

# 水果废弃物活性成分提取方法及其在食品包装的应用进展

黎柯君, 陈展鹏, 刘仁, 黄崇杏\*

(广西大学 轻工与食品工程学院, 南宁 530004)

**摘要:** **目的** 综述水果废弃物中活性成分的提取方法及其在食品包装领域的应用进展, 为今后在食品包装中利用水果废弃物活性成分提供思路和方法。**方法** 通过检索和归纳国内外文献, 整理了现有的水果废弃物活性物质提取方法及其在食品包装领域中的应用情况。**结果** 水果废弃物具有极高的经济和环境价值, 充分利用水果废弃物不仅可以减少农副产品对环境的负面影响, 还可以将水果废弃物中提取出的活性成分应用于食品包装中, 可以保持食品的质量, 延长货架期, 实现水果废弃物的高值化利用。**结论** 随着对水果废弃物及其提取物研究的不断深入, 水果废弃物中的活性物质在食品包装领域的应用将不断完善, 为水果废弃物的利用提供了新的策略, 同时也展示了水果废弃物中活性成分在食品工业中应用的巨大潜力。

**关键词:** 水果废弃物; 活性物质; 提取方法; 食品包装

中图分类号: TB484

文献标志码: A

文章编号: 1001-3563(2024)17-0050-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.17.006

## Advances in Extraction Methods of Active Ingredients from Fruit Waste and Their Application in Food Packaging

LI Kejun, CHEN Zhanpeng, LIU Ren, HUANG Chongxing\*

(School of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**ABSTRACT:** The work aims to review the extraction methods of active ingredients from fruit wastes and their application progress in the field of food packaging, so as to provide ideas and methods for utilizing fruit waste active ingredients in food packaging in the future. Existing extraction methods of active ingredients from fruit waste and their applications in the field of food packaging were organized by searching and summarizing Chinese and international literature. Fruit waste had a very high economic and environmental value, and making full use of fruit waste not only reduced the negative impact of agricultural by-products on the environment, but also applied the active ingredients extracted from fruit waste to food packaging, which could maintain the quality of food, extend the shelf-life, and realize the high-value utilization of fruit waste. With the deepening research on fruit waste and its extracts, the application of active ingredients from fruit waste in food packaging will be continuously improved, which provides a new strategy for the utilization of fruit waste and demonstrates the great potential of the application of active ingredients from fruit waste in the food industry.

**KEY WORDS:** fruit waste; active ingredients; extraction method; food packaging

收稿日期: 2024-06-01

基金项目: 广西研究生教育创新项目 (YCBZ2022021)

\*通信作者

近年来,我国水果产业发展迅速,水果产量总体呈不断增长的趋势。我国的水果业属于农业重要组成之一,人们生活水平不断增加,对水果的要求也不断增加,水果深加工更是不断发展<sup>[1]</sup>。然而,水果深加工带来了大量的水果废弃物。2019 年的数据显示,按照水果产量的 30%来进行水果废弃物的总量计算,水果废弃物的总量可达 21 630.77 万 t<sup>[2]</sup>。

水果废弃物具有水分含量高、存在多种未被分解的有机元素(蛋白质、多糖)等特性,现阶段的水果废弃物的处理主要集中在简单的掩埋、排放、直接焚烧或者是将其作为沼气来源这几种方法<sup>[3]</sup>。这几种处理方法并不能很好地处理水果废弃物,运用这几种方法会给环境带来巨大的风险(气体、水、土壤污染)以及资源浪费<sup>[4-5]</sup>,再加上现阶段的水果废弃物处理技术不够完善,无法进行大规模产业化的处理,将农业废弃物作为资源利用已经成为实现“3060”碳中和目标的重要一步<sup>[6]</sup>。

现今,人们对绿色包装材料的需求不断增加,食品安全意识不断提高,水果废弃物作为一种潜在活性成分的来源,它在食品包装中的应用受到国内外众多学者的广泛关注。在水果废弃物中存在大量的天然活性成分,果皮中富含酚类、黄酮、类固醇、糖苷、花青素、维生素 C 等多种天然活性成分,具有抗菌和抗氧化特性<sup>[7]</sup>。其中酚类成分中的多酚具有抗氧化、抗肿瘤、抑菌、防治心血管疾病等功效<sup>[8]</sup>;黄酮成分具有抗氧化、抗炎抑菌等功效<sup>[9]</sup>;花青素具有良好的抗氧化、抗衰老等功效<sup>[10]</sup>,适用于医药、食品和化妆品等领域。

在实际应用中,水果废弃物活性成分的稳定性和释放性是决定其是否能高效应用于食品包装领域的关键因素,若包装材料中的活性成分在食品储藏过程中分解或失活,将无法有效发挥保鲜的作用。如何合理利用大量的水果废弃物,发挥其经济和环境价值,深入研究、提取水果废弃物中的有效成分,优化活性物质的提取方法,评估其稳定性和释放性,探讨它在食品中的应用,并探索负载水果废弃物中活性成分的新型绿色包装材料,将推动食品包装领域的发展与创新<sup>[11]</sup>。

## 1 水果废弃物中活性物质的提取技术

水果废弃物中富含的天然生物活性物质,具有抗菌、抗氧化等功能性特点。将天然生物活性成分用于食品包装中,能够增加食品包装绿色环保的功能性,能够在包装食品中发挥抗菌作用,也能够提升食品包装的保鲜功能。然而,提取这些活性物质的方法复杂且存在技术难度,从而限制了水果废弃物中活性物质的开发和利用<sup>[12-13]</sup>。探索有效的水果废弃物提取技术非常关键,目前常见的提取技术有溶剂法、超临界二氧化碳分离法、萃取法、酶法、微波辅助提取法

以及色谱法<sup>[14]</sup>。本综述旨在整理归纳现有水果废弃物活性物质提取方法的应用范围,促进水果废弃物中活性物质的开发和利用。同时,也为相关领域的研究者提供参考和借鉴,推动水果废弃物资源化利用,实现农副产品的高值化利用。

### 1.1 溶剂提取法

溶剂提取法是运用相关有机溶剂的特性将水果废弃物活性成分提取出来的一种方法。利用相关有机溶剂可以有效地提取水果废弃物中的活性物质,并能保持其生物活性和营养成分。根据提取溶剂的特性,可将溶剂分为低共熔溶剂、生物基溶剂和离子液体 3 类。此外,通过调节提取过程中的 pH 值和温度等提取条件还可以优化溶剂提取法的提取过程,以获得更加优异的提取效果。溶剂法的应用范围广泛,可用于提取水果废弃物中的多种抗氧化物质,如维生素、类胡萝卜素、多酚等,以及植物化学物质,如皂苷、黄酮类化合物等。

