

葡萄采后生物保鲜技术研究进展

滕林¹, 王泽彬², 集贤¹, 张雯³, 张业尼², 朱志强^{1,4,*}, 刘明⁵

- (1. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384;
2. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 3. 新疆农业科学院园艺作物研究所,
新疆 乌鲁木齐 830000; 4. 中国农业大学工学院, 北京 100083;
5. 天津多吉果酒工程技术有限公司, 天津 300384)

摘要:综述了国内外应用于鲜食葡萄采后生物保鲜剂的种类、保鲜机理及其应用技术, 包括对葡萄果实采后病原菌的抑制和品质调控作用, 并对其应用进行了展望, 旨在为完善葡萄生物保鲜技术和服务于生产提供参考。

关键词:鲜食葡萄; 采后保鲜; 生物保鲜; 保鲜机理

Research Progress on Postharvest Biological Preservation Technology of Grape

TENG Lin¹, WANG Ze-bin², JI Xian¹, ZHANG Wen³, ZHANG Ye-ni²,
ZHU Zhi-qiang^{1,4,*}, LIU Ming⁵

- (1. National Engineering Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Key Laboratory of Storage of Agricultural Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300384, China;
2. College of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China;
3. Institute of Horticultural Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, China;
4. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 5. Tianjin Duoji Fruit Wine Engineering Technology Co., Ltd., Tianjin 300384, China)

Abstract: This article reviews the types of bio-sourced fresh-keeping materials used in table grapes at home and abroad and their fresh-keeping mechanism, their application technologies including the effects on the inhibition of pathogenic bacteria and quality control of grapes after harvest, and prospects the application technology in grapes after harvest. It aims to provide a reference for improving the biological preservation technology of grapes and serving the production.

Key words: table grape; post-harvest preservation; biological preservation; preservation

中图分类号: S665.1

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.09.023

葡萄(*Vitis vinifera* L)是栽培历史悠久的藤本植物,其果实富含多种维生素、矿物质元素。葡萄品种繁

多,我国现有 700 多种,占全世界葡萄品种的 14%^[1]。2017 年我国葡萄种植面积达 7.033×10^5 hm², 其中鲜

基金项目: 国家葡萄产业技术体系(CARS-29)

作者简介: 滕林(1968—),男,汉族,大专,研究方向: 食品加工与安全。

*通信作者: 朱志强, 硕士, 研究员, 主要从事农产品采后商品化处理和贮运物流保鲜技术的研发。

食葡萄种植面积占83%^[2]。由于葡萄自身不耐贮藏的特性和采后产地预冷设备、运输冷链系统的不足,葡萄果实在贮运过程中极易发生果梗干枯褐变、浆果软化以及由灰霉菌造成的病理性腐烂等现象,极大地降低了葡萄的商品品质,无法满足消费者对新鲜果实的需求。虽然近年来随着设施栽培技术的推广应用我国鲜食葡萄采收期拓宽了许多,我国每年5—10月份均有新鲜葡萄采收上市,但秋季8—9月仍然是集中上市的主要季节。除鲜果直接上市外,贮藏库冷藏的果实对满足市场需求的增加尤其是春节和元旦双节市场起到了很好的补充作用。

目前,我国普遍使用“冷藏+化学保鲜剂+保鲜膜”的方式来对葡萄进行较长期贮藏,开展了以焦亚硫酸盐类为主的化学保鲜剂的开发与应用^[3-5]。但是,由于化学保鲜剂存在使用不当易出现伤害、残留等弊端,饱受消费者的诟病,随着消费者食品安全意识的提高,研发新型、绿色、无公害的保鲜技术越来越受到重视^[6],其中基于天然物质提取物的生物保鲜剂就是一个重要方面,如壳聚糖类已在食品和园艺产品得到了开发和应用^[7]。因此,开发应用更加方便、经济节约、环境友好的生物保鲜技术将是今后葡萄保鲜研究的一个重要方向。

生物保鲜技术是通过采用从动植物或微生物中提取或由生物技术获得的保鲜剂作用于果蔬,来达到保鲜目的的技术措施^[8],具有绿色、安全、高效的特点。将具有天然抑菌活性的物质配制成溶液,通过浸泡、喷淋、涂膜等方式应用于葡萄保鲜中,可以有效防止葡萄品质劣变^[8]。生物保鲜剂用于葡萄,其保鲜机理可概括为以下几点:①含有抑菌活性物质,可以抑制或杀死病原菌;②抑制酶的活性,防止葡萄果梗、穗轴发生褐变;③形成保护膜覆盖于葡萄表皮,减少气体交换,降低呼吸作用,防止微生物的入侵以及水分的蒸腾,维持原有的外观形态;④诱导葡萄产生抵御能力,防止脂肪氧化酸败,清除自由基^[9-11]。

