

磷酸鹽의 特性 및 乳製品에의 利用

李 富 雄

〈全北大學校 農大 教授〉

4. 磷酸鹽의 性質

4-1. 一般의 性質

磷酸鹽의 용법은 磷酸鹽의 錯鹽 및 分散能力과 직접적으로 관계가 있다. 이러한 능력은 溶液상태에서의 음이온들의 성질과 관련이 있다. 그러므로 溶解도가 중요한 要因이 되므로 이 溶解도는 양이온 금속과 磷酸鹽의 음이온 형태에 따라 달라진다. 단일 인산화된 형태의 純度만 충분하다면 製造方法은 一般의 磷酸鹽 性質상에 영향이 적다. 새장에 따른 다양한 성질때문에 최대의 이용 효과를 얻기 위하여 다양한 重合度の 磷酸鹽을 混合하는 것이다. 각종 염들은 제조업체에 의하여 어떤 종류의 고체염들을 여하히 배합하는가에 따라 용도가 결정된다. 예를 들면 높은 온도에서 수증기처리(post vapour treatment)가 장쇄의 polyphosphate의 흡습성을 감소시키거나 비흡습성 단쇄인산염(ortho pyro)으로 장쇄인산염 표면에 얇은 보호막을 입히는 것이다.¹⁾

대부분의 磷酸鹽이 無水狀態로 製造되지만 실온에서 일정한 結晶形은 실제로 항상 水化된 상태이다.

($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 등)

溶液 製造時 어떤 無水物의 溶液化는 水化作用으로 인하여 不溶性 덩어리를 형성하는데

이것은 미리 0.5%의 물로 水化시킨 후 溶解시키면 잘 溶解된다. 반대로 어떤 用法에서 溶解는 신속하고 水化된 형태의 再結晶이 아주 서서히 일어난다. 그러므로 過飽和가 일어나서 본래의 溶解度보다 아주 높은 溶解度の 磷酸鹽을 이용하게 한다(예를 들면 NaCl 存在하에 TPP는 이 경우에서의 문제점들을 잘 제시해준다. 즉 두 종류의 다른 無水結晶相(1相과 2相은 각각 製造工程에 따라 달라진다)이 있다. 그리고 TPP의 前水化(pre hydration)는 결과적으로 다음과 같은 효과가 있다.¹⁾

- 洗滌作用의 경우 얻어진 현탁액의 粘度를 마음대로 조절할 수 있게 한다.
- 溶解時 不溶性 덩어리 형성을 방지하거나
- 육가공시 안정한 過飽和溶液을 얻게 한다

4-2. 溶解度

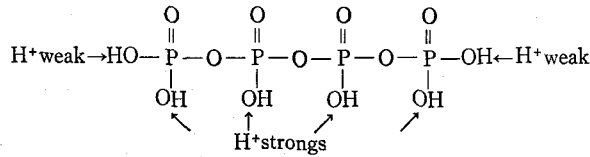
Na orthophosphate의 溶解度는 상당히 우수하다. Na polyphosphate ($\bar{n} < 4$)는 ortho 보다 溶解도가 낮기는 하나 실제 이용하는 溶解度는 그이하이므로 이 Na polyphosphate의 利用上의 문제는 없다. 그러나 장쇄의 polyphosphate의 溶解度는 거의 무한하여 오히려 溶解된 溶液의 粘度에서 문제가 있다.

4-3. 酸도와 鹽基度 및 緩衝能

磷酸鹽의 緩衝能으로부터 磷酸鹽의 本質的

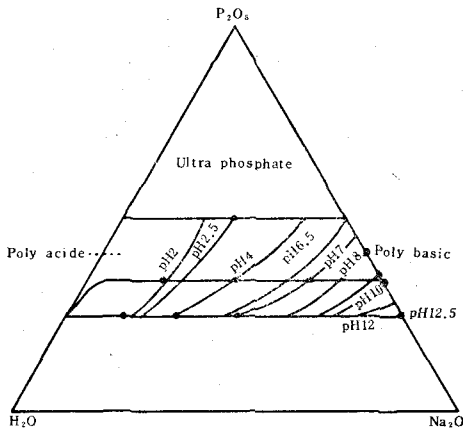
酸度나 혹은 鹽基度를 구별해야만 한다. polyphosphoric acid의 경우 각 사슬 끝의 磷

은 낮은 酸도를 나타내고 사슬의 중간에 있는 磷들은 강한 酸性을 나타낸다.



