

食品添加剂检测技术及安全性评估研究

郑在芹

驻马店市产品质量检验检测中心 河南 驻马店 463000

摘要：本文综述了食品添加剂的主要作用、分类、检测技术及安全性评估。食品添加剂通过改善食品品质、延长保质期和便于加工等多方面提升食品工业的效率和品质。按功能和来源分类，食品添加剂种类丰富。检测技术方面，色谱技术、光谱技术、电化学技术及新型技术如生物传感器和纳米技术被广泛应用于食品添加剂的定性定量分析。安全性评估则需遵循科学证据、风险评估、预防性等原则，通过毒理学研究和风险-效益分析，确保食品添加剂的使用既安全又合理。

关键词：食品添加剂；检测技术；安全性评估

1 食品添加剂的主要作用

1.1 改善食品品质

食品添加剂在改善食品品质方面发挥着至关重要的作用。它们能够通过多种机制增强食品的外观、口感和风味，从而提升消费者的满意度和接受度。例如，着色剂（如红甜椒粉、甜菜根粉等天然色素及合成色素）能够赋予食品更加鲜艳、诱人的色彩，激发消费者的食欲。同时，增稠剂（如果胶、卡拉胶）可以改善食品的质地，使其口感更加细腻、柔滑，满足消费者的口感需求。此外，乳化剂和稳定剂的使用，可以有效防止食品分层或沉淀，保持食品的均匀性和稳定性，进一步提升食品的整体品质。

1.2 延长食品保质期

食品添加剂在延长食品保质期方面扮演了重要角色。由于食品在加工、储存和运输过程中容易受到微生物污染，导致变质和腐败，因此添加防腐剂成为了一种常见的解决方案。防腐剂通过抑制或杀死微生物的生长，延缓食品的腐败过程，从而显著延长食品的保质期。例如，山梨酸钾、苯甲酸钠等化学防腐剂在食品工业中得到了广泛应用；一些天然的防腐成分，如糖、盐、醋等，也常被用作延长食品保质期的手段。这些措施不仅有助于减少食品浪费，还有利于食品的国际贸易和长途运输^[1]。

1.3 便于食品加工

食品添加剂还在食品加工过程中发挥着简化流程和提高效率的作用。随着食品工业的发展，对加工效率和成本控制的要求越来越高。食品添加剂作为重要的辅助材料，能够在多个方面促进食品加工的进行。例如，酸度调节剂（如柠檬酸、苹果酸）可以调节食品的酸碱度，使其更适合后续加工处理。抗结剂（如二氧化硅）

可以防止颗粒或粉状食品结块，保持其良好的流动性，便于生产和包装。此外，膨松剂（如碳酸氢钠）在烘焙食品中能够使面团膨胀松软，改善食品的口感和组织结构。这些添加剂的使用使得食品加工过程更加便捷高效，满足了现代食品工业对生产效率和成本控制的需求。

2 食品添加剂的分类

2.1 按功能分类

食品添加剂根据其在食品中所起的作用，可以大致分为以下几类：（1）防腐剂：主要作用是抑制或杀灭食品中的微生物，防止食品腐败变质，从而延长食品的保质期。常见的防腐剂包括苯甲酸及其钠盐、山梨酸及其钾盐、丙酸及其钙盐等。（2）抗氧化剂：用于防止或延缓食品中的油脂或其他成分发生氧化反应，以保持食品的颜色、风味和营养价值。常见的抗氧化剂有维生素E、维生素C、丁基羟基茴香醚（BHA）、二丁基羟基甲苯（BHT）等。（3）着色剂：用于给食品赋予或增强其色泽，使其更加美观诱人。着色剂可分为天然着色剂（如甜菜红、焦糖色）和合成着色剂（如苋菜红、柠檬黄）两大类。（4）增味剂：用于增强或改进食品的风味，使其味道更加鲜美或符合特定需求。常见的增味剂包括味精（谷氨酸钠）、柠檬酸、乳酸等。（5）增稠剂：用于改善食品的质地，使其口感更加稠厚或具有特定的流动性。常见的增稠剂有明胶、果胶、卡拉胶、黄原胶等。（6）乳化剂：在食品加工中，乳化剂能使两种互不相溶的液体（如油和水）形成均匀分散体系，防止食品分层或沉淀。常见的乳化剂有卵磷脂、单硬脂酸甘油酯等。还有稳定剂、膨松剂、甜味剂、酸度调节剂等多种功能的食品添加剂，它们在食品工业中各自发挥着独特的作用。

