

龙眼采后低温贮藏过程果肉黄酮和氨基酸含量变化的研究

黄爱萍<sup>1,2</sup>, 郑少泉<sup>1,3</sup>

(1. 福建省龙眼枇杷育种工程技术研究中心, 福建 福州 350013; 2. 福建省农业科学院农业经济与科技信息研究所, 福建 福州 350003; 3. 福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州 350013)

**摘 要:** 以晚熟龙眼品种‘立冬本’为试材, 果实采后采用冷藏与冻藏保鲜处理, 结果表明: 在冷藏过程中, 龙眼果肉黄酮含量先降后升呈“V”型变化, 总蛋白氨基酸含量先缓慢上升后开始下降, 非蛋白氨基酸γ-氨基丁酸(GABA)先下降后稍上升; 果肉黄酮含量与丙氨酸含量呈显著负相关, 与苏氨酸含量呈极显著负相关。在冻藏过程中, 果肉黄酮含量变化表现为先升后降, 但龙眼采后冻藏 30 d 果肉黄酮含量没明显变化; 总蛋白氨基酸含量呈下降趋势, 非蛋白氨基酸 GABA 含量先降后升。  
**关键词:** 龙眼; 贮藏; 黄酮; 蛋白氨基酸; γ-氨基丁酸  
**中图分类号:** S 667 **文献标识码:** A

Effect of storage temperature on flavonoids and amino acids content in Longan  
(*Dimocarpus longan* Lour.) Pulp

HUANG Aiping<sup>1,2</sup>, ZHENG Shaoquan<sup>1,3</sup>

(1. Fujian Breeding Engineering Technology Research Center for Longan & Loquat, Fuzhou, Fujian 350013, China; 2. Information institute of Agricultural Economy and Sci- technologicaln, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China; 3. Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultrual Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

**Abstract:** Flavonoids and amino acids in the postharvest, mature fruits of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) cultivar, Lidongben, stored at 4℃ and - 20℃ were determined Both flavonoids and decreased during the early storage, and increased later on. The concentration of total amino acids increased slowly at first and then decreased. The analytical results showed that the flavonoids might play significant negative roles in the contents of alanine and threonine. At - 20℃, there was no significant change in flavonoids content after 30 days storage. The flavonoids might play significant roles in the content of tyrosin.  
**Key words:** Longan, *Dimocarpus longan* Lour.; storage; flavonoid; amino acids; γ-aminobutyric acid

龙眼是我国南方主要的亚热带果树之一, 果实营养丰富、风味独特, 深受人们的喜爱, 但龙眼果实成熟于高温季节, 采后极易失水、褐变和腐烂, 而我国是龙眼生产大国, 栽培面积和产量均居世界首位, 生产上有效地延长龙眼鲜果贮藏保鲜期具有重要意义, 为此有关龙眼采后保鲜的研究是确保龙眼产业发展的关键因素。目前国内外学者对龙眼贮藏保鲜进行大量的研究, 主要涉及保鲜技术、贮藏品质、果皮褐变、冷害等研究<sup>[1]</sup>。低温贮藏是目前国内外应用最为广泛的龙眼果实保鲜技术<sup>[1]</sup>。孔祥

佳等<sup>[2]</sup>比较了果实采后于 (25 ± 0.5)℃和 (3 ± 0.5)℃贮藏对‘立冬本’果实呼吸强度、细胞膜透性和品质的变化, 确立了低温 (3 ± 0.5)℃为最佳贮藏温度; 郭红辉等对龙眼果实的速冻保鲜进行了初步研究, 冻藏 180 d 后好果率达到 87%<sup>[3]</sup>。  
随着人们生活水平的提高, 对果品有更高的要求, 在追求品质的同时, 更加注重保健功能。林河通等<sup>[4]</sup>均采用 (10 ± 1)℃和 50% 相对湿度贮藏技术, 失水处理的龙眼果皮黄酮含量在贮藏 0~ 2 d 内快速下降, 之后下降缓慢; 而聚乙烯薄膜包装处

收稿日期: 2010- 01- 02 初稿; 2010- 05- 29 修改稿  
作者简介: 黄爱萍 (1965- ), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向: 果树种质资源、育种与农业经济 (E-mail: hap999555@163.com)  
通讯作者: 郑少泉 (1964- ), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 龙眼枇杷育种、种质资源与品质生物技术 (E-mail: zsq333555@163.com)  
基金项目: 国家科技基础条件平台项目 (2005DKA21002- 27); 国家科技支撑计划项目 (2007BAD07B01); 农业部作物种质资源保护项目 (NB07- 2130135- 08); 福建省科技计划重点项目 (2009R0034); 福建省财政专项 (STIF- Y06); 福建省公益类科研院所基本科研专项 (2009R100029- 1)