1 植物源保鲜剂在葡萄保鲜中的应用

1.1 植物提取物

植物提取物是使用从草本植物中所提炼出来的芳香物质,常温下呈油状,成分复杂,包含酚类、萜稀类和醛酮类等主要抑菌物质,具有广谱抑菌性^[12],通过自身挥发使包装内形成了良好的微环境,可以起到防腐保鲜的作用。其作用机理包含以下几点^[13-14]:①破坏细胞壁,诱导细胞膜产生损伤,影响细胞器的正常生理功能;②抑制DNA合成,影响微生物的繁

殖;③紊乱微生物线粒体的功能,使其能量代谢异常;④减少和抑制真菌分生孢子的数量,抑制细菌细胞分裂。研究显示,花椒精油可有效抑制红地球葡萄致病青霉菌、黑根霉和黑曲霉的生长;1.0%的肉桂精油喷洒处理可以有效降低红地球葡萄(相对湿度(RH)90%、2℃下贮藏)的腐烂率及呼吸强度,维持水分、可滴定酸(TA)、硬度等指标处于较高水平,延长红地球葡萄的贮藏期^[15];浓度为20 μL/L的神香草精油熏蒸红地球葡萄,室温下贮藏20 d,果粒无精油伤害,腐烂指数12.5%,失重率3.8%,可溶性固形物含量高,防腐保鲜效果最好^[17];浓度为0.50%的柠檬草精油熏蒸处理巨峰葡萄后在室温25℃下贮藏效果最佳,可以降低其烂果率和失重率,减缓硬度、TA和可溶性固形物(TSS)含量的下降,口感和风味保持良好^[18]。与蒸馏水浸泡处理相比,桉叶精油(8.5 mL/L)与肉桂酸精油(7.5 mL/L)乳液按体积比1:2混合后浸泡夏黑葡萄,(1±0.5)℃贮藏60 d时,TSS、TA、VC含量和感官评分分别提高26.8%、29.8%、72.5%和33.2%,且具有良好的防腐、防脱粒作用,复合处理后各成分可以发挥协同作用,加强了抑菌保鲜效果^[19]。

1.2 植物多糖

植物多糖是由成百上千的单糖分子通过糖苷键连接而成的一类化合物^[20]。天然植物多糖作为重要的生物大分子物质广泛存在于植物体内,其中常见的植物多糖有淀粉、纤维素、果胶等^[21]。植物多糖通过成膜控制气体的交换来抑制果蔬采后呼吸强度,并防止外界微生物的侵染,有效延缓果蔬衰老^[22]。海藻酸钠是海藻中提取的多糖物质,具有独特的胶体性质和抑菌特性^[23]。齐馨等^[24]研究发现:经0.3%海藻酸钠涂膜结合臭氧处理后红地球葡萄果实的失重率和腐烂率显著降低,呼吸强度被抑制,硬度和总酚含量下降减缓,过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、几丁质酶(CHI)和β-1,3-葡聚糖酶(GLU)活性提高,膜脂的过氧化程度减轻,增强了葡萄果实对真菌病害的抵抗能力。Aloui等^[25]筛选出2%海藻酸钠结合1%葡萄柚籽提取物的涂膜配方,涂膜处理意大利葡萄,其果实抗氧化活性和抗真菌效果最好,可有效控制水分和硬度损失,减轻失重程度,保持硬度,降低腐烂率。

单一的多糖,如羟丙基甲基纤维素、羧甲基纤维素等,成膜性能好但阻湿性差,通常复合其他材料使用,能达到较好的保鲜效果^[26-27]。Pastor等^[28]使用含有蜂胶的羟丙基甲基纤维素(0.5%~1.5%)浸泡玫瑰香葡萄,发现该涂膜可防止玫瑰香葡萄在冷藏期间的失重和褐变,并控制其耗氧量的增加,提高了葡萄的亮

度及微生物安全性。Ren 等^[29]研究表明:用 3%羧甲基纤维素、2%海藻酸盐和 1.5×10^9 CFU/mL 的啤酒酵母混合涂膜处理巨峰葡萄,可降低葡萄的失重率、丙二醛(MDA)含量以及 VC 的损失,维持 SOD、POD 和过氧化氢酶(CAT)活性在较高水平上。Fakhouri 等^[30]在玉米淀粉中加入增塑剂明胶制成了具有低透氧性的淀粉涂膜,提高了该膜的力学强度、水溶性、水蒸气渗透性和膜厚以及透明度,降低了克瑞森葡萄的失重率,维持葡萄较好的感官品质,延长了货架期。