2.2 按来源分类

食品添加剂还可根据其来源分为天然食品添加剂和

合成食品添加剂两大类：（1）天然食品添加剂：这类添加剂直接来源于动植物或微生物的代谢产物，或通过物理方法从自然界中提取获得。天然食品添加剂通常具有较高的安全性和良好的感官特性，如天然色素、天然香料、天然甜味剂等。它们在食品中的应用越来越广泛，受到越来越多消费者的青睐^[2]。（2）合成食品添加剂：这类添加剂是通过化学方法合成的，具有特定的化学结构和性质。虽然合成食品添加剂在某些方面可能具有更高的效价和更好的稳定性，但其安全性和使用限量通常需要经过严格的科学评估和法规管理。常见的合成食品添加剂包括苯甲酸钠、柠檬酸、焦糖色等。

3 食品添加剂检测技术

3.1 色谱技术

色谱技术作为食品添加剂检测中的核心方法之一，具有分离效能高、选择性好、灵敏度强等优点，被广泛应用于各类食品添加剂的定性定量分析。色谱技术主要包括气相色谱（GC）、液相色谱（LC）以及二者联用技术（如GC-MS、LC-MS）等。（1）气相色谱（GC）：适用于挥发性或半挥发性添加剂的检测，如防腐剂中的苯甲酸、山梨酸等。通过样品汽化、分离、检测等步骤，GC能够准确测定食品中添加剂的含量。结合质谱检测器（MS），GC-MS技术不仅能够实现添加剂的定性分析，还能提供丰富的结构信息，为未知添加剂的鉴定提供有力支持。（2）液相色谱（LC）：适用于非挥发性、热不稳定性或高分子量添加剂的检测，如合成色素、甜味剂等。LC通过高压输液系统将样品溶液注入色谱柱，利用不同添加剂在固定相和流动相之间的分配系数差异实现分离，再通过检测器进行定量分析。与紫外检测器（UV）、荧光检测器或质谱检测器联用，LC技术能够显著提升检测的灵敏度和准确性。

3.2 光谱技术

光谱技术以其快速、无损、多组分同时检测等优点，在食品添加剂检测中发挥着重要作用。（1）紫外-可见分光光度法：利用添加剂在紫外-可见光区的特征吸收峰进行定量分析。该方法操作简便、成本低廉，广泛应用于食品中防腐剂、抗氧化剂、着色剂等添加剂的检测。通过标准曲线法或比色法，可以准确测定样品中添加剂的含量。（2）红外光谱法：通过分析添加剂分子在红外光区的振动吸收光谱，可以获取其结构信息，实现定性分析。红外光谱法具有样品处理简单、分析速度快等优点，适用于多种食品添加剂的快速筛查。结合化学计量学方法，还能实现添加剂的定量或半定量分析。

（3）荧光光谱法：利用添加剂在特定激发光下产生的荧

光信号进行检测。该方法灵敏度高、选择性好，适用于低浓度添加剂的检测。然而，荧光光谱法易受到散射光和背景荧光的影响，因此在实际应用中需要采取适当的干扰消除措施。（4）拉曼光谱法：作为一种非破坏性检测技术，拉曼光谱法能够直接分析样品表面的化学成分和结构信息。与红外光谱相比，拉曼光谱对样品的制备要求较低，且不受水分子干扰。近年来，随着表面增强拉曼光谱（SERS）技术的发展，拉曼光谱在食品添加剂检测中的应用越来越广泛。

3.3 电化学技术

3.3.1 离子选择性电极法

利用对特定离子具有选择性响应的电极进行检测。该方法能够直接测定样品中离子的浓度，具有快速、准确的特点。在食品工业中，离子选择性电极法常用于检测食品中的硝酸盐、亚硝酸盐等防腐剂含量^[3]。

3.3.2 电化学传感器技术

将识别元件与信号转换元件紧密结合，形成能够感知并响应特定添加剂的电化学传感器。通过测量传感器输出的电信号变化，可以实现对食品中添加剂的快速检测。电化学传感器技术具有选择性好、灵敏度高、响应速度快等优点，在食品添加剂检测领域具有广阔的应用前景。

3.4 其他检测技术

除了上述主流的检测技术外，还有一些新型检测技术在食品添加剂检测中发挥着重要作用。利用生物识别元件（如酶、抗体、细胞等）与换能器（如电化学、光学、热学传感器）结合，对特定食品添加剂进行高选择性和高灵敏度的检测。生物传感器具有快速、实时、在线监测的潜力，特别适用于复杂基质中痕量添加剂的检测。例如，酶传感器可用于检测食品中的糖分含量，而抗体传感器则可用于检测过敏原或非法添加物；在食品添加剂检测中，纳米材料因其独特的物理化学性质而展现出巨大的潜力。纳米粒子（如金纳米颗粒、量子点）作为标记物或增强剂，可以显著提高检测信号的强度和稳定性。同时，纳米材料的高比表面积和优异的催化性能也为新型传感器的开发提供了可能；纳米技术在样品前处理中也发挥着重要作用，如纳米过滤技术用于去除杂质，纳米吸附剂用于富集目标分析等；基于抗原-抗体特异性结合的原理，免疫分析技术能够实现特定添加剂的高选择性检测。该方法具有灵敏度高、特异性强、操作简便等优点。在食品添加剂检测中，免疫分析技术常用于检测非法添加物、残留农药等有害物质。例如，基于抗体的免疫试纸条可用于现场快速检测食品中的过