低共熔溶剂是一种由氢键供体和氢键受体通过氢键作用形成的低共熔混合物,具有制备简单、蒸汽压低和环境友好等特性。现阶段,国内外已有众多学者采用低共熔溶剂提取水果废弃物中的活性物质。例如,黄春兰等<sup>[15]</sup>探究了几种不同低共熔溶剂提取红心火龙果皮花青素的提取率,并通过单因素和响应面优化试验,确定了氯化胆碱和柠檬酸组成的低共熔溶剂提取花青素最佳工艺,其提取量达到 0.665 2 mg/g。林宝妹等<sup>[16]</sup>优化了通过 1,2-丙二醇/氯化胆碱组成的低共熔溶剂从香蕉果皮中提取总黄酮的工艺,在此工艺条件下提取出的黄酮在清除 DPPH· 和 ABTS·+ 的 IC<sub>50</sub>、对 Fe<sup>3+</sup> 还原能力、对亚油酸脂质过氧化的抑制作用上都表现出优势。Yu 等<sup>[17]</sup>通过氯化胆碱、甘油、马来酸和尿素制备低共熔溶剂,并将其运用于苹果中多酚物质的分析以及优化提取,它与利用甲醇提取有着相似的收率和组成,提取出的多酚展示了很强的抗氧化、抗纤维化和抗菌活性,可以代替传统提取工艺中使用的有害有机溶剂。

生物基溶剂指天然的或人工合成的以生物源为原料的溶剂,主要包括乙醇、丁醇和乙酸乙酯等。使用生物基溶剂提取果皮中活性物质是现阶段使用最广泛的方式。例如,贾冬英等<sup>[18]</sup>利用乙醇提取石榴皮中多酚成分,在测试最优配比下,多酚提取率可以达到 22.86%。王虹玲等<sup>[19]</sup>使用乙醇将软枣猕猴桃的果胶沉淀出来,在料液比为 1:5、浸提 pH 值为 2.3、浸提时间为 80 min、浸提温度为 70° 的条件下,果胶的提取率可以达到 (92.56±4.266) %。Masci 等<sup>[20]</sup>优化了提取石榴不同部位的程序,其中利用乙酸乙酯提取石榴皮时提取出的多酚的浓度最高,同时保留其优异的生物活性。

离子液体是一种由阴阳离子组成的有机溶剂,具

有高热稳定性、高溶解度、低毒性等优点。采用离子液体法提取水果废弃物的活性物质种类广泛,例如,水果废弃物中的维生素、类胡萝卜素、多酚等抗氧化物质,以及植物化学物质(如皂苷、黄酮类化合物等)。张彦等<sup>[21]</sup>以溴化 1-丁基-3-甲基咪唑为离子液体,在超声和酶的辅助下成功提取了石榴果皮中的黄酮,并提高了提取效率。范晓伟等<sup>[22]</sup>利用离子液体作为提取溶剂,结合超声辅助提取和双水相萃取技术对柑橘果皮中的黄酮类化合物进行提取,其中三丁基己基溴化膦构建的离子液体具有最高的提取效率。Murador 等<sup>[23]</sup>也使用离子液体代替超声波辅助从橙皮中提取类胡萝卜素,通过与传统的提取方法相比,采用离子液体提取所得的类胡萝卜素含量更高、抗氧化活性更强。利用溶剂提取法提取水果废弃物中的活性物质不仅降低了水果废弃物直接丢弃对环境污染的影响,充分利用从水果废弃物中提取的活性物质进一步增加了水果副产物的附加属性。此外,溶剂法不需要复杂的设备和技术,降低了生产成本。

溶剂法也存在一定的局限性。首先,不同的溶剂可能会影响活性物质的提取效率和纯度<sup>[15]</sup>。其次,某些溶剂存在易燃的风险,需要采取适当的安全措施来使用溶剂。使用溶剂法提取水果废弃物中的活性物质需要进一步优化提取工艺条件,以提高提取活性物质的效率和质量。综上所述,溶剂法是一种具有潜力的提取水果废弃物中活性物质的方法。尽管它存在一些限制与挑战,但未来通过进一步的研究和改进,可以使其更好地满足生产需求,拓宽其应用范围。

## 1.2 超临界流体萃取技术

超临界流体萃取技术是一种利用待测物溶剂萃取和分离超临界流体的提取方法<sup>[24]</sup>。提取水果皮活性成分常用的溶剂是超临界二氧化碳,该方法在接近室温条件下操作,特别适用于热敏天然物的提取和挥发性物质的分离。与使用传统的有机溶剂提取法相比,超临界流体萃取技术具有许多优点。超临界二氧化碳具有高渗透性和高溶解度,可以迅速地将活性物质从水果废弃物中提取出来。其次,由于超临界流体是在高压和一定温度下形成的,因此它可以有效地避免传统有机溶剂由于毒性或热稳定性所引发的问题。

此外,超临界流体萃取技术还可以通过调节提取过程中的温度和压力等参数来优化提取效率,从而获得更好的提取效果。苏海建等<sup>[25]</sup>使用超临界流体萃取技术提取废弃烟叶中的类胡萝卜素,并对萃取压力、萃取温度、萃取时间和 CO<sub>2</sub> 流速等参数进行优化,在优化提取参数后类胡萝卜素的提取率高达 285.1 μg/100 g。郑莹等<sup>[26]</sup>采用超临界二氧化碳萃取技术提取青柠果皮精油,并分析了精油的成分和抗肿瘤活性。鲍玲玲等<sup>[27]</sup>以菠萝蜜果皮为原材料,采用超临界二氧化碳萃取技术提取菠萝蜜果皮中的黄酮类

化合物,在最优的提取条件下菠萝蜜果皮中黄酮的提取率为 14.96%。Rivas 等<sup>[28]</sup>使用超临界流体萃取技术从石榴皮中提取酚类化合物、膳食纤维和果胶,对提取参数进行了优化,并得到最佳提取条件,提高了石榴的附加值。

超临界流体萃取技术也存在一定的局限性。首先,使用超临界流体萃取的设备成本较高,需要专业的设备和技术支持。其次,超临界流体萃取技术的操作过程较为复杂,需要经验丰富的操作人员进行操作。此外,不同类型的水果废弃物以及各类所需提取的活性物质需要不同的提取参数,需要对各类提取参数进行优化和调整。最后,目前对超临界流体萃取技术的研究还不够深入,需要进一步探索其机理和应用范围。

## 1.3 加压液体萃取技术

加压液体萃取技术是利用高压下的液体溶剂影响水果废弃物中有关物质的溶解能力来进行提取的一项技术,具有提取速度快、效率高、操作简单等优点。与传统的提取方法相比,加压液体萃取技术不需要加热或者使用大量的有机溶剂,因此使用加压液体萃取法提取水果废弃物中的活性物质可以减少能源的消耗、降低提取过程中使用有机溶剂对环境造成的污染。此外,加压液体萃取技术还可以有效地保留水果废弃物中的营养成分,并保留其活性,以提高提取后活性物质的质量。

