

식육가공과 인산염

양 승 용
(식품공학연구소)

I. 서론

식육가공 제품의 생산에 있어서 비육 원료는 필수적으로 수반되어야 한다. 따라서 그 비육 원료들의 기능적 성질을 최대한 활용하여 양질의 제품을 생산할 수 있도록 첨가수준에 대한 연구와 품질변화에 따른 부원료의 성질을 파악하여 각 제품 특성에 어울리는 첨가수준을 동반한 적정 부원료의 선택은 매우 중요하다.

식육제품에 인산염이 사용되기 시작한 것은 1950년대이다. 이때부터 인산염의 효과에 대한 수많은 연구가 이루어져 왔고 이러한 인산염의 효과들은 인산염의 구조에 따른 종류나 그 배합비 및 첨가량에 따라 제품의 특성을 바꿀수 있기 때문에 제품의 저장성과 제품의 시장성 및 소비자의 기호도에 따른 적절한 첨가가 효과적일 것이다.

인산염은 식품공업에 있어 중요한 기능성의 첨가제로서 정육, 가금류, 어패류, 과일과 채소류, 지방과 유지식품, 곡류제품과 유가공제품 및 빵류의 제조에 꼭 필요한 첨가물이다.

식품첨가물 수준의 인산염은 전반적인 육가공 산업의 염지, 수분 보지효과, 유화제 및 Sequestration 등의 역할을 수행하고 아울러 육색의 유지, 향의 보존과 발효 및 응고, 다즙성과 씹힘성을 향상시켜 준다. 또한 어떤 종류의 인산염은 식육과 다른 식품의 미생물 성장억제의 역할도 있다. 이와 같은 여

러 기능은 동시에 일어나며 단일 인산염은 특정한 제품에 작용을 하는 것으로 알려지고 있다. 육제품에서의 인산염 첨가에 대한 중요성은 최근들어 고혈압 환자 등에게 소금의 첨가에 따른 Na^+ 의 섭취가 공중 건강에 해롭다는 이유 등으로 인해 낮은 소금농도의 육가공 제품의 생산추이에 맞추어 소금의 첨가효과인 향의 보존과 조직, 결합력과 보수력 그리고 저장기간 연장 등의 역할을 대신할 수 있는 수준의 인산염의 첨가효과에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 1982년 USDA에서는 식품첨가물급의 인산염의 종류를 완화하고 육가공 제품에 있어서의 소금 허용농도를 감소시킬 필요성이 있다는 발표에 따라 더욱 인산염에 대한 소비가 늘고 있는 것으로 보고되고 있다.

II. 인산염의 구조 및 종류

인산염은 1개의 인 원자를 가진 orthophosphate와 2개 내지 그 이상의 인 원자로 구성된 중합인산염의 인산의 염기이다. 중합인산염은 orthophosphate를 고온에서 열처리하므로써 얻을수 있고 가장 간단한 중합인산염은 2개의 인 원자를 가진 pyrophosphate이다.

적어도 3개 이상의 인 원자를 가진 긴 사슬의 중합인산염은 비결정의 물질로서 일반적으로 glassy 중합인산염으로 불리워진다. 이들 중합인산염은 평균

사슬길이가 6, 12, 22 등이나 그보다 더 많은 인산염의 anion 을 가진다. 이들 중합인산염중 가장 중요한 것이 tetraphosphate 와 hexametaphosphate 가 있다. 대부분의 인산염은 수용액상에서 알칼리성을 나타내지만 Sodium acid pyrophosphate 만이 산성을 띤다.

인산염의 첨가효과를 완충제로의 역할은 Orthophosphate 가 가장 좋으며 pH 가 5.5~7.5 사이의 완충제로는 pyrophosphate 가 좋다. 다른 종류의 인산염은 효과적인 완충제로서의 역할을 수행하지 못하고 사슬길이가 길어짐에 따라 완충능이 점점 감소하는 것으로 보고되고 있다.

