

紫胶涂膜常温贮藏对椪柑挥发性成分的影响

郑 华¹, 甘 瑾¹, 张 弘^{1,*}, 马李一¹, 张雯雯¹, 李 凯^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 云南 昆明 650224;

2. 昆明理工大学化学工程学院, 云南 昆明 650224)

摘 要: 研究漂白紫胶涂膜处理对水果常温保鲜贮藏过程中香气成分的影响。用动态顶空密闭循环式吸附捕集法分别采集涂膜椪柑完整果实在贮藏期(涂膜后 10 ~ 40d)的挥发物, 并进行热脱附-气相色谱/质谱(TCT-GC/MS)分析。结果表明, 其完整果挥发物中的香气组分均为萜烯类化合物及其衍生物, 主要成分柠檬烯在对照样品挥发物中相对含量始终较低(可能挥发高峰在观测开始之前已出现过), 均为(10 ± 3)%, 而经 6% 和 12% 漂白紫胶涂膜处理后在常温贮藏过程中挥发程度减缓(挥发高峰出现在观测阶段的早期), 在挥发物中相对含量分别由 10d 时的 34.67% 和 40.83% 降至 40d 时的 14.64% 和 11.69%, 有利于保持柑橘类水果的特征香气状况; 涂膜对挥发物的缓释作用可通过提高漂白紫胶浓度(即相应增加涂层厚度或致密度)加以强化; 涂层厚度或致密度均匀性的改善可选择在较高浓度涂膜剂中添加纳米 SiO₂ 材料, 使缓释效果更加显著(挥发高峰出现在观测阶段的后期), 柠檬烯在挥发物中相对含量从 10 ~ 20d 期间均较低(分别为 12.41% 和 10.30%), 至 30d 时才增至 19.29%, 而至 40d 时达到 35.16%。

关键词: 椪柑; 紫胶; 涂膜保鲜; 挥发物; 热脱附-气相色谱/质谱

Effect of Shellac Coating Treatment on Volatile Components of Ponkan during the Storage at Room Temperature

ZHENG Hua¹, GAN Jin¹, ZHANG Hong^{1,*}, MA Li-yi¹, ZHANG Wen-wen¹, LI Kai^{1,2}

(1. Key Laboratory of Cultivation and Utilization of Resource Insects, State Forestry Administration, Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China; 2. Faculty of Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract: In order to investigate the effect of shellac coating treatment on volatile components in fruits stored at room temperature, the volatile components was harvested by dynamic head-space absorption trapping method from the intact fruits of *Citrus reticulata* Blanco (Ponkan) with shellac coating during the storage period of 10 - 40 days, and analyzed by thermal cryo-trapping-gas chromatography/mass spectrometry (TCT-GC/MS). Results indicated that terpenes and their derivatives were the predominantly typical compounds among all volatile samples. Limonene, as the major component, was determined at low content of (10 ± 3)% in the control samples, which was probably due to a pre-experimental releasing peak during the storage period; however, the fruits with treatment of 6% and 12% bleached shellac coating exhibited a decrease in limonene content from 34.67% to 14.64% at the 10th day or from 40.83% to 11.69% at the 40th day. Therefore, shellac coating treatment was beneficial to the maintenance of characteristic aroma in citrus fruits. The slow-releasing effect of aroma components could be strengthened by increasing concentration of coating agent, and the membrane uniform could also be improved by adding auxiliaries such as nano-SiO₂. On the other hand, there was a late peak of for the release of limonene, which demonstrated that the content of limonene was increased from 12.41% to 19.29% at the 10th day and from 10.30% to 35.16% at the 40th day.

