

杏仁蛋白肽功能活性及质量安全控制研究进展

马小刚¹, 陆健康¹, 阿丽耶·图尔荪¹, 刘建奇², 王伟华^{1*}

(1. 塔里木大学食品科学与工程学院, 阿拉尔 843300; 2. 新疆大德恒生物股份有限公司, 库尔勒 841000)

摘 要: 杏仁蛋白是杏仁制油后的主要副产物之一, 主要应用于食品加工中, 或在加工过程中充当辅助原料。杏仁蛋白营养价值高, 但其水溶性低, 氨基酸组成不合理, 在食品工业中的发展受到限制。酶解杏仁蛋白制得的杏仁蛋白肽改良了蛋白质特性, 并且具有众多功能活性, 是提高杏仁蛋白深加工和开发其高附加值的重要手段。生物活性肽是目前研究热点, 其制备方法、作用机制和功能活性得到广泛关注, 杏仁蛋白肽作为优质生物活性肽, 则具有很大的发展前景。本文对杏仁蛋白肽的主要制备方法、抗氧化、降血脂、降血糖、降血压等主要功能活性进行综述, 对影响杏仁蛋白肽质量的危害进行分析并提出解决措施, 最后总结了杏仁蛋白肽目前存在的问题以及今后发展前景, 对杏仁蛋白肽工业化生产、药用价值的开发具有重要意义。

关键词: 杏仁蛋白肽; 功能活性; 安全控制; 发展前景

Research progress on functional activity and quality safety control of almond protein peptides

MA Xiao-Gang¹, LU Jian-Kang¹, ALIYE Tu-Er-Sun¹, LIU Jian-Qi², WANG Wei-Hua^{1*}

(1. College of Food Sciences and Engineering, Tarim University, Alar 843300, China;
2. Xinjiang Dadeheng Biological Company Limited by Shares, Korla 841000, China)

ABSTRACT: Almond protein is one of the main by-products of almond oil, it is mainly used in food processing, or act as auxiliary raw materials in the processing process. Almond protein has high nutritional value, but because of its low water solubility, unreasonable amino acid composition, the development in the food industry is limited. The almond protein peptide prepared by enzymatic hydrolysis of almond protein improves the protein properties, and has many functional activities, it is an important means to improve the deep processing of almond protein and develop its high added value. Bioactive peptides are the research hotspot at present, its preparation method, mechanism and functional activity have attracted extensive attention, almond protein peptide as a high quality bioactive peptide, it has great development prospects. This paper reviewed the main preparation methods of almond protein peptide and its main functional activities such as antioxidation, lowering blood lipid, lowering blood glucose and lowering blood pressure, analyzed the hazards affecting the quality of almond protein peptides and put forward solutions, finally, the existing problems and future development prospects of almond protein peptides were summarized, it was of great significance for the industrialized production of almond protein peptide and the development of medicinal value.

KEY WORDS: almond protein peptide; functional activity; safety control; development prospects

基金项目: 塔里木大学校长基金项目(TDZKCX202105)

Fund: Supported by the President's Fund Project of Tarim University (TDZKCX202105)

*通信作者: 王伟华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品营养与安全。E-mail: wangweihua6688@163.com

*Corresponding author: WANG Wei-Hua, Ph.D, Professor, Tarim University, No.1188, Junken Avenue 843300, China. E-mail: wangweihua6688@163.com

0 引 言

杏是重要经济果树树种^[1], 在世界上广泛种植, 我国主要以新疆、甘肃和青海等地种植较多。杏仁是蔷薇科落叶植物杏和山杏的种子^[2], 按种类可分为甜、苦杏仁两种, 具有氨基酸种类全、含量高特点^[3], 其营养物质丰富, 主要含有蛋白质、脂肪和糖类等^[4]。杏仁中蛋白质含量较高, 约占 30%, 其中约 77% 为清蛋白, 约 19% 为谷蛋白, 约 3% 为球蛋白, 还有极少量的醇溶蛋白^[5]。高温高压等物理因素会导致杏仁蛋白变性^[6], 从而降低蛋白水溶性和稳定性等性质, 影响其在食品行业中的发展。2019 年全球杏单位面积产量为 8184 千克/公顷, 我国杏单位面积产量为 2985 千克/公顷, 全球杏仁产量为 3.19×10^6 t, 亚洲杏仁产量为 4.6×10^5 t, 杏仁产量较为丰富, 但目前杏仁蛋白产量无法满足现有需求, 如何提高杏仁蛋白利用率是目前研究重点。杏仁粕是杏仁加工过程中的主要副产物^[7], 含有大量蛋白质, 但大多被当作廉价饲料销售或当作废弃物被丢弃, 杏仁蛋白的利用价值没有得到充分发挥, 从而造成了资源浪费。

为了提高杏仁蛋白的附加值, 利用蛋白酶酶解法来制备功能性杏仁多肽, 解决了杏仁蛋白溶解性差、综合利用率低等问题。目前有研究表明将杏仁蛋白肽制成营养强化物质和添加剂加入到食品中, 不仅可以提高机体吸收效率, 也提高了产品的营养价值^[8]。杏仁蛋白肽有抗氧化、降血脂、降血糖、降血压等多种功能活性^[9], 在食品产业和制药行业都具有很大发展前景, 通过开发杏仁蛋白肽高附加值产品, 打造品牌效应, 推动产业快速发展, 从而促进科技进步。因此本文对杏仁蛋白肽的主要制备方法及其

氧化、降血脂、降血糖、降血压等主要功能活性进行综述, 对影响杏仁蛋白肽质量的危害进行分析并提出解决措施, 最后总结了杏仁蛋白肽目前存在的问题以及今后发展前景, 以期对杏仁蛋白肽工业化生产、药用价值的开发提供参考。

1 杏仁蛋白肽的制备

杏仁蛋白肽的制备方法(详见表 1)目前主要有酶解法和微生物发酵法, 两者本质上都是利用蛋白酶底物专一性来酶解蛋白制备小分子多肽, 酶解法在制备杏仁蛋白肽过程中应用较为广泛, 分为单酶酶解法和复合酶解法, 二者各有优缺点, 目前已知的蛋白酶可分为三类, 植物蛋白酶、动物蛋白酶和微生物蛋白酶, 如何挑选合适蛋白酶来酶解蛋白则至关重要。微生物发酵法利用产酶菌株发酵培养制备多种功能活性的杏仁蛋白肽, 但优良菌株的选育是关键。

