王江雪, 许静, 杨泽瑶, 等. 葡萄皮渣多酚的功能特性及其在食品工业中的应用研究现状 [J]. 食品工业科技, 2026, 47(2): 503−514. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2025040372
WANG Jiangxue, XU Jing, YANG Zeyao, et al. Functional Characteristics of Grape Pomace Polyphenols and the Current Research Status of Their Application in the Food Industry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2026, 47(2): 503−514. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2025040372

· 专题综述 ·

葡萄皮渣多酚的功能特性及其在食品工业中的应用研究现状

王江雪, 许　静, 杨泽瑶, 田　芳, 曹松敏*
（宁夏大学食品科学与工程学院, 宁夏银川 750021）

摘　要: 葡萄皮渣是葡萄酒酿造过程中产生的主要副产物，富含多酚类生物活性物质。深入挖掘葡萄皮渣多酚的功能特性，并推动其高附加值产品开发，对于促进葡萄酒产业的可持续发展、减少资源浪费和减轻环境负担具有重要意义。本文系统梳理了葡萄皮渣多酚的主要组成及其潜在的抗氧化、抗炎、抗癌、降血糖等生理调节功能，重点综述了其在食品工业中作为抗氧化剂、食品保鲜剂、食品配料的综合利用现状，以及多酚在提取方法、生物利用度等方面面临的技术瓶颈与应用前景。本综述旨在为葡萄皮渣多酚的高值化利用提供理论依据与技术路径，助力资源循环利用与功能性食品创新，推动我国葡萄酒产业实现有机固体废弃物零排放与绿色生产目标。

关键词: 葡萄皮渣, 多酚, 功能特性, 抗氧化剂, 食品配料
中图分类号: TS201.1　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1002−0306(2026)02−0503−12
DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2025040372　　本文网刊:

Functional Characteristics of Grape Pomace Polyphenols and the Current Research Status of Their Application in the Food Industry

WANG Jiangxue, XU Jing, YANG Zeyao, TIAN Fang, CAO Songmin*
（College of Food Science and Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China）

Abstract: Grape pomace, a major by-product of wine production, is rich in bioactive polyphenolic compounds. Exploring the functional properties of grape pomace polyphenols and promoting their high-value applications are of great significance for advancing the sustainable development of the wine industry, reducing resource wastage, and alleviating environmental burdens. This review systematically summarizes the main components of grape pomace polyphenols and their potential physiological regulatory functions, including their antioxidant, anti-inflammatory, anti-cancer, and hypoglycemic effects. This review provides a thorough overview of their current applications in the food industry, particularly as antioxidants, food preservatives, and functional food ingredients. It also examines the technical challenges and potential applications related to the extraction methods and bioavailability of polyphenols. The aim of this review is to provide a theoretical foundation and technical roadmap for the high-value utilization of grape pomace polyphenols, to support resource recycling and functional food innovation, and to promote the achievement of zero solid waste discharge and green production in China's wine industry.

Key words: grape pomace; polyphenols; functional characteristics; antioxidants; functional food ingredients

收稿日期: 2025−04−30
基金项目: 宁夏回族自治区重点研发计划（2024BBF02022）; 宁夏自然科学基金（优青）项目（2024AAC05035）。
作者简介: 王江雪（2002−）, 女, 硕士研究生, 研究方向: 肉品加工及质量安全控制, E-mail: 3374164418@qq.com。
*** 通信作者:** 曹松敏（1990−）, 女, 博士, 副教授, 研究方向: 肉品加工及质量安全控制, E-mail: songmin_cao@nxu.edu.cn。

多酚是一类广泛存在于植物中的次生代谢产物，对人体健康具有多种潜在益处，如抗氧化、抗炎、抗糖尿病、抗癌等[1]。随着我国经济水平的不断提升和葡萄酒文化的广泛传播，葡萄酒的消费量呈现出逐年增长的趋势。这一趋势不仅推动了葡萄酒产业的发展，也导致葡萄酒产业的副产品—葡萄皮渣产量骤增[2]。研究证实，葡萄皮渣中含有丰富的多酚类物质[3]，这些成分不仅具有抗炎、抗氧化的潜力，还具备预防糖尿病、动脉粥样硬化和结肠癌等多种疾病的能力[4]，具备极高的研究和应用价值。葡萄中的多酚类物质主要存在于葡萄皮、葡萄籽和果梗中，只有少量的多酚类物质会随压榨浸渍进入葡萄酒中，大部分多酚仍保留在酿酒过后的葡萄皮渣中，有研究测定了葡萄皮、葡萄籽、葡萄叶以及果肉中的多酚含量，其中葡萄籽和葡萄皮多酚含量最高可达 2178.8、374.6 mg GAE/kg（GAE 表示没食子酸当量）[5]。

目前我国大部分的葡萄皮渣是被作为废弃物直接丢弃，并未得到有效利用，这不仅造成了资源的大量浪费，还会对环境造成严重污染。葡萄皮渣的集中丢弃和掩埋不仅增加了皮渣生物降解的难度，还会导致特定环境区域 pH 的下降，多酚类物质的累积造成水体净化和修复进程的缓慢[6]，严重威胁周边野生动物的正常生存，严重降低生态环境的自我修复能力[5]。大量堆积的葡萄皮渣可能引发恶臭，吸引苍蝇和害虫，增加疾病传播的风险。为了应对这一挑战，已有研究开始探索将葡萄皮渣[7] 转化为生物肥料、生物燃料、反刍动物饲料[8] 等产品加以重复利用。尽管这些方法在一定程度上实现了葡萄皮渣的再利用，但在利用效率和经济效益方面仍有待提高。因此，如何高效精准的提升葡萄皮渣产品附加值，积极推进其开发利用，减轻环保压力，已成为葡萄酒产业亟待解决的问题。

综上，深入研究并高效利用葡萄皮渣多酚，是实现资源循环利用、减少环境污染、提升产业附加值的关键环节。本文在系统梳理葡萄皮渣中富含的主要多酚种类及其潜在的生理调节功能与作用机制的基础上，深入探讨了其在食品工业中的综合利用现状、当前面临的局限性以及未来的应用潜力，期待通过对葡萄皮渣多酚资源的精细化阐述和前瞻性应用展望，推动葡萄皮渣资源的科学利用与相关产业升级，为我国葡萄与葡萄酒产业的绿色转型和创新可持续发展提供新的视角与策略。

1 葡萄皮渣：丰富的多酚物质来源

葡萄皮渣，作为酿酒产业中的核心固体废弃有机物，其主要构成部分包括葡萄籽与葡萄皮[9]，并辅以部分酵母菌以及酿造过程中少量压榨残留的果肉。另外，在葡萄酒的酿造流程中，破碎压榨、发酵等环节对多酚的活性影响相对较小，这使得大约 70% 的酚类物质[10] 得以留存在葡萄皮渣中。由表 1 可见，葡萄皮渣中的多酚类物质主要包括花青素、原花青素、酚酸以及白藜芦醇等[19]，图 1 列出了葡萄皮渣中几种常见多酚的化学结构式，这些成分具有多种生物学功能特性，如抗氧化、抗炎、抗菌等，具有极高的保健价值[26]。其中，原花青素主要存在于葡萄籽内，由儿茶素和表儿茶素构成[27]，依据其聚合度的差异，可分为低聚原花青素和高聚原花青素两类[28]。酚酸作为葡萄皮渣中的另一大类多酚，主要包括羟基肉桂酸（咖啡酸、绿原酸、酒石酸、芥子酸等）[29] 和羟基苯甲酸（对羟基苯甲酸、没食子酸、原儿茶酸、丁香酸等）[30]。花青素则主要分布于葡萄皮中，是葡萄成熟过程中形成的红色天然色素，属于生物类黄酮的一种，花青素结构多样，通过不同程度的羟基化、甲基

表 1 葡萄皮渣多酚不同提取方法及含量

Table 1 Different extraction methods and contents of grape pomace polyphenols

提取方法	成分	含量	参考文献
固液萃取法	羟基苯甲酸 羟基肉桂酸 黄烷醇	1984.5 μg/g 104.6 μg/g 5150.8 μg/g	[11]
化学法	总多酚	63 mg GAE/g d.w.	[12]
超临界二氧化碳	总多酚 总黄酮 白藜芦醇	2491 mg/100 g 674 mg/100 g 1.07 mg/100 g	[13]
超声辅助提取	总多酚 总花青素	55.73~68.91 mg ECG/kg 55.73~68.91 mg ECG/kg	[14]
微波辅助提取	总多酚 单宁 总花青素	8.07 g/100 g 5.76 g/100 g 3.7 g/kg	[15]
深共晶溶剂法（甜菜碱和脯氨酸）	总多酚 总黄酮	80~92 mg EGE/g d.w. 47-51 QUE/g d.w.	[16]
深共晶溶剂法（氯化胆碱和乳酸）	原花青素	135 mg/g	[17]
欧姆加热法	总多酚 花青素	320 mg GAE/100 g d.w. 600 μg/g d.w.	[18]

注：GAE是指没食子酸当量；ECG/kg是指每千克样品中所含的表儿茶素没食子酸酯；EGE/g是指每克样品中所含的表没食子儿茶素；QUE/g是指每克样品中所含的槲皮素；d.w.是dry weight的缩写，为干燥重量。

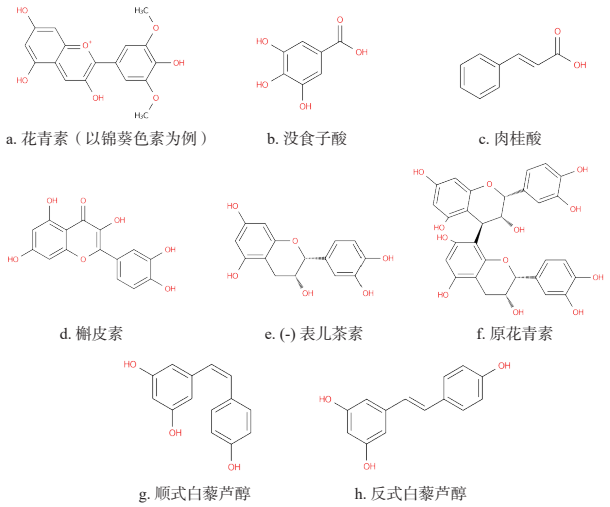


图 1 葡萄皮渣中几种常见多酚的化学结构式[20−25]

