

含茶多酚的壳聚糖涂膜对四季豆贮藏品质和生理生化特性的影响

张宇航, 王宝刚, 邢淑婕*

(信阳农林学院食品科学系, 信阳 464000)

摘要: **目的** 研究壳聚糖联合茶多酚对四季豆涂膜保鲜的可行性。**方法** 以四季豆为实验材料, 采用壳聚糖涂膜(浓度为 1.5%)、壳聚糖联合茶多酚复合涂膜(1.5%壳聚糖中添加 150 mg/kg 茶多酚) 2 种保鲜方式, 研究茶多酚对四季豆贮藏品质和生理生化特性的影响。**结果** 茶多酚联合壳聚糖涂膜的四季豆在贮藏期内叶绿素、维生素 C、水分含量的下降速率和纤维素含量的上升速率均低于壳聚糖涂膜组, 贮藏品质较好。茶多酚联合壳聚糖涂膜的四季豆体内的过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)的活力低于壳聚糖涂膜组, 但二者均高于未处理组。**结论** 涂膜处理有利于四季豆的贮藏, 涂膜剂中加入茶多酚后保鲜效果更好, 和壳聚糖涂膜相比可将四季豆贮藏期延长 10 d, 和不涂膜组相比可延长 20 d。

关键词: 四季豆; 茶多酚; 壳聚糖; 品质保护; 生理生化特性

Effect of tea polyphenol-incorporated chitosan coating on storage qualities and physio-biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L.

ZHANG Yu-Hang, WANG Bao-Gang, XING Shu-Jie*

(Department of Food Science, Xinyang Agricultural College, Xinyang 464000, China)

ABSTRACT: Objective To explore the feasibility of using preservative coating mixed with tea polyphenols for fresh-keeping of *Phaseolus vulgaris* L. (PV). **Methods** In order to study the effect of tea polyphenol on storage quality and physio-biochemistry characteristics of PV, two different storage methods were selected, one was chitosan coating (coating concentration:1.5%), another was tea polyphenol-incorporated chitosan coating (1.5% soluble chitosan blended with 150 mg/kg tea polyphenol). **Results** PV coated with 1.5% soluble chitosan blended with 150 mg/kg tea polyphenol had better storage qualities. The decline rate of vitamin C, chlorophyll, water content and the rise rate of cellulose content were lower than those of the group coated only with chitosan. Meanwhile, the activities of peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT) were lower in PV coated with tea polyphenol-incorporated chitosan coating than that coated only with chitosan. However, the 2 groups were all higher than that without coating. **Conclusion** It was found that coating has a help for storage of PV, tea polyphenol-incorporated chitosan coating had a better effect which could extend the shelf life of PV for 10 d compared with the group coated only with chitosan, and 20 d compared with the group without coating.

基金项目: 河南省 2011 年科技攻关计划项目(112102110144)

Fund: Supported by the Program of Science and Technology Projects Program in Henan Province (112102110144)

*通讯作者: 邢淑婕, 教授, 主要研究方向为食品营养与安全。E-mail: xing3600@163.com

*Corresponding author: XING Shu-Jie, Professor, Department of Food Science, Xinyang College of Agriculture and Forestry, 24 Road, Yangshan, Xinyang 464000, China. E-mail: xing3600@163.com

KEY WORDS: *Phaseolus vulgaris* L.; tea polyphenols; chitosan; quality protection; physio-biochemical characteristics

1 引言

四季豆, 别名菜豆, 学名 *Phaseolus vulgaris* L., 又名芸豆、芸扁豆、油豆角、眉豆等, 是蝶形花科一年生缠绕草本植物扁豆的种子。四季豆富含蛋白质、氨基酸、多种维生素和矿物质^[1], 营养丰富, 但是其成熟后保鲜期很短, 不及时食用或保存不当很快出现失水、萎蔫、纤维化、腐烂等现象而失去食用价值和商品价值^[2,3]。目前, 四季豆的贮藏保鲜方法主要有气调贮藏^[4]、涂膜保鲜^[5]、冷藏等^[3], 其中, 涂膜保鲜是近几年才开始在四季豆保鲜中应用的。