한편 긴 사슬의 중합인산염은 가장 좋은 격리제 (sequestering agent)로서 작용하는데 주로 칼슘과 마그네슘 같은 경금속의 양이온 분리에 사용한다.

이는 pH 가 높아짐에 따라 Chelating ability 가 증가한다.

또한 Sodium pyrophosphate 가 긴 사슬의 중합인산염에 비해 철 이온의 격리에 더 좋으며 짧은 사슬의 중합인산염은 구리와 철 등의 중금속 양이온의 격리에 적절하게 이용할 수 있다. 더우기 짧은 사슬의 인산염의 Sequestering effect 는 pH 가 증가함에 따라 감소가 되고 이 인산염의 격리능력은 그들의 미생물의 억제성질 역할에 연관되어진다.

식육에 있어 중합인산염의 어떤 유용한 기능은 그들의 양전하 그룹에 물리계 되어 잔여 사슬에 물분자를 끌어당겨 polyanion 의 작용에 의해 보수력이 증가하게 된다. 또 중합인산염은 식육에 있는 인산분해 효소로 인해 열처리 되기 전에 가수분해 된다.

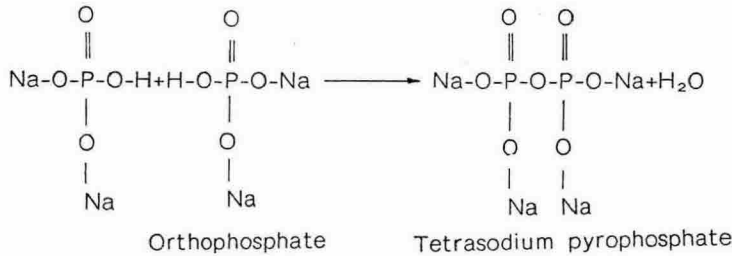


그림 1. 인산염의 생산(Shimp, 1981)

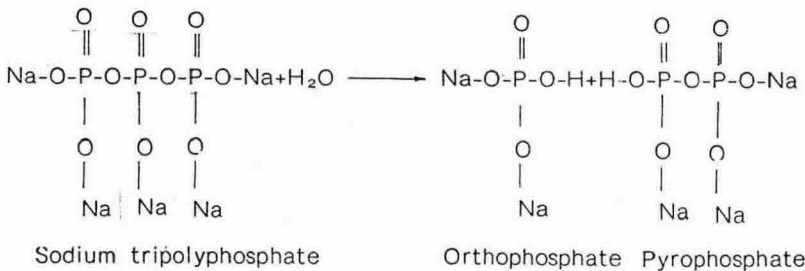


그림 2. 중합인산염의 가수분해(Shimp, 1981)

표 1. 식육제품 가공에 사용되는 허가된 인산염의 종류 (Anonymous, 1982 와 Shimp, 1983)

화학명	약명	구조	화학명	약명	구조
Monosodium phosphate	MSP	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Na-O-P-O-H} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Tetrasodium pyrophosphate	TSPP	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{Na-O-P-O-P-O-Na} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{Na} \quad \text{Na} \end{array}$
Monopotassium phosphate	MKP	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{K-O-P-O-H} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Tetrapotassium pyrophosphate	TKPP	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{K-O-P-O-P-O-K} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{K} \quad \text{K} \end{array}$
Disodium phosphate	DSP	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Na-O-P-O-Na} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Sodium tripolyphosphate	STPP	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{Na-O-P-O-P-O-P-O-Na} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{Na} \quad \text{Na} \quad \text{Na} \end{array}$
Dipotassium phosphate	DKP	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{K-O-P-O-K} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Potassium tripolyphosphate	KTPP	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ \text{K-O-P-O-P-O-P-O-K} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{K} \quad \text{K} \quad \text{K} \end{array}$
Sodium acid pyrophosphate	SAPP	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{Na-O-P-O-P-O-Na} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Sodium hexametaphosphate	SHMP	$\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Na-O-P-O-Na} \\ \\ \text{O} \end{array} \right]_3 \text{(average)}$