이 원리에 근거를 두어 磷酸鹽을 酸性化시킨후 적정에 의하여 重合度を 결정하는 方法이 있다.⁶⁾

mole당 강산도(strong acidity)의 비율은 重合도가 증가할수록 커지고 반대로 약산도(weak acidity)는 重合도가 증가할수록 약해진다. 그러므로 장쇄의 polyphosphate는 아주 약한 완충능을 가지고 반대로 ortho phosphate는 식품 공업에서 아주 유용한 범위의 pH(6~8)에서 강한 완충능을 가지고 있다. 대부분의 用法에서 각종 磷酸鹽의 이용분야는 그 酸도에 따라 달라진다. 이것은 종종 1%의 pH치로 표시한다. iso pH의 곡선이 그림 3에 나타나 있다.



〈그림 3〉 Curves of iso pH

○ 주어진 채장에서 鹽基度(alkalinity)는 당연히 中和度(M₂O/P₂O₅) 증가와 함께 증가한다.

○ 주어진 M₂O/P₂O₅에서 熱縮合은 鹽基度を 증가시킨다.

4-4. 錯鹽

이 성질은 磷酸鹽의 중요한 성질로, 대부분

이 이 목적으로 이용되고 있다. 때때로 封鎖라고 불리울 수 있으나, 후자는 알칼리 토 금속이나 금속 양이온의 많은 수와의 가용성 복합체 형성을 하는 성질이 중요하다.

○ orthophosphates: Ca이온은 각종 음이온과의 不溶性이 큰 沈澱을 형성하거나 종종 配位 침착물을 형성하기 때문에 공업용수 이용에서 문제를 야기한다. 알칼리토금속 이온에 ortho 錯物은 아주 낮은 안정성(PK_D 1.5~2)을 가지어 Ca-orthophosphate는 溶解도가 적기 때문에 착염제로는 잘 쓰이지 않는다. 그러나 orthophosphate들은 Fe³⁺ Al³⁺와 같은 금속의 양이온과 비교적 안정한 錯物을 형성한다 (FeHPO₄ PK_D ≦ 9.5 ; AlH₂PO₄ · PK_D ≦ 2.1)

○ polyphosphates: 縮合磷酸鹽들은 알칼리 토금속과의 錯物을 형성하여 orthophosphate 보다는 상당히 큰 안정성을 가진다.

(CaP₃O₁₀²⁻ PK_D ≦ 6.5 ; CaP₂O₇²⁻ PK_D ≦ 5)

一般的으로 polyphosphate들은 n ≦ 10 정도의 重合度內에서는 重合도가 클수록 錯鹽능력이 크다.

calcium value: polyphosphate의 錯鹽능력을 측정할 때에 아주 신중해야 한다. 흔히 100g 당 인산염당 錯鹽된 Ca의 g數로 定義된 calcium value 개념을 사용한다(그림 6과 7) 그러나 이 수치는 phosphate重合도에만 따라 달라지는 것이 아니라 熱力學이나 Kinetic에 따라 서로 달라진다는 사실을 염두에 두어야 할 것이다.

○ 熱力學的 要因: 錯鹽은 一般的으로 다음과 같은 평형을 예상할 수 있다.¹⁾

Mⁿ⁺ + 음이온錯鹽 — 錯物 1

Mⁿ⁺ + 음이온錯鹽 — 沈澱物 1

Mⁿ⁺ + 음이온침전제 — 沈澱物 2

M⁺⁺ + 음이온침전제 — 錯物₂

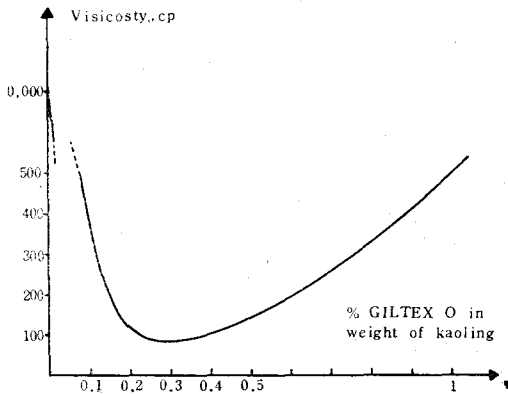
조변수들은 pH, 이온강도, M(양)이온의 性質 및 濃度, phosphate의 性質 및 濃度, 溫度 등이다.

CaF₂나 CaSO₄ 存在時 Ca value는 溶解度가 아주 다르므로 50%의 誤差로 變化될수 있다.

