

加工和贮藏对果蔬营养成分变化及抗氧化活性影响的研究进展

王萌蕾, 陈复生, 杨宏顺, 陈亚敏, 李蒙

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

摘要: 水果和蔬菜是维生素、非维生素植物化学物质和抗氧化活性的重要来源, 因此膳食指南推荐人们摄入足够多的水果和蔬菜, 但是这里并没有区分是新鲜果蔬还是加工过的果蔬。然而, 人们消费的大部分果蔬都是加工过的, 与同样的新鲜果蔬相比, 它们的营养物质、功能性成分和抗氧化活性或许不同。讨论了不同罐装、烹调、常温和低温贮藏以及冻藏等贮藏和加工方式对果蔬中维生素、非维生素植物化学物质和抗氧化活性的影响。大量研究表明, 加工和贮藏造成了大多数种类果蔬植物化学物质和抗氧化活性的损失。这些信息将有助于指导人们使用贮藏和加工过的水果和蔬菜。

关键词: 加工; 果蔬; 维生素; 植物化学物质; 抗氧化活性

文章编号: 1673-9078(2013)3-692-697

Progress in Research on Effect of Different Processing and Storage Methods for Changes of Nutritious and Antioxidant Activities

WANG Meng-lei, CHEN Fu-sheng, YANG Hong-shun, CHEN Ya-min, LI Meng

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Fruit and vegetables are important sources of vitamin, non-vitamin phytochemicals and antioxidant activity. It was recommended by dietary guidance that people need to consume enough fruit and vegetables. However, the nutrients, functional components and antioxidant properties of the fresh fruit and vegetables were different from that being processed. This review discusses the effects of processing and storage, such as canning, cooking, refrigeration storage and freezing storage, on vitamin content, non-vitamin phytochemicals content and antioxidant activities of fruit and vegetables. A mass of research indicated that processing and storage caused the loss of phytochemicals and antioxidant activity of most kinds of fruit and vegetables. The information will be helpful to guide people to eat fruit and vegetables after processing and storage.

Key words: processing; fruit and vegetables; vitamin; phytochemicals; antioxidant activity

水果和蔬菜是维持人体健康重要的食物来源。使用足够多的水果和蔬菜可以预防很多人类疾病^[1]。然而, 水果和蔬菜摄入量偏低已经广泛存在于许多国家^[1-2]。这是造成全球高死亡率的危险因素之一, 并且造成了全球将近 170 万的死亡人数。水果和蔬菜是维生素、非维生素植物化学物质和抗氧化活性的重要来源, 也是矿物质的提供者^[3-4]。抗坏血酸、类胡萝卜素和叶酸是水果和蔬菜中三个典型的维生素相关化合物^[5-6], 黄酮、多酚化合物和番茄红素是三个主要的非维

生素抗氧化成分^[3-4,7-8]。维生素和非维生素植物化学物质对水果和蔬菜的高抗氧化活性起主要作用, 它与预防心血管疾病、癌症、糖尿病和老年疾病紧密相关。然而, 由于世界各地不同的加工方式和饮食习惯, 与新鲜水果和蔬菜相比, 不同的加工和贮藏方式会导致营养成分和抗氧化活性不同程度的损失。因此, 通过研究不同加工与贮藏条件对果蔬植物化学物质和抗氧化活性的影响将有助于提供膳食指南建议和指导消费者食用加工和贮藏的水果和蔬菜。

收稿日期: 2012-10-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071617, 30600420); 郑州市创新型科技人才队伍建设工程项目

作者简介: 王萌蕾(1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品资源开发与利用

通讯作者: 杨宏顺, 博士, 副教授

1 加工方式的影响

1.1 罐装

1.1.1 对维生素的影响

许多新近和经典的研究调查了热加工对各种各样商品中维生素 C (V_C) 的影响, 所有都报道在商业热

加工条件下维生素C含量下降^[9-14]。Martin-Belloso and Llanos-Barriobero^[13]以干重为基础报道了结果,他们发现白芦笋、扁豆和番茄的损失大约在25%~30%,蘑菇的损失大约为41%。Saccani等^[15]在番茄中发现了相似的结果。

