

食品科學文摘叢書 ⑤

DFS

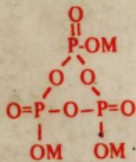
食品添加物(一)

磷酸鹽

Phosphates as Food Ingredients

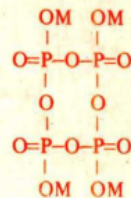
R. H. ELLINGER

邱健人 編譯



$(\text{NaPO}_3)_3$

Sodium trimetaphosphate



$(\text{NaPO}_3)_4$

Sodium tetrametaphosphate

漢文書局

究必印翻



有所權版

食品添加物(一)

—磷酸鹽

Phosphates as
Food Ingredients

邱健人 編譯

復文書局

食品添加物(一)

——磷酸鹽

版權所有



翻印必究

中華民國六十七年六月初版發行

平裝特價120元 精裝特價150元

編譯者： 邱 健 人

發行者： 吳 主 和

發行所： 復 文 書 局

地址：臺南市東門路421巷28號

電號：3 7 0 0 0 3 號

郵政劃撥帳戶32104號

No.28. LANE421 DONG-MEN
ROAD TAINA TAIWAN REPUB-
LIC OF CHINA
TEL:3 7 0 0 0 3

行政院新聞局登記證局版台業字第0370號

作 者

食品加工之目的不外有二；一在延長食品的貯藏時間，二在改善食品的色香味，以提高消費者的購買慾。改善食品之色、香、味，除需注重原料的品質外，更需注重加工技術。在加工技術中，添加食品添加物也是一種很重要的項目。食品添加物的種類很多，有的可改善色澤，例如色素；有的可改善香味，例如香精，有的可改善味道，例如核苷酸，味精等，其他更有改善食品的組織及營養等。其中以磷酸的用途最廣，使用量也最多。幾乎所有的食品，包括釀造食品、飲料、穀類、乳製品、蛋製品、食用油脂、蔬菜、水果、肉類加工製品、雞肉製品、水產製品及澱粉等，都與磷酸鹽有關。磷酸鹽不僅可作為金屬封鎖劑、緩衝劑、阻止微生物生長等，且可改善蛋白的構造，在食品加工上的用途，極為廣泛。

可惜到目前為止，本省尚無介紹磷酸鹽在食品應用的專門書籍，著者等有見於此特邀集林俊杰、甘子能、陳錦樹、陳建裕、陳啓祥、王崇仁，及邱秀鳳等幾位同好，依 The Chemical Rubber Co. 所出版 “Phosphates as Food Ingredients” 譯成此書。共分七章，約十五萬言。內容包括磷酸鹽的命名、構造、化學性質及在各種食品加工上的應用等。