Kinetic 要因: 磷酸鹽은 강한 分散劑(dispersive agent)이다. 分散效果는 이미 형성된 沈澱의 量이나 結晶前 核의 量에 따라 달라진다. 이러한 조건에서 한 沈澱物의 消滅이나 出現法에 의한 錯鹽을 研究할때는 Kinetic 變化要因인 Ca溶液 添加속도나 濃度등에 따라 달라지므로 Ca value는 精確한 조건에서만 測定될수 있다. 그림 6과 7의 例에서 음이온침전제 같은 orthophosphate 存在時 pH8에서나 oxalate 存在時 pH5에서 Ca₂ value를 定量하였다. 短鎖의 polyphosphate는 鹽基性 조건에서 더 錯鹽能力이 강한 반면 長鎖의 polyphosphate는 酸性 조건에서 錯鹽能力이 강력하다.¹⁾

4-5. 分散能

한 현탁액에 polyphosphate를 少量씩 가하면 그림 4에서 처럼 그 현탁액에 物性的變化(粘性)를 볼 수 있다.¹⁾



<그림 4> Action of GILTEX O on the viscosity of kaoline suspension DINLIE A (66% of dry matter) at pH 8.5

유화(지방과물), colloid(caseins이나 전분), 미세결정이나 결정체의 광물질 화합물의 현탁액과 같은 micro 혹은 macro 입자에 근거를 둔 모든 현탁액係를 고려한다면 polyphosphate 응용에서 이러한 物性的 性質의 重要性을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 그 이외의 경우에는 解膠能, 乳化能 및 沈澱溶解性이나 보다 一般인 分散能을 들수가 있을 것이다.

한 현탁액에서 전기적 반대부호의 이온으로 둘러싸인 입자의 조성에서 처럼 현탁액을 도식적으로 표시할 수 있고 이러한 하전들은 결과적으로 coulomb repulsion에 따르게 된다.

polyphosphate의 分散能은 多價電解質의 작용이나 음이온吸着能에 따라 달라진다. 즉 陽으로 荷電된 物質과의 相互作用이다. 실제로 입자표면의 吸着으로 음이온 polyphosphate들은 주변 電荷의 분포를 변화시킨다. 이 음이온들은 각 입자의 부근에서 陽電荷膜을 잡아당긴다. 이것은 첫번째 이온組成膜으로 입자의 표면에 접근해 있어, 아주 강한 荷電密度로 2번째 이온組成膜이 입자와 약하게 연결되어서, 즉 荷電密度는 입자표면에 접근할수록 감소한다(二重膜擴散理論).

인접 인자간의 斥力(Repulsion force)은 吸着된 양이온이 강하게 荷電되는것 만큼 강하고 음이온막의 두께가 중요하다. 다시말해서 양이온의 個別 電荷는 약하다. 그러므로 1價 양이온 장체의 polyphosphate가 강한 分散能을 가지는 것을 쉽게 이해할 수 있다. 실험적으로 이 吸着現象은 分散膜(diffusion layer) 내부에서 zeta potential이나 electro kinetic potential의 변화에 따라 증명될수 있다. 分散效果는 이 potential이 최대일 때 최적이다. 多價 음이온의 최적농도 이하에서는 Zeta potential이 감소한다. 왜냐하면 이중막 확산이 음이온 농도를 질게하고 또 점도가 증가하기 때문이다.

4-6. 磷酸鹽의 加水分解

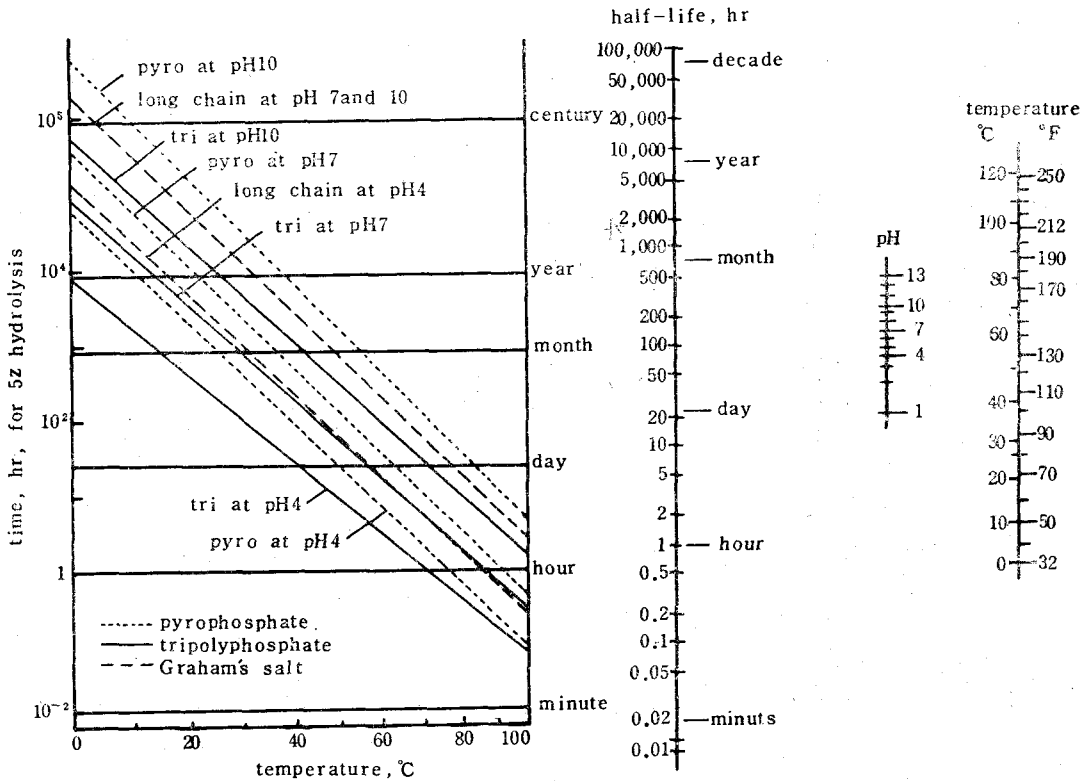
상온에서 熱力學的으로 안정한 것은 orthophosphate 뿐이다. 縮合磷酸鹽은 多陽子酸으로