III. 인산염의 품질과 구조적 영향

인산염은 육제품에 보수력을 좋게 하고 결합력에 따른 조리수율을 높여준다. 인산염에 의한 보수력의 증가는 소금 등과의 조화에 의해 더욱 증가가 되고 더우기 중합인산염은 고기의 변색을 방지하고 조직감을 증가시키고 산패억제에 따른 off-flavor 및 off-odors 생성을 방지하며 가공 취급시 손실을 줄여준다. 중합인산염을 사용한 여러가지 적육, 가공류, 그리고 어패류 등에 대한 세부적인 잇점은 침지육색 안정성의 증진, 통조림 햄에 있어서의 유리액즙의 감소, 조리중의 육즙손실 방지, 다즙성, 연화도, 향의 증진, 조리시간의 단축, 냉동중의 air cell 형성의 억제, 단백질 추출성의 증가, 조리시 향의 안정, 해동드립량의 감소 등 다양한 기능을 갖는다.

SAPP는 소시지 제품의 염지를 촉진시키는 산산화합물로 허가되어 있다. 미국에서는 인산염의 첨가수준을 최종 제품의 0.5%로 규정하고 있으며 인산염을 식품에 처음 사용한 것은 1952년에 햄, 베이컨, 피크닉, 로인 등과 다른 유사제품에 많이 사용하였다.

이때에는 pyrophosphate와 tripolyphosphate는 pH 6.0~6.5 사이에서 물과의 결합력에 좋은 영향을 준다고 하였다. 그러나 최근의 결과를 보면 tetrasodium pyrophosphate와 sodium tripolyphosphate가 beef-roll에 있어 물과의 결합에 있어 가장 효과적인 것으로 나타나고 있다.

다른 중요한 인산염의 첨가 영향중의 하나는 등전범위(pH 5.4)에서 고기의 pH가 증가되는 동시에 보수력과 결합력이 향상되며 Beef의 pH 증가에 가장 효과적인 인산염은 pyrophosphate이고 hexametaphosphate는 영향을 가장 적게 미치는 것으로 보고되고 있다.

또한 식육의 Swelling 효과는 Tetrasodium pyrophosphate가 가장 크며 Sodium metaphosphate의 영향은 Tetrasodium pyrophosphate나 Sodium tripolyphosphate에 비해 매우 적은 편이다. 더우기 pH가 증가함에 따라 중합인산염 용액의

이온강도가 증가하여 그 결과 보수력, 조리수율 및 고기 조각의 결합력이 증대된다. 그리고 모든 알칼리성 인산염은 고기의 pH와 이온강도의 범위를 증대시켜 준다. 산성의 pyrophosphate는 넓은 범위의 pH(5.7~6.3)에서 고기의 조리수율을 높여주며 결국 pH와 이온강도는 고기에 있어서의 보수력과 근육단백질의 결합력에 있어 매우 중요한 인자인 것이다.

Sodium acid pyrophosphate는 식육가공에 있어 pH를 강하시켜 염지육에서의 색깔형성을 촉진시킴으로써 좋은 염지 촉진제로 사용된다. 이 원인으로서는 Sodium acid pyrophosphate는 pH를 강하시키고 결합력을 향상시키는 것이 인산염의 특별한 물성이거나 pH의 강하보다 이온강도의 증가함이 더욱 영향을 미치는 것이 아닐까 하는 보고도 있다. 한편 최근의 보고에서는 Sodium acid pyrophosphate가 다른 인산염 보다 저염농도의 육 emulsion에서 조리수율을 향상시킨다고 하였다. 그러나 긴 사슬(12 내지 21개의 인 원자)의 인산염은 조리수율을 높이는데 효과적이지 못하다는 보고도 있다.