本書出書之際，承蒙本研究室助理游若簌先生的編排校對，使本書能順利完成，謹表十二萬分謝意。又本書出書倉促，錯誤疏漏之處甚多，尚祈各方賢達先進批評指正。

譯 者：邱秀鳳、林俊杰、甘子能、
王崇仁、陳錦樹、陳啓祥、
陳建裕

編輯者：邱健人 序於台中

國立中興大學食品科學系微生物(二)研究室
中華民國六十七年六月

目

錄

第一章 緒論	1	2.3 重合磷酸塩	32
第二章 食品添加用磷酸塩之命名		2.4 環狀重合磷酸塩	33
分類法及構造	5	3 由生化觀點看磷酸塩的毒性	33
1 正磷酸塩	5	4 人類可接受的每日攝取量	34
1.1 正磷酸	5	5 摘要	35
1.2 正磷酸鉍	8	第五章 管理機構的態度	37
1.3 正磷酸鈣	8	1 美國食品暨藥物管理局	37
1.3.1 無水磷酸一鈣	8	2 美國農業部肉品檢驗局	40
1.3.2 磷酸一鈣單水合物	10	第六章 磷酸塩在食品系統中的	
1.3.3 磷酸二鈣雙水合物	10	功能和應用	41
1.3.4 磷酸三鈣	10	1 磷酸塩在食品中的一般功能	41
1.4 正磷酸鐵	10	1.1 與金屬離子複合	41
1.5 正磷酸鉀	11	1.2 與食品中有機的重合電解質	
1.6 正磷酸鈉	11	複合	42
2 焦磷酸塩	11	1.3 與食品成分的直接化學反應	43
2.1 焦磷酸	13	1.4 緩衝作用或安定 pH 的作用	43
2.2 焦磷酸鈣	13	1.5 食品成分的分散作用	43
2.3 焦磷酸鉀	14	1.6 使乳化劑安定的作用	43
2.4 焦磷酸鈉	14	1.7 增加水合作用及保水能力	43
2.5 焦磷酸鐵	14	1.8 加強提供礦物質	43
3 三重合磷酸塩	14	1.9 酸化作用或降低 pH 值	43
3.1 三重合磷酸	15	1.10 鹼化作用或提高 pH 值	44
3.2 三重合磷酸鉀	15	1.11 防止結塊	44
3.3 三重合磷酸鈉	15	1.12 食品保藏作用	44
4 直鏈狀重合磷酸	15	2 磷酸塩在飲料中的應用	44
4.1 重合磷酸	16	2.1 在酒精飲料中的應用	45
4.2 重合磷酸鉀	16	2.1.1 緩衝作用	45
4.3 重合磷酸鈉	17	2.1.2 細菌的控制	45
5 環狀偏磷酸塩	19	2.1.3 與金屬離子複合	45
第三章 磷酸塩的一般化學性質	21	2.2 在碳酸飲料中的應用	46
第四章 食用磷酸塩的毒物學	27	2.2.1 與金屬離子複合	46
1 急性的毒性	27	2.2.2 酸化作用	46
2 動物飼料中磷酸塩的慢性毒性	29	2.2.3 改良粉沫的流動性	47
2.1 正磷酸塩	29	2.3 在其他飲料中的應用	47
2.2 焦磷酸塩	32	2.3.1 酸化作用	47

2.3.2	加強礦物質.....	47	4.9	在乳清、乳糖及乳蛋白中之 應用.....	83
2.3.3	與金屬離子複合.....	47	4.10	在仿製奶製品中之應用.....	86
3	磷酸塩在穀類製品中的應用.....	47	4.10.1	仿製牛奶.....	87
3.1	用作膨脹劑之酸劑.....	47	4.10.2	咖啡飾白劑.....	87
3.1.1	膨脹系統的性質.....	48	4.10.3	泡沫點心.....	89
3.1.2	市售膨脹劑之酸劑的性質...	49	4.10.4	仿製酸奶油、酸奶油調味 料及浸片類.....	90
3.1.3	其他可能的磷酸塩膨脹劑 之酸劑.....	54	4.10.5	仿製乾亂酪、奶油乾乳酪 及乾乳酪醬.....	90
3.1.4	發粉裡的膨脹劑之酸劑.....	54	4.10.6	純瑪琳.....	90
3.1.5	調理混合物中的膨脹劑之 酸劑.....	55	4.11	在乾乳酪產品中之應用	91
3.1.6	冷藏麵團中的膨脹劑之酸 劑.....	59	4.11.1	酸性軟性乾乳酪	91
3.2	在穀類製品中除了作膨脹劑 外的應用.....	61	4.11.2	天然乾乳酪	91
3.2.1	麵團調節劑.....	61	4.11.3	巴斯德低溫殺菌之加工乾 乳酪.....	94
3.2.2	抑制酵素的活性.....	62	5	磷酸塩在蛋類產品中之應用.....	100
3.2.3	抗氧化劑活性.....	62	5.1	在帶殼雞蛋中之應用.....	100
3.2.4	抑制微生物的生長.....	62	5.2	在全蛋製品之應用	100
3.2.5	加強礦物質.....	62	5.3	在蛋白中之應用.....	102
3.2.6	縮短穀類烹煮的時間.....	66	6	磷酸塩在油脂中之應用	104
3.2.7	其他用途.....	67	6.1	在油脂抽取方面之應用.....	104
4	磷酸塩在乳製品上的應用.....	68	6.2	在油脂加工之應用.....	104
4.1	磷酸塩和牛奶組成分間的作 用.....	68	6.2.1	鹼精製法.....	104
4.1.1	磷酸塩與牛奶中鈣離子間 的作用.....	68	6.2.2	酸精製法.....	105
4.1.2	磷酸塩對牛奶之熱安定性 之影響.....	69	6.2.3	其他精製法之應用	105
4.1.3	與牛乳蛋白質之交互作用...	69	6.2.4	漂白.....	106
4.2	在奶製品飲料中之應用.....	70	6.2.5	重組.....	106
4.3	在高奶油奶製品中之應用.....	71	6.2.6	氫化.....	106
4.3.1	奶油.....	71	6.2.7	單甘油酯之製品	106
4.3.2	奶油奶.....	71	6.2.8	在其他加工方面之應用.....	107
4.3.3	奶油製品.....	72	6.3	在油脂之抗氧化系統中之應用	107
4.4	在煉乳中之應用.....	72	6.3.1	乾燥油脂系統.....	107
4.5	在無菌濃縮牛奶中之應用.....	73	6.3.2	液態脂肪系	108
4.6	在牛奶凍膠及布丁之應用.....	76	6.4	在油水乳化液上之應用	110
4.7	在脫脂牛乳中之應用.....	80	7	磷酸塩在蔬菜水果製品中之應用	110
4.8	在冷凍乳製品點心中之應用...	83	7.1	做為微生物敗壞之抑制劑之 應用.....	111
			7.1.1	在表皮之應用.....	111
			7.1.2	在果汁之應用.....	112

