

# Review of the Types and Application Scope of Phosphate Food Additives

Zhaoliang Ding

Tianfu (Jiangsu) Technology Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu, 222113, China

## Abstract

Phosphate-based food additives are widely applied in modern food industries due to their stable physicochemical properties and multifunctional characteristics. These additives play a critical role in improving processing performance and product quality by participating in buffering regulation, metal ion chelation, and structural stabilization within food systems. This study systematically reviews the major types of phosphate additives, focusing on the functional differences among orthophosphates, pyrophosphates, and polyphosphates, and examines their technical roles and applicability in the processing of meat, aquatic, and baked food products. In conjunction with specific food processing requirements, the paper further outlines the application patterns of phosphate additives in quality control, stability maintenance, and formulation compatibility. This provides theoretical guidance and practical references for their scientific selection and standardized use in the food industry.

## Keywords

Phosphate additives; Food processing; Physicochemical function; Application scope; Quality control

## 磷酸盐类食品添加剂的种类与应用范围综述

丁兆亮

天富(江苏)科技有限公司, 中国·江苏连云港 222113

## 摘要

磷酸盐类食品添加剂因其稳定的理化性质和多重功能特性,在现代食品工业中被广泛应用。该类添加剂通过参与食品体系中的缓冲调节、金属离子螯合及结构稳定过程,对改善食品加工性能和产品品质发挥着重要作用。围绕磷酸盐类食品添加剂的主要类型及其在不同食品领域中的应用特征,对正磷酸盐、焦磷酸盐和多聚磷酸盐的功能差异进行系统梳理,分析其在肉制品、水产品、烘焙食品等加工过程中的技术作用与适用范围。同时,结合食品加工工艺特点,概述磷酸盐类食品添加剂在品质控制、稳定性维持及加工适配性方面的应用规律,为其科学选用和规范使用提供理论参考。

## 关键词

磷酸盐类添加剂; 食品加工; 理化功能; 应用范围; 品质控制

## 1 引言

随着食品工业向规模化、精细化方向发展,加工过程中对食品品质稳定性和结构可控性的要求不断提高,功能性食品添加剂的重要性日益凸显。磷酸盐类食品添加剂作为应用历史较长、技术体系成熟的一类物质,在食品配方设计与加工调控中占据重要地位。不同类型的磷酸盐在溶解性、反应活性及功能表现方面存在明显差异,其作用效果与食品基质类型、加工条件及配伍方式密切相关。系统梳理磷酸盐类食品添加剂的分类结构及其在各类食品中的应用范围,有助于深化对其技术作用机制的认识,避免盲目或不当使用带来

的品质风险。基于此,对磷酸盐类食品添加剂的种类特征与应用领域进行综合综述,对于提升食品加工的科学性与规范性具有现实意义。

## 2 磷酸盐类食品添加剂的基本概念与分类体系

### 2.1 正磷酸盐类食品添加剂的化学特性与分类

正磷酸盐类食品添加剂以磷酸为基础结构单元,通过与金属离子形成稳定盐类,常见形式包括磷酸钠、磷酸钾和磷酸钙等。其主要特征是结构简单、反应活性明确、在水中易溶解并能释放氢离子参与酸碱调节反应。在食品加工体系中,这类添加剂具有良好的缓冲性能,能够维持一定范围内的pH稳定状态,适用于乳制品、肉制品、烘焙食品等多个领域。由于其分子量较小,易于与蛋白质或多糖反应,在调节食品结构、控制发酵速率以及改善保质期等方面具有广泛应用价值。按结合金属类型不同,可进一步细分为单金属型和复合型磷酸盐,适配不同食品工艺需求。其制备过程多采

【作者简介】丁兆亮(1980—),男,中国江苏连云港人,本科,工程师,从事常年致力于食品化工添加剂的研发,生产过程安全管理,绿色环保治理方面研究。

用中和法或沉淀法,工业成熟度高。基于其良好的功能基础和安全记录,正磷酸盐已成为多数食品配方中的基础功能性添加组分。

## 2.2 焦磷酸盐类食品添加剂的结构特征与分类

焦磷酸盐类食品添加剂由两个磷酸分子经脱水缩合形成P-O-P结构,表现出比正磷酸盐更高的金属离子结合能力。其典型结构稳定,分子间电子排布合理,在水中水解速率较慢,具备更强的络合与稳定性能。常见品种包括焦磷酸钠、焦磷酸钾等,具有优良的金属螯合性能,能有效控制食品中铁、铜等催化氧化反应的金属因子活性,从而延缓褐变、脂肪氧化等不良变化。此类添加剂适用于肉类、水产等对色泽及质地要求较高的加工场景,通过与蛋白分子结合可增强持水性和弹性。分类方面,根据不同阳离子种类和工业用途可分为食品级与工业级,其中食品级焦磷酸盐需符合严格的纯度与安全性标准。焦磷酸盐类因其稳定性好、反应选择性高,逐步在现代食品工业中获得广泛认可,成为多种复配添加剂的核心成分<sup>[1]</sup>。

