 급여 수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Figure 3). 따라서 2 ppm의 sodium selenite 첨가는 근육내 selenium 축적량에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 판단된다. 하지만  $\alpha$ -tocopherol의 항산화작용에 대한 selenium의 보충작용이 보고되고 있어 selenium의 첨가에 의한 지방산화 및 콜레스테롤 산화억제효과

를  $\alpha$ -tocopherol 첨가수준 및 급여기간과의 상호작용과 연관지어 고려되어야 할 것이다.

$\alpha$ -Tocopherol의 첨가수준에 따른 selenium 축적량을 분석한 결과 다리살의 400 IU  $\alpha$ -tocopherol 첨가구에서 유의적으로 가장 높은 selenium 축적량을 나타냈으며 다음으로 200 IU의  $\alpha$ -tocopherol 첨가구에서 selenium의 축적량이 높게 나타났다(Table 20). 또한 급여기간에 따른 근육내 selenium 축적량을 비교한 결과 다리살에서 21일간 급여한 처리구가 도계 전 10일간 급여한 처리구 보다 유의적으로 높은 축적량을 나타냈다.

이상의 결과에서 2 ppm의 selenium 첨가는 단독으로는 근육내 축적량을 유의적으로 증가시키지는 못하나  $\alpha$ -tocopherol의 첨가수준 및 급여기간과의 상호작용에 의해 유의적인 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

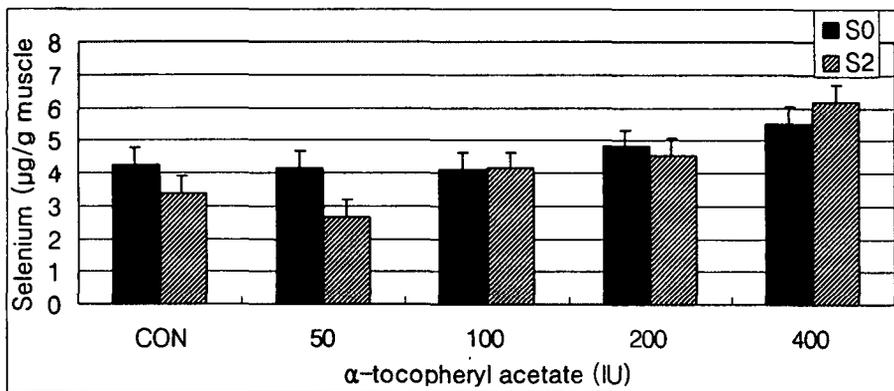


Figure 3. Concentrations of selenium ( $\mu$ g/g muscle) in thigh muscle of broiler chicks.

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

CON : *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

Table 20. Least-square means of selenium ( $\mu$  g/g muscle) in thigh muscle of broilers.

Selenium concentration ( $\mu$ g/g muscle)	
-- $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation--	
CON	3.82 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.36 <sup>1</sup>
50	3.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.36
100	4.13 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.36
200	4.68 <sup>b</sup> $\pm$ 0.36
400	5.84 <sup>c</sup> $\pm$ 0.36
--supplemented duration--	
A	4.83 <sup>a</sup> $\pm$ 0.23
B	3.92 <sup>b</sup> $\pm$ 0.23

<sup>1</sup> Standard error of least-square means

<sup>abc</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p < .001$ )

CON : *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

A : broiler group fed a diet over last 21 days

B : broiler group fed a diet over last 10 days

이상의 결과를 종합해 보면 본 연구에서 설정한  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite의 첨가수준은 육계의 사양성적에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 평가되었으며, 첨가제 수준의 증가에 의한 역효과를 나타내지는 않는 것으로 판단된다. 또한 이들의 급여에 의한 근육내 축적량을 측정한 결과 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 축적은  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준과 급여기간에 의해 영향을 받는 것으로 평가되었다. 첨가사료를 21일간 급여한 처리구에서의 100 IU 수준 및 10일간 급여한 처리구에서의 200 IU 급여수준에 의해 근육내  $\alpha$ -tocopherol 축적량이 유의적인 증가를 보였다.

Selenium의 축적은 basal diet에 2 ppm의 sodium selenite 급여에 의한 축적량의 차이는 없는 것으로 평가되었다. 그러나 급여기간에 따른 비교시 21일간 급여할 경우 10일 급여한 처리구에 비해 유의적인 증가가 있었다. 또한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준이 증가할 경우 축적량이 증가해 이들간에 상호작용이 있는 것으로 평가되었다.

따라서  $\alpha$ -tocopherol의 첨가수준, selenium의 첨가수준, 첨가사료의 급여기간 3가지 요인들은 서로 밀접한 연관성을 가진 것으로 판단되며 단독적 또는 복합적으로 작용하여 계육의 육질 및 저장성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

#### 4. 첨가제 특성에 따른 지방산화와 콜레스테롤 산화물에 미치는 영향

##### 가. 지방산패도 측정

Table 21은 가슴살과 다리살의 TBA 가에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 효과를 나타낸 것으로써 두 근육 모두 고도의 유의성( $p < 0.01$ )이 인정되었다. 가슴살의 경우  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU까지의 첨가는 무첨가구에 비해 항산화 효과가 뚜렷하게 나타나지 않았으며 200 IU 첨가시에 유의적인 항산화 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면에 다리살의 경우  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU를 첨가급여함에 따라 무첨가구에 비해 유의적인 항산화 효과가 판명되었고 첨가량이 증가됨에 따라 항산화 효과는 더 큰 것으로 보이나 통계적으로 유의적인

차이가 나타나지는 않았다. 이러한 결과는 지방함량이 가슴살에 비해 다리살에 더 많아 산화정도가 크고 또한 근육내  $\alpha$ -tocopherol 축적량도 다리살에 더 많기 때문인 것으로 판단할 수 있으며 위의 첨가 수준에 따른  $\alpha$ -tocopherol 축적량과 비슷한 결과를 보임으로써 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 축적량 증가에 따른 항산화 효과를 확인할 수 있었다.

Table 21. Least square means of 2-thiobarbituric acid reactive substances (mg malonaldehyde/kg) in breast and thigh muscles of broilers supplemented with 0, 50, 100, 200 or 400 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed., respectively.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Muscle	
	Breast	Thigh
CON	0.49 <sup>a</sup> ± 0.04 <sup>1</sup>	0.55 <sup>a</sup> ± 0.05
50	0.43 <sup>ab</sup> ± 0.04	0.48 <sup>ab</sup> ± 0.05
100	0.42 <sup>ab</sup> ± 0.04	0.42 <sup>bc</sup> ± 0.05
200	0.32 <sup>bc</sup> ± 0.04	0.35 <sup>c</sup> ± 0.05
400	0.25 <sup>c</sup> ± 0.04	0.31 <sup>c</sup> ± 0.05

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b,c</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly (p<.05)

Table 22는 각 저장일의 다리살의 TBA 가에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 수준에 따른 효과를 나타낸 것으로 저장 1, 3, 7 ( $p<0.05$ ), 10, 12 ( $p<0.01$ )일 모두 유의성이 인정되었다. 냉장 저장 7일에는 무첨가구에 비해  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 첨가시 유의적인 항산화 효과가 있는 것으로 평가되었으며 저장 10일에는 무첨가구에 비해 50 IU 첨가구도 차이가 있는 것으로 나타났다. 저장일의 경과에 따른 평균값의 특성을 보면 무첨가구의 경우 저장 7일에서 10일 사이 산화가 빠르게 이루어지는 것으로 나타나며 400 IU 첨가시에는 저장 12일에도 항산화 효과가 좋은 것으로 평가할 수 있다. 현재 국내의 냉장계육 유통기한은 4일 정도로 알려져 있는데  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 사료첨가로 항산화 효과를 모색할 수 있는 연장기간을 저장 7일까지로 평가한다면 항산화 효과를 기대할 수 있는  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가급여는 100 IU 이상 첨가급여해야 될 것으로 판단된다.

Table 22. Effects of  $\alpha$ -tocopheryl acetate levels for 2-thiobarbituric acid reactive substances (mg malonaldehyde/kg) in thigh muscle of broilers during storage.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)				
	1	3	7	10	12
CON	0.16 <sup>a</sup> ±0.01 <sup>1</sup>	0.23 <sup>a</sup> ±0.02	0.47 <sup>ab</sup> ±0.07	0.92 <sup>a</sup> ±0.06	0.99 <sup>a</sup> ±0.07
50	0.12 <sup>b</sup> ±0.01	0.19 <sup>ab</sup> ±0.02	0.58 <sup>a</sup> ±0.07	0.70 <sup>b</sup> ±0.06	0.83 <sup>ab</sup> ±0.07
100	0.12 <sup>b</sup> ±0.01	0.19 <sup>ab</sup> ±0.02	0.34 <sup>bc</sup> ±0.07	0.68 <sup>b</sup> ±0.06	0.74 <sup>bc</sup> ±0.07
200	0.10 <sup>b</sup> ±0.01	0.16 <sup>b</sup> ±0.02	0.29 <sup>bc</sup> ±0.07	0.57 <sup>bc</sup> ±0.06	0.62 <sup>c</sup> ±0.07
400	0.11 <sup>b</sup> ±0.01	0.16 <sup>b</sup> ±0.02	0.28 <sup>c</sup> ±0.07	0.48 <sup>c</sup> ±0.06	0.55 <sup>c</sup> ±0.07

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b,c</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p<0.05$ )

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

#### 나. 저장중 콜레스테롤 산화물질 분석

가슴살과 다리살 내 콜레스테롤 산화물질인 25-hydroxycholesterol, 7-ketocholesterol, 7 $\beta$ -hydroxycholesterol과 위의 세가지 산화물질을 합한 총 콜레스테롤 산화물질에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 항산화 효과를 모색한 결과를 Table 23에 나타내었다. 여기서 25-hydroxy-cholesterol은 콜레스테롤의 side-chain 산화에 의한 생성물질이고, 7-ketocholesterol, 7 $\beta$ -hydroxycholesterol은 콜레스테롤의 자유기에 산소분자가 결합된 형태인 7-hydroperoxide로부터 생성된 산화물이다.

다리살의 경우  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준에 대해 25-hydroxycholesterol ( $p<0.05$ ), 7-ketocholesterol ( $p<0.05$ ), 7 $\beta$ -hydroxycholesterol ( $p<0.01$ ), 총 콜레스테롤 산화물( $p<0.01$ ) 모두 통계적인 유의성이 인정되었다. 25-hydroxycholesterol의 경우  $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU 첨가시에 생성억제효과가 뚜렷한 것으로 나타났으며, 7-ketocholesterol과 7 $\beta$ -hydroxycholesterol은 100 IU 첨가시 생성물질이 억제되기는 했으나 유의성 차이는 없었다. 7-ketocholesterol은 400 IU 첨가시, 7 $\beta$ -hydroxycholesterol은 200 IU를 첨가했을 때 그 억제효과에 대한 유의성이 인정되었다. 총 콜레스테롤 산화물질에 대해서는 100 IU 첨가시에 뚜렷한 억제효과가 있는 것으로 나타났으며 그 이상의 수준에서도 산화물질의 항산화 효과는 뚜렷하게 나타났다.

가슴살의 경우 25-hydroxycholesterol은  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준에 대해 유의적인 경향( $p=0.076$ )만 보였으나, 7-ketocholesterol ( $p<0.05$ ), 7 $\beta$ -hydroxycholesterol ( $p<0.01$ ), 총 콜레스테롤 산화물질( $p<0.01$ )은 통계적인 유의성이 인정되었다. 7-ketocholesterol은 200 IU 첨가시, 7 $\beta$ -hydroxycholesterol은 400 IU 첨가시에 유의적인 항산화 효과가 판별되었으나, 총 콜레스테롤 산화물질에 대해서는 50 IU만 첨가해도 무첨가구에 비해 항산화 효과가 있는 것으로 나타났다. 다리살과 가슴살의 콜레스테롤 산화물질의 평균값을 살펴보면 25-hydroxycholesterol은 큰 차이를 나타내지 않지만 7-ketocholesterol과 7 $\beta$ -hydroxycholesterol, 총 콜레스테롤 산화물질은 다리살이 가슴살 보다 약 2배정도 생성물질이 많은 것으로 나타나 다리살의 빠른 산화속도를 예측할 수 있다.

Table 23. Least square means of cholesterol oxidation products ( $\mu\text{g/g}$ ) in breast and thigh muscles of broilers fed diets supplemented with 0, 50, 100, 200 and 400 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

	$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Cholesterol oxidation products			
		25-OH	7-Keto	7 $\beta$ -OH	Total
Thigh	CON	1.70 <sup>a</sup> ±0.37 <sup>1</sup>	2.19 <sup>a</sup> ±0.56	6.81 <sup>a</sup> ±1.14	11.21 <sup>a</sup> ±1.15
	50	1.69 <sup>a</sup> ±0.37	2.14 <sup>a</sup> ±0.56	6.74 <sup>a</sup> ±1.14	10.58 <sup>a</sup> ±1.15
	100	1.60 <sup>ab</sup> ±0.37	1.24 <sup>ab</sup> ±0.56	4.06 <sup>ab</sup> ±1.14	6.90 <sup>b</sup> ±1.15
	200	1.18 <sup>ab</sup> ±0.38	1.01 <sup>ab</sup> ±0.57	1.11 <sup>b</sup> ±1.16	3.30 <sup>c</sup> ±1.17
	400	0.63 <sup>b</sup> ±0.37	0.54 <sup>b</sup> ±0.56	0.98 <sup>b</sup> ±1.14	2.14 <sup>c</sup> ±1.15
Breast	CON	2.37±0.43	1.38 <sup>a</sup> ±0.32	2.30 <sup>a</sup> ±0.53	6.06 <sup>a</sup> ±0.52
	50	1.28±0.43	0.77 <sup>ab</sup> ±0.32	1.58 <sup>ab</sup> ±0.53	3.63 <sup>b</sup> ±0.52
	100	1.06±0.43	0.88 <sup>ab</sup> ±0.32	1.68 <sup>ab</sup> ±0.53	3.62 <sup>b</sup> ±0.52
	200	0.68±0.43	0.38 <sup>b</sup> ±0.32	1.19 <sup>ab</sup> ±0.53	2.22 <sup>bc</sup> ±0.52
	400	0.39±0.42	0.13 <sup>b</sup> ±0.31	0.78 <sup>b</sup> ±0.52	1.29 <sup>c</sup> ±0.51

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b,c</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p < 0.05$ )

25-OH : 25-hydroxycholesterol

7-keto : 7-ketocholesterol

7 $\beta$ -OH : 7 $\beta$ -hydroxycholesterol

total 25-hydroxycholesterol + 7-ketocholesterol + 7 $\beta$ -hydroxycholesterol

Table 24는 콜레스테롤 산화물질에 대한 sodium selenite의 효과를 나타낸 것으로서 7-ketocholesterol, 7 $\beta$ -hydroxycholesterol, 총 콜레스테롤 산화물질에 대해 고도의 유의성(p<0.01)이 검증되었다. Sodium selenite 2 ppm 첨가구가 무첨가구에 비해 7-ketocholesterol, 7 $\beta$ -hydroxycholesterol과 총 콜레스테롤 산화물질이 유의적으로 낮은 것으로 나타나 뚜렷한 항산화 효과를 보였다. 일반적으로 selenium은 세포의 중요한 구성성분들이 산화적 손실을 당하지 않도록 보호하는 효소인 glutathione peroxidase (GSH-Px)의 구성요소로 알려져 있으며 selenium은 vitamin E의 요구량을 감소시키며 selenium과 vitamin E는 산화적 변성으로부터 세포막을 보호하는 것으로 보고된다(Rotruck 등, 1973). 본 실험에서 sodium selenite의 첨가수준에 따른 selenium의 근육내 축적량은 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 첨가수준에 따른 근육내 축적량은 크지 않은 것으로 판단되어 항산화 효과에 대한 보충효과가 크지 않을 것으로 예측되었다. 또한, TBA 가의 결과에서 sodium selenite의 첨가수준에 따라 유의적인 차이가 나타나지는 않았으나, 콜레스테롤 산화물질에 대해 항산화 효과가 나타나  $\alpha$ -tocopherol의 항산화 효과 외에도 sodium selenite의 항산화 보충효과를 모색할 수 있었다.

Table 24. Least square means of cholesterol oxidation products ( $\mu$ g/g) in breast muscle of broilers fed diets supplemented with 0 (S0) and 2 ppm (S2) sodium selenite.

Sodium selenite	Cholesterol oxidation products			
	25-OH	7-Keto	7 $\beta$ -OH	Total
S0	1.47 $\pm$ 0.27 <sup>1</sup>	1.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.20	2.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.34	4.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33
S2	0.85 $\pm$ 0.27	0.36 <sup>b</sup> $\pm$ 0.20	0.95 <sup>b</sup> $\pm$ 0.34	2.15 <sup>b</sup> $\pm$ 0.33

<sup>1</sup> Least square mean  $\pm$  SEM

<sup>a,b</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly (p<.05)

7-keto : 7-ketocholesterol

7 $\beta$ -OH : 7 $\beta$ -hydroxycholesterol

total : 25-hydroxycholesterol + 7-ketocholesterol + 7 $\beta$ -hydroxycholesterol

Table 25는 다리살의 7 $\beta$ -hydroxycholesterol 산화물에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate 와 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.05$ )을 나타낸 것이다. 7 $\beta$ -hydroxycholesterol 산화물은 저장 3일에는 검출되지 않았고 저장 12일에  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 미만의 첨가구에서 현저하게 생성되는 것으로 나타났다. 특히  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 200 IU 이상 첨가하면 저장 10일까지 7 $\beta$ -hydroxycholesterol이 검출되지 않았으며 저장 12일의 산화물도 100 IU 미만의 첨가구에 비해 현저하게 낮은 생성량을 보였다.

Table 25. Least-square means of 7 $\beta$ -hydroxycholesterol in thigh muscle of broilers for the interaction of storage (days) with  $\alpha$ -tocopheryl acetate treatments.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)			
	3	7	10	12
CON	ND	1.41 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	19.01 <sup>b</sup>
50	ND	4.11 <sup>a</sup>	5.41 <sup>a</sup>	17.46 <sup>b</sup>
100	ND	0.31 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	15.32 <sup>b</sup>
200	ND	ND	ND	4.43 <sup>a</sup>
400	ND	ND	ND	3.92 <sup>a</sup>

Standard error of least-square means is 2.28

<sup>a,b</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

ND : not detected

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

Table 26은 다리살의 총 콜레스테롤 산화물 생성에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.01$ )을 나타낸 것이다. 이 결과로 살펴보면 저장 7, 10일에  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 이상 첨가급여시 총 콜레스테롤 산화물 생성이 낮은 것으로 나타나나 유의적인 차이는 없었다. 유의적인 차이는 저장 12일째의  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 미만의 첨가구에서 생성량이 유의적으로 높은 것으로 산출되었다. 반면에 저장 12일째의 200 IU 이상 첨가구는 저장일의 진행에 따른 비교에 의해서도 유의성이 인정되지 않았는데 이는 표준오차가 크기 때문인 것으로 판단된다.

Table 26. Least-square means of total cholesterol oxidation products in thigh muscle of broilers for the interaction of storage (days) with  $\alpha$ -tocopheryl acetate treatments.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)			
	3	7	10	12
CON	0.74 <sup>a</sup>	5.04 <sup>a</sup>	5.23 <sup>a</sup>	33.68 <sup>b</sup>
50	0.45 <sup>a</sup>	5.28 <sup>a</sup>	8.03 <sup>a</sup>	28.56 <sup>b</sup>
100	0.19 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>	2.32 <sup>a</sup>	23.15 <sup>b</sup>
200	0.23 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	10.92 <sup>a</sup>
400	ND	0.64 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	7.52 <sup>a</sup>

Standard error of least-square means is 2.29

<sup>a,b</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

ND : not detected

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

Table 27은 가슴살의 7-ketocholesterol 산화 생성물에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.01$ )을 나타낸 것으로써 저장 10일에 무첨가구의 7-ketocholesterol 생성물이 더 많이 생성되나 처리구 간의 유의적인 차이는 없었다. 반면에 저장 12일에는 무첨가구와 비교하여  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가구는 유의적인 생성 억제 효과를 나타냈으나 50, 100 IU 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 200 IU 첨가구는 저장 7일까지 7-ketocholesterol 생성물이 검출되지 않았으며 저장 14일에도 항산화 효과는 좋은 것으로 나타났으며 400 IU 첨가구는 저장일의 진행에 따른 비교에 의해서도 유의적인 차이가 나타나지 않았고 100 IU 미만 첨가구의 저장 10일 결과와도 유의적인 차이가 없는 것으로 보여 산화 생성물 억제 효과가 뛰어난 것으로 판단되었다.

Table 27. Least-square means of 7-ketocholesterol in breast muscle of broilers for the interaction of storage (days) with  $\alpha$ -tocopheryl acetate treatments.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)			
	3	7	10	12
CON	ND	ND	0.35 <sup>a</sup>	5.17 <sup>d</sup>
50	ND	ND	0.11 <sup>a</sup>	2.96 <sup>bc</sup>
100	ND	ND	0.15 <sup>a</sup>	3.52 <sup>cd</sup>
200	ND	ND	ND	1.50 <sup>ab</sup>
400	ND	0.01 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>

Standard error of least-square means is 0.62

<sup>abcd</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

ND : not detected

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

Table 28은 가슴살의 총 콜레스테롤 산화 생성물에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.01$ )을 나타낸 것으로써, 저장 7, 10일에 첨가 수준의 증가에 따라 산화 생성물은 낮아지지만 유의성은 인정되지 않았고 저장 12일에는 50, 100 IU 첨가구 간에만 유의적인 차이가 없었을 뿐 나머지 첨가구 간에는 뚜렷한 차이를 나타냈다.

저장일 경과에 따른 가슴살과 다리살의 콜레스테롤 산화물질에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate 효과의 결과를 종합해보면 일단  $\alpha$ -tocopheryl acetate가 100 IU 이상 첨가되면 저장 7일까지의 콜레스테롤 산화 생성물질은 크지 않은 것으로 평가되어 이 기간까지의 유통을 목적으로 한다면  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 첨가량으로 항산화 효과를 어느 정도 기대할 수 있을 것으로 생각되나, 식품의 안정성을 고려하여 뚜렷한 항산화 효과를 기대하기 위한  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 최소 첨가량은 200 IU로 판단된다.

Table 28. Least-square means of total cholesterol oxidation products in breast muscle of broilers for the interaction of storage (days) with  $\alpha$ -tocopheryl acetate treatments.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)			
	3	7	10	12
CON	ND	0.88 <sup>a</sup>	2.27 <sup>ab</sup>	21.06 <sup>e</sup>
50	0.03 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>	1.19 <sup>a</sup>	12.55 <sup>d</sup>
100	ND	0.26 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	13.54 <sup>d</sup>
200	ND	0.18 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	8.33 <sup>c</sup>
400	ND	0.01 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	4.95 <sup>b</sup>

Standard error of least-square means is 1.02

<sup>a,b,c,d,e</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

ND : not detected

CON : vitamin E 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

저장일과 관련하여  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 항산화 효과는 뚜렷한 것으로 평가되었으나 이외에 본 실험의 설계에 의한  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite 간의 2요인 교호작용에 대한 유의성이 인정되지 않아 두 첨가제 간의 직접적인 항산화 효과에 대한 보축효과를 살펴볼 수는 없었다.

Table 29는 가슴살의 7-ketocholesterol 산화물에 대한 sodium selenite와 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.01$ )에 대한 결과를 나타내었다. 저장 10, 12일에 sodium selenite 2 ppm 첨가구가 무첨가구에 비해 유의적인 항산화 효과가 있는 것으로 판단된다. 반면에 저장기간으로 비교하면 항산화 효과가 더 좋은 2 ppm 처리구의 10, 12일 결과는 유의적으로 차이가 나타나 저장 10~12일 사이에 가슴살의 산화물 생성이 빠르게 이루어지는 것으로 생각할 수 있다.

Table 29. Least-square means of 7-ketocholesterol in breast muscle of broilers for the interaction of storage (days) with sodium selenite treatments.

Sodium selenite	Storage (days)			
	3	7	10	12
S0	ND	ND	0.12 <sup>a</sup>	4.10 <sup>b</sup>
S2	ND	ND	0.08 <sup>a</sup>	1.35 <sup>c</sup>

Standard error of least-square means is 0.39

<sup>abc</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

ND : not detected

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

Table 30은 가슴살의 7 $\beta$ -hydroxycholesterol 산화 생성물에 대한 sodium selenite와 저장일 간의 2요인 교호작용을 나타낸 것으로써 7-ketocholesterol과 마찬가지로 고도의 유의성(p<0.01)이 인정되었다. 7 $\beta$ -hydroxycholesterol에 대한 결과도 10~12일 사이에 산화물의 생성이 빠르게 진행되는 것으로 판단할 수 있으며 저장 12일에 sodium selenite 2 ppm 첨가구의 항산화 효과가 무첨가구에 비해 좋은 것으로 나타났다.

Table 30. Least-square means of 7 $\beta$ -hydroxycholesterol in breast muscle of broilers for the interaction of storage (days) with sodium selenite treatments.

Sodium selenite	Storage (days)			
	3	7	10	12
S0	ND	0.27 <sup>a</sup>	ND	7.96 <sup>b</sup>
S2	ND	ND	0.19 <sup>a</sup>	3.60 <sup>c</sup>

Standard error of least-square means is 0.66

<sup>a,b,c</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ (p<0.05)

ND : not detected

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

Table 31은 가슴살의 총 콜레스테롤 산화물에 대한 sodium selenite와 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.01$ )을 나타낸 것이다. 개개의 산화물 생성과 거의 같은 결과를 보이고 있으며 가슴살의 경우 산화물 생성은 10~12일 사이에 빠르게 진행되는 것으로 판단할 수 있다. Sodium selenite의 효과는 저장 7, 10일에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 저장 12일에는 뚜렷한 항산화 결과를 나타냈다. 이외에도 다리살의 경우 sodium selenite와 저장일 간의 2요인 교호작용에 대한 유의적인 차이는 없었으나 저장 12일에  $7\beta$ -hydroxycholesterol과 총 콜레스테롤 산화물질에 대한 sodium selenite의 main effect는 유의적( $p < 0.05$ )으로 항산화 효과가 있는 것으로 검정되었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 sodium selenite 2 ppm 사료 첨가급여도 콜레스테롤 산화물질의 생성 억제에 효과가 뚜렷한 것으로 판단할 수 있다.

Table 31. Least-square means of total cholesterol oxidation products in breast muscle of broilers for the interaction of storage (days) with sodium selenite treatments.

Sodium selenite	Storage (days)			
	3	7	10	12
S0	ND	0.70 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	16.52 <sup>b</sup>
S2	0.01 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.82 <sup>a</sup>	7.66 <sup>c</sup>

Standard error of least-square means is 0.65.

<sup>abc</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

ND : not detected

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

Table 32는 다리살의 25-hydroxycholesterol 산화물에 대한 급여기간과 저장일 간의 2요인 교호작용( $p < 0.01$ )을 나타낸 결과이다. 이 결과를 살펴보면 후기 21일부터 3주 동안 첨가제를 급여한 그룹과 출하전 10일 동안 첨가제를 급여한 그룹 간에 저장 10일까지는 어떠한 유의적인 차이도 나타나지 않았으나 저장 12일에는 장기간의 사료첨가 급여한 구가 첨가제의 종류와 관계없이 25-hydroxycholesterol 산화물 생성을 유의적으로 억제하는 것으로 평가되었다.

Table 32. Least-square means of 25-hydroxycholesterol in thigh muscle of broilers for the interaction of storage (days) with supplemented duration treatments.

Storage	Supplemented duration	
	A	B
3	0.30 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>
7	0.60 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>
10	0.81 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>
12	3.09 <sup>b</sup>	6.09 <sup>c</sup>

Standard error of least-square means is 0.47

<sup>a,b,c</sup> Least-square means with different superscripts significantly differ ( $p < 0.05$ )

A : broiler group fed a diet over last 21 days

B : broiler group fed a diet over last 10 days

## 5. 각 첨가단계에 따른 육질과 저장성

### 가. 계육의 육색

Table 33은  $\alpha$ -tocopheryl acetate 첨가수준에 대한 가슴근육의 명도를 나타낸 것으로써 저장 1, 10일에 통계적 유의성( $p < 0.05$ )이 검증되었다. 저장 1일에는 무첨가구와 비교하여  $\alpha$ -tocopheryl acetate가 첨가된 구에서는 유의적으로 더 밝은색을 나타내는 것으로 나타났으며, 저장 10일에는 무첨가구와  $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU 첨가구에 비해 100 IU 이상 첨가구에서 명도가 유의적으로 높았다. 또한, 평균값의 변화로 살펴볼 때  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU 이상 첨가한 구의 육색이 더 안정된 수치를 보이는 것으로 판단되었다.

Table 33. Effects of  $\alpha$ -tocopheryl acetate levels for CIE L\* in breast muscle of broilers during storage.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)				
	1	3	7	10	12
CON	51.57 <sup>a</sup> ± 0.99 <sup>1</sup>	55.80 ± 0.59	55.34 ± 0.59	52.93 <sup>ab</sup> ± 0.65	52.97 ± 1.00
50	55.32 <sup>b</sup> ± 0.99	56.07 ± 0.59	56.13 ± 0.59	51.84 <sup>b</sup> ± 0.65	52.48 ± 1.00
100	56.71 <sup>b</sup> ± 0.99	56.53 ± 0.59	56.37 ± 0.59	54.34 <sup>a</sup> ± 0.65	55.64 ± 1.00
200	55.12 <sup>b</sup> ± 0.99	55.94 ± 0.59	55.77 ± 0.59	54.03 <sup>a</sup> ± 0.65	53.61 ± 1.00
400	55.98 <sup>b</sup> ± 0.99	56.09 ± 0.59	56.23 ± 0.59	54.64 <sup>a</sup> ± 0.65	53.36 ± 1.00

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p < 0.05$ )

CON : *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

Table 34는 sodium selenite의 첨가수준에 따른 명도를 나타낸 것으로서 저장 7일과 10일에 유의적인 차이( $p < 0.05$ )가 나타났다. 저장 7일과 10일에 2 ppm 첨가구가 무첨가구에 비해 약간 낮은 값을 보였는데 근육내 축적되는 selenium 양의 차이가 크지 않아 명도의 유의적인 차이에 대한 이러한 결과를 해석하기는 어려운 것으로 판단되었다.

Table 34. Effects of sodium selenite levels for CIE L\* in breast muscle of broilers during storage.

Sodium selenite	Storage (days)				
	1	3	7	10	12
S0	54.89 ± 0.63 <sup>1</sup>	56.55 ± 0.37	56.59 <sup>a</sup> ± 0.37	54.16 <sup>a</sup> ± 0.41	53.63 ± 0.63
S2	54.98 ± 0.63	55.62 ± 0.37	55.35 <sup>b</sup> ± 0.37	52.95 <sup>b</sup> ± 0.41	53.59 ± 0.63

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p < 0.05$ )

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

Table 35는 가슴살의 적색도에 대한 sodium selenite의 효과를 나타낸 것으로서 저장 12일에 유의적인 차이( $p < 0.05$ )를 보였다. 각 저장일에서 sodium selenite 2 ppm 첨가구의 적색도가 높은 것으로 나타났으며 명도와는 다르게 각 저장일에 평균값이 2 ppm 첨가구에서 대체적으로 높은 수치를 나타냈다.

Table 35. Effects of sodium selenite levels CIE a in breast muscle of broilers during storage.

Sodium selenite	Storage (days)				
	1	3	7	10	12
S0	8.10±0.24 <sup>1</sup>	7.41±0.19	7.78±0.18	8.12±0.20	7.63 <sup>a</sup> ±0.13
S2	8.43±0.24	7.61±0.19	8.21±0.18	8.42±0.20	8.07 <sup>b</sup> ±0.13

<sup>1</sup> Least square mean±SEM

<sup>a,b</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly (p<.05)

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

Table 36은  $\alpha$ -tocopheryl acetate 첨가수준에 따른 가슴살의 황색도를 나타낸 것으로써 저장 7일(p<0.05)에 통계적 유의성이 인정되었다. 이 결과를 살펴보면  $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU 첨가구가 무첨가구나 다른 처리구에 비해 낮은 값을 갖는 것으로 나타나는데 평균값의 변화로 살펴볼 때 어떠한 큰 특성을 모색하기는 어려운 것으로 판단되었다.

Table 36. Effects of  $\alpha$ -tocopheryl acetate levels for CIE b<sup>\*</sup> in breast muscle of broilers during storage.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)				
	1	3	7	10	12
CON	15.65 ± 0.57 <sup>1</sup>	17.37 ± 0.40	17.98 <sup>a</sup> ± 0.29	17.32 ± 0.43	17.04 ± 0.55
50	17.29 ± 0.57	16.74 ± 0.40	17.32 <sup>ab</sup> ± 0.29	16.41 ± 0.43	16.98 ± 0.55
100	16.53 ± 0.57	17.38 ± 0.40	17.70 <sup>a</sup> ± 0.29	17.39 ± 0.43	17.91 ± 0.55
200	17.11 ± 0.57	17.16 ± 0.40	16.79 <sup>b</sup> ± 0.29	17.26 ± 0.43	16.99 ± 0.55
400	17.19 ± 0.57	16.96 ± 0.40	17.79 <sup>a</sup> ± 0.29	17.14 ± 0.43	17.05 ± 0.55

<sup>1</sup> Least square mean ± SEM

<sup>a,b</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly (p<.05)

CON : *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

#### 나. 저장중 metmyoglobin 함량변화

저장기간에 따른 육색의 갈변화를 측정한 metmyoglobin content에 대해  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가수준에 따라 저장 7일에 유의적인 차이(p<0.05)가 나타났다(Table 37). 이 결과는 위의 황색도의 결과와 마찬가지로 저장 7일에  $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU 첨가구의 갈변화가 가장 적은 것으로 판단할 수 있어

위의 판단하기 어려운 황색도 결과와 비슷한 결과를 나타냈다. 계육의 갈변화도는 다리살에 비해 가슴살에서 저장기간에 따라 그 변화차이가 현저하여 첨가제의 수준에 따른 결과차이를 기대하였으나, 이러한 특성은 저장기간이 더 진행됨에 따라 뚜렷한 특성을 보이지는 않았다. 또한, 계육의 육색에 대한 첨가제의 효과를 살펴볼 때 가슴살의 육색에 대해서는 통계적인 유의성 차이가 검증된 항목이 위와 같이 나타났으나, 다리살의 경우 첨가제의 수준에 따른 효과나 저장일의 경과에 따른 특성 등에서 육색에 대해 유의적인 차이를 보인 항목은 검증되지 않았고 어떠한 일정한 경향도 보이지 않아 첨가제의 수준에 따른 계육의 육색특성을 모색하기는 어려운 것으로 판단되었다.

Table 37. Effects of  $\alpha$ -tocopheryl acetate levels for metmyoglobin contents in breast muscle of broilers during storage.

$\alpha$ -Tocopheryl acetate	Storage (days)				
	1	3	7	10	12
CON	38.80 $\pm$ 1.52 <sup>1</sup>	36.73 $\pm$ 1.54	49.35 <sup>a</sup> $\pm$ 1.60	45.24 $\pm$ 1.08	42.75 $\pm$ 1.66
50	41.11 $\pm$ 1.52	37.67 $\pm$ 1.54	47.56 <sup>a</sup> $\pm$ 1.60	46.09 $\pm$ 1.08	42.21 $\pm$ 1.66
100	38.78 $\pm$ 1.52	37.04 $\pm$ 1.54	47.35 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.60	44.75 $\pm$ 1.08	45.53 $\pm$ 1.66
200	40.49 $\pm$ 1.52	36.41 $\pm$ 1.54	42.78 <sup>b</sup> $\pm$ 1.60	47.77 $\pm$ 1.08	40.31 $\pm$ 1.66
400	41.09 $\pm$ 1.52	37.39 $\pm$ 1.54	45.57 <sup>a</sup> $\pm$ 1.60	46.79 $\pm$ 1.08	42.75 $\pm$ 1.66

<sup>1</sup> Least square mean  $\pm$  SEM

<sup>a,b</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p < .05$ )

CON : *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

$\alpha$ -Tocopherol의 첨가수준에 따른 근육내 metmyoglobin 함량을 측정한 결과 다리살에서 저장 7일에 유의적인 경향( $p=0.0655$ )을 보였다(Figure 4). 저장일이 증가할수록 metmyoglobin의 함량이 늘어나는 것이 관찰되며 저장 7일에는 200 및 400 IU의  $\alpha$ -tocopherol을 첨가급여한 처리구가 다른 처리구에 비해 낮은 metmyoglobin 함량을 나타냈다. 따라서  $\alpha$ -tocopherol의 항산화작용에 의한 metmyoglobin 억제효과를 어느 정도 기대할 수 있는 것으로 판단되나 저장기간이 늘어나면서 이들의 효과가 지속적이지 않는 것으로 나타나 전체적으로 육색항목에 대한 효과를 확정하기는 어려운 것으로 평가되었다.

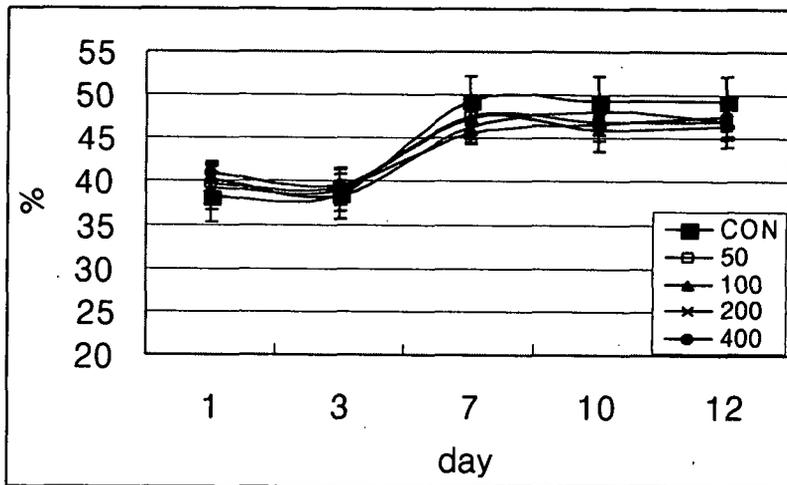


Figure 4. Effects of  $\alpha$ -tocopheryl acetate levels for metmyoglobin contents(%) in breast muscle of broilers during storage.

CON : *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

## 6. 상관관계 분석

지방,  $\alpha$ -tocopherol, cholesterol 함량, 지방산 조성항목과 TBA value 항목을 이용하여 각 항목 간의 상관관계를 전체 데이터(Table 38), 다리근육 데이터(Table 39), 가슴근육 데이터(Table 40)로 분할하여 조사하였다.

전체 데이터에서 비교해보면 콜레스테롤 항목은 지방이나 지방산 조성 항목과 비교적 높은 상관관계를 나타내었으나 TBA와는 무관한 것으로 평가되어 malonaldehyde나 hydroperoxide에 의해 분석되는 지방산화와 콜레스테롤 함량과의 관계는 미미한 것으로 생각되었다. 또한 다리근육 데이터나 가슴근육 데이터로 분할하여 조사한 경우에는 전체 데이터에서 보이던 상관관계 마저 현저히 떨어지거나 없는 것으로 나타났다. 콜레스테롤 함량보다는 콜레스테롤 산화물질을 분석하여 지방산화와 관련되는 산화속도를 추정하는 것이 현실적이라는 평가를 하게 되었고, 지방함량도 마찬가지로 TBA와는 거의 무관한 것으로 평가되어 근육내 지방 함량에 따른 지방산화와의 관계 분석을 할 수 없었다.

반면에 TBA와  $\alpha$ -tocopherol 항목 간에는 전체 데이터에서의 부의 상관관계( $r=-.50$ ,  $p<.01$ )보다는 다리데이터 내의 상관관계( $r=-.68$ ,  $p<.01$ )나 가슴데이터 내의 상관관계( $r=-.86$ ,  $p<.01$ )가 높은 것으로 나타나 사료내  $\alpha$ -tocopherol의 첨가에 의한 항산화 효과의 결과를 뒷받침 할 수 있었다. 지방산 조성 항목은 지방산 항목 내의 서로 관계있는 항목 간에 상관관계가 높게 나타났을 뿐 다른 항목과의 어떤 특이성을 찾아볼 수 없었다.

근내 지방함량과 콜레스테롤 함량 측정값을 이용하여 군집분석을 실시해 보았으나 근내 지방함량은 수치적 변이에 의해 군집에 대한 적합도가 낮아( $R^2=.42$ ) 분석이 불가능했으며 콜레스테롤 함량 측정값에 의한 군집분석은 군집을 이룬 후 지방산화속도에 대해 분산분석을 실시한 결과 유의적인 차이를 나타내지 않아 상관관계와 마찬가지로 콜레스테롤 함량에 의한 지방산화속도의 연계는 어려운 것으로 평가되었다. 결과적으로 역으로 추정하면 현재 TBA 가로 평가되는 지방산화속도와 관련하는 요인으로서  $\alpha$ -tocopherol 함량의 관계가 높다는 것으로 평가할 수 있다.

Table 38. Correlation coefficients among fat,  $\alpha$ -tocopherol, cholesterol, TBA value and fatty acid composition in thigh and breast muscles of broiler chicks

	Fat	TOC <sup>1</sup>	TBA	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C24:0	SFA <sup>2</sup>	MUFA <sup>3</sup>	PUFA <sup>4</sup>	TW3 <sup>5</sup>	TW6 <sup>6</sup>	TW9 <sup>7</sup>
CHOL <sup>8</sup>	.65**	.52**	.18	.34*	-.61**	.73**	-.15	.72**	-.73**	-.73**	-.23	.76**	-.68**	.18	-.69**	.74**
Fat		.53**	-.18	.29	-.50**	.62**	-.18	.53**	-.57**	-.61**	-.19	.62**	-.58**	-.06	-.57**	.61**
TOC			-.50**	.20	-.37*	.49**	-.14	.42**	-.37*	-.35*	-.12	.47**	-.37*	.04	-.37*	.48*
TBA				-.02	-.06	.01	.12	.09	-.12	-.11	-.07	.08	-.10	-.07	-.09	.03
C16:0					-.17	.60**	-.04	.31	-.45**	-.44**	.65**	.59**	-.30	.13	-.32*	.60**
C18:0						-.78**	.26	-.71**	.88**	.84**	.63**	-.79**	.78**	.11	.78**	-.78**
C18:1							-.21	.68**	-.89**	-.88**	-.15	.99**	-.81**	.07	-.81**	.99**
C18:2								-.10	.31*	.30	.20	-.22	.64**	-.14	.64**	-.22
C18:3									-.82**	-.76**	-.31*	.71**	-.65**	.40*	-.69**	.69**
C20:4										.94**	.35*	-.91**	.89**	-.19	.90	-.89**
C24:0											.35*	-.89**	.84**	-.19	.85**	-.88**
SFA												-.16	.40*	.01	.39*	-.14
MUFA													-.83**	.08	-.83**	.99**
PUFA														-.5	.99**	-.81**
TW3															-.16	.08
TW6																-.81**

<sup>1</sup>  $\alpha$ -tocopherol, <sup>2</sup> saturated fatty acid, <sup>3</sup> monounsaturated fatty acid, <sup>4</sup> polyunsaturated fatty acid, <sup>5</sup> total  $\omega$ 3, <sup>6</sup> total  $\omega$ 6, <sup>7</sup> total  $\omega$ 9, <sup>8</sup> cholesterol

\* p<0.05, \*\* p<0.01

Table 39. Correlation coefficients among fat,  $\alpha$ -tocopherol, TBA value, cholesterol and fatty acid composition in thigh muscles of broiler chicks.

	Fat	TOC <sup>1</sup>	TBA	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C24:0	SFA <sup>2</sup>	MUFA <sup>3</sup>	PUFA <sup>4</sup>	TW3 <sup>5</sup>	TW6 <sup>6</sup>	TW9 <sup>7</sup>
CHOL <sup>8</sup>	.44	.42	-.20	.02	-.28	.12	.08	.32	-.22	-.08	-.18	.10	-.03	.05	-.04	.11
Fat		.48*	-.52*	.31	-.22	.34	-.32	.34	-.39	-.38	.03	.28	-.41	-.13	-.40	.29
TOC			-.68**	.11	-.28	.37	-.17	.30	-.27	-.21	-.16	.32	-.28	-.18	-.26	.35
TBA				-.27	.20	-.43	.32	-.35	.40	.38	.01	-.34	.41	-.02	.42	-.37
C16:0					-.32	.56*	-.72**	.36	-.75**	-.69**	.52*	.65**	-.81**	.09	-.85**	.61**
C18:0						.80**	.15	-.38	.76**	.61**	.62**	-.79**	.46*	.02	.47*	-.78**
C18:1							-.54*	.29	-.87**	-.87**	-.32	.94**	-.80**	-.21	-.79**	.96**
C18:2								.019	.49*	.64**	-.37	-.59**	.90**	.15	.90**	-.56**
C18:3									-.62**	-.25	.04	.27	-.13	.27	-.17	.30
C20:4										.83**	.07	-.86**	.79**	-.01	.81**	-.87**
C24:0											.09	-.86**	.85**	.26	.83**	-.85**
SFA												-.23	-.18	.20	-.21	-.25
MUFA													-.83**	-.81	-.82**	.99**
PUFA														.24	.99**	-.82**
TW3															.09	-.23
TW6																-.81**

<sup>1</sup>  $\alpha$ -tocopherol, <sup>2</sup> saturated fatty acid, <sup>3</sup> monounsaturated fatty acid, <sup>4</sup> polyunsaturated fatty acid, <sup>5</sup> total  $\omega$ 3, <sup>6</sup> total  $\omega$ 6, <sup>7</sup> total  $\omega$ 9, <sup>8</sup> cholesterol

\* p<0.05, \*\* p<0.01

Table 40. Correlation coefficients among fat,  $\alpha$ -tocopherol, cholesterol, TBA value and fatty acid composition in breast muscles of broiler chicks.

	Fat	TOC <sup>1</sup>	TBA	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C24:0	SFA <sup>2</sup>	MUFA <sup>3</sup>	PUFA <sup>4</sup>	TW3 <sup>5</sup>	TW6 <sup>6</sup>	TW9 <sup>7</sup>
CHOL <sup>8</sup>	.26	.40	-.20	-.12	-.53*	.39	-.59**	.30	-.51*	-.51*	-.43	.43	-.63**	.20	-.65**	.40
Fat		.20	-.34	-.07	-.41	.43	.04	.11	-.31	-.42	-.32	.44	-.31	-.25	-.27	.43
TOC			-.83**	.03	-.23	.44	-.04	.21	-.17	-.09	-.10	.40	-.11	.22	-.14	.44
TBA				-.18	.09	-.40	-.10	-.10	.03	.11	-.01	-.35	-.09	-.25	-.05	-.40
C16:0					.17	.45*	.28	-.10	-.14	-.11	.81**	.42	.19	.07	.18	.45*
C18:0						-.64**	.35	-.64**	.87**	.84**	.70**	-.70**	.76**	-.07	.76**	-.65**
C18:1							-.06	.30	-.75**	-.68**	-.05	.99**	-.55*	.01	-.54*	.99**
C18:2								-.24	.36	.26	.41	-.10	.73**	-.31	.76**	-.06
C18:3									-.67**	-.59**	-.45*	.35	-.43	.50*	-.50*	.32
C20:4										.89**	.44	-.80**	.82**	-.17	.83**	-.76**
C24:0											.46*	-.73**	.67**	-.25	.70**	-.69**
SFA												-.11	.60	-.02	.59**	-.05
MUFA													-.60**		-.60**	.99**
PUFA														-.01	.99**	-.56*
TW3															-.16	.02
TW6																-.55

<sup>1</sup>  $\alpha$ -tocopherol, <sup>2</sup> saturated fatty acid, <sup>3</sup> monounsaturated fatty acid, <sup>4</sup> polyunsaturated fatty acid, <sup>5</sup> total  $\omega$ 3, <sup>6</sup> total  $\omega$ 6, <sup>7</sup> total  $\omega$ 9, <sup>8</sup> cholesterol

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

실험 III의 결과를 종합해보면 실험 I 과 II의 결과에 입각하여 대규모 실험을 실시한 결과 근육내  $\alpha$ -tocopherol의 축적량 증가와 그에 따른 저장일 경과에 대한 항산화 효과를 확실히 확인할 수 있었다. 실험 I, II, III을 통해 가장 효과적인  $\alpha$ -tocopherol의 사료내 첨가량은 400 IU/kg 라는 것을 검증할 수 있었고 가장 경제적인 항산화 효과를 얻기 위해서는 100 IU 이상은 첨가되어야 한다는 것을 모색할 수 있었다. 또한 vitamin E 급여기간을 6주, 3주, 10일로 실험 2번에 걸쳐 분석한 결과 장기간의 첨가가 그 효과면에서 가장 좋겠지만 10일 첨가에 의해서도 효과가 떨어지지 않는 것으로 평가되었다.

## 제 5 절 포장방법에 따른 저장성 증진효과 검정 (실험 IV)

### 1. 사양실험

$\alpha$ -tocopheryl acetate의 첨가 및 selenium의 첨가가 사양성적에 미치는 효과를 조사하기 위해 증체량, 사료섭취량, 사료효율을 분석한 결과 각 급여수준에 대해 통계적으로 유의한 차이( $p < 0.05$ )는 나타나지 않았다. 증체량과 사료섭취량을 근거로 사료효율을 분석한 결과 selenium의 두 첨가수준에 따른 차이가 나타나지 않았으며(Figure 5),  $\alpha$ -tocopherol 급여수준에 따른 사료효율 역시 차이가 나타나지 않았다(Figure 6). 이러한 결과로 볼 때 실험 I, II, III의 결과와 마찬가지로 sodium selenite 2 ppm의 첨가나  $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg까지의 첨가가 육계의 사양성적에 역효과를 나타내지 않는 것으로 판단할 수 있다.

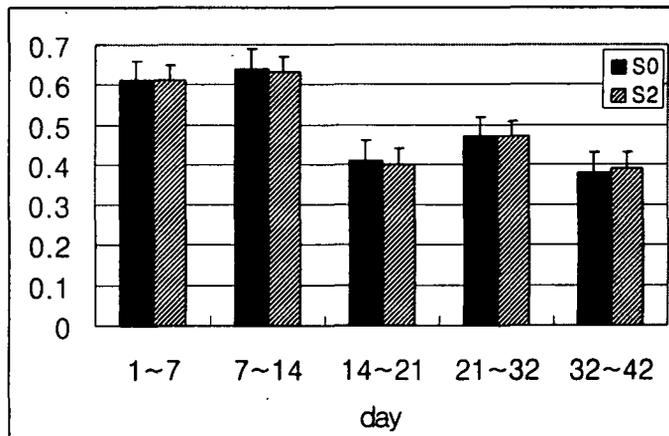


Figure 5. Feed efficiency of broiler chicks fed diets supplemented with 0 and 2 ppm sodium selenite.

S0 : sodium selenite 0.15 ppm (basal diet)

S2 : basal diet + sodium selenite 2 ppm

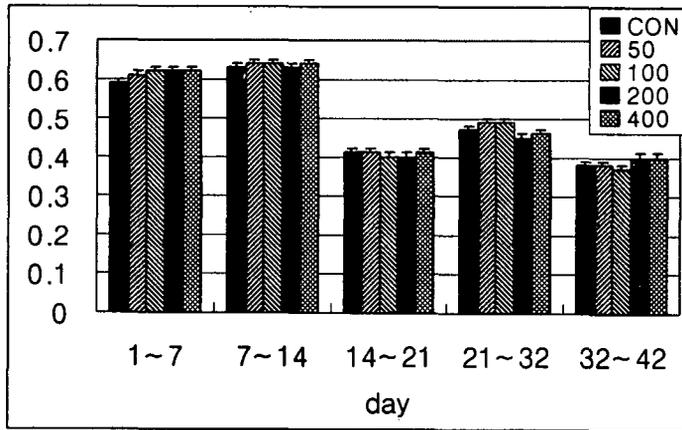


Figure 6. Feed efficiency of broiler chicks fed a control (10 IU  $\alpha$ -tocopheryl acetate) diet (CON) or with supplementations of 50, 100, 200 and 400 IU all-*rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate/kg feed, respectively.

CON : *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

## 2. 포장방법에 따른 계육의 저장성 평가

### 가. 가스치환포장의 head space 공기조성 분석

계육의 저장성 증진을 위한 효과적인 포장방법 설정을 위해 진공포장, 수축포장, MAP1, MAP2의 4가지 포장방식을 이용하여 저장 중 계육의 육질 및 저장성에 미치는 효과를 분석하였다.

가스치환포장의 head space 공기조성을 분석한 결과를 Figure 7에 나타내었다. MAP1의 경우 진공포장 후 100% 질소가스를 충전하였으며, MAP2의 방법은 진공포장 후 질소가스 80%와 이산화탄소 20%를 혼합한 혼합가스를 충전하

였다. 포장 후 저장기간에 따른 포장재 내 공기조성의 변화를 분석하기 위해 이산화탄소의 함량을 측정하여 평가하였다. MAP1에서는 초기 이산화탄소의 농도가 약 0.2% 수준으로 나타났으며 저장일에 따라 약간의 증가를 보였으나 저장 24일에도 4%를 넘지 못하였다. MAP2 방법에서는 초기 20% 수준에서 저장일에 따라 증가하여 저장 24일까지 약 7%의 증가를 나타냈다. 특히 두 포장 방법 모두 저장 6일에서 12일 사이의 이산화탄소 증가가 유의적인 경향 ( $p=0.072$ )을 보여 이 기간동안에 가스농도의 변화가 보다 활발한 것으로 평가되었다.

$\alpha$ -Tocopherol의 첨가수준과 selenium의 첨가수준에 따른 가스농도의 변화를 분석한 결과 각 처리에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

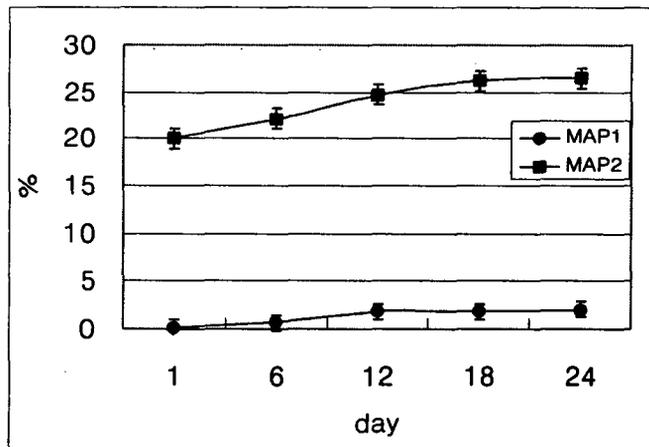


Figure 7. Carbon dioxide concentration in modified atmosphere package.

MAP1 : N<sub>2</sub> 100%

MAP2 : N<sub>2</sub> 80% + CO<sub>2</sub> 20%

나. 포장감량

4가지 포장방식에 따른 포장감량을 저장일 별로 분석한 결과 저장 6일과 12일에 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(Table 41). 저장 6일의 결과를 보면 진공포장 처리구에서 가장 많은 감량을 보였으며( $p<0.001$ ), 다음으로 수축포장 처리구가 감량이 많은 것으로 나타났다. 가스치환포장의 경우에는 두 방법 모두 가장 낮은 감량을 보였으며 두 방법간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 저장 12일의 경우에도 진공포장, 수축포장, 가스치환포장 순으로 감량이 많은 결과를 나타내 6일의 결과와 유사한 경향을 보였다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 진공포장이거나 수축포장에 비해 가스치환포장방법이 포장 후 감량이 적은 장점을 가진 것으로 판단된다.

Table 41. Least-square means of purge loss (%) of broilers among treatments during storage.

Treatments	Storage (days)			
	6 <sup>***</sup>	12 <sup>***</sup>	18	24
MAP1	3.83 <sup>a</sup> (0.25) <sup>1</sup>	4.66 <sup>a</sup> (0.24)	5.07 (0.27)	5.27 (0.38)
MAP2	4.43 <sup>a</sup> (0.25)	5.00 <sup>ab</sup> (0.24)	5.52 (0.27)	5.33 (0.38)
SHR	5.15 <sup>b</sup> (0.25)	5.61 <sup>b</sup> (0.24)	5.72 (0.27)	5.83 (0.38)
VAC	5.85 <sup>c</sup> (0.25)	6.56 <sup>c</sup> (0.24)	5.75 (0.27)	5.82 (0.38)

<sup>1</sup> Standard error of least-square means

<sup>abc</sup> Least square means within columns with no common superscripts differ significantly ( $p<0.001$ )

MAP1 : modified atmosphere package (N<sub>2</sub> 100%)

MAP2 : modified atmosphere package (N<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> = 80 : 20)

SHR : shrinkage package

VAC : vacuum package

#### 다. 총세균수 측정

각 포장방식에 따른 저장성을 평가하기 위해 저장일 별로 포장방법 간에 총세균수를 측정한 결과 처리구 간에 차이를 나타내지 않았다. 미생물 억제효과가 있을 것으로 예상되었던 20% 이산화탄소가 첨가된 MAP2 포장의 경우 다른 포장방법에 비해 수치상으로는 낮은 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 검증되지 않았다.

Table 42는 각 포장방식에 따른 총세균수의 변화를 저장일에 따라 나타낸 결과이다. 4가지 포장방식 모두 저장 6일에서 12일까지의 총세균수 증가는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 특히 진공포장과 MAP2 포장의 경우 저장 12일과 18일의 총세균수 간에도 유의적인 차이를 보이지 않아 다른 두 포장방식에 비해 미생물의 성장속도가 느린 것으로 판단되지만, 포장방법에 따른 비교에서 큰 차이를 보이지 않아 확실한 미생물 억제효과를 나타낸다고 판단하기는 힘든 것으로 생각된다.

Table 42. Least-square means of total aerobic bacterial counts (CFU/cm<sup>2</sup>) of broilers among treatments during storage.

Treatments	Storage (days)			
	6	12	18	24
MAP1*	1.2 × 10 <sup>4a</sup> (0.7 × 10 <sup>4</sup> ) <sup>1</sup>	2.7 × 10 <sup>4a</sup> (1.2 × 10 <sup>4</sup> )	1.5 × 10 <sup>5b</sup> (2.2 × 10 <sup>4</sup> )	1.4 × 10 <sup>6c</sup> (2.2 × 10 <sup>5</sup> )
MAP2*	3.7 × 10 <sup>3a</sup> (1.8 × 10 <sup>3</sup> )	2.6 × 10 <sup>4ab</sup> (1.8 × 10 <sup>4</sup> )	1.1 × 10 <sup>5b</sup> (1.8 × 10 <sup>4</sup> )	1.4 × 10 <sup>6c</sup> (1.8 × 10 <sup>5</sup> )
SHR*	5.5 × 10 <sup>3a</sup> (1.6 × 10 <sup>3</sup> )	2.7 × 10 <sup>4a</sup> (1.3 × 10 <sup>4</sup> )	1.6 × 10 <sup>5b</sup> (1.9 × 10 <sup>4</sup> )	1.4 × 10 <sup>6c</sup> (1.9 × 10 <sup>5</sup> )
VAC*	2.6 × 10 <sup>4a</sup> (1.9 × 10 <sup>4</sup> )	2.8 × 10 <sup>4ab</sup> (1.9 × 10 <sup>4</sup> )	1.3 × 10 <sup>5b</sup> (3.9 × 10 <sup>4</sup> )	2.0 × 10 <sup>6c</sup> (3.9 × 10 <sup>5</sup> )

<sup>1</sup> Standard error of least-square means

<sup>a,b,c</sup> Least square means within row with no common superscripts differ significantly (p<.05)

MAP1 : modified atmosphere package (N<sub>2</sub> 100%)

MAP2 : modified atmosphere package (N<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> = 80 : 20)

SHR : shrinkage package

VAC : vacuum package

Figure 8은 랩포장을 실시한 처리구의 총세균수를 저장일 1, 3, 7, 10, 12일에 측정한 결과이다. α-Tocopherol, selenium, 급여기간에 따른 총세균수의 차이는 나타나지 않았으며 다만 저장일이 증가할수록 미생물이 유의적으로 증가하는 결과만을 얻을 수 있었다. 랩포장의 경우 저장 3일까지는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 7일까지 10<sup>5</sup> 수준의 총세균수를 나타냈다. 하지만 초기 미생물수가 대체로 높았으며 저장 10일이 경과하면서 모두 10<sup>6</sup> 수준을 넘은 것으로 나타나 미생물 오염에 의한 문제점이 지적되었다.

Figure 9는 진공포장, 수축포장, 두가지 가스치환포장을 실시한 처리구의 총 세균수를  $\alpha$ -tocopherol의 첨가수준별로 측정한 결과이다. 랩포장과 마찬가지로  $\alpha$ -tocopherol, selenium, 급여기간에 따른 총세균수의 차이는 나타나지 않았으며 저장 18일이 경과한 경우에  $10^6$  수준의 미생물수를 나타내 랩포장에 비해 효과적인 것으로 평가되었다.

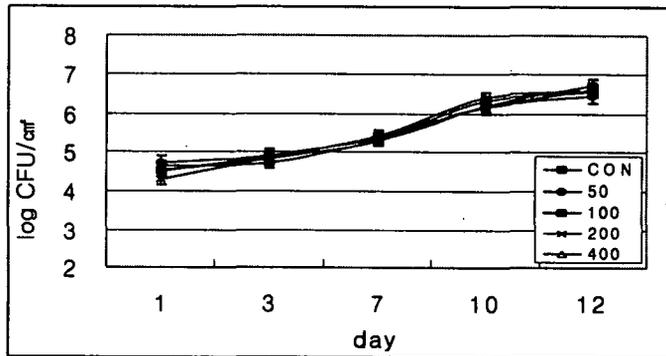


Figure 8. Changes in total aerobic bacterial counts of broiler chicks packaged in wrap during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$ .

CON : *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac- $\alpha$* -tocopheryl acetate 400 IU/kg diet

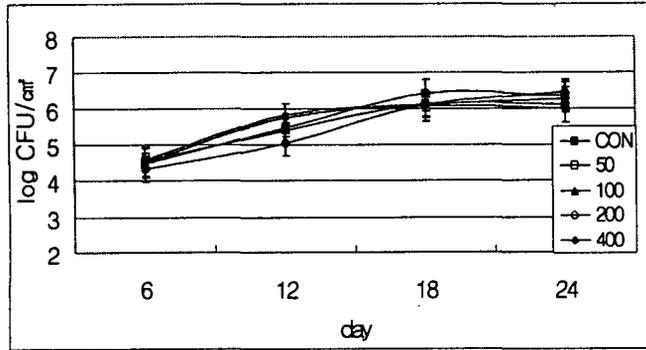


Figure 9. Changes in total aerobic bacterial counts of broiler chicks packaged in 4 different methods during storage at  $2 \pm 2^\circ\text{C}$ .

CON : *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 10 IU/kg diet (basal diet)

50 : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 50 IU/kg diet

100 : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 100 IU/kg diet

200 : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 200 IU/kg diet

400 : basal diet + *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate* 400 IU/kg diet

#### 라. 지방산패도 측정

각 포장방식에 따른 저장 중 thiobarbituric acid value를 Table 43에 나타내었다. 포장방식에 따른 지방산화정도를 저장일별로 비교하였을 때 포장방법과 저장일 간에 이요인 교호작용이 나타났다( $p < 0.05$ ). 모든 포장방식에서 저장 18일까지 저장일이 증가하면서 지방산화가 유의적으로 증가하는 것이 관찰되었다. 하지만 저장 24일에서는 수축포장만이 유의적인 증가를 나타내 다른 세 포장방법에 비해 지방산화가 더 진행되는 것이 확인되었다.

Table 43. Least-square means of TBA value (mg malonaldehyde/kg) of broilers for the interactions of packaging methods with storage days

Treatments	Storage (days)			
	6	12	18	24
MAP1*	0.026 <sup>a</sup>	0.060 <sup>b</sup>	0.142 <sup>c</sup>	0.153 <sup>cd</sup>
MAP2*	0.022 <sup>a</sup>	0.048 <sup>b</sup>	0.122 <sup>c</sup>	0.132 <sup>c</sup>
SHR*	0.023 <sup>a</sup>	0.052 <sup>b</sup>	0.134 <sup>c</sup>	0.167 <sup>d</sup>
VAC*	0.065 <sup>a</sup>	0.067 <sup>b</sup>	0.133 <sup>c</sup>	0.156 <sup>cd</sup>

<sup>1</sup> Standard error of least-square means is 0.007

<sup>a,b,c,d</sup> Least square means within row with no common superscripts differ significantly ( $p < .05$ )

MAP1 : modified atmosphere package (N<sub>2</sub> 100%)

MAP2 : modified atmosphere package (N<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> = 80 : 20)

SHR : shrinkage package

VAC : vacuum package

포장방식에 따른 계육의 육질과 저장성에 대한 결과는 지방산패도와 총세균수의 측정결과 각 포장방식에 따른 뚜렷한 차이를 나타내지는 않았으나 진공포장과 MAP2포장이 수축포장이나 MAP1에 비해 효과적인 것으로 판단된다.

## 제 6 절 $\alpha$ -Tocopheryl acetate와 sodium selenite의 경제적 최적 급여량 설정

본 연구개발의 최종 목표는 국내 양계산업의 경제성을 향상시킬 수 있는 최상의 가금육 생산조건을 개발하는데 있다. 실험 I에서는  $\alpha$ -tocopherol의 급여 형태를 검정하여 *all-rac*- $\alpha$ -tocopheryl acetate 형태의 첨가급여가 가장 좋은 효과가 있는 것으로 밝혔으며, 실험 II에서 실시한 첨가사료의 급여기간에 설정에서도 초기에 비해 후기 3주간의 첨가급여로도 효과가 떨어지지 않는다는 것을 판별하였다. 또한,  $\alpha$ -tocopherol의 산화억제효과와 근육내 지방함량과 콜레스테롤과의 관계 구명 및 계육의 전반적인 육질특성을 연구하여 기초자료를 확고히 하였다. 이러한 연구결과를 기반으로  $\alpha$ -tocopheryl acetate와 sodium selenite의 첨가급여수준과 급여기간을 고려하면서 항산화 효과를 최대한으로 높일 수 있는 경제적인 최적 급여량을 설정하였다.

실험 I, II, III의 결과를 분석해 보면 일단 본 실험설계상의 최대 첨가량인  $\alpha$ -tocopheryl acetate 400 IU/kg feed와 sodium selenite 2 ppm에 의한 성장에 영향을 미치는 요인은 없는 것으로 나타나 설계상의 무리는 없었던 것으로 판단된다. 일단 근육내에  $\alpha$ -tocopherol의 축적량을 배가시키는 것이 일차단계로 생각되어지는데 기초사료에  $\alpha$ -tocopheryl acetate 첨가량을 증가시킬수록 축적효과는 커지는 것으로 판별할 수 있었다. 또한, 이에 따른 지방산화 억제와 콜레스테롤 산화물질의 생성억제에 대한 효과도 뚜렷한 것으로 나타났다. 물론  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 400 IU/kg feed로 첨가하면 그 효과가 가장 뛰어나지만 경제성을 고려하여 최소한의 첨가급여로 줄이는데는 다리살과 가슴살 간에 효과 차이가 있는 것으로 검증되어 확고한 급여량을 설정하는데는 확신하기 어려운 문제점이 뒤따랐다.

근육내 축적되는  $\alpha$ -tocopherol 함량을 고려한다면 일단  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU는 최소 급여량이라 할 수 있으며 급여기간은 후기 21일간 급여해야 더 뚜렷한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 가슴살에서는 큰 차이가 없었으나 다리살의 경우에는 후기 10일간의  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg feed의 급여는 축적량은 증가하나 뚜렷한 차이를 얻을 수는 없었고 단기간의 10일 급여 효과를 위해서는  $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg feed의 급여가 필요한 것으로

판단된다. 특히 200 IU/kg feed의 첨가시에는 sodium selenite의 첨가량을 2 ppm으로 증가시키면  $\alpha$ -tocopherol 축적량의 상승효과를 기대할 수 있다.

지방산화 억제와 콜레스테롤 산화물질 억제효과에 있어서는  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 근육 간의 차이를 보여 100 IU/kg feed의 첨가시에도 효과가 있는 것으로 검증되지만 뚜렷한 효과는 200 IU/kg feed로 판단된다. 한편 sodium selenite 2 ppm 첨가시 콜레스테롤 산화물질 억제효과를 나타내 조합 첨가의 효과를 기대할 수 있었으며 또한 근육내 축적되는 selenium의 함량도 무첨가구에 비해 큰 차이를 나타내지 않아 다량섭취시 문제되는 식품으로써의 독성문제도 없을 것으로 생각된다.

저장성을 고려한다면  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 가슴살의 육색에 어느 정도 관계되는 것으로 생각되며 항산화 정도를 고려한 첨가수준도  $\alpha$ -tocopheryl acetate는 최소한 100 IU/kg feed는 첨가되어야 하며 식품으로써의 안정성을 고려하여 장기적인 유통기한의 증가를 모색한다면 200 IU/kg feed의 첨가량이 추천된다.

경제성을 고려하여 첨가제에 의한 실질적인 육계사육비를 산출해 보면 본 실험상에서 육계를 42일 동안 사육할 경우 후기 21일 동안 한수당 섭취하는 사료량은 약 2kg 정도가 되며 출하 전 10일동안 섭취하는 사료량은 수당 약 1.6kg 이라고 계산할 수 있다. 본 실험의 결과에 대한  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg feed의 후기 21일 급여와 200 IU/kg의 출하전 10일 급여에 대해 계산해보면 다음과 같다.

현재 유통되는 50%  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 가격은 kg당 16,000원이고 사료 kg당 100 IU의  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 첨가 급여할 경우 사료 가격은 약 3.2원의 증가가 예상된다. 이를 본 실험 결과에 적용시켜보면 후기 21일 동안  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg를 급여한 처리구는 사료 가격에서 한수당 6.4원의 증가가 예상되며 출하 10일 동안 200 IU/kg를 급여한 경우는 육계 한수당 10.24원의 사료비 상승을 예상할 수 있다.

Sodium selenite의 가격은 약 4,000원/kg으로 2 ppm을 후기 21일 동안 첨가급여시 0.032원이 상승하며 10일 급여시에는 0.026원의 증가가 예상되어  $\alpha$ -tocopheryl acetate에 의한 원가상승과 비교하면 미미한 것으로 판단된다. 따라서  $\alpha$ -tocopheryl acetate의 급여와 관련한 경제성 산출에 더 큰 의미를 부여할

수 있다.

몇가지 추천되는 예를 산출해 보면  $\alpha$ -tocopheryl acetate 200 IU/kg과 sodium selenite 2 ppm을 후기 10일 동안 함께 급여했을 경우  $\alpha$ -tocopherol의 축적량이 400 IU/kg의 첨가급여와 같은 효과를 거두었으므로 이를 비교해 보면 전자는 10.266원, 후자는 20.480원의 원가상승이 예측된다. 따라서 10.214원의 차익 효과를 기대할 수 있으며 이러한 상승비가 문제가 된다면 후기 21일 동안의  $\alpha$ -tocopheryl acetate 100 IU/kg와 sodium selenite 2 ppm의 첨가에 의한 조합첨가가 추천되는데 상승가격은 6.432원이다.

기존의 냉장육계 유통기한을 약 4일 정도로 보았을 때  $\alpha$ -tocopheryl acetate를 사료에 첨가할 경우 저장 7일정도에서도  $\alpha$ -tocopherol 무첨가군과 비슷한 결과를 볼 수 있었다. 결국 계육을 냉장으로 유통할 수 있는 기간을 증진시킬 수 있으며 냉동수입계육에 대응하기 위해서는 이와 같은 고급냉장계육의 생산은 필수적이라고 생각된다.  $\alpha$ -Tocopheryl acetate의 사료 첨가로 인한 사료비의 상승을 감안한다 하더라도 고품질의 축산식품생산, 축산농가의 부가가치 향상 측면이나 시장경쟁성을 확보할 수 있다는 측면에서 작은 투자로 더욱 큰 이윤을 추구하는 자유경제주의 시장논리에 적합하다고 할 수 있다.

## 제 7 절 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Chee, K.M., Gong, X.J., Rees, D.M.G., Meydani, M., Ausman, L., Johnson, J., Siguel, E.N., and Schaefer, E.J. 1990. Fatty acid content of marine oil capsules. *Lipids*. 25: 523-528.
- Dawson, L.E. and Gartner, R. 1983. Lipid oxidation in mechanically deboned poultry. *Food Technol.* 37:112.
- Folch, J., Lees, M., and Sloan-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from, animal tissues. *J. Bio. Chem.* 226: 497-507.
- Galvin, K., Morrissey, P.A. and Buckley, D.J. 1995. Effect of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on the formation of cholesterol oxides in cooked chicken. *The 41st Int. Con. Meat Sci. and Tech.* p.372.
- Guidera, J., Lynch, P.B., Buckey, D.J. and Morrissey, P.A. 1995. Effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of lamb meat. *The 41st Int. Con. Meat Sci. and Tech.* p.374.
- Jiang, J.H., McMcgeachin, R.B., and Bailey, C.A. 1994.  $\alpha$ -Tocopherol,  $\beta$ -carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. *Poultry Sci.* 73: 1137-1143.
- Lepage and Roy. 1989. Direct trans-esterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J. Lipid Res.* 27: 114-120.
- Rotruck, J.T., Rope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G. and Hoekstra, W.G. 1973. Prevention of oxidative damage to rat erythrocytes by dietary selenium. *Science.* 179: 588-597.
- Salih, A.M., Smithm, D.M. and Dawson, L.E. 1987. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci.* 66: 1483-1488.
- SAS Institute, Inc. 1993. SAS User's guide: Stastics. SAS Institute, Cary, NC.
- Whetter, P.A. and Ullrey, D.E. 1978. Improved fluorometric method for

determining selenium. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 61(4): 927-930.

강창원. 1993. 고부가가치 계란의 생산을 위한 사양기술. 한국가금학회 추계심포지움 p.35.

한인규, 김기남, 명규호, 박양자, 이규호, 이연숙, 박현숙, 원향례, 장유경, 하종규. 1985. 비타민·광물질영양학. 향문사

## 제 3 장 고품질 계육 surimi 제조기술 확립

### 제 1 절 서론

Surimi 라는 말의 어원은 일본에서 시작된 것으로 기계적으로 뼈를 제거한 후 수세, 탈수 정제 등의 일련의 과정을 거쳐 만들어진 물고기풀을 말한다 (Lee, 1984). 1970년대부터 일본에서는 이러한 surimi의 산업이 시작되었으며, 이 후 80년대에 비로소 미국과 유럽국가에서도 surimi-based product의 생산이 본격적으로 시작되면서 활기를 띠게 되었다.

물고기는 사후 대사속도가 매우 빠르며 높은 지질 함량과 수용성 단백질 등으로 인해 부패되거나 어육이 가지는 본래의 성질을 쉽게 잃어버리게 된다. 그래서 이러한 부패와 변질을 방지하기 위하여 수세를 하게 되는데, 수세를 함으로써 불필요한 성분을 제거할 수가 있다. 지방, 혈액, 피부등과 같은 것이 제거되며(Ball and Motejano, 1984; Dawson et al., 1989) 수용성 근장단백질도 제거되므로 수세 후 보다 우수한 염용성 단백질로 정제가 이루어진다. 어육수리미가 가지고 있는 가장 치명적인 단점은 냉동시 단백질의 기능이 급격히 떨어진다는 점이다. 동결저장시 actomyosin의 변성은 수소결합, 이온결합, 소수성결합, s-s결합이 분자 상호간에 교차결합을 형성하여(Jiang et al., 1988a) 결과적으로 myosin의 교차결합이 점진적으로 증가하여 응집되기 때문인 것으로 알려져 있다. 냉동과정에서 단백질들이 변성되어 해동하게 되면 단백질로부터 물이 빠져나와 보수력이 떨어지며 이와함께 단백질의 기능이 저하하게 되는 것이다. 일본을 비롯한 미국, 여러 나라에서 이러한 문제점을 해결하지 못하고 있었으나 동결저장시 냉동변성방지제를 첨가함으로써(Okada, M. 1992) 단백질의 기능이 저하되는 것을 막을 수 있게 됨에 따라 본격적으로 수리미 산업이 발전하게 되었다.

냉동 수리미는 이동이 간편하고 취급 및 이용이 용이하여 다양한 합성제품 및 감각류 유사제품으로 만들어지게 되었으며 이러한 제품들은 본래의 제품과 조직적인 면, 맛, 향기가 비슷하여 소비자로 하여금 관심을 불러 일으켜 많은 소비가 이루어질수 있게 되었다. 90년대에 들어와서는 수세로 야기되는 폐수의

환경오염문제 및 원료어를 포획할수 있는 구역의 제한 등으로 인해 조금 주춤한 상태에 있었으나, 현재까지도 surimi-based products의 이용은 꾸준하며 지속적인 소비가 이루어져 산업발전이 계속되고 있다. 수리미 산업의 눈부신 발전과 더불어 학계의 어육수리미에 대한 연구 또한 많은 업적을 이루었으며, 최근에는 이러한 연구결과에 힘입어 어육이 아닌 다른 원료를 이용하는 방안에 대한 연구가 이루어지게 되었으며, 소, 돼지 등의 선호도가 떨어지는 부분을 이용하여 제조한 surimi의 기능성을 조사한 연구가 이루어 졌다. 그러나 가금육을 이용한 시도는 매우 미흡한 실정이며, 노계등과 같이 이용하치가 매우 낮은 원료를 이용하는 경우는 더더욱 연구가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 이용가치가 매우 낮은 MDCM(mechanically debond chicken meat)을 이용하여 고품질 계육 surimi를 제조하는 기술을 확립하여 MDCM의 부가가치 향상과 다양한 제품원료로서의 이용가치를 높일뿐만 아니라 제조과정상에서 발생하는 품질결정요인과 물리화학적인 메카니즘의 규명을 통하여 정확한 자료의 뒷받침 아래 가장 효율적인 제조기술을 확립하고자 실시하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

### 1. 원료육 구입

원료육은 경기도 포천에 있는 정우식품으로부터 4종의 분쇄육을 구입하였다. 브로일러 육계로부터 정육을 제거하고 뼈부분에서부터 추출한 기계발골 회수육(Broiler RCM, recovered chicken meat), 브로일러 통닭에서 부터 정육을 기계로 발골한 기계발골계육(Broiler MDCM, mechanically deboned chicken meat), 노계 회수육(Spent layer RCM), 노계를 손발골한 정육(Spent layer, lean meat)으로 이용하였다. 본 실험의 일반 이화학적 분석용 외에 수세처리용 원료육으로 기계발골 브로일러육(Broiler MDCM)을 사용하였다.

## 2. 수세에 의한 원료육의 처리

기계발골 브로일라육으로 수세처리하는 기본 방법은 Fig. 1과 같다. 실험목적에 따라 여러 용매를 원료육에 5배 넣어 기본적으로 3회에 걸쳐 원심분리시켜 혈액과 수용성 단백질을 제거하였다. 2, 3년차 과제에서는 경제성을 고려하여 1, 2회는 소금물로 마지막 3회 수세시에는 증류수로 수세하였고 원료육과 물의 비율을 1 : 4로 해주었다. 각 과정마다 결체조직을 제거하기 위하여 용액에 넣어 휘저은 원료육을 3회에 걸쳐 2mm, 1mm, 0.6mm로 여과시켰으며 원심분리한 최종적으로 얻고자 하는 수리미를 추출하였다.

## 3. 용매 선택시험

수세용액에 따른 수세효과를 검증하기 위하여 sodium chloride (SC, 0.5%), sodium bicarbonate buffer (SBC, 0.5%), sodium tripolyphosphate (STPP, 0.5%)를 제조하고 0.1N NaOH나 0.1N HCl를 이용하여 모두 pH 6.0으로 조절하였다. 수세처리시 용액과 원료육 비율은 5:1의 비율로 실시하였다.

## 4. 이온강도에 따른 회수율 확인

수세용매로 NaCl 0, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0%의 5배수 용액을 각각 사용하여 염용성 단백질, 보수력의 변화나 콜라겐의 제거정도, 수세후 열에 의해 gel화 시켰을 때 물성학적 성질 등을 조사하였다.

## 5. 최적 수세회수와 용액의 량을 결정

NaCl 0.5% 용액으로 수세회수 1회에서 4회까지 단계별 처리하고 용액의 량은 5배수로 실시하였다. 제조한 surimi의 품질을 조사하여 최적 횟수와 용액의 량을 결정하였다.

## 6. 최적 추출온도 결정

Surimi를 제조하는데 있어서 용액의 온도가 품질에 미치는 정도를 구명하기 위해 0.2% NaCl을 원료육에 5배수로 하여 4℃와 25℃에서 각각 수세처리하여 상호 비교하였다.

## 7. pH별 추출단백질의 품질 및 수율확립

육단백질의 기능적 특성에 결정적으로 영향을 끼치는 pH를 수세처리 과정에서 pH 5, 6, 7, 8로 구분하여 surimi를 제조하여 품질특성을 비교하였다.

## 8. 닭고기 surimi 정제기술 확립과 pilot식 제조공정의 모델정립

수세를 통해 품질에 영향을 끼치는 여러요인들 중에서 최적 조건을 선택하였다. 최적 조건에 의한 방법으로 pilot식으로 수세 및 탈수방법의 모델을 정립하였다.

## 9. 일반분석과 pH

일반성분 분석은 AOAC (1990)법으로 실시하였다. pH 측정은 시료 10g에 증류수 100ml을 가하여 homogenizer로 8000 r.p.m.에서 30초간 균질 후 수소이온농도 측정기로 측정하였다.

## 10. 콜라젠(Collagen), 보수력, 염용성 단백질(SSP, salt soluble protein)

콜라젠 정량은 Kolar(1990)법으로 실시하였다. 시료를 황산으로 가수분해시켜

chloramine-T로 산화시킨 다음 4-dimethylaminobenzaldehyde를 넣어 발색시켜 흡광도 방법으로 hydroxyproline 함량을 정량한 다음 콜라젠 함량으로 환산하였다.

보수력(water holding capacity)은 Jauregui 등(1981)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 즉 시료 10g을 원심분리용 유리관에 넣고 시료 내부온도가 72℃에 도달하여 30분간 가열한 후 실온에서 30분간 냉각시킨 다음 1500 r.p.m.에서 10분간 원심분리하여 유리 수분량을 측정하여 육속에 남아 있는 수분량을 계산하여 백분율화 하였다.