7.2	做為抗氧化劑之使用	112	9.5.2	增加柔軟度	151
7.3	在安定蔬菜水果色澤方面之應用	113	9.5.3	增加結合性	151
7.4	在欲獲得最適質地之應用	115	9.5.4	增加保水力	152
7.4.1	果膠	115	9.5.5	增進脂肪乳化性	155
7.4.2	番茄製品	117	9.5.6	風味的改善	157
7.4.3	番茄組織	118	9.5.7	防止微生物的腐敗	157
7.4.4	嫩化效果	118	9.5.8	其他方面的應用	158
7.4.5	強化組織效果	120	9.6	文獻中的其他專利	158
7.4.6	其他方面的應用	121	10	磷酸塩在家禽加上的應產	160
8	磷酸塩在植物膠及膠上的應用	121	10.1	顏色的保持	160
8.1	在洋菜膠系的應用	122	10.2	增加嫩度	161
8.2	在海藻酸膠系的應用	122	10.3	增加結合性	162
8.3	在鹿角菜膠凍膠系的應用	125	10.4	增加保水力	163
8.4	其他粘膠和凍膠系的應用	125	10.5	提高脂肪乳化力	167
9	磷酸塩在肉類加工的應用	126	10.6	改進風味	168
9.1	肉類蛋白質與磷酸塩作用的生化學探討	127	10.7	抑制微生物性的腐敗	168
9.2	一般肉品加工的應用	135	11	磷酸塩在水產製品的應用	169
9.2.1	顏色保存	135	11.1	磷酸塩與水產製品之生物化學	169
9.2.2	增進柔軟度	136	11.2	顏色的保存	171
9.2.3	增加結合力	136	11.3	增加嫩度	172
9.2.4	增加保水力	137	11.4	增加結合性	172
9.2.5	增進風味	138	11.5	增加水份的保留	174
9.2.6	防止風味的喪失	138	11.6	改善風味	184
9.2.7	防止微生物的腐敗	138	11.7	防止微生物腐敗	188
9.3	新鮮全肉的應用	139	11.8	防止糞石結晶	189
9.3.1	顏色保存	139	12	磷酸塩在使用做微生物的抑制劑	190
9.3.2	增加柔軟度	139	12.1	做為細菌生長的抑制劑	190
9.3.3	增加結合力	141	12.1.1	一般的抑制效果	190
9.3.4	增加保水力	142	12.1.2	金屬的封鎖作用	192
9.3.5	促進風味	142	12.2	做為酵母和黴菌生長抑制劑的應用	195
9.4	在新鮮切割性肉製品上的應用	145	12.3	做為病毒的抑制劑	195
9.4.1	顏色保存	145	13	磷酸塩在食用蛋白質加工的應用	195
9.4.2	增加柔軟度	145	13.1	在蛋白質分散作用中的應用	197
9.4.3	增加結合性	145	13.2	增加蛋白質的保水性與膠化性質	197
9.4.4	增加保水力	146	13.3	改善蛋白質的起泡性質	198
9.5	在醃肉製品的應用	147			
9.5.1	顏色保存	147			

