

植物种子源活性肽的研究进展

张悦然, 杨帆, 陈壹刘, 周永鑫, 李咨诺, 徐艺, 高云*

辽宁科技大学化学工程学院, 辽宁 鞍山

收稿日期: 2026年3月19日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月12日

摘要

植物种子源活性肽(Plant seed-derived bioactive peptides, PSBPs)采用天然植物种子蛋白经过水解分离获得的小分子量蛋白质片段, 因其独特的生理活性、安全性以及相对低廉的生产成本, 是当前生物活性肽行业的研究热点。本文综合论述了PSBPs的分类及特点、制备方法、生理活性和应用领域, 研究表明酶水解法是PSBPs最常用的制备方法, PSBPs的生理活性以抗氧化抗衰老、免疫调节、降三高、抗炎防癌等为主, 在食品、药品、化妆品及健康安全检测行业具有很好的应用前景。

关键词

植物种子, 生物活性肽, 制备方法, 生理活性

Research Progress on Plant Seed-Derived Bioactive Peptides

Yueran Zhang, Fan Yang, Yiliu Chen, Yongxin Zhou, Zinuo Li, Yi Xu, Yun Gao*

College of Chemical Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning

Received: March 19, 2026; accepted: April 29, 2026; published: May 12, 2026

Abstract

Plant seed derived bioactive peptides (PSBPs) are small molecular weight protein fragments obtained by hydrolysis and separation of natural plant seed proteins. Due to their unique physiological activity, safety, and relatively low production cost, they are currently a research hotspot in the bioactive peptide industry. This article comprehensively discusses the classification and characteristics, preparation methods, physiological activities, and application fields of PSBPs. Research has shown that enzymatic hydrolysis is the most commonly used preparation method for PSBPs. The physiological activities of PSBPs mainly include antioxidant and anti-aging, immune regulation, lowering

*通讯作者。

文章引用: 张悦然, 杨帆, 陈壹刘, 周永鑫, 李咨诺, 徐艺, 高云. 植物种子源活性肽的研究进展[J]. 食品与营养科学, 2026, 15(3): 220-226. DOI: 10.12677/hjfn.2026.153025

three highs, anti-inflammatory and anti-cancer effects, and have good application prospects in the food, drug, cosmetics, and health and safety testing industries.

Keywords

Plant Seeds, Bioactive Peptides, Preparation Method, Physiological Activity

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

植物种子源活性肽(Plant seed-derived bioactive peptides, PSBPs)近年来在生物活性肽领域得到广泛关注并成为行业研究与应用的热点。生物活性肽是蛋白质水解的中间产物,一般由 2~20 个氨基酸序列组成,其分子量普遍小于 10 kDa [1] [2]。PSBPs 原料采用天然植物种子蛋白,是经过特定的前处理技术和多种制备方法和分离工艺获得的不超过 20 个氨基酸残基组成的特异性蛋白质片段。近年来世卫组织的数据显示,全球每年由于高血糖、高血压等慢性病死亡的人数超过总死亡人数的 70%以上[3],人们迫切需求来源天然,安全无毒副作用并有预防功效的产品,植物种子源活性肽(PSBPs)因其独特的生理活性、安全性以及相对低廉的生产成本,迅速成为食品、药品、化妆品及健康安全检测行业研究与应用的热点。

目前研究较为成熟的植物种子源活性肽(PSBPs)主要源自粮谷类、油料作物类、蔬菜及水果种子类等常见农作物。通过酶解技术、发酵技术及生物合成技术已经从南瓜籽、秋葵籽、紫苏籽和苋菜籽等蔬菜种子中提取出具有抗氧化、降血压血糖、抗菌、抗炎等生物活性的肽类物质。当前 PSBPs 的研究主要集中在三个方面,一是 PSBPs 原料处理、制备及分离纯化方法研究;二是多种 PSBPs 生物活性的鉴定及作用机制研究;三是 PSBPs 在保健食品、医学诊断、生物安全监测及化妆品等领域的应用研究。本文主要综述 PSBPs 在这三个方面的最新研究进展,为 PSBPs 研究提供参考。

