

贮藏温度对柑橘果肉中柠檬苦素和柚皮苷含量变化的影响

丁帆 刘宝贞 王壮 邓秀新 徐娟^{* * *}

华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室/园艺植物生物学教育部重点实验室/
华中农业大学园艺林学学院,武汉 430070

摘要 将国庆1号和国庆3号温州蜜柑的成熟果实分别贮藏于4℃和常温下,利用高效液相色谱法检测贮藏过程中果肉主要苦味物质的含量变化。结果表明:2个品种的成熟果肉中检测不到诺米林,采后0 d柚皮苷含量为柠檬苦素的10倍以上;在4℃和常温贮藏时,柠檬苦素和柚皮苷含量总体上均呈增加的趋势,有一定波动,但冷库贮藏时变化较剧烈;国庆1号受低温影响较大,使其在几个时期的2种苦味物质含量发生了显著变化;4℃低温贮藏利于苦味物质的增加,柠檬苦素尤甚,而贮后0~20 d是其敏感时期。

关键词 温州蜜柑(*Citrus unshiu* Marc.); 柠檬苦素; 柚皮苷; 贮藏温度

中图分类号 S 666.409⁺.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)02-0221-06

引起柑橘果实或果汁苦味的物质主要有2类,一类是柠檬苦素类似物(limonoids),其代表物质是柠檬苦素(limonin)和诺米林(nomilin),它们是中性的柠檬苦素化合物或配基^[1],属于苦味物质中的萜类^[2-3];另一类是类黄酮化合物(flavonoids),其代表物质是柚皮苷(naringin)及其同属黄酮糖苷类(flavanone glycoside)的橙皮苷(hesperidin)、新橙皮苷(neohesperidin)和枸橼苷(poncirin)等^[4],它们属于苦味物质中的糖苷类^[3]。出于消费者本能的拒食心理,苦味被认为是不良口感,所以,在橙汁或葡萄柚汁加工中常将脱苦或添加苦味抑制剂等作为重要的技术环节^[5-8];另一方面,又因其对人体的抗癌、抗病毒等生理活性而倍受关注^[9]。因此,果实中苦味品质的形成研究是柑橘加工(含果汁加工和皮渣综合利用)和鲜食品质研究的重要内容。

本研究探讨贮藏温度对柑橘果肉中主要苦味物质含量变化的影响。选取早熟温州蜜柑(*Citrus unshiu* Marc.)中的国庆1号和国庆3号为试材,因其果皮较薄、果形相对较小,贮藏温度对果实内部物质代谢的影响可能较大。相关研究可为柑橘果实采后苦味品质变化规律提供参考,还可为指导采后贮藏方式的选择提供理论依据。

材料与方法

材料

供试果实采自华中农业大学国家柑橘育种中心资源圃。所选品种为国庆1号和国庆3号。果园常规管理,采样树为枳砧,树龄16 a。在果实的成熟期,每品种选取6株生长势中庸的树体,按不同方位取生长健康、外形及成熟度较均一的果实。果实采后分别在4℃(冷库贮藏)和室温条件下贮藏(常温贮藏),自2007年11月7日(采后0 d)到2008年1月25日(采后80 d)每隔20 d取1次样,混合取样,共取样5次。每次取样含3个重复,每重复3个果实。每次取样后剥除果皮,将果肉保存于-80℃冰箱中备用。

样品制备方法

1) 柠檬苦素标准品的配制。用乙腈溶解后定容为 $C_0 = 1 \text{ mg/mL}$ 母液。取 $100 \mu\text{L}$,加入适量乙腈稀释至 $C_1 = 256 \mu\text{g/mL}$,再等比稀释至 $C_2 = 128、64、32、16、8、4、2、1 \mu\text{g/mL}$ 的系列标准溶液。