加压液萃取技术的应用领域非常广泛,使用加压液萃取技术可以提取各类水果废弃物中的各种活性物质,如维生素、类胡萝卜素、多酚等抗氧化物质,以及植物化学物质等。Vardanega 等<sup>[29]</sup>分别使用加压液体萃取法和二氧化碳膨胀乙醇提取西番莲果皮中的类胡萝卜素和酚类化合物,且由加压液体萃取法提取的活性物质产量更高。Chaves 等<sup>[30]</sup>开发了一种在线耦合加压液体萃取法,并从柠檬皮中提取酚类化合物,分析了 pH 和温度对酚类化合物产量的影响,与其他提取方法(超声法、溶剂法等)相比,该方法更简便,酚类化合物产量更高。Bombana 等<sup>[31]</sup>对比了浸渍法、超声辅助法和加压液萃取法对六番樱果皮中花青素的提取效率和提取成本,得出加压液萃取法提取效率较高,但是提取成本是其余提取方法的 2.4 倍。

尽管加压液体萃取技术有许多优点,但它也存在一定的局限性。例如,使用加压液体萃取技术所需的设备成本较高,需要专业的技术人员进行操作和维护;同时,使用加压液体萃取技术对不同种类的水果废弃物以及所需提取的活性物质的反应也有所不同,需要进一步优化提取工艺参数,以获得更好的提取效果。未来的研究需要进一步提高加压液体萃取技术的效率和可持续性,拓展其应用范围,满足不同领域的需求。

## 1.4 酶辅助提取法

酶辅助提取法是一种利用相关的酶进行辅助提取水果废弃物中活性物质的方法。酶是一类生物催化剂,可以在温和的条件下促进水果废弃物中活性物质的释放和转化。这极大地避免了高温和强酸强碱等条件对活性物质的破坏,并提高了活性物质的提取效率。常用的酶包括纤维素酶、淀粉酶、蛋白酶等,这些酶可以分解水果废弃物中的纤维素、淀粉、蛋白质等成分,并释放出其中的活性物质。龚玉石等<sup>[32]</sup>使用纤维素酶辅助提取山竹果皮中的花青素,通过单因素和响应面试验分析了提取花青素的最优条件,纤维素酶的加入提高了 8.0% 的花青素产量。马永富等<sup>[33]</sup>采用酶解法提取柿子皮中的黄酮类物质,并运用单因素试验和正交试验研究出其单因素对提取黄酮化合物的影响,从大到小排序为 pH 值、提取时间、酶剂量、提取温度。Vilas-Franquesa 等<sup>[34]</sup>使用多糖酶和果胶酶提取芒果皮中的没食子酸和芒果苷元,通过实验发现对芒果皮进行发酵处理可以显著提高活性物质的提取效率。Xiong 等<sup>[35]</sup>采用不同的提取方法(酸提取、碱提取和酶提取)从石榴皮中提取可溶性膳食纤维,与水萃取相比,酶萃取提高了可溶性膳食纤维提取率,具有更高的分子量和更好的热稳定性,且具有比酸提取和碱提取更好的体外抗氧化能力。

该技术对环境友好,可以减少提取过程中化学药剂的使用,从而降低提取过程中产生的废物处理成本,并可以同时提取水果废弃物中的多种活性物质,提高了资源的综合利用效率。酶辅助提取技术还存在一定的局限性,酶对提取过程中的温度和 pH 值比较敏感,需要精确控制提取过程中的条件,这无疑增加了操作的复杂性。其次,酶的稳定性和使用寿命有限,需要定期检查并更换,未使用的过期酶增加了提取的隐形成本。此外,水果废弃物中的活性物质种类繁多,提取过程中可能存在各种活性物质相互影响的问题,这需要进一步探讨。

## 1.5 微波辅助提取技术

微波辅助提取技术是一项高效提取水果废弃物中活性物质的方法。它利用微波能量促使溶剂分子深入样品基体,能够将待萃取成分有效溶剂化。相较于传统处理方式,该技术不仅有助于环保,减少废弃物丢弃,还能显著提升提取效率,增加活性物质的提取量。

此外,微波辅助提取法还可以避免传统提取方法中可能出现的对热敏感的活性物质的损失,确保提取后活性物质的质量稳定性。同时,微波辅助提取技术还可以应用于多种不同类型的水果废弃物,具有较强的适应性和应用价值。李丽等<sup>[36]</sup>以云南铁核桃果皮为原材料,采用微波辅助法对色素进行了提取试验,分

析了提取色素的最佳条件。分析表明,云南铁核桃果皮色素是一种具有较强天然抗氧化潜质的色素。张林威等<sup>[37]</sup>以洋蓟加工副产物为原料,通过超微粉碎-微波复合工艺提取了可溶性膳食纤维,获得的可溶性膳食纤维具有尺寸小、疏松多孔、比表面积高等优势。Arrutia 等<sup>[38]</sup>使用连续微波辅助法提取了马铃薯废料中的毛状果胶,该方法实现了良好的温度控制,且在微波处理下减少了果胶的降解,并实现了果胶的连续提取。Gan 等<sup>[39]</sup>采用微波氢氧化钠处理法、微波酶处理法和微波超声处理法对柚子皮进行处理,其中在微波超声处理下可以得到具有更高分子量、结晶度和热稳定性的可溶性膳食纤维。

然而,微波辅助提取技术也面临一些挑战。不同种类的水果废弃物因其组织结构和化学成分的差异,对微波辐射的响应各不相同。此外,微波辐射在提取过程中可能因过度加热而导致活性物质的失活或变性。在实际应用中,需要根据特定水果废弃物的特性优化和调整提取参数,如温度、时间和辐射功率等,以确保提取过程的有效性和稳定性。

## 1.6 色谱法提技术

色谱法提取技术是一种针对水果废弃物的活性物质提取方法,涉及粉碎、浸泡、过滤等预处理步骤,利用多样化的溶剂和吸附剂从废弃物中萃取活性物质。这些物质通过色谱柱进行精确的分离和检测,确保提取到目标活性物质。与传统处理方式相比,色谱法不仅操作简便、效率高,而且成本相对较低。