13.4	做為蛋白質的沉澱劑·····	200
14	磷酸塩在澱粉加工的應用·····	201
14.1	磷酸塩對澱粉性質的影響·····	201
14.2	磷酸澱粉·····	202
14.2.1	磷酸澱粉一酯·····	202
14.2.2	磷酸澱粉二酯·····	204
15	磷酸塩在糖加工業的應用·····	205
15.1	含糖汁液的澄清·····	206
15.2	汁液的漂白·····	206

15.3	其他方面的應用·····	206
16	有機磷酸塩化合物在食品的應 用·····	207
16.1	做為抗氧化劑的應用·····	207
16.2	做為乳化劑的應用·····	207
16.3	做為起泡劑的應用·····	208
16.4	其他方面的應用·····	208
第七章	未來的趨向 ·····	209

第一章

緒 論

磷這個元素對生命而言是不可缺少的，它存在於包括單細胞及多細胞生物的每一個生命體中。它對生命現象以及生命的延續都很重要。磷，常以磷酸根的形式存在於各種核酸中，而核苷酸是遺傳因子複製及受傷基因復原所必需的材料。它也參與生物體內所有產生能量的反應。磷酸根是許多酵素系中必要的組成分，也常參與這些酵素的反應。它參與碳水化合物、脂質及蛋白質的合成及代謝，以及腦、肌肉、骨骼等組織的形成及構造。

磷，主要以磷酸根離子的形式為生物體所吸收^{1,2}，沒有一種生物可合成磷酸根離子¹，因此它必須由食物供給。雖然生物組織中，有些天然存在的化合物，磷可直接和碳或其他元素結合³，然而在生物體內最常見的結合方式，還是以磷酸酯（phosphate ester）的形式，經由氧分子結合而成。

磷酸根離子在合成生命必需化合物時，其所擔任的角色，可由其參與生命起源的證據，獲得充分了解⁴⁻⁸。有些證據顯示，最早的生物用重合磷酸根（polyphosphate）或焦磷酸根（pyrophosphate）作為能量的攜帶者（energy carrier），而不使用腺嘌呤核苷三磷酸（ATP）⁵。雖然也有證據顯示，在早期的地球上也可以合成ATP⁸，供作生命起源及繁衍之用。

很久以來，就知道正磷酸根離子存在於生物組織中。但是直到1888年，Liebermann

才首次發現生物組織中有重合磷酸鹽存在⁹。從此以後，許多報告發現重合磷酸鹽存在於微生物、植物及動物組織中，關於重合磷酸鹽在生物體中的存在，最近有幾篇總說出版^{9,10}。近來，有些報告證明，重合磷酸鹽存在於微生物細胞並指出其生理意義¹¹⁻¹⁵。也有報告指出，重合磷酸鹽也存在於高等生物並說明其代謝作用¹⁶⁻²⁰。許多組織含有可以水解及合成重合磷酸鹽的酵素，受質的鏈長包括含兩個磷酸根的焦磷酸鹽，以至於含數千個磷酸根單元的重合磷酸鹽，以及環狀的偏磷酸鹽¹⁹⁻²¹。最近Harold¹⁰及Mattenheimer²¹分別發表有關這方面的論著。

當我們檢視生物化學手冊 (Handbook of Biochemistry)²²中所附的代謝途徑圖表時，就可知道磷酸根及重合磷酸根離子確實參與生命的活動。這些圖表證明，幾乎在所有呼吸及生物合成的反應中，都需要磷酸根參與。Sanchelli²指出，由於磷對植物組織的重要性，當土壤中供應不足時，它可由一器官轉移至另一器官。植物可由老的、成熟的葉片中，將磷以磷酸根離子的形式，轉運到新的生長組織中，使所有的磷酸根得以適當地被利用。

我們所吃的各種食物裡，幾乎都含有磷酸根，因為任何曾經活著的生物所製成的食品，都含有磷酸根，表一列出幾種常見的食物所含的量。

正磷酸鹽及重合磷酸鹽可作為食品添加物之用，它們的作用包括參與離子之交換反應，如作為緩衝劑；與其他重合電解質 (polyelectrolytes) 作用，如作為不必要金屬離子的金屬封鎖劑 (sequestrants)；以及抑制微生物的生長等。這些作用將在各項食品之下詳加討論。

