

鲜切芋艿褐变特性研究

王佳宏¹, 郁志芳^{1,*}, 陆胜民², 杜传来¹, 周 娴¹

(1.南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095;

2.浙江万里学院宁波市农产品加工技术重点实验室, 浙江 宁波 315100)

摘 要: 以两种芋艿品种(江苏昆山产和山东威海产)为材料, 研究了4℃贮藏下芋艿色差L*a*b*值、还原糖和抗坏血酸含量、褐变潜力、多酚氧化酶、过氧化物酶、苯丙氨酸解氨酶等酶活力的变化。结果表明: 褐变是影响鲜切芋艿品质的主要因素, 可通过L*a*b*来反映; 多酚氧化酶是参与芋艿褐变的主要酶; 高含量的还原糖和抗坏血酸有利于抑制褐变。通过对两个品种芋艿褐变特性的比较, 发现威海产芋艿是较适合于鲜切生产的一个品种。
关键词: 鲜切芋艿; 褐变; 多酚氧化酶; 苯丙氨酸解氨酶; 褐变潜力

A Study on Browning Characteristic of Fresh-cut Produce of Taro

WANG Jia-hong¹, YU Zhi-fang^{1,*}, LU Sheng-ming², DU Chuan-lai¹, ZHOU Xian¹

(1.College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2.Ningbo Key Laboratory of Agricultural Products Processing Technology, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

Abstract: Two different breeds of taro that planted in Kunshan and in Weihai were used to study the changes of L*a*b* and PPO, POD, PAL, browning potential, reducing sugars, VC, etc during storage at 4°C. The result indicated that the primary problem of the fresh-cut produce was browning caused by mainly polyphenol oxidases. L*a*b* was fitted for showing the browning of taro and a height content of reducing sugars and VC was useful to reduce the browning. Though the comparison of the browning characteristic between the two breeds of taro, we found that the taro planted in Weihai was much suitable for fresh-cut produce than that from Kunshan.

Key words: fresh-cut taro; browning; polyphenol oxidase; phenylalanine ammonia lyase; browning potential

中图分类号 TS205.9

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2005)09-0080-04

鲜切果蔬(fresh-cut fruits and vegetables)是指新鲜蔬菜、水果原料经清洗、修整、切分等工序, 最后用塑料薄膜袋或托盘盛装外覆塑料膜包装, 供消费者立即食用或餐饮业使用的一种新型果蔬加工产品^[1]。色泽是反映其品质的一个重要因素, 它直接影响到消费者能不能接受该产品, 因而往往决定产品的货架期。褐变直接导致鲜切果蔬表面产生令人难以接受的颜色变化, 影响其外观品质, 并导致营养成分的损失, 甚至产生危及人体健康的不安全因素。果蔬褐变主要为酶促褐变, 褐变的程度往往与有关酶的活性和酚类物质的含量有关, 二者往往被作为考察果蔬褐变特性的主要指标。

酶促褐变过程中参与酚类物质氧化的酶主要是多酚氧化酶(PPO)。过氧化物酶(POD)参与褐变的能力与接受

供氢体(酚类等)的敏感性有关^[2]。此外, 苯丙氨酸解氨酶(PAL)与酚的生成有关, 因而与褐变也较为密切。在褐变过程中, 这些酶直接或间接参与果蔬的酶促褐变。果蔬中酚类物质的含量因种类、成熟度、贮藏方式等不同而存在差异, 即使是同一种类不同品种之间也存在较大差异, 所以, 鲜切果蔬生产中选择适合于鲜切生产的品种也是至关重要的。

芋艿(*Colocasia esculenta*(L.)Schott)是天南星科植物芋的地下块茎, 是我国和东南亚国家人民所喜爱的一种食品。其味甘辛、平、性滑, 生则有毒, 入肠胃经, 具消痈散节的药理作用, 主治瘰疬、肿毒、牛皮癣等症^[3]。近年来, 芋艿的产量不断提高, 许多地方特色产品已形成规模生产。芋艿表面带毛表皮难以清除, 人