1.1 蛋白酶解法

蛋白酶解法是通过筛选合适的蛋白酶专一水解蛋白、脱盐精制后得到蛋白肽的过程^[10]。按蛋白酶数量不同可以分为单酶酶解法和复合酶解法^[11], 酶解法相比于其他方法, 在生产蛋白肽的应用方面更为普遍。

1.1.1 单酶酶解法

单酶酶解法是以单个蛋白酶来酶解蛋白制备蛋白肽, 主要采用的是具有氨基酸特异性的内切蛋白酶, 利用蛋白酶的底物专一性可获得一定功能活性的短肽。单酶酶解法制备杏仁蛋白肽流程各有不同, 目前较为广泛认可的是先利用碱溶酸沉法从杏仁中提取出杏仁蛋白, 再选用某种蛋白酶酶解蛋白, 通过灭酶离心等工艺制得杏仁蛋白肽(详见图 1)。

表 1 杏仁蛋白肽制备方法
Table 1 Preparation methods of almond protein peptide

制备方法	分类	概念	优点	缺点
酶解法	单酶酶解法	单一蛋白酶专一性切开肽链得到目标产物	操作简单, 反应条件可控	酶解不够彻底, 酶解效率低
	复合酶解法	多个蛋白酶组合同时或分步切开肽链得到目标产物	酶解效率高, 酶解速率快	成本高, 工艺较为复杂
微生物发酵法	微生物发酵法	利用微生物在适宜条件下产多种蛋白酶来共同切割肽链得到目标产物	有效降低多肽苦味, 简化操作流程, 降低生产成本	优良微生物菌种选择较困难, 发酵液里蛋白酶纯度低

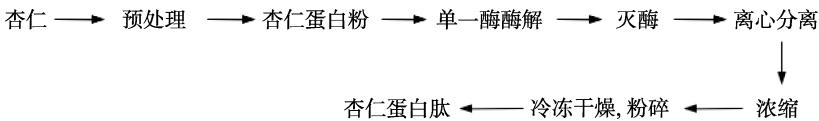


图 1 单酶酶解法制备杏仁蛋白肽流程图

Fig.1 Flow chart of preparation of almond protein peptide by single enzyme hydrolysis

单酶酶解法研究较为广泛,目前有碱性蛋白酶和木瓜蛋白酶等对杏仁蛋白酶解相关方面研究。王丽媛等^[12]用碱性蛋白酶酶解杏仁蛋白,得出其水解度为 21.02%, 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)清除率为 66.13%,制备的杏仁多肽清除率较高,但水解度较低,若制备出高水解度多肽,是否会增强多肽清除率还有待于进一步的探究。建立相关模型在杏仁蛋白水解方面也有部分研究。方华等^[13]用 4 种蛋白酶酶解杏仁蛋白,发现木瓜蛋白酶水解杏仁蛋白的水解度要明显高于其他 3 种酶,建立了相关水解度模型,验证后得出此最佳模型可靠,对不同条件下的水解度有良好的预测效果,为后续实验的研究提供了便利。石宁蕙等^[14]选择碱性蛋白酶来水解甜杏仁粕蛋白,先建立了杏仁蛋白粕的速率动力学模型和水解度动力学模型,再通过实验研究发现实验值符合模型值,表明建立的模型值可以用来预测工业化过程中蛋白的消化水解过程。田丝雨等^[15]在磁力搅拌作用下采用木瓜蛋白酶水解制备伊吾县野山杏仁多肽,在

最优工艺条件下野山杏仁多肽水解度为 35.73%,此研究得到了高水解度多肽,提高了野山杏的综合利用价值,但未涉及野山杏多肽功能方面。单酶酶解杏仁蛋白制备杏仁蛋白肽虽然加工工艺简单、产业成本低,但制备的蛋白肽大多含有苦味,目前还是以复合酶酶解为主。

1.1.2 复合酶解法

复合酶解法相比于单酶酶解法更具优势,多种蛋白酶复配或分步使用,可获得比单一蛋白酶更好的效果,既增加蛋白质利用率,也提高水解度。复合酶解法可分为双酶同步酶解和双酶分步酶解,二者的区别在于加酶的方式不同,同步酶解法在制得杏仁蛋白粉后,将 AB 两种酶混合用于酶解蛋白,经过离心、浓缩等工艺制备杏仁蛋白肽,双酶分步酶解法将 A 酶先用于酶解,灭酶后再用 B 酶进行酶解,通过一系列工艺制备杏仁蛋白肽,同步酶解法只有一步流程,而分步酶解法分成两步进行酶解,二者酶解效率都要高于单酶酶解(详见图 2、3)。

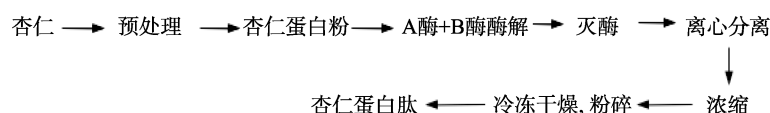


图 2 双酶同步酶解法制备杏仁蛋白肽流程图

Fig.2 Flow chart of almond protein peptide preparation by double enzyme synchronous enzymatic hydrolysis

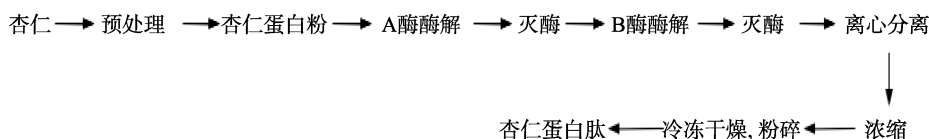


图 3 双酶分步酶解法制备杏仁蛋白肽流程图

Fig.3 Flow chart of preparation of almond protein peptide by double enzyme step-by-step enzymatic hydrolysis

