

## Potassium Sorbate와 Sodium Acid Pyrophosphate가 닭고기의 미생물과 이화학적 특성에 미치는 영향

김 미 라

경북대학교 식품영양학과

### Effect of Potassium Sorbate and Sodium Acid Pyrophosphate on Microbiological and Physicochemical Characteristics of Chicken

Mee-Ra Kim

*Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Taegu*

#### ABSTRACT

Changes of the growth of microorganisms, pH, and TBA values were examined for chickens treated with 5% potassium sorbate, 5% sodium acid pyrophosphate, and mixture of 2.5% potassium sorbate and 2.5% sodium acid pyrophosphate solution during 15 days at 4°C. Treatment of the mixture solution inhibited synergistically the growth of mesophilic and psychrotrophic bacteria and suppressed effectively enteric bacilli. Potassium sorbate treatment was the most effective on inhibition of the growth of yeast and mold. The extension of lag phase for psychrotrophic bacteria and enteric bacilli was observed by the treatment of the mixture solution of potassium sorbate plus sodium acid pyrophosphate and the potassium sorbate solution. PHs of chickens were increased during the storage, which might induce the decline of antimicrobial effect. Sodium acid pyrophosphate was expected to give antioxidant effect as well as antimicrobial effect for high fat foods because the lowest increase of TBA value for chickens treated with sodium acid pyrophosphate was measured.

Key words: Antimicrobial effect, Potassium sorbate, Sodium acid pyrophosphate, Chicken.

#### I. 서 론

식품의 저장기간을 연장하기 위하여 항미생물제가 사용되고 있으나 항미생물제는 식품의 pH, 수분 활성도, 온도, 공기, 미생물의 종류, 식품의 구성성분 등 여러 요인에 의해 영향을 받기 때문에 각 식품

의 특성에 맞는 항미생물제가 개발되어 사용되어져야 한다. 최근에 broiler 산업의 발달과 함께 닭고기의 소비량이 급증하고 있는데 *Salmonella*등 위해성 미생물로 인한 닭고기의 안전성 문제가 대두되고 있으며 닭고기의 저장성 증가 및 닭고기 제품의 질적 향상이 요구되고 있다. 하지만 아직까지 항미생물

제가 닭고기에 미치는 영향에 대한 연구가 부족하여 닭고기에 적합한 항미생물제의 개발이 부진한 형편이다. 항미생물 효과를 가진 물질 중 potassium sorbate는 sorbic acid의 potassium염으로서 sorbic acid는 체내에서 전형적인 지방산 분해과정인  $\beta$ -oxidation을 거쳐 대사된다<sup>1)</sup>. 대부분의 항미생물제가 낮은 최적 pH (pH 2.5~5)를 가지고 있어 산성을 가지는 식품에서 주로 쓰이고 있는데 비하며 potassium sorbate는 pH 6.5이상에서도 항균효과를 나타내고 있으며 용해도는 25°C의 물에서 50%이상으로 sorbic acid의 용해도인 0.16%보다 훨씬 높다<sup>2)</sup>. 한편 polyphosphate는 특별한 기능을 수행하기 위하여 식품에 사용되어 왔다. Polyphosphate는 pH와 이온강도를 증가시키고, actomyosin의 분해와 수분 보유성을 향상시킨다<sup>3~4)</sup>. 또한 polyphosphate는 훈연고기의 색을 향상시키고, 육류제품의 색과 텍스처를 향상시킬 수 있다고 보고된 바 있으며 선택적인 항미생물 효과도 가지고 있다<sup>5~8)</sup>. 항미생물제들을 서로 혼합하여 사용했을 때에는 각각 분리하여 사용했을 때보다 상승 혹은 억제된 항미생물 효과를 보이는 경우가 있기 때문에 최근에는 조합된 항미생물제의 효과를 고찰하려는 연구들이 진행되고 있다<sup>9, 10)</sup>. 특히 발암성으로 문제가 되고 있으면서도 *Clostridium* spp.에 대한 성장억제 효과와 독소 생성 방해 효과 때문에 아직까지 계속 사용되고 있는 nitrite 대신에 sorbate와 sodium chloride, phosphate를 함께 사용하였을 때 nitrite에 상응하는 효과가 있었다는 보고들은 항미생물제들의 조합이 주는 효과와 이용에 대한 더욱 자세한 연구가 필요함을 시사해주고 있다<sup>11~14)</sup>. 식품에 사용된 항미생물 제는 미생물뿐만 아니라 식품의 이화학적 특성에도 영향을 주기 때문에 이에 대한 분석도 수반되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 항미생물제로서 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate가 사용되었을 때 이들이 닭고기의 미생물과 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