收稿日期 2004-11-18

*通讯作者

基金项目: 国家“十五”攻关课题子项目(2001BA501A10); 浙江省自然科学基金(M303353)

作者简介: 王佳宏(1974-), 在读硕士, 主要从事农产品贮藏与加工研究。

接触后易导致皮肤瘙痒,给家庭食用带来了不便,宜集中处理后制成鲜切产品销售。目前对鲜切芋艿的研究还相对缺乏,制约了其产业化发展。本文通过研究反映褐变程度的色差值与褐变相关酶的活力和酚类物质等含量之间的关系来阐明芋艿的褐变特性,以期对鲜切芋艿生产中的品质控制提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 材料及其处理

供试材料为新鲜山东威海产和江苏昆山产芋艿的子芋。采购的芋艿以清水冲洗除去表面泥沙并晾干,置于4℃下预冷24h后,经去皮、切分(用不锈钢刀具横向切成0.5cm厚的芋片)、清洗、沥干,以家用聚乙烯保鲜袋包装,挽口后于4℃冷藏柜中贮藏,每隔2d测定一次各项试验指标,每个指标重复3次。

1.2 L*a*b*值的测定

L*a*b*值以美能达CR-200型手持色差仪测定,从每袋中随机抽取芋艿切片10片,每块芋片均测定两面并各测定三个点,记录L*a*b*值。

1.3 酶的提取和酶活力测定

PPO按^[4]所述方法测定,定义30s A₄₂₀上升0.001为一个活力单位U。

POD按^[5]所述方法测定,用30s上升的ΔA₄₆₀表示酶活力大小。

PAL按^[6]所述方法测定,定义1h A₂₉₀上升0.001为一个活力单位U。

1.4 还原糖的测定

取20g芋艿加50ml水于打浆机内匀浆,转入离心管离心(4000r/min, 15min),上清液即为待测液。以DNS法测定^[7]。

1.5 抗坏血酸的测定^[8]

1.6 褐变潜力的测定^[9]

取样品5g加入5ml甲醇匀浆(甲醇最终浓度约为70%),转入离心管-20℃下浸提24h,4℃下10000r/min离心15min,以70%的甲醇作空白,取上清液于波长320nm处测定其吸光值,以该值表示褐变潜力大小。

1.7 数据统计

本文的数据结果与图表用EXCEL2000处理所得,均值用AVERAGE函数计算,样本的标准偏差使用STDEV函数计算。

2 结果与分析

2.1 L*a*b*值的变化

鲜切芋艿褐变最初表现为切面上(组织间的微管束切

口处)出现红色的小点,随后红点颜色加深并逐渐向周围扩散,致使芋片整个表面变红变暗且暗红色不断加深,直接影响到消费者的购买欲望,其红变过程中,随着芋片表面红色小点的增多和红色的加深,L*变小,a*和b*不断增大,其中a*的符号发生了改变。贮藏前3d L*a*b*变化较大,但在外观上未呈现明显的红变(a* < 0)。第3~9d,两者a*明显增大,但威海产芋艿的L*和b*变化不明显,这可能是由于其a*在0附近,L*和b*不能敏感反映这个阶段的褐变,而昆山产芋的a*偏离0较大,L*和b*变化明显。因此可用a*的变化来反映芋艿的褐变。此外,前3d威海产芋艿的ΔL*比昆山产芋的大,而两者的Δa*正好相反,表明a*在这个阶段并没有很好地反映芋艿的褐变(明度的实际降低)。所以考察芋艿的褐变除用a*外,还应该结合L*,而b*用于考察芋艿的褐变的意义不大。比较两种芋艿的L*a*b*,在贮藏过程中,威海产芋艿L*始终比昆山产芋的大,明度高,而且a*和Δa*较小,红色浅,说明其褐变程度较轻,特别是开始一周时间内其a* < 0,红色不明显,外观品质较好。

