

刘莹,曹森,马超,等. 自发气调包装对采后“十月红”桃质构性能的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(13):230-234.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.056

自发气调包装对采后“十月红”桃质构性能的影响

刘莹^{1,2}, 曹森^{1,2}, 马超², 姜润¹, 王宇¹, 曹梅芳¹, 王瑞^{1,2}

(1. 贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州贵阳 550003; 2. 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵州贵阳 550003)

摘要:为探讨不同保鲜膜处理对采后桃质构性能的影响,以“十月红”桃为研究对象,将桃以 $0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 熏蒸处理 24 h 后,分装至聚乙烯微孔膜和 PE20、PE30、PE40 聚乙烯膜中,于 5°C 冷库中预冷 24 h 后转入 $(2 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、RH 95% 贮藏,每 15 d 考察果实腐烂情况和微环境气体成分,并用质地多面分析法测定桃果实质地参数变化。结果表明,微孔膜处理抑制“十月红”桃腐烂率上升效果最佳,贮藏结束时(60 d),果实腐烂率仅为 11.05%;果实的硬度、弹性、咀嚼性、凝聚性与回复性具有较好相关性,而黏着性与其他指标相关性较差,因此使用硬度、咀嚼性、弹性、回复性、凝聚性来评价“十月红”桃贮藏期间果肉质地变化;与其余处理组相比,微孔膜处理能够更好地维持桃果实的硬度、弹性、咀嚼性、凝聚性和回复性等质构性能,提示适宜“十月红”桃贮藏的微环境条件为 15.5% ~ 15.9% O_2 , 3.3% ~ 3.6% CO_2 ;进一步表明,“十月红”桃的果肉硬度(y)在一定范围与腐烂率(x)具有良好的线性关系,因此,采用拟合方程($y = 0.576 1x^2 - 40.202x + 814.67$, $R^2 = 0.943 5$)作为不同保鲜膜处理“十月红”桃果肉质地变化的判断依据。

关键词:“十月红”桃;自发气调包装;贮藏保鲜;质地多面分析

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)13-0230-04

“十月红”桃属蔷薇科(Rosaceae)桃属植物,贵州省贵阳市“十月红”桃,引种于 20 世纪 80 年代,属于晚熟系桃品种。其适应性较强,果实呈鲜红色,单果均质量 350 g,可溶性固形物含量达 15%,还具有皮薄、汁多等特点,深受消费者青睐,但通常“十月红”桃成熟时贵州为炎热、多雨的季节,而“十月红”桃属于呼吸跃变型果实^[1],采摘后“十月红”桃易受到微生物侵染,导致果实出现硬度下降、失水、腐烂等现象。因此,寻找经济、有效的“十月红”桃贮藏方式对产业的良性发展具有重要意义。目前,国内外主要采取低温冷藏、气调冷藏等技术对果蔬进行保鲜^[2-3],但低温冷藏效果不理想,而气调冷藏存在投资大、能耗高等问题。

自发气调包装(modified atmosphere packaging)是通过气调包装袋透气性和材质不同形成不同气体组成的气调微环境,通过微环境的改变来调节果蔬新陈代谢强度,达到延长果实贮藏期的目的,具有效果好、成本低、操作简单等优点,因此自发气调包装已成为国内外果蔬保鲜的一种重要方式^[4],目前已经在西兰花^[5]、草莓^[6]、苹果^[7]等果蔬上取得了较好的应用效果。但针对“十月红”桃的自发气调研究,尤其是适宜的气调包装筛选的文章鲜有报道。