1.3 酚类物质

植物多酚是植物体内的次生代谢物,主要包括酚酸、黄酮类和单宁,存在于植物的皮、根、叶以及果实中^[31]。多酚具有超强的抗氧化性,可有效清除活性氧自由基,抑制膜脂过氧化反应^[32]。曹婷等^[33]研究表明:1.5%茶多酚和 2%壳聚糖的复配剂能延缓美人指葡萄的腐烂变质及可溶性糖、VC 和 TA 的下降。李磊等^[34]发现:采用加入普鲁兰多糖和 CaCl_2 的丁香酚改性保鲜剂处理过的巨峰葡萄(贮藏温度 15 °C),其呼吸强度、TSS、还原糖、VC 以及 MDA 含量均要优于无丁香酚处理的对照组,有效延缓了葡萄衰老,保鲜效果明显。张晓虎等^[35]使用复合保鲜剂(2%连翘多酚、1%氯化钙、0.15%植酸、2%柠檬酸和 1%壳聚糖)处理巨峰葡萄可以抑制腐烂,降低失重率,延缓果实硬度下降。

1.4 中草药

我国中草药资源丰富,利用中草药保鲜果蔬已成为近年来研究的热点。中草药中一些成分能够抑制葡萄表面微生物的活动,降低与代谢有关酶的活性,从而延缓果实生理活动,起到保鲜的作用^[36]。吕明珠

等^[37]用大蒜、八角和肉桂提取物处理红地球葡萄发现,浓度为 1.0%的 3 种提取物保鲜液均能很好地降低红地球葡萄的烂果率,以 1.0%大蒜提取物保鲜液对红地球葡萄的保鲜效果最佳,可抑制呼吸强度,保持果粒硬度,降低失重率,有效延长贮藏时间,保持其风味及品质。栗丽萍等^[38]以黄连、大黄、丁香、甘草、肉桂的提取液为涂膜剂分别对巨峰葡萄涂膜处理,均可减少果实的失重率和腐烂率,TSS 和 TA 含量维持较高水平,延缓果实衰老和品质劣变。

2 动物源保鲜剂在葡萄保鲜中的应用

2.1 壳聚糖

壳聚糖、甲壳素及其脱乙酰化衍生物,主要是甲壳类动物、鱼类和海产品加工和处理的副产品^[39],是一种无毒的生物可降解材料,具有抗氧化性和抗真菌活性^[40-41]。壳聚糖能在葡萄表面形成一层半透膜,可调节气体,减少蒸腾作用并保持果实的品质,是一种理想的保鲜涂膜层^[42]。当壳聚糖被用作采前或采后处理果蔬时,能增强果蔬对真菌疾病的抗性^[43]。在低温($2\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, RH 80%~85%)的环境下,1%壳聚糖涂膜可以有效降低红宝石无核葡萄在贮藏期内的水分散失速度,减少 TA 和 VC 的损失,并抑制 MDA 的积累^[44],2%壳聚糖涂膜处理夏黑葡萄,能够较好地保持果粒硬度,明显降低葡萄掉粒率和腐烂率,减少葡萄果实营养物质的消耗,维持抗氧化能力^[45]。此外,壳聚糖与其他保鲜剂相结合,可以发挥协同作用,达到更好的保鲜效果(如表 1),用于葡萄保鲜方面有较好的应用前景。

表 1 壳聚糖复合其他保鲜剂在葡萄上的部分应用研究
Table 1 Application of chitosan combined with other preservatives in table grape

保鲜剂	葡萄品种	保鲜效果	参考文献
壳聚糖、 β -环糊精	巨峰	延长货架期,维持较低的呼吸速率和较高的 SOD、POD 和 CAT 活性,减少失重损失,抑制 MDA 含量增加	[46]
壳聚糖、腐胺	Shahroudi	降低失重率、腐烂率、褐变程度、浆果碎裂程度	[47]
壳聚糖、高良姜、大青叶	巨峰	减少水分散失,维持 VC、可滴定酸和可溶性固形物含量	[48]
壳聚糖、万寿菊花	红地球	降低葡萄失水率、腐烂率和脱粒率,减缓 TA 降解	[49]
羧甲基壳聚糖、芒果皮提取液	巨峰	降低腐败率、失重率,延缓果实软化,抑制呼吸强度,抑制 TSS、TA 以及 VC 含量的降低	[50]
壳聚糖、纳米碳酸钙	酿酒葡萄	延缓衰老,降低失重率、失水率、TSS、还原糖含量,提高 TA 含量和感官特性	[51]
壳聚糖、肉桂丁香提取物	夏黑	降低掉粒率和失量率,延缓 MDA 含量上升,抑制 PPO 活性,维持果实含水量	[52]
壳聚糖、水杨酸	白罗莎里奥	有效延缓葡萄留树期间果实品质的变化,降低葡萄果实中 MDA 含量和 PPO 活性,减少烂果	[53]