Key words: *Citrus reticulata* Blanco (Ponkan); lac; coating preservation; volatile; thermal cryo-trapping-gas chromatography/mass spectrometry (TCT-GC/MS)

中图分类号: TS255.2; S379.2; S666.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)24-0440-05

收稿日期: 2010-09-06

基金项目: 中国林业科学研究院资源昆虫研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (rircif200903Z);

国家林业科技成果推广项目([2010]11); 科技部农业科技成果转化资金项目(2010GB24320619)

作者简介: 郑华(1971—), 男, 副研究员, 博士后, 主要从事天然生物资源化学加工及可持续综合利用研究。

E-mail: hua-zheng@sohu.com

* 通信作者: 张弘(1963—), 男, 研究员, 学士, 主要从事林业生物资源化学与利用研究。E-mail: kmzhong@163.com

紫胶是源于昆虫的天然树脂^[1], 具有安全、无毒及成膜性好等优良特性^[2], 其多种制品(含蜡或脱蜡紫胶、脱色紫胶片、漂白紫胶等)均可用做食品添加剂^[3]。近年来, 漂白紫胶涂膜保鲜技术已逐渐发展应用于多种水果的常温贮藏中, 取得较好效果, 前期研究已在漂白紫胶涂膜保鲜剂配方及其处理前后的水果硬度、失水率、腐烂率、VC 含量等理化指标方面进行了较系统的探讨^[4-9]。柑橘作为世界产量最大的水果和第三大国际贸易农产品, 在我国种植广泛, 栽培面积和产量分别居世界第一和第三位^[10], 其中, 椪柑(*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan, 别名芦柑, 名为柑实为橘)原产于我国华南地区, 有“橘中之王”或“亚洲宽皮柑橘之王”等美誉^[11-13], 其保鲜贮藏技术^[14-16]和加工开发利用^[17-18]已得到一定研究, 但尚无其完整果实(以下简称整果)香气的报道。香气是果品的重要感官和理化指标, 对决定风味质量具有特殊意义。本研究对漂白紫胶涂膜处理的椪柑果实进行动态顶空热脱附(thermal cryo-trapping, TCT)-气相色谱/质谱联用(TCT-GC/MS)分析, 探讨其常温贮藏过程中的香气成分变化情况, 以期对漂白紫胶涂膜保鲜技术的优化提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

椪柑: 宾川椪柑(成熟果实), 产自云南省宾川县, 属中熟品种。上市时间 11 月中旬, 果实高桩扁圆形, 果面橙黄色, 单果质量 125 ~ 200 g, 以“一果两剪”法采黄留青, 分批采收, 避免损伤, 轻装轻运, 及时预冷、贮藏处理, 并分为 4 组, 一组作为对照(无漂白紫胶涂膜处理), 其余 3 组分别用质量分数 6% 和 12% 的漂白紫胶涂膜剂以及(质量分数 12% 漂白紫胶涂膜剂 + 纳米 SiO₂)进行处理^[19], 每组选择 4 个成熟度、大小一致的椪柑整果, 以备多次挥发物采集。

吸附剂: Tenax-GR, 进口分装, 填充于美国 Varian 公司 6 × 160mm 玻璃热脱附管中(每管均匀填充 20mg), 管两端带有聚四氟乙烯密封套; 采集袋: 406mm × 444mm 惰性微波专用采集袋, 美国 Reynolds 公司。

1.2 仪器与设备

QC-1 型大气采样仪(配有便携式充电器和手提箱) 北京市劳动保护科学研究所; HT6890 型热解吸仪活化定标器 山东鲁南瑞虹化工有限公司; Trace™ 2000 GC/Voyager MS 气相色谱/质谱联用仪: 配有美国 CP-4010 PTI/TCT 热脱附冷阱(TCT)(Varian 公司 Chrompack)及 Xcalibur 1.4 数据处理系统和标准谱库 NIST02, 其中气相色谱为美国 CE Instruments 公司产品, 质谱为美国 Thermo-Quest 集团 Finnigan 公司产品, 色谱柱为 CP-Sil8 Low Bleed/MS 毛细柱(60m × 0.25mm, 0.25 μm)。

1.3 方法

1.3.1 挥发物捕集

采用动态顶空密闭循环式吸附捕集法^[20-27], 分别捕集 4 组待测椪柑整果常温贮藏 10、20、30、40d 后的挥发物样品, 每样品采集时间 30min, 并控制各采集袋内密闭气体体积、气体流量(100mL/min)、热脱附管内吸附剂填充量等条件相一致。每次采集前均将已填充吸附剂的待用热脱附管在热解吸仪活化定标器上以 100mL/min 流量氮气、270 °C 处理 3h。