质地多面分析法(texture profile analysis, TPA)是通过

人体牙齿咀嚼食物的过程进行模拟,采用测试探头对过程中的数据进行记录,从而准确、客观地对果肉的硬度、弹性、脆性、黏着性、咀嚼性、回复性和凝聚性等质地参数做出准确、客观的评价^[8-9]。马超等对货架期间蓝莓质地参数进行测定后建立模拟方程表明,质地多面分析法能够有效地模拟和分析人体咀嚼过程,为蓝莓货架品质评定提供有效地数据支撑^[10]。基于此,本探究以“十月红”桃为研究对象,通过不同气调包装袋结合 $0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理,以质地多面分析法作为评价方法,研究贮藏期内不同自发气调包装结合 $0.5 \mu\text{L/L}$ 1-MCP 对“十月红”桃质构参数的影响,以期延长“十月红”桃的贮藏寿命提供安全、有效、便捷的贮藏方式。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1-甲基环丙烯(1-MCP),购于美国陶氏益农公司;聚乙烯微孔膜[透气性: $3 500 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$]、聚乙烯 PE20 膜[20 μm ,透气性: $6 720 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$]、聚乙烯 PE30 膜[30 μm ,透气性: $6 340 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$]、聚乙烯 PE40 保鲜膜[40 μm ,透气性: $5 310 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$],均购于天津国家农产品保鲜工程技术研究中心。

TA.XT.Plus 物性测定仪,购于英国 Stable Micro Systems 公司;CheckPoint 型 O_2/CO_2 气体测定仪,购于丹麦丹圣公司;精准控温保鲜库,购于天津国家农产品保鲜工程技术研究中心。

1.2 试验方法

1.2.1 果实处理 “十月红”桃,于 2016 年 8 月 25 日采摘于贵州省贵阳市永乐乡水塘村实验基地,果实田间采摘后,立即运回贵州省果品加工工程技术研究中心后,使用大功率工业风扇除去田间热,温度由 25°C 降至 15°C (果心温度)后,选

收稿日期:2018-03-30

基金项目:贵州省科技厅联合基金[编号:黔科合 LH 字(2014)7190 号];贵州省科技创新人才团队建设项目[编号:黔科合人才团队(2013)4028];贵州药食资源开发研究创新人才团队项目(编号:黔教合人才团队字[2014]44)。

作者简介:刘莹(1985—),女,贵州贵阳人,硕士,讲师,主要从事天然产物化学成分及生理活性研究等工作。E-mail:435443359@qq.com。

通信作者:王瑞,博士,教授,主要从事农产品贮藏与加工等工作。E-mail:wangrui060729@126.com。

择大小基本一致、无机械伤、无病虫害的“十月红”桃于低密度聚乙烯(厚度:0.08 mm,体积:1 m³)帐内以0.5 μL/L 1-MCP 熏蒸处理24 h^[11],熏蒸后将样品平均分成4组,分别分装于不同保鲜膜(微孔、PE20、PE30、PE40)内,每袋装15个果实,每处理设3个重复,分装后的果实置于5℃冷库中预冷24 h后,转入(2±0.5)℃、相对湿度95%的冷库中扎袋贮藏,每15 d对果实相关指标进行测定。

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 腐烂率测定 采用计数法来测定“十月红”桃腐烂率,其中以表面有破裂、霉菌、流水记为腐烂,计算公式如下:

腐烂率 = 腐烂果果数 / 果实总果数 × 100%。

1.2.2.2 质构参数测定 参照马超等提出的方法^[12],首先沿果梗方向将“十月红”桃果实纵向切分,然后用内径为12 mm的打孔器在果实正反两面进行取样后,将其平放于质构仪测试平板上,随后采用果蔬专用探头P/36R对果实进行TPA测试,每个处理选取12个好果进行重复试验,测试条件为测前速率3 mm/s,测试速率1 mm/s,测后上行速率3 mm/s,果肉受压变形为50%,2次压缩停顿时间为6 s,触发力为5 g。通过质地特征曲线得到“十月红”桃果肉TPA参数,每处理测定12次,取其平均值。

1.2.2.3 贮藏微环境气体成分测定 果实出库前,在库内使用CheckPoint O₂/CO₂手持式气体分析仪探头刺穿保鲜袋(不开袋,并采用硅胶垫片进行密封)后进行测定。

1.2.4 数据统计分析 采用Origin Lab 2017对数据进行数

据处理和作图,采用SPSS 19.0的Duncan's氏新复极差法对数据进行差异显著性分析($P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著, $P > 0.05$ 为差异不显著)。