2. 植物种子源活性肽的分类与特点

2.1. PSBPs 的分类

植物种子源活性肽(PSBPs)的分类大多是按照植物种子来源进行分类,目前主要有研究报道的第一大类是粮谷豆种子类,主要包括大米多肽、玉米多肽、燕麦多肽、小麦多肽、藜麦多肽、大豆多肽、豌豆多肽、鹰嘴豆多肽等;第二大类是油料作物类种子类,主要包括油菜籽多肽、山茶籽多肽、核桃多肽、亚麻籽多肽、松仁多肽、花生多肽、葵花籽多肽、辣木籽多肽、油用牡丹籽多肽等;第三大类是药食两用的蔬菜种子类,主要包括南瓜籽多肽、秋葵籽多肽、紫苏籽多肽、苋菜籽多肽、黄瓜籽多肽、辣椒籽多肽、苦瓜籽多肽、胡萝卜籽多肽、花椒籽多肽等;第四大类是药食两用的水果种子类,主要包括葡萄籽多肽、西瓜籽多肽、沙棘籽多肽、菠萝蜜籽多肽、葡萄籽多肽、木瓜籽多肽等。

2.2. PSBPs 的特点

与大分子蛋白质相比,PSBPs 因其较小的分子量更容易被人体吸收。PSBPs 的生理功能具有广泛的多样性,不仅具备抗菌和抗氧化能力,还可有效对抗疲劳、抑制肿瘤生长,并具备显著的免疫调节功能,而且还能加快蛋白质和氨基酸的合成,从而促进了人体对营养成分的吸收,加快人体的新陈代谢。PSBPs

相对于人工合成的活性肽安全性相对较高, 因为 PSBPs 原料通常是大豆、花生、玉米等粮食作物和传统药食两用资源植物, 这些原料与人类的生活息息相关, 来源丰富, 价格低廉。PSBPs 的原材料多为廉价农作物, 有充足的原料储备, 所以通常价格都很低, 而且植物种子源活性肽的市场需求量很高, 在未来生物活性肽行业中前景十分广阔。

3. 植物种子源活性肽制备方法

目前在 PSBPs 制备方面目前研究较为成熟的常用方法主要是酶解法和微生物发酵法, 也有一些采用化学提取法、发酵 + 酶解协同、化学合成法等。目前大部分的蔬菜种子源活性肽采用生物酶解法, 因其反应温和性、高效选择性和环境友好性, 逐渐成为 PSBPs 制备的主流方法。通过选择合适的水解酶和酶解工艺, 辅助超声、微波及超高压等物理法提取, 可精确控制肽段的长度和结构, 能有效提高提取效率, 从而得到具有特定生物活性的 PSBPs。此外, 生物酶解法还可以实现原料的最大化利用, 减少资源浪费, 符合可持续发展的理念。

不同制备方法所得 PSBPs 的氨基酸组成、分子量和生理特性可能存在差异, 从而影响其生物活性。选取一些当前研究较多、比较典型的粮谷类、油料作物类、蔬菜及水果种子类等来源的 PSBPs 制备方法见表 1。

Table 1. Preparation method of PSBPs

表 1. 植物种子源活性肽制备方法

类别	来源	制备方法	参考文献
蔬菜种子类	南瓜籽	白蛋白酶 + 胰蛋白酶水解法	[4]
	秋葵籽	碱性蛋白酶水解法	[5]
	紫苏籽	胃蛋白酶水解法	[6]
	苜蓿籽	菠萝蛋白酶、糜蛋白酶水解法	[7]
粮谷种子类	小麦	木瓜蛋白酶水解	[8]
	燕麦	植物乳杆菌发酵法	[9]
	藜麦	枯草芽孢杆菌、鼠李糖乳杆菌、保加利亚乳杆菌等 16 种菌株发酵并加脂肪酶、淀粉酶酶解辅助发酵制备	[10]
	鹰嘴豆	α -淀粉酶和脂肪酶协同嗜酸乳杆菌发酵	[11]
水果种子类	葡萄籽	枯草芽孢杆菌发酵法	[12]
	西瓜籽	超声辅助碱性蛋白酶水解	[13]
	沙棘籽	发酵乳杆菌、枯草芽孢杆菌、干酪乳杆菌、罗伊氏乳杆菌多菌协同发酵法	[14]
油料作物类	山茶籽	枯草芽孢杆菌发酵	[15]
	核桃	化学合成法	[16]
	亚麻籽	植物乳杆菌发酵	[17]
	油用牡丹籽	胃蛋白酶、胰蛋白酶和木瓜蛋白酶酶解法	[18]