1.3.2 热脱附进样

载气压力: 20kPa; 进样口温度: 250 °C; 冷阱温度: -120 °C; 热脱附温度: 250 °C, 保持 10min; 进样时冷阱温度 260 °C, 保持 1min; 柱流速: 2mL/min。

1.3.3 色谱分离条件

升温程序: 40 °C 保持 3min, 以 6 °C/min 升至 250 °C, 保持 3min; 载气压力: 20kPa; 无分流方式。

1.3.4 质谱检测条件

电子轰击(EI)离子源; 电子能量 70eV; GC/MS 接口温度 250 °C; 离子源温度 200 °C; 灯丝电流 150 μA; 溶剂延迟时间 1min; 扫描速度 0.4s/scan; 质量扫描范围 m/z 29 ~ 350。

1.3.5 谱图检索及成分鉴定

由 TCT-GC/MS 操作得到各样品质谱相对丰度图及总离子流(TIC)图。将 TIC 图中各峰代表的化学信息利用专用软件 Xcalibur(版本 1.4)和标准谱库 NIST 02, 结合经典气相色谱保留时间数据和相关化学经验, 进行椪柑不同涂膜处理及其在常温贮藏过程中挥发性成分的鉴定。

2 结果与分析

在相同检测条件下, 易挥发组分通常相对于难挥发组分先出峰(保留时间短), 而根据其在谱图中主要特征离子碎片的质荷比, 结合保留时间数据并参照标准谱库, 可依次确定主要峰对应的化合物。

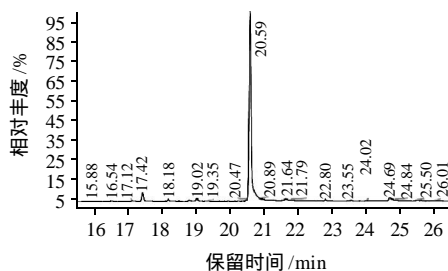


图 1 椪柑整果挥发物的总离子流 TIC 示意图

Fig.1 TIC of volatile components in the intact Ponkan fruits

不同涂膜处理椪柑整果在贮藏过程中的挥发性成分检测结果列于表 1, 表中仅列出正反匹配度(最大值分别为

表 1 不同涂膜处理椪柑整果在贮藏过程中挥发性成分的相对含量比较

Table 1 Comparison on relative contents of volatile components in the intact Ponkan fruits with different coating methods during the storage period