周秋艳等<sup>[40]</sup>以荔枝皮为原料,以多酚纯度及回收率为衡量指标,通过对比 7 种大孔树脂的静态吸附与解吸,确定了荔枝皮多酚纯化的最佳工艺,所得的荔枝皮多酚平均纯度为 32.27%、平均转化率为 69.03%。毕艳艳等<sup>[41]</sup>使用树脂柱色谱法脱除银杏叶提取物中的总银杏酸,并确定了最佳的提取工艺,且树脂柱色谱法工艺稳定、可行、重复性好。Xu 等<sup>[42]</sup>使用高效逆流色谱法在柑橘皮中成功分离出 6 种聚甲氧基黄酮,且通过高效液相色谱和质子核磁共振分析了 6 种黄酮的纯度(均大于 96.6%)。Sekhon-Loodu 等<sup>[43]</sup>使用乙醇对苹果皮进行粗提取,再使用反相色谱法分离粗提取液中的活性多酚,所提取的活性多酚能够抑制鱼油的氧化。色谱法提取技术的显著优势在于其环保性,它有效减少了提取过程中对环境的影响,降低了水果废弃物的丢弃量。同时,它能够良好地保护热敏感活性物质,确保提取物质的质量和可靠性。此外,色谱法还提高了提取效率,使得活性物质的含量更高。

然而,色谱法也面临一些挑战。由于设备和技术的需求,其成本相对较高。同时,活性物质的分离和检测过程较为复杂,增加了操作难度和成本。在提

取过程中,可能会遇到杂质和干扰物质,影响活性物质的纯度和含量,需要进行后续的纯化处理。综上所述,利用色谱法提取水果废弃物中的活性物质是一种极有潜力的提取技术,具有广阔的应用前景和发展空间。

## 1.7 超声波辅助提取技术

超声波辅助提取技术借助超声波在液体中产生的声波震动,有助于迅速释放废弃物中的有益物质,进而提升提取效率。该技术在提取果蔬废弃物中的活性物质方面被广泛应用。相较于传统的提取手法,超声波辅助不仅操作更为简便,而且提取效果更高,耗时更短。实施时,只需简单地将果蔬废弃物与溶剂置于超声波提取装置中,然后调整超声波的功率和频率,便可轻松提取出所需的活性物质,省去了繁琐的设备和操作步骤。

超声波在液体中产生的声波振动会产生剧烈的物理效应和化学效应,包括共振效应、空化效应、超声辐照效应等。这些效应有助于破坏果蔬废弃物的细胞壁,促进活性物质的释放。超声波的振动还可以增加果蔬废弃物与溶剂之间的接触面积,提高提取效率。李靛等<sup>[44]</sup>采用超声波辅助酸法提取了火龙果果皮果胶,研究了温度、提取时间、pH值和料液比对火龙果皮果胶提取率的影响。结果表明,超声的使用提高了15.67%的果胶提取率。李颖等<sup>[45]</sup>采用超声波辅助法提取黄晶果果皮中的总黄酮,提取后的黄酮具有较强的抗氧化活性,可作为天然氧化剂。Albuquerque等<sup>[46]</sup>使用热/超声辅助法提取红毛丹果皮中的生物活性化合物,活性化合物由5种有机酸和25种脂肪酸组成,且在400 μg/mL的肿瘤和非肿瘤细胞系中未观察到细胞毒性。

值得注意的是,超声波辅助提取也有其局限性。由于超声波存在衰减效应,会在其作用区域内形成所谓的“空白区”。位于这些区域的废弃物不仅无法加速释放活性物质,还会造成大量的能量损耗。因此,未来的科研方向应着重于提升超声波提取技术的均衡性和持久性。

## 2 水果废弃物中活性物质在食品包装中的应用

目前,对水果废弃物及其所提取的活性物质在包装领域的应用研究主要集中在制备抗菌、抗氧化、抗紫外线等功能性包装薄膜和涂层方面。这些研究方向旨在将水果废弃物提取物作为添加剂直接应用于包装领域中,以达到保护产品的效果,并将其应用于肉制品、水果等食品领域。目前常见的研究方向如图1所示。

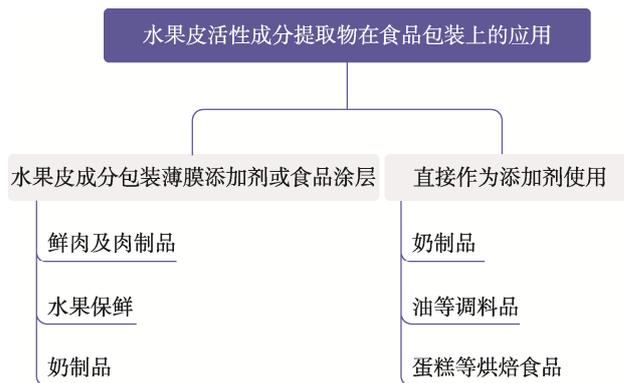


图1 水果皮化学成分提取物在食品包装上的应用  
Fig.1 Application of chemical extracts from fruit peel in food packaging

### 2.1 鲜肉及肉制品

水果废弃物中的活性物质在肉制品包装领域具有潜在的应用价值。首先,这些活性物质可以作为防腐剂和抗菌剂添加到肉制品的包装材料中,以减少贮藏过程中肉制品的细菌滋生,抑制肉制品的脂质氧化,从而延长肉制品的货架期。其次,水果废弃物中的抗氧化成分可以保护肉制品免受氧化的损害,延缓肉制品的变质。研究表明,水果废弃物中的多酚类化合物具有抗紫外线的能力,可以防止阳光照射到肉制品发生的氧化反应。Barkhordari等<sup>[47]</sup>利用乙醇浸渍和超声结合的方法从苹果皮中提取抗菌保鲜成分,并将其应用于鸡腿肉的保鲜中,该保鲜成分将鸡腿肉保质期有效延长了12 d,且改善了鸡腿肉的口感。Han等<sup>[48]</sup>使用乙醇提取了猕猴桃皮中的活性物质,将其加入可生物降解的西瓜果皮胶薄膜中,并将薄膜应用于鸡腿肉的包装,薄膜具有较强的抗氧化性可以防止鸡腿中脂质的氧化。董周永等<sup>[49]</sup>将乙醇与石榴果皮粉混合后得到石榴果皮提取物,并配置了不同的保鲜液,将其应用于猪肉的冷藏保鲜,研究表明保鲜液具有比乳链菌肽和苯甲酸钠更好的保鲜性能。喻惜珍<sup>[50]</sup>运用紫甘蓝、桑葚和紫薯为原料提取花青素,以羧甲基纤维素和海藻酸钠制备指示包装薄膜,并将薄膜应用于鸡肉新鲜度指示中。

然而,将水果废弃物中的活性物质运用于肉制品包装领域还面临一些挑战。首先是活性物质的稳定性问题,由于加工和储存条件的不同,活性物质的稳定性可能受到众多因素的影响。其次是活性物质的添加剂量和添加的方式需要进行合理调控,过量的添加剂可能会影响肉制品的口感和质量。因此,今后的研究应该着重研究和开发具有稳定性和高效性的活性物质,并通过设计科学的实验和应用相关技术确定最佳的使用方式。