인산염의 또 하나의 기작은 산화에 의한 산패를 지연시키는 것인데 이 산화에 의한 변화의 양상은 phosphate에 의한 산화제 쪽의 금속이온의 chelation에 의해서 육제품의 향과 색깔의 향상을 가져온다. 그러나 알칼리를 띄는 인산염은 푸랑크푸르트 소시지의 색깔의 형성 능력을 저해시킨다. 결국 알칼리성 인산염에 비해 Sodium acid pyrophosphate는 단연 염지공정에 있어서의 촉진제 역할을 잘 수행한다.

열거한 인산염의 효과들과 더불어 최근의 인산염의 품질에 대한 평가는 저염 육제품의 품질에서 나타날 수 있는 결합력, 조리력, 향 등에 나쁜 영향을 최대한 방지할 수 있는 인산염 및 중합인산염의 첨가효과 등에 대한 연구가 계속되고 있다.

IV. 인산염의 응용

식육가공에 있어서 인산염의 응용은 인산염 종류

표 2. 육 및 육제품에 첨가되는 여러가지 인산염의 기능성

Function	Fresh		Cured			Meatloaf or Rolls
	Beef	Pork	Pork or Beef	Poultry	Sausage	
Retain moisture	STPP SHMP	STPP -	STPP -	STPP -	SAPP -	STPP -
Emulsify	-	-	-	-	SAPP	STPP
Retain color	STPP SHMP	STPP SHMP	STPP -	STPP -	SAPP -	STPP -
Improve tenderness	STPP SHMP TSPP	STPP SHMP TSPP	STPP -	STPP -	- -	- -
Bind	-	-	-	-	SAPP	STPP
Protect flavor	STPP	-	STPP	-	STPP	-
Avoid spoilage	STPP	SHMP	STPP	-	SHMP	SHMP
Multiple effects	STPP	STPP	STPP	STPP	SAPP	STPP

표 3. 인산염에 의한 보수력의 효과

Product	Phosphate Added	Cooked Yield,%
Ham	None	86
	SHMP,4.5% of pickle	89
	STPP,3.5% of pickle	91
	TSPP-MSP,3.5% of pickle	94
Ham	None	83 to 88
	TSPP-DSP,8% of pickle	94
	SHMP-DSP,5% of pickle	93
	SHMP,5% of pickle	91
Corned beef	None	53, 54
	TSPP-SALP,0.5% of product	98
Cured sausage	None	56
	TSPP-SALP,0.35% of product	96

에 따라 품질에 영향을 끼치게 되므로 제품에 바람직한 특성과 생산성을 높이는데 있어 경제적인 도움을 받을수 있도록 올바른 선택을 할 필요가 있다.

표 4. 소시지 결착력에 대한 인산염의 영향 (swift, 1957 과 Maas US patent 3075843)

Phosphates Added (0.5%)	Relative Tensile Strength
None	427
SHMP, TSPP, SAPP	657
Commercial mix (unknown composition)	668
TSPP, SAPP, potassium phosphate	632

표 5. 비프스테이크의 tenderness 에 대한 인산염의 영향

Addrrive	Preference Panel	Shear Test
None	3.2	26.2
Salt, 10% solution		23.5
Salt, 22% solution	2.0	23.0
Salt, 10%, TSPP 1%	1.8	20.7
Salt, 22%, TSPP 1%	1.1	19.1

표 6. 가금류의 인산염 첨가에 따른 수율의 변화

Phosphate in Chill Water,%	Chilled Weight (Unchilled Equals 100)	Cooked Yield, % of Raw Weight	Flavor
4	105.2	75.9	Fresh
6	106.2	79.0	Fresh
8	104.6	76.0	Fresh
10	102.9	78.5	Fresh

표 7. 소금농도를 줄인 익힌 통조림과 푸랑크푸르트 소시지 casing에 대한 여러 인산염의 영향 (Madril 과 Sofos, 1985)