2.2 蜂胶

蜂胶是一种胶状物质,它由蜜蜂从植物的叶芽或树干上采集来的树脂混以其腺体分泌物加工而成^[54]。一般来说,天然蜂胶由30%蜡、树脂和50%植物油、精油和10%芳香油、5%花粉和其他物质组成^[55]。但蜂胶的化学成分受蜜蜂采集树脂的地理区域、季节、植物等影响,有着很大的差异^[56]。蜂胶具有防腐、抑菌、抗氧化等特性,起抗氧化作用的主要成分是酚类和黄酮等^[57]。蜂胶用于葡萄保鲜有较好的应用前景。田学军等^[58]用自制蜂胶保鲜美国黑提葡萄,在2℃贮藏条件下,1%蜂胶保鲜剂可以使葡萄在50d内不发生霉变,并有较好的商品价值。

3 微生物源保鲜剂在葡萄保鲜中的应用

3.1 微生物菌体

利用微生物菌体保鲜,其原理是以菌抑菌,通过微生物拮抗作用抑制果蔬表面病原真菌,达到保鲜的目的^[59]。现阶段,关于酵母菌的研究较为深入,在果蔬保鲜中应用效果较好的为酵母菌拮抗菌。酵母菌抗逆性强,不受杀虫剂的影响。用酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)等作为生物防治剂均可有效抑制采后葡萄果实的发病^[60]。索娜等^[61]分析了草莓果实上筛选的孢汉逊酵母(*Hanseniaspora uvarum*)菌株对巨峰葡萄果实抗性有诱导作用。拮抗酵母菌处理可以较好地维持果实的感官品质,引起果实发生应激反应,诱导寄主产生抗性。李强等^[62]认为:浓度为 1×10^8 CFU/mL的酿酒酵母(Y-912)对夏黑葡萄采后黑曲霉病的抑制效果最佳,可有效分别减少黑曲霉的发生。罗伦隐球酵母^[63]、异常威克汉姆酵母菌(*Wickerhamomyces anomalus*)^[64]、浅白隐球酵母Ca63(*Cryptococcus albidus* 63)和Ca64(*Cryptococcus albidus* 64)^[65]均能通过竞争抑制葡萄灰霉病菌菌丝的生长和孢子的萌发来有效抑制葡萄灰霉病菌的生长,抑菌效果随酵母菌使用浓度的增加而增强。拮抗菌洋葱霍尔德氏菌(*Burkholderia contaminans* B-1)处理玫瑰香葡萄,可有效降低玫瑰香葡萄采后腐烂率,提高葡萄果实苯丙氨酸解氨酶(PAL)、POD及SOD的活性,延缓CAT活性峰值出现的时间^[66]。

3.2 菌体次级代谢产物

微生物能够产生多种次级代谢产物,包括乳酸链球菌素、纳他霉素、生物碱、细菌素等,具有抑菌、抗氧化等功能,可用于果蔬采后保鲜处理^[9,11],作为葡萄采后绿色保鲜剂潜在资源具有明显优势。链霉菌产生的纳他霉素具有高效、广谱的特性,在采收前后处理浆

果都可以有效抑制霉菌。李志文等^[67]用0.5g/L纳他霉素抑菌液进行采前浸果处理,有效抑制了玫瑰香和巨峰葡萄果实表面灰霉菌数量的增加,降低了贮藏期间的葡萄果实霉烂率、脱粒率及果梗褐变指数,抑制了乙烯生成速率,可诱导果实中几丁质酶和 β -1,3葡聚糖酶活性提高来增强果实对灰霉病的抗性。周文丽等^[68]使用0.20%纳他霉素与等量油酸钠混合处理巨峰葡萄,葡萄表面灰霉菌抑制率达75.51%,处理后葡萄果实硬度下降减缓,呼吸强度减弱,果梗电导率增加被抑制,葡萄果实中与抗病性相关的酶活性显著增加。适宜浓度的纳他霉素(0.5g/L)结合柠檬酸处理(1.0g/L)对抑制葡萄采后灰霉菌活性起到增效作用,对灰霉菌的菌丝生长和孢子萌发的半数抑制质量浓度(EC₅₀)值分别达到435.2、491.8mg/L,显著抑制了果实损伤接种表面的病斑增长^[69]。纳他霉素与普鲁兰糖复合涂膜处理能抑制户太八号葡萄在贮藏期采后灰霉病的发生,0.03%纳他霉素与1%普鲁兰糖混合防病效果最为明显(常温7d腐烂率仅为5.1%),可延缓果实水分、VC含量和可溶性固形物的降低,减弱其呼吸强度^[70]。

