

贮藏温度对山竹果皮硬化效应及抑菌活性影响

于立梅, 冯卫华, 白卫东

(仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东广州 510225)

摘要: 本文以海南山竹为材料, 研究了贮藏温度(4℃, 30℃)对山竹果皮硬化效应及抑菌活性影响。结果表明: 随着贮藏期的延长, 山竹果壳硬化效应指标木质素含量和粗纤维含量均呈上升趋势。贮藏末期, 常温处理的木质素含量比低温处理的木质素含量增加14.3%。木质化底物总酚含量呈先升后降趋势, 在第6d达到峰值, 为33.03 mg GAE/g FW, 抑菌活性表明, 在贮藏期间, 山竹果皮抑菌活性因受木质化产物和多酚转化产物的影响有不同的变化趋势, 低温有助于抑菌活性稳态化。

关键词: 山竹果; 贮藏温度; 硬化; 抑菌活性

文章篇号: 1673-9078(2012)9-1098-1101

The Effects of Storage Temperature on Hardening and Antibacterial Activity of *Mangostana Pericarp*

YU Li-mei, FENG Wei-hua, BAI Wei-dong

(College of Light Industry and Food Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225 China)

Abstract: In the paper, Hainan mangosteen was used as materials to study the effect of different storage temperature on hardening characteristic and antibacterial activities of mangosteen pericarp. The results showed that, lignin content and the crude fiber content of lignin deposition indicators of mangosteen shell all shows ascendant trend followed as the storage period extending. At the end of the storage, lignin content of mangosteen pericarp under room temperature treatment was increased 14.3% than that of low-temperature treatment. Total phenolic content of lignified substrate showed a trend of first increasing and then decreasing, and reached the max peak (33.03 mgGAE/g FW) in a 6-day storage. Antibacterial capacity had different trend based on different products of lignification and polyphenol conversion products during the whole storage. Low temperature contributed to the stable of bacteriostatic activity.

Key words: *Garcinia mangostana*; storage temperature; hardening characteristic; antibacterial activity

山竹(*Garcinia mangostana* L)为藤黄科(Guttiferae)山竹子属植物, 又称倒捻子、凤果或莽吉柿, 原产于马来西亚群岛, 现分布于印度尼西亚、菲律宾、缅甸、马来西亚、越南、泰国、锡兰、中国等地。山竹味偏酸, 补益作用较强, 具有“热带果后”之称。果实可食部分占29%~45%, 果皮表皮紫褐色, 占单果鲜重的52%~68%^[1]。研究表明山竹果壳提取物具有抗氧化、抗衰老、抗癌、抗菌、润肤美容、降血压和预防心脑血管疾病等多种生理和药理活性^[2-4]。

由于山竹果采收后易出现果皮硬化、褐变和果肉腐烂变质, 影响山竹的食用品质和果皮生物活性。出现硬化与果壳组织细胞壁中木质素的沉积有关, 而木质素的生成由植物细胞中的一些酶和多酚来调控^[5],

收稿日期: 2012-06-18

基金项目: 广东省自然科学基金项目(10451022501005679); 粤港招标项目(2009A020700002)

作者简介: 于立梅(1973-), 女, 博士, 副教授

查阅相关文献, 对于采后山竹果皮硬化是否影响果皮活性变化相关还未见研究报道。因此本文以海南山竹果为材料, 研究不同贮藏温度(常温30℃和低温4℃)对山竹果皮硬化效应和果皮抑菌活性的影响, 为山竹果皮硬化调控和活性保持提供最佳的贮藏手段。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用山竹购自海南山竹种植园, 大肠杆菌(*Escherichia coli*); 沙门氏菌(*Salmonella*); 金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*); 酵母菌(*Saccharomycete*), 以上菌种由仲恺农业工程学院微生物实验室提供。

1.2 试剂与仪器

无水乙醇、没食子酸、福林试剂、碳酸钠、葡萄糖、氯化钠、牛肉膏、蛋白胨等。DU-730型紫外可见分光光度计(日本岛津分析仪器厂); 恒温水浴锅(广

东环凯微生物科技有限公司); 电热恒温培养箱(上海索谱仪器有限公司); HY-Z型调速振荡器(常州国华电器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 原材料处理