复合酶解法制备的杏仁多肽具有更多的功能活性。赵换霞等^[16]选用碱性蛋白酶和风味蛋白酶复合水解扁桃仁粕制备扁桃仁抗氧化肽,发现在最优条件下制备的扁桃仁肽抗氧化性较强,可以用其研制成功能性食品从而提高扁桃仁蛋白的附加值。王琳等^[17]用木瓜蛋白酶和碱性蛋白酶复合酶解制备杏仁肽,发现复合酶水解度要高于单酶酶解,但其水解度还可以进一步提高,研究表明双酶分步酶解杏仁蛋白可以制备较高水解度的杏仁蛋白肽。刘媛等^[18]用碱性蛋白酶和木瓜蛋白酶分步酶解制杏仁蛋白肽,其水解度达到 63.04%,远远高于这两种酶同步酶解,制备出的杏仁多肽在功能活性上有一定研究价值,此项研究将廉价的杏仁粕充分利用,大大提高其经济附加值。双酶分步酶解也被用来制备具有一定功能活性的多肽。李志刚等^[19]先将山杏仁蛋白用碱性蛋白酶水解,再用风味酶处理,最终得到低苯丙

氨酸山杏仁肽,可研制成功能性食品,为营养缺乏患者补充日常所需营养物质。双酶分步酶解也可建立模型来分析和预测水解效果。代晨曦等^[20]选用碱性蛋白酶和风味蛋白酶分步酶解制备杏仁多肽,建立了双酶分步酶解的二次项数学模型,可预测蛋白水解效果,通过控制水解度来制备出分子量均一的杏仁肽,为工业化生产提供理论依据。

以酶解法研究为前提,固定化酶和超声等加工手段用来辅助酶解杏仁蛋白也受到广泛关注。固定化酶作用机制是通过一些技术手段将游离酶固定在一定区域内从而稳定发挥其催化活性,也可回收加以二次利用^[21],其优点是水解杏仁蛋白效率高,反应速率快,可在短时间内得到目标产物,既节约能源,也降低了生产成本。杨昱等^[22]利用磁性壳聚糖微球固定碱性蛋白酶来水解杏仁蛋白,发现制备的杏仁肽具有较高的短肽生成率和血管紧张素转换酶(angiotensin

converting enzyme, ACE)抑制率,证实了固定化酶可以辅助酶解制备多功能活性多肽。国外学者热衷于研究新型固定载体,并将其运用于蛋白酶水解研究中。SIDDIQUI等^[23]用功能化氧化石墨烯纳米片固定胰蛋白酶,发现产生的多肽显示出自由基清除活性的增加,抗氧化性较强,结果表明功能化氧化石墨烯纳米片固定蛋白酶用来水解蛋白在蛋白肽制备领域则具有一定发展前景。超声处理对杏仁蛋白的结构稳定性会产生一定影响,从而影响到其水解产物的活性^[24-25]。部分研究者发现超声辅助手段用来酶解制备多肽可以提高制备效率,可能和超声改变了其结构特性有一定关系。于国泳等^[26]以山杏仁为原料,在酶解过程中同时进行超声处理,

考察了超声功率等对水解度和多肽得率的影响,最终发现低于100 W的超声波在提高多肽制备效率方面有显著作用,为今后超声辅助酶解蛋白研究提供了一定理论基础。

1.2 微生物发酵法

微生物发酵法是利用微生物发酵降解蛋白,使大分子蛋白断裂成具有生物活性的小分子多肽。微生物发酵流程中先进行菌种选育,挑选出高产和无毒的优良菌株进行培养,菌株产多种蛋白酶用于酶解,从而制备杏仁蛋白肽(详见图4),目前微生物发酵存在众多问题,是今后蛋白肽制备研究的热点。

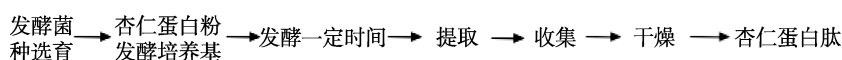


图4 微生物发酵制备杏仁蛋白肽流程图

Fig.4 Flow chart of preparation of almond protein peptide by microbial fermentation

培养高产微生物菌株是发酵法工业化生产的重要一步。王文江^[27]通过培养黑曲霉发酵菌株,利用黑曲霉中的活性蛋白酶解制备多肽,考查发酵时间等各个因素对于山杏多肽含量的影响,通过分析影响因素大小和区间最优数值来作响应面优化实验,得出在最优条件下山杏多肽的实际含量为4.768 mg/mL,为今后山杏仁肽工业化生产提供了理论依据,但黑曲霉发酵中的蛋白酶比较混杂,若对其中优良酶进行纯化,则可进一步提高山杏多肽产量。发酵法具有众多优点,是未来杏仁蛋白肽工业化制备的发展趋势,研究发酵法制备杏仁蛋白肽则具有重要意义。

2 杏仁蛋白肽的功能活性

2.1 抗氧化

抗氧化机制是通过抑制自由基本身或作用于产生自由基的物质从而防止发生抗氧化反应^[28]。杏仁蛋白肽作为天然抗氧化剂具有较强的清除或抑制自由基生成的能力^[29]。相比合成抗氧化剂来说更加安全 and 健康。薛蕾^[30]用筛选出的蛋白酶酶解制备苦杏仁短肽,研究发现苦杏仁短肽对DPPH 自由基清除率、羟基自由基清除率、超氧阴离子清除率普遍较高,说明了苦杏仁短肽抗氧化活性较强,可以研制成抗氧化剂从而提高苦杏仁的利用价值。张乃云^[31]采用复合蛋白酶与风味蛋白酶分步酶解杏仁蛋白制得415~67920 Da之间的4个组分的杏仁多肽,通过研究其抗氧化性,发现4个组分的杏仁多肽均具有一定的抗氧化作用,并且分子量小(415~2986 Da)的多肽比分子量大的(35190~679220 Da)的多肽抗氧化能力要更强,也进一步证实了3000 Da以下的多肽功能活性更强。部分学者对酶解前和酶解后产物的抗氧化性强弱进行了研究,如杜鹃等^[32]利用处理过后的杏仁饼来当

作酶解材料,用碱性蛋白酶和风味酶分步酶解制备杏仁多肽,最终得出结论:酶解后的杏仁多肽具有优良的抗氧化活性,并且其抗氧化活性要强于酶解前,在抗氧化活性方面,杏仁多肽要优于杏仁蛋白,这对杏仁多肽的研制和开发具有重要意义。杨靓^[33]通过制备甜杏仁蛋白肽,并研究了甜杏仁蛋白肽的体外抗氧化活性,发现其对羟基自由基、超氧阴离子清除率分别为54%和50%,表明甜杏仁蛋白肽有一定的体外抗氧化活性,但抗氧化活性一般,可通过进一步优化,提高其抗氧化能力。