### 2.2 水果保鲜中的应用

水果废弃物中的活性成分包括多酚类化合物、黄

酮类化合物、类胡萝卜素等,具有抗氧化、抗菌和抗炎等特性,如果能够从中提取并加以利用可以有效地延长水果的保鲜期。Jiang等<sup>[51]</sup>使用乙醇和超声提取技术得到核桃壳提取物,并加入壳聚糖和瓜尔豆胶制备了活性保鲜薄膜,并将薄膜应用于鲜切苹果的贮藏,含有核桃壳提取物的活性保鲜膜可以抑制苹果的褐变,延缓保鲜指标的变化,用于防止苹果的变质和氧化。Nguyen等<sup>[52]</sup>利用超声辅助提取法从苹果皮中提取了总酚含量为726 μg/mL(没食子酸)的提取物,并将其与聚乙烯醇和纳米纤维素混合制备保鲜膜。这种保鲜膜被应用于樱桃、西红柿和土豆片的保鲜实验中,该薄膜具有较优的紫外线阻隔性、高抗氧化和抗菌性能,能够有效保持樱桃、西红柿和土豆片良好的外观。何宇等<sup>[53]</sup>从石榴皮中得到石榴皮提取液,并将其与壳聚糖溶液混合制备了复合溶液,将含有石榴皮提取液的复合溶液应用于冬枣的采后储藏,石榴皮提取液可在冬枣储藏期间内有效减少乙醇的产生,保鲜效果好,延长了冬枣的保质期。Wang等<sup>[54]</sup>使用乙醇和超声提取法得到了西瓜果皮提取物,并将其与壳聚糖和瓜尔豆胶结合制备了保鲜薄膜,西瓜果皮提取物显著提高了薄膜的综合性能,将该薄膜应用于鲜切香蕉的保存,展示了有效的抗菌、保鲜效果。Khalil等<sup>[55]</sup>使用丙酮、蒸馏水、乙醇和甲醇作为溶剂,并结合超声和震荡的方法,从葡萄柚皮中提取了3种活性物质,并将这些活性物质封装在麦芽糊精中,同时从葡萄柚中提取了果胶,制备了可食的保鲜活性薄膜。实验结果显示,该薄膜能够有效地延长樱桃和番茄的货架期,并有效保持其形状和颜色。

### 2.3 乳制品中的应用

水果废弃物富含抗菌成分,乳制品(例如酸奶、牛奶、冰淇淋、奶酪等)容易受到微生物的污染而变质。提取水果废弃物中的抗菌剂,可以有效抑制微生物的生长,延长乳制品的保质期。Khan等<sup>[56]</sup>研究了芒果仁脂肪对奶酪抗氧化特性和脂肪分解的影响,将脂肪加入牛奶中制备乳酪,并通过对照总酚含量、总黄酮含量、DPPH·自由基清除活性,观察到提取出的脂肪制备奶酪具有更高的抗氧化能力、不饱和脂肪酸和氧化稳定性。Kaur等<sup>[57]</sup>利用番茄红素掺入黄油、冰淇淋和蛋黄酱中,并在储存4个月期间分析其感官特性,番茄红素作为一种抗氧化剂,在储存过程中减缓了番茄红素添加的黄油、冰淇淋和蛋黄酱中异味和颜色的变化。Ferreira等<sup>[58]</sup>对比了将栗子壳、葡萄籽和石榴皮掺入酸奶中强化酸奶的效果,同时评估了它们替代合成防腐剂的潜力。结果表明,栗壳提取物在抗氧化能力方面表现突出,3种提取物均抑制了大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的生长,较高浓度的提取物与合成抗氧化剂具有相似的结果。

### 2.4 其他食品领域的应用

杨福馨等<sup>[59]</sup>利用香蕉浆改性聚乙烯醇作为包装

成材基膜对蛋糕进行保鲜包装,制备出的薄膜拉伸强度增强,吸水性降低、热封强度增加。不同梯度试验下,当香蕉皮浆质量分数为3%时抗菌保鲜效果最优。El-hadary等<sup>[60]</sup>提取了石榴皮的5种成分,其中石榴皮甲醇提取物的总提取馏分、总酚含量和总类黄酮含量最高,抗氧化活性最高,将该提取成分加入食用油中,可有效代替合成抗氧化剂,提高了食用油的耐热性、氧化稳定性和保质期。

综上所述,提取水果废弃物中的活性物质,并将其应用于采后水果的贮藏,实现了“从水果中来,到水果中去”的环保理念,这为人们提供了更加健康的食品选择和可持续的消费方式。未来,可以进一步研究和开发更有效的技术,以满足消费者不断增长的食品需求,减少碳排放对环境造成的压力。

在制备新型包装材料中,水果废弃物中的提取物展现了极高的商业价值,可将其制作成抗菌包装、抗氧化包装、保护油脂类产品包装和指示包装等。研究初步结果显示,这类绿色新型的包装材料具有替代传统塑料用于肉类、鲜切水果等食品包装的潜力。另外,这类绿色新型包装材料还有助于解决传统包装的弊端,促进水果废弃物的循环回收利用,并减少资源浪费。

目前大多数的研究还未涉及提取物是否有迁移的可能,以及产业化研究,停留在初步检测阶段,对材料性能检测的表征较为单一。现有水平仅能展示新型包装应用价值的潜力,未来任重道远。

## 3 结语

本文探讨了水果废弃物中活性物质的提取及其在食品包装中的应用。水果废弃物中的活性物质具有天然的防腐效果,将其添加到食品包装材料中可延长生鲜食品的货架期。这些提取出的活性物质还可赋予包装材料其他功能,如增加包装材料的力学强度,并提供材料抗氧化的能力。利用水果废弃物制备食品包装材料有助于减少环境污染,推动水果资源的可持续发展。虽然现阶段已经存在一部分种类的水果废弃物活性成分提取以及优化研究,但还处于初级阶段,研究的水果种类较少,且未能形成系统化,未能真正解决水果废弃物后续处理问题。将来仍需进一步研究和开发,解决提取活性物质的稳定性、兼容性、市场接受度和可持续性等问题。通过对剂量和方法的科学调控,来深入研究活性物质的特性和应用机制,寻找最佳提取和稳定化技术,并加强与其他材料的相容性研究。除此之外,所提取出的活性成分在应用方面的研究仍在实验研究阶段,如何真正运用于食品包装中,真正实现水果废弃物制备食品包装材料工业化,才是这项研究真正落实解决水果废弃物所带来的污染问题、资源浪费问题。同时,还需推动相关政策和法规的制定,实现对保护环境的友好处理来促进水果废弃