4 生物酶类保鲜剂在葡萄保鲜中的应用

生物酶作为一种催化剂在果蔬保鲜中具有特殊的作用,可以通过自身的催化作用,消除果蔬在贮藏过程中从外界所受到的不良因素,从而达到保鲜的目的^[3]。酶制剂安全、便于控制,使用的条件温和,但对于底物有很强的专一性,应用前景广阔。溶菌酶又称为细胞壁质酶,是无毒无害的蛋白质。溶菌酶可以选择性地使微生物细胞壁溶解,使其失去活性,达到延长保鲜期的目的,且不破坏其营养成分。胡晓亮等^[71-72]发现:0.1%溶菌酶处理马陆葡萄可保持果实外观品质和形态,降低了贮藏期间果实水分散失和营养物质的代谢消耗,果实质地、风味口感保持良好,货架期得到延长,与1%海藻酸钠复合使用效果更明显。

5 展望

随着生产者安全控制要求和消费者对食品安全意识的提高,人们开始注意到果蔬表面化学残留物对身体健康的影响,追求和选择食用绿色、安全、无公害的新鲜果蔬成为了人们的美好愿望。生物保鲜技术具有安全、高效、无污染的特点,在替代化学类保鲜剂方面具有其独特的优势,也成为果蔬保鲜领域的研究热点。在鲜食葡萄采后防腐保鲜方面,生物类保鲜剂由于其来源不同,对葡萄果实的保鲜机制或效果差异较

大,包含了通过抑制、抑杀、破坏、竞争作用对葡萄果实的病原真菌生产起到良好的抑制作用,通过诱导提高果实代谢和自身酶活性来增加果实抗氧化作用,通过改变果实表面涂层结构形成新的特定微环境条件抑制果实呼吸作用、延缓代谢过程对果实起到保鲜作用,最终维持葡萄果实品质。因此,各类生物保鲜剂的开发利用,具有作为鲜食葡萄采后处理的安全高效保鲜技术的良好前景。另外,将生物技术与其他如温湿度管理、气调环境调控等技术相结合,通过协同作用将该技术应用在鲜食葡萄采后物流保鲜方面。

近年来,虽然生物保鲜技术在鲜食葡萄采后防腐保鲜方面开展了大量的研究,取得了不少的成果,但在生产实际应用还存在着一些问题,如部分生物提取物的成分相对复杂,提取开发困难,对其起关键作用的物质及其对葡萄果实作用机理的研究还不够透彻。与其他果品相比,葡萄果实粒小、串形且带有果柄和穗轴,而生物类保鲜剂多数采用表面涂膜的处理方式,生产实践中处理成本过高,限制了其应用范围;此外,在生产中,还需要增加必要的机械设备来实现生产应用,提高生产投入。

因此,扩大生物保鲜技术在鲜食葡萄采后生产应用,仍需要进行大量的研究和生产实践,才能使该技术成果在实践生产广泛应用。

参考文献:

- [1] 张翔宇,李喜宏,王妍丹,等.基于果形和穿刺测试的葡萄浆果质构特性分析[J].食品工业科技,2017,38(1):338-343. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.01.060.
- [2] 田淑芬,苏宏,聂青松.2018年中国鲜食型葡萄生产及市场形势分析[J].中外葡萄与葡萄酒,2019(2):95-98. DOI:10.13414/j.cnki.zwpp.2019.02.021.
- [3] 张愨,冯彦君.果蔬生物保鲜新技术及其研究进展[J].食品与生物技术学报,2017,36(5):449-455. DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2017.05.001.
- [4] XIAO X Q, FU Z T, ZHU Z Q, et al. Improved preservation process for table grapes cleaner production in cold chain[J]. Journal of Cleaner Production, 2018(211):1171-1179. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.11.279.
- [5] 赵飞,张平,朱志强,等. SO₂ 气态熏蒸结合固态缓释保鲜剂处理对红地球葡萄贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2013,39(12):182-186. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2013.12.031.
- [6] MARIN A, CHAFER M, ATARES L, et al. Effect of different coating-forming agents on the efficacy of the biocontrol agent *Candida sake* CPA-1 for control of *Botrytis cinerea* on grapes[J]. Biological Control, 2016, 96:108-119. DOI:10.1016/j.biocontrol.2016.02.012.
- [7] 钱磊,刘连强,李凤美,等.食用菌生物保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工,2020,20(1):226-231. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2020.01.037.
- [8] DAI L, ZHANG J, CHENG F. Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears[J]. Food Chemistry, 2020, 311(3). DOI:10.1016/j.foodchem.2019.125891.
- [9] 王刚霞,席冬华,吴忠红,等.生物保鲜技术在果蔬防腐中的应用及研究进展[J].生物技术进展,2014,4(1):12-16. DOI:10.3969/j.issn.2095-2341.2014.01.03.
- [10] 张茜,李洋,王磊明,等.生物保鲜剂在果蔬保鲜中的应用研究进展[J].食品工业科技,2018,39(6):308-316. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2018.06.057.
- [11] 张杨俊娜,张润光,焦文晓,等.生物保鲜剂研究进展[J].农产品加工(学刊),2013(7):18-22. DOI:10.3969/j.issn.1671-9646(X).2013.04.006.
- [12] SPEROTTO A R M, MOURA D J, PERES V F, et al. Cytotoxic mechanism of *Piper gaudichaudianum* Kunth essential oil and its major compound nerolidol[J]. Food and Chemical Toxicology, 2013, 57:57-68. DOI:10.1016/j.fct.2013.03.013.
- [13] 邱夕兰,彭善丽,程磊,等.植物精油微胶囊的制备及在食品保鲜中的应用[J].食品研究与开发,2021,42(6):205-210. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2021.06.033.
- [14] 何靖柳,刘继,秦文,等.植物精油在红阳猕猴桃贮藏保鲜中的研究现状及展望[J].食品工业科技,2013,34(20):390-395. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2013.20.088.
- [15] 张正周,姚瑞玲.花椒精油对红提葡萄致病菌抑菌效果的影响[J].农业与技术,2015,35(1):6-8. DOI:10.3969/j.issn.1671-962X.2015.01.003.
- [16] 吕明珠,于爽,朱恩俊.肉桂精油对红提葡萄保鲜效果的影响[J].食品科学,2016,37(6):272-277. DOI:10.7506/spkx.1002-6630-201606049.
- [17] 吴晓娟,徐效圣.神香草精油的葡萄保鲜效果研究[J].江苏调味副食品,2017(2):25-26. DOI:10.16782/j.cnki.32-1235/ts.2017.02.008.
- [18] 许泽文,李环通,王绮潼,等.柠檬草精油成分分析、抑菌性及对巨峰葡萄保鲜研究[J].食品研究与开发,2020,41(1):51-59. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.01.009.
- [19] 王挥,龚吉军,唐静,等.肉桂与桉叶复合精油处理对“夏黑”葡萄保鲜质量的影响[J].食品安全质量检测学报,2016,7(9):3703-3709. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2016.09.046.
- [20] 张琴,李美东,罗凯,等.植物多糖生物活性功能研究进展[J].湖北农业科学,2020,59(24):5-8,15. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2020.24.001.
- [21] 张禄.植物源抑制剂在抑菌方面的研究进展[J].内蒙古林业,2021(3):31-33.
- [22] 张蓓,段小明,冯叙桥,等.植物源涂膜保鲜剂在果蔬贮藏