序号	挥发性成分	常温贮藏 10d				常温贮藏 20d				常温贮藏 30d				常温贮藏 40d			
		对照	6%涂	12%涂	+SiO ₂	对照	6%涂	12%涂	+SiO ₂	对照	6%涂	12%涂	+SiO ₂	对照	6%涂	12%涂	+SiO ₂
1	3-崖柏烯	13.72%	3.06%	0.67%	4.53%	4.20%	6.09%	1.15%	3.79%	3.83%	5.77%	3.83%	1.97%	6.73%	6.09%	4.04%	2.16%
2	-蒎烯	12.65%	19.12%	20.09%	25.85%	22.81%	22.07%	12.44%	19.39%	16.97%	16.79%	12.03%	8.04%	28.09%	16.00%	17.76%	12.49%
3	-水芹烯	13.74%	8.42%	2.06%	10.67%	11.10%	18.87%	2.78%	13.75%	13.06%	10.60%	11.09%	8.40%	17.76%	10.31%	10.48%	7.51%
4	-蒎烯	—	—	—	—	12.20%	—	—	11.10%	7.14%	—	5.29%	3.32%	13.96%	—	5.05%	4.29%
5	月桂烯	36.77%	10.19%	8.38%	13.11%	4.40%	29.67%	1.31%	4.82%	4.39%	28.05%	5.85%	6.68%	6.17%	24.97%	5.67%	2.94%
6	癸醛	—	—	—	0.73%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	-水芹烯	—	—	—	—	—	1.33%	—	0.43%	—	1.06%	—	0.26%	0.62%	0.91%	0.47%	0.27%
8	2-萜烯	—	—	—	0.67%	0.68%	1.71%	—	0.64%	0.90%	1.33%	0.74%	0.42%	0.83%	1.30%	0.61%	0.47%
9	柠檬烯	7.83%	34.67%	40.83%	12.41%	11.54%	8.19%	75.17%	10.30%	12.41%	11.79%	22.29%	19.29%	9.03%	14.64%	11.69%	35.16%
10	萜品烯	11.38%	17.73%	27.89%	27.78%	30.65%	9.90%	3.34%	29.12%	35.13%	10.56%	34.67%	32.34%	13.28%	19.62%	40.09%	28.54%
11	4-萜烯	1.49%	—	—	0.40%	0.57%	1.52%	—	0.65%	0.95%	2.09%	0.64%	0.69%	0.76%	1.14%	0.67%	0.58%
12	芳樟醇	—	—	—	0.85%	—	—	—	2.56%	2.32%	6.32%	1.07%	9.90%	1.10%	1.32%	0.77%	2.00%
13	顺-氧化柠檬烯	0.41%	—	—	0.15%	0.01%	—	—	0.83%	—	0.68%	—	—	—	1.19%	—	—
14	反-氧化柠檬烯	0.41%	—	—	0.57%	0.77%	0.40%	—	1.63%	1.81%	1.76%	1.17%	4.90%	1.47%	1.36%	2.41%	2.82%

注：6%涂、12%涂分别表示用质量分数6%、12%的漂白紫胶涂膜剂进行处理，+SiO₂表示用质量分数12%的漂白紫胶涂膜剂+纳米SiO₂进行处理，对照为无漂白紫胶涂膜处理，下同。“—”表示未检出。

1000)均大于800的化合物。挥发物TCT-GC/MS检测的TIC示意图见图1(因篇幅所限，仅列示16张谱图中的一张)。

由表1可见，椪柑整果挥发性成分中绝大多数为萜烯类成分，其次为萜类衍生物(萜醇和萜烯氧化物)，其他化合物成分仅在单个样品中检测到相对含量很低的癸醛。所有椪柑样品中均能检出的挥发性化合物成分为6种萜烯，即3-崖柏烯、-蒎烯、-水芹烯、月桂烯、柠檬烯和萜品烯。

2.1 椪柑(整果)挥发物中柠檬烯在涂膜保鲜后贮藏过程中的变化

根据表1数据，在严格按照1.3.1节控制挥发物捕集条件一致的前提下，将各样品挥发物中柠檬烯相对百分含量(归一化含量)进行对比，如图2所示。

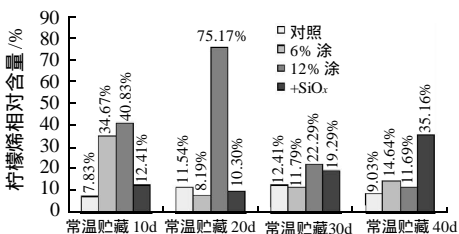


图 2 不同涂膜处理椪柑挥发物在贮藏过程中柠檬烯相对含量的比较
Fig.2 Comparison on relative contents of terpenes in volatile components among different coated intact Ponkan fruits during the storage period

图2显示，漂白紫胶涂膜保鲜处理总体上对椪柑整果挥发物中的柠檬烯具有保持、缓释作用：1)对照样品由于无漂白紫胶涂膜处理，作为椪柑挥发物中的优势成分——柠檬烯在贮藏期间释放量相对比较稳定，一般为