2 结果与分析

2.1 “十月红”桃果肉质地参数间的相关性分析

由表1可知,“十月红”桃果肉硬度与咀嚼性、弹性、回复性均呈正相关($r = 0.521 \sim 0.869$),而与黏着性、凝聚性均呈负相关($r = -0.658 \sim -0.256$),其中硬度与咀嚼性呈极显著正相关($P < 0.01$),与弹性呈显著正相关($P < 0.05$),与凝聚性呈显著负相关($P < 0.05$),这说明果肉硬度越大,咀嚼性和弹性越大,而凝聚性越低。黏着性与凝聚性、回复性呈正相关($r = 0.351, 0.489$),而与硬度、弹性和咀嚼性均呈负相关($r = -0.417 \sim -0.256$),且相关性不显著。咀嚼性与硬度和弹性呈现极显著正相关($P < 0.01$),与回复性呈显著正相关($P < 0.05$)。凝聚性与咀嚼性的正相关程度最高($r = 0.912$),且呈极显著正相关($P < 0.01$),说明当果肉凝聚性越大,咀嚼性也越好。咀嚼性、凝聚性和回复性均呈显著正相关($P < 0.05$),说明当果肉咀嚼性越大,凝聚性和回复性也越好。TPA测试结果及相关性分析表明,“十月红”桃的硬度、弹性、咀嚼性、凝聚性、回复性具有较好的相关性,而黏着性与其余指标相关性较差,因此使用硬度、咀嚼性、弹性、回复性、凝聚性来评价“十月红”桃贮藏期间果肉质地变化,这与曹森等利用硬度、弹性、咀嚼性、凝聚性和回复性5项参数评价采前喷施哈茨木霉菌对采后蓝莓质构性能影响的结果^[13]相一致。

表1 “十月红”桃果肉各项质地参数间的相关性

质构参数	相关系数					
	硬度	黏着性	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性
硬度	1.000					
黏着性	-0.256	1.000				
弹性	0.791 *	-0.312	1.000			
凝聚性	-0.658 *	0.351	0.318	1.000		
咀嚼性	0.869 **	-0.417	0.837 **	0.912 **	1.000	
回复性	0.521	0.489	0.712 *	0.782 *	0.686 *	1.000

注: *表示显著($P < 0.05$), **表示极显著($P < 0.01$)。

2.2 自发气调包装处理对“十月红”桃质构参数的影响

2.2.1 自发气调包装处理对“十月红”桃硬度的影响 果实硬度是指果肉受到外力作用后产生形变的所需力量,质地参数特征曲线上第1次挤压循环的最大峰值直接反映果实商品性^[14]。由图1可知,在贮藏期内,各处理组果肉硬度逐渐下降,可能是由于随着果实衰老进程的发生,果实内部水分不断减少,细胞壁中果胶分解、支撑力降低^[10]。贮藏15 d内,各处理组果肉硬度下降速率较为平缓,随后PE20、PE30、PE40处理组果肉硬度迅速下降,而微孔处理组果肉硬度至贮藏45 d时才出现加速下降趋势。贮藏试验结束后,微孔处理组果肉硬度分别为PE20、PE30和PE40处理组的1.46倍、1.97倍和4.07倍,显著($P < 0.05$)高于各组,表明微孔处理对抑制“十月红”桃果肉硬度下降效果最好。

2.2.2 自发气调包装处理对“十月红”桃弹性的影响 弹性反应“十月红”桃果肉经第1次压缩变形后所能恢复的程度,其值直接反映果实的新鲜程度^[13]。由图2可知,在试验期

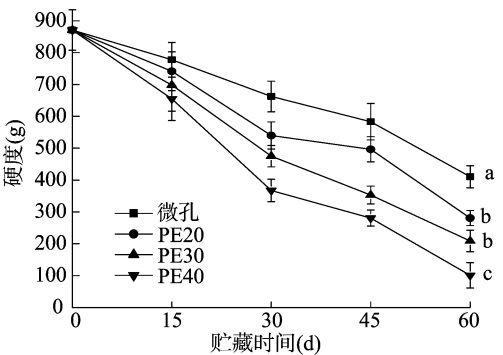


图1 自发气调包装对采后“十月红”桃硬度的影响

内,各处理组弹性先上升后下降。至贮藏15 d时,各处理果肉弹性上升至最大值,各处理组果肉弹性大小关系为:微孔组 > PE20组 > PE30组 > PE40组。随后各处理组果肉弹性开始下降,至贮藏60 d时,微孔组、PE20组、PE30组和PE40组果肉的弹性分别为0.81、0.68、0.48、0.47 g,且各组间均呈