选取无机械损伤、大小均匀、成熟度一致的山竹果实,用不同的温度贮藏,每份35个,重复5次。每3d每组随机取一份,将果肉和果皮分离,果皮粉碎后进行相关指标的测定。

1.3.2 木质素含量的测定

参照朱海英^[6]的方法。精确称取1.00g粉碎山竹果壳于小烧杯中,向烧杯中倒入6mL 70%硫酸,30℃~40℃下恒温水浴不断搅拌4h后,用208mL蒸馏水冲洗反应后的混合液于三角瓶中,高压灭菌锅中以121℃保温1h,然后将热溶液抽滤,用热蒸馏水冲洗5~6次,冲洗后的不溶性残渣连同滤纸于60℃烘箱中烘至恒重。

1.3.3 粗纤维含量的测定

参考Coronel^[7]的方法。称取1.00g切碎混匀的山竹果壳于研钵中,加入5mL 1%的乙酸研碎,摇动5min混匀,5000r/min离心10min。沉淀用1%的乙酸洗三次,然后分别加5mL丙酮浸洗三次,再5000r/min离心10min于105℃下烘干至恒重。粗纤维含量以每克鲜重所含粗纤维的百分比表示

1.3.4 总酚(TPC)的测定

参照福林-肖卡法^[8]。标准曲线绘制:准确称取0.400g没食子酸溶于蒸馏水中,定容至100mL,取此原液1mL稀释至100mL,即为标准溶液。准确量取0.2、0.4、0.6、0.8、1.0mL于5mL容量瓶中,各加3mL蒸馏水,摇匀,再加0.25mL福林试剂,充分混匀。1分钟后,加入20%(m/V)Na₂CO₃溶液0.75mL混匀,用蒸馏水定容。混合液于75℃恒温下水浴10min后,立即冰浴,离心(5000×g, 5min),于760nm波长下1cm比色杯比色,由测得的吸光度绘制标准曲线。空白用蒸馏水代替没食子酸标准溶液。

总酚提取测定:准确称取山竹果壳5.00g,采用浓度为60%的乙醇溶液,以料液比1:20(m/V)室温避光振摇浸提3h,过滤后稀释一定浓度,按照标准曲线方法测定,山竹总酚的含量表示为每克鲜重样品中含有的总酚量(以没食子酸计,mg GAE/g FW)。

1.3.5 抑菌实验

采用滤纸片法^[9]。贴好滤纸片的平板置恒温培养箱中培养,细菌置35~37℃恒温培养箱内培养24h;酵母菌置28℃,培养48h,测出抑菌圈直径。

1.3.6 数据统计与分析

每个试验均重复三次,结果表示为平均值±标准偏差。应用SPSS软件中的One-Way ANOVA对所有数据进行方差分析,利用邓肯式多重比较对差异显著性进行分析。 $p < 0.05$ 表示显著, $p < 0.01$ 表示极显著。