(10 ± 3)%；2)用6%漂白紫胶涂膜剂处理后，椪柑表面的紫胶膜涂层对挥发物释放起到一定程度的抑制作用，柠檬烯在贮藏实验起始阶段未大量逸散，至常温贮藏10d时才检出有较明显挥发(在挥发物中相对含量约35%)，其后从贮藏20~40d期间仍有较低量的释放；3)用12%漂白紫胶涂膜剂处理后，椪柑表面的紫胶膜涂层厚度增加、致密性提高，总体上使涂层对挥发物释放的抑制效果强化，柠檬烯在贮藏实验起始阶段未大量逸散，至常温贮藏10d时才检出有较明显挥发(在挥发物中相对含量约40%)，至常温贮藏20d时缓释出更多的柠檬烯(在挥发物中相对含量约75%)，其后从贮藏30~40d期间仍有较低量的释放，但仅增加涂膜剂浓度易导致紫胶膜在椪柑表面厚度或致密度分布不均，有时对挥发物逸散的抑制作用并不比较低浓度涂膜剂用量条件下更好，如在常温贮藏10d时，用12%漂白紫胶涂膜剂处理的样品挥发出的柠檬烯相对含量就略高于用6%漂白紫胶涂膜剂处理的样品；4)为涂膜剂质量分数增加引起涂层厚薄不均的问题，在12%漂白紫胶涂膜剂中添加适当的纳米SiO₂材料，椪柑表面紫胶膜涂层的均一性得以显著改善，可见挥发物中柠檬烯在贮藏过程中的缓释效应更加明显，从贮藏10~20d期间释放量均较低，至贮藏30d时挥发出的柠檬烯相对含量才增至20%左右，而至贮藏40d时又检出更明显挥发(在挥发物中相对含量约35%)。

2.2 椪柑(整果)挥发物中其他成分在涂膜保鲜后贮藏过程中的变化

表1显示，经漂白紫胶涂膜保鲜处理后10~40d常温贮藏期间，椪柑整果挥发物中的月桂烯和萜品烯相对含量无稳定的变化规律，其原因有待进一步探讨。

在椪柑(整果)挥发物中检出的其他萜烯成分还有

3- 崖柏烯、 α -蒎烯、 β -水芹烯等, 种数多于周林等^[28]的报道而少于贾德翠等^[29]的报道。

芳樟醇是广泛存在的天然香料, 有百合花和柑橘类香气^[3], 从表 1 可见, 漂白紫胶涂膜总体上能使芳樟醇挥发缓释, 多数样品在常温贮藏 10~20d 期间未检出芳樟醇释放, 而在 30~40d 期间则所有样品均可检出挥发物中有芳樟醇。研究检出少数样品挥发物中有顺式氧化柠檬烯, 多数样品挥发物中有反式氧化柠檬烯, 但二者相对含量都较低; 根据表 1, 在检出氧化柠檬烯挥发的样品中, 从贮藏 10~40d 期间, 总体上同样是前期释放量较少而后期增多, 涂膜使氧化柠檬烯缓释的效应也较明显。

3 讨 论

柠檬烯是柑橘类果皮精油中含量最高的特征成分, 在不同研究者用不同方法对桉柑材料进行提取的报道中, 柠檬烯含量悬殊较大, 如周林等^[28]报道为 77.20%, 贾德翠等^[29]测定为 60.4%, Sawamura 等^[30]检出含量更高达 80.3%, 而 Chutia 等^[31]分析出仅有 46.7%。因此, 桉柑的果品状况和贮藏条件差异可能会导致柠檬烯挥发程度不同。

α -蒎烯、月桂烯等成分在国内有关桉柑果皮精油的研究中也有报道^[28-29], 但周林等^[28]检出的月桂烯是 β -月桂烯而贾德翠等^[29]检出的是 α -月桂烯, 两篇报道均未提及 β -水芹烯。由于精油是采用蒸馏法、溶剂萃取法或两者相结合的方法提取制得, 与本研究通过吸附-热脱附法来捕集-解吸并检测挥发物成分在技术原理上不同, 因此, 精油与挥发物反映的是不同角度的桉柑化学组成, 二者不能相互替代。此外, 月桂烯和蒎品烯均存在不同异构体, 本研究采用的检索条件不能确定挥发物中的月桂烯是 α -月桂烯还是 β -月桂烯, 查阅其他文献也无足够证据支持周林等^[28]或贾德翠等^[29]的结果, 因此本实验将该成分统一归为月桂烯, 这同 Sawamura 等^[30]关于桉柑冷榨油以及 Chutia 等^[31]关于桉柑精油的分析结果相一致; 关于蒎品烯, 周林等^[28]报道认为桉柑皮精油中含有 β -蒎品烯, 而 Sawamura 等^[30]则在桉柑冷榨油成分分析中检测出 α -蒎品烯, 本研究查阅文献^[3]关于 α -蒎品烯和 β -蒎品烯的制法, 认为桉柑整果挥发物中的蒎品烯是 β -蒎品烯的可能性更大, 但仍需进一步研究予以确证。