2) 柚皮苷标准品的配制。依据柚皮苷的溶解性,提取溶剂选用V二甲基亚砜 V甲醇 = 1 : 1的混合溶液。将标准品用提取溶剂溶解后定容为 $C_0 =$

收稿日期:2009-08-21;修回日期:2009-11-03

* 湖北省杰出青年人才项目(2009CDA126)、农业部公益性行业科技专项(柑橘模式化栽培与贮藏技术研究3-7)资助

** 通讯作者。E-mail: xujuan@mail.hzau.edu.cn

丁帆,男,1982年生,硕士研究生。研究方向:果实品质形成机理。E-mail: dingfan_wh@sina.com

2 mg/mL 的母液。取母液 200 μ L, 加入适量提取溶剂稀释至 = 1 024 μ g/mL, 然后等比稀释至 = 512、256、128、64、32、16、8、4、2、1 μ g/mL 的系列标准溶液。

样品中主要苦味物质的提取

1) 柠檬苦素和诺米林的提取。将样品加入液氮研磨成粉末, 称取 3 g 加入固相萃取仪中, 参考 Sun 等^[10]所使用的提取溶剂, 加入 50 mL 二氯甲烷, 采用索氏提取方式回流提取 15 个循环(约 3 h), 回收提取液, 真空浓缩至干, 用乙腈定容至 1 mL, 经 0.22 μ m 微孔滤膜过滤后待测。

2) 柚皮苷的提取。将样品加入液氮研磨成粉末, 称取 3 g 放入 50 mL 离心管中, 加入 10 mL 提取溶剂充分振荡, 超声波萃取 30 min, 过滤, 弃滤渣, 滤液定容至 10 mL, 取 1 mL 经 0.22 μ m 微孔滤膜过滤后待测。

检测条件与数据分析方法

1) 主要苦味物质的检测。使用高效液相色谱法, 采用 Waters1525 高效液相色谱仪, 配二极管阵列检测器(PDA), C_{18} 色谱柱(规格为 4.6 mm \times 150 mm, 5 μ m 粒度)(美国 Agilent), KHS-1 型固相萃取仪(德国 IKA), FS60 型超声波清洗仪(美国 Fisher Scientific), 5301 型真空浓缩仪(德国 Eppendorf Concentrator)。

2) 柠檬苦素和诺米林的 HPLC 检测条件。检测流动相采用 $V_{乙腈} : V_{10\% 甲醇} = 40 : 60$ 等度洗脱; 流速 1 mL/min; 检测波长 210 nm; 进样量 20 μ L; 柱温为室温。

3) 柚皮苷的 HPLC 检测条件。采用的流动相参照文献[11], 将其 B 液的水相改为 10% 乙腈, 即 A 相为乙腈, B 相为 10% 乙腈, 梯度洗脱。0 ~ 8 min: A 23%; 8 ~ 15 min: A 23% ~ 65%; 15 ~ 20 min: A 65% ~ 70%; 20 ~ 21 min: A 70% ~ 23%; 21 ~ 25 min: A 23%。流速 1 mL/min; 检测波长 285 nm; 进样量 20 μ L; 柱温为室温。

色谱纯乙腈和甲醇购自美国 Fisher 公司。二氯甲烷和二甲亚砜为分析纯。柠檬苦素、诺米林和柚皮苷标准品(HPLC 纯)购自美国 Sigma 公司。实验用水为超纯水。

4) 数据分析方法。物质的定性通过标准品在 HPLC 上的保留时间和特征吸收光谱进行双重鉴定, 外标法定量。采用 Waters 高效液相色谱仪 Empower2 软件(美国 Waters)控制及数据处理系

统对色谱结果进行处理。应用 Excel 数据处理软件(美国 Microsoft)进行数据处理和标准曲线的绘制, 应用 SAS 软件(美国 SAS Institute INC)做差异显著性分析。