敏原成分。

4 食品添加剂安全性评估

4.1 安全性评估原则

食品添加剂的安全性评估遵循一系列科学、严谨的原则，以确保评估结果的客观性和可靠性。（1）科学证据原则：安全性评估必须基于充分的科学证据，包括毒理学、营养学、代谢学等多学科的研究成果。评估过程中应优先考虑高质量的研究数据，如动物实验、人体试验及流行病学调查等。（2）风险评估原则：通过识别食品添加剂可能带来的健康风险，评估其暴露水平及潜在危害，进而确定其安全性。风险评估包括危害识别、危害特征描述、暴露评估和风险特征描述四个步骤。（3）预防性原则：在缺乏充分科学证据的情况下，应采取预防措施，限制或禁止可能对人体健康造成危害的食品添加剂的使用。这一原则体现了对公众健康的保护优先于经济利益的原则。（4）透明性原则：安全性评估的过程和结果应公开透明，接受社会各界的监督和质询。这有助于增强公众对食品添加剂安全性的信心，并促进相关法规的完善和执行^[4]。（5）动态性原则：随着科学技术的进步和新的科学证据的出现，食品添加剂的安全性评估应不断更新和完善。对于已批准使用的食品添加剂，应定期进行再评估，确保其安全性始终符合当前的科学认知。

4.2 食品添加剂的毒理学研究

毒理学研究是食品添加剂安全性评估的核心内容之一。它旨在通过一系列实验手段，评估食品添加剂在特定条件下对生物体（包括人类）的潜在毒性作用。毒理学研究通常包括以下几个方面：（1）急性毒性试验：评估食品添加剂在短时间内大量摄入后可能引起的毒性反应。这些试验通常采用动物模型进行，观察并记录动物的死亡情况、临床症状及病理变化等。（2）亚慢性毒性试验：评估食品添加剂在较长时间内（如数周至数月）连续摄入后可能引起的毒性反应。这些试验不仅关注动物的生存状况，还关注其生长发育、生理功能及组织病理学变化等。（3）慢性毒性试验：评估食品添加剂在更长时间内（如数年）连续摄入后可能引起的毒性反应。这些试验通常涉及多代动物的研究，以评估食品添加剂对遗传和繁殖的影响。（4）遗传毒性试验：评估食品添加剂是否具有致突变、致癌或致畸作用。这些试验包括基因突变试验、染色体畸变试验及致癌性试验等。（5）

生殖与发育毒性试验：评估食品添加剂对动物生殖系统和胚胎发育的影响。这些试验关注食品添加剂对动物繁殖能力、妊娠结局及子代生长发育的影响。通过毒理学研究，可以全面了解食品添加剂的毒性特征及其对人体健康的潜在危害，为制定科学合理的食品添加剂使用标准提供重要依据。

4.3 食品添加剂的风险-效益分析

在食品添加剂的安全性评估中，风险-效益分析是一个不可或缺的环节。它旨在权衡食品添加剂带来的潜在健康风险与其在食品工业中的实际应用价值，以做出科学合理的决策；明确食品添加剂可能带来的健康风险，包括急性毒性、慢性毒性、遗传毒性及生殖与发育毒性等；通过暴露评估和毒性评估，确定食品添加剂在不同暴露水平下可能引起的健康风险程度。这通常涉及复杂的数学模型和统计分析方法；评估食品添加剂在改善食品品质、延长保质期、便于加工等方面的实际应用价值^[5]。同时，还应考虑食品添加剂对食品工业发展的推动作用及社会效益；在全面考虑风险与效益的基础上，制定科学合理的食品添加剂使用标准和监管政策。这些标准和政策应既能保障公众健康安全，又能促进食品工业的健康发展。

结束语

综上所述，食品添加剂在现代食品工业中发挥着不可替代的作用，但其安全性始终是社会关注的重点。随着检测技术的不断发展和安全性评估体系的不断完善，能够更加科学、准确地评估食品添加剂的安全风险，并制定合理的使用标准和监管政策。未来，还需进一步加强食品添加剂的安全监管和科学研究，以保障公众健康，促进食品工业的可持续发展。

参考文献

- [1]王晓东.食品添加剂安全性评估方法研究[J].食品科学,2020,41(1):1-6.
- [2]李娜.张建华.食品添加剂检测技术进展[J].食品与发酵工业,2019,45(9):1-8.
- [3]刘铠齐.食品添加剂的安全性及食品安全检测技术研究[J].食品界,2024,(02):112-114.
- [4]刘必红.我国食品安全检测技术研究现状分析[J].食品界,2024,(02):73-75.
- [5]马晓.浅谈食品安全检测技术中的问题与对策分析[J].食品界,2024,(01):108-110.