Parameter	NaCl (%) and Polyphosphate type (%)							
	2.5	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
	No. phosphate	No. phosphat	SAPP 0.17	TSPP 0.20	STPP 0.22	TTPP 0.28	SHMP 0.33	GHMP 0.34
pH	6.26	6.25	6.08	6.48	6.42	6.32	6.36	6.40
Yield (%)	98.2	89.9	98.5	99.9	99.9	99.3	93.9	92.1
Days to gas	9.5	3.5	8.0	4.5	4.0	3.5	5.5	5.5
Color	5.9	4.7	5.3	5.3	6.7	6.2	6.1	5.8
Texture	5.8	3.3	5.2	5.9	6.8	6.0	5.5	5.3
Flavor	6.0	3.9	5.0	5.6	5.6	5.7	5.5	5.4

표 8. 두가지 수준의 소금이 첨가된 익힌 푸랑크푸르트 소시지의 gel Strength와 Water loss에 대한 SAPP의 영향 (Whiting, 1984)

SAPP (%)	pH 5.5		pH 5.8	
	1.5% NaCl	2.5% NaCl	1.5% NaCl	2.5% NaCl
	Water exudate (in ml/100g)			
0	22.7	5.7	6.7	2.3
0.12	6.3	0.7	1.3	0.0
Gel strength (kg)				
0	0.39	0.67	0.61	0.64
0.12	0.57	0.79	0.70	0.84

넘어서는 안된다고 규정하고 있다. 또한 펌핑이나 침지할 경우 침지용액은 5%를 넘어서는 안되고 주사할 때도 고기 중량의 10%를 넘어서는 안된다. Corned beef의 경우도 염지육과 같은 규정을 적용하고 있으며 Beef도 Injection이나 Soaking할 경우 STPP만을 쓰거나 STPP와 SHMP를 혼용할 경우라도 고기 중량의 0.5%를 넘어서는 안된다. 소시지 제품은 돼지 정육을 염지할 때 외에는 인산염의 직접적인 첨가는 허용하고 있지 않으나 푸랑크푸르트, 보로나, 웨이너와 이와 비슷한 제품에 있어서 색깔을 향상시킬 목적으로서의 SAPP 첨가만이 예외로 되어 있다.

가금류의 처리에 있어서의 Soaking이나 injection에 있어서도 최종 제품의 중량 %로 0.5% 이상을 함유하지 않아야 된다. 이는 USDA inspection

V. 인산염 사용에 대한 법적인 측면

육가공 제품에 대한 인산염 사용의 종류 및 양에 대한 미국의 법률상의 규제는 Meat inspection division of USDA에서 시행하고 있는데 우리나라의 경우는 미국의 기준치와 비슷한 수준을 유지하고 있으므로 참고에 도움이 될 것이다.

주로 사용되는 양은 표 9와 같으며 염지 돈육에는 단분자의 sodium phosphate나 조합된 phosphate를 사용해도 되나 최종 제품의 중량 %로 0.5%를

표 9. 인산염의 사용 수준

Pickling brines for curing	2to 3% in brine, to give 0.2 to 0.3% in finished
Dipping solutions for beef	5 to 10% solution
Chill water for poultry	3 to 8% solution
Sausage products	0.5% of product
Meatloaves, poultry rolls	0.3% of product

에서 오직 육제품에 한해서 적용되는 규정이다.

식품 첨가물급의 인산염은 육과 가금류의 가공산업에 큰 공헌을 하고 있다. 신선육과 포장육 그리고 가금육의 flavor 와 appearance 증진, 그리고 소비자의 acceptance 및 저장에 있어서 인산염의 공헌은 매우 클 것이다.

VI. 참고 문헌

1. John N. Sofos.: Food technology. Use of phosphate in low-sodium meat products, 52~69(1986)
 2. J.P. Cassidy: Technical representative, FMC corp, philadelphia, Phosphate in meat processing, First in a series, 77~80(1978)
-