理的黄酮含量下降缓慢。黄爱萍、郑少泉等<sup>[5-7]</sup>研究表明龙眼果肉中的黄酮和氨基酸是龙眼果实重要的功能营养成分,但有关龙眼果实采后低温贮藏过程黄酮与氨基酸含量变化的研究则鲜见报道,本文以晚熟龙眼‘立冬本’果实为试材,采用冷藏和冻藏技术,研究了果实采后低温贮藏过程龙眼果肉黄酮与氨基酸含量的变化,为今后进一步深入研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

在福建省农业科学院果树研究所龙眼良种示范园选择生长良好、花期一致的龙眼‘立冬本’成龄树作为取样树,于10月12日采样,选取大小均匀一致的龙眼果实约25 kg供试。

1.2 果实采后处理与贮藏方法

供试的龙眼果穗沿果蒂剪下果粒,剔除病虫果与畸形果,选取大小均匀的龙眼果实,取鲜果约1 kg剥皮去核后匀浆,精确称取3份100 g的龙眼果肉匀浆用于测定黄酮含量,同时称取3份3.0 g的果肉匀浆用于氨基酸含量测定,并于当日测定果肉黄酮及氨基酸含量,测定结果为对照。其余的果实放置“特百惠”专用保鲜盒(长×宽×高为29.8 cm×22.0 cm×7.8 cm)于4℃冷藏,同样放置“特百惠”专用冷冻盒(长×宽×高为16.4 cm×12.4 cm×15.1 cm)于-20℃冻藏。低温贮藏过程保鲜盒、冷冻盒密封,以减少果实水分损耗。冷藏分别间隔3 d、冻藏分别间隔15 d,每次测定取果实约1 kg进行龙眼果肉黄酮及氨基酸含量的测定。

1.3 测定方法及数据分析

龙眼果肉黄酮含量的测定:采用乙醇法优化工艺提取龙眼果肉黄酮,即:乙醇浓度为85%、温度70℃、水浴时间2.5 h、料液比为1:3,每个处理重复3次。果肉黄酮的提取、测定与含量计算方法参见文献[5,8]。

龙眼果肉氨基酸含量的测定:将果肉匀浆后精密称取待测样品3.00 g于150 ml三角瓶中,加入20 ml 8%磺基水杨酸溶液,振摇10 min后移入50 mL容量瓶中,用pH 2.2柠檬酸缓冲液定容至刻度,待上机分析(上机前用微孔过滤),重复3次。氨基酸含量测定采用日立L-8800型氨基酸自动分析仪。

所测定的龙眼果肉黄酮与氨基酸含量均为鲜果肉单位含量;数据统计分析采用Excell软件,差异显著性与相关性分析采用DPSv6.55软件处理。

2 结果与分析

2.1 龙眼采后冷藏过程果肉黄酮和氨基酸含量变化及相关性

2.1.1 龙眼采后冷藏过程果肉黄酮含量的差异与变化趋势 龙眼果实采后冷藏过程中,果肉黄酮含量变化存在差异,以10月12日采摘的果肉黄酮为对照,龙眼冷藏9 d果肉黄酮含量(鲜重,下同)下降,为9.09 mg·hg<sup>-1</sup>,差异不显著;冷藏9 d后急剧下降,到12 d黄酮含量最低,为5.75 mg·hg<sup>-1</sup>;12 d后又极显著上升,到18 d升至10.49 mg·hg<sup>-1</sup>,与鲜果黄酮含量差异不显著(表1)。冷藏过程黄酮含量动态变化表现为先缓慢下降,后快速下降后又快速上升趋势,总体呈“V”型变化趋势(图1)。

表 1 龙眼果实冷藏过程中果肉黄酮含量的差异  
Table 1 Flavonoid content in longan fruits during cold storage

冷藏时间 (d)	黄酮含量 (mg·hg <sup>-1</sup> ·FW)	差异显著性	
		α= 0.05	α= 0.01
3	9.85±0.95	a	A
9	9.09±0.70	a	ABC
12	5.75±1.16	b	C
15	8.85±1.36	a	BC
18	10.49±0.71	a	A
0(CK)	9.82±1.18	a	AB