现显著差异 ($P < 0.05$)。表明微孔处理可有效地维持“十月红”桃弹性,保持口感。

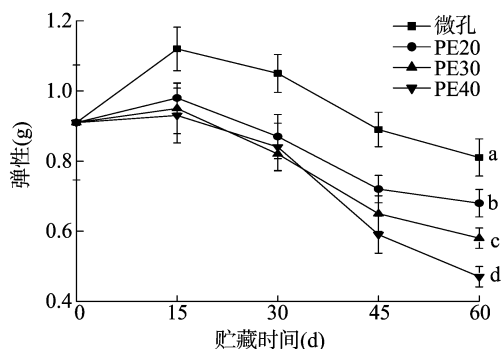


图2 自发气调包装对采后“十月红”桃弹性的影响

2.2.3 自发气调包装处理对“十月红”桃咀嚼性的影响 咀嚼性是指模拟牙齿将固体样品咀嚼成稳定状态的过程时所需要的能量,其值直接反映果肉在对外力的持续抵抗作用^[15]。由图 3 可知,随着贮藏时间延长,各处理组果肉咀嚼性逐渐降低,且在整个贮藏期间各处理组果肉咀嚼性大小关系始终为微孔组 > PE20 组 > PE30 组 > PE40 组。说明较厚的保鲜膜会加速“十月红”桃果肉咀嚼性下降速率。贮藏 60 d 时,微孔组、PE20 组、PE30 组和 PE40 组果肉咀嚼性均降到最低值,降幅分别为 42.20%、52.81%、65.30%、75.33%,不同处理间均有显著差异 ($P < 0.05$)。由此说明,微孔膜对“十月红”桃果肉咀嚼性下降的抑制效果最好,PE20 处理效果次之,PE40 效果最差。

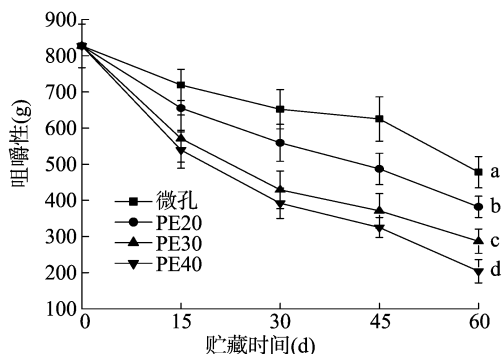


图3 自发气调包装对采后“十月红”桃咀嚼性的影响

2.2.4 自发气调包装处理对“十月红”桃凝聚性的影响 凝聚性主要反映了牙齿咀嚼“十月红”桃果肉的过程中,果粒抵御牙齿压力而表现出与果实完整性的果肉细胞之间的结合力,反映了“十月红”桃果肉细胞间结合力的大小^[16]。由图 4 可知,“十月红”桃经在贮藏 15 d 内,不同的自发气调包装处理的果肉凝聚性无显著性差异 ($P > 0.05$)。从贮藏 30 d 开始,PE30 组处理的果肉凝聚性开始快速下降;贮藏 45 d 时,不同自发气调包装处理桃果肉凝聚性的大小关系为微孔 > PE20 > PE30 > PE40,贮藏结束 (60 d) 时,微孔组、PE20 组、PE30 组和 PE40 组果肉的凝聚性分别为 0.19、0.16、0.11 和 0.09,并且微孔组果肉的凝聚性显著高于其他处理 ($P < 0.05$),说明不同自发气调包装均能够影响桃果肉的凝聚性,其中微孔保鲜膜对果肉凝聚性下降的抑制效果最好。