Fig.1 Chemical structural formulas of several common polyphenols in grape pomace[20−25]

化和糖基化，赋予了葡萄及葡萄酒丰富的色彩[31]。在葡萄皮渣中发现的主要花青素是锦葵色素、矢车菊色素、牵牛色素、芍药色素、飞燕草色素的 3-O-葡萄糖苷结构，这些成分的含量受葡萄品种、成熟度及气候条件的影响而有所差异[32]。白藜芦醇是存在于葡萄皮中的多酚类化合物，其核心结构为芪类（二苯乙烯，图 1），是一种具有多靶点活性的天然化合物，其抗氧化、抗炎和代谢调节特性在慢性病预防中备受关注[13]。

2　葡萄皮渣多酚的生理调节功效及作用机制

多酚是葡萄皮渣中重要的生物活性物质，具备清除机体自由基[33]、抑制炎症信号通路[34]、诱导癌细胞凋亡[35]、促进葡萄糖摄取等作用[36]，可在机体内发挥抗氧化、抗炎、抗癌及降血糖等多重生理功效[37]。目前葡萄皮渣中研究较多的多酚主要为酚酸、花青素、儿茶素、原花青素、白藜芦醇等[31]，能通过多种途径在机体内部发挥健康作用（如表 2）。

2.1　抗氧化功效

当机体受到特定的刺激时，体内活性氧的产生速率超过抗氧化系统的清除速率，导致活性氧自由基（reactive oxygen species，ROS）大量累积[38]。ROS 一般包括超氧阴离子自由基（$O_2^{-}\cdot$）、羟自由基（·OH）、过氧化氢（H_2O_2）等[39]，可侵袭生物大分子（如脂质、蛋白质和 DNA），破坏细胞器的正常功能，并诱导细胞凋亡，与衰老、心血管疾病、肥胖以及癌症等多种健康问题密切相关。葡萄皮渣中的多酚类物质能通过清除机体自由基、增强机体超氧化物歧化酶（Superoxide dismutase，SOD）、过氧化氢酶（Catalase，CAT）、谷胱甘肽过氧化物酶（Glutathione peroxidase，GSH-Px）活性等途径发挥抗氧化作用（如图 2）。研究表明，红葡萄皮渣多酚（如酚酸、黄烷-3-醇和黄酮醇）能够降低肥胖小鼠氧化应激标志物（羰基、丙二醛及 8-羟基脱氧鸟苷）[40] 的含量，增强小鼠机体的抗氧化能力。花青素能够通过增强 SOD、CAT、GSH-Px 等抗氧化酶的活性，降低 ROS 水平[41]，同时还能抵抗过氧化氢诱导的人脐内皮细胞氧化损伤，并减少肝、肾的脂质氧化[42]。麝香葡萄皮渣中的槲皮素衍生物具有良好的 DPPH 自由基清除活性[33]，槲皮素通过调控谷胱甘肽（Glutathione，GSH）和 ROS 水平来改善内皮细胞和肌肉细胞的氧化还原状态，增强其抗氧化活性[43]。Ruan 等[44] 研究发现，葡萄籽原花青素可以激活心肌梗死小鼠的 PI3K/AKT信号通路，提升小鼠血清中 SOD 活性，降低 MDA 含量，从而抑制心肌细胞凋亡及纤维化改变。Balea 等[45] 也研究发现，葡萄皮渣提取物（如原花青素、儿茶素、单宁等）能够降低心肌梗死小鼠的心脏酶标记物水平，抑

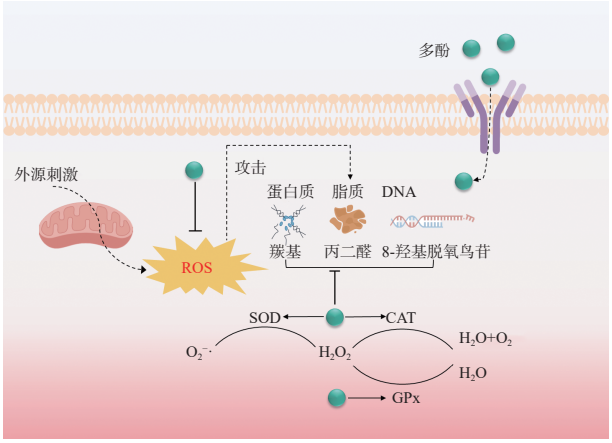


图 2　葡萄皮渣多酚的抗氧化途径

Fig.2　Antioxidant pathways of polyphenols in grape pomace

注：DNA：脱氧核糖核酸；SOD：超氧化物歧化酶；CAT：过氧化氢酶；GPx：谷胱甘肽过氧化物酶；H_2O_2：过氧化氢；$O_2^{-}\cdot$：超氧阴离子自由基。

表 2　葡萄皮渣多酚的功能特性及作用机制

Table 2　Functional characteristics and mechanisms of polyphenols from grape pomace

生理功能	多酚种类/来源	作用机制	参考文献
抗氧化	丹魄葡萄皮渣	降低肥胖小鼠氧化应激标志物（羰基、丙二醛及8-羟基脱氧鸟苷）含量	[40]
	卡纽拉里葡萄皮渣	增强SOD、CAT、GSH-Px等抗氧化酶的活性	[41]
	葡萄籽原花青素、赤霞珠葡萄皮渣白藜芦醇	清除自由基（·OH、H_2O_2、DPPH）	[46−47]
抗炎	小维多葡萄皮渣	下调炎症小鼠腹膜液中IL-1β、TNF-α的表达	[51]
	丹魄葡萄皮渣	调节PI3K/Akt和p38-MAPK通路诱导*Nrf2*基因表达，减轻炎症反应	[52]
	白藜芦醇	阻断NF-κB炎症信号通路，抑制炎症细胞因子TNF-α、IL-6和COX-2的表达	[55]
抗癌	白藜芦醇/阿利亚尼科葡萄皮渣	诱导癌细胞凋亡	[59−60]
	圆叶葡萄皮渣	使细胞阻滞于G2/M期和S期	[61−64]
	黑色酿酒葡萄皮渣	调节癌症相关基因的表达（*MAT1*、*Cyclin*、*pAkt*、*p53*、*p65*）	[58−63]
	黑色酿酒葡萄皮渣	阻断信号通路NF-κB相关基因的表达（*P65*、*COX-2*、*Bcl-2*、*AKT1*）	[63]
	葡萄籽原花青素	激活MIN6（小鼠胰岛瘤细胞）的Nrf2信号通路，降低MDA和ROS含量	[62]
降血糖	佳美娜葡萄皮渣	抑制α-葡萄糖苷酶和α-淀粉酶活性	[68-69]
	酚酸	控制葡萄糖转运（GLUT）	[70]
	白藜芦醇	增强胰岛素敏感性	[71]
抗菌	葡萄籽提取物	抑制细菌生长繁殖	[75]
	霞多丽葡萄籽提取物	破坏细胞膜	[74]
	黑姑娘葡萄、罗马尼亚麝香葡萄皮渣	抑制生物膜合成	[78]

制心肌氧化损伤。唐瑛等[46]研究发现，葡萄籽原花青素能显著提高细胞中 SOD、CAT、GSH-Px 的含量，对 H_2O_2 诱导的海马神经元的氧化损伤具有保护作用。葡萄皮渣中提取的白藜芦醇同样具有良好的 DPPH 和·OH 清除能力，而且其抗氧化活性高于维生素 C[47]，Souza 等[48]研究发现，白藜芦醇能够降低草鱼肝脏氧化损伤模型中 ROS 和一氧化氮代谢物，抑制鱼体肝脏的脂质氧化情况，进而保护草鱼肝脏。综上所述，葡萄皮渣多酚通过多途径调控氧化应激，包括直接清除 ROS、增强抗氧化酶活性等，但这些研究多数集中于体外抗氧化试验，有关多酚抗氧化的代谢通路、消化稳定性以及吸收率等研究不足，未来需进一步深入多酚抗氧化的评估办法，改进多酚的递送体系，以期实现多酚在缓解心血管损伤和神经保护等方面的应用价值[49]。

2.2 抗炎功效

当机体遭遇外界刺激时，会激活肿瘤坏死因子-α（tumor necrosis factor-α，TNF-α）、白细胞介素-1β（IL-1β）、白细胞介素-6（Interleukin-6，IL-6）、环氧化酶-2（COX-2）和核因子 κB（NF-κB）等炎症因子，进而引发炎症反应及疼痛感[50]。葡萄皮渣多酚可通过多途径抑制炎症标志物表达，研究发现葡萄皮渣多酚能显著下调炎症小鼠腹膜液中 IL-1β、TNF-α 的表达[51]。葡萄皮渣中的多酚提取物（花青素、表儿茶素等）可以降低 Caco-2 细胞中 IL-6 和单核细胞趋化蛋白-1（MCP-1）的基因及蛋白表达水平[34]。Gerardi 等[52]探讨了葡萄皮渣多酚对高血糖内皮细胞炎症和氧化损伤的影响途径（如图 3），研究发现多酚能通过

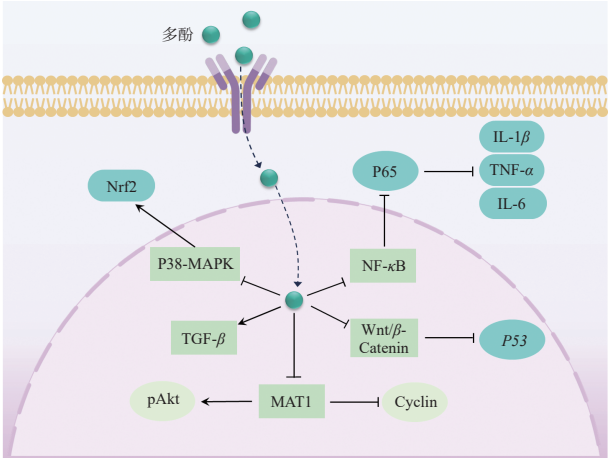


图 3 葡萄皮渣多酚的抗癌及抗炎途径

Fig.3 Anti-cancer and anti-inflammatory pathways of grape pomace polyphenols

注：MAPK：丝裂原活化蛋白激酶；NF-κB：核因子激活的 B 细胞的 κ-轻链增强子；TGF-β：转化生长因子；MAT1：蛋氨酸腺苷转移酶；Wnt/β-Catenin：配体蛋白质 Wnt 和膜蛋白受体结合激发的一组多下游通道的信号转导途径；Nrf2：核因子（红细胞衍生 2）相关因子 2；Cyclin：细胞周期蛋白；pAkt：磷酸化丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶；P65：NF-κB 转录因子家族的五种成分之一；*P53*：抑癌基因；MCP-1：单核细胞趋化蛋白-1；IL-6：白细胞介素 6；TNF-α：肿瘤坏死因子-α；IL-1β：白细胞介素-1β。

