

## 专题研究专栏

**编者按:**鲜切果蔬具有新鲜天然,食用安全方便的特点,因此近年来,鲜切加工方式逐渐成为果蔬高值化利用的有效途径,但果蔬经鲜切后更易衰老腐败,制约了果蔬鲜切加工产业的发展;果酒酿造作为果蔬高值化应用最有效途径之一,筛选优良酿造菌株是保证产品品质的关键。本期2篇论文从果蔬高值化利用角度分别研究了安全、高效的抗菌剂乙醇在改善鲜切西兰花品质方面的作用,以及本土菌株对霞多丽干白和赤霞珠干红葡萄的酿造特性,希望为果蔬高值化利用研究提供有益借鉴。  
(主持人:王友升教授)

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2015.06.004

文章编号:2095-6002(2015)06-0018-06

引用格式:冯晓汀,刘洪丽,吴秀,等.乙醇对鲜切西兰花品质及其生理、生化代谢的影响[J].食品科学技术学报,2015,33(6):18-23.



FENG Xiaoting, LIU Hongli, WU Xiu, et al. Study on effects of ethanol on qualities and physio-biochemical metabolism of fresh-cut broccoli[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015,33(6):18-23.

## 乙醇对鲜切西兰花品质及其生理、生化代谢的影响

冯晓汀, 刘洪丽, 吴秀, 杨宏, 王清章, 李洁, 严守雷\*  
(华中农业大学食品科学技术学院,湖北武汉 430070)

**摘要:**以西兰花为对象,考察不同浓度乙醇处理的鲜切西兰花在贮藏期内菌落总数、失重率、感官品质、相对电导率、总酚、叶绿素以及多酚氧化酶活性和苯丙氨酸转氨酶活性的变化,探讨不同浓度乙醇溶液对鲜切西兰花生理、生化代谢的影响。研究表明,乙醇溶液处理鲜切西兰花,不同程度地保持了鲜切西兰花的质地,延缓了营养物质的损失,抑制了PPO和PAL活性,有效地提高了鲜切西兰花贮藏期间的品质,延长了货架期。

**关键词:**鲜切西兰花;乙醇;保鲜;品质

**中图分类号:**TS255.36

**文献标志码:**A

鲜切蔬菜(fresh-cut vegetables)是指新鲜果蔬原料经清洗、去皮、整修、切分,以塑料托盘盛装,外覆塑料薄膜或用塑料薄膜袋包装,再经冷藏、运输而进入超市和冷柜销售的一种新型蔬菜加工产品,又叫最小加工果蔬(minimally processed fruits and vegetables)、即食果蔬(ready-to-use fruits and vegetables)、轻度加工果蔬(lightly processed fruits and vegetables)或调理果蔬等。鲜切蔬菜不仅满足了当今消费者对新鲜天然、安全方便和营养健康食品的需求,而且满足了快餐业、军事后勤供给等的特殊需

要,逐渐成为果蔬消费的主流,是我国今后果蔬加工业发展的主要方向之一。

西兰花(*Brassica oleracea* L.)又名绿菜花、青花菜,属十字花科芸薹属甘蓝变种,富含蛋白质、糖、脂肪、维生素和胡萝卜素,并含有黄酮类、硫代葡萄糖苷及多种维生素<sup>[1]</sup>,营养成分位居同类蔬菜之首,被誉为“蔬菜皇后”。西兰花易于修整,加工时汁液不易外流,非常适合鲜切加工。但西兰花头部为颗粒状致密排列的小花,呼吸代谢旺盛,在室温条件下极易导致褪绿、开花和黄化,且其组织幼嫩多汁,花

收稿日期:2015-08-27

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目(2015BAD16B07)。

作者简介:冯晓汀,女,硕士研究生,研究方向为农产品加工与贮藏工程;

\* 严守雷,男,副教授,博士,主要从事蔬菜保鲜加工方面的研究。通信作者。

部基本无保护层,极易失水萎蔫,耐贮性差。20℃以上温度贮藏1~3d便失去其商品价值<sup>[2]</sup>,而鲜切后更易衰老腐败,限制了鲜切西兰花产业的发展。因此,如何延缓其衰老过程和控制微生物繁殖是延长鲜切西兰花货架期的关键和迫切需要解决的问题<sup>[3]</sup>。