## 3 磷酸盐类食品添加剂的理化功能特性

### 3.1 磷酸盐类食品添加剂的缓冲与调节功能

磷酸盐类食品添加剂在维持食品加工体系pH稳定方面具有显著作用,其多级解离结构允许其在不同酸碱条件下释放或结合氢离子,实现对体系酸碱度的动态调节。此特性对于需控制发酵环境、抑制微生物生长或避免蛋白质结构变性等工艺环节尤为关键。以正磷酸盐为例,其缓冲区间覆盖pH2.1至7.2,在肉类、乳品、面团等体系中均能有效调节反应环境,稳定关键工艺参数。缓冲能力的强弱与溶解度、反应速率、添加浓度密切相关,不同盐型与聚合程度决定了其在食品中的具体作用机制。在多相体系中,磷酸盐的缓冲效应还可抑制部分不良化学反应的发生,延缓氧化与降解过程,为产品的品质稳定与安全性控制提供支撑。在食品设计阶段,通过精准选型与浓度控制,可实现对风味、口感及保质性能的协同优化。

### 3.2 磷酸盐类食品添加剂的螯合与稳定作用

磷酸盐类食品添加剂具有显著的螯合特性,可与 $Fe^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 等多种金属离子形成稳定配位络合物,从而影响金属催化反应路径,降低食品中金属诱导氧化的风险。其结构中的多个羟基和磷酸基团为形成配位键提供了理想的结合位点,在抑制氧化褐变、脂肪酸败及酶促反应方面具有显著效果。在乳制品加工中,螯合作用有助于稳定钙离子分布,提升口感和质构一致性,在肉制品中则能控制铁离子对色泽和风味的负面影响。磷酸盐的螯合能力随聚合度升高而增强,多聚磷酸盐表现出更强络合力,适用于体系中金属离子含量波动较大的复杂配方。通过调节其添加比例与反应时间,可实现对反应体系中活性离子的精准调控,提升整体加

工控制能力。该功能在食品保质保鲜、风味稳定与外观一致性方面发挥了关键技术支撑作用。

## 4 磷酸盐类食品添加剂在主要食品中的应用范围

### 4.1 磷酸盐类食品添加剂在肉制品加工中的应用

在肉制品加工中,磷酸盐类食品添加剂广泛用于提升出品率、改善质构与延长货架期。其通过调节pH值改变肌原纤维蛋白的带电状态,促进蛋白质溶解与功能表达,从而增强对水分的结合力,有效减少加工过程中的失水损耗。在腌制产品中,磷酸盐能促进盐溶性蛋白提取,加快腌渍均匀性并增强肌肉组织的保水力,改善成品弹性与多汁性。在热加工类制品中,其可提高蛋白质热稳定性,避免过度凝聚导致的质构粗糙问题,提升感官品质。在乳化香肠类制品中,磷酸盐通过调控油脂与水相分布,维持乳化体系稳定,抑制油脂析出和空洞形成。不同类型磷酸盐在调味腊制、速冻肉品和再制肉类中发挥着不同的技术优势,需结合产品工艺特点进行选择与配比,以实现质构、保水与风味的综合提升。

### 4.2 磷酸盐类食品添加剂在水产品加工中的应用

水产品组织结构柔软、含水率高,加工中极易出现蛋白质变性、水分流失和色泽劣变等问题。磷酸盐类添加剂在水产品加工中具备显著的品质保持和结构改善效果。其通过螯合 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 等金属离子,抑制脂肪氧化及色素降解反应,减缓色泽暗淡和异味生成过程。同时,在鱼糜、虾仁、蟹棒等再制水产制品中,磷酸盐可提升肌原纤维蛋白的活性与凝胶强度,改善弹性、切片性及口感滑爽度。其在冷冻水产品中的使用可显著降低解冻损耗率,保持产品结构完整和口感鲜嫩。对于水分与蛋白结合度较低的种类,添加磷酸盐还能提升加工成品的保水率,增强其市场竞争力。在蒸煮、油炸、冷冻等多种加工环境下,磷酸盐稳定的理化特性可显著增强水产品的耐受力 and 成品一致性,为工业化高效生产提供保障<sup>[2]</sup>。

### 4.3 磷酸盐类食品添加剂在烘焙及面制食品中的应用

在烘焙及面制食品领域,磷酸盐类食品添加剂被广泛应用于改善面团性能、调节发酵体系与增强制品稳定性。其作为酸度调节剂,可与膨松剂协同控制反应速率,保证气体释放均匀,使产品膨松度和孔隙结构更为理想。在面团形成阶段,磷酸盐通过与面筋蛋白结合,提升面团的延展性与韧性,增强面团成型性和加工适应性。对于发酵面制品,其稳定的缓冲作用有助于维持酵母活性,延长发酵持续性,提高发酵质量稳定性。在蛋糕、饼干等焙烤类食品中,磷酸盐还可协助乳化剂维持油水相均一分布,提升组织细腻程度与成型一致性。其在面条、馒头、包子等蒸煮类制品中的应用也表现出改善筋道口感、防止塌陷的优良效果。根据产品对口感、弹性或延展性的不同需求,可灵活选用不同种类或复配型磷酸盐进行结构优化。