物的可持续利用。综上所述,水果废弃物中的活性物质在食品包装领域具有广阔应用前景和优势。通过进一步研究和创新,可以克服挑战,推动行业发展。该研究为食品包装设计和发展提供了新的思路 and 方向,不仅有助于提高食品的质量,还能够减少环境污染,促进水果资源的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 杜鹏祥, 韩雪, 高杰云, 等. 我国蔬菜废弃物资源化高效利用潜力分析[J]. 中国蔬菜, 2015(7): 15-20.  
DU P X, HAN X, GAO J Y, et al. Potential Analysis on High Efficient Utilization of Waste Vegetable Resources in China[J]. China Vegetables, 2015(7): 15-20.
- [2] 王健君, 陈乃实, 赵丽娜, 等. 我国蔬菜废弃物资源化高效利用潜力分析[J]. 农村实用技术, 2021(5): 139-140.  
WANG J J, CHEN N S, ZHAO L N, et al. Analysis of Efficient Utilization Potential of the Vegetable Waste Resources in China[J]. Rural Practical Technology, 2021(5): 139-140.
- [3] 聂芳. 我国农业废弃物处理及环境治理的困境与对策[J]. 环境工程, 2023, 41(8): 90.  
NIE F. Dilemma and Countermeasures of Agricultural Waste Treatment and Environmental Treatment in China[J]. Environmental Engineering, 2023, 41(8): 90.
- [4] 黄艳艳, 杨旭, 雷菲, 等. 5种热带农业废弃物好氧堆肥过程中的变化及堆肥产物施用效应分析[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(6): 50-58.  
HUANG Y Y, YANG X, LEI F, et al. Changes of Five Tropical Agricultural Wastes during Aerobic Composting Process and Analysis on Application Effects of the Compost Products[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2023, 32(6): 50-58.
- [5] 刘松毅, 李伟, 李文进, 等. 厌氧发酵生物技术处理果蔬废弃物分析及展望——基于北京新发地农产品批发市场的调查[J]. 农业展望, 2013, 9(10): 58-61.  
LIU S Y, LI W, LI W J, et al. Anaerobic Fermentation Biotechnology of Fruit and Vegetable Waste Treatment and Its Future Prospect—Based on the Investigation of Beijing Xinfadi Agricultural Products Wholesale Market[J]. Agricultural Outlook, 2013, 9(10): 58-61.
- [6] 宋刘洋, 丁舒心, 张琪, 等. 农业废弃物资源化利用研究进展[J]. 青海农林科技, 2024(1): 42-46.  
SONG L Y, DING S X, ZHANG Q, et al. Research Progress on the Resource Utilization of Agricultural Waste[J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2024(1): 42-46.
- [7] SUHAG R, KUMAR R, DHIMAN A, et al. Fruit Peel Bioactives, Valorisation into Nanoparticles and Potential Applications: A Review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2023, 63(24): 6757-6776.
- [8] 李猛, 刘江涛, 魏婉倩, 等. 石榴皮中多酚类物质的组成提取及活性研究进展[J]. 农产品加工, 2022(23): 54-58.  
LI M, LIU J T, WEI W Q, et al. Research Progress on Composition, Extraction Methods and Activities of Polyphenols in Pomegranate Peel[J]. Farm Products Processing, 2022(23): 54-58.
- [9] 叶沛铭, 梁雅慧, 吴颖妍, 等. 柑橘水果中黄酮类物质的提取方法生物活性及应用研究进展[J]. 农产品加工, 2023(15): 78-80.  
YE P M, LIANG Y H, WU Y Y, et al. Research Advances in the Extraction Methods Biological Activity and Application of Flavonoids from Citrus Fruits[J]. Farm Products Processing, 2023(15): 78-80.
- [10] 陈雪, 耿延, 李雯婷, 等. 葡萄皮渣花青素提取工艺研究[J]. 农产品加工, 2024(6): 34-37.  
CHEN X, GENG Y, LI W T, et al. Optimization of Anthocyanin Extraction Technology from Grape Skin Residue[J]. Farm Products Processing, 2024(6): 34-37.
- [11] 王爽, 常虹, 周家华, 等. 鲜切的水果皮渣综合利用的研究综述[J]. 包装工程, 2022, 43(1): 106-114.  
WANG S, CHANG H, ZHOU J H, et al. Research Review on Comprehensive Utilization of Fresh-Cut Fruit Pomace[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(1): 106-114.
- [12] LAMANAUSKAS N, PATARO G, BOBINAS Č, et al. Impact of Pulsed Electric Field Treatment on Juice Yield and Recovery of Bioactive Compounds from Raspberries and Their By-Products[J]. Zemdirbyste-Agriculture, 2016, 103(1): 83-90.
- [13] PATARO G, BOBINAITĖ R, BOBINAS Č, et al. Improving the Extraction of Juice and Anthocyanins from Blueberry Fruits and Their By-Products by Application of Pulsed Electric Fields[J]. Food and Bioprocess Technology, 2017, 10(9): 1595-1605.
- [14] JHA A K, SIT N. Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials Using Combination of Various Novel Methods: A Review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2022, 119: 579-591.
- [15] 黄春兰, 许文婷, 莫子燕, 等. 红心火龙果皮花青素提取工艺优化及花青素组成分析[J]. 食品科技, 2023, 48(9): 183-191.  
HUANG C L, XU W T, MO Z Y, et al. Optimization of Anthocyanin Extraction Process and Analysis of Anthocyanin Composition in Pericarp of Red Pitaya[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(9): 183-191.