2.2.5 自发气调包装处理对“十月红”桃回复性的影响 回复性是“十月红”桃果肉在第 1 次受到压缩后快速恢复形变

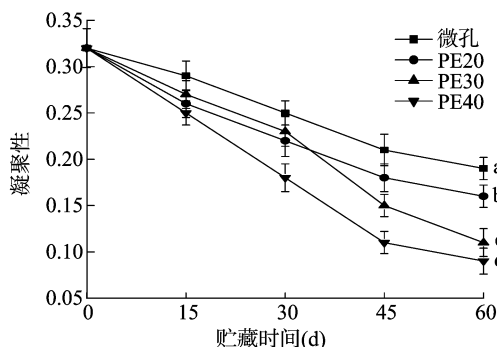


图4 自发气调包装对采后“十月红”桃凝聚性的影响

的能力^[17]。由图 5 可知,果实从贮藏开始至贮藏 15 d 内,微孔组和 PE20 组的果肉回复性呈现上升的趋势,PE30 组的果肉回复性变化很小,而 PE40 呈现下降的趋势。从贮藏 15 d 开始,不同自发气调包装的桃果肉回复性均呈现快速下降的趋势,从贮藏 30 d 开始至贮藏结束 (60 d) 时,微孔组和 PE20 组的果肉回复性均显著高于其他处理 ($P < 0.05$)。贮藏结束时,微孔组、PE20 组、PE30 组和 PE40 组果肉的回复性分别为 0.50、0.46、0.41 和 0.38。试验结果表明,不同的自发气调包装均影响果肉回复性的大小,并且以微孔组对果肉回复性的保持效果最好。

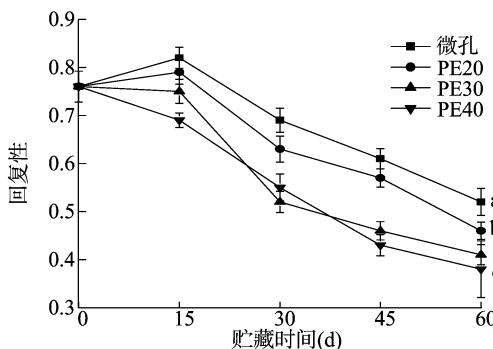


图5 自发气调包装对采后“十月红”桃回复性的影响

2.3 “十月红”桃贮藏期间果肉硬度与腐烂率的关系

2.3.1 自发气调包装处理对“十月红”桃腐烂率的影响

“十月红”桃属于呼吸跃变型果实,在贮藏过程中,机械伤、微生物侵染等都会加剧果实呼吸作用,从而加速果实的衰老和腐烂,而腐烂率则是评价果实保鲜效果的重要指标之一。由图 6 可知,各处理组腐烂率随贮藏天数延长而逐渐增加。在贮藏 15 d 时,各处理组腐烂率差异不明显,随后除微孔处理组缓慢上升外,其余各组腐烂率均加速上升;贮藏 45 d 时,各处理组腐烂率大小关系为 PE40 > PE30 > PE20 > 微孔。贮藏 60 d 时,微孔、PE20、PE30 和 PE40 处理组腐烂率分别为 11.05%、18.61%、28.32% 和 41.51%,且各处理间均差异显著 ($P < 0.05$),这可能是由于厚度较高造成贮藏微环境 CO_2 浓度过高所致^[18]。因此,微孔处理能够更好地保持“十月红”桃果实的保鲜效果。

2.3.2 “十月红”桃贮藏期间果肉硬度与腐烂率的关系拟合

由图 7 可知,在整个贮藏期间,“十月红”桃果实的腐烂率随冷藏时间延长而呈上升趋势,而图 1 显示“十月红”桃果实硬度随货架时间延长而呈下降趋势。为间接探究经不同自发气调包装处理的果实贮藏期间的硬度,通过对“十月红”桃

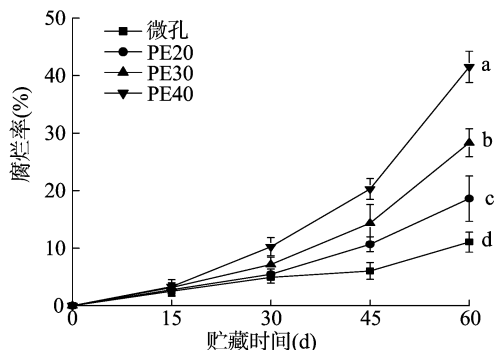


图6 自发气调包装对采后“十月红”桃腐烂率的影响

贮藏期间腐烂率简单的测定,从而为“十月红”桃在贮藏期间果实质地的变化提供一种方便简单的评价依据。因此,基于二者的变化,提出拟合回归方程将“十月红”桃果实的腐烂率与硬度进行关联,利用统计软件对不同自发气调包装处理的“十月红”桃果实 TPA 测试硬度和“十月红”桃腐烂率进行拟合,结果见图 7,拟合回归方程为 $y = 0.576 1x^2 - 40.202x + 814.67$ (y 为 TPA 测试所得“十月红”桃果肉硬度, x 为不同保鲜膜处理果实贮藏期的腐烂率), $r^2 = 0.943 5$ 。此外,该方法还可用于商业贸易或消费认可度的判定^[12-13]。