내장과 머리를 제거한 닭고기 (fryers : 무게 1.2~1.6kg)를 도계장으로부터 구입하여 멸균한 종류수 (대조구), 5% potassium sorbate (Yakuri Pure Chemical Co.)용액, 5% sodium acid pyrophosphate (BK Ladenburg Corp.)용액, 2.5% potassium sorbate와 2.5% sodium acid pyrophosphate의 혼합용액에 각각 처리하였다. 처리방법은 먼저 멸균한 종류수로 각 용액을 5 L씩 만든 후, 닭고기를 용액에 담그고 멸균된 집게로 흔들어 주어 닭고기의 모든 부위에 용액이 골고루 접촉할 수 있도록 하였다. 2분간 용액에 침지시킨 후 닭고기를 건져 멸균된 그릴 위에 2분간 얹혀놓아 과랑의 용액은 빠져 나가도록 한 후, 폴리 에틸렌 비닐을 이용하여 밀봉한 뒤 4°C의 냉장고에 보관하였다. 보관한 후 0일부터 시작하여 15일 동안 3일 간격으로 아래와 같은 분석을 실시하였다.

### 2. 균의 채취

닭고기의 포장을 개봉하고, Speck<sup>15)</sup>의 방법에 따라 10 cm<sup>2</sup>의 닭고기 표면으로부터 균을 채취하여 멸균한 0.1% peptone 용액으로 계속 희석하여 미생물 분석에 사용하였다.

### 3. 미생물 검사

표준평판법으로 희석한 용액을 plate count agar (Difco)에 접종하여 중온성 균은 35°C에서 48시간 동안 배양하고, 저온성 균은 4°C에서 7일간 배양한 뒤 colony를 계수하였다. 장내 세균은 *Salmonella-Shigella* agar (BBL)를 이용하여 37°C에서 48시간 동안 배양하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco)에 멸균된 10% tartaric acid를 넣어 pH를 3.5로 맞춰 희석용액을 접종한 뒤 30°C에서 3일간 배양하여 colony 수를 계수하였다.

### 4. pH의 측정

닭고기 가슴살 10 g과 종류수 50 ml를 마쇄기에 넣어 1분간 마쇄한 후 pH meter (Suntex sp-7)를 이용하여 pH를 측정하였다.

### 5. TBA value의 측정

Turner 등<sup>16)</sup>의 방법에 따라 다리와 가슴살을 마쇄한 뒤 2.5 g을 취하여 50 ml 원심분리관에 넣고 2 M의 phosphoric acid에 용해한 20% trichloroacetic acid와 0.01M 2-thiobarbituric acid를 10 ml 가하여 100°C 수조에서 훈들어 주면서 30분간 가열하였다. 얼음조에서 10분간 냉각시켜 고체 지방층을 제거하고 isoamyl alcohol-pyridin (2:1 v/v) 혼합용액 15 ml 가하여 2분간 강하게 훈들어 주고 2,400rpm으로 15분간 원심분리한 뒤 spectrophotometer(Beckman DU-650)를 이용하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

닭고기를 각 용액으로 처리하여 4°C에서 저장한 후 15일 동안 닭고기의 중온성균의 증식 변화는 Fig. 1과 같다. Potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate의 혼합용액이 닭고기에 있는 중온성균의 성장을 가장 크게 억제하는 효과를 나타내어 저장 15일째에는 대조구에 비하여 중온성균의 수가 1.5 log cycle 정도 억제되었다. Potassium sorbate만으로 처리하였을 경우에는 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 혼합용액의 처리시보다 효과가 낮았으나 중온성균의 성장이 역시 억제되어 저장 15일째에는 대조구에 비하여 1 log cycle이상 중온성균의 증식이 억제되었다. Sodium acid pyrophosphate로 처리하였을 경우는 저장초기와 중기에는 potassium sorbate와 비슷한 CFU (colony forming unit)를 보였으나 저장후기에는 중온성균에 대한 억제효과가 낮아졌다. 따라서 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 각각의 효과와 이를 혼합용액의 효과를 비교해 볼 때 혼합사용시 저농도로도 중온성균에 대하여 성장억제에 대한 상승효과를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