이들의 鹽은 水溶液에서 縮合過程의 반대과정인 結合의 파괴와 물의 고정단계로 되돌아 오려는 경향이 있다. 環이나 鎖의 加水分解率은 극히 낮은 특성이 있다. 실제로 실온이나 중성 pH에서의 p-o-p結合의 加水分解率의 반감기는 수년이 걸린다. 溶液은 상온이나 그 이하의 온도와 넓은 pH범위에서 鎖와 環은 현저한 分解없이 수일간 연구될수 있다. 여러가지 요인들이 水溶液 상태에서 環과 鎖가 加水分解率의 영향을 받는데 다음은 그 효과의 감

소순으로 표시하였다.

요 인	加水分解率의 대략적 效果
1. 온도	凍結에서 沸騰까지 $10^5 \sim 10^6$ 배 빨라진다.
2. pH	強酸에서 鹽基까지 $10^3 \sim 10^4$ 배 늦어진다.
3. 농도	개략적으로 비례한다.
4. 효소	$10^5 \sim 10^6$ 배 빨라진다.

위에서 보는 바와 같이 중요한 要因은 온도와 pH이다. 그림 5는 각종 磷酸鹽들이 中性이나 鹽基性에서 고온임에도 불구하고 상당히

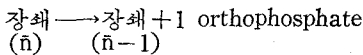


〈그림 5〉 Hydrolysis of polyphosphate

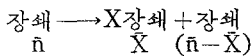
안정함에 반하여 環狀磷酸鹽은 鹽基性 조건에서 빠르게 加水分解된다.²⁾

酸性의 조건에서는 저온보다 비교적 안정하게 남아있다. 磷酸鹽의 加水分解에서 一般的으로 중요한 반응은 殘餘 phosphate의 濃度에 비례하는 것이다. 2차적으로 다른 要因으로 加分解를 促進할 수 있는 것은 금속 양이온 존재하에 酵素觸媒反應이다. 한 磷酸鹽의 加水分解率도 확실히 한 중요한 조 변수이나 형성된 磷酸鹽의 성질이 더욱 중요하다. 실제로 다음과 같은 반응 경로가 있다.

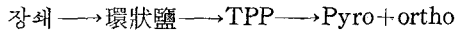
1. 말단사슬의 절단



2. 사슬중간의 절단



3. 사슬의 環狀化



공업용 polyphosphate(최초 重合度 $\bar{n}=20$)의 加水分解率도 알칼리성 조건에서 보다 산성조건에서 높은 率을 나타내고 알칼리 조건에서 ortho는 덜 형성되나 TPP는 더 형성된다. 산성 알칼리 모두의 경우에서 ortho를 제외한 사슬의 길이는 시간과 비슷한 양상으로 변한다. 加水分解時 一般的으로 쇄장의 상대적 변화는 최초 쇄장에 따라 아주 유사하게 근접하고 반대로 형성된 ortho의 비율은 최초 \bar{n} 이 적을 때 강하게 증가된다. 이점은 orth로부터 pyrophosphate로 통과시 위에서 論述했듯이 錯鹽能이 아주 예민하게 변하는 성질이기 때문에 더욱 중요하다. 그러므로 예민한 酸性溶液에서는 장쇄의 polyphosphate를 사용하고 알칼리 용액에서는 낮은 加水分解가 예상되므로 中長鎖($4 < \bar{n} < 10$)의 polyphosphate 보다는 TPP를 사용하는 것이 아주 중요하다.

5. 分析 方法

물리적이거나 화학적 방법이던간에 磷酸鹽 分析方法은 一般的으로 2개의 형태가 있다.