乙醇已经被美国食品和药物管理局认定为安全物质,不仅是有效的抗菌剂,还可以起到延缓组织衰老的作用<sup>[4]</sup>。研究表明,乙醇在延缓番茄成熟<sup>[5]</sup>,延长康乃馨的寿命<sup>[6]</sup>,延长樱桃<sup>[7]</sup>、葡萄货架期<sup>[8]</sup>等方面具有显著效果。

本文以西兰花为材料,采用不同浓度的乙醇对切割后的西兰花进行处理,旨在探讨乙醇处理后贮藏期间鲜切西兰花的生理及品质变化,以期筛选出合适的处理液浓度,为改善最小加工西兰花的品质和延长其产品货架期提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

西兰花,湖北省武汉市华中农业大学菜市场。乙醇,武汉市一轻江南公司;巯基乙醇,Amresco;平板计数琼脂,北京陆桥有限责任公司;PVP(polyvinyl pyrrolidone),Biosharp;甲醇、没食子酸、福林酚试剂、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、丙酮、十二水磷酸氢二钠、二水磷酸二氢钠、硼酸、硼酸钠、甘油、EDTA-2Na、氯化钠和邻苯二酚,国药集团化学试剂有限公司;佳能食品包装用密封袋(PE,178 mm×203 mm×0.05 mm),武商量贩农科院店。

### 1.2 仪器与设备

小天鹅 T65-388 型甩干机,山东-小鸭家电有限公司;Checkmate 3 型气体分析仪,丹麦丹圣;ST16R 型冷冻离心机,美国赛默飞世尔公司;FE30 型电导率仪,美国梅特勒托利多公司;UV-754N 型紫外分光光度计,上海奥谱勒仪器有限公司;722 型可见分光光度计,上海欣茂仪器有限公司;LRH-250 型培养箱,上海一恒科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 西兰花分组及处理方法

挑选无病虫害,成熟度、大小基本一致的西兰花作为实验材料,4℃下预冷。将西兰花切分成直径为3~4cm的小球,分别采用4℃预冷的蒸馏水,体积分数10%,20%,30%乙醇溶液浸泡清洗2min。所有处理组在浸泡完以后均甩干,装入佳能食品包装用密封袋中,封口后4℃贮藏,定时检测。

#### 1.3.2 测定指标及方法

在实验的第0,3,7,14,21,28天分别对鲜切西

兰花进行生理生化指标测定,包括感官品质、气体成分、失重率、相对电导率、总酚含量、叶绿素含量和菌落总数。在实验的第0,2,4,6,9,12,16天分别测定鲜切西兰花的多酚氧化酶(polyphenol oxidase,PPO)和苯丙氨酸转氨酶(phenylalanine ammonia-lyase,PAL)的酶活性。每个指标按样本量测定或至少设3个重复组。

#### 1.3.2.1 气体成分的测定

密封袋内的 $\text{CO}_2$ 和 $\text{O}_2$ 浓度采用气体分析仪测定。将皮下注射针通过预先固定的粘接隔膜插入包装袋内,以1.5 mL/min的流速进行气体成分测定<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2.2 失重率的计算

采用称重法,见式(1)。

$$\text{失重率} = (m_{\text{贮前}} - m_{\text{贮后}}) / m_{\text{贮前}} \times 100\% \quad (1)$$

#### 1.3.2.3 菌落总数的测定

按GB 4789.2—2010测定菌落总数<sup>[10]</sup>。

#### 1.3.2.4 感官品质的评价

对不同处理、不同贮藏期的鲜切西兰花,根据色泽、褐变、组织状态等方面按9分制法进行评分。评分标准如下:9分为品质完好,新鲜、绿色、无褐变腐烂;7分为品质较好,切面轻微黯淡,无褐变腐烂;5分为商品界限,切口出现肉眼可见的轻微褐变,无腐烂;3分为品质较坏,切口局部褐变,稍有腐烂,不可食;1分为完全坏掉,腐烂严重,不可食用<sup>[11]</sup>。

#### 1.3.2.5 相对电导率的计算

快速称取鲜样3份,每份1.0g,分别置于含50mL去离子水的刻度试管中,盖玻璃塞于室温下浸泡30min。用电导仪测定浸提液电导( $R_1$ ),然后沸水浴加热15min,冷却至室温后摇匀,再次测定浸提液电导( $R_2$ )。相对电导率= $(R_1/R_2) \times 100\%$ <sup>[12]</sup>。