PI3K/Akt 和 p38-MAPK 通路诱导 Nrf2 基因表达，降低 NF-κB 介导的炎症反应和增加抗氧化酶活性。类黄酮能够阻断 NF-κB 炎症信号通路（如图 2），并抑制结肠癌小鼠体内炎症细胞因子 IL-1β 和 TNF-α 的表达[53]，同时还能有效抑制 Wnt/β-Catenin 介导的炎症信号通路。朱晓娟等[54]探讨了葡萄籽原花青素对糖尿病牙周炎大鼠牙周炎症的作用，研究发现，葡萄籽原花青素能降低 TLR4 和 NF-κB 的蛋白表达水平，减少血清中炎症因子 TNF-α、IL-1β 和 IL-6 的水平，从而控制糖尿病牙周炎大鼠牙周组织炎症。Zhou 等[55]研究发现，白藜芦醇能够调控急性咽炎小鼠的 NF-κB 信号通路，有效降低小鼠体内炎症因子 TNF-α、IL-6 和 COX-2 的水平，从而抑制咽炎小鼠的炎症反应。综上所述，葡萄皮渣多酚可通过靶向 NF-κB、TLR4 等关键炎症信号通路，抑制 TNF-α、IL-1β 等促炎因子表达，调控炎症相关酶活性和基因表达，但对于葡萄皮渣多酚抗炎完整的作用机制还不明确，需要进一步研究阐明。另外，未来还需聚焦于多酚抗炎功效的深入临床试验，并补充完善其细胞毒性评估，从而为葡萄皮渣多酚用于炎症性疾病的干预策略提供理论基础。

2.3 抗癌功效

癌症作为危害人体健康并导致人类死亡的主要疾病之一，其治疗药物的副作用问题一直备受关注[56]。葡萄皮渣中所含的天然活性物质多酚，凭借其抗氧化、抗炎、抗增殖及促细胞凋亡等活性，在癌症的预防和治疗中展现出广阔前景[57]。Kumar 等[58]研究发现，葡萄皮渣中的白藜芦醇和花青素能够抑制人前列腺癌细胞系（DU-145 和 PC-3M）中蛋氨酸腺苷转移酶Ⅰ（MAT1）基因的表达，下调促细胞增殖蛋白 G1/S-特异性周期蛋白-D1（Cyclin D1），上调蛋白激酶 pAkt，进而抑制前列腺癌细胞的增殖（如图 3）。同时，有研究发现葡萄皮渣中的白藜芦醇还能有效抑制宫颈癌细胞系和肺癌细胞系的增殖[59]。Caponio 等[60]通过结肠癌细胞实验证实，葡萄皮渣多酚（花青素、酚酸和黄酮类化合物）能通过多种途径抑制结肠癌细胞的增殖并促进其凋亡，尤其对人体结直肠癌细胞（HCT116）的抗肿瘤作用明显[35]，但是目前还缺少多酚抑制结肠癌细胞的分子机制解释[60]。Katarina 等[61]研究发现，槲皮素能使人结肠癌细胞（SW620）的细胞周期停滞在 G2/M 期，槲皮素会破坏 β-catenin 和转录因子 4（transcription factor 4）之间的联系，同时降低凋亡抑制基因和细胞周期蛋白 D（Cyclin D）的表达，在预防癌症方面发挥重要作用。张丽媛等[62]研究发现，葡萄籽原花青素通过激活 MIN6（小鼠胰岛瘤细胞）的 Nrf2 信号通路，上调谷胱甘肽过氧化物酶 4 的蛋白表达水平，降低 MDA（丙二醛）和 ROS 的含量，从而抑制高糖高脂诱导的细胞铁死亡，提高 MIN6 细胞的存活率。Shaban等[63]研究发现，葡萄皮渣中的多酚（没食子酸、鞣花酸）还能显著降

低肝癌小鼠体内的 ROS 和 TBARS水平，增加 GSH 水平和 *P53* 基因的表达，同时降低 NF-κB 信号通路相关基因（*P65*、*COX-2*、*Bcl-2* 和 *AKT1*）的表达，从而抑制小鼠肝癌恶化。罗剑鸣[64]研究发现，圆叶葡萄‘Noble’和赤霞珠中的多酚（主要为鞣花酸）不仅可以下调乳腺癌细胞（MDA-MB-231 和 MCF-7）中 Cyclin A 蛋白的表达，使癌细胞阻滞于 S 期，还能有效减少细胞中一氧化氮（NO）、IL-6和 TNF-α 的分泌量抑制乳腺癌细胞增殖，这为预防/治疗乳腺癌保健品/药物的研发提供了新的思路[37]。综上，葡萄皮渣多酚可通过多靶点干预癌细胞周期、凋亡及氧化应激通路，在结直肠癌、肝癌、乳腺癌等多种癌症中展现广谱抗肿瘤活性，未来需深入多酚抗癌的体内研究，完善动物实验及临床试验数据，为低毒副作用葡萄皮渣多酚抗癌药物/保健品的开发提供数据支撑。

2.4　降血糖功效

糖尿病主要分为Ⅰ型糖尿病和Ⅱ型糖尿病两大类型，其中，Ⅰ型糖尿病属于自身免疫性遗传病，而Ⅱ型糖尿病则可通过调整日常饮食与生活方式进行有效控制[65]。鉴于此，有许多研究人员正积极从食物中探寻安全、无毒的功能性成分，以期用于Ⅱ型糖尿病的预防与治疗[36]。有研究表明，葡萄皮渣多酚可以通过控制Ⅱ型糖尿病中 α-淀粉酶和 α-葡萄糖苷酶这两个关键消化酶的活性（如图 4），达到平衡血糖的目的[66]。高聚原花青素具有丰富的酚羟基、多环结构和高聚合度，能通过氢键、疏水相互作用与这两种酶交联进而抑制酶活性，有效调节机体血糖水平[67]。Campos 等[68] 从葡萄皮渣中提取的多酚（包括原花青素、花青素及部分黄酮醇）对 α-葡萄糖苷酶的活性位点表现出高度的亲和力，通过形成稳定的复合物来抑制酶活性，其抑制效果甚至能超过 α-葡萄糖苷酶抑制剂-阿卡波糖[69]。Johnston 等[70] 研究发现，糖基化花青素或黄酮醇可通过直接竞争钠-葡萄糖共转运蛋白 1 和抑制葡萄糖转运蛋白 2 的活性来降低肠上皮细胞对葡萄糖的摄取，从而控制血糖水平。同时，葡萄皮渣中的原花青素和多糖-多酚复合物也能通过位阻抑效应抑制肠上皮细胞对葡萄糖的摄取，进而控制血糖升高[68]。潘新艳[71] 研究发现，给胰岛素抵抗小鼠饲喂白藜芦醇，能够增加 DNA 损伤诱导转录因子 4 的表达，抑制哺乳动物雷帕霉素靶蛋白通路，从而改善小鼠的胰岛素抵抗和糖代谢紊乱，为预防和治疗糖尿病提供了新的研究思路。但是，目前有关葡萄皮渣多酚降血糖活性的研究主要集中在游离酚，对于结合酚和酯化酚的研究较少[72]，缺乏多酚控制胰岛素信号通路的研究[71]，未来需结合组学等进一步探究降血糖机制，增加临床试验数据，为葡萄皮渣多酚类健康调节剂的开发提供理论支撑。

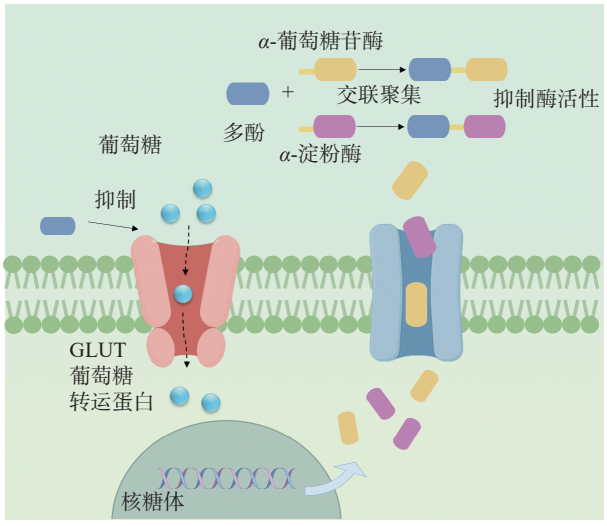


图 4　葡萄皮渣多酚的降血糖途径

Fig.4　Hypoglycemic pathway of grape pomace polyphenols

2.5　抗菌功效

近年来抗生素耐药性不断上升，导致了医疗成本及治疗难度的增加，加剧了公共卫生风险对人体健康构成威胁[73]。葡萄皮渣中的多酚类物质对革兰氏阳性菌（金黄色葡萄球菌）、革兰氏阴性菌（大肠杆菌）及食源性真菌均表现出抑制活性，被视为一种潜在的天然无毒抗菌剂[74]。Kitsiou 等[75] 研究发现，葡萄籽提取物可以快速灭活单增李斯特菌，但对鼠伤寒沙门氏菌的抑制效果较弱。Alexa 等[76] 的研究发现，赤霞珠葡萄皮渣多酚不仅能显著降低小麦中真菌种群的生长（赭曲霉和疣状青霉），还能够抑制赭曲霉毒素 A 的产生。此外，还有研究发现，赤霞珠葡萄皮渣多酚（如槲皮素、没食子酸、原儿茶酸等）还能与各类抗生素（包括 β-内酰胺类、喹诺酮类、氟喹诺酮类、四环素类和安替比林类等）协同抑制小麦中金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的生长[77]。Caponio 等[26] 的研究同样发现，葡萄皮渣多酚（如花青素、酚酸和类黄酮等）不仅对大肠杆菌、巨大芽孢杆菌和单增李斯特菌有显著的抑制作用，还能与益生菌植物乳杆菌协同抑制细菌的生长。葡萄皮渣多酚除了对细菌和真菌有抑制作用外，还能破坏人类真菌病原体念珠菌的生物膜[78]。综上，葡萄皮渣多酚通过直接抑菌、协同抗生素及破坏生物膜等多机制展现出抗菌潜力，但是目前对葡萄皮渣多酚的抗菌机制研究不够深入，缺乏生物学验证，后期应加强多酚的抗菌机制研究，增加动物感染实例，为后续新型抗菌剂的开发提供可持续解决方案[49]。