Amount of resealed by centrifuge

$$\text{Water holding capacity(\%)} = (1 - \frac{\text{Amount of resealed by centrifuge}}{\text{Water content before centrifuge}}) \times 100$$

Water content before centrifuge

염용성 단백질(salt soluble protein)은 Saffle와 Galbreath(1964) 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 즉 시료 20g에 6% NaCl 용액을 넣어 pH를 6.0으로 조정하고 추출한 다음 5,000rpm에서 10분간 원심분리시켜 상등액을 마이크로 켈달방법으로 분석하였다. 단백질 용해도(protein solubility)는 시료속에 함유된 단백질 총량에서 염용성 단백질량을 나누어 백분율로 하였다.

## 11. 색깔의 측정

Color difference meter(Yasuda Seiko Co, CR-310, Minolta, Japan)를 사용하여 시료를 평평하게 펼친 다음 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)의 색택(Hunter color value)을 측정하였다. 색택의 측정에 사용된 표준판의 색도값은 Y=93.7, X=0.3129, Y=0.3194이었다. 백색도(Whiteness)는 Reppond와 Babbit(1997)의 방법으로  $W = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$ , Saturation가는  $C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 로, Hue-angle가는  $h^0 = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ 로 계산하였다.

## 12. 전자현미경에 의한 조직관찰

수세한 MDCM을 가열처리하여 gel화시킨 다음 조직을 0.07M phosphate buffer(pH 6.8)로 세척한 후 2% glutaraldehyde, 2% OsO<sub>4</sub> (4℃, pH 7.4, phosphate buffer)로 전, 후 고정시켰다. 에탄올을 농도순으로 탈수하여 최종적으로 butyl alcohol로 치환하였다. 처리된 시료는 critical point dryer를 이용하여 건조시킨 후 ion coater를 이용하여 10mA에서 약 3분간 표면을 금으로 코팅한 후 SEM-3500 주사전자 현미경으로 15KV 전압에서 관찰하였다.

## 13. Surimi의 gel 강도 측정방법

Surimi의 gel 강도를 TPA(texture profile analysis), 전단력(cutting strength, 또는 shear value), 압착력(compression force), 인장강도(tensile strength) 시험을 Texture analyser (TA-XT2i, Stable micro systems Ltd. UK)로 이용하여 측정하였다. 모든 시험항목에는 5kg의 load cell를 사용하였다. 시료의 gel 형성 처리방법을 보면 TPA, 전단력, 압착실험용으로 수세완료된 계육 surimi를 지름 15mm 소시지 케이싱에 충전하여 사용하였다. 인장강도용 시료는 조직내 공기를 완전히 제거시키기 위해 지름 13mm 시험관에 충전시켜 2000rpm에서 10분간 원심분리시켰다. 충전시킨 surimi를 열수가열하여 내부온도가 75℃에 도달 후 25분간 경과 후 즉시 1℃에서 2시간 냉각시킨 다음 케이싱을 제거하였다. 2년차 과제인 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립과 3년차 과제인 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대 기술의 확립에 관한 실험에서는 보다 균일한 gel의 제조를 위해 소시지 케이싱 대신 glass tube를 이용하였으며 3년차 과제에서는 90℃에서 30분간 가열한 후 조직감 테스트를 실시하였고 gel특성이 좋아 압축강도 실험에서는 시료를 압축하는 정도를 80%까지 하였으며 T.P.A에서도 기존의 10mm보다 긴 15mm에서 측정하였다.

### 1) TPA(texture profile analysis) 방법에 의한 조직감 측정

지름 15mm에 길이 20mm 크기의 시료에 직경 5mm인 cylinder probe (P/5)를

이용하여 실험을 실시하였다. Hardness (g), adhesiveness (g\*s), springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness, resiliense는 MHK Trading Co.(UK)에서 제공한 texture analyser software(version 1.12)를 이용하여 계산하였다. Gel strength는 TPA에 의해 형성된 첫 번째 curve에서 최초 peak까지의 힘(g)과 이때까지 이동된 거리(cm)를 곱한 값으로 하였다. 측정 조건은 Mode; TPA, Pretest speed; 5mm/s, Test speed; 2mm/s, Posttest speed; 5mm/s, Distance: 10mm, 15mm Trigger type; Auto, Trigger type force; 5g으로 하였다.

#### 2) 전단력(cutting strength) 측정

TPA 시험과 동일한 크기의 시료(지름 15mm에 길이 20mm)에 guilotin blade (HDP/BS)를 사용하여 실시하였다. 전단력의 지표는 전단시 최고의 힘을 g단위로 나타내었다. 측정 조건은 Mode; Measure force in compress, Option; Return to start, Pretest speed; 5mm/s, Test speed; 2mm/s, Posttest speed; 5mm/s, Distance; 20mm, Trigger type; Auto, Trigger force; 5g으로 하였다.

#### 3) 압착실험

TPA 시험과 동일한 크기의 시료(지름 15mm에 길이 20mm)에 직경 35mm인 cylinder probe(P/35)를 사용하여 실시하였다. 힘에 의해 형성된 curve에서 시료가 최초로 파괴되는 지점의 힘(g)과 이때까지 이동된 거리(cm)를 곱한 것을 compression value로 하였고, 부서지는 지점까지 형성된 곡선의 내면적을 area로 나타내었다. 측정조건은 Mode; Measure force in compress, Option; Return to start, Pretest speed; 5mm/s, Test speed; 0.5mm/s, Posttest speed; 5mm/s, Distance; 65%, 80% Trigger type; Auto, Trigger force; 5g으로 하였다.

#### 4) 인장력 측정

지름1.3mm와 길이 50mm로 자른 시료를 tensile grip grips(A/TG)을 사용하여 실시하였다. 그립과 그립사이는 20mm로 고정하여 변형되는 길이를 각 시료별로 오차를 줄였다. 인장력은 인장시의 힘(g)과 절단되어 힘이 0상태까지의 거리(cm)를 곱한 값을 Value로 하였고, 절단될 때 까지 형성된 내면적을 Area로 나타내었다.

측정조건은 Mode; Measure force in tension, Option; Return to start, Test speed; 2mm/s, Posttest speed; 5mm/s, Distance; 30mm, Trigger type; Auto, Trigger force; 5g으로 하였다.

#### 14. 냉동변성 방지제 첨가량 결정시험

수리미가 저장기간에 따라 단백질 변성이 일어나는 것을 방지하기 위하여 적정 첨가량 수준을 알아보기 위하여 sodium chloride, sodium tripolyphosphate(STPP), Sucrose, Sorbitol의 첨가수준을 달리하여 시험하였다.

#### 15. 산화방지를 위한 항산화제 선정 및 결정시험

화학적 항산화제인 Propyl Gallate, Sodium L-Ascorbate, sodium tripolyphosphate(STPP)와 천연 향신료에서 추출한 oleoresin 향신료인 Rosemary, Thyme, Sage, Mace, Marjoram, Bay 등을 구입하여 첨가수준을 달리하여 냉동기간 및 온도에 따라 적용시험을 실시하였다.

#### 16. TBARS(Thiobarbituric acid reactive substance)

Sinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다.

$$\text{TBARS}(\text{mg malonaldehyde/kg sample}) = \frac{(A_s - A_b) \times 46}{\text{Sample}(g) \times 5}$$

$A_s$  : Absorbance of sample

$A_b$  : Absorbance of blank

### 17. 과산화물가(Peroxide value; POV)

Shantha와 Decker(1994)의 방법에 준하여 실시하였다.

$$\text{POV(meq/kg sample)} = \frac{(A_s - A_b) \times 20.76 \times V_2}{55.84 \times m \times 2 \times V_1}$$

$A_s$  : Absorbance of sample

$A_b$  : Absorbance of blank

20.76 : Slope of the calibration curve

55.84 : Atomic weight of iron

$V_1$  : Volume used in measurement

$V_2$  : Total volume of extract

### 18. 휘발성 염기태 질소(VBN)

단백질 변패정도를 조사하기 위하여 VBN은 高坂(1975, 1991)의 conway법을 약간 수정하여 실시하였다. 수리미 10g에 7%TCA(trichloro acetic acid)를 40ml을 넣어 12,000r.p.m에서 1분 30초간 균질하고 균질한 용액을 filter paper Whatman No2로 여과하여 여과한 액을 시료로 이용하였다. 반응을 38℃에서 90분간 시킨 후 최종적으로 0.01N HCL로 적정하여 주었다.

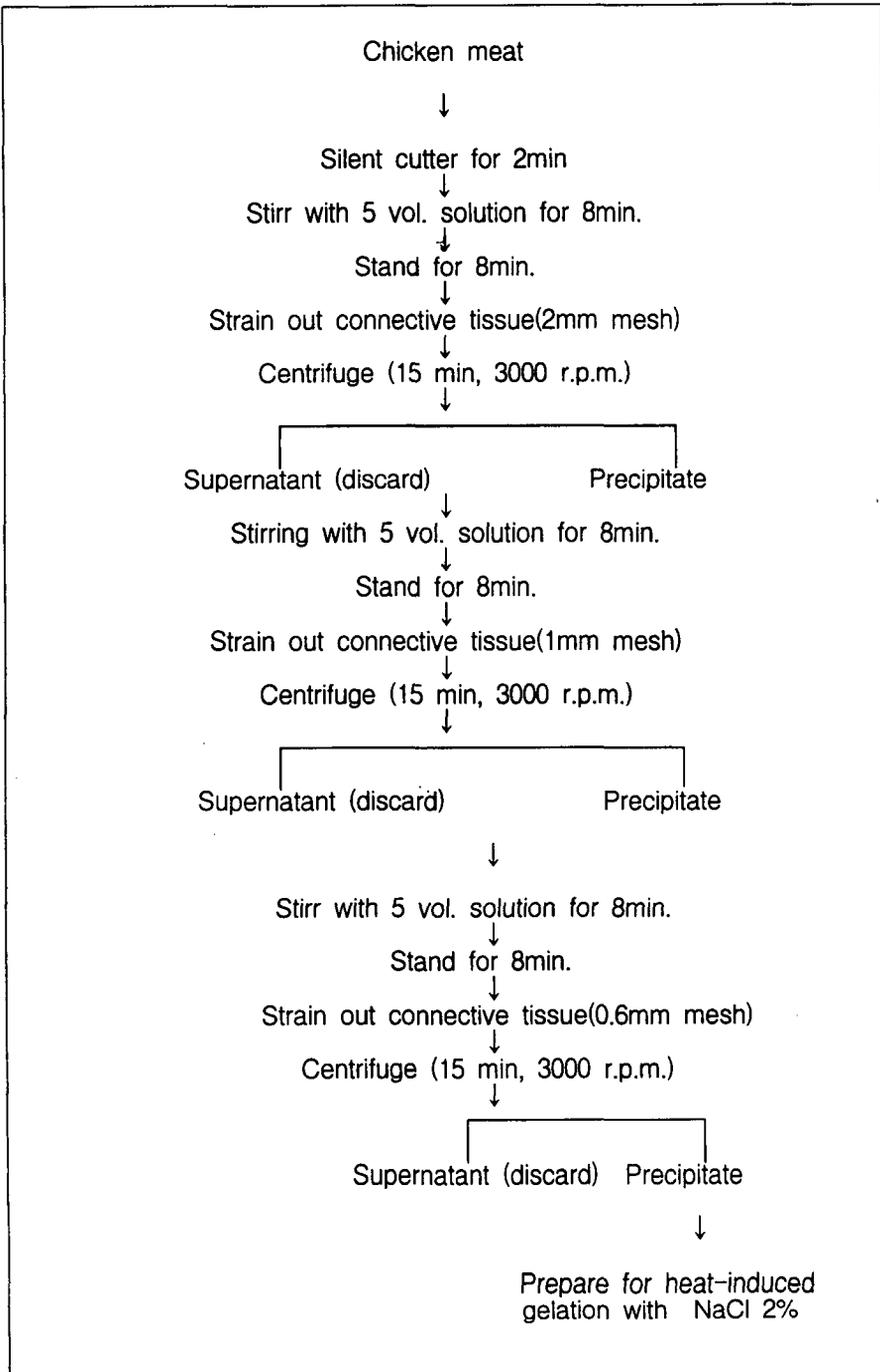


Fig. 1. Flow diagram of chicken surimi process.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 고급 제육단백질의 정제 기술 확립

##### 가. 원료육의 이화학적 특성

닭고기를 기계로 발골하여 정육을 얻거나 또는 발골후 남은 뼈를 압착하여 뼈의 물질을 회수하여 4종류의 시료에 대해 수세처리 하기전에 육질특성을 조사하였다. Table 1에서와 같이 일반성분을 보면 기계발골한 시료보다 손발골한 노계정육의 단백질이 19.8%로 가장 높았다. 시료중에서는 지방함량이 10.2-20.7로 변이가 심하였다. 특히 정육을 떼어내고 남은 잡뼈로부터 압착, 추출한 기계회수육(RCM)의 지방함량이 기계발골계육이나 손발골육에 비해 2배 이상 높았다. 이것은 발골과정에서 정육부분만 떼어냈기 때문이다. 수분함량을 보면 브로일러 MDCM이 74%로 가장 높았다. 수분함량이 상대적으로 높은 것은 지방함량이 10.2%로 가장 적게 함유하였기 때문이다. 회분함량은 노계육이면서도 기계압착과정에서 일부 뼈조각이 유입되었을 것으로 생각되는 노계 회수육(Spent RCM)이 가장 높았다.

각 시료의 색깔을 보면 적색도( $a^*$ )는 브로일러육이 높았고 반면 명도( $L^*$ )나 백색도( $W$ )는 노계육에서 높았다. 적색도가 높은 것은 발골과정에서 골수에 있는 hemoglobin이 유입되었거나 아니면 다른 육색소가 많이 함유되었기 때문으로 생각된다.

보수력은 기계발골계육(MDCM)이나 손발골 정육에서 높았고, 반면 회수육(RCM)에서 낮았다. 일반 회수육은 비교적 염용성 단백질이 적게 들어있고 지방, 기질단백질, 뼈와 같은 물질이 다량 들어있어 보수력이 떨어졌다고 판단되었다. 보수력은 근원섬유단백질 함량과 밀접한 관계가 있기 때문이다.

## 나. 최적 수세용매의 선택

용액별로 3회에 걸쳐 수세한 MDCM의 색깔변화를 보면 Table 2와 같다. 용액별 3처리구 모두 수세횟수가 1회에서 3회까지 반복될수록 명도(L\*)와 백색도(W)는 증가하였고, 반면 적색도(a\*)는 감소하는 변화를 보였다. 이것은 수세에 의하여 물에 쉽게 녹을수 있는 헤모글로빈이나 마이오글로빈과 같은 혈색소 단백질이 반복되는 수세로 말미암아 제거되었기 때문이다. 따라서 수세를 하므로써 종래의 붉은색은 감소되고 회고 밝은색으로 변하여 마치 어육 surimi와 유사한 색깔로 되었다. 수세한 기계발골계육이 대조구에 비해 색깔이 밝아지고 붉은 색이 감소하였다는 보고가 많다(Froning과 Niemann, 1988).

Hernandez 등(1986)은 기계발골칠면조육을 0.04m phosphate buffer(pH 8.0)로 수세하였을 때 명도와 황색도는 51%와 26%가 증가하였고 적색도는 64%가 감소하였다고 보고한 바 있다.

용액별로 비교를 해보면 명도와 백색도의 증가와 적색도의 감소가 관련이 있는 것으로 나타났다. 명도와 백색도는 STPP(sodium tripolyphosphate) 용액이 가장 높았고, 이어 SC(sodium chloride), SBC(sodium bicarbonate)순이었고, 반면 적색도는 이와 반대순으로 나타났다. 수세하여 색깔측면에서 보면 STPP가 가장 우수한 것으로 나타났다.

용액을 달리하여 수세한 MDCM을 가열하여 gel화시킨 다음 조직감을 Table 3과 같이 측정하여 비교하였다. 경도(Hardness), 저작성(Chewiness), 전단력(Shear value)이 모두 STPP 용액에서 가장 높았고, SBC가 가장 낮았다. 반면 점착력(Adhesiveness)에서는 SC 용액이 가장 높았고, STPP가 가장 낮았다. 용액별 수세하여 제조된 계육 surimi의 물성적인 측면에서 보면 대체로 STPP의 조직이 단단하다는 것을 알 수 있다. 그러나 점착력도 gel 강도를 결정하는 중요한 요인의 하나로 간주할 수 있기 때문에 조직만 단단하다고 gel 강도가 높다고는 할수 없을 것이다. 향후 압착시험이나 인장시험을 통해 종합적인 gel의 강도를 측정할 필요가 있다고 생각된다.

Table 1. Physicochemical analysis of raw materials<sup>1)</sup>

Parameter	Broiler(RCM)	Spent(RCM)	Broiler (MDCM)	Spent (lean meat)
Moisture(%)	66.0±2.1 <sup>c</sup>	65.7±0.5 <sup>c</sup>	74.0±0.2 <sup>a</sup>	67.8±0.4 <sup>b</sup>
Protein(%)	12.5±0.2 <sup>c</sup>	15.1±0.1 <sup>b</sup>	15.0±0.1 <sup>b</sup>	19.8±1.2 <sup>a</sup>
Lipid(%)	20.7±2.1 <sup>a</sup>	18.0±0.4 <sup>b</sup>	10.2±0.2 <sup>c</sup>	11.5±0.9 <sup>c</sup>
Ash(%)	0.8±0.03 <sup>c</sup>	1.2±0.03 <sup>a</sup>	0.8±0.05 <sup>c</sup>	0.9±0.07 <sup>b</sup>
pH	6.6±0.1 <sup>a</sup>	6.3±0.1 <sup>c</sup>	6.5±0.1 <sup>b</sup>	6.0±0.1 <sup>d</sup>
L <sup>2)</sup>	56.9±0.2 <sup>c</sup>	59.1±1.0 <sup>b</sup>	55.8±0.2 <sup>d</sup>	62.5±1.2 <sup>a</sup>
a <sup>*</sup>	20.2±1.4 <sup>a</sup>	17.3±0.5 <sup>b</sup>	19.6±0.2 <sup>a</sup>	11.6±0.8 <sup>c</sup>
b <sup>*</sup>	14.0±0.3 <sup>c</sup>	14.7±0.4 <sup>b</sup>	15.5±0.1 <sup>a</sup>	13.2±0.4 <sup>d</sup>
W	50.4±0.6 <sup>c</sup>	53.1±0.7 <sup>b</sup>	49.3±0.3 <sup>d</sup>	58.6±1.1 <sup>a</sup>
WHC <sup>3)</sup> (%, T.B. <sup>4)</sup> )	41.0±1.4 <sup>c</sup>	30.9±0.8 <sup>d</sup>	55.4±2.1 <sup>a</sup>	61.3±1.6 <sup>b</sup>
WHC (%, D.B.)	79.0±2.7 <sup>c</sup>	57.4±3.0 <sup>d</sup>	151.1±5.9 <sup>a</sup>	134.8±3.7 <sup>b</sup>
Collagen (%, T.B.)	2.4±0.37 <sup>a</sup>	2.4±0.01 <sup>a</sup>	2.3±0.02 <sup>a</sup>	2.6±0.01 <sup>a</sup>
SSP(%, T.B.)	8.8±0.2 <sup>a</sup>	7.8±0.2 <sup>a</sup>	8.2±0.2 <sup>a</sup>	8.3±0.9 <sup>a</sup>

RCM = Recovered chicken meat, MDCM = Mechanically deboned chicken meat, Spent = spent layer

2)  $L^*$  = Lightness,  $a^*$  = Redness,  $b^*$  = Yellowness, W : Whiteness =  $100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$

3) WHC = Water holding capacity SSP = Salt soluble protein

4) T.B. = Total basis, D.B. = Dry basis

<sup>abcd</sup> Means within row with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 2. Color changes of washed MDCM by different washing solution and cycle

Washing cycle	Solution	L*	a*	b*	W
1	SC <sup>1)</sup>	60.5±0.5 <sup>b</sup>	12.8±0.2 <sup>b</sup>	15.1±0.2 <sup>a</sup>	55.8±0.3 <sup>b</sup>
	SBC	56.5±0.3 <sup>c</sup>	13.9±0.1 <sup>a</sup>	14.5±0.1 <sup>b</sup>	52.0±0.2 <sup>c</sup>
	STPP	62.7±0.9 <sup>a</sup>	10.1±0.2 <sup>c</sup>	15.2±0.2 <sup>a</sup>	58.5±0.6 <sup>a</sup>
2	SC	64.2±1.6 <sup>a</sup>	10.1±0.2 <sup>a</sup>	15.3±0.1 <sup>a</sup>	59.8±1.1 <sup>b</sup>
	SBC	61.9±0.9 <sup>b</sup>	9.8±0.1 <sup>a</sup>	15.5±0.2 <sup>a</sup>	57.7±0.6 <sup>c</sup>
	STPP	65.8±0.1 <sup>a</sup>	6.4±0.1 <sup>b</sup>	15.3±0.1 <sup>a</sup>	62.0±0.1 <sup>a</sup>
3	SC	64.5±1.2 <sup>a</sup>	8.1±0.2 <sup>b</sup>	15.5±0.4 <sup>a</sup>	60.5±0.5 <sup>b</sup>
	SBC	60.7±0.7 <sup>b</sup>	8.6±0.2 <sup>a</sup>	15.2±0.4 <sup>a</sup>	57.0±0.5 <sup>c</sup>
	STPP	65.6±0.1 <sup>a</sup>	5.3±0.1 <sup>c</sup>	15.2±0.1 <sup>a</sup>	62.0±0.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> SC : Sodium chloride (0.5%, pH 6.0 ), SBC : Sodium bicarbonate buffer (0.5%, pH 6.0)

STPP : Sodium tripolyphosphate (0.5%, pH 6.0)

<sup>abc</sup> Means within column and each cycle with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ )

※ See footnote in Table 1

Table 3. Effect of washing solution on the textural properties of washed MDCM

Solution	TPA value <sup>1)</sup>				Cutting strength(g)
	Hardness (g)	Adhesiveness (g*s)	Springiness	Chewiness	
SC	149±4 <sup>b</sup>	-133±33 <sup>a</sup>	0.97±0.02 <sup>a</sup>	66±2.1 <sup>a</sup>	121±7 <sup>a</sup>
SBC	125±7 <sup>c</sup>	-108±21 <sup>ab</sup>	0.97±0.02 <sup>a</sup>	56±3.8 <sup>b</sup>	92±12 <sup>b</sup>
STPP	171±1 <sup>a</sup>	-84±31 <sup>b</sup>	0.94±0.03 <sup>a</sup>	68±4.7 <sup>a</sup>	132±27 <sup>a</sup>

1) TPA = Texture profile analysis

※ See footnote in Table 2

<sup>abc</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

용액별로 3회 각각 수세한 계육 Surimi의 화학적 성질을 보면 Table 4와 같다. 처리구간별 수분함량은 84.2-85.8%로 차이가 없었다. 이것은 사전에 용액의 pH를 6.0으로 조절하였기 때문에 pH에 따른 육단백질의 보수력에는 영향을 끼치지 않은 것으로 여겨진다. 동일한 pH에서 소금용액(SC)구가 보수력(WHC) 370%, 염용성단백질(SSP) 함량이 8.6%로 가장 높았다.

#### 다. 이온강도에 따른 수세효과

소금용액의 농도에 따라 3회 수세를 실시한 계육 Surimi의 색깔을 보면 Table 5와 같다. 소금의 이온강도가 높을수록 명도(L\*), 백색도(W), 황색도(b\*)는 증가하고 적색도(a\*)는 감소하였다. 소금 0%에 비해 1%일 때 명도는 55.1에서 65.4로 증가하였고, 백색도도 51.2에서 60.9로 약 10만큼 증가하였다. 반면 적색도는 14.1에서 7.5로 약 1/2정도나 줄어 들었다. 육조직에서 소금의 이온강도가 증가할수록 초기에는 수용성 단백질이 유리되고, 농도가 현저히 높아지면 염용성 단백질도 유리된다. Surimi의 주요 구성성분인 근원섬유 단백질의 함량을 고려하지 않고 단순히 색깔만 고려한다면 이온강도가 높을수록 좋다. 그러나 이온강도가 높으면 필요한 염용성 단백질도 함께 유리될수 있

으므로 적절한 농도에서 고려되어야 한다. Lin과 Park(1996)은 어육 surimi 제조를 위해 소금용액 0.25%, 0.5%, 1.0%까지는 이온강도가 높을수록 근원섬유단백질 손실이 줄어들었지만 2%에서는 증가하였다고 보고한바 있다.

TPA(texture profile analysis)에 의한 이온강도별 제조된 계육 surimi의 물성특성을 보면 Table 6과 같다. 경도(Hardness)는 소금 0.3, 0.2%에서 높았고, 점착력(Adhesiveness)은 소금 0.4, 0.6, 0.3%순으로 높았다. 이외에도 응집성(Cohesiveness), gumminess(고무질감과 같은 점착성), 저작성(Chewiness), 탄력성(Resilienss)면에서도 소금 0.3% 첨가구가 높았다. 그러므로 TPA 검사법으로는 소금 0.3%가 가장 단단한 조직감을 보였다고 할수 있다.

Table 7은 이온강도별 제조된 계육 surimi가 열에 의해 형성된 gel 조직감을 인장력과 압착력으로 측정하였다. TPA 검사에 의해 가장 단단한 조직일지라도 진정한 의미에서 gel 강도가 높다고 할 수가 없다. 왜냐하면 염용성 단백질에 의해 형성된 gel matrix가 가열에 의해 물성의 근간을 이루고 있기 때문이다. Gel 강도가 높을려면 뒤틀리는 성질, 휘어지는 성질, 외부의 힘에 의해 파괴되지 않고 견디는 저항력 등이 함께 고려되어야 하기 때문이다. 열에 의해 조직감이 형성된 수세한 surimi를 일정한 힘으로 서로 잡아당겼을 때 어느 시점에서 잘라지는 힘을 인장력(Tensile)으로 하였다. 소금 0.3% 용액으로 수세한 처리구에서 인장력이 188.8(g\*s)으로 0.2%의 127.3(g\*s)보다 높았다. 그러므로 0.3% 용액구가 잡아당겼을 때 저항력이 강한 것으로 나타났다. 압착시험에서는 인장시험과 약간 달리 소금 0.2% 용액구가 가장 높게 나타났다. 수세완료 후 열에 의해 gel 형성시킨 MDCM을 cylinder probe로 서서히 압착을 하면 초기에는 어느 정도 형태를 유지하려는 저항성이 생기다가 어느 시점 이상 지나면 고유의 형태가 순간적으로 파괴된다. 이 파괴될때까지의 힘을 압착강도(compress)로 측정하였다. 이와같이 물성의 측정항목중에서 인장력과 압착강도가 가열한 계육 surimi의 gel강도 가장 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. Table에서 보는 바와같이 인장력과 압착강도는 각각 소금 0.3%와 0.2%에서 가장 높았다. 따라서 조직감 측면에서 보면 소금의 이온강도가 0.2% 또는 0.3%의 용액이 적당하다고 판단된다.

Table 4. Proximate analysis of washed raw MDCM that was washed with the different solutions

Solutions	Moisture(%)	WHC(% <i>,D.B.</i> <sup>1)</sup> )	Collagen(% <i>,D.B.</i> )	SSP(% <i>,D.B.</i> )
SC	85.2±0.1 <sup>b</sup>	370±2 <sup>a</sup>	5.4±0.4 <sup>c</sup>	8.6±0.2 <sup>a</sup>
SBC	85.8±0.1 <sup>a</sup>	356±1 <sup>a</sup>	6.4±0.3 <sup>b</sup>	7.6±0.1 <sup>b</sup>
STPP	84.2±0.1 <sup>c</sup>	296±5 <sup>b</sup>	7.3±0.1 <sup>a</sup>	4.5±0.1 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> D.B. = dry basis

\* See footnote in Table 2

abc Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 5. Effect of NaCl concentrations on the color characteristics of washed MDCM

NaCl (%)	L * <sup>1)</sup>	a *	b *	W
0	55.1±0.2 <sup>e</sup>	14.1±0.2 <sup>a</sup>	12.6±0.2 <sup>d</sup>	51.2±0.2 <sup>f</sup>
0.2	56.8±0.2 <sup>d</sup>	13.3±0.1 <sup>b</sup>	14.7±0.1 <sup>c</sup>	52.6±0.2 <sup>e</sup>
0.3	59.1±0.8 <sup>c</sup>	11.4±0.6 <sup>c</sup>	15.1±0.7 <sup>c</sup>	54.8±0.6 <sup>d</sup>
0.4	62.3±3.3 <sup>b</sup>	11.5±0.2 <sup>c</sup>	15.7±0.3 <sup>b</sup>	57.8±2.1 <sup>c</sup>
0.5	62.2±0.7 <sup>b</sup>	9.4±0.1 <sup>d</sup>	15.4±0.2 <sup>b</sup>	58.3±0.3 <sup>c</sup>
0.6	61.7±0.2 <sup>b</sup>	9.6±0.1 <sup>d</sup>	16.5±0.3 <sup>a</sup>	57.1±0.1 <sup>b</sup>
1.0	65.4±0.9 <sup>a</sup>	7.5±0.1 <sup>e</sup>	16.5±0.2 <sup>a</sup>	60.9±0.7 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> L \* = Lightness, a \* = Redness b \* = Yellowness

$$W = \text{Whitness} = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$$

abcde: Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 6. Effect of NaCl concentrations on the TPA textural properties of washed MDCM

TPA <sup>1)</sup>	NaCl (%)					
	0	0.1	0.2	0.3	0.6	1.0
Hardness(g)	29.5±1.5 <sup>c</sup>	143.5±2.2 <sup>f</sup>	163.1±26.1 <sup>a</sup>	197.4±42.3 <sup>a</sup>	163.0±7.3 <sup>b</sup>	100±4.5 <sup>d</sup>
Adhesiveness(g*s)	-12.5±3.1 <sup>b</sup>	-78.4±7.8 <sup>bd</sup>	-70.8±24.7 <sup>bd</sup>	-123.3±30.0 <sup>a</sup>	-136.6±30. <sup>a</sup>	-93.3±21.7 <sup>a</sup>
Springiness	0.7±0.1 <sup>a</sup>	1.0±0.1 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	1.0±0.1 <sup>a</sup>	0.1±0.1 <sup>a</sup>	0.1±0.1 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.3±0.1 <sup>c</sup>	0.4±0.1 <sup>b</sup>	0.4±0.01 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>a</sup>	0.4±0.2 <sup>b</sup>	0.4±0.1 <sup>b</sup>
Gumminess	7.9±1.4 <sup>d</sup>	56.4±2.6 <sup>bc</sup>	67.3±9.6 <sup>b</sup>	96.1±24.3 <sup>a</sup>	71.1±7.1 <sup>b</sup>	40.3±1.3 <sup>c</sup>
Chewiness	5.3±0.7 <sup>a</sup>	54.0±2.8 <sup>bc</sup>	61.2±8.6 <sup>b</sup>	93.9±22.2 <sup>a</sup>	68.5±5.3 <sup>b</sup>	38.2±1.3 <sup>c</sup>
Resilienss	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1	0.1±0.1

<sup>1)</sup> TPA = Texture profile analysis

<sup>abcd</sup> Means within row with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 7. Effect of NaCl concentration on the tensile and compress properties of washed MDCM

NaCl(%)	Tensile		Compress	
	value(g*s)	area	value(g*s)	area
0	5±1 <sup>d</sup>	13±4 <sup>d</sup>	12±3 <sup>d</sup>	191±54 <sup>d</sup>
0.1	84±9 <sup>c</sup>	270±36 <sup>c</sup>	581±26 <sup>c</sup>	5015±119 <sup>c</sup>
0.2	127±15 <sup>b</sup>	409±5 <sup>b</sup>	1139±88 <sup>a</sup>	8868±429 <sup>a</sup>
0.3	189±11 <sup>a</sup>	620±39 <sup>a</sup>	770±94 <sup>b</sup>	6536±600 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

소금의 이온강도별로 제조한 계육 surimi의 일반조성을 보면 Table 8과 같다. 소금을 넣지 않은 대조구에 비해 소금을 넣은 구가 수분 함량과 단백질 함량이 약간 낮아 소금에 의한 탈수작용과 일부 단백질이 용해되어 유리된 것으로 생각된다. pH는 소금첨가 농도간에는 차이가 없었으나 대조구에 비해 약 0.2정도 높은 경향을 보였다. 그리고 지방함량은 소금농도와 상관없이 차이가 없었다.

Table 9는 소금 이온강도에 따라 제조된 보수력(WHC), 콜라젠 함량, 염용성 단백질(SSP) 함량을 나타내고 있다. 보수력은 0%에서는 낮았지만 0.2% 이상에서는 대조구보다 높은 경향을 보였으면 그 후 농도를 증가시킬수록 처리구간 차이가 없었다. Yi와 Mast(1991)는 노계육에서 추출한 염용성단백질의 증가는 보수력의 증가를 가져온다고 보고한 바 있다.

콜라젠은 농도가 증가할수록 약간 증가하였다. 이는 기질단백질이 소금에 의해 불용화되어 제거되지 않고 원심분리에 의해 남아있었기 때문으로 생각된다. 이온강도가 높을수록 염용성 단백질 함량도 약간 줄어드는 경향을 보였다. 용액의 이온강도가 높을수록 원료육에 있는 염용성 단백질이 용액속으로 유출되어 제거되기 때문에 수세완료된 MDCM에는 염용성 단백질이 줄어들었다고 생각된다.

#### 라. 최적 수세회수에 따른 품질변화

0.5%의 NaCl 용액으로 수세횟수 1에서 4회까지 각 단계별 MDCM의 색깔변화를 보면 Table 10과 같다. 수세횟수가 증가할수록 황색도( $b^*$ )는 큰 차이가 없었으나 명도( $L^*$ )나 백색도(W)는 증가하고 적색도( $a^*$ )는 감소하는 경향을 보였다. 수세단계별로 적색도가 감소하는 것은 혈색소 단백질(hemoglobin)이나 육색소 단백질(myoglobin)이 제거되었기 때문으로 판단된다. 이와같이 색소 단백질이 제거되면 상대적으로 백색도와 명도가 증가하게 된다. 3회와 4회 수세간 비교를 해보면 적색도만 유의적인 차이가 있었을 뿐 그 외 명도, 황색도, 백색도는 통계적인 차이가 없었다.

수세횟수별로 제조된 계육 surimi를 가열하여 조직검사를 실시하였다. Table

11에서 보는바와 같이 경도(Hardness)는 2회와 3회에서, 높았으나 점착력(Adhesiveness)과 전단력(Cutting strength)은 1-2회가 3-4회보다 높았다. 수세횟수가 증가할수록 종합적인 조직감은 약해졌다. 이와같은 결과는 어육 surimi를 3배의 물로 3회 수세할수록 조직이 부드러움고 유연해진다고 Hastings(1989)이 보고한바 있어 많은량의 용액으로 여러번 수세하는 것에 대해 의의를 제기하기도 하였다. 본 실험에서도 수부세횟수가 증가할수록 조직감이 약해지는 원인이 surimi의 수분함량이 증가하는데도 그 원인이 있다고 생각된다. 또한 TPA나 전단력만으로 진정한 gel 강도의 지표가 될 수있는가에 대해서는 많은 의구심이 있기 때문에 향후 계속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

Table 8. pH and chemical composition of washed raw MDCM that was washed with the different concentration of NaCl solution

NaCl(%)	Moisture(%)	Protein(%)	Lipid(%)	Ash(%)	pH
0	88.4±0.20 <sup>a</sup>	12.0±0.33 <sup>a</sup>	0.2±0.10 <sup>bc</sup>	1.1±0.01 <sup>c</sup>	6.4±0.01 <sup>c</sup>
0.3	86.8±0.16 <sup>b</sup>	13.7±0.66 <sup>a</sup>	0.4±0.06 <sup>ab</sup>	1.4±0.04 <sup>b</sup>	6.6±0.02 <sup>b</sup>
0.5	86.9±0.84 <sup>b</sup>	12.3±0.22 <sup>b</sup>	1.2±1.15 <sup>a</sup>	1.5±0.04 <sup>a</sup>	6.6±0.01 <sup>a</sup>
1.0	87.6±0.12 <sup>b</sup>	11.8±0.76 <sup>b</sup>	0.0±0.06 <sup>c</sup>	1.6±0.01 <sup>a</sup>	6.6±0.01 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 9. Effect of NaCl concentration on the proximate analysis of washed MDCM

NaCl (%)	WHC <sup>1)</sup> (%, D.B.)	Collagen(%, D.B.)	SSP(%, D.B.)
0	180.5±7.1 <sup>b</sup>	9.4±0 <sup>b</sup>	8.1±0.2 <sup>a</sup>
0.3	240.7±3.2 <sup>a</sup>	7.8±0 <sup>c</sup>	7.8±0.4 <sup>b</sup>
0.5	245.5±13.2 <sup>a</sup>	11.1±0 <sup>a</sup>	7.3±0.1 <sup>b</sup>
1.0	245.0±2.3 <sup>a</sup>	9.4±0 <sup>b</sup>	6.7±0.1 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> WHC = Water holding capacity, SSP = Salt soluble protein, D.B. = Dry basis

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 10. Effect of washing cycle on the color properties of washed MDCM

Cycle	L <sup>*)</sup>	a <sup>*</sup>	b <sup>*</sup>	W
1	59.5±0.5 <sup>c</sup>	12.5±0.1 <sup>a</sup>	15.6±0.1 <sup>c</sup>	54.9±0.4 <sup>c</sup>
2	61.4±0.3 <sup>b</sup>	10.8±0.1 <sup>b</sup>	16.1±0.1 <sup>a</sup>	56.8±0.2 <sup>b</sup>
3	61.8±0.3 <sup>ab</sup>	9.4±0.1 <sup>c</sup>	15.7±0.1 <sup>b</sup>	57.7±0.3 <sup>a</sup>
4	62.1±0.1 <sup>a</sup>	8.9±0.1 <sup>d</sup>	15.8±0.1 <sup>b</sup>	58.0±0.1 <sup>a</sup>

<sup>\*)</sup> L\* = Lightness, a\* = Redness b\* = Yellowness

$$W = \text{Whiteness} = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$$

<sup>abcde</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 11. Effect of washing cycle on the textural properties of washed MDCM

Parameter	Washing cycle			
	1	2	3	4
Hardness(g)	189.5±8.8 <sup>b</sup>	216.4±5.4 <sup>a</sup>	212.9±4.9 <sup>a</sup>	205.5±5.0 <sup>ab</sup>
Adhesiveness (g*s)	-190.5±28.1 <sup>a</sup>	-168.6±33.3 <sup>a</sup>	-141.2±22.0 <sup>b</sup>	-97.9±8.7 <sup>c</sup>
Springiness	0.9±0.03 <sup>a</sup>	0.9±0.04 <sup>a</sup>	0.9±0.04 <sup>a</sup>	0.9±0.03 <sup>a</sup>
Chewiness	76.7±13.6 <sup>a</sup>	87.1±4.3 <sup>a</sup>	74.9±17.9 <sup>a</sup>	74.9±18.0 <sup>a</sup>
Cutting strength(g)	123.1±31.3 <sup>a</sup>	95.6±17.1 <sup>ab</sup>	79.5±16.1 <sup>ab</sup>	65.6±7.4 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup> Means within row with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 12. Proximate analysis of washed raw MDCM by washing cycle

Washing cycle	Moisture(%)	WHC(% , D.B.) <sup>1)</sup>	Collagen(% , D.B.)	pH
1	81.6±0.1 <sup>c</sup>	272.7±3.0 <sup>b</sup>	6.2±0.3 <sup>b</sup>	6.5±0.01 <sup>a</sup>
2	82.5±0.2 <sup>b</sup>	295.4±3.5 <sup>a</sup>	6.2±0.4 <sup>b</sup>	6.6±0.1 <sup>a</sup>
3	83.0±0.1 <sup>b</sup>	299.4±4.4 <sup>a</sup>	5.8±0.3 <sup>a</sup>	6.6±0.1 <sup>a</sup>
4	84.2±0.4 <sup>a</sup>	302.6±1.6 <sup>a</sup>	5.6±0.2 <sup>a</sup>	6.6±0.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>WHC = Water holding capacity, D.B. = Dry basis

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 12는 수세횟수에 따른 surimi의 이화학적 특성을 나타내고 있다. 수세를 여러번 할수록 수분함량도 많고 보수력도 높았다. 반면 콜라젠 함량은 3~4회가 1~2회에 비해 감소하였다. 이와같은 결과를 종합해보면 최소한 수세를 3회정도 실시하면 surimi의 품질이 높아진다는 사실을 알 수 있다.

#### 마. 최적 수세온도 결정

수세용액의 온도가 수세완료 후 계속 surimi의 품질에 어떠한 영향을 끼치는지 구명하기 위해 용액을 4℃와 20℃에서 실시하였다. Table 13과 같이 용액의 온도를 달리하였을 때 색깔의 변화를 보면 명도(L\*)와 적색도(a\*)는 20℃에 비해 4℃에서 약간 높았다. 일반적으로 명도나 백색도(W)가 증가하면 상대적으로 적색도는 감소하는 경향이 많은데 본 실험에서는 20℃에서 명도, 백색도, 적색도 모두가 낮은 다른 경향을 보였다. 수세에 의한 계속 surimi의 색깔은 하얗고, 밝고 붉은 색이 없을수록 품질이 높은 것으로 판정되므로 명도, 백색도가 높고 적색도가 낮을수록 좋다. 그러나 Table에서 보는 바와같이 용액의 온도별 색깔의 변화 차이는 매우 미미하게 나타났기 때문에 최종 surimi의 품질에 있어서 용액의 온도가 중요한 영향요인이 아닌 것으로 판단되었다.

수세완료후 gel 형성을 위해 2%의 소금을 혼합하거나 혼합후 계속 가열시켜 gel을 완성시켰을때 색깔은 처리단계에 따라 현저히 변화하였다. 가열전에 소금 2%를 첨가하면 명도와 백색도가 감소하고 적색도, 황색도와 선명도(C)가 증가하였다 이것은 색이 약간 어두어지고 더 선명하여졌다고 할수 있다. 그러나 가열처리를 하면 육단백질이 변성되면서 색깔이 많이 변하게 된다. 수세완료된 surimi와 가열완료된 surimi의 색깔변화를 비교해보면 우선 적색도나 황색도, 선명도가 감소하고 명도, 백색도, hue-angle이 증가한다는 점이다. 따라서 수세 직후 색깔의 변화보다는 수세후 계속 소금을 첨가하여 육단백질이 팽윤된 상태에서 가열에 의해 형성된 gel도 색깔의 변화가 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

수세용액의 온도차이가 gel의 물성에 미치는 효과를 보면 Table 14와 같다. TPA 시험을 통한 결과를 보면 경도만이 20℃가 232.8g으로 5℃의 204.4g보다

약간 높았을 뿐 통계적 유의성이 인정되지 않았다. Table 15에서와 같이 인장력과 압착강도의 차이를 보면 수세온도별 숫자상의 차이는 있었지만 통계적인 유의차가 인정되지 않았다. 따라서 형성된 gel의 물성측면에서 보더라도 수세용액의 정도에 따른 조직감의 차이는 없는 것으로 판단된다.

Table 16은 수세온도를 달리하여 제조된 surimi의 품질에 영향을 주는 화학적인 특성을 조사하였다. 수분함량, 콜라겐 함량, 염용성 단백질(SSP) 함량에서 온도처리구간 차이가 없었고 보수력(WHC)에서 4℃가 20℃에 비해 약간 높은 경향을 보였다.

Table 13. Effect of washing temperature on the color properties of washed MDCM

Tem (°C)	Processing Steps <sup>1)</sup>	L <sup>2)</sup>	a <sup>*</sup>	b <sup>*</sup>	W	C	h <sup>0</sup>
4℃	After washing	55.9±0.3 <sup>ab</sup>	14±0.2 <sup>b</sup>	14.2±0.1 <sup>c</sup>	51.6±0.3 <sup>c</sup>	19.9±0.2 <sup>b</sup>	45.5±0.1 <sup>d</sup>
	Salt added	53.2±0.9 <sup>b</sup>	14.9±0.2 <sup>a</sup>	15.2±0.19 <sup>a</sup>	48.5±0.8 <sup>d</sup>	21.3±0.3 <sup>a</sup>	45.5±0.2 <sup>d</sup>
	After cooked	63.0±0.4 <sup>a</sup>	5.1±0.1 <sup>e</sup>	12.59±0.2 <sup>e</sup>	60.6±0.4 <sup>a</sup>	13.6±0.2 <sup>d</sup>	68.0±0.4 <sup>b</sup>
20℃	After washing	55.7±0.9 <sup>ab</sup>	12.5±0.1 <sup>d</sup>	13.9±0.2 <sup>d</sup>	51.9±0.7 <sup>c</sup>	18.7±0.2 <sup>c</sup>	48.0±0.3 <sup>c</sup>
	Salt added	53.2±0.8 <sup>ab</sup>	13.4±0.3 <sup>c</sup>	14.7±0.3 <sup>b</sup>	49.1±0.6 <sup>d</sup>	19.9±0.4 <sup>b</sup>	47.8±0.2 <sup>c</sup>
	After cooked	61.6±0.6 <sup>a</sup>	4.5±0.2 <sup>f</sup>	11.9±0.3 <sup>f</sup>	59.5±0.5 <sup>b</sup>	12.8±0.3 <sup>e</sup>	69.6±0.8 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> After washing : washed MDCM with 0.2% NaCl solution for 3 cycles

Salt added : added 2% NaCl and mixed at 8000rpm for 2 min.

After cooked : heated MDCM for 30 min after the internal temperature attained at 75℃

<sup>2)</sup> L<sup>\*</sup> = Lightness, a<sup>\*</sup> = Redness, b<sup>\*</sup> = Yellowness,

W : Whiteness =  $100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$

C : Saturation =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ , h<sup>0</sup> = Hue-angle =  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ .

<sup>abcde</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P < 0.05)

Table 14. Effect of washing temperature on the TPA textural properties of washed MDCM

TPA <sup>1)</sup>	Temperature(°C)	
	4	20
Hardness(g)	204.4±13.0 <sup>b</sup>	232.8±12.2 <sup>a</sup>
Adhesiveness(g*s)	-86.6±15.0 <sup>a</sup>	-116.3±42.5 <sup>a</sup>
Springiness	1.0±0.1 <sup>a</sup>	1.0±0.1 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.4±0.1 <sup>a</sup>	0.4±0.1 <sup>a</sup>
Gumminess	87.0±9.2 <sup>a</sup>	98.7±7.7 <sup>a</sup>
Chewiness	83.5±9.3 <sup>a</sup>	78.1±8.0 <sup>a</sup>
Resiliense	0.1±0.1 <sup>a</sup>	0.1±0.1 <sup>a</sup>

1) TPA = Texture profile analysis

<sup>abcd</sup> Means within row with different superscripts are significantly different(P <0.05)

#### 바. 수세를 위한 최적 pH의 선정

pH는 육단백질의 추출성과 추출후 열에 의한 육의 기능성 특성과 조직감에 영향을 끼치는 중요한 요인이 된다. 따라서 수세후 surimi의 수율과 품질에 미치는 영향을 구명하였다. Table 17에서 보는 바와 같이 수세완료된 계육 surimi의 색깔은 pH가 5에서 8까지 증가할수록 명도(L\*), 백색도(w)는 감소하고 적색도(a\*), 황색도(b\*), 선명도(c)는 증가하였다. pH 5의 용액에서 수세완료된 시료가 명도와 백색도가 높고, 적색도가 낮기 때문에 색깔측면에서 보면 품질이 우수하다고 할 수 있다. 그러나 surimi의 품질을 결정적으로 영향을 끼치는 요인인 물성적인 측면에서도 함께 고려되어야 할 것이다.

Table 18은 2% 소금을 첨가하여 수세한 계육 surimi를 팽윤시켜 가열처리하여 gel matrix를 고정시킨 다음 색깔을 측정하는 것이다. 가열하지 않은 surimi와 같이 명도와 백색도는 pH가 높을수록 감소하는 경향을 보였으나 적색도는 반대로 더 낮아지는 경향을 보였다. 가열에 따른 색깔의 변화폭은 더 심하게 나

타났다. 명도는 가열전 61.5-57.2에서 가열후 69.6-65.0으로, 백색도는 58.4-53.4에서 66.9-62.5로 현저히 증가하였다. 반면 적색도는 가열전 8.5-10.3에서 가열후 0.9-0.5로 급감하여 대부분 잔존하는 육색소 단백질이 변성되었을 알 수 있었다. 이와같이 pH에 따른 색깔의 변화는 가열처리하므로써 처리구간 차이가 줄어들어는 것으로 나타났다.

pH에 따른 가열처리한 계육 surimi의 물성을 보면 Table 19와 같다. 경도(Hardness)는 pH 5와 6에서 가장 높았고, 탄성(Springiness, Resiliense)과 응집성(Cohesiveness)은 pH 7.0 이상이 pH 5.0 이하보다 유의성있게 높았다. 점착성(adhesiveness, gumminess), 저작성(chewiness), 전단력(cutting strength)은 pH 6.0에서 가장 높게 나타났다. 이와같이 TPA 시험과 전단력의 결과를 보면 pH 6.0에서 수세완료된 계육 surimi가 가열에 의해 형성된 gel 강도가 가장 높았다.

Table 20에서 인장력을 보면 pH 6.0과 7.0에서 가장 높게 나타났고, 압착강도에서는 pH 6.0에서 가장 높게 나타났다. 이와같이 물성적인 측면에서 gel의 강도를 단순하게 판단하기에는 너무 많은 물성요인이 때문에 어려움이 많아 향후 연구과제로 남아야 할 것 같다. Smyth와 O'Neill(1997)은 계육 surimi를 pH 6.4에서 pH 6.0으로 낮추면 gel 강도가 높다고 하였다. 닭고기와 칠면조 고기에서도 단백질의 gel강도는 pH 6.0에서 가장 높았다고 보고(Foegeding, 1987, Xiong과 Brekke, 1991)한바 있다. 그러나 O'Neill 등(1993)은 토끼에서 추출한 actomyosin(단백질 50mg/ml)을 70℃에서 30분간 가열하였을 때 pH 5.5에서 압착강도(compressive strength)가 가장 강했고 pH 8.0으로 증가할수록 감소한다고 하였다. 본 실험결과 Table 19와 20에서 나타난 종합적인 자료를 가지고 판단한다면 pH 6.0에서 제조된 계육 surimi의 gel 강도가 가장 우수하다고 할 수 있다.

Table 21에서와 같이 pH가 증가할수록 수분 함량이 많아지고 따라서 보수력도 증가하게 된다. 보수력은 육의 등전점인 pH 5.2에서 최저수준을 보이다가 pH가 증가할수록 전하량의 차이로 근간조직이 넓어지면서 많은 수분을 보유하게 된다. 또한 pH 5에서 염용성 단백질이 6.9% 추출되었으나 pH 8에서 14.4로 증가하였다. 이와같이 물성적인 측면외에 가공적성 측면에서 보면 pH가 높을수록 좋아지는 것으로 나타났다. 그러나 gel화된 계육 surimi의 최대 품질인자는 물성이므로 종합적인 요인을 고려한다면 pH 6.0 > pH 7.0순으로 우수한 것으로 판단된다

Table 15. Effect of washing temperature on the tensile and compress properties of washed MDCM

Temp.(°C)	Tensile		Compress	
	value(g*s)	area	value(g*s)	area
4	105±31 <sup>a</sup>	390±75 <sup>a</sup>	1938±139 <sup>a</sup>	13788±775 <sup>a</sup>
20	112±35 <sup>a</sup>	410±98 <sup>a</sup>	1995±315 <sup>a</sup>	14152±2518 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 16. Proximate analysis of washed raw MDCM that was washed with different temperature solution

Temp. (°C)	Moisture(%)	WHC(% , D.B.)	Collagen(% , D.B.)	SSP(% , D.B.)
4	82.7±0.1 <sup>a</sup>	308.2±1.7 <sup>a</sup>	6.6±0.1 <sup>a</sup>	8.7±0.1 <sup>a</sup>
20	82.6±0.1 <sup>a</sup>	301.4±0.9 <sup>b</sup>	6.4±0.2 <sup>a</sup>	8.8±0.1 <sup>a</sup>

D.B. = Dry basis

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 17. Effect of pH on the color properties of washed and uncooked MDCM

pH	L <sup>*</sup> 1)	a <sup>*</sup>	b <sup>*</sup>	W	C	h <sup>0</sup>
5	61.5±0.3 <sup>a</sup>	8.5±0.1 <sup>c</sup>	13.0±1.4 <sup>b</sup>	58.4±0.5 <sup>a</sup>	16.4±0.3 <sup>c</sup>	58.7±0.2 <sup>a</sup>
6	57.8±0.3 <sup>b</sup>	12.5±0.5 <sup>a</sup>	14.7±0.2 <sup>ab</sup>	53.6±0.2 <sup>b</sup>	19.4±0.3 <sup>a</sup>	49.7±0.1 <sup>c</sup>
7	56.4±0.8 <sup>b</sup>	12.1±0.2 <sup>a</sup>	14.5±0.2 <sup>ab</sup>	52.5±0.7 <sup>b</sup>	18.8±0.3 <sup>ab</sup>	50.1±0.1 <sup>c</sup>
8	57.2±1.1 <sup>b</sup>	10.3±0.5 <sup>b</sup>	15.3±0.4 <sup>a</sup>	53.4±0.8 <sup>b</sup>	18.2±0.2 <sup>b</sup>	56.0±0.3 <sup>b</sup>

1) L<sup>\*</sup> = Lightness, a<sup>\*</sup> = Redness, b<sup>\*</sup> = Yellowness,

$$W : \text{Whiteness} = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$$

$$C : \text{Saturation} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}, h^0 = \text{Hue-angle} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 18. Effect of pH on the color properties of washed and cooked MDCM

pH	L*	a*	b*	W	C	h <sup>o</sup>
5	69.6±0.5 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	13.1±0.2 <sup>a</sup>	66.9±0.4 <sup>a</sup>	13.2±0.2 <sup>a</sup>	86.1±0.4 <sup>b</sup>
6	64.1±0.7 <sup>c</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	11.4±0.3 <sup>b</sup>	62.3±0.6 <sup>b</sup>	11.5±0.3 <sup>b</sup>	85.4±0.5 <sup>b</sup>
7	63.7±0.7 <sup>c</sup>	0.8±0.1 <sup>a</sup>	11.7±0.4 <sup>b</sup>	61.9±0.8 <sup>b</sup>	11.7±0.4 <sup>b</sup>	86.1±0.4 <sup>b</sup>
8	65.0±0.2 <sup>b</sup>	0.5±0.2 <sup>b</sup>	13.5±0.3 <sup>a</sup>	62.5±0.2 <sup>a</sup>	13.5±0.3 <sup>a</sup>	88.1±0.9 <sup>a</sup>

\* See footnote in Table 17

Table 19. Effect of pH on the textural properties of washed MDCM

Parameter	pH			
	5	6	7	8
Hardness(g)	289.9±34.8 <sup>a</sup>	277.3±41.9 <sup>a</sup>	102.7±21.6 <sup>b</sup>	31.9±6.7 <sup>c</sup>
Adhesiveness (g*s)	-31.2±19.0 <sup>c</sup>	-103.1±46.4 <sup>a</sup>	-65.6±36.1 <sup>ab</sup>	-12.6±3.7 <sup>c</sup>
Springiness	0.8±0.1 <sup>b</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>a</sup>	0.9±0.1 <sup>ab</sup>
Cohesiveness	0.3±0.1 <sup>b</sup>	0.4±0.1 <sup>a</sup>	0.4±0.1 <sup>a</sup>	0.4±0.1 <sup>a</sup>
Gumminess	85.4±28.7 <sup>b</sup>	124.2±26.6 <sup>a</sup>	42.7±11.1 <sup>c</sup>	12.1±2.2 <sup>d</sup>
Chewiness	72.9±29.5 <sup>b</sup>	117.2±25.3 <sup>a</sup>	39.8±12.1 <sup>b</sup>	10.4±2.1 <sup>c</sup>
Resiliense	0.1±0.02 <sup>b</sup>	0.1±0.01 <sup>a</sup>	0.1±0.01 <sup>ab</sup>	0.1±0.01 <sup>a</sup>
Cutting strength(g)	473.1±29.9 <sup>b</sup>	213.8±67.5 <sup>b</sup>	144.7±31.3 <sup>c</sup>	35.4±1.6 <sup>d</sup>

<sup>abcd</sup> Means within row with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 20. Effect of pH on the tensile and compress properties of washed MDCM

pH	Tensile		Compress	
	value	area	value	area
5	-108±18 <sup>bc</sup>	395±58 <sup>bc</sup>	633±5 <sup>c</sup>	6329±542 <sup>c</sup>
6	-171±11 <sup>ab</sup>	617±41 <sup>ab</sup>	1056±84 <sup>a</sup>	10562±844 <sup>a</sup>
7	-238±51 <sup>a</sup>	807±144 <sup>a</sup>	781±4 <sup>b</sup>	7814±43 <sup>b</sup>
8	-36±8 <sup>c</sup>	109±25 <sup>c</sup>	156±13 <sup>d</sup>	1560±127 <sup>d</sup>

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

Table 21. Proximate analysis of washed raw MDCM according to different pH of meat

pH	Moisture(%)		WHC <sup>1)</sup> (%, D.B.)		Collagen (%, D.B.)	SSP(%, D.B.)
	Uncooked	Cooked	Uncooked	Cooked		
5	84.9±0.2 <sup>d</sup>	74.8±0.2 <sup>d</sup>	192.4±18.8 <sup>d</sup>	7.2±2.4 <sup>d</sup>	5.4±0.2 <sup>c</sup>	6.9±0.01 <sup>d</sup>
6	85.4±0.1 <sup>c</sup>	81.1±0.4 <sup>c</sup>	237.6±10.4 <sup>c</sup>	72.1±5.7 <sup>c</sup>	6.8±0.4 <sup>b</sup>	8.3±0.01 <sup>c</sup>
7	88.2±0.1 <sup>b</sup>	84.0±0.4 <sup>b</sup>	317.9±7.2 <sup>b</sup>	132.0±22.8 <sup>b</sup>	7.3±0.2 <sup>b</sup>	10.62±0.1 <sup>b</sup>
8	92.0±0.1 <sup>a</sup>	89.2±0.1 <sup>a</sup>	697.5±21.1 <sup>a</sup>	376.9±20.7 <sup>a</sup>	10.8±0.3 <sup>a</sup>	14.4±0.1 <sup>a</sup>

1) WHC = Water holding capacity, SSP = Salt soluble protein

D.B. = Dry basis

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P <0.05)

## 사. 경제성 확보를 위한 저급육 surimi 정제기술 확립

경제성있는 계육 surimi를 제조하기 위해 ① 저렴한 원료육의 선택, ② 기계설비의 최소화, ③ 가공공정의 단순화가 필수여건이다.

### 1) 저렴한 원료육의 선택

수세를 통해 계육 surimi를 제조하고자 할 때 이용되는 닭고기는 가격과 품질이 낮은 저급육을 이용해야 경제적이다. 대표적인 저급육으로는 기계발골계육(MDCM, mechanically deboned chicken meat)이나 발골후 남은 뼈에 압출한 기계회수육(MRCM, mechanically recovered chicken meat)이 있다. 특히 산란 노계(spent layer)로부터 추출한 기계육을 이용하면 경제적이다.

### 2) 기계설비의 최소화

기계설비는 구입하는데 많은 돈이 들고 운영하는데 인건비나 유지비가 들기 때문에 가능한 최소화하는 것이 바람직하다. 본 연구에서 소요되는 가장 기본적인 기계설비로 분쇄계육과 용액이 잘 섞이는데 필요한 혼합기와 수용성 단백질이나 지방을 제거하기 위한 원심분리기만이 필요하다.

### 3) 가공공정의 단순화

수세횟수를 최소 3회까지만 하도록 하였다. 이것도 산업체에서 목표로하는 계육품질 여건이 충족된다면 1-2회로 줄일 수도 있다. 수세용액의 용매로 소금(NaCl)을 선정하므로써 수세완료된 surimi의 pH를 재조정하는 번거름을 피하도록 하였다. 또한 수세용액의 온도를 별도로 조절할 필요가 없이 상온에서 실시하므로써 경제적이고, 이에 따라 작업환경도 유연성을 지닐 수 있다.

## 아. 산업화를 위한 pilot식 수세 및 탈수방법의 모델정립

1) 냉동 MDCM, RCM 10kg을 microwave나 침수해동을 시킨다.

2) 인대나 건과 같이 결체조직이 많은 노계육은 silent cutter에 넣고 2분간 세절시킨다.

- 3) 0.2-0.5% 소금물 50kg과 세절육 10kg을 혼합기에 넣고 8분간 100rpm으로 휘젓는다.
- 4) 혼합작업이 끝난 후 8분간 정치시킨다.
- 5) 혼합물을 2mm용 mesh에 여과시켜 결체조직을 제거시킨다.
- 6) 원심분리에 옮겨 3,000rpm에서 25분간 원심분리시킨다. 이때 온도가 0-3℃ 정도를 유지시키는 것이 지방분리를 위해 좋다.
- 7) 상등액과 상층부에 있는 지방을 제거하고 침전된 부분에서 층이 선명한 최하단의 조야한 과립층도 제거한다.
- 8) 다시 0.2-0.5% 소금물을 50kg 넣고 동일한 방법으로 3회까지 실시한다.
- 9) 최종 원심분리한 침전물을 즉시 gel화 제품에 이용하든지, 아니면 인산염 sorbitol과 같은 냉동변성 방지제를 첨가하여 급속냉동시켜 -18℃에 저장한다.

## 2. 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립

### 가. 저장온도 및 기간에 따른 근원섬유 단백질의 기능성 조사

#### 1) 육계 surimi의 냉동저장중 기능성 변화

계육으로부터 수리미를 제조하기 위해서 원료 닭고기 2종류를 선정하였다. 육계를 분할하고 남은 목뼈, 등, 날개 등에서 압출하여 얻은 기계발골계육(MDCM, mechanically deboned chicken meat)과 산란후 노계 지육(spent layer meat)을 이용하였다. 이들 고기로부터 수세처리하여 수리미를 제조하였다. 표 1과 같이 본 실험에 사용된 원료육과 수리미의 일반조성을 보면 원료육의 수분은 약 70%인데 비해 수리미는 85-86%로 약 15% 증가하였다. 이것은 수세처리에 의해 물이 유입되었기 때문이다. 이에 반해 지방함량은 원료육이 16%에 비해 수리미는 약 4%로 현저히 감소하였다. 따라서 수세처리를 함으로써 원료육의 지방함량을 현저히 줄일 수 있었다. 단백질 함량도 원료육의 12.5%와 14.0%에서 6.7%와 9.9%로 줄어들었다. 이것은 수세과정에서 수용성 단백질이 대부분 제거되었고 수세용액으로 0.5%의 소금물을 사용하여 약간의 이온강도를 높인 상태이기 때문에 일부 염용성 단백질도 유실되었으리라 추측된다. 또한 수분 함량이 약 15% 정도 증가하였기 때문에 상대적으로 구성비율이 낮은 요인도 있다.

육계 기계발골계육으로 부터 제조한 수리미의 냉동저장중 색깔의 변화를 관찰하였다. 표 2와 같이 명도(L\*)는 저장온도와 기간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 저장온도가 높은 -10℃에서는 냉동초기에 비해 20주의 L\*값이 현저히 저하되었다. 특히 소금과 인산염을 첨가한 수리미보다 솔비톨과 설탕을 첨가한 구가 더 큰 폭으로 감소하였다. 당 첨가구는 -18℃에서도 저장 10주 이후부터 명도가 급격히 감소하는 경향을 보였다. 그렇지만 명도는 -40℃ 이하의 초저온에서 저장할수록 저장기간중에 큰 변화가 없이 안정되었다. 색깔의 밝기 측면에서 보면 온도가 -40℃에서 소금이나 인산염을 첨가한 수리미가 안정적인 색깔을 유지하였다.

적색도(a)의 변화를 보면 소금과 인산염을 첨가한 구가 당을 첨가한 구에 비해 저장중 현저히 감소하고 있다. 적색도의 감소는 명도의 변화와 관계가 있다고 생각된다. 소금과 인산염을 첨가한 적색도는 -10℃와 -18℃에서 심하게

감소되었으며, 그 이하의 초저온에서는 변화가 없었다. 이와 같은 색깔의 변화는 저장온도와 밀접한 상관관계가 있으며, 가능한  $-18^{\circ}\text{C}$ 보다 더 낮은 온도에서 저장을 하여야 안정된 색깔을 유지할 수 있다는 것을 제시하고 있다.

수리미의 저장중 황색도(b)의 변화를 표 4에서 보면 소금과 인산염을 첨가한 구에서는 모든 저장 온도 대에서 변화가 없었지만, 당을 첨가한 구에서는  $-10^{\circ}\text{C}$  저장기간중에 감소하는 경향을 보였으며,  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서도 미미한 감소경향을 보였다. 따라서 황색도도  $-10^{\circ}\text{C}$ 나  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 저장할 경우 안정적이지 못하다는 사실을 보여주고 있다.

Chroma가는 냉동시키지 않은 수리미에 비해 냉동시키면 약 1-2만큼 저하되는 경향을 보였다. 그러나 일단 냉동된 수리미를 저장하면 온도와 기간에 상관없이 현저한 변화가 없었다. 표 6에서와 같이 hue angle가는  $-10^{\circ}\text{C}$  저장중에 변화가 심하게 나타났다. 당첨가구를  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 저장할 경우 hue angle가는 저장 초기에 47.55이었으나 저장중 감소하기 시작하여 냉동 20주에 38.4로 급격히 감소하였다.  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서도 감소하였지만  $-10^{\circ}\text{C}$ 에 비해 감소폭이 둔화되었다. 그러나 염첨가구의 hue angle가는 상반된 경향을 보이고 있다. 표에서 보는 바와 같이  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 염첨가구는 오히려 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 hue angle가도 비교적 높은 냉동온도 영역에서 불안정한 경향을 보였다.

수리미의 냉동중 색깔의 변화는  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 매우 불안정하였으며,  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서도 일부 색깔항목이 완만히 변화였다. 따라서 수리미의 색깔을 장기간 안정적으로 보존하기 위해서 최소  $-18^{\circ}\text{C}$ 나 그 보다 더 낮은 온도에서 저장하는 것이 바람직하고, 냉동중 색깔변화 방지를 위한 조치가 필요하다고 판단되었다.

냉동온도별 저장기간동안 기계적인 물성변화를 조사하였다. 표 7에서 보는 바와 같이 염첨가구의 압착강도(compress strength)를 보면 온도가 비교적 높은  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 염첨가구는 냉동 1일에 441g이었으나 냉동 20주에 2831g으로 급증하였다. 그러나  $-18^{\circ}\text{C}$ 나 그 이하의 온도에서는 저장중 서서히 증가하고 있다. 이에 비해 당첨가구는 저장온도와 저장기간동안 큰 변화가 없었다. 따라서 소금 3%와 인산염 0.2%를 수리미에 첨가할 경우 최소  $-18^{\circ}\text{C}$ 이하에서 저장해야만 열에 의해 gel을 제조하였을 경우 정상적인 압착강도를 유지할 수 가 있을 것이다. 열에 의해 형성된 gel의 경도(hardness)는 생것에 비해 얼리게 되면 감소한다. 표에서 보는바와 같이 냉동저장중 염첨가구의 경도변화를 보면  $-10^{\circ}\text{C}$ 에

서 현저히 증가하고 있다. 그 이하의 온도에서 저장할 경우 거의 변화가 없었다. 그렇지만 당 첨가는  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서도 큰 변화가 없었다. 염류를 첨가한 수리미 gel 강도도 저장  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 현저히 변화했기 때문에 최소한  $-18^{\circ}\text{C}$  이하에서 저장해야 물성변화를 방지할 수 있다.

표 9에서 보는 바와 같이 *fracturability*도 냉동시키면 약간 감소하는 경향이 있다. 냉동기간중에 염첨가구의 *fracturability*의 변화를 보면  $-10^{\circ}\text{C}$  저장구에서 급증하였다. 즉, 냉동 1일에 90.0g이었으나 냉동 20주에는 393.0g으로 급증하였다. 그렇지만 그 이하의 온도에서 저장하거나 당첨가구는 저장 온도구간과 저장기간동안 큰 변화가 없었다.

점착력(*Adhesiveness*)은 전 온도구간에서 저장중에 감소하는 경향을 보였다(표 10).  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 염첨가구의 점착력은 저장 5주만에 사실상 0으로 기능성이 상실되었다.  $-10^{\circ}\text{C}$ 에 당첨가구도 저장초기에 -62.4이었으나 저장 20주에는 -20.9로 약 2/3 이상 줄어들었다.  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서의 당 첨가구도 저장 20주에 초기 점착력의 2/3 만큼 줄어들었다. 따라서 점착력은 저장온도가 높고 염을 첨가한 구일수록 더 급격히 감소하는 경향을 보였다.

저장온도와 기간에 따른 *springiness*의 변화는 저장온도와 상관없이 염첨가구는 저장중 약간씩 증가하였고, 당첨가는 약간씩 감소하는 경향을 보였다. *Cohesiveness*는 온도가 비교적 높은  $-10^{\circ}\text{C}$ 의 염첨가구에서 저장중 증가하였다. 증가폭이 크지는 않았지만  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서도 약간 증가하는 경향을 보였다. 당첨가구를 보면  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 저장기간중에 약간 감소했을 뿐 그 이하의 온도에서는 변화가 없었다. *gumminess*, *chewiness*, *resilience*도 *cohesiveness*와 같이  $-10^{\circ}\text{C}$  저장중에 증가하고 있다. 이와 같이 육계 기계발골계육으로 제조한 수리미의 가열에 의해 형성된 gel의 기계적인 물성특성을 요약하면 염을 첨가한 구가 당을 첨가한 구보다 냉동온도에 의한 단백질의 변성을 예민하게 받는다고 할 수 있다. 계속 수리미를 냉동저장시키려면 염을 첨가할 경우  $-18^{\circ}\text{C}$  이하에서 저장하는 것이 바람직하고, 당을 첨가할 경우는  $-18^{\circ}\text{C}$  전후에서도 안정한 것으로 판단되었다.

Table 1. Physicochemical composition of materials

Parameter	MDCM	Spent layer meat	Surimi from MDCM	Surimi from Spent layer meat
Moisture(%)	70.87±0.14 <sup>b</sup>	69.33±0.64 <sup>c</sup>	86.24±0.29 <sup>a</sup>	85.30±0.38 <sup>a</sup>
Crude ash(%)	0.78±0.02 <sup>c</sup>	1.28±0.03 <sup>b</sup>	3.25±0.01 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>d</sup>
Crude lipid(%)	16.88±0.11 <sup>a</sup>	16.52±0.85 <sup>a</sup>	4.48±0.07 <sup>b</sup>	3.71±0.35 <sup>b</sup>
Crude protein(%)	12.51±0.61 <sup>b</sup>	14.04±0.09 <sup>a</sup>	6.66±0.29 <sup>d</sup>	9.88±0.07 <sup>c</sup>

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P<0.05)

Table 2. CIE color L\* value of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	65.80±0.18	62.61±0.40 <sup>A</sup>	63.44±0.49 <sup>A</sup>	62.17±0.37 <sup>B</sup>	61.3±0.19 <sup>C</sup>
	Sugar	65.87±0.37	60.66±0.38 <sup>C</sup>	58.47±0.19 <sup>C</sup>	57.64±0.29 <sup>D</sup>	56.94±0.07 <sup>C</sup>
-18	Salt	65.80±0.18	62.98±0.62 <sup>A</sup>	61.62±0.23 <sup>B</sup>	63.64±0.64 <sup>A</sup>	64.27±0.32 <sup>B</sup>
	Sugar	65.87±0.37	61.54±0.47 <sup>B</sup>	59.39±0.24 <sup>B</sup>	61.42±0.33 <sup>C</sup>	61.52±0.16 <sup>B</sup>
-40	Salt	65.80±0.18	62.65±0.10 <sup>A</sup>	63.70±0.50 <sup>A</sup>	63.49±0.35 <sup>A</sup>	65.16±0.45 <sup>A</sup>
	Sugar	65.87±0.37	62.83±0.47 <sup>A</sup>	61.59±0.19 <sup>A</sup>	63.16±0.15 <sup>B</sup>	63.33±0.35 <sup>A</sup>
-80	Salt	65.80±0.18	63.13±0.50 <sup>A</sup>	63.80±0.18 <sup>A</sup>	64.02±0.25 <sup>A</sup>	64.83±0.21 <sup>AB</sup>
	Sugar	65.87±0.37	61.47±0.29 <sup>BC</sup>	61.73±0.07 <sup>A</sup>	63.77±0.11 <sup>A</sup>	63.71±0.17 <sup>A</sup>

L value of unfrozen control was 65.29±0.26

<sup>1)</sup> Control: surimi with water

Salt: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate

Sugar: Surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P<0.05)

Table 3. CIE color a\* value of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	12.80±0.13	12.35±0.41 <sup>A</sup>	9.86±0.38 <sup>B</sup>	10.61±0.26 <sup>C</sup>	8.87±0.56 <sup>B</sup>
	Sugar	13.12±0.24	11.32±0.26 <sup>C</sup>	12.24±0.11 <sup>D</sup>	14.62±0.11 <sup>A</sup>	14.32±0.36 <sup>A</sup>
-18	Salt	12.80±0.13	12.43±0.05 <sup>A</sup>	10.07±0.20 <sup>B</sup>	11.39±0.21 <sup>B</sup>	8.55±0.39 <sup>B</sup>
	Sugar	13.12±0.24	12.08±0.08 <sup>B</sup>	12.33±0.34 <sup>D</sup>	13.51±0.15 <sup>D</sup>	12.75±0.13 <sup>D</sup>
-40	Salt	12.80±0.13	10.47±0.18 <sup>B</sup>	11.06±0.10 <sup>A</sup>	12.20±0.32 <sup>A</sup>	11.67±0.47 <sup>A</sup>
	Sugar	13.12±0.24	12.72±0.02 <sup>A</sup>	12.80±0.12 <sup>A</sup>	13.47±0.09 <sup>B</sup>	12.17±0.22 <sup>BC</sup>
-80	Salt	12.80±0.13	10.59±0.33 <sup>B</sup>	11.06±0.13 <sup>A</sup>	11.99±0.02 <sup>A</sup>	11.67±0.17 <sup>A</sup>
	Sugar	13.12±0.24	12.27±0.13 <sup>D</sup>	12.27±0.12 <sup>D</sup>	13.04±0.26 <sup>C</sup>	11.6±0.31 <sup>C</sup>

a\* value of unfrozen control was 12.95±0.44

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 4. CIE color b\* value of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	14.50±0.23	13.09±0.17 <sup>B</sup>	15.00±0.12 <sup>A</sup>	15.40±0.31 <sup>A</sup>	14.78±0.24 <sup>A</sup>
	Sugar	13.99±0.21	12.46±0.05 <sup>A</sup>	12.43±0.05 <sup>AB</sup>	12.98±0.03 <sup>B</sup>	11.36±0.31 <sup>D</sup>
-18	Salt	14.50±0.23	13.42±0.02 <sup>B</sup>	14.08±0.19 <sup>B</sup>	14.89±0.04 <sup>B</sup>	14.65±0.22 <sup>A</sup>
	Sugar	13.99±0.21	12.64±0.15 <sup>A</sup>	12.71±0.12 <sup>A</sup>	13.30±0.13 <sup>A</sup>	12.81±0.15 <sup>A</sup>
-40	Salt	14.50±0.23	13.60±0.24 <sup>A</sup>	13.77±0.06 <sup>C</sup>	13.92±0.06 <sup>C</sup>	13.74±0.20 <sup>B</sup>
	Sugar	13.99±0.21	12.59±0.06 <sup>A</sup>	12.37±0.06 <sup>B</sup>	13.21±0.09 <sup>AB</sup>	12.54±0.07 <sup>A</sup>
-80	Salt	14.50±0.23	13.78±0.10 <sup>A</sup>	13.56±0.11 <sup>C</sup>	13.93±0.04 <sup>C</sup>	13.69±0.11 <sup>B</sup>
	Sugar	13.99±0.21	12.45±0.42 <sup>A</sup>	12.36±0.22 <sup>D</sup>	13.24±0.12 <sup>A</sup>	12.43±0.01 <sup>A</sup>

b\* value of unfrozen control was 13.52±0.27

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 5. Chroma value of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	19.33±0.25	18.00±0.40 <sup>A</sup>	17.94±0.30 <sup>A</sup>	18.67±0.42 <sup>A</sup>	17.23±0.49 <sup>B</sup>
	Sugar	19.10±0.32	16.83±0.17 <sup>b</sup>	17.44±0.10 <sup>a</sup>	19.55±0.09 <sup>a</sup>	18.27±0.45 <sup>a</sup>
-18	Salt	19.33±0.25	18.29±0.03 <sup>A</sup>	17.32±0.26 <sup>B</sup>	18.74±0.14 <sup>A</sup>	16.96±0.34 <sup>B</sup>
	Sugar	19.10±0.32	17.48±0.10 <sup>a</sup>	17.70±0.32 <sup>a</sup>	18.95±0.20 <sup>b</sup>	18.07±0.03 <sup>a</sup>
-40	Salt	19.33±0.25	17.16±0.26 <sup>C</sup>	17.66±0.10 <sup>AB</sup>	18.51±0.26 <sup>A</sup>	18.03±0.44 <sup>A</sup>
	Sugar	19.10±0.32	17.89±0.05 <sup>a</sup>	17.79±0.07 <sup>a</sup>	18.87±0.13 <sup>b</sup>	17.47±0.13 <sup>b</sup>
-80	Salt	19.33±0.25	17.38±0.27 <sup>BC</sup>	17.49±0.17 <sup>AB</sup>	18.38±0.03 <sup>A</sup>	17.98±0.20 <sup>A</sup>
	Sugar	19.10±0.32	17.47±0.39 <sup>a</sup>	17.41±0.22 <sup>a</sup>	18.58±0.20 <sup>b</sup>	17±0.22 <sup>b</sup>

chroma value of unfrozen control was 18.91±0.51

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 6. Hue angle of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	48.60±0.24	46.70±0.63 <sup>B</sup>	56.73±0.83 <sup>A</sup>	55.50±0.37 <sup>A</sup>	59.1±1.20 <sup>A</sup>
	Sugar	46.70±0.08	47.80±0.70 <sup>a</sup>	45.50±0.16 <sup>a</sup>	41.57±0.24 <sup>c</sup>	38.4±0.57 <sup>c</sup>
-18	Salt	48.60±0.24	47.27±0.12 <sup>B</sup>	54.43±0.12 <sup>B</sup>	52.70±0.50 <sup>B</sup>	59.77±0.95 <sup>A</sup>
	Sugar	46.70±0.08	46.37±0.45 <sup>b</sup>	45.97±0.52 <sup>a</sup>	44.47±0.09 <sup>b</sup>	45.13±0.68 <sup>b</sup>
-40	Salt	48.60±0.24	52.50±0.57 <sup>A</sup>	51.27±0.12 <sup>C</sup>	48.83±0.63 <sup>C</sup>	49.77±0.84 <sup>B</sup>
	Sugar	46.70±0.08	44.67±0.12 <sup>c</sup>	43.93±0.40 <sup>b</sup>	44.00±0.01 <sup>b</sup>	45.93±0.63 <sup>ab</sup>
-80	Salt	48.60±0.24	52.50±0.75 <sup>A</sup>	50.83±0.12 <sup>C</sup>	49.30±0.08 <sup>C</sup>	49.63±0.19 <sup>B</sup>
	Sugar	46.70±0.08	45.43±0.70 <sup>bc</sup>	45.17±0.45 <sup>a</sup>	45.47±0.68 <sup>a</sup>	47.03±0.71 <sup>a</sup>

hue angle of unfrozen control was 45.95±0.16

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 7. Compress(g\*cm) test of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	367±14	441±1 <sup>A</sup>	1814±1 <sup>A</sup>	4869±59 <sup>A</sup>	2832±44 <sup>A</sup>
	Sugar	241±1	149±1 <sup>a</sup>	379±3 <sup>a</sup>	913±5 <sup>a</sup>	267±12 <sup>b</sup>
-18	Salt	367±14	425±23 <sup>A</sup>	168±3 <sup>B</sup>	328±4 <sup>C</sup>	436±45 <sup>B</sup>
	Sugar	241±1	92.3±4 <sup>b</sup>	180±17 <sup>c</sup>	134±4 <sup>b</sup>	128±20 <sup>c</sup>
-40	Salt	367±14	205±6 <sup>C</sup>	343±6 <sup>C</sup>	486±15 <sup>BC</sup>	418±5 <sup>B</sup>
	Sugar	241±1	145±4 <sup>a</sup>	222.34±9 <sup>b</sup>	133±14 <sup>b</sup>	228±30 <sup>b</sup>
-80	Salt	367±14	284±5 <sup>B</sup>	314±5 <sup>D</sup>	572±56 <sup>B</sup>	430±12 <sup>B</sup>
	Sugar	241±1	83.6±1 <sup>b</sup>	1661±1 <sup>c</sup>	122±1 <sup>b</sup>	320±1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 8. Hardness(g) of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	100±4	79.5±1.4 <sup>A</sup>	193±11.6 <sup>A</sup>	451±34.4 <sup>A</sup>	394±57.8 <sup>A</sup>
	Sugar	75.1±1	56.5±2.4 <sup>c</sup>	94.1±11.6 <sup>a</sup>	186±14.4 <sup>a</sup>	60.0±3.9 <sup>b</sup>
-18	Salt	100±4	80.6±0.8 <sup>A</sup>	52.1±3.9 <sup>B</sup>	89.9±0.8 <sup>B</sup>	80.5±2.5 <sup>B</sup>
	Sugar	75.1±1	45.9±0.8 <sup>d</sup>	73.8±0.7 <sup>ab</sup>	57.2±1.5 <sup>b</sup>	56.8±0.7 <sup>b</sup>
-40	Salt	100±4	63.5±0.7 <sup>B</sup>	59.3±1.1 <sup>B</sup>	77.6±0.2 <sup>B</sup>	62.2±2.5 <sup>B</sup>
	Sugar	75.1±1	86.4±0.3 <sup>a</sup>	69.1±3.6 <sup>b</sup>	59.3±0.3 <sup>b</sup>	63.8±1.3 <sup>a</sup>
-80	Salt	100±4	65.6±2.4 <sup>B</sup>	71.1±3.5 <sup>B</sup>	65.4±1.1 <sup>B</sup>	56.3±1.2 <sup>B</sup>
	Sugar	75.1±1	78.0±0.1 <sup>b</sup>	69.2±0.3 <sup>b</sup>	57.5±0.6 <sup>b</sup>	59.7±1.5 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 9. Fracturability(g) of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	100±3.8	90.9±2.2 <sup>A</sup>	192±11.6 <sup>A</sup>	451±34.4 <sup>A</sup>	394±57.8 <sup>A</sup>
	Sugar	75.1±0.5	68.5±2.2 <sup>c</sup>	95.0±8.5 <sup>a</sup>	201.3±9.1 <sup>a</sup>	60.0±3.9 <sup>b</sup>
-18	Salt	100±3.8	81.0±1.2 <sup>b</sup>	52.6±7.0 <sup>b</sup>	89.3±0.2 <sup>b</sup>	80.5±2.5 <sup>b</sup>
	Sugar	75.1±0.5	45.8±1.2 <sup>d</sup>	77.5±3.0 <sup>b</sup>	59.1±1.2 <sup>b</sup>	56.8±0.7 <sup>b</sup>
-40	Salt	100±3.8	68.3±5.3 <sup>c</sup>	59.3±1.1 <sup>b</sup>	77.6±0.2 <sup>b</sup>	61.3±2.9 <sup>b</sup>
	Sugar	75.1±0.5	86.4±0.3 <sup>a</sup>	70.9±3.9 <sup>b</sup>	59.3±0.3 <sup>b</sup>	73.0±2.2 <sup>a</sup>
-80	Salt	100±3.8	85.0±2.7 <sup>A</sup>	71.1±3.5 <sup>b</sup>	63.0±3.7 <sup>b</sup>	68.7±5.7 <sup>b</sup>
	Sugar	75.1±0.5	78.0±0.1 <sup>b</sup>	69.2±0.3 <sup>b</sup>	63.3±2.1 <sup>b</sup>	72.6±2.3 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 10. Adhesiveness(g\*s) of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp(°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	-79.6±12.7	-77.1±25.7 <sup>b</sup>	-0.50±0.04 <sup>A</sup>	-1.61±2.48 <sup>AB</sup>	0.29±0.07 <sup>A</sup>
	Sugar	-64.4±0.1	-62.4±13.5 <sup>c</sup>	-49.1±1.6 <sup>a</sup>	-132±0.5 <sup>b</sup>	-20.9±7.0 <sup>a</sup>
-18	Salt	-79.6±12.7	-35.3±4.9 <sup>A</sup>	-41.6±6.0 <sup>b</sup>	-43.2±2.0 <sup>b</sup>	-23.7±8.9 <sup>b</sup>
	Sugar	-64.4±0.1	-23.1±4.6 <sup>a</sup>	-48.7±5.6 <sup>a</sup>	-58.8±1.0 <sup>a</sup>	-47.7±0.9 <sup>b</sup>
-40	Salt	-79.6±12.7	-54.7±2.2 <sup>AB</sup>	-42.8±4.5 <sup>b</sup>	-62.2±5.5 <sup>b</sup>	-46.4±7.4 <sup>c</sup>
	Sugar	-64.4±0.1	-54.6±2.8 <sup>bc</sup>	-40.3±0.8 <sup>a</sup>	-60.7±4.5 <sup>a</sup>	-39.1±2.2 <sup>b</sup>
-80	Salt	-79.6±12.7	-75.5±7.8 <sup>b</sup>	-34.9±1.9 <sup>b</sup>	-46.9±1.6 <sup>c</sup>	-38.9±2.1 <sup>c</sup>
	Sugar	-64.4±0.1	-33.4±2.6 <sup>ab</sup>	-39.8±2.3 <sup>a</sup>	-54.7±9.0 <sup>a</sup>	-39.3±4.4 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 11. Springiness of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	0.92±0.01	0.82±0.08 <sup>b</sup>	0.86±0.02 <sup>b</sup>	0.90±0.01 <sup>A</sup>	0.91±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	0.95±0.02	0.89±0.01 <sup>a</sup>	0.92±0.02 <sup>a</sup>	0.95±0.01 <sup>a</sup>	0.83±0.02 <sup>b</sup>
-18	Salt	0.92±0.01	0.90±0.02 <sup>AB</sup>	0.87±0.02 <sup>b</sup>	0.91±0.01 <sup>A</sup>	0.87±0.02 <sup>bc</sup>
	Sugar	0.95±0.02	0.81±0.01 <sup>b</sup>	0.90±0.02 <sup>a</sup>	0.87±0.03 <sup>b</sup>	0.87±0.02 <sup>ab</sup>
-40	Salt	0.92±0.01	0.89±0.02 <sup>AB</sup>	0.93±0.004 <sup>A</sup>	0.88±0.02 <sup>A</sup>	0.84±0.01 <sup>C</sup>
	Sugar	0.95±0.02	0.86±0.02 <sup>a</sup>	0.88±0.01 <sup>a</sup>	0.85±0.01 <sup>b</sup>	0.9±0.01 <sup>a</sup>
-80	Salt	0.92±0.01	0.95±0.01 <sup>A</sup>	0.92±0.01 <sup>A</sup>	0.89±0.01 <sup>A</sup>	0.89±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.95±0.02	0.84±0.04 <sup>ab</sup>	0.88±0.02 <sup>a</sup>	0.80±0.02 <sup>c</sup>	0.87±0.01 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 12. Cohesiveness of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	0.37±0.02	0.36±0.01 <sup>b</sup>	0.39±0.03 <sup>A</sup>	0.50±0.03 <sup>A</sup>	0.51±0.02 <sup>A</sup>
	Sugar	0.33±0.02	0.36±0.02 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>a</sup>	0.43±0.03 <sup>a</sup>	0.29±0.03 <sup>b</sup>
-18	Salt	0.37±0.02	0.38±0.01 <sup>AB</sup>	0.43±0.01 <sup>A</sup>	0.41±0.02 <sup>b</sup>	0.41±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.33±0.02	0.37±0.02 <sup>a</sup>	0.37±0.02 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>c</sup>	0.38±0.01 <sup>a</sup>
-40	Salt	0.37±0.02	0.39±0.01 <sup>A</sup>	0.44±0.01 <sup>A</sup>	0.41±0.01 <sup>B</sup>	0.4±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.33±0.02	0.38±0.01 <sup>a</sup>	0.37±0.03 <sup>a</sup>	0.39±0.01 <sup>bc</sup>	0.4±0.01 <sup>a</sup>
-80	Salt	0.37±0.02	0.37±0.004 <sup>AB</sup>	0.43±0.001 <sup>A</sup>	0.40±0.01 <sup>B</sup>	0.39±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.33±0.02	0.38±0.03 <sup>a</sup>	0.40±0.03 <sup>a</sup>	0.41±0.01 <sup>ab</sup>	0.4±0.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 13. Gumminess(g) of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	37.1±1.0	31.3±3.2 <sup>A</sup>	52.5±8.8 <sup>A</sup>	258±54.9 <sup>A</sup>	150±10.4 <sup>A</sup>
	Sugar	22.3±0.1	19.3±1.1 <sup>b</sup>	34.4±10.7 <sup>a</sup>	81.6±3.3 <sup>a</sup>	31.8±2.8 <sup>b</sup>
-18	Salt	37.1±1.0	30.9±1.6 <sup>A</sup>	19.87±0.3 <sup>B</sup>	35.48±4.2 <sup>B</sup>	24.0±1.6 <sup>B</sup>
	Sugar	22.3±0.1	15.4±0.6 <sup>b</sup>	26.4±0.4 <sup>a</sup>	23.5±1.2 <sup>b</sup>	22.4±0.2 <sup>ab</sup>
-40	Salt	37.1±1.0	31.8±1.9 <sup>A</sup>	26.0±0.1 <sup>B</sup>	30.2±1.1 <sup>B</sup>	19.1±3.5 <sup>B</sup>
	Sugar	22.3±0.1	27.3±0.9 <sup>a</sup>	25.8±4.0 <sup>a</sup>	23.4±0.7 <sup>b</sup>	21.9±0.2 <sup>a</sup>
-80	Salt	37.1±1.0	23.3±0.6 <sup>B</sup>	30.7±1.6 <sup>B</sup>	25.6±0.4 <sup>B</sup>	24.6±1.9 <sup>B</sup>
	Sugar	22.3±0.1	28.1±4.5 <sup>a</sup>	27.7±2.6 <sup>a</sup>	21.7±1.7 <sup>b</sup>	23.9±0.5 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 14. Chewiness(g\*mm) of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	34.1±0.8	25.8±4.1 <sup>AB</sup>	55.2±15.8 <sup>A</sup>	231±46.8 <sup>A</sup>	1378±11 <sup>A</sup>
	Sugar	20.6±3.0	17.3±0.5 <sup>b</sup>	31.1±9.5 <sup>a</sup>	73.9±2.8 <sup>a</sup>	16.1±3.1 <sup>c</sup>
-18	Salt	34.1±0.8	27.8±2.2 <sup>A</sup>	16.9±0.7 <sup>B</sup>	32.2±3.9 <sup>B</sup>	26.3±1.5 <sup>B</sup>
	Sugar	20.6±3.0	12.4±0.5 <sup>b</sup>	23.5±0.8 <sup>a</sup>	20.1±1.3 <sup>b</sup>	18.6±0.7 <sup>bc</sup>
-40	Salt	34.1±0.8	28.4±2.3 <sup>A</sup>	24.2±0.1 <sup>AB</sup>	26.1±1.7 <sup>B</sup>	20.7±1.8 <sup>AB</sup>
	Sugar	20.6±3.0	23.9±1.5 <sup>a</sup>	22.7±3.7 <sup>a</sup>	20.3±1.2 <sup>b</sup>	24.3±1.7 <sup>a</sup>
-80	Salt	34.1±0.8	21.0±0.5 <sup>B</sup>	28.3±1.9 <sup>AB</sup>	22.9±0.4 <sup>B</sup>	19.6±0.5 <sup>B</sup>
	Sugar	20.6±3.0	23.9±4.8 <sup>a</sup>	24.3±1.4 <sup>a</sup>	19.5±1.3 <sup>b</sup>	20.5±0.5 <sup>AB</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

Table 15. Resilience of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	0.12±0.01	0.14±0.01 <sup>A</sup>	0.20±0.004 <sup>A</sup>	0.27±0.03 <sup>A</sup>	0.32±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	0.08±0.01	0.12±0.02 <sup>a</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.004 <sup>a</sup>	0.06±0.02 <sup>b</sup>
-18	Salt	0.12±0.01	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.14±0.01 <sup>b</sup>
	Sugar	0.08±0.01	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.02 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>
-40	Salt	0.12±0.01	0.11±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>
	Sugar	0.08±0.01	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>a</sup>	0.11±0.002 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>
-80	Salt	0.12±0.01	0.10±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.003 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>
	Sugar	0.08±0.01	0.11±0.003 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>ab</sup>	0.11±0.01

<sup>1)</sup> see foot note of Table 2

## 2) 노계 surimi의 냉동저장중 기능성 변화

노계 정육으로부터 제조한 수리미의 냉동저장중 가공적성을 조사하였다. 표 16에서 보는 바와 같이 수리미를 냉동시키면 색깔의 명도(L\*)가 저장기간이 길수록 줄어들었다. 따라서 모든 첨가구의 명도는 저장기간이 길수록 감소하여 색깔이 어두워지고 있음을 알 수 있다. 특히 냉동온도가 높은 -10°C와 -18°C에서 명도의 감소폭이 더 크게 나타났다. 수리미의 명도는 염첨가구보다 당첨가구에서 냉동저장중 더 많이 감소하였다. 그러나 -40°C 이하의 온도에서는 대체로 안정된 경향을 보였다. 그러므로 수리미의 밝기는 가능한 -40°C 이하에서 저장하면 색깔을 안정적으로 유지시킬 수가 있다.