關於磷酸鹽在食品中的功用和應用，有許多文獻及專利可資參考，但由於其數量很多，若要作一篇完整的總說，必須花費很大的功夫，所以還沒有人作過。讀者若對本書中某一專題的細節有興趣的話，可參閱書後所列的參考文獻。參考文獻中所列的參考書，可對每一專題提供完整的資料。我們希望這些參考文獻對於磷酸鹽在食品中的應用，及其對食品的影響，可提供最有用的資料。

也有許多篇總說，討論磷酸鹽在某種食品中的應用。這些總說有時可提供值得參考的原作或數據。Kiermeier及Mohler²⁴、Ruf²⁵及Shettino²⁶所作的總說，及1957年在Mainz舉行的關於食品中縮合磷酸鹽 (condensed phosphates) 的專題討論彙編²⁷，都是最有用的參考資料。磷酸鹽在食品中的應用，Barackman及Bell²⁸的一篇總說和Stauffer化學公司的Food Industry Release No.1²⁹中都有詳細的討論。

表一某些典型食品中可食部份的磷含量

食 品 的 種 類		磷 含 量 (mg /100g)
根、塊莖及球莖	Roots, tubers, and bulbs	
甜菜	Beets	41 ± 1.1
胡蘿蔔	Carrots	40 ± 1.2
馬鈴薯	Potatoes	56 ± 0.8
洋葱	Onion	33 ± 1.1
可食葉及芽	Edible leaves and buds	
硬花甘藍	Broccoli	72 ± 2.3
捲心菜	Cabbage	30 ± 0.6
萵苣	Lettuce	28 ± 0.9
水果及果汁	Fruits and juices	
蘋果	Apples	11 ± 0.17
橘子	Oranges	21 ± 0.5
橘子汁	Orange juice	17 ± 0.4
桃子	Peaches	18 ± 0.55
穀類製品	Cereal products	
甜玉米	Corn, sweet	120 ± 1.8
燕麥(燕麥粉)	Oats (oatmeal)	395 ± 14.9
麵粉	Wheat flour	101 ± 2.1
白麵包	White bread	97 ± 2.0
動物性食品	Animal products	
牛乳	Milk	93 ± 0.3
Cheddar 乾乳酪	Cheese (cheddar)	524 ± 1.4
蛋	Eggs	224 ± 1.4
牛肉(瘦肉)	Beef, lean	204 ± 2.5

第二章

食品添加用磷酸鹽 之命名分類法及構造

多數食品科學家認為磷酸鹽，尤其是重合磷酸鹽的命名及分類法常令人混淆不清。食品科學文獻中關於磷酸鹽添加物的記載，常令人不知道究竟所用的是何種化合物。因此，本章擬就食品中常用的磷酸鹽的命名、分類法及構造，作一個簡單的討論。磷酸鹽係根據其分子中所含的磷原子數加以分類及討論。我們也將指出這些化合物命名上的差異。

對於食品用磷酸鹽的化學方面討論，不是本章所能概括的，但本章已包含了許多這方面的資料。Van Wazer 曾出版一本書，是目前關於磷化合物化學方面資料最完整的書之一³⁰。

表二列出一些目前常用作食品添加物的磷酸鹽，並摘錄其普通名稱、構造、分子式、pH 值及溶解性質^{24,25,30-32}。每一群化合物都將分別在以下的幾段裡詳加討論。

1. 正磷酸鹽(Orthophosphates)

1.1. 正磷酸(Orthophosphoric Acid)

正磷酸 (H_3PO_4) 通常稱為磷酸，是最常見的食品酸化劑 (acidifying agent)，也是許多果實及果汁的天然組成分。商品的正磷酸製劑是一種黏稠、無色的漿狀液體。它是一種三塩基性酸 (tribasic acid)，含有三個可取代的氫。