2.2 降血脂

高血脂症是由于血脂水平升高而引发危害人体健康的疾病^[34]。人们最先开始研究食用杏仁对血脂的影响,其中最早的一批研究发表于1992年,研究人员在参与者的饮食中添加了100 g杏仁,在9周的时间内,血浆总胆固醇水平降低了21 mg/dL^[35]。BERRYMAN等^[36]的研究表明,杏仁在降低胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平方面也有类似的结果。而随着杏仁蛋白的出现,研究热点就转向了杏仁蛋白及其水解产物方向。其中,血脂异常是冠心病的主要危险因素^[37],杏仁蛋白水解物是否可以预防和治疗高血脂症成了研究焦点。于兰兰等^[38]建立了大鼠实验模型,通过设置对照组比较不同处理条件下的大鼠血清总胆固醇(total cholesterol, TC)含量的变化,发现与模型对照组比较,杏仁肽低剂量组血清总胆固醇含量明显降低,从而得出实验结论:在一定剂量下,杏仁肽具有辅助降血脂功能,可将杏仁肽进行体外模拟消化来验证对人体是否有同样效果。赖莹等^[39]通过喂食杏仁蛋白水解物,和设置的对照组相比较,喂食杏仁蛋白水解物组的大鼠血清TC含量、甘油三酯含量、低密度脂蛋白含量都呈现下降趋势,结果表

明杏仁蛋白水解物在降低血脂方面效果显著。目前对杏仁多肽降血脂功能局限于动物实验研究上,人体研究则具有重要意义,若利用杏仁蛋白肽研制成降血脂药物,则是高血脂患者的福音。

2.3 降血糖

糖尿病是一种常见的代谢性疾病,预防和治疗糖尿病是目前研究的重点方面^[40]。糖尿病是由于体内血糖升高而引起的一类疾病,目前关于控制饮食来预防和治疗糖尿病方面有一定的发展,一些药食兼用的食品也被人们开发出来,食用杏仁已被证明对代谢类疾病有积极影响^[41],其中已有研究发现杏仁肽可以起到降低血糖的作用。刘雪峰^[42]将制得的杏仁多肽喂食大鼠,通过大鼠动物实验表明,口服杏仁多肽可以有效抑制链脲霉素所致大鼠血糖水平的升高,杏仁多肽的降血糖效果呈现明显的剂量效应关系,降糖作用比较稳定,最终得到结论:口服杏仁多肽能够降低糖尿病大鼠的血糖水平,但对人体是否具有同样效果还需进一步研究。崔洁等^[43]将未经酶解的山杏整仁和酶解山杏整仁制备的功能活性短肽进行抑制 α -葡萄糖苷酶活性的比较,结果表明,酶解后山杏多肽抑制 α -葡萄糖苷酶活性较强,未酶解的山杏抑制活性则有限,山杏多肽在降血糖方面效果显著,将其开发成降血糖药物则具有很大发展前景。王晟等^[44]选用木瓜蛋白酶来水解杏仁蛋白制备降血糖肽,经研究发现杏仁蛋白酶解液对 α -糖苷酶抑制率为 14.22%,从而得出结论:山杏仁蛋白肽有很好的降血糖活性,通过研制山杏仁蛋白肽,可以提高山杏的综合利用,从而提高产业效益。

2.4 降血压

高血压是一个全球性的流行病问题,据报道,我国高血压患者已超过 1 亿人,目前用于降血压的药物,其降压原理主要是抑制 ACE 的活性。杏仁富含多种生物活性化合物,可能有助于降低心血管疾病风险^[45]。随着科学技术的不断发展,杏仁水解物的功能活性引起了研究者的好奇心,而杏仁水解物中的活性肽是否具有降血压功能也受到了众多关注^[46-47]。越来越多的研究表明,蛋白酶解物中具有许多较强 ACE 抑制活性的多肽^[48]。WANG 等^[49]对短肽粗品及超滤后不同截留分子量的杏仁短肽 ACE 抑制活性进行测定,发现杏仁短肽的 ACE 抑制活性非常突出,可抑制血压的升高,开发成降血压药物。MIRZAPOUR 等^[50]用 5 种蛋白酶水解野生杏仁蛋白,结果共鉴定出 40 多条潜在 ACE 抑制序列,其中 40 和 42 组分 ACE 活性最高,分别为 84.1%和 86.9%,进一步证实了杏仁蛋白水解物中含有抑制 ACE 活性肽。杏仁肽通常与内皮功能的改善有部分联系^[51]。LIU 等^[52]从杏仁蛋白水解液中分离得到 7 个 ACE 抑制肽,并对其中 2 个抑制活性最高的肽进行了表征,进一步的研究表明,这两种杏仁肽在血管内皮功能中具有保护作用,并具有与经典药物卡托普利相似的降压机制。苏

娜等^[53]用碱性蛋白酶水解扁杏仁蛋白,并进行分离纯化制备不同分子量的肽,利用高效液相色谱法对水解物中的 ACE 抑制活性进行测定,发现不同分级蛋白肽均具有 ACE 抑制活性,完全有可能利用扁杏仁蛋白开发出具有降压效果的杏仁蛋白 ACE 抑制肽。葛先力^[54]从制备的多肽中筛选出多肽 3 和多肽 5,将多肽 3 和多肽 5 进行蛋白质序列检测,得其序列分别为: Met-His-Thr-Asp-Asp 和 Gin-His-Thr-Asp-Asp,研究发现两者都具有较高的 ACE 抑制活性,利用两种序列人工合成高 ACE 抑制活性的多肽对降血压药物的开发具有重要意义。杏仁蛋白 ACE 抑制肽目前主要以实验室研究较为广泛,工业化生产杏仁蛋白 ACE 抑制肽是今后研究的趋势。