- [16] 林宝妹, 张帅, 吴水金, 等. 香蕉果皮总黄酮提取工艺优化及抗氧化研究[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(8): 95-100.  
LIN B M, ZHANG S, WU S J, et al. Study on Extraction Process Optimization and Antioxidant Activity of Total Flavonoids from Banana Peel[J]. Cereals & Oils, 2023, 36(8): 95-100.
- [17] YU L, JOVCEVSKI B, PUKALA T L, et al. Profiling and Optimized Extraction of Bioactive Polyphenolic Compounds from Young, Red-Fleshed Apple Using Eco-Friendly Deep Eutectic Solvents[J]. Food Research International, 2024, 187: 114334.
- [18] 贾冬英, 姚开, 谭薇, 等. 石榴皮中多酚提取条件的优化[J]. 林产化学与工业, 2006, 26(3): 123-126.  
JIA D Y, YAO K, TAN W, et al. Optimization of Extraction Condition of Polyphenols from Pomegranate Peel[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2006, 26(3): 123-126.
- [19] 王虹玲, 刘丹, 王诗慧, 等. 软枣猕猴桃果胶的提取及其抑菌活性研究[J]. 包装工程, 2021, 42(3): 25-32.  
WANG H L, LIU D, WANG S H, et al. Extraction and Antimicrobial Activities of Pectin from Actinidia Arguta[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(3): 25-32.
- [20] MASCI A, COCCIA A, LENDARO E, et al. Evaluation of Different Extraction Methods from Pomegranate Whole Fruit or Peels and the Antioxidant and Antiproliferative Activity of the Polyphenolic Fraction[J]. Food Chemistry, 2016, 202: 59-69.
- [21] 张彦, 邓嫣然, 唐一梅, 等. 超声辅助离子液体与半仿生酶法从石榴果皮中提取总黄酮工艺[J]. 化工科技, 2019, 27(6): 15-18.  
ZHANG Y, DENG Y R, TANG Y M, et al. Process Optimization of Flavonoids Extraction from Pomegranate Husk by Ultrasonic Assisted Ionic Liquid and Semi-Bionic Enzyme[J]. Science & Technology in Chemical Industry, 2019, 27(6): 15-18.
- [22] 范晓伟, 冉露, 郭箐, 等. 离子液体结合超声辅助和双水相萃取提取分离柑橘果皮中黄酮类化合物[J]. 食品科学, 2020, 41(10): 265-271.  
FAN X W, RAN L, GUO Q, et al. Extraction and Separation of Flavonoids from Citrus Peel by Successive Ultrasound-Assisted with Ionic Liquids and Aqueous Two-Phase Extraction[J]. Food Science, 2020, 41(10): 265-271.
- [23] MURADOR D C, BRAGA A R C, MARTINS P L G, et al. Ionic Liquid Associated with Ultrasonic-Assisted Extraction: A New Approach to Obtain Carotenoids from Orange Peel[J]. Food Research International, 2019, 126: 108653.
- [24] 邵智燊, 朱婉盈, 郑利芬, 等. 火龙果果皮花青素提取工艺的研究进展[J]. 广东化工, 2022, 49(12): 108-109.  
SHAO Z S, ZHU W Y, ZHENG L F, et al. Research Progression Extraction Technology of Anthocyanins from Dragon Fruit Peel[J]. Guangdong Chemical Industry, 2022, 49(12): 108-109.
- [25] 苏海建, 姚二民, 刘利锋, 等. 响应面法优化超临界CO<sub>2</sub>法萃取废弃烟叶中类胡萝卜素的工艺条件[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(3): 654-658.  
SU H J, YAO E M, LIU L F, et al. Optimization of Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction Technology of Carotenoids in Waste Tobacco Leaf by Response Surface Methodology[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(3): 654-658.
- [26] 郑莹, 李天娇, 包永睿, 等. 基于超临界萃取技术的泰国青柠果皮精油成分解析及其抗肿瘤活性研究[J]. 化学试剂, 2022, 44(2): 178-185.  
ZHENG Y, LI T J, BAO Y R, et al. Component Analysis and Antitumor Activity of Oil from Kaffir Lime Peel Based on Supercritical Fluid Extraction[J]. Chemical Reagents, 2022, 44(2): 178-185.
- [27] 鲍玲玲, 黄仁富. 超临界CO<sub>2</sub>萃取法提取菠萝蜜果皮中黄酮的工艺研究[J]. 现代食品, 2020(18): 111-113.  
BAO L L, HUANG R F. Extraction of Flavonoids from Jackfruit Peel by Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction[J]. Modern Food, 2020(18): 111-113.
- [28] RIVAS M Á, CASQUETE R, DE GUÍA CÓRDOBA M, et al. Functional Properties of Extracts and Residual Dietary Fibre from Pomegranate (*Punica Granatum* L) Peel Obtained with Different Supercritical Fluid Conditions[J]. LWT, 2021, 145: 111305.
- [29] VARDANEGA R, FUENTES F S, PALMA J, et al. Extraction of Valuable Compounds from Granadilla (*Pasiflora Ligularis* Juss) Peel Using Pressurized Fluids Technologies[J]. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 2023, 34: 101135.
- [30] CHAVES J O, SANCHES V L, VIGANÓ J, et al. Integration of Pressurized Liquid Extraction and In-Line Solid-Phase Extraction to Simultaneously Extract and Concentrate Phenolic Compounds from Lemon Peel (*Citrus Limon* L)[J]. Food Research International, 2022, 157: 111252.
- [31] BOMBANA V B, DO NASCIMENTO L H, RIGO D, et al. Extraction by Maceration, Ultrasound, and Pressurized Liquid Methods for the Recovery of Anthocyanins Present in the Peel of Guabiju (*Myrcianthes Pungens*) Maximizing the Extraction of Anthocyanins from the Peel of Guabiju[J]. Sustainable Chemistry and Pharma-