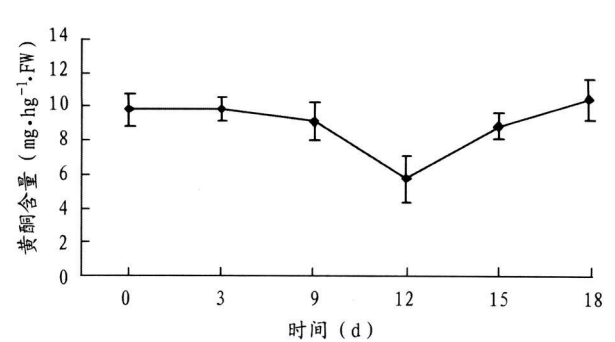


图 1 龙眼果实冷藏过程中果肉黄酮含量变化  
Fig 1 Change on flavonoid content in longan fruit under cold storage

2.1.2 龙眼采后冷藏过程果肉氨基酸含量的变化

氨基酸包括蛋白氨基酸和非蛋白氨基酸。试验结果表明,龙眼果实冷藏过程果肉蛋白氨基酸各组分含量存在不同的变化,天门冬氨酸、谷氨酸含量呈升降再升的起伏变化;丝氨酸、精氨酸、脯氨酸

含量表现降升再降升又降的波浪变化; 丙氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸含量是上升后下降; 甘氨酸、缬草氨酸含量呈下降趋势; 赖氨酸含量是先降后升再降; 苏氨酸、胱氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、组氨酸在冷藏过程中变幅较小, 总体变化不大。龙眼果实冷藏过程果肉总蛋白氨基酸含量先是上升后下降, 冷藏 6 d 总蛋白氨基酸含量最高, 为  $891.55\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ , 冷藏 15 d 总蛋白氨基酸含量降为  $740.16\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ ; 而果肉非蛋白氨基酸 GABA 含量先是下降, 冷藏 9 d 从  $101.83\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$  下降到最低, 为  $89.20\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ , 之后稍上升, 冷藏

15 d 为  $93.80\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$  (表 2)。

2.1.3 龙眼果实采后冷藏过程果肉 黄酮与氨基酸含量的相关性 相关性分析结果表明, 果肉黄酮含量与总蛋白氨基酸、GABA 含量呈正相关; 果肉黄酮含量与蛋白氨基酸各组分存在相关, 其中与天门冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、脯氨酸含量呈正相关, 与胱氨酸、缬草氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、精氨酸含量负相关, 与丙氨酸含量呈显著负相关, 与苏氨酸含量呈极显著负相关 (表 2)。

表 2 龙眼果实采后冷藏过程中果肉 黄酮与氨基酸的相关性分析

Table 2 Correlation between flavonoids and amino acids contents of longan fruits during cold storage (单位:  $\text{mg}\cdot\text{hg}^{-1}\cdot\text{FW}$ )

冷藏时间 (d)	蛋白氨基酸含量																		GABA 含量	
	黄酮 含量	天门 冬氨酸	苏氨 酸	丝氨 酸	谷氨 酸	甘氨 酸	丙氨 酸	胱氨 酸	缬草 氨酸	甲硫 氨酸	异亮 氨酸	亮氨 酸	酪氨 酸	苯丙 氨酸	赖氨 酸	组氨 酸	精氨 酸	脯氨 酸		
0 (CK)	9.82	132.28	27.52	49.04	170.90	38.43	55.65	4.67	37.26	2.58	24.83	48.09	13.25	30.55	62.98	18.68	59.49	31.24	807.44	101.83
3	9.85	134.21	26.96	47.25	212.82	37.23	69.97	6.69	38.82	2.68	26.41	50.14	14.62	31.23	60.45	18.03	57.20	28.55	863.26	100.75
6	-	136.83	27.74	52.86	206.50	38.58	86.33	7.46	38.34	2.89	25.81	50.86	14.08	31.83	61.47	18.42	61.62	29.93	891.55	91.26
9	9.09	153.89	27.80	52.80	145.05	38.53	79.17	8.52	37.10	3.59	24.22	50.40	13.19	32.14	59.84	17.91	47.72	31.02	822.89	89.16
12	5.75	116.41	29.94	44.13	140.58	30.01	100.80	7.89	37.93	3.17	25.77	49.64	14.64	29.86	58.15	17.70	57.84	27.90	792.41	94.12
15	8.85	118.71	28.17	38.50	142.72	28.05	74.41	8.31	34.63	2.81	23.31	46.36	13.51	27.65	53.91	16.51	56.63	25.97	740.16	93.80
黄酮含量与 氨基酸相关系数		0.55-	0.98**	0.33	0.59	0.63-	0.92*	-0.44-	0.06-	0.41-	0.17-	0.13-	0.49	0.26	0.36	0.26	-0.11	0.37	0.34	0.41