2.5 其他功能活性

杏仁蛋白肽在抗炎和抗癌功能方面也有一定的研究。王萌等^[55]用木瓜蛋白酶酶解制备山杏仁蛋白肽,通过实验研究山杏仁蛋白酶水解物对巨噬细胞产生炎症因子 NO、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)和白细胞介素-1 β (interleukin-1 β , IL-1 β)的影响,发现山杏仁木瓜蛋白酶水解物对 NO、TNF- α 和 IL-1 β 的抑制率分别为 62%、11%和 21%,结果表明木瓜蛋白酶酶解制备的杏仁蛋白肽有明显的抗炎作用。丁萌萌^[56]用碱性蛋白酶、胰蛋白酶、中性蛋白酶、木瓜蛋白酶对山杏仁蛋白进行水解制备山杏仁蛋白酶解产物,通过对山杏仁蛋白及其 5 种酶水解物对人乳腺癌细胞 MCF-7 细胞增殖作用影响的测定,发现经过 5 种酶水解得到的山杏仁蛋白酶水解物对 MCF-7 细胞增殖均具有抑制作用,接着研究了不同组分下的多肽对 MCF-7 细胞增殖作用的影响,发现较低组分对 MCF-7 细胞增殖的抑制作用较强,研究结果表明山杏仁蛋白水解物具有潜在的抗癌作用,是今后抑制癌症研究的热点。杏仁蛋白可能还具有众多其他活性,对于研究者来说,既是机遇,也是挑战,研究杏仁蛋白肽的功能活性则具有重要意义。

3 杏仁蛋白肽制备的危害分析及控制措施

危害是指食品供人类消费时所引起的损伤或者致病的生物学、化学及物理危害^[57],通过对食品加工过程中的危害分析,并进行有效控制,从而保证产品质量。杏仁蛋白肽制备的危害主要有原料中的农药残留危害、加工过程中产生的微生物危害、滥用食品添加剂的危害、操作及参数控制不当的危害,虽然在国标中对杏仁蛋白肽中的危害并没有明确规定,但这些食品质量安全因素仍值得关注。

3.1 原料中的农药残留

不法商家为谋取暴利,利用农药提高杏仁产量,导致杏仁中农药残留严重,在制备杏仁蛋白肽过程中,部分农药可能会随着工艺流程混杂进最终产品,进而对身体健康

产生风险^[58]。针对农药残留问题,赵哲等^[59]利用QuEChERS-气相色谱-质谱法对7个产地杏仁中的农药残留种类和含量进行检测,发现农药残留种类和含量都较高,表明杏仁中农药残留问题较为严重。单个检测技术对农药残留检出限和回收率有一定限制,一般将多个检测技术联合使用,在农药残留检测方面则更为精确。杨巍^[60]利用固相萃取-气相色谱-质谱法和固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法测定杏仁等干果中农药残留情况,两种方法在农药残留检测方面灵敏度高、重复性好,检出限能够满足国内外对农药残留的最高限量要求,对出口干果中农药残留检测标准的制定奠定了基础,农药残留检测方法的不断完善对解决杏仁蛋白肽中农药残留问题具有重要意义。

3.2 加工过程中产生的微生物

微生物风险是微生物本身及其代谢过程、代谢产物会对食品原料、加工过程产生污染^[61]。在采购杏仁粕或杏仁蛋白时,要严格按照国家标准控制原料中的微生物数量,生产车间及工作人员的卫生不合格也会对杏仁蛋白肽造成微生物或致病菌的污染,加工过程中所使用的设备若消毒不完全,也会成为杏仁蛋白肽质量的危害因素之一^[62-63]。所以,要严格按照国家标准对整个生产过程进行卫生和质量控制,避免加工过程中产生微生物污染现象。

3.3 滥用食品添加剂

食品添加剂在食品中应用广泛,已经成为食品加工过程中不可或缺的一部分^[64]。食品添加剂是改变食品品质及防腐和加工工艺的需要而加入食品中的人工合成或者天然物质,其添加量要求在使用标准中都有明确说明,部分商家为获取不法利益,可能会滥用食品添加剂,造成杏仁蛋白肽中添加剂过量,对人体产生无法预估的危害。食品添加剂的检测手段较为全面,高效液相色谱-质谱法^[65]因在定性和灵敏度方面展现出超强的能力,是食品添加剂检测的重要手段,保障了杏仁蛋白肽的质量安全。

3.4 操作及参数控制不当

操作及参数控制不当是杏仁蛋白肽加工过程中的一个重要风险,样品的称量、酶解温度的设定、pH的调节等若没有严格按照工艺条件执行,可能会对杏仁蛋白肽的品质产生一定影响,离心时上清液和沉淀分离不实,则影响最终杏仁蛋白肽得率,冷冻干燥时对于参数控制不当也会影响杏仁蛋白肽得率和品质,所以要严格按照工艺参数控制水温及碱液的pH,同时使pH维持在一个稳定的范围内,确保其波动较小,严格控制离心及冷冻干燥设备的工艺参数,定期对设备进行清理及维护,来确保杏仁蛋白肽的品质安全^[66]。

4 杏仁蛋白肽存在的问题及其发展前景

酶解法是杏仁蛋白肽主要制备方法,但目前还处于

初期研究阶段,工艺技术路线有待优化。目前的研究无法通过控制酶解大量制备出理想的功能性短肽,可以通过将酶解与一些先进分离技术结合来形成连续式或半连续式的水解工艺,制备出分子量均一的杏仁肽。微生物发酵法是今后研究的重点,但目前微生物菌种产酶量和酶活力较低,并且存在一定的安全问题,许多优良的产酶菌株被证明是有毒、有害的,因此挑选高产和无毒的微生物菌种是发酵法工业化生产的关键。杏仁蛋白肽具有众多功能活性,但目前主要以动物和体外消化功能活性实验研究为主,无法确定对人体是否产生同样效果,食品加工和结构对杏仁蛋白肽的影响也有待考究。杏仁蛋白肽制备的下游精制技术还有待于进一步完善,并且杏仁多肽中存在过敏原,可能对人体产生一定危害,内切酶酶解制备的杏仁蛋白肽一般都会有苦味,降低了消费者的购买需求,如何制备出无苦味的小分子多肽则是今后研究热点,目前杏仁蛋白肽高附加值产品较少,通过开发出高端产品来提高杏仁产业经济效益,杏仁蛋白肽制备过程中的有害风险影响着其质量安全,杏仁蛋白肽的质量安全控制在今后也是重点,若解决这些问题,杏仁蛋白肽对提升科技水平、促进经济发展则具有重要意义。

随着人们生活水平的不断提高,健康成为人们关注的焦点,人们对功能性食品的需求量逐年提升,利用杏仁蛋白肽的众多功能活性来研制成不同功能性食品,从而满足市场需求。杏仁蛋白肽中含有蛋氨酸和半胱氨酸,可以用来研制成美白产品和高档护肤品^[67],提高经济效益。杏仁蛋白肽在临床药物方面有着巨大的市场空间,如杏仁蛋白肽的降血糖功能可以用来研制糖尿病患者的治疗药物,降低糖尿病患者的血糖水平。杏仁蛋白肽也可以添加到食品中,既增加了食品的口感,也可以延长食品的保质期^[68]。总体来说,我国杏仁蛋白肽具有很大的发展潜力。