- 中的研究与发展分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6):1626-1636. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2013.06.003.
- [23] 张春洁, GOUDA M H B, 王俊豪, 等. 海藻酸钠复合天然化学物质涂膜对鲜切莲藕保鲜效果的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(1):175-184. DOI:10.3969/j.issn.1000-4440.2021.01.023.
- [24] 齐馨, 杨晨茜, 徐乐艺, 等. 臭氧与海藻酸钠涂膜对葡萄的保鲜效果及其贮藏生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2016, 36(12):2477-2483. DOI:10.7606/j.issn.1000-4025.2016.12.2477.
- [25] ALOUI H, KHWALDIA K, SANCHZ-GONZALEZ L, et al. Alginate coatings containing grapefruit essential oil or grapefruit seed extract for grapes preservation[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2014, 49(4):952-959. DOI:10.1111/ijfs.12387.
- [26] ZHANG M, YANG B X, LIU W, et al. Influence of hydroxypropyl methylcellulose, methylcellulose, gelatin, poloxamer 407 and poloxamer 188 on the formation and stability of soybean oil-in-water emulsions[J]. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2017, 12(6):521-531. DOI:10.1016/j.ajps.2017.05.009.
- [27] NOSHIRVANI N, GHANBARZADEH B, GARDRAT C, et al. Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 70(1):36-45. DOI:10.1016/j.foodhyd.2017.03.015.
- [28] PASTOR C, SANCHEZ-GONZALEZ L, MARCILLA A, et al. Quality and safety of table grapes coated with hydroxypropylmethylcellulose edible coatings containing propolis extract[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 60(1):64-70. DOI:10.1016/j.postharvbio.2010.11.003.
- [29] REN Y Z, ZHANG S Y. Effect of carboxymethyl cellulose and alginate coating combined with brewer yeast on postharvest grape preservation[J]. International Scholarly Research Notices, 2013(6):1-7. DOI:10.1155/2013/871396.
- [30] FAKHOURI F M, MARTELLI S M, CAON T, et al. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated red crimson grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 109(1):57-64. DOI:10.1016/j.postharvbio.2015.05.015.
- [31] 高红豆, 胡文忠, 管玉格, 等. 鲜切果蔬酚类物质的产生及其调控研究进展[J]. 食品工业, 2020, 41(4):212-216.
- [32] YAHFOUFI N, JAMBI M, ALSADI N, et al. The immunomodulatory and anti-inflammatory role of polyphenols[J]. Nutrients, 2018, 10(11). DOI:10.3390/nu10111618.
- [33] 曹婷, 朱明, 丁莎莎, 等. 茶多酚复配剂对新美人指葡萄贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5):336-339. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.098.
- [34] 李磊, 易有金, 夏波, 等. 丁香酚改性产物对葡萄采后保鲜的作用[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(10):180-185. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2018.10.033.
- [35] 张晓虎, 李倩, 魏夏夏, 等. 连翘果实多酚提取及其复合涂膜保鲜剂在葡萄保鲜中的应用[J]. 中国农学通报, 2020, 36(4):135-141.
- [36] 孙思胜, 陈丽, 张化阁, 等. 中草药提取物在葡萄保鲜中的应用进展[J]. 现代农业科技, 2017(19):254-255. DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2017.19.148.
- [37] 吕明珠, 于爽, 朱恩俊. 几种香辛料提取物对红提葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(3):1335-1343. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2016.03.081.
- [38] 栗雨萍, 王寿东, 王燕荣. 中草药提取物对巨峰葡萄保鲜效果的研究[J]. 食品工业, 2013, 34(1):87-88.
- [39] KUMAR S, MUKHERJEE A, DUTTA J. Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 97:196-209. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.01.002.
- [40] MUKTA J A, RAHMAN M, SABIRA A, et al. Chitosan and plant probiotics application enhance growth and yield of strawberry[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2017, 11:9-18. DOI:10.1016/j.bcab.2017.05.005.
- [41] DENG L L, ZENG K F, ZHOU Y H, et al. Effects of postharvest oligochitosan treatment on anthracnose disease in citrus (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit[J]. European Food Research and Technology, 2015, 240(4):795-804. DOI: 10.1007/s00217-014-2385-7.
- [42] 张红, 李洪山, 申玉香. 夏黑葡萄采后壳聚糖等多种保鲜剂处理对其保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(9):26-29. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2017.09.005.
- [43] PETRICCIONE M, DE SANCTIS F, PASQUARIELLO M S, et al. The Effect of chitosan coating on the quality and nutritional traits of sweet cherry during postharvest life[J]. Food & Bioprocess Technology, 2015, 8(2):394-408. DOI:10.1007/s11947-014-1411-x.
- [44] 王哲, 史红梅, 任凤山, 王咏梅. 壳聚糖涂膜对红宝石无核葡萄保鲜效果的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2019(3):25-28. DOI: 10.13414/j.cnki.zwpp.2019.03.005.
- [45] 刘晨霞, 乔勇进, 康慧芳, 等. 低温结合壳聚糖涂膜对‘夏黑’葡萄贮藏品质的影响[J]. 上海农业学报, 2021, 37(2):109-115. DOI:10.15955/j.issn1000-3924.2021.02.20.
- [46] YU Y W, REN Y Z. Grape preservation using chitosan combined with β -Cyclodextrin[J]. International Journal of Agronomy, 2013(4):1-8. DOI:10.1155/2013/209235.
- [47] SHIRI M A, GHASEMNEZHAD M, BAKHSHI D, et al. Effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape CV. "Shahroudi" during long-term storage[J]. Journal of Food Processing & Preservation