3　葡萄皮渣多酚在食品工业中的应用

综上，系统研究表明，葡萄皮渣多酚在抗氧化、抗癌、降血糖等方面具有显著的应用价值。拓展葡萄皮渣在食品行业中的应用，不仅能减少资源浪费，更能显著提升其社会经济效益。目前，已有大量研究将葡萄皮渣多酚作为抗氧化剂、功能性食品配料、保鲜剂、食用色素等功能性食品添加剂应用在食品当中，有效提升了产品的营养与品质特性（表 3）。

3.1　天然抗氧化剂

在长期贮藏过程中，食品中的脂肪和蛋白质会

表 3 葡萄皮渣多酚在食品工业中的应用

Table 3 Application of grape pulp polyphenols in the food industry

多酚功能	多酚来源	应用对象	作用效果	参考文献
抗氧化剂	蒙纳斯翠尔葡萄皮渣	猪肉汉堡	降低猪肉汉堡的氧化水平和丙二醛含量,延长其保质期	[79]
	巴贝拉、霞多丽葡萄皮渣	奶酪	增强奶酪成熟时的总酚含量和自由基清除活性	[80]
	梅洛葡萄皮渣	面包	增强烘焙食品的抗氧化性	[81]
	葡萄皮渣	鱼肉	利用多酚制作可食膜,能抑制鱼肉脂质氧化,延长货架期	[82]
	赤霞珠葡萄皮渣	饼干	增强饼干的抗氧化性能,添加过多会导致饼干色泽变暗变差	[83]
食品配料	野葡萄皮渣	乳制品	提升蛋白质、类黄酮和花青素等活性成分含量,促进蛋白质消化吸收	[87−88]
	普里米蒂沃、黑曼罗、青提葡萄皮渣	红茶饮料	具有抗炎活性的新型茶饮料	[91]
食品保鲜剂	葡萄籽提取物	鸡肉	减少肉制品的异味,如陈腐味、霉味和鱼腥味	[94]
	葡萄籽提取物	带鱼鱼丸	降低己醛、庚醛、辛醛等挥发性物质的浓度	[95]
	葡萄籽提取物	鸡肉、牛肉、猪肉	抑制食品脂质过氧化,避免腐败气味的产生	[97]
	葡萄籽提取物	牛肉馅	降低牛肉馅的TBARS值和菌落总数,并保持肉色稳定	[98]
	葡萄籽提取物	烤鸡	减少需氧菌、假单胞菌、霉菌等的生长速度,延长产品贮藏期	[99]
食用色素	西拉、马瑟兰、丹娜葡萄皮渣	色素	具有酿酒过程产生的咖啡酰化花青素、对香豆酰化花青素	[100]
	派斯葡萄皮渣	饮料及乳制品	足以胜任饮料(如软饮料、葡萄酒和利口酒)及乳制品(酸奶、甜点、冰淇淋等)的着色	[103]

发生自动氧化,改变产品的理化性质、感官属性,并缩短其保质期。为了迎合消费者对绿色健康生活方式的追求,同时延缓食品的氧化变质,有研究将葡萄皮渣多酚作为抗氧化剂添加到肉类制品中,不仅安全高效,而且成本低廉。Garrido 等[79] 将葡萄皮渣中的花青素提取物添加到猪肉汉堡中后发现,葡萄皮渣花青素不仅能有效清除自由基,降低汉堡的氧化水平,而且还能降低汉堡在储存期间的丙二醛含量,延长其保质期。Marchiani 等[80] 研究发现,在奶酪的生产中添加葡萄皮渣粉末,可以显著增加奶酪中生物活性物质(黄烷-3-醇、黄酮醇、酚酸等)的含量,尤其是发酵过程可促进葡萄皮渣中的活性成分进一步释放,使奶酪在成熟时的总酚含量和自由基清除活性均达到峰值。Poiana 等[81] 研究发现,葡萄皮渣多酚可以增强烘焙食品的抗氧化性能,而且经过高温烘烤后的面包仍能保持较高的 DPPH 清除率和抗氧化能力,并保留大部分的生物活性物质(总酚、总黄酮),其抗氧化能力相较于饼干和蛋糕更为突出。李霞等[82] 研究发现,以葡萄皮渣多酚为原料制作可食膜,多酚能有效抑制鱼肉储存期间的脂质氧化、抑制微生物生长并延缓蛋白质的分解,具有良好的保鲜效果,能延长鱼肉的货架期。王君等[83] 的研究表明,曲奇饼干的抗氧化性随葡萄皮渣添加量的增加呈增长趋势,但在饼干中不宜过多添加,花色苷类物质会导致曲奇饼干的亮度变低,色泽变深变暗。综上所述,葡萄皮渣多酚可作为抗氧化剂添加在各类食品当中,从而抑制肉制品及烘焙制品的氧化变质,但是目前的研究还停留在实验室阶段,对葡萄皮渣多酚的用量标准没有统一规范,未来需完善葡萄皮渣多酚作为抗氧化剂的作用机制和毒理数据,推动行业建立葡萄皮渣多酚天然抗氧化剂的执行标准。

3.2 功能性食品配料

随着社会经济的蓬勃发展与人们健康意识的日益增强,加之国内人口老龄化趋势的加剧,消费者对保健食品的需求呈现出迅猛增长的态势。众多科学研究揭示,葡萄皮渣中蕴藏着丰富的生物活性物质及活性成分,将葡萄皮渣提取物作为膳食补充剂,能够降低人体血液中总胆固醇及低密度脂蛋白含量、调节血脂水平[84],同时减轻人体的氧化应激反应[84]。在乳制品中添加葡萄皮渣有助于人体日常饮食中蛋白质的摄入[85],儿茶素及花青素等[86] 能促使蛋白质结构展开,加速其水解过程,有利于蛋白质在人体内的消化和吸收[87],另外,在乳制品中添加葡萄皮渣粉末,能显著提升产品中蛋白质、类黄酮、黄酮醇及花青素等成分[88] 的含量,丰富乳制品的营养成分[89],但是随着葡萄皮渣的增加,冰淇淋的 pH、比重和溢出量呈现下降趋势,同时脂肪的不稳定指数增加[90],不适合在乳制品中大量添加。葡萄皮渣作为酿造葡萄酒过程中的副产物,富含多酚等活性成分,Gerardi 等[91] 则将葡萄皮渣与红茶结合,制备了一款具有良好抗炎活性的新型茶饮料,这进一步推动了健康饮料和功能性食品的发展。综上,葡萄皮渣多酚可作为营养强化剂添加到食品当中,然而,过量添加可能会对食品的感官属性产生不良影响。因此,未来需进一步探究葡萄皮渣及其活性物质与食品基质的结合互作机制,以生产更加安全、健康的功能性食品。

3.3 食品保鲜剂

葡萄皮渣多酚根据结构的不同在食品中也发挥着不同的作用,酚羟基可与蛋白质结合可抑制其氧化变质,花青素等可以抗脂质氧化、维持肉色泽稳定,羟基肉桂酸可抑制细菌生长[92],延长肉类制品保质期[93],同时多酚还能减少肉类制品在贮藏过程中产生的异味,如陈腐味、霉味和鱼腥味[94],并降低己醛、庚醛、辛醛等挥发性物质的浓度[95],减缓脂质氧化和细菌增长。李婉平等[96] 研究发现,利用葡萄皮渣多酚与维生素、柠檬酸能够复配得出抗菌性能更加优良

的抗氧化剂，对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏杆菌均有显著的抑制作用。葡萄籽提取物多酚不仅能抑制食品脂质过氧化，还能避免腐败气味的产生[97]。曲宝宝[98]研究发现，葡萄籽提取物多酚能够显著抑制速冻水饺牛肉馅的脂肪氧化，降低牛肉馅的TBARS值和菌落总数，并保持肉色稳定。Guo 等[99]研究发现，葡萄籽提取物还能联合气调包装有效抑制烤鸡的脂质氧化，并减少需氧菌、假单胞菌、霉菌和酵母菌的生长速度，延长产品的贮藏期。综上所述，葡萄皮渣多酚能作为食品保鲜剂抑制食品异味、减少醛类物质的产生，抑制细菌生长并延长保质期，而且多酚的抑菌效果随添加量的升高而升高，但是当多酚的添加量过高时，会对食品产生不利影响[100]，导致其品质劣变。因此，平衡葡萄皮渣多酚的剂量和保鲜效果是接下来的研究重点，急需拓展新型技术推动食品的“绿色保鲜”。

3.4　食品色素

自 2012 年起，葡萄皮红已作为食品添加剂纳入国家标准管理，其使用需严格遵循 GB 28313-2012《食品安全国家标准 食品添加剂 葡萄皮红》的规定。葡萄皮红色素主要从葡萄皮和葡萄皮渣提取得到，主要成分为花青素[32]（包括芍药花色素、锦葵色素、飞燕草色素及牵牛花色素等），由于其天然特性，在饮料及其他食品领域中备受青睐。Favre 等[101]研究发现，从葡萄皮渣中提取的花青素不仅含有酿酒过程中自然合成的咖啡酰化花青素，还独具香豆素成分，相较于单体花青素展现出更为优越的稳定性。有研究发现，使用深共晶溶剂[102]从葡萄皮渣中提取花青素，可以减少花青素在提取过程中的降解率[31]，而且通过该法制备的花青素无需进一步提纯，可直接应用于食品行业，极大地减少了资源浪费。值得注意的是，在食品着色方面，从葡萄皮渣中提取的花青素浓度范围在 20~60 ppm 之间，展现出足够的色彩强度和稳定性，足以胜任饮料（如软饮料、葡萄酒和利口酒）[103]、乳制品（酸奶、甜点、冰淇淋等）[104]以及果酱等食品的着色需求。但是，从葡萄皮渣中提取的天然色素其性质较为活跃，易受光照、温度、pH 等条件的影响发生氧化或降解[105]，会导致其生物利用度降低，而且葡萄皮色素在碱性环境中会变为蓝色，目前只适合用于酸性产品，进一步限制了葡萄皮渣天然色素的应用范围。未来的研究需要突破技术壁垒，增强葡萄皮渣天然色素的稳定性，提升其生物利用度，扩大其应用范围。