参考文献

- [1] 岳惠惠. 新疆栽培杏主要品种杏仁的营养品质测定和分析评价[D]. 喀什: 喀什大学, 2020.
YUE HH. Determination and analysis of nutritional quality of almonds, the main cultivated apricot varieties in Xinjiang [D]. Kashgar: Kashgar University, 2020.
- [2] 杨璐芳. 反胶束法分离杏仁蛋白和油脂的研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2004.
YANG LF. Research on the separation of almond protein and oil by reverse micelle method [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2004.
- [3] 王艳兵. 山杏产业化发展前景分析[J]. 山西林业, 2020, (1): 16-17.
WANG YB. Analysis on the development prospect of mountain apricot industrialization [J]. J Shanxi Forest, 2020, (1): 16-17.
- [4] 陈毅琼. 杏不同品种果仁主要营养成分比较[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2015.
CHEN YQ. Comparison of main nutritional components in different

- apricot kernel varieties [D]. Xianyang: Northwest Science Technology Universtry Agriculture Forestry, 2015.
- [5] 杨晓宇, 陈锦屏. 杏仁的营养保健功能及其在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 2005, (9): 611–613.
- YANG XY, CHEN JP. Nutrition and health function of almonds and its application in food industry [J]. Food Sci, 2005, (9): 611–613.
- [6] ZHANG Y, ZHANG JQ, SHENG W, *et al.* Effects of heat and high-pressure treatments on the solubility and immunoreactivity of almond proteins [J]. Food Chem, 2016, 199(8): 856–861.
- [7] 石宁蕙, 叶健明, 周建中, 等. 不同提取方法对甜杏仁蛋白形态及其功能性的影响[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(2): 127–132.
- SHI NH, YE JM, ZHOU JZ, *et al.* Effects of different extraction methods on the morphology and functionality of sweet almond protein [J]. Storage Process, 2020, 20(2): 127–132.
- [8] 曹歌. 杏仁蛋白和乳清蛋白混合体系理化特性及功能性的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- CAO G. Study on the physical and chemical properties and functionality of a mixed system of almond protein and whey protein [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020.
- [9] AHRENS S, VENKATACHALAM M, MISTRY AM, *et al.* Almond protein quality [J]. Plant Food Hum Nutr, 2005, 60(4): 123–128.
- [10] KAMARUDLIN MS, JONES DA, VAY LL, *et al.* Ontogenetic change in digestive enzyme activity during larval development of *Macrobrachium rosenberii* [J]. Aquaculture, 1994, 12(3): 320–324.
- [11] 叶勇, 于瑞东, 王园园, 等. 杏仁多肽的制备及其在化妆品中的应用[J]. 广东化工, 2020, 47(21): 1–2.
- YE Y, YU RD, WANG YY, *et al.* Preparation of almond peptide and its application in cosmetics [J]. Guangdong Chem Ind, 2020, 47(21): 1–2.
- [12] 王丽媛, 仇农学, 刘宁. 杏仁蛋白 Alcalase 水解工艺及其体外抗氧化活性的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(7): 22–25.
- WANG LY, QIU NX, LIU N. Study on alcalase hydrolysis process of almond protein and its antioxidant activity *in vitro* [J]. China Oils Fats, 2009, 34(7): 22–25.
- [13] 方华. 杏仁蛋白肽制备工艺的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010.
- FANG H. Research on the preparation process of almond protein peptide [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2010.
- [14] 石宁蕙, 叶健明, 杨海燕, 等. 甜杏仁粕蛋白的碱性蛋白酶酶解动力学研究[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(3): 90–95.
- SHI NH, YE JM, YANG HY, *et al.* Study on the enzymatic hydrolysis kinetics of sweet almond meal protein with alkaline protease [J]. Storage Process, 2020, 20(3): 90–95.
- [15] 田丝雨. 伊吾县野山杏仁多肽的制备及其抗氧化活性研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2018.
- TIAN SY. Preparation and antioxidant activity of Yeshanalmond polypeptide in Yiwu County [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2018.
- [16] 赵换霞, 张海生, 黄璞, 等. 扁桃仁抗氧化肽的制取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(17): 243–248, 252.
- ZHAO HX, ZHANG HS, HUANG P, *et al.* Study on the preparation process of almond antioxidant peptides [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(17): 243–248, 252.
- [17] 王琳, 李芳, 王文杰, 等. 双酶酶解杏仁蛋白制备杏仁肽工艺研究[J]. 农产品加工, 2015, (18): 24–26, 29.
- WANG L, LI F, WANG WJ, *et al.* Study on the preparation of almond peptide by double enzymatic hydrolysis of almond protein [J]. Farm Prod Process, 2015, (18): 24–26, 29.
- [18] 刘媛, 王健, 闫凤岐, 等. 双酶分步酶解制备杏仁蛋白酶解物的工艺[J]. 食品工业, 2019, 40(8): 142–145.
- LIU Y, WANG J, YAN FQ, *et al.* Process of preparing almond proteolysate by double-enzyme stepwise enzymatic hydrolysis [J]. Food Ind, 2019, 40(8): 142–145.
- [19] 李志刚, 张宇靖, 张晨, 等. 低苯丙氨酸山杏仁肽的制备[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(9): 92–96.
- LI ZG, ZHANG YJ, ZHANG C, *et al.* Preparation of low phenylalanine behenic acid peptide [J]. J Food Biol Technol, 2019, 38(9): 92–96.
- [20] 代晨曦, 程卫东. 基于响应面优化杏仁蛋白酶解工艺的研究[J]. 食品工业, 2018, 39(7): 141–146.
- DAI CX, CHENG WD. Research on optimization of almond proteolysis process based on response surface [J]. Food Ind, 2018, 39(7): 141–146.
- [21] ALANI E, ABRI A, PAZHANG M. Immobilization of trypsin onto Fe₃O₄ SiO₂-NH₂ and study of its activity and stability [J]. Coll Sur B, 2018, 170(14): 553–562.
- [22] 杨罡, 张玥, 戴志伟, 等. 固定化酶酶解杏仁谷蛋白制备 ACE 抑制肽[J]. 新疆农业大学学报, 2020, 43(4): 290–299.
- YANG G, ZHANG Y, DAI ZW, *et al.* Preparation of ACE inhibitory peptide by enzymatic hydrolysis of bitter almond gluten with immobilized enzyme [J]. J Xinjiang Agric Univ, 2020, 43(4): 290–299.
- [23] SIDDQUI I, HUSAIN Q, AZAM A. Exploring the antioxidant effects of peptides from almond proteins using PAni-Ag-GONC conjugated trypsin by improving enzyme stability & applications [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 158(12): 1–5.
- [24] ZHANG SL, TIAN L, YI JH, *et al.* Impact of high-intensity ultrasound on the chemical and physical stability of oil-in-water emulsions stabilized by almond protein isolate [J]. LWT-Food Sci Technol, 2021, 149(3): 1–7.
- [25] VANGA SK, WANG J, ORSAT V, *et al.* Effect of pulsed ultrasound, a green food processing technique, on the secondary structure and *in-vitro* digestibility of almond milk protein [J]. Food Res Int, 2020, 137(8): 1–5.
- [26] 于国泳, 郭鹏, 孙登岳, 等. 超声辅助酶法制备山杏仁多肽[J]. 山东农业大学学报, 2014, 45(3): 377–381.
- YU GY, GUO P, SUN DY, *et al.* Preparation of almond polypeptide by ultrasound-assisted enzymatic method [J]. J Shandong Agric Univ, 2014, 45(3): 377–381.
- [27] 王文江. 黑曲霉发酵法制备山杏多肽及其生物活性的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- WANG WJ. Study on the preparation of apricot peptides from *Aspergillus niger* and their biological activity [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013.
- [28] 周小理, 李红敏. 植物抗氧化活性肽的研究进展[J]. 食品工业, 2006, 12(3): 11–13.
- ZHOU XL, LI HM. Research progress of plant antioxidant active peptides [J]. Food Ind, 2006, 12(3): 11–13.
- [29] SARMADI BH, ISMAIL A. Antioxidative peptides from food proteins: A review [J]. Peptides, 2010, 31(4): 1949–1956.
- [30] 薛蕾. 苦杏仁蛋白及抗氧化活性肽制备工艺研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2012.

