

杨梅贮藏前预处理研究进展

蒋巧俊^{1,2}, 郑永华^{2,*}, 徐静¹, 蒋佩杉³

(1.温州市农业科学研究院食品科学研究所, 浙江温州 325006;

2.南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095;

3.仙居县佩杉果蔬专业合作社, 浙江台州 317300)

摘要: 本论文综述了近年来杨梅贮藏前预处理的研究进展, 包括杨梅贮藏前的物理预处理、化学预处理及生物预处理等方面, 并简要的探讨了杨梅贮藏前预处理与杨梅气调贮藏技术有机结合的可能性。

关键词: 杨梅, 贮藏前, 预处理, 进展

Research progress in the pretreatment of Chinese bayberry fruit before storage

JIANG Qiao-jun^{1,2}, ZHENG Yong-hua^{2,*}, XU Jing¹, JIANG Pei-shan³

(1. Institute of Food Science, Wenzhou Academy of Agricultural Sciences, Wenzhou 325006, China;

2. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

3. Xianju County Peishan Fruit and Vegetables Professional Cooperatives, Taizhou 317300, China)

Abstract: The research progress in pretreatment before storage of Chinese bayberry fruit in recent years, including physical, chemical and biological pretreatments before storage. The possibility of organic combination were reviewed in this paper. about pretreatment before storage and gas storage in Chinese bayberry fruit was also briefly discussed.

Key words: Chinese bayberry; before storage; pretreatment; progress

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)11-0389-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.11.070

杨梅为我国特产水果, 主要分布于浙、闽、苏、赣等省, 其中以浙江省的杨梅品种最多、产量最高、品质最好。因杨梅经济效益相当可观, 农民种植积极性高涨, 因此在浙江台州、温州、宁波等地均大规模种植, 杨梅种植面积急剧增加。若不及时引导, 开发出实用的保鲜技术来延长消费时间、扩大消费区域, 很有可能会出现杨梅烂山的情况, 出现增产不增收的现象。因此非常有必要进行杨梅的贮藏保鲜应用研究和产业化开发工作。

目前杨梅的保鲜方法有很多, 但从“绿色”保鲜的角度来看, 低温 + 气调应该是今后的主流保鲜方法^[1-2]。但是杨梅贮藏过程中很容易长霉, 而且几乎所有贮藏的杨梅均是先长霉后出现变味现象, 从而失去了商品价值。这个问题若不能妥善解决, 杨梅的产地贮藏时间就不能有效延长, 包装运输中就有可能因为杨梅的霉变而引起消费纠纷。

为此, 本文重新梳理了近年来杨梅保鲜相关文献, 特别是杨梅贮藏前预处理相关文献, 以期能给杨梅气调贮藏前预处理提供一定的参考, 从而有效改

善气调贮藏过程中杨梅长霉的问题。参阅国内外文献, 杨梅贮藏前进行适当处理的方法很多, 概括起来大致可以分为物理、化学、生物三种。

1 物理预处理

1.1 热处理

1.1.1 单纯热处理 莫开菊等^[3]对东魁杨梅进行了4℃冷藏和60℃、1.5h热处理后, 再于4℃下冷藏的对比实验, 结果表明热处理-冷藏比冷藏更能有效地降低其呼吸作用和腐烂率, 延迟霉变。Luo等^[4]发现40~50℃热处理能显著抑制杨梅果实在贮藏期间PG和PE酶活性的上升, 从而减缓果实衰老, 可显著减少杨梅果实腐烂。汪开拓等^[5]采用响应面法优化了“乌种”杨梅热空气处理条件, 结果表明当热处理温度为48.5℃, 处理时间为173min时, 有最优贮藏保鲜效果。

汪开拓等^[6]还对热处理减少杨梅果实腐烂机理进行了系统研究, 发现热处理可以通过调控杨梅果实细胞膜氧化酶活性以及维持果实细胞膜脂肪酸的

收稿日期: 2014-08-20

作者简介: 蒋巧俊(1981-), 男, 在读博士, 讲师, 研究方向: 果蔬贮藏保鲜。

* 通讯作者: 郑永华(1963-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品贮藏技术。

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201303073); 江苏省科技支撑计划(农业)项目(SBE201330109)。

不饱和度来延缓果实在贮藏期间的衰老进程,减少腐烂的发生;其机制与平衡活性氧代谢和诱导热激蛋白的合成密切相关^[7],认为热处理减少杨梅果实腐烂主要通过间接诱导果实抗病性和直接抑制病原菌生长两方面来起作用^[8]。不过汪开拓^[9]亦发现虽然热空气处理对杨梅果实抗病性的诱导作用是直接且迅速的,但伴随着这些抗病性的提高,杨梅肉柱中葡萄糖和蔗糖含量却显著低于对照组水平,同时其氨基酸含量也显著低于对照组水平,这可以归结于热处理诱导抗病性的过程中,消耗了果实的一些碳水化合物和氨基酸从而合成一些相关抗病的酶和次生代谢物质。这其中糖分的损失可能减弱杨梅果实固有的口感,从而给果实的品质带来不利影响。因此,笔者认为单纯热处理可以作为杨梅气调贮藏前的辅助处理,但应该跟其他预处理方式复合使用才能取得较好效果。