4. 植物种子源活性肽生理活性

由于原料采用天然植物种子蛋白, 对人类各种慢性疾病的预防和控制作用更为安全和温和, PSBPs 在人体内发挥着重要的调节作用。研究发现, 大多数 PSBPs 如南瓜籽多肽、葡萄籽多肽、沙棘籽多肽、山

茶籽多肽、亚麻籽多肽等具有显著的抗氧化活性，其作用机制表现为高效清除体内自由基、强力螯合金离子，并通过多途径保护细胞结构完整性，从而显著减缓氧化应激引发的衰老进程。

藜麦多肽、大豆多肽、玉米多肽、豌豆多肽等 PSBPs 还表现出抗炎活性，能够减轻炎症反应，促进组织修复。在降血糖方面，藜麦多肽、青稞籽多肽、高粱籽多肽、油用牡丹籽多肽等 PSBPs 通过调节胰岛素分泌和改善胰岛素抵抗，有助于维持血糖稳定，对糖尿病患者具有潜在的辅助治疗价值。在降血压方面，小麦多肽、山茶籽多肽、亚麻籽多肽、大豆多肽、玉米多肽等 PSBPs 抑制血管紧张素转化酶(ACE)活性，促进一氧化氮(NO)的合成与释放，从而起到辅助降血压的效果。PSBPs 还被发现具有抗肿瘤、增强免疫力等多种生理活性，能够阻止外部细菌和病毒的增殖，维持肠道菌群的平衡和稳定。一些 PSBPs 还具有抗疲劳、改善神经退行性疾病、抗骨质疏松等作用，为开发新型功能食品和缓解慢性疾病药物提供了理论依据。选取一些当前研究较多的粮谷类、油料作物类、蔬菜及水果种子类等来源的 PSBPs 生理活性见表 2。

Table 2. Physiological activity of PSBPs

表 2. 植物种子源活性肽生理活性

生理活性	多肽名称	作用机理	参考文献
抗氧化	南瓜籽多肽、葡萄籽多肽、沙棘籽多肽、山茶籽多肽、亚麻籽多肽	通过清除自由基、抑制脂质过氧化反应、螯合金属离子、激活机体抗氧化防御系统	[4] [12] [14] [15] [17]
降血糖	南瓜籽多肽、藜麦多肽、青稞籽多肽、高粱籽多肽、油用牡丹籽多肽	促进胰岛素分泌、抑制肝糖原分解、抑制胃肠葡萄糖吸收	[4] [10] [18]-[20]
降血压	小麦多肽、山茶籽多肽、亚麻籽多肽、大豆多肽、玉米多肽	抑制血管紧张素转化酶(ACE)活性，促进一氧化氮的合成与释放	[8] [15] [17] [21] [22]
抗菌性	核桃多肽、大豆多肽、棉籽多肽、红甘蓝籽多肽	其与微生物细胞膜相互作用、破坏微生物膜、抑制蛋白质和核酸的合成	[16] [21] [23]-[26]
抗炎活性	藜麦多肽、大豆多肽、玉米多肽、豌豆多肽	增强巨噬细胞的吞噬能力，促进淋巴细胞和免疫细胞的增殖和成熟，促进抗体、细胞因子的诱导	[10] [21] [22] [27]

5. 植物种子源活性肽应用领域

在现代社会生活节奏不断加速的背景下，公众对健康问题的关注度显著提升，进而对保健食品的开发及其成分构成表现出更高的兴趣，基于天然植物种子的 PSBPs 系列产品，因其符合人们对植物种子源活性肽认识的深入及其接受度的提高，其市场发展前景日益广阔。植物种子源活性肽 PSBPs 在医药、农业、食品、化妆品以及科学检测分析研究等多个领域均展现出巨大的潜力和价值。