#### 1.3.2.6 总酚含量的计算

采用Folin-Ciocalteu比色法,参考Zhan L等<sup>[13]</sup>的方法并略有改进。称取1.0g样品,加入10mL甲醇研磨,4℃下12000 r/min离心10min。在每个试管中分别加入0.5mL福林酚试剂、0.5mL提取液和5mL去离子水,摇匀,反应3~8min后加入4mL质量分数7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液,摇匀,室温静置1h。在波长765nm处测定吸光度。以没食子酸作标样,通过标准曲线来计算总酚质量比。标准曲线方程: $y = 0.0083x + 0.0628 (R^2 = 0.9994)$ 。

#### 1.3.2.7 叶绿素含量的测定

称取1.0g样品,分3次加入无水丙酮15mL研磨,12000 r/min离心10min,取上清液测定645,663nm处的吸光度,计算叶绿素质量比,结果以mg/g表示<sup>[14]</sup>。

$$\text{叶绿素质量比} = \frac{(20.21OD_{645} + 8.02OD_{663}) \times V}{1000 \times W}, \quad (2)$$

式(2)中: $OD_{645}$ ,  $OD_{663}$ 分别为645, 663 nm处的吸光度; $V$ 为稀释倍数; $W$ 为样品质量, g。

### 1.3.2.8 PPO 酶活的检测

称取5.0 g样品,加入0.2 g聚乙烯吡咯烷酮(PVP)和10 mL 0.2 mol/L磷酸缓冲液(pH值7.0),用液氮磨碎,提取液于4℃下12 000 r/min离心10 min,上清液用于酶活性的测定。取2.8 mL 40℃保温的0.02 mol/L邻苯二酚溶液(用缓冲液配制),加入0.2 mL酶液,对照组仅含有邻苯二酚溶液,测定 $OD_{410}$ 值的变化,以每分钟 $\Delta OD_{410}$ 变化0.001表示一个酶活性单位<sup>[15]</sup>。

### 1.3.2.9 PAL 酶活的检测

称取5.0 g样品,加入0.1 mol/L, pH值8.8的硼酸缓冲液10 mL(内含5 mmol/L巯基乙醇、1 mmol/L EDTA以及体积分数为5%甘油)和0.1 g的PVP及少量的石英砂,用液氮磨碎,然后于12 000 r/min, 4℃离心15 min,上清液即为粗酶液。在5 mL反应体系中,对照组不加酶液而用500  $\mu$ L PAL样品提取液代替。反应体系于40℃水浴中保温60 min后,立即加入0.2 mL 6 mol/L HCl终止反应,随后测定 $OD_{290}$ 值,以每分钟 $\Delta OD_{290}$ 变化0.01为一个酶活性单位,用U/g表示酶活力<sup>[16]</sup>。

## 1.4 数据与统计

每个处理重复3次,取平均值。作图采用Origin Pro 8.5.1软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 气体成分

相对低浓度 $O_2$ 和高浓度 $CO_2$ 可以有效地延长西兰花的贮藏时间,一般认为体积分数5%~10%  $CO_2$ 和1%~2%  $O_2$ 是贮藏西兰花的最佳气体条件。但是,当 $O_2$ 体积分数小于0.5%或 $CO_2$ 体积分数大于20%时,却都会对西兰花造成生理伤害。图1显示20%及30%乙醇处理组能较迅速地达到相对低浓度的 $O_2$ 和高浓度的 $CO_2$ ,可在一定程度上延缓鲜切西兰花的衰老速度,达到贮藏保鲜的目的。

### 2.2 失重率

一般蔬菜含水量都在90%以上,因此即使是少量的失水也会引起蔬菜组织萎蔫。随着贮藏时间的延长,因蒸腾及呼吸作用而造成自身水分的散失,鲜切西兰花的质量损失率都呈增加趋势。但是乙醇处理组的质量损失率要低于对照组,且乙醇浓度越大质量损失率越低(见图2)。说明适当浓度的乙醇溶