结果与分析

种苦味物质 检测条件的优化

利用高效液相色谱仪上的二极管阵列检测器对柠檬苦素和诺米林进行 190 ~ 710 nm 全波段扫描, 发现柠檬苦素和诺米林在 210 nm 下出现最大吸收峰, 柚皮苷在 285 nm 下出现最大吸收峰, 故选择 210 nm 为柠檬苦素和诺米林的检测波长, 285 nm 为柚皮苷的检测波长。国庆 1 号果肉中柠檬苦素和柚皮苷的液相色谱图和特征吸收光谱如图 1 示。

将配置好的标准品分别进高效液相色谱检测, 分别以柠檬苦素和柚皮苷的质量浓度作为横坐标, 色谱峰面积为纵坐标, 绘制标准曲线, 并计算其回归方程。回归方程分别为柠檬苦素 $Y = 1\ 330X + 1\ 130$ (线性范围 1 ~ 256 μ g/mL), 相关系数 $r = 0.999\ 8$; 柚皮苷 $Y = 4\ 620X - 199$ (线性范围 1 ~ 1 024 μ g/mL), 相关系数 $r = 0.999\ 9$, 达极显著水平。将一定质量浓度的柠檬苦素和柚皮苷标准样品每隔 1 h 进 1 次样, 各重复 5 次, 其质量浓度标准差分别为 4.70% 和 2.51%, 均小于 5%, 说明该检测方法有较好的稳定性。在同样的色谱条件下, 短时间内重复测定一定质量浓度的柠檬苦素和柚皮苷各 5 次, 其标准差分别为 1.91% 和 4.37%, 证明该方法有较好的精密度。测定平均回收率时, 在已知含量的柑橘果实样品中分别加入不同质量浓度的柚皮苷和柠檬苦素的标准溶液, 依照样品提取方法提取苦味物质并进行检测, 平均回收率均达 93% 以上。以相当于 3 倍噪声的待测物质质量浓度作为检测限, 噪声响应面积为 1 314, 根据回归方程计算得柠檬苦素和柚皮苷检测限分别为: 0.138 μ g/mL 和 0.328 μ g/mL。

贮藏过程中柠檬苦素含量的变化

如图 2 示, 国庆 1 号和国庆 3 号温州蜜柑成熟果实的果肉中柠檬苦素含量分别为 (5.11 \pm 0.87) μ g/g 和 (3.16 \pm 0.70) μ g/g (采后 0 d), 在 2 种贮藏条件下, 随贮藏时间的延长, 2 个品种果肉中该物质含量均呈总体增加的趋势。