- tion, 2013, 37(5):999–1007. DOI:10.1111/j.1745-4549.2012.00735.x.
- [48] 陈娜, 丁永胜, 琚颖, 等. 中药复方-壳聚糖保鲜液对葡萄的保鲜效果研究[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(8):1541–1544, 1559. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.08.034.
- [49] 王璐, 李莉. 万寿菊花提取液-壳聚糖复合保鲜剂在葡萄保鲜中的应用研究[J]. 化学工程与装备, 2017(9):27–29, 36.
- [50] 何丽芳, 阳美, 刘最, 等. 芒果皮提取液与羧甲基壳聚糖复合涂膜对葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(10):50–54.
- [51] MELO N F C B, MENDONCASAARES B L D, DINIZK M, et al. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 139:56–66. DOI:10.1016/j.postharvbio.2018.01.014.
- [52] 孙思胜, 张晓娟, 张岗, 等. 不同浓度肉桂丁香提取物结合壳聚糖涂膜对夏黑葡萄采后生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5):164–168. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.030.
- [53] 王壮伟, 润云龙, 王博, 等. 水杨酸和壳聚糖处理对‘白罗莎里奥’葡萄留树保鲜效果的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2021(2):17–21. DOI:10.13414/j.cnki.zwpp.2021.02.004.
- [54] 黄莺莺, 胡福良. 蜂胶在食品保鲜中的应用研究进展[J]. 蜜蜂杂志, 2017, 37(4):3–7. DOI:10.3969/j.issn.1003-9139.2017.04.003.
- [55] SFORCIN J M. Biological properties and therapeutic applications of propolis[J]. Phytotherapy Research, 2016, 30(6):894–905. DOI:10.1002/ptr.5605.
- [56] ORYAN A, ALEMZADEH E, MOSHIRI A. Potential role of propolis in wound healing: biological properties and therapeutic activities[J]. Biomedicine and Pharmacotherapy, 2018, 98:469–483. DOI:10.1016/j.biopha.2017.12.069.
- [57] BOUFADI Y M, ANTWERPEN P V, ALARD I C, et al. Antioxidant effects and bioavailability evaluation of propolis extract and its content of pure polyphenols[J]. Journal of Food Biochemistry, 2018, 42(1). DOI:10.1111/jfbc.12434.
- [58] 田学军, 王艳辉. 蜂胶对葡萄的保鲜效果研究[J]. 红河学院学报, 2008, 6(5):35–36. DOI:10.3969/j.issn.1008-9128.2008.05.009.
- [59] 黄应维, 徐匆, 马镭, 等. 果蔬微生物保鲜技术的研究进展[J]. 现代食品科技, 2013, 29(6):1455–1458. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.06.065.
- [60] PARAFATI L, VITALE A, RESTUCCIA C, et al. Biocontrol ability and action mechanism of food-isolated yeast strains against *Botrytis cinerea* causing postharvest bunch rot of table grape[J]. Food Microbiology, 2015, 47:85–92. DOI:10.1016/j.fm.2014.11.013.
- [61] 索娜, 周海莲, 王雪强, 等. 常温条件下拮抗酵母菌对葡萄果实的抗性诱导研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(22):346–350. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2012.22.010.
- [62] 李强, 张红印, 杨其亚, 等. 一株生防酵母菌的筛选鉴定及对葡萄采后病害的生防效果[J]. 食品工业科技, 2014, 35(14):182–185. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.14.032.
- [63] 张劲, 李洪艳, 白先进, 等. 广西冬葡萄贮藏中致腐微生物鉴定及生物防治[J]. 食品科技, 2013, 38(8):310–315. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2013.08.014.
- [64] 张迪. 葡萄灰霉病拮抗酵母菌的筛选及产挥发性抑菌物质特性研究[D]. 石河子:石河子大学, 2018.
- [65] 张岳, 杨俊颖, 王旭东, 等. 2株浅白隐球酵母对葡萄灰霉病和柑橘青霉病采后防治效果的研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(2):96–100. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.026.
- [66] 范三红, 李静, 施俊凤. 拮抗菌 *Burkholderia contaminans* 对玫瑰香葡萄采后灰霉病的抗性诱导[J]. 食品科学, 2016, 37(2):266–270. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201602047.
- [67] 李志文, 张平, 刘翔, 等. 纳他霉素采前处理对葡萄采后灰霉病的抑制效果[J]. 农业工程学报, 2014, 30(9):262–271. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2014.09.033.
- [68] 周文丽, 程顺昌, 卢胜男, 等. 纳他霉素与油酸钠混合使用对葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(5):234–238. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201605041.
- [69] 隋莎莎, 李志文, 张平, 等. 纳他霉素结合柠檬酸处理对葡萄采后灰霉菌的抑制活性[J]. 食品科学, 2013, 34(24):299–303. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201324062.
- [70] 杨建华, 马瑜, 柯杨, 等. 纳他霉素与普鲁兰糖复合处理对鲜食葡萄采后灰霉病的防治[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(3):41–45. DOI:10.3969/j.issn.0488-5368.2015.03.016.
- [71] 胡晓亮, 周国燕. 海藻酸钠和溶菌酶复合涂膜对马陆葡萄贮藏的保鲜效果[J]. 食品科学, 2011, 32(20):271–276.
- [72] 胡晓亮, 周国燕. 天然保鲜剂对马陆葡萄的贮藏保鲜效果[J]. 食品科学, 2011, 32(18):343–347.

收稿日期:2021-03-14