냉동저장중에 적색도(a\*)의 변화는 냉동온도와 첨가구에 따라 민감하게 영향을 받았다(표 17). 대조구나 당첨가구는 냉동시키면 적색도가 줄어드나 염첨가구에 비해 덜 민감한 것으로 나타났다. 염첨가구는 저장기간중에 민감하게 변하여 냉동온도가 높을수록 급격히 감소하였다. -10°C에서 염첨가구의 냉동 1일에 적색도는 12.4이었지만 냉동 20주에 8.6로 급격히 감소하였고, -18°C에서

도 냉동 20주에 8.50으로 역시 급격히 감소하였다. 따라서 염첨가구는  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서도 저장기간중에 적색도가 급속히 감소하기 때문에 그 이하의 온도에서 저장하거나 아니면 변색되기전 단시간내에 가공용 원료로 이용하는 것이 바람직하다. 초저온에서 저장한 염첨가 수리미나 당첨가 수리미도 냉동기간이 길어질수록 적색도가 완만히 감소하기 때문에 완전한 색깔 변화를 막기는 불가능한 것으로 판명되었다.

황색도( $b^*$ )도 수리미를 냉동시키면 감소하였다(표 18). 황색도는 첨가구나 온도 및 저장기간에 따라 현저한 변화는 없었다. 다만 염 첨가한 수리미가 당 첨가한 수리미보다 황색도가 높은 수준을 나타내었다.

표 19에서 보는 바와 같이 chroma value도 수리미를 냉동시키면 감소하였다. 당첨가구는 냉동온도와 기간에 따라 변화가 민감하지 않았으나 염첨가구는 온도가 높을수록, 저장기간이 길수록 감소하는 경향을 보였다. 염첨가구의 저장 20주에 있어서 chroma value를 보면  $-10^{\circ}\text{C}$ 에 15.87,  $-18^{\circ}\text{C}$ 에 16.15,  $-40^{\circ}\text{C}$ 에 16.6,  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 19.5로 감소하였다. 따라서 염첨가구의 chroma value를 유지하기 위해서는 가능한 낮은 온도에서 저장하는 것이 바람직하다고 본다.

대조구와 당첨가구의 hue angle은 냉동에 의해 변화가 없었다. 그러나 염 첨가한 수리미의 hue angle은 저장기간동안 증가하였고, 온도가 높을수록 그 증가폭이 컸다. 표20에서 보는바와 같이 소금 3%와 인산염 0.2%를 첨가한 수리미의 냉동 1일과 20주에서 온도별 hue angle의 증가현상을 보면  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 45.2와 60.3,  $-18^{\circ}\text{C}$ 에서 44.2와 58.3,  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서 44.6과 52.6,  $-80^{\circ}\text{C}$ 에서 44.2와 45.7로 증가하였다. 즉 20주에서 온도가 낮을수록 60.3, 58.3, 52.6, 45.7순으로 증가폭이 둔화되었다. 이와 같이 염첨가구의 hue angle은 저장온도에 민감한 영향을 받았다.

이와 같이 노계정육으로부터 제조한 수리미의 색깔은 냉동온도에 민감하게 영향을 받았다. 당을 첨가한 수리미보다 염을 첨가한 수리미의 색깔이 더 민감하게 변하였다. 그러므로 수리미의 색깔을 안정적으로 유지하기 위해서는  $-18^{\circ}\text{C}$  이하의 온도에서 저장해야 하며, 염을 첨가할 경우 더 낮은 온도에서 저장해야만 색깔의 안정성을 확보할 수가 있다.

냉동저장한 수리미를 해동시켜 열을 가해 형성된 gel에 대해 여러 가지 기계적인 물성시험을 실시하였다. 조직감이 형성된 gel 덩어리를 압착력에 의해 원

형이 파괴되는 힘을 나타낸 압착강도는 첨가구간 냉동기간에 따라 현저한 차이가 없었다. 다만 소금 3%와 인산염 0.2%를 첨가한 수리미를 -10℃에서 실시할 경우 냉동저장 1일에 753에서 냉동저장 20주에 2603으로 4배 이상 급증하였다. 따라서 압착강도 측면에서 볼 때 염첨가는 -10℃와 같은 비교적 높은 온도에서 저장을 하면 바람직하지 않은 것으로 나타났다.

경도(Hardness)의 변화를 보면 표 22와 같이 압착강도와 비슷한 경향을 보였다. 당을 첨가한 수리미를 얼리게 되면 경도는 증가하게 되나 일단 냉동후 저장기간동안 크게 변하지는 않았다. 그러나 염을 첨가한 수리미의 경도는 냉동에 의해 경도가 증가하지 않았다. 그런데 -10℃에서 저장을 할 경우에 저장 1일, 5, 10, 20주의 경도는 197, 184, 377, 514g으로 급격히 증가하였다.

Fracturability도 온도에 민감한 변화를 보이고 있다. 표 23에서 보는 바와 같이 대조구와 당첨가 수리미는 냉동에 의해 **fracturability**가 증가하였지만 염첨가구는 영향을 받지 않았다. 냉동온도가 비교적 높은 -10℃에서 염첨가구와 당첨가구 모두 냉동기간이 길어질수록 **fracturability**가 증가하였다. 당 첨가구인 경우 -18℃에서도 저장기간에 따라 **fracturability**가 증가하였다. 그러나 수리미를 그 이하로 낮은 냉동온도에서 저장할 경우 저장기간중에 비교적 안정된 육조직감을 형성하고 있다.

Springiness는 냉동온도와 기간 및 첨가구에 따라 크게 변하지는 않았다. 그렇지만 -10℃의 염첨가구에서 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. Springiness는 덜 예민한 물성항목이지만 -10℃와 같이 높은 온도에서 물성이 변화되고 있음을 알 수 있다. 표 26에서 보는 바와 같이 **cohesiveness**는 냉동온도가 높을수록 저장기간중에 증가하는 경향을 보였다. 즉, -10℃에서 가장 많이 증가하였으며, -18℃에서도 -10℃보다 증가폭은 둔화되었지만 전 처리구 모두 증가하는 경향을 보였다. 첨가구별로 비교해보면 -10℃에서는 염첨가구의 증가가 두드러졌다. 이와 같이 냉동온도는 중요한 물성을 변화시키는 요인이며, 당첨가구보다 염첨가구가 온도에 더 민감하다는 것을 알 수 있다.

점성(Gumminess)와 저작성(chewiness)의 공통적인 특성은 -10℃에 소금 3%와 인산염 0.2%를 첨가한 수리미에서 저장중 급격히 증가하였다. 이들 염첨가구는 저장기간이 길수록 해동시켜 열에 의해 형성된 gel이 끈적거리거나 고무질감으로 변한다는 의미이다. 따라서 이러한 현상을 방지하기 위해서 최소한 -1

8℃ 이하에서 보존하도록 권장할 필요가 있다. 끈적거림의 성질은 수리미에 첨가하는 부재료의 종류에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 표 27과 28에서 보는 바와 같이 -18℃이하의 온도에서 저장할 경우 당첨가구가 염첨가구보다 껌성이나 저작성이 매우 높음을 알 수 있다. 따라서 최종제품의 목적에 따라 첨가제를 선택하여 원하는 제품의 조직감을 창출할 수가 있다. 그렇지만 일반적으로 수리미의 냉동중에 물성 변화가 적은 것이 바람직하기 때문에 저온에서 저장하는 것이 더 중요하다고 하겠다.

Resilience도 -10℃와 -18℃에서 모든 처리구가 저장기간이 길어질수록 증가하였지만 그 이하의 온도에서는 안정된 경향을 보였다. 껌성과 저작성과 같이 -10℃와 -18℃에서는 당 첨가구가 염첨가구보다 낮은 경향을 보였지만 그 이하의 온도에서는 유의적인 차이가 없었다. Resilience도 온도가 중요한 변화 요인임에 틀림없다.

이와 같이 노계 정육으로부터 제조한 수리미를 가열하여 형서시킨 gel의 물성특성을 보면 저장온도가 가장 민감한 품질변화 요인이었다. 소금 3%와 인산염 0.2%를 첨가한 수리미 gel은 저장온도에 더 민감하기 때문에 더 낮은 온도가 요구되었다. 저장온도가 높으면 조직감이 끈적거리는 것과 탄력성이나 점착력(adhesiveness)이 감소하는 것으로 나타났다.

Table 16. CIE color L\* value of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	63.40±0.76	56.63±0.44 <sup>c*</sup>	57.56±0.25 <sup>c*</sup>	55.45±0.37 <sup>b*</sup>	54.21±0.16 <sup>d*</sup>
	Salt	61.60±0.79	58.61±0.05 <sup>c</sup>	60.25±0.54 <sup>b</sup>	59.26±0.25 <sup>c</sup>	57.76±0.02 <sup>u</sup>
	Sugar	62.53±0.18	58.99±0.84 <sup>b</sup>	56.20±0.23 <sup>d</sup>	56.41±0.24 <sup>d</sup>	55.20±0.35 <sup>d</sup>
-18	Control	63.40±0.76	58.63±0.21 <sup>b*</sup>	56.75±0.65 <sup>c*</sup>	54.68±0.48 <sup>b*</sup>	55.84±0.26 <sup>c*</sup>
	Salt	61.60±0.79	62.46±0.18 <sup>a</sup>	61.99±0.32 <sup>a</sup>	60.77±0.28 <sup>b</sup>	60.52±0.22 <sup>a</sup>
	Sugar	62.53±0.18	60.94±0.51 <sup>a</sup>	57.21±0.31 <sup>c</sup>	57.65±0.19 <sup>c</sup>	56.20±0.21 <sup>c</sup>
-40	Control	63.40±0.76	60.24±0.62 <sup>a*</sup>	60.97±0.22 <sup>b*</sup>	61.90±0.21 <sup>a*</sup>	59.64±0.11 <sup>b*</sup>
	Salt	61.60±0.79	62.46±0.18 <sup>b</sup>	59.91±0.18 <sup>b</sup>	59.81±0.46 <sup>c</sup>	59.01±0.04 <sup>b</sup>
	Sugar	62.53±0.18	60.65±0.40 <sup>a</sup>	59.65±0.39 <sup>b</sup>	60.26±0.08 <sup>b</sup>	59.06±0.14 <sup>b</sup>
-80	Control	63.40±0.76	61.27±0.86 <sup>a*</sup>	62.71±0.30 <sup>a*</sup>	62.06±0.44 <sup>a*</sup>	61.49±0.10 <sup>a*</sup>
	Salt	61.60±0.79	62.84±0.66 <sup>a</sup>	60.67±0.17 <sup>b</sup>	61.80±0.43 <sup>a</sup>	58.62±0.17 <sup>c</sup>
	Sugar	62.53±0.18	61.37±0.31 <sup>a</sup>	61.68±0.10 <sup>a</sup>	60.90±0.43 <sup>a</sup>	59.79±0.09 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Control: Surimi with water

Salt: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate

Sugar: Surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose

<sup>a\*b\*c\*d\*</sup> Means within column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

<sup>ABCD</sup> Means within column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table 17. CIE color  $a^*$  value of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	14.17±0.19	12.13±0.20 <sup>a*</sup>	11.46±0.61 <sup>b*</sup>	13.40±0.78 <sup>a*</sup>	12.17±0.39 <sup>b*</sup>
	Salt	14.70±0.17	12.38±0.34 <sup>b</sup>	10.01±0.17 <sup>c</sup>	10.33±0.26 <sup>c</sup>	8.60±0.40 <sup>c</sup>
	Sugar	14.19±0.05	12.26±0.12 <sup>b</sup>	13.89±0.18 <sup>a</sup>	15.35±0.05 <sup>a</sup>	12.62±0.24 <sup>a</sup>
-18	Control	14.17±0.19	11.58±0.19 <sup>b*</sup>	12.45±0.23 <sup>a*</sup>	12.94±0.55 <sup>ab*</sup>	14.1±0.24 <sup>a*</sup>
	Salt	14.70±0.17	14.97±0.17 <sup>A</sup>	10.14±0.10 <sup>c</sup>	9.06±0.19 <sup>u</sup>	8.50±0.24 <sup>c</sup>
	Sugar	14.19±0.05	13.05±0.52 <sup>a</sup>	11.99±0.05 <sup>b</sup>	12.37±0.18 <sup>b</sup>	11.21±0.18 <sup>b</sup>
-40	Control	14.17±0.19	11.99±0.15 <sup>ab*</sup>	11.73±0.15 <sup>ab*</sup>	12.02±0.40 <sup>ab*</sup>	12.12±0.67 <sup>b*</sup>
	Salt	14.70±0.17	14.55±0.34 <sup>A</sup>	12.72±0.28 <sup>b</sup>	12.45±0.12 <sup>b</sup>	10.11±0.06 <sup>b</sup>
	Sugar	14.19±0.05	12.36±0.20 <sup>b</sup>	11.45±0.43 <sup>b</sup>	11.58±0.25 <sup>c</sup>	10.87±0.25 <sup>b</sup>
-80	Control	14.17±0.19	12.25±0.33 <sup>a*</sup>	11.65±0.35 <sup>ab*</sup>	11.66±0.62 <sup>b*</sup>	11.09±0.72 <sup>b*</sup>
	Salt	14.70±0.17	14.97±0.09 <sup>A</sup>	14.49±0.16 <sup>A</sup>	13.86±0.30 <sup>A</sup>	13.61±0.20 <sup>A</sup>
	Sugar	14.19±0.05	12.22±0.07 <sup>b</sup>	11.78±0.15 <sup>b</sup>	11.62±0.11 <sup>c</sup>	11.11±0.11 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 18. CIE color  $b^*$  value of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	13.73±0.26	11.91±0.22 <sup>c*</sup>	12.98±0.18 <sup>a*</sup>	13.01±0.05 <sup>ab*</sup>	12.51±0.09 <sup>b*</sup>
	Salt	14.88±0.10	12.44±0.13 <sup>b</sup>	13.78±0.10 <sup>c</sup>	13.98±0.13 <sup>A</sup>	13.87±0.11 <sup>A</sup>
	Sugar	13.62±0.06	12.19±0.20 <sup>b</sup>	11.06±0.19 <sup>b</sup>	12.53±0.07 <sup>ab</sup>	11.66±0.06 <sup>b</sup>
-18	Control	13.73±0.26	12.53±0.11 <sup>b*</sup>	12.81±0.37 <sup>a*</sup>	12.48±0.08 <sup>c*</sup>	12.99±0.19 <sup>a*</sup>
	Salt	14.88±0.10	14.60±0.15 <sup>A</sup>	13.33±0.09 <sup>c</sup>	13.34±0.12 <sup>b</sup>	13.73±0.07 <sup>A</sup>
	Sugar	13.62±0.06	12.78±0.18 <sup>a</sup>	11.70±0.09 <sup>b</sup>	12.33±0.08 <sup>b</sup>	11.69±0.15 <sup>b</sup>
-40	Control	13.73±0.26	12.83±0.11 <sup>ab*</sup>	12.82±0.06 <sup>a*</sup>	13.20±0.14 <sup>a*</sup>	12.36±0.16 <sup>b*</sup>
	Salt	14.88±0.10	14.36±0.12 <sup>A</sup>	13.42±0.13 <sup>c</sup>	13.46±0.04 <sup>b</sup>	13.18±0.08 <sup>b</sup>
	Sugar	13.62±0.06	12.40±0.06 <sup>b</sup>	11.64±0.15 <sup>b</sup>	12.48±0.06 <sup>ab*</sup>	12.25±0.20 <sup>a</sup>
-80	Control	13.73±0.26	12.91±0.15 <sup>a*</sup>	12.86±0.30 <sup>a</sup>	12.95±0.03 <sup>b*</sup>	12.54±0.16 <sup>b*</sup>
	Salt	14.88±0.10	14.60±0.15 <sup>A</sup>	14.42±0.19 <sup>A</sup>	13.88±0.21 <sup>A</sup>	13.92±0.12 <sup>A</sup>
	Sugar	13.62±0.06	12.96±0.06 <sup>a</sup>	12.64±0.17 <sup>a</sup>	12.71±0.18 <sup>a</sup>	12.15±0.07 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 19. Chroma value of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	19.73±0.32	17.00±0.30 <sup>b*</sup>	17.31±0.54 <sup>a*</sup>	18.68±0.53 <sup>a*</sup>	17.45±0.34 <sup>b*</sup>
	Salt	20.88±0.18	17.55±0.33 <sup>b</sup>	17.03±0.16 <sup>U</sup>	17.37±0.17 <sup>U</sup>	15.87±0.51 <sup>U</sup>
	Sugar	19.06±0.07	17.28±0.21 <sup>b</sup>	17.75±0.25 <sup>a</sup>	19.81±0.09 <sup>a</sup>	17.18±0.19 <sup>a</sup>
-18	Control	19.73±0.32	17.06±0.16 <sup>b*</sup>	17.86±0.37	17.98±0.44 <sup>ab*</sup>	19.09±0.25 <sup>a*</sup>
	Salt	20.88±0.18	20.90±0.23 <sup>A</sup>	16.74±0.12 <sup>U</sup>	16.12±0.18 <sup>U</sup>	16.15±0.06 <sup>bc</sup>
	Sugar	19.06±0.07	18.26±0.49 <sup>a</sup>	16.75±0.04 <sup>bc</sup>	17.46±0.14 <sup>b</sup>	16.19±0.22 <sup>b</sup>
-40	Control	19.73±0.32	17.56±0.14 <sup>ab*</sup>	17.37±0.14 <sup>a*</sup>	17.84±0.37 <sup>ab*</sup>	17.31±0.47 <sup>a*</sup>
	Salt	20.88±0.18	20.44±0.32 <sup>A</sup>	18.49±0.29 <sup>b</sup>	18.33±0.09 <sup>b</sup>	16.61±0.10 <sup>b</sup>
	Sugar	19.06±0.07	17.51±0.17 <sup>b</sup>	16.32±0.39 <sup>c</sup>	17.02±0.13 <sup>c</sup>	16.37±0.32 <sup>b</sup>
-80	Control	19.73±0.32	17.80±0.34 <sup>a*</sup>	17.35±0.45 <sup>a*</sup>	17.43±0.43 <sup>ab*</sup>	16.74±0.60 <sup>b*</sup>
	Salt	20.88±0.18	20.91±0.17 <sup>A</sup>	20.43±0.25 <sup>A</sup>	19.62±0.36 <sup>A</sup>	19.46±0.22 <sup>A</sup>
	Sugar	19.06±0.07	17.81±0.09 <sup>ab</sup>	17.27±0.22 <sup>ab</sup>	17.21±0.20 <sup>bc</sup>	16.46±0.09 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 20. Hue angle of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	44.01±0.16	44.43±0.05 <sup>b*</sup>	48.63±1.08 <sup>a*</sup>	44.20±1.84 <sup>b*</sup>	45.83±0.74 <sup>ab*</sup>
	Salt	45.50±0.16	45.20±0.57 <sup>A</sup>	54.10±0.37 <sup>A</sup>	53.63±0.78 <sup>b</sup>	60.33±2.32 <sup>A</sup>
	Sugar	43.70±0.05	44.80±0.36 <sup>b</sup>	38.50±0.22 <sup>d</sup>	39.17±0.09 <sup>c</sup>	42.67±0.49 <sup>d</sup>
-18	Control	44.01±0.16	47.33±0.47 <sup>a*</sup>	45.83±0.76 <sup>b*</sup>	43.93±1.14 <sup>b*</sup>	42.83±1.04 <sup>b*</sup>
	Salt	45.50±0.16	44.20±0.08 <sup>b</sup>	52.80±0.22 <sup>b</sup>	55.87±0.50 <sup>A</sup>	58.27±0.83 <sup>A</sup>
	Sugar	43.70±0.05	44.37±0.83 <sup>b</sup>	44.23±0.33 <sup>c</sup>	44.90±0.50 <sup>b</sup>	46.30±0.22 <sup>c</sup>
-40	Control	44.01±0.16	47.00±0.37 <sup>a*</sup>	47.60±0.22 <sup>a*</sup>	47.73±0.66 <sup>a*</sup>	45.63±1.76 <sup>ab*</sup>
	Salt	45.50±0.16	44.60±0.42 <sup>Ab</sup>	46.60±0.37 <sup>U</sup>	47.30±0.24 <sup>U</sup>	52.60±0.01 <sup>b</sup>
	Sugar	43.70±0.05	45.10±0.43 <sup>b</sup>	45.53±0.84 <sup>b</sup>	47.20±0.73 <sup>a</sup>	48.43±0.26 <sup>a</sup>
-80	Control	44.01±0.16	46.60±0.45 <sup>a*</sup>	47.87±0.31 <sup>a*</sup>	48.13±1.44 <sup>a*</sup>	48.63±1.43 <sup>a*</sup>
	Salt	45.50±0.16	44.20±0.14 <sup>b</sup>	44.80±0.08 <sup>U</sup>	45.00±0.28 <sup>U</sup>	45.73±0.17 <sup>U</sup>
	Sugar	43.70±0.05	46.73±0.09 <sup>a</sup>	47.07±0.25 <sup>a</sup>	47.63±0.12 <sup>a</sup>	47.60±0.33

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 21. Compress(g\*cm) test of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	856±15	1114±45 <sup>b*</sup>	1192±33 <sup>b*</sup>	2413±51 <sup>a*</sup>	1313±89 <sup>b*</sup>
	Salt	967±26	753±14 <sup>C</sup>	423±35 <sup>C</sup>	2639±626 <sup>A</sup>	2609±167 <sup>A</sup>
	Sugar	1074±24	1116±18 <sup>a</sup>	3036±188 <sup>a</sup>	3753±94 <sup>a</sup>	1247±76 <sup>a</sup>
-18	Control	856±15	1342±34 <sup>a*</sup>	13554±23 <sup>a*</sup>	2099±61 <sup>b*</sup>	825±96 <sup>c*</sup>
	Salt	967±26	1335±25 <sup>A</sup>	867±65 <sup>B</sup>	774±60 <sup>BC</sup>	798±37 <sup>C</sup>
	Sugar	1074±24	2076±15 <sup>a</sup>	3074±255 <sup>a</sup>	2879±69 <sup>b</sup>	2226±205 <sup>a</sup>
-40	Control	856±15	1375±57 <sup>a*</sup>	1313±49 <sup>ab*</sup>	1509±58 <sup>c*</sup>	1563±78 <sup>a*</sup>
	Salt	967±26	896±20 <sup>C</sup>	1396±38 <sup>A</sup>	1432±24 <sup>B</sup>	1088±127 <sup>B</sup>
	Sugar	1074±24	2373±38 <sup>b</sup>	1864±16 <sup>a</sup>	2612±111 <sup>c</sup>	14271±994 <sup>a</sup>
-80	Control	856±15	1283±38 <sup>ab*</sup>	1422±27 <sup>a*</sup>	373±8 <sup>d*</sup>	1291±72 <sup>b*</sup>
	Salt	967±26	1066±73 <sup>B</sup>	1256±28 <sup>A</sup>	537±30 <sup>C</sup>	1079±52 <sup>B</sup>
	Sugar	1074±24	1468±26 <sup>b</sup>	1729±7 <sup>b</sup>	2046±61 <sup>d</sup>	2289±111 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 22. Hardness(g) of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	219±8	291±6 <sup>a*</sup>	243±15 <sup>b*</sup>	444±13 <sup>b*</sup>	326±6 <sup>a*</sup>
	Salt	204±5	197±3 <sup>A</sup>	184±3 <sup>A</sup>	377±36 <sup>A</sup>	514±47 <sup>A</sup>
	Sugar	218±2	337±2 <sup>ab</sup>	441±33 <sup>a</sup>	575±50 <sup>a</sup>	321±1 <sup>b</sup>
-18	Control	219±8	277±17 <sup>a*</sup>	339±7 <sup>a*</sup>	496±29 <sup>a*</sup>	276±17 <sup>b*</sup>
	Salt	204±5	195±9 <sup>A</sup>	162±1 <sup>BC</sup>	179±3 <sup>B</sup>	181±3 <sup>B</sup>
	Sugar	218±2	315±5 <sup>bc</sup>	320±32 <sup>ab</sup>	453±4 <sup>b</sup>	365±2 <sup>a</sup>
-40	Control	219±8	256±5 <sup>ab*</sup>	177±6 <sup>c*</sup>	246±1 <sup>c*</sup>	334±4 <sup>a*</sup>
	Salt	204±5	205±2 <sup>A</sup>	153±1 <sup>C</sup>	1741±10 <sup>B</sup>	182±6 <sup>B</sup>
	Sugar	218±2	353±1 <sup>a</sup>	307±50 <sup>ab</sup>	355±13 <sup>c</sup>	312±11 <sup>b</sup>
-80	Control	219±8	237±5 <sup>b*</sup>	190±6 <sup>c*</sup>	106±2 <sup>d*</sup>	278±8 <sup>b*</sup>
	Salt	204±5	223±11 <sup>A</sup>	166±1 <sup>B</sup>	1341±7 <sup>B</sup>	186±5 <sup>B</sup>
	Sugar	218±2	298±12 <sup>c</sup>	213±12 <sup>b</sup>	377±32 <sup>c</sup>	340±26 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 23. Fracturability(g) of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	219±8	291±6 <sup>a*</sup>	239±13 <sup>b*</sup>	476±18 <sup>a*</sup>	314±19 <sup>a*</sup>
	Salt	201±1	197±3 <sup>A</sup>	184±3 <sup>B</sup>	399±21 <sup>A</sup>	514±47 <sup>A</sup>
	Sugar	218±2	337±2 <sup>ab</sup>	553±35 <sup>a</sup>	5650±30 <sup>a</sup>	417±14 <sup>a</sup>
-18	Control	219±8	277±17 <sup>a*</sup>	336±1 <sup>a*</sup>	5017±34 <sup>a*</sup>	255±8 <sup>b*</sup>
	Salt	201±1	195±9 <sup>A</sup>	169±2 <sup>B</sup>	174±29 <sup>B</sup>	181±3 <sup>A</sup>
	Sugar	218±2	315±5 <sup>bc</sup>	353±17 <sup>b</sup>	533±21 <sup>a</sup>	409±14 <sup>a</sup>
-40	Control	219±8	256±5 <sup>ab*</sup>	218±1 <sup>b*</sup>	256±12 <sup>b*</sup>	334±4 <sup>a*</sup>
	Salt	201±1	205±2 <sup>A</sup>	157±13 <sup>B</sup>	1881±17 <sup>BC</sup>	202±5 <sup>B</sup>
	Sugar	218±2	353±1 <sup>a</sup>	267±18 <sup>b</sup>	390±30 <sup>b</sup>	383±7 <sup>a</sup>
-80	Control	219±8	237±5 <sup>b*</sup>	187±2 <sup>c*</sup>	104±4 <sup>c*</sup>	278±8 <sup>b*</sup>
	Salt	201±1	222±11 <sup>A</sup>	237±21 <sup>A</sup>	132±9 <sup>C</sup>	211±4 <sup>B</sup>
	Sugar	218±2	298±12 <sup>c</sup>	266±9 <sup>b</sup>	402±7 <sup>b</sup>	3981±12 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 24. Adhesiveness(g) of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	-94.2±0.4	-104±0.1 <sup>ab*</sup>	-82.8±13.9 <sup>a*</sup>	-153±49.7 <sup>b*</sup>	-39.8±15.0 <sup>a*</sup>
	Salt	-92.4±0.1	-96.4±16.4 <sup>A</sup>	-47.5±1.6 <sup>A</sup>	-8.5±2.2 <sup>A</sup>	-1.37±0.3 <sup>A</sup>
	Sugar	-67.9±1.2	-165±21.1 <sup>a</sup>	-33.9±11.0 <sup>a</sup>	-218±34.9 <sup>b</sup>	-85.3±8.8 <sup>a</sup>
-18	Control	-94.2±0.4	-87.0±3.7 <sup>a*</sup>	-79.5±15.2 <sup>a*</sup>	-166±11.6 <sup>b*</sup>	-77.9±6.7 <sup>b*</sup>
	Salt	-92.4±0.1	-117±4.5 <sup>A</sup>	-56.3±6.1 <sup>A</sup>	-77.7±5.6 <sup>C</sup>	-59.9±4.1 <sup>B</sup>
	Sugar	-67.9±1.2	-175±1.2 <sup>a</sup>	-177±15.5 <sup>c</sup>	-184±58.2 <sup>ab</sup>	-84.7±9.0 <sup>a</sup>
-40	Control	-94.2±0.4	-120±15.2 <sup>b*</sup>	-80.6±0.7 <sup>a*</sup>	-102±12.6 <sup>ab*</sup>	-83.9±13.9 <sup>b*</sup>
	Salt	-92.4±0.1	-79.7±5.3 <sup>A</sup>	-53.7±14.3 <sup>A</sup>	-119±18.1 <sup>U</sup>	-54.7±1.2 <sup>B</sup>
	Sugar	-67.9±1.2	-171.2±6.2 <sup>a</sup>	-71.9±10.1 <sup>ab</sup>	-140±15.1 <sup>ab</sup>	-111±23.4 <sup>a</sup>
-80	Control	-94.2±0.4	-87.2±0.7 <sup>a*</sup>	-56.8±4.6 <sup>a*</sup>	-51.5±12.4 <sup>a*</sup>	-52.0±5.0 <sup>a*</sup>
	Salt	-92.4±0.1	-87.0±11.3 <sup>A</sup>	-37.4±5.3 <sup>A</sup>	-53.6±5.0 <sup>B</sup>	-74.5±5.8 <sup>C</sup>
	Sugar	-67.9±1.2	-138±30.5 <sup>a</sup>	-79.3±1.0 <sup>b</sup>	-102±11.8 <sup>a</sup>	-87.7±24.5 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 25. Springiness of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	0.94±0.01	0.95±0.003 <sup>a*</sup>	0.92±0.02 <sup>a*</sup>	0.95±0.01 <sup>a*</sup>	0.92±0.01 <sup>ab*</sup>
	Salt	0.92±0.003	0.91±0.001 <sup>A</sup>	0.88±0.02 <sup>A</sup>	0.85±0.003 <sup>C</sup>	0.87±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.93±0.02	0.90±0.001 <sup>a</sup>	0.95±0.02 <sup>a</sup>	0.95±0.01 <sup>a</sup>	0.91±0.01 <sup>b</sup>
-18	Control	0.94±0.01	0.92±0.02 <sup>b*</sup>	0.91±0.04 <sup>a*</sup>	0.94±0.002 <sup>a*</sup>	0.9±0.02 <sup>b*</sup>
	Salt	0.92±0.003	0.93±0.01 <sup>A</sup>	0.92±0.03 <sup>A</sup>	0.93±0.004 <sup>B</sup>	0.92±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	0.93±0.02	0.92±0.01 <sup>a</sup>	0.95±0.01 <sup>a</sup>	0.94±0.001 <sup>ab</sup>	0.92±0.01 <sup>a</sup>
-40	Control	0.94±0.01	0.94±0.002 <sup>ab*</sup>	0.92±0.03 <sup>a*</sup>	0.95±0.01 <sup>a*</sup>	0.93±0.01 <sup>a*</sup>
	Salt	0.92±0.003	0.93±0.01 <sup>A</sup>	0.91±0.02 <sup>A</sup>	0.94±0.003 <sup>A</sup>	0.92±0.02 <sup>A</sup>
	Sugar	0.93±0.02	0.92±0.004 <sup>a</sup>	0.96±0.004 <sup>a</sup>	0.92±0.01 <sup>b</sup>	0.91±0.01 <sup>b</sup>
-80	Control	0.94±0.01	0.93±0.01 <sup>ab*</sup>	0.92±0.003 <sup>a*</sup>	0.92±0.008 <sup>b*</sup>	0.9±0.01 <sup>ab*</sup>
	Salt	0.92±0.003	0.93±0.01 <sup>A</sup>	0.92±0.02 <sup>A</sup>	0.93±0.005 <sup>B</sup>	0.92±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	0.93±0.02	0.92±0.01 <sup>a</sup>	0.93±0.01 <sup>a</sup>	0.93±0.01 <sup>ab</sup>	0.91±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 26. Cohesiveness of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	0.39±0.01	0.41±0.01 <sup>a*</sup>	0.41±0.01 <sup>a*</sup>	0.45±0.01 <sup>a*</sup>	0.44±0.01 <sup>a*</sup>
	Salt	0.38±0.03	0.40±0.001 <sup>A</sup>	0.44±0.02 <sup>A</sup>	0.48±0.01 <sup>A</sup>	0.49±0.02 <sup>A</sup>
	Sugar	0.41±0.01	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.46±0.02 <sup>a</sup>	0.47±0.01 <sup>a</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>
-18	Control	0.39±0.01	0.38±0.01 <sup>a*</sup>	0.43±0.03 <sup>a*</sup>	0.45±0.01 <sup>a*</sup>	0.41±0.01 <sup>b*</sup>
	Salt	0.38±0.03	0.38±0.01 <sup>A</sup>	0.42±0.04 <sup>A</sup>	0.44±0.01 <sup>B</sup>	0.43±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.41±0.01	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>b</sup>	0.45±0.01 <sup>a</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>
-40	Control	0.39±0.01	0.43±0.001 <sup>a*</sup>	0.41±0.01 <sup>a*</sup>	0.45±0.01 <sup>a*</sup>	0.42±0.01 <sup>b*</sup>
	Salt	0.38±0.03	0.41±0.04 <sup>A</sup>	0.43±0.02 <sup>A</sup>	0.42±0.01 <sup>B</sup>	0.41±0.02 <sup>B</sup>
	Sugar	0.41±0.01	0.40±0.01 <sup>a</sup>	0.41±0.01 <sup>b</sup>	0.41±0.01 <sup>b</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>
-80	Control	0.39±0.01	0.40±0.03 <sup>a*</sup>	0.42±0.01 <sup>a*</sup>	0.37±0.01 <sup>b*</sup>	0.41±0.01 <sup>b*</sup>
	Salt	0.38±0.03	0.43±0.01 <sup>A</sup>	0.42±0.01 <sup>A</sup>	0.42±0.01 <sup>C</sup>	0.4±0.01 <sup>B</sup>
	Sugar	0.41±0.01	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>b</sup>	0.40±0.01 <sup>b</sup>	0.41±0.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 27. Gumminess(g) of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	87.7±2.0	116±0.6 <sup>a*</sup>	100±4.5 <sup>b*</sup>	204±12.3 <sup>a*</sup>	142±4.0 <sup>a*</sup>
	Salt	72.4±0.5	77.9±0.2 <sup>AB</sup>	76.1±2.7 <sup>A</sup>	182±21.7 <sup>A</sup>	2531±34.2 <sup>A</sup>
	Sugar	88.0±1.0	140.2±4.1 <sup>a</sup>	201±22.2 <sup>a</sup>	283±37.9 <sup>a</sup>	138±2.4 <sup>a</sup>
-18	Control	87.7±2.0	108±7.9 <sup>a*</sup>	129±2.4 <sup>a*</sup>	221±16.0 <sup>a*</sup>	102±14.6 <sup>a*</sup>
	Salt	72.4±0.5	76.1±1.5 <sup>b</sup>	70.4±0.1 <sup>A</sup>	78.1±1.4 <sup>b</sup>	78.8±2.8 <sup>b</sup>
	Sugar	88.0±1.0	124.9±0.9 <sup>b</sup>	134±17.8 <sup>b</sup>	209±16.0 <sup>b</sup>	159 3.9 <sup>a</sup>
-40	Control	87.7±2.0	112.8±5.4 <sup>a*</sup>	71.7±3.0 <sup>c*</sup>	112±3.3 <sup>b*</sup>	140±0.7 <sup>a*</sup>
	Salt	72.4±0.5	84.1±0.3 <sup>AB</sup>	61.1±1.8 <sup>b</sup>	67.75±2.6 <sup>b</sup>	75.4±1.4 <sup>b</sup>
	Sugar	88.0±1.0	141±0.2 <sup>a</sup>	124.3±16.0 <sup>b</sup>	163±3.6 <sup>bc</sup>	156±12.7 <sup>a</sup>
-80	Control	87.7±2.0	104±2.4 <sup>a*</sup>	78.7±13.1 <sup>c*</sup>	39.1±1.2 <sup>c*</sup>	118±6.9 <sup>a*</sup>
	Salt	72.4±0.5	86.4±4.6 <sup>A</sup>	68.3±1.7 <sup>AB</sup>	52.7±5.5 <sup>b</sup>	73.3±4.2 <sup>b</sup>
	Sugar	88.0±1.0	124.3±2.2 <sup>b</sup>	88.2±6.4 <sup>b</sup>	155±11.2 <sup>c</sup>	148.4±18.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16.

Table 28. Chewiness(g\*mm) of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	82.0±2.2	108±1.4 <sup>a*</sup>	92.7±6.3 <sup>b*</sup>	194±9.4 <sup>a*</sup>	130±4.0 <sup>a*</sup>
	Salt	66.2±0.7	71.8±1.1 <sup>bC</sup>	66.8±0.9 <sup>A</sup>	155±18.0 <sup>A</sup>	221±28.4 <sup>A</sup>
	Sugar	83.6±0.3	125±5.7 <sup>ab</sup>	187±20.5 <sup>a</sup>	272±44.4 <sup>a</sup>	125±0.6 <sup>b</sup>
-18	Control	82.0±2.2	92.8±8.8 <sup>a*</sup>	115±1.6 <sup>a*</sup>	209±15.4 <sup>a*</sup>	91.0±14.6 <sup>a*</sup>
	Salt	66.2±0.7	70.5±0.9 <sup>C</sup>	62.2±0.1 <sup>b</sup>	73.8±1.9 <sup>b</sup>	71.1±2.4 <sup>b</sup>
	Sugar	83.6±0.3	115±2.4 <sup>b</sup>	127.6±17.9 <sup>b</sup>	199±12.9 <sup>b</sup>	147±3.7 <sup>a</sup>
-40	Control	82.0±2.2	102±2.4 <sup>a*</sup>	64.5±2.3 <sup>c*</sup>	106±3.7 <sup>b*</sup>	129±3.4 <sup>a*</sup>
	Salt	66.2±0.7	78.8±0.1 <sup>b</sup>	55.3±0.1 <sup>C</sup>	64.1±2.6 <sup>bC</sup>	69.4±0.2 <sup>b</sup>
	Sugar	83.6±0.3	129±0.4 <sup>a</sup>	127±17.9 <sup>b</sup>	147±4.2 <sup>b</sup>	133±9.3 <sup>ab</sup>
-80	Control	82.0±2.2	96.9±3.4 <sup>a*</sup>	72.5±0.9 <sup>c*</sup>	36.2±1.5 <sup>c*</sup>	106±6.5 <sup>b*</sup>
	Salt	66.2±0.7	88.4±3.3 <sup>A</sup>	63.1±0.4 <sup>b</sup>	49.3±4.6 <sup>C</sup>	67±3.7 <sup>b</sup>
	Sugar	83.6±0.3	114±3.4 <sup>b</sup>	81.7±4.8 <sup>b</sup>	144±11.2 <sup>b</sup>	131±9.0 <sup>#</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

Table 29. Resilience of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	0.13±0.002	0.14±0.002 <sup>a*</sup>	0.14±0.010 <sup>a*</sup>	0.15±0.011 <sup>a*</sup>	0.16±0.010 <sup>a*</sup>
	Salt	0.15±0.030	0.14±0.003 <sup>A</sup>	0.17±0.010 <sup>A</sup>	0.21±0.011 <sup>A</sup>	0.28±0.010 <sup>A</sup>
	Sugar	0.13±0.009	0.13±0.011 <sup>a</sup>	0.21±0.051 <sup>a</sup>	0.16±0.004 <sup>a</sup>	0.15±0.001 <sup>a</sup>
-18	Control	0.13±0.002	0.14±0.010 <sup>a*</sup>	0.17±0.001 <sup>a*</sup>	0.15±0.003 <sup>a*</sup>	0.12±0.001 <sup>b*</sup>
	Salt	0.15±0.030	0.13±0.004 <sup>A</sup>	0.18±0.004 <sup>A</sup>	0.16±0.011 <sup>b</sup>	0.15±0.021 <sup>b</sup>
	Sugar	0.13±0.009	0.09±0.010 <sup>b</sup>	0.16±0.004 <sup>a</sup>	0.14±0.001 <sup>b</sup>	0.15±0.002 <sup>a</sup>
-40	Control	0.13±0.002	0.13±0.010 <sup>a*</sup>	0.15±0.010 <sup>a*</sup>	0.16±0.001 <sup>a*</sup>	0.16±0.010 <sup>a*</sup>
	Salt	0.15±0.030	0.15±0.010 <sup>A</sup>	0.17±0.011 <sup>A</sup>	0.14±0.005 <sup>b,c</sup>	0.13±0.001 <sup>c</sup>
	Sugar	0.13±0.009	0.13±0.010 <sup>a</sup>	0.19±0.001 <sup>a</sup>	0.14±0.011 <sup>b</sup>	0.12±0.001 <sup>c</sup>
-80	Control	0.13±0.002	0.13±0.010 <sup>a*</sup>	0.16±0.010 <sup>a*</sup>	0.12±0.011 <sup>b*</sup>	0.15±0.011 <sup>a*</sup>
	Salt	0.15±0.030	0.14±0.010 <sup>A</sup>	0.18±0.003 <sup>A</sup>	0.13±0.008 <sup>c</sup>	0.12±0.001 <sup>c</sup>
	Sugar	0.13±0.009	0.14±0.010 <sup>a</sup>	0.18±0.003 <sup>a</sup>	0.16±0.007 <sup>a</sup>	0.14±0.010 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 16

#### 나. 계육 surimi의 냉장저장중 기능성 변화

육계 기계발골육과 노계 정육으로 만든 수리미를 5°C에서 7일간 저장할 경우 첨가제에 따라 색깔이 변하고 있다. 그림 1에서 보는바와 같이 명도(L\*)는 첨가제별 차이를 보이고 있다. 냉장 저장기간이 길수록 전체적인 수리미의 명도는 감소하거나 완만한 변화를 보이고 있다. 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate를 첨가한 가염구가 4% sucrose + 4% sorbitol를 첨가한 가당구에 비해 저장기간중 현저히 감소하였다. 따라서 수리미의 밝기 측면에서 보면 당첨가가 유리할 것으로 판단된다.

적색도(a\*)는 냉장 저장기간동안 완만히 증가하는 경향을 보이고 있다. 육계에서 제조한 수리미가 노계 수리미보다 더 적색도가 높은 경향을 보였다. 명도와 달리 적색도는 염첨가구가 육계 수리미나 노계 수리미 모두 높게 나타났다.

황색도(b')는 모든 수리미에서 저장기간에 따라 감소하였다. 저장기간중에 감소 경향을 보였지만 적색도와 비슷하게 염첨가구가 당첨가구나 대조구에 비해 높은 수준을 나타내었다. 이와 같은 결과를 보면 수리미를 냉장저장시킬 때 첨가된 단백질 변성방지제는 무첨가구에 비해 색깔개선에 기여하지 못하는 것으로 밝혀졌다. 만약 수리미를 냉장시킬 때 색깔측면에서는 무첨가 수리미를 직접 저장하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

냉장기간중에 육계 수리미와 노계 수리미의 보수력 변화를 보면 그림 4와 같다. 노계 정육으로 제조한 수리미는 5℃에서 7일간 저장할 때 완만하거나 약간 증가하는 경향을 보였지만, 육계 기계발골계육에서 제조한 수리미는 감소하는 경향을 보였다. 보수력의 유지 또는 증진에는 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate를 첨가한 가염구가 우수하다고 판단되었다. 이것은 인산염에 의한 보수력 증진효과가 결정적으로 작용하고 소금에 의한 육의 등전점을 이동시킨 결과로 생각된다. 또한 노계육의 보수력이 높은 것은 노계육은 정육을 이용하여 수리미를 제조한 반면, 육계 수리미는 분할하고 남은 잔뼈 등으로부터 압출한 기계발골육으로부터 제조하였기 때문에 육 기능성에 방해되는 불순물이 좀더 많이 남아 있을 것으로 예상되었다.

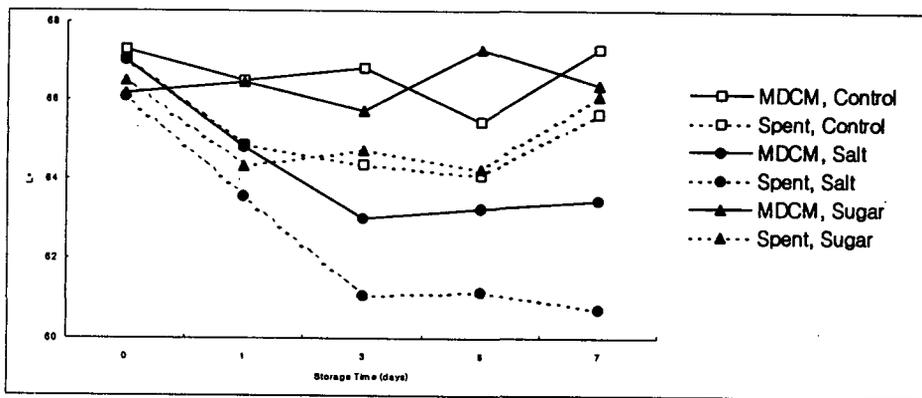


Fig. 1. CIE color L\* value of chicken surimi during storage at 5°C. MDCM, Control: surimi from mechanically debond chicken meat(MDCM) with water, MDCM, Salt: surimi from MDCM with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate, MDCM, Sugar: surimi from MDCM with 4% sucrose + 4% sorbitol, Spent, Control: surimi from spent layer meat with water, Spent, Salt: surimi from spent layer meat with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate, Spent, Sugar: surimi from spent layer meat with 4% sucrose + 4% sorbitol.

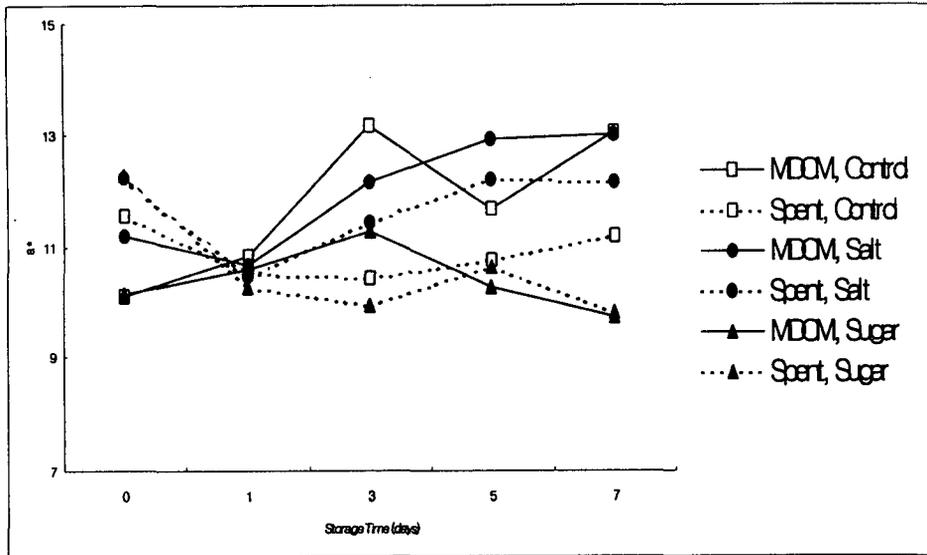


Fig. 2. CIE color  $a^*$  value of chicken surimi during storage at 5°C.

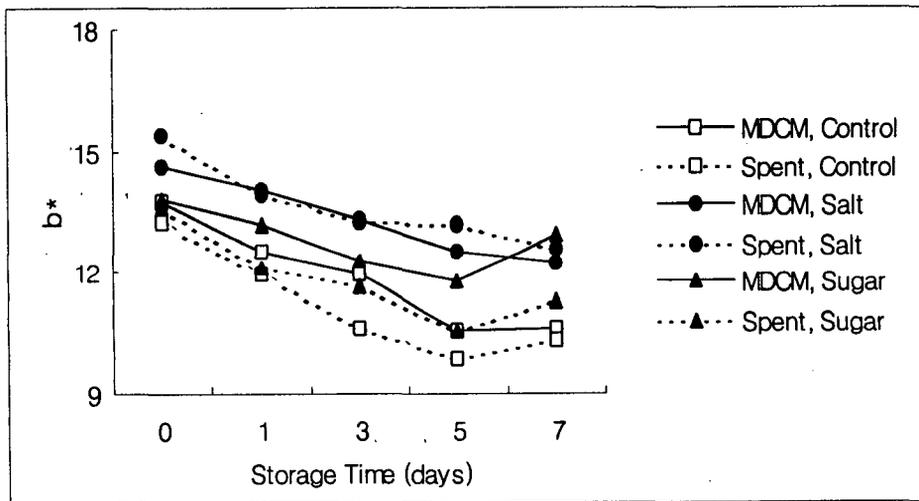


Fig. 3. CIE color  $b^*$  value of chicken surimi during storage at 5°C.

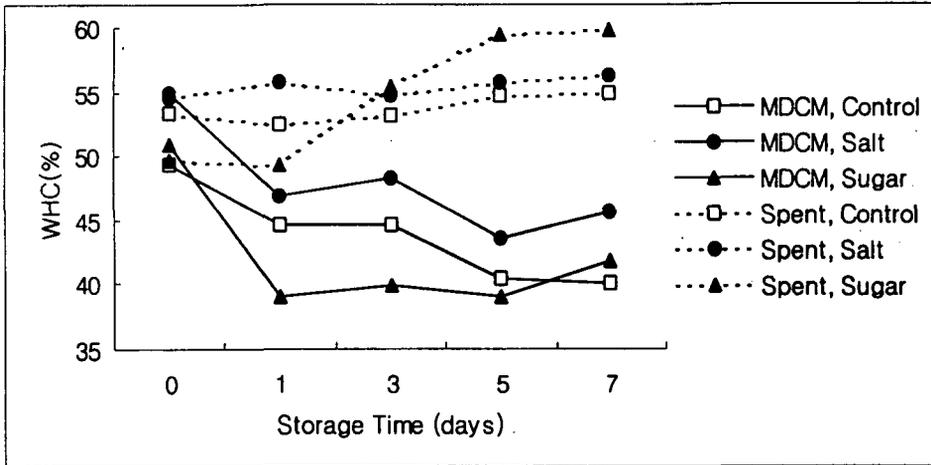


Fig. 4. Water holding capacity of chicken surimi during storage at 5°C.

#### 다. 냉동변성 방지제 종류와 첨가량 결정시험

노계육으로 부터 제조된 수리미를 육가공 제품의 주원료로 사용하려면 비축된 상태에서 필요한 시기에 언제든지 투입할 수 있어야 한다. 따라서 수리미의 품질을 급격히 저하시키지 않으면서도 장기간 저장할 기술이 필요하다. 현실적으로 수리미를 가장 효과적으로 저장할 수 있는 방법이 냉동방법이다. 수리미는 대부분 육단백질(근원섬유 단백질)로 구성되어 있으므로 냉동온도나 기간에 따라 냉동해를 받게 된다. 대표적인 냉동해로서 단백질의 기능성이 떨어진다. 기능성이 떨어진 단백질로 육제품을 제조하고자 하면 조직감이나 색깔이 나빠지고 수율이 떨어져 상품성이 낮아진다. 따라서 수리미에 냉동변성 방지제를 첨가하여 단백질의 변성을 막아야 한다.

본 실험에 사용된 냉동변성 방지제의 시험구를 보면 아무것도 첨가하지 않은 대조구, 가염구(Salt : Surimi with 3% sodium chloride + 4% sorbitol + 4% sucrose), 무염구(No salt : Surimi with 0.2% sodium tripolyphosphate + 4% sorbitol + 4% sucrose), 혼합 1구(Combi-1 : Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate + 4% sorbitol + 4% sucrose), 혼합 2구(Combi-2 : Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate + 8% sorbitol +

8% sucrose)로 나누어 사용하였다.

저장기간동안 첨가구간의 현저한 pH의 차이는 없었다. 혼합초기에 비해 냉동 7주에 약간 감소하다가 냉동 14주에 다시 약간 증가하는 경향을 보였다.

가염 및 무염 냉동변성 방지제를 첨가하였을 때 냉동저장중 첨가구간 색깔의 변화는 없는 것으로 나타났다(표 31). 그렇지만 변성방지제를 넣지 않은 대조구의 명도(L\*)를 보면 저장 1일에 66.7에서 저장 14주에 62.6으로 감소하여 어두워지는 경향을 보였다. 이와 같이 냉동변성 방지제를 첨가하면 색깔의 밝기나 기타 색깔항목에서 큰 변화가 없었기 때문에 냉동저장중 색깔 안정성에 기여하는 것으로 나타났다.

냉동변성 방지제를 첨가한 수리미로부터 gel을 제조한 결과 조직감을 살펴보면 표 32-33과 같다. 유의적인 차이는 없었지만 가염구가 무염구보다 기계적 물성이 떨어지는 것으로 나타났다. 무염구는 인산염이 대신 첨가되었기 때문에 가염구에 비해 조직감이 향상된 것으로 본다. 대조구의 기계적 물성이 높은 이유는 gel을 제조하기 위해서 해동후 대조구에도 3%의 소금을 첨가하였기 때문이다. 순수한 의미에서 소금을 첨가하지 않고는 gel이 형성되지 않으므로 만약 대조구가 소금을 첨가하지 않고 gel을 형성시켰더라면 냉동변성 방지제가 훨씬 물성이 강했으리라 판단된다. 냉동저장후에 gel을 형성시키기 위해 대조구는 소금을 첨가한 반면 냉동변성 방지제는 추가로 더 이상 소금을 첨가하지 않았기 때문에 조직감 강도의 차가 생긴 것 같다. 앞으로 냉동저장할 때 소금의 첨가시기가 해동후 가열에 의해 gel 형성에 영향을 미치는 영향을 더 연구할 필요가 있다고 본다.

냉동 저장기간동안 보수력은 서서히 감소하였다. 표 34에서 나타난 보수력은 이미 gel이 형성된 상태에서 육수분이 원심분리에 의해 유지하고자 하는 성질을 나타낸 것이다. 따라서 해동후 drip량이나 해동육을 가열에 의해 gel화 시켰을 때의 유리된 수분량이 포함되지 않았다. 본 실험에서 보수력은 gel이 형성된 다음부터 수분을 유지하고자 하는 안정성을 의미한다 하겠다. 표 34에서 보는 바와 같이 gel의 보수력은 저장초기에 대조구는 이미 수분이 많이 유리된 상태이므로 보수력이 약간 높은 경향을 보였다. 그러나 가열하지 않은 원료 수리미를 기준으로 살펴보면 해동중에 drip량이 방출된다. 표 35에서 보는바와 같이 대조구에서 drip량과 가열후 유리된 물의 양이 많음을 알 수 있다. 이와

같이 원료육 기준에서 보면 냉동변성 방지제의 첨가로 총 유리수량을 감소시켜 가공제품의 수율을 증가시킬 수 있다.

계육 수리미의 냉동변성 방지를 위해서 일반적으로 어육 수리미에서 사용하고 있는 소금이나 인산염, 기타 당류의 첨가가 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러므로 가염제로 수리미에 소금 3% + 솔비톨 4% + 설탕 4%를 첨가하거나 무염제로 인산염 0.2% + 솔비톨 4% + 설탕 4%를 혼합 처리하는 것이 바람직하다고 판단된다.

Table 30. Effect of cryoprotectants on the pH of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Storage period	Treatment <sup>1)</sup>				
	Control	Salt	No salt	Combi-1	Combi-2
1 day	7.27±0.01	7.27±0.01	7.46±0.02	7.24±0.01	7.27±0.01
7 weeks	7.20±0.01	7.19±0.02	7.20±0.01	7.20±0.01	7.20±0.01
14 weeks	7.62±0.01	7.37±0.02	7.80±0.01	7.29±0.01	7.32±0.02

<sup>1)</sup> Control: Surimi

Salt: Surimi with 3% sodium chloride + 4% sorbitol + 4% sucrose

No salt: Surimi with 0.2% sodium tripolyphosphate + 4% sorbitol + 4% sucrose

Combi-1: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate + 4% sorbitol + 4% sucrose

Combi-2: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate + 8% sorbitol + 8% sucrose

Table 31. Effect of cryoprotectants on CIE color value of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Color value	Storage periods	Treatment <sup>1)</sup>				
		Control	Salt	No salt	Combi-1	Combi-2
L*	1 day	66.72±0.25	63.02±0.45	63.20±0.42	62.14±0.55	63.22±0.28
	7 weeks	61.80±0.83	62.27±0.55	61.16±0.40	61.10±0.06	62.11±0.25
	14 weeks	62.60±0.51	62.82±0.39	60.6±0.18	61.98±0.13	61.49±0.29
a*	1 day	8.73±0.48	8.08±0.15	8.40±0.21	7.06±0.61	8.04±0.29
	7 weeks	9.55±0.23	8.46±0.17	8.91±0.06	8.58±0.19	8.34±0.03
	14 weeks	8.55±0.09	8.18±0.05	8.39±0.39	8.13±0.1	8.06±0.03
b*	1 day	13.03±0.15	12.94±0.04	12.66±0.16	12.56±0.33	12.85±0.22
	7 weeks	12.69±0.06	13.32±0.14	12.70±0.10	13.65±0.09	13.44±0.02
	14 weeks	12.86±0.11	13.62±0.15	12.32±0.07	13.67±0.07	13.64±0.07
C	1 day	15.68±0.37	15.24±0.11	15.19±0.24	14.40±0.59	15.15±0.34
	7 weeks	15.88±0.18	15.77±0.20	15.51±0.12	16.12±0.17	15.81±0.03
	14 weeks	15.44±0.07	15.88±0.14	14.91±0.18	15.9±0.1	15.84±0.07
h*	1 day	56.30±1.22	58.07±0.37	56.5±0.42	60.77±1.44	58.03±0.49
	7 weeks	53.10±0.57	57.63±0.31	55.0±0.00	57.90±0.42	58.20±0.08
	14 weeks	56.47±0.5	59.03±0.33	55.8±1.36	59.3±0.29	59.47±0.12

<sup>1)</sup> see foot note of Table 30

Table 32. Effect of cryoprotectants on the compress, hardness, fracturability, adhesiveness and springiness of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Textural property	Storage period	Treatment <sup>1)</sup>				
		Control	Salt	No salt	Combi-1	Combi-2
Compress (g*cm)	1 day	861.1±45	244.2±37	302.4±6	347.9±20	298.2±10
	7 weeks	536.5±28	479.9±11	287.7±25	258.9±9	266.8±7
	14 weeks	415.9±28	264.5±5	308.78±4	220.7±15	307.4±6
Hardness (g)	1 day	146.2±8.3	99.1±12.6	113.2±12.5	78.9±6.6	85.8±7.0
	7 weeks	189.3±11.2	83.5±2.6	91.9±3.0	69.9±2.3	77.8±7.7
	14 weeks	136.2±3.5	62.7±4.2	92.3±9.0	71.9±8.1	88.7±1.2
Fracturability (g)	1 day	135.7±22.7	101.7±6.8	113.2±12.5	81.6±3.4	96.5±8.3
	7 weeks	173.9±4.5	84.9±4.1	91.9±3.0	70.6±3.1	78.3±7.5
	14 weeks	130.6±6.9	62.7±4.2	91.8±9.7	71.4±4.5	89.9±0.8
Adhesiveness (g)	1 day	-51.3±4.3	-41.7±2.6	-68.6±9.5	-70.6±5.6	-90.3±19.0
	7 weeks	-81.0±7.2	-43.1±2.4	-58.4±3.9	-55.0±4.5	-33.5±1.9
	14 weeks	-30.3±2.1	-40.1±8.1	-33.3±0.9	-39.4±4.4	-31.0±1.7
Springiness	1 day	0.92±0.02	0.9±0.02	0.93±0.02	0.89±0.01	0.91±0.02
	7 weeks	0.88±0.01	0.88±0.01	0.91±0.03	0.89±0.02	0.86±0.01
	14 weeks	0.87±0.01	0.86±0.04	0.88±0.02	0.87±0.02	0.88±0.01

<sup>1)</sup> see foot note of Table 30

Table 33. Effect of cryoprotectants on the cohesiveness, gumminess, chewiness, and resilieness of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Textural property	Storage period	Treatment <sup>1)</sup>				
		Control	Salt	No salt	Combi-1	Combi-2
Cohesiveness	1 day	0.38±0.03	0.38±0.02	0.41±0.05	0.40±0.01	0.4±0.01
	7 weeks	0.41±0.01	0.39±0.01	0.41±0.01	0.38±0.01	0.39±0.01
	14 weeks	0.41±0.01	0.38±0.01	0.38±0.01	0.40±0.02	0.42±0.01
Gumminess (g)	1 day	53.9±1.3	37.9±3.5	45.9±4.0	36.7±1.4	32.2±2.6
	7 weeks	81.0±2.8	32.7±0.5	38.0±1.6	27.1±0.5	31.3±3.9
	14 weeks	55.2±1.8	23.9±2.0	31.5±3.8	31.5±2.0	36.9±0.8
Chewiness (g*mm)	1 day	49.7±0.1	34.1±2.6	42.5±3.6	33.5±2.8	29.4±2.7
	7 weeks	72.4±3.48	28.8±0.6	35.1±0.8	23.6±0.3	27.0±3.5
	14 weeks	45.9±3.08	20.5±2.2	28.0±4.1	26.7±1.7	31.9±1.2
Resilieness	1 day	0.13±0.01	0.14±0.01	0.14±0.02	0.14±0.01	0.13±0.01
	7 weeks	0.12±0.01	0.1±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01	0.10±0.01
	14 weeks	0.13±0.01	0.09±0.01	0.12±0.01	0.11±0.01	0.13±0.01

<sup>1)</sup> see foot note of Table 30

Table 34. Effect of cryoprotectants on the water holding capacity(WHC, %) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Storage period	Treatment <sup>1)</sup>				
	Control	Salt	No salt	Combi-1	Combi-2
1 day	56.74±0.57	49.82±1.84	55.01±0.74	51.60±5.57	52.87±0.64
7 weeks	58.7±1.03	49.24±1.35	49.35±0.65	46.24±0.99	48.61±1.11
14 weeks	55.51±0.39	49.19±1.61	46.96±0.29	48.5±2.15	46.81±1.41

<sup>1)</sup> see foot note of Table 30

Table 35. Total water releasing of various treatment with cryoprotectant after 14 weeks storage

Water releasing	Treatment <sup>1)</sup>				
	Control	Salt	No salt	Combi-1	Combi-2
Water after thawing(g/100g)	87.5±0.2	79.8±0.1	80.3±1.2	79.9±0.1	80.1±0.1
Water after cooking(g/100g)	73.3±2.5	70.9±1.4	74.6±1.1	73.6±1.0	73.6±0.1
Total water releasing(g/200g)	160.8	150.7	154.9	153.5	153.7

<sup>1)</sup> see foot note of Table 30

#### 라. 항산화제 종류와 첨가량 결정

##### 1) 항산화제 첨가에 의한 냉동중 산화억제

냉동계육 수리미의 저장중 산화를 방지하기 위해 식육에서 널리 이용하고 있는 항산화제를 첨가하였다. 아무것도 첨가하지 않은 대조구, 0.02% propyl gallate(PG), 0.2% sodium L-ascorbate(SA), 0.2% sodium tripolyphosphate(STPP), 0.02% propyl gallate + 0.2% sodium ascorbate(PG+SA), 0.02% propyl gallate + 0.2% sodium ascorbate + 0.2% sodium tripolyphosphate(PG+SA+STPP)구로 나누어 시험을 실시하였다.

표 36에서 보는바와 같이 혼합초기의 pH는 항산화제 자체 pH에 영향을 받은 것 같았다. 예를 들면 대조구의 pH는 7.35이지만 STPP는 7.54로 가장 높았다. 냉동저장기간이 7주에서 14주로 길어질수록 전체적으로 pH는 감소하는 경향을 보였다. 저장중 pH의 감소는 수리미의 단백질 변성과 품질에 밀접한 관련이 있으리라 판단된다.

항산화제 첨가에 의한 색깔의 변화를 보면 표 37에서와 같이 명도(L\*)가 STPP구에서 가장 높았고 저장중에도 타 첨가구에 비해 높은 수준을 유지하였다. 그러나 모든 첨가구는 저장중에 명도가 서서히 감소하는 경향을 보였다.

품질이 감소하고 있음을 알 수 있다. 적색도( $a^*$ )의 변화를 보면 SA구가 저장초기에서 저장 14주까지 가장 높은 수준을 유지하였다. 일반적으로 어육 수리미에서는 적색도가 낮고 명도가 높은 것을 선호하는 경향이 있지만, 계육 수리미에서는 적색도에 대한 품질평가가 이루어지지 않은 상태이다. 그러나 적색도가 높으면 그 만큼 수세가 미흡하여 육색소가 잔존할 가능성이 있기 때문에 바람직하지는 않다고 본다. SA구에서 적색도가 높은 것은 pH가 산성영역에서 육색소가 환원되었기 때문으로 사료된다. 냉동저장기간중에 적색도도 감소하는 경향을 보였다. Chroma가도 SA구가 높았으며, hue angle은 STPP 첨가구가 높게 나타났다.

표 38은 1차로 가열한 수리미육에서 유리된 수분을 제거하고 가열육을 원심분리하여 수분안정도를 조사하였다. 표에서 보는 바와 같이 저장 14주에 있어서 보수력이 대조구에 비해 모두 높게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다.

표 39는 냉동중에 수세한 계육 단백질의 변성을 VBN 함량으로 나타내었다. VBN가는 첨가구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 다만 STPP 첨가구가 저장기간중에 타 첨가구에 비해 높은 수준을 보였다. 이것은 STPP 자체가 pH가 약간 높기 때문에 VBN을 포집할 때 영향을 끼쳤으리라 생각되었다.

표 40과 41은 항산화제 첨가에 의한 기계적인 물성을 조사한 것이다. 대부분의 물성은 냉동저장중에 감소하였다. 이것은 장기간 냉동에 따른 단백질의 변성에 따른 결과로 해석할 수 있다. 기계적인 물성은 편차범위가 넓기 때문에 첨가구간 차이도 심하게 나타났다. 경도(Hardness)나 점착력(adhesiveness)을 보면 SA나 SA+PG와 같이 ascorbic acid를 첨가한 수리미가 높게 나타났다. 이것은 pH에 따른 육의 보수력과도 관계가 있으리라 생각된다. Cohesiveness, gumminess, chewiness, resiliency도 냉동저장이 길수록 감소하는 경향을 보였지만 저장 14주에 있어서 항산화제 첨가구가 대조구에 비해 기계적 조직감이 더 높게 나타났다(표 41).

항산화제 첨가에 의한 냉동중 지방산화를 보면 표 42에서 보는바와 같이 TBARS가 혼합직후 1일에 비해 냉동 14주에 증가하였다. 저장 14주에 있어서 TBARS는 대조구가 1.52이었으나 나머지 항산화제 첨가구는 0.69-0.98로 산화가 억제되었다. 첨가구별로 산화억제가 있었지만 복합첨가구(PG+SA+STPP)가 가장 강력하게 산화가 억제되었다. 표 43과 같이 지방 과산화물(POV)가는 냉

동저장 7주에 비해 14주에 약간 감소하는 경향을 보였지만 저장 14주에서 첨가구간 비교를 하면 대조구가 가장 높았고 복합첨가구(PG+SA+STPP)가 가장 낮았다. 따라서 수리미를 저장하는데 있어서 항산화제를 혼합 첨가하면 저장기간중에 지방산화를 현저히 억제시킬 수가 있다.