1.1.2 混合热处理 汪开拓^[10]研究显示:热处理和纳米-TiO₂和纳米-Ag包装联合应用相比单独使用热处理或纳米包装处理,能显著增强对杨梅绿霉病及腐烂的控制。而10μmol/L MeJA和48℃热空气复合处理比单一处理更为显著抑制了在1℃贮藏期间杨梅果实腐烂的发生^[9],并维持了果实品质。汪丽军等^[11]将杨梅于混有一系列丙酸溶液的48℃热水中处理20min,结果表明丙酸热水综合处理可降低杨梅果实的呼吸速率,减缓可溶性物质的消耗,尤其是显著降低了杨梅腐烂率。

1.2 其他物理预处理

张雯等^[12]探讨了高压脉冲电场技术用于杨梅保鲜的可行性,结果显示高压脉冲电场对杨梅保鲜有一定的效果,最主要的影响因素是电场脉冲宽度,最佳的参数组合是脉宽10μs,频率80Hz,作用时间10s。此外如辐射、高压脉冲强光等其他物理预处理杨梅在某些学术会议上有所报道,但尚未有相关的文献报道。

2 化学预处理

2.1 防腐保鲜剂

杨梅采后易受病原菌侵染,使用化学防腐剂是常用的保鲜方法,但鉴于化学防腐剂的安全性问题及杨梅无外果皮等特性,化学防腐剂应用受限。王益光等^[13]研究发现高浓度(0.5%)苯甲酸钠和山梨酸钾浸泡丁岙杨梅,均会使杨梅风味产生变化,有异香味;蔗糖酯虽然效果较好,但难溶于水,操作较麻烦;尼泊金乙酯的效果还有待于继续实验。柴春燕等^[14]采用喷洒CAP-10、山梨酸钾和尼泊金乙酯等防腐剂,对杨梅果实进行常温下保鲜实验,结果表明100倍CAP-10效果较好。徐俐和袁江凌^[15]研究认为仲丁胺对杨梅果实腐烂的控制效果比较理想。此外,不同浓度的植酸液对杨梅也有一定的保鲜防腐效果^[16]。

2.2 植物生长调节剂

2.2.1 茉莉酸甲酯 李娜^[17]研究证实:1和10μmol/L MeJA处理可显著抑制果实腐烂发生,且在20℃贮藏时抑制果实腐烂的作用比在1℃贮藏时更明显,认为

诱导和提高抗病性是MeJA处理抑制杨梅果实采后腐烂的重要作用机理之一。汪开拓等^[18]认为:10μmol/L的MeJA处理可以有效控制采后杨梅果实腐烂的发生,并维持了果实TSS、TA含量和pH,而高浓度的MeJA处理(100、1000μmol/L)反而促进果实的腐烂。10μmol/L的MeJA结合乙醇熏蒸处理能够有效减少杨梅的绿霉病发病率及自然腐烂^[19]。机理研究显示^[9]:10μmol/L MeJA处理可启动杨梅果实的Priming反应,推断MeJA抑制杨梅腐烂的机理主要是通过间接的诱导果实Priming反应从而提高了果实抗病性,而不是直接抑制病原菌的生长,认为MeJA处理在诱导杨梅果实抗病性的同时能够较好的保持果实品质。

2.2.2 其他 高经成等^[20]的研究表明荸荠杨梅采后用1000ppm的水杨酸溶液浸果处理2min,能有效地降低果实呼吸速率和乙烯释放速率,对防止果实腐烂起到一定作用。肖艳等^[21]的研究表明不同浓度的CaCl₂和NAA(萘乙酸)混合,能显著提高果实硬度,降低果实膜的透性,抑制呼吸作用,提高果实的耐藏性,并改善果实的品质、风味。其中0.5%CaCl₂+7.5mg/L NAA混处理效果最好,贮后20d,腐烂指数比对照降低53.2%。杨虎清等^[22]研究显示用25μmol/L的硝普钠SNP溶液释放的NO处理可降低杨梅果实的腐烂率,保持杨梅良好的贮藏品质。汪开拓等^[23]研究显示10g/L为杨梅果实最大有效硼处理浓度,采用10g/L硼处理可有效降低杨梅果实贮藏期间腐烂率并维持果实品质。

2.3 涂膜保鲜剂

2.3.1 单一壳聚糖处理 王光益^[24]研究发现1%壳聚糖处理荸荠种杨梅能延缓SOD、APX和GR活性的下降,使之保持在较高水平,维持MDA在较低水平,同时抑制活性氧的产生速率。龙柱等^[25]结果表明杨梅保鲜中壳聚糖制膜法保鲜效果接近涂膜法,改性壳聚糖类保鲜杨梅的最佳浓度为1.5%CTS、1.5%CMCTS、0.2%CTS-DMDAAC、1%CTS-ETA,其中CTS-ETA保鲜效果最好,CTS保鲜效果最差。胡晓亮等^[26]研究了壳聚糖、海藻酸钠和溶菌酶3种天然保鲜剂对荸荠杨梅贮藏保鲜效果的影响,结果表明壳聚糖涂膜处理的杨梅,感官效果最好。