2 结果与分析

2.1 贮藏温度对山竹果壳木质素含量的影响

木质素为植物次生代谢的产物,是反映山竹果壳木质化程度强弱的直观指标。如图1所示。

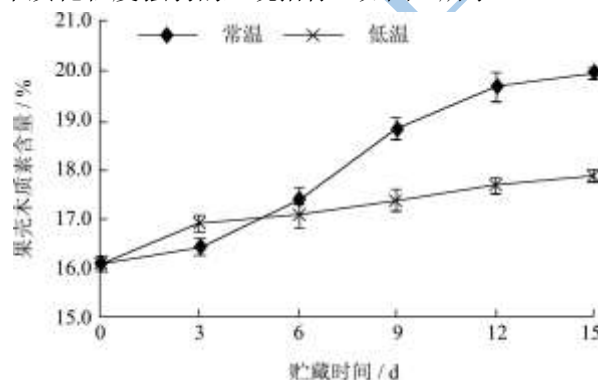


图1 贮藏温度对山竹果壳木质素含量的影响

Fig.1 The effect of storage temperature on lignin content of mangostana shell

常温贮藏条件下的山竹果壳木质素含量的增加速率相对较快,低温处理的山竹果壳木质素含量增速缓慢。在0~3d内,低温处理的木质素含量高于常温处理,可能是冷害作用加速了木质化,在第6d以后,木质素含量呈现常温显著高于低温。在第15d达到最大值,分别为19.93% FW和17.43% FW。经差异显著性分析,在贮藏第6d后,两个处理之间差异显著($P < 0.05$)。上述结果表明:常温贮藏条件下的山竹果壳木质素含量的增加速率相对较快,低温处理的山竹果壳木质素含量增速为最缓慢。

2.2 贮藏温度对山竹果壳粗纤维含量的影响

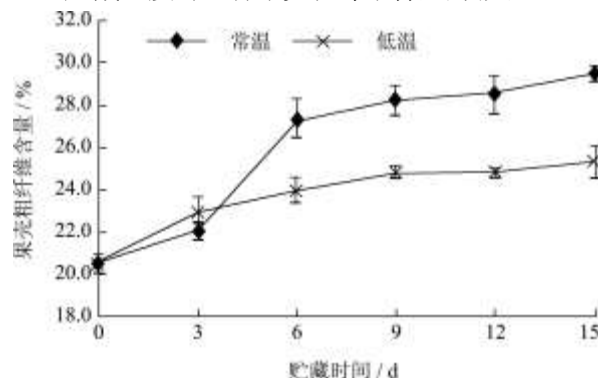


图2 贮藏温度对山竹果壳粗纤维含量的影响

Fig.2 The effect of storage temperature on coarse fiber content of mangostana shell

从图2可知,贮藏期间两种处理的山竹果壳中粗

纤维含量均大量增加。经 15 d 贮藏, 常温处理及低温处理的粗纤维含量均由开始时的 20.54%, 分别上升到 29.50% 和 25.37%。经差异显著性分析, 两种处理 6 d 后差异性显著。经相关性分析, 山竹果壳粗纤维含量与木质素含量相关系数为 0.851^{**}, 表明山竹果壳木质素变化与粗纤维含量有相关性。低温贮藏在一定程度上能抑制山竹果壳粗纤维的形成, 延缓果壳的衰老。谢碧霞等^[10]的研究表明涂膜能有效抑制粗纤维的形成, 起到一定的保鲜作用。刘尊英等^[11]研究结果表明, 降低贮藏温度能显著抑制采后豌豆苗纤维化速率。

2.3 贮藏温度对山竹果壳硬度变化的影响

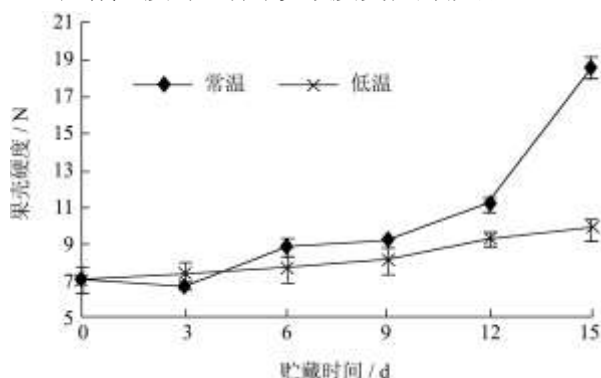


图3 贮藏温度对山竹果壳硬度变化的影响

Fig.3 The effect of storage temperature on firmness of mangostana shell

山竹果壳硬度的增加是衡量山竹果实败坏的最重要的生理指标, 由图 3 所示, 在贮藏过程中, 山竹果壳的硬度随着贮藏期的延长均呈上升趋势, 在 0~15 d 内, 常温处理一直呈急剧上升趋势, 并且在第 15 d 的硬度达到最大值为 18.59 N, 比同期低温处理增加了 85.53%。经差异显著性检验分析, 在贮藏第 15 d 时, 两处理之间差异显著 ($p < 0.05$)。结果表明: 常温贮藏下的山竹果壳硬度增长速率相对低温处理明显快, 低温贮藏在一定程度上能延缓山竹果壳硬度的增加。