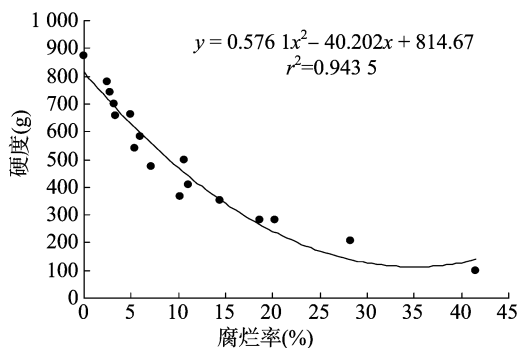


图7 “十月红”桃冷藏期间果肉硬度与腐烂率拟合曲线

2.4 自发气调包装处理对“十月红”桃微环境气体成分的影响

贮藏微环境气体成分含量(主要为 CO_2 和 O_2)是影响果蔬贮藏效果的重要因素之一,因此自发气调包装是影响“十月红”桃的贮藏品质的关键因素之一^[19]。由于果蔬自身的呼吸速率及自发气调包装材料透气率是影响果蔬微环境中 CO_2 和 O_2 浓度变化,不同的自发气调包装存在差异,同种包装材料与不同的厚度也对果蔬贮藏微环境 CO_2 和 O_2 存在一定影响。由图 8 可知,微环境中 O_2 的浓度呈现下降的趋势, CO_2 的浓度呈现上升的趋势,贮藏 30 d 时基本开始达到平衡, O_2 的浓度为 12.5% ~ 15.9%,而 CO_2 浓度为 3.3% ~ 5.9%,不同保鲜膜 O_2 浓度关系为 $\text{PE40} < \text{PE30} < \text{PE20} < \text{微孔膜}$,而 CO_2 浓度关系为 $\text{微孔膜} < \text{PE20} < \text{PE30} < \text{PE40}$ 。由图 6 可知,微孔膜对“十月红”桃腐烂率的抑制效果最好,原因可能由于高浓度 CO_2 对“十月红”桃产生伤害,加快果实衰老^[18],说明适宜浓度的 O_2 和 CO_2 能够延缓“十月红”桃果实的衰老。因此,当微孔膜贮藏微环境的气体成分基本达到平衡时, O_2 浓度为 15.5% ~ 15.9%, CO_2 浓度为 3.3% ~ 3.6%,此时贮藏微环境的气体浓度对“十月红”桃的保鲜效果最好。

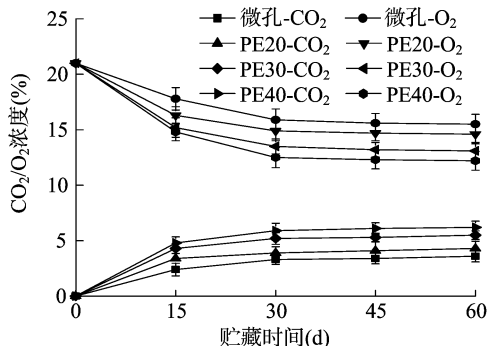


图8 自发气调包装对“十月红”桃微环境气体成分的影响

3 结论

“十月红”桃果肉硬度与弹性、咀嚼性、回复性、黏着性和凝聚性均呈现良好相关性,而黏着性与其他参数相关性较差,弹性与咀嚼性呈现极显著正相关($P < 0.01$),咀嚼性、凝聚性均和回复性呈显著正相关($P < 0.05$),凝聚性与咀嚼性的正相关程度最高($r = 0.912$),呈极显著正相关($P < 0.01$)。因此,使用硬度、咀嚼性、弹性、回复性、凝聚性评价“十月红”桃贮藏期间果肉质地变化。