Fig. 2는 각 처리에 의한 저온성균 증식의 변화를 보여주고 있다. 저온성균에 대해서는 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate의 혼합

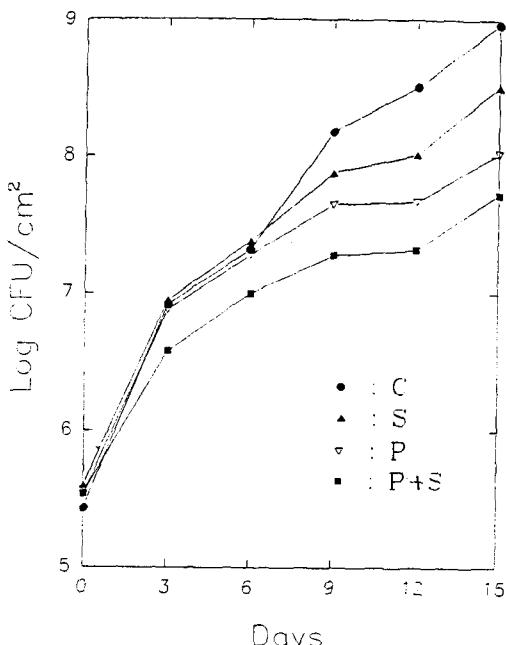
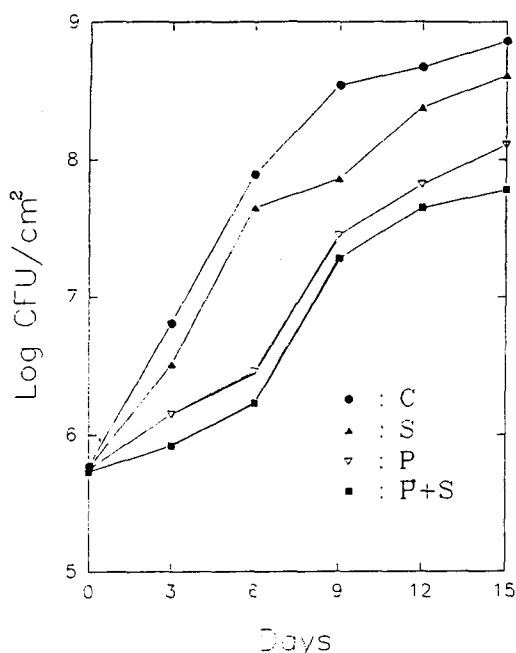


Fig. 1. Changes of mesophilic bacteria in chickens treated with antimicrobial agents during storage at 4°C. Symbols: control (sterile distilled water) (●), 5% sodium acid pyrophosphate solution (▲), 5% potassium sorbate solution (▽), mixture solution of 2.5% potassium sorbate plus 2.5% sodium acid pyrophosphate (■).

용액과 potassium sorbate 처리가 좋은 억제효과를 나타내었으며 이들의 억제효과는 저장초기에 더욱 크게 나타났다. Potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 혼합용액의 처리는 대조구와 비교하여 저장 15일이 되었을 때 저온성균의 증식을 1 log cycle이상 억제시켰다. Sodium acid pyrophosphate로 처리하였을 경우는 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 혼합용액이나 potassium sorbate 처리시보다 낮은 효과가 나타났으나 대조구보다는 계속 낮은 CFU를 보여 주었다. Sorbate는 GRAS(Generally Recognized As Safe)로서 식품의 보존제로 사용되고 있는데 *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp. 등 여러 종류의 세균의 성장을 억제시킨다고 보고되었



**Fig. 2.** Changes of psychrotrophic bacteria in chickens treated with antimicrobial agents during storage at 4°C. Symbols: control (sterile distilled water)(●), 5% sodium acid pyrophosphate solution(▲), 5% potassium sorbate solution(▽), mixture solution of 2.5% potassium sorbate plus 2.5% sodium acid pyrophosphate(■).