紧跟着V_C, 硫胺素是热加工过程中最不稳定的维生素。多个研究表明在热加工过程中硫胺素的含量下降很多, 尽管它的降解程度取决于产品。罐藏过程中核黄素的保留量远远高于硫胺素。研究显示蘑菇和扁豆的保留量为68%, 芦笋、甜马铃薯和桃子的保留量为95%或95%以上。Schroeder^[16]发现罐藏蔬菜比等量的新鲜蔬菜VB₆含量少55%~57% (以湿重计)。

只有一项新近研究检测了罐装之后叶酸的保留量。Jiratanan and Liu^[13]发现罐装甜菜叶酸损失重量百分数为30%, 但是没有发现罐装绿豆叶酸有所减少。他们将这结果归因于绿豆加工过程的水环境和包装创造的低压环境。

1.1.2 对非维生素植物化学物质的影响

1979年的一个报道显示, 桃子装罐之后它的总胡萝卜素干重增加了4%, 而绿豆和甜番茄罐装之后分别损失了8%和14%^[17]。罐装或许提高了类胡萝卜素从其细胞基质提取出来的能力, 因此经热加工的产品中类胡萝卜素含量较高。

酚类化合物是水溶性的, 致使它们在沥滤时易流失。依据成熟度的不同, 桃去皮导致13~48%的总酚损失^[18]。一些研究者已经报道由于热处理导致总酚含量显著下降。然而证据表明, 这种下降很大程度上归因于它们被沥滤在盐水或者糖水中, 而不是氧化作用^[19-20]。当分析特定酚类化合物时, 发现结果相似。包装在水中的青豆总黄酮重量百分数降低了60%, 但是未用液体浇头汁的甜菜增加了30~50%^[13]。罐藏番茄并未发现其总黄酮有显著变化^[21]。

Griet等^[22]报道制作罐装番茄酱时不同的巴氏杀菌步骤没有影响到总番茄红素的浓度, 这或许可以解释为运用的处理温度较低和加热时间较短。此外, Colle等^[23]也未发现在130℃下处理的番茄酱其总番茄红素含量有显著的变化。

1.2 烹调

1.2.1 对维生素的影响

依烹调方式的不同, V_C在烹调过程中损失在15%~55%的范围内变化^[24]。Nicoletta等^[25]将西兰花分别进行水煮(食物:水=1:5, 10 min)和微波加热(2450 HZ, 300 W, 30 min), 发现在水煮条件下V_C损失了大约20%, 而微波几乎造成V_C全部损失。

1.2.2 对非维生素植物化学物质的影响

Nicoletta等^[25]还发现水煮布鲁塞尔求芽甘蓝导致总类胡萝卜素显著损失, 这或许是因为叶黄素释放所致。而其他的烹调方式没有显著影响到蔬菜中叶黄素的含量, 但是β-胡萝卜素减少十分明显。同样, 冷冻样品中的类胡萝卜素含量跟所应用的烹调方式无关。

Teresea等^[26]报道胡萝卜水煮(胡萝卜:水=1:5, 12 min)后的总酚含量显著下降49%, 水煮菠菜的总酚含量稍微减少但也相当显著(p<0.05)。Sultana等^[27]观察到胡萝卜和花椰菜水煮之后黄酮一般都减少, 这或许与它们被沥滤在沸水中有关。