5.1. 医药领域

经过科学家们持续不懈的研究努力，PSBPs 为医药开发提供了新的视角和策略。目前，研究已揭示 PSBPs 在抗菌[16]、抗肿瘤[4]、抗氧化[14] [15]、降血糖[10]、降血压[8]以及免疫调节[27]等多方面具有显著的生理功能。这些研究成果显著提升了 PSBPs 在医药市场的地位，多种含有 PSBPs 的新型药物在研制开发。

5.2. 农业领域

在农业领域，PSBPs 同样显示出巨大的应用潜力。它们可作为植物生长调节剂，有效促进植物生长速率的提升，并帮助植物抵御病虫害，确保植物生长和繁殖过程的安全性[28]。这不仅有助于提升农作物

产量, 而且 PSBPs 在环境中的可降解性, 对环境保护具有积极影响, 从而促进了农业的可持续发展。

5.3. 食品领域

随着公众健康意识的持续增强, PSBPs 在食品领域的应用前景亦日益广阔。植物种子源活性肽能够为人体提供必需的氨基酸, 并具备延缓衰老、促进人体健康等多种生理功能, 使其成为人们饮食中的优选。此外, 作为小分子肽, 植物种子源活性肽易于被人体吸收, 添加至食品中可使营养成分更有效地发挥作用, 对人体健康产生更为显著的积极影响[29]。

5.4. 化妆品领域

在化妆品领域, PSBPs 同样展现出广泛的应用潜力。由于其天然成分及对皮肤的多种益处, 如保湿、抗氧化、抗衰老等, PSBPs 已成为化妆品行业中的热门成分[30]。它们能够改善皮肤健康状况, 增强皮肤弹性和光泽, 因此受到消费者的高度青睐。随着研究的深入和技术的进步, 植物种子源活性肽在化妆品中的应用将更加多样化和高效。

6. 结束语

我国植物蛋白肽类加工相对滞后, 上世纪 90 年代才有企业进入该领域。国内多肽产业经过 20 多年发展, 植物种子源多肽作为配料的市場潜力更大, 同时对 PSBPs 风味和成本要求更高。大多数药食两用植物资源种子制得的 PSBPs 具有抗氧化、降血压、降血糖、免疫调节、抗菌、抗癌等多种生物活性和功能特性[31], 未来 PSBPs 研发可能会聚焦在非粮谷豆类植物种子, 一方面由于来源广泛、价格低廉。另一方面因为药食两用植物资源种子保健功能及生理活性更明显, 在保健食品、医学诊断、抗炎药物及化妆品等领域展现出广阔的应用前景。

基金项目

辽宁省自然科学基金面上项目(项目编号: 2024LNYKJ27)、国家级大学生创新创业训练计划项目(项目编号: 202510146040)和辽宁科技大学大学生创新创业训练计划项目(项目编号: 202610146137)资助。

参考文献

- [1] Jia, L., Wang, L., Liu, C., Liang, Y. and Lin, Q. (2021) Bioactive Peptides from Foods: Production, Function, and Application. *Food & Function*, **12**, 7108-7125. <https://doi.org/10.1039/d1fo01265g>
- [2] Chai, K.F., Voo, A.Y.H. and Chen, W.N. (2020) Bioactive Peptides from Food Fermentation: A Comprehensive Review of Their Sources, Bioactivities, Applications, and Future Development. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **19**, 3825-3885. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12651>
- [3] 世界卫生组织: 各国元首承诺履行《全球非传染性疾病契约》, 到 2030 年挽救 5000 万人的生命[EB/OL]. <https://www.who.int/zh/news/item/21-09-2022-heads-of-state-commit-to-noncommunicable-disease-global-compact-to-save-50-million-lives-by-2030>, 2022-09-21.
- [4] Liu, C., Wang, P., Yang, C., Zhao, B. and Sun, P. (2023) Comparative Assessment of *Cucurbita moschata* Seed Polypeptides toward the Protection of Human Skin Cells against Oxidative Stress-Induced Aging. *Frontiers in Nutrition*, **9**, Article 1091499. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1091499>
- [5] 郭淑, 田硕, 程安玮, 等. 酶解黄秋葵籽蛋白制备抗氧化肽的工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(24): 91-97.
- [6] Guan, L., Zhu, L., Zhang, X., Han, Y., Wang, K., Ji, N., et al. (2024) Perilla Seed Oil and Protein: Composition, Health Benefits, and Potential Applications in Functional Foods. *Molecules*, **29**, Article 5258. <https://doi.org/10.3390/molecules29225258>
- [7] Mudgil, P., Omar, L.S., Kamal, H., Kilari, B.P. and Maqsood, S. (2019) Multi-Functional Bioactive Properties of Intact and Enzymatically Hydrolysed Quinoa and Amaranth Proteins. *LWT*, **110**, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.084>