涂膜保鲜是通过成膜剂在被贮藏的果实表面形成一层薄薄的被膜, 阻隔空气的透过率, 在微环境中调节果实周围的气体成分, 抑制果实呼吸, 从而达到延缓果实衰老的目的, 现已广泛应用于水果、蔬菜及肉制品的保鲜^[6-10]。茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称, 在茶叶中的含量一般在 20%~35%, 包括黄烷醇类、花色苷类、黄酮类、黄酮醇类和酚酸类等, 其中以黄烷醇类物质(儿茶素)最为重要, 其含量约占多酚类总量的 60%~80%, 是形成茶叶色香味的主要成分之一, 也是茶叶中有保健功能的主要成分之一^[11]。研究表明^[12-17], 茶多酚具有良好的抗氧化与抑菌能力, 在食品保鲜领域得到了一定程度的研究与应用^[18-20], 但是应用到四季豆保鲜中还鲜有报道。

本试验以四季豆为供试材料, 通过比较壳聚糖涂膜、壳聚糖联合茶多酚涂膜两种保鲜方式, 研究茶多酚对四季豆贮藏品质和生理生化特性的影响, 以期对四季豆的贮藏运输提供技术参考。

2 材料与方 法

2.1 材 料

四季豆(品种: 芸丰): 采自信阳羊山郊区, 采摘当天运回试验室, 挑取条形均匀、长短整齐、色泽一致, 无病虫害和机械损伤者进行试验; 壳聚糖(分子量: 30000, 脱乙酰度: 92.1%): 浙江金壳生物化学有限公司; 茶多酚: 信阳农林学院食品科学系食品化学实验室(纯度为 80%)。

2.2 样品处理方法

取一定量的壳聚糖配制成浓度为 1.5% 溶液备用(T1), 取一定量的已经配制好的壳聚糖溶液, 向其中添加 150 mg 茶多酚, 搅拌混合均匀后备用(T2)。

将挑选好的四季豆随机分成 3 组, 一组不做任何处理(CK), 另外两组分别放入上述两组已配制好的涂膜液中浸渍 20 s, 取出低温风干, 三组样品均用 PVC 袋包装后 7 °C 低温贮藏, 定期取样测定指标。每个处理做 3 个平行。

2.3 测定指标和方法

2.3.1 呼吸强度

采用气流法^[21]测定。

2.3.2 过氧化物氧化酶活力

采用愈创木酚氧化法^[22]测定。

2.3.3 超氧化物歧化酶活力

采用 NBT 光化还原法^[22]测定。

2.3.4 过氧化氢酶活力

采用高锰酸钾滴定法^[22]测定。

2.3.5 维生素 C 含量

采用 2, 6-二氯酚靛酚法^[22]测定。

2.3.6 叶绿素含量

采用分光光度法^[22]测定。

2.3.7 总含水量

采用称重法^[22]测定。

2.3.8 纤维素含量

采用酸性洗涤剂法^[23]测定。

2.4 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 统计软件进行分析。

3 结果与分析

3.1 不同处理对四季豆贮藏品质的影响

在不同贮藏时间测定了三组样品叶绿素、维生素 C、水分和纤维素含量的变化情况, 结果见表 1~2。

表 1~2 显示, 贮藏起始时 CK、T1 和 T2 组四季豆的叶绿素、维生素 C、水分及纤维素含量分别为 0.158 mg/g FW、0.214 mg/g FW、100% 和 14.665 mg/g