1.2.3 对抗氧化活性的影响

Zhang and Hamauzu^[28]指出, 传统烹调后的蔬菜其抗氧化成分和抗氧化活性与微波烹调后的蔬菜之间没有明显的差异。Ismail等^[29]发现豌豆水煮和微波烹调后抗氧化活性均比菠菜低。Zhang and Hamauzu^[28]报道, 利用DPPH法测定西兰花花部总抗氧化活性为60.5%, 但是, 水煮和微波加热5 min后其抗氧化活性保留率分别为35%和34.7%。Nihal等^[30]研究发现不同的烹调方法增强了西兰花、菠菜、绿豆和辣椒的抗氧化活性, 对南瓜、豌豆和韭菜的抗氧化活性没有引起任何变化。M. Jimenez-monreal等^[31]研究发现, 以羟基自由基的清除能力来表达抗氧化活性时, 水煮(500 g样品, 1000 mL水, 煮至变软)辣椒与新鲜辣椒相比损失抗氧化活性较多, 达到50%以上, 菠菜和花椰菜损失了25%~50%的清除能力, 西兰花、胡萝卜、韭菜、洋葱、茄子、芹菜等损失了5%~25%的羟基自由基清除能力, 而甜菜根、大蒜和绿豆保持了它们的抗氧化活性; 微波处理(2450 Hz, 1500 W)后, 辣椒的抗氧化活性依然最多, 仍达50%以上, 但是芹菜的抗氧化活性却显著增加了。

2 贮藏方式的影响

2.1 常温贮藏和低温贮藏

2.1.1 对维生素的影响

水果和蔬菜一旦收获, V_C就开始降解。例如, 绿色豌豆在收货后的24~48 h内V_C重量百分比损失了51.5%^[32]。Hunter发现, 在持续的贮藏过程中, V_C稳步降解。如, 4℃下贮藏10 d的新鲜豌豆和菠菜, 其V_C含量下降到冻藏产品水平以下。新鲜水果和蔬菜在室温下贮藏将导致更多的V_C损失。例如, 新鲜豌豆在室温下贮藏一周V_C损失了50%, 而新鲜菠菜在室温下贮藏不到4 d, V_C损失100%^[33]。

Simonetti等研究发现, 菠菜在4~6℃贮藏1周和3周后, 其原始硫胺素分别损失了13%和46%。绿色

豌豆在 4 °C 贮藏 3 周后保留了较多的硫胺素, 仅损失了干重的 23%。核黄素在贮藏过程中也会降解, 在 4 °C 下贮藏 3 周后, 菠菜和豌豆分别损失了 39% 和 24% (以干重计) [34]。Hebrero 等研究发现贮藏温度影响显著, 菠菜在室温下核黄素损失更多 [35]。我们发现只有极少数的研究详述了冷藏期间类胡萝卜素的降解。Salunkhe 等 [36] 陈述了完整活组织在贮藏期间类胡萝卜素损失很少。Howard 等 [37] 以湿重为基础研究了西兰花、胡萝卜和绿豆冷藏期间 β -胡萝卜素的变化。他们报道冷藏 14 d 的胡萝卜 β -胡萝卜素增加了 10%, 然而冷藏 16 d 的绿豆 β -胡萝卜素平均损失了 10%。Simonetti 等 [34] 发现豌豆和菠菜的 β -胡萝卜素损失显著, 分别为 56% 和 23% (以干重计)。

2.1.2 对非维生素植物化学物质的影响

Asami 等 [18] 报道去皮和未去皮的桃子在冷藏过程中总酚没有显著的损失。有趣的是, 他们发现去皮和未去皮的桃子在 30 °C 下贮藏 24 h, 其总酚显著增加了 69% 和 36% (以湿重计)。Mullen 等 [38] 模拟了贮藏条件来预测在零售市场 (贮藏 3 d) 和家庭 (附加 24 h) 可得水果总酚含量, 发现总酚水平稍微有所增加但并不显著。作者将观察到的总酚增加归因于贮藏水果的次级代谢活动。黄利华等 [39] 以温度、湿度和气体成分为主要因素研究了对红富士苹果贮藏效果的影响, 由多酚的 HPLC 图谱知, 在贮藏前 3 个月, 多酚含量变化不大, 3 个月多酚含量会发生较大程度的改变。