本研究未检出周林等^[28]报道的桉烯、 β -异松油烯, 对其报道的萜烯则分别在本研究中检出了 2-萜烯和 4-萜烯; 贾德翠等^[29]报道桉柑果皮精油中有 21 个蒎烯类化合物成分, 但其成分序号 22 和 30 均为 β -榄香烯(不知何故), 本研究检出的 α -蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯、柠檬烯、4-萜烯等同该报道有相似或相同之处。

本研究中检出的顺、反式氧化柠檬烯含量较低, 但有相对含量数据; 而 Chutia 等^[31]在桉柑精油的分析中仅提到这 2 种柠檬烯氧化物的含量均为痕量(trace), 未测出具体数据。

4 结 论

4.1 桉柑完整果实经漂白紫胶涂膜保鲜处理后 10~40d 常温贮藏, 其挥发物中的主要香气组分均为蒎烯类化合物及其衍生物, 除特征成分柠檬烯外, 3-崖柏烯、 α -蒎烯、 β -水芹烯、月桂烯、柠檬烯和蒎品烯等也在各贮藏阶段的所有样品中均有检出。

4.2 桉柑完整果实经漂白紫胶涂膜处理, 有利于在常温贮藏过程中减缓柠檬烯的挥发, 保持柑橘类水果的特征香气成分, 且提高涂膜剂浓度可强化对柠檬烯释放的抑制作用, 但其仅通过增加涂层厚度或致密度达到的效果可能因涂层均匀性难以控制而降低, 改善的方法可选择在较高浓度涂膜剂中添加纳米 SiO₂ 材料。

4.3 漂白紫胶涂膜保鲜处理后 10~40d 常温贮藏过程中, 蒎烯醇和蒎烯氧化物的挥发也呈缓释状况, 挥发物中检出的氧化柠檬烯多数为反式。

参 考 文 献 :

- [1] STUMMER S, SALAR-BEHZADI S, UNGER F M, et al. Application of shellac for the development of probiotic formulations[J]. Food Research International, 2010, 43 (5): 1312-1320.
- [2] LI Kai, ZHANG Hong, ZHENG Hua, et al. A new variety of food hydrocolloid: modified lac resin by hydrogen peroxide oxidation[C]// The 10th International Hydrocolloids Conference. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2010: 137.
- [3] ANTIC D, BLAGOJEVIC B, DUCIC M, et al. Treatment of cattle hides with Shellac-in-ethanol solution to reduce bacterial transferability: a preliminary study[J]. Meat Science, 2010, 85 (1): 77-81.
- [4] 马李一, 甘瑾, 殷宁, 等. 天然涂膜保鲜剂对青脆李的贮藏保鲜作用[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30 (7): 135-138.
- [5] 马李一, 甘瑾, 殷宁, 等. 纳米 SiO₂ 在涂膜保鲜剂中的应用[J]. 北京林业大学学报, 2004, 24 (6): 98-101.
- [6] 甘瑾, 马李一, 张弘, 等. 漂白胶对芒果贮藏保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2005, 26 (1): 242-244.
- [7] 甘瑾, 马李一, 张弘, 等. 漂白胶天然保鲜剂对芒果保鲜效果的研究[J]. 广西农业生物科学, 2005, 24 (1): 54-57.
- [8] 甘瑾, 马李一, 张弘, 等. 漂白紫胶涂膜对甜樱桃常温贮藏品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25 (3): 650-654.
- [9] 甘瑾, 张弘, 马李一, 等. 漂白紫胶涂膜对苹果常温贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30 (24): 444-447.
- [10] 徐贵华, 胡玉霞, 叶兴乾, 等. 桉柑、温州蜜桔果皮中酚类物质组成及抗氧化能力研究[J]. 食品科学, 2007, 28 (11): 171-175.
- [11] 李玲玲, 王贵元. 柑橘着色促进剂对 8306 桉柑果实品质的影响[J]. 现代农业科技, 2008(15): 24-25.
- [12] 沈兆敏. 我国桉柑现状及发展对策[J]. 果农之友, 2006(7): 8-9.
- [13] 刘春荣, 方培林, 郑雪良. 桉柑果实商品化处理技术[J]. 江西园艺, 2005(1): 14-15.
- [14] 刘灿明, 熊远福, 罗华云. 壳聚糖保鲜桉柑的机理与效果研究[J]. 食