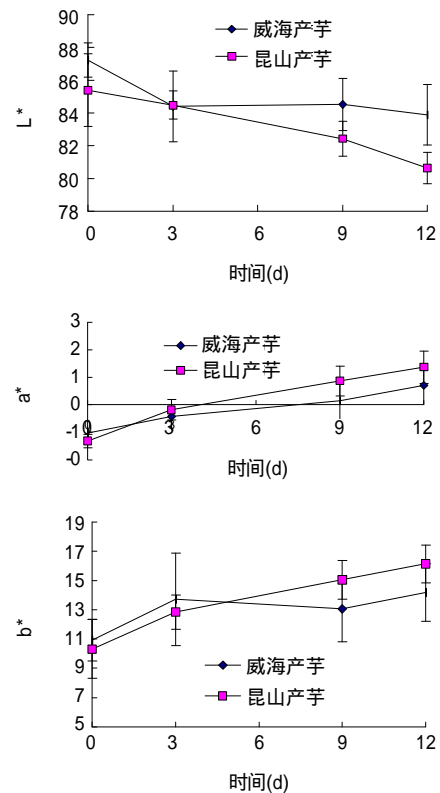


图1 鲜切芋艿4℃贮藏过程中L*a*b*的变化

Fig.1 Changes of L*a*b* value of the fresh-cut taro during storage at 4℃

2.2 还原糖和抗坏血酸的变化

在果蔬采后生理研究中,还原糖往往被作为一项重

要的生理和营养指标,对总糖含量较高的品种尤其如此。芋艿是一种淀粉含量较高的根茎类蔬菜,淀粉含量占干重的69.6%~73.7%^[3]。在贮藏过程中淀粉不断水解而转化为还原糖,还原糖含量的升高标志着淀粉的分解,营养成分损失和生理衰老的开始。两种芋艿在贮藏过程中还原糖含量均平缓上升(图2),暗示着在贮藏后期产品仍可能有较好的营养品质。贮藏过程中两者的VC含量也保持相对稳定(图3),表明品质下降较小。威海产芋艿还原糖和VC含量均明显高于昆山产的,表明前者品质好于后者。较高的还原糖和VC含量可能对抑制芋艿的褐变有一定效果,威海产芋艿两者含量高而褐变程度低,昆山产芋艿正好相反(图1、2、3),这可能是高还原糖和VC含量维持了一个还原性较高的生理环境,抑制了酚的氧化。目前,VC作为褐变抑制剂已在鲜切产品中得到应用。另一方面,还原糖与氨基酸或蛋白质会引起非酶褐变(美拉德反应),褐变的程度一般与它们的含量成正比。每100g鲜组织中,威海产芋艿还原糖含量比昆山产芋艿平均高50mg,但实际测得其褐变程度反而低(图1),表明芋艿低温(4℃)下非酶褐变并非是褐变的主要形式。抑制鲜切芋艿褐变应该从减少酶促褐变着手。