FW, 随着贮藏时间的延长, 供试样品中的叶绿素、维生素 C 和水分含量不断下降, 纤维素含量不断上升, 说明四季豆的贮藏品质随贮藏时间的延长而不断下降, 但 3 组四季豆贮藏品质下降的速率存在明显差异, 贮藏至 40 d 时, CK、T1 和 T2 组四季豆的叶绿素、维生素 C、水分、纤维素的含量分别为 0.038、0.070 和 0.096 mg/g FW; 0.017、0.051 和 0.101 mg/g FW; 60.16、90.11 和 94.29%; 23.562、21.125 和 16.647 mg/g FW, 差异显著($P < 0.05$)。

3.2 不同处理对四季豆生理生化特性的影响

在不同贮藏时间测定了三组样品呼吸强度、过氧化物酶(POD)活力、超氧化物歧化酶(SOD)活力和过氧化氢酶(CAT)活力的变化情况, 结果见图 1。

图 1 显示, 贮藏开始时, 四季豆的呼吸强度为 $35.07 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 之后随着贮藏时间的延长, 三组四季豆的呼吸强度均呈不断上升趋势, 到 30 d 到

达高峰, 然后开始有所下降, CK、T1 及 T2 组样品的最高呼吸峰值分别为 98.08 、 79.78 和 $60.15 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 差异显著($P < 0.05$)。三组供试样中, T2 组样品的呼吸强度在整个贮藏过程中均低于 CK 和 T1 组。

由图 1 还可看出, 贮藏起始阶段, 所试四季豆的 POD、CAT、SOD 活力分别为 6507.02 、 2525.18 和 $109.78 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, 随着贮藏时间的延长, 三组样品的 POD、SOD 及 CAT 活力均呈不断下降的趋势, 但三个处理组样品的酶活力下降速率明显不同, CK 组样品下降最快, T2 组次之, T1 组样品酶活下降速率最慢, 贮藏至 40 d 时, CK、T1 及 T2 组样品的 POD 活力分别为 4118.12 、 5339.16 和 $4678.12 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, SOD 活力分别为 29.01 、 89.56 和 $70.23 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, CAT 活力分别为 519.74 、 1899.89 和 $1289.18 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, 差异显著($P < 0.05$)。

表 1 不同处理对四季豆贮藏期品质的影响(叶绿素、维生素 C)

Table 1 Effects of different treatments on the quality of *Phaseolus vulgaris* L. during the storage (chlorophyll and vitamin C)

时间 Time/d	叶绿素 Chlorophyll/mg · g ⁻¹ FW			维生素 C vitamin C/mg · g ⁻¹ FW		
	CK	T1	T2	CK	T1	T2
0	0.158±0.012a	0.158±0.012a	0.158±0.012a	0.214±0.027a	0.214±0.015a	0.214±0.014a
10	0.123±0.013a	0.143±0.014b	0.144±0.015b	0.120±0.019a	0.174±0.014b	0.210±0.018c
20	0.095±0.019a	0.118±0.013b	0.124±0.019c	0.074±0.021a	0.109±0.014b	0.187±0.021c
30	0.053±0.014a	0.079±0.012b	0.109±0.020c	0.031±0.017a	0.084±0.027b	0.154±0.024c
40	0.038±0.025a	0.070±0.021b	0.096±0.021c	0.017±0.016a	0.051±0.021b	0.101±0.013c

注: 不同字母表示在 0.05 水平上存在显著差异(下同)

Note: Different small letters indicate significant difference at $P=0.05$ (the following is same)

表 2 不同处理对四季豆贮藏期品质的影响(纤维素、水分)

Table 2 Effects of different treatments on the quality of *Phaseolus vulgaris* L. during the storage (cellulose and water)

时间 Time/d	纤维素 Cellulose/mg · g ⁻¹ FW			水分 Water/%FW		
	CK	T1	T2	CK	T1	T2
0	14.665±0.311a	14.665±0.311a	14.665±0.311a	100.00±0.127a	100.00±0.127a	100.00±0.127a
10	17.011±0.329a	16.074±0.297b	14.889±0.395c	91.45±0.213a	98.38±0.214b	100.00±0.218c
20	19.126±0.321a	17.895±0.411b	15.198±0.310c	88.51±0.221a	97.07±0.311b	99.06±0.199c
30	23.102±0.295a	18.572±0.301b	15.346±0.294c	75.50±0.422a	95.45±0.226b	97.33±0.327c
40	26.562±0.225a	21.125±0.254b	16.647±0.227c	60.16±0.316a	90.11±0.507b	94.29±0.223c