4　限制葡萄皮渣多酚广泛应用的技术挑战

4.1　提取和纯化技术落后

目前，从葡萄皮渣中提取多酚的方法—固液萃取，存在显著的落后性和缺陷，该法耗时漫长、萃取效率低下、依赖大量有机溶剂造成环境污染，难以满足绿色生产需求[2]。为了高效利用葡萄皮渣多酚，必须采用绿色环保、可持续的提取方法，因此，现代研究转向更高效、环保的技术，如超临界流体萃取[106]、微波辅助萃取[107]、超声辅助萃取[108]等技术。Tuhanioglu 等[13]对超临界二氧化碳技术进行改良，使用食品级助溶剂乙醇和水提取葡萄皮渣多酚，尽管该法减少了有害溶剂的使用，但其总酚、总黄酮和白藜芦醇的提取率仅与常规方法没有显著性差异，而且利用该法提取的多酚其 $ABTS^{+}$自由基清除率仍低于盐酸-甲醇的多酚提取物[13]。微波和超声辅助萃取技术是一种温和、快速的提取技术，与传统方法相比效率高、耗有机溶剂少，但是这两种方法受到微波/超声功率、时间、温度等条件交互作用的影响，需要大量试验完善并优化其提取工艺[108]，成本较高，而且微波和超声辅助提取多酚具有非选择性，处理不当还会导致热敏成分的降解[2]，未来需聚焦微波和超声协同、智能控制模型及绿色溶剂体系，以实现高效、稳定、工业化的提取工艺。近年来也有研究使用蒸汽爆破[109]、欧姆加热[18]以及脉冲电场[110]等物理方法提取多酚，以期简化多酚的提取工艺，保留多酚的生物活性和功能特性[111]，但是仍面临诸多挑战。蒸汽爆破虽然能提高游离酚提取率，但可能降低部分热敏性成分和结合酚的得率和活性[109]。欧姆加热和脉冲电场类似，能最大限度减少热敏成分降解，显著提升得率和抗氧化能力[110]，但是欧姆加热仅适用于导电物料，需精准控制体系电阻，脉冲电场有电极腐蚀风险，未来可开发耐腐蚀电极。而且目前蒸汽爆破、欧姆加热以及脉冲电场提取葡萄皮渣多酚的工艺还处于研究阶段，工艺缺乏统一标准，成本较高限制其大规模应用。深共晶溶剂提取多酚的生物累积性还未充分评估[112]、回收率较低，实际应用需根据目标成分特性（如热敏性、结合酚）选择适配工艺。综上所述。当前葡萄皮渣多酚提取技术正处于高效化与绿色化转型的关键阶段，尽管有多种新型技术不断涌现并发展，但是仍面临有毒试剂、难释放、高成本、高能耗等诸多挑战，未来研究需通过技术耦合攻克结合酚提取瓶颈，构建提取-废渣利用-资源回收的循环系统[2]，降低葡萄皮渣多酚的提取成本，推动实验室成果向产业落地转化。

4.2　生物利用度低

葡萄皮渣多酚虽然具有良好的生物活性和生理功能，但是其生物利用度（即多酚被人体吸收并发挥功效的比例）普遍较低，严重限制了其健康效能的发挥。葡萄皮渣多酚的不同结合形式（如结合酚、酯化酚）对其生物利用度有显著影响，限制多酚的实际应用效果。常规的提取方法仅能释放游离酚和部分酯化酚，对结合酚的提取率较低[72]，酸碱水解可以提高结合酚的释放率，但会破坏酚类结构，使其生物活性降低[113]。目前的研究都集中在游离酚，对结合酚和酯化酚的释放机制和生物活性认知不足，虽然使用乳酸菌发酵葡萄皮渣可以释放结合酚，并提升其抗氧化活性[114]，但是该法成本较高，不适合大规模应用。多

酚的聚合度、羟基化程度、糖基化修饰等直接影响其稳定性和肠道吸收率，当多酚以糖苷或聚合物形式存在时，需在肠道酶解才能被吸收利用[115]。而且多酚与肠道菌群的互作关系还存在矛盾，菌群虽然可以将多酚转化为低分子量代谢物，提高吸收率，但是高浓度多酚也会抑制部分菌群生长，使厚壁菌门丰度降低，影响其代谢效率[112]。另外，葡萄皮渣多酚在消化过程当中易受 pH 的影响而发生变化[116]，在胃的酸性条件中相对稳定，但在小肠的碱性环境中会导致酚羟基去质子化，引发氧化降解，有研究发现葡萄籽多酚在 pH8 时保留率下降了 16.49%[117]。综上所述，葡萄皮渣多酚的生物利用度受多重因素共同影响，未来研究需跨学科协作，重点发展靶向递送[118]、智能酶解及菌群调控技术[112]，同时推动葡萄皮渣向绿色循环经济模式转型，为功能食品和保健品领域提供新型生物活性物质，实现资源的高值化利用。

4.3 法规和安全评估滞后

葡萄皮渣多酚（如原花青素、白藜芦醇等）是从葡萄皮渣中提取的天然多酚类化合物，因其抗氧化、抗炎和心血管保护等特性被广泛应用于食品、保健品和化妆品中，随着研究的深入，需要加强对葡萄皮渣多酚的生物安全评价。目前的研究普遍认为，在合理剂量下葡萄皮渣多酚是安全的，但应用在食品及药品领域时仍需综合考量多酚的剂量、来源等因素。沈继红等[119] 开展了葡萄籽多酚提取物的毒性实验，研究发现，试验小鼠在 30 d 内生长发育状况良好，体重、血常规、血生化等指标以及病理组织学检查均未发现异常，表明该物质对大鼠各项指标未产生明显毒性作用。Kantureyeva 等[120] 研究发现，葡萄籽多酚制剂对实验小鼠几乎无毒副作用，其急性毒性的 LD_{50}>2000 mg/kg，表明该制剂具有较高的安全性能。Popat 等[121] 研发了一款白藜芦醇的专利制剂（SRT501），通过试验发现，该制剂安全无毒副作用，但是当把 SRT501 以每日 5 g 的剂量单独或与硼替佐米合用时，SRT501 在多发性骨髓瘤患者中表现出肾毒性。因此在保健食品及临床中添加时需严格控制用量，并标注适用人群及禁忌，而且目前对葡萄皮渣多酚提取物的毒理数据不足，需加大对该方面的研究，补充其毒理学信息。虽然葡萄皮渣多酚本身具有极低的毒性及副作用，但是提取多酚使用的有机溶剂具有一定的挥发性和毒性[122]，会对最终产品的安全性构成威胁。鉴于此，需制定一套完善的葡萄皮渣多酚提取工艺标准，并伴随严格的毒性测试。这不仅有助于识别并消除提取过程中的安全隐患，还能为多酚产品的质量控制提供科学依据。在此基础上，未来的研究还应进一步加深临床试验的广度和深度，通过长期跟踪观察和科学评估，为多酚产品的长期安全使用提供坚实的数据支撑和理论依据。

5 展望

葡萄皮渣作为葡萄酒酿造过程中的核心副产物，含有丰富的酚类物质，具有显著的抗氧化、抗炎、抗癌、降血糖及维护肠道健康等多重生理功效，在食品及保健品等领域均具有巨大的应用潜力。在食品工业中，葡萄皮渣多酚可作为天然抗氧化剂、功能性食品配料以及食品保鲜剂，广泛应用于肉制品、乳制品、烘焙制品及饮料当中，不仅能够延缓食品氧化变质、改善产品的质构特性，还能延长保质期并提升其营养特性。此外，葡萄皮渣多酚还可用于开发功能性保健品，如抗氧化胶囊、抗辐射和缓解视疲劳的产品等，这进一步拓展了其市场应用范围。

然而，国内对葡萄皮渣多酚的开发利用仍处于初级阶段，技术体系尚未成熟，加工链条不完善，资源化利用率较低。具体表现为提取工艺效率不高、活性成分稳定性不足、规模化生产成本较高，以及缺乏统一的质量标准和应用规范。这些问题限制了葡萄皮渣多酚的高值化利用和产业化推广。为解决上述问题，未来应聚焦于以下几个方面：首先，优化多酚的高效提取技术，采用深共晶溶剂、蒸汽爆破、欧姆加热以及脉冲电场等绿色工艺，提高提取效率并减少污染；其次，加强活性成分稳定性研究，开发新型纳米递送体系靶向释放多酚，延长其功能活性；再次，推动葡萄皮渣的级联利用，提取活性成分后的残渣可再次进行生物发酵生产伤口敷料，实现资源的最大化利用；最后，建立健全葡萄皮渣及其多酚提取物的质量标准和应用规范，促进其产业化发展。通过技术创新和产业链整合，葡萄皮渣多酚综合利用不仅能够减少资源浪费与环境污染，还能推动食品产业向功能化、健康化方向转型升级，满足市场对高品质、多样化产品的需求，最终实现经济效益、社会效益与生态效益的协同发展。

© The Author(s) 2026. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

参考文献

[1] RANA A, SAMTIYA M, DHEWA T, et al. Health benefits of polyphenols: A concise review[J]. Journal of Food Biochemistry, 2022, 46(10): e14264.

[2] WANG C S, YOU Y L, HUANG W D, et al. The high-value and sustainable utilization of grape pomace: A review[J]. Food Chemistry: X, 2024, 24: 101845−101845.

[3] BENDER A B B, SPERONI C S, MORO K I B, et al. Effects of micronization on dietary fiber composition, physicochemical properties, phenolic compounds, and antioxidant capacity of grape pomace and its dietary fiber concentrate[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 117: 108652.

[4] DONG X, ZHU C P, HUANG G Q, et al. Fractionation and structural characterization of polysaccharides derived from red grape pomace[J]. Process Biochemistry, 2021, 109: 37−45.

[5] PASTRANA-BONILLA E, AKOH C C, SELLAPPAN S, et al. Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2003, 51(18): 5497−5503.