2.3.2 壳聚糖复合处理 叶文斌等^[27]以壳聚糖和壳聚糖与魔芋胶的复配胶为涂膜基质,以大豆分离蛋白、甘油为成膜助剂,配制复合涂膜保鲜剂保鲜杨梅;研究发现壳聚糖与魔芋胶复合涂膜保鲜剂的效果优于壳聚糖涂膜保鲜剂。叶文斌等^[28]还研究了多糖涂膜与冰块泡沫箱包装联用对杨梅果实品质及其生理生化变化的影响;结果显示与空白对照相比,经多糖涂膜的杨梅,延缓了果实的衰老和品质的下降,方便包装与长途运输。此外,郭守军^[29]用龙须菜多糖复合涂膜保鲜剂对杨梅贮藏,结果显示也有一定的保鲜作用。

2.4 熏蒸剂

2.4.1 臭氧 姜敏芳等^[30]以荸荠种杨梅为试材,实验结果表明臭氧、二氧化氯、茉莉酸甲酯处理对杨梅

果实的腐烂率、呼吸强度、总酸及总糖含量都有影响,其中以 10mg/kg 的臭氧气熏处理效果最佳。吴玉柱等^[31]采用五种不同浓度的臭氧化空气处理新鲜东魁杨梅。结果表明经过臭氧化空气处理后的新鲜杨梅延缓了果实的后熟与衰老,延长了保鲜期,其中以 10.70mg/m³ 浓度的臭氧化空气处理效果最好。陆胜民^[32]等采用保鲜剂和臭氧冰处理经预冷的杨梅并在简易保温箱内贮藏;研究各处理杨梅的品质变化。结果表明:二者均能有效地减少杨梅的腐烂;控制腐败真菌的繁殖;但是臭氧冰释放出的臭氧浓度可能过高,加速了杨梅的呼吸消耗和还原性物质的氧化,对杨梅的品质有一定的损害。综上分析,笔者认为臭氧处理可能存在一个最适浓度,需要进行精准控制。

2.4.2 二氧化氯 李共国等^[33]研究显示二氧化氯缓释处理结合冰温贮藏 21d 后,杨梅硬度下降 6.7%,可溶性固形物含量下降 16.7%,总酸含量下降 32.5%,无霉果发生,杨梅的色、香、味和口感俱佳。荷兰等^[34]以荸荠杨梅九成熟果实为实验材料,结果表明在 0~5℃ 下贮藏,经 40mg/kg 二氧化氯处理能抑制其呼吸作用,提高了果实的耐藏性,改善了果实的品质,同时营养成分得到较大程度的保留;不过通过对果实进行感官评定,发现 80mg/kg 二氧化氯处理的杨梅在贮藏期间果实表面出现泛白现象,这是由于二氧化氯本身就有很强的氧化性,具有一定的漂白作用,当二氧化氯的浓度过高时,会造成杨梅颜色的改变。因此与臭氧类似,二氧化氯也应该存在着一个最佳有效浓度。

2.4.3 乙醇 杨爱萍等^[35]研究结果表明 500μL/L 乙醇处理能最显著的抑制杨梅果实贮藏期间腐烂率和细菌总数的上升,降低果实可溶性固形物和可滴定酸损失,维持其较高的硬度及 V_c 含量。汪开拓等^[36]研究认为 500μL/L 乙醇与 48℃ 热空气复合处理比单一处理更为显著抑制了 1℃ 贮藏时由 *V.abietina*, *P.citrinum* 或 *T.viride* 引起的杨梅果实霉菌病害的发生。同时,该复合处理最有效控制了杨梅果实在货架期结束后自然腐烂的发生和微生物污染,并且维持了果实品质。

2.4.4 1-MCP 李娜^[17]研究证实 250 和 500nL/L 1-MCP 处理对杨梅果实无显著保鲜作用,1000nL/L 的 1-MCP 处理反而促进杨梅果实的腐烂,因而认为 1-MCP 在杨梅果实采后贮藏保鲜中无应用价值。一般认为,1-MCP 的处理温度以 20~25℃ 为宜,处理时间至少需要 12h。李娜所做实验中,1-MCP 处理在 20℃ 下进行,由于杨梅采后在 20℃ 极易腐烂变质,这也可能是该实验 1-MCP 处理对杨梅果实无显著保鲜作用的重要原因。茅林春^[37]发现 1、5、10μL/L 1-MCP 可抑制杨梅果实的乙烯释放量、呼吸速率,相对电导率。张洁^[38]研究显示 5μL/L 1-MCP 处理杨梅果实与对照相比,果实的呼吸速率显著降低($p < 0.05$);可溶性糖、可滴定酸和花色苷含量的下降速度减慢,贮藏第 10d,可溶性糖、可滴定酸和花色苷含量分别是对照的 1.76、1.84 和 1.32 倍($p < 0.01$);保持较高的 SOD、CAT 活性,降低了 MDA 的形成。1 和