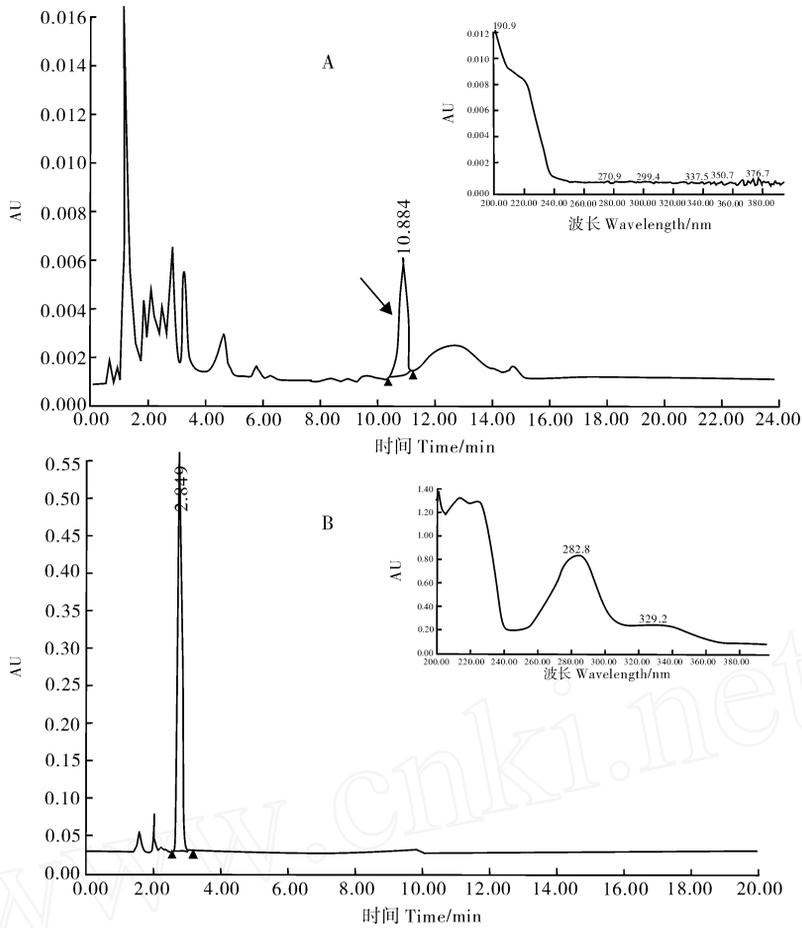


图 1 国庆 1 号果肉中柠檬苦素(A)和柚皮苷(B) HPLC 色谱图及特征光谱图(右上角)

Fig. 1 HPLC chromatogram and characteristic spectrum(up right corner) of limonin (A) and naringin (B) contained in pulp of *C. unshiu* 'Guoqing No. 1'

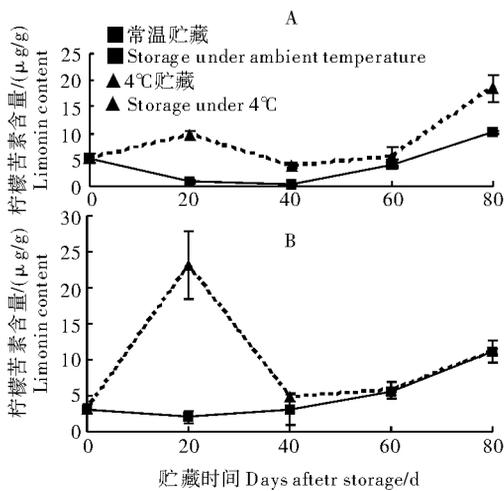


图 2 国庆 1 号(A)和国庆 3 号(B)贮藏过程中柠檬苦素含量变化(n=3)

Fig. 2 Changes of limonin content in pulp of 'Guoqing No. 1' (A) and 'Guoqing No. 3' (B) satsuma mandarin during storage (n=3)

在常温贮藏条件下,在 0~40 d 和 40~80 d 两个阶段,国庆 1 号和国庆 3 号果肉中柠檬苦素的含量均呈现出先下降后上升的过程;所不同的是,在下降阶段,国庆 3 号的含量变化幅度较小。2 个品种果肉中柠檬苦素含量的最低值均出现在贮后 40 d 左右,分别达 $(0.29 \pm 0.08) \mu\text{g/g}$ 和 $(3.15 \pm 2.12) \mu\text{g/g}$ 。

在冷库贮藏条件下,整个贮藏期可分为 3 个阶段:0~20 d,20~40 d 及 40~80 d。在这 3 个阶段内,2 个品种果肉中柠檬苦素的含量均呈现上升、下降再上升的过程。2 个品种的不同之处仅在于国庆 3 号的总体变化幅度较大,于贮后 20 d 时出现最高值,为 $(23.14 \pm 4.70) \mu\text{g/g}$,40 d 时出现最低值,为 $(4.77 \pm 0.61) \mu\text{g/g}$;而国庆 1 号的最高值则出现在贮后 80 d,达 $(18.48 \pm 2.48) \mu\text{g/g}$,并同样于贮后 40 d 出现最低值,为 $(3.86 \pm 0.49) \mu\text{g/g}$ 。