- [8] Liao, A., Li, X., Gu, Z., He, J., Hou, Y., Pan, L., *et al.* (2022) Preparation and Identification of an Antioxidant Peptide from Wheat Embryo Albumin and Characterization of Its Maillard Reaction Products. *Journal of Food Science*, **87**, 2549-2562. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16191>
- [9] Wu, H., Rui, X., Li, W., Xiao, Y., Zhou, J. and Dong, M. (2018) Whole-Grain Oats (*Avena sativa* L.) as a Carrier of Lactic Acid Bacteria and a Supplement Rich in Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides through Solid-State Fermentation. *Food & Function*, **9**, 2270-2281. <https://doi.org/10.1039/c7fo01578j>
- [10] Fan, X., Ma, X., Maimaitiyiming, R., Aihaiti, A., Yang, J., Li, X., *et al.* (2023) Study on the Preparation Process of Quinoa Anti-Hypertensive Peptide and Its Stability. *Frontiers in Nutrition*, **9**, Article 1119042. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1119042>
- [11] Ma, X., Fan, X., Wang, D., Li, X., Wang, X., Yang, J., *et al.* (2022) Study on Preparation of Chickpea Peptide and Its Effect on Blood Glucose. *Frontiers in Nutrition*, **9**, Article 988628. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988628>
- [12] Jiang, Y., Li, J., Zhao, H., Zhao, R., Xu, Y. and Lyu, X. (2020) Preparation of Grape Seed Polypeptide and Its Calcium Chelate with Determination of Calcium Bioaccessibility and Structural Characterisation. *International Journal of Food Science & Technology*, **56**, 166-177. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14616>
- [13] 陈思梦. 西瓜籽多肽提高肝肠热应激耐受性的途径及其分子机制[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 江苏大学, 2023.
- [14] Yang, J., Hong, J., Aihaiti, A., Mu, Y., Yin, X., Zhang, M., *et al.* (2024) Preparation of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Seed Meal Peptide by Mixed Fermentation and Its Effect on Volatile Compounds and Hypoglycemia. *Frontiers in Nutrition*, **11**, Article 1355116. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1355116>
- [15] Yao, L., Huang, Q., Wang, H., Feng, T., Yu, C., Xie, K., *et al.* (2025) Unlocking Novel Biopeptides Hidden in *Camellia* Seed Cake Fermented by *Bacillus subtilis* through *in Silico* and Cellular Model Approaches. *Food Chemistry*, **476**, Article ID: 143342. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143342>
- [16] Zhao, F., Wang, J., Lu, H., Fang, L., Qin, H., Liu, C., *et al.* (2020) Neuroprotection by Walnut-Derived Peptides through Autophagy Promotion via AKT/mTOR Signaling Pathway against Oxidative Stress in PC12 Cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **68**, 3638-3648. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b08252>
- [17] Du, T., Huang, J., Xu, X., Xiong, S., Zhang, L., Xu, Y., *et al.* (2024) Effects of Fermentation with *Lactiplantibacillus plantarum* NCU116 on the Antihypertensive Activity and Protein Structure of Black Sesame Seed. *International Journal of Biological Macromolecules*, **262**, Article ID: 129811. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129811>