2.4 贮藏温度对山竹果壳酚类物质含量的影响

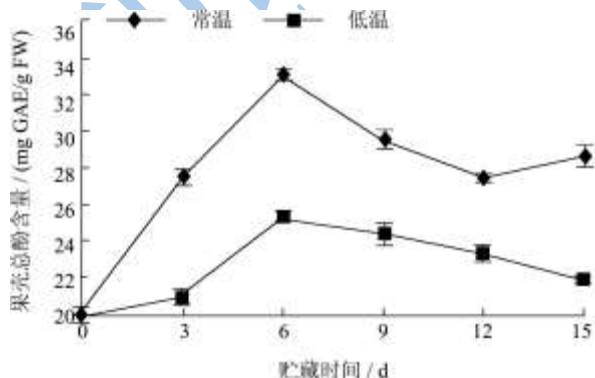


图4 贮藏温度对山竹果壳酚类物质含量的影响

Fig.4 The effect of storage temperature on total phenol content of mangostana shell

如图 4 所示, 两个处理的总酚含量趋势均呈先上升后下降, 与常温处理相比, 低温处理多酚含量的变化较缓。在贮藏 6 d 时达最大值, 常温处理的总酚含量由 19.97 提高至 33.03 mg GAE/g FW, 低温处理的含量提高至 25.19 mg GAE/g FW。6 d 后总酚含量随后呈急剧下降趋势。因为酚类物质既是果实贮藏期间组织褐变物质基础, 同时又是合成木质素前体物质, 酚类物质主要以酯化态、游离态和结合态的形式存在于植物体内, 贮藏期相互转化, 贮藏后期总酚含量变化规律恰好与木质素含量变化规律相反, 这与作为木质素前体物质转化为木质素密切相关。

2.5 贮藏温度对果皮醇提取物抑制大肠杆菌活性的影响

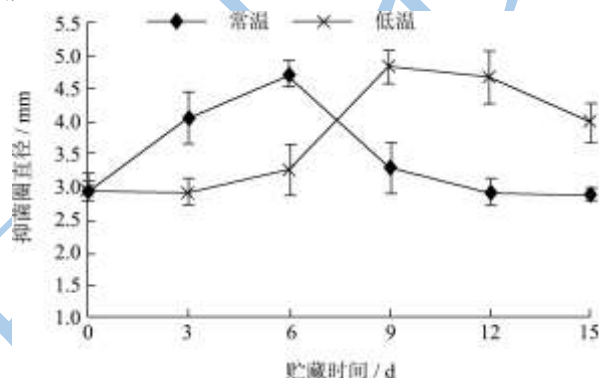


图5 贮藏温度对果皮醇提取物抑制大肠杆菌活性的影响

Fig.5 The effect of storage temperature on antibacterial activity of mangostana shell for *E. coli*

如图 5 所示。贮藏前 6 d, 两种处理的变化趋势基本一致, 呈现上升趋势, 低温处理的抑菌作用明显低于常温处理, 贮藏中期, 低温处理山竹果皮对大肠杆菌的抑菌效果呈现升高趋势, 常温呈现下降趋势。不同处理方式之间差异显著 ($p < 0.05$)。其中低温处理的抑菌能力在第 9 d 达到最高值, 原因可能是低温处理抑制木质化相关酶的活性, 抑制木质素的积累, 其次山竹果贮藏过程中, 果皮多酚含量和组分不断的发生变化, 木质化产物和多酚转化产物不同导致活性不同, 要使山竹果皮保持对大肠杆菌有良好的抑制作用, 贮藏期超过 6 d 的一定要采取低温处理, 李建新研究表明^[13]: 苹果皮中多酚物质随着贮藏期的延长而不断发生变化。

2.6 贮藏温度对果皮醇提取物抑制金黄色葡萄球菌活性的影响

如图 6 所示, 低温处理的山竹果皮在在贮藏 (0~9 d) 的抑菌能力显著高于常温处理, 贮藏时间越久, 两种处理的抑菌效果越接近, 这可能与贮藏期初期冷害加速了木质化, 随着贮藏时间的延长, 多酚含量下降, 木质化产物升高, 木质化产物对金黄色葡萄球菌抑制