Table 36. Effect of antioxidants on the pH of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	7.35±0.01	7.27±0.03	7.07±0.01
PG	7.40±0.01	7.17±0.01	7.10±0.03
SA	7.37±0.01	7.33±0.01	7.20±0.04
STPP	7.54±0.01	7.44±0.01	7.34±0.01
PG+SA	7.37±0.01	7.22±0.02	7.17±0.00
PG+SA+STPP	7.52±0.01	7.45±0.01	7.29±0.01

<sup>1)</sup> Control : Surimi

PG: Surimi with 0.02% propyl gallate

SA: Surimi with 0.2% sodium ascorbate

STPP: Surimi with 0.2% sodium tripolyphosphate

PG+SA: Surimi with 0.02% propyl gallate + 0.2% sodium ascorbate

PG+SA+STPP: Surimi with 0.02% propyl gallate + 0.2% sodium ascorbate + 0.2% sodium tripolyphosphate

Table 37. Effect of antioxidants on CIE color value of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

CIE value	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
		1 day	7 weeks	14 weeks
L*	Control	62.53±0.38	63.58±0.11	62.87±0.19
	PG	61.84±0.50	60.87±0.17	60.33±0.31
	SA	60.43±0.11	60.91±0.24	60.52±0.27
	STPP	63.24±0.31	62.12±0.27	62.61±0.22
	PG+SA	61.24±0.13	58.43±0.31	57.73±0.11
	PG+SA+STPP	60.03±0.38	58.81±0.05	58.63±0.03
a*	Control	8.62±0.38	7.87±0.13	6.45±0.52
	PG	8.33±0.11	7.93±0.16	7.65±0.09
	SA	10.17±0.01	9.18±0.16	9.49±0.1
	STPP	7.33±0.18	7.02±0.46	7.21±0.21
	PG+SA	8.78±0.19	8.80±0.04	9.23±0.44
	PG+SA+STPP	9.35±0.01	9.04±0.13	8.77±0.22
b*	Control	12.26±0.46	12.75±0.06	12.21±0.22
	PG	11.37±0.06	11.45±0.18	11.48±0.02
	SA	12.06±0.06	12.27±0.17	12.49±0.15
	STPP	12.34±0.14	12.33±0.22	12.59±0.04
	PG+SA	11.41±0.02	11.53±0.14	11.44±0.19
	PG+SA+STPP	11.22±0.16	11.72±0.09	11.69±0.24
C	Control	14.99±0.48	14.98±0.06	13.81±0.44
	PG	14.09±0.06	13.92±0.23	13.78±0.07
	SA	15.77±0.04	15.32±0.21	15.68±0.12
	STPP	14.35±0.16	14.16±0.42	14.51±0.09
	PG+SA	14.39±0.12	14.51±0.10	14.69±0.41
	PG+SA+STPP	14.60±0.13	14.8±0.15	14.61±0.32
h*	Control	54.93±1.40	58.4±0.49	62.27±1.55
	PG	53.83±0.48	55.37±0.33	56.37±0.31
	SA	49.92±0.16	53.34±0.43	52.83±0.47
	STPP	59.34±0.65	60.37±1.18	60.27±0.76
	PG+SA	52.51±0.59	52.70±0.42	51.23±0.97
	PG+SA+STPP	50.23±0.37	52.43±0.22	53.23±0.12

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

Table 38. Effect of antioxidants on the water holding capacity(WHC, %) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	52.21±1.55	49.04±0.62	46.63±1.94
PG	49.32±2.26	49.72±1.20	49.07±0.90
SA	56.80±1.41	54.61±0.54	55.03±0.14
STPP	51.45±0.23	49.86±0.76	50.70±1.72
PG+SA	55.46±1.49	53.89±1.07	56.79±1.14
PG+SA+STPP	50.30±0.65	49.27±0.75	50.35±0.45

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

Table 39. Effect of antioxidants on the volatile basic nitrogen(VBN, %) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	0.68±0.05	0.64±0.07	0.62±0.04
PG	0.40±0.08	0.79±0.07	0.59±0.03
SA	0.60±0.03	0.64±0.05	0.58±0.03
STPP	0.77±0.03	0.7±0.03	0.75±0.03
PG+SA	0.72±0.03	0.60±0.03	0.66±0.05
PG+SA+STPP	0.85±0.05	0.77±0.03	0.61±0.03

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

Table 40. Effect of antioxidants on the compress, hardness, fracturability, adhesiveness and springiness of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

CIE value	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
		1 day	7 weeks	14 weeks
Compress (g*cm)	Control	664.01 ± 50.4	ND	15.31 ± 0.89
	PG	175.20 ± 34.64	ND	31.85 ± 3.82
	SA	477.15 ± 22.2	ND	150.24 ± 21.42
	STPP	383.26 ± 4.49	ND	133.62 ± 2.64
	PG+SA	460.44 ± 23.31	ND	117.27 ± 3.191
	PG+SA+STPP	262.26 ± 15.35	ND	106.8 ± 7.29
Hardness (g)	Control	121.37 ± 3.14	56.64 ± 4.34	42.55 ± 6.31
	PG	78.24 ± 3.47	78.23 ± 11.61	45.26 ± 6.73
	SA	166.09 ± 26.46	136.68 ± 9.62	105.89 ± 14.82
	STPP	66.42 ± 5.63	84.85 ± 8.07	82.68 ± 8.19
	PG+SA	139.98 ± 3.87	100.3 ± 6.82	99.81 ± 5.14
	PG+SA+STPP	78.09 ± 8.87	71.51 ± 12.29	75.82 ± 5.17
Fracturability (g)	Control	125.96 ± 4.41	56.64 ± 4.34	35.08 ± 4.12
	PG	78.24 ± 3.47	84.83 ± 2.29	40.45 ± 4.92
	SA	165.45 ± 26.96	136.68 ± 9.62	105.89 ± 14.82
	STPP	65.24 ± 6.87	79.46 ± 7.88	84.32 ± 5.09
	PG+SA	146.31 ± 8.40	100.3 ± 6.82	99.81 ± 5.14
	PG+SA+STPP	71.64 ± 5.08	73.99 ± 14.53	75.82 ± 5.17
Adhesiveness (g)	Control	-45.31 ± 5.22	-24.42 ± 1.45	-30.39 ± 2.24
	PG	-23.15 ± 2.39	-28.6 ± 9.08	-22.31 ± 4.24
	SA	-94.01 ± 11.96	-45.39 ± 2.42	-22.01 ± 3.45
	STPP	-39.40 ± 3.75	-52.38 ± 5.59	-44.29 ± 7.17
	PG+SA	-93.68 ± 11.43	-22.61 ± 5.55	-18.02 ± 2.2
	PG+SA+STPP	-72.3 ± 9.16	-40.64 ± 8.46	-26.34 ± 1.88
Springiness	Control	0.89 ± 0.02	0.76 ± 0.08	0.84 ± 0.01
	PG	0.84 ± 0.02	0.82 ± 0.02	0.81 ± 0.03
	SA	0.92 ± 0.01	0.85 ± 0.01	0.85 ± 0.01
	STPP	0.90 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.88 ± 0.01
	PG+SA	0.91 ± 0.01	0.81 ± 0.02	0.81 ± 0.01
	PG+SA+STPP	0.91 ± 0.01	0.87 ± 0.01	0.87 ± 0.03

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

Table 41. Effect of antioxidants on the cohesiveness, gumminess, chewiness, and resiliency of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

CIE value	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
		1 day	7 weeks	14 weeks
Cohesiveness	Control	0.43±0.03	0.38±0.02	0.34±0.01
	PG	0.41±0.02	0.38±0.03	0.37±0.03
	SA	0.41±0.03	0.43±0.02	0.40±0.03
	STPP	0.42±0.02	0.41±0.03	0.4±0.01
	PG+SA	0.41±0.01	0.41±0.01	0.37±0.03
	PG+SA+STPP	0.40±0.01	0.38±0.01	0.43±0.02
Gumminess (g)	Control	52.85±5.28	19.71±3.97	14.5±2.03
	PG	31.34±1.38	31.82±2.29	18.02±2.01
	SA	69.20±7.98	59.11±6.65	42.44±5.75
	STPP	26.06±3.15	30.90±1.13	37.96±2.95
	PG+SA	55.82±1.20	45.21±4.96	27.84±2.55
	PG+SA+STPP	36.33±4.68	32.94±3.64	34.76±2.64
Chewiness (g*mm)	Control	48.38±6.04	14.82±4.18	12.2±1.62
	PG	28.59±1.71	26.28±2.51	14.09±2.4
	SA	65.24±15.2	59.11±6.65	36.45±4.27
	STPP	23.16±2.34	27.54±0.87	33.33±2.28
	PG+SA	51.02±1.49	36.39±4.39	21.86±1.91
	PG+SA+STPP	33.45±4.59	24.26±2.88	26.73±0.92
Resiliency	Control	0.15±0.01	0.08±0.01	0.06±0.01
	PG	0.14±0.01	0.10±0.02	0.08±0.01
	SA	0.14±0.03	0.13±0.02	0.10±0.02
	STPP	0.13±0.01	0.11±0.01	0.11±0.02
	PG+SA	0.12±0.01	0.13±0.02	0.09±0.01
	PG+SA+STPP	0.12±0.01	0.10±0.01	0.09±0.01

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

Table 42. Effect of antioxidants on the thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS, mg/kg) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	0.54±0.02	0.74±0.10	1.52±0.31
PG	0.40±0.16	0.41±0.03	0.98±0.11
SA	0.42±0.12	0.65±0.05	0.98±0.17
STPP	0.48±0.09	0.66±0.04	0.77±0.13
PG+SA	0.42±0.08	0.52±0.05	0.80±0.14
PG+SA+STPP	0.41±0.14	0.45±0.06	0.69±0.14

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

Table 43. Effect of antioxidants on the lipid peroxide(POV, meq peroxides/kg) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	ND	0.20±0.02	0.22±0.01
PG	ND	0.16±0.02	0.13±0.02
SA	ND	0.14±0.01	0.07±0.01
STPP	ND	0.27±0.01	0.25±0.01
PG+SA	ND	0.14±0.01	0.06±0.01
PG+SA+STPP	ND	0.02±0.01	0.05±0.04

<sup>1)</sup> see foot note of Table 36

## 2) 천연 oleoresin 첨가에 의한 냉동중 산화억제

식육가공에 흔히 쓰이는 향신료 중에서 항산화성이 높은 oleoresin 향신료를 선정하여 수리미에 혼합하였다. 표 44에서와 같이 pH는 oleoresin 자체 pH의 영향을 받아 처리구간 약간씩 차이는 있었으나 상호 유의성은 없었다. 모두 첨가구의 수리미는 냉동초기에 비해 14주일에 pH가 감소하였다. 이와 같은 결과는 항산화 첨가구에서도 동일한 결과를 보여주고 있다. pH의 감소는 육의 단백질 변성과도 관련이 있어 최종 수리미의 조직감에도 영향을 끼치리라 생각된다.

Oleoresin 종류에 따른 색깔의 변화를 보면 각 향신료에 따라 변이가 심한 편이지만 적색도( $a^*$ )의 경우 marioram이나 bay 첨가구에서 가장 낮았다. Hue angle의 경우 marioram 첨가구에서 가장 높게 나타났다(표 45).

표 46은 기계적 조직감을 나타내고 있다. 저장기간이 지날수록 전반적인 기계적인 조직감은 낮아지는 경향을 보였다. 이것은 육 단백질이 냉동변성에 의해 gel 형성 능력이 떨어지는 것으로 보아야 한다. 따라서 냉동변성을 방지하기 위해서 가능한 장기간 수리미를 저장하지 않은 것이 바람직하고 항산화제 첨가는 수리미의 물성과 직접적으로 영향을 끼치지 않은 것으로 나타났다. 표 46에서와 같이 압착강도(compress), 경도(hardness), fracturability 등은 대조구에 비해 낮은 경향을 보였고, 표 47에서와 같이 껌성(gumminess)이나 저작성(chewiness)도 첨가구간 차이가 심하였다.

이미 육가공용 향신료중에는 강력한 항산화 물질이 다량 들어있다는 보고에서 알 수 있듯이 수리미에 첨가한 oleoresin은 냉동저장중에 지방의 산화를 억제시켰다. 표 48에서와 같이 TBARS는 냉동초기에 비해 14주에는 계속 증가하였다. 무첨가구에 비해 첨가구 모두 냉동 14주에 TBARS가 낮았으며 특히 marjoram과 bay 첨가는 가장 산화억제력이 있었다. 지금까지 가장 많이 연구되었고, 또 산업적으로 활용하고 있는 것이 rosemary이다. 본 연구결과에서는 Oleoresin rosemary가 TBARS나 POV에서 산화억제 효과가 있었지만 다른 향신료에 비해 강하지 않은 것으로 나타났다. Oleoresin 첨가에 의한 POV 변화를 보면 TBARS와 달리 저장 초기에 비해 저장기간중에 감소하는 경향을 보였다. 그러나 무첨가구는 향신료 첨가구에 비해 지방산화가 억제되었고, 그 경향

은 TBARS의 결과와 유사하였다. 이와 같이 육가공용 향신료로 널리 쓰이는 천연 oleoresin을 수리미에 첨가하면 냉동중 산화를 억제시킬 수 있고, 수리미를 이용한 2차 가공제품 생산에 따로 첨가할 필요가 없는 장점이 있다. 이미 보고하였다시피 본 실험에 사용된 oleoresin은 고유의 색깔을 가지고 있고 색깔의 강도가 약간씩 다르기 때문에 사용상 고려될 사항이다. 그러나 육 무게당 소량을 첨가하기 때문에 색깔이 절대적으로 영향을 끼치지 않는다. 다만 일부 향신료는 약간의 향기가 다르기 때문에 특별한 맛을 내야 하는 육가공 제품을 생산할 때는 고려되어야 할 것이다.

수리미에 첨가해야 할 항산화제로는 지금까지 육류식품에 널리 이용하여왔던 화학제도 가격이 저렴하여 장점이 있다. 이들은 한가지만 첨가하는 것보다 2-3종류를 혼합 첨가하는 것이 효과가 높았다. Oleoresin으로 첨가할 경우 수리미 무게당 0.05% 정도를 첨가하는 것이 바람직한 것으로 평가된다.

Table 44. Effect of oleoresins on the pH of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	7.58±0.01	7.47±0.01	7.10±0.01
Rosemary	7.55±0.01	7.42±0.01	7.07±0.01
Thyme	7.51±0.01	7.34±0.01	7.03±0.01
Sage	7.48±0.01	7.38±0.01	7.07±0.01
Mace	7.44±0.01	7.32±0.01	7.07±0.01
Marjoram	7.50±0.01	7.34±0.01	7.10±0.01
Bay	7.45±0.01	7.35±0.01	7.13±0.01

<sup>1)</sup> Oleoresins were added 0.05% per total weight of surimi

Table 45. Effect of oleoresins on CIE color value of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

CIE value	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
		1 day	7 weeks	14 weeks
L*	Control	63.84±0.22	63.90±0.21	64.12±0.3
	Rosemary	63.77±0.29	62.13±0.25	61.60±0.13
	Thyme	62.23±0.04	60.97±0.28	60.44±0.26
	Sage	63.70±0.15	62.89±0.28	62.53±0.15
	Mace	64.23±0.19	62.71±0.36	63.69±0.13
	Marjoram	60.23±0.37	59.71±0.13	59.37±0.29
	Bay	62.61±0.28	60.84±0.25	61.5±0.05
	a*	Control	7.89±0.01	7.57±0.54
Rosemary		6.30±0.13	6.16±0.12	7.11±0.34
Thyme		4.86±0.10	4.67±0.05	5.36±0.24
Sage		6.38±0.13	6.20±0.24	7.23±0.09
Mace		7.35±0.09	6.89±0.14	7.66±0.33
Marjoram		3.03±0.10	3.00±0.09	2.96±0.05
Bay		3.54±0.06	3.77±0.18	3.92±0.12
b*		Control	12.70±0.11	13.16±0.14
	Rosemary	14.07±0.04	14.35±0.17	14.93±0.07
	Thyme	14.89±0.1	15.27±0.11	15.84±0.23
	Sage	13.98±0.11	14.12±0.11	14.89±0.22
	Mace	13.51±0.04	13.44±0.23	14.25±0.28
	Marjoram	15.11±0.03	15.62±0.12	15.83±0.10
	Bay	13.10±0.14	13.47±0.21	13.62±0.16

<sup>1)</sup> Oleoresins were added 0.05% per total weight of surimi

Table 46. Effect of oleoresins on the compress, hardness, fracturability, adhesiveness and springiness of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Textural property	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
		1 day	7 weeks	14 weeks
Compress (g*cm)	Control	559.1±14.1	150.5±11.6	353.5±21.6
	Rosemary	404.3±17.4	199.3±18.5	154.1±12.7
	Thyme	228.3±26.6	191.8±18.4	182.2±37.3
	Sage	297.4±25.1	247.5±17.0	361.2±17.8
	Mace	532.2±45.4	239.9±12.5	394.8±10.7
	Marjoram	255.2±4.1	375.6±26.3	264.1±18.8
	Bay	572.1±50.1	298.4±26.4	441.3±68.1
Hardness (g)	Control	151.7±8.4	73.1±1.8	147.4±14.2
	Rosemary	140.6±4.1	140.5±3.9	114.3±3.1
	Thyme	144.5±11.9	96.1±4.3	91.5±5.7
	Sage	128.2±5.7	178.2±6.5	163.2±4.2
	Mace	168.2±8.6	121.5±13.8	98.1±3.37
	Marjoram	125.0±3.2	154.6±3.1	131.3±14.6
	Bay	107.3±4.5	176.2±12.4	141.8±5.7
Fracturability (g)	Control	151.7±8.4	73.1±1.8	147.4±14.2
	Rosemary	128.2±1.7	138.6±1.9	108.2±7.3
	Thyme	144.5±11.9	96.1±4.3	91.5±5.7
	Sage	109.3±9.0	173.7±12.8	163.2±4.2
	Mace	168.2±8.6	121.5±13.8	98.1±3.3
	Marjoram	125.0±3.2	111.3±32.7	131.4±14.7
	Bay	107.3±4.5	176.2±12.4	141.8±5.7
Adhesiveness (g*s)	Control	-24.8±1.3	-38.2±13.1	-37.2±12.9
	Rosemary	-48.2±8.3	-22.9±5.9	-35.4±5.8
	Thyme	-46.5±10.7	-30.1±4.6	-22.8±6.2
	Sage	-77.3±9.2	-37.1±4.2	-42.2±7.4
	Mace	-71.0±8.0	-68.9±2.1	-37.5±4.6
	Marjoram	-58.6±5.2	-42.0±5.9	-35.4±0.5
	Bay	-44.7±10.8	-34.1±7.5	-28.7±1.9
Springiness	Control	0.86±0.04	0.90±0.01	0.86±0.02
	Rosemary	0.90±0.01	0.85±0.03	0.88±0.01
	Thyme	0.89±0.01	0.84±0.01	0.83±0.01
	Sage	0.90±0.01	0.87±0.02	0.86±0.02
	Mace	0.88±0.01	0.90±0.02	0.85±0.01
	Marjoram	0.89±0.01	0.87±0.01	0.86±0.01
	Bay	0.89±0.01	0.87±0.01	0.84±0.01

<sup>1)</sup> Oleoresins were added 0.05% per total weight of surimi

Table 47. Effect of oleoresins on the cohesiveness, gumminess, chewiness, and resiliency of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Textural property	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
		1 day	7 weeks	14 weeks
Cohesiveness	Control	0.35±0.02	0.34±0.01	0.39±0.01
	Rosemary	0.40±0.01	0.39±0.01	0.37±0.01
	Thyme	0.40±0.01	0.31±0.02	0.34±0.01
	Sage	0.41±0.01	0.40±0.01	0.38±0.01
	Mace	0.44±0.02	0.40±0.01	0.42±0.03
	Marjoram	0.40±0.01	0.37±0.01	0.39±0.02
	Bay	0.40±0.01	0.40±0.01	0.43±0.02
	Gumminess (g)	Control	38.81±2.12	23.63±1.68
Rosemary		56.21±3.10	60.69±4.24	41.76±1.76
Thyme		56.32±6.77	33.85±3.37	29.15±0.74
Sage		52.82±4.91	72.03±2.52	61.18±2.36
Mace		71.61±6.92	52.60±2.39	37.66±4.94
Marjoram		49.74±0.98	51.71±4.22	52.14±7.88
Bay		41.94±2.62	60.21±1.51	60.21±1.47
Chewiness (g*mm)		Control	35.85±3.22	20.67±1.74
	Rosemary	51.03±2.72	49.63±5.73	36.90±1.51
	Thyme	50.11±5.59	28.25±3.14	23.70±1.14
	Sage	49.80±3.68	63.62±3.03	51.33±1.67
	Mace	56.18±5.61	49.33±2.23	32.41±4.87
	Marjoram	43.72±1.42	47.96±0.81	44.71±6.81
	Bay	39.54±3.16	51.52±2.66	49.61±2.15
	Resiliency	Control	0.12±0.01	0.08±0.01
Rosemary		0.1±0.003	0.12±0.01	0.09±0.01
Thyme		0.12±0.01	0.09±0.01	0.08±0.01
Sage		0.11±0.003	0.12±0.01	0.10±0.01
Mace		0.11±0.003	0.10±0.01	0.09±0.01
Marjoram		0.12±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01
Bay		0.1±0.01	0.11±0.01	0.10±0.02

<sup>1)</sup> Oleoresins were added 0.05% per total weight of surimi

Table 48. Effect of oleoresins on the thiobarbituric acid-reactive substances(TBARS, mg/kg) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	0.22±0.01	0.76±0.16	1.10±0.48
Rosemary	0.06±0.02	0.46±0.74	0.81±0.37
Thyme	0.17±0.02	0.45±0.04	0.68±0.38
Sage	0.29±0.16	0.34±0.03	0.70±0.54
Mace	0.15±0.01	0.58±0.35	0.78±0.36
Marjoram	0.07±0.01	0.18±0.01	0.43±0.21
Bay	0.08±0.01	0.29±0.05	0.35±0.11

<sup>1)</sup> Oleoresins were added 0.05% per total weight of surimi

Table 49. Effect of oleoresins on the lipid peroxide(POV, meq peroxides/kg) of surimi from spent layer meat during storage at -18°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period		
	1 day	7 weeks	14 weeks
Control	0.67±0.08	0.44±0.02	0.22±0.01
Rosemary	0.43±0.08	0.40±0.01	0.11±0.01
Thyme	0.44±0.02	0.41±0.02	0.13±0.02
Sage	0.46±0.01	0.41±0.04	0.10±0.01
Mace	0.64±0.10	0.39±0.01	0.08±0.01
Marjoram	0.59±0.04	0.51±0.03	0.10±0.02
Bay	0.50±0.11	0.67±0.02	0.13±0.01

<sup>1)</sup> Oleoresins were added 0.05% per total weight of surimi

### 3) 항산화제 첨가에 의한 냉장중 산화억제

수리미에 항산화제를 첨가한 후 5°C에서 단기간동안 지방산화 억제현상을 조사하기 위하여 본 실험을 실시하였다. 아무것도 첨가하지 않은 대조구, 0.02% propyl gallate(PG), 0.2% sodium ascorbate(SA), 0.2% sodium tripolyphosphate(STPP), 0.02% propyl gallate + 0.2% sodium ascorbate + 0.2% sodium tripolyphosphate(PG+SA+STPP)구로 나누어 시험하였다. 항산화 효과를 단시간에 확인하기 위해 원료육의 지방산화가 필요하다. 따라서 수리미의 지방산화를 촉진시키기 위해 가열처리를 실시하였으며, 비교구로서 비가열 처리구를 만들어 저장 0일과 8일에 시험을 실시하였다.

그림 5과 같이 pH의 변화를 보면 가열육의 냉장저장 기간중에서 저장 2일째 조금 증가하다가 이후 완만한 감소현상을 보였다. 수리미의 pH는 인산염구와 인산염과 함께 들어있는 혼합구에서 높은 수준을 유지하였다. 이것은 sodium tripolyphosphate 자체의 pH에 영향을 받은 것으로 생각된다. 비가열육의 pH는 저장 0일에 비해 8일에 저하하는 경향을 보였다. 이것은 젖산균을 생성하는 미생물의 성장에 의한 육내 산이 생성되었기 때문으로 사료된다.

그림 6에서 모든 처리구의 명도(L\*)는 저장 2일에 감소하다가 그 이후 완만한 경향을 보이고 있다. 0.2% STPP나 대조구가 저장기간중에 높은 수준을 유지하였고, 반면 0.02% PG구나 혼합구는 낮은 수준을 유지하였다. 비가열 수리미는 냉장중에 급격히 L\*값이 감소하여 어두워지는 것으로 나타났다. 가열육에서 적색도(a\*)는 저장기간중에 거의 변화가 없거나 완만히 감소하는 경향을 보였다(그림 7). 대조구와 STPP구만이 저장기간중에 타 시험구에 비해 낮은 경향을 보였다. 이에 비해 비가열 시험구는 첨가구간 차이는 있지만 냉장 8일만에 대체로 증가하는 결과를 보였다.

가열한 수리미의 황색도(b\*)는 저장기간동안 큰 변화는 없었지만 PG구와 혼합구가 타 시험구보다 저장기간동안 낮았다(그림 8). 저장 8일에 비가열 수리미는 저장 0일에 비해 황색도가 급격히 감소하는 결과를 나타냈었다. Chroma value와 hue angle가도 황색도와 유사하게 혼합구나 PG, SA구에서 낮게 나타났고, 비가열육에서는 저장 8일만에 현저히 감소하였다(그림 9, 10).

그림 11에서와 같이 노계정육으로부터 제조한 계육 수리미를 5°C에 8일간 저장하였을 때 저장 4일간은 계속해서 TBARS가 증가하다가 그 이후로 완만한 경향을 유지하였다. 항산화제를 첨가하지 않은 대조구는 저장중 TBARS가 매

우 높았지만 항산화제를 첨가한 구는 산화가 억제되었다. 특히 PG+SA+STPP를 혼합 첨가한 수리미에서 가장 강력하게 산화가 억제되었다. 이에 비해 비가열육에서는 큰 변화가 없었다.

지방 과산화물(POV, lipid peroxide)의 변화를 보아도 대조구가 저장기간중에 현저히 증가하고 있다(그림 12). 그러나 SA구를 제외한 다른 항산화 첨가구는 8일간 저장중에 거의 증가를 하지 않고 있다. 비가열육도 대조구와 STPP구가 약간 높지만 큰 변화를 보이지 않았다.

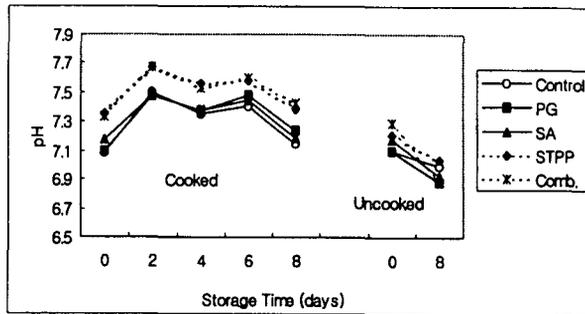


Fig. 5. Effect of antioxidants on the pH of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C. Control: Surimi, PG: Surimi with 0.02% propyl gallate, SA: Surimi with 0.2% sodium ascorbate, STPP: Surimi with 0.2% sodium tripolyphosphate PG+SA+STPP: Surimi with 0.02% propyl gallate + 0.2% sodium ascorbate + 0.2% sodium tripolyphosphate

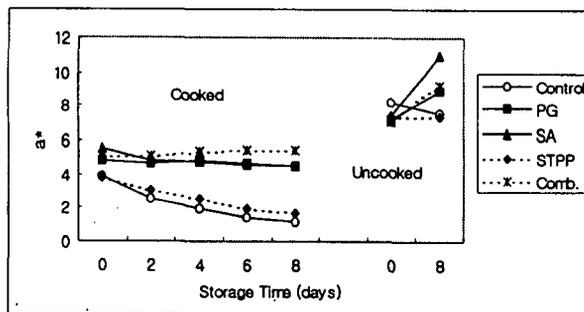


Fig. 6. Effect of antioxidants on the lightness(L\*) of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

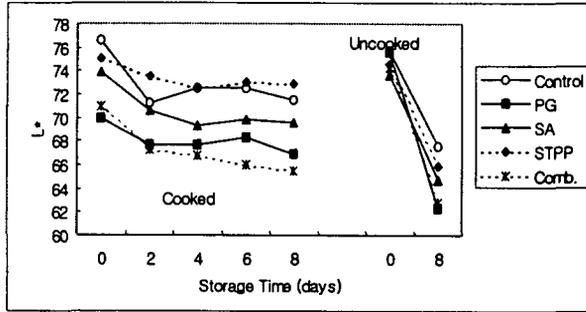


Fig. 7. Effect of antioxidants on the redness( $a^*$ ) of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

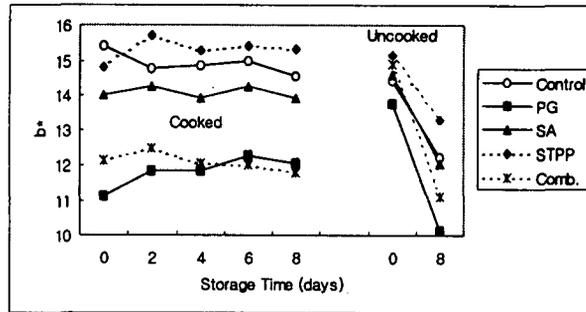


Fig. 8. Effect of antioxidants on the yellowness( $b^*$ ) of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

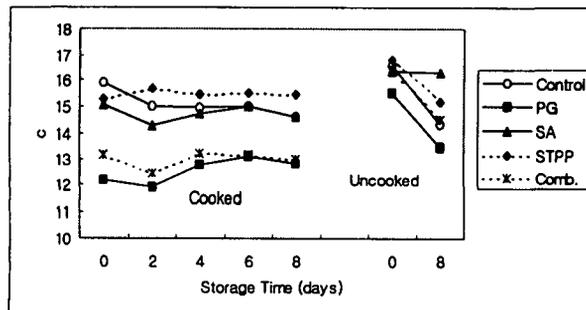


Fig. 9. Effect of antioxidants on the chroma value of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

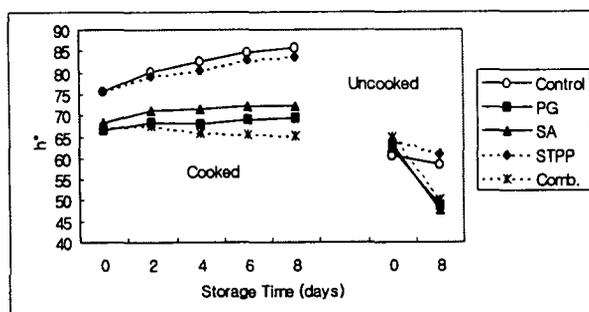


Fig. 10. Effect of antioxidants on the hue angle of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

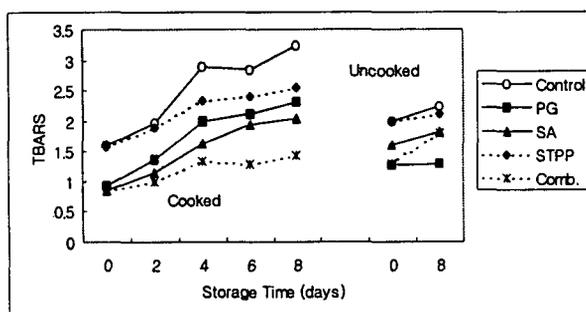


Fig. 11. Effect of antioxidants on the thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

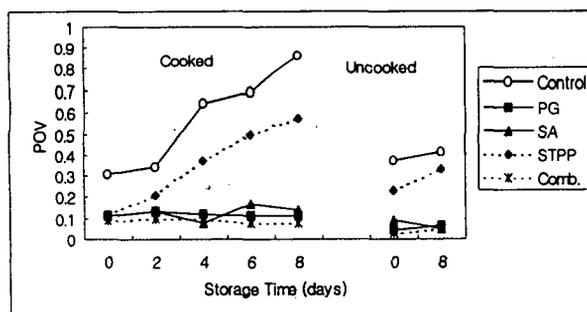


Fig. 12. Effect of antioxidants on the lipid peroxide (POV) of cooked and uncooked surimi during storage at 5°C.

#### 마. 냉동중 지방산 산화에 의한 TBARS, POV 변화 확인

수리미를 냉동저장시키면 지방산화가 진행되기 쉽다. 지방산화는 육조직에서 나쁜 냄새나 색깔을 나타내고 기능성도 저하시킨다. 육계 기계발골계육으로 제조한 수리미의 저장중 TBARS를 보면 저장기간이 길수록 증가하였다(표 50). 그러나 저장온도에 영향을 받아서 온도가 비교적 높은  $-10^{\circ}\text{C}$ 가 그 이하의 온도보다 증가폭이 컸다. 소금 3%와 인산염 0.2%를 첨가한 수리미가 솔비톨 4%와 설탕 4%를 첨가한 수리미보다 전구간에 걸쳐 산화가 빨리 진행되었다. 이미 많은 보고가 있었다시피 고기에서 소금은 산화를 촉진시키는 물질이다. 그렇지만 본 실험에 사용한 sodium tripolyphosphate는 산화를 억제시키는 첨가물이다. 염첨가구는 상반된 성질이 있는 두 개의 첨가제를 혼합하여 사용하였지만 전 구간에 걸쳐 산화가 증가한 것으로 보아 소금에 의한 산화촉진 효과가 큰 것으로 사료된다. 수리미 단백질의 냉동변성 방지제로 흔히 쓰이는 가염 수리미인 경우 저장온도가 최소한  $-18^{\circ}\text{C}$ 이하에서 저장하여야 하며, 가능한 그 이하의 온도에서 저장하거나 저장기간을 단축하는 것이 지방산화 방지에 효과적이다.

표 51에서 보는 바와 같이 지방 과산화물(POV, lipid peroxide)도 지방의 초기 분해산물로 지방산화 측정용 인자로 널리 쓰이고 있다. 수리미를 냉동시키면 POV도 증가하였다. POV는 냉동을 실시한 직후인 저장 1일에 급증하였다가 저장 20주까지 서서히 증가하는 경향을 보였다. 특히 TBARS와 다른점은 온도의 높낮음과 상관없이 서서히 증가하였다는 점이다. 그러나 첨가구별로 보면 TBARS와 마찬가지로 소금첨가구가 당 첨가구보다 더 높은 수준을 보여 산화가 더욱 촉진되고 있음을 알 수 있었다.

노계육으로 제조한 수리미의 저장중 TBARS를 보면 온도가 높을수록 증가하였다(표 52). 그러나 육계 수리미의 TBARS와 비교해 보면 저장기간동안 비교적 조금 낮은 경향을 보였다. 노계 수리미의 당첨가구는 염첨가구보다 비슷하거나 더 높은 경향을 보였다. 과산화물(POV)도 저장기간동안 증가하였지만 육계에 비해 낮은 경향을 보였으며 염첨가구가 당첨가구보다 산화가 촉진되었다.

이와 같은 실험결과를 요약해보면 수리미의 저장 중 지방산화는 온도가 낮을수록 억제되었고, 냉동변성 방지제는 지방산화에 기여하지 못하는 것으로 나타났다. 첨가제중에서는 소금 3%와 인산염 0.2%를 첨가한 수리미가 솔비톨

4%와 설탕 4%를 첨가한 수리미에 비해 산화가 촉진되었다. 따라서 가능한 -18℃ 이하에서 저장하는 것이 바람직하고, 염 첨가한 수리미는 더 낮은 온도에서 저장하거나 단시간내에 저장을 완료하는 것이 바람직한 것으로 지적되었다.

Table 50. TBARS of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	2.24±0.22	4.07±0.63	2.20±0.11	5.26±0.47	5.32±0.35
	Sugar	1.76±0.17	2.69±0.09	1.10±0.27	4.96±0.51	3.31±0.32
-18	Salt	2.24±0.22	3.99±0.27	1.27±0.23	4.77±0.15	2.73±0.16
	Sugar	1.76±0.17	3.53±0.05	1.44±0.24	2.74±0.22	3.6±0.65
-40	Salt	2.24±0.22	3.69±0.14	1.42±0.17	4.26±0.39	3.77±0.99
	Sugar	1.76±0.17	2.53±0.16	1.28±0.45	2.81±0.27	3.01±0.43
-80	Salt	2.24±0.22	3.22±0.11	1.85±0.01	5.10±0.13	3.41±0.69
	Sugar	1.76±0.17	2.82±0.53	1.31±0.32	2.57±0.21	3.61±0.91

<sup>1)</sup> Control: surimi

Salt: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate

Sugar: Surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose

Table 51. POV of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	0.43±0.06	0.98±0.03	0.53±0.13	1.23±0.09	1.05±0.08
	Sugar	0.45±0.21	0.77±0.02	0.52±0.04	0.63±0.18	0.86±0.22
-18	Salt	0.43±0.06	0.84±0.04	0.28±0.06	0.76±0.05	1.12±0.06
	Sugar	0.45±0.21	0.72±0.02	0.49±0.03	0.76±0.09	0.86±0.22
-40	Salt	0.43±0.06	0.71±0.05	0.39±0.08	1.02±0.06	1.25±0.04
	Sugar	0.45±0.21	0.64±0.02	0.46±0.02	0.76±0.03	1.09±0.05
-80	Salt	0.43±0.06	0.85±0.03	0.43±0.05	1.00±0.01	1.13±0.06
	Sugar	0.45±0.21	0.54±0.02	0.59±0.05	0.79±0.04	0.82±0.01

<sup>1)</sup> see foot note of Table 50

Table 52. TBARS of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	1.71±0.20	0.23±0.00	0.70±0.50	1.64±0.99	1.31±0.95
	Salt	1.70±0.14	0.21±0.21	2.96±0.90	3.60±1.42	1.84±0.28
	Sugar	2.32±0.26	0.67±0.18	1.40±0.36	2.98±0.54	3.81±0.36
-18	Control	1.71±0.20	0.04±0.06	0.59±0.11	1.14±0.39	1.29±0.78
	Salt	1.70±0.14	0.07±0.13	3.29±0.77	1.89±0.23	1.3±0.55
	Sugar	2.32±0.26	0.85±0.32	1.42±0.38	3.34±0.74	1.84±0.34
-40	Control	1.71±0.20	0.14±0.25	0.34±0.07	0.88±0.69	0.53±0.27
	Salt	1.70±0.14	0.22±0.03	3.29±0.77	1.95±0.55	1.08±0.55
	Sugar	2.32±0.26	0.89±0.19	1.32±0.02	2.01±0.24	1.9±0.43
-80	Control	1.71±0.20	0.18±0.30	0.16±0.33	1.62±1.04	0.58±0.28
	Salt	1.70±0.14	0.43±0.09	1.78±0.91	2.19±1.19	1.24±0.79
	Sugar	2.32±0.26	0.88±0.20	0.94±0.36	1.72±0.55	1.09±0.05

<sup>1)</sup> see foot note of Table 50

Table 53. POV of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	0.10±0.04	0.18±0.01	0.07±0.01	0.15±0.01	0.27±0.03
	Salt	0.07±0.01	0.16±0.01	0.58±0.01	0.53±0.04	0.11±0.02
	Sugar	0.10±0.04	0.13±0.01	0.14±0.01	0.25±0.04	0.43±0.05
-18	Control	0.10±0.04	0.13±0.01	0.09±0.01	0.14±0.01	0.35±0.01
	Salt	0.07±0.01	0.16±0.01	0.44±0.02	0.66±0.11	0.62±0.04
	Sugar	0.10±0.04	0.12±0.01	0.17±0.03	0.18±0.01	0.32±0.01
-40	Control	0.10±0.04	0.14±0.02	0.07±0.01	0.12±0.02	0.35±0.02
	Salt	0.07±0.01	0.20±0.03	0.41±0.05	0.27±0.03	0.44±0.01
	Sugar	0.10±0.04	0.11±0.01	0.11±0.01	0.17±0.01	0.28±0.01
-80	Control	0.10±0.04	0.13±0.01	0.07±0.01	0.13±0.02	0.34±0.02
	Salt	0.07±0.01	0.22±0.04	0.14±0.02	0.18±0.02	0.28±0.01
	Sugar	0.10±0.04	0.03±0.01	0.08±0.01	0.18±0.01	0.27±0.02

<sup>1)</sup> see foot note of Table 50

## 바. 냉동기간별 surimi의 냉동변성 조사

냉동중 육단백질의 변성은 궁극적으로 기능성과 밀접한 연관성을 가진다. 염용성 단백질이 변성되지 말아야 추출이 쉬워져 그물망 조직으로 형성되어 결국 육제품의 조직감에 기여하게 된다. 일반적으로 육단백질은 냉동해를 오랫동안 받으면 변성이 된다. 단백질의 pH 변화도 육단백질 변성을 예측하는 좋은 자료가 된다. 수리미를 냉동시키면 염첨가구와 당첨가구 모두 pH가 감소하였다. 냉동 1일부터 냉동 20주까지 저장할수록 소금 3%와 인산염 3% 첨가구는 증가하는 경향을 보였고, 솔비톨 4%와 설탕 4%를 첨가한 구는 변화가 없거나 감소하는 경향을 보였다. 수리미 조직의 pH의 변화는 조직의 이온강도 변화나 각종 저급 분자물의 생성 등으로 말미암아 조직의 완충능력이 떨어지고 있기 때문이다. 따라서 수리미 조직에 있는 염용성 단백질에 영향을 끼치게 된다. pH 변화도 온도에 영향을 받아서 초저온에서 저장할수록 변화가 적었다.

수리미 단백질의 분해로 인해 저급 분자량이 생성되면 대표적으로 휘발성 염기태 질소(VBN, volatile basic nitrogen)이 증가하게 된다. VBN 함량이 많이 생성된다는 의미는 그 만큼 수리미의 염용성 단백질이 변성되었다는 것을 의미하기도 한다. 만약 VBN 함량이 높은 수리미로 gel을 형성시키면 단백질의 기능성이 저하될 것이다. 표 55에서 보는바와 같이 수리미를 냉동시키면 소금 첨가구에서 VBN이 증가하게 된다. 모든 첨가구는 저장기간이 길어질수록 VBN 함량이 증가하였고, 온도가 높을수록 증가폭이 높았다. 표에서와 같이 -10℃에서 염첨가구는 저장 1일에 1.17에 비해 저장 20일에 5.28로 급증하였다. 그러나 저장온도가 낮을수록 VBN의 증가폭은 완화되었다. 염과 당을 첨가한 수리미간 비교해보면 염첨가구가 모든 온도영역과 저장기간 중에서 더 높은 VBN가를 나타내었다. 이것은 소금이 고기에 있는 염용성 단백질과 반응하여 휘발성 저급 분자량을 더 많이 생성하는데 기여하는 것으로 판단되었다.

노계정육으로 제조한 수리미는 육계 기계발골계육으로 제조한 수리미보다 제조직후에 pH가 약간 높았고 저장기간 동안에도 차이가 났다. 표 56에서 보는바와 같이 무첨가구의 pH는 온도와 상관없이 저장기간중에 감소하는 경향을 보였다. 염 첨가구도 저장기간동안 감소하였지만 당첨가구는 변화가 없거나 조금 증가하는 경향을 보였다. pH의 변화정도는 온도가 낮을수록 변화정도가

적었다.

표 57에서와 같이 노계정육으로 제조한 수리미의 VBN가 변화는 육계 수리미의 경향과 비슷하였다. 다만 초기에 VBN 함량이 육계 수리미보다 조금 낮은 경향을 보였다. 그렇지만 저장기간이 증가할수록 VBN이 증가하는 경향이 염과 당첨가구간 현저히 다른 양상을 보이고 있다. 육계 수리미에 비해 염첨가구는 저장 20주에 VBN이 훨씬 높아서 단백질 변성이 더 촉진되는 것으로 판단되었다. 그렇지만 당 첨가구는 -10℃에서만 증가를 보였을 뿐 그 이하의 온도에서 변함이 없거나 감소하고 있다.

이와 같이 저장온도와 기간, 첨가구에 따른 수리미의 변성정도를 보면 온도가 높을수록 안정되었으며, 염보다 당첨가한 수리미가 더 안정적임을 알 수 있다.

Table 54. pH of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (℃)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	6.49±0.02	6.27±0.01 <sup>B</sup>	7.03±0.01 <sup>A</sup>	7.22±0.01 <sup>B</sup>	7.16±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	6.81±0.03	6.57±0.01 <sup>b</sup>	6.88±0.01 <sup>b</sup>	7.04±0.01 <sup>c</sup>	6.63±0.01 <sup>b</sup>
-18	Salt	6.49±0.02	6.53±0.01 <sup>A</sup>	7.01±0.01 <sup>A</sup>	7.24±0.01 <sup>A</sup>	7.21±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	6.81±0.03	6.78±0.01 <sup>a</sup>	7.13±0.01 <sup>a</sup>	7.40±0.01 <sup>a</sup>	6.96±0.01 <sup>a</sup>
-40	Salt	6.49±0.02	6.49±0.01 <sup>A</sup>	7.03±0.01 <sup>A</sup>	7.31±0.01 <sup>A</sup>	7.20±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	6.81±0.03	6.38±0.01 <sup>d</sup>	7.10±0.01 <sup>a</sup>	7.37±0.01 <sup>a</sup>	6.02±0.01 <sup>c</sup>
-80	Salt	6.49±0.02	6.54±0.01 <sup>A</sup>	7.00±0.01 <sup>A</sup>	7.28±0.01 <sup>A</sup>	7.22±0.01 <sup>A</sup>
	Sugar	6.81±0.03	6.53±0.01 <sup>c</sup>	7.12±0.01 <sup>a</sup>	7.30±0.01 <sup>b</sup>	7.18±0.01 <sup>a</sup>

pH of unfrozen control was 6.69±0.01

<sup>1)</sup> Salt: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate

Sugar: Surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose

<sup>ABCD</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P<0.05).

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different(P<0.05).

Table 55. Volatile basic nitrogen(VBN) of surimi from mechanically deboned chicken meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Salt	0.78±0.06	1.17±0.03 <sup>A</sup>	1.70±0.06 <sup>A</sup>	3.38±0.07 <sup>A</sup>	5.28±0.17 <sup>A</sup>
	Sugar	1.01±0.16	0.94±0.07 <sup>b</sup>	0.66±0.03 <sup>a</sup>	1.28±0.03 <sup>a</sup>	1.58±0.05 <sup>a</sup>
-18	Salt	0.78±0.06	1.06±0.03 <sup>AB</sup>	0.42±0.03 <sup>C</sup>	1.00±0.03 <sup>B</sup>	1.68±0.03 <sup>B</sup>
	Sugar	1.01±0.16	1.17±0.03 <sup>a</sup>	0.47±0.05 <sup>b</sup>	0.92±0.03 <sup>b</sup>	1.23±0.03 <sup>b</sup>
-40	Salt	0.78±0.06	0.92±0.03 <sup>C</sup>	0.17±0.00 <sup>D</sup>	0.72±0.03 <sup>D</sup>	0.94±0.05 <sup>D</sup>
	Sugar	1.01±0.16	0.94±0.03 <sup>b</sup>	0.72±0.03 <sup>a</sup>	0.89±0.03 <sup>c</sup>	1.01±0.03 <sup>d</sup>
-80	Salt	0.78±0.06	0.94±0.03 <sup>BC</sup>	0.74±0.06 <sup>B</sup>	0.79±0.00 <sup>C</sup>	1.34±0.05 <sup>C</sup>
	Sugar	1.01±0.16	1.00±0.03 <sup>b</sup>	0.74±0.00 <sup>b</sup>	0.81±0.03 <sup>c</sup>	1.09±0.03 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> see foot note of Table 54

Table 56. pH of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	6.74±0.220	7.42±0.001 <sup>br</sup>	6.67±0.009 <sup>*</sup>	7.16±0.005 <sup>br</sup>	7.12±0.011 <sup>ar</sup>
	Salt	6.47±0.010	7.43±0.005 <sup>A</sup>	7.18±0.005 <sup>A</sup>	7.02±0.005 <sup>A</sup>	6.99±0.001 <sup>B</sup>
	Sugar	6.87±0.020	6.88±0.005 <sup>a</sup>	6.97±0.005 <sup>a</sup>	6.99±0.005 <sup>a</sup>	6.98±0.001 <sup>b</sup>
-18	Control	6.74±0.220	7.45±0.001 <sup>ar</sup>	6.82±0.005 <sup>br</sup>	7.18±0.005 <sup>br</sup>	6.87±0.02 <sup>br</sup>
	Salt	6.47±0.010	7.23±0.001 <sup>B</sup>	6.99±0.005 <sup>B</sup>	6.94±0.005 <sup>B</sup>	7.07±0.001 <sup>A</sup>
	Sugar	6.87±0.020	6.88±0.001 <sup>a</sup>	7.06±0.005 <sup>a</sup>	6.96±0.005 <sup>a</sup>	6.92±0.021 <sup>c</sup>
-40	Control	6.74±0.220	7.17±0.008 <sup>ar</sup>	6.92±0.005 <sup>ar</sup>	7.28±0.005 <sup>ar</sup>	7.06±0.071 <sup>ar</sup>
	Salt	6.47±0.010	7.23±0.047 <sup>B</sup>	7.02±0.009 <sup>B</sup>	7.02±0.009 <sup>A</sup>	7.02±0.001 <sup>B</sup>
	Sugar	6.87±0.020	6.88±0.005 <sup>a</sup>	6.96±0.005 <sup>a</sup>	6.93±0.001 <sup>a</sup>	6.81±0.001 <sup>d</sup>
-80	Control	6.74±0.220	7.44±0.005 <sup>br</sup>	6.79±0.005 <sup>br</sup>	7.32±0.005 <sup>ar</sup>	6.94±0.001 <sup>br</sup>
	Salt	6.47±0.010	7.21±0.005 <sup>B</sup>	6.93±0.005 <sup>C</sup>	7.00±0.005 <sup>A</sup>	7.00±0.011 <sup>B</sup>
	Sugar	6.87±0.020	6.75±0.005 <sup>b</sup>	6.96±0.005 <sup>a</sup>	6.93±0.005 <sup>a</sup>	7.16±0.011 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Control: Surimi

Salt: Surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate

Sugar: Surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose

<sup>a\*b\*c\*d</sup> Means within column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>ABCD</sup> Means within column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

<sup>abcd</sup> Means within column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

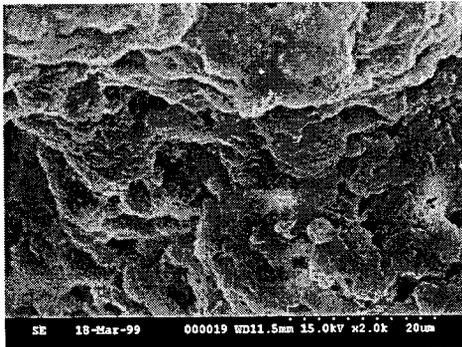
Table 57. Volatile basic nitrogen(VBN) of surimi from spent layer meat during frozen storage

Temp (°C)	Treatment <sup>1)</sup>	Storage period				
		Unfrozen	1 day	5 weeks	10 weeks	20 weeks
-10	Control	0.74±0.05	0.91±0.01 <sup>a*</sup>	0.70±0.03 <sup>a*</sup>	0.81±0.03 <sup>b*</sup>	2.08±0.03 <sup>a*</sup>
	Salt	0.75±0.03	0.74±0.08 <sup>A</sup>	1.62±0.03 <sup>A</sup>	3.60±0.23 <sup>A</sup>	6.15±0.07 <sup>A</sup>
	Sugar	0.87±0.07	0.47±0.07 <sup>a</sup>	0.87±0.07 <sup>a</sup>	1.51±0.03 <sup>a</sup>	1.96±0.07 <sup>a</sup>
-18	Control	0.74±0.05	0.87±0.05 <sup>a*</sup>	0.70±0.03 <sup>a*</sup>	0.92±0.03 <sup>a*</sup>	1.43±0.03 <sup>c*</sup>
	Salt	0.75±0.03	0.65±0.03 <sup>AB</sup>	0.94±0.03 <sup>B</sup>	1.87±0.03 <sup>B</sup>	2.36±0.05 <sup>C</sup>
	Sugar	0.87±0.07	0.42±0.03 <sup>a</sup>	0.77±0.03 <sup>b</sup>	0.81±0.03 <sup>b</sup>	0.43±0.03 <sup>b</sup>
-40	Control	0.74±0.05	0.83±0.05 <sup>a*</sup>	0.47±0.33 <sup>a*</sup>	0.79±0.08 <sup>b*</sup>	1.68±0.03 <sup>b*</sup>
	Salt	0.75±0.03	0.53±0.03 <sup>B</sup>	0.77±0.03 <sup>C</sup>	0.62±0.05 <sup>D</sup>	1.89±0.03 <sup>D</sup>
	Sugar	0.87±0.07	0.57±0.05 <sup>a</sup>	0.68±0.01 <sup>b</sup>	0.62±0.08 <sup>c</sup>	0.43±0.03 <sup>b</sup>
-80	Control	0.74±0.05	0.89±0.03 <sup>a*</sup>	0.66±0.03 <sup>a*</sup>	0.62±0.05 <sup>c*</sup>	1.41±0.01 <sup>c*</sup>
	Salt	0.75±0.03	0.66±0.05 <sup>AB</sup>	0.70±0.03 <sup>C</sup>	1.11±0.03 <sup>C</sup>	2.58±0.03 <sup>B</sup>
	Sugar	0.87±0.07	0.47±0.03 <sup>a</sup>	0.75±0.03 <sup>b</sup>	0.72±0.03 <sup>bc</sup>	0.42±0.03 <sup>b</sup>

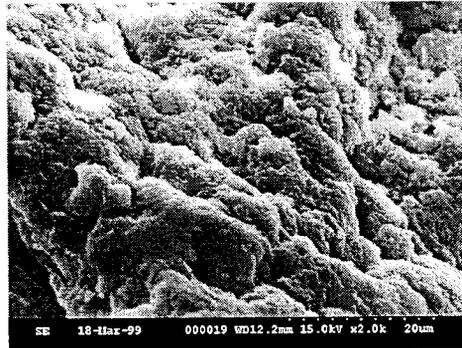
<sup>1)</sup> see foot note of Table 55

그림 13-18는 노계정육으로 제조한 수리미의 냉동 1일과 20주 저장후 조직 표면을 SEM(scanning electron microscopy)으로 측정한 사진이다. 가열한 수리미의 조직을 보면 온도가 낮을수록(-40℃, -80℃) 조직이 고루 잘 분산되어 있음을 알 수 있고 단백질이 덩어리 형태로 응집되기보다는 잘 퍼져 균일한 구조를 유지함을 알 수가 있다. 사진에서 보는 바와 같이 단백질이 물과 잘 결합되어서 단백질 구조사이에 틈과 갈라진 형태가 무첨가에 비해 sodium chloride 3% + STPP 0.2% 첨가구와 sorbitol 4% + sucrose 4% 첨가구에서는 적음을 볼 수 있다. 초기의 첨가구는 무첨가구에 비해 표면상으로는 뚜렷하게 차이는 나질 않으나 저장기간이 길어짐에 따라 단백질의 수화를 돕고 물분자의 이동을 효과적으로 막아주어 저장이 진행되었어도 보수력을 유지해 표면건조와 막 등의 파열을 방지하여 실제로 식품에서 탄력성과 응집성 그리고 보수성에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수가 있다.

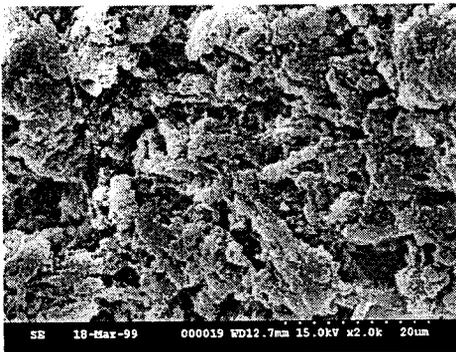
수세를 통해 혈장, 근, 인대, 혈액과 수용성 단백질을 제거한 수리미는 단백질 기능성이 증가한 근원섬유가 대부분인 단백질의 형태를 갖는다. 이러한 수리미는 저장기간 동안 온도에 따라 영향을 받게되며 저장이 길어질수록 온도가 충분히 낮지 않을수록 단백질 변성이 일어나기가 쉽게된다. 가열을 하게되면 가열을 하기 전과는 달리 단백질이 열로 인해 gelation이 진행되어 독특한 단백질 그물망 구조를 가지게 된다. 연속된 gel 그물망 구조는 actomyosin이 분해되어 myosin등이 분산되면서 이루어지는 3차원적인 입체구조를 갖는 것이다. gel matrix는 근원섬유 단백질의 농도, 양, 물의 상태, 이온형태, 시간, 온도, pH 등 여러 가지 요인에 의한 상호작용에 달려있으며 냉동저장하는 동안에 여러 가지 변화가 일어나게 된다. 주된 작용으로는 수소, 이온, 소수성결합, s-s결합의 분자상호간 교차결합의 형성 때문이기도 하다. 냉동저장을 하게되면 actomyosin이 변성되어 단백질의 고유한 기능이 저하되므로 냉동변성 방지제 같은 첨가를 통해 효과적으로 변성을 막거나 지연시킬 수가 있다. 냉동변성 방지제는 근육내 단백질중 주로 myosin을 펼쳐주어 myosin 분리를 증가시켜 물과 결합하게 한다. 따라서 빙결정의 성장을 막아 단백질로부터 물분자의 이동을 막아 저장동안 본래형태의 단백질을 안정화시킨다. 가열을 통해 gel화가 진행된 조직형태를 관찰하여 변성 진행도와 변성방지제의 효과를 알아볼 수가 있는 것이다.



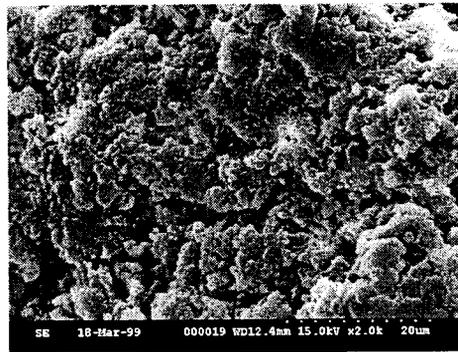
Spent, Control (Cooked) : storage at -10°C



Spent, Control (Cooked) : storage at -18°C



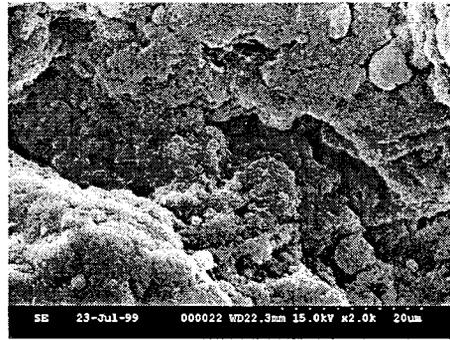
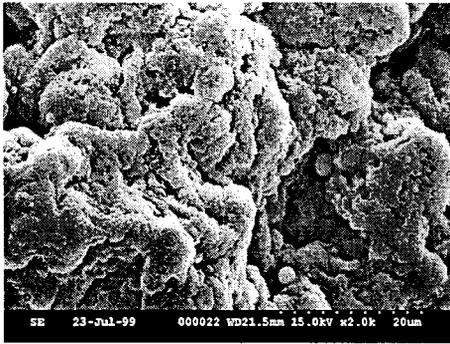
Spent, Control (Cooked) : storage at -40°C



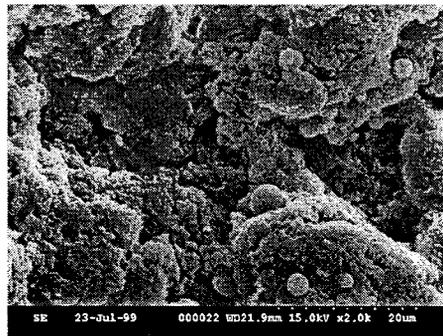
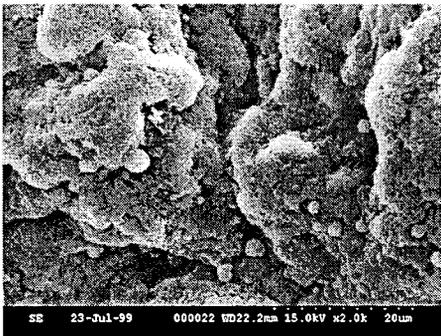
Spent, Control (Cooked) : storage at -80°C

Fig. 13. Scanning electron photomicrograph of control surimi from spent layer meat during storage 1 day at various temperature.

\* Control surimi : surimi with water.



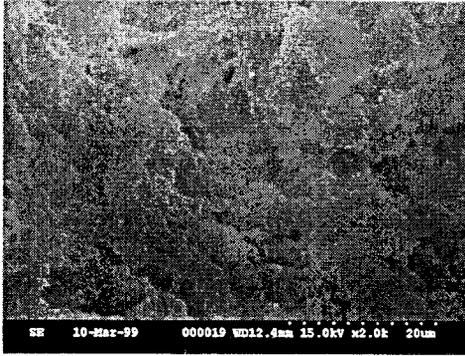
Spent, Control (Cooked) : storage at -10°C Spent, Control (Cooked) : storage at -18°C



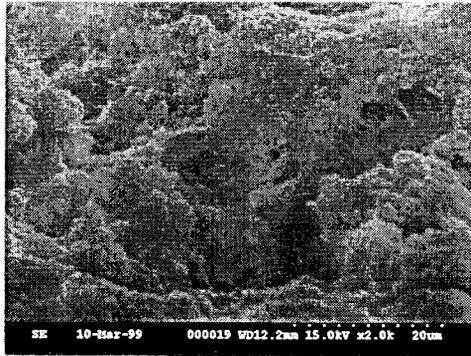
Spent, Control (Cooked) : storage at -40°C Spent, Control (Cooked) : storage at -80°C

Fig. 14. Scanning electron photomicrograph of control surimi from spent layer meat during storage 20 weeks at various temperature.

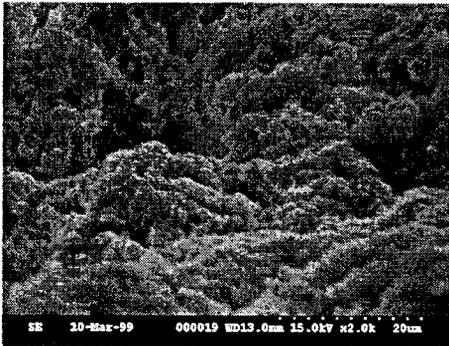
\* Control surimi : surimi with water.



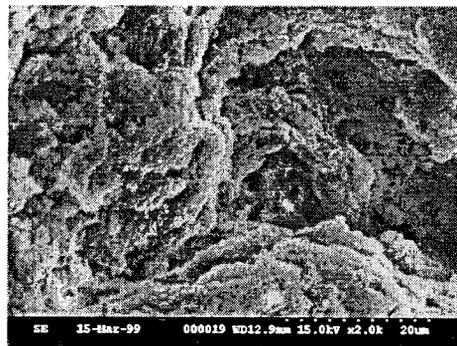
Spent, Salt (Cooked) : storage at -10°C



Spent, Salt (Cooked) : storage at -18°C



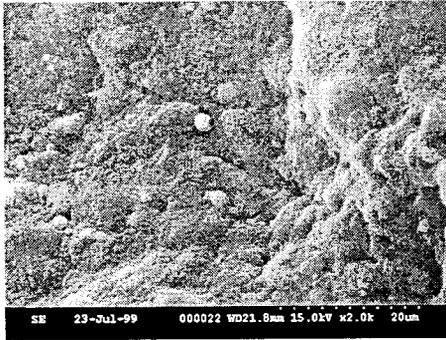
Spent, Salt (Cooked) : storage at -40°C



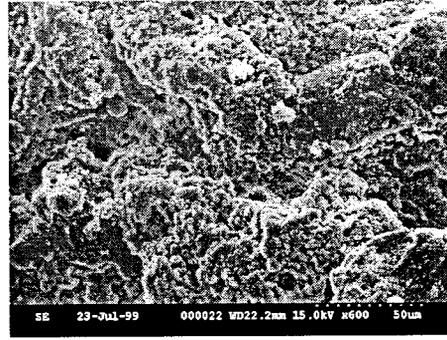
Spent, Salt (Cooked) : storage at -80°C

Fig. 15. Scanning electron photomicrograph of salt added surimi from spent layer meat during storage 1 day at various temperature.

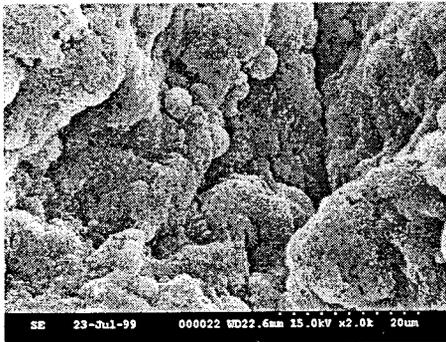
\* Salt added surimi : surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate.



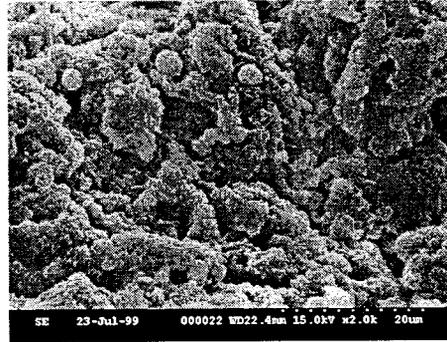
Spent, Salt (Cooked) : storage at -10°C



Spent, Salt (Cooked) : storage at -18°C



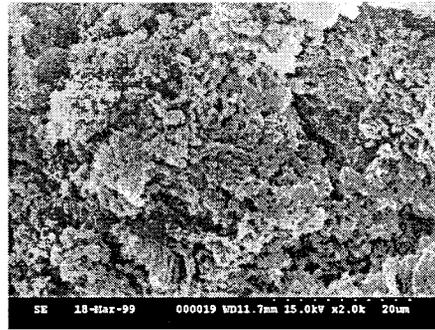
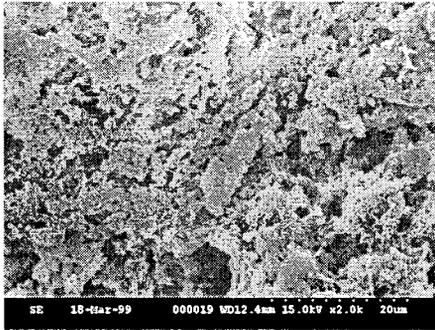
Spent, Salt (Cooked) : storage at -40°C



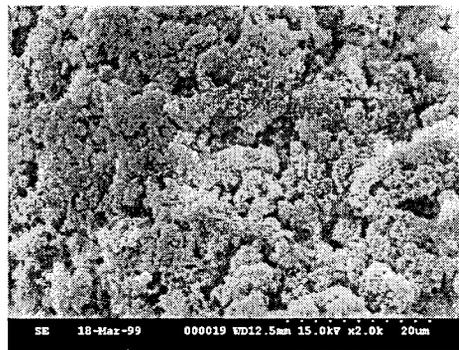
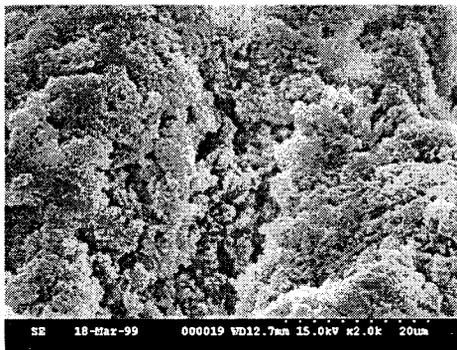
Spent, Salt (Cooked) : storage at -80°C

Fig. 16. Scanning electron photomicrograph of salt added surimi from spent layer meat during storage 20 weeks at various temperature.

\* Salt added surimi : surimi with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate.



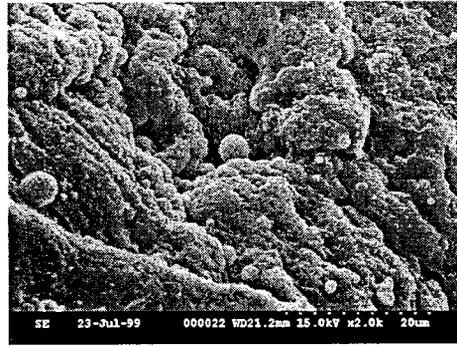
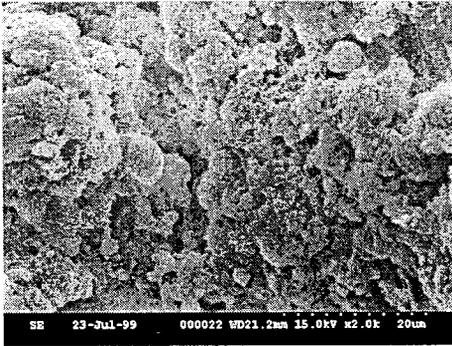
Spent, Sugar (Cooked) : storage at  $-10^{\circ}\text{C}$       Spent, Sugar (Cooked) : storage at  $-18^{\circ}\text{C}$



Spent, Sugar (Cooked) : storage at  $-40^{\circ}\text{C}$       Spent, Sugar (Cooked) : storage at  $-80^{\circ}\text{C}$

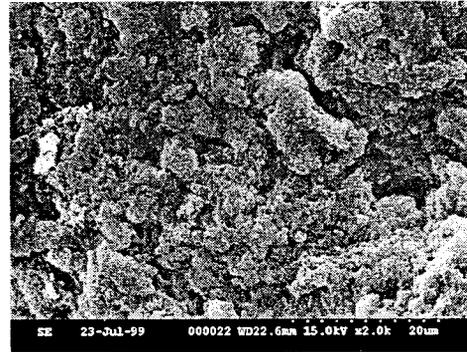
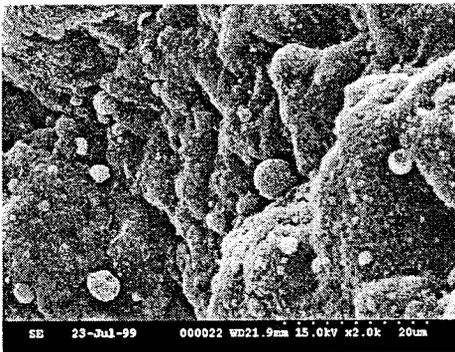
Fig. 17. Scanning electron photomicrograph of sugar added surimi from spent layer meat during storage 1 day at various temperature.

\* Sugar added surimi : surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose.



Spent, Sugar (Cooked) : storage at -10°C

Spent, Sugar (Cooked) : storage at -18°C



Spent, Sugar (Cooked) : storage at -40°C

Spent, Sugar (Cooked) : storage at -80°C

Fig. 18. Scanning electron photomicrograph of sugar added surimi from spent layer meat during storage 20 weeks at various temperature.

\* Sugar added surimi : surimi with 4% sorbitol + 4% sucrose.

육계 기계발골육으로 만든 수리미와 노계 정육으로 만든 수리미의 냉장저장 (5℃)중 변성정도를 조사하였다. 그림 19에서와 같이 저장중 pH의 변화를 보면 수리미를 냉장상태로 보관하면 품질이 빠른 시간내에 변한다. 첨가구별 pH도 저장 7일간에 현저하게 변하고 있다. 대체로 노계 수리미가 육계 수리미보다 저장기간중 pH가 낮은 경향을 보이고 있다. 수리미에 3% sodium chloride와 0.2% sodium tripolyphosphate를 첨가한 구가 저장기간중에 pH가 급격히 감소하였다.

냉장기간이 길어질수록 휘발성 염기태 질소(VBN) 함량이 증가하였다. 저장 5일과 7일로 갈수록 대조구의 VBN value가 급속히 증가하고 있다. 일반적으로 어육 수리미에 첨가하는 단백질 냉동변성 방지제는 냉장저장중에 단백질의 변성에도 도움이 되는 것으로 나타났다. 이것은 냉장중에 미생물이 생성하는 효소나 기타 효소들이 작용하여 대분자 단백질의 일부를 절단시켜 저급 휘발성 질소화합물로 분해시키는 것이다. 냉동저장에서의와 마찬가지로 냉장저장에서도 솔비톨이나 설탕과 같은 당류가 단백질을 안정시킬 수 있다고 확인하였다.

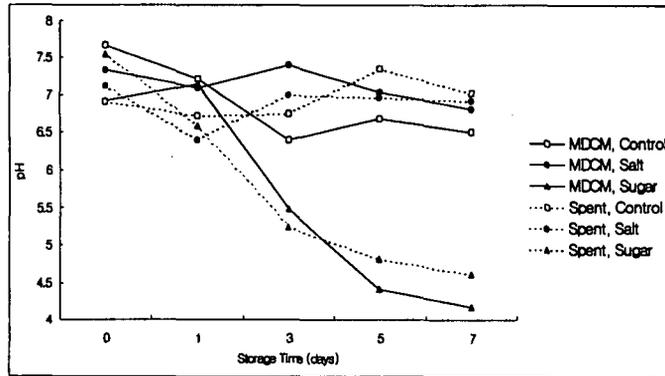


Fig. 19. pH of chicken surimi during storage at 5°C. MDCM, Control: surimi from mechanically debond chicken meat(MDCM) with water, MDCM, Salt: surimi from MDCM with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate, MDCM, Sugar: surimi from MDCM with 4% sucrose + 4% sorbitol, Spent, Control: surimi from spent layer meat with water, Spent, Salt: surimi from spent layer meat with 3% sodium chloride + 0.2% sodium tripolyphosphate, Spent, Sugar: surimi from spent layer meat with 4% sucrose + 4% sorbitol.

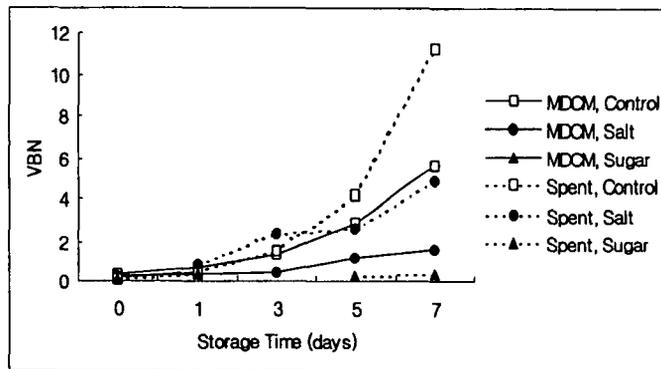


Fig. 20. Volatile basic nitrogen(VBN) of chicken surimi during storage at 5°C.

### 3. 계육 surimi를 이용한 육단백질의 gel화 증대 기술의 확립

#### 가. 계육 surimi 단백질의 고착(suwari)과 되풀림 현상유무의 확인

계육 surimi에서의 suwari와 modori의 현상이 일어나는지를 알아보고 그러한 특성에 의해서 얼마나 조직감을 향상시킬수 있는지를 알아보기 위하여 낮은 온도와 높은온도 구간에서 실험을 실시하였다. 먼저 낮은 온도로는 5℃, 25℃, 30℃에서 실시하였으며, 높은온도로는 47.5℃, 50℃, 52.5℃, 60℃에서 각각 실시하였다.

표 1 에서와 같이 5℃에서는 비교적 온도가 낮은 관계로 setting 시간을 5시간 간격으로 25hr까지 실시하였다. setting을 전혀 실시하지 않은 대조구에 비해 시간이 흐를수록 조금씩 압착력(compress)이 상승하였으며 10시간까지 증가하다가 15시간에는 감소하였고 다시 20시간후에는 상승하였으며 25시간에는 20시간과 비슷한 수치를 나타냈다(그림 1). 경도(Hardness)의 경우에는 대조구의 값이 5, 10, 15시간보다 높았고, 20시간 에서의 경도가 가장 높은 값을 나타냈다. 부서짐성(Fracturability)은 경도와 비슷한 경향을 보였으며 역시 20시간에서 가장 높은 값을 나타내었다. 점착력(Adehesiveness)은 10시간, 20시간, 25시간에서의 값이 다른 시간대에서의 결과에 비해 좋은 점착력을 보여주었다. 씹성(Gumminess)과 씹힘성(Chewiness)에서도 대조구의 값이 비교적 높았으나 시간이 연장될수록 높아져 20시간에서 대조구보다 높은 값을 나타냈다. 이상의 결과에서 볼 때 5℃는 setting 시간이 길어짐에 따라 압착력에서는 좋은 효과를 보였으나, 다른 조직적 특성에서는 시간이 길어져도 뚜렷한 setting 효과를 볼 수 없었다.

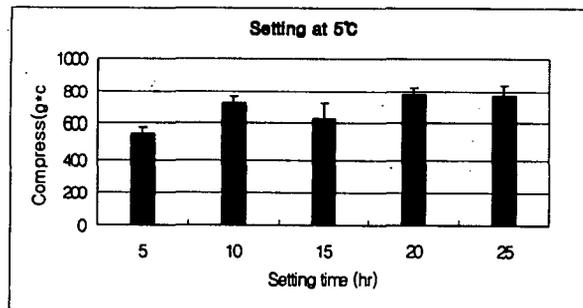


Fig. 1. compressive force of chicken surimi protein during set at 5℃.

Table. 1. Textural characteristics of chicken surimi protein during set at 5°C.

Parameter	Setting Temperature(5°C)					
	0	5hr	10hr	15hr	20hr	25hr
Hardness	11572±21.1	9405±468	10170±486	11435±388	13285±074	12152±524
Fracturability	11572±21.1	9234±1022	9281±908	12356±1223	13107±38	11481±335
Adhesiveness	-18519±2764	-2027±1394	-2019±848	-2028±2151	-2400±3221	-24106±2332
Springiness	0.91±0.01	0.93±0.02	0.94±0.00	0.93±0.02	0.91±0.04	0.93±0.01
Cohesiveness	0.37±0.01	0.37±0.02	0.36±0.05	0.36±0.02	0.39±0.04	0.36±0.01
Gumminess	47.69±8.09	34.73±0.22	37.16±6.03	40.79±1.02	51.68±5.35	43.47±1.51
Chewiness	43.01±7.07	32.27±1.03	34.81±5.5	37.87±0.97	47.14±5.26	40.35±2.03
Resilience	0.05±0.01	0.05±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.06±0.00	0.04±0.00

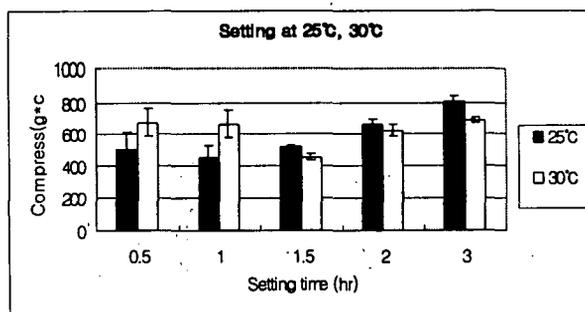


Fig. 2. compressive force of chicken surimi protein during set at 25°C, 30°C.

그림 2에서 낮은 온도 setting 효과를 알아보기 위한 25℃에서의 압착강도 결과는 최초 30분에서 시간이 지남에 따라 30분 후인 60분에는 조금 낮아졌으나, 1.5시간 후부터 다시 상승하여 3시간에 가장 좋은 압착강도를 나타냈다. 이에 비해 30℃에서는 1.5시간에 가장 낮게 나타났으며 시간이 지남에 따라 다시 상승하였으나 30분에서의 값과 비슷한 수준을 나타냈다. 압착강도의 결과를 볼 때 25℃에서의 setting 효과가 시간이 지남에 따라 30℃에서보다 좋은 것으로 나타났다. 다른 조직감 특성에서는 시간이 지남에 따라 25℃와 30℃에서 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(표 3).

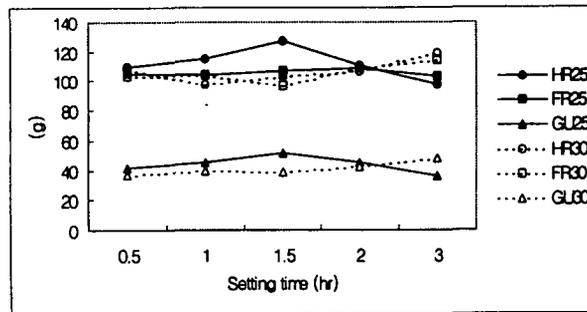


Fig. 3. Textural characteristics of chicken surimi protein during set at 25℃, 30℃.

HR25 : Hardness at 25℃

HR30 : Hardness at 30℃

FR25 : Fracturability at 25℃

FR30 : Fracturability at 30℃

GU25 : Gumminess at 25℃

GU30 : Gumminess at 30℃

Table. 2. compressive force of chicken surimi protein during set at 25°C.

Parameter	Setting Temperature(25°C)					
	0min	30min	1hr	1.5hr	2hr	3hr
Compress	498.18±47.95	498.19±108.25	448.71±72.53	520.41±2.92	663.23±31.09	808.21±38.23
Hardness	115.72±21.1	109.51±5.5	114.78±16.56	127.37±13.33	110.89±6.03	97.24±5.84
Fracturability	115.72±21.1	105.4±11.17	104.11±9.83	106.84±3.71	109.01±16.31	102.72±13.11
Adhesiveness	-185.19±27.64	-190.91±4.04	-186.09±35.79	-244.83±17.88	-201.24±26.43	-222.16±27.78
Springiness	0.91±0.01	0.98±0.01	0.90±0.02	0.93±0.02	0.93±0.01	0.93±0.01
Cohesiveness	0.37±0.01	0.38±0.05	0.39±0.02	0.41±0.02	0.41±0.03	0.37±0.02
Gumminess	47.69±8.09	41.10±4.1	44.98±7.14	48.69±8.09	42.13±3.76	33.59±3.71
Chewiness	43.01±7.07	38.02±3.55	40.66±7.47	48.69±8.09	42.13±3.76	33.59±3.71
Resilience	0.05±0.01	0.05±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01	0.05±0.00

Table. 3. compressive force of chicken surimi protein during set at 30 °C.

Parameter	Setting Temperature(30°C)					
	0	30min	1hr	1.5hr	2hr	3hr
Hardness	115.72±21.1	107.59±14.21	97.47±10.43	108.34±6.79	106.63±4.21	118.46±13.82
Fracturability	115.72±21.1	102.86±10.06	104.01±6.05	96.79±4.99	108.23±5.32	118.46±13.82
Adhesiveness	-185.19±27.64	-191.46±47.68	-213.56±28.03	-196.89±9.29	-171.60±13.97	-244.48±58.15
Springiness	0.91±0.01	0.93±0.00	0.92±0.02	0.93±0.01	0.90±0.01	0.94±0.03
Cohesiveness	0.37±0.01	0.37±0.01	0.41±0.02	0.38±0.03	0.40±0.01	0.40±0.01
Gumminess	47.69±8.09	37.19±4.25	39.60±2.44	38.83±3.17	42.81±2.84	48.14±5.69
Chewiness	43.01±7.07	35.22±3.48	36.35±2.68	36.05±3.51	38.62±2.99	45.23±4.94
Resilience	0.05±0.01	0.04±0.00	0.05±0.01	0.05±0.00	0.04±0.00	0.04±0.01

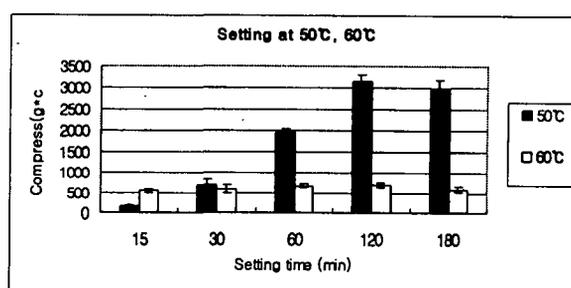


Fig. 4. compressive force of chicken surimi protein during set at 50 °C, 60 °C.

높은 온도에서의 setting 효과를 알아보기 위해 50℃에서 15, 30, 60, 120, 180분간 정치 후 가열없이 압착강도를 측정했을 때 시간이 길어짐에 따라 큰 폭으로 압착강도가 상승했으며 30분에 비해 60분에서의 값은 약 3배에 이르렀다. 따라서, 50℃에서의 setting 효과가 매우 크다는 것을 알 수 있었다. 그림 5에서와 같이 50℃에서는 압착강도의 세기가 시간에 따라 변화폭이 컸으나 60℃에서는 커다란 차이는 보이지 않았다. 50℃와 마찬가지로 시간이 증가할수록 압착강도가 좋아졌으며 120분에서의 값이 가장 컸다. 압착강도가 아닌 조직감 측정항목에서도 시간이 지남에 따라 경도(hardness)와 껌성(gumminess)등이 증가하였으며 압착강도처럼 120분에서 가장 높은 값을 가졌다. 60℃의 경우 조직감은 조금 상승하였으나 커다란 차이를 보이지 않았다.

50℃와 60℃에서의 결과에서 두가지 온도조건 모두에서 압착강도의 경우 30분까지는 비슷한 값을 보였으나 60분 부터는 점점 그 차이가 커지는 것을 볼 때 gel이 약해지는 modori현상은 60℃에서 더욱 뚜렷하게 나타날 것으로 보여진다.

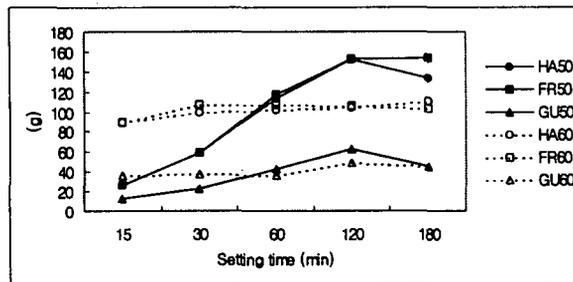


Fig. 5. Textural characteristics of chicken surimi protein during set at 25℃, 30℃.