表二常用在食品中的磷酸及其塩類的命名、構造、及某些性質

磷酸塩種類	每分子所含的磷原子數	一般構造	俗名	化學式 ³	pH ⁴	溶解度 ⁵
正磷酸塩 (單元體) Orthophosphates (monomer)	1	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{MO}-\text{P}-\text{OM} \\ \\ \text{OM} \end{array}$	磷酸	H ₃ PO ₄	2.0-2.2	High
			磷酸一銨 Monoammonium phosphate	NH ₄ H ₂ PO ₄	4.5	28
			磷酸二銨 Diammonium phosphate	(NH ₄) ₂ HPO ₄	8.0	41
			磷酸一鈣 Monocalcium phosphate	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	4.5	6
			磷酸二鈣 Dicalcium phosphate	CaHPO ₄	7.5	insol 不溶
			磷酸三鈣 Tricalcium phosphate	Ca ₃ (PO ₄) ₂ (OH) ⁷	7.2	insol 不溶
			正磷酸鐵 Ferric orthophosphate	FePO ₄ ⁷	3.8-4.4	insol 不溶
			磷酸一鉀 Monopotassium phosphate	KH ₂ PO ₄	4.4	20
			磷酸二鉀 Dipotassium phosphate	K ₂ HPO ₄	8.8	63
			磷酸三鉀 Tripotassium phosphate	K ₃ PO ₄	11.9	51
			磷酸半鈉 Hemisodium phosphate	NaH ₂ PO ₄ · H ₂ PO ₄	2.2	High
			磷酸一鈉 Monosodium phosphate	NaH ₂ PO ₄	4.4	8
			磷酸二鈉 Disodium phosphate	Na ₂ HPO ₄	8.8	11
			磷酸三鈉 Trisodium phosphate	Na ₃ PO ₄	11.8	13
鹼式磷酸塩 Sodium aluminum phosphate, acidic "	2 (dimer) (二元體)	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{MO}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{OM} \\ \quad \\ \text{OM} \quad \text{OM} \end{array}$	酸式磷酸鋁鈉 Sodium aluminum phosphate, acidic	NaAl ₃ H ₁₄ (PO ₄) ₈	2.4-2.5	Slight 微溶
			鹼式磷酸鋁鈉 Sodium aluminum phosphate, alkaline	Na ₃ Al ₂ H ₁₅ (PO ₄) ₈	2.6	Slight 微溶
			鹼式磷酸鋁鈉 Sodium aluminum phosphate, alkaline	Na ₁₅ Al _{2.8} (PO ₄) ₇	9.2-9.4	Slight 微溶
			焦磷酸 Pyrophosphoric acid	H ₄ P ₂ O ₇	V. acid	High 高
			焦磷酸鈣 Calcium pyrophosphate	Ca ₂ P ₂ O ₇	6.0	insol 不溶
			焦磷酸四鉀 Tetrapotassium pyrophosphate	K ₄ P ₂ O ₇	10.2	61
			焦磷酸鐵 Ferric pyrophosphate	Fe ₂ (P ₂ O ₇) ₃ ⁷		insol 不溶
			酸式焦磷酸鈉 Sodium acid pyrophosphate	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	4.2	13
			焦磷酸四鈉 Tetrasodium pyrophosphate	Na ₄ P ₂ O ₇	10.2	6
			焦磷酸鐵鈉 Sodium iron pyrophosphate	Na ₃ Fe ₂ (P ₂ O ₇) ₃ ⁷	7.0-7.7	Insol 不溶

Linear or straight-chain polyphosphates 直鏈狀重磷酸塩 (聚合體)	3	(三元體)	3	三重合磷酸 Tripolyphosphoric acid 三重合磷酸鉀 Potassium triphosphate 三重合磷酸鈉 Sodium tripolyphosphate 重磷酸 Polyposphoric acids 偏磷酸鉀 Potassium metaphosphates (Kurrol's salt) (Kurrol 氏塩) 四重合磷酸鈉 Sodium tetrapolyphosphate	$H_3P_3O_{10}$ $K_3P_3O_{10}$ $Na_3P_3O_{10}$ $(HPO_3)_n$ $(KPO_3)_n$ $n=400-20,000$ $(NaPO_3)_n$ $n=4-10$	V.acid 9.8 9.8 V.acid 4-8 7-8	High 高 65 13+ high 高 insol ⁹ 不溶 ⁹ High 高
4到10 ³	4	4到10 ³	4	六偏磷酸鈉 (Graham 氏塩) Sodium hexametaphosphate (Graham's salt) 可溶性偏磷酸鈉 Soluble sodium metaphosphate (Graham's salt) 不溶性偏磷酸鈉 (Kurrol 氏塩) Insoluble sodium metaphosphate (Kurrol's salt)	$(NaPO_3)_n$ $n=10-15$ $(NaPO_3)_n$ $n=50-100$ $(NaPO_3)_n$ $n=100-500$	7.0 6.2 5.5	High 高 High 高 insol ⁹ 不溶 ⁹
環狀重磷酸塩 Cyclic polyphosphates	3	3	3	三偏磷酸鈉 Sodium trimetaphosphate	$(NaPO_3)_3$	6.7	23
4	4	4	4	四偏磷酸鈉 Sodium tetrametaphosphate	$(NaPO_3)_4$	6.2	18