2μL/L 1-MCP 处理对杨梅果实无显著的影响($p > 0.05$)。王瑾等^[39]对 1-MCP- α -环糊精和羧甲基 β -环糊精对杨梅保鲜进行了研究,结果表明可以有效抑制果实的呼吸强度,延缓果实衰老,提高果实的耐藏性和品质,延长保鲜期,使营养成分得到较大程度的保留。综上分析,笔者分析认为 1-MCP 处理可能需要一个合理的处理条件,并给予适当的处理浓度。

2.5 气体吸收剂

盛娜等^[40]对浙江仙居地区荸荠种杨梅进行了自发气调包装和脱氧活性包装的对比实验,结果表明脱氧活性包装能明显降低其腐烂率,延长其贮藏期,贮藏期由自发气调包装的 4d 延长到 8d。脱氧活性包装还能延缓杨梅硬度和糖度的下降。正交实验结果显示,活性包装杨梅的最佳条件是:温度 10℃,脱氧剂 0.370g,湿度调节剂 2.575g。其中脱氧剂为铁粉和氯化钠白色固体粉末的混合物,湿度调节剂为聚丙烯酸钠粉末。匡晓东等^[41]实验结果表明采用脱乙烯法处理,对 0℃ 下贮藏后期的果实呼吸强度、相对电导率和 MDA 具有明显的抑制效果,果实的腐烂率降低;而对 20℃ 下贮藏的果实的呼吸强度、相对电导率和 MDA 均具有不同程度的抑制作用。

2.6 钙处理

采前喷钙、采后浸钙涂膜处理等都能增加杨梅果实中钙的含量,提高果实硬度,延缓杨梅果实的衰老,降低贮藏过程中的营养物质消耗、软化和腐烂。谢培荣^[42-43]研究结果显示采前喷钙的最适钙溶液浓度为 0.25% CaCl₂,采收前 8~10 天为最佳喷钙时期;采后用 0.8% 的果胶 + 1% 的 CaCl₂ 混合溶液进行浸果涂膜处理,待果实凉干后,马上进行预冷,用专用泡沫塑料盒包装,置于 1℃ 温度条件下冷藏,可使木洞杨梅获得最好的贮藏效果。程晓建等^[44]研究显示采前对树上果实喷洒钙液,能提高耐藏性,好果率比对照提高 6.39%~13.18%,喷 2 次的比 1 次的效果更为显著。谢建华等^[45]分别采用不同保鲜剂对杨梅果实进行处理,并用塑料袋进行包装,置于 2~4℃ 下贮藏。结果表明配方为:0.5% CaCl₂ + 100ppm 水杨酸 + 200ppm 2,4-D + 100ppm GA₃ + 山梨酸钾处理的效果最好,贮藏 14 天后的好果率为 90.3%,营养成分也得到较大程度的保留。

综上分析,杨梅化学预处理研究较多,涉及到防腐保鲜剂、植物生长调节剂、涂膜保鲜剂、熏蒸剂、气体吸收剂、钙处理等。从使用方式的角度而言,化学预处理方法大致可以分为浸泡型、熏蒸型及气体吸收型等三种。鉴于杨梅果实无外果皮的特性,不太适合采后药剂浸泡处理;此外杨梅贮运过程中不仅是发生了品质劣变,更多情况下是长霉先于变味,抑制霉菌的生长是杨梅贮运中需解决的头等问题。因此笔者认为具有杀菌抑菌作用的熏蒸处理应有较好的开发应用前景。

从广义上讲,杨梅的贮运保鲜应该从采前就开始着手,笔者认为在杨梅采前使用安全无毒的植物生长调节剂、食用级杀菌剂等处理,应该能有效提高杨梅采后自身的抗病能力、减少杨梅果实自身的带

菌数量,进而有效延长杨梅贮运保鲜时间。而实际上采前抗病处理在其他果蔬上已有较多研究,应用在杨梅上的壳聚糖、茉莉酸甲酯、二氧化氯、钙、水杨酸等在其他果蔬的采前应用方面均有相关研究报告,这为杨梅贮藏前预处理研究提供了一个新的思路。

3 生物制剂、天然提取物预处理

3.1 生物制剂

汪开拓等^[46-47]研究显示 1×10^9 CFU/mL 的 *P.membranaefaciens* 菌悬液处理能够显著降低杨梅果实由 *P.citrinum* 引起的绿霉病发病率,抑制果实的病斑扩展。机理研究认为 *P.membranaefaciens* 可以通过间接诱导果实抗病性和直接抑制病原菌生长来控制杨梅果实采后腐烂。汪开拓等^[48]还研究了 MeJA 可有效提升 *P.membranaefaciens* 生防效力的影响,结果显示:MeJA 可有效提升 *P.membranaefaciens* 生防效力, $10 \mu\text{mol/L}$ MeJA 与 1×10^9 CFU/mL *P.membranaefaciens* 菌悬液的复合处理比单一处理能更有效抑制杨梅果实绿霉病的发生,但 MeJA 对病原菌 *P.citrinum* 生长无抑制效果。这些结果表明 MeJA 主要是通过直接促进拮抗酵母生长以及间接诱导果实抗病性来提升 *P.membranaefaciens* 生防效力,从而起到有效抑制杨梅果实采后腐烂的作用。