- XUE L. Study on the preparation technology of bitter almond protein and antioxidant active peptides [D]. Xianyang: Northwest Science Technology University Agriculture Forestry, 2012.
- [31] 张乃云. 杏仁多肽的制备、分离及其抗氧化活性研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2014.
- ZHANG NY. Preparation, isolation and antioxidant activity of almond peptides [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2014.
- [32] 杜鹃, 吴津蓉, 吴忠红. 双酶分步水解制备甜杏仁多肽的工艺优化及体外抗氧化评价研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(4): 96–100.
- DU J, WU JR, WU ZH. Process optimization and in vitro antioxidant evaluation of sweet almond peptides prepared by two-enzyme stepwise hydrolysis [J]. J Cere Oils, 2018, 31(4): 96–100.
- [33] 杨靓. 甜杏仁肽的制备及其体外抗氧化活性的研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2015.
- YANG L. Preparation of sweet almond peptide and its in vitro antioxidant activity [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2015.
- [34] Joint Commission. Guidelines for prevention and treatment of dyslipidemia in Chinese adults [J]. Chin J Cere Dis, 2007, 35(5): 390–419.
- [35] SPILLER GA, MILLER AM, OLIVERA KM, *et al.* Effects of plant-based diets high in raw or roasted almonds, or roasted almond Butter on serum lipoproteins in humans [J]. J Am Coll Nutr, 2003, 223(3): 195–200.
- [36] BERRYMAN CE, PRESTON AG, KARMALLY W, *et al.* Effects of almond consumption on the reduction of LDL-cholesterol: A discussion of potential mechanisms and future research directions [J]. Nutr Rev, 2011, 69(9): 171–185.
- [37] SOUMIK K, SHWETA K, JAGMEET M, *et al.* Almonds and cardiovascular health: A review [J]. Nutrients, 2018, 10(4): 468–477.
- [38] 于兰兰, 陈宇涵, 刘伟, 等. 杏仁肽对高脂血症大鼠辅助降血脂的功能研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(21): 7849–7854.
- YU LL, CHEN YH, LIU W, *et al.* Study on the function of amygdalin in the auxiliary hypolipidemic effect of hyperlipidemia rats [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(21): 7849–7854.
- [39] 赖莹, 夏薇, 袁源, 等. 杏仁蛋白降血脂功能的研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(4): 66–68.
- LAI Y, XIA W, YUAN Y, *et al.* Research on the blood lipid-lowering function of almond protein [J]. China Food Nutr, 2011, 17(4): 66–68.
- [40] MARTINS IM, CHEN Q, CHEN CYO. Emerging functional foods derived from almonds in wild plants, mushrooms and nuts: Functional food properties and applications [Z].
- [41] WIEN M, BLEICH D, RAGHUWANSHI M, *et al.* Almond consumption and cardiovascular risk factors in adults with prediabetes [J]. J Am Coll Nutr, 2010, 29(4): 189–197.
- [42] 刘雪峰. 酶解杏仁蛋白制备活性多肽及其降血糖功能研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- LIU XF. Enzymatic hydrolysis of almond protein to prepare active peptides and its hypoglycemic function [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2010.
- [43] 崔洁, 李琳, 张乔会, 等. 功能山杏整仁的酶法制备条件优化及功能评价[J]. 食品科学, 2015, 36(19): 153–158.
- CUI J, LI L, ZHANG QH, *et al.* Enzymatic preparation conditions and functional evaluation of functional whole apricot kernels [J]. Food Sci, 2015, 36(19): 153–158.
- [44] 王晟, 崔洁, 顾欣, 等. 木瓜蛋白酶制备山杏源降糖肽工艺优化研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 169–173.
- WANG S, CUI J, GU X, *et al.* Study on the optimization of papain preparation process of almond-derived hypoglycemic peptide [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(9): 169–173.
- [45] MAYHEW AJ, SOUZA RJ, MEYRE D, *et al.* Asystematic review and meta-analysis of nut consumption and incident risk of CVD and all-cause mortality [J]. Brit J Nutr, 2016, 115(12): 212–225.
- [46] GULATIS, MISRA A, PANDEY RM. Effect of almond supplementation on glycemia and cardiovascular risk factors in Asian Indians in North India with type 2 diabetes mellitus: A 24-week study [J]. Metab Syndr Relat Dis, 2017, 15(2): 98–105.
- [47] BERRYMAN CE, WEST SG, FLEMING JA, *et al.* Effects of daily almond consumption on cardiometabolic risk and abdominal adiposity in healthy adults with elevated LDL-cholesterol: A randomized controlled trial [J]. J Am Heart Assoc, 2015, 12(4): 1–6.
- [48] MIGUEL M, CONTRESAS MM, RECIO I, *et al.* ACE inhibitory and antihypertensive properties of a bovine caseinhydrolysate [J]. Food Chem, 2009, 12(3): 211–214.
- [49] WANG CY, TIAN JQ, WANG Q. ACE inhibitory and antihypertensive properties of apricot almond meal hydrolysate [J]. Eur Food Res Technol, 2011, 232(6): 549–556.
- [50] MIRZAPOUR M, REZAEI K, ANGEL M, *et al.* Vitroantioxidant activities of hydrolysates obtained from Iranian wild almond protein by several enzymes [J]. Int J Food Sci Technol, 2016, 51(4): 609–616.
- [51] CHOUDHURY K, CLARK J, GRIFFITHS HR. An almond-enriched diet increases plasma-tocopherol and improves vascular function but does not affect oxidative stress markers or lipid levels [J]. Free Radical Res, 2014, 48(2): 599–606.
- [52] LIU RL, GE XL, GAO XY, *et al.* Two angiotensin-converting enzyme-inhibitory peptides from almond protein and the protective action on vascular endothelial function [J]. Food Funct, 2016, 7(9): 1–9.
- [53] 苏娜, 李智娟, 詹汉英, 等. 扁杏仁肽对血管紧张素转化酶的抑制作用研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(24): 128–130.
- SU N, LI ZJ, ZHAN HY, *et al.* The inhibitory effect of almond peptide on angiotensin converting enzyme [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(24): 128–130.
- [54] 葛先立. 扁杏仁肽的制备分离及其血管紧张素转化酶抑制活性、细胞活性分析[D]. 西安: 陕西师范大学, 2015.
- GE XL. Preparation and separation of amygdalin and analysis of its angiotensin-converting enzyme inhibitory activity and cell activity [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2015.
- [55] 王萌, 王晨, 于哲, 等. 山杏仁蛋白酶水解物抑制炎症因子 NO、TNF- α 和 IL-1 β 的产生[J]. 食品工业科技, 2018, 39(13): 296–300, 336.
- WANG M, WANG C, YU Z, *et al.* Amygdalin hydrolysate inhibits the production of inflammatory factors NO, TNF- α and IL-1 β [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(13): 296–300, 336.
- [56] 丁萌萌. 山杏仁蛋白酶水解物显著抑制人乳腺癌细胞增殖[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- DING MM. Amygdalin hydrolysate significantly inhibits the proliferation of human breast cancer cells [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016.
- [57] 张万福. 危害分析在小微企业食品安全风险管控中的应用探析[J]. 中国食品, 2021, (11): 42–43.