- 1 本表資料得自參考文獻 24, 30-32, 35 及 36。
- 2 構造式中的字母M, 表示在用爲食品添加物的化合物中, 可以是氫或金屬離子。
- 3 只寫出無水化合物的分子式。作爲食品添加物的主要水合物的主要水合物的分子式。作爲食品添加物的主要水合物的主要水合物的分子式。
- 4 可溶性磷酸塩的 pH 值在 1% 溶液中測定, 不溶性化合物則在 10~50% 泥漿 (slurries) 中測定。
- 5 溶解度值代表 g/100g 飽和溶液 (25°C)。
- 6 磷酸—鈣溶解時可形成不溶性的磷酸二鈣及磷酸。然而, 通常稱之爲可溶性磷酸鈣, 因爲它表面上看來是非常易溶的。
- 7 這些化學式表示分析所得的原子數比。含氫化合物也含有水合氫水。
- 8 有些長鏈的重磷酸鈉可因鈉離子的存在而成爲可溶性。
- 9 有些長鏈的重磷酸鈉可因鈉離子的存在而成爲可溶性。

第一個可取代的氫表現得像強酸，第二個氫是較弱的酸，第三個氫則是更弱的酸，它在 25°C 時的解離常數如下³²：

$$K_1 \quad 0.71 \times 10^{-2}$$

$$K_2 \quad 0.63 \times 10^{-4}$$

$$K_3 \quad 4.7 \times 10^{-13}$$

市售的液態磷酸製品有許多種，通常都用 H_3PO_4 或 P_2O_5 所佔的百分比來表示其成分，這些商品多半是正磷酸和高級重合物，如焦一、三磷酸等的混合物。各製品中，重合酸的存在量，可由製品的 P_2O_5 百分比估計。若 P_2O_5 含量超過 69 %，則有焦一及重合磷酸開始出現，見表三^{33,34}。

當 P_2O_5 百分比為一定時，磷酸的組成完全依 H_2O/P_2O_5 比而定，這種組成是一定的，不論其製造方法及來源如何。像表三這種顯示含有不同 P_2O_5 百分比的磷酸的組成成分表，可在文獻^{30,40}中查到，或由製造商處獲得。這些成分是依據 Huhti 及 Gartaganis³⁴ 在 1956 年開發的濾紙層析法測定出來的。多數磷酸工廠所供應的表，都是應用這種方法做出。

許多正磷酸鹽也用在食品中，這些磷酸及磷酸鹽的構造及某些性質列於表二，只有那些在食品加工中相當重要的無機磷酸鹽才包括在表二裡。

1.2. 正磷酸銨 (Ammonium Orthophosphates)

有兩種正磷酸的銨鹽應用在少數食品中，即磷酸一銨 $NH_4H_2PO_4$ 和磷酸二銨 $(NH_4)_2HPO_4$ 。二者都以無水的狀態存在，雖然也有磷酸三銨，但這種化合物不穩定，並未用在食品中。

1.3. 正磷酸鈣 (Calcium Orthophosphates)

有五種正磷酸的鈣鹽常用在食品裡，其中有四種列在表二裡，單鹽基性鈣鹽，磷酸一鈣可以無水或單水合物 (monohydrate) 的形式存在。

1.3.1. 無水磷酸一鈣 (Anhydrous Monocalcium Phosphate, AMCP)

AMCP 的一般式為 $Ca(H_2PO_4)_2$ ，純粹的鹽非常容易吸濕，它主要用在乾燥的麵粉為底的混合物 (flour-based mixes) 中作為膨脹劑的酸劑 (leavening acid)，純粹鹽因為有吸濕性，所以不常使用，而代之以加有被覆的 AMCP。被覆 (coating) 由鉀、