HR50 : Hardness at 50℃                      HR60 : Hardness at 60℃  
 FR50 : Fracturability at 50℃              FR60 : Fracturability at 60℃  
 GU50 : Gumminess at 50℃                  GU60 : Gumminess at 60℃

나. 염농도 및 혼화시간별 gel화 능력을 구명

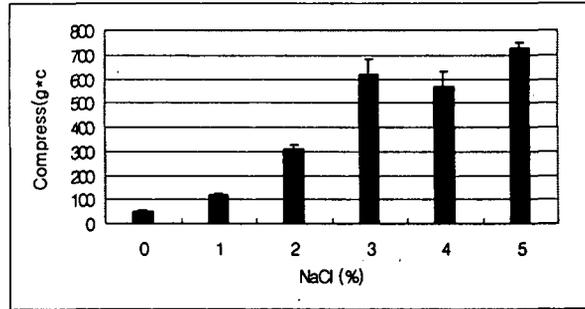


Fig. 6. Compressive force of chicken surimi protein by different salt concentration.

그림 6을 보면 계육 surimi를 setting 조건(25℃에서 1시간 정치 후 90℃에서 30분간 가열)을 동일하게 하고 염농도를 각각 달리하였을 때 염농도가 1%씩 증가함에 따라 압착강도의 차이가 큰 폭으로 상승하였다. 3%까지 직선적으로 압착강도가 증가하였으며 4%에서 조금 낮아졌다가 5%에서는 다시 상승하였다. 일반적으로 염을 첨가하면 gel화가 증대되지만 적정수준을 초과하면 오히려 gel화를 방해한다는 것을 알수가 있다. 따라서 최적의 염농도는 3% 수준임을 알 수 있었다.

점착력(adhesiveness)은 0%와 1%에서는 매우 작은 값을 보여 점착력이 작은 것으로 나타났으나 2%에서부터는 큰 값을 나타냈다. 4%까지 계속 증가했으며 5%에서 조금 낮아졌다(그림 7).

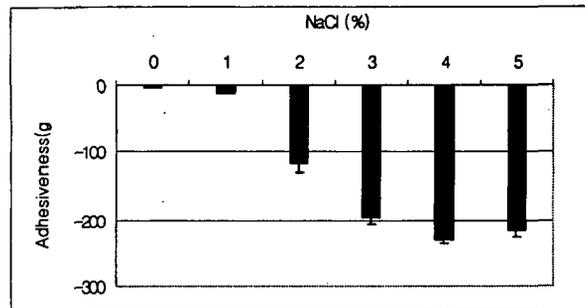


Fig. 7. Adhesiveness of chicken surimi protein by different salt concentration.

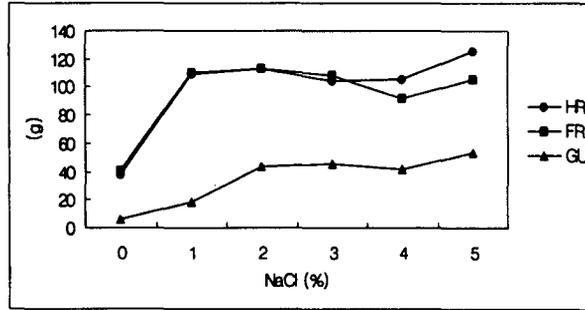


Fig. 8. Textural characteristics of chicken surimi by different salt concentration.

HR : hardness FR : fracturability GU : gumminess

다. 혼화시간에 따른 조직감의 변화

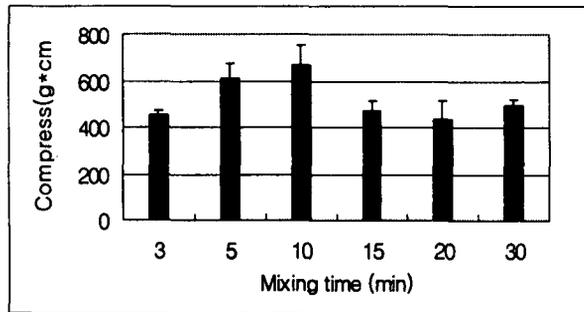


Fig. 9. Compressive force of chicken surimi by various mixing time.

앞의 실험을 통해 최적의 염농도를 3% 수준임을 알고 같은 양의 염을 첨가하여 혼화시간을 다르게 한 후 압착강도를 측정해본 결과 혼화시간 10분에서 가장 좋은 강도를 보였으며 15분이상 에서는 오히려 낮아져서 처음 3분에서의 결과와 비슷한 수치를 보였다(그림 9). 이것은 염을 첨가했을 때 염이 육단백질과 혼합되어 침투, 흡수되는데 필요한 시간이 10분이면 충분하다는 것을 나타낸다고 볼 수가 있으며, 오히려 시간을 너무 길게하면 혼화하는 동안 계속되는 물리적, 기계적인 영향으로 열이 발생하여 압착강도를 더 이상 증가시키지 못하고 낮아지는 것을 알 수가 있다.

Table. 4. Textural characteristics of chicken surimi during set at 50°C.

Parameter	Setting Temperature(50°C)					
	0	15min	30min	1hr	2hr	3hr
Adhesiveness	-185.19 ±27.64	-258.72 ±10.42	-249.53 ±13.69	-282.92 ±9.46	-256.58 ±18.97	-278.78 ±33.00
Springiness	0.91±0.01	0.94±0.03	0.93±0.03	0.96±0.01	0.94±0.01	0.94±0.01
Cohesiveness	0.37±0.01	0.40±0.02	0.42±0.02	0.40±0.01	0.37±0.02	0.40±0.05
Chewiness	43.01 ±7.07	49.30 ±3.05	50.87 ±5.99	70.79 ±0.55	88.15 ±10.83	83.35 ±4.66
Resilience	0.05±0.01	0.04±0.00	0.05±0.01	0.06±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01

Table. 5. Textural characteristics of chicken surimi during set at 60°C.

Parameter	Setting Temperature(60°C)					
	0	15min	30min	1hr	2hr	3hr
Adhesive- ness	-185.19 ±27.64	-229.21 ±11.56	-305.69 ±38.32	-237.62 ±15.71	-356.95 ±25.61	-297.32 ±69.58
Springiness	0.91±0.01	0.93±0.00	0.93±0.01	0.91±0.01	0.93±.02	0.93±0.02
Cohesiveness	0.37±0.01	0.37±0.01	0.41±0.02	0.34±0.04	0.41±0.01	0.41±0.01
Chewiness	43.01 ±7.07	52.53 ±3.32	57.03 ±4.98	42.37 ±6.55	63.24 ±7.14	50.16 ±10.02
Resilience	0.05±0.01	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00	0.06±0.00	0.04±0.00

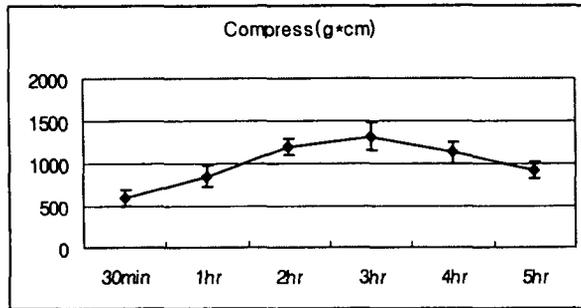


Fig. 10. Compressive force of chicken surimi during set at 47.5°C

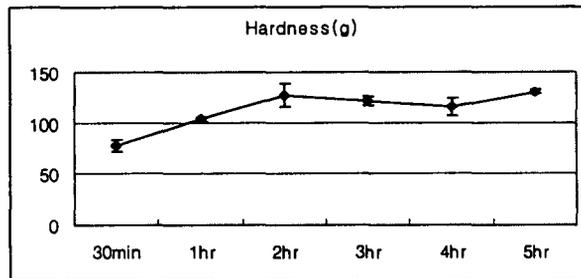


Fig. 11. Hardness(g) of chicken surimi during set at 47.5°C.

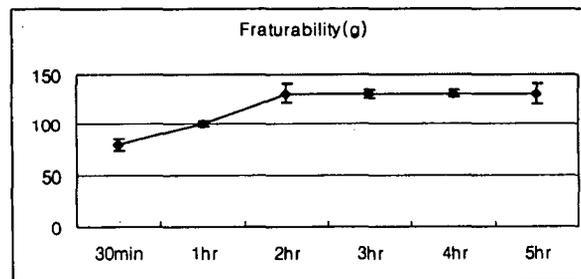


Fig. 12. Fraturability(g) of chicken surimi during set at 47.5°C.

Table. 6. Textural characteristics of chicken surimi during set at 47.5°C.

Parameter	Setting Temperature(47.5°C)					
	30min	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr
Adhesiveness	-152.15 ±5.13	-182.96 ±10.45	-171.15 ±8.39	-172.79 ±7.5	-187.71 ±29.83	-202.45 ±15.31
Springiness	0.91±0.01	0.93±0.02	0.92±0.01	0.9±0.02	0.93±0.01	0.94±0.01
Cohesiveness	0.36±0.02	0.4±0.02	0.39±0.05	0.36±0.02	0.35±0.02	0.42±0.03
Gumminess	28 ±3.45	41.61 ±1.86	49.41 ±3.31	43.76 ±1.08	40.62 ±5.84	54.61 ±3.9
Chewiness	25.54 ±3.21	38.77 ±1.74	45.51 ±3.08	39.45 ±1.12	37.84 ±5.07	51.27 ±3.71
Resilience	0.04±0.01	0.04±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.05±0.01

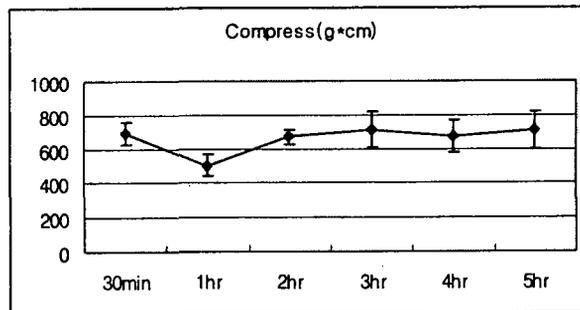


Fig. 13. Compressive force of chicken surimi during set at 47.5°C.

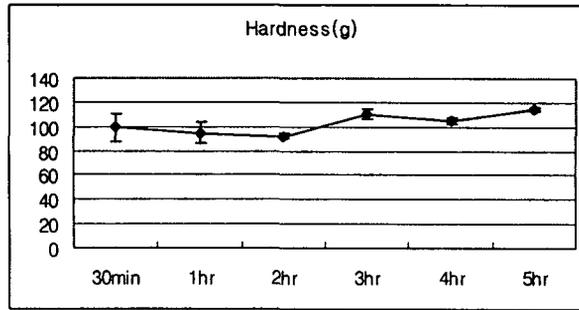


Fig. 14. Hardness(g) of chicken surimi during set at 47.5°C.

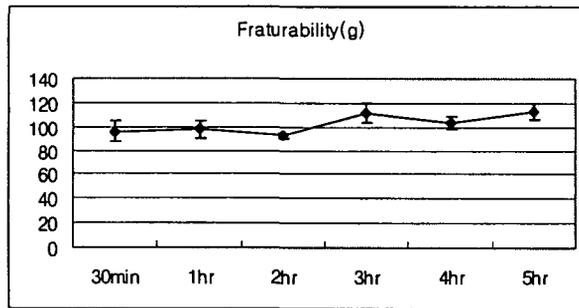


Fig. 15. Fraturability(g) of chicken surimi during set at 47.5°C.

Table. 7. Textural characteristics of chicken surimi during set at 52.5°C

Parameter	Setting Temperature(52.5°C)					
	30min	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr
Adhesiveness	-150.68 ±21.09	-154.68 ±14.8	-181.34 ±2.78	-168.62 ±15.42	-157.34 ±13.25	-154.21 ±25.31
Springiness	0.93±0.01	0.9±0.02	0.9±0.01	0.91±0.03	0.9±0.01	0.9±0.03
Cohesiveness	0.39±0.01	0.35±0.01	0.32±0.01	0.38±0.01	0.36±0.01	0.38±0.02
Gumminess	38.8 ±6.12	33.2 ±2.34	28.99 ±0.53	41.67 ±2.49	39.21 ±2.03	43.14 ±2.34
Chewiness	36.04 ±5.58	29.99 ±2.21	26.68 ±0.16	37.8 ±3.38	35.52 ±2.48	38.99 ±1.59
Resilience	0.05±0.02	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01

Table 8. Textural Characteristics of chicken surimi by various salt concentration.

Parameter	NaCl(%)					
	0	1	2	3	4	5
Hardness	37.42±5.29	108.92±7.34	113.16±9.17	104.51±7.91	105.26±7.92	125.21±7.43
Fracturability	40.17±3.44	110.33±6.34	113.16±9.17	108.39±7.15	92.02±7.09	105.11±12.18
Adhesiveness	-35.7±0.3	-11.12±0.13	-117.1±12.83	-166.8±10.19	-229.54±6.34	-216.24±9.24
Springiness	0.52±0.02	0.72±0.00	0.93±0.02	0.89±0.04	0.94±0.01	0.94±0.02
Cohesiveness	0.18±0.00	0.13±0.03	0.38±0.02	0.41±0.04	0.39±0.02	0.41±0.02
Gumminess	5.88±0.03	17.91±1.49	43.86±2.73	44.93±5.42	41.30±3.45	53.32±3.69
Chewiness	3.27±0.02	12.54±0.61	40.88±2.58	40.29±3.39	40.26±1.41	47.78 4.29
Resilience	0.03±0.00	0.04±0.00	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01

Table 9. Textural characteristics of chicken surimi by various mixing time.

Parameter	Mixing Time(min)						
	0	3	5	10	15	20	30
Hardness	ND	102.83	110.22	105.52	106.07	95.39	88.42
		±13.56	±4.07	±8.95	±14.48	±13.11	±7.27
Fracturability	ND	101.13	110.22	103.04	105.62	90.93	81.57
		±17.48	±4.07	±8.68	±14.98	±16.05	±8.19
Adhesiveness	ND	-194.03	-213.55	-193.79	-200.94	-178.80	-194.58
		±21.43	±11	±18.84	±9.73	±17.5	±8.88
Springiness	ND	0.93	0.95	0.93	0.90	0.93	0.93
		±0.02	±0.01	±0.02	±0.03	±0.01	±0.02
Cohesiveness	ND	0.38	0.41	0.47	0.41	0.41	0.40
		±0.06	±0.01	±0.02	±0.01	±0.05	±0.02
Gumminess	ND	38.79	45.00	40.28	43.22	38.55	35.24
		±5.96	±1.38	±6.71	±5.24	±0.61	±1.08
Chewiness	ND	35.95	42.92	38.30	38.92	35.71	32.90
		±5.21	±1.37	±7.75	±3.57	±0.47	±0.46
Resilience	ND	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05
		±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.00

gel을 형성하기 위해서는 반드시 염의 첨가가 이루어 져야 하며, 염을 첨가 후 원료와 잘 혼합되어 단백질의 수화를 돕고 조직감에 기여하기 위해서 일정한 시간이상 혼합되어야 좋은 gel을 제조할 수가 있게된다. 혼화시간이 너무 짧으면 염이 제대로 섞이지 못해 gel형성이 균일하게 이루어지지 못하며 반대로 필요이상으로 시간이 너무 길게되면 오히려 가열했을 때 약한 gel이 형성되게 된다. 결과에서와 같이 동일한 염농도를 첨가 후 실시한 조직특성을 측정했을 때 3min, 5min, 10min까지 시간이 연장되면서 압축력이 꾸준히 증가하였으며, 10분을 기준으로 그 이상의 시간에서는 오히려 압축력이 낮음을 알수가 있었다. 이러한 결과에서 염을 첨가후 충분히 섞어주는데 적당한 시간이 필요하나 필요이상으로 시간을 연장시켰을 때는 오히려 조직감을 저하시킨다는 것을 알수가 있다.

#### 라. 최적의 열처리 조건을 제시

gel화를 증대하기 위한 고착과 되풀림 현상의 규명과 함께 가열온도에 따른 조직적인 특성을 확립하는 것도 매우 중요한 요인이 되므로 각 온도별로 단백질의 변성과 함께 gellation이 진행되었을 때 열처리 조건중 어느 온도로 가열했을 때 가장 좋은 조직감을 나타내는지 알아보기 위해 수행하였다. 위의 결과에서와 같이 가장 중요한 압축력은 90℃에서 형성되었다. 60℃에서의 압축력이 70℃도나 80℃에 비해서 높았으나 90℃에서만만큼의 결과만큼은 미치지 못했다. 일반적으로 일정한 온도에서 고착후에 가열을 하게 되면 곧바로 가열을 실시했을 때보다 더욱 견고하고 조직적 특성이 우수한 gel이 형성되는데 본 실험에서는 비교적 낮은 온도인 30℃에서 2시간 고착후에 각 온도별로 가열하여 주었기 때문에 약간의 고착효과로 인하여 조직형성에 도움은 되었겠지만 적절한 가열온도의 뒷받침 없이는 조직적인 특성이 좋아지지 않았음을 알 수가 있었다. 처리 온도중 가장 높은 온도인 100℃에서는 겔의 형성이 전혀 이루어지지 않았는데 이것은 지나치게 높은 온도로 인하여 급격한 단백질 변성의 발생과 함께 조직이 뭉치거나 갈라져 조직간에 공간이 벌어져 gel형성이 이루어지지 못한 것에서 기인한 것으로 보인다. 압축력 뿐만 아니라 경도, 부서짐성, 점착

력, 검성, 씹힘성에서도 90℃에서의 결과가 다른 온도에서의 결과에 비해 높은 수치를 나타내어 결과적으로 가열온도별로 실시한 본 실험에서는 90℃에서 가열했을 때 가장 좋은 gel이 형성됨을 알 수 있었다.

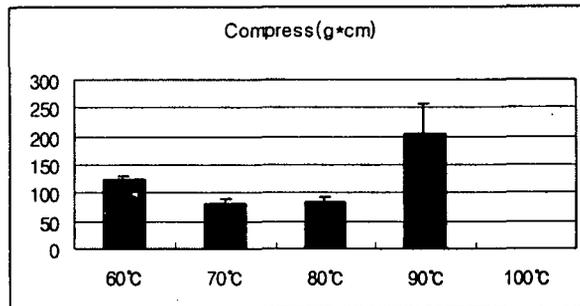


Fig. 16. Compressive force(g\*cm) of chicken surimi by different cooking temperature.

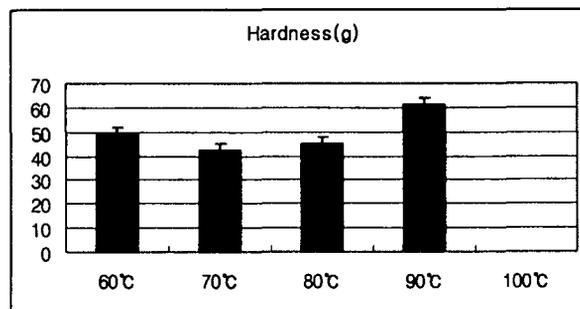


Fig. 17. Hardness(g) of chicken surimi by different cooking temperature.

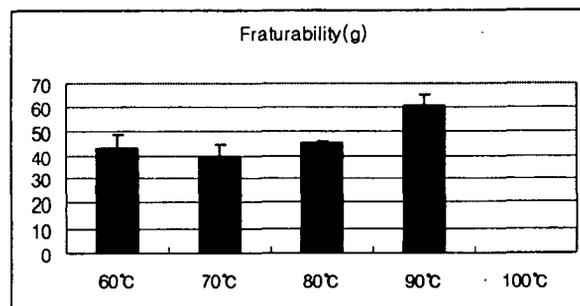


Fig. 18. Fraturability(g) of chicken surimi by different cooking temperature.

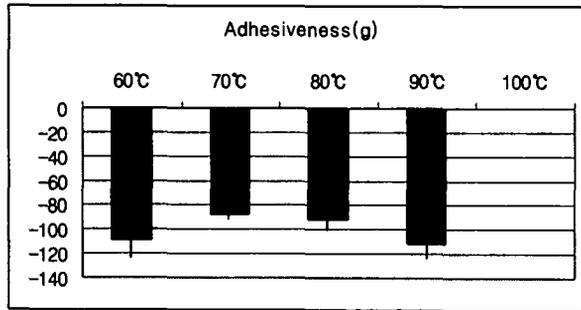


Fig. 19. Adhesiveness(g\*s) of chicken surimi by different cooking temperature

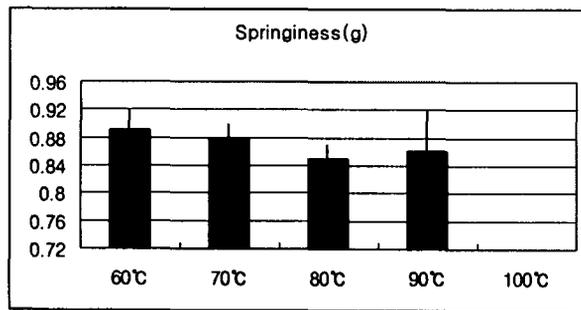


Fig. 20. Springiness of chicken surimi by different cooking temperature.

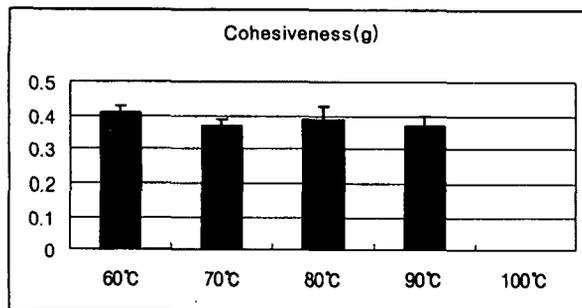


Fig. 21. Cohesiveness of chicken surimi by different cooking temperature.

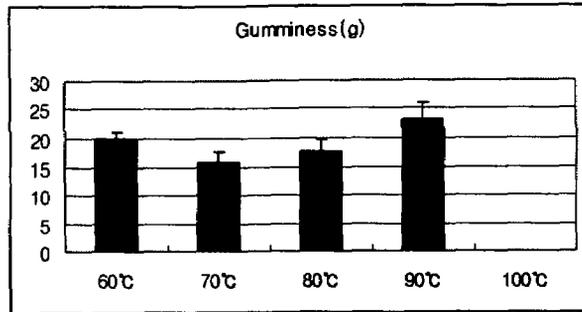


Fig. 23. Gumminess of chicken surimi by different cooking temperature

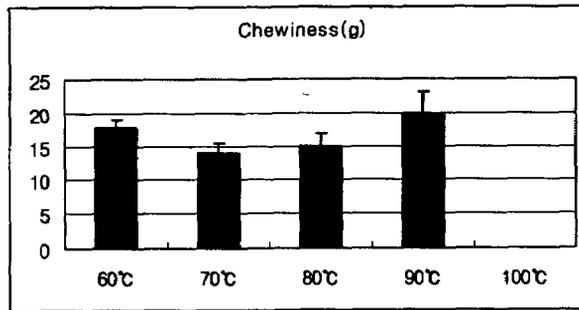


Fig. 24. Chewiness of chicken surimi by different cooking temperature.

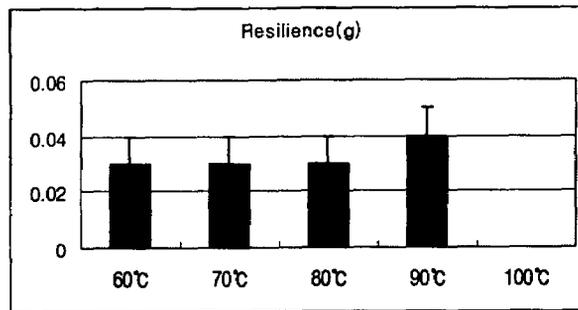
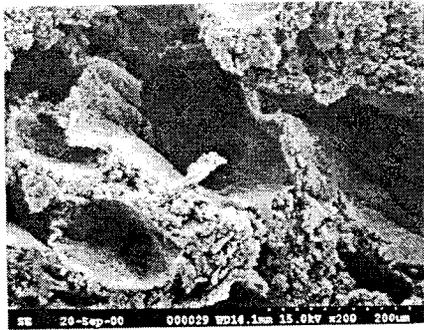


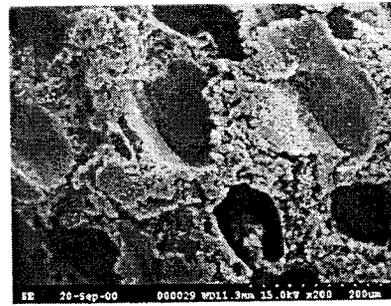
Fig. 25. Resilience of chicken surimi by different cooking temperature.

#### 마. SEM에 의한 조직관찰

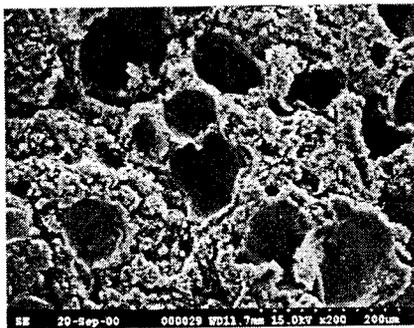
고품질 계육 surmi의 제조기술을 확립하기 위하여 setting 효과, 젤폴립 현상, 염농도별에 따른 조직감의 변화, 혼화시간에 따른 조직감의 변화를 Texture analyzer를 통하여 측정해본 결과 최적의 setting 온도와 시간, 가열온도, 최적의 염농도와 가장 적합한 혼화시간등을 알아보았으며, 이러한 결과를 통하여 제조된 gel의 조직관찰을 통하여 gel 내부의 조직변화는 어떠한지를 관찰, 확인하기 위하여 SEM(scanning electron microscoph)을 이용하여 비교, 관찰하였다. 먼저 setting 효과와 modori 현상을 알아보기 위한 gel의 관찰에서는 200배로 확대하여 gel의 절단면을 관찰했을 때 setting을 하지 않고 곧바로 90℃에서 30분간 가열한 대조구의 절단면은 gellation이 제대로 진행되지 못하여 생긴 구멍의 크기가 매우 크게 형성되었으며, 40℃에서 1시간 setting 후 90℃에서 30분간 가열한 gel에서도 대조구와 비슷한 형태를 나타내었으며 구멍의 크기가 비교적 크게 형성되었다. 그러나 50℃에서 1시간 setting 후 90℃에서 30분간 가열한 gel에서는 setting효과로 인하여 젤형성이 제대로 이루어져 구멍의 크기가 다른 처리구에 비해 매우 작고, 숫자도 많았으며, 균일하게 분산된 형태를 나타내었다. 60℃와 70℃에서도 40℃에서와 비슷한 결과를 보여주었다. 염농도별에 따른 조직관찰에서는 0%와 1%에서는 gel화가 제대로 이루어지지 않아서 200배로 확대하여 관찰했을 때 조직적인 특성을 발견할 수 없었으며, 잘 부서지는 조직을 형성하였다. 2% 에서부터 gel화가 이루어짐을 관찰할 수 있었다. 확대율 5000 배에서는 0%, 1%에서는 군데군데 뭉친 구조가 발견되었으며 그물망 구조는 발견할 수 없었다. 2% 이상에서는 잘 펼쳐진 그물망 구조가 형성되었고, 구형의 입자가 안정된 구조로 균일하게 분산되어 형성된 것을 볼 수 있었다. 혼화시간에 따른 조직관찰은 시간이 길어짐에 따라 조금씩 균일하게 분산되어 퍼져있는 구조를 볼 수 있었으며, 혼화시간 10분 처리구에서 가장 균일한 구조가 형성됨을 관찰할 수 있었다. 그러나 전체적으로 혼화시간 증가에 따른 뚜렷한 차이는 발견할 수 없었는데 이것은 기본적으로 2%의 NaCl의 첨가로 인해 어느 정도 gel 형성이 이루어졌기 때문인 것으로 보인다.



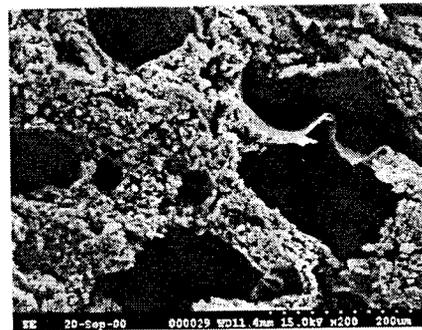
1-1



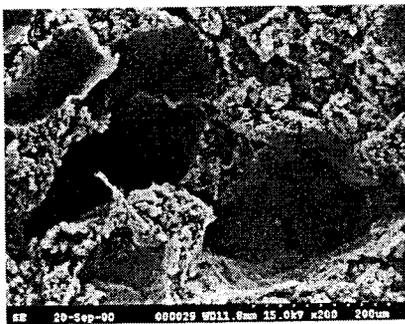
1-2



1-3

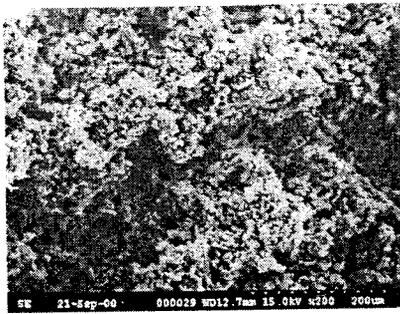


1-4

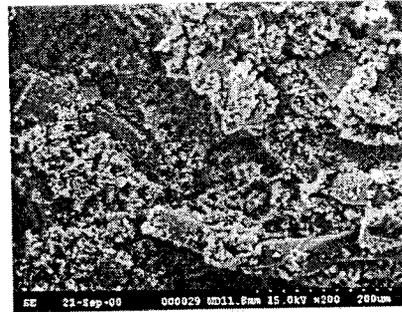


1-5

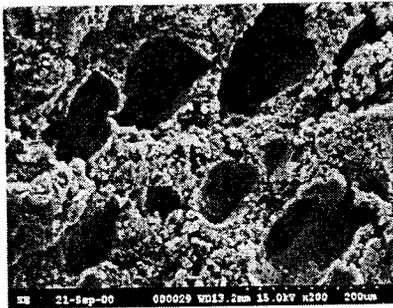
Fig. 26. Scanning electron micrographs ( $\times 200$ ) of chicken surimi gel at different setting temperature. 1-1 : 2%NaCl + 90°C 30min, 1-2 : 40°C 1hr + 90°C 30min, 1-3 : 50°C 1hr + 90°C 30min, 1-4 : 60°C 1hr + 90°C 30min, 1-5 : 70°C 1hr + 90°C 30min.



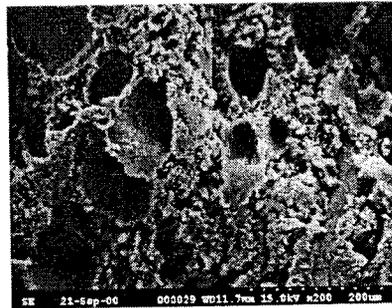
2-1



2-2



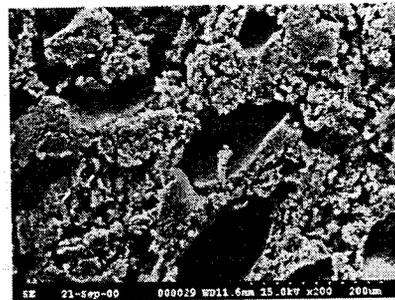
2-3



2-4

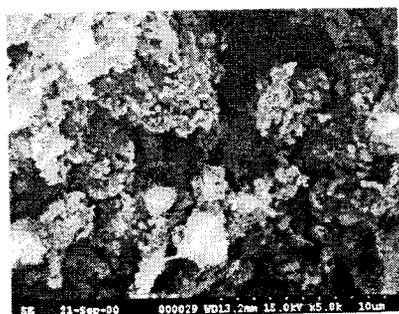


2-5

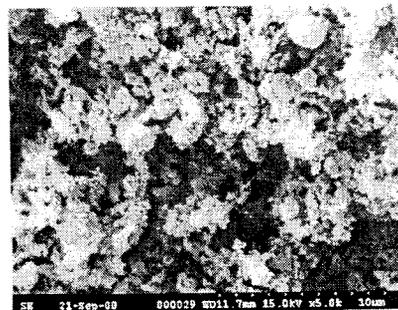


2-6

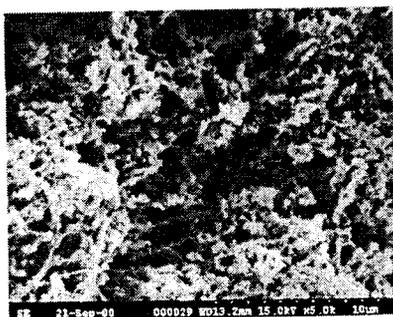
Fig. 27. Scanning electron micrographs ( $\times 200$ ) of chicken surimi gel at different salt concentration. 2-1 : 0% NaCl + 90°C 30min, 2-2 : 1% NaCl + 90°C 30min, 2-3 : 2% NaCl + 90°C 30min, 2-4 : 3% NaCl + 90°C 30min, 2-5 : 4% NaCl + 90°C 30min, 2-6 : 5% NaCl + 90°C 30min.



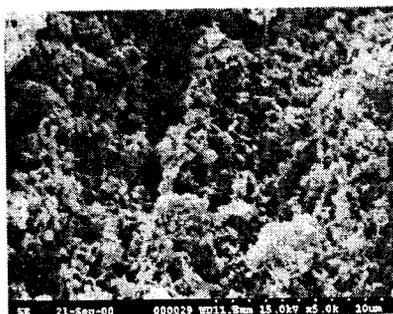
3-1



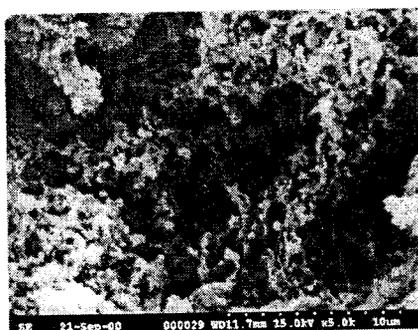
3-2



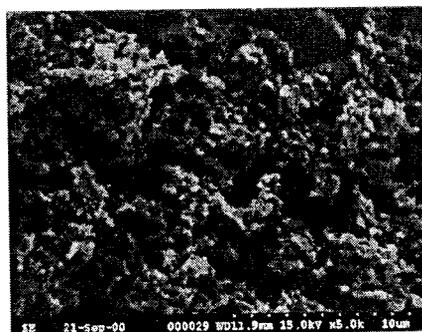
3-3



3-4

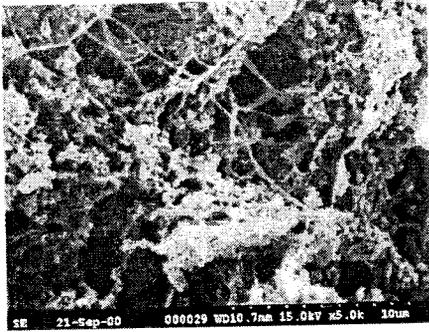


3-5

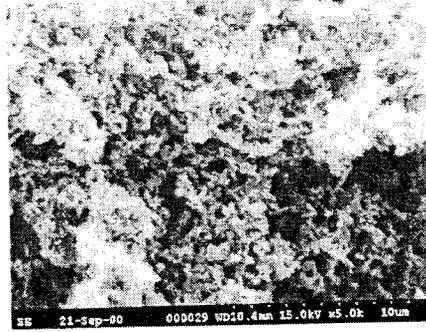


3-6

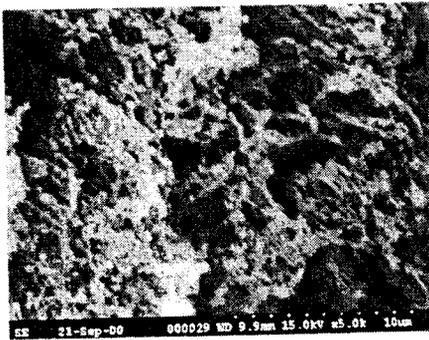
Fig. 28. Scanning electron micrographs ( $\times 5000$ ) of chicken surimi gel at different salt concentration. 3-1 : 0% NaCl + 90°C 30min, 3-2 : 1% NaCl + 90°C 30min, 3-3 : 2% NaCl + 90°C 30min, 3-4 : 3% NaCl + 90°C 30min, 3-5 : 4% NaCl + 90°C 30min, 3-6 : 5% NaCl + 90°C 30min.



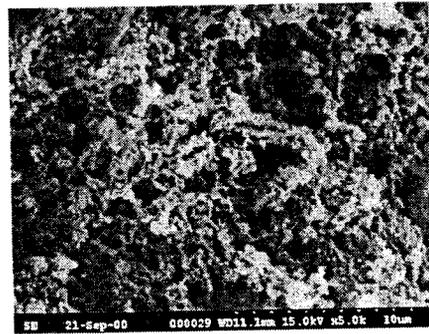
4-1



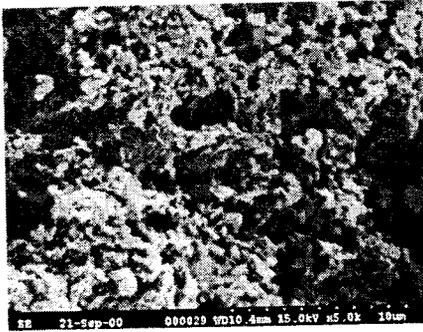
4-2



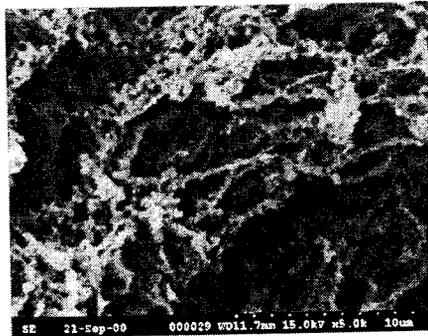
4-3



4-4



4-5



4-6

Fig. 29. Scanning electron micrographs ( $\times 5000$ ) of chicken surimi gel at different mixing time. 4-1 : 1min + 90°C 30min, 4-2 : 3min + 90°C 30min, 4-3 : 5min + 90°C 30min, 4-4 : 10min + 90°C 30min, 4-5 : 20min + 90°C 30min, 4-6 : 30min + 90°C 30min

#### 바. 첨가제 종류에 따른 조직감 측정결과

계육 surimi gel의 조직감을 향상시키기 위한 방안으로 첨가제를 혼합하여 gel을 제조하였을 때 gel 특성이 향상되는지를 알아보았다. 첨가제로는 Egg albumin, Starch, Corn Starch의 세가지를 이용하였으며, 각각 2%, 5%, 10% 수준에서 첨가하였다. MDCM을 가지고 수세를 통하여 surimi를 제조하였을 때 수분이 91% 정도로 매우 높기 때문에 첨가제를 혼합하여 수분을 낮추고 첨가제에 의해 단백질 함량이 증가되어 gel 특성을 향상시키게 되는지를 알아보았다. 첨가 후 수분함량은 Egg albumin의 경우 2%에서는 88.9%, 5% 수준에서는 86.16%, 10% 수준에서는 82.92%를 나타내었고, Starch의 경우에는 2%에서는 88.5%, 5% 수준에서는 86.29%, 10% 수준에서는 82.36%였고, 마지막으로 Corn starch의 경우는 첨가수준 2%에서는 87.46%, 5%수준에서는 85.75%, 10% 수준에서는 81.78%로 첨가제 종류간에 비슷한 수분함량을 보였으며 그중에서도 Corn starch가 약간 더 낮은 수분함량을 나타냈다. 첨가후 제조된 gel의 향상여부를 확인하기 위하여 압착력(Compressive force)과 T.P.A를 실시하였다. 압착력에서는 2%수준에서는 옥수수전분이 가장 효과가 좋았으며, 5%, 10% 수준에서는 egg albumin이 가장 좋은 효과를 나타냈다. 옥수수전분과는 달리 전분의 경우에는 2% 수준에서는 다른 첨가제와 비슷한 값을 보였으나 첨가수준이 증가함에 따라 gel의 압착력을 증가시키지 못하고 10% 수준에서 albumin(1280.64), corn starch(1256.54)에 비해 매우 낮은 366으로 첨가수준을 높여도 수분함량은 낮출수 있었으나, 조직감은 향상시키지 못함을 알 수 있었다. 종합적인 조직감을 측정할 수 있는 T.P.A 결과에서는 경도(Hardness), 부서짐성(Fracturability)의 항목에서도 첨가수준이 증가함에 따라 지속적으로 수치가 상승했으며, 압착력의 결과와 마찬가지로 egg albumin이 가장 좋은 첨가효과를 나타냈다. starch는 역시 5%와 10% 수준 사이에 커다란 차이를 보이지 않았으며 egg albumin과 corn starch에 비해 매우 낮은 경도와 부서짐성을 나타냈다. 점착력(Adhesiveness) 항목에서는 egg albumin의 경우 2% 수준에서 -79.44, 5% 수준에서 -293.81, 10% 수준에서 -669.44를 나타내 다른 두 첨가제에 비해 매우 좋은 점착력을 나타내었다. 껌성(Gumminess), 저작성(Chewiness) 항목에서도 경도와 부서짐성의 결과에서와 같이 egg albumin의 효과가 가장 높았으며, 다음으로 corn starch, starch 순이었다. 세가지 첨가제를 첨가수준을 달리하여 제조한 gel의 조직적인 특성을 알아본 결과 첨가수준에 따른 수분함량은 세가지 모두 비

숫하였지만 압축력과 T.P.A 등을 통하여 측정된 gel의 조직감 항상 측면에서는 egg albumin이 가장 좋은 효과를 가짐을 알 수 있었고, 첨가수준은 10%로 첨가했을 때 가장 좋은 gel이 만들어짐을 알 수 있었다.

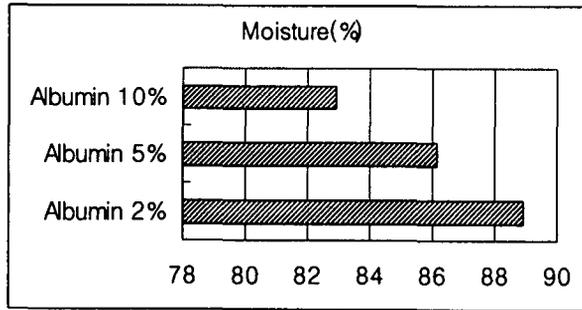


Fig. 30. Moisture content(%) of chicken surimi added 2%, 5%, 10% egg albumin respectively.

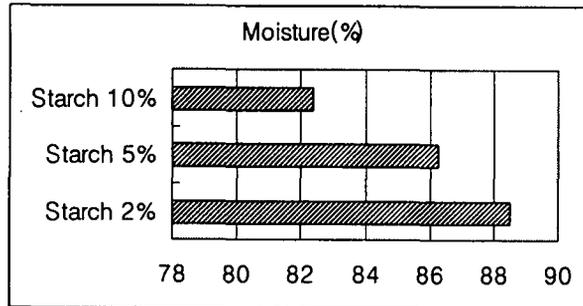


Fig. 31. Moisture content(%) of chicken surimi added 2%, 5%, 10% starch respectively.

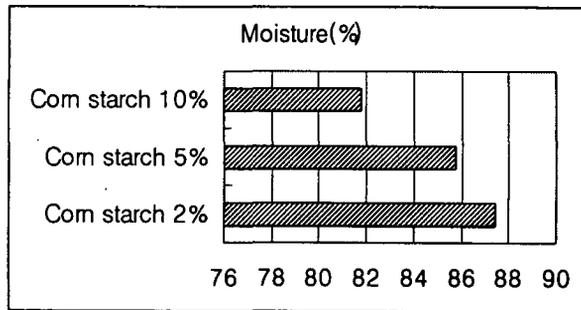


Fig. 32. Moisture content(%) of chicken surimi added 2%, 5%, 10% corn starch respectively.

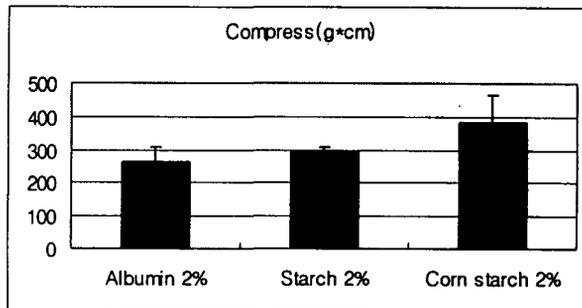


Fig. 33. Compressive force(g\*cm) of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch, 2% corn starch respectively.

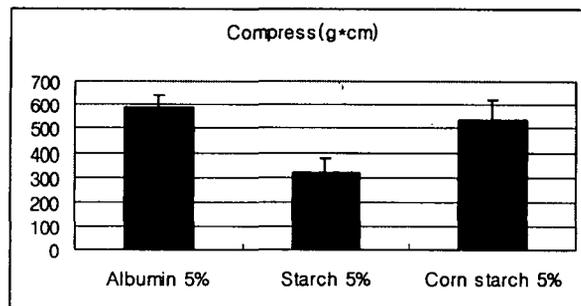


Fig. 34. Compressive force(g\*cm) of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch, 5% corn starch respectively.

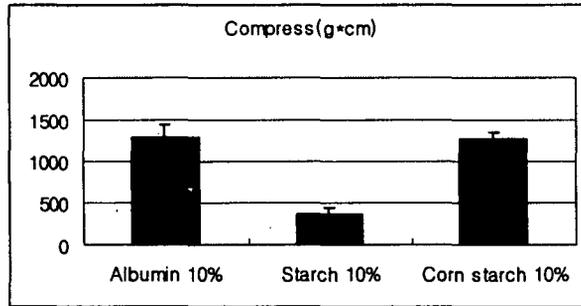


Fig. 35. Compressive force(g\*cm) of chicken surimi added 10% egg albumin 10% starch, 10% corn starch respectively.

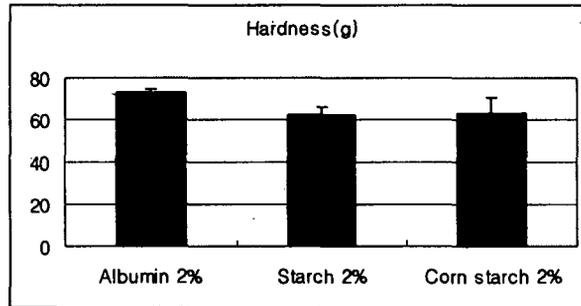


Fig. 36. Hardness(g) of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch, 2% corn starch respectively.

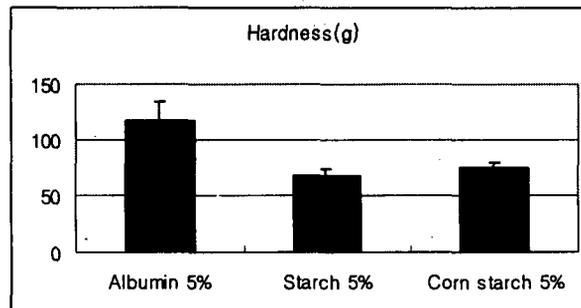


Fig. 37. Hardness(g) of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch, 5% corn starch respectively.

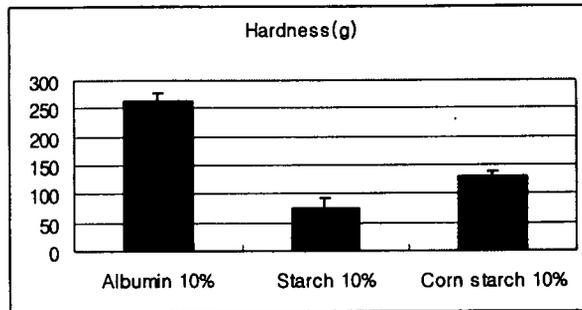


Fig. 38. Hardness(g) of chicken surimi added 10% egg albumin, 10% starch, 10% corn starch respectively.

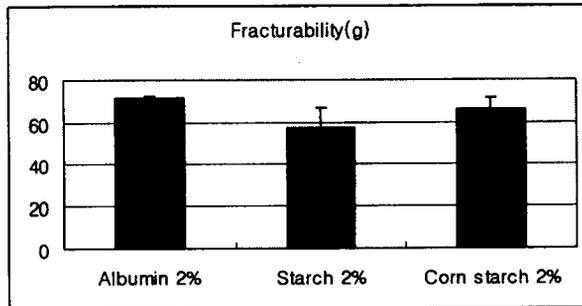


Fig. 39. Fracturability(g) of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch 2% corn starch respectively.

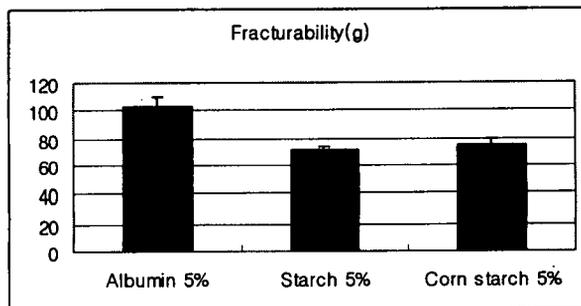


Fig. 40. Fracturability(g) of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch 5% corn starch respectively.

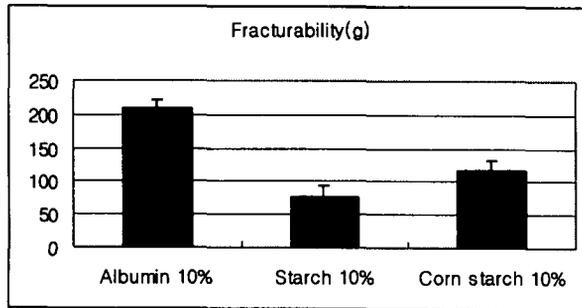


Fig. 41. Fracturability(g) of chicken surimi added 10% egg albumin, 10% starch 10% corn starch respectively.

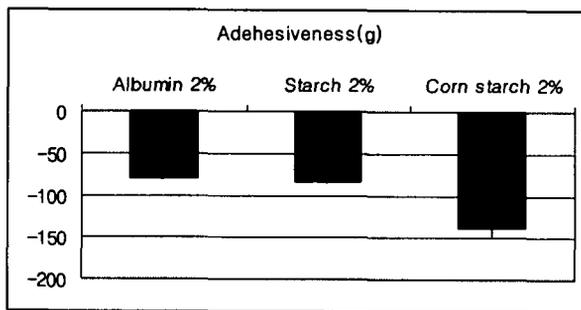


Fig. 42. Adehesiveness(g) of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch, 2% corn starch respectively.

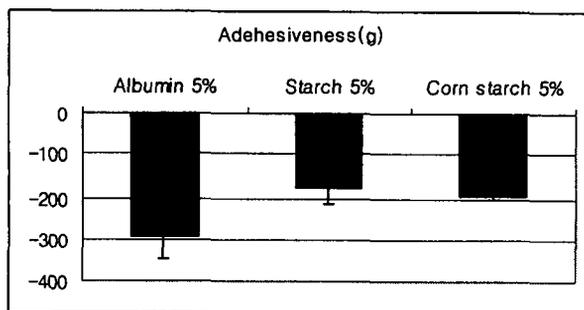


Fig. 43. Adehesiveness(g) of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch, 5% corn starch respectively.

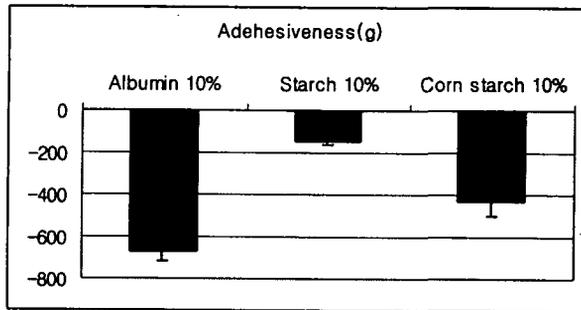


Fig. 44. Adehesiveness(g\*s) of chicken surimi added 10% egg albumin, 10% starch, 10% corn starch respectively.

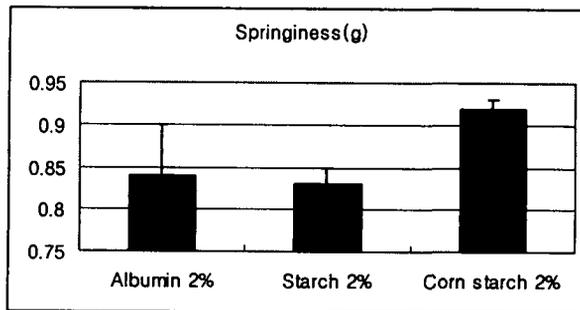


Fig. 45. Springiness of chicken surimi added 2 % egg albumin, 2% starch 2% corn starch respectively.

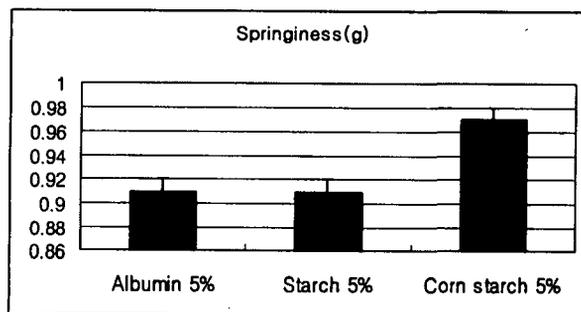


Fig. 46. Springiness of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch, 5% corn starch respectively.

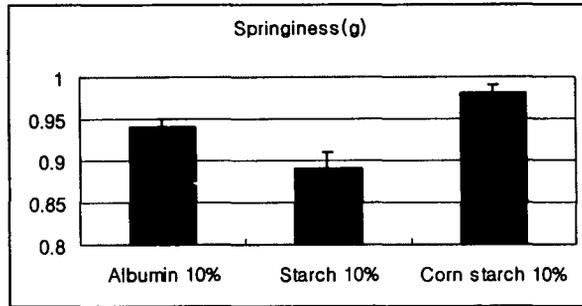


Fig. 47. Springiness of chicken surimi added 10% egg albumin, 10% starch, 10% corn starch respectively.

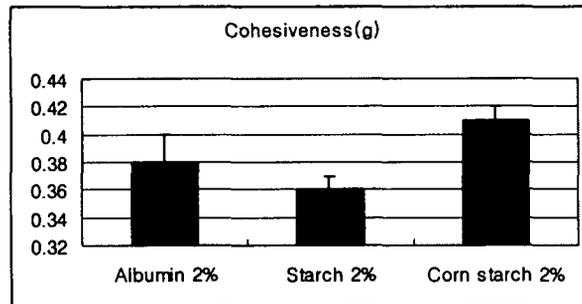


Fig. 48. Cohesiveness of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch, 2% corn starch respectively.

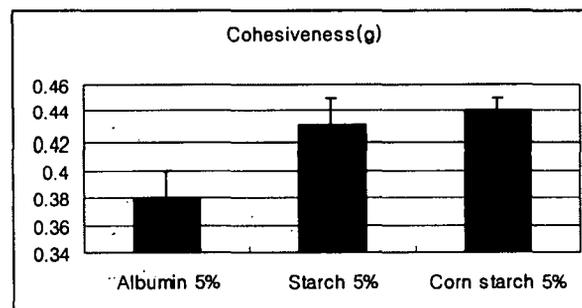


Fig. 49. Cohesiveness of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch 5% corn starch respectively.

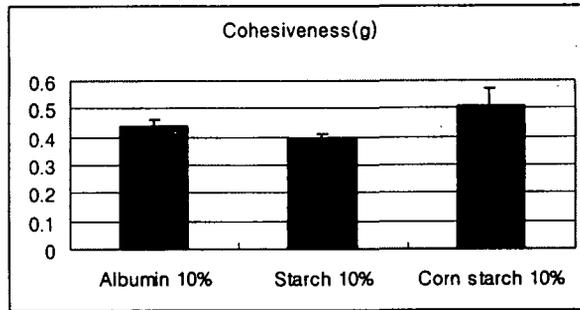


Fig. 50. Cohesiveness of chicken surimi added 10% egg albumin, 10% starch, 10% corn starch respectively.

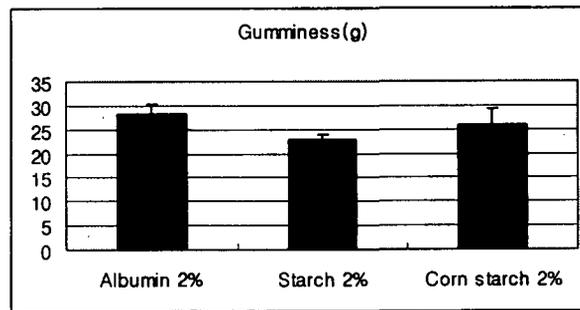


Fig. 51. Gumminess of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch, 2% corn starch respectively.

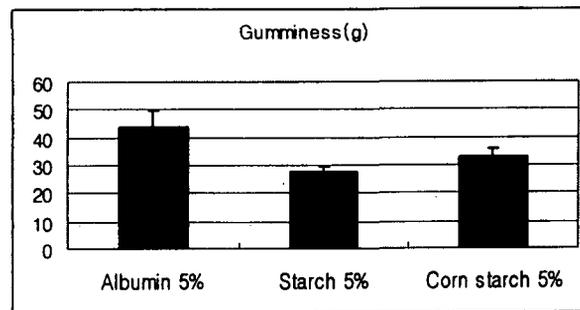


Fig. 52. Gumminess of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch, 5% corn starch respectively.

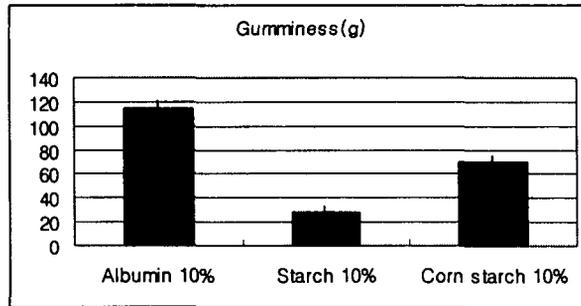


Fig. 53. Gumminess of chicken surimi added 10% egg albumin, 10% starch 10% corn starch respectively.

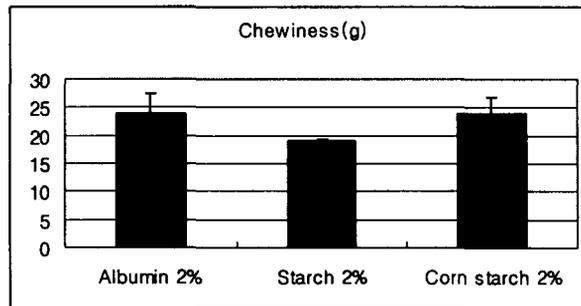


Fig. 54. Chewiness of chicken surimi added 2% egg albumin, 2% starch, 2% corn starch respectively.

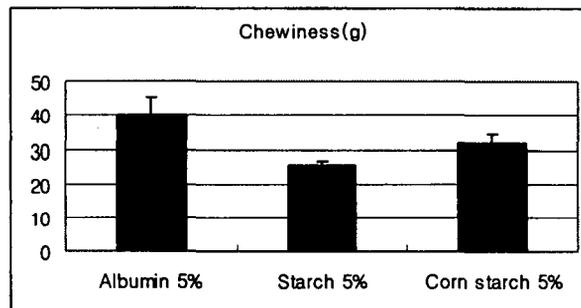


Fig. 55. Chewiness of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch, 5% corn starch respectively.

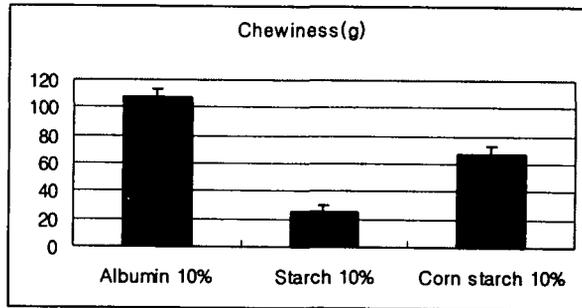


Fig. 56. Chewiness of chicken surimi added 5% egg albumin, 5% starch 5% corn starch respectively.

## 제 4 절 적 요

### 1. 고급 계육단백질의 정제 기술 확립

가. 기계발골 회수육과 기계발골계육은 지방과 뼈의 함량이 높고 단백질 함량이 낮으며 육단백질의 기능성이 낮다. 따라서 정육보다 품질이 떨어지므로 수세육 원료육으로 효과적이다.

나. STPP(sodium tripolyphosphate)를 수세용매로 사용하였을 때 계육 SURIMI의 명도와 백색도가 높았고 적색도가 낮아 탈색작용이 잘 되었다. 물성의 경도도 높았다. SC(sodium chloride)의 용액으로 수세했을 때 보수력과 조직의 점착력이 높았다. 수세에 적당한 용매로 STPP가 우수하였으나 STPP나 SBC(sodium bicarbonate)는 수세완료된 후에 육의 pH를 재조절해야 하므로 SC를 사용하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

다. 소금의 이온강도(0%에서 1.0%)별로 수세완료한 계육 surimi의 색깔변화를 보면 이온강도가 증가할수록 명도, 백색도, 황색도가 증가하고 적색도가 감소하여 육색소가 잘 제거됨을 알 수 있었다. 물성특성을 보면 TPA(texture profile analysis) 항목에서 0.2-0.4%, 인장력에서 0.3%, 압착강도에서 0.2%의 소금용액이 가장 높았다. 따라서 색깔과 물성을 고려한 적정 이온강도는 소금 0.2-0.5% 수준이다.

라. 수세횟수를 1에서 4회까지 증가할수록 명도(L)와 백색도(W)가 증가하고 적색도(a)가 감소되어 불순물 제거와 탈색효과가 있었다. 수세횟수에 따라 보수력도 증가하고 콜라겐 함량이 줄어들었다. 그러나 TPA나 전단력이 낮아지는 경향을 보였다. 전자현미경에 의한 미세구조도 수세횟수가 많을수록 지방구나 기포의 크기가 줄어들었으며 3회 수세한 조직에서 육단백질에 의한 gel matrix가 형성이 뚜렷하였다. 따라서 이물질 제거를 위해 색깔과 가공적성면을 고려하여 3회 수세가 바람직한 것으로 판단되었다.

마. 수세용액의 온도를 4℃와 20℃로 구분하여 처리한 결과 보수력에서 4℃가 높았을 뿐 색깔과 물성면에서 20℃가 우수하였다.

바. pH를 8에서 5까지 감소시킬수록 명도와 백색도가 증가하고 적색도, 황색도, 선명도는 감소하여 육색소가 잘 제거되었다. 보수력과 염용성 단백질 함량은 pH가 증가될수록 높았다. TPA test, 전단력, 인장력, 압착강도와 같은 물성특성은 pH 6.0에서 가장 높았다. 따라서 가열에 의한 surimi의 gel 강도가 육의 pH 6.0에서 가장 높은 것으로 판명되었다.

## 2. 계육 surimi의 냉동변성 및 산화방지 기술의 확립

가. 수리미 단백질의 기능성은 저장온도가 높을수록 해동 후 드립(drip) 량이 많아지고, 색깔이 검어지며, 기계적 조직감이 변하였다. 냉동 수리미의 기능성은 -10℃에서는 쉽게 기능성이 상실되었고, -18℃에서는 부분적으로 기능성이 상실되었다. 냉동온도가 높거나 저장기간이 길어질수록 가열한 gel의 그물망 구조가 흐트러지고 미세구조가 굴곡이 심하고 근육군이 뭉쳐 있으며 심한 탈수현상을 보였다.

나. 냉동저장중 저장온도가 낮을 수록 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)나 lipid peroxide(POV) 생성이 억제되었고, 염류보다 당류를 수리미에 첨가하면 -10℃와 -18℃에서도 산화 안정도가 증가되었다.

다. 수리미에 인산염(sodium tripolyphosphate) 0.2% + 솔비톨(sorbitol) 4% + 설탕(sucrose) 4%나 또는 소금(sodium chloride) 3% + 솔비톨 4% + 설탕 4%를 첨가하면 육단백질의 냉동변성을 방지할 수 있는 가장 적합한 방법이었다. 인산염 혼합구는 색깔, 지방 및 단백질 변성 방지면에서 우수한 것으로 판명되었다.

라. 일반 항산화제인 propyl gallate 0.02% + sodium ascorbate 0.2% + sodium

tripolyphosphate 0.2%를 수리미에 첨가하면 대조구에 비해 냉동중 지방산화를 현저히 억제시킬 수 있었다.

마. 일반 항산화제 대신 천연 향신료 추출물(oleoresin)중에서 육가공 제품에 많이 사용하면서도 항산화력이 높은 rosemary, thyme, sage, mace, marjoram, bay를 육 무게당 0.05%씩 첨가하면 냉동저장중 산화 안전성을 확보할 수 있었다.

바. 저장온도와 기간에 따른 수리미육의 이화학적 변성과정을 조사하고, 이에 대처하기 위해 첨가제의 종류와량을 결정하여 냉동온도에 따라 단백질 냉동 변성 방지와 지방산화 방지법을 확립하였다.

### 3. 고품질 계육 surimi 제조기술 확립

가. 낮은 온도(5℃, 25℃, 30℃) 영역과 높은 온도(47.5℃, 50℃, 52.5℃, 60℃)에서 모두 고착현상이 존재함을 확인하였다.

나. 낮은 온도인 5℃에서는 압착력이 20시간에서 가장 높은 값을 나타냈으며, 25℃에서는 3시간에 대조구에 비해 2배 정도의 상승값을 보여주었다. 30℃에서도 마찬가지로 3시간에 가장 좋은 압착력을 보여주었다.

다. gel제조를 위하여 첨가하게 되는 최적의 염농도는 염농도가 증가함에 따라 지속적으로 증가하였으며, 3%에서 가장 높은 압착력을 나타냈고 4% 수준에서 감소하였다가 5%에서는 다시 상승하였다.

라. 염첨가 후 섞어 주기위한 혼화시간에 대한 결과는 10min간 혼합했을 때 가장 좋은 압착력을 가져 좋은 조직감을 나타냄을 확인하였다.

마. 열처리 조건에 대하여는 60℃, 70℃, 80℃에서보다 90℃에서 40분간 가열했을때 가장 좋은 압착력을 나타냈고, 100℃에서는 높은 온도에 의해 강한 변

성이 일어나 gel이 제대로 형성되지 못해 조직감의 측정이 불가능하여 최적의 열처리 온도는 90℃인 것을 알 수 있었다.

바. SEM을 이용한 조직관찰 결과 setting은 50℃에서, 염농도는 3%에서, 혼화 시간은 10min에서 단면적의 조직이 보다 균일했으며 구멍이 작고 숫자가 많았다. 따라서, 조직관찰의 결과와 조직감의 측정결과는 일치하는 것으로 나타났다.

사. 첨가제를 통한 gel화 증대방안 에서는 세 가지의 첨가제(egg albumin, starch, corn starch) 중에서 egg albumin과 corn starch의 효과가 우수하였으며, 그 중에서도 egg albumin의 효과가 가장 뛰어났다. 10% 수준에서의 egg albumin의 첨가가 가장 좋은 gel을 형성함을 알 수 있었다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Allen foegeding, E. 1987. Functional properties of turkey salt-soluble proteins. *J. Food. Sci.* 52: 1495-1499.
2. Ball, H.R. Jr, and Montejano, J.G. 1984. Composition of washed broiler thigh meat. *Poultry Sci.* 63(suppl. 1):60
3. Careche, M., Cofrades, S., Carballo, J., and Colmenero, F.J. 1998. Emulsifying and gelation properties during freezing and frozen storage of hake, pork, and chicken actomyosins as affected by addition of formaldehyde. *J. Agric. Chem.* 46: 813-819.
4. Chan, J.K., Gill, T.A., Thompson, J.W., and Singer, D.S. 1995. Herring surimi buring low temperature setting physicochemical and textural properties. *J. Food. Sci.* 60: 1248-1253.
5. Dawson, P.L., Sheldon, B.W., and Ball, H.R. 1989. Pilot-plant washing procedure to remove fat and color components from mechanically deboned chicken meat. *Poultry Sci.* 68: 749-753.
6. Foegeding, E. A., Functional properties of turkey salt-soluble protein, *J. Food Sci.* 52, 1987, pp. 1495 - 1499.
7. Froning, G.W, and Johnson, F. 1973. 38: 279.
8. Froning, G.W. and Niemann, L.M. 1988. Effect of washing of mechanically deboned chicken meat on composition and functional properties. *Poultry Sci.* 67: 87.
9. Hastings, R.J. 1989. *Int. J. Food Sci. Technol.* 24: 93.
10. Hernandez, A., Baker, R.C., and Hotchkiss, J.H., 1986. Extraction of pigments from mechanically deboned turkey meat. *J. Food Sci.* 51: 865-867, 872.
11. Jauregui, C.A., Regestein, J.M., and Baker, R.C. 1981. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, water-binding property of muscle foods. *J. Food Sci.* 46: 1271.
12. Jiang, S.T., Hwang, D.C., and Chen, C.S. 1988a. Denaturation and change in SH group of actomyosin from milkfish during frozen storage at -20°C. *J. Agric.*

- Chem. 36: 433.
13. Kolar, K. 1990. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat product. NMKL collaborative study. *J. AOAC*. 73, pp. 54-57.
  14. Lan, Y.H., Novakofski, J., Mccusker, R.H., Brewer, M.S., Carr, T.R., and Mckeith, F.K. 1995. Thermal gelation of myofibrils from pork, beef, fish, chicken and turkey. *J. Food. Sci.* 60: 941-945.
  15. Lan, Y.H., Novakofski, J., Mccusker, R.H., Brewer, M.S., Carr, T.R., Mckeith, F.K. 1995. Thermal gelation properties of protein fraction from pork and chicken breast muscles. *J. Food. Sci.* 60: 742-747.
  16. Okada, M. : Histor of surimi technology in japan. In *Surimi technology*, Lanier, T.C., and Lee, C.M. New York, p. 3 (1992).
  17. Lee, C.M. 1984. Surimi process technology. *Food. Technology*. 69-80.
  18. Lee, H.G., Lanier, T.C., and Hamann, D.D. 1997. Covalent cross-linking effects on thermo-rheological profiles of fish protein gels. *J. Food. Sci.* 62: 25-28.
  19. Lee, H.G., Lanier, T.C., Hamann, D.D., and Knopp, J.A. 1997. Transglutaminase effects of low temperature gelation of fish protein sols. *J. Food. Sci.* 62: 20-24.
  20. Lee, H.G., Lee, C.M., Chung, K.H., and Lavery, S.A. 1992. Sodium ascorbate affects surimi gel-forming properties. *J. Food. Sci.* 57: 1343-1347.
  21. Lee, N., and Park, J.H. 1998. Calcium compounds to improve gel functionality of pacific whiting and alaska pollock surimi. *J. Food. Sci.* 63: 969-974.
  22. Lin, T.M. and Park, J.W. 1996. Extraction of proteins from pacific whiting mince at various washing conditions. *J.of Food Sci.*61: 432-438
  23. Montejano, D.D. 1984. Thermally induced gelation of selected commiuted muscle systems-rheological changes during processing, final strengths and microstructure. *J. Food. Sci.* 49: 1496-1505
  24. Montero, P., Marti de castro, M.A., Solas, M.T., and Gomez-guillen, M.C. 1997. Textural and microstructural changes in frozen stored sardine mince gels.

- J. Food. Sci. 64: 838-842.
25. O'Neill, E., Morrissey, P. A. and Mulvihill, D. M., Heat-induced gelation of actomyosin, Meat Sci. 33, 1993, pp. 61-74.
  26. Okada, M. 1985. In proceedings of the international symposium on engineered seafood including surimi, Seattle, p.30.
  27. Park, J.W. 1994. Functional protein additives in surimi gels. J. Food. Sci. 59: 525-527.
  28. Park, J.W. 1995. Surimi gel colors as affected by moisture content and physical conditions. J. Food. Sci. 60: 15-18.
  29. Reppond, J.D., Babbitt, J.K., Berntsen, S., and Tsuruta, M. 1995. Gel properties of surimi from pacific Herring. J. Food. Sci. 60: 707-710.
  30. Reppond, K.D. and Babbitt, J.K. 1997. Gel properties of surimi from various fish species as affected by moisture content. J. Food Sci. 62: 33-36
  31. Saeki, H., Iseya, Z., Sugiura, S., and Seki, N. 1995. Gel forming characteristics of frozen surimi from chum salmon in the presence of protease inhibitors. J. Food. Sci. 60: 917-921.
  32. Saffle, R. L. and J. W. Galbreath. 1964. Quantitative determination of salt-soluble protein in various types of meat. Food Technol. 18: 1943.
  33. Smyth, A.B. and O'Neill, E. 1997. Heat-induced gelation properties of surimi from mechanically separated chicken. J. of Food Sci.62: 326-330.
  34. Smyth, A.B., and O'Neill, E. 1997. Heat-induced gelation properties of surimi from mechanically separated chicken. J. Food. Sci. 62: 326-330.
  35. Smyth, A.B., Smith, D.M., and O'Neill, E. 1998. Disulfide bonds influence the heat-induced gel properties of chicken breast muscle myosin. J. Food. Sci. 63: 584-588.
  36. Srinivasan, S., and L.xiong, Y. 1996. Gelation of beef heart surimi as affected by antioxidants. J. Food. Sci. 61: 707-711.
  37. Suzuki, T. 1981. Applied Science Publishers, London, p62.
  38. Sych, J., Lacroix, C., Adambounou, L.T., and Castagne, F. 1990. Cryoprotective effects of some materials on cod-surimi proteins during frozen storage. 55: 1222-1227.

39. Thompson, K. 1984, *Meat Ind.*, 31: 23.
40. Wang, B., and L.xiong, Y. 1998. Functional stability of antioxidant-washed, cryoprotectant-treated beef heart surimi during frozen storage. *J. Food. Sci.* 63: 293-298.
41. Xiong, Y. L. and Brekke, C. J., Protein extractability and termally induced gelatin properties of myofibrils isolated from pre- and postrigor chicken muscles. *J. Food Sci.* 56, 1991, pp. 210.
42. Xiong, Y.L., and Brekke, C.J. 1989. Changes in protein solubility and gelation properties of chicken myofibrils during storage. *J. Food. Sci.* 54: 1141-1146.
43. Yang, T.S. and Froning, G.W. 1992. selected washing processes affect thermal Gelation properties and microstructure of mechanically deboned chicken meat. *J. of Food Sci.* 57: 325-329
44. Yang, T.S., and Froning, G.W. 1992. Selected washing processes affect thermal Gelation properties and microstructure of mechanically deboned chicken meat. *J. Food. Sci.* 57: 325-329.
45. Yang. T.S., and Froning, G.W. 1992. Selected washing processes affect thermal gelation properties and microstructure of mecahnically debond chicken meat. *J. Food. Sci.* 57: 325-329.
46. Yi, S. and Mast M. 1991. Effects of washing and desinewing treatments an the composition and quality characteristics of spent layer meat. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 702-710.
47. Yongsawatdigul, J., and Park, J.W. 1996. Linear heating rate affects gelation of alaska pollock and pacific whiting surimi. *J. Food. Sci.* 61: 149-153.
48. Yoon, K.S., and Lee, C.M. 1990. Cryoprotectant effects in surimi and surimi/mince-based extruded prodects. *J. Food. Sci.* 55: 1210-1216.

## 제 4 장 계육의 스낵화를 위한 연구 (제2위탁과제)

### 제 1 절 팽화기를 이용한 닭고기 팽화스낵제조공정개발

#### 1. 산란노계육의 열탕처리 최적조건분석

##### 가. 시료의 처리

###### 1) 시료 구입

본 연구를 위한 원료육(산란노계육)은 경기도 하남시에 위치한 한일가금에서 1주일 간격으로 20마리씩 세차례 구입하였다. 구입한 원료육은 깨끗이 씻어 한 마리씩 비닐백에 넣어 4℃에서 냉장보관하였다.

###### 2) 열탕온도에 따른 원료육처리과정

대조구는 가슴부위의 심부온도가 70℃까지 되도록 쪄통에서 익힌 것으로 하였으며, 각 처리구는 열탕온도를 100, 105, 110, 115, 120, 125℃로 하였고, 그에 따른 열탕시간은 20, 40, 60분으로 설정하여 총 18개의 처리구로 분석하였으며 이때 이 열탕처리는 autoclave를 이용하여 실시하였다. 이들 각 처리구와 대조구는 열탕처리 후 실온에서 30분 방냉한 후 정육만을 채취하여 이 정육과 정강이 뼈를 분석시료로 이용하였다

##### 나. 성분과 조직분석

산란노계육의 생육상태에서의 일반성분분석을 3마리에서 각각 3반복 총 9반복으로 일반성분을 분석하였고, 열탕처리된 원료육은 열탕처리에 대한 성분변화와 조직변화를 조사하기 위하여 대조구와 각 처리구별로 채취된 정육을 이

용하여 일반성분과 연도, 전단력, 육색을 3회반복하여 분석하였고, 익힌정도를 알기위해 정강이 뼈의 연도를 측정하였다.

#### 1) 일반성분분석

일반성분은 조단백질, 조지방, 수분, 조회분등을 분석하였는데, 시료의 일반 성분 정량은 AOAC법(1995)에 따라 조단백질 함량은 Micro Kjeldahl법, 수분함량은 105℃ dry oven 건조법으로 분석하였고, 조회분함량은 560℃에서 8시간동안 muffle furnace를 이용하고, 조지방 함량은 Folch 등(1957)의 방법을 이용하여 분석하였다.

#### 2) 조직변화분석

연도와 전단력은 Instron(Model1000, 미국)을 사용하여 각처리구의 가슴부위살을 측정하였다(Chen, 1979). 연도의 경우 가슴부위살 두께를 1cm, 가로×세로를 3×3로 sampling하여 측정하였고, 같은 조건하에서 정강이 뼈를 측정하였다. 전단력의 경우 두께 1cm, 가로×세로 1.5×4cm로 sampling하여 측정하였다.

#### 3) 육색측정

육색측정은 Colormeter(Color Difference Meter, Model No. 600 IV, Yasuda Co, Japan)를 사용하여 동일한 시료의 가슴부위를 3회 반복 측정하였다. 이때 표준색판은 L=89.2, a=0.921, b=0.78로 하였다.

#### 4) 통계분석

통계처리 프로그램인 SAS(1995) 프로그램을 이용하여 분산분석을 수행하였고, 평균간 유의성 검정은 Duncan의 Multiple range test로 처리간의 결과 차이를 분석하였다(P <0.05, P <0.01, P <0.001).

#### 다. 반응표면분석(Response surface methodology, RSM)

최적 열탕처리조건을 설정하기 위하여 가열온도와 가열시간을 독립변수로

하여 총 18개 처리조합을 무작위로 실험 계획하였으며, 수분, cooking loss, 가슴살의 전단력, 정강이뼈의 강도,  $L^*$  value,  $a^*$  value,  $b^*$  value을 종속변수로하여 반응표면분석을 하였다. Table 1은 부호화(coded) 및 비부호화(uncoded)한 변수와 이들 변수의 각 수준을 나타냈으며, Table 2는 RSM에 의한 실험설계를 나타내었다. 반응표면은 SAS(Statistical Analysis System)의 RSREG procedure를 사용하여 노계육의 열탕처리에 대한 효율이 최대가 되게 하는 최적조건을 설정하는 최적화를 시도하였다. 그래프의 출력은 Sigma-plot를 사용하여 나타내었다.

Table 1. Independent variables and levels

Independent variables	Symbols		Levels	
	Uncoded	Coded	Uncoded	Coded
Heating time(min.)	t	X1	20	-1
			40	1
			60	1
			100	-1
			105	-0.6
Heating temperature(°C)	T	X2	110	-0.2
			115	0.2
			120	0.6
			125	1

Table 2. Experimental design

Treatment No	Coded variables		Uncoded variables	
	X1	X2	Heating time (t)	Heating temp. (T)
1	-1	-1	20	100
2	0	-1	40	100
3	1	-1	60	100
4	-1	-0.6	20	105
5	0	-0.6	40	105
6	1	-0.6	60	105
7	-1	-0.2	20	110
8	0	-0.2	40	110
9	1	-0.2	60	110
10	-1	0.2	20	115
11	0	0.2	40	115
12	1	0.2	60	115
13	-1	0.6	20	120
14	0	0.6	40	120
15	1	0.6	60	120
16	-1	1	20	125
17	0	1	40	125
18	1	1	60	125

라. 곡류와 닭고기의 배합

초기실험을 통해 설정된 조건(112℃, 40분)에 따라 원료육(산란노계)를 열탕 처리하여 정육을 채취하고, 일정모양으로 분쇄하였다. 감자전분, 옥수수전분, 쌀가루를 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3(고기:곡류)로 총 15개의 처리구이고 각각 고기와 배합하는데 모든 배합비에 따라 배합된 처리구의 수분함량을 20%가 되도록 배합되기 이전 Pearson square방법을 통해 고기의 수분을 조절한후 각각의 곡류와 일정하게 배합하였다

## 마. 펠릿제조

수분함량이 20%로 조절하여 배합된 시료는 한국식품개발연구원에 있는 펠릿제조기를 이용하여 펠릿으로 제조되었다. 펠릿의 크기는 직경 3mm가 제조될수 있는 plate를 사용하여 각 배합비별로 혼합된 시료를 이용하여 제조하였고, 제조한 후 시료가 부서지지 않도록 하기위해 송풍건조기를 통해 건조하였으며 시료별로 섞이지 않도록 그리고 송풍에 의해 날라가지 않도록 펠릿으로 제조된 시료별로 가아제에 담아 고르게 편 뒤 잘 덮어서 24시간동안 건조하였다. 펠릿으로 제조되기전 배합된 시료의 무게와 건조된 시료의 양을 측정하여 펠릿제조시 각각의 배합비에 따른 시료의 펠릿제조율을 분석하였다.

## 바. 팽화

### 1) 팽화조건 설정과 팽화

팽화조건은 팽화온도를 260℃, 270℃, 280℃로 하였고, 팽화가열시간은 5초, 7초, 10초로하여 삽입량을 2g, 3g으로 나누어 설정하였다. 설정된 팽화조건은 총 18가지이고, 팽화를 하기위한 곡류와 닭고기를 배합하여 펠릿으로 제조된 시료는 15개이므로 총 팽화에 이용되는 처리구는 270가지이다. 팽화는 Auto Grill Popping Machine(JT-04)을 이용하였고, 팽화후 시료보존을 위해 지퍼백에 보관을 하고, 이후 성형성을 조사하기 위하여 밀도, 색도측정, 절단시험, 관능검사를 분석하였다.

### 2) 밀도측정

밀도는 Bhattacharya등의 방법에 준하여 건조된 시료의 부피와 무게로부터 계산하였다. 부피는 팽화된 시료를 갈아서 number 6 sieve를 통과시키고 그 시료를 50ml cylinder에 고르게 담아 그 눈금을 읽는다. 이렇게 측정된 부피를 질량과 나누어 밀도를 측정하는데 한 시료당 3반복으로 하였다.