［6］ CHRIST K L, BURRITT R L. Critical environmental concerns in wine production: an integrative review[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 53: 232−242.
［7］ SIROHI R, TARAFDAR A, SINGH S, et al. Green processing and biotechnological potential of grape pomace: Current trends and opportunities for sustainable biorefinery[J]. Bioresource Technology, 2020, 314: 123771.
［8］ BERGER C, MATTOS B D, AMICO S C, et al. Production of sustainable polymeric composites using grape pomace biomass[J]. Biomass Conversion and Biorefinery, 2022, 12(12): 5869−5880.
［9］ CHOWDHARY P, GUPTA A, GNANSOUNOU E, et al. Current trends and possibilities for exploitation of Grape pomace as a potential source for value addition[J]. Environmental Pollution, 2021, 278: 116796.
［10］ MARTÍNEZ-MEZA Y, PÉREZ-JIMÉNEZ J, ROCHA-GUZMÁN N E, et al. Modification on the polyphenols and dietary fiber content of grape pomace by instant controlled pressure drop [J]. Food Chemistry, 2021, 360: 130035.
［11］ ANTONIOLLI A, FONTANA A R, PICCOLI P, et al. Characterization of polyphenols and evaluation of antioxidant capacity in grape pomace of the cv. Malbec[J]. Food Chemistry, 2015, 178: 172−178.
［12］ BENBOUGUERRA N, RICHARD T, SAUCIER C, et al. Voltammetric behavior, flavanol and anthocyanin contents, and antioxidant capacity of grape skins and seeds during ripening (Vitis vinifera var. Merlot, Tannat, and Syrah)[J]. Antioxidants, 2020, 9(9): 800.
［13］ TUHANIOGLU A, KAUR S, DE BARROS G L, et al. Optimizing ethanol–water cosolvent systems for green supercritical carbon dioxide extraction of muscadine grape pomace polyphenols[J]. ACS Omega, 2025, 10(5): 4860−4869.
［14］ MARIANNE L C, LUCÍA A G, DE JESÚS M S M, et al. Optimization of the green extraction process of antioxidants derived from grape pomace[J]. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 2024, 37: 101396.
［15］ YANG Y, KILMARTIN P A. Advancing anthocyanin extraction: Optimising solvent, preservation, and microwave techniques for enhanced recovery from merlot grape Marc[J]. Food Chemistry, 2025, 472: 142648.
［16］ VOROBYOVA V, VASYLIEV G, SKIBA M, et al. Green extraction of phenolic compounds from grape pomace by deep eutectic solvent extraction: Physicochemical properties, antioxidant capacity[J]. Chemical Papers, 2023, 77(5): 2447−2458.
［17］ NETO R T, SANTOS S A O, OLIVEIRA J, et al. Impact of eutectic solvents utilization in the microwave assisted extraction of proanthocyanidins from grape pomace[J]. Molecules, 2021, 27(1): 246.
［18］ PEREIRA R N, COELHO M I, GENISHEVA Z, et al. Using ohmic heating effect on grape skins as a pretreatment for anthocyanins extraction[J]. Food and Bioproducts Processing, 2020, 124: 320−328.
［19］ FERREIRA-SANTOS P, NOBRE C, RODRIGUES R M, et al. Extraction of phenolic compounds from grape pomace using ohmic heating: Chemical composition, bioactivity and bioaccessibility[J]. Food Chemistry, 2024, 436: 137780−137780.
［20］ 孙建霞, 张燕, 胡小松, 等. 花青素的提取、分离以及纯化方法研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(8): 111−117. ［SUN J X, ZHANG Y, HU X S, et al. Research progress on extraction, separation and purification methods of anthocyanins[J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(8): 111−117.］
［21］ 程佳, 王发啟, 李小双, 等. 酚酸类化感物质种类、提取、分离和检测研究进展[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(6): 8−15. ［CHENG J, WANG F Q, LI X S, et al. Research progress on phenolic acid chemical repellent substances: Types, extraction, separation and detection[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(6): 8−15.］
［22］ 王海燕, 曾秀, 张成平, 等. 槲皮素金属螯合物的研究与应用[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 361−364. ［WANG H Y, ZENG X, ZHANG C P, et al. Research progress and application of quercetin metal chelates[J]. Food Science, 2013, 34(13): 361−364.］
［23］ POOJA G, ANAND S C, JOGENDRA K, et al. Pharmacological insights into catechin and epicatechin from Acacia catechu Wild: Bioactive potential and therapeutic applications[J]. IP International Journal of Comprehensive and Advanced Pharmacology, 2025, 10(1): 45−54.
［24］ JACOB S J, SIMGE D, MAX E, et al. Prediction of wine color attributes from the phenolic profiles of red grapes (*Vitis vinifera*)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (3): 1105-1115.
［25］ 杨新, 卢红梅, 杨双全, 等. 桑葚及桑葚果酒的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(4): 257−262. ［YANG X, LU H M, YANG S Q, et al. Research progress on mulberry and mulberry wine [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(4): 257−262.］
［26］ CAPONIO G R, NOVIELLO M, CALABRESE F M, et al. Effects of grape pomace polyphenols and *in vitro* gastrointestinal digestion on antimicrobial activity: Recovery of bioactive compounds [J]. Antioxidants, 2022, 11(3): 567.
［27］ SYMMA N, HENSEL A. Advanced analysis of oligomeric proanthocyanidins: Latest approaches in liquid chromatography and mass spectrometry based analysis[J]. Phytochemistry reviews: proceedings of the Phytochemical Society of Europe, 2022, 21(3): 809−833.
［28］ UNUSAN N. Proanthocyanidins in grape seeds: An updated review of their health benefits and potential uses in the food industry[J]. Journal of Functional Foods, 2020, 67: 103861.
［29］ MORO K I B, BENDER A B B, DA SILVA L P, et al. Green extraction methods and microencapsulation technologies of phenolic compounds from grape pomace: A review[J]. Food and Bioprocess Technology, 2021, 14(8): 1407−1431.
［30］ ŠARAC D P, TREMMEL M, VUJETIĆ J, et al. How do *in vitro* digestion and cell metabolism affect the biological activity and phenolic profile of grape juice and wine[J]. Food Chemistry, 2024, 449: 139228.
［31］ LILISBET C G, LOURDES B C, JOSÉ C, et al. Grape pomace valorization by extraction of phenolic polymeric pigments: A review[J]. Processes, 2022, 10(3): 469.
［32］ ANASTASIA T, NATALIA A, EKATERINA G. Grape pomace as a promising source of biologically valuable components[J]. BIO Web of Conferences, 2021, 34(6): 06002.
［33］ ZHU M T, HUANG Y S, WANG Y L, et al. Comparison of (poly) phenolic compounds and antioxidant properties of pomace extracts from kiwi and grape juice[J]. Food Chemistry, 2019, 271: 425−432.
［34］ CALABRISO N, MASSARO M, SCODITTI E, et al. Grape pomace extract attenuates inflammatory response in intestinal epithelial and endothelial cells: Potential health-promoting properties in bowel inflammation[J]. Nutrients, 2022, 14(6): 1175.
［35］ 孙海燕. 贺兰山东麓干红葡萄酒多酚组分与其抗氧化、抗癌活性的关联性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2020. ［SUN H Y. Study on antioxidant and anticancer activity of polyphenols in dry red wines from eastern foot of Helan Mountain in Ningxia[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2020.］
［36］ 闫立军. 葡萄多酚抗糖尿病心肌病的网络药理学和实验研究[D]. 济南: 山东大学, 2022. ［YAN L J. Network pharmacology and experimental study of grape polyphenos against diabetic car-