## 5 磷酸盐类食品添加剂在食品加工过程中的技术作用

### 5.1 磷酸盐类食品添加剂对加工稳定性的影响

磷酸盐类食品添加剂在加工过程中具有调控反应环境与维持体系稳定的重要作用。其良好的缓冲性能可保持 pH 在目标范围内波动有限,防止因环境变化导致的蛋白质变性、酶活性失调或反应效率波动等问题。在高温、剪切、乳化等复杂工艺条件下,磷酸盐通过调节蛋白质构象、螯合金属离子与抑制离子反应,增强体系结构韧性与反应可控性。以肉制品乳化工艺为例,磷酸盐能够稳定水油界面,提升蛋白吸附能力,防止分相和油脂析出。在面团加工中,其可稳定面筋网络结构,降低破裂率和形态失控概率。在乳制品调配过程中,磷酸盐有助于防止钙盐沉淀、抑制颗粒聚集,提高分散体系的均一性。加工稳定性的增强不仅提升了产品合格率,还显著改善了工业连续化生产效率,是现代食品添加剂系统中不可或缺的重要技术支撑<sup>[1]</sup>。

### 5.2 磷酸盐类食品添加剂对产品品质一致性的作用

食品加工链条中多环节存在不确定性来源,包括原料波动、设备状态、环境湿热变化等,极易引发终端产品批次间品质差异。磷酸盐类食品添加剂通过调控反应条件、均衡原料性能差异以及缓冲外部扰动,可有效提升产品品质的可复制性。在调味肉制品中,通过磷酸盐协同调节蛋白吸水性和腌渍深度,可实现不同部位原料在质地和风味上的一致性。在烘烤食品中,其对面团形成与膨胀行为的稳定调控能力有助于控制成品的体积、色泽与组织结构标准化。在乳制品中,磷酸盐通过控制离子强度和酸度稳定乳状液状态,防止分层与沉淀,保障色泽、口感与香味批次间保持一致。工业化生产中,磷酸盐对不同批次原料的适应能力也表现出优越特性,可在一定范围内弥补原材料性能波动对产品输出稳定性的影响,为工艺复制性提供技术支撑。

### 5.3 磷酸盐类食品添加剂对食品货架期的调控作用

延长食品货架期是加工企业面临的重要目标,磷酸盐类食品添加剂在控制微生物生长、抑制化学劣变和维持产品

结构稳定方面发挥关键作用。其螯合能力可抑制金属催化的脂肪氧化反应,延缓色泽变化和异味生成。在乳品、熟肉及水产制品中,磷酸盐通过降低可用水活度与稳定蛋白结构,可有效减少因水析出或微生物繁殖带来的品质劣变。在烘烤制品中,其对膨胀过程和结构固化的调控作用使产品在运输与存储中具备更强的抗压能力和质地保持性。在冷冻食品中,磷酸盐可改善解冻后的保水性能,降低细胞破裂率,保持产品鲜嫩度。配合低温储藏或真空包装等措施,磷酸盐作为化学防护屏障,可显著提升货架期安全性与感官一致性,是实现品质长期稳定的核心添加剂<sup>[4]</sup>。

## 6 结语

磷酸盐类食品添加剂在现代食品工业中展现出广泛而重要的技术价值。其通过调控体系酸碱环境、提升结构稳定性与延长货架期,在肉制品、水产品及烘焙面制品等多个领域发挥关键功能。不同类型磷酸盐具备多样化的理化特性与应用优势,能够适配多种加工需求,助力产品品质提升与生产效率优化。在追求食品工业高质量发展的背景下,科学、合理使用磷酸盐类添加剂,对于实现产品安全性、标准化与功能性目标具有重要意义,也为技术规范提供了有力支持。

## 参考文献

- [1] 徐珊珊.磷酸盐类食品添加剂中重金属含量调查及其检测方法改进[D].导师:李联泰;王林江.江苏海洋大学,2022.
- [2] 喻胜利,卞春丽,张芸,张亚娟,屈云.复合型磷酸盐食品添加剂的制备工艺研究[J].现代食品,2018,(19):185-187.
- [3] 崔鹤,张辉珍,刘靖靖,张晓文,梁旭峰,贝峰,崔成来,张锦梅,吕文良.山东省检验检疫科学技术研究院,水产品加工过程中食品添加剂多磷酸盐控制方法研究[Z].项目立项编号:10-3-3-23-nsh-2.鉴定单位:青岛市科学技术局.鉴定日期:2015-03-02.
- [4] 王丽芳,冯廷萃,王修俊,郑君花,李宝升.复合磷酸盐食品添加剂对猪肉丸保水效果影响的研究[J].食品工业科技,2014,35(12):320-323.