### 3) 색도측정

팽화된 시료의 익힌정도를 파악하기 위한 색도측정은 색차계(Hunter tristimulus colorimeter, D25-A2)를 가지고 팽화된 시료의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 나타내었고 한 시료당 3반복으로 측정하였다.

### 4) 절단시험

바삭거리는 정도를 측정하기 위하여 Warner Bratzler shear- compression type 을 사용하여 팽화된 시료를 통과할 때 나타내는 힘을 Instron Universal Testing Machine(model 1000)으로 측정하였고 3회 반복실험의 평균값을 나타내었다. 이 때 기기의 작동 조건은 다음과 같다.

Cross head speed : 50 mm/min

Chart speed : 200mm/min

Max. force of the load cell : 50kg.force

사. 최적팽화조건 확립을 위한 반응표면분석에 의한 실험설계

팽화된 시료의 밀도, 절단시험,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  value의 결과를 통해 최적배합비를 설정하여 최적 팽화조건을 설정하기 위하여 독립변수는 가열온도(260, 270, 280℃)와 가열시간(5, 7, 10초)으로 하였고, 종속변수는 밀도, 절단시험,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  value로 하였다. Table 3은 부호화(coded) 및 비부호화(uncoded)한 변수와 이들 변수의 각 수준을 나타냈다. 반응표면은 SAS(Statistical Analysis System)의 RSREG procedure를 사용하여 팽화에 대한 효율이 최대가 되게 하는 최적조건을 설정하는 최적화를 시도하였고, 그래프의 출력은 Sigma-plot를 사용하여 나타내었다.

Table 3. Independent variables and levels

Input process variables	Symbol		Levels		
	coded	uncoded	-1	0	1
Time(sec)	X1	t	5	7	10
Temperature(°C)	X2	T	260	270	280

#### 아. 관능검사

관능검사는 12명의 관능요원에 의해서 척도묘사분석법(descriptive analysis with scaling)을 펠렛제조율과 팽화정도를 고려하여 시료를 선별하고 그 시료를 대상으로 실시하였다(김광옥 등, 1995). 조사된 부분은 외관, 쓴맛, 탄맛, 바삭바삭한 정도, 풍미, 가루끼가 느껴지는 정도로 총 6가지 항목에 관하여 평가를 실시하였다. 각 항목은 각각의 팽화된 시료에 대한 6가지의 관능적인 성질을 1~10점을 기준으로 점수를 표기하도록 하여 각 항목별로 위의 성질들을 수치화하도록 하였다.

## 2. 연구결과 및 고찰

### 가. 노계의 일반성분분석

일반 시중에 유통되고 있는 산란노계 3마리를 도살한 후 1일간 예냉하였으며 이를 각각 발골한 후 동일한 조건의 sample들을 얻기 위하여 grinder로 2회 간 후 취하여 일반성분을 분석하였다.

### 1) 일반성분

Table 1은 노계의 일반성분분석에 대한 결과이다.

Table1. Chemical composition of spent fowl(unit: %)

Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Water holding capacity
67.46±3.13	1.04±0.09	7.15±0.38	24.36±2.81	33.58±2.35

함유수분의 경우 일반적으로 1.2 ~ 1.5kg정도의 중닭은 대략 69.58%정도인데 비해 67.46%로 낮은 수분함량을 보였다. 일반 암탉의 일반성분인 수분(65.23%), 조회분(1.25%), 조단백질(23.79%), 조지방(7.34%)에 비해(오봉국, 1994) 조단백질의 함량이 24.36%로 약간 높은 것을 볼 수 있다. 이는 수분함량이 상대적으로 높게 나타나 조단백질의 비율이 낮게 나타났기 때문이다.

### 나. 열탕처리후 노계육의 성분분석과 물리적인 특징

#### 1) 조리된 노계의 일반성분

Table2는 각 처리방법에 따라 Autoclave를 이용하여 가열처리한 후 각각 3반복으로 분석한 결과이다.

Table2. Chemical composition of cooked spent fowl

	100℃20	100℃40	100℃60	105℃20	105℃40	105℃60	110℃20	110℃40	110℃60
CL**	5.15±2.66 <sup>a</sup>	22.89±8.45 <sup>bc</sup>	27.57±6.16 <sup>cd</sup>	16.70±4.96 <sup>b</sup>	31.28±5.61 <sup>cd</sup>	38.84±1.07 <sup>abcd</sup>	23.01±2.63 <sup>bc</sup>	34.67±2.83 <sup>abc</sup>	37.94±1.07
MO**	70.23±3.25 <sup>a</sup>	66.38±1.42 <sup>bc</sup>	63.81±2.77 <sup>cd</sup>	67.64±2.38 <sup>ab</sup>	63.35±2.21 <sup>bc</sup>	60.86±0.41 <sup>abcd</sup>	66.78±2.31 <sup>b</sup>	61.19±0.85 <sup>abcd</sup>	61.79±0.42 <sup>abcd</sup>
FA**	4.70±0.16 <sup>c</sup>	5.46±0.33 <sup>b</sup>	4.78±0.16 <sup>c</sup>	3.76±0.13 <sup>d</sup>	4.46±0.09 <sup>cd</sup>	3.51±0.24 <sup>d</sup>	3.04±0.62 <sup>d</sup>	2.08±0.33 <sup>d</sup>	1.87±0.02 <sup>d</sup>
PR**	22.53±0.52 <sup>a</sup>	27.31±1.93 <sup>bc</sup>	29.27±1.92 <sup>d</sup>	26.19±2.26 <sup>c</sup>	29.16±1.20 <sup>cd</sup>	32.59±0.66 <sup>ab</sup>	26.05±1.27 <sup>d</sup>	32.06±0.66 <sup>ab</sup>	32.28±0.88 <sup>ab</sup>
AS <sup>a</sup>	0.91±0.07 <sup>abcd</sup>	0.88±0.13 <sup>d</sup>	0.95±0.09 <sup>abcd</sup>	0.93±0.05 <sup>abcd</sup>	0.93±0.02 <sup>abcd</sup>	1.11±0.36 <sup>abcd</sup>	0.95±0.11 <sup>abcd</sup>	1.05±0.17 <sup>abcd</sup>	1.10±0.19 <sup>abcd</sup>

	115℃20	115℃40	115℃60	120℃20	120℃40	120℃60	125℃20	125℃40	125℃60	Control
CL**	32.44±5.00 <sup>cd</sup>	36.54±0.87 <sup>abc</sup>	40.42±1.49 <sup>bc</sup>	36.54±3.19 <sup>abcd</sup>	41.83±1.73 <sup>b</sup>	42.70±0.36 <sup>ab</sup>	43.22±2.71 <sup>a</sup>	42.89±1.69 <sup>ab</sup>	47.36±1.94 <sup>d</sup>	27.46±5.13 <sup>de</sup>
MO**	62.45±1.94 <sup>cd</sup>	61.39±0.33 <sup>cd</sup>	59.59±0.99 <sup>cd</sup>	62.19±0.63 <sup>cd</sup>	59.47±1.11 <sup>bc</sup>	59.07±0.40 <sup>cd</sup>	60.42±0.82 <sup>cd</sup>	58.95±0.25 <sup>cd</sup>	58.28±0.29 <sup>d</sup>	63.93±2.16 <sup>cd</sup>
FA**	4.65±0.20 <sup>d</sup>	4.62±0.22 <sup>d</sup>	3.99±0.44 <sup>de</sup>	4.35±0.31 <sup>cd</sup>	4.54±0.46 <sup>c</sup>	5.63±0.12 <sup>b</sup>	4.85±0.13 <sup>c</sup>	6.99±0.28 <sup>a</sup>	5.41±0.15 <sup>d</sup>	5.50±0.32 <sup>d</sup>
PR**	30.71±2.30 <sup>bc</sup>	31.80±0.46 <sup>bc</sup>	33.50±0.75 <sup>bc</sup>	31.87±0.42 <sup>cd</sup>	33.48±0.28 <sup>bc</sup>	34.28±0.28 <sup>bc</sup>	32.29±1.98 <sup>cd</sup>	33.58±0.68 <sup>bc</sup>	32.95±2.91	27.46±1.82 <sup>de</sup>
AS <sup>a</sup>	1.24±0.12 <sup>abcd</sup>	1.12±0.06 <sup>abcd</sup>	1.16±0.08 <sup>abcd</sup>	1.13±0.21 <sup>abcd</sup>	1.23±0.07 <sup>abcd</sup>	1.14±0.07 <sup>abcd</sup>	1.18±0.13 <sup>abcd</sup>	1.05±0.08 <sup>d</sup>	1.39±0.35	0.92±0.20 <sup>cd</sup>

<sup>a</sup>: P < 0.05, <sup>ab</sup>: P < 0.01

<sup>abcd</sup>Means±SD in the same row within different superscripts differ significantly.

CL:cooking loss, MO:moisture, FA:crude fat, PR:crude protein, AS:crude ash.

Cooking loss의 경우 유의적인 차이를(P < 0.01) 보였으며, 대체적으로 가열온도가 증가함에 따라 조리감량이 증가하였고, 각각의 가열온도에서 시간이 지남에 따라 또한 증가하였다. 이와 반대로 수분함량은 각 가열온도별 가열시간이 증가함에 따라 수분량은 감소됨을 알 수 있다. 그외 조단백질과 조지방, 조회분량은 수분함량이 감소됨에 따라 상대적으로 그 양은 약간씩 증가하였지만, 식육자체에서 그 양은 변화되지 않았다. 대조구의 수분함량은 100℃ 60분, 105℃ 40분의 처리구와 비슷하며 그외 100℃처리구를 제외한 나머지 처리구보다 낮은 양을 볼 수 있다. 대조구와 비교하여 살펴보면 100℃ 40분, 100℃ 60분, 105℃ 40분의 경우 거의 비슷한 결과를 볼 수 있었다. 수분과 조지방, 조단백질(P < 0.01)은 상당한 유의차를 보였으며, 조회분(P < 0.05) 또한 유의적인 차이를 보였다.

## 2) 육색

Table 3은 각 처리구간의 육색분석에 대한 결과이다.

Table 3. Change of CIE L\*, a\*, b\* of spent fowl treated by heat

	100℃20	100℃40	100℃60	105℃20	105℃40	105℃60	110℃20	110℃40	110℃60	
L <sup>*)</sup>	73.92±7.09 <sup>abc</sup>	77.86±0.66 <sup>b</sup>	77.17±0.76 <sup>b</sup>	77.90±0.13 <sup>b</sup>	76.81±0.96 <sup>a</sup>	75.52±0.28 <sup>abc</sup>	76.93±0.65 <sup>b</sup>	74.76±1.97 <sup>abc</sup>	75.07±0.62 <sup>abc</sup>	
a <sup>*)</sup>	1.63±0.97 <sup>abc</sup>	0.48±0.15 <sup>bc</sup>	0.17±0.14 <sup>c</sup>	1.09±0.10 <sup>cd</sup>	0.29±0.31 <sup>e</sup>	1.03±0.08 <sup>cd</sup>	0.73±0.39 <sup>bc</sup>	1.07±0.42 <sup>cd</sup>	1.16±0.23 <sup>cd</sup>	
b <sup>*)</sup>	11.07±3.49 <sup>a</sup>	13.32±0.47 <sup>bc</sup>	13.56±0.57 <sup>bc</sup>	15.18±2.01 <sup>cd</sup>	14.85±0.14 <sup>cd</sup>	15.74±0.53 <sup>cd</sup>	13.58±0.38 <sup>bc</sup>	15.78±0.62 <sup>cd</sup>	15.23±0.18 <sup>cd</sup>	
	115℃20	115℃40	115℃60	120℃20	120℃40	120℃60	125℃20	125℃40	125℃60	Control
L <sup>*)</sup>	75.41±0.86 <sup>abc</sup>	74.12±1.36 <sup>bc</sup>	73.94±0.52 <sup>abc</sup>	78.00±1.31 <sup>d</sup>	73.41±2.24 <sup>abcd</sup>	72.29±3.82 <sup>abcd</sup>	75.17±3.51 <sup>abc</sup>	72.06±2.32 <sup>cd</sup>	69.48±1.33 <sup>d</sup>	76.23±1.73 <sup>abc</sup>
a <sup>*)</sup>	1.18±0.59 <sup>cd</sup>	2.03±0.34 <sup>cd</sup>	2.37±0.46 <sup>cd</sup>	1.07±0.39 <sup>cd</sup>	2.93±0.27 <sup>d</sup>	5.01±1.24 <sup>f</sup>	5.15±2.22 <sup>f</sup>	6.68±1.06 <sup>b</sup>	8.08±1.39 <sup>f</sup>	1.89±0.60 <sup>cd</sup>
b <sup>*)</sup>	13.70±0.31 <sup>bc</sup>	15.18±1.20 <sup>cd</sup>	15.84±0.87 <sup>cd</sup>	14.55±0.81 <sup>cd</sup>	17.38±1.24 <sup>cd</sup>	18.38±1.92 <sup>cd</sup>	19.16±1.98 <sup>bc</sup>	21.81±2.35 <sup>ab</sup>	23.48±4.28 <sup>a</sup>	13.41±1.42 <sup>bc</sup>

<sup>\*)</sup> P < 0.01.

<sup>a-b</sup> Means ± SD in the row within different superscripts differ significantly.

L: Lightness, a: Redness, b: Yellow.

L\*는 명도를, a\*는 적색도를 의미하고, b\*는 황색도를 의미한다. 본 실험에서 이용된 처리구는 모두 가열처리된 것으로 육색을 측정하므로써 익힌 정도를 파악할 수 있었다. 각 온도별로 살펴보면 가열시간이 증가됨에 따라서 명도와 황색도가 증가하였고, 적색도는 감소하였다. 가장 높은 온도인 125℃로 처리된 처리구의 경우 황색도가 가장 높았고, 이와는 반대로 100℃ 경우 가장 낮은 것을 볼 수 있었다. 이러한 원인은 가열로 인하여 화학적 변화, 특히 globin 부분이 변성되고, 이후 계속 육색소가 변성되어, 육단백을 구성하고 있는 아미노산의 amine기가 glucose와 결합하여 일어나는 Maillard갈색화 반응에 의한 것으로 판단된다(강창기등, 1992). 대조구의 색을 기준으로 살펴보면 100℃ 40분, 100℃ 60분, 110℃ 20분, 115℃ 20분의 경우 이들 4가지 처리구들의 육색이 가장 유사하고, 처리구로써 가장 적절하다고 판단된다. L\*, a\*, b\*는 각각 상당한 유의차를 보였다.(P<0.01),

### 3) 연도

Table 4는 각 처리구별 연도에 대한 분석결과이다.

Table 4. Change of tenderness of spent fowl treated by heat

	100℃20	100℃40	100℃60	105℃20	105℃40	105℃60	110℃20	110℃40	110℃60	
HA**	4.22±0.64 <sup>cd</sup>	5.70±0.50 <sup>bc</sup>	4.78±0.90 <sup>abc</sup>	5.99±0.20 <sup>a</sup>	5.27±0.42 <sup>abc</sup>	3.87±0.52 <sup>cd</sup>	5.92±0.13 <sup>ab</sup>	4.98±0.42 <sup>abcd</sup>	4.04±0.28 <sup>cd</sup>	
AD*	0.04±0.03 <sup>abc</sup>	0.05±0.01 <sup>abc</sup>	0.07±0.06 <sup>h</sup>	0.04±0.02 <sup>abc</sup>	0.03±0.01 <sup>abc</sup>	0.07±0.06 <sup>a</sup>	0.04±0.01 <sup>abc</sup>	0.03±0.02 <sup>abc</sup>	0.03±0.01 <sup>abc</sup>	
CO**	0.38±0.20 <sup>d</sup>	0.36±0.08 <sup>d</sup>	0.43±0.06 <sup>bcd</sup>	0.36±0.02 <sup>d</sup>	0.42±0.10 <sup>cd</sup>	0.58±0.03 <sup>ab</sup>	0.38±0.03 <sup>d</sup>	0.57±0.07 <sup>ab</sup>	0.66±0.04 <sup>a</sup>	
EL**	0.74±0.08 <sup>gh</sup>	0.67±0.08 <sup>g</sup>	0.80±0.03 <sup>cdgh</sup>	0.73±0.05 <sup>f</sup>	0.8±0.14 <sup>cd</sup>	1.03±0.02 <sup>a</sup>	0.74±0.02 <sup>cdgh</sup>	0.97±0.09 <sup>abc</sup>	0.99±0.04 <sup>ab</sup>	
GU**	0.18±0.18 <sup>cd</sup>	0.13±0.06 <sup>d</sup>	0.20±0.05 <sup>cd</sup>	0.13±0.01 <sup>f</sup>	0.19±0.08 <sup>cd</sup>	0.34±0.04 <sup>bcd</sup>	0.16±0.03 <sup>f</sup>	0.32±0.06 <sup>cd</sup>	0.43±0.05 <sup>abc</sup>	
CH**	0.67±0.66 <sup>de</sup>	0.74±0.27 <sup>de</sup>	0.92±0.34 <sup>d</sup>	0.77±0.10 <sup>de</sup>	0.94±0.35 <sup>cd</sup>	1.28±0.13 <sup>bcd</sup>	0.90±0.14 <sup>cd</sup>	1.58±0.45 <sup>ab</sup>	1.70±0.05 <sup>ab</sup>	
	115℃20	115℃40	115℃60	120℃20	120℃40	120℃60	125℃20	125℃40	125℃60	Control
HA**	6.02±1.43 <sup>a</sup>	4.31±0.94 <sup>cd</sup>	3.80±0.23 <sup>cd</sup>	5.27±0.01 <sup>bc</sup>	3.49±0.90 <sup>g</sup>	2.98±0.38 <sup>g</sup>	2.35±0.70 <sup>h</sup>	2.23±0.50 <sup>h</sup>	1.62±0.48 <sup>i</sup>	4.50±0.25 <sup>cd</sup>
AD*	0.04±0.03 <sup>abc</sup>	0.06±0.01 <sup>bc</sup>	0.04±0.01 <sup>abc</sup>	0.05±0.01 <sup>abc</sup>	0.04±0.01 <sup>abc</sup>	0.06±0.01 <sup>ab</sup>	0.01±0.00 <sup>f</sup>	0.03±0.03 <sup>bc</sup>	0.03±0.01 <sup>abc</sup>	0.02±0.01 <sup>bc</sup>
CO**	0.55±0.06 <sup>abc</sup>	0.57±0.08 <sup>ab</sup>	0.57±0.10 <sup>ab</sup>	0.64±0.04 <sup>a</sup>	0.68±0.03 <sup>a</sup>	0.67±0.03 <sup>a</sup>	0.54±0.12 <sup>abc</sup>	0.57±0.04 <sup>ab</sup>	0.41±0.07 <sup>cd</sup>	0.46±0.03 <sup>cd</sup>
EL**	0.78±0.08 <sup>cdgh</sup>	0.90±0.03 <sup>cd</sup>	0.97±0.07 <sup>abc</sup>	0.88±0.02 <sup>cd</sup>	0.88±0.03 <sup>cd</sup>	0.98±0.02 <sup>ab</sup>	0.81±0.05 <sup>cd</sup>	0.81±0.03 <sup>cd</sup>	0.69±0.14 <sup>h</sup>	0.77±0.05 <sup>cd</sup>
GU**	0.31±0.07 <sup>ab</sup>	0.33±0.08 <sup>ab</sup>	0.34±0.12 <sup>bcd</sup>	0.41±0.04 <sup>abc</sup>	0.48±0.05 <sup>a</sup>	0.46±0.04 <sup>ab</sup>	0.31±0.13 <sup>de</sup>	0.36±0.05 <sup>cd</sup>	0.18±0.08 <sup>f</sup>	0.21±0.03 <sup>ef</sup>
CH**	1.83±0.67 <sup>ab</sup>	1.43±0.33 <sup>bc</sup>	1.25±0.38 <sup>bcd</sup>	2.16±0.23 <sup>a</sup>	1.61±0.29 <sup>ab</sup>	1.33±0.18 <sup>cd</sup>	0.77±0.51 <sup>de</sup>	0.73±0.18 <sup>de</sup>	0.27±0.04 <sup>f</sup>	0.94±1.06 <sup>d</sup>

\*: P < 0.05, \*\*: P < 0.01

<sup>a-h</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

HA:hardness, AD:adhesiveness, CO:cohesiveness, EL:elasticity, GU:gumminess, CH:chewiness.

점통으로 익힌 대조구의 경우 다른 처리구에 비해 다소 질긴 것을 볼 수 있고, 125℃에서 60분동안 가열한 처리구의 경우 가장 연하였다. 대체적으로 높은 온도일수록 연하고, 가열시간이 길수록 또한 연하였다. 이 같은 각 처리구 별 연도의 차이는 가열에 의한 근육조직의 변화로 일어나는 근육수축 즉 근절 길이의 감소에 의한 것으로 판명된다. 경도, 응집성, 탄력성, gumminess, chewiness는 각각 상당한 유의차(P < 0.01)를 보였으며, 점착력 또한 유의차(P < 0.05)를 보였다.

#### 4) 근육조직의 전단력과 뼈의 강도

Table 5는 각 처리간의 근육조직의 전단력과 뼈의 강도에 대한 결과이다. 가슴육 전단력은 높은 가열온도에 비해 낮은 온도가 대체적으로 높은 것을 볼 수 있고, 처리구중 105, 110, 115, 120℃에서 가열시간별 전단력은 감소하는 것을 볼 수 있고, 125℃ 60분으로 가열된 처리구는 가장 낮은 전단력을 보였다. 뼈 강도의 경우 가열온도, 가열시간에 따라 크게 차이를 보이지 않았고, 유의적인 차이가 없었다. 전단력의 경우는 상당한 유의차를 보였다(P < 0.01).

Table 5. shear forces of breast muscle and strength of bone of spent fowl treated by heat

	100℃ 20	100℃ 40	100℃ 60	105℃ 20	105℃ 40	105℃ 60	110℃ 20	110℃ 40	110℃ 60
SH <sup>**</sup>	4.11±1.16 <sup>abc</sup>	4.84±0.54 <sup>bc</sup>	4.38±0.28 <sup>abcd</sup>	5.60±0.91 <sup>a</sup>	5.10±0.84 <sup>ab</sup>	4.40±0.55 <sup>abcd</sup>	5.57±0.20 <sup>f</sup>	4.99±0.17 <sup>ef</sup>	4.02±0.52 <sup>abcd</sup>
BO	7.33±3.74 <sup>a</sup>	23.82±152 <sup>b</sup>	19.33±1.15 <sup>b</sup>	18.86±8.80 <sup>b</sup>	13.23±0.78 <sup>b</sup>	21.80±15.8 <sup>b</sup>	19.13±9.01 <sup>a</sup>	20.60±11.1 <sup>a</sup>	14.43±1.95 <sup>b</sup>
	115℃ 20	115℃ 40	115℃ 60	120℃ 20	120℃ 40	120℃ 60	125℃ 20	125℃ 40	125℃ 60
SH <sup>**</sup>	5.00±0.88 <sup>ab</sup>	3.60±0.79 <sup>abcd</sup>	3.09±0.17 <sup>abcd</sup>	3.93±1.30 <sup>abcd</sup>	3.01±0.77 <sup>d</sup>	3.19±0.52 <sup>cd</sup>	3.24±0.33 <sup>cd</sup>	3.35±0.46 <sup>cd</sup>	2.64±0.79 <sup>d</sup>
BO	14.48±0.85 <sup>a</sup>	17.43±2.50 <sup>b</sup>	18.37±18.3 <sup>b</sup>	27.98±7.56 <sup>b</sup>	20.23±8.39 <sup>b</sup>	15.53±7.34 <sup>b</sup>	13.32±3.16 <sup>b</sup>	31.98±26.1 <sup>a</sup>	20.30±4.45 <sup>b</sup>

\*:P <0.05, \*\*:P <0.01

<sup>a-f</sup>Means ±SD in the same row with different superscripts differ significantly.

SH:shear force, BO:strength of bone

Table 6. Effects of cooking temperature and cooking time on spent fowl

Run	Independent variable		dependent variables						
	temp	time	수분	cooking loss	L*	a*	b*	전단력	뼈의 강도
1	control		63.93	27.46	76.23	1.88	13.41		
2	100	20	70.23	5.15	73.92	1.63	11.07	4.11	17.33
3	100	40	66.38	22.89	77.86	0.48	13.32	4.84	23.82
4	100	60	63.81	27.57	77.17	0.17	13.56	4.38	19.33
5	105	20	67.64	16.7	77.90	1.09	15.18	5.60	18.85
6	105	40	63.35	31.28	76.81	0.29	14.85	5.10	13.23
7	105	60	60.86	38.84	75.52	1.03	15.74	4.40	21.80
8	110	20	66.78	23.01	76.93	0.73	13.58	5.57	19.13
9	110	40	61.19	34.67	74.75	1.07	15.78	5.00	20.67
10	110	60	61.79	37.94	75.07	1.16	15.23	4.02	14.43
11	115	20	62.45	32.44	75.41	1.18	13.70	5.00	14.48
12	115	40	61.39	36.54	74.12	2.03	15.08	3.60	17.43
13	115	60	59.59	40.42	73.94	2.37	15.84	3.09	18.37
14	120	20	62.19	36.55	78.00	1.07	14.55	3.93	27.98
15	120	40	59.47	41.83	73.41	2.93	17.38	3.01	20.23
16	120	60	59.07	42.70	72.29	5.06	18.38	3.19	15.53
17	125	20	60.42	43.22	75.17	5.15	19.16	3.24	13.32
18	125	40	58.95	42.89	72.06	6.68	21.81	3.35	31.98
19	125	60	58.28	47.36	69.48	8.08	23.48	2.64	20.30

반응 표면분석을 위하여 가열온도와 시간조건에 따른 조리된 노계의 수분과 조리감량, 가슴육의 전단력과 정강이 뼈의 강도, 육색의 명도(L\*), 적색도(a\*), 황색도(b\*)에 미치는 영향을 분석하였으며 Table 6에서 보는 바와 같다.

Table 7. Analysis of variance for the seven response variables<sup>1)</sup> to the second-order model to estimate the eature and cooking time on spent fowl

Regression	df <sup>2)</sup>	Moisture		Cooking		Shear force		Bone		L*		a*		b*	
		SS <sup>3)</sup>	Prob > F	SS	Prob > F	SS	Prob > F	SS	Prob > F	SS	Prob > F	SS	Prob > F	SS	Prob > F
Linear	2	509.5360	0.0000	5186.2250	0.0000	29.1829	0.0000	37.9424	0.8128	149.0792	0.0000	186.7963	0.0000	361.8330	0.0000
Quad-ratic	2	18.7223	0.0245	148.0914	0.0100	3.6893	0.0508	202.3798	0.3378	9.0328	0.4262	51.0547	0.0000	45.4127	0.0041
Cross-product	1	25.6139	0.0018	458.4624	0.0000	0.2291	0.5332	3.4562	0.8464	63.3527	0.0010	25.8763	0.0000	8.1009	0.1439
Total-Regress	5	553.8622	0.0000	5774.7787	0.0000	33.1014	0.0000	243.7784	0.7487	221.4647	0.0000	263.7273	0.0000	415.3467	0.0000
R <sup>2</sup>		0.8317		0.8920		0.5425		0.0528		0.4700		0.8799		0.7022	

<sup>1)</sup> Moisture, Cooking loss, Shear force, Strength of bone, CIE L\*, a\*, b\* values

<sup>2)</sup> Degrees of freedom.

<sup>3)</sup> Sum of squares

Table 7에서 보는 바와 같이 수분과 cooking loss와 수분의 경우 회귀식 model에 대한 P-value는 극도의 유의차를 보였고(P <0.001), cooking loss 경우 1차식에서는 극도의 유의차를 보였고(P <0.001), 2차식과 교호식에서는 P <0.05 수준에서 유의차를 보였다. 결정계수는 각각 0.8920, 0.8317로써 상관관계가 높게 나타났다. 가슴육의 전단력은 1차식에서는 극도의 유의차가 있었고(P <0.001), 그외 2차식과 교호식에서는 유의성이 인정되지 않았다. 결정계수는 0.5426로서 비교적 상관관계가 낮게 나타났다. 정강이 뼈의 강도는 유의적인 차이가 없었고, 결정계수는 0.0528로 상관관계가 상당히 낮게 나타났다. 명도(L\*)의 경우 1차식에서는 극도의 유의차를 보였고(P <0.001), 교호식에서는 상당한 유의차를 보였고(P <0.01), 결정계수는 0.4700로서 비교적 낮았다. 적색도(a\*)의 경우 극도의 유의차를 보였고(P <0.001), 황색도(b\*)의 경우 1차식에서는 극도의 유의차(P <0.001)를 보였고, 2차식은 상당한 유의차(P <0.01)를 볼 수 있다. 결정계수는 각각 0.8799, 0.7022로서 높은 상관관계를 나타냈다.

Table 8. Regression coefficient of the seven response variables<sup>1)</sup> for the second-order model

Parameter	Moisture		Cooking loss		Shear force		Strength of bone	
	Estimate	Prob>  T  <sup>2)</sup>	Estimate	Prob>  T	Estimate	Prob>  T	Estimate	Prob>  T
a(intercept)	200.0873	0.0000	-437.4567	0.0002	-41.5010	0.0568	274.7924	0.3071
b(Temp)	-1.8295	0.0189	6.2274	0.0018	0.8845	0.0227	-4.9039	0.3024
c(Time)	-0.8591	0.0000	3.1466	0.0000	0.0393	0.6806	0.7630	0.5234
d(Temp*Temp)	0.0060	0.0805	-0.0197	0.0222	-0.0042	0.0156	0.0226	0.2844
e(Time*Temp)	0.0049	0.0018	-0.0209	0.0000	-0.0005	0.5332	-0.0018	0.8464
f(Time*Time)	0.0024	0.0328	-0.0059	0.0374	-0.0001	0.8106	-0.0070	0.3109

Parameter	L*		a*		b*	
	Estimate	Prob>  T  <sup>2)</sup>	Estimate	Prob>  T	Estimate	Prob>  T
a(intercept)	-18.4425	0.7731	196.0378	0.0000	168.7751	0.0027
b(Temp)	1.5734	0.1680	-3.4879	0.0000	-2.9816	0.0027
c(Time)	0.7701	0.0092	-0.5577	0.0000	-0.1306	0.5860
d(Temp*Temp)	-0.0063	0.2100	0.0156	0.0000	0.0140	0.0016
e(Time*Temp)	-0.0078	0.0010	0.0050	0.0000	0.0028	0.1439
f(Time*Time)	0.0005	0.7284	0.0004	0.5743	-0.0015	0.2857

<sup>1)</sup> Moisture, Cooking loss, Shear force, Strength of bone, L\*, a\*, b\* values

<sup>2)</sup> T test carried out on parameter estimates

Table 8의 회귀분석에서 보는 바와 같이 가열온도와 시간은 수분과 cooking loss, 육색의 적색도와 황색도에 비교적 크게 영향을 미쳤고, 가슴육의 전단력과 정강이뼈의 강도, 명도의 경우에는 수분, cooking loss, 육색의 적색도와 황색도보다는 미치는 영향이 적었다. 따라서 가열온도와 시간을 독립변수로 하고 수분, cooking loss, 가슴육의 전단력과 정강이뼈의 강도, 명도, 적색도, 황색도를 종속변수로 하여 다음과 같은 반응 표면곡선을 작성하였다.

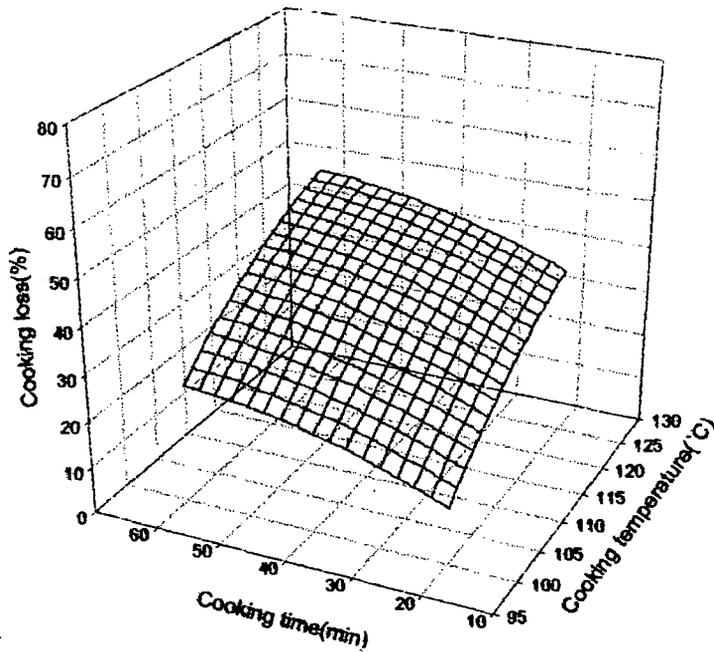


Figure.1 Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on cook loss

Fig. 1은 가열시간과 가열온도가 조리감량에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 분석된 정상점은 가열온도 112.5, 가열시간 40분 이었고, 이때 수분감량은 73.3561%로 예측되었다.

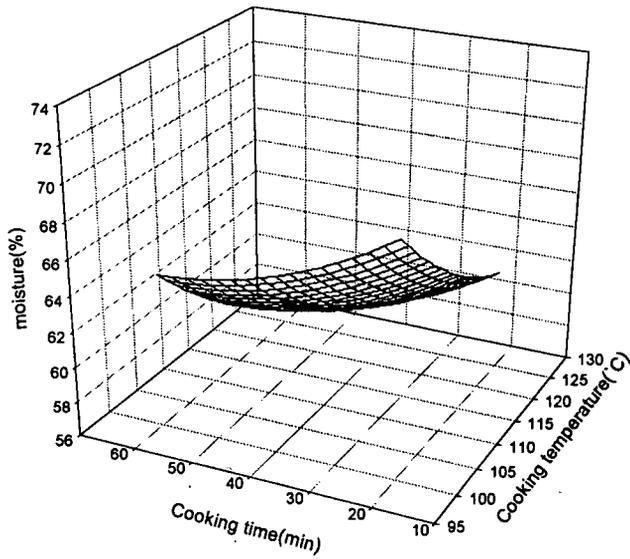


Figure2. Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on moisture

Fig.2는 가열 시간과 온도가 수분에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된 수분의 정상점(Stationary point)은 가열온도는 112.5℃, 가열시간은 40분이었으며 이때 수분은 57.7431%로 예측되었다.

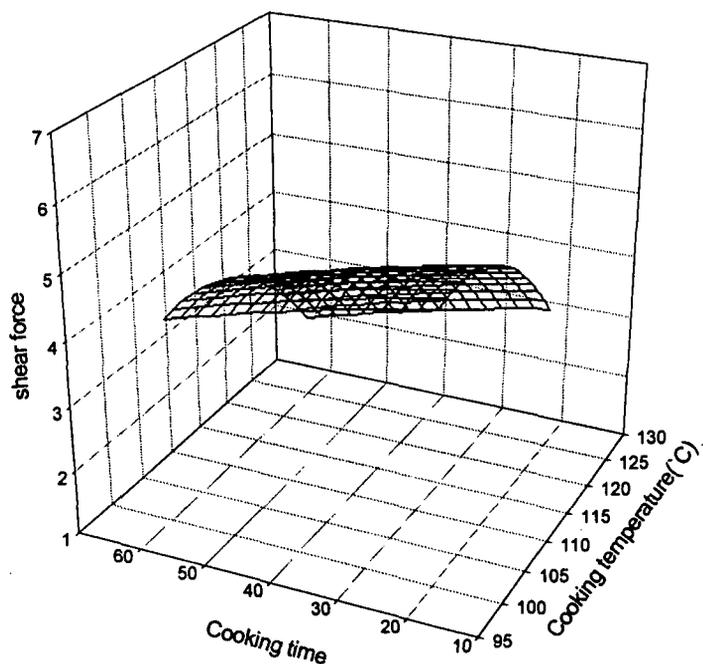


Figure 3. Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on shear force

Fig. 3은 가열시간과 가열온도가 전단력에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된 전단력의 정상점은 가열온도 112℃, 가열시간 40분이었고, 이때 가슴육의 전단력은  $5.5950\text{kg/cm}^2$  으로 예측되었다.

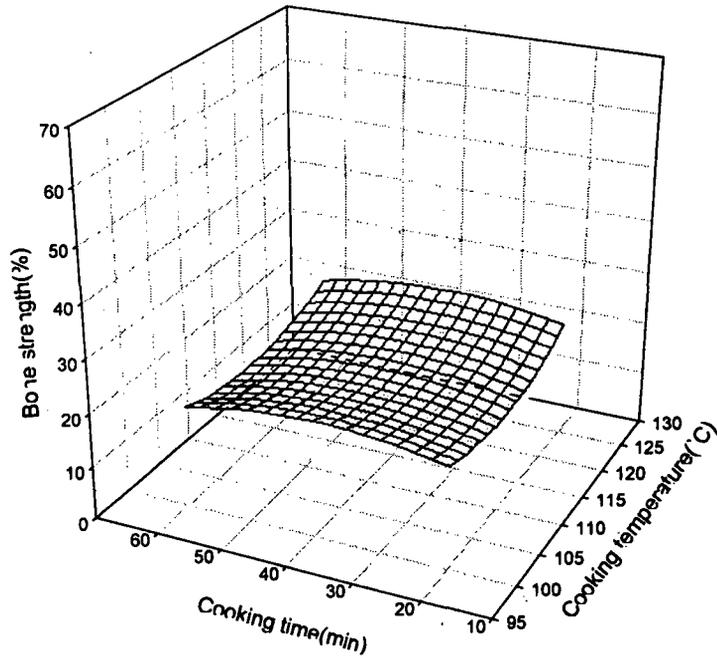


Figure 4. Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on bone strength

Fig. 4는 가열시간과 가열온도가 뼈의 강도에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG방법에 의해 예측된 뼈의 강도의 정상점은 처리구사이에 많은 차이가 없다는 것을 볼 수 있다. 대략 가열온도 111.℃, 가열시간 40분이었고, 이때 뼈의 강도는 19.4779kg/cm<sup>2</sup>으로 예측되었다.

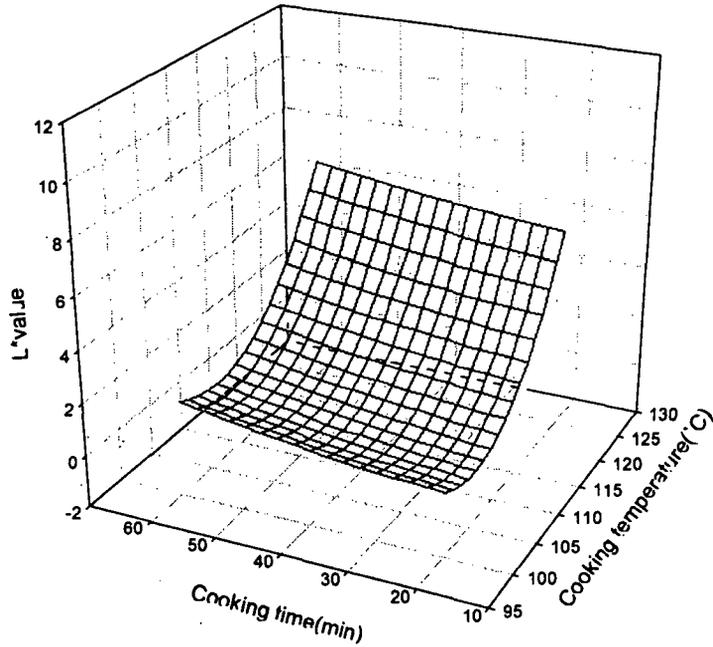


Figure 5. Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on L\* value

Fig. 5는 가열시간과 온도가 명도에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG방법에 의해 예측된 명도의 정상점은 안장점으로 가열온도가 112℃, 가열시간은 20분이었고 이때 명도는 76.1728로 예측되었다.

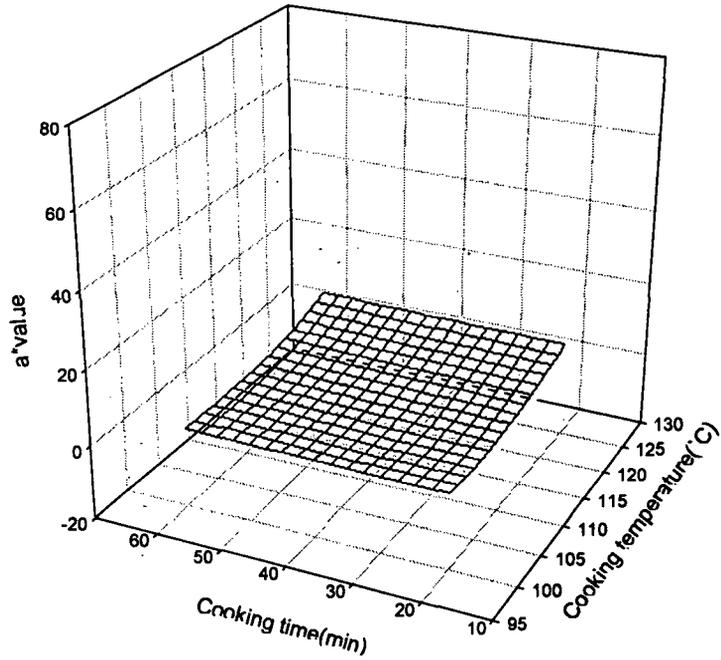


Figure 6. Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on a\*value

Fig 6은 가열온도와 시간이 적색도에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG `방법에 의해 예측된 적색도의 정상점은 안장점으로 가열온도는 110℃, 가열시간 39분이었고, 이때 적색도는 0.5245로 예측되었다.

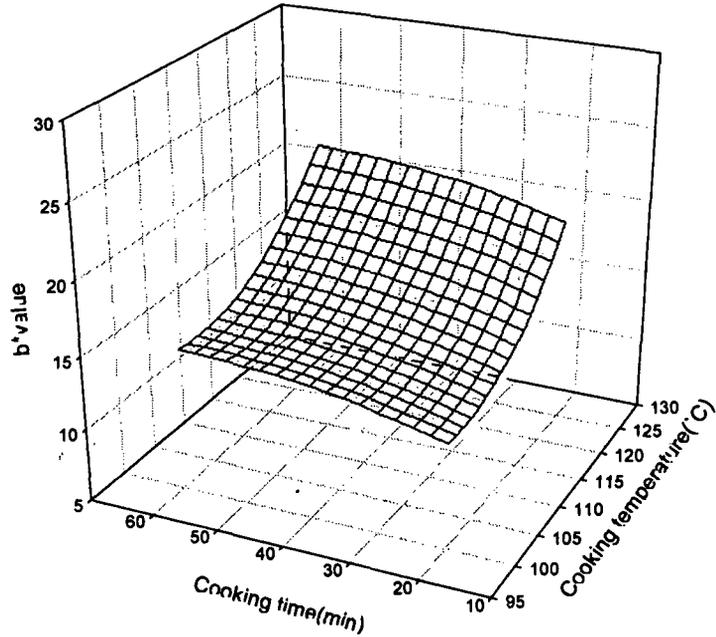


Figure 7. Response surface plot for the effect of cooking temperature and cooking time on b\*value

Fig. 7은 가열시간과 온도가 황색도에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된 황색도의 정상점은 안장점으로 가열온도는 111°C, 시간은 40분으로 예측되었다. 이제까지의 실험의 결과 익힌 정도와 적절한 연도를 파악하기 위한 위에 나열된 실험 즉 육색측정, 가슴육의 전단력과 연도, 뼈의 강도는 SAS 프로그램을 이용한 Duncan의 Multiple range test의 평균간 유의성 검정과 반응표면분석법을 통하여 100°C 40분, 112°C 40분간 가열처리한 처리구가 가장 적절한 것으로 예측되었다.

다. 산란노계육과 곡류(감자전분, 옥수수전분, 쌀가루)의 배합

112℃에서 40분동안 열탕처리된 노계육을 30분 실온에서 식힌 후 정육만을 발골하여 시료를 grinder를 이용하여 분쇄한다. 일반 시중에서 유통되고 있는 감자전분, 옥수수전분, 쌀가루를 구입하여 이를 각 곡류별로 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3(고기:곡류)로 고기와 배합하는데 배합하기 이전에 모든 처리구의 수분함량을 20%정도로 하여 Pearson square방법을 통해 고기의 수분을 조절한 후 곡류와 일정하게 Kitchen Aid model K45SS를 이용하여 배합하였다.

라. 배합된 시료의 펠릿화

산란노계육과 곡류(감자전분, 옥수수전분, 쌀가루)를 배합한 펠릿제조에 적절한 수분함량(20%)로 조절되어 배합된 총 15개의 처리구 각각의 무게를 잰 후, 펠릿제조기 작동시 변화하는 온도를 고려하여 1일 2처리구의 시료를 펠릿으로 제조하였다. 이때 펠릿제조기의 Plate는 팽화하기에 적절한 시료크기를 고려하여 직경 3mm Plate를 이용하였다. 펠릿으로 제조 후 수분함량을  $10 \pm 2\%$ 정도로 맞추고, 시료가 파손되는 것을 막기위해 송풍건조기로 24시간 건조하였다. 건조된 시료의 무게를 측정하였고, 펠릿제조 이전에 측정된 무게를 이용하여 펠릿제조시 곡류별 배합비에 따른 시료의 제조량의 효율을 살펴보고, 일반성분이 펠릿에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 일반성분을 측정하였다.

1) 펠릿제조율

Table 8은 곡류별 배합비(고기:곡류)에 따른 시료의 펠릿제조시 수율(%)에 대한 결과이다

Table 8. The yield of pelleting products of fifty mixtures of three grains and grinded spent fowl(unit: %) (meat : grain)

ratio	potato starch					corn starch					rice flour				
	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3
yield(%)	89%	87%	89.5%	32%	27.5%	91%	89%	92.5%	40.5%	38.6%	90.3%	91.0%	94%	51%	40.5%

3가지 곡류와 각 곡류마다 5가지 배합비율을 만들어 제조한 펠릿의 제조율은 전체적으로 노계육의 첨가 비율이 높은 배합비의 처리구들이 곡류의 첨가 비율이 높은 배합비의 처리구들 보다 매우 높았다. 이중 고기:쌀가루가 1:1로 배합된 처리구의 경우 가장 높았고, 쌀가루와 배합된 처리구가 다른 곡류의 처리구들보다 대체로 높은 것을 볼 수 있다. P1:2와 P1:3의 경우는 시료의 1/3정도만 펠릿화 되었고, 나머지는 펠릿이 되지않고 가루상태로 펠릿기계에서 떨어지는 현상을 보였다.

2) 펠릿화 된 시료의 일반성분

Table 9. Proximate analysis of composition of pelleting products

(meat : grain)

	potato starch					corn starch					rice flour				
	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3	3 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3
MO**	9.55± 0.07 <sup>b</sup>	9.80± 0.40 <sup>bc</sup>	10.5± 0.25 <sup>cd</sup>	10.9± 0.23 <sup>cd</sup>	11.7± 0.15 <sup>cd</sup>	14.8± 0.27 <sup>a</sup>	11.8± 0.04 <sup>cd</sup>	12.2± 0.50 <sup>cd</sup>	12.8± 0.24 <sup>bc</sup>	13.9± 2.51 <sup>ab</sup>	12.4± 0.17 <sup>c</sup>	12.2± 0.13 <sup>cd</sup>	10.7± 0.32 <sup>cd</sup>	11.0± 0.17 <sup>def</sup>	11.77± 0.11 <sup>cd</sup>
CA**	1.06± 0.04 <sup>a</sup>	0.89± 0.04 <sup>b</sup>	0.53± 0.07 <sup>d</sup>	0.36± 0.03 <sup>cd</sup>	0.28± 0.04 <sup>bc</sup>	0.49± 0.07 <sup>d</sup>	0.44± 0.05 <sup>bc</sup>	0.32± 0.02 <sup>bc</sup>	0.25± 0.03 <sup>bc</sup>	0.23± 0.02 <sup>bc</sup>	0.62± 0.10 <sup>f</sup>	0.52± 0.05 <sup>d</sup>	0.35± 0.05 <sup>cd</sup>	0.18± 0.08 <sup>hi</sup>	0.12± 0.06 <sup>f</sup>
CF**	5.67± 1.15 <sup>ab</sup>	4.33± 0.58 <sup>c</sup>	2.00± 0.00 <sup>e</sup>	1.00± 0.00 <sup>g</sup>	1.67± 0.58 <sup>cd</sup>	6.33± 0.58 <sup>a</sup>	5.33± 0.58 <sup>b</sup>	3.00± 0.00 <sup>d</sup>	1.67± 0.58 <sup>cd</sup>	1.33± 0.58 <sup>cd</sup>	5.67± 0.58 <sup>ab</sup>	5.67± 0.58 <sup>ab</sup>	3.00± 0.00 <sup>d</sup>	1.00± 0.00 <sup>g</sup>	0.50± 0.50 <sup>e</sup>
CP**	40.7± 0.98 <sup>f</sup>	33.3± 1.28 <sup>d</sup>	21.4± 0.54 <sup>e</sup>	16.1± 3.42 <sup>f</sup>	9.77± 1.19 <sup>b</sup>	40.9± 0.28 <sup>f</sup>	34.0± 0.46 <sup>d</sup>	21.9± 0.49 <sup>e</sup>	12.4± 0.14 <sup>f</sup>	9.35± 0.83 <sup>b</sup>	50.1± 0.36 <sup>e</sup>	43.6± 0.75 <sup>b</sup>	32.07 ±2.10 <sup>a</sup>	20.5± 0.91 <sup>a</sup>	16.73± 0.58 <sup>f</sup>

MO : Moisture, CA : Crude ash, CF : Crude fat, CP : Crude protein

\*\* : P < 0.001

a, b, c, d, e, f, g, h, i Means±SE with different superscript in the same column differ significantly.

Table 9는 각각의 처리구 들이 펠렛으로 제조된 후 송풍건조기로 24시간 건조된 다음 분석된 일반성분의 결과이다. 수분의 경우 팽화하기에 적절한 범위의 함량이고, 처리구들간에도 차이는 별로 볼 수 없었다. 반면 조희분, 조지방, 조단백질 모두 고기의 첨가비율이 높은 처리구의 경우가 월등히 높은 양을 나타내었다. 이는 감자전분과 옥수수전분, 쌀가루의 경우는 거의 대부분의 성분이 탄수화물이므로 수분을 제외한 모든 일반성분의 경우 고기의 첨가비율이 높은 처리구가 더 많은 양을 함유하고 있음을 알 수 있다. 모든 처리구간에는 유의적인 차이를 볼 수 있었다.( $P < 0.001$ )

#### 마. 팽화

예비실험을 통하여 팽화하기에 적절한 팽화온도는 260℃, 270℃, 280℃로 설정하였고, 각각의 온도별 굽는 시간은 5, 7, 10초로 설정하였다. 펠렛화 되어 건조된 시료의 삼입량은 2g, 3g 으로 설정하여 팽화과정 중 처리구는 배합비별로 실험이 이루어지므로 총 270개 이다. 모든 처리구는 20회 반복실험을 하였다. 이와같은 방법으로 하여 제조되어 일정하게 성형화된 제품은 밀도, 색도 측정, 절단시험을 통해 비교분석하였다.

##### 1) 밀도(Bulk density)

Table 10, 11, 12는 예비실험을 통해 설정된 두가지의 팽화조건 즉 팽화온도(260℃, 270℃, 280℃)와 각각의 온도별 굽는시간(5초, 7초, 10초)을 통하여 고기:곡류를 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1의 배합비로 혼합된 처리구를 이용하여 각각의 조건에 따라 제조된 팽화제품의 팽화정도를 분석하기위한 밀도의 결과이다. Bhattacharya등의 방법에 준하여 팽화된 시료의 부피와 무게로부터 계산하였다. Table 에서 보는 바와같이 -가 표시된 시료의 경우는 일정한 모양으로 팽화가 되지 않는 처리구들을 나타낸 것이다. Table 10을 통해 260℃에서 팽화한 결과를 살펴보면 옥수수전분의 경우 처리구 1:1, 2g과 1:2, 2g이 대체로 가장 적은 밀도값을 보였고, 반면 쌀가루가 배합된 처리구의 경우 다른 곡류가 첨가된 처리구들에 비해 전체적으로 높은 밀도를 볼 수 있었고, 이는 다른 처리구보다

성형성이 낮다는 것을 알 수 있었다. 감자의 경우는 1:1 2g, 3:1 2g의 처리구가 대체로 낮은 밀도의 값을 보였다. 감자전분과 쌀가루를 각각 배합한 시료의 경우 시료량을 2g을 삼입했을때보다 3g 넣었을때가 일반적으로 성형성이 우수했고, 이와는 달리 옥수수전분이 배합된 처리구의 경우에는 삼입량이 2g이었을 때 적절한 성형성을 나타내었고, 시료 3g을 삼입시에는 팽화과정 도중 시료의 팽화정도가 높아 밖으로 튀어 나오는 현상을 볼 수 있었으며, 이는 270℃, 280℃에서도 유사하게 나타났다.

Table 11과 같이 270℃의 경우 옥수수전분이 배합된 처리구에서 배합비 1:1, 삼입량 2g 굽는시간 7초로 제조한 처리구가 3 : 1, 2g에서 굽는시간은 7초로 제조한 처리구 다음으로 밀도값이 낮았다. 감자전분이 배합된 처리구는 배합비 1:1의 처리구가 삼입량 2g과 3g에서 일정한 성형성을 보인 반면 2:1의 배합비에서는 삼입량 3g으로 하여 제조시 각각의 굽는 시간에서 높은 밀도값을 볼수 있는데 이는 완전히 팽화되지 않았기 때문이다. 쌀가루가 첨가된 처리구들은 대체로 높은 밀도값 나타났는데 이는 감자전분이 첨가된 2:1의 배합비와 비슷하게 완전히 팽화되지않아 성형이 일정한 형태로 이루어지지 않은 것으로 판단된다. Table12를 살펴보면 280℃에서는 배합비별, 곡류별, 삼입량별로의 모든 처리구에서 살펴보면 굽는시간이 5초일 경우에는 다른 시간별 처리구에 비해 낮은 밀도값을 보였고, 성형성도 우수한 편이다. 이중 감자전분이 첨가된 처리구중 굽는시간이 5초일때 성형성이 가장 우수하였고, 옥수수가 첨가된 처리구중 배합비 1:1의 경우 굽는시간이 5초일때 삼입량 2g, 3g에서 밀도의 값도 낮고 성형성도 좋은 편이었다. 밀도에서도 모든 처리구간에는 극도로 유의적인 차이가 있었다(P <0.001)

## 2) Breaking strength

Table 13, 14, 15는 예비실험을 통해 설정된 두가지의 팽화조건 즉 팽화온도 (260℃, 270℃, 280℃)와 각각의 온도별 굽는시간(5초, 7초,10)을 통하여 고기:곡류를 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1의 배합비로 혼합된 처리구를 이용하여 각각의 조건에 따라 제조된 팽화제품을 Warner-Bratzler shear data로부터 얻어진 힘(kg)을 나타내었다. 처리구간에는 팽화온도별 모든조건에서 극도로 유의적인 차이가 있었다(P <0.001). Table 13과 같이 260℃에서 breaking strength를 측정된 결과를

살펴보면, 배합비율 중 곡류첨가비율이 더 높은 처리구는 고기의 첨가비율이 더 높은 것보다 모든 처리구에서 대체로 높은 breaking strength를 나타냈으며, 이중 성형성이 다소 우수한편인 처리구(고기:옥수수전분=1:1, 3g, 5초, 10초)의 경우 높은 수치를 볼 수 있었다. 270℃의 팽화조건에서 제조된 제품의 breaking strength를 살펴보면 Table 14와 같이 고기:옥수수전분=1:1 (3g)을 7초동안 구운 처리구와 배합비는 고기:감자전분=1:1(3g)이고 굽는시간은 7초인 처리구, 고기:감자전분=3:1(3g)의 배합비로 10초동안 구운 처리구가 가장 높았다, 이는 조직이 균일한 형태를 가지고 있어, 일정하게 성형된 것으로 평가된다. Table 15를 살펴보면 280℃ 팽화조건의 경우 고기:옥수수배합비=1:1 3g에서 5초, 7초의 처리구들과 고기:감자전분=2:1, 3g을 7초동안 구운 처리구가 가장 큰 수치를 보였으며 대체로 280℃는 온도가 높으므로 굽는시간이 짧을수록 breaking strength의 수치는 높았고, 반면 시간이 길수록 낮은 수치를 보였다. 전체적으로 밀도와 breaking strength수치를 바탕으로 살펴보면 감자는 1:1의 배합비로 280℃에서 5초동안 굽는 처리구와 같은 배합비로 270℃에서 7초동안 굽는 처리구가 삼입량 2g, 3g에서 모두 우수한 것으로 분석되었고, 옥수수는 배합비 1:1로 280℃에서 5초 동안 굽는 처리구가 가장 우수한 것으로 판명된다.

Table 10. The bulk density of popping products in 260 °C ( unit : g/cm<sup>3</sup> ).

( mean : grain )

grain	time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3g)
corn	5**	0.18 ±0.03 <sup>i</sup>	0.25 ±0.00 <sup>ef</sup>	0.16 ±0.00 <sup>i</sup>	0.40 ±0.01 <sup>a</sup>	0.19 ±0.03 <sup>hi</sup>	0.19 ±0.01 <sup>hi</sup>	0.15 ±0.03 <sup>i</sup>	0.24 ±0.03 <sup>efg</sup>	0.17 ±0.01 <sup>i</sup>	0.39 ±0.01 <sup>a</sup>
	7**	0.18 ±0.01 <sup>hu</sup>	0.29 ±0.03 <sup>e</sup>	0.19 ±0.01 <sup>hu</sup>	0.46 ±0.06 <sup>a</sup>	0.19 ±0.03 <sup>hu</sup>	0.28 ±0.02 <sup>e</sup>	0.18 ±0.02 <sup>hg</sup>	0.27 ±0.00 <sup>ef</sup>	0.27 ±0.02 <sup>ef</sup>	0.25 ±0.04 <sup>ef</sup>
	10**	0.21± 0.03 <sup>hijk</sup>	0.26± 0.05 <sup>efghi</sup>	0.16 ±0.01 <sup>m</sup>	0.23±	0.19± 0.03 <sup>iklm</sup>	0.30 ±0.01 <sup>de</sup>	0.35 ±0.03 <sup>bc</sup>	0.27 ±0.00 <sup>def</sup>	0.22± 0.01 <sup>fghijk</sup>	0.26± 0.02 <sup>efghi</sup>
potato	5**	0.16 ±0.01 <sup>i</sup>	0.23 ±0.03 <sup>fgh</sup>	-	-	-	-	0.17 ±0.01 <sup>i</sup>	0.39 ±0.08 <sup>a</sup>	0.18 ±0.02 <sup>j</sup>	0.31 ±0.01 <sup>cd</sup>
	7**	0.15 ±0.02 <sup>h</sup>	0.23 ±0.02 <sup>fg</sup>	-	-	-	-	0.16 ±0.00 <sup>h</sup>	0.36 ±0.04 <sup>cd</sup>	0.17 ±0.01 <sup>h</sup>	0.36 ±0.02 <sup>cd</sup>
	10**	0.16 ±0.00 <sup>m</sup>	0.27 ±0.01 <sup>efg</sup>	-	-	-	-	0.18± 0.02 <sup>klm</sup>	0.25± 0.03 <sup>efghi</sup>	0.19 ±0.02 <sup>iklm</sup>	0.36 ±0.01 <sup>abc</sup>
rice	5**	0.28 ±0.00 <sup>def</sup>	0.29 ±0.00 <sup>cde</sup>	0.18 ±0.02 <sup>j</sup>	0.33 ±0.02 <sup>bc</sup>	0.18 ±0.01 <sup>i</sup>	0.29 ±0.04 <sup>cde</sup>	0.29 ±0.05 <sup>cde</sup>	0.32 ±0.04 <sup>bcd</sup>	0.31 ±0.04 <sup>cd</sup>	0.36 ±0.04 <sup>ab</sup>
	7**	0.27 ±0.01 <sup>ef</sup>	0.34 ±0.04 <sup>d</sup>	0.17 ±0.01 <sup>b</sup>	0.28 ±0.02 <sup>e</sup>	0.18 ±0.00 <sup>hg</sup>	0.24 ±0.02 <sup>ef</sup>	0.26 ±0.06 <sup>ef</sup>	0.40 ±0.01 <sup>bc</sup>	0.26 ±0.02 <sup>ef</sup>	0.42 ±0.04 <sup>ab</sup>
	10**	0.26± 0.05 <sup>efgh</sup>	0.32 ±0.00 <sup>cd</sup>	0.22± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.29 ±0.04 <sup>de</sup>	0.22± 0.00 <sup>fghijk</sup>	0.21 ±0.02 <sup>ijkl</sup>	0.30 ±0.01 <sup>de</sup>	0.38 ±0.02 <sup>ab</sup>	0.30 ±0.00 <sup>de</sup>	0.40 ±0.02 <sup>a</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 11. The bulk density of popping products in 270 °C( unit : g/cm<sup>3</sup> ).

( meat : grain, g )

grain	time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
corn	5**	0.25 ± 0.01 <sup>defgh</sup>	0.305 ± 0.00 <sup>defg</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>defghij</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>ghijk</sup>	0.25 ± 0.03 <sup>defghij</sup>	0.37 ± 0.03 <sup>bc</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>ghij</sup>	0.27 ± 0.01 <sup>cddefgh</sup>	0.22 ± 0.0 <sup>ghijk</sup>	0.24 ± 0.03 <sup>efghi</sup>
	7**	0.22 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.291 ± 0.00 <sup>def</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>ghij</sup>	0.28 ± 0.09 <sup>efg</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>ghij</sup>	0.34 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>ghijk</sup>	0.26 ± 0.00 <sup>efgh</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.26 ± 0.01 <sup>efgh</sup>
	10**	0.24 ± 0.02 <sup>efghi</sup>	0.328 ± 0.00 <sup>bcd</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.14 ± 0.00 <sup>k</sup>	0.17 ± 0.00 <sup>jk</sup>	0.22 ± 0.00 <sup>hi</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>efgh</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>ghij</sup>	0.37 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>defg</sup>
potato	5**	0.13 ± 0.00 <sup>k</sup>	0.326 ± 0.06 <sup>cde</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.20 ± 0.04 <sup>ghijk</sup>	0.19 ± 0.04 <sup>ghijk</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>hijk</sup>	0.15 ± 0.02 <sup>ik</sup>	0.45 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.35 ± 0.04 <sup>cd</sup>
	7**	0.15 ± 0.01 <sup>l</sup>	0.342 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	0.17 ± 0.03 <sup>kl</sup>	0.28 ± 0.02 <sup>efg</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>ijkl</sup>	0.36 ± 0.04 <sup>bc</sup>	0.21 ± 0.03 <sup>hijk</sup>	0.39 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>ijkl</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>
	10**	0.15 ± 0.00 <sup>k</sup>	0.287 ± 0.01 <sup>def</sup>	0.14 ± 0.00 <sup>k</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>hijk</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>hijk</sup>	0.25 ± 0.05 <sup>hijk</sup>	0.18 ± 0.03 <sup>ik</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.35 ± 0.15 <sup>abc</sup>
rice	5**	0.19 ± 0.04 <sup>ghijk</sup>	0.492 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>ghijk</sup>	0.31 ± 0.08 <sup>cdef</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.50 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.30 ± 0.05 <sup>cdefg</sup>	0.25 ± 0.00 <sup>defghi</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>cdef</sup>	0.34 ± 0.03 <sup>cde</sup>
	7**	0.21 ± 0.03 <sup>ghijk</sup>	0.340 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	0.23 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.31 ± 0.01 <sup>cde</sup>	-	-	0.31 ± 0.04 <sup>cde</sup>	0.41 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>ab</sup>
	10**	0.33 ± 0.05 <sup>bcd</sup>	0.309 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>cdef</sup>	-	-	0.33 ± 0.01 <sup>bcd</sup>	0.41 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.00 <sup>def</sup>	0.42 ± 0.01 <sup>a</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 12. The bulk density of popping products in 280 °C( unit : g/cm<sup>3</sup> ).

( mean : grain, g )

starch	time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
corn	5**	0.19 ± 0.02 <sup>defghij</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>cdefg</sup>	0.21 ± 0.02 <sup>ghik</sup>	0.32 ± 0.03 <sup>efhijk</sup>	0.25 ± 0.03 <sup>defghi</sup>	0.37 ± 0.03 <sup>bc</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>ghijk</sup>	0.31 ± 0.02 <sup>cdefgh</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>ghijk</sup>	0.21 ± 0.02 <sup>efghi</sup>
	7**	0.18 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>def</sup>	0.15 ± 0.02 <sup>ghij</sup>	0.60 ± 0.07 <sup>efg</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>ghij</sup>	0.34 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>ghijk</sup>	0.29 ± 0.03 <sup>efgh</sup>	0.23 ± 0.05 <sup>hijk</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>efgh</sup>
	10**	0.20 ± 0.03 <sup>efghi</sup>	0.26 ± 0.04 <sup>bcd</sup>	0.24 ± 0.04 <sup>ik</sup>	0.30 ± 0.00 <sup>t</sup>	0.17 ± 0.00 <sup>2jk</sup>	0.22 ± 0.00 <sup>5hij</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>efgh</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>ehij</sup>	0.16 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.27 ± 0.03 <sup>defg</sup>
potato	5**	0.14 ± 0.01 <sup>k</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>cde</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.26 ± 0.00 <sup>ghijk</sup>	0.19 ± 0.04 <sup>hijk</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>4hijk</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.36 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>ghijk</sup>	0.36 ± 0.07 <sup>cd</sup>
	7**	0.14 ± 0.02 <sup>efgh</sup>	0.30 ± 0.07 <sup>bcd</sup>	0.17 ± 0.02 <sup>hi</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>efg</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>ijkl</sup>	0.36 ± 0.04 <sup>bcd</sup>	0.15 ± 0.02 <sup>hijk</sup>	0.30 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>kl</sup>	0.37 ± 0.10 <sup>hijk</sup>
	10**	0.19 ± 0.02 <sup>k</sup>	0.27 ± 0.03 <sup>def</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>k</sup>	0.17 ± 0.00 <sup>hijk</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>hijk</sup>	0.25 ± 0.05 <sup>efgh</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.33 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>abc</sup>
rice	5**	0.16 ± 0.03 <sup>hijk</sup>	0.31 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>hijk</sup>	0.22 ± 0.04 <sup>cdef</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>i</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.01 <sup>ik</sup>	0.36 ± 0.04 <sup>defghijkl</sup>	0.30 ± 0.01 <sup>cde</sup>	0.33 ± 0.01 <sup>cd</sup>
	7**	0.22 ± 0.02 <sup>hijk</sup>	0.26 ± 0.03 <sup>bcd</sup>	0.18 ± 0.02 <sup>ghij</sup>	0.24 ± 0.02 <sup>cde</sup>	-	-	0.30 ± 0.01 <sup>cde</sup>	0.38 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.31 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>ab</sup>
	10**	0.28 ± 0.01 <sup>bcd</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>bcd</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>hijk</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>cdef</sup>	-	-	0.33 ± 0.01 <sup>bcd</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>cdef</sup>	0.37 ± 0.04 <sup>a</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 13. The breaking strength of popping products in 260 °C ( unit : kg ).

( meat : grain, g )

starch	time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
corn	5**	208.33 ± 24.66 <sup>defgh</sup>	260.00 ± 60.31 <sup>bode</sup>	211.00 ± 30.51 <sup>defg</sup>	336.67 ± 35.10 <sup>a</sup>	170.67 ± 45.96 <sup>fghij</sup>	368.33 ± 98.19 <sup>a</sup>	162.33 ± 28.92 <sup>fghij</sup>	220.33 ± 38.53 <sup>defg</sup>	131.67 ± 17.62 <sup>ghijk</sup>	186.33 ± 26.30 <sup>defghi</sup>
	7**	191.67 ± 39.58 <sup>defg</sup>	245.67 ± 34.30 <sup>bode</sup>	261.00 ± 40.71 <sup>bcd</sup>	280.00 ± 98.36 <sup>abc</sup>	130.67 ± 28.01 <sup>ghij</sup>	347.00 ± 150.26 <sup>a</sup>	190.33 ± 27.93 <sup>defg</sup>	322.33 ± 51.08 <sup>ab</sup>	71.67 ± 30.02 <sup>j</sup>	176.00 ± 52.72 <sup>defgh</sup>
	10**	224.00 ± 67.188 <sup>defgh</sup>	361.67 ± 106.51 <sup>a</sup>	230.33 ± 57.88 <sup>bcd</sup>	223.00 ± 108.57 <sup>defg</sup>	167.00 ± 63.67 <sup>defghi</sup>	238.67 ± 90.47 <sup>bode</sup>	145.67 ± 23.71 <sup>fghij</sup>	318.00 ± 54.84 <sup>ab</sup>	109.67 ± 30.75 <sup>ji</sup>	255.33 ± 54.10 <sup>bcd</sup>
potato	5**	204.33 ± 49.44 <sup>def</sup>	162.67 ± 5.51 <sup>fghij</sup>	-	-	-	-	117.33 ± 18.448 <sup>hijkl</sup>	278.33 ± 117.69 <sup>bcd</sup>	52.33 ± 8.50 <sup>kl</sup>	287.00 ± 46.29 <sup>def</sup>
	7**	127.67 ± 3.51 <sup>ghij</sup>	244.67 ± 11.24 <sup>bode</sup>	-	-	-	-	97.67 ± 9.609 <sup>ghij</sup>	170.00 ± 3.00 <sup>fghij</sup>	82.67 ± 0.58 <sup>ji</sup>	240.67 ± 22.03 <sup>defg</sup>
	10**	113.67 ± 1.15 <sup>ji</sup>	173.67 ± 23.54 <sup>defghi</sup>	-	-	-	-	59.00 ± 12.529 <sup>j</sup>	169.00 ± 6.56 <sup>defghi</sup>	86.67 ± 5.03 <sup>ji</sup>	191.00 ± 32.74 <sup>abc</sup>
rice	5**	132.33 ± 8.14 <sup>ghijk</sup>	201.00 ± 55.38 <sup>defgh</sup>	164.00 ± 26.51 <sup>fghij</sup>	309.33 ± 13.32 <sup>abc</sup>	168.67 ± 18.82 <sup>fghij</sup>	106.67 ± 12.50 <sup>ikl</sup>	129.00 ± 24.52 <sup>ghijkl</sup>	201.67 ± 40.27 <sup>defgh</sup>	85.00 ± 16.46 <sup>kl</sup>	184.67 ± 0.58 <sup>defghi</sup>
	7**	136.00 ± 9.85 <sup>fghij</sup>	292.33 ± 48.60 <sup>abc</sup>	160.33 ± 51.50 <sup>efghij</sup>	207.33 ± 9.24 <sup>defg</sup>	116.67 ± 15.04 <sup>ghij</sup>	226.00 ± 32.05 <sup>def</sup>	122.67 ± 9.29 <sup>ghij</sup>	187.33 ± 43.67 <sup>defgh</sup>	166.33 ± 41.86 <sup>defghi</sup>	182.67 ± 0.58 <sup>defgh</sup>
	10**	136.67 ± 1.53 <sup>ghij</sup>	244.67 ± 28.01 <sup>bode</sup>	112.00 ± 13.23 <sup>ji</sup>	212.33 ± 33.13 <sup>defgh</sup>	154.33 ± 3.21 <sup>efghi</sup>	128.33 ± 37.58 <sup>ghij</sup>	104.00 ± 6.00 <sup>ji</sup>	170.33 ± 38.42 <sup>defghi</sup>	61.67 ± 9.07 <sup>j</sup>	134.67 ± 20.40 <sup>ghij</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 14. The breaking strength of popping products in 270 °C ( unit : kg).  
( meat : grain. g )

	time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
corn	5**	139.0± 38.12 <sup>defghi</sup>	263.67± 112.06 <sup>ab</sup>	156.33± 70.81 <sup>cddefghi</sup>	100.00± 17.69 <sup>ghi</sup>	170.67± 10.07 <sup>bcdefghi</sup>	252.6± 37.54 <sup>abc</sup>	182.33± 13.65 <sup>bcdefgh</sup>	195.00± 46.51 <sup>abcdefg</sup>	218.00± 73.53 <sup>f</sup>	172.67± 27.50 <sup>bcdefgh</sup>
	7**	140.67± 21.03 <sup>gh</sup>	338.3± 103.74 <sup>a</sup>	162.67± 66.3 <sup>de</sup>	143.00± 12.12 <sup>defh</sup>	202.00± ±21.00 <sup>cd</sup>	259.3± 18.1 <sup>abcd</sup>	216.00± 48.69 <sup>ghijk</sup>	202.00± 56.31 <sup>cd</sup>	253.00± 40.85 <sup>ghijk</sup>	254.67± 25.11 <sup>abcde</sup>
	10**	103.67± 48.09 <sup>de</sup>	75.333± 4.16 <sup>def</sup>	85.33± 40.05 <sup>def</sup>	51.33± 6.66 <sup>ef</sup>	73.00± ±11.27 <sup>def</sup>	72.33± 9.29 <sup>def</sup>	99.00± 7.81 <sup>def</sup>	426.33± 80.26 <sup>a</sup>	81.00± 6.56 <sup>def</sup>	122.33± 42.19 <sup>de</sup>
potato	5**	104.3± 12.42 <sup>gh</sup>	222.00± 34.77 <sup>abcde</sup>	222.00± 36.04 <sup>abcde</sup>	260.33± 82.97 <sup>bc</sup>	262.00± ±1.00 <sup>ab</sup>	218.33± 1.53 <sup>abcde</sup>	86.33± 16.20 <sup>g</sup>	222.00± 121.45 <sup>abcde</sup>	102.00± 32.52 <sup>f</sup>	109.67± 19.43 <sup>gh</sup>
	7**	125.3± 2.52 <sup>gh</sup>	313.67± 78.75 <sup>ab</sup>	191.33± 30.01 <sup>def</sup>	283.67± 107.44 <sup>abcd</sup>	182.00± ±2.00 <sup>defg</sup>	203.33± 123.62 <sup>abcd</sup>	79.67± 9.02 <sup>gh</sup>	307.33± 132.52 <sup>abc</sup>	304.00± 35.51 <sup>abcde</sup>	304.00± 35.51 <sup>abc</sup>
	10**	121.00± 9.54 <sup>de</sup>	346.00± 30.32 <sup>ab</sup>	130.00± 55.68 <sup>cd</sup>	230.33±25 .89c	225.33± ±44.52 <sup>f</sup>	326.67± 185.14 <sup>b</sup>	77.00± 2.65 <sup>def</sup>	314.67± 36.23 <sup>b</sup>	64.00± 13.00 <sup>def</sup>	354.00± 98.06 <sup>ab</sup>
rice	5**	207.33± 56.58 <sup>abcde</sup>	172.00± 6.08 <sup>bcdefghi</sup>	98.00± 4.00 <sup>ghi</sup>	4.00± 0.58 <sup>bcdefghi</sup>	125.0± 2.65 <sup>cdghi</sup>	294.33± 81.36 <sup>a</sup>	137.00± 5.57 <sup>defghi</sup>	243.33± 72.67 <sup>abcd</sup>	77.67± 4.93 <sup>f</sup>	214.33± 65.39 <sup>abcde</sup>
	7**	55.00± 7.00 <sup>b</sup>	175.67± 6.69 <sup>defg</sup>	123.33± 23.18 <sup>gh</sup>	23.18± ±1.00 <sup>defg</sup>	-	-	56.67± 11.72 <sup>b</sup>	143.33± 6.43 <sup>gh</sup>	178.33± 54.63 <sup>defg</sup>	192.67± 29.57 <sup>def</sup>
	10**	47.00± 2.00 <sup>ef</sup>	145.33± 4.16 <sup>cd</sup>	88.67± 20.53 <sup>def</sup>	20.53± ±18.33 <sup>cd</sup>	-	-	100.33± 14.05 <sup>de</sup>	129.00± 24.02 <sup>de</sup>	49.33± 11.68 <sup>ef</sup>	85.00± ±2.00 <sup>def</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means±SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 15. The breaking starch of popping products in 280 °C ( unit : kg ).