diomyopathy[D]. Jinan: Shandong University, 2022.]
[37] OLIVEROS A A, HERNÁNDEZ B I, LÓPEZ C C, et al. Grape pomace—advances in its bioactivity, health benefits, and food applications[J]. Foods, 2024, 13(4): 580−580.
[38] SIES H. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine[J]. Redox Biology, 2015, 4: 180−183.
[39] 苗启翔, 谢彦娇, 唐湘方, 等. 氧化应激的产生及其对畜禽肝脏功能的影响与机制[J]. 动物营养学报, 2019, 31(8): 3496−3504. [MIAO Q X, XIE Y J, TANG X F, et al. Generation of oxidative stress and its effects and mechanisms on liver function in livestock and poultry[J]. Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(8): 3496−3504.]
[40] GERARDI G, CAVIA-SAIZ M, RIVERO-PÉREZ D M, et al. Wine pomace product modulates oxidative stress and microbiota in obesity high-fat diet-fed rats[J]. Journal of Functional Foods, 2020, 68: 103903−103903.
[41] POSADINO A M, BIOSA G, ZAYED H, et al. Protective effect of cyclically pressurized solid–liquid extraction polyphenols from Cagnulari grape pomace on oxidative endothelial cell death[J]. Molecules, 2018, 23(9): 2105−2105.
[42] CHEDEA V S, PALADE L M, PELMUS R S, et al. Red grape pomace rich in polyphenols diet increases the antioxidant status in key organs—kidneys, liver, and spleen of piglets[J]. Animals, 2019, 9(4): 149−149.
[43] GOUTZOURELAS N, STAGOS D, SPANIDIS Y, et al. Polyphenolic composition of grape stem extracts affects antioxidant activity in endothelial and muscle cells[J]. Molecular Medicine Reports, 2015, 12(4): 5846−5856.
[44] RUAN Yongxue, JIN Qike, ZENG Jingjing, et al. Grape seed proanthocyanidin extract ameliorates cardiac remodelling after myocardial infarction through PI3K/AKT pathway in mice[J]. Frontiers in Pharmacology, 2020, 11: 585984.
[45] BALEA Ş S, PARVU A E, POP N, et al. Polyphenolic compounds, antioxidant, and cardioprotective effects of pomace extracts from *Fetească neagră* cultivar[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2018, 25(3): 169−169.
[46] 唐瑛, 刁波, 王晓昆, 等. 葡萄籽原花青素对原代培养海马细胞氧化应激的影响[J]. 中药材, 2007, 30(12): 1555−1558. [TANG Y, DIAO B, WANG X K, et al. Effects of grape seed proanthocyanidins on oxidative stress in primary rat hippocampal neurons[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2007, 30(12): 1555−1558.]
[47] 王彦平, 娄芳慧, 孙瑞琳, 等. 双酶法提取赤霞珠酿酒葡萄皮渣白藜芦醇工艺优化及抗氧化性研究[J]. 中国酿造, 2021, 40(3): 191−194. [WANG Y P, LOU F H, SUN R L, et al. Optimization of dual-enzymatic extraction process and antioxidant activity of resveratrol from Cabernet Sauvignon wine residue[J]. China Brewing, 2021, 40(3): 191−194.]
[48] SOUZA C F, BALDISSERA M D, DESCOVI S N, et al. Grape pomace flour alleviates *Pseudomonas aeruginosa*-induced hepatic oxidative stress in grass carp by improving antioxidant defense[J]. Microbial Pathogenesis, 2019, 129: 271−276.
[49] LOPES J C, MADUREIRA J, MARGAÇA F M A, et al. Grape pomace: A review of its bioactive phenolic compounds, health benefits, and applications[J]. Molecules, 2025, 30(2): 362−362.
[50] CAPONIO G R, MINERVINI F, TAMMA G, et al. Promising application of grape pomace and its agri-food valorization: source of bioactive molecules with beneficial effects[J]. Sustainability, 2023, 15(11): 9075−9075.
[51] DENNY C, LAZARINI J G, FRANCHIN M, et al. Bioprospection of Petit Verdot grape pomace as a source of anti-inflammatory compounds[J]. Journal of Functional Foods, 2014, 8: 292−300.
[52] GERARDI G, CAVIA-SAIZ M, RIVERO-PÉREZ M D, et al. Modulation of Akt-p38-MAPK/Nrf2/SIRT1 and NF-κB pathways by wine pomace product in hyperglycemic endothelial cell line[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 58: 255−265.
[53] TIAN Q Y, XU Z X, SUN X F, et al. Grape pomace inhibits colon carcinogenesis by suppressing cell proliferation and inducing epigenetic modifications[J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2020, 84: 108443.
[54] 朱晓娟, 代海涛, 李艳, 等. 葡萄籽原花青素提取物对糖尿病牙周炎大鼠牙周组织炎症的缓解作用及其对牙周组织中 TLR4 和 NF-κB 表达水平的影响[J]. 吉林大学学报(医学版), 2023, 49(1): 31−38. [ZHU X J, DAI H T, LI Y, et al. Improvement effect of grape seed proanthocyanidin extract on periodontal inflammation in diabetic periodontitis rats and its influence on expression levels of TLR4 and NF-κB in periodontal tissue[J]. Journal of Jilin University (Medicine Edition), 2023, 49(1): 31−38.]
[55] ZHOU Z X, MOU S F, CHEN X Q, et al. Anti-inflammatory activity of resveratrol prevents inflammation by inhibiting NF-κB in animal models of acute pharyngitis[J]. Molecular Medicine Reports, 2018, 17(1): 1269−1274.
[56] ZHAO J, WANG J, CHEN Y, et al. Anti-tumor-promoting activity of a polyphenolic fraction isolated from grape seeds in the mouse skin two-stage initiation–promotion protocol and identification of procyanidin B5-3′-gallate as the most effective antioxidant constituent[J]. Carcinogenesis, 1999, 20(9): 1737−1745.
[57] RAFFOUL J J, KUCUK O, SARKAR F H, et al. Dietary agents in cancer chemoprevention and treatment[J]. Journal of Oncology, 2012, 2012(Pt.3): 749310−749311.
[58] KUMAR A, D'SILVA M, DHOLAKIA K, et al. *In vitro* anticancer properties of table grape powder extract (GPE) in prostate cancer[J]. Nutrients, 2018, 10(11): 1804−1804.
[59] 王虹玲, 吴优, 于子箫, 等. 酿酒葡萄皮渣中白藜芦醇的提取及抗氧化、抗肿瘤活性研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(7): 112−116. [WANG H L, WU Y, YU Z X, et al. Extaction, antioxidant and antitumor activity of resveratrol from wine grape pomace[J]. China Brewing, 2018, 37(7): 112−116.]
[60] CAPONIO G R, COFANO M, LIPPOLIS T, et al. Anti-proliferative and pro-apoptotic effects of digested aglianico grape pomace extract in human colorectal cancer cells[J]. Molecules, 2022, 27(20): 6791−6791.
[61] KATARINA Š M, GORDANA Š, ENA P, et al. Antioxidant and antiproliferative potentials of phenolic-rich extracts from biotransformed grape pomace in colorectal Cancer.[J]. BMC Complementary Medicine and Therapies, 2023, 23(1): 29−29.
[62] 张丽媛, 刘丹丹, 李海燕, 等. 葡萄籽原花青素通过 Nrf2 信号通路拮抗高糖高脂诱导的 MIN6 细胞铁死亡[J]. 食品科学, 2023, 44(1): 140−148. [ZHANG L Y, LIU D D, LI H Y, et al. Grape seed procyailidin extract high glucose and high fat-induced ferroptosis through the Nrf2 signaling pathway in MIN6 cells[J]. Food Science, 2023, 44(1): 140−148.]
[63] SHABAN N Z, EL-FAHAM A A, ABU-SERIE M M, et al. The black *Vitis vinifera* seed oil saponifiable fraction ameliorates hepatocellular carcinoma *in vitro* and *in vivo* via modulating apoptosis and ROS/NF-κB signaling[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2024, 171: 116215.
[64] 罗剑鸣. 葡萄皮渣酚类化合物体外抑制乳腺癌的功效及机理[D]. 北京: 中国农业大学, 2018. [LUO J M. Inhibitory effects and mechanism of grape phenolic compounds on breast cancer *in vitro*[D]. Beijing: China Agricultural University, 2018.]

［65］ 朱运平, 任斐. 降血糖食品的研究进展[J]. 中国酿造, 2022, 41(9): 1−7. ［ZHU Y P, REN F. Research progress of hypoglycemic foods[J]. China Brewing, 2022, 41(9): 1−7.］
［66］ CISNEROS-YUPANQUI M, LANTE A, MIHAYLOVA D, et al. The α-amylase and *α*-glucosidase inhibition capacity of grape pomace: a review[J]. Food and Bioprocess Technology, 2023, 16(4): 691−703.
［67］ ZHANG Y, SANTOSA W R, ZHANG M, et al. Characterization and bioactivity of proanthocyanidins during Malay cherry (*Lepisanthes alata*) fruit ripening[J]. Food Bioscience, 2020, 36: 100617−100617.
［68］ CAMPOS F, PEIXOTO A F, FERNANDES P A R, et al. The antidiabetic effect of grape pomace polysaccharide-polyphenol complexes[J]. Nutrients, 2021, 13(12): 4495−4495.
［69］ HUAMÁN-CASTILLA N L, CAMPOS D, GARCÍA-RÍOS D, et al. Chemical properties of vitis vinifera carménère pomace extracts obtained by hot pressurized liquid extraction, and their inhibitory effect on type 2 diabetes mellitus related enzymes[J]. Antioxidants, 2021, 10(3): 472−472.
［70］ JOHNSTON K, SHARP P, CLIFFORD M, et al. Dietary polyphenols decrease glucose uptake by human intestinal Caco-2 cells[J]. FEBS letters, 2005, 579(7): 1653−1657.
［71］ 潘新艳. 白藜芦醇通过 DDIT4/mTOR 通路改善胰岛素抵抗的机制研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2023. ［PAN X Y. Resveratrol improves insulin resistance via DDIT4/mTOR pathway[D]. Shijiazhuang: Hebei Medical University, 2023.］
［72］ 李雅静, 宋静, 陈万谨, 等. 3 种云南酿酒葡萄皮渣的营养、化学成分及功能活性[J]. 食品科学, 2024, 45(12): 194−204. ［LI Y J, SONG J, CHEN W J, et al. Nutrient and chemical composition and functional activity of three varieties of wine grape pomace from Yunnan[J]. Food Science, 2024, 45(12): 194−204.］
［73］ HASSAN Y I, KOSIR V, YIN X, et al. Grape pomace as a promising antimicrobial alternative in feed: A critical review[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67(35): 9705−9718.
［74］ LUTHER M, PARRY J, MOORE J, et al. Inhibitory effect of Chardonnay and black raspberry seed extracts on lipid oxidation in fish oil and their radical scavenging and antimicrobial properties[J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 1065−1073.
［75］ KITSIOU M, PURK L, GUTIERREZ-MERINO J, et al. A systematic quantitative determination of the antimicrobial efficacy of grape seed extract against foodborne bacterial pathogens[J]. Foods, 2023, 12(5): 929−929.
［76］ ALEXA E, POIANA M A, SUMALAN R M. Mycoflora and ochratoxin a control in wheat grain using natural extracts obtained from wine industry by-products[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2012, 13(4): 4949−4967.
［77］ SANHUEZA L, MELO R, MONTERO R, et al. Synergistic interactions between phenolic compounds identified in grape pomace extract with antibiotics of different classes against Staphylococcus aureus and *Escherichia coli*[J]. PLoS One, 2017, 12(2): e0172273.
［78］ GROSU A C, DIGUȚĂ F C, PRISTAVU M C, et al. Exploring the phytochemical profiles, and antioxidant and antimicrobial activities of the hydroethanolic grape pomace extracts from two romanian indigenous varieties[J]. Fermentation, 2024, 10(9): 470.
［79］ GARRIDO M D, AUQUI M, MARTÍ N, et al. Effect of two different red grape pomace extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(10): 2238−2243.
［80］ MARCHIANI R, BERTOLINO M, GHIRARDELLO D, et al. Physicochemical and nutritional qualities of grape pomace powder-fortified semi-hard cheeses[J]. Journal of food science and technology, 2016, 53(3): 1585−1596.
［81］ POIANA M A, ALEXA E, RADULOV I, et al. Strategies to formulate value-added pastry products from composite flours based on spelt flour and grape pomace powder[J]. Foods, 2023, 12(17): 3239−3239.
［82］ 李霞, 高恒芳, 白暂, 等. 葡萄皮渣多酚-壳聚糖复合可食膜的性能及应用[J]. 包装与食品机械, 2024, 42(2): 26−34. ［LI X, GAO H F, BAI X, et al. Properties and application of grape pomace polyphenol-chitosan composite edible film[J]. Packaging and Food Machinery, 2024, 42(2): 26−34.］
［83］ 王君, 李玉娥, 杨华, 等. 酿酒葡萄皮渣对曲奇饼干感官品质和物理特性的影响[J]. 食品科学技术学报, 2017, 35(5): 66−71. ［WANG J, LI Y E, YANG H, et al. Effects of wine grape pomace on sensory qualities and physical characteristics of cookies[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 35(5): 66−71.］
［84］ YUBERO N, SANZ-BUENHOMBRE M, GUADARRAMA A, et al. LDL cholesterol-lowering effects of grape extract used as a dietary supplement on healthy volunteers[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2013, 64(4): 400−406.
［85］ 孙媛媛, 朱绪春, 刘红芝, 等. 植物多酚调控食源蛋白结构、功能及生物特性的研究进展[J]. 食品工业科技, 2025, 46(8): 1−8. ［SUN Y Y, ZHU X C, LIU H Z, et al. Research progress on plant polyphenols regulating the structure, function, and biological characteristics of dietary proteins[J]. Science and Technology of Food Industry, 2025, 46(8): 1−8.］
［86］ LIN L, JIAO M, ZHAO M, et al. *In vitro* gastrointestinal digest of catechin-modified *β*-conglycinin oxidized by lipoxygenase-catalyzed linoleic acid peroxidation[J]. Food Chemistry, 2019, 280: 154−163.
［87］ JIANG L Z, LIU Y J, LI L, et al. Covalent conjugates of anthocyanins to soy protein: Unravelling their structure features and *in vitro* gastrointestinal digestion fate[J]. Food Research International, 2019, 120: 603−609.
［88］ NASCIMENTO E A, MELO E A, LIMA V L A G. Ice cream with functional potential added grape agro-industrial waste[J]. Journal of Culinary Science & Technology, 2018, 16(2): 128−148.
［89］ PUNDHIR A, SHARMA A K, BANERJEE K, et al. Improvement in functional, rheological and sensory properties of low sugar ice cream by adding fine wine lees[J]. Progressive Horticulture, 2018, 50(1and 2): 118-123.
［90］ TROILO M, DIFONZO G, PARADISO V M, et al. Bioactive compounds from vine shoots, grape stalks, and wine lees: Their potential use in agro-food chains[J]. Foods, 2021, 10(2): 342−342.
［91］ GERARDI C, D'AMICO L, MIGONI D, et al. Strategies for reuse of skins separated from grape pomace as ingredient of functional beverages[J]. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2020, 8: 645.
［92］ ARCANJO N M O, MORCUENDE D, ANDRADE M J, et al. Bioactivities of wine components on marinated beef during aging[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 57: 19−30.
［93］ MANTZOURANI I, DAOUTIDOU M, NIKOLAOU A, et al. Microbiological stability and sensorial valorization of thyme and oregano essential oils alone or combined with ethanolic pomegranate extracts in wine marinated pork meat[J]. International Journal of Food Microbiology, 2023, 386: 110022−110022.
［94］ BRANNAN R G. Effect of grape seed extract on descriptive sensory analysis of ground chicken during refrigerated storage[J]. Meat Science, 2009, 81(4): 589−595.
［95］ GUAN W, REN X, LI Y, et al. The beneficial effects of