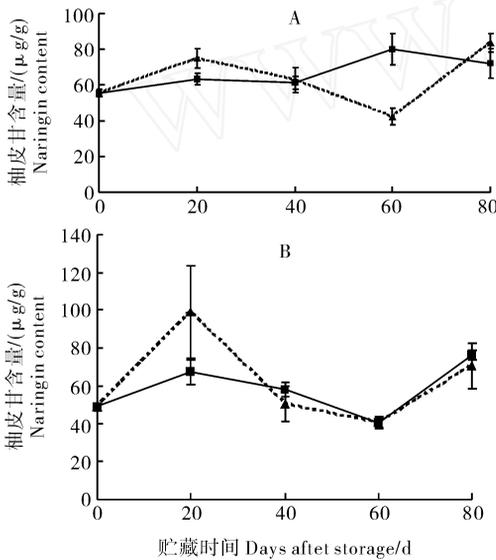
2 种贮藏条件相比,2 个品种中柠檬苦素含量在

常温下变化均较平缓;冷库贮藏时,贮后0~20 d的柠檬苦素含量均呈显著上升的趋势;在20、40和80 d时,冷库条件下国庆1号果肉中柠檬苦素的含量较常温下显著增加($P < 0.05$,下同),如:贮后80 d时,冷库贮藏的国庆1号中的柠檬苦素达 $(18.48 \pm 2.48) \mu\text{g/g}$,显著高于常温贮藏的 $(10.10 \pm 0.24) \mu\text{g/g}$ 。对国庆3号而言,仅在贮藏20 d时,观察到柠檬苦素在冷库条件下的显著增加:从常温下的 $(2.04 \pm 0.87) \mu\text{g/g}$ 显著上升至 $(23.14 \pm 4.70) \mu\text{g/g}$ 之后,2种贮藏方式对该品种柠檬苦素的含量影响较小,差异不显著。

国庆1号和国庆3号果肉在整个时期均未检测出诺米林。

贮藏过程中柚皮苷含量的变化

国庆1号和国庆3号温州蜜柑成熟果实贮藏过程中柚皮苷含量变化如图3所示。国庆1号和国庆3号温州蜜柑成熟果肉中柚皮苷含量相近,分别为 $(55.50 \pm 2.10) \mu\text{g/g}$ 和 $(48.97 \pm 2.30) \mu\text{g/g}$ (采后0 d),是柠檬苦素含量的10倍以上。



A: 国庆1号 'Guoqing No. 1' satsuma mandarin; B: 国庆3号 ($n=3$) 'Guoqing No. 3' satsuma mandarin ($n=3$).

图3 温州蜜柑贮藏过程柚皮苷含量变化

Fig. 3 Changes of naringin content in pulp of satsuma mandarins during storage

常温贮藏条件下,2个品种果肉中的柚皮苷含量总体上呈现增加的趋势,且有波动情况存在。在贮藏0~20 d和20~40 d两个时期,均经历了少量上升和下降的过程,但仅国庆3号出现显著差异。在贮后40~80 d,2个品种的变化趋势有所不同:国

庆1号经历了急剧上升(40~60 d)和平缓下降(60~80 d)的2个阶段,从贮藏40 d时的 $(61.28 \pm 3.59) \mu\text{g/g}$ 急剧增加至60 d时的 $(80.02 \pm 9.00) \mu\text{g/g}$,并于80 d时稍有回落,与同期国庆3号中含量相当: $(76.13 \pm 2.49) \mu\text{g/g}$;而国庆3号在此期间的变化规律恰好与国庆1号的相反,先于贮后40~60 d呈下降趋势,由 $(57.95 \pm 3.99) \mu\text{g/g}$ 显著下降为 $(40.56 \pm 2.80) \mu\text{g/g}$,而后急剧上升至与国庆1号的含量相当。