作用较好,所以山竹果皮代谢和合成反应最终产物影响果皮活性,低温有利于抑菌活性的保持。Iinuma M等人^[4]研究发现,山竹提取物能够抑制皮肤科常见病菌-金黄色葡萄球菌的生长,其中一些成分对耐甲氧西林的金黄色葡萄球菌(MRSA)具有抑制作用。

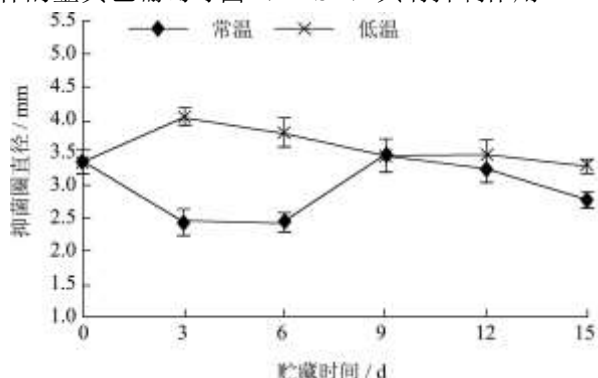


图6 贮藏温度对果皮醇提取物抑制金黄色葡萄球菌活性的影响

Fig.6 The effect of storage temperature on antibacterial activity of mangostana shell for *Staphylococcus aureus*

2.7 贮藏温度对皮醇提取物抑制沙门氏菌的活性的影响

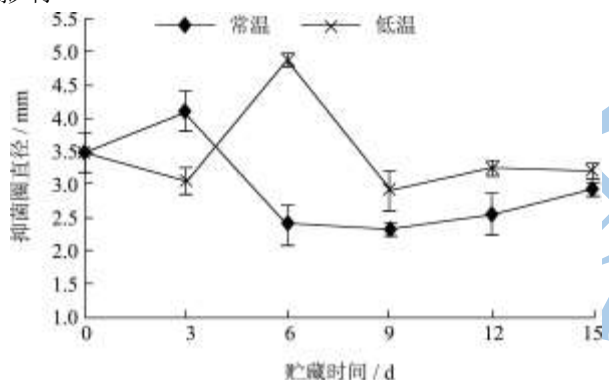


图7 贮藏温度对果皮醇提取物抑制沙门氏菌活性的影响

Fig.7 The effect of storage temperature on antibacterial activity of mangostana shell for *Salmonella*

如图7所示,贮藏初期低温和常温抑菌活性强,常温处理对沙门氏菌的抑制能力只有在第3d时最强,低温处理的山竹果皮在第6d时的抑菌能力最强,随后抑菌能力开始下降。可根据贮藏时间的长短,选择不同的保鲜处理方式,使山竹果皮对沙门氏菌的抑制作用维持在一个相对高的水平。

2.8 贮藏温度对果皮醇提取物抑制酵母菌的活性的影响

如图8所示。贮藏前,测得山竹果皮对酵母菌的抑菌圈直径只有2.17 mm,且到了第15d,各种处理的抑菌能力仍在2.10 mm左右。在整个贮藏过程中,不同处理的山竹果皮对酵母菌的抑制作用变化也不大,常温处理相对低温较好,结果表明了在抑菌能力

方面,山竹果皮对酵母菌抑菌活性明显低于大肠杆菌、沙门氏菌等细菌。

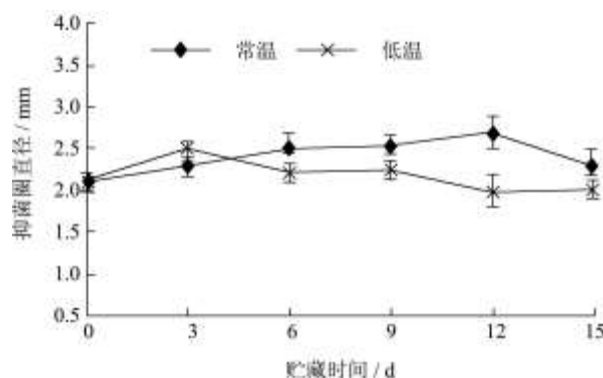


图8 贮藏温度对果皮醇提取物抑制酵母菌的活性的影响

Fig.8 The effect of storage temperature on antibacterial activity of mangostana shell for yeast