Jasenka 等 [40] 研究了常温和低温下水果总黄酮含量的变化, 发现不管是在 25 °C 还是 4 °C 下贮藏, 黄酮保留量都相当稳定, 只有树莓在 25 °C 贮藏结束后, 检测到总黄酮含量明显下降, 超过了 24%。这些与 Kevers 等 [41] 研究的杏和葡萄的结果相一致。

Jamal 等 [42] 报道番茄在室温下贮藏 7 d 后总番茄红素的总量显著高于在室温下贮藏 14 d 的总番茄红素含量。新鲜番茄在室温下贮藏 1 周, 其番茄红素的含量从 42 mg/kg 鲜重增加到 68 mg/kg 鲜重。在 12 °C 贮藏 7 d 的番茄其番茄红素的含量没有明显的变化, 同样, 继续在 5 °C 下贮藏的 7 d 里, 其番茄红素含量依然没有明显的变化。然而, 首次在 12 °C 贮藏 7d 的番茄其番茄红素含量明显高于继续在 5 °C 下贮藏 7 天的番茄的番茄红素含量。Soto-Zamora 等 [43] 认为番茄红素在黑暗的条件下番茄红素或许发展变化得更快。Jamal 等 [42] 的研究结果与 Ajlouni 等 [44] 报道的对室温和低温下番茄红素的研究一致。

2.1.3 对抗氧化活性的影响

Jamal 等 [42] 研究了室温和低温贮藏对抗氧化活性的影响, 利用清除 ABTS⁺ 的相对抗氧化活性来表示,

结果显示室温下贮藏 7 d 的番茄其总抗氧化活性显著高于在低温下贮藏 14 d 的总抗氧化活性。与 12 °C 贮藏相比, 在 5 °C 下贮藏的抗氧化活性增加了 1.77 倍。Jasenka 等 [40] 报道, 运用 FRAP、DPPH 和 TEAC 等方法, 发现与 25 °C 下贮藏相比, 4 °C 下贮藏的抗氧化活性值确实提高了。不管贮藏温度是多少, 用三种方法评估, 与收获时相比, 贮藏后的抗氧化活性没有显著变化。这些观察结果与 Toor 等 [45] 研究的番茄贮藏期间抗氧化活性的稳定性一致。

2.2 罐藏

2.2.1 对维生素的影响

与冷冻产品相比, 罐装食品 Vc 损失较小 (<15%) [46]。至少两项研究显示罐藏绿豆在室温下贮藏没有统计学上的显著损失, 一项研究显示罐藏绿豆 18 个月 Vc 损失了 6% [47-48]。

研究者观察到, 罐装番茄和桃子在室温下长期贮藏 (6~18 个月) 后硫胺素损失显著, 但是罐装绿豆损失较小 [15]。罐装番茄贮藏 8 个月也损失了较多的核黄素、VB₆ 和尼克酸。

2.2.2 对非维生素植物化学物质的影响

罐装在镀膜搪瓷容器中的桃子在室温下贮藏 3 个月花青素损失了 30~43% (以湿重计) [18]。在这项研究中作者并未分析糖汁, 但是在后来的研究中他们报道了罐藏过程原花青素的损失实际上是它迁移到了糖汁中 [19]。Chaovanalikit and Wrolstad [20] 发现在镀膜搪瓷容器罐藏的樱桃有相似的结果。在室温下贮藏 5 个月的罐装樱花青素有显著损失。然而, 在冷的温度或者室温下贮藏了 5 个月的总酚有轻微但并不显著的损失。然而, 罐藏樱桃和糖汁中总酚始终比新鲜樱桃中高, 归因于热处理时显著的增加。