冷库贮藏时,2个品种呈现相同的变化趋势,总体呈增加的趋势,且有波动。二者均于贮后0~20 d、20~60 d和60~80 d三个阶段内分别呈现上升、下降和再上升的变化过程。不同之处在于贮后20 d时国庆3号的变化较剧烈,从0 d时的 $(48.97 \pm 2.30) \mu\text{g/g}$ 显著增加到 $(98.73 \pm 24.93) \mu\text{g/g}$,国庆1号的则从 $(55.50 \pm 2.10) \mu\text{g/g}$ 显著增加到 $(74.90 \pm 3.25) \mu\text{g/g}$ 。在60~80 d时,国庆1号的变化显得较为剧烈,从 $(42.22 \pm 4.77) \mu\text{g/g}$ 显著上升到 $(83.73 \pm 5.16) \mu\text{g/g}$,而此期国庆3号的则从 $(40.10 \pm 2.94) \mu\text{g/g}$ 显著上升至 $(70.73 \pm 11.78) \mu\text{g/g}$ 。

2种贮藏条件相比,国庆1号中柚皮苷含量在贮藏40 d后的变化规律呈相反的趋势:常温贮藏的经历了上升(40~60 d)和下降(60~80 d)2个阶段,其含量最低值出现在0 d时,为 $(55.50 \pm 2.10) \mu\text{g/g}$;而冷库条件下国庆1号中的柚皮苷含量则经历了下降(40~60 d)和上升(60~80 d)2个阶段,其含量最低值出现在60 d时,为 $(42.22 \pm 4.77) \mu\text{g/g}$,且在贮藏20和60 d时,2种条件下柚皮苷含量差异显著。但是,国庆3号中柚皮苷含量在2种贮藏条件下的变化规律保持一致,其各个对应时期的柚皮苷含量均无显著差异,仅在贮后20 d时冷库条件下出现全时期的最高值,达 $(98.73 \pm 24.93) \mu\text{g/g}$ 。

讨论

国庆1号和国庆3号温州蜜柑果肉中主要的苦味成分

柑橘及其近缘属植物中柠檬苦素类似物的生物合成途径有4种:柠檬苦素群、卡拉敏群、宜昌根辛群及醋酸酯类柠檬苦素类似物群。在温州蜜柑中,柠檬苦素的生物合成遵循柠檬苦素群途径。在此群中,诺米林是柠檬苦素类似物的前体,在茎的筛管中

合成,并向叶、果实和种子等其他器官转运。茎以外的其它器官完全不进行柠檬苦素类似物的生物合成,但可经诺米林进行其它类似物的转化^[1,12-14]。经检测,不同种类柑橘的成熟果实中柠檬苦素和诺米林的含量均以种子最高,果皮次之,果汁或汁胞中含量最低,囊衣中含量也较为可观^[10]。本研究在 2 个温州蜜柑品种的果肉中都检测不到诺米林(配基),可能经糖苷化形成了具有一定抗癌活性、苦味小的诺米林配糖体^[11],也可能经转化形成了其它柠檬苦素类似物。

在整个贮藏期间,2 个品种果肉中的苦味物质以柚皮苷为主,多数情况下可达柠檬苦素的 4 倍以上。据研究,柠檬苦素的苦味阈值约 1 mg/L,而柚皮苷则为 20~30 mg/L^[15]。感官品评结果表明,虽然橙汁中柚皮苷的含量是柠檬苦素的 8~90 倍,但橙汁的苦味感随柠檬苦素的含量增大而加重,因而柠檬苦素是其中主要的苦味成分^[16]。

因此,就本试验而言,虽然在含量上占优,但由于苦味阈值高,柚皮苷不是引发国庆 1 号和 3 号温州蜜柑果肉苦味的主要物质。柠檬苦素对温州蜜柑果肉苦味的主要贡献可结合电子舌等的研究得到进一步证实。

苦味物质含量受低温影响的敏感时期

柑橘果实采后脱离了树体,其类胡萝卜素可以在采后进行再合成^[17-18]。由采后 2 种苦味物质都呈总体增加的趋势,推测柚皮苷等类黄酮化合物可能也具有采后合成特性。由于柑橘中叶、果实及种子等部位完全不进行柠檬苦素类似物的生物合成,柠檬苦素在贮藏期间含量的增加则与类柠檬苦素的转化有关。