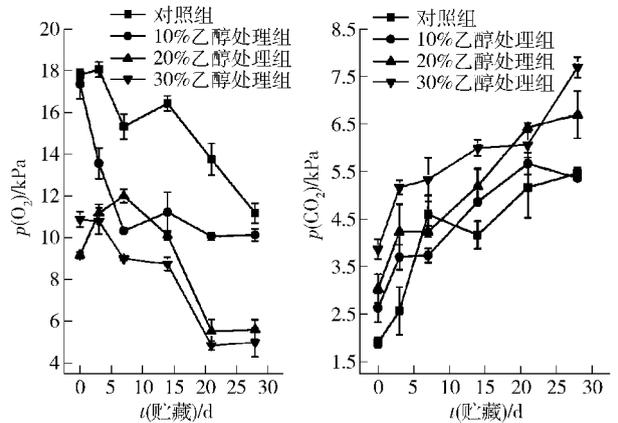


图1 不同处理的鲜切西兰花包装袋内气体成分变化

Fig.1 Changes of gas composition in packing bags of fresh-cut broccoli with different treatments

液处理可以减少水分散失和营养物质的消耗,提高鲜切西兰花的品质。

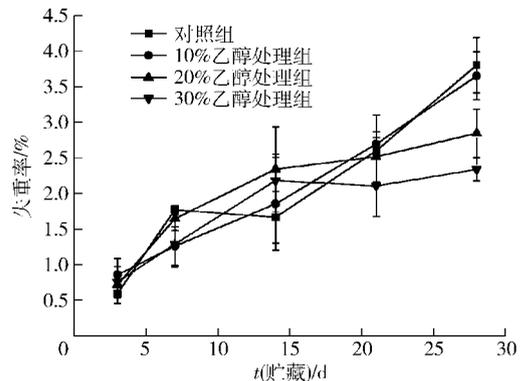


图2 不同处理的鲜切西兰花失重情况

Fig.2 Changes of weight loss of fresh-cut broccoli with different treatments

### 2.3 感官品质

随着贮藏时间延长,鲜切西兰花的感官品质不断下降,其中以对照组下降速度最快,其保质期为18 d左右(见图3)。而乙醇处理组在第28天仍保持了其商品价值,其中20%乙醇处理效果最为明显。表明乙醇处理可延缓鲜切西兰花品质的降低。

### 2.4 菌落总数

细菌总数是反映鲜切西兰花清洁状态的指标,也是评定鲜切西兰花微生物污染程度的指标之一。整个贮藏过程中,乙醇溶液处理组西兰花表面的微生物数量均低于对照组,见图4。随着贮藏时间的延长,鲜切西兰花表面的微生物迅速增加。0 d 30%乙醇处理组微生物数量明显低于其他处理组,但后期迅速增长,与10%乙醇处理组相近,20%乙醇处理效果优于前两者。在贮藏21 d,对照组微生物数量比20%乙醇处理组高一个数量级,28 d高两个数量级。由此可见20%的乙醇溶液能有效抑制贮藏

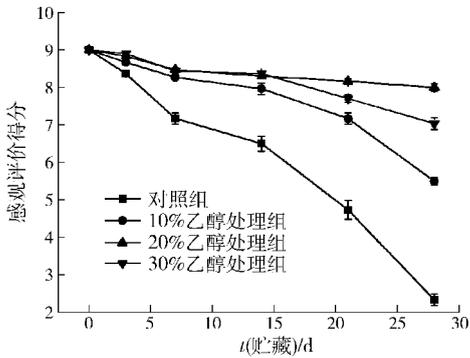


图3 不同处理的鲜切西兰花感官品质变化

Fig. 3 Changes of sensory quality of fresh-cut broccoli with different treatments

期间鲜切西兰花表面的微生物生长。

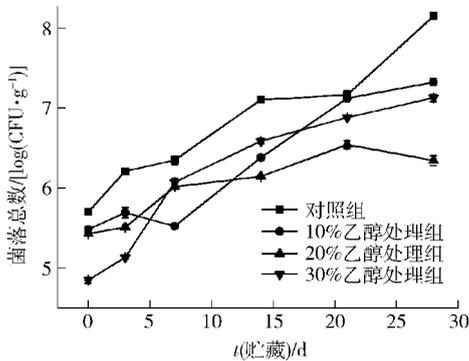


图4 不同处理鲜切西兰花菌落总数变化

Fig. 4 Changes of aerobic plate count of fresh-cut broccoli with different treatments

## 2.5 相对电导率

果蔬采后的贮藏过程中,由于组织的衰老及受环境胁迫,其细胞膜透性易增加。因此,细胞膜的相对透性可以在一定程度上反映细胞受伤害和果蔬的衰老程度。一般细胞膜透性的大小可用相对电导率衡量。西兰花相对电导率均缓慢增加,贮藏10 d左右对照组相对电导率急剧上升,见图5。后期对照组及10%乙醇处理组相对电导率偏高可能是因为微生物感染导致细胞膜受损加重。20%与30%乙醇处理组的相对电导率变化不明显,可能是适当浓度的乙醇溶液在一定程度上增强了植物组织的抗逆性,减少了细胞内电解质外渗。