2.3 冻藏

2.3.1 对维生素的影响

冷冻产品在持续的贮藏过程中 Vc 持续降解。像西兰花和菠菜, 在 -18~-20 °C 储藏 1 年后平均损失 20%~50%。芦笋和青豆, 对加工最具有抵抗力, 遭受了最少的损失。Hunter and Fletcher [33] 观察到在冷冻青豆的贮藏中 Vc 增加, 但他们并未给予解释。

冷冻绿蕨菜在 10 个月的贮藏中, 硫胺素没有显著的变化, 核黄素和尼克酸变化很大 [49]。Hebrero 等 [35] 发现在冷冻 40 d 后的菠菜中硫胺素干重增加了 25.4%。

2.3.2 对非维生素植物化学物质的影响

冻藏中总酚的变化很大程度上取决于商品。以湿重计, 冻藏的桃子在 3 个月的储存过程中未发现总酚有统计学意义上的变化 [18]。然而, Puupponen-Pimiä

等^[50]发现以干重计,西兰花、胡萝卜、菜花、豌豆和土豆在12个月的冻藏中出现了一些损失。兵樱桃在冻藏中总酚和总花青素也有显著的降低。在-20℃贮藏6个月总酚和总花青素分别损失了50%~87%。然而,樱桃在-70℃贮藏6个月保留了88%的总花青素和100%的总酚^[33]。González等^[51]研究了四个品种的树莓,发现在12个月的冻藏中结果各不相同,从无变化到增加12%和减少21%和28%。由于酚类化合物的保留量在冻藏中显得十分不稳定,需要指定其他变量进行更深的研究,比如包装,或许会影响保留率。

3 展望

通常人们认为罐装食品比新鲜和冷冻食品营养价值低,研究显示这些并不总是正确的。虽然新采摘的水果和蔬菜在最佳条件短期贮藏后能够最大限度地为人们提供营养物质,但是由于季节和地区的原因,有些水果和蔬菜只能经过加工和贮藏后再消费。此外,某些情况下,加工提高了一些脂溶性营养成分(如β-胡萝卜素和番茄红素)的提取率。加工产品(如番茄)也可能含有较高的营养价值,这归因于一些加工品种比新鲜品种营养价值高的事实。

目前,发展中国家肥胖流行,官方专一推荐多食新鲜水果和蔬菜。我们不能否认食用新鲜水果和蔬菜的益处,但是,我们也应该相信科学证据显示的罐藏和冷冻等加工水果的营养价值,不应将它们排除在推荐范围之外。膳食指南仅仅向人们提供了人体所需摄入的新鲜水果和蔬菜的量,因此,通过研究不同加工和贮藏条件对维生素、非维生素植物化学物质和抗氧化活性将有助于人们了解在零售市场可得到水果和蔬菜的营养含量。此外,现在许多有关加工、贮藏和烹调后营养保留率的文献都是25年之前编译的,这样,研究所得数据将很好地补充膳食指南营养数据库。