○ 總括的 分析 : 混合物의 대략적 조성으로 P_2O_5 의 정량이나 平均 重合度 및 M_2O/P_2O_5 의 비율등이다.

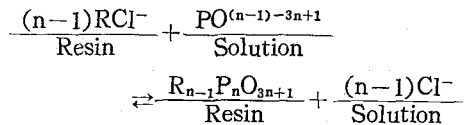
○ 精密 分析 : 混合 磷酸鹽에 대한 정확한 磷酸鹽 比率(개략적 조성)을 위한 精密分析 方法은 NMR, IR, radio crystallography 및 chromatography 등의 方法으로 성질이 아주 비슷한 각종 음이온磷酸鹽을 아주 예민하게 분석할 수 있는 方法을 사용해야 한다.

5-1. 化學的 方法

P_2O_5 정량 : 잘 알려진 바와 같이 phosphoquinolene에 의한 중량분석이나 phosphovanadomolybdate에 의한 일반적 p정량 방법이 있다. potentiometry에 의하여 간단히 동시에 M_2O/P_2O_5 의 비율을 구할 수 있다. 그러나 이 방법은 polyphosphate의 경우에 orthophosphate로 완전히 加水分解(強酸) 후에만 적용할 수 있다.

○ 磷酸鹽 種類의 分析 : 이미 오래된 方法으로 각종 음이온 phosphate에 鹽溶液(Zn^{2+} , Ca^{3+})의 特異 溶解度에 근거를 둔 方法이 있다. 이 方法은 정량적인 沈澱이 각종 조성이나 실험 조건에 따라 심하게 변하므로 分析精密度가 적거나 경우에 따라서는 실험결과가 완전히 허위인 경우도 있다.

○ Chromatography에 의한 方法 : Rhône poulenc(1)이나 Sausage, 용융 Cheese⁷⁾에서처럼 음이온교환수지를 이용 column; chromatography에 의한 方法이 있다. 이온교환수지에서 분리단계는 다음과 같다.



이온교환상수는 자기 다른 음이온磷酸鹽($P \sim 15$ $P1 \sim P4$)에 따라 다르며 이것을 Cl⁻과 pH의 gradient에 의한 elution에 의하여 이 磷酸鹽을 분리한다.

미량의 알칼리토금속 양이온이 chromatography를 방해할 우려가 있으므로 강한 양이온 착염제인 EDTA를 미리 gradient 溶液중에 넣

고 행한다. 이온교환은 세상인산업의 環狀을 쉽게 분리하지 않는다. 그래서 보충적인 방법으로 Barium 鹽法을 이용한다(Ba의 環狀鹽만이 可溶性이다). 특히 pH의 정확한 조절같은 세심한 주의가 沈澱을 정량적으로 얻기 위하여서나 環狀鹽의 加水分解를 막기 위하여 필요하다. 이 경우에도 역시 강한 鹽基性溶媒에서 잘 이동하는 環狀鹽의 성질을 이용한 paper chromatography를 이용할 수 있으나 精密度가 전자만 못하다. 이 方法은 磷酸鹽의 含量이 적은 경우에 필요하고 chromatography의 감도제한은 0.5% 이내이다.

○ polyphosphate 중 ortho의 정량: Ethanol-toluence 混合溶液에 의한 Ammonium phosphomolybdate 추출.

○ ortho중 pyro의 정량; pyro에 의하여 錯鹽되지 않은 부분을 정량하는 것으로 Fe을 첨가하여 thiocyanate 비색법 이용.

5-2. 物理的 方法

熱分析: TPP의 선택적 수화성에 근거를 둔 熱分析법이 있으나 정확도에 문제가 있음.

Radiocrystallography: 이 方法도 정밀도가 있으나 만일 無定形의 TPP가 混合되어 있으면 分析을 방해한다.

IR Spectrometry: 磷酸鹽들이 완전히 無水일 경우에는 완전한 분석을 행하나 물이 존재하면 오차를 유도할 수 있다.

6. 磷酸鹽의 有害性 및 代置可能性

磷酸鹽은 다른 첨가제와는 달리 동식물체의 천연적 조성이라는 점이다. 음이온 phosphate의 energy 전환과정중 ATP의 필수적 역할은 아주 중요하다. 그리고 동식물성 사료나 식품은 항상 phosphate 형태로의 燐을 함유하고 있는 것이다. 磷酸鹽의 有害性은 더이상 토론되지 않음에도 불구하고 FAO 전문위원회에서 다각도로 연구되었다. 1일 최대이용량이 食耳中 Ca함량에 따라 달라지나 체중 kg당 70mg