周建隼等^[49]以不同浓度乳酸链球菌素处理杨梅,结果表明在 $(2 \pm 1)^\circ\text{C}$ 冷藏条件下乳酸链球菌素处理可以显著降低杨梅果实的失水率、总酸含量、腐烂率,延缓相对电导率的上升,有利于保持杨梅的品质;当乳酸链球菌素浓度 $\geq 200 \text{mg/L}$ 时,杨梅的保鲜效果较佳。周翠英^[50]采用 2.5、5.0、7.5 mg/L 的那他霉素对杨梅果实进行处理,在 $(2 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下贮藏,结果表明那他霉素能有效地抑制果实有机酸的下降,同时较好地维持果实的营养,延长了杨梅果实的贮藏期,改善了果实的品质,但不同浓度的那他霉素间差异不明显。吴晓英等^[51]研究了溶菌酶应用于杨梅涂膜保鲜的方法,结果表明加入了溶菌酶的处理组,其烂果率、失重率等指标明显优于对照组,分别下降了 60%、45%;使用单一溶菌酶进行保鲜比溶菌酶与甘氨酸复配使用的效果更好,烂果率、失重率分别下降 15%、1.5%。

3.2 天然提取物

徐俐等^[15]以八成熟荸荠杨梅为实验材料,用不同的保鲜剂对杨梅果实进行处理后,在相同的温度 (4°C)、包装条件下进行保鲜贮藏。结果表明以大蒜素作为保鲜剂处理后的效果最好,能稳定果实的糖和酸,抑制果实的呼吸强度及酶类物质的活性,提高果实的耐藏性,改善果实的品质,同时营养成分得到较大程度的保留。刘志祥等^[52]以几种不同体积分数的乙醇甘草提取液对杨梅进行保鲜处理,结果表明甘草提取液对杨梅的保鲜效果显著,以体积分数为 70% 的乙醇甘草提取液对杨梅的保鲜效果为佳。金鹏等^[53]研究发现香芹酚、肉桂醛、紫苏醛、沉香萜醇和 AITC 均能显著抑制草莓和杨梅腐烂指数增加,但随着处理浓度的增加,果实表面出现褐变等药害现

象,其筛选出杨梅果实适宜处理浓度为:AITC - $20 \mu\text{L/L}$ 、香芹酚 - $1 \mu\text{L/L}$ 、肉桂醛 - $0.5 \mu\text{L/L}$ 、沉香萜醇 - $1 \mu\text{L/L}$ 、紫苏醛 - $1 \mu\text{L/L}$ 。此外,李培民等^[54]采用益益久微生物复合制剂对杨梅进行保鲜实验,效果良好。

生物制剂及天然提取物与化学预处理相比,其安全性更能得到保证,也更容易为消费者所接受,因此在杨梅贮藏前预处理的应用研究也较多,不过生物制剂及天然提取物普遍存在性价比不高的缺点,即成本较高而效果不那么显著。因此就目前而言,笔者认为生物制剂及天然提取物在杨梅贮藏前预处理的应用前景上可能不如物理预处理及化学预处理。

4 结语

目前基于自发气调技术的东魁杨梅保鲜贮运冷链体系^[2]已应用于生产实际,并取得了显著的经济效益和社会价值。虽然自发气调保鲜的杨梅风味保持较好,但李江阔等^[55]、朱麟等^[56]研究均显示,单独自发气调会产生霉变现象,并随着贮藏时间的延长而不断提高。孔凡春^[57]、李秀环等^[58]研究结果表明,MAP 气调储藏对于杨梅霉菌的生长并没有明显的抑制作用。虽然戚行江等^[59]对气调保鲜后的杨梅果实中的各种真菌进行培养、分离、鉴定和分析,找出在气调藏后的杨梅果实上共有真菌 20 种,但是尚无解决杨梅气调贮藏中发霉问题的报道。本论文所介绍的杨梅贮藏前预处理,从大类来讲,涉及到了物理预处理、化学预处理及生物预处理等方式。具体的贮藏保鲜效果来讲,各种预处理或多或少都涉及到了抑制或控制杨梅霉变的作用;也许通过一定的贮藏前预处理,能妥善解决杨梅气调贮藏中的发霉问题。

从本论文的介绍中可以看出,各种预处理方式,包括热处理、防腐保鲜剂、植物生长调节剂、熏蒸剂、天然提取物及生物制剂等,或多或少都有一定的抑制霉菌的作用。不过在实际工作中我们几乎没有听说过有相关的杨梅预处理保鲜商业化应用报道,各种预处理方法往往有一定的缺陷和不足之处,有的甚至根本无法应用,因此还需要我们付出更多的努力。鉴于杨梅采后不宜浸泡处理及品质保持的需要等原因,加上食品安全、处理效果及成本控制等方面的考虑,笔者认为今后的应用研究可以从以下三个方面做一些尝试:1.杨梅的贮藏前熏蒸处理或是制作成熏蒸缓释剂处理;2.杨梅贮藏前热处理与其他预处理复合应用;3.杨梅采前抗病诱导剂、食品级杀菌剂处理。