适宜的保鲜膜可显著保持果实的贮藏效果,明显抑制“十月红”桃果实质地品质的下降。其中,微孔膜能够更好地保持果实的贮藏品质及质构性能,因此为维持“十月红”桃贮藏期间口感,选择微孔膜来作为“十月红”桃的保鲜膜。果实的硬度及腐烂率在一定范围内呈现良好线性关系。所以,本研究提出一个简单方便的拟合回归方程将果实的硬度和腐烂率相关联,用于自发气调包装处理“十月红”桃贮藏期果肉质地变化的评价依据,拟合回归方程为 $y = 0.576 1x^2 - 40.202x + 814.67$ (y 为 TPA 测试所得“十月红”果肉硬度, x 为不同保鲜膜处理果实贮藏期的腐烂率), $r^2 = 0.943 5$ 。此外,该方法还可用于商业贸易或消费认可度的判定。

本研究探究了适宜的自发气调包装对“十月红”桃贮藏期的有效性,以更好的维持果实贮藏期间的口感,通过桃果实微环境气体成分结合桃果实贮藏期间腐烂率的分析可以得到,微孔膜贮藏微环境 (O_2 浓度为 15.5% ~ 15.9%, CO_2 浓度为 3.3% ~ 3.6%)能够有效地降低“十月红”桃新陈代谢速率和抑制果实贮藏品质的下降,保持桃果实更好的贮藏口感。因此,采用微孔膜来处理“十月红”桃对果实质构性能效果最好,能够将“十月红”桃贮藏期延长至 60 d,并且腐烂率仅为 11.05%。

参考文献:

- [1] 曾文芳,王志强,牛 良,等. 桃果实肉质研究进展[J]. 果树学报,2017,34(11):1475-1482.
- [2] Perkins-Veazie P, Roe N, Lasswell J, et al. Temperature manipulation improves postharvest quality of a midseason peach[J]. Journal of Food Quality, 1999, 22(1): 75-84.
- [3] Manolopoulou H, Xanthopoulos G, Douros N, et al. Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: quality criteria[J]. Biosystems Engineering, 2010, 106(4): 535-543.
- [4] Khoshgozaran S, Azizi M H, Bagheripoor - Fallah N. Evaluating the effect of modified atmosphere packaging on cheese characteristics: a review[J]. Dairy Science & Technology, 2012, 92(1): 1-24.

赵贇鑫, 张 欢, 周俞辛, 等. 前体物质对红豆杉内生真菌产紫杉醇的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(13): 234–238.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.057

前体物质对红豆杉内生真菌产紫杉醇的影响

赵贇鑫¹, 张 欢², 周俞辛¹, 解修超³, 王艳龙⁴, 魏芳勤⁴

(1. 汉中植物研究所, 陕西汉中 723000; 2. 汉中市环境监测中心站, 陕西汉中 723000;

3. 陕西理工大学生物科学与工程学院, 陕西汉中 723000; 4. 汉中市农业科学研究所, 陕西汉中 723000)

摘要:根据紫杉醇的结构特点和红豆杉中紫杉醇的合成机制, 选取了几种前体物质, 研究其对红豆杉内生真菌合成紫杉醇的影响。结果表明, 在发酵培养的第 10 天, 补加下列任一前体物质, 使发酵液中初始浓度分别达到苯甲酸钠 30.0 mg/L, 酪氨酸 20.0 mg/L, *L*-苯丙氨酸 3.0 mg/L, 乙酸钠 3.0 g/L, 均能提高紫杉醇产量。进一步采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验分析得到, 4 种前体物质在培养基中的最佳组合为 $A_3B_3C_3D_1$, 即 *L*-苯丙氨酸 3.0 mg/L, 酪氨酸 40.0 mg/L, 乙酸钠 3.0 g/L, 苯甲酸钠 10.0 mg/L, 对应发酵液中紫杉醇含量达到 987.3 μ g/L。

关键词:红豆杉; 紫杉醇; 内生真菌; 前体物质; 代谢调控; 紫杉醇合成; 生物量提高

中图分类号: S182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)13-0234-05

近几年来, 关于红豆杉产紫杉醇的研究进展得很快, 国内外利用红豆杉内生真菌产紫杉醇的研究报道逐渐增多, 目前红豆杉内生真菌产紫杉醇的含量普遍偏低, 国内外学者正在不断探索能够提高红豆杉内生真菌紫杉醇产量的途径^[1]。