정도가 된다.⁸⁾ Lang⁹⁾, Schreier¹⁰⁾ 및 Ebel¹¹⁾ 등에 의하면 [경구투여된 縮合磷酸鹽은 직접 혈류나 조직등으로 통과할 수 없고 우선적으로 장내효소등에 의하여 ortho로 분해된다고 하였다. 重合度가 3이상이면 장막도 통과할 수 없는 것으로 알려져 있다. 그러므로 Graham鹽과 같은 巨大分子의 磷酸鹽은 절대로 혈류나 장관막을 통과할 수 없는 것으로 알려져 있다. 식품에 첨가된 磷酸鹽이 성장기 아동들의 hypokinetic syndrome을 가져올 수 있다는 claim에 대해 실험한 결과 아무런 有害性의 證據가 발견되지 않고 단지 천연 [phosphate와 첨가 phosphate가 신진대사경로만 조금 달리 하는 것으로 알려졌다.¹²⁾

熔融 Cheese에서 polyphosphate 代置可能性을 製過 초창기부터 시도하였으나 아직 문헌상으로 성공적으로 이 Cheese를 제조한다는 보고는 없다. 1~3價의 유기음이온체로 糖, carbonic酸, diglycol酸, mucic酸 등으로 시도하였으나 별 효과가 없고 lactate와 acetate는 용용제로 부적합하고 tartarate는 비교적 양호한 熔融을 보이나 sandiness를 형성하는 결점이 있다.¹³⁾⁻¹⁵⁾ 구연산과 구조가 유사한 triox-yglutaric酸의 이용도 시도되었으나 현재 이용되고 있지 않다.¹⁶⁾ Xanthane gomme, Na-Stearyl-lactyl-lactate 및 triglyceride의 saccharose ester가 용용제 대체실험에 이용되었으나 용용 cheese의 전형적인 peptization이 일어나지 않았고 전형적인 風味와 texture가 형성되지 않으나 50%의 部分代置는 가능한 것으로 보인다.¹⁷⁾

7. 各種 乳製品에서의 磷酸鹽의 利用¹⁷⁾

시유 및 연유: 시유나 연유가 응고에 대한 저항성이 없으면 저장중에 gel을 형성한다. Disodium Phosphate(DSP)는 일반적으로 이러한 제품에서 熱 gel화나 저장중 gel화에 대하여 casein을 안정시키고 pH를 [유지시키기 위하여 약 0.1% 첨가한다.

Cheese: Cheese 공업에서 磷酸은 curd를 형성하기 위해서나 creamed coftage cheese에 대해 신맛을 내기 위하여 첨가된다. 새로운 Cheese 공정은 Starter 발효대신에 酸添加에 의하여 직접 curd를 生成하여 공정을 단축시킨다. 원유에 Mono Calcium Phosphate(MCP) 添加는 酸을 生成하고 동시에 Ca으로 인한 Curd수율증가, 단단한 Curd 및 유청배출을 용이하게 한다. Cheese제조를 위한 Starter Cheese는 숙성시키기 위하여 필요한 세균을 조합하여 숙성중 바람직한 風味를 형성하지만 Phage에 오염되면 바람직한 숙성세균의 증식을 저해하여 숙성을 방해한다. 그러나 Phage는 Ca^{++} 에 영향을 받으므로 orthophosphate를 첨가 Ca을 침전시킴으로써 억제할 수 있다. 감소된 Ca^{++} 수준은 Phage를 저해하나 바람직한 세균증식을 방해하지는 않는다.

熔融Cheese(Processed Cheese): 熔融Cheese에서 磷酸鹽은 錯鹽劑로 錯鹽하여 解膠를 일으켜 수분을 단백질과 지방에 結水乳화시키는 작용을 한다. 일반적으로 polyphosphate는 다른 鹽과는 달리 맛의 상승작용을 가져온다. 유럽에서는 混合된 polyphosphate를 사용하며 독일의 Benckiser-Knapsack (Joha), Guillini (Solva) 및 불란서 Rhône-poulenc(Fonda-gel)들이 유명한 熔融鹽製造會社들이다. Rhône-Poulenc를 제외한 各社들이 약 20여종의 각종 용도의 鹽을 生産, 다양한 熔融Cheese를 生産하게 한다. 이들의 주장에 의하면 이러한 鹽들은 특수용도를 위한 특수하게 合成製造한 均一한 鹽이거나 混合鹽을 再縮合한 鹽이라고 주장하나, 실제로는 각종 重合度の 磷酸鹽의 混合이라는 명백한 證據들이 있다. 미국에서는 유럽에서와는 달리 비교적 重合도가 낮은 mono나 pyro磷酸鹽을 사용하고 Cheese제품의 다양성이 유럽보다는 적다.