本研究表明,贮后 0~20 d 冷库贮藏均引起 2 个温州蜜柑品种果肉中柠檬苦素和柚皮苷含量的显著上升,因此认为采后 0~20 d 是苦味物质受温度影响而变化的敏感时期。其中,柠檬苦素的增加可能与剧烈温差有关。因为成熟果实冷害和机械损伤会使无味的柠檬苦素-A-环内酯转化为柠檬苦素的速度加快,致苦味加剧^[9,19]。推测此期间室外采收温度与冷库的较大温差加速了由柠檬苦素 D 环内酯水解酶催化的上述酶促反应,导致柠檬苦素的升高。冷库贮藏导致柚皮苷生物合成量显著增加的原因有待进一步研究,可能源于植物自身的防御反应,提高了生物抗氧化性。

有趣的是,常温下贮藏 20~40 d 时,2 个品种果

肉中柠檬苦素和柚皮苷含量都分别保持大致恒定的状态(差异不显著),而冷库贮藏条件下其含量都出现了回落现象。它可能预示有调节因子使贮藏期间的 2 种主要苦味物质在含量上分别保持某种恒定,也可能暗示只有剧烈的温度变化才对这 2 种苦味物质的合成和/或转化起作用。

国庆 3 号果肉中苦味物质的含量变化

2 种不同贮藏条件相比,各相应时期柠檬苦素和柚皮苷的含量在国庆 3 号果肉中差异大都不显著,仅在贮藏 20 d 时,柠檬苦素含量出现了显著差异。可以认为贮藏 20 d 以后,贮藏温度对国庆 3 号中柠檬苦素和柚皮苷等苦味物质的采后合成和/或转化没有影响或影响较小。而在国庆 1 号果肉中,冷库环境在贮后 20、40 和 80 d 的几个相应时期显著促进了柠檬苦素的转化,对柚皮苷的影响小于柠檬苦素(仅在贮后 20 d 时有显著增加,贮后 60 d 时显著降低)。因此,相比而言,国庆 1 号果肉中苦味物质的含量变化对贮藏温度较敏感;4 低温贮藏促使 2 个品种温州蜜柑果肉中柠檬苦素和柚皮苷在含量上发生了改变,对柠檬苦素的促进作用尤甚,使苦味增加;而且,2 种苦味物质含量发生显著变化的非同步性说明贮藏中发生的果实失水现象不是其主要原因。国庆 1 号和国庆 3 号对贮藏温度反应差异的原因有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 唐传核. 植物功能性食品[M]. 北京:化学工业出版社,2004:201-205.
- [2] 孙崇德,陈昆松,陈青俊,等. 柑橘果实中天然柠檬苦素和诺米林素的提取、鉴别与检测[J]. 中国食品学报,2004,4(1):6-11.
- [3] 张开诚. 苦味机理与苦味抑制技术研究概况[J]. 中国调味品,2004(11):39-42.
- [4] ROUSEFF R L. Flavonoids and citrus quality[M]// NAGY S, ATTAWAY J A. *Citrus nutrition and quality*. Washington DC:American Chemical Society,1980:83-108.
- [5] 孙志高,黄学根,焦必宁. 柑橘果实主要苦味成分的分布及橙汁脱苦技术研究[J]. 食品科学,2005,26(6):146-148.
- [6] 邹应龙,胡阳,黄高凌,等. 几种柑橘类果汁中主要苦味物在加工过程中含量变化的研究[J]. 中国食品学报,2008,8(5):104-108.
- [7] RIBEIRO M H L, SILVEIRA D, FERREIRA-DIAS S. Selective adsorption of limonin and naringin from orange juice to natural and synthetic adsorbents [J]. *Eur Food Res Technol*, 2002,215:462-471.
- [8] LEE H S, KIM J G. Effects of debittering on red grapefruit juice concentrate[J]. *Food Chem*,2003,82(2):177-180.