参考文献

- [1] 蒋巧俊,徐静.杨梅采后商品化技术研究进展[J].保鲜与加工,2011,11(4):30-34.
- [2] 蒋巧俊,徐静,蒋先福.基于自发气调技术的东魁杨梅保鲜贮运冷链体系的构建[J].保鲜与加工,2013,13(4):19-23.
- [3] 莫开菊,田成.东魁杨梅热处理—冷藏研究[J].湖北民族学院学报(自然科学版),2004,22(1):84-86.
- [4] Luo ZS, Xu TQ, Xie J, et al. Effect of hot air treatment on

- quality and ripening of Chinese bayberry fruit [J]. J. Sci. Food Agric., 2009, 89: 443-448.
- [5] 汪开拓, 郑永华. 杨梅果实采后热空气处理条件的优化[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(5): 213-217.
- [6] 汪开拓, 郑永华. 热处理对杨梅果实细胞膜组成及衰老的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 691-694.
- [7] 汪开拓, 郑永华. 热空气处理对杨梅果实采后活性氧代谢和热激蛋白合成的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 291-295.
- [8] Wang KT, Cao SF, Jin P, et al. 2010. Effect of hot air treatment on postharvest mold decay in Chinese bayberry fruit and the possible mechanisms [J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 141(1-2): 11-16.
- [9] 汪开拓. 热空气与天然挥发性物质对杨梅果实绿霉病的抑制作用及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [10] Wang KT, Jin P, Shang HT, et al. A combination of hot air treatment and nano-packing reduces fruit decay and maintains quality in postharvest Chinese bayberries [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(14): 2427-2432.
- [11] 汪丽军, 刘涛, 李丽, 等. 丙酸热水综合处理技术对采后杨梅腐烂率和果实品质的影响研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(6): 116-120.
- [12] 张雯, 韩其国, 朱英俊. 高压脉冲电场技术在杨梅保鲜中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 373-374, 379.
- [13] 王益光, 林美士. 杨梅化学防腐保鲜实验初报[J]. 中国南方果树, 2002, 31(5): 26.
- [14] 柴春燕, 陈利红, 江建远, 等. 喷洒 CAP-10 等防腐剂对杨梅保鲜实验[J]. 上海农业科技, 1999, (4): 76.
- [15] 徐俐, 袁江凌. 天然保鲜剂对杨梅果实贮藏保鲜的影响[J]. 北方园艺, 2009(12): 230-233.
- [16] 彭益强, 方柏山. 植酸抑菌保鲜作用[J]. 福建化工, 2002, (4): 39-41.
- [17] 李娜. 1-MCP 和 MeJA 对杨梅果实采后品质和抗病性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [18] Wang KT, Jin P, Cao SF, et al. 2009. Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in Chinese bayberries [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(13): 5809-5815.
- [19] Wang KT, Jin P, Tang SS, et al. Effect of methyl jasmonate in combination with ethanol treatment on postharvest decay and antioxidant capacity in Chinese bayberries [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(17): 9597-9604.
- [20] 高经成, 袁明跃, 顾文卯, 等. 水杨酸对杨梅生理和品质的影响[J]. 食品科学, 1989(6): 42-43.
- [21] 肖艳, 黄建吕, 李宏彬, 等. 钙和蔡乙酸对杨梅果实耐藏性的影响研究[J]. 西南农业大学学报, 1999, 21(4): 307-310.
- [22] 杨虎清, 吴峰华, 周存山, 等. NO 对杨梅采后活性氧代谢和腐烂的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(12): 70-74.
- [23] 汪开拓, 郑永华. 硼处理对杨梅果实采后贮藏期间蔗糖代谢及花色苷合成的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(9): 179-184.
- [24] 王益光, 罗自生, 席玛芳, 等. 壳聚糖涂膜处理对杨梅活性氧代谢的影响[J]. 果树学报, 2001, 18(6): 349-351.
- [25] 龙柱, 张荣, 于艳丽. 杨梅保鲜用改性壳聚糖膜性能研究[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(8): 147-150.
- [26] 胡晓亮, 周国燕, 王春霞, 等. 3种天然保鲜剂对荸荠杨梅贮藏保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(6): 216-219.
- [27] 叶文斌, 郭守军, 杨永利, 等. 壳聚糖与魔芋胶复合涂膜对杨梅常温贮藏的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(8): 173-178.
- [28] 叶文斌, 樊亮, 贡汉伯. 多糖涂膜与低温包装对杨梅果实贮藏品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(3): 649-653.
- [29] 郭守军, 杨永利, 叶贤威. 龙须菜多糖复合涂膜保鲜剂对杨梅贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(1): 86-91.
- [30] 姜敏芳, 刘青梅, 凌建刚. 三种熏蒸剂对杨梅果实采后品质的影响[J]. 浙江万里学院学报, 2012, 25(5): 74-79.
- [31] 吴玉柱, 王文生. 臭氧空气处理对新鲜东魁杨梅低温贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(3): 15-19.
- [32] 陆胜民, 柴春燕, 孔凡春, 等. 杨梅简易低温贮藏中的保鲜研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 209-211.
- [33] 李共国, 马子骏. 杨梅冰温贮藏保鲜研究[J]. 食品工业科技, 2004, 25(3): 130-131.
- [34] 荀兰, 梅欣晨. 常温及低温下二氧化氯对杨梅的保鲜对比研究[J]. 兴义民族师范学院学报, 2013, (1): 116-120.
- [35] 杨爱萍, 汪开拓, 金文渊, 等. 乙醇熏蒸处理对杨梅果实保鲜及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(20): 277-281.
- [36] Wang KT, Jin P, Tang SS, et al. Improved control of postharvest decay in Chinese bayberries by a combination treatment of ethanol vapor with hot air [J]. Food Control, 2011, 22(1): 82-87.
- [37] 茅林春, 方雪花, 庞华卿. 1-MCP 对杨梅果实采后生理和品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1532-1536.
- [38] 张洁. 不同处理对杨梅果实效果的研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [39] 王瑾, 陈均志, 孙根标, 等. 1-MCP- α -环糊精和羧甲基 β -环糊精对杨梅保鲜的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2010, 28(2): 30-34.
- [40] 盛娜, 周盛华, 刘晔. 杨梅脱氧活性包装研究[J]. 浙江理工大学学报, 2009, 26(4): 608-612.
- [41] 匡晓东, 王聪田, 向敏, 等. 脱乙烯法处理对杨梅果实采后生理和保鲜的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 247-251.
- [42] 谢培荣, 马小华, 欧阳菊英. 采前钙处理对木洞杨梅果实采后品质和延缓衰老的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(7): 82-85.
- [43] 谢培荣, 马小华, 欧阳菊英. 浸钙涂膜低温保鲜木洞杨梅实验[J]. 中国南方果树, 2009, 38(3): 62-64.
- [44] 程晓建, 王白坡, 喻卫武, 等. 杨梅果实贮藏保鲜技术研究[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(2): 226-230.
- [45] 谢建华, 黄栋梁, 庞杰, 等. 保鲜剂对杨梅果实耐藏性的影响研究[J]. 广州食品工业科技, 2004, (3): 45-47.
- [46] 汪开拓, 郑永华. 膜醱毕赤酵母对杨梅果实采后绿霉病的抑制与抗病性的诱导[J]. 食品科技, 2011, 36(5): 65-69.
- [47] Wang KT, Jin P, Cao SF, et al. Biological control of green mold decay in postharvest Chinese bayberries by *Pichia* (下转第 399 页)