grape seed, sage and oregano extracts on the quality and volatile flavor component of hairtail fish balls during cold storage at 4℃[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 101: 25−31.
[96] 李婉平, 吕晓彤, 李若兰, 等. 新疆赤霞珠葡萄皮渣中多酚类物质质量分数及其复合抗氧化剂研究[J]. 西北农业学报, 2018, 27(2): 228−237. [LI W P, LÜ X T, LI R L, et al. Study on the mass fraction of polyphenols in the skin residue of Cabernet Sauvignon grapes in Xinjiang and its composite antioxidants[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2018, 27(2): 228−237.]
[97] BRANNAN R G, MAH E. Grape seed extract inhibits lipid oxidation in muscle from different species during refrigerated and frozen storage and oxidation catalyzed by peroxynitrite and iron/ascorbate in a pyrogallol red model system[J]. Meat Science, 2007, 77(4): 540−546.
[98] 曲宝宝. 应用茶多酚和葡萄籽提取物提高速冻水饺牛肉馅品质的技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020. [QU B B. Application of tea polyphenols and grape seed extract to improve the quality of beef filling in quick-frozen dumplings[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2020.]
[99] GUO Y, HUANG J, CHEN Y, et al. Effect of grape seed extract combined with modified atmosphere packaging on the quality of roast chicken[J]. Poultry Science, 2020, 99(3): 1598−1605.
[100] 陶姝颖, 令博, 明建. 超微粉碎葡萄皮渣膳食纤维对低温香肠品质及贮藏稳定性的影响[J]. 肉类研究, 2012, 26(6): 28−33. [TAO S Y, LING B, MING J. Effect of grape pomace dietary fiber superfine powder on quality and storage stability oflow temperature sausages[J]. Meat Research, 2012, 26(6): 28−33.]
[101] FAVRE G, HERMOSÍN-GUTIÉRREZ I, PICCARDO D, et al. Selectivity of pigments extraction from grapes and their partial retention in the pomace during red-winemaking[J]. Food Chemistry, 2019, 277: 391−397.
[102] PANIĆ M, GUNJEVIĆ V, CRAVOTTO G, et al. Enabling technologies for the extraction of grape-pomace anthocyanins using natural deep eutectic solvents in up-to-half-litre batches extraction of grape-pomace anthocyanins using NADES[J]. Food Chemistry, 2019, 300: 125185.
[103] AGUILAR T, DE BRUIJN J, LOYOLA C, et al. Characterization of an antioxidant-enriched beverage from grape musts and extracts of winery and grapevine by-products[J]. Beverages, 2018, 4(1): 4−4.
[104] 武学宁, 刘瑞敏, 刘成玉, 等. 花青素的生理功能及其在乳品工业中的应用[J]. 中国乳业, 2013, 46(8): 59−62. [WU X N, LIU R M, LIU C Y, et al. Physiological functions of anthocyanins and their applications in the dairy industry[J]. China Dairy, 2013, 46(8): 59−62.]
[105] ZHOU Z K, YANG D. Economical and eco-friendly isolation of anthocyanins from grape pomace with higher efficiency[J]. Food Chemistry: X, 2022, 15: 100419.
[106] HAYRAPETYAN G, TRCHOUNIAN K, BUON L, et al. Sequential extraction of high-value added molecules from grape pomaces using supercritical fluids with water as a co-solvent[J]. RSC Sustainability, 2023, 1(8): 2014−2023.
[107] GARRIDO T, GIZDAVIC-NIKOLAIDIS M, LECETA I, et al. Optimizing the extraction process of natural antioxidants from chardonnay grape marc using microwave-assisted extraction[J]. Waste Management, 2019, 88: 110−117.
[108] GONZÁLEZ M, BARRIOS S, BUDELLI E, et al. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds in fresh and freeze-dried *Vitis vinifera* cv Tannat grape pomace[J]. Food and Bioproducts Processing, 2020, 124: 378−386.
[109] CUI W, WANG Y, SUN Z, et al. Effects of steam explosion on phenolic compounds and dietary fiber of grape pomace[J]. Lwt-Food Science and Technology, 2023, 173: 114350.
[110] SALGADO-RAMOS M, MARTÍ-QUIJAL F J, HUERTAS-ALONSO A J, et al. Winemaking-derived by-products: In-depth characterization and sustainable, advanced pulsed electric field (PEF) processing to a zero-waste-based approach[J]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2023, 11(5): 110535.
[111] SERENA C, GIOVANNA F, GIANPIERO P. Pulsed electric fields-assisted extraction of valuable compounds from red grape pomace: Process optimization using response surface methodology [J]. Frontiers in Nutrition, 2023, 10: 1158019−1158019.
[112] CASTRO N E L, SGANZERLA G W, SILVA G P A, et al. Sustainable extraction methods for the recovery of polyphenolic compounds from grape pomace and its biological properties: A comprehensive review[J]. Phytochemistry Reviews, 2024, 24(2): 1−28.
[113] 鞠亚辛, 刘婷, 周研, 等. 葡萄皮渣中结合态及游离态酚类物质及其抗氧化活性[J]. 食品与营养科学, 2018, 7(2): 65−73. [JU Y X, LIU T, ZHOU Y, et al. Bound and free phenolics and its antioxidant activity in grape pomace[J]. Hans Journal of Food and Nutrition Science, 2018, 7(2): 65−73.]
[114] TORREGGIANI A, DEMARINIS C, PINTO D, et al. Upcycling grape pomace through sourdough fermentation: Characterization of phenolic compounds, antioxidant activity, and anti-inflammatory potential[J]. Antioxidants, 2023, 12(8): 1521.
[115] MOJZER B E, HRNČIČ K M, ŠKERGET M, et al. Polyphenols: Extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects[J]. Molecules, 2016, 21(7): 901−901.
[116] 左丹, 廖霞, 李瑶, 等. 基于肠道吸收机制的膳食多酚代谢研究进展[J]. 食品科学, 2017, 38(7): 266−271. [ZUO D, LIAO X, LI Y, et al. Effect of grape pomace dietary fiber superfine powder on quality and storage stability oflow temperature sausages[J]. Food Science, 2017, 38(7): 266−271.]
[117] 范利君, 王志鹏, 宋安康, 等. 赤霞珠葡萄籽多酚稳定性和体外生物活性研究[J]. 食品工业科技, 2023, 44(16): 107−115. [FAN L J, WANG Z P, SONG A K, et al. Stability and bioactivity of polyphenols from cabernet sauvignon grape seeds *in vitro*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(16): 107−115.]
[118] BROWN C R D, ZAPATA P C N. Microencapsulation and controlled release of bioactive compounds from grape pomace[J]. Drying Technology, 2020, 39(8): 1−15.
[119] 沈继红, 张爱军. 葡萄多酚的毒性实验[J]. 毒理学杂志, 2006, 20(2): 96−97. [SHEN J H, ZHANG A J. Toxicity assay of grape polyphenols[J]. Journals Toxicol, 2006, 20(2): 96−97.]
[120] KANTUREYEVA G O, SAPARBEKOVA A A, KUDASSOVA D E, et al. Study of acute toxicity and cumulative activity of polyphenolic powders derived from pomegranate peel and grape seed waste[J]. BULLETIN of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, 2023, 143(2): 102−111.
[121] POPAT R, PLESNER T, DAVIES F, et al. A phase 2 study of SRT501 (resveratrol) with bortezomib for patients with relapsed and or refractory multiple myeloma[J]. British Journal of Haematology, 2013, 160(5): 714.
[122] 任章成, 郭泽美, 马宏伟. 葡萄多酚提取方法研究进展[J]. 食品安全导刊, 2023, 192(30): 184−186. [REN Z C, GUO Z M, MA H W. Research progress on extraction methods of grape polyphenols[J]. China Food Safety Magazine, 2023, 192(30): 184−186.]