다<sup>17)</sup>. 하지만 이들의 성장억제 효과는 pH, 식품의 구성성분, 산소 등 많은 요인에 의하여 영향받는다.

pH는 potassium sorbate의 효과에 영향을 주는 중요한 요인 중의 하나이다. 본 실험에서는 닭고기 저장기간이 길어질수록 pH 값이 증가하였는데 (Table 1) potassium sorbate는 해리되지 않은 형태로 존재할 때 강한 항미생물 효과를 나타내므로 결국 이러한 pH의 상승으로 인하여 potassium sorbate가 해리되므로써 항미생물 효과가 감소된 것으로 추정되었다. 이것은 Robach가 broiler를 5% potassium sorbate에 처리하였을 때 pH 6.0보다 pH 5.5에서 더욱 효과가 커다고 보고한 것과 일치하였다<sup>18)</sup>. 따라서 potassium sorbate와 phosphate를 조합하여 사용할 때에도 이러한 pH의 영향을 고려할 때 sodium tripolyphosphate와 같은 alkaline phosphate보다 sodium acid pyrophosphate와 같은 acidic phosphate가 더욱 효과적일 것으로 기대된다. 항미생물제를 사용할 때 미생물 성장의 저해는 유도기(lag phase)가 연장되거나 대수기(log phase)가 억제되는 형태로 이루어지거나 이들이 복합된 과정을 거치기도 한다. 본 실험에서 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 혼합용액과 potassium sorbate 처리시에는 저온성 균에서 유도기간의 연장되는 현상이 보였는데 이는 10%의 potassium sorbate를 beef steak에 처리하였을 때 저온성 세균의 유도기가 연장되었다고 보고한 Greer<sup>19)</sup>의 연구 결과와 일치하였다. 한편 중온성 균에서는 유도기의 연장보다는 대수기가 억제되는 방식으로 작용하는 것으로 나타났다. Phosphates가 항미생물제로서 쓰인 경우 식품의 종류나 균의 종류에 따라 다양

**Table 1.** Changes of pH in chickens treated with antimicrobial agents during storage at 4°C<sup>11)</sup>

Day	Treatment <sup>2)</sup>			
	C	P	S	PS
0	6.31	6.13	6.52	6.46
3	6.37	6.50	6.56	6.83
6	6.92	7.09	6.74	6.84
9	7.17	7.11	6.83	6.92
12	7.48	7.22	6.99	7.12
15	7.45	7.34	7.13	7.25

1) Each value is a mean for four replicates.

2) C=control (sterile distilled water), P=5% potassium sorbate solution, S=5% sodium acid pyrophosphate solution, PS=mixture solution of 2.5% potassium sorbate plus 2.5% sodium acid pyrophosphate

한 항미생물 효과가 보고되고 있다. Marcy 등<sup>9)</sup>은 조리한 육류에 sodium pyrophosphate를 사용하였을 때 현저한 중온성균의 감소가 있었다고 하였으며, Molins 등<sup>20)</sup>은 냉동된 쇠고기 patties에서 phosphate가 patties의 부패를 방지하는 효과를 보이지는 않았으나 lactic acid bacteria의 수를 유의적으로 감소시켰다고 보고하였고, Molins 등<sup>21)</sup>은 쇠고기에서 polyphosphate가 중온성균 및 저온성균에 약한 중식억제 효과를 가지고 있다고 보고하였다. Polyphosphate의 항미생물 효과는 이들이 금속이온을 칼레이트시키거나 이들이 분해되어 수분활성도를 낮춤으로써 미생물의 성장을 방해한다고 생각되고 있다. 하지만 많은 연구에서 phosphates의 항미생물 효과는 비교적 약한 것으로 나타나고 있으며 본 실험에서도 sodium acid pyrophosphate가 단독으로 사용되었을 때는 중온성균과 저온성균에 대하여 항미생물 효과가 크게 나타나지 않았으나, potassium sorbate와 함께 사용되었을 때는 상승된 항미생물 효과를 보여 주었다.