3 结论

3.1 山竹采后果实木质化是一个非常复杂的过程,木质素以酚类物质为前体,在体内经过一系列酶的催化聚合成木质素,它们的变化都在一定程度上影响组织的木质化进程,进而影响果皮的生理活性。实验表明,不同的处理方式对果皮木质素沉积和果皮活性都有不同的影响,不同温度贮藏处理山竹果壳木质素沉积指标木质素含量和粗纤维含量随着贮藏期的延长均呈上升趋势。木质化底物总酚含量呈先升后降趋势,得出低温处理显著抑制木质素的积累,延缓了果壳硬度和粗纤维的上升,从而减轻果实的木质化败坏症状。

3.2 贮藏期不同温度贮藏对山竹果皮抑菌活性研究表明:不同的贮藏方式和贮藏期内,山竹果皮抑菌活性因受木质化产物和多酚转化产物的影响,对于不同的菌种在有不同的变化趋势,要使山竹果皮对大肠杆菌有良好的抑制作用,贮藏期超过6d的一定要采取保鲜处理。对沙门氏菌和金黄色葡萄球菌的抑制作用最好贮藏是低温贮藏,不同保鲜处理在贮藏过程中对抑制酵母菌的能力影响不大。可根据菌种不同,选择不同的保鲜处理方式和不同的取样时间。

参考文献

- [1] 杨连珍.山竹子[J].热带农业科学,2002,8(4):60-66
- [2] Rukayah A, Zabedah M. Studies on early growth of mangosteen [J]. Acta Horticulturae, 1992, 292: 93-100
- [3] Nakatani K, Nakahata N, Arakawa T. Inhibition of cyclooxygenase and prostaglandin E2 synthesis by gammamangostin in C6 rat glioma cells [J]. Biochem pharmacol, 2002, 63(1): 73-79
- [4] Mahabarakam W, Phongpaichit S, Wiriyaichitra P.

- Screening of anti-fungal activity of chemicals from *Garcinia mangostana* [J]. *Sonklanakarin Journal of Science and Technology*, 1983, 5: 341-342
- [5] 潘瑞焯.植物生理学(第四版)[M].北京:高等教育出版社, 2001
- [6] 朱海英,李人圭,王隆华.丝瓜果实发育中木质素代谢及有关导管分化的生理生化研究[J].华东师范大学学报,1997,1: 87-94
- [7] Coronel. Distribution of fiber content in asparagus cultivation [J]. *HortScience*. 1976, 11(2): 149-151
- [8] Singleton VL, Orthofer R, Lamuela RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant by means of Folin-Ciocalteu reagent [M]. *Methods Enzymol*, 1999
- [9] 黄秀梨.微生物实验指导[M].北京:高等教育出版社,1997
- [10] 谢碧霞,李安平,钟秋.竹笋采后涂膜保鲜对其木质化的影响[J].中南林业科技大学学报,2008,28(4):140-144
- [11] 刘尊英,姜微波,赵玉梅.温度、赤霉素和乙烯处理对采后豌豆苗纤维合成及品质变化的影响[J].中国农业大学学报, 2003,8(1):75-77
- [12] 席屿芳,罗自生,程度,等.竹笋采后木质化与多酚氧化酶过氧化物酶和苯丙氨酸解氨酶活性的关系[J].植物生理学通讯,2001,37(4):294-295
- [13] 李建新.1-MCP 对苹果贮藏期间多酚含量变化影响及苹果多酚的纯化功效研究[D].河南农业大学,2008
- [14] Linuma M ,Tosa H ,Tanaka T , et al. Antibacterial activity of xanthones from guttiferaceous plants against methicillin resistant staphylococcus aureus [J]. *J pharm pharmacol* ,1996, 48(8): 861-865