- [34] 崔生辉, 江涛, 李玉伟, 等. 辐照对几种水产品保藏作用的研究[J]. 卫生研究, 2000(2): 58-60.
- [35] 刘春泉, 朱佳廷, 赵永富, 等. 冷冻虾仁辐照保鲜研究[J]. 核农学报, 2004(3): 216-220.
- [36] 李学鹏, 励建荣, 李婷婷, 等. 冷杀菌技术在水产品贮藏与加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2011(6): 173-179.
- [37] 顾丰颖, 卢嘉, 王晓拓, 等. 高密度二氧化碳技术的杀菌机制及其在食品工业中的应用[J]. 中国农业科技导报, 2013(6): 162-166.
- [38] Damar S, Balaban M O. Review of dense phase CO₂ technology: microbial and enzyme inactivation, and effects on food quality[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(1): R1-R11.
- [39] Spilimbergo S. A study about the effect of dense CO₂ on microorganisms[J]. University of Padova, Italy, 2002.
- [40] Garcia-Gonzalez L, Geeraerd A H, Spilimbergo S, et al. High pressure carbon dioxide inactivation of microorganisms in foods: the past, the present and the future[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 117(1): 1-28.
- [41] Bothun G D, Knutson B L, Strobel H J, et al. Liposome fluidization and melting point depression by pressurized CO₂ determined by fluorescence anisotropy[J]. Langmuir, 2005, 21(2): 530-536.
- [42] Hong S, Pyun Y. Membrane damage and enzyme inactivation of *Lactobacillus plantarum* by high pressure CO₂ treatment[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 63(1-2): 19-28.
- [43] Meujo D A F, Kevin D A, Peng J, et al. Reducing oyster-associated bacteria levels using supercritical fluid CO₂ as an agent of warm pasteurization[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 138(1-2): 63-70.
- [44] 张良, 刘书成, 章超桦, 等. 神经网络优化牡蛎的高密度 CO₂ 杀菌工艺[J]. 农业工程学报, 2011(12): 369-373.
- [45] 刘书成, 张良, 吉宏武, 等. 高密度 CO₂ 对虾优势腐败菌的杀菌效果及机理[J]. 农业工程学报, 2013(14): 284-292.
- [46] 吕妙兄, 刘书成, 屈小娟, 等. 高密度 CO₂ 处理对皱纹盘鲍肌肉品质的影响[J]. 农业工程学报, 2013(S1): 301-308.
- [47] 刘淑敏, 邵兴锋. 复合生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用[J]. 生物技术进展, 2013(6): 408-411.
- [48] Fan W, Chi Y, Zhang S. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice[J]. Food Chemistry, 2008, 108(1): 148-153.
- [49] Miller B F, Abrams R, Dorfman A, et al. Antibacterial properties of protamine and histone[J]. Science, 1942, 96(2497): 428-430.
- [50] 姜文进. 竹取物对养殖大黄鱼食用品质和贮藏特性的影响研究[Z]. 浙江大学, 2013.
- [51] 刘淑集, 吴成业, 刘智禹. 水产品生物保鲜技术的应用及展望[J]. 天津农业科学, 2012, 18(5): 46-50.
- [52] 赵海鹏, 谢晶. 生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用[J]. 吉林农业科学, 2009, 34(4): 60-64.
- [53] 李升福, 王喜波, 闻海波. 壳聚糖在对虾保鲜中作用的初步研究[J]. 河北渔业, 2008(3).
- [54] Feng L, Jiang T, Wang Y, et al. Effects of tea polyphenol coating combined with ozone water washing on the storage quality of black sea bream (*Sparus macrocephalus*) [J]. Food Chemistry, 2012, 135(4): 2915-2921.
- [55] De-la-Re-Vega E, García-Galaz A, Díaz-Cinco M E, et al. White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) recombinant lysozyme has antibacterial activity against Gram negative bacteria: *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio cholerae* [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2006, 20(3): 405-408.
- [56] 焦云鹏. 乳酸链球菌素在鱼丸中的应用研究[J]. 中国调味品, 2009(11): 67-69.
- [57] Gómez-Estaca J, López De Lacey A, López-Caballero M E, et al. Biodegradable gelatin-chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation[J]. Food Microbiology, 2010, 27(7): 889-896.
- [58] Li T, Hu W, Li J, et al. Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) [J]. Food Control, 2012, 25(1): 101-106.
- [59] 顾仁勇. Nisin, 溶菌酶用于斑点叉尾鲷鱼片保鲜的研究[J]. 食品科学, 2010(14): 305-308.
- [60] 李培民, 钱世祥. 益益久微生物复合制剂在杨梅保鲜上的应用实验[J]. 中国南方果树, 2004(3): 33.
- [61] 李江阔, 张鹏, 张平. 气调包装对杨梅保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2009, (2): 21-23.
- [62] 朱麟, 张平, 凌建刚, 等. 箱式气调对杨梅保鲜效果影响[J]. 北方园艺, 2010, (4): 186-187.
- [63] 孔凡春. MAP 保鲜特色果蔬的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [64] 李秀环. 气调储藏对杨梅品质的影响[J]. 浙江林业科技, 2012, 40(9): 5336-5337.
- [65] 戚行江, 王连平, 梁森苗, 等. 杨梅气调贮藏保鲜后果实真菌区系研究[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(1): 28-30.