参考文献

- [1] Stewart H, Hyman J, Frazão E, et al. Can low-income Americans afford to satisfy myPyramid fruit and vegetable guidelines [J]. *Nutrition Education and Behavior*, 2011, 43(3): 173-179
- [2] Agudo A. Measuring intake of fruit and vegetables [EB]. Background paper for the Joint FAO/WHO Workshop on Fruit and vegetables for health. Kobe, Japan, 2004. http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/f&v_intake_measurement.pdf
- [3] Shaghghi M, Manzoori J L and Jouyban A. Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method [J]. *Food Chemistry*, 2008, 108(2): 695-701
- [4] Jiménez-Monreal A M, García-Diz L, Martínez-Tomé M, et al. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(3): H97-H103
- [5] Simone A H, Simone E H, Eitenmiller R R, et al. Ascorbic acid and provitamin A content in some unusually coloured bell peppers [J]. *Food Composition and Analysis*, 1997, 10(4): 299-311
- [6] Martín A, Ferreres F, Tomás-Barberán F A, et al. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(12): 3861-3869
- [7] Kim D O, Chun O K, Kim Y J, et al. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51(22): 6509-6515
- [8] Sagdic O, Ozturk I, Ozkan G, et al. RP-HPLC-DAD analysis of phenolic compounds in pomace extracts from five grape cultivars: Evaluation of their antioxidant, antiradical and antifungal activities in orange and apple juices [J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(4): 1749-1758
- [9] Murcia M A, López-Ayerra B, Martínez-Tomé M, et al. Evolution of ascorbic acid and peroxidase during industrial processing of broccoli [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80: 1882-1886
- [10] Korus A, Lisiewska Z and Kmiecik W. Effect of freezing and canning on the content of selected vitamins and pigments in seeds of two grass pea (*Lathyrus sativus* L.) cultivars at the not fully mature stage [J]. *Nahrung/Food*, 2002, 46: 233-237
- [11] Martín-Belloso O and Llanos-Barriobero E. Proximate composition, minerals and vitamins in selected canned vegetables [J]. *European Food Research and Technology*, 2001, 212: 182-187
- [12] Gahler S, Otto K and Böhm V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2003, 51: 7962-7968
- [13] Jiratanan T and Liu R H. Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2004, 52: 2659-2670
- [14] Lisiewska Z, Korus A and Kmiecik W. Changes in the level

- of vitamin C, beta-carotene, thiamine, and riboflavin during preservation of immature grass pea (*Lathyrus sativus* L.) seeds[J]. *European Food Research and Technology*,2002,215: 216-220
- [15] Saccani G, Trifir' o A, Cortesi A, et al. Effects of production technology and storage conditions on the content of water-soluble vitamins in tomato purees[J]. *Ind Conserve*, 2001, 76: 107-118
- [16] Schroeder H A. Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1971, 24: 562-573
- [17] Elkins ER. Nutrient content of raw and canned green beans, peaches, and sweet potatoes [J]. *Food Technology*,1979,33: 66-70
- [18] Asami D K, Hong Y J, Barrett D, et al. Processing induced changes in total phenolics and procyanidins in clingstone peaches [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2002, 83: 56-63
- [19] Chaovanalikit A and Wrolstad R E. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties [J]. *Journal of Food Science*, 2004, 69: FCT67-FCT72
- [20] Hong Y J, Barrett D M and Mitchell A E. Liquid chromatography/mass spectrometry investigation of the impact of thermal processing and storage on peach procyanidins [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2004, 52: 2366-2371
- [21] Dewanto V, Wu X, Liu R H, et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity[J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2002, 50: 3010-3014
- [22] Knockaert G, Pulissery S K, Colle I, et al. Lycopene degradation, isomerization and in vitro bioaccessibility in high pressure homogenized tomato puree containing oil: Effect of additional thermal and high pressure processing [J]. *Food Chemistry*,2012,135: 1290-1297
- [23] Colle I, Lemmens L, Buggenhout S V, et al. Effect of thermal processing on the degradation, isomerization, and bioaccessibility of lycopene in tomato pulp [J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(9): C753-C759
- [24] Goyal R K. Nutritive value of fruits, vegetables, and their products, in *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*, ed.by Verma LR and Joshi VK. Indus Publishing [J]. New Delhi, 2000, pp. 337-389
- [25] Nicoletta P, Emma C, Claudio G. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen Brassica vegetables [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2010, 58: 4310-4321
- [26] Mazzeo T, N'Dri D, Chiavaro E, et al. Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables [J]. *Food Chemistry*, 2011, 128: 627-633
- [27] Sultana B, Anwar F and Iqbal S. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2008, 43: 560-567
- [28] Zhang D, Hamauzu Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking [J]. *Food Chemistry*,2004,88: 503-509
- [29] Ismail A, Marjan Z M, Foong C W. Total antioxidant activity and phenolic content of selected vegetables [J]. *Food Chemistry*,2004,87: 581-586
- [30] Nihal T, Ferda S Y and Sedat V. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables [J]. *Food Chemistry*,2005, 93: 713-718
- [31] Jim'enez-monreal M, Garc'ia-diz L, Mart'inez-tom'e M, et al. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(3): 97-103
- [32] Fellers C R and Stepat W. Effect of shipping, freezing and canning on the ascorbic acid (vitamin C) content of peas [J]. *Proceedings American Society of Horticultural science*, 1935,32: 627-633
- [33] Hunter K J and Fletcher J M. The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2002, 3: 399-406
- [34] Simonetti P, Porrini M and Testolin G. Effect of environmental factors and storage on vitamin content of *Pisum sativum* and *Spinacia oleracea* [J]. *Italian Journal of Food Science*, 1991, 3: 187-196
- [35] Hebrero E, Santos-Buelga C and Garcia-Moreno C. Changes in thiamin content during the storage of spinach [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1988, 36: 144-147
- [36] Salunkhe D K, Bolin H R and Reddy N R. Chemical composition and nutritional quality, in *Storage, Processing, and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables*. Vol. 2: *Processed Fruits and Vegetables* [J]. CRC Press, Boca Raton,