## 2.6 总酚含量

多酚类物质是表征西兰花抗氧化活性的主要成分,其含量多少反映抗氧化能力的强弱<sup>[17]</sup>。在贮藏期间,对照组与处理组的西兰花总酚含量呈现先升高后降低,再升高再降低的趋势,波动比较明显,见图6。已有报道称果蔬中的酚类物质一般在果蔬生长发育过程中合成<sup>[18]</sup>,但若在采收后处理不当而造成机械损伤或在胁迫环境中,也能诱导酚类物质合

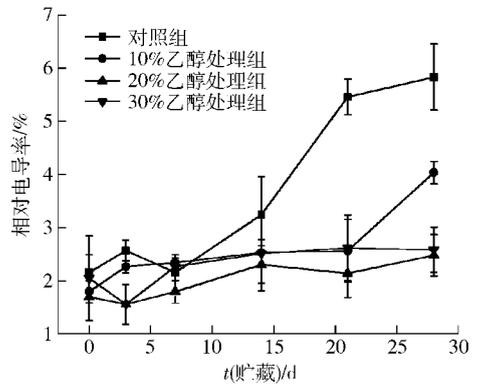


图5 不同处理的鲜切西兰花相对电导率变化

Fig. 5 Changes of relative conductivity of fresh-cut broccoli with different treatments

成<sup>[19]</sup>。本实验西兰花总酚含量上升可能与组织中的PAL酶活性升高,使得酚类物质的合成增加有关,前期降低可能与PPO酶活性上升,多酚物质被氧化有关,后期总酚含量降低可能是由于微生物感染导致组织腐败。其中处理组PPO酶活变化较对照组平稳,能够在一定程度上抑制PPO酶活。

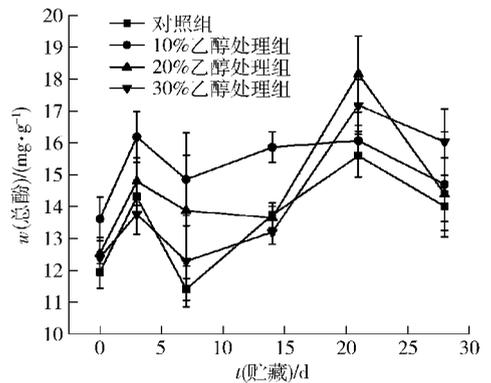


图6 不同处理的鲜切西兰花总酚含量变化

Fig. 6 Changes of total phenolics of fresh-cut broccoli with different treatments

## 2.7 叶绿素含量

西兰花切割后组织极易衰老腐烂,花蕾易开花、黄化。储藏期鲜切西兰花叶绿素质量比的变化见图7。由图7可见,随着贮藏时间延长,西兰花叶绿素质量比呈逐渐下降趋势。其中,对照组西兰花叶绿素质量比下降最快,乙醇处理组能显著抑制西兰花叶绿素质量比降低。贮藏第28天,20%乙醇处理组叶绿素质量比为0.24 mg/g,降低了28.29%;而对照组叶绿素质量比仅为0.14 mg/g,降低了49.41%。超微结构显示乙醇对叶绿体外膜及内部基粒片层结构均有保护作用<sup>[20]</sup>,降低了贮藏期间叶绿体的破坏程度,显著延缓了叶绿体结构的解体<sup>[21]</sup>。

## 2.8 PPO酶活性

果蔬中普遍存在的多酚氧化酶是引起鲜切果蔬

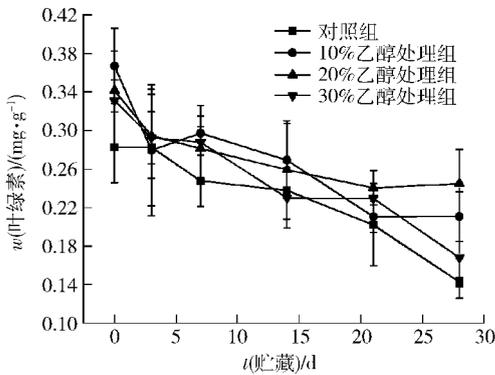


图7 不同处理的鲜切西兰花叶绿素含量变化

Fig. 7 Changes of chlorophyll content of fresh-cut broccoli with different treatments