( meat : grain, g)

grain	time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
corn	5**	153.3±61.21 <sup>abcdghi</sup>	303±1706	266.67±80.85 <sup>abcdghi</sup>	341.33±106.57 <sup>ghi</sup>	170.67±10.07 <sup>abcdghi</sup>	252.67±75.4 <sup>abc</sup>	211.33±32.15 <sup>abcdghi</sup>	248.00±26.85 <sup>abcdghi</sup>	134.67±9.14 <sup>abcd</sup>	260.3±3.06 <sup>abcdghi</sup>
	7**	133.6±65.43 <sup>gh</sup>	355.33±96.96 <sup>g</sup>	195.33±61.98 <sup>fg</sup>	281.33±55.00 <sup>gh</sup>	202.00±21.00 <sup>abcd</sup>	259.33±8.01 <sup>abcd</sup>	139.67±12.85 <sup>abcd</sup>	356.00±23.30 <sup>abcd</sup>	165.00±1.27 <sup>abcd</sup>	152.67±58.18 <sup>abcd</sup>
	10**	107.3±31.26 <sup>bc</sup>	241.0±7.21 <sup>e</sup>	257.67±44.96 <sup>bc</sup>	371.00±22.72 <sup>a</sup>	73.00±11.27 <sup>bc</sup>	72.33±9.29 <sup>bc</sup>	71.67±15.50 <sup>bc</sup>	230.33±51.81 <sup>cd</sup>	75.33±15.14 <sup>f</sup>	281.00±16.00 <sup>f</sup>
potato	5**	150.67±13.05 <sup>ghi</sup>	260.6±36.30 <sup>abcd</sup>	170.00±38.57 <sup>abcd</sup>	246.67±123.56 <sup>abc</sup>	262±1.00 <sup>ab</sup>	218.33±1.53 <sup>abcd</sup>	106.33±14.96 <sup>hi</sup>	232.33±27.21 <sup>abcd</sup>	77.00±17.69 <sup>f</sup>	175.67±89.72 <sup>ghi</sup>
	7**	140.67±11.012 <sup>gh</sup>	286.33±9.55 <sup>ab</sup>	215.00±54.34 <sup>def</sup>	158.67±36.50 <sup>abcd</sup>	182±2.00 <sup>cd</sup>	203.33±123.62 <sup>cd</sup>	95.33±24.68 <sup>bc</sup>	315.67±74.66 <sup>abc</sup>	74.66±27.15 <sup>abc</sup>	232.67±25.38 <sup>abc</sup>
	10**	123.67±12.06 <sup>bc</sup>	296.33±25.95 <sup>de</sup>	150.00±37.16 <sup>bc</sup>	207.33±117.41 <sup>ab</sup>	225±44.52 <sup>ab</sup>	326.67±85.14 <sup>ab</sup>	98.33±4.04 <sup>bc</sup>	281.00±52.60 <sup>bc</sup>	70.00±18.08 <sup>bc</sup>	285.00±58.10 <sup>bc</sup>
rice	5**	158.33±59.72 <sup>abcd</sup>	166.0±1.73 <sup>abcdghi</sup>	146.67±48.64 <sup>ghi</sup>	240.33±78.29 <sup>abcdghi</sup>	125.00±2.65 <sup>ghi</sup>	281.00±110.31 <sup>a</sup>	119.33±14.74 <sup>ghi</sup>	207.00±52.46 <sup>abcd</sup>	118.67±1.94 <sup>f</sup>	166.00±12.12 <sup>abcd</sup>
	7**	146.33±10.69 <sup>g</sup>	176.67±6.66 <sup>def</sup>	105.67±9.29 <sup>ab</sup>	262.00±21.07 <sup>cd</sup>	-	-	110.67±12.90 <sup>g</sup>	289.33±42.00 <sup>gh</sup>	54.00±4.58 <sup>abcd</sup>	154.33±32.96 <sup>def</sup>
	10**	92.33±50.34 <sup>de</sup>	146.67±7.98 <sup>de</sup>	91.00±8.00 <sup>de</sup>	234.67±110.44 <sup>de</sup>	-	-	78.00±24.06 <sup>de</sup>	167.33±57.20 <sup>gh</sup>	36.33±15.28 <sup>f</sup>	107.33±32.13 <sup>f</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-gh</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

### 3) 색도측정

Table 16 ~ 24는 팽화조건에 따라 배합비별로 제조된 sample을 색차계 (Hunter tristimulus colorimeter, D25-A2)을 사용하여  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 값을 온도별, 시료별로 측정한 결과이다. 본 실험에서는 백색도( $L^*$ ), 적색도( $a^*$ ), 황색도( $b^*$ )의 수준으로 제조된 sample의 구워진 정도를 파악하기 위해 이용되었다. Table 16~24에서 보는 바와같이 각 처리구들의  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ 값 수준은 전체적으로 고기 첨가비율이 높을수록 황색도( $b^*$ )가 높고, 가열시간이 길어짐에 따라서도 높게 나타났다. 제품으로 적당한 색의 범위는 백색도( $L^*$ )가 높으면서 적색도( $a^*$ )와 황색도( $b^*$ )는 다소 낮은 수준으로 그 수준은 대체로 백색도( $L^*$ )는 60.00~ 65.00범위이고, 적색도( $a^*$ )는 4.5~7.0이며, 황색도( $b^*$ )는 14.00~17.50이다 이 수준의 범위 내에 있는 처리구로는 고기:감자전분= 1:1인 시료 2g을 270℃에서 7초간 구워 팽화시킨 처리구와 280℃에서 5초간 구워 팽화시킨 고기:감자전분=1:1, 삽입량이 2g인 처리구와 고기:옥수수전분=1:1인 배합비의 삽입량이 2g인 처리구와 3g인 처리구들이다. 고기와 쌀가루를 배합한 시료의 경우 다른 시료에 비해 백색도( $L^*$ )가 낮았고, 적색도( $a^*$ )는 높은 수준을 나타냈다. 모든 처리구간별로 극도로 유의적인 차이가 있었다( $P < 0.001$ )

Table 16. CIE L a b values of popping products mixtures of meat and potato starch in 260 °C.

treat time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
5 L**	63.64± 1.15 <sup>ab</sup>	62.08± 0.77 <sup>abcd</sup>	-	-	-	-	62.71± 0.54 <sup>abc</sup>	58.26± 0.77 <sup>abcdef</sup>	59.72± 0.470 <sup>abcd</sup>	0.31± 0.01 <sup>abcdef</sup>
a**	3.36± 0.59 <sup>jk</sup>	3.65± 0.81 <sup>i</sup>	-	-	-	-	5.01± 0.63 <sup>hij</sup>	6.53± 0.29 <sup>cdefgh</sup>	6.20± 0.12 <sup>defghi</sup>	58.25± 0.63 <sup>fghijk</sup>
b**	18.05± 0.29 <sup>b</sup>	18.44± 1.67 <sup>b</sup>	-	-	-	-	19.44± 0.60 <sup>b</sup>	20.36± 0.23 <sup>b</sup>	20.70± 0.27 <sup>b</sup>	5.38± 0.25 <sup>b</sup>
7 L**	63.62± 1.84 <sup>ab</sup>	62.73± 2.31 <sup>abc</sup>	-	-	-	-	58.54± 4.35 <sup>bcddefg</sup>	59.73± 0.50 <sup>abcdef</sup>	55.18± 3.36 <sup>fghijk</sup>	56.93± 1.21 <sup>defgh</sup>
a**	4.12± 0.12 <sup>h</sup>	4.05± 0.26 <sup>h</sup>	-	-	-	-	6.06± 0.21 <sup>fg</sup>	6.64± 0.37 <sup>f</sup>	5.92± 0.39 <sup>fg</sup>	5.96± 0.29 <sup>fg</sup>
b**	18.66± 0.08 <sup>cdef</sup>	18.65± 0.96 <sup>cdef</sup>	-	-	-	-	20.05± 0.67 <sup>bcd</sup>	20.43± 0.00 <sup>abc</sup>	19.37± 1.38 <sup>cde</sup>	19.20± 0.04 <sup>cde</sup>
10L**	64.91± 1.13 <sup>b</sup>	61.68± 2.10 <sup>cde</sup>	-	-	-	-	57.43± 1.04 <sup>fg</sup>	59.10± 2.63 <sup>ef</sup>	57.24± 0.14 <sup>fg</sup>	57.15± 0.09 <sup>fg</sup>
a**	7.93± 0.85 <sup>def</sup>	6.48± 0.49 <sup>gh</sup>	-	-	-	-	7.94± 1.06 <sup>def</sup>	6.39± 1.25 <sup>gh</sup>	9.17± 0.17 <sup>de</sup>	9.15± 0.14 <sup>cde</sup>
c**	21.37± 0.20 <sup>abc</sup>	20.51± 0.63 <sup>cde</sup>	-	-	-	-	20.96± 1.20 <sup>bcd</sup>	19.56± 2.02 <sup>def</sup>	22.87± 0.06 <sup>a</sup>	22.39± 0.26 <sup>ab</sup>

\*\* : P <0.001

<sup>a-m</sup>Means±SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 17. CIE L\* a\* b\* values of popping products mixtures of meat and corn starch in 260 °C.

treat time( sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
5 L**	63.79 ± 0.76 <sup>a</sup>	62.31 ± 0.19 <sup>abcd</sup>	59.36 ± 0.78 <sup>abcd</sup>	61.95 ± 1.12 <sup>abcd</sup>	59.83 ± 2.97 <sup>abcd</sup>	59.97 ± 1.76 <sup>abcd</sup>	52.84 ± 0.49 <sup>defg</sup>	52.13 ± 0.24 <sup>defg</sup>	56.27 ± 4.89 <sup>abcdef</sup>	54.26 ± 0.75 <sup>abdefg</sup>
	4.29 ± 0.03 <sup>ij</sup>	0.25 ± 0.10 <sup>e</sup>	1.34 ± 0.30 <sup>kl</sup>	0.61 ± 0.09 <sup>i</sup>	0.94 ± 0.85 <sup>l</sup>	0.85 ± 0.74 <sup>l</sup>	6.79 ± 0.34 <sup>bdefgh</sup>	7.47 ± 0.50 <sup>bcddef</sup>	5.17 ± 1.58 <sup>ghij</sup>	5.97 ± 0.48 <sup>efghi</sup>
	18.58 ± 0.75 <sup>b</sup>	12.54 ± 0.06 <sup>b</sup>	14.10 ± 0.38 <sup>b</sup>	13.82 ± 0.60 <sup>b</sup>	11.78 ± 2.13 <sup>b</sup>	11.61 ± 1.89 <sup>b</sup>	19.43 ± 0.57 <sup>b</sup>	20.29 ± 0.53 <sup>b</sup>	17.79 ± 0.74 <sup>b</sup>	19.09 ± 0.53 <sup>b</sup>
7 L**	63.41 ± 2.29 <sup>abc</sup>	58.27 ± 0.05 <sup>cdefg</sup>	64.27 ± 1.92 <sup>a</sup>	61.56 ± 0.78 <sup>abcde</sup>	61.9 ± 4.10 <sup>abcd</sup>	62.45 ± 0.54 <sup>abc</sup>	58.15 ± 0.90 <sup>cdefgj</sup>	55.76 ± 1.53 <sup>fg hij</sup>	55.10 ± 0.31 <sup>cdefg</sup>	56.14 ± 2.30 <sup>fg hi</sup>
	4.17 ± 0.15 <sup>b</sup>	3.50 ± 0.32 <sup>h</sup>	1.87 ± 0.75 <sup>i</sup>	1.62 ± 0.58 <sup>ij</sup>	0.99 ± 0.37 <sup>ij</sup>	0.70 ± 0.08 <sup>i</sup>	8.09 ± 0.69 <sup>de</sup>	5.29 ± 0.69 <sup>a</sup>	8.73 ± 0.48 <sup>bcdde</sup>	4.08 ± 1.65 <sup>h</sup>
	19.23 ± 0.36 <sup>cde</sup>	17.13 ± 0.77 <sup>fg h</sup>	15.38 ± 1.54 <sup>hi</sup>	15.52 ± 1.47 <sup>hi</sup>	12.57 ± 0.95 <sup>j</sup>	12.30 ± 0.24 <sup>i</sup>	21.92 ± 0.68 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.15 <sup>defg</sup>	21.58 ± 0.10 <sup>ab</sup>	16.66 ± 2.65 <sup>ghi</sup>
10L**	62.38 ± 1.24 <sup>bcd</sup>	64.15 ± 0.96 <sup>bc</sup>	62.11 ± 0.73 <sup>bcd</sup>	62.10 ± 0.64 <sup>bcd</sup>	68.62 ± 1.13 <sup>a</sup>	68.08 ± 0.41 <sup>a</sup>	59.91 ± 0.54 <sup>def</sup>	57.69 ± 0.23 <sup>g</sup>	53.81 ± 1.48 <sup>b</sup>	52.68 ± 0.27 <sup>b</sup>
	7.62 ± 0.90 <sup>fg</sup>	7.01 ± 1.26 <sup>gh</sup>	3.49 ± 0.75 <sup>ij</sup>	2.65 ± 1.17 <sup>j</sup>	4.20 ± 0.83 <sup>i</sup>	4.07 ± 0.57 <sup>i</sup>	7.79 ± 0.81 <sup>ef</sup>	5.71 ± 0.37 <sup>h</sup>	10.74 ± 0.65 <sup>a</sup>	9.04 ± 1.10 <sup>cde</sup>
	21.47 ± 0.65 <sup>abc</sup>	22.65 ± 2.17 <sup>ab</sup>	15.85 ± 1.67 <sup>h</sup>	16.04 ± 1.57 <sup>h</sup>	17.51 ± 0.49 <sup>gh i</sup>	17.17 ± 0.70 <sup>gh</sup>	21.90 ± 0.51 <sup>abc</sup>	18.93 ± 0.12 <sup>efg</sup>	22.13 ± 0.03 <sup>abc</sup>	20.88 ± 1.00 <sup>bcd</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>ab-cd</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 18. CIE L\* a\* b\* values of popping products mixtures of meat and rice flour in 260 °C.

treat time (sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3g)
5 L**	53.290 ± 2.07 <sup>bcdefg</sup>	55.46 ± 0.47 <sup>abcdef</sup>	30.19 ± 30.04 <sup>h</sup>	57.31 ± 1.36 <sup>abcdef</sup>	52.83 ± 0.13 <sup>cdefg</sup>	48.96 ± 3.98 <sup>efg</sup>	58.97 ± 1.00 <sup>abcde</sup>	51.87 ± 0.11 <sup>defg</sup>	45.02 ± 2.55 <sup>e</sup>	48.48 ± 2.00 <sup>fg</sup>
a**	8.73 ± 0.03 <sup>bc</sup>	8.84 ± 0.21 <sup>b</sup>	13.59 ± 6.65 <sup>a</sup>	7.91 ± 0.30 <sup>bode</sup>	7.60 ± 0.17 <sup>bdef</sup>	8.41 ± 0.19 <sup>bcd</sup>	3.23 ± 0.13 <sup>jk</sup>	7.66 ± 1.65 <sup>bode</sup>	8.79 ± 0.35 <sup>bc</sup>	7.35 ± 0.18 <sup>bodefg</sup>
b**	17.21 ± 0.95 <sup>b</sup>	18.28 ± 0.20 <sup>b</sup>	77.62 ± 83.98 <sup>a</sup>	16.71 ± 0.05 <sup>b</sup>	14.50 ± 0.61 <sup>b</sup>	15.66 ± 0.32 <sup>b</sup>	16.35 ± 0.66 <sup>e</sup>	18.25 ± 0.08 <sup>b</sup>	16.93 ± 1.11 <sup>b</sup>	17.85 ± 0.62 <sup>b</sup>
7 L**	53.83 ± 2.93 <sup>ghijkl</sup>	50.97 ± 1.68 <sup>ijklmn</sup>	56.63 ± 0.02 <sup>efgh</sup>	46.65 ± 6.20 <sup>n</sup>	47.34 ± 1.45 <sup>mn</sup>	51.97 ± 1.98 <sup>hijklm</sup>	50.15 ± 0.38 <sup>klmn</sup>	49.21 ± 0.10 <sup>lmn</sup>	50.67 ± 5.59 <sup>ijklmn</sup>	50.94 ± 2.37 <sup>ijklmn</sup>
a**	8.66 ± 0.32 <sup>bode</sup>	9.29 ± 0.27 <sup>abc</sup>	7.98 ± 0.02 <sup>e</sup>	8.94 ± 0.29 <sup>bode</sup>	8.33 ± 0.18 <sup>cde</sup>	8.00 ± 0.34 <sup>e</sup>	10.09 ± 0.19 <sup>a</sup>	9.50 ± 0.06 <sup>ab</sup>	8.71 ± 0.85 <sup>bode</sup>	9.12 ± 1.15 <sup>abcd</sup>
b**	16.74 ± 0.31 <sup>gh</sup>	18.14 ± 0.29 <sup>efg</sup>	16.06 ± 0.10 <sup>hi</sup>	15.72 ± 0.88 <sup>hi</sup>	14.90 ± 0.12 <sup>i</sup>	15.39 ± 0.67 <sup>hi</sup>	19.32 ± 0.18 <sup>cde</sup>	17.81 ± 0.01 <sup>efg</sup>	18.03 ± 0.81 <sup>efg</sup>	19.23 ± 0.14 <sup>cde</sup>
10L**	54.96 ± 0.92 <sup>gh</sup>	54.04 ± 0.63 <sup>h</sup>	48.46 ± 2.59 <sup>ij</sup>	46.70 ± 3.22 <sup>ij</sup>	47.49 ± 0.02 <sup>ij</sup>	46.13 ± 3.11 <sup>j</sup>	49.37 ± 0.02 <sup>j</sup>	49.15 ± 0.62 <sup>j</sup>	48.04 ± 1.96 <sup>ij</sup>	46.07 ± 1.11 <sup>j</sup>
a**	9.37 ± 0.40 <sup>abc</sup>	9.44 ± 0.09 <sup>abc</sup>	9.34 ± 0.56 <sup>abc</sup>	9.14 ± 0.46 <sup>cde</sup>	9.31 ± 0.01 <sup>bcd</sup>	9.73 ± 1.27 <sup>abc</sup>	10.36 ± 0.46 <sup>abc</sup>	10.64 ± 0.15 <sup>ab</sup>	10.41 ± 0.15 <sup>abc</sup>	10.70 ± 0.27 <sup>ab</sup>
c**	18.14 ± 0.81 <sup>efg</sup>	17.10 ± 0.16 <sup>fg</sup>	16.22 ± 0.76 <sup>fg</sup>	16.06 ± 0.72 <sup>h</sup>	15.75 ± 0.01 <sup>h</sup>	16.18 ± 0.58 <sup>h</sup>	18.29 ± 0.03 <sup>fg</sup>	18.56 ± 0.26 <sup>fg</sup>	18.90 ± 0.20 <sup>efg</sup>	18.37 ± 0.10 <sup>fg</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>abc</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 19. CIE L a b values of popping products mixtures of meat and potato starch in 270 °C.

treat time(sec)	1 : 1 (2g)	1 : 1 (3g)	1 : 2 (2g)	1 : 2 (3g)	1 : 3 (2g)	1 : 3 (3g)	2 : 1 (2g)	2 : 1 (3g)	3 : 1 (2g)	3 : 1 (3)
5 L**	60.3± 1.99 <sup>abcd</sup>	59.81± 2.06 <sup>bcd</sup>	64.83± 1.77 <sup>a</sup>	64.80± 0.63 <sup>a</sup>	65.02± 1.35 <sup>a</sup>	60.56± 3.35 <sup>abcd</sup>	61.67± 1.27 <sup>abcd</sup>	62.65± 4.91 <sup>abc</sup>	62.08± 1.00 <sup>abcd</sup>	61.53± 0.61 <sup>abcd</sup>
a**	6.50± 1.80 <sup>d</sup>	6.12± 0.7 <sup>d</sup>	3.38± 0.21 <sup>ghi</sup>	3.55± 0.44 <sup>gh</sup>	1.63± 0.49 <sup>m</sup>	1.86± 0.19 <sup>klm</sup>	1.98± 1.11 <sup>klm</sup>	1.79± 0.44 <sup>klm</sup>	4.48± 0.16 <sup>ef</sup>	4.39± 0.16 <sup>ef</sup>
b**	21.24± 1.15 <sup>b</sup>	21.38± 0.73 <sup>a</sup>	17.99± 0.38 <sup>def</sup>	17.70± 0.52 <sup>def</sup>	14.76± 0.81 <sup>jk</sup>	13.94± 1.27 <sup>k</sup>	13.84± 3.93 <sup>k</sup>	14.84± 2.14 <sup>jk</sup>	18.20± 0.49 <sup>def</sup>	17.02± 0.53 <sup>efghi</sup>
7 L**	60.35± 3.41 <sup>cde</sup>	59.52± 2.43 <sup>cde</sup>	62.39± 0.57 <sup>ab</sup>	46.32± 6.45 <sup>ab</sup>	62.41± 0.49 <sup>bcd</sup>	64.21± 2.40 <sup>bc</sup>	64.12± 1.69 <sup>bc</sup>	65.19± 1.19 <sup>cde</sup>	60.67± 0.75 <sup>cde</sup>	60.49± 0.78 <sup>cde</sup>
a**	8.15± 0.34 <sup>bc</sup>	8.11± 0.25 <sup>bcd</sup>	8.59± 0.33 <sup>def</sup>	11.28± 0.61 <sup>ef</sup>	5.07± 0.71 <sup>gh</sup>	3.95± 0.76 <sup>hi</sup>	4.34± 0.65 <sup>i</sup>	2.93± 0.75 <sup>i</sup>	8.71± 1.07 <sup>b</sup>	7.94± 0.45 <sup>bc</sup>
b**	22.07± 1.01 <sup>a</sup>	21.46± 0.39 <sup>ab</sup>	21.34± 0.67 <sup>abc</sup>	17.54± 1.10 <sup>abcd</sup>	17.59± 0.48 <sup>abcd</sup>	18.09± 1.81 <sup>ghi</sup>	16.89± 0.47 <sup>hij</sup>	16.22± 2.20 <sup>j</sup>	21.43± 0.47 <sup>a</sup>	21.2± 0.71 <sup>a</sup>
10L**	60.35± 3.41 <sup>abc</sup>	59.52± 2.43 <sup>bc</sup>	62.39± 0.57 <sup>ab</sup>	46.32± 6.45 <sup>de</sup>	62.41± 0.49 <sup>ab</sup>	64.21± 2.40 <sup>ab</sup>	64.12± 1.69 <sup>ab</sup>	65.19± 1.19 <sup>ab</sup>	60.67± 0.75 <sup>abc</sup>	60.49± 0.78 <sup>abc</sup>
a**	8.15± 0.34 <sup>fg</sup>	8.11± 0.25 <sup>fg</sup>	8.59± ±0.33 <sup>efg</sup>	11.28± 0.61 <sup>bcd</sup>	5.09± 0.71 <sup>h</sup>	3.95± 0.76 <sup>ijk</sup>	4.34± 0.65 <sup>hi</sup>	2.93± 0.75 <sup>ij</sup>	8.71± 1.07 <sup>efg</sup>	7.94± 0.45 <sup>e</sup>
c**	22.07± 1.01 <sup>a</sup>	21.46± 0.39 <sup>ab</sup>	21.34± ±0.67 <sup>ab</sup>	17.54± 1.10 <sup>efgh</sup>	17.59± 0.48 <sup>efgh</sup>	18.09± 1.81 <sup>defg</sup>	16.89± 0.47 <sup>efgh</sup>	16.22± 2.20 <sup>efgh</sup>	21.43± 0.47 <sup>ab</sup>	21.26± 0.71 <sup>abc</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 20. CIE L\* a\* b\* values of popping products mixtures of meat and corn starch in 270 °C.

treat time(sec)	3: 1 (2g)	3: 1 (3g)	1: 1 ( 2g)	1: 1 (3g)	1: 2, ( 2g)	1:2 (3g)	1: 3 (2g)	1: 3 (3g)	2: 1 (2g)	2: 1 (3g)
5 L**	60.38± 2.16 <sup>bcd</sup>	59.89± 1.05 <sup>bcd</sup>	63.03± 2.55 <sup>abc</sup>	59.06± 3.96 <sup>cd</sup>	61.34± 3.97 <sup>abcd</sup>	52.66± 5.43 <sup>f</sup>	64.61± 2.44 <sup>ab</sup>	59.78± 2.81 <sup>bcd</sup>	62.25± 1.26 <sup>abcd</sup>	59.50± 0.70 <sup>cde</sup>
a**	2.83± 0.37 <sup>hijk</sup>	4.23± 0.49 <sup>fg</sup>	5.72± 0.66 <sup>d</sup>	3.53± 0.57 <sup>gh</sup>	3.49± 1.73 <sup>ghi</sup>	2.32± 0.10 <sup>ijkl</sup>	1.32± 0.50 <sup>lm</sup>	0.89± 0.26 <sup>m</sup>	3.09± 0.20 <sup>ghij</sup>	3.85± 0.97 <sup>gh</sup>
b**	15.39± 1.01 <sup>ghijk</sup>	17.83± 0.91 <sup>def</sup>	20.94± 0.77 <sup>abc</sup>	17.74± 0.10 <sup>def</sup>	16.60± 1.71 <sup>ghij</sup>	13.43± 0.49 <sup>k</sup>	14.27± 0.69 <sup>k</sup>	11.54± 0.35 <sup>m</sup>	17.85± 0.32 <sup>def</sup>	17.38± 1.22 <sup>defh</sup>
7 L**	58.16 ±2.08 <sup>e</sup>	58.16± 1.79 <sup>e</sup>	60.46± 1.06 <sup>cde</sup>	60.60± 1.77 <sup>cd</sup>	59.77± 1.06 <sup>de</sup>	59.86± 2.02 <sup>de</sup>	69.01± 1.00 <sup>a</sup>	60.01± 2.78 <sup>de</sup>	58.26± 3.99 <sup>e</sup>	58.85± 0.72 <sup>e</sup>
a**	4.53± 0.65 <sup>ef</sup>	4.64± 0.71 <sup>ef</sup>	5.25± 0.82 <sup>ef</sup>	5.78± 2.14 <sup>cde</sup>	5.88± 1.04 <sup>cde</sup>	1.97± 1.10 <sup>hi</sup>	2.59± 0.40 <sup>hi</sup>	1.78± 0.63 <sup>i</sup>	4.11± 0.75 <sup>fg</sup>	4.84± 0.45 <sup>cd</sup>
b**	17.56± 1.55 <sup>defg</sup>	17.77± 0.53 <sup>cdefg</sup>	16.63± 2.94 <sup>efgh</sup>	19.76± 1.88 <sup>abcd</sup>	19.52± 0.73 <sup>abcd</sup>	14.80± 2.67 <sup>kij</sup>	15.72± 0.82 <sup>hi</sup>	13.96± 0.63 <sup>ij</sup>	17.63± 1.86 <sup>defg</sup>	17.73± 0.80 <sup>defg</sup>
10L**	36.56± 8.70 <sup>f</sup>	50.38± 7.02 <sup>de</sup>	58.69± 3.83 <sup>bc</sup>	43.76± 11.13 <sup>e</sup>	62.25± 1.94 <sup>fab</sup>	68.21± 0.53	62.12± 2.69 <sup>ab</sup>	61.91± 2.10 <sup>ab</sup>	53.87± 6.61 <sup>cd</sup>	48.50± 3.79 <sup>de</sup>
a**	11.30± 0.91 <sup>bcd</sup>	9.43± 1.41 <sup>defg</sup>	10.86± 0.86 <sup>bcd</sup>	10.48± 2.21 <sup>bcd</sup>	5.86± 2.83 <sup>h</sup>	2.15± 0.30 <sup>j</sup>	4.71± 1.39 <sup>hi</sup>	4.72± 1.48 <sup>hi</sup>	10.31± 1.03 <sup>cde</sup>	14.01± 0.50 <sup>a</sup>
c**	15.55± 3.84 <sup>gh</sup>	20.55± 1.65 <sup>abcd</sup>	22.00± 0.79 <sup>a</sup>	17.29± 3.52 <sup>efgh</sup>	17.84± 2.90 <sup>defg</sup>	14.62± 0.68 <sup>h</sup>	16.08± 0.58 <sup>gh</sup>	17.29± 1.76 <sup>efgh</sup>	21.97± 2.09 <sup>a</sup>	21.34± 1.42 <sup>ab</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup> Means±SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 21. CIE L\* a\* b\* values of popping products mixtures of meat and rice flour in 270 °C.

treat time(sec)	3: 1 (2g)	3: 1 (3g)	1: 1 ( 2g)	1: 1 (3g)	1: 2, ( 2g)	1:2 (3g)	1: 3 (2g)	1: 3 (3g)	2: 1 (2g)	2: 1 (3g)
5 L**	53.00 ± 1.31 <sup>f</sup>	50.66 ± 1.64 <sup>f</sup>	52.97 ± 0.285 <sup>f</sup>	52.88 ± 0.33 <sup>f</sup>	55.16 ± 0.58 <sup>ef</sup>	51.45 ± 1.24 <sup>f</sup>	44.78 ± 3.26 <sup>g</sup>	42.80 ± 0.47 <sup>g</sup>	50.65 ± 0.78 <sup>f</sup>	57.56 ± 1.55 <sup>de</sup>
a**	7.66 ± 0.13 <sup>c</sup>	8.74 ± 0.18 <sup>bc</sup>	9.24 ± 0.220 <sup>ab</sup>	8.31 ± 0.69 <sup>bc</sup>	8.29 ± 0.39 <sup>bc</sup>	8.77 ± 0.23 <sup>vc</sup>	9.22 ± 0.24 <sup>ab</sup>	9.04 ± 0.08 <sup>ab</sup>	9.98 ± 0.34 <sup>a</sup>	4.17 ± 0.15 <sup>g</sup>
b**	19.32 ± 0.50 <sup>bcd</sup>	19.00 ± 0 <sup>cde</sup>	18.19 ± 0.235 <sup>def</sup>	17.12 ± 0.56 <sup>defgh</sup>	16.43 ± 0.33 <sup>fghij</sup>	16.77 ± 0.03 <sup>fghij</sup>	15.16 ± 0.21 <sup>hijk</sup>	14.98 ± 0.18 <sup>ijk</sup>	19.06 ± 0.43 <sup>cde</sup>	17.96 ± 0.59 <sup>def</sup>
7 L**	46.35 ± 2.36 <sup>hi</sup>	49.09 ± 0.17 <sup>ah</sup>	45.81 ± 3.11 <sup>hi</sup>	45.15 ± 3.70 <sup>i</sup>	53.35 ± 0.58 <sup>f</sup>	52.09 ± 2.43 <sup>fg</sup>	-	-	52.23 ± 0.50 <sup>fg</sup>	47.43 ± 0.19 <sup>hi</sup>
a**	9.74 ± 0.56 <sup>a</sup>	10.16 ± 0.40 <sup>a</sup>	9.80 ± 0.34 <sup>a</sup>	9.36 ± 0.38 <sup>a</sup>	9.10 ± 0.39 <sup>a</sup>	8.83 ± 0.35 <sup>a</sup>	-	-	8.98 ± 0.41 <sup>a</sup>	9.82 ± 0.81 <sup>a</sup>
b**	17.79 ± 1.25 <sup>cdefg</sup>	18.90 ± 0.26 <sup>bode</sup>	18.77 ± 0.31 <sup>bodef</sup>	16.32 ± 1.32 <sup>fgh</sup>	16.39 ± 0.33 <sup>fgh</sup>	16.54 ± 0.29 <sup>efgh</sup>	-	-	18.71 ± 0.13 <sup>bodef</sup>	18.08 ± 0.94 <sup>cdefg</sup>
10L**	45.43 ± 1.21 <sup>e</sup>	43.75 ± 4.79 <sup>e</sup>	46.40 ± 2.27 <sup>de</sup>	50.56 ± 0.85 <sup>de</sup>	50.89 ± 0.96 <sup>de</sup>	50.87 ± 0.96 <sup>de</sup>	-	-	49.97 ± 0.63 <sup>de</sup>	48.82 ± 0.85 <sup>de</sup>
a**	12.36 ± 0.38 <sup>ab</sup>	11.47 ± 1.50 <sup>bcd</sup>	10.75 ± 0.19 <sup>bcd</sup>	10.42 ± 0.01 <sup>bode</sup>	9.69 ± 0.30 <sup>cdefg</sup>	10.08 ± 0.42 <sup>cdef</sup>	-	-	11.06 ± 1.45 <sup>bcd</sup>	11.57 ± 0.42 <sup>bc</sup>
c**	19.09 ± 0.20 <sup>abdef</sup>	16.61 ± 0.47 <sup>efgh</sup>	17.15 ± 0.75 <sup>efgh</sup>	18.40 ± 0.40 <sup>cdefg</sup>	16.93 ± 0.60 <sup>efgh</sup>	16.90 ± 0.76 <sup>efgh</sup>	-	-	18.73 ± 0.2 <sup>9bdef</sup>	19.26 ± 0.08 <sup>abode</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-m</sup>Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour

Table 22. CIE L a b values of popping products mixtures of meat and potato starch in 280 °C.

treat time(sec)	3 : 1 2g	3 : 1, 3g	1 : 1 2g	1 : 1 3g	1 : 2 2g	1 : 2 3g	1 : 3 2g	1 : 3 3g	2 : 1 2g	2 : 1 3g
5 L**	60.32 ± 1.99 <sup>abcd</sup>	59.81 ± 2.06 <sup>bcd</sup>	64.83 ± 1.77 <sup>a</sup>	64.80 ± 0.63 <sup>a</sup>	65.02 ± 1.35 <sup>a</sup>	60.56 ± 3.35 <sup>abcd</sup>	0.19 ± 0.04 <sup>abcd</sup>	62.65 ± 4.91 <sup>abc</sup>	62.08 ± 1.00 <sup>abcd</sup>	61.53 ± 0.61 <sup>abcd</sup>
a**	6.50 ± 1.80 <sup>de</sup>	6.12 ± 0.70 <sup>d</sup>	3.38 ± 0.21 <sup>fghi</sup>	3.55 ± 0.44 <sup>fgh</sup>	1.63 ± 0.00	1.86 ± 0.19 <sup>klm</sup>	61.67 ± 1.27 <sup>hikm</sup>	1.79 ± 0.44 <sup>klm</sup>	4.48 ± 0.16 <sup>ef</sup>	4.39 ± 0.16 <sup>ef</sup>
b**	21.24 ± 1.15 <sup>ab</sup>	21.38 ± 0.73 <sup>a</sup>	17.90 ± 0.38 <sup>def</sup>	17.70 ± 0.52 <sup>def</sup>	14.76 ± 0.81 <sup>jk</sup>	13.94 ± 1.27 <sup>k</sup>	1.99 ± 1.11 <sup>k</sup>	14.84 ± 2.14 <sup>jk</sup>	18.20 ± 0.49 <sup>def</sup>	17.02 ± 0.53 <sup>efghi</sup>
7 L**	61.00 ± 0.92 <sup>cde</sup>	60.88 ± 1.44 <sup>cde</sup>	66.28 ± 0.15 <sup>ab</sup>	65.77 ± 0.65 <sup>ab</sup>	62.95 ± 2.01 <sup>bcd</sup>	63.84 ± 0.61 <sup>bc</sup>	64.05 ± 1.79 <sup>bc</sup>	60.99 ± 0.61 <sup>cde</sup>	61.68 ± 0.12 <sup>cde</sup>	60.90 ± 0.48 <sup>cde</sup>
a**	6.95 ± 0.98 <sup>bc</sup>	6.74 ± 0.93 <sup>bcd</sup>	5.43 ± 0.54 <sup>def</sup>	5.21 ± 0.54 <sup>ef</sup>	3.19 ± 0.95 <sup>hij</sup>	1.97 ± 0.30 <sup>hi</sup>	1.70 ± 0.10 <sup>hi</sup>	1.23 ± 0.38 <sup>i</sup>	7.33 ± 0.87 <sup>b</sup>	7.11 ± 0.61 <sup>bc</sup>
b**	21.50 ± 1.39 <sup>a</sup>	20.73 ± 1.46 <sup>ab</sup>	20.19 ± 0.28 <sup>abc</sup>	19.71 ± 0.44 <sup>abcd</sup>	16.42 ± 1.15 <sup>efh</sup>	15.76 ± 0.40 <sup>ghi</sup>	14.23 ± 0.17 <sup>ghi</sup>	12.59 ± 0.38 <sup>f</sup>	21.65 ± 0.88 <sup>a</sup>	21.72 ± 0.57 <sup>a</sup>
10L**	60.353 ± 3.41 <sup>abc</sup>	59.52 ± 2.43 <sup>bc</sup>	62.39 ± 0.57 <sup>ab</sup>	46.32 ± 6.45 <sup>ab</sup>	62.41 ± 0.49 <sup>ab</sup>	64.21 ± 2.40 <sup>ab</sup>	64.12 ± 1.69 <sup>ab</sup>	65.19 ± 1.19 <sup>ab</sup>	60.67 ± 0.75 <sup>abc</sup>	60.49 ± 0.78 <sup>abc</sup>
a**	8.150 ± 0.34 <sup>fg</sup>	8.11 ± 0.25 <sup>fg</sup>	8.59 ± 0.33 <sup>efg</sup>	11.28 ± 0.61 <sup>bcd</sup>	5.09 ± 0.71 <sup>h</sup>	3.95 ± 0.76 <sup>g</sup>	4.34 ± 0.65 <sup>hi</sup>	2.93 ± 0.75 <sup>i</sup>	8.74 ± 1.07 <sup>efg</sup>	7.94 ± 0.45 <sup>f</sup>
c**	22.073 ± 1.01 <sup>a</sup>	21.46 ± 0.39 <sup>ab</sup>	21.34 ± 0.67 <sup>ab</sup>	17.54 ± 1.10 <sup>efgh</sup>	17.59 ± 0.48 <sup>efgh</sup>	18.09 ± 1.81 <sup>defg</sup>	16.89 ± 0.47 <sup>efgh</sup>	16.22 ± 2.20 <sup>efgh</sup>	21.43 ± 0.47 <sup>ab</sup>	21.26 ± 0.71 <sup>abc</sup>

\*\* : P <0.001

\*\*m Means ±SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 23. CIE L<sup>\*</sup> a<sup>\*</sup> b<sup>\*</sup> values of popping products mixtures of meat and corn starch in 280 °C.

treat time(sec)	3 : 1 2g	3 : 1 3g	1 : 1 2g	1 : 1 3g	1 : 2 2g	1 : 2 3g	1 : 3 2g	1 : 3 3g	2 : 1 2g	2 : 1 3g
5 L <sup>**</sup>	60.38 ± 2.16 <sup>abcd</sup>	59.89 ± 1.05 <sup>bcd</sup>	63.03 ± 2.55 <sup>abc</sup>	59.06 ± 3.96 <sup>cde</sup>	61.34 ± 3.97 <sup>abcd</sup>	52.66 ± 5.43 <sup>f</sup>	64.61 ± 2.44 <sup>ab</sup>	59.78 ± 2.81 <sup>bcd</sup>	59.50 ± 1.37 <sup>cde</sup>	62.25 ± 1.26 <sup>abcd</sup>
a <sup>**</sup>	2.83 ± 0.37 <sup>hijk</sup>	4.23 ± 0.49 <sup>fg</sup>	5.72 ± 0.66 <sup>d</sup>	3.53 ± 0.57 <sup>fgh</sup>	3.49 ± 1.73 <sup>fgh</sup>	2.32 ± 0.10 <sup>ijkl</sup>	1.32 ± 0.50 <sup>lm</sup>	0.89 ± 0.26 <sup>m</sup>	3.85 ± 0.97 <sup>fgh</sup>	3.09 ± 0.20 <sup>ghij</sup>
b <sup>**</sup>	15.39 ± 1.01 <sup>ghijk</sup>	17.83 ± 0.92 <sup>def</sup>	20.94 ± 0.77 <sup>abc</sup>	17.74 ± 0.10 <sup>def</sup>	16.60 ± 1.71 <sup>fghij</sup>	13.43 ± 0.49 <sup>k</sup>	14.27 ± 0.69 <sup>k</sup>	11.54 ± 0.35 <sup>l</sup>	17.38 ± 1.22 <sup>defg</sup>	17.85 ± 0.32 <sup>def</sup>
7 L <sup>**</sup>	58.16 ± 2.08 <sup>c</sup>	58.16 ± 1.79 <sup>f</sup>	60.46 ± 1.06 <sup>cde</sup>	60.60 ± 1.77 <sup>cde</sup>	59.77 ± 1.06 <sup>de</sup>	59.86 ± 2.02 <sup>de</sup>	69.01 ± 1.00 <sup>a</sup>	60.06 ± 2.78 <sup>de</sup>	58.85 ± 0.72 <sup>e</sup>	58.26 ± 3.99 <sup>e</sup>
a <sup>**</sup>	4.53 ± 0.65 <sup>ef</sup>	4.63 ± 0.71 <sup>ef</sup>	5.25 ± 0.82 <sup>ef</sup>	5.78 ± 2.14 <sup>cde</sup>	5.88 ± 1.04 <sup>cde</sup>	1.97 ± 1.10 <sup>hi</sup>	2.59 ± 0.40 <sup>hi</sup>	1.78 ± 0.65 <sup>i</sup>	4.84 ± 0.45 <sup>ef</sup>	4.11 ± 0.75 <sup>fg</sup>
b <sup>**</sup>	17.56 ± 1.55 <sup>defg</sup>	17.77 ± 0.53 <sup>cdefg</sup>	16.63 ± 2.94 <sup>efgh</sup>	19.76 ± 1.88 <sup>abcd</sup>	19.52 ± 0.73 <sup>abcd</sup>	14.80 ± 2.67 <sup>hij</sup>	15.72 ± 0.82 <sup>ghi</sup>	13.96 ± 0.63 <sup>ij</sup>	17.73 ± 0.80 <sup>defg</sup>	17.68 ± 1.86 <sup>defg</sup>
10L <sup>**</sup>	36.56 ± 8.70 <sup>f</sup>	50.38 ± 7.02 <sup>de</sup>	58.69 ± 3.83 <sup>bc</sup>	43.76 ± 11.13 <sup>b</sup>	62.25 ± 1.94 <sup>ab</sup>	68.21 ± 0.53 <sup>a</sup>	62.12 ± 2.69 <sup>ab</sup>	61.91 ± 2.10 <sup>ab</sup>	48.50 ± 3.79 <sup>de</sup>	53.87 ± 6.61 <sup>cd</sup>
a <sup>**</sup>	11.30 ± 0.91 <sup>bcd</sup>	9.43 ± 1.41 <sup>defg</sup>	10.86 ± 0.86 <sup>bcd</sup>	10.48 ± 2.21 <sup>bcd</sup>	5.86 ± 2.83 <sup>h</sup>	2.14 ± 0.30 <sup>j</sup>	4.71 ± 1.39 <sup>hi</sup>	4.72 ± 1.48 <sup>hi</sup>	14.00 ± 0.50 <sup>a</sup>	10.31 ± 1.03 <sup>cde</sup>
c <sup>**</sup>	15.55 ± 3.84 <sup>hiz</sup>	20.55 ± 1.65 <sup>abcd</sup>	22.00 ± 0.79 <sup>a</sup>	17.29 ± 3.52 <sup>efgh</sup>	17.84 ± 2.90 <sup>efg</sup>	14.61 ± 0.68 <sup>h</sup>	16.08 ± 0.58 <sup>gh</sup>	17.29 ± 1.76 <sup>efgh</sup>	21.34 ± 1.42 <sup>ab</sup>	21.97 ± 2.09 <sup>a</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>a-ab</sup> Means ± SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

Table 24. CIE L<sup>\*</sup> a<sup>\*</sup> b<sup>\*</sup> values of popping products mixtures of meat and rice flour in 260 °C.

treat time(sec)	3 : 1 2g	3 : 1 3g	1 : 1 2g	1 : 1 3g	1 : 2 2g	1 : 2 3g	1 : 3 2g	1 : 3 3g	2 : 1 2g	2 : 1 3g
5 L <sup>**</sup>	53.00± 1.31 <sup>f</sup>	50.66± 1.64 <sup>f</sup>	52.97± 0.29 <sup>f</sup>	52.88± 0.33 <sup>f</sup>	55.16± 0.58 <sup>ef</sup>	51.42± 1.24 <sup>f</sup>	44.78± 3.26 <sup>g</sup>	42.80± 0.47 <sup>a</sup>	50.65± 0.78 <sup>f</sup>	57.56± 1.55 <sup>de</sup>
a <sup>**</sup>	7.66± 0.13 <sup>c</sup>	8.74± 0.18 <sup>c</sup>	9.24± 0.22 <sup>ab</sup>	8.31± 0.69 <sup>fgh</sup>	8.29± 0.39 <sup>c</sup>	8.77± 0.23 <sup>bc</sup>	9.22± 0.24 <sup>ab</sup>	9.04± 0.08 <sup>ab</sup>	9.98± 0.34 <sup>a</sup>	4.17± 0.15 <sup>fg</sup>
b <sup>**</sup>	19.32± 0.50 <sup>bcd</sup>	19.07± 0.00 <sup>ode</sup>	18.19± 0.24 <sup>def</sup>	17.12± 0.56 <sup>defgh</sup>	16.43± 0.33 <sup>fghij</sup>	16.77± 0.03 <sup>fghij</sup>	15.16± 0.21 <sup>hijk</sup>	14.98± 0.18 <sup>ijk</sup>	19.06± 0.43 <sup>cde</sup>	17.96± 0.59 <sup>def</sup>
7 L <sup>**</sup>	46.35± 2.36 <sup>hi</sup>	49.09± 0.17 <sup>h</sup>	45.81± 3.11 <sup>b</sup>	45.15± 3.70 <sup>i</sup>	53.35± 1.20 <sup>f</sup>	52.09± 2.43 <sup>fg</sup>	-	-	52.23± 0.50 <sup>fg</sup>	47.43± 0.19 <sup>hi</sup>
a <sup>**</sup>	9.74± 0.54 <sup>a</sup>	10.16± 0.40 <sup>a</sup>	9.80± 0.34 <sup>a</sup>	9.36± 0.38 <sup>a</sup>	9.10± 0.20 <sup>a</sup>	8.83± 0.35 <sup>a</sup>	-	-	8.98± 0.41 <sup>a</sup>	9.82± 0.81 <sup>a</sup>
b <sup>**</sup>	17.79± 1.25 <sup>cdefg</sup>	18.90± 0.26 <sup>bode</sup>	18.77± 0.31 <sup>boder</sup>	16.32± 1.32 <sup>gh</sup>	16.39± 0.40 <sup>gh</sup>	16.54± 0.29 <sup>efgh</sup>	-	-	18.71± 0.13 <sup>boder</sup>	18.08± 0.94 <sup>cdefg</sup>
10L <sup>**</sup>	45.43± 1.21 <sup>e</sup>	43.75± 4.79 <sup>e</sup>	46.40± 2.27 <sup>de</sup>	10.42± 0.01 <sup>de</sup>	50.89± 0.96 <sup>de</sup>	50.87± 0.96 <sup>de</sup>	-	-	49.97± 0.63 <sup>de</sup>	48.82± 0.85 <sup>de</sup>
a <sup>**</sup>	12.36± 0.38 <sup>ab</sup>	11.47± 1.50 <sup>bcd</sup>	10.74± 0.19 <sup>bcd</sup>	18.40± 0.40 <sup>bode</sup>	9.69± 0.30 <sup>cdefg</sup>	10.08± 0.42 <sup>cdef</sup>	-	-	11.06± 1.46 <sup>bcd</sup>	11.57± 0.42 <sup>bc</sup>
c <sup>**</sup>	19.09± 0.20 <sup>abdef</sup>	16.61± 0.47 <sup>gh</sup>	17.15± 0.75 <sup>efgh</sup>	145.34± 4.16 <sup>cdefg</sup>	16.93± 0.60 <sup>efgh</sup>	16.90± 0.76 <sup>efgh</sup>	-	-	18.73± 0.29 <sup>boder</sup>	19.26± 0.08 <sup>abode</sup>

\*\* : P < 0.001

<sup>ab</sup>Means±SD in the same row within different superscripts differ significantly.

corn : corn starch, potato : potato starch, rice : rice flour.

## 바. 반응표면분석

위의 예측된 결과를 기준으로 가장 우수한 배합비인 닭고기:옥수수전분을 1:1로 배합하여 2g삼입한 처리구의 최적가열온도와 가열시간조건을 알아보기 위해 반응표면분석법을 통해 살펴보았다. 반응표면분석을 위하여 팽화온도와 팽화시간에 따른 팽화된 스낵(옥수수전분이 닭고기와 1:1로 배합된 시료로 제조된 스낵의 bulk density, breaking strength 및  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  value에 미치는 영향을 분석하였으며 Table 25에서 보는 바와 같다.

Table 26에서 보는 바와 같이 분산분석 결과 종속변수에 대한 선형(linear)효과는 breaking strength와  $a^*$  value의 경우 5%수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며 그 외 bulk density와  $L^*$ ,  $a^*$  value에서는 5%수준에서 유의성이 없는 것으로 나타났고, 2차(quadratic)효과는 bulk density와  $a^*$  value( $P < 0.05$ )을 제외하고는 모두 유의성이 없는 것으로 나타났다. 특히 교호(cross products)효과에서는 모두 5%수준에서 유의성이 없는 것으로 나타났고, 상관계수( $R^2$ )는 0.9230, 0.9534, 0.7129, 0.9463, 0.9122으로 높게 나타났다.

Table 27의 회귀분석에서 보는 바와 같이 팽화온도가 bulk density, breaking strength 및  $a^*$  value에 영향을 미치는 것으로 나타났는데 bulk density의 경우 팽화 온도 1차 효과, breaking strength의 경우는 팽화 온도 1차, 2차 효과,  $a^*$  value의 경우 1차, 2차 효과 모두 5%수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 결과적으로 독립변수 중 팽화온도가 종속변수에 대해 결정적인 영향을 미쳤으나, 팽화시간은 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 25. Effects of popping temperature and popping time on popped snack<sup>1)</sup>

Run	Independent variables		Dependant variables				
	popping time (sec)	popping temperature (°C)	bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Breaking strength (kg)	L*	a*	b*
1	5	260	0.18	208.33	63.79	4.29	18.58
2	7	260	0.18	191.67	63.41	4.17	19.23
3	10	260	0.21	224.00	62.38	7.62	21.47
4	5	270	0.25	139.00	60.38	2.83	15.39
5	7	270	0.22	140.67	58.16	4.53	17.56
6	10	270	0.24	103.67	36.56	11.30	15.55
7	5	280	0.19	153.3	60.38	2.83	15.39
8	7	280	0.18	133.6	58.16	4.53	17.56
9	10	280	0.20	107.3	36.56	11.30	15.55

Popping snack was made from mixture of spent fowl meat and corn starch(1:1)

Table 26. Analysis of variance for the five response variables<sup>1)</sup> to the second-order model to estimate the effects popping time and popping temperature on popped snack<sup>2)</sup>

Regression	df <sup>3)</sup>	Bulk density		Breaking strength		L*		a*		b*	
		SS <sup>4)</sup>	Prob >F	SS	Proc >F	SS	Proc >F	SS	Proc >F	SS	Proc >F
Linear	2	0.0004	0.3521	9495.2380	0.0175	3.8122	0.5871	34.0495	0.0340	53.2035	0.0558
Quadratic	2	0.0043	0.0250	3533.6290	0.0657	16.8493	0.2042	34.4961	0.0334	40.8959	0.0776
Cross product	1	0.0001	0.4315	1054.6181	0.1213	1.5419	0.5240	1.7430	0.3353	0.4563	0.7240
Total Regressions	5	0.0049	0.0676	14083	0.0327	22.2035	0.3946	70.2885	0.0402	94.5557	0.0814
R <sup>2</sup>		0.9230		0.9534		0.7129		0.9463		0.9122	

<sup>1)</sup> Bulk density, breaking strength, CIE L\*, a\*, b\* values

<sup>2)</sup> Popping snack was made from mixture of spent fowl meat and corn starch(1:1)

<sup>3)</sup> Degrees of freedom

<sup>4)</sup> Sum of squares

Table 27. Regression coefficient of the five response variables<sup>1)</sup> for the second-order model

Parameter	Bulk density		Breaking strength	
	Estimate	Prob>  T  <sup>2)</sup>	Estimate	Prob>  T
a(intercept)	-32.4488	0.0124	30516	0.0299
b(Time)	0.0236	0.7432	162.8412	0.1536
c(Temp)	0.2411	0.0122	-225.5813	0.0299
d(Time*Time)	0.0024	0.1829	0.4659	0.8121
e(Time*Temp)	-0.0002	0.4315	-0.6452	0.1213
f(Temp*Temp)	-0.0004	0.125	0.4197	0.0296

Parameter	L*		a*		b*	
	Estimate	Prob>  T	Estimate	Prob>  T	Estimate	Prob>  T
a(intercept)	2043.6169	0.1059	-2629.6116	0.0216	-2007.9659	0.1118
b(Time)	-10.0286	0.3803	2.5978	0.7172	-4.8115	0.6589
c(Temp)	-14.4284	0.1166	19.6090	0.0211	15.4086	0.1035
d(Time*Time)	0.2018	0.3972	0.3393	0.0892	0.5839	0.0664
e(Time*Temp)	0.0247	0.5240	-0.026	0.3353	-0.0134	0.7240
f(Temp*Temp)	0.0264	0.1192	-0.036	0.0211	-0.0289	0.1008

<sup>1)</sup> Bulk density, breaking strength, CIE L\*, a\*, b\* values

<sup>2)</sup> T test carried out on parameter estimates

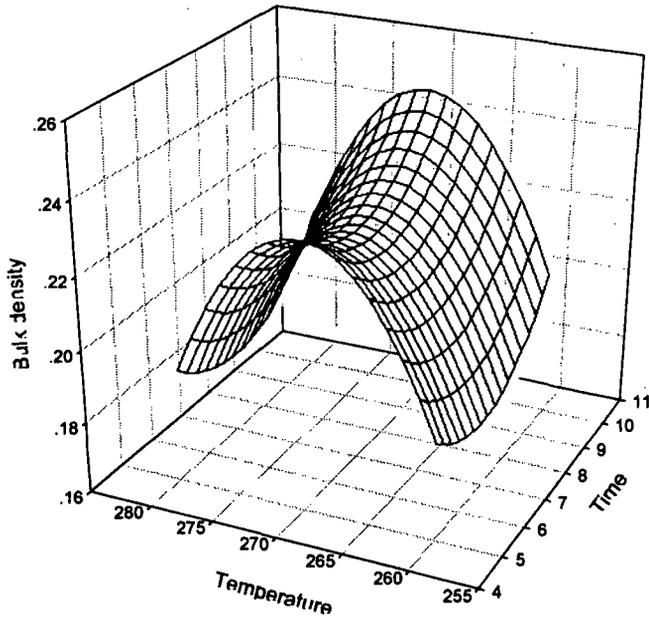


Figure 8. Response surface plot for the effect of popping time and popping temperature on bulk density.

Figure 8은 팽화 온도와 팽화시간이 bulk density에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG방법에 의해 예측된 bulk density의 정상점(stationary point)은 팽화온도 280℃, 팽화 시간 7초였으며, 이때 밀도는 0.18g/cm<sup>3</sup>로 예측되었다.

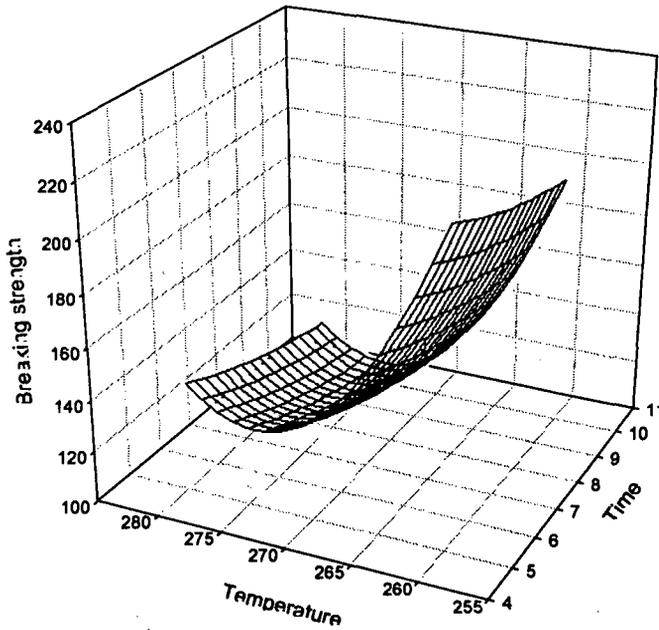


Figure 9. Response surface plot for the effect of popping time and popping temperature on breaking strength.

Figure 9는 팽화온도와 팽화시간이 breaking strength에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된 breaking strength의 정상점은 팽화온도 270℃, 팽화시간 5초였으며, 이때 breaking strength은 25kg으로 예측되었다.

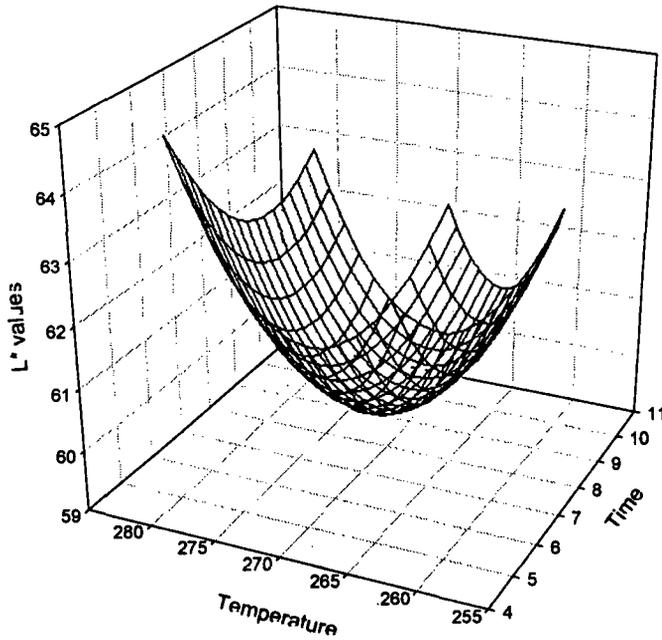


Figure 10. Response surface plot for the effect of popping time and popping temperature on  $L^*$  value.

Figure 10은 팽화온도와 팽화시간이 명도를 나타내는  $L^*$  value에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된  $L^*$  value의 정상점은 팽화 온도 260℃, 팽화시간 5초였으며 이때  $L^*$  value는 63.79로 예측되었다.

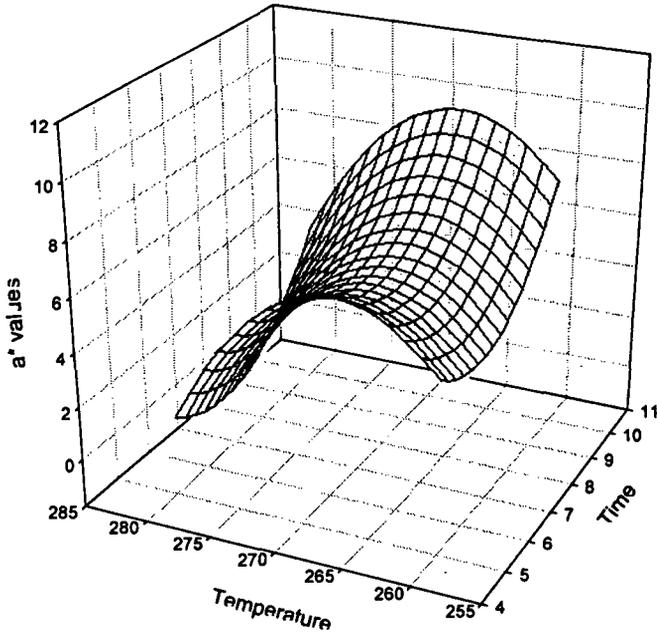


Figure 11. Response surface plot for the effect of popping time and popping temperature on  $a^*$  value.

Figure 11은 팽화온도와 팽화시간이 적색도를 나타내는  $a^*$  value에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된  $a^*$  value의 정상점은 팽화 온도 270°C, 팽화시간 5초였으며 이때  $a^*$  value는 2.83으로 예측되었다.

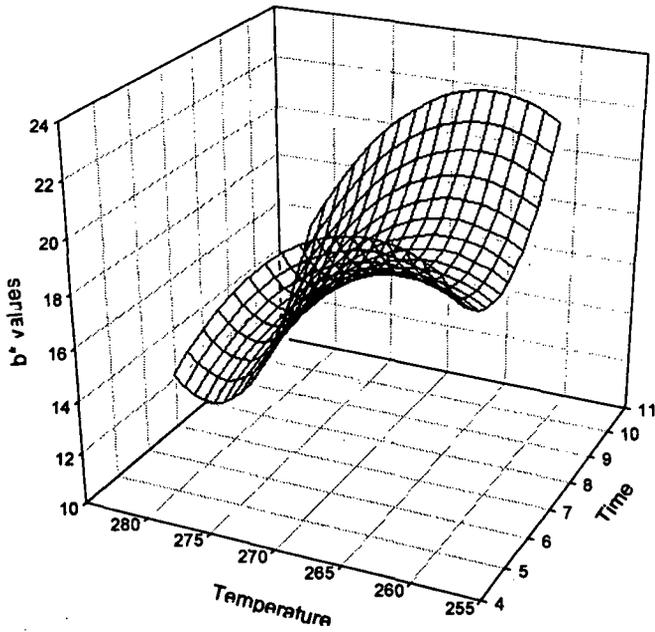


Figure 12. Response surface plot for the effect of popping time and popping temperature on  $b^*$  value.

Figure 12는 팽화온도와 팽화시간이 명도를 나타내는  $b^*$  value에 미치는 영향을 반응표면으로 나타내었다. RSREG 방법에 의해 예측된  $b^*$  value의 정상점은 팽화 온도 270°C, 팽화시간 5초였으며 이때  $b^*$  value는 15.39로 예측되었다.

반응표면결과 팽화 온도 280°C, 팽화 시간 7초의 조건과 팽화 온도 270°C, 팽화 시간 5초의 조건의 경우 최적 팽화조건으로 예측되었다.

#### 사. 관능검사

Table 28는 270℃에서 일정하게 팽화된 스낵의 척도묘사분석결과이다. 기호성은 감자전분을 1:2로 배합한 시료중 삼입량이 3g이고 팽화시간이 5초인 시료가 8.00으로 가장 높은 수준을 나타내었고, 닭고기와 옥수수전분을 3:1로 배합한 시료 중 삼입량이 2g이고 팽화시간이 5초인 시료의 경우 그 다음으로 높은 수준을 나타내었다. 쓴맛은 닭고기:옥수수전분(1:2)로 배합한 시료중 5초동안 팽화한 시료의 경우 가장 낮은 수치를 보였으며 대체로 닭고기 배합률이 높을수록 쓴맛이 높았다. 탄맛의 경우 가장 낮은 수치를 보인 시료는 쓴맛과 동일하였고 쓴맛과 마찬가지로 대체로 닭고기의 배합이 높을수록 높은 수치를 나타내었다. 바삭거리는 정도는 4.58 ~ 6.83범위에서 시료별 큰 차이는 없었다. 풍미와 mealy의 경우도 마찬가지로 시료별 큰 차이가 없는 것으로 나타내었다. 쓴맛과 기호성과 쓴맛, 탄맛, 바삭거리는 정도 그리고 풍미는 모두 0.1%에서 유의성이 있었다. Table 29는 280℃에서 일정하게 팽화된 스낵의 척도묘사분석결과이다. 닭고기와 옥수수전분을 1:2로 배합하여 3g삼입한 시료의 경우 기호성에서는 가장 높은 수준을 나타내었고, 쓴맛에서는 가장 낮은 수치를 나타내었다. 탄맛은 옥수수전분을 1:1로 배합하여 3g 삼입한 시료가 가장 낮은 수준을 보였고, 닭고기와 감자전분을 2:1로 배합하여 2g 배합한 시료의 경우 바삭거리는 정도가 가장 높은 수준을 나타내었다. 6가지의 항목중 기호성, 쓴맛, 탄맛, 바삭거리는 정도 및 풍미는 모두 0.1%수준에서 유의성을 나타내는 것으로 관찰되었다(P <0.001).

Table 28. Descriptive analysis with scaling of popped snack(270 °C)

m <sup>a</sup>	t <sup>b</sup>	treat-ment	1:1 (2g)	1:1 (3g)	1:2 (2g)	1: 2 (3g)	2:1 (2g)	2:1 (3g)	3:1 (2g)	3:1 (3g)	
C <sup>a</sup>	5	AP <sup>1***</sup>									
		BI <sup>2***</sup>	5.92±2.02	4.08±2.27	3.33±2.10	4.50±1.88	4.250±1.54	3.25±1.29	7.58±1.78	5.58±1.73	
		BU <sup>3***</sup>	3.82±1.47	2.83±1.40	4.00±1.48	2.50±2.15	3.083±2.11	3.58±2.23	3.67±3.11	3.83±3.13	
		CR <sup>4***</sup>	4.17±2.33	3.75±1.48	3.67±1.97	2.75±2.53	3.666±2.61	3.50±2.32	3.58±3.06	3.67±2.87	
		FL <sup>5***</sup>	5.92±1.56	5.42±1.51	4.58±2.35	5.42±2.23	6.833±1.47	5.83±1.64	6.00±2.34	5.83±2.48	
		ME <sup>6***</sup>	4.17±1.34	3.75±1.42	3.58±1.83	4.25±2.05	4.583±2.02	4.00±1.41	5.08±2.15	4.50±2.68	
	7	AP <sup>1***</sup>	3.92±2.35	3.17±1.95	4.83±2.82	4.25±3.00	4.250±2.14	3.67±1.87	3.50±3.21	3.67±2.81	
		BI <sup>2***</sup>	5.83±1.85	5.50±2.32	5.67±2.53	3.83±2.41	4.500±1.57	5.25±1.60	5.58±1.73	7.33±1.97	
		BU <sup>3***</sup>	3.00±1.60	3.00±1.91	2.33±1.72	2.33±1.67	2.833±1.53	2.75±1.48	3.83±3.13	4.33±2.10	
		CR <sup>4***</sup>	3.67±1.83	3.00±2.00	2.67±2.27	2.75±2.34	2.833±1.40	2.58±1.16	3.67±2.87	4.33±1.67	
		FL <sup>5***</sup>	5.17±1.80	5.83±1.40	5.25±2.63	4.92±2.02	5.500±1.57	5.75±2.01	5.83±2.48	5.33±2.19	
		ME <sup>6***</sup>	4.42±1.83	4.17±1.95	5.00±2.45	4.08±1.93	4.083±1.56	5.08±2.07	4.50±2.68	4.42±2.39	
	P <sup>b</sup>	5	AP <sup>1***</sup>								
			BI <sup>2***</sup>	6.50±2.02	4.67±1.30	7.08±1.83	8.00±1.65	4.50±1.51	4.58±1.56	4.25±1.54	3.67±1.15
BU <sup>3***</sup>			2.75±1.96	2.58±1.78	1.67±0.78	1.75±0.62	3.42±2.50	3.75±2.49	2.83±1.27	4.08±2.19	
CR <sup>4***</sup>			3.00±2.09	2.25±1.42	1.50±1.00	1.67±0.89	4.00±2.09	4.15±1.85	3.33±1.67	5.08±1.98	
FL <sup>5***</sup>			5.17±1.64	6.58±1.68	5.25±2.30	5.83±2.17	5.67±1.78	4.92±1.68	5.42±1.98	4.83±2.12	
ME <sup>6***</sup>			5.25±1.86	5.25±1.54	5.83±2.21	4.25±2.01	3.50±1.62	4.33±1.83	4.00±2.22	4.25±2.45	
7		AP <sup>1***</sup>	4.08±2.71	3.25±1.86	5.17±2.98	5.08±2.39	5.00±2.34	2.83±1.53	4.67±2.61	4.25±2.42	
		BI <sup>2***</sup>	6.08±1.62	5.67±1.78	7.17±1.95	5.25±2.26	4.58±1.56	5.25±1.71	3.75±1.29	3.42±1.08	
		BU <sup>3***</sup>	2.67±1.23	3.42±1.62	2.58±1.83	2.25±1.06	3.33±1.15	4.33±1.87	3.50±1.98	4.00±1.60	
		CR <sup>4***</sup>	2.33±1.44	3.50±1.78	2.67±1.72	2.25±0.87	3.83±1.59	5.25±2.56	3.58±1.62	4.50±1.68	
		FL <sup>5***</sup>	5.33±1.83	6.08±1.68	5.00±1.35	5.33±1.56	4.67±1.83	5.33±1.44	5.17±1.64	5.42±2.07	
		ME <sup>6***</sup>	5.50±1.68	4.83±2.25	5.50±2.15	5.42±2.20	3.58±2.31	4.00±2.13	3.50±1.73	4.08±2.23	
			4.33±2.57	4.75±2.56	5.17±2.66	5.33±2.74	3.92±2.11	4.58±2.27	4.08±2.23	3.83±2.69	

<sup>a</sup>: spent fowl meat:corn starch, <sup>b</sup>: spent fowl meat:potato starch.

°: mixture, \*\*: time(sec)

<sup>1</sup>: Apperance, <sup>2</sup>: Bitter, <sup>3</sup>: Burnt, <sup>4</sup>: Crispy, <sup>5</sup>: Flavor, <sup>6</sup>: Mealy.

\*\*\* Significant difference at 0.1%

Table 29. Descriptive analysis with scaling of popped snack(280°C)

m <sup>a</sup>	t <sup>bb</sup>	treat-ment	1:1 (2g)	1:1 (3g)	1:2 (2g)	1: 2 (3g)	2:1 (2g)	2:1 (3g)	3:1 (2g)	3:1 (3g)
		C <sup>a</sup>	5	AP <sup>1***</sup>	6.67±1.72	5.67±1.50	9.17±0.72	5.50±1.88	6.33±1.92	6.33±1.83
BI <sup>2***</sup>	3.42±2.31			2.58±1.44	3.08±1.68	2.00±1.21	3.42±1.38	3.42±2.43	4.17±2.95	4.25±2.53
BU <sup>3***</sup>	3.92±2.35			2.67±1.83	3.33±1.56	3.25±2.60	4.25±2.22	4.08±2.71	3.42±2.50	3.00±1.95
CR <sup>4***</sup>	4.92±1.98			6.17±2.21	5.75±2.14	6.75±1.86	6.33±1.87	6.92±2.27	5.42±2.35	5.33±1.83
FL <sup>5***</sup>	3.67±2.31			4.33±2.57	3.58±2.31	3.92±2.39	3.25±2.18	4.58±2.07	3.50±2.24	2.92±1.68
ME <sup>6***</sup>	3.75±2.90			3.42±1.93	3.75±2.22	3.42±2.69	3.42±2.07	3.75±2.70	4.33±2.90	3.75±2.53
7	AP <sup>***</sup>		5.00±1.76	7.83±1.59	8.25±1.48	8.42±0.91	4.17±2.44	4.48±1.83	4.42±2.19	3.67±2.23
	BI <sup>***</sup>		3.50±1.88	2.75±2.30	2.92±1.83	3.08±2.50	4.58±2.61	4.25±2.96	4.33±2.93	3.67±2.81
	BU <sup>***</sup>		5.67±1.83	3.75±2.53	3.58±2.31	3.50±2.50	5.08±2.78	4.75±2.73	4.83±2.72	3.75±2.63
	CR <sup>***</sup>		5.33±2.27	5.75±2.60	4.58±2.23	7.58±1.44	6.83±2.52	6.92±1.68	6.92±2.50	5.08±2.78
	FL <sup>***</sup>		3.08±1.51	3.75±2.34	3.17±2.04	4.08±2.23	3.83±2.52	4.33±2.50	3.08±2.02	3.08±1.68
	ME <sup>***</sup>		4.17±2.69	4.00±2.66	4.42±2.54	3.42±2.31	3.42±2.81	3.33±2.84	3.25±2.26	3.75±2.38

P <sup>b</sup>	5	AP <sup>***</sup>	6.83±1.99	-	-	-	3.08±1.38	-	4.08±1.88	-
		BI <sup>***</sup>	3.92±2.87	-	-	-	4.67±2.87	-	5.25±2.49	-
		BU <sup>***</sup>	3.92±2.81	-	-	-	5.33±3.14	-	6.08±2.87	-
		CR <sup>***</sup>	7.58±1.44	-	-	-	7.83±1.40	-	8.00±1.81	-
		FL <sup>***</sup>	5.08±1.78	-	-	-	5.08±2.71	-	3.92±2.75	-
		ME <sup>***</sup>	3.83±2.76	-	-	-	2.75±2.34	-	2.42±1.62	-
	7	AP <sup>***</sup>	5.92±1.88	-	-	-	4.00±1.60	-	2.75±1.48	-
		BI <sup>***</sup>	3.25±1.86	-	-	-	4.25±2.56	-	5.50±2.61	-
		BU <sup>***</sup>	3.42±1.93	-	-	-	5.33±2.84	-	6.42±2.61	-
		CR <sup>***</sup>	6.92±1.78	-	-	-	7.33±1.92	-	7.50±2.06	-
		FL <sup>***</sup>	4.67±1.67	-	-	-	4.17±3.04	-	3.83±2.25	-
		ME <sup>***</sup>	3.92±2.47	-	-	-	3.58±3.32	-	2.67±2.06	-

<sup>a</sup>: spent fowl meat:corn starch, <sup>b</sup>: spent fowl meat:potato starch

•: mixture, \*\*: time(sec).

<sup>1</sup>: Apperance, <sup>2</sup>: Bitter, <sup>3</sup>: Burnt, <sup>4</sup>: Crispy, <sup>5</sup>: Flavor, <sup>6</sup>: Mealy.

\*\*\* Significant difference at 0.1%

## 제 2절 팽화기를 이용한 성형제품개발

### 1. 연구내용 및 방법

1차년도 팽화기(Auto grill popping machine JT-04)의 조건에 따른 닭고기 성형성 변화규명과 신선노계정육과 곡류의 배합비에 따른 성형성을 확립하기 위하여 팽화온도(260℃, 270℃, 280℃)와 팽화시간(5초, 7초 10초) 그리고 팽화가 되지 않는 쌀가루를 제외한 전분가루(옥수수전분, 감자전분)별 성형성을 분석하기 위하여 각 조건별로 팽화하였다.

#### 가. 팽화스넵의 성형성확립

##### 1) 팽화스넵의 팽화조건과 배합비에 따른 조직형태관찰(전자현미경)

위와같이 팽화된 스넵의 팽화 정도와 각 팽화조건에 따른 성형성 그리고 노계정육과 곡류의 배합비에 따른 각각의 성분의 입자들의 형태를 분석하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 조직의 단면을 분석하였다. 팽화된 시료를  $0.5 \times 0.5 \times 0.2\text{cm}$ 의 직육면체가 되도록 수직으로 자른 후 양면테이프를 이용하여 specimen holder에 부착하고, 시료내에 수분을 제거하기위해 50℃ drying oven에서 24시간동안 건조하였다. 이 holder에 부착되어 건조된 시료를 ion sputtering device(JEOL JFC-1100E)에 넣어 gold-palladium으로 코팅한 후 scanning electron microscope(JEOL JSM-5410LV)을 이용하여 10KV,  $500\mu\text{m}$ 에서 50배로 조직을 관찰하였고, 필름은 Polaroid type 55( $4 \times 5\text{in}$ ,  $9 \times 12\text{cm}$ )을 사용하였다.

##### 2) 팽화스넵의 배합비별 전분과 고기입자의 형태관찰(광학현미경)

배합별로 전분과 고기입자가 팽화됨에 따라 각각의 변형된 형태를 관찰하기 위하여 ZEISS사(Germany)의 광학현미경(Model Axiophot)을 이용하여 분석하였고, 전분은 Lugol's stain방법을 이용하여 3g의 Iodine crystals과 15g Potassium iodide을 1000ml에 녹인 용액을 이용하여 염색하였고, 고기입자 즉 단백질의 염색은 Ponceau 2R-Periodic Acid(Gori, 1978)을 이용하여 40℃에서 염색을 하였다.

## 나. 최적배합비 확립

### 1) 최적배합비 확립을 위한 스낵제조

최적양념배합비를 위한 방법으로 팽화조건은 1차년도에 결정된 팽화온도 (180℃)와 팽화가열시간(5초)하여 스낵을 제조하였고, 산란노계와 전분의 배합비는 마찬가지로 1차년도에서 팽화율과 성형성이 우수하였던 1:1, 1:2, 1:3(산란노계정육:전분)의 원료배합을 이용하였다. 양념의 배합은 열탕처리된 산란노계육과 전분의 배합시 첨가하고, 양념의 종류는 닭고기의 맛을 내기 위한 양념으로 일반적으로 소비자들이 선호하는 맛으로 바베큐치킨 맛, 양념치킨 맛, 후라이드 치킨 맛, 볶은 치킨 맛, 백숙 맛의 양념을 몇가지 첨가량을 설정하여 양념배합에 이용하였고, 전형적인 닭고기의 맛을 향상시키기 위하여 소금, 설탕을 첨가량별로 분류하여 각각 첨가하였다. 양념의 첨가시 고른 배합을 위하여 혼합기를 이용하여 30분 동안 혼합하였다. 양념 첨가 후 배합된 혼합물은 펠릿으로 제조되는 데 이 단계에서 혼합된 배합물(산란노계정육과 전분, 양념)을 수분함량별로 각각 반죽하여 grinder를 이용하여 일정한 모양으로 제조하여 송풍건조하여 이용하였으며 펠릿제조시 제조효율과 각각 팽화제조된 스낵의 관능적인 특성을 비교분석하였다.

### 2) 최적배합비 확립을 위한 관능검사

최적 양념배합비를 설정하기 위하여 이렇게 제조된 스낵에 대한 관능검사를 실시하였다. 관능검사는 12명의 관능요원에 의해서 척도묘사분석법(descriptive analysis with scaling)을 실시하였고, 스낵의 탄맛, 쓴맛, 풍미, 기호성, 색을 분석요인으로 하였고, 각 양념배합비별로 제조된 스낵의 전체적인 느낌에 대하여 살펴보았다. 분석결과는 통계처리 프로그램인 SAS(1995) 프로그램을 이용하여 분산분석을 수행하였고, 평균간 유의성 검정은 Duncan의 Multiple range test로 처리간의 결과 차이를 분석하였다( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ,  $P < 0.001$ ).

2. 연구결과 및 고찰

가. 팽화기를 이용한 성형제품조직분석

1) 팽화기의 조건에 따른 닭고기 성형성 변화규명

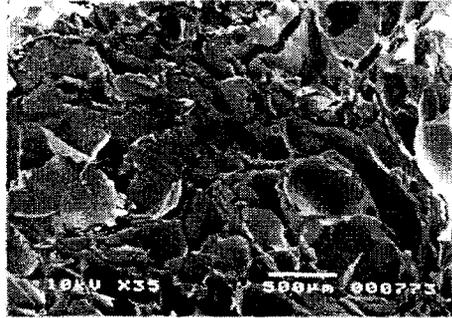


Fig. 1 Scanning electron micrograph of popped snack(a).

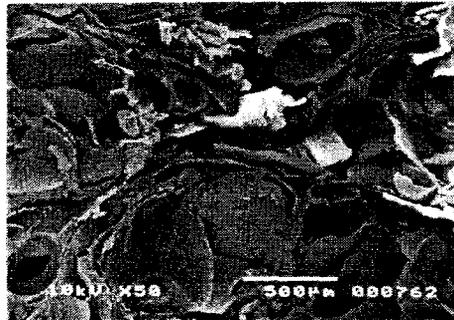


Fig. 2 Scanning electron micrograph of popped snack(b).

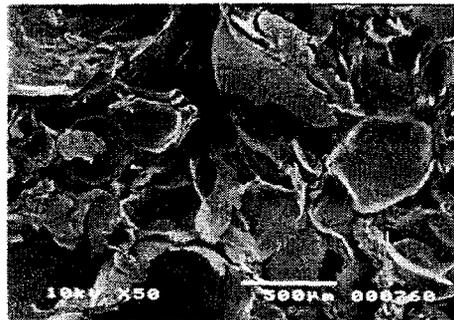


Fig. 3 Scanning electron micrograph of popped snack(c)

	배합비 (meat : potato starch)	가열온도(℃)	가열시간(초)	삼입량(g)
a	1 : 1	280	5	2
b	1 : 1	270	5	2
c	1 : 1	260	5	2

Fig. 1 ~ Fig. 3은 위에 나타난 표와 같이 나뉘어 관찰하였다. 닭고기:감자 전분의 배합비, 가열시간, 삼입량이 같은 조건인 시료를 이용하여 팽화시 각기 다른 가열온도가 팽화에 미치는 영향을 살펴보기위해 팽화된 시료의 단면을 나타내었다. 280℃의 가열온도 조건에서 팽화된 시료를 나타낸 Fig. 1을 살펴 보면 조직의 입자가 많이 팽화되지 않았고, 다른 가열온도 조건에 비하여 그 정도의 차이가 큰 것을 볼 수 있었다. 270℃의 가열조건인 경우에는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 그 입자의 팽화 정도가 280℃의 가열조건에서 보다는 크게 나타났지만 일부분은 그 입자의 크기가 일정하지는 않았다. 260℃의 가열조건에서는 다른 가열조건보다는 다소 입자가 고르게 팽화됐음을 알 수 있었다.

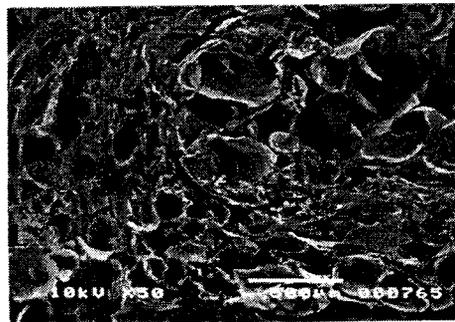


Fig. 4 Scanning electron micrograph of popped snack(a').

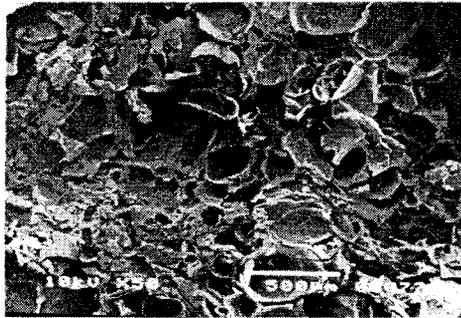


Fig. 5 Scanning electron micrograph of popped snack(b').

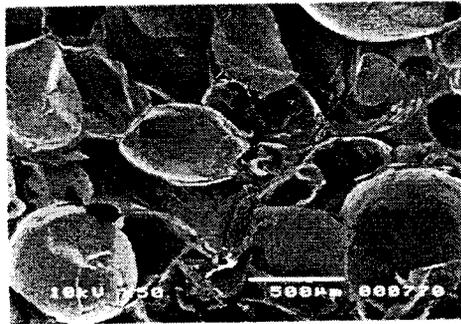


Fig. 6 Scanning electron micrograph of popped snack(c').

	배합비 (meat : corn starch)	가열온도(℃)	가열시간(초)	삼입량(g)
a'	1 : 1	280	5	2
b'	1 : 1	270	5	2
c'	1 : 1	260	5	2

Fig. 4 ~ Fig. 6은 위의 표와 같은조건에서 닭고기:옥수수전분으로 배합한 시료를 이용하여 가열조건이 팽화에 미치는 영향을 분석하기 위해 팽화된 시료의 단면을 나타내었다. 감자전분에서와는 다르게 옥수수 전분을 이용한 이

시료의 경우 260℃ 가열온도조건에서의 입자와 270℃ 가열온도조건에서의 입자의 팽화정도가 많은 차이를 나타내었다. Fig. 5와 Fig. 6을 살펴보면 270℃의 가열조건인 경우 입자의 50%정도가 고르게 팽화되지 않은 반면 260℃의 가열조건인 경우는 그 팽화된 입자의 크기가 크고, 일정하게 부풀어 졌음을 볼 수 있었다. 280℃의 가열온도조건인 경우는 시료의 전체는 일정한 모양으로 팽화되었지만 그 입자는 크게 팽화되지 않았음을 나타내었다. 팽화 조건에서 가열 온도 280℃이상의 높은 온도에서는 스낵의 전체모양은 일정한 형태로 성형은 되지만 그 입자가 고르게 팽화하지 못하는 것을 볼 수 있었고, 반면 260℃와 같은 낮은 온도에서는 그 입자의 팽화정도가 일정한 형태를 나타내었다. 결과적으로 전체적으로 성형된 상태는 280℃의 가열조건인 경우가 260℃에서 보다 더 나은 형태를 나타내었으나 280℃같이 높은 온도에서는 성형된 스낵의 조직이 다소 단단하여 260℃의 가열조건보다는 스낵의 바삭거리는 정도를 덜한 것으로 판단된다.

## 2) 신선노계정육과 곡류의 배합비에 따른 성형성 확립

아래의 표와 같은 형태로 처리구를 나누어 관찰하였다.

	배합비 (meat : corn starch)	가열온도(℃)	가열시간(초)	삽입량(g)
A	3 : 1	280	5	2
B	2 : 1	280	5	2
C	1 : 1	280	5	2
D	1 : 2	280	5	2
E	1 : 3	280	5	2

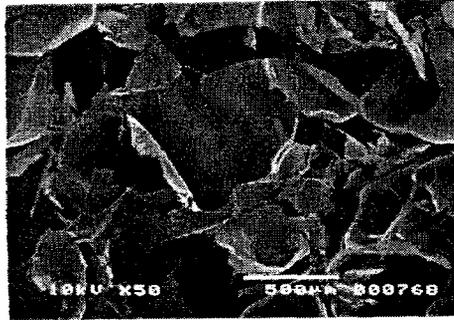


Fig 7. Scanning electron micrograph of popped snack(A)

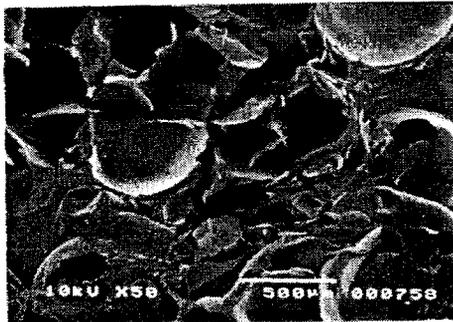


Fig. 8 Scanning electron micrograph of popped snack(B).



Fig. 9 Scanning electron micrograph of popped snack(C)

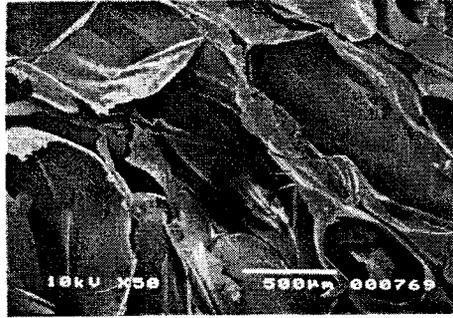


Fig. 10 Scanning electron micrograph of popped snack(D)



Fig. 11 Scanning electron micrograph of popped snack(E).

Fig. 7 ~ Fig. 11까지는 본 실험에 이용된 배합비중 닭고기 : 옥수수전분을 이용하여 동일한 팽화조건 즉 같은 가열온도, 가열시간, 삼입량에서의 각 배합비별 팽화된 스낵의 조직형태의 단면을 살펴본 결과이다. 각 배합비중 전분의 함량이 더 많은 1:2, 1:3 배합비의 경우 일정하게 팽화된 입자모양을 나타내었고, 고기와 전분의 함량의 배합비가 3:1, 2:1로 고기의 함량이 많은 스낵의 경우보다 팽화된 형태가 고르고 균일하였다. 고기 : 전분의 배합비율이 3:1인 스낵의 팽화정도를 나타낸 Fig. 7은 팽화된 입자 볼 수 있었으나 대체로 고르지 못하고, 각각의 입자간의 팽화정도가 일정하지 못한 것을 볼 수 있었다. 팽화된 스낵 내의 입자의 잘려진 단면에서 보이는 구멍이 클수록 팽화된 정도가 큰 것이라 말할 수 있는데 Fig. 8에서 보는 바와 같이 2:1로 배합된 시료의 경

우 그 입자의 단면에서 보이는 구멍이 Fig. 10과 Fig. 11에 나타난 입자보다 그 크기가 더 작았고, 전체적으로 팽화된 입자의 크기가 일정하지 않았다. 1:1로 배합된 시료는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 약 30% 정도 고르게 팽화된 입자의 형태를 볼 수 있었으나 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로의 대각선 모양으로 팽화가 고르지 되지 않은 입자를 볼 수 있었고, 그외 다른 부분의 입자 또한 일정하지 못한 형태로 팽화되었고 대체로 그 입자의 크기 또한 작은 형태로 나타났다.