前体是指加入到发酵培养基中的某些化学物质, 它会被微生物利用并直接结合到产物分子中去, 而产物自身结构变化不大, 有些还具有促进产物合成的作用。前体一般分为内源性前体和外源性前体, 如短链脂肪酸等内源性前体由于是

生物体自身代谢所合成的中间体, 微生物对其都有较好的耐受性; 而外源性前体由于微生物自身难以合成, 其浓度较高时对产物合成和微生物的生长都有毒害作用^[2]。

目前, 对植物内生真菌生产紫杉醇的代谢调控研究较少, 不过关于植物细胞生物合成紫杉醇的研究成果相对较多, 对微生物发酵生产紫杉醇的研究具有很重要的借鉴价值。

紫杉醇的三环二萜骨架来自于甲瓦龙酸途径, C_{13} 侧链来自于苯丙氨酸, 向培养基中添加苯丙氨酸可增加紫杉醇的生物合成量。Strobel 等通过向培养基中添加苯丙氨酸、亮氨酸及乙酸钠来研究前体物质对紫杉醇生物合成的影响, 结果表明, 苯丙氨酸、亮氨酸及乙酸钠均能促进紫杉醇的生物合成, 其中乙酸钠不但能够掺入到乙酰基中, 而且能够掺入到紫杉烷骨架及苯环中, 是紫杉醇合成的有效前体^[3]。李家儒等在红豆杉悬浮培养基中分别加入不同浓度的 *L*-苯丙氨酸、苯

收稿日期: 2018-03-28

基金项目: 国家中医药公共卫生专项(编号: 201207002); 陕西省科学技术研究发展计划(编号: 2013K12-23-02)。

作者简介: 赵贇鑫(1985—), 男, 陕西汉中中人, 硕士, 助理研究员, 主要从事食药用菌、微生物次生代谢产物研究。E-mail: alvin071625@hotmail.com。

[5] 高 雪, 王 然, 朱俊向, 等. 冰温结合自发气调包装贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(12): 122–128.

[6] Shamaila M, Powrie W D, Skura B J. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis[J]. Journal of Food Science, 2010, 57(5): 1168–1184.

[7] 关文强, 陈 丽, 李喜宏, 等. 红富士苹果自发气调保鲜技术研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 218–221.

[8] Lucey J A, Johnson M E, Horne D S. Invited review: perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese[J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(9): 2725–2743.

[9] Yang Z, Zheng Y, Cao S, et al. Effects of storage temperature on textural properties of Chinese bayberry fruit[J]. Journal of Texture Studies, 2007, 38(1): 166–177.

[10] 马 超, 曹 森, 龙晓波, 等. 基于质地多面分析法评价不同处理对蓝莓鲜果模拟运输及货架品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017(22): 286–290.

[11] 曹 森, 王 瑞, 刘 莹, 等. 基于主成分分析的 1-MCP 处理

对艳红桃货架期品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(1): 197–203.

[12] 马 超, 赵治兵, 吴文能, 等. 不同浓度臭氧处理对采后猕猴桃货架期间质构性能的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(1): 1–7.

[13] 曹 森, 王 瑞, 吉 宁, 等. 采前喷施哈茨木霉菌对采后蓝莓质构性能影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(20): 325–330.

[14] 张甫生, 宋家芯, 郑 炯. 热烫处理对麻竹笋质构特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(8): 128–132.

[15] 刘 萌, 张振富, 王美兰, 等. 不同包装方式对蓝莓物流及货架期质构品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 323–327.

[16] 李志文, 张 平, 张昆明, 等. 1-MCP 结合冰温贮藏对葡萄果实质地的影响[J]. 农业机械学报, 2011, 42(7): 176–181.

[17] 兰 璞, 刘 畅, 张 鹏, 等. 金冠苹果冷藏不同时间 1-MCP 处理对果实质地的影响[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(3): 38–42.

[18] 王志华, 丁丹丹, 王文辉, 等. 黄金梨 CA 和 MAP 贮藏保鲜试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(2): 117–121.

[19] 王友升, 王贵禧, 梁丽松. 不同气体成分贮藏对大久保桃果实品质的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 214–218.