酶褐变的主要原因。多酚氧化酶定位在细胞的质体(内囊体)中,酚类底物则定位在液胞中。正常情况下两者分离,当植物受到伤害时,两者接触相互作用,使底物氧化成醌。醌自发聚合并与蛋白质的氨基酸残基侧链基团反应产生黑色或褐色物质,从而导致褐变发生<sup>[22]</sup>。贮藏第2~4天多酚氧化酶酶活性达到最大值,而不同浓度的乙醇溶液处理对多酚氧化酶的活性均有抑制作用,尤其是在贮藏的前6 d,乙醇处理大大抑制了酶活,其中20%的乙醇溶液效果最为明显,见图8。西兰花切割后其多酚氧化酶的活性升高,主要是由于机械切割破坏了细胞膜结构,影响膜的渗透性,导致隔离的酚类物质流出,与空气中的氧气接触,使得酶活性升高。

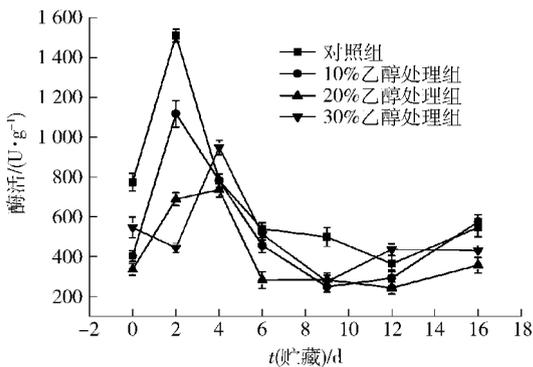


图8 不同处理的鲜切西兰花PPO酶活性变化

Fig. 8 Changes of polyphenol oxidase activity of fresh-cut broccoli with different treatment

## 2.9 PAL酶活性

组织伤害引起的机械损伤可诱导酶如PAL的合成,PAL参与酚类物质的代谢导致酚类化合物的积累,这些化合物最后会成为PPO的底物<sup>[23]</sup>。控制PAL活性将有利于降低鲜切果蔬褐变的底物浓度,从而达到抑制褐变的目的。鲜切西兰花在刚刚切分时PAL活性最高,随后显著下降。其中处理组

相对对照组PAL酶活性能较迅速达到较低水平,从而减少切面上多酚物质的合成,抑制褐变,见图9。

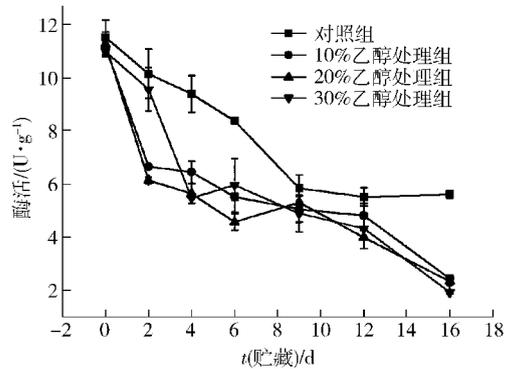


图9 不同处理的鲜切西兰花PAL酶活性变化

Fig. 9 Changes of phenylalanine ammonia-lyase activity of fresh-cut broccoli with different treatment during storage

## 3 结论

研究表明,乙醇处理可降低鲜切西兰花贮藏期的失重率、相对电导率、总酚含量、叶绿素含量、多酚氧化酶(PPO)活性和苯丙氨酸转氨酶(PAL)活力,改善其感官品质,并有效延长鲜切西兰花的货架期,其中20%乙醇效果最为明显。乙醇作为一种安全有效的保鲜剂,处理方法简单,成本低廉,对人体无毒,可避免应用传统果蔬化学防腐保鲜剂对人类和环境产生的危害。20%乙醇溶液是适合鲜切西兰花的安全性保鲜剂,可应用于鲜切蔬菜工业,达到较好的保鲜效果。