DSP나 鹽基性 Sodium aluminum phosphate (SALP)가 일반적으로 사용되고 Trisodium phosphate(TSP)는 酸도가 강한 Cheese를 中和시키는데 사용한다. Tetra Sodium pyro phosphate(TSPP)나 다른 縮合磷酸鹽도 이용

하지만 미국에서는 단단한 熔融 Cheese는 인기가 적다. orthophosphate는 熔融을 促進하고 연하고 Slice가 잘되는 Cheese를 生産하고 미국에서 嗜好도가 있다.

Cheese 熔融중 일어나는 이 化學的變化는 다음과 같은 변화가 복합적으로 일어나는 것으로 보인다.¹⁸⁾

○ Protein System에서 Ca의 제거: 이것은 Ca-Paracaseinate가 磷酸鹽에 의하여 Ca이 Na이온교환된것을 말한다(解膠).

○ 단백질의 分散이나 解離: 解膠와 함께 단백질의 입자가 작아지는 현상(경우에 따라 단백질분해)

○ 水化 및 膨潤過程

解膠와 分散으로 인하여 친수성기와 Charge들이 노출 단백질이 水化, 膨潤된다.

○ 緩衝效果: 磷酸鹽의 緩衝效果로 인하여 製品에 pH를 안정시킨다.

○ 冷却中 texture 形成: 解膠에 作用하고 난후 熔融鹽이 2차적으로 단백질 입자와 작용 최종제품의 texture형성에 관여한다.

Instant Pudding: 시판 instant pudding은 주로 설탕, 향료 및 磷酸鹽 등을 함유하는 건조분말이다. 찬 우유를 첨가할 때 磷酸鹽은 단백질을 沈澱시키어 단단한 gel을 형성한다. 정치시간은 약 10분간이다. TSPP가 종종 이용되나 DSP, monocalcium phosphate, sodium tripoly phosphate(STPP)나 soduim hexametaphosphate(SHMP)같은 磷酸鹽도 첨가할 수 있다. 찬 우유에서 phosphate가 우유단백질을 沈澱시키나 가열된 우유에서 낮은 농도의 phosphate는 단백질을 안정시키는 것은 아주 재미있는 현상이다.

粉乳製品 및 香料: 탈지분유는 물에 환원(Reconstitution)시킬 때에 잘 녹게 하기 위하여 分散제를 필요로 한다. DSP를 건조전에 0.5% 정도 첨가한다. phosphate는 熱凝固에 대해 casein을 안정시키어 물에 溶解時 잘 分散된다. 맥아유분말(malted milk powder)은 TSPP를 0.1%정도 첨가하였을 때 물에 환원시 잘 분산될 수 있다. 같은 方法으로 choch-

< 3 > FDA Dairy Phosphate Regulations Official Standards of Identity

PRODUCT	ADDITIVE	FDA LIMIT	SUGGESTED USE LEVEL
Evaporated milk	emulsifier, includes phosphate	no limit	0.1%
Process cheese, process cheese food, process cheese spread	emulsifier, includes sodium, potassium, sodium aluminum phosphates	3.0%	2.0%
Cottage cheese	acidulant, includes phosphoric acid	may not reduce pH below 5.3	—
Lowfat milk, skim milk (with added milk solids)	phosphate as an emulsifier and stabilizer	2% of the weight of the solids	0.5%
Heavy cream, light cream, light whipping cream, half-and-half	phosphate as an emulsifier and stabilizer	no limit	0.15%
Sour cream, acidified sour cream, sour half-and-half, sour cream dressing, sour half-and-half dressing	phosphates to improve texture, prevent syneresis, extend shelf life	no limit	—
Ice cream, frozen milk desserts	disodium phosphate (DSP), tetrasodium phosphosphate (TSPP), Sodium hexameta-phosphate(SHMP)	0.2%	0.1%
Margarine	emulsifier, includes phosphate	no limit	—

olate香料를 우유에 잘 分散시킬 수 있다. pyrophosphate 역시 우유를 약간 濃厚하게하여 分散을 안정시킨다.

乳脂肪과 margarine: 乳脂肪의 저장기간을 磷酸이나 혹은 다른 유기산과 混用으로 직접 酸性化시켜 4배 증가시킬 수 있다. phosphate를 香味, 단백질 안정성 및 조직감을 개선하기 위하여 酸性化전에 添加할 수 있다. 磷酸 添加는 발효법보다 工程時間을 단축시킨다. 이렇게 하여 貯藏性이 긴 더욱 안정한 우유를

生産한다. Margarin은 硬化劑의 添加나 수소 添加로 인하여 硬化된 지방으로 약간의 乳成分을 포함하는 乳化體이다. phosphate는 凝固에 대해 단백질 보호에 의하여 이러한 유화제를 안정시킬 수 있다. 만일 polyphosphate가 첨가되었다면 좋지 않은 색이나 臭의 변화를 일으킬 수 있는 Cu, Fe, Mg 및 Ca의 異狀臭 效果를 막을 수 있다.