- [18] Zhao, Y., Zhang, T., Ning, Y., Wang, D., Li, F., Fan, Y., *et al.* (2023) Identification and Molecular Mechanism of Novel Tyrosinase Inhibitory Peptides from the Hydrolysate of 'Fengdan' Peony (*Paeonia ostii*) Seed Meal Proteins: Peptidomics and *in Silico* Analysis. *LWT*, **180**, Article ID: 114695. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114695>
- [19] 陶瑾, 张莉方, 徐宁莉, 等. 青稞蛋白降血糖肽的纯化、结构鉴定及体外降血糖和抗氧化活性[J]. 中国粮油学报, 2023, 38(11): 92-99.
- [20] Semwal, J. and Meera, M.S. (2025) Thermally-Induced Modulations of Starch and Protein Characteristics in Sorghum Grain. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **19**, 2220-2232. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-03075-8>
- [21] Boschin, G., Scigliuolo, G.M., Resta, D. and Arnoldi, A. (2014) Ace-inhibitory Activity of Enzymatic Protein Hydrolysates from Lupin and Other Legumes. *Food Chemistry*, **145**, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.076>
- [22] Lin, F., Chen, L., Liang, R., Zhang, Z., Wang, J., Cai, M., *et al.* (2011) Pilot-Scale Production of Low Molecular Weight Peptides from Corn Wet Milling Byproducts and the Antihypertensive Effects *in Vivo* and *in Vitro*. *Food Chemistry*, **124**, 801-807. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.099>
- [23] Valdez-Miramontes, C.E., De Haro-Acosta, J., Aréchiga-Flores, C.F., Verdiguél-Fernández, L. and Rivas-Santiago, B. (2021) Antimicrobial Peptides in Domestic Animals and Their Applications in Veterinary Medicine. *Peptides*, **142**, Article ID: 170576. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2021.170576>
- [24] Hu, Y., Ling, Y., Qin, Z., Huang, J., Jian, L. and Ren, D.F. (2024) Isolation, Identification, and Synergistic Mechanism of a Novel Antimicrobial Peptide and Phenolic Compound from Fermented Walnut Meal and Their Application in *Rosa roxburghii* Tratt Spoilage Fungus. *Food Chemistry*, **433**, Article ID: 137333. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137333>
- [25] Kong, X., Song, W., Hua, Y., Li, X., Chen, Y., Zhang, C., *et al.* (2020) Insights into the Antibacterial Activity of Cottonseed Protein-Derived Peptide Against *Escherichia coli*. *Food & Function*, **11**, 10047-10057. <https://doi.org/10.1039/d0fo01279c>
- [26] Ye, X., Ng, T., Wu, Z., Xie, L., Fang, E.F., Wong, J., *et al.* (2011) Protein from Red Cabbage (*Brassica oleracea*) Seeds with Antifungal, Antibacterial, and Anticancer Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 10232-10238. <https://doi.org/10.1021/jf201874j>
- [27] Ndiaye, F., Vuong, T., Duarte, J., Aluko, R.E. and Matar, C. (2012) Anti-Oxidant, Anti-Inflammatory and Immunomodulating

Properties of an Enzymatic Protein Hydrolysate from Yellow Field Pea Seeds. *European Journal of Nutrition*, **51**, 29-37.
<https://doi.org/10.1007/s00394-011-0186-3>

- [28] 丁淑婷. 多肽受体 PSKR1 和钙依赖蛋白 CPK28 互作调控番茄生长和抗病性的分子机制[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2022.
- [29] 刘婉月, 吕沛宣, 杨雅梦, 等. 植物多肽的制备及在食品中应用的研究进展[J]. 食品工业科技, 2021, 42(24): 407-416.
- [30] 崔本文, 林梦君, 王辉辉, 等. 化妆品多肽结构改造的有效策略[J]. 日用化学品科学, 2023, 46(2): 54-57.
- [31] 李思楠, 王玺, 安宇, 等. 植物源生物活性肽的制备、生理活性及作用机制研究进展[J]. 食品工业科技, 2025, 46(3): 394-402.