- 品研究与开发, 2004, 25(2): 53-55.
- [15] 蔡金术. 二氧化氯处理槿柑贮藏效果试验[J]. 广西热带农业, 2006 (6): 16-17.
- [16] 李国康, 黄云昌. 几种防腐保鲜剂组合对槿柑贮藏病害的防效试验[J]. 中国南方果树, 2010, 39 (2): 20-21.
- [17] 余小林, 徐步前, 曾贤强. 余甘子-槿柑复合果汁饮料加工工艺研究[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 139-141; 144.
- [18] 高一勇, 詹忠根, 陆旋等. 槿柑中柠檬苦素开发与产业化应用[J]. 现代商业, 2009(6): 115-117.
- [19] 甘瑾, 张弘, 马李一, 等. 纳米 SiO_2 漂白紫胶复合膜对槿柑常温贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30 (18): 385-388.
- [20] 郑华. 北京市绿色嗅觉环境质量评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2002.
- [21] 郑华, 金幼菊, 周金星, 等. 活体珍珠梅挥发物释放的季节性及其对人体脑波影响的初探[J]. 林业科学研究, 2003, 16 (3): 328-334.
- [22] 郑华, 张弘, 张汝国, 等. 云南特产“小三年”芒果不同成熟期香气成分的差异[J]. 食品科学, 2008, 29 (10): 487-490.
- [23] 张弘, 郑华, 冯颖, 等. 金枕榴莲果实挥发性成分的热脱附-气相色谱/质谱分析[J]. 食品科学, 2008, 29 (10): 517-519.
- [24] 郑华, 张汝国, 于连松, 等. 热脱附-气相色谱/质谱分析菠萝果实香气研究[J]. 广东农业科学, 2009(5): 122-123; 149.
- [25] 郑华, 于连松, 张汝国, 等. 番木瓜果实香气的热脱附-气相色谱/质谱分析[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(5): 1235-1237.
- [26] 郑华, 孔永强, 张汝国, 等. 云南产皱皮木瓜挥发物的热脱附-气相色谱/质谱联用分析[J]. 云南农业大学学报, 2010, 25 (1): 135-142.
- [27] 郑华, 张弘, 甘瑾, 等. 菠萝蜜果实挥发物的热脱附-气相色谱/质谱(TCT-GC/MS)联用分析[J]. 食品科学, 2010, 31 (6): 141-144.
- [28] 周林, 罗志刚. 槿柑皮精油的提取工艺及成分鉴定[J]. 广东化工, 2005, 32 (9): 58-60.
- [29] 贾德翠, 涂洪强, 王仁才, 等. 槿柑果皮精油成分的GC-MS分析[J]. 湖南农业科学, 2009(2): 105-107.
- [30] SAWAMURA M, TU N T M, ONISHI Y, et al. Characteristic odor components of *Citrus reticulata* Blanco (Ponkan) cold-pressed oil[J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2004, 68(8): 1690-1697.
- [31] CHUTIA M, BHUYAN P D, PATHAK M G, et al. Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India[J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42 (3): 777-780.