크림과 아이스크림: 滅균 cream은 凝集을 막기위한 안정제로 phosphate를 필요로 한다.

SHMP는 Vitamin C처럼 抗酸化제작용이 있어 약 5.1% 첨가한다. Whipping할 Cream에 0.1%의 Phosphate를 첨가하여 Weeping에 대한 안정성과 용량을 개선한다. ice cream은 지방 함량이 높아 Churning에 의하여 지방입자가 생기게 된다. Phosphate첨가로 인하여 지방구나 결빙의 형성을 막는다. Ice Cream 역시 Phosphate에 유화 및 안정효과를 이용한다. Ice Cream, 냉동custard 및 Ice milk는 연방정부규정에 의하면 0.2% DSP, TSP나 SHMP를 첨가할 수 있다.

유청가공 : 유청중의 단백질과 유당은 여러 가지 가치가 있으나 상당히 희석된 상태이다. 유청을 농축하면 유당이 결정화되고 단백질이 변성되고 응고가 일어난다. 다음 표 4는 각종 유제품에 대한 添加磷酸鹽의 종류와 허용량이 표시되었다.

단백질 沈澱은 乳糖의 結晶化를 막거나 속도를 느리게하여 乳糖生産을 방해한다. 높은 收率의 乳糖을 얻기 위하여 熱에 의하여 단백질을 凝固시키고 여과시킨후 그 液에 polyphosphate를 添加한다. 이것은 2차 단백질 沈澱을 막아주고 乳糖의 結晶化를 용이하게 한다. 유청단백질 회수시 磷酸鹽의 添加는 protein-phosphate 複合體를 形成하여 단백질水率을 높고 소화율도 우수하다. phosphate는 석회처리에 의하여 제거될 수 있고 건조물은 식품단백질 源泉으로 쓰인다.

模造 乳製品 : 模造 乳製品은 人工乳(artificial milk), coffee whitener, sour cream, Cheese, Whipped dessert, topping 및 ice cream 등이다. 이들은 眞製品을 모방한 것으로 주로 Oil-Protein-H₂O乳화나 유화 안정제로의 Phosphate 등으로 構成되어 있다. Coffee Creamer는 일반적으로 뜨거운 酸性Coffee에서 curdling으로부터 단백질이나 응집물로부터의 oil droplet를 막기 위하여 첨가된 각종 sodium phosphate나 dispotassium phosphate로 처리된 식물성 제품으로부터 製造된다. whipped topping에서 phosphate는 단백질이 안정한 기포(Bubble)를 형성하게 하여 topping의 形態가 유지

되고 weepy(watery)되게 하지 않는다. 模造 ice cream에서 phosphate는 지방구와 큰 얼음 결정을 막아주고 공기를 捕捉하여, Cream조직을 연하고 부드럽게 해준다.

참 고 문 헌

1. Léonardi, D.: Magnier, C. (1980) Propriétés et applications des phosphates minéraux de synthèse. informations chimie, Extrait du n°206, Rhône-poulenc, Octobre 1980.
2. Van Wazer, J.R. (1958) Phosphorus and its compounds, interscience Publisher, New York
3. DeMan, J.M.: Melnychyn, P. (1971) Symposium: Phosphates in food processing. The AVI Publishing Company Inc.
4. National Academy Sciences-National Research Council. 1966 Publ. #1406, Food Chemicals Codex.
5. World Health Organization. Tech. Rept. Ser. 281, 1964. Specifications for the identity and purity of food additives and their toxicological evaluation.
6. Odagiri, S.: Nickerson, T.A. (1964) Chain length determination of polyphosphates J. Dairy Sci., 47, 920-921.
7. Toyoda, M.: Twaida, M. (1983) Separative determination of ortho and polyphosphates in processed cheese, ham and sausage. J. Japanese Soc. Food Sci. Techn., 30(8), 462-466.
8. Wasserman, R.H. (1960) Calcium and phosphorus interactions in nutrition and physiology. Federation Proc. 19, 636-642.
9. Lang, K. (1969) Rapport d'expert 16, 6
10. Schreier, K. (1956) Symposium des phosphates, Août 1956, 77-93.
11. Ebel, J.P. (1958) Action physiologique et toxicologique des phosphates condensés. Annal. Nutr. Alim., XII(1), 58-97.
12. Droese, W.: Reinken, L.: Stolley, H. (1978) Phosphatzusätze zur Nahrung-Hyperkinetische-Syndrom: Eine unbewiesene Behauptung. Ernährungs-Umschau, 25(12), 392-394.
13. Blanchard, J.F. (1949) Calcium tartarate crystal can from in processed

<90면에 계속>