注: \* 表示  $P<0.05$ , \*\* 表示  $P<0.01$ ; 测定时间分别是 10 月 12 日、16 日、19 日、22 日、25 日、28 日、10 月 19 日果肉黄酮未测得。

2.2 龙眼采后冻藏过程中果肉 黄酮与氨基酸含量的变化

2.2.1 龙眼采后冻藏过程中果肉 黄酮含量的变化 龙眼果实采后在冻藏初期果肉 黄酮含量急剧上升, 冻藏 15 d 果肉 黄酮含量为  $12.29\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ , 高于对照的 黄酮含量, 但无显著差异; 冻藏 15 d 后, 果肉 黄酮含量急剧下降, 30 d 黄酮含量下降为  $9.40\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ , 稍低于对照, 含量接近对照水平 (表 3), 表明龙眼采后冻藏 30 d 果肉 黄酮含量没明显变化。

2.2.2 龙眼果实采后冻藏过程果肉 氨基酸含量变化 龙眼果实在冻藏过程中蛋白氨基酸各组分存在不同的含量差异, 其中天门冬氨酸、苏氨酸、胱氨酸、甲硫氨酸、酪氨酸含量先升后降的变化; 丝氨酸、谷氨酸、苯丙氨酸、精氨酸含量呈下降趋势; 甘氨酸、丙氨酸、缬草氨酸、亮氨酸、赖氨酸、脯氨酸含量呈先降后升的变化; 而异亮氨酸、组氨酸

含量则变化幅度不大。非蛋白氨基酸 GABA 含量先降后升, 冻藏 15 d 含量迅速降低, 从  $101.83\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$  降到  $77.30\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ , 之后又迅速上长, 冻藏 30 d 为  $103.57\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ 。龙眼果实在冻藏过程中总蛋白氨基酸含量下降, 冻藏 15 d 含量变化较大, 从  $807.44\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$  下降到  $757.86\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ , 之后下降趋缓, 冻藏 30 d 为  $103.57\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$  (表 4)。

表 3 龙眼果实冻藏过程中果肉 黄酮含量的差异

Table 3 Flavonoid content in longan fruits during freezing storage

冻藏时间 (d)	平均值 ( $\text{mg}\cdot\text{hg}^{-1}\cdot\text{FW}$ )	差异显著性	
		$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
15	$12.29\pm1.36$	a	A
30	$9.40\pm1.35$	b	A
CK	$9.82\pm1.18$	ab	A

表 4 龙眼果实冻藏过程中果肉黄酮、氨基酸含量的变化

Table 4 Change on flavonoids and amino acids content in longan fruits under freezing storage (单位: mg · hg <sup>-1</sup> · FW)																				
冷藏时间 (d)	蛋白氨基酸含量																			GABA 含量
	黄酮 含量	天门 冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	胱氨酸	缬氨酸	甲硫 氨酸	异亮 氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙 氨酸	赖氨酸	组氨酸	精氨酸	脯氨酸	总量	
0(CK)	9.82	132.28	27.52	49.04	170.90	38.43	55.65	4.67	37.26	2.58	24.83	48.09	13.25	30.55	62.98	18.68	59.49	31.24	807.44	101.83
15	12.29	141.25	29.27	41.48	151.94	28.08	53.25	5.94	34.95	3.08	23.91	47.29	14.36	28.11	55.69	16.97	57.07	25.22	757.86	77.30
30	9.40	138.16	30.54	41.81	140.24	30.90	60.44	5.75	35.24	2.98	24.16	50.10	12.96	28.79	58.87	17.11	50.18	28.22	756.45	103.57

注: \* 表示  $P < 0.05$ , \*\* 表示  $P < 0.01$ ; 测定时间分别是 10 月 12 日、28 日, 11 月 12 日。

3 小结与讨论

黄酮在许多植物源食物中分布很广, 含量受贮藏加工条件的影响较大, 直接影响其生理功能的发挥<sup>[9]</sup>。温岭高橙采收时果汁中黄酮含量为 1 483~1 867 mg · kg<sup>-1</sup>, 贮藏 15 d 后达到最高, 为 2 464.2 mg · kg<sup>-1</sup>, 而后迅速衰减, 贮藏 72 d 后变化趋缓, 稳定在 500 mg · kg<sup>-1</sup> 左右<sup>[10]</sup>; 冯晨静等<sup>[11]</sup> 研究低温贮藏草莓, 发现果实黄酮含量先下降, 后随着贮藏天数增加含量又不断上升。本试验结果表明, 龙眼果实在冷藏过程中, 果肉黄酮含量呈先降后升, 变化趋势呈“V”型, 与冯晨静等<sup>[12]</sup> 研究的研究结论相似; 在冻藏过程中果肉黄酮含量变化表现为先迅速上升后下降的变化趋势, 但冻藏 30 d 果肉黄酮含量与鲜果的含量没有明显的变化, 而包海蓉等<sup>[12]</sup> 采用不同冻藏温度贮藏桑椹, 黄酮含量均表现下降。