저장기간중 장내 세균수의 변화는 Fig. 3에 나타나 있다. 선택성이 강한 분리배지인 Salmonella-Shigella agar를 이용하여 장내 세균수를 조사한 결과 저장초기에는 potassium sorbate로 처리하였을 때 가장 효과적이었으나 저장후기에는 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate로 처리한 것이 더 효과적으로 나타났다. Potassium sorbate 처리는 저장 6일째에 대조구에 비하여 2.5 log cycle 정도의 CFU를 감소시켰다. Sodium acid pyrophosphate의 장내 세균에 대한 억제효과는 중온성균이나 저온성균에 비하여 좋은 것으로 나타났으나 다른 용액처리보다는 억제효과가 낮았다. 장내 세균의 경우에도 potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate의 혼합용액과 potassium sorbate의 처리에서는 저장 6일까지 유도기가 연장되는 현상이 보여졌다. 따라서 *Salmonella*와 같은 닭고기의 주요 병원성 장내 세균의 억제를 위해 이 항미생물제들이 사용될 수 있음을 보여주었다. 현재까지 potassium sorbate와 다른 항미생물제의 조합에 대한 연구는 *C. botulinum* 억제에 대해서만 집중되어 왔으나<sup>11~14)</sup> 본 연구결과 이를 조합이 닭고기의 중온

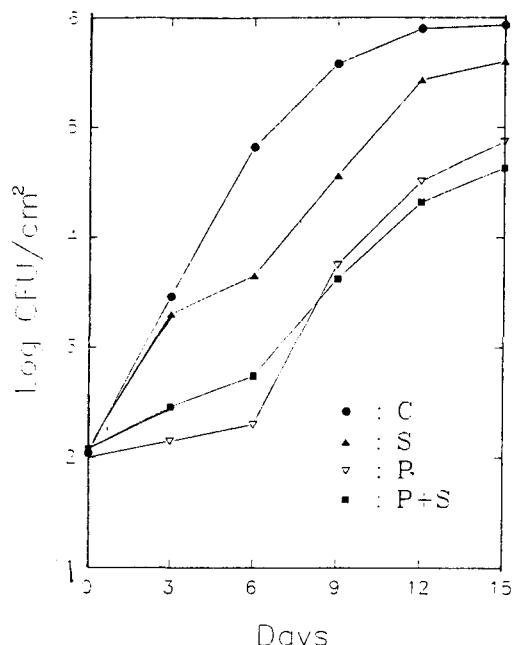
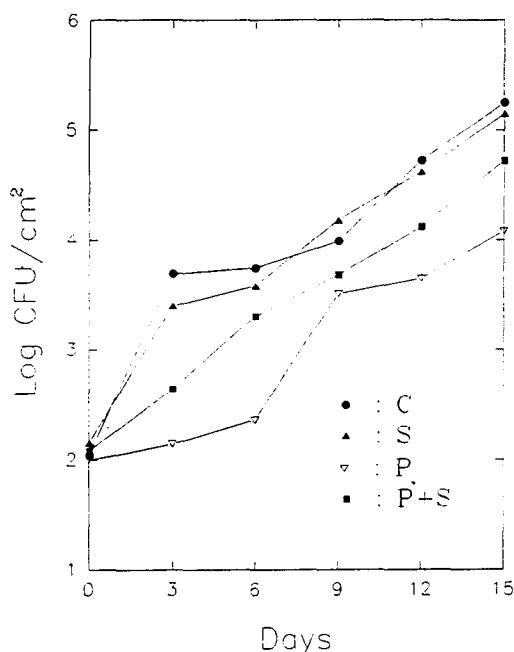


Fig. 3. Changes of enteric bacilli in chickens treated with antimicrobial agents during storage at 4°C. Symbols: control (sterile distilled water)(●), 5% sodium acid pyrophosphate solution(▲), 5% potassium sorbate solution(▽), mixture solution of 2.5% potassium sorbate plus 2.5% sodium acid pyrophosphate(■).

성균, 저온성균 및 장내 세균의 성장억제에도 좋은 효과를 가지고 있음이 확인되었다.