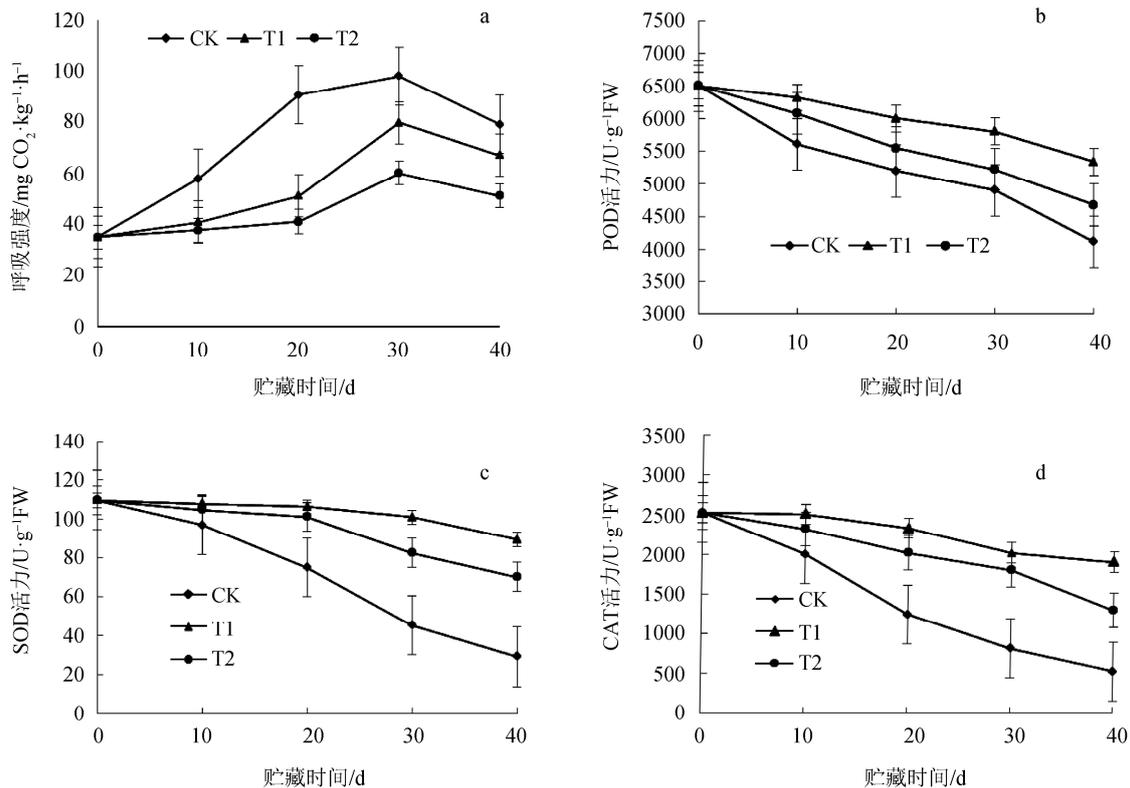


图 1 不同处理对四季豆生理生化特性的影响(a: 呼吸强度; b: POD 活力; c: SOD 活力; d: CAT 活力)

Fig. 1 Effect of different treatments on the Physio-biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. during storage (a: respiration rate; b: POD activity; c: SOD activity; d: CAT activity)

4 讨论

呼吸作用是生物体维持其生命的基本条件。采摘后的果蔬仍然是一个有生命的有机体,呼吸作为其基本的生理过程仍在进行着,但呼吸作用的强与弱受多种因素的影响,如果蔬种类、采收时是否受到机械损伤及程度、贮藏环境与条件等等。一般情况下