

蛋白质-脂质/多糖复合体系递送系统:制备、表征和应用

陈逸玉, 徐朔, 李玉奇, 赵钜阳*

(哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院, 哈尔滨 150076)

摘要: 一直以来对于封装生物活性物质的递送系统的研究都广受关注, 蛋白质、脂质和多糖都是递送系统中常用的封装载体, 这些递送系统是为了克服纯活性化合物的问题而制造的。然而, 脂质、多糖和蛋白质存在局限性, 限制了它们在递送系统中的有效性。蛋白质-脂质和蛋白质-多糖偶联是用于制造新型递送系统的新兴技术, 其优点是在一个递送系统中同时具有两种递送载体, 与单个载体相比, 这些偶联物在体内具有更好的协同作用和理想的性质。其中, 胶体和生物稳定性、增强机械强度、控释、更长的循环时间、靶向递送、更小的细胞毒性、更高的负载能力、共包封和增强的生物利用度是关键结果。本综述的重点是探究脂质、多糖和蛋白质作为递送系统的重要性、蛋白质-脂质/多糖偶联的益处、偶联方法和营养递送中的各种应用, 并确定研究挑战和未来的研究方向。

关键词: 蛋白-脂质偶联; 蛋白-多糖偶联; 营养递送; 递送系统

Protein-lipid/polysaccharide complex delivery systems: preparation, characterization, and applications

Chen Yiyu, Xu Shuo, Li Yuqi, Zhao Juyang

(College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: The research on delivery systems for encapsulating bioactive substances has been widely concerned. Proteins, lipids and polysaccharides are commonly used encapsulation carriers in delivery systems. These delivery systems are manufactured to overcome the problem of pure active compounds. However, lipids, polysaccharides and proteins have limitations that limit their effectiveness in delivery systems. Protein-lipid and protein-polysaccharide coupling is an emerging technology for the manufacture of new delivery systems. Its advantage is that there are two delivery carriers in one delivery system. Compared with a single carrier, these conjugates have better synergy and ideal properties in vivo. Among them, colloidal and biological stability, enhanced mechanical strength, controlled release, longer cycle times, targeted delivery, less cytotoxicity, higher loading capacity, co-encapsulation, and enhanced bioavailability are key results. This review focuses on exploring the importance of lipids, polysaccharides and proteins as delivery systems, the benefits of protein-lipid / polysaccharide coupling, coupling methods and various applications in nutritional

delivery, and identifying research challenges and future research directions.

Keywords: Protein-lipid conjugation; Protein-polysaccharide conjugation; Nutraceutical delivery; Delivery system

引言

人们对现代食品营养需求的趋势是加入具有潜在健康益处的生物活性化合物，如抗氧化剂和益生菌。生物活性化合物(通常从天然来源提取，例如维生素、益生菌、矿物质、多酚、 ω -3-脂肪酸和植物甾醇等)的稳定性是它们成功摄取利用的关键参数。但生物活性化合物对氧气、光、热和水都很敏感，这些因素限制了食品的保质期和生物利用率^[56]。此外，生物成分在口服后会经历的胃肠道消化代谢，导致化学结构的变化，改变其生物活性。因此，如何确保生物活性物质在胃肠道的稳定性并在适当的靶点处进行释放是一个问题。在食品生产中实施生物活性化合物过程中产生的另一个问题是这些化合物的摄入量和生物利用度有限。蛋白-脂质/多糖复合系统递送载体是克服上述许多问题的有力工具，因为它能够通过封装一种或多种化合物来保护它们。

1 递送系统中的载体

1.1 蛋白质

蛋白质具有较高的营养价值，且在生物与功能技术方面具表面活性、起泡性、乳化凝胶特性、低毒性和生物相容性等良好的性质^{[1][2]}，因此食品级的蛋白质常常以多种形式(例如纤维、纳米颗粒和水凝胶)广泛地应用于药品、食品递送运输中。除此之外，蛋白质的表面具有多种官能团方便与多种物质相互作用，促进疏水或亲水生物活性分子(例如维生素、益生菌、多酚、抗氧化剂、色素和挥发性香气)的递送^[3]。递送系统中常见的蛋白质可以分为动物蛋白和植物蛋白^[4]。动物蛋白中应用最广泛的是明胶和牛乳蛋白(即乳清蛋白、 β -乳球蛋白、 α -乳清蛋白、卵清蛋白、牛血清白蛋白、酪蛋白、乳铁蛋白)^[5]。例如天然 β -乳球蛋白(β -LG)可以形成纳米复合物，作为天然纳米载体来封包疏水性营养成分^[27]；姜黄素在生理 pH 下不稳定且水溶性差，而将其封装在乳清蛋白微粒中时，其生物利用度显著提高^[28]。玉米醇溶蛋白、豌豆蛋白、麦醇溶蛋白和大豆蛋白则是广泛用于纳米载体的植物蛋白^[6]。乙醇可以促进玉米醇溶蛋白展开露出疏水核心即二硫键，由此与疏水性 β -胡萝卜素相互作用^[29]，提高封包效率。

大多数食品蛋白质具有物理化学和功能属性，使其适用于封装各种亲水和疏水性生物