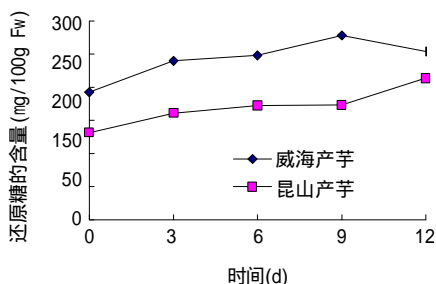


图2 鲜切芋艿贮藏过程中还原糖含量的变化

Fig.2 Change of reducing sugar contents in fresh-cut taro during storage at 4°C

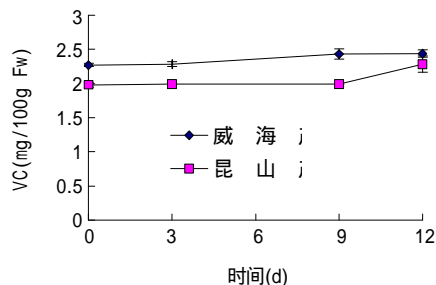


图3 鲜切芋艿贮藏过程中VC含量的变化

Fig.3 Change of VC contents of in fresh-cut taro during storage at 4°C

2.3 PAL活力与褐变潜力的变化

鲜切果蔬加工造成的伤害会诱导苯丙烷代谢的酶系统,造成酚物质的积累和随后组织的褐变,PAL是该

系统第一个关键性酶。Castaner^[10]和Hisaminato等^[11]指出鲜切莴苣PAL活力在贮藏前期升高,随时间的延长又慢慢降到开始的水平或更低。Nguyen^[12]等指出低温下贮藏的香蕉皮中PAL活力呈逐渐上升。鲜切芋艿贮藏中PAL活力变化与上述报道均存在差异(图4),切分后当天测得的PAL的活力最高,随后迅速下降,24h后PAL活力降低到一个较低水平并且在此后的贮藏过程中基本维持在这个水平。其原因可能是:芋艿切分所产生的伤信号只能在很短的时间(考虑PAL活力回落过程,估计 $t < 12h$)内诱导PAL的合成和促使PAL活力迅速提高。由于昆山产芋艿对切分的更敏感,所以切分后当天PAL活力更高,而随后两种芋艿PAL活力降到相同水平。

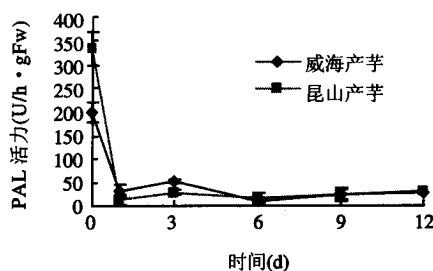


图4 鲜切芋艿贮藏过程中PAL活力变化

Fig.4 Change of PAL activity of fresh-cut taro during storage at 4°C

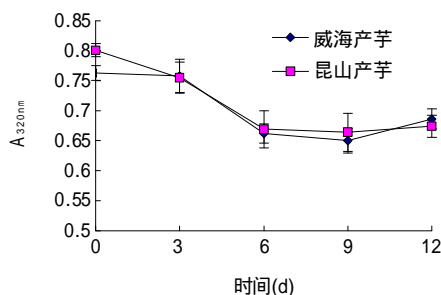


图5 鲜切芋艿贮藏过程中褐变潜力的变化

Fig.5 Change of browning potential of fresh-cut taro during storage at 4°C

两种芋艿切片贮藏过程中褐变潜力的变化总体呈下降趋势,贮藏前期其值下降较快,6d时减少到初值的4/5左右,此后维持在这个较稳定的水平(图5)。Loaiza-Velarde. J.G等^[9]发现切分后的芹菜PAL活力与24h后的褐变潜力相关性很强($R^2=0.97$),与莴苣相似。PAL活力与褐变潜力不呈现即时的相关性,这是因为酚的生成在代谢中滞后于PAL所催化的反应。鲜切芋艿贮藏中PAL活力与72h后褐变潜力仍有较大相关性,昆山产和威海产芋艿的相关性系数 R^2 分别为0.9943和0.8896。前期的褐变潜力大可能是造成前期褐变快的一个重要因素,因为褐变潜力大,表明可参与褐变的酚类底物多,则生成的褐变产物也可能相应多。比较两种芋艿,PAL活

力和褐变潜力的曲线变化基本一致，它们的大小也没有明显差异，与两种芋艿褐变程度未呈现出相关性。

2.4 PPO 和 POD 活力的变化

PPO 是参与酶促褐变的主要氧化酶，其含量和活性因果蔬种类、品种和部位的不同有很大的差异^[12]。图 6 中曲线分布表明：两种芋艿贮藏过程中 PPO 活力存在较大差异，昆山产芋艿 PPO 活力明显高于威海产芋艿 PPO 活力，与两者褐变程度呈现一致。这表明芋艿 PPO 活力大小关系到其褐变的程度，PPO 活力大的芋艿品种其褐变现象相对严重，反之亦然。两种芋艿 PPO 活力在贮藏过程中均呈现先上升后下降的趋势，昆山产芋艿较威海产芋艿 PPO 活力先达到最高点。这种不同可能与伤诱导和组织的衰老程度有关。芋艿前期酶活较低(图 6)但褐变较快(图 1)，其原因可能是切分造成细胞膜结构的破坏，