Fig. 12 Scanning electron micrograph of popped snack(A').

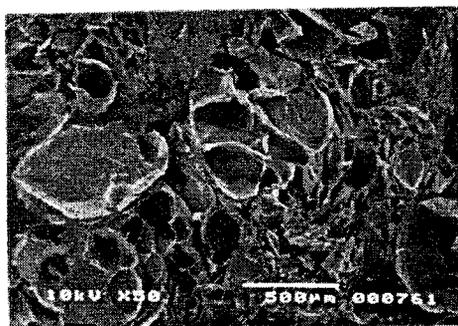


Fig. 13 Scanning electron micrograph of popped snack(B').

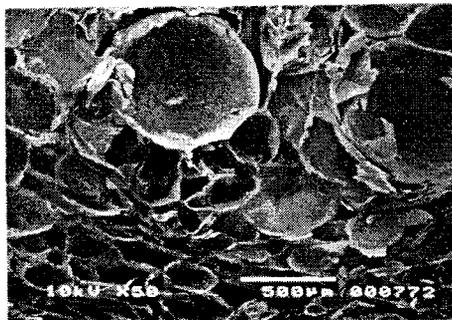


Fig. 14 Scanning electron micrograph of popped snack(C).



Fig. 15 Scanning electron micrograph of popped snack(D')



Fig. 16 Scanning electron micrograph of popped snack(E')

	배합비 (meat : potato starch)	가열온도(℃)	가열시간(초)	삼입량(g)
A'	3 : 1	270	7	2
B'	2 : 1	270	7	2
C'	1 : 1	270	7	2
D'	1 : 2	270	7	2
E'	1 : 3	270	7	2

Fig. 12 ~ Fig. 16은 위의 표와 같은 형태로 나누어 닭고기:감자전분을 이용하여 각 배합비에 따라 팽화된 시료의 단면을 통하여 변화된 조직의 형태를 나타내고 있다. Fig. 12의 경우 배합비가 3:1로 닭고기의 함유량이 더 많은 시료이다. 이는 전체적으로 다소 팽화된 형태이지만 입자가 고르게 팽화되지 않았고, 중간부분은 팽화된 입자 형태를 볼 수 없었다. Fig. 13에서 보는바와 같이 2:1(고기:전분)의 배합비로 혼합된 시료의 경우는 3:1의 형태로 배합된 시료보다 입자의 팽화된 정도는 더 높으나 그 크기는 평균적으로 작은 편이다. 고기:전분이 1:1로 배합된 시료는 3:1과 2:1로 배합된 시료에 비해 그 팽화된 입자의 크기가 더 컸으며, 평균적으로 큰 편은 아니지만 일정한 형태를 나타내었다. Fig. 16에서 보는 바와 같이 1:3의 배합비로 전분의 함량이 더 많은 시료의 경우 팽화된 입자의 크기가 다른 시료에 비해 가장 크게 나타났으나, 280℃에서 팽화된 1:3의 형태로 배합된 시료의 팽화된 정도 보다는 그 입자의 팽화정도가 일정하지 못했다. 결과적으로 배합비 중 전분의 양이 증가함에 따라 입자의 팽화된 정도가 고르게 됐음을 잘 나타내고 팽화된 입자의 크기도 증가됐음을 볼 수 있었다. 이를 통해 전분이 팽화하는데 많은 영향을 미치는 요인으로 예상된다.

### 3) 배합비별 각 성분입자의 팽화된 형태분석

Figure 17~21은 산란노계정육과 곡류의 배합비별 입자의 팽화됨에 따라 변형된 형태를 관찰하기 위하여 각각 성분별로 염색을 하여 광학현미경으로 관찰한 결과는 나타낸 것이다.



Figure 17. The micrograph of popping snack observed by optical microscopy.( starch  $\Rightarrow$  black, meat  $\Rightarrow$  red )

Figure 17은 3:1(meat:starch)의 배합비로 혼합된 시료를 팽화하여 이렇게 제조된 스낵의 단면을 관찰한 것으로 붉은 색을 띠고 있는 단백질 성분 즉 산란노계정육과 전분이 각각 팽화시 변형된 형태를 나타내고 있는 것으로 전체적인 팽화는 전분에 의해 이루어 졌고, 단백질의 고기 입자는 부분 떨어져 전분에 부착되어 존재하는 것이 관찰되었고, 사진에서 보이는 구멍은 팽화되어 부풀려진 부분으로 그 주위 또한 전분이 주로 존재하고 있는 것을 볼 수 있다.



Figure 18. The micrograph of popping snack observed by optical microscopy.( starch  $\Rightarrow$  black, meat  $\Rightarrow$  red )

Figure 18은 산란노계정육과 곡류가 2:1로 배합된 혼합물을 팽화하여 그 제조된 스낵을 단면을 각 성분별로 염색하여 광학현미경으로 관찰한 결과로 붉은색은 노계정육을 나타내고, 검은색은 전분을 나타내는 것으로 Figure 17과 같이 단백질성분인 노계정육이 부분부분 나뉘어 퍼져서 존재하고 있는 것을 볼 수 있으며, 팽화되어 부풀어 오른 입자의 주변에 전분이 많이 집중되어 있는 것을 볼 수 있다 .



Figure 19. The micrograph of popping snack observed by optical microscopy.( starch ⇒ black, meat ⇒ red )

Figure 19는 산란노계정육과 전분을 1:1로 배합된 혼합물을 팽화한 스낵의 단면을 나타낸 것으로 전분입자들은 높은 온도에서 팽윤되어 이 팽윤에 의해 부피가 팽창되는 데 이와 같은 현상으로 팽화과정에서 전분이 주 역할을 함을 알 수 있으며, Figure 19에서 보는 바와 같이 고기의 미세한 입자들은 전분이 팽윤될 때 고기 입자들의 파괴에 의해 조각조각 분산되어 있는 것을 볼 수 있다.

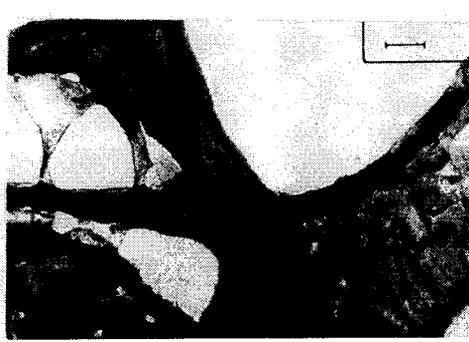


Figure 20. The micrograph of popping snack observed by optical microscopy.( starch  $\Rightarrow$  black, meat  $\Rightarrow$  red )

Fig. 20은 산란노계정육과 전분의 1:2의 비율로 배합된 혼합물을 이용하여 팽화한 스낵의 단면을 각 성분별 염색하여 관찰된 것으로 검은색을 띠는 전분은 팽화되어 부풀어 올라 생성된 구멍의 테두리 부분을 둘러싸고 있으며 부분 부분 뭉쳐있는 것을 볼 수 있으며 그 사이에 붉은색을 띠는 고기 입자가 조각으로 절단되어 전분입자 사이에 끼어 존재하고 있는 것이 관찰되었다.

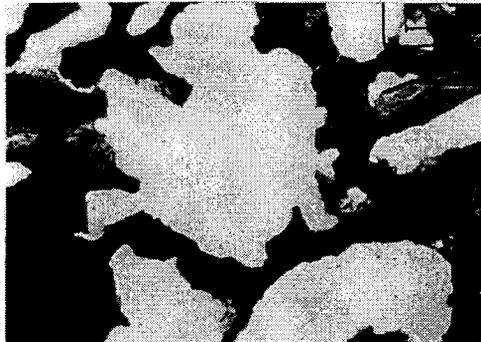


Figure 21. The micrograph of popping snack observed by optical microscopy.( starch  $\Rightarrow$  black, meat  $\Rightarrow$  red )

Figure 21은 산란노계정육과 전분이 1:3의 비율로 배합된 혼합물을 이용하여 팽화된 스낵의 단면을 각 성분별로 염색하여 관찰한 것으로 전분의 함량이 많음으로 거의 대부분이 검게 염색되어있는데 특히 전분은 팽윤에 의해 전분입자들의 파괴에 의한 부분적으로 파괴된 전분입자들의 존재의 증가에 기인하여 염색색소의 흡수능력이 증가한다. 고기의 함량이 적은양이기 때문에 붉은색으로 염색된 고기의 입자들은 다소 적게 나타난 것을 볼 수 있다.

#### 나. 최적배합비 확립

##### 1) 양념배합시 필요한 적정수분함량

최적의 양념배합비를 결정하기 위하여 먼저 양념을 첨가한 후 펠렛제조시 열처리로 인하여 양념 자체의 맛에 영향을 줄 수 있으므로 산란노계와 전분을 배합한 혼합물에 양념을 첨가하여 펠렛으로 제조하여 팽화된 스낵과 직접 수분을 조절하여 반죽한 혼합물을 grinder을 이용하여 일정한 입자로 만들어 팽화에 적절한 수분으로 조절하여 팽화된 스낵 이렇게 두가지로 나누어 비교분석하였다. 양념으로는 앞에서 서술한 바와 같이 일반적으로 소비자가 선호하는 맛을 중심으로 설정하였으며 이에는 후라이드 치킨 맛, 바베큐 치킨 맛, 양념 치킨 맛, 볶은 치킨 맛, 백숙 맛으로 나누어 첨가하여 제조하였고 각 양념들의 첨가량은 경제성을 고려하여 분말상태의 양념인 후라이드 치킨 맛, 바베큐 치킨 맛, 양념치킨 맛은 2%와 3%로 나누어 첨가하였고, oil상태의 볶은 치킨 맛, 백숙 맛은 분말상태의 양념보다 농도가 더 짙으므로 0.3%와 0.5%로 나누어 각각 첨가하였다. 1차년도 결과에서 살펴보았듯이 펠렛제조시 혼합물의 수분함량에 따라 제조효율이 크게 영향을 받는데 적정 수분함량은 17~2%로 나타났는데, 펠렛으로 제조된 경우와 직접 반죽한 혼합물의 경우 모두 그 수준은 비슷한 범위로 관찰되었다.

Table 30. The content of moisture of dough and the rate of product of particles using the dough.

수분함량(%)	30	35	40	45	50	55	60
반죽을 이용한 일정한 모형의 입자제조율(%)	22± 0.14	26± 0.42	88± 0.28	97± 0.00	83± 0.14	69± 0.22	43± 0.18

Table 31. The optimum content of moisture of particles mixed spices, spent fowl and starch(P <0.001)

samples		B (2%)	B (3%)	F (2%)	F (3%)	S (2%)	S (3%)	R (0.3%)	R (0.5%)	BO (0.3%)	BO (0.5%)
최적 수분 함량 (%)	펠렛으로 제조된 입자	17.11 ±0.22	18.32 ±0.13	19.10 ±0.35	17.51 ±0.40	19.16 ±0.08	18.41 ±0.16	20.20 ±0.28	18.10 ±0.42	19.60 ±0.28	18.40 ±0.00
	반죽을 이용 하여 제조된 입자	20.10 ±0.42	19.90 ±0.14	20.50 ±0.14	22.50 ±0.14	17.70 ±0.14	17.60 ±0.00	19.55 ±0.15	19.13 ±0.38	20.10 ±0.22	18.74 ±0.14

※ B: barbecued chicken, F: fried chicken, S: seasoned chicken, R: roasted chicken, BO: boiled chicken

## 2) 관능검사

최적의 양념배합비를 결정하기 위하여 각각의 양념의 종류와 첨가량에 따라 처리구를 나누어 관능검사를 통하여 분석을 진행하였다. 적정수분으로 조절된 알갱이를 이용하여 팽화된 스낵은 앞에서 서술한바와 같이 원료의 즉 산란노계와 전분의 배합시 양념을 첨가하는데, 특히 이 단계에서 첨가하는 이유는 첫 번째로 가장 잘 배합될 수 있는 단계이고, 두 번째로 일정하게 알갱이로 만들고 나서 즉 팽화과정 바로 전에 배합시 일정하게 고형화되어있는 입자에 양념은 고르게 첨가될 수 없고, 첨가한다 하더라도 양념의 일부분은 알갱이에 묻어 있지만 대부분 가라앉아 있게 되므로 경제적인 손실을 가져다 줄 것으로 판단되므로 양념의 첨가단계는 먼저 원료의 배합시 첨가하여 실험을 진행하였다.

Table 32, 33, 34는 산란노계와 전분의 배합비(1:1, 1:2, 1:3)에 따라 각각의 양

념의 종류별 첨가량별 관능검사결과를 나타낸 것이다. Table 32을 살펴보면 산란노계정육의 함량이 가장 많은 배합되었기 때문에 다른 배합비에 비해 탄맛과, 쓴맛정도가 대체로 가장 높게 나타났으며 바베큐 치킨 맛과 양념치킨맛의 경우 첨가량이 많아짐에 따라 스넥의 색이 짙게 나타났고( $P < 0.001$ ), 냄새의 경우 더 높게 나타났다( $P < 0.01$ ). 양념 첨가량이 많아짐에 따라 맛으로 인지할 수 있는 양념의 정도는 증가하지만 대체적으로 모든 양념이 그 자체적인 맛을 나타내기에는 약한 것으로 판단된다( $P < 0.05$ ). 펠렛과정을 통해 제조된 알갱이로 팽화된 스넥과, 직접 반죽으로 알갱이를 만들어 이를 팽화시킨 스넥은 관능요인중 특히 탄맛과 쓴맛이 차이가 나는데 펠렛과정을 통해 제조된 알갱이의 경우 펠렛제조시 마찰열에 의하여 다소 영향을 받기 때문에 열처리없이 제조된 반죽을 이용한 것보다는 탄맛과 쓴맛이 높게 나타나는 것으로 판단된다. 여러 가지 양념 중 가장 높은 선호도를 나타낸 것은 백숙(2%, 3%) 맛과 후라이드 치킨(2%, 3%) 맛이 높게 나타났으며 이는 자극적이지 않으면서 닭고기 특유의 맛을 전달해 주기 때문에 가장 많이 선호한 것으로 판단된다.

Table 33는 1:1의 원료배합비보다 펠렛제조과정을 거쳐 제조된 것과 반죽을 이용한 입자를 이용해 팽화된 것의 차이가 스넥의 색과 인지되는 양념정도, 탄맛의 경우 그 차이가 크게 나타났는데 특히 인지되는 양념의 정도(seasoning)의 경우 직접 반죽을 하여 제조된 입자는 열처리 없이 바로 생산되므로 첨가된 양념에 자체의 맛이 더 많이 인지될 수 있는 것으로 예상된다. 첨가된 양념 중 바베큐 치킨맛과 양념치킨 맛의 경우 다른 양념에 비해 탄맛이 많이 인지되는 것으로 나타났는데 이는 양념 자체의 맛에 열이 가해짐으로서 팽화된 스넥의 탄맛에 다른 양념들 보다 더 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 뿐만아니라 이 두 가지 양념의 경우 붉은 계열의 색이기 때문에 팽화후에는 갈색으로 변해 탄 것으로 인지할 수 있을 정도이기 때문에 다른 양념에 비해 특히 기호성이 낮게 나타나는 것으로 관찰되었다( $P < 0.001$ ). Table 34에서 보는 바와 같이 전분의 배합비가 가장 높은 혼합물을 팽화시킨 것이므로 다른 배합비를 가진 혼합물보다는 스넥의 성형성과 색이 가장 우수하게 나타났고, 탄맛과 쓴맛의 경우 가장 낮게 나타났다. 붉은맛의 경우 0.3%는 양념의 맛을 인지 할 수 없었고, 탄맛 또한 인지되지 않았으며 첨가량이 높은 0.5%의 경우 0.3%보다는 양념의 맛이 약간 인지되지만 붉은 맛의 독특한 풍미를 나타내기에는 부족하

다. 백숙 맛의 경우 다른 양념에 비해 그 맛이 순수하였고, 스낵 자체의 단백한 맛과 가장 잘 어울리는 것으로 나타났다. 후라이드 맛 또한 다른 양념에 비해 특히 0.5%로 첨가시 그 독특한 맛이 나며, 맛이 고소하여 스낵의 단백한 맛과 잘 어울리는 것으로 나타났다. 양념치킨 맛의 경우는 냄새는 고소하지만 인지되는 맛은 다소 느끼하고 팽화된 다른 스낵에 비해 갈색을 나타내는 정도가 가장 높아 기호성이 다소 낮은 수준을 나타내었다( $P < 0.001$ ). 볶은 맛과 백숙 맛의 경우 다른 양념에 비해 무색이므로 팽화된 스낵의 색이 가장 흐리게 즉 가장 연한 색을 나타냈다.

Table 34에서 볼 수 있듯이 볶은 맛과 백숙 맛은 다른 양념에 비해 낮게 나타났고, 탄맛과 쓴맛 또한 낮은 수준을 나타내었다. Table 32와 33에서 살펴본 것같이 1:1과 1:2의 배합비와 비슷한 경향으로 백숙 맛과 후라이드 맛이 그 기호성이 가장 높게 나타났으며 펠렛형태로 제조된 알갱이 보다 직접 반죽을 하여 제조된 알갱이를 이용하여 팽화된 스낵이 대체로 더 낮은 탄맛과 쓴맛을 나타내었고, 인지되는 양념의 정도도 더 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 관능검사결과 팽화기를 이용하여 스낵을 제조하므로 이때의 열이 양념의 맛에 영향을 미친다는 점을 알 수 있었다. 양념의 첨가량이 증가시킴에 따라 그 맛은 더 많이 인지되지만 무조건적으로 첨가량을 증가시키기 보다 경제적인 측면을 고려하여 닭고기가 함유된 제품을 제조하기 위한 것이므로 닭고기 특유의 맛에 대한 일정한 수준의 양념 첨가량을 설정하고, 그 맛을 좀더 향상시킬 수 있는 다른 양념들을 첨가하는 부분과 팽화된 스낵을 이용하여 겉표면에 첨가하여 그 맛을 더 향상시키는 부분 좀 더 계속적으로 연구해야 될 것으로 판단된다.

Table 32. The sensory test of seasoned and popped snack

(meat:starch=1:1).

	color***	appearance**	burnt***	bitter*	seasoning*	aroma**	flavor***	acceptability**	
P e l l e t	B2%	6.78±1.54	5.92±2.31 <sup>3)</sup>	3.83±1.03	2.53±1.73	1.88±1.11	3.58±1.56	4.58±1.78	4.56±1.62
	B3%	7.73±2.58	6.35±1.24	3.32±1.73	2.42±1.54	1.93±0.25	4.41±1.42	4.42±1.62	4.48±1.78
	F2%	5.32±1.35	6.50±1.86	2.16±1.13	2.13±1.47	1.43±0.75	4.45±2.19	5.76±1.78	5.21±2.17
	F3%	4.89±1.33	5.67±1.54	1.94±0.25	1.87±0.70	1.78±0.75	4.58±2.12	5.42±1.86	5.53±0.62
	S2%	5.13±2.02	6.73±1.68	5.44±2.23	2.46±1.41	2.13±1.78	3.39±1.08	5.46±1.54	4.57±1.65
	S3%	6.13±2.24	5.98±1.42	5.46±1.77	2.59±1.58	2.54±1.36	3.57±1.15	6.13±1.68	4.48±2.15
	R 0.3%	3.32±1.17	7.56±1.78	2.31±0.75	2.23±1.46	2.51±1.24	5.51±2.81	6.75±1.42	3.10±1.35
	R 0.5%	3.27±1.44	8.71±1.30	2.16±1.13	2.50±1.34	2.77±0.13	5.54±2.39	5.82±1.78	3.97±1.72
	BO 0.3%	2.51±1.47	7.73±2.19	1.79±0.75	1.50±0.57	1.56±0.57	4.03±2.19	7.56±2.19	6.57±1.83
	BO 0.5%	2.34±1.96	7.21±1.95	2.22±0.56	1.67±0.45	1.89±1.12	4.41±1.67	8.85±1.95	7.13±1.95
C o u g h	B2%	6.73±1.35	6.54±1.40	2.16±0.33	2.31±1.12	1.75±0.84	6.58±2.10	7.73±1.40	5.46±2.25
	B3%	6.95±2.52	5.48±2.00	1.36±0.46	3.44±1.43	2.24±1.06	5.78±1.97	7.48±2.00	5.12±1.78
	F2%	4.67±1.83	6.35±1.91	1.14±0.15	1.28±0.71	1.84±1.10	7.63±1.73	7.42±1.91	6.54±1.62
	F3%	4.42±1.60	7.23±2.32	1.26±0.73	1.58±0.54	2.25±1.20	7.75±1.78	7.75±2.32	6.68±1.78
	S2%	7.13±2.15	6.13±1.95	4.45±1.64	2.23±1.03	1.78±0.78	7.82±1.54	6.57±1.95	4.92±1.86
	S3%	6.67±1.87	5.78±1.42	4.99±2.72	3.11±1.33	2.26±1.47	7.80±2.11	6.78±1.42	4.58±1.54
	R 0.3%	2.67±1.81	7.15±1.51	2.16±1.10	1.34±0.98	2.46±1.58	6.50±2.61	4.34±1.51	3.89±1.68
	R 0.5%	2.15±1.58	6.97±1.48	1.94±0.41	2.15±0.78	2.10±1.21	6.75±1.47	4.72±1.48	3.46±1.42
	BO 0.3%	1.98±0.64	6.88±1.40	1.65±0.72	2.20±1.21	1.72±1.45	6.15±2.02	6.83±1.40	4.79±1.78
	BO 0.5%	2.75±1.34	6.47±2.27	1.87±0.37	1.88±0.30	1.88±1.58	5.83±2.14	6.82±2.27	5.16±1.30

<sup>1)</sup> 펠렛형태로 제조한 알갱이로 팽화된 스낵, <sup>2)</sup> 반죽을 제조된 알갱이로 팽화된 스낵

<sup>3)</sup> 0: very weak, not acceptable, 10: very strong, acceptable.

\* Significant difference at 5%. \*\* Significant difference at 1%.\*\*\* Significant difference at 0.1%.

※ B: barbecued chicken, F: fried chicken, S: seasoned chicken, R: roasted chicken, BO: boiled chicken

Table 33. The sensory test of seasoned and popped snack  
(meat:starch=1:2).

		color***	apperance**	burnt***	bitter*	seasoning*	aroma**	flavor**	acceptability***
P <sup>1)</sup> e l l e t	B2%	6.67±1.81	6.52±1.62 <sup>3)</sup>	3.32±1.38	2.54±1.75	1.52±0.73	3.68±1.47	5.43±1.81	4.48±1.61
	B3%	6.32±2.26	6.13±1.81	3.87±1.14	2.64±1.31	1.82±0.45	5.32±1.46	5.78±1.44	4.49±1.48
	F2%	4.50±1.68	6.54±2.49	2.15±1.38	1.77±0.92	2.46±1.13	4.66±1.55	6.75±2.50	6.03±1.49
	F3%	4.55±2.63	6.57±1.88	2.00±1.40	1.85±0.58	2.54±0.84	4.97±0.78	6.79±1.48	6.25±1.76
	S2%	7.78±2.23	6.13±2.18	5.46±1.34	2.46±1.17	2.03±0.76	4.14±1.25	5.87±1.99	4.56±1.51
	S3%	7.82±1.18	5.58±2.35	5.55±1.50	2.54±1.53	2.38±1.44	4.57±1.78	6.13±2.87	5.47±1.53
	R 0.3%	2.13±1.50	7.56±1.95	2.03±0.64	2.13±1.30	1.35±0.75	6.12±1.23	6.24±2.81	4.13±1.68
	R 0.5%	2.43±1.35	8.34±1.83	2.24±0.84	2.41±1.59	2.74±1.48	6.28±0.78	6.39±1.44	3.54±1.35
	BO 0.3%	1.87±0.90	7.77±1.68	1.15±0.61	1.46±0.34	2.17±0.75	5.13±1.68	7.16±1.78	7.54±1.43
	BO 0.5%	2.24±1.84	7.89±2.38	1.64±0.60	1.72±0.66	2.42±1.06	5.27±1.38	7.43±2.76	7.76±2.18
D <sup>2)</sup> o u g h	B2%	6.42±1.99	7.26±2.19	2.14±0.62	1.75±0.76	2.31±0.62	6.54±1.49	6.48±1.78	6.15±1.38
	B3%	6.87±1.92	6.13±2.35	1.56±0.81	2.21±0.83	2.58±1.87	6.82±1.88	6.44±1.67	5.89±2.21
	F2%	3.45±1.38	7.33±2.24	1.84±0.87	1.75±0.57	2.83±0.81	7.46±1.38	7.24±2.47	7.15±2.87
	F3%	4.43±2.71	7.43±2.90	2.10±0.49	1.84±0.51	2.97±1.75	7.87±1.87	7.33±1.25	7.48±1.88
	S2%	7.57±2.27	6.43±2.19	7.13±1.88	1.96±0.69	2.50±1.62	6.33±1.03	7.56±1.06	4.48±2.18
	S3%	7.68±1.87	6.11±1.93	7.55±2.87	2.84±1.38	2.53±1.48	6.54±1.67	7.84±1.87	4.59±1.44
	R 0.3%	2.31±1.21	7.33±1.72	2.13±0.84	1.95±0.87	1.72±0.61	6.41±2.48	4.45±1.38	3.97±1.76
	R 0.5%	2.54±1.68	7.15±2.50	2.44±0.92	1.57±0.64	1.83±1.06	6.57±2.57	5.13±1.14	3.33±1.23
	BO 0.3%	2.26±1.52	6.78±2.02	2.03±1.04	1.82±1.60	1.83±1.25	5.67±1.87	5.78±1.40	4.15±2.86
	BO 0.5%	2.44±1.54	6.13±2.26	1.97±0.32	1.92±0.92	1.94±1.06	5.73±1.66	6.19±1.71	5.46±1.73

1) 펠렛형태로 제조한 알갱이로 팽화된 스낵, 2) 반죽을 제조된 알갱이로 팽화된 스낵

3) 0: very weak, not acceptable, 10: very strong, acceptable.

\* Significant difference at 5%. \*\* Significant difference at 1%.\*\*\* Significant difference at 0.1%.

※ B: barbecued chicken, F: fried chicken, S: seasoned chicken, R: roasted chicken, BO: boiled chicken

Table 34. The sensory test of seasoned and popped snack  
(meat:starch=1:3).

		color***	appearance***	burnt***	bitter*	seasoning*	aroma***	flavor***	acceptability***
P e l l e t	B2%	5.32±1.72	6.63±2.31 <sup>3)</sup>	2.75±1.44	2.13±1.76	1.31±0.73	3.42±2.31	5.46±1.50	5.07±1.76
	B3%	7.13±1.50	6.68±1.44	3.46±1.93	2.76±1.88	1.75±0.35	4.92±1.98	5.58±1.32	5.34±1.88
	F2%	4.15±0.72	7.83±1.68	1.26±1.08	1.42±1.51	1.33±0.44	4.58±2.31	6.75±2.21	6.89±1.83
	F3%	4.34±1.88	7.45±1.21	1.42±1.21	1.68±1.14	1.89±0.78	4.77±1.91	6.95±2.60	6.99±2.27
	S2%	6.97±1.92	7.12±1.38	5.89±1.68	1.95±1.67	1.47±0.65	3.67±1.45	6.30±2.18	5.32±1.51
	S3%	7.27±1.83	6.67±2.43	5.58±1.48	2.24±1.60	1.99±0.82	4.41±2.57	6.67±2.53	5.48±2.23
	R 0.3%	1.50±0.71	8.50±0.71	1.02±0.13	1.50±0.04	1.05±0.16	5.50±0.48	6.50±0.25	5.00±0.03
	R 0.5%	1.53±0.70	9.00±0.13	1.55±0.14	1.50±0.71	3.50±0.38	6.50±0.26	5.50±1.75	4.58±2.07
	BO 0.3%	1.92±0.72	8.53±0.91	1.75±1.02	1.35±0.76	1.42±0.23	4.52±1.78	8.53±1.83	8.52±1.48
	BO 0.5%	1.08±0.56	8.98±1.52	1.43±0.44	1.67±0.23	1.92±0.45	5.67±1.83	9.02±2.50	9.24±2.95
D o u g h	B2%	5.58±1.99	7.58±1.44	1.53±0.44	1.17±0.39	1.92±0.44	6.83±2.52	7.58±1.87	6.83±1.99
	B3%	6.72±2.40	6.08±2.51	1.31±0.39	1.59±0.43	3.42±2.31	6.67±2.81	5.67±1.83	5.55±2.27
	F2%	3.58±2.31	7.83±1.59	1.27±0.23	1.51±0.39	1.75±0.44	7.75±2.18	7.62±2.25	7.07±2.18
	F3%	3.75±2.53	8.15±2.33	1.57±0.71	1.13±0.51	2.55±1.26	8.33±1.80	8.42±1.48	7.58±1.44
	S2%	7.78±2.53	6.72±2.72	6.93±1.99	1.87±0.73	1.72±0.84	6.72±0.73	6.53±1.78	5.54±2.74
	S3%	7.58±1.35	6.11±1.40	7.64±2.81	2.67±1.06	2.56±1.62	7.56±1.48	5.75±1.49	4.67±1.67
	R 0.3%	1.34±0.23	8.18±1.75	1.25±0.25	1.23±1.11	1.56±1.03	6.61±2.23	5.52±1.92	4.65±1.32
	R 0.5%	1.65±0.48	8.78±2.95	1.43±0.61	1.58±0.98	1.78±1.15	6.98±2.81	4.56±1.38	4.25±1.68
	BO 0.3%	1.97±0.95	7.97±1.83	1.51±0.33	1.67±1.07	1.99±1.97	5.53±2.63	6.72±1.21	5.33±2.23
	BO 0.5%	2.23±1.14	7.45±2.53	1.68±0.47	1.45±0.72	1.78±1.21	5.72±1.68	6.97±1.35	4.54±1.89

<sup>1)</sup> 펠렛형태로 제조한 알갱이로 팽화된 스낵, <sup>2)</sup> 반죽을 제조된 알갱이로 팽화된 스낵

<sup>3)</sup> 0: very weak, not acceptable, 10: very strong, acceptable.

\* Significant difference at 5%. \*\* Significant difference at 1%.\*\*\* Significant difference at 0.1%.

※ B: barbecued chicken, F: fried chicken, S: seasoned chicken, R: roasted chicken, BO: boiled chicken

# 제 3절 팽화 및 성형제품의 제조공정확립 및 저장성에 관한 연구

## 1. 연구내용 및 방법

### 가. 팽화 및 성형제품의 제조공정 확립

#### 1) 쌀가루(멥쌀, 찰쌀)를 이용한 팽화스낵 제조

1차년도에 실험하였던 쌀을 다른 방법을 적용하여 스낵을 만들어 전분과 비교분석하였다. 쌀은 멥쌀과 찰쌀을 이용하였고, 비교분석을 위하여 전분을 이용하였으며, 고기와의 배합비는 최적배합비로 설정된 1:3(고기:곡류)를 이용하였다. 제조방법은 멥쌀과 찰쌀을 가루상태로 만든 뒤 고기와 각각 설정된 배합비대로 배합을 한 뒤 적정 수분을 첨가하여 반죽을 하고, 전분 또한 같은 방법으로 고기와 배합하여 반죽을 하였다. grinder를 이용하여 반죽을 넣어 국수모양으로 나오도록 하여 일정한 입자형태로 만들고 수분함량을 17%로 맞춘 뒤 팽화하였다. 제조된 팽화스낵은 팽화정도를 분석하기 위해 밀도와 색, 전단력을 측정하였다. 밀도는 Bhattacharya등의 방법에 준하여 건조된 시료의 부피와 무게로부터 계산하였다. 부피는 팽화된 시료를 갈아서 number 6 sieve를 통과시키고 그 시료를 50ml cylinder에 고르게 담아 그 눈금을 읽는다. 이렇게 측정된 부피를 질량과 나누어 밀도를 측정하는데 한 시료당 3반복으로 하였고, 팽화된 시료의 익힌정도를 파악하기위한 색도측정은 색차계(Hunter tristimulus colorimeter, D25-A2)를 가지고 팽화된 시료의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 나타내었고 한 시료당 3반복으로 측정하였으며, 바삭거리는 정도를 측정하기 위한 절단 실험은 Warner Bratzler shear-compression type을 사용하여 팽화된 시료를 통과할 때 나타내는 힘을 Instron Universal Testing Machine(model 1000)으로 측정하였고 3회 반복실험의 평균값을 나타내었다. 이 때 기기의 작동 조건은 다음과 같다.

Cross head speed : 50 mm/min

Chart speed : 200mm/min

Max. force of the load cell : 50kg.force

## 2) 팽화에 이용되는 입자의 제조량

고기와 전분을 1:3으로 배합한 시료를 반죽하는데 이때 첨가되는 수분함량 중 grinder를 이용하여 펠릿모양으로 일정한 입자형태를 성형하는데 가장 많은 양의 입자형태를 제조할 수 있는지를 분석하였다. 수분함량은 40%, 45%, 50%, 55%로 분류하여 실험에 이용하여 성형된 입자 제조량을 측정하여 비교분석하였다.

## 3) 팽화시 최적의 수분함량

팽화하기에 가장 적절한 펠릿화된 시료의 수분함량은 확립하기 위하여 시료별 수분함량을 10%, 14%, 17%, 20%, 25%로 맞춘 후 팽화시킨 시료의 밀도를 측정하여 최적의 수분함량을 결정하였다.

## 4) 펠릿모양으로 성형화된 입자의 건조

펠릿모양으로 성형화된 입자를 팽화하기에 적절한 수분함량으로 건조하는 방법을 두가지로 나누어 이에 따라 팽화된 스펙의 전단력과 밀도를 측정하였다. 두가지의 건조방법은 성형화된 입자의 수분함량을 먼저 측정하여 팽화하기에 적절한 수분함량으로 일정한 시간 30℃에서 건조하였고, 다른 한가지 방법은 성형화된 입자를 완전건조하여 적정 수분함량을 전체적으로 골고루 분무하여 입자 내부로 고르게 수분이 조절 될 수 있도록 24시간 정도 실온에서 보관한 뒤 팽화에 이용하였다. 전자의 건조방법의 경우 건조시간을 설정하기 위하여 먼저 30℃에서 5분당 시료의 수분함량을 측정하여 적정수분함량을 조절하는데 필요한 건조시간을 설정한다.

## 5) 적정반죽시간

반죽시간에 따라서 즉 결정된 적정수분함량을 첨가한 반죽을 10분, 30분, 60분 동안 각각 반죽한 시료를 팽화하여 각각의 밀도를 측정하여 반죽시간별 팽화정도를 분석하여 적정반죽시간을 결정하였다.

## 6) 확립된 제조공정을 이용하고 각종 spice를 첨가하여 제조된 스펙의 관능검사

위의 방법에 따라 확립된 제조공정을 이용하여 여러 가지 spice를 각각 첨가

하여 척도묘사분석방법을 이용하여 관능검사를 실시하였다. spice종류는 카레, 파래, 닭고기 백숙맛, 닭고기 구운맛, 불고기맛, 달콤한 맛을 각각 첨가하여 스낵을 제조하였다. 카레는 시중에 유통하는 카레를 이용하여 배합된 시료량의 5%를 첨가하였고, 파래는 시중에 판매되는 파래를 건조하여 분말상태로 제조하여 배합된 시료량의 10%를 첨가하여 제조하였다. 닭고기 백숙맛과 구운맛은 (주)경희산업에서 제조판매하는 오일타입의 spice를 이용하여 시료량의 3%를 각각 첨가하여 배합하였고, 불고기맛은 산란노계를 불고기양념하여 열탕처리한 후 건조하여 분말상태로 제조하여 전분과 배합한 뒤 반죽하여 이용하였고, 달콤한 맛은 시중에 판매되는 감미료를 이용하여 시료량의 5%를 첨가하여 관능검사에 이용하였다. 척도묘사분석방법은 12명의 관능요원에 의해서 냄새, 바삭거리는 정도, 맛, 탄맛, 기호성을 조사하였고, 각 요인별로 낮음(slight), 보통(moderate), 강함(extreme)으로 나누어 각각에 1~3, 4~6 그리고 7~9의 점수를 주도록 하였다.

#### 나. 저장조건에 따른 품질변화규명

##### 1) Rosemary의 첨가량 결정

저장조건 향상을 위하여 rosemary를 적정량 첨가하여 첨가한 것과 첨가하지 않은 스낵의 저장조건별 품질변화를 분석하기 위하여, 먼저 rosemary 첨가를 설정하기 위한 삼점검사를 실시하였다. 오일타입 rosemary와 분말형태의 rosemary를 각각 첨가량별(고기중량의 0.04%, 고기와 전분의 전체 배합량의 0.05%, 0.1%, 0.2%)로 나누어 각각 첨가하여 관능적인 요인에 영향을 주지 않는 범위에서의 rosemary 적정량을 결정하였다. 삼점검사는 같은 두 시료와 다른 한 시료를 함께 주고 다른 것을 골라내는 방식으로 진행하여 rosemary함량별 관능적 분리 수준을 알아보려 하였다. rosemary를 첨가하지 않은 것(대조구)와 각 rosemary첨가량별로 각각 짝을 지어 총 10 짝을 비교하였다. 이중에 각 조합에서 시료간의 차이를 구분한 경우가 10이상인 경우에 한해서 식별강도를 구할 수 있었다. 각 식별강도는 낮음(slight), 보통(moderate), 많음(much), 매우 많음(extreme)에 각각 1, 2, 3, 4점을 주어 각각을 지목한 사람 수를 곱하고 이

것을 전체 맞춘 사람 수로 나누어 수식화 하였다. 선호도 조사는 두 종류의 시료 중 다른 하나를 구별할 수 있었던 검사요원의 결과만을 고려하여 맞춘 검사요원의 수를 나눈 값으로 표시하였다.

## 2) 저장기간동안 스낵의 품질특성변화

### 가) 시료준비

위의 실험결과 결정된 rosemary첨가량 0.2%를 팽화스낵 제조전 배합과정중에 첨가하여 팽화스낵을 제조하였다. rosemary를 첨가한 스낵과 첨가하지 않은 스낵으로 나누어 제조하였고, 저장실험을 하기 위하여 Multivac(A 300/16)을 이용하여 공기와 질소를 각각 일정량을 주입하여 포장하였다. 저장조건은 25℃의 온도와 70%의 습도로 저장하고 192일(6개월)동안 32일 간격으로 분석하였다.

### 나) 저장전 스낵의 일반성분 및 물리화학적, 미생물적 특성 분석

저장과정중의 스낵과 비교분석하기 위하여 저장전 rosemary를 첨가한 스낵과 첨가하지 않은 스낵을 분석에 이용하였다. 일반성분과 물리화학적 특성 중 색, 전단력은 앞에 1차년도 실험과 동일한 방법으로 분석하였고, 물리화학적 특성 중 수분활성도는 Novasina(TH-200)을 이용하여 측정하였고, 휘발성 염기태 질소(VBN)는 高坂(1975)의 방법에 의해서 측정하였다. 미생물은 APHA(1985)의 Swab contact method를 수정하여 시료에서 미생물을 채취하였다. 면적이 10cm<sup>2</sup>인 주형판을 이용하였다. 총균수는 시료액 1ml을 Aerobic Count Petrifilm™ (Microbiology Products 3M Health Care;AOAC, 1995)에 분주하여 37℃에서 2일간 배양한 후 균락수를 계수하였고, 대장균은 시료액 1ml을 대장균 Petrifilm™ (Microbiology Products 3M Health Care;AOAC, 1995)에 분주하여 37℃에서 2일간 배양한 후 균락수를 계수하였다.

## 2. 연구결과 및 고찰

### 가. 팽화 및 성형제품의 제조공정 확립

#### 1) 전분, 멥쌀, 찹쌀을 고기와 배합하여 제조된 팽화스낵의 품질비교분석

다시 조정되어 설정된 제조공정을 이용하여 1차년도에 팽화가 잘 되지 않았던 쌀을 멥쌀과 찹쌀로 나누어 팽화스낵을 제조하여 분석하였다. 밀도의 경우 수치가 높을수록 일정한 크기로 팽화가 된 것이고 그와는 반대로 낮은 수치는 팽화정도가 낮은 것을 나타낸다. Table 35에서 보는 바와같이 멥쌀과 찹쌀은 비슷한 수준을 나타내었으나 전분에 비해 그 수준은 낮게 나타나 전분과 고기의 배합이 가장 높은 팽화수준을 나타낸 것으로 나타났고, 전단력에서는 전분의 경우 가장 낮은 값으로 이는 가장 바삭거리는 것으로 나타났고, 색도 측정 결과에서는 전분과 고기의 배합이 가장 낮은 황색도를 나타냈으며, 명도는 높게 나타났다( $P < 0.001$ ). 결과적으로 멥쌀과 찹쌀은 1차년도 실험에서의 동일한 결과로 변형된 제조공정을 이용하여도 팽화정도가 낮고, 입자형태가 제대로 팽화되지 않아 조직감도 딱딱하고, 색 또한 갈색도가 높고 명도가 낮아 시각적으로 탄것처럼 보이므로 그 기호도가 떨어지는 것으로 판단된다.

Table 35. Density, shear force and color measurement of popping snack manufactured in mixtures of chicken meat and starch, nonglutinous rice and glutinous rice.

		Starch	Nonglutinous rice	Glutinous rice
Density <sup>***</sup>		0.26 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.03 <sup>c</sup>
Shear force <sup>***</sup>		12.16 ± 5.07 <sup>c</sup>	17.2 ± 3.55 <sup>b</sup>	18.0 ± 2.24 <sup>a</sup>
Color	L* <sup>***</sup>	64.25 ± 2.77 <sup>a</sup>	51.18 ± 2.43 <sup>b</sup>	50.67 ± 1.34 <sup>c</sup>
	a* <sup>***</sup>	3.85 ± 0.35 <sup>c</sup>	9.24 ± 0.31 <sup>a</sup>	8.36 ± 0.82 <sup>b</sup>
	b* <sup>***</sup>	10.11 ± 0.35 <sup>c</sup>	15.03 ± 0.19 <sup>a</sup>	14.29 ± 0.27 <sup>b</sup>

<sup>\*\*\*</sup> :  $P < 0.001$

<sup>a, b, c, d</sup> Means ± SD with different superscripts in the same row are significantly different

2) 펠렛모양으로 성형화된 입자의 최대 제조량과 최적의 제조를 위한 고기와 전분의 배합물의 반죽의 최적 수분함량

고기와 배합하는 전분은 첨가되는 수분함량에 따라 펠렛모양으로 성형화된 입자의 제조량의 차이가 크게 나타나는데 특히 수분함량이 전분이 제한 흡수 정도를 초과하면 제대로 반죽이 되지 않고 이 반죽의 형태로 입자성형시 성형된 입자끼리 다시 엉겨붙게 되어 고기와 전분을 반죽하는데 있어 첨가되는 수분의 양은 매우 중요하다.

Table 36에서 보는 바와같이 첨가되는 수분함량별 성형되는 입자의 제조량은 50%의 경우 가장 높은 제조량을 나타내었다. 40% 수분첨가량의 경우는 어느 정도 반죽은 되지만 입자성형시 수분함량이 부족하여 입자제조기 내부에서 뭉쳐 손실량이 많았고, 55%수분첨가량은 입자성형시 입자제조기에서는 입자가 일정하게 성형되어 나오지만 다시 입자 끼리 엉겨붙거나 성형된 형태가 흐트러져 이에따른 손실량이 높게 나타났다(P <0.001).

Table 36. Comparison of yield of particle manufactured with dough added several moisture contents

	40%	45%	50%	55%
제조량*** (총배합량을 기준으로 한 %)	68.01% ± 0.26 <sup>c</sup>	79.45 ± 3.15 <sup>b</sup>	93.11 ± 2.64 <sup>a</sup>	61.28 ± 1.23 <sup>d</sup>

\*\*\* : P <0.001

<sup>a, b, c, d</sup> Means ± SD with different superscripts in the same row are significantly different

3) 최적 팽화를 위한 펠렛모양으로 성형화된 입자의 최적수분함량

팽화를 하는데 있어 팽화조건도 중요하지만 팽화에 이용되는 원료의 수분함량 또한 중요한데 Table 37에서 보는 바와같이 약간의 수분함량의 차이에 있어서도 이에 따른 팽화스넵의 밀도가 크게 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다. 특히 17%의 수분함량의 경우 가장 높은 팽화정도를 나타내었고, 다른 수분함량에 비해 일정하게 팽화스넵모양을 나타내었다.

Table 37. Comparison of density of popping snack manufactured by various moisture contents

	10%	14%	17%	20%	25%
Density***	0.11±0.01 <sup>c</sup>	0.12±0.005 <sup>d</sup>	0.29±0.03 <sup>a</sup>	0.17±0.03 <sup>b</sup>	0.14±0.10 <sup>c</sup>

\*\*\* : P <0.001

<sup>a, b, c, d</sup> Means±SD with different superscripts in the same row are significantly different

4) 펠렛화된 시료의 팽화를 위한 적정 수분함량으로 건조하기 위한 방법 확립  
 3)의 항목에서 결정된 펠렛모양으로 성형하는 입자의 팽화하기 위한 적정 수분함량인 17%로 제조하기 위하여 이에 대한 건조 방법을 두 가지로 나누어 각각의 효율을 살펴보았다. Table 38에서 보는 바와 같이 완전 건조후 적정수분함량(17%)을 고르게 분무하여 수분함량을 조절하는 방법(B)의 경우 밀도가 높게 나타나 팽화스넵제조시 더 팽화정도가 높게 나타난 것으로 관찰되었다(P <0.001). 이는 건조시간을 조절하여 적정수분함량을 적정하는 방법(A)의 경우는 B의 방법보다 성형된 입자내 적정수분함량이 고르게 분포하지 못하기 때문에 이와같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

Table 38. Comparison of shear force and density of popping snack manufactured by two doughing methods

	A <sup>1)</sup>	B <sup>1)</sup>
Shear force	17.90±3.04	18.65±2.11
Density***	0.20±0.04 <sup>b</sup>	0.27±0.16 <sup>a</sup>

\*\*\* : P <0.001

<sup>a, b, c, d</sup> Means±SD with different superscripts in the same row are significantly different

<sup>1)</sup> A: 건조시간을 조절하여 적정 수분함량으로 건조

B: 완전건조 후 적정수분함량을 분무하는 방법

5) 반죽시간에 따른 시료의 팽화정도 비교분석

전분과 고기의 반죽을 반죽하는 시간에 따라 그 팽화스넵의 팽화정도가 다르게 나타나는데 Table 39에서와 같이 전단력과 밀도 측정결과 반죽하는 시간이 길어질수록 팽화된 스넵의 바삭거리는 정도는 높게 나타났고, 팽화정도도 가장 우수하게 나타났다. 반면 본 실험결과 60분 초과시 반죽의 수분함량이 반죽을 하면서 수분이 조금씩 증발하여 반죽이 펠렛모양으로 입자성형을 하는데 효율이 감소하는 것으로 나타났다. 이에 반죽시간은 40~60분 정도가 가장 적당한 것으로 판단된다.

Table 39. Comparison of shear force and density of popping snack manufactured by doughing times

	10분	30분	60분
Shear force <sup>***</sup>	15.9±0.22 <sup>a</sup>	12.6±0.28 <sup>b</sup>	11.0±0.18 <sup>c</sup>
Density <sup>***</sup>	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.21±0.02 <sup>b</sup>	0.27±0.07 <sup>a</sup>

\*\*\* : P <0.001

<sup>a, b, c, d</sup> Means±SD with different superscripts in the same row are significantly different

6) 여러 가지 Spice별 첨가시 제조된 팽화스넵의 관능검사결과

Table 40은 몇가지 spice첨가별로 제조된 팽화스넵의 척도묘사분석결과를 나타낸 것으로 가장 주목할 만한 것은 불고기맛의 경우 기호도와 맛, 바삭거림, 정도가 가장 높게 났으며 그 맛 또한 다른 처리구에 비해 가장 강한 것으로 나타났다. 불고기맛 스넵은 반죽제조시 spice를 일정량 첨가한 다른 처리구와는 달리 spice를 첨가하지 않고, 원료육에 직접 양념을 하여 이를 원료육으로 건조분말로 제조하여 전분과 배합하여 반죽하여 제조된 것으로 관능요원들의 종합적인 평가에 따르면 닭고기 맛이 다른 처리구에 비해 다소 높게 나타났으며, 일반 시중 유통되는 spice첨가한 스넵과 비슷한 맛을 나타내었다. 불고기맛 스넵 다음으로는 카레맛 스넵이 그 기호도가 높게 나타났고, 파래맛 스넵 또한 다소 높은 수준의 기호도를 나타내었다. 반면 oil type의 닭고기 백숙맛과

구운 맛 스낵의 경우 맛의 정도가 약하게 나타났고, 이에 대한 기호도는 낮게 나타났다.

Table 40. Descriptive analysis with scaling<sup>1)</sup> of popping snack added several spices

	카레맛	파래맛	닭고기 백숙맛	닭고기 구운맛	불고기맛	달콤한맛
aroma	5.75±1.58	4.50±1.60	4.00±1.51	4.88±1.13	5.75±2.25	3.50±2.00
crispy	6.63±2.13	6.88±1.55	5.50±2.20	6.88±1.36	7.38±1.19	6.25±2.12
taste***	6.25±1.28 <sup>b</sup>	5.75±1.28 <sup>b</sup>	3.50±1.31 <sup>d</sup>	4.38±1.06 <sup>cd</sup>	7.75±0.89 <sup>a</sup>	5.00±1.31 <sup>bc</sup>
burnt	2.13±0.99	2.13±0.64	1.38±0.52	2.25±1.04	2.25±1.28	2.00±0.93
acceptability***	6.50±1.07 <sup>b</sup>	5.88±1.13 <sup>bc</sup>	3.75±1.04 <sup>d</sup>	5.00±1.60 <sup>c</sup>	8.00±0.76 <sup>a</sup>	5.25±1.28 <sup>c</sup>

\*\*\* : P < 0.001

<sup>a, b, c, d</sup> Means±SD with different superscripts in the same row are significantly different

<sup>1)</sup>Sensory scores were assessed on 10 point hedonic scale where 1=extremely bad or slight  
10=extremely good or much.

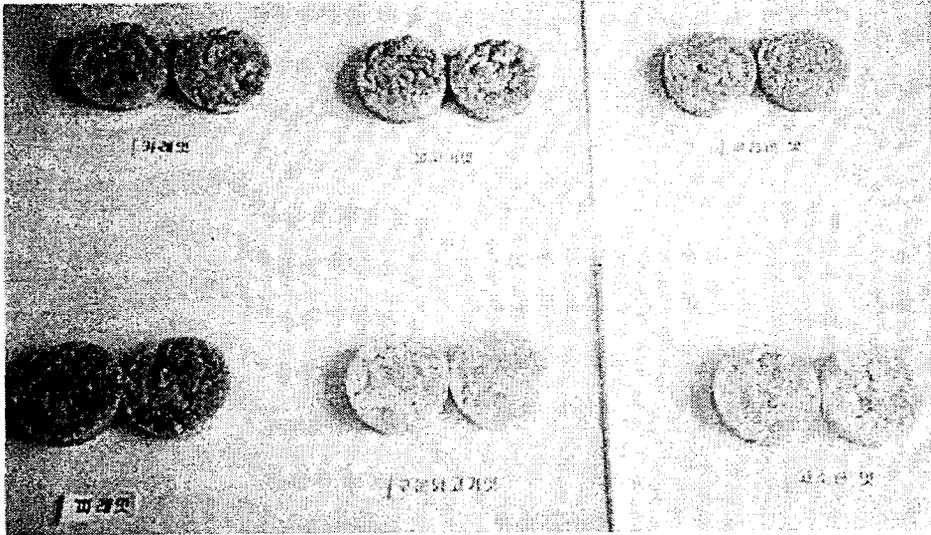


Figure 22. Popping snacks adding several spices

Figure 22에서 보는바와 같이 카레맛과 파레맛 스낵은 첨가된 각각의 spice의 색을 띠는 것을 볼 수 있으며, 전체적인 스낵의 팽화정도는 고르게 나타났고, 닭고기 구운맛과 백숙맛(고소한 맛) 스낵의 경우는 아무것도 첨가하지 않고 제조한 스낵과 유사한 색을 나타냈으며 이에 비해 달콤한 맛 스낵은 다소 갈색 정도가 보다 높게 나타났다.

#### 나. 저장조건에 따른 품질변화 규명

##### 1) 저장성 향상을 위하여 첨가되는 적정 rosemary의 첨가량 설정

Table 41은 저장성 향상을 위하여 첨가할 oil type의 rosemary의 첨가량을 결정하기 위하여 그 첨가량이 팽화스낵의 관능적인 특성에 영향을 미치지 않는 범위내에서 스낵에 첨가하기 위하여 삼점검사를 실시하였다. 그 결과 고기함량의 0.04%을 첨가한 시료와 전분과 고기의 배합 전체량의 0.1%를 첨가한 시료의 경우 아무것도 첨가하지 않은 시료에 비해 높은 기호도를 나타내었으며 식별강도는 다른 조합에 비해 낮게 나타나 아무것도 첨가하지 않은 대조구와 비

교시 맛에 차이에 크게 나타나지 않은 것으로 판단되어지며, 특히 가장 oil type rosemary첨가량이 높은 전분과 고기의 배합 전체량의 0.2%를 첨가한 시료와 대조구는 그 식별강도 또한 높지 않았으며, 기호도의 차이도 없는 것으로 나타나 직접적으로 식별할 정도로 맛의 차이가 느껴지지 않는 것으로 나타났다. Table 42은 분말형태의 rosemary의 첨가량에 따라서 관능적인 특성에 영향을 미치는 지를 살펴보기위한 것으로 그 결과 전분과 고기의 배합 전체량의 0.05%, 0.1% 첨가된 시료의 경우 대조구와 비교시 그 식별강도의 수준이 높게 나타나지는 않았으며 대조구에 비해 rosemary를 첨가한 시료가 더 높은 기호도를 나타내는 것으로 관찰되었다.

Table 41. Triangle test of popping snacks added rosemary of oil type

Pair(첨가량별)	Degree of difference	Acceptability
고기함량의 0.04%-대조구	2	1 : 0
전체량의 0.05%-대조구	1.67	1 : 2
전체량의 0.1%-대조구	1	3 : 0
전체량의 0.2%-대조구	1	1 : 1
고기함량의 0.04%-전체량의 0.05%	1.5*	3 : 1
고기함량의 0.04%-전체량의 0.1%	1.5	2 : 0
고기함량의 0.04%-전체량의 0.2%	2	1 : 1
전체량의 0.05%-전체량의 0.1%	1.5*	1 : 3
전체량의 0.05%-전체량의 0.2%	1.3	1 : 2
전체량의 0.1%-전체량의0.2%	1	0 : 2

\* Significant difference at 5%

Table 42. Triangle test of popping snacks added rosemary of power type

Pair(첨가량별)	Degree of difference	Acceptability
고기함량의 0.04%-대조구	2	1 : 1
전체량의 0.05%-대조구	1.5	2 : 0
전체량의 0.1%-대조구	1.67	2 : 1
전체량의 0.2%-대조구	1.67	1 : 2
고기함량의 0.04%-전체량의 0.05%	1.33	1 : 2
고기함량의 0.04%-전체량의 0.1%	1.8	1 : 4
고기함량의 0.04%-전체량의 0.2%	2	1 : 2
전체량의 0.05%-전체량의 0.1%	1.5	1 : 1
전체량의 0.05%-전체량의 0.2%	1.75	2 : 2
전체량의 0.1%-전체량의 0.2%	2.33	1 : 3

\* Significant difference at 5%

2) 저장조건에 따른 품질변화규명 및 저장성향상을 위한 양념배합비 규명  
 가) 저장 실험이전 스낵의 일반성분 및 물리화학적 품질요인분석

저장성 향상을 위하여 스낵제조시 rosemary를 첨가하여 이에 대한 효과를 첨가하지 않은 스낵과 비교분석하였다. rosemary첨가량은 이미 분석된 관능검사의 결과를 바탕으로 0.2%로 결정하였다. 아래 Table 43는 rosemary를 첨가한 것과 첨가하지 않은 스낵의 일반성분을 비교분석한 결과는 나타낸 것이다. 수분의 경우 rosemary를 첨가한 스낵이 더 높은 수준을 나타내었고, 조단백질과 조지방함량에서 유의적인 차이를 보였다(P < 0.01)

Table 43. A Proximate analysis of composition of popping snacks(%).

	Protein**	Fat**	Moisture	Ash	Carbohydrate
C	20.31 ± 0.36 <sup>b</sup>	12.76 ± 0.52 <sup>a</sup>	5.09 ± 0.16	5.30 ± 0.63	56.53 ± 1.18
R	21.56 ± 0.07 <sup>a</sup>	10.52 ± 0.26 <sup>b</sup>	5.25 ± 0.18	4.76 ± 0.38	57.92 ± 0.47

<sup>a, b, c</sup> Means ± SD with different superscript in the same column differ significantly.

\*\* : P < 0.01

C: Control, R: Adding 0.2% rosemary

Table 44은 저장실험을 하기 이전 팽화스낵의 미생물학적, 물리·화학적인 요인을 분석한 결과로 rosemary첨가한 것과 첨가하지 않은 것으로 나누어 비교 분석한 결과이다. 육색의 경우 rosemary를 첨가한 스낵이 첨가하지 않은 것보다 낮은 명도(L\* value)를 나타내었고, 전단력에서는 rosemary를 첨가하지 않은 스낵이 더 높은 수준을 나타내어 조직감이 약간 더 단단한 것으로 판단되었다. VBN(취발성비단백태질소)은 단백질의 변성 정도를 나타내는 것으로 P < 0.01수준에서 유의적이 차이를 나타내었다.

Table 44. A physicochemical and microbiological characteristic of popping snacks(0 day).

	Moisture (%)	Color			shear force (kg/cm <sup>2</sup> )	water activity (%)	VBN** (mg%)	Total plate counts** (Log <sub>10</sub> CFU/cm <sup>2</sup> )
		L	a	b				
C	5.09 ±0.16	60.48 ±3.5 6	1.73 ±0.4 1	13.80 ±0.7 1	233.00 ±87.47	0.38 ±0.04	9.50 ±0.30 <sup>b</sup>	4.00 ±0.00 <sup>a</sup>
R	5.25 ±0.18	56.41 ±1.0 9	1.31 ±0.3 0	12.24 ±1.3 4	211.67 ±87.52	0.36 ±0.01	10.09 ±0.00 <sup>a</sup>	2.33 ±0.58 <sup>b</sup>

<sup>a, b, c</sup> Means ± SD with different superscript in the same column differ significantly.

\*\* : P < 0.01

C: Control, R: Adding 0.2% rosemary

#### 나) 저장조건에 따른 저장성실험결과

저장성 향상을 위하여 rosemary를 첨가한 스낵과 첨가하지 않은 스낵의 포장 조건을 질소와 공기를 이용하여 각각 충전 포장을 하여 총 4개의 처리구를 이용하였고, 실온에서의 저장기간 동안 각각의 미생물학적, 물리화학적인 요인을 비교분석하였다. 아래 fig. 23은 rosemary를 첨가하지 않은 스낵을 질소충진포장한 것과 공기충진포장한 것, rosemary를 첨가한 스낵을 질소충진포장한 것과 공기충진포장한 것으로 나뉘어 저장기간동안 각 처리구의 수분함량의 변화를 실온에서 192일동안 분석한 결과이다. 전체적으로 저장기간동안 모든 처리구들이 증가 추세를 나타내고 있으며, 96일(P < 0.01)을 제외한 나머지 저장기간 동안 처리구간 각각 P < 0.001수준에서 고도의 유의차를 나타내었다. 식품공전에서 제시하는 스낵의 수분함량은 10%이하로 본 실험에서는 rosemary를 첨가하고 질소충진포장한 스낵의 경우 175일 약 6개월이후부터 10%이상의 수분함량을 나타내었고, rosemary를 첨가하지 않고 공기충진포장한 스낵의 경우 192일에도 10%이하의 수준을 보였다.

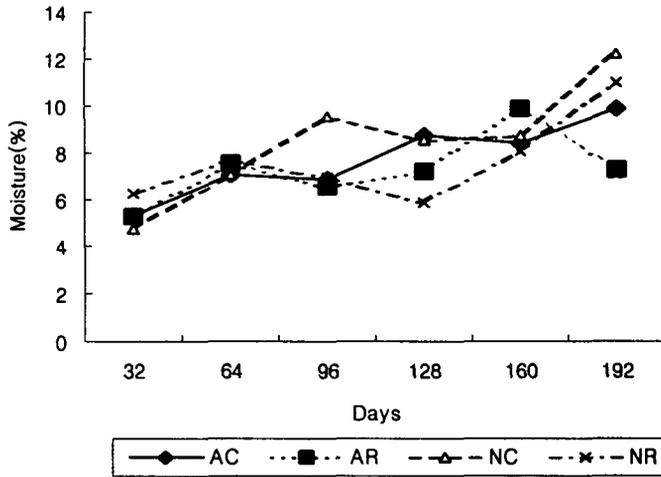


Figure 23. Moisture of popping snacks during storage at room temperature

Table 45는 실온에서 저장기간동안 팽화스낵의 수분활성도 변화를 분석한 것으로 수분함량과 비슷한 경향으로 전체적으로 저장기간동안 증가 추세를 보였고, 저장기간별 각 처리구간 고도의 유의적인 차이를 나타내었고( $P < 0.001$ ), 마찬가지로 각 처리구별 각 저장일수 간에서도 또한 고도의 유의적인 차이를 나타내었다( $P < 0.001$ ). Rosemary를 첨가하고, 공기충진포장한 팽화스낵의 경우 저장 32일째에는 가장 낮은 수분활성도 수준을 나타내었으나 저장 최종 192일째에는 가장 높은 수준을 나타내었다. 대체적으로 rosemary를 첨가한 스낵은 공기충진한 것과 질소충진한 것 모두 대체적으로 낮은 수준을 나타내었다.

Table 45. Water activity of popping snacks during storage at room temperature

days treats	32***	64***	96***	128***	160***	192***
AC***	<sup>A</sup> 0.42±0.01 <sup>d</sup>	<sup>C</sup> 0.43±0.01 <sup>c</sup>	<sup>B</sup> 0.42±0.01 <sup>d</sup>	<sup>B</sup> 0.44±0.01 <sup>c</sup>	<sup>C</sup> 0.47±0.00 <sup>b</sup>	<sup>C</sup> 0.54±0.00 <sup>a</sup>
AR***	<sup>B</sup> 0.34±0.01 <sup>d</sup>	<sup>B</sup> 0.48±0.04 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 0.42±0.01 <sup>c</sup>	<sup>C</sup> 0.39±0.01 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 0.50±0.01 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 0.60±0.01 <sup>a</sup>
NC***	<sup>B</sup> 0.37±0.04 <sup>d</sup>	<sup>C</sup> 0.43±0.01 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 0.46±0.01 <sup>bc</sup>	<sup>A</sup> 0.49±0.01 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 0.49±0.01 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 0.56±0.01 <sup>a</sup>
NR***	<sup>A</sup> 0.43±0.01 <sup>d</sup>	<sup>A</sup> 0.52±0.01 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 0.41±0.01 <sup>e</sup>	<sup>C</sup> 0.40±0.01 <sup>f</sup>	<sup>C</sup> 0.47±0.00 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 0.59±0.01 <sup>a</sup>

Table 46은 팽화스낵을 실온에서 저장하여 각 저장일별 전단력을 비교분석한 결과를 나타낸 것으로 저장일별 각 처리구마다 대체적으로 증가하는 추세를 보였다. Rosemary를 첨가한 팽화스낵의 경우 가장 낮은 수준을 나타내었으며 이는 조직감이 덜 단단한 것으로 바삭바삭함이 높은 것으로 판단되어지고, rosemary를 첨가하지 않고 공기충진한 것은 저장기간별 가장 높은 수준을 나타내었으며 이는 가장 그 조직감이 단단한 것으로 나타났다.

Table 46. Shear force of popping snacks during storage at room temperature

days treat	32	64	96	128	160	192
AC	235.33 ±45.76	265.33 ±12.66	292.33 ±25.42	357.67 ±76.51	306.33 ±75.83	340.00 ±116.43
AR	169.33 ±42.74	191.00 ±29.82	272.00 ±75.66	252.67 ±56.04	259.33 ±79.51	269.00 ±113.77
NC	165.67 ±40.20	264.67 ±48.01	294.00 ±117.58	278.33 ±107.29	342.33 ±26.39	292.33 ±50.14
NR	185.33 ±27.30	171.37 ±49.12	207.00 ±105.08	137.67 ±81.64	222.33 ±32.88	249.33 ±58.86

Table 47은 저장기간동안 팽화스낵의 총균수를 분석한 결과로 저장 32일을 제외하고는 거의 발견되지 않았고, 특히 rosemary를 첨가하지 않았고, 공기충진포장을 한 팽화스낵의 경우 저장기간 모든부분에서 나타나지 않았다. 이는 미생물이 성장하는데 선호하는 단백질과 지방과 같은 영양원과 수분의 함량이 낮아 미생물의 성장조건에 부적합하여 그 수가 거의 나타나지 않은 것으로 판단되어지며 192일의 저장기간동안 미생물이 스낵의 품질요인에 미칠 수 있는 악영향은 크게 문제 시 되지 않을 것으로 예상된다.

Table 47. Total plate count of popping snacks during storage at room temperature

days treats	32	64	96	128	160	192
AC	0±0	0±0	0±0	0±0.00	0±0.00	0±0.00
AR	1.33±2.31	0±0	0.33±0.58	0±0	0±0	0.67±1.15
NC	1.23±5.77	0±0	0±0	0.67±1.15	0±0	0±0
NR	0.67±1.15	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

Fig. 24는 저장기간동안 팽화스낵의 명도변화를 나타낸 것이다. 저장초기에는 모든 처리구가 비슷한 수준을 나타내었으나 저장기간동안 각 처리구별 유의적인 차이를 나타냈다(P < 0.05). 하나의 처리구가 저장기간동안 증감의 정도가 계속해서 나타난 것은 모든 처리구가 같은 팽화조건 즉 같은 팽화온도, 팽화시간에서 처리되었으나 명도의 변화는 공기조성의 차이가 약간의 영향을 미친 것으로 판단된다. 공기충진포장 중 rosemary를 첨가한 스낵의 경우 96일 이후 증감의 차이가 가장 크게 나타났다. Fig 25은 저장기간동안 팽화스낵의 적색도의 변화를 분석한 결과이다. rosemary를 첨가하지 않은 시료의 경우 공기충진포장과 질소충진 포장 모두 적색도의 변화정도가 크게 나타났으며, 저장초기에는 명도(L값)에서와 비슷한 경향으로 모든 처리구가 비슷한 수준의 적색도를 나타내었으나, rosemary를 첨가하고 질소충진포장을 한 시료를 제외한 나머지

시료들은 64일까지 증가하다가 128일까지 감소하는 추세를 나타내었다.

Fig 26은 저장기간 동안 팽화스낵의 갈색정도를 나타낸 것으로 L값의 그림과 비교하여 살펴본 결과 명도가 낮은 시점에서는 갈색도가 높게 나타났으며 반대로 명도가 높은 시점에서는 갈색도가 낮게 나타났다. 이는 명도가 낮을수록 어두운 정도가 높은 것으로 이는 갈색도가 높게 나타나는 것이 이에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 갈색도의 변화는 명도와 적색도에 비하여 저장기간동안 변화의 정도가 적게 나타났다.

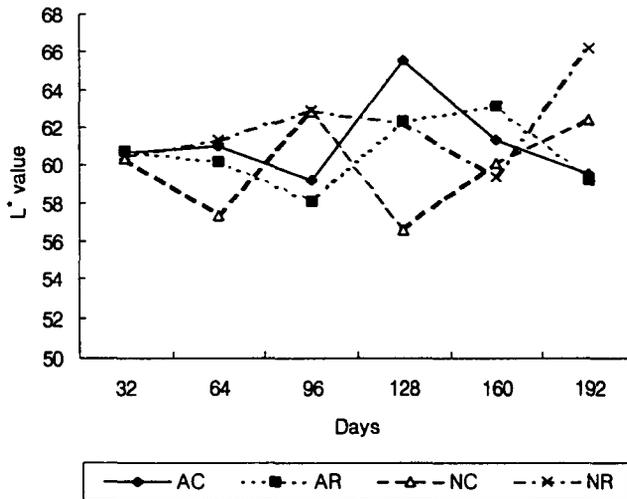


Figure 24. L\* value of popping snacks during storage at room temperature

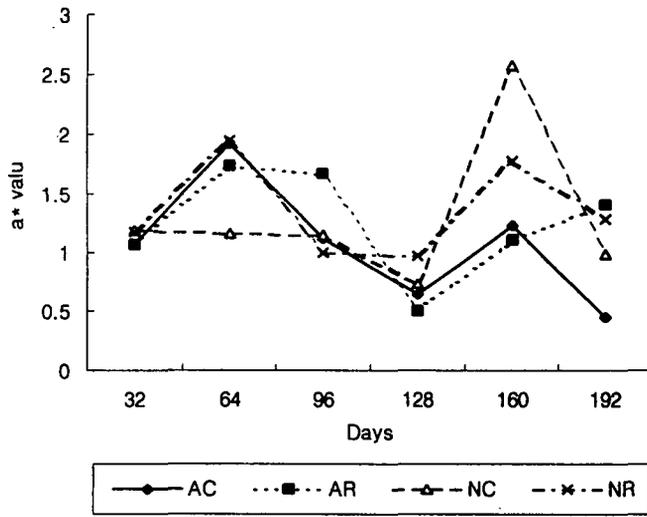


Figure. 25. a\* value of popping snacks during storage at room temperature

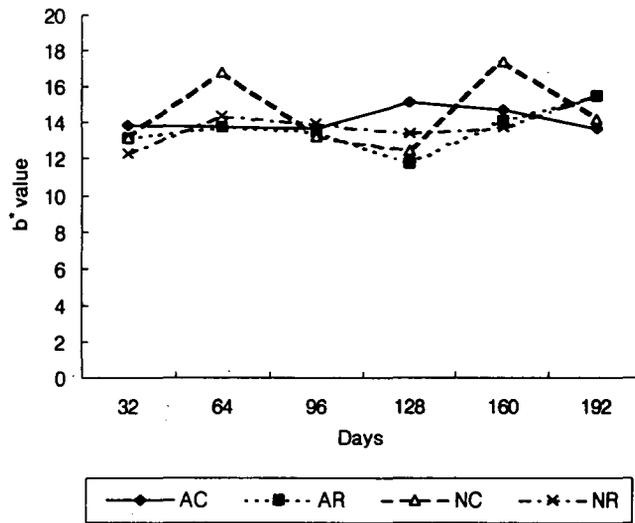


Fig. 26. b\* value of popping snacks during storage at room temperature

Fig 27는 저장기간동안의 팽화스낵의 VBN의 변화를 나타낸 결과이다. 저장기간 동안 단백질은 아미노산과 그 외에 여러 가지 무기태 질소로 분해가 되는데 이는 단백질의 가수분해에 따른 아미노산과 펩타이드의 증가에 의해서 휘발성 염기태 질소가 증가한다. 이 뿐만 아니라 adenosyl monophosphate(AMP)의 분해에 따른 암모니아의 생성과 nucleotide의 증가에 의해서도 영향을 받는다. Fig. 23에서 보는 바와같이 팽화스낵의 경우 수분의 함량이 낮으므로 단백질의 가수분해가 빠르게 진행되지 않으므로 저장기간동안 VBN의 변화 정도는 크게 나타나지 않았으나 서서히 증가하는 형태를 나타내었다. 각 저장일수별 처리구간에는 고도의 유의적인 차이를 나타내었다( $P < 0.001$ ). 특히 rosemary를 첨가하고 질소 충전 포장한 스낵은 저장기간동안 VBN의 증가형태가 다른 처리구에 비하여 다소 높게 나타났으나, 점진적으로 진행되어 그 수준은 높게 나타나지 않았다.

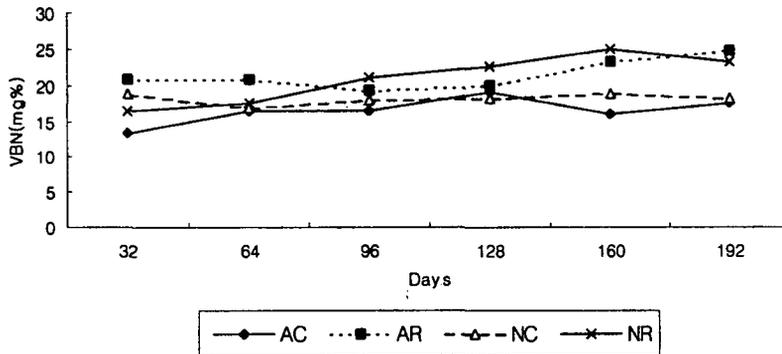


Figure 27. VBN of popping snacks during storage at room temperature

이상의 실험결과 저장성향상을 위하여 첨가한 rosemary의 경우 첨가하지 않은 것과 저장기간중 품질의 변화정도에 큰 차이를 나타내지 않았으며, 공기충진 포장방법과 질소충진포장 방법과 같이 저장조건에 따른 품질변화 또한 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 팽화스낵의 경우 수분함량이 낮게 함유하고 있으므로 저장기간동안 품질의 변화가 적고 각 조건별로 큰 차이없이 진행된 것으로 판단된다.

## 제 4 절 참고문헌

- A ready-to-eat breakfast cereal from food-grade sorghum. *Cereal. Chem.* 73(1): 108-114.
- Acton, J. C. 1973. Composition and properties of extruded, texturized poultry meat. *J. Food Sci.* 571 - 574
- Alvarez, V. B., Ofoli, R. Y. and Smith, D. M. 1992. Protein insolubilization and starch gelatinization of mechanically deboned chicken meat and cornstarch during twin-screw extrusion. *Poultry Sci.* 71:1087 - 1095.
- Alvarez, V. B., Smith, D. M., Morgan, R. G. and Booren, A. M. 1990. Restructuring of Mechanically deboned chicken and nonmeat binders in a twin-screw extruder. *J. Food Sci.* 55(4):942 - 946.
- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. and Griffin, E. L. 1969. Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Sci. Today*, 14(11):372.
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Arthur J. Maurer. 1979. Extrusion and texturizing in the manufacture of poultry products. *Food Tech.* 48-51.
- Asghar, A. and Henrickson, R. L. 1982. Chemical biochemical, functional and nutritional characteristics of collagen in food systems. *Adv. Food Res.* 28:231 - 371.
- Bailey, A. J., 1972. The basis of meat texture. *J. Sci. Food Agric.* 23:995 - 1007.
- Bawa, A. S., Orr, H. L. and Osborne, W. R. 1981. Enzymatic tenderization of spent white leghorn hens. *Poultry Sci.* 60:744 - 749.
- Binoy, K., Gogoi, Aaron J. Oswalt, and Gour S. Choudhury. 1996. Reverse screw element(s) and feed composition effects during twin-screw extrusion of rice-flour and fish muscle blends. *J. Food Sci.* 61(3):590 - 595.
- Box, G. E. P., W. G. Hunter, and J. S. Hunter. 1978. *Statistics for Experiments.* John Wiley and Sons, Inc., New York, p. 165.

- Chen, A.H., Larkin, J.W. Clark, C. J. and Irwin, W.E. 1979. Textural analysis of cheese. *J. Dairy Sci.* 62:901.
- Chinnaswamy, R. and Hanna, M. A. 1988. Optimum extrusion - cooking conditions for maximum expansion of corn starch. *J. Food Sci.* 53(3):834-840.
- Craig, S. A. S. and Stark, J. D. 1984. The effect of physical damage on the molecular structure of wheat. *Carbohydrate Res.*, 125;117.
- Cruzy Celis, L. P., Rooney, L. W. and McDonough, C. M. 1996. A ready-to-eat breakfast cereal from food-grade sorghum. *Cereal Chem.* 73(1):108 - 114.
- Dawson, P. L., Sheldon, B. W. 1993. Pretreatment Effects on the texture and integrity of aseptically processed chicken meat particulates. *Poultry Sci.* 72:968 - 978.
- Dawson, P. L., Sheldon, B. W., Miles, J. J. 1991. Effect of aseptic processing on the texture of chicken meat. *Poultry Sci.* 2359 - 2366
- Draudt, H. W., 1972. Changes in meat during cooking. *Proc. Recip. Meat Conf.* 25:243 - 249.
- Floros, J. D. and Chinnan, M. S. 1987. Optimization of pimiento pepper lye-peeling process using response surface methodology. *Transactions of the ASAE.* 30(2):560 - 565
- Folch, J., Lees, M., and Sloan-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from, animal tissues. *J. Bio. Chem.* 226: 497-507.
- Goll, D. E., Bray, R. W. and Hoekstra, W. G. 1963. Age associated changes in muscle composition. The isolation and properties of a collagenous residue from bovine muscle. *J. Food Sci.* 28:503 - 509.
- Gomez, M. H. and Aguilera, J. M. 1984. A physicochemical model for extrusion of corn starch. *J. Food Sci.* 49:40 - 44.
- H. S. Guraya, R. T. Toledo. 1994. Volume expansion during hot air puffing of a fat-free starch-based snack. *J. Food. Sci.* 59(3):641-643
- Jacek Kijowski and Morris G. Mast. 1993. Tenderization of spent fowl drumsticks by marination in weak organic solutions. *Int. J. Food Sci. Tech.* 28:337 - 342.

- Juliano, B. O. 1972. Rice, chemistry and Technology. AACC Inc., Minnessota. Cereal. Sci. Today. 14(1):4-12.
- Kim, M. H. and Toledo, R. T. 1987. Effect of osmotic dehydration and high temperature fluidized bed drying on properties of dehydrated rabbiteye blueberries. J. Food Sci. 52(4):980 - 984.
- King, V. A. E. and Zall, R. R. 1992. A response surface methodology approach to the optimization of controlled low-temperature vacuum dehydration. Food Res. Internal. 25:1-8.
- L. P. Cruzy Celis, L. W. Rooney, C. M. McDonough. 1996.
- Lee, T. G., Williams, S. K., Sloan, D. and Littell, R. 1996 Development and evaluation of a chicken breakfast sausage manufactured with mechanically deboned chicken meat. Poultry Sci. 76:415 - 421.
- Meuser, F., Klingler, R. W. and Niediek, E. A. 1978. Chracterization of mechanically modified starch. Staerke, 31;376.
- Morgan, J. B., Miller, R. K., Mendez, F. M., Hale, D. S. and Savell, 1991. Using calcium chloride injection to imprve tenderness of beef from mature cows. J. Anim. Sci. 69:4469 - 4476.
- Mottern, H. H., Spadaro, J. J. and Gallo, A. S. 1969. Cooking extrusion-expansion of rice. Food Technol., 23(3):169. Nakamura, R., Sekoguchi, R. S. and Sato, Y. 1975. The contribution of intramuscular collagen to the tenderness of meat from chickens with different ages. Poultry Sci. 54:1604 - 1612.
- Nurmahmudi and Sams, A. R. 1997. Tenderizing spent fowl meat with calcium chloride. 1. Effects of delivery method and tumbling.
- Nurmahmudi and Sams, A. R. 1997. Tenderizing spent fowl meat with calcium chloride. 3. Biochemical characteristics of tenderized breast meat. Poultry Sci. 76:543 - 547.
- Nurmahmudi, G. J., Veeramuthu, and Sams, A. R. 1997. Tenderizing spent fowl meat with calcium chloride. 2. The role of delayed application and ionic strength. Poultry Sci. 76:538 - 542.

- Oblinger, J. L., Janky, D. M. and Koburger, J. A. 1977. Effect of brining and cooking procedure on tenderness of spent hens. *J. Food Sci.* 42:1347 - 1348.
- Post, R. C. and Health, J. L. 1983. Marinating broiler parts: the use of viscous type marinade. *Poultry Sci.* 62:977 - 984.
- R. A. Anderson, H. F. Conway, V. F. Pfeifer, E. L. Griffin, Jr. 1969. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Poultry Sci.* 76:534 - 537.
- Rousselle, J. R., Katherine Seacat, Kieme, A. I., Stadelman, W. J. 1983. Utilizing flake-cut spent fowl meat in chicken patties. *Poultry Sci.* 932 - 937
- Swatland, H. J. 1984. Structure and development of meat animals. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ.
- Swinkels, J. J. M. 1985. Sources of starch, its chemistry and physics. In starch conversion technology, G.M.A. Van Beynum and J. A. Roles. (ed). Marcel Dekker, Inc., New York, 31.
- Voller, L. M., Dawson, P. L. and Han, L. Y. 1996. Processing temperature and moisture content effects on the texture and microscopic appearance of cooked fowl meat gels. *Poultry Sci.* 75:1603 - 1610.
- Woods, K. L., Rhee, K. S., and Sams, A. R. 1997. Tenderizing spent fowl meat with calcium chloride. 4. Improved oxidative stability and the effects of additional aging. *Poultry Sci.* 76:548 - 551.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1992. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사
- 김관옥, 이영춘. 1995. 식품의 관능검사. 학연사. 서울.
- 김광옥, 이영춘. 1995. 식품의 관능검사. 학연사.
- 김동훈. 1998. 식품화학. 256-267.
- 박용근, 석호문, 남영중, 최광수. 1990. 쌀가루 냉수추출  $\alpha$ -D-glucan의 분자구조적 특성. *한국식품과학회지*, 22;603.
- 양승용, 김영호, 김철진, 이무하, 이철호. 1990. 압출성형 공정을 이용한 돈피스넵의 제조. *한국식품과학회지*. 22(4): 451-455
- 양승용, 김영호, 김철진, 이무하, 이철호. 1990. 압출성형 공정을 이용한 돈육과 계육스넵의 제조. *한국식품과학회지*. 22(4):456-460.

- 양승용, 김영호, 김철진, 이무하, 이철호. 1990. 압출성형 공정을 이용한 돈피스  
낙의 제조. 한국식품과학회지. 22(4):451 - 455.
- 오봉국, 1994. 현대가금학.
- 윤광섭, 최용희. 1997. 반응표면분석법에 의한 당근의 삼투건조공정의 최적화.  
산업식품공학. 1(1):35 - 41.
- 이무하외 6인. 1996. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. pp56
- 임상동, 김희수, 김기성, 최인욱, 김현욱. 1996. *Lactobacillus pentosus* LSDM으로  
제조된 카테지 치즈 제조조건원 최적화에 관한 연구. Korean J. Dairy Sci.  
18(2):129 - 138.
- 홍석인, 김영숙, 최동원, 변유량. 1992. 쌀 전분 젤의 creep 특성. 한국식품과학  
회지, 24;165.