- cy, 2023, 36: 101264.
- [32] 龚玉石, 侯方丽, 郭娟, 等. 响应面法优化纤维素酶辅助提取山竹果皮中原花青素的研究[J]. 农产品加工, 2019(14): 1-7.  
GONG Y S, HOU F L, GUO J, et al. Optimization of Cellulase-Assisted Extraction Process of Proanthocyanidins from Mangosteen Pericarps[J]. Farm Products Processing, 2019(14): 1-7.
- [33] 马永富, 张育生, 盖俊玲, 等. 酶法提取柿子皮中黄酮类物质的研究[J]. 中国检验检疫, 2024(1): 20-23.  
MA Y F, ZHANG Y S, GAI J L, et al. Research on Enzymatic Extraction of Flavonoids from Persimmon Peel[J]. China Inspection Body & Laboratory, 2024(1): 20-23.
- [34] VILAS-FRANQUESA A, FRYGANAS C, CASERTANO M, et al. Upcycling Mango Peels into a Functional Ingredient by Combining Fermentation and Enzymatic-Assisted Extraction[J]. Food Chemistry, 2024, 434: 137515.
- [35] XIONG M, FENG M, CHEN Y L, et al. Comparison on Structure, Properties and Functions of Pomegranate Peel Soluble Dietary Fiber Extracted by Different Methods[J]. Food Chemistry: X, 2023, 19: 100827.
- [36] 李丽, 杨晓芳, 段杰超. 微波辅助提取云南核桃果皮色素及其理化性质研究[J]. 北方园艺, 2021(6): 89-97.  
LI L, YANG X F, DUAN J C. Microwave-Assisted Extraction and Physical and Chemical Properties of Pigment from Juglans Sigillata Peel of Yunnan[J]. Northern Horticulture, 2021(6): 89-97.
- [37] 张林威, 贺便, 黄亮, 等. 超微粉碎-微波辅助提取洋蓟可溶性膳食纤维工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(16): 134-142.  
ZHANG L W, HE (B/P), HUANG L, et al. Optimization of Artichoke Soluble Dietary Fiber with Ultrafine Comminution and Microwave-Assisted Extraction[J]. Food Research and Development, 2023, 44(16): 134-142.
- [38] ARRUTIA F, ADAM M, CALVO-CARRASCAL M Á, et al. Development of a Continuous-Flow System for Microwave-Assisted Extraction of Pectin-Derived Oligosaccharides from Food Waste[J]. Chemical Engineering Journal, 2020, 395: 125056.
- [39] GAN J P, HUANG Z Y, YU Q, et al. Microwave Assisted Extraction with Three Modifications on Structural and Functional Properties of Soluble Dietary Fibers from Grapefruit Peel[J]. Food Hydrocolloids, 2020, 101: 105549.
- [40] 周秋艳, 唐方华, 蒋旭红, 等. 荔枝皮多酚纯化工艺的优化研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(22): 187-189, 228.  
ZHOU Q Y, TANG F H, JIANG X H, et al. Study on the Optimization of Purification Process of Polyphenols from Litchi Pericarp[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(22): 187-189, 228.
- [41] 毕艳艳, 刘健, 聂宗恒, 等. 银杏叶提取物的树脂柱色谱脱酸工艺研究[J]. 现代药物与临床, 2023, 38(8): 1929-1934.  
BI Y Y, LIU J, NIE Z H, et al. Deacidification Process of Ginkgo Biloba Extract by Resin Column Chromatography[J]. Drugs & Clinic, 2023, 38(8): 1929-1934.
- [42] XU Y, LV X J, YANG G L, et al. Simultaneous Separation of Six Pure Polymethoxyflavones from Sweet Orange Peel Extract by High Performance Counter Current Chromatography[J]. Food Chemistry, 2019, 292: 160-165.
- [43] SEKHON-LOODU S, WARNAKULASURIYA S N, VASANTHA RUPASINGHE H P, et al. Antioxidant Ability of Fractionated Apple Peel Phenolics to Inhibit Fish Oil Oxidation[J]. Food Chemistry, 2013, 140(1/2): 189-196.
- [44] 李靓, 朱涵彬, 李长滨, 等. 响应面优化超声波法提取火龙果皮果胶的工艺研究[J]. 包装与食品机械, 2022, 40(5): 13-19.  
LI (J/L), ZHU H B, LI C B, et al. Research on Ultrasonic Extraction Process of Pectin from Pitaya Peel by Response Surface Optimization[J]. Packaging and Food Machinery, 2022, 40(5): 13-19.
- [45] 李颖, 侯诗, 廖婉婷, 等. 响应面法优化黄晶果果皮总黄酮提取工艺及抗氧化活性[J]. 食品科技, 2022, 47(7): 175-181.  
LI Y, HOU S, LIAO W T, et al. Optimization of Extraction Process by Response Surface Methodology and Antioxidant Activity of Total Flavonoids from Abiu Peels[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(7): 175-181.
- [46] ALBUQUERQUE B R., JOSÉ P, INÊS D M, et al. Valorization of Rambutan (*Nephelium Lappaceum* L) Peel: Chemical Composition, Biological Activity, and Optimized Recovery Of Anthocyanins[J]. Food Research International, 2023, 165: 112574.
- [47] BARKHORDARI P, BAZARGANI-GILANI B. Effect of Apple Peel Extract and Zein Coating Enriched with Ginger Essential Oil on the Shelf Life of Chicken Thigh Meat[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2021, 15(3): 2727-2742.
- [48] HAN H S, SONG K B. Antioxidant Properties of Watermelon (*Citrullus Lanatus*) Rind Pectin Films Containing Kiwifruit (*Actinidia Chinensis*) Peel Extract and Their Application as Chicken Thigh Packaging[J]. Food

- Packaging and Shelf Life, 2021, 28: 100636.
- [49] 董周永, 刘兴华, 杨东兴, 等. 石榴果皮提取物对冷却猪肉的保鲜效果[J]. 西北农业学报, 2011, 20(8): 48-52.
- DONG Z Y, LIU X H, YANG D X, et al. Preservation Effect of Pomegranate Peel Extract on Chilled Pork[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2011, 20(8): 48-52.
- [50] 喻惜珍. 含花青素的肉品新鲜度指示包装的优化及应用[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2023.
- YU X Z. Optimization and Application of Meat Freshness Indication Packaging Containing Anthocyanins[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2023.
- [51] JIANG L W, WANG F H, XIE X Y, et al. Development and Characterization of Chitosan/Guar Gum Active Packaging Containing Walnut Green Husk Extract and Its Application on Fresh-Cut Apple Preservation[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022, 209: 1307-1318.
- [52] NGUYEN V S, LEE B K. Multifunctional Nanocomposite Based on Polyvinyl Alcohol, Cellulose Nanocrystals, Titanium Dioxide, and Apple Peel Extract for Food Packaging[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, 227: 551-563.
- [53] 何宇. 石榴皮提取液涂膜法对冬枣采后贮藏品质的影响研究[J]. 陕西农业科学, 2023, 69(2): 30-33.
- HE Y. Effect of Coating with Pomegranate Peel Extracts on Postharvest Storage Quality of Winter Jujube[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 69(2): 30-33.
- [54] WANG F H, XIE C C, YE R, et al. Development of Active Packaging with Chitosan, Guar Gum and Watermelon Rind Extract: Characterization, Application and Performance Improvement Mechanism[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, 227: 711-725.
- [55] KHALIL R K S, SHARABY M R, ABDELRAHIM D S. Novel Active Edible Food Packaging Films Based Entirely on Citrus Peel Wastes[J]. *Food Hydrocolloids*, 2023, 134: 107961.
- [56] KHAN I T, NADEEM M, IMRAN M, et al. Antioxidant Activity, Fatty Acids Characterization and Oxidative Stability of Gouda Cheese Fortified with Mango (*Mangifera Indica* L) Kernel Fat[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, 55(3): 992-1002.
- [57] KAUR D, WANI A A, SINGH D P, et al. Shelf Life Enhancement of Butter, Ice-Cream, and Mayonnaise by Addition of Lycopene[J]. *International Journal of Food Properties*, 2011, 14(6): 1217-1231.
- [58] FERREIRA S M, SANTOS L. Incorporation of Phenolic Extracts from Different By-Products in Yoghurts to Create Fortified and Sustainable Foods[J]. *Food Bioscience*, 2023, 51: 102293.
- [59] 杨福馨, 范飞, 洗厉君, 等. 香蕉皮浆改性聚乙烯醇薄膜制备及对蛋糕包装保鲜的研究[J]. 上海塑料, 2017(3): 47-52.
- YANG F X, FAN F, XIAN L J, et al. Study on Preparation of Banana Peel Modified Polyvinyl Alcohol Film and Preservation of Cake Packaging[J]. *Shanghai Plastics*, 2017(3): 47-52.
- [60] EL-HADARY A E, TAHA M. Pomegranate Peel Methanolic-Extract Improves the Shelf-Life of Edible-Oils under Accelerated Oxidation Conditions[J]. *Food Science & Nutrition*, 2020, 8(4): 1798-1811.