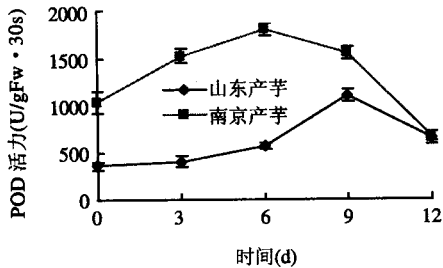


图6 鲜切芋艿贮藏过程中 PPO 活力变化

Fig.6 Change of PPO activity of fresh-cut taro during storage at 4°C

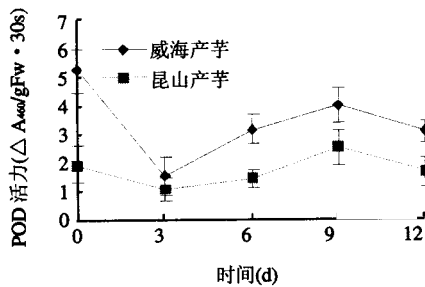


图7 鲜切芋艿贮藏过程中 POD 活力变化

Fig.7 Change of POD activity of fresh-cut taro during storage at 4°C

POD 能催化氧化儿茶酚、花青素和类黄酮等酚类物质而导致果蔬的褐变，致褐变能力与其对酚的亲合力有关^[2]。两种芋艿 POD 活力在贮藏过程中有相似的变化(图 7)，其活力与两者褐变程度正好相反，表明参与芋艿酶促褐变反应起主要作用的是 PPO 而非 POD，这可能与芋艿中酚类物质的种类有关。

3 结论

3.1 L*a*b* 能较好地反映鲜切芋艿贮藏过程中的褐变

程度，其中 a* 是一个最合适的参数，但仅 a* 是不够的，还应该结合 L*，而 b* 用于考察芋艿的褐变的意义不大。

3.2 鲜切芋艿的褐变主要是酶促褐变，高还原糖和 VC 含量有利于减轻褐变程度。

3.3 两种芋艿褐变潜力无明显差异，并且与 PAL 有较强的相关性，它对褐变的影响与 PPO 的活力有关。

3.4 引起芋艿褐变的主要氧化酶是 PPO 而非 POD。

3.5 威海产的芋艿品种褐变轻，品质好，较适合于鲜切生产。

参考文献：

- [1] 赵友兴, 郁志芳, 李宁. 栅栏技术在鲜切果蔬质量控制中的应用[J]. 食品科技, 2002, 10: 20-22.
- [2] Lamikanra O. Fresh-cut fruits and vegetables[M]. CRC Press LLC, 2002, 137.
- [3] 李雅臣, 李德玉, 吴寿金. 芋头化学成分的研究[J]. 中草药, 1995, 26: 555.
- [4] Franceso Pozzocaro, et al. Inhibition of apple polyphenoloxidase(PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride[J]. J Food Proc and Pres, 1993, 17: 21-30.
- [5] 徐朗莱, 叶茂炳. 过氧化物酶活力连续记录测定法[J]. 南京农业大学学报, 1989, 12(3): 80-83.
- [6] 上海植物生理学合编. 植物生理学实验手册[M]. 上海科学技术出版社, 1985, (6): 143-145.
- [7] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术(第二版)[M]. 浙江大学出版社, 1999, (8): 10-11.
- [8] 何照范, 张迪清. 保健食品化学及其检测技术(第一版)[M]. 中国轻工出版社, 1998, (5): 99-100.
- [9] Loaiza-Velarde JG, Toma's-Barbera'n, FA, et al. Effect of intensity and duration of heat-shock treatments on wound-induced phenolic metabolism in Iceberg lettuce[J]. J Am Soc Hort Sci, 1997, 122: 873-877.
- [10] Castaner M, et al. Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine Lettuces[J]. Eur Food Res Technol, 1999, 209: 52-56.
- [11] Hisaminato H, Murata M, Homma S. Relationship between the enzymatic browning and phenylalanine ammonia-lyase activity of cut lettuce, and the prevention of browning by inhibitors of polyphenol biosynthesis[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2001, 65(5): 1016-1021.
- [12] Nguyen T B T, Ketsa S, et al. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 30: 187-193.