- FL, 1991, pp. 115-145
- [37] Howard L A, Wong A D, Perry A K, et al. β -Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables [J]. Journal of Food Science, 1999, 64: 929-936
- [38] Mullen W, Stewart A J, Lean M E, et al. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50: 5197-5201
- [39] 黄利华, 张业辉, 力超等. 贮藏条件对苹果多酚成分及抗氧化活性的影响 [J]. 现代食品科技, 2009, 25(3): 252-255
- [40] Piljac-Žegarac J, Šamec D. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures [J]. Food Research International, 2011, 44: 345-350
- [41] Kevers C, Falkowski M, Tabart J, et al. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2007, 55: 8596-8603
- [42] Javanmardi J, Kubota C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41: 151-155
- [43] Soto-Zamora G, Yahia E M, Brecht J K, et al. Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit [J]. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 2005, 38: 657-663
- [44] Ajlouni S, Kremer S, Masih L. Lycopene content of hydroponic and non-hydroponic tomatoes during postharvest storage [J]. Food Australia, 2001, 5 (53): 195-196
- [45] Toor R K, Savage G P. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage [J]. Food Chemistry, 2006, 99: 724-727
- [46] Rickman, Diane M B, Christine M B. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87: 930-944
- [47] Abou-Fadel O S and Miller L T. Vitamin retention, color and texture in thermally processed green beans and Royal Ann cherries packed in pouches and cans [J]. Journal of Food Science, 1983, 48: 920-923
- [48] Marchesini A, Majorino G, Montuori F, et al. Changes in the ascorbic and dehydroascorbic acid contents of fresh and canned beans [J]. Journal of Food Science, 1975, 40: 665-668
- [49] Bushway A A, Serreze D V, McGann D F, et al. Effect of processing method and storage time on the nutrient composition of fiddlehead greens [J]. Journal of Food Science, 1985, 50: 1491-1492, 1516
- [50] Puupponen-Pimiä R, Hakkinen S T, Aarni M, et al. Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83: 1389-1402
- [51] González E M, Ancos B and Cano M P. Relation between bioactive compounds and free radical-scavenging capacity in berry fruits during frozen storage [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83: 722-726

欢迎订阅 EI 收录期刊、中文核心期刊 《现代食品科技》

邮发代号：46-349 刊号：ISSN 1673-9078/CN 44-1620

每期定价 15 元，全年 12 期仅 180 元。欢迎食品及相关行业的机构和科学工作者到各地邮局订阅，并踊跃投稿或建立广告宣传和产学研合作关系。

地址：广州五山华南理工大学轻工与食品学院麟鸿楼 508，邮编：510640

电话：020-87112373, 87113352, 87112532

E-mail: xdspkj@vip.sohu.com