## 参考文献:

- [1] Moreira M R, Ponce A, Ansorena R, et al. Effectiveness of edible coatings combined with mild heat shocks on microbial spoilage and sensory quality of fresh cut broccoli (*Brassica oleracea* L.) [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(6): 367-374.
- [2] Das B, Kim J G. Microbial quality and safety of fresh-cut broccoli with different sanitizers and contact times [J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2010, 20(2): 363-369.
- [3] 叶保华, 赵继承, 朱胜龙. 鲜切西兰花贮藏保鲜技术研究[J]. 包装与食品机械, 2009, 27(3): 18-21.
- [4] Xu F, Chen X, Jin P, et al. Effect of ethanol treatment on quality and antioxidant activity in postharvest broccoli florets [J]. European Food Research and Technology, 2012, 235(5): 793-800.
- [5] Saltveit M E, Sharaf A R. Ethanol inhibits ripening of

- tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1992, 117(5): 793–798.
- [6] Heins R D. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1980, 105(1): 141–144.
- [7] Karabulut O A, Arslan U, Kuruoglu G, et al. Control of postharvest diseases of sweet cherry with ethanol and hot water[J]. *Journal of Phytopathology*, 2004, 152(5): 298–303.
- [8] Lichter A, Zutkhy Y, Sonogo L, et al. Ethanol controls postharvest decay of table grapes[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 24(3): 301–308.
- [9] Das B K, Kim J G, Choi J W. Edge browning and microbial quality of fresh-cut iceberg lettuce with different sanitizers and contact times[J]. *Bulgarian J Agri Sci*, 2011, 17: 55–62.
- [10] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.2—2010 食品卫生微生物学检测菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [11] 王宏延, 曾凯芳, 贾凝, 等. 不同质量浓度臭氧化水对鲜切西兰花贮藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(2): 267–271.
- [12] 陈爱葵, 韩瑞宏, 李东洋, 等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. *广东教育学院学报*, 2010, 30(5): 88–91.
- [13] Zhan L, Hu J, Li Y, et al. Combination of light exposure and low temperature in preserving quality and extending shelf-life of fresh-cut broccoli (*Brassica oleracea* L.) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 72: 76–81.
- [14] Nath A, Bagchi B, Misra L K, et al. Changes in post-harvest phytochemical qualities of broccoli florets during ambient and refrigerated storage[J]. *Food Chemistry*, 2011, 127(4): 1510–1514.
- [15] Du J, Fu Y, Wang N. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on browning of fresh-cut lotus root[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42(2): 654–659.
- [16] 潘永贵, 陈维信. 鲜切荸荠组织中褐变相关酶活性研究[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(31): 9856–9857.
- [17] 张怡, 关文强, 张娜, 等. 温度对西兰花抗氧化活性及其品质指标影响[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(8): 156–161.
- [18] 程双, 胡文忠, 马跃, 等. 鲜切果蔬酶促褐变机理及控制研究进展[J]. *食品与机械*, 2009(4): 173–176.
- [19] 罗海波, 何雄, 包永华, 等. 鲜切果蔬品质劣变影响因素及其可能机理[J]. *食品科学*, 2012, 33(15): 324–330.
- [20] Suzuki Y, Kimura T, Takahashi D, et al. Ultrastructural evidence for the inhibition of chloroplast-to-chromoplast conversion in broccoli floret sepals by ethanol vapor[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35(3): 237–243.
- [21] 韩俊华, 周君一, 牛天贵, 等. 乙醇对鲜切西兰花抗氧化酶及叶绿体超微结构的影响[J]. *食品科学*, 2008, 29(3): 283–287.
- [22] 刘欣. *食品酶学*[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 99–102.
- [23] 王兆升. 鲜切生姜褐变机理及保鲜关键技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.

## Study on Effects of Ethanol on Qualities and Physio-biochemical Metabolism of Fresh-cut Broccoli

FENG Xiaoting, LIU Hongli, WU Xiu, YANG Hong, WANG Qingzhang,  
LI Jie, YAN Shoulei\*

(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Effects of ethanol on the aerobic plate count, weight loss, sensory evaluation, relative electrical conductivity, total phenol content, chlorophyll content, polyphenol oxidase (PPO) activity, and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity of fresh-cut broccoli were determined in this study. Effects of different ethanol concentrations on the physio-biochemical metabolism were analyzed. Results showed that the ethanol treatment could maintain the texture of fresh-cut broccoli, delay the nutrients loss, and restrain the activities of PPO and PAL to effectively improve the storage quality and extend the shelf life of fresh-cut broccoli.

**Key words:** fresh-cut broccoli; ethanol; fresh-keeping; quality

(责任编辑:檀彩莲)