(上接第 393 页)

membranaefaciens [J]. Journal of Phytopathology, 2011, 159(6): 417-423.

[48] 汪开拓, 郑永华, 尚海涛, 等. 茉莉酸甲酯提高膜醌毕赤酵母对杨梅果实采后绿霉病生防效力的研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(7): 11-16

[49] 周建俭. 乳酸链球菌素在杨梅保鲜中的应用[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(10): 238-240.

[50] 周翠英. 那他霉素对杨梅贮藏效果的影响研究[J]. 现代农业科学, 2009, 16(9): 3-5.

[51] 吴晓英, 陈慧英, 林影. 溶菌酶涂膜保鲜杨梅的研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(8): 157-158.

[52] 刘志祥, 曾超珍. 甘草提取液对杨梅的保鲜效果[J]. 江苏农业科学, 2009, (5): 247-248.

[53] Jin P, Wu X, Xu F, et al. Enhancing antioxidant capacity nad

reducing decay of Chinese bayberries by essential oils[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(14): 3769-3775.

[54] 李培民, 钱世祥. 益益久微生物复合制剂在杨梅保鲜上的应用实验[J]. 中国南方果树, 2004(3): 33.

[55] 李江阔, 张鹏, 张平. 气调包装对杨梅保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2009, (2): 21-23.

[56] 朱麟, 张平, 凌建刚, 等. 箱式气调对杨梅保鲜效果影响[J]. 北方园艺, 2010, (4): 186-187.

[57] 孔凡春. MAP 保鲜特色果蔬的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.

[58] 李秀环. 气调储藏对杨梅品质的影响[J]. 浙江林业科技, 2012, 40(9): 5336-5337.

[59] 戚行江, 王连平, 梁森苗, 等. 杨梅气调贮藏保鲜后果实真菌区系研究[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(1): 28-30.