- [9] MANNERS G D. Citrus limonoids :analysis ,bioactivity ,and biomedical prospects [J]. J Agric Food Chem ,2007 ,55 :8285-8294.
- [10] SUN C D , CHEN K S , CHEN Y ,et al. Contents and antioxidant capacity of limonin and nomilin in different tissues of citrus fruit of four cultivars during fruit growth and maturation [J]. Food Chem ,2005 ,93(4) :599-605.
- [11] RIBEIRO I A , RIBEIRA M H L. Naringin and naringenin determination and control in grapefruit juice by a validated HPLC method [J]. Food Control ,2008 ,19(4) :423-428.
- [12] 蔡护华 ,桥永文男. 柑橘果实中柠檬苦素类化合物的研究现状与展望[J]. 植物学报 ,1996 ,38(4) :328-336.
- [13] HASEGAWA S , HERMAN Z , ORME E ,et al. Biosynthesis of limonoids in *Citrus* :sites and translocation [J]. Phytochemistry ,1986 ,25(12) :2783-2785.
- [14] OU P ,HASEGAWA S , HERMAN Z , et al. Limonoid biosynthesis in the stem of *Citrus limon* [J]. Phytochemistry ,1988 ,27(1) :115-118.
- [15] 左安连 ,毛海舫 ,李琼 ,等. 柑橘类果汁脱苦方法研究综述[J]. 香料香精化妆品 ,2008(3) :33-39.
- [16] 陈静 ,高彦祥 ,吴伟莉 ,等. 高效液相色谱法测定柑橘汁中的柠檬苦素和柚皮苷[J]. 色谱 ,2006 ,24(2) :157-160.
- [17] XU J ,TAO N G ,LIU Q ,et al. Presence of diverse ratios of lycopene/ beta-carotene in five pink or red-fleshed citrus cultivars [J]. Sci Hort ,2006 ,108 :181-184.
- [18] 王璠 ,伊华林 ,郭琳琳. 冷藏和留树保鲜对红肉脐橙果实类胡萝卜素种类和含量的影响[J]. 华中农业大学学报 ,2007 ,26(6) :854-855.
- [19] ANDREW B , GARY M. Determination of limonin D-ring lactone hydrolase activity by solid phase extraction with indirect fluorescence detection[J]. J Agric Food Chem ,2004 ,52(12) :3772-3775.

Effects of Different Storage Temperature on Changes of Limonin and Naringin Content in Pulp of Satsuma Mandarin

DING Fan LIU Bao-zhen WANG Zhuang DENG Xiu-xin XU Juan

National Key Laboratory of Genetic Improvement/ Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education/ College of Horticulture and Forestry ,
Huazhong Agricultural University , Wuhan 430070 , China

Abstract Mature fruits of Guoqing No. 1 and No. 3 satsuma mandarins (*Citrus unshiu* Marc.) were stored under 4 °C and ambient temperature. Limonin and naringin contained in pulp of the fruits were determined during storage by high performance liquid chromatography. Results showed that :nomilin was under detection level in the pulp ,while naringin content was 10 times as much as limonin upon harvesting. Irrelevant to storage temperatures ,contents of limonin and naringin in both cultivars increased in a general aspect ,but changes were much acute for fruits stored under 4 °C comparing with those in ambient temperature. Furthermore ,storage under 4 °C inducing significant content changes of limonin and naringin in pulp of Guoqing No. 1 at several stages ,thus ,Guoqing No. 1 was assumed to be more sensitive to the low temperature than Guoqing No. 3. Low temperature as 4 °C stimulated the increase of bitterness content ,especially in limonin ,while 0-20 d was the sensitive period after storage.

Key words satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) ; limonin ; naringin ; storage temperature

(责任编辑 :张志钰)