효모와 곰팡이에 대해서는 Fig. 4에서와 같이 potassium sorbate의 성장억제효과가 두드러지게 나타났으며 sodium acid pyrophosphate의 효과는 크지 않은 것으로 나타났다. Potassium sorbate는 일반적으로 효모와 곰팡이에 대한 억제작용이 크다고 알려져 있는데<sup>17)</sup> 실제 닭고기에서도 이들에 대한 억제작용이 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서의 미생물 실험은 항미생물제 조합의 효과가 중온성균, 저온성균, 장내 세균, 효모 및 곰팡이 등 미생물의 종류에 따라 다양하게 나타남을 보여 주었다. Potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 조합은



**Fig. 4.** Changes of yeast and mold in chickens treated with antimicrobial agents during storage at 4°C. Symbols: control (sterile distilled water)(●), 5% sodium acid pyrophosphate solution(▲), 5% potassium sorbate solution(▽), mixture solution of 2.5% potassium sorbate plus 2.5% sodium acid pyrophosphate(■).

중온성 균과 저온성 균에 대해서는 강한 성장억제 효과를 나타났으나 효소와 곰팡이에 대해서는 이러한 효과가 나타나지 않았다. 따라서 앞으로 다양한 항미생물제의 조합이 여러 가지 미생물에 미치는 영향에 대한 연구가 더욱 수행되어야 할 것으로 사료된다.

각 용액으로 처리한 닭고기의 pH는 저장기간이 길어질수록 높아졌으나 각 용액처리간에 큰 차이는 없었다 (Table 1). 단지 sodium acid pyrophosphate로 처리한 닭고기의 pH가 다른 처리에 비하여 약간 낮은 pH를 보여주었다. 앞에서도 언급했듯이 pH는 항미생물 효과에 영향을 주는 한가지 요인으로 저장기간중 pH의 상승으로 인해 sorbate의 항미생물 효과가 영향을 받았을 것으로 추정되었다.

저장기간중 TBA값의 변화 (Table 2)를 보면 대조구에서 TBA 값의 증가가 가장 크게 나타났으며 sodium acid pyrophosphate 처리시 가장 낮았다. 본 실험의 저장기간중에는 TBA값이 크게 상승하지 않았는데 이는 닭고기의 저장온도가 4°C로서 지방산화가 매우 느리게 진행되었기 때문인 것으로 보여진다. 그러나 sodium acid pyrophosphate가 항산화효과를 갖는다는 보고도 있으므로<sup>22)</sup>. 지방함량이 많은 식품이나 저온저장을 하지 않는 식품에서는 sodium acid pyrophosphate가 항미생물제로서 이용될 때 부수적으로 항산화 효과도 함께 기대할 수 있을 것으로 보여진다.

**Table 2.** Changes of TBA O.D value at 538 nm in chickens treated with antimicrobial agents during storage at 4°C<sup>1)</sup>

Day	Treatment <sup>2)</sup>			
	C	P	S	PS
0	0.363	0.350	0.362	0.363
3	0.372	0.372	0.366	0.370
6	0.403	0.398	0.374	0.387
9	0.427	0.401	0.385	0.404
12	0.485	0.485	0.411	0.427
15	0.524	0.502	0.454	0.463

1) Each value is a mean for four replicates.

2) C=control (sterile distilled water), P=5% potassium sorbate solution, S=5% sodium acid pyrophosphate solution, PS=mixture solution of 2.5% potassium sorbate plus 2.5% sodium acid pyrophosphate

## IV. 요 약

닭고기를 별균 종류수, 5% potassium sorbate, 5% sodium acid pyrophosphate, 2.5% potassium sorbate와 2.5% sodium acid pyrophosphate 혼합용액으로 처리하여 4°C에서 보관하면서 미생물 수의 변화, pH 변화, TBA 값의 변화를 측정하였다. Potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 혼합용액의 처리는 중온성 균과 저온성 균의 성장억제에 대한 상승효과를 주었고, 장내 세균의 성장억제에도 효과적이었다. 효모와 곰팡이의 성장억제에는 potassium sorbate의 처리가 가장 효과적이었다. Potassium sorbate와 sodium acid pyrophosphate 혼합용액과 potassium sorbate 처리는 닭고기의 저온성 균과 장내 세균의 유도기를 연장시켰다. 닭고기의 pH는 저장기간중 높아졌으며, 이것이 항미생물 효과의 감소에 영향을 주었을 것으로 추정되었다. TBA 값은 sodium acid pyrophosphate 처리시 가장 낮게 나타나 지방함량이 많은 식품에 사용될 경우 항미생물 효과뿐만 아니라 항산화효과도 함께 줄 수 있을 것으로 기대되었다.