氨基酸是一种很重要的营养成分, 也是果实风味的重要物质, 龙眼果肉含鲜味氨基酸天门冬氨酸、谷氨酸和甜味氨基酸丙氨酸含量较多。申江等<sup>[13]</sup> 研究低温贮藏对甜瓜氨基酸含量的影响, 结果发现 5℃冷藏各组分氨基酸含量均比初值有明显下降, 以-0.5℃、湿度 85% 的贮藏条件存储 35 d 甜瓜的鲜味和甜味氨基酸含量、人体所必需氨基酸含量、氨基酸总含量明显提高<sup>[13]</sup>。龙眼果实在冷藏过程中蛋白氨基酸各组分变化复杂, 鲜味氨基酸天门冬氨酸、谷氨酸含量呈升降再升的起伏变化, 甜味氨基酸丙氨酸含量先上升后下降, 总蛋白氨基酸含量先是缓慢上升之后开始下降, GABA 含量先是下降之后稍上升。冻藏过程龙眼果肉鲜味氨基酸天门冬氨酸含量先升后降、谷氨酸含量下降, 甜味氨基酸丙氨酸含量先降后升。

果肉黄酮与总蛋白氨基酸、GABA 含量呈正相关, 与蛋白氨基酸各组分含量分别呈正相关或负

相关, 与丙氨酸含量呈显著负相关, 与苏氨酸含量呈极显著负相关。说明龙眼果肉丙氨酸、苏氨酸含量可能显著、极显著地影响冷藏过程黄酮含量的变化。而有关龙眼低温贮藏过程果肉黄酮与氨基酸消长机制有待进一步研究。

参考文献:

[1] 郭红辉, 贾克功. 龙眼贮藏保鲜技术研究进展 [J]. 中国果树, 2003 (5): 49- 51.

[2] 孔祥佳, 林瑜, 林河通, 等. 低温贮藏对晚熟龙眼“立冬本”果实采后生理和品质的影响 [J]. 包装与食品机械, 2008, 26 (1): 1- 6, 19.

[3] 郭红辉, 贾克功. 龙眼果实冷藏和冻藏保鲜研究进展 [J]. 韶关学院学报: 自然科学版, 2002, 23 (12): 136- 139.

[4] 林河通, 席巧芳, 陈绍军. 龙眼果实采后失水果皮褐变与活性氧及酚类代谢的关系 [J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005, 31 (3): 287- 297.

[5] 黄爱萍, 郑少泉. 乙醇法提取龙眼果肉黄酮及其鉴别 [J]. 亚热带植物科学, 2008, 37 (3): 35- 37.

[6] 郑少泉. 高多糖龙眼良种选育及其多糖的生物活性与调控研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2007.

[7] 郑少泉, 姜帆, 黄爱萍, 等. 不同基因型龙眼果实中 γ- 氨基丁酸含量分析 [J]. 福建果树, 2008 (3): 23- 27.

[8] 黄爱萍, 郑少泉. 龙眼果肉黄酮乙醇法提取优化工艺研究 [J]. 福建农业学报, 2009, 24 (6): 535- 539.

[9] 张余, 阚健全, 陈宗道. 生物类黄酮在贮藏加工中的变化 [J]. 食品工业, 2003 (7): 23- 25.

[10] 王涛, 林媚, 黄雪燕, 等. 温岭高橙贮藏期果实性状、营养及活性成分的变化 [J]. 中国南方果树, 2007, 36(5): 12- 14.

[11] 冯晨静, 关军锋, 杨建民, 等. 草莓果实成熟期花青苷、酚类物质和类黄酮含量的变化 [J]. 果树学报, 2003, 20 (3): 199- 201.

[12] 包海蓉, 程裕东, 俞骏, 等. 冻藏温度对桑椹品质影响的研究 [J]. 食品科学, 2006, 27 (12): 130- 133.

[13] 申江, 和晓楠, 王素英, 等. 冰温贮藏对甜瓜氨基酸等物质的影响实验研究 [J]. 制冷学报, 2010, 31 (3): 42- 43.

(责任编辑: 柯文辉)