- ZHANG GF. Application of hazard analysis in safety risk management and control of small and micro food enterprises [J]. China Food, 2021, (11): 42–43.
- [58] 张梦瑶. 食品质量检验中农药残留的检测技术分析[J]. 食品安全导刊, 2021, (19): 10–12.
- ZHANG MY. Analysis of detection technology of pesticide residues in food quality inspection [J]. Chin Food Saf Magaz, 2021, (19): 10–12.
- [59] 赵哲, 董丽丽, 夏爱清, 等. QuEChERS-气相色谱质谱法测定不同产地杏仁中的农药残留[J]. 山东化工, 2019, 48(14): 120–123.
- ZHAN Z, DONG LL, XIA AIQ, *et al.* Determination of pesticide residues in almonds from different habitats by QuEChERS gas chromatography-mass spectrometry [J]. Shandong Chem Ind, 2019, 48(14): 120–123.
- [60] 杨巍. 干果中多种农药残留检测技术研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2016.
- YANG W. Study on detection technology of pesticide residues in dried fruits [D]. Shihezi: Shihezi University, 2016.
- [61] 李迪. 食品中微生物危害的分析和控制[J]. 现代食品, 2018, (11): 77–79.
- LI D. Analysis and control of microbial hazards in food [J]. Mod Food, 2018, (11): 77–79.
- [62] 容耀. 论食品生产中微生物危害的分析与控制[J]. 化工管理, 2017, (8): 153.
- RONG Y. Analysis and control of microbial hazards in food production [J]. Chem Manag, 2017, (8): 153.
- [63] 吴建民. 食品中微生物危害的分析和控制对策探析[J]. 食品安全导刊, 2021, (18): 24–25.
- WU JM. Analysis and control countermeasures of microbial hazards in food [J]. Chin Food Saf Magaz, 2021, (18): 24–25.
- [64] 杨彩莹. 论食品添加剂对食品安全的影响[J]. 食品界, 2021, (11): 95–98.
- YANG CY. On the influence of food additives on food safety [J]. Food Ind, 2021, (11): 95–98.
- [65] 顾苗苗. 高效液相-质谱联用技术在食品添加剂检测中的使用[J]. 中国食品, 2021, (19): 112–113.
- GU MM. Application of high performance liquid chromatography-mass spectrometry in the detection of food additives [J]. China Food, 2021, (19): 112–113.
- [66] 逯春娇. HACCP体系在食品安全管理中的运用分析[J]. 食品安全导刊, 2021, (28): 14–15.
- LU CJ. Application analysis of HACCP system in food safety management [J]. Chin Food Saf Magaz, 2021, (28): 14–15.
- [67] 孙培冬, 陆帅, 宁奇, 等. 含杏仁多肽的护肤用品的制备方法: 中国, CN106811502A[P]. 2017-06-09.
- SUN PD, LU S, NING Q, *et al.* Preparation method of skin care products containing almond peptide: Chinese, CN106811502A [P]. 2017-06-09.
- [68] 刘伟. 杏仁多肽加工及初步工艺设计[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2015.
- LIU W. Almond polypeptide processing and preliminary process design [D]. Xianyang: Northwest Science Technology Universtry Agriculture Forestry, 2015.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介



马小刚, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。
E-mail: mxg18799901755@163.com



王伟华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品营养与安全。
E-mail: wangweihua6688@163.com