## V. 참고문헌

- Liewen, M. B. and Marth, E. H.: Growth and inhibition of microorganisms in the presence of sorbic acid, *J. Food Prot.*, 48, 364, 1985.
- Eklund, T.: The antimicrobial effect of dissociated and undissociated sorbic acid at different pH levels, *J. Appl. Bacteriol.*, 54, 383, 1983.
- Tompkin, R. B.: Indirect antimicrobial effects in foods: Phosphates, *J. Food Safety*, 6, 13, 1984.
- Halliday, D. A.: Phosphates in food processing, *Proc. Biochem.*, 13, 6, 1978.
- Steinhauer, J. E.: Food phosphates for use in the meat, poultry and seafood industry, *Dairy Food Sanit.*, 3, 244, 1983.
- Ellinger, R. H.: *Phosphates as Food Ingredients*, 45-50, CRC Press, Cleveland, OH, 1972.
- Nielsen, H. J. S. and Zeuthen, P.: Influence of phosphate and glucose addition on some important spoilage bacteria in vacuum packaged bologna-type sausage, *J. Food Prot.*, 46, 1078, 1983.
- Jen, C. M. C. and Shelef, L. A.: Factors affecting sensitivity of *Staphylococcus aureus* 196E to polyphosphates, *Appl. Environ. Microbiol.*, 52, 842, 1986.
- Marcy, J. A., Kraft, A. A., Hotchkiss, D. K., Molins, R. A., Olson, D. G., Walker, H. W., and White, P. J.: Effect of acid and alkaline pyrophosphate blends on the natural flora of a cooked meat system, *J. Food Sci.*, 53, 25, 1988.
- Banwart, G. J.: *Basic food microbiology*. 2nd ed. 598-610, AVI, New York, 1989.
- Molins, R. A., Draft, A. A., Olson, D. G., and Hotchkiss, D. K.: Inhibition of *Clostridium sporogenes* PA 3679 and natural bacteria flora of cooked vacuum packaged bratwurst by sodium acid pyrophosphate and sodium tripolyphosphate with or without added sodium nitrate, *J. Food Sci.*, 51, 726, 1986.
- Sofos, J. N., Busta, F. F., and Allen, C. E.: *Clostridium botulinum* control by sodium nitrite and sorbic acid in various meat and soy protein formulations. *J. Food Sci.*, 44, 1662, 1979.
- Sofos, J. N., Busta, F. F., Bhothipaksa, K., Allen, C. E., Robach, M. C., and Paquette, M. W.: Effects of various concentrations of sodium nitrite and potassium sorbate on *Clostridium botulinum* toxin production in commercial prepared bacon, *J. Food Sci.*, 45,

- 1285, 1980.
14. Sofos, J. N. and Busta, F. F.: Alternatives to the use of nitrite as an antibotulinal agent, *Food Technol.*, 34, 244, 1980.
15. Speck, M. L.: Compendium of methods for the microbiological examination of foods, 3rd ed. APHA, Washington, DC. 1992.
16. Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Bessert, M. S., Struck, G. M., and Olson, F. C.: Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork, *Food Technol.*, 8, 326, 1954.
17. Sofos, J. N.: Sorbate food Preservatives. 33-47, CRC press, Florida, 1989.
18. Robach, M. C. and Sofos, J. N.: Use of sorbates in meat products, fresh poultry and poultry products, *J. Food Prot.*, 45, 374, 1982.
19. Greer, G. G.: Mechanism of beef shelf life extension by sorbate, *J. Food Prot.*, 45, 82, 1982.
20. Molins, R. A., Kraft, A. A., Walker, H. W., Rust, R. E., Olson, D. G., and Merkenich, K. : Effect of inorganic polyphosphates on ground beef characteristics: Microbiological effects on frozen beef patties, *J. Food Sci.*, 52, 46, 1987.
21. Molins, R. A., Kraft, A. A., and Olson, D. G. : Effect of phosphates on bacterial growth in refrigerated uncooked bratwurst, *J. Food Sci.*, 50, 531, 1985.
22. Sofos, J. N.: Use of phosphates in low-sodium meat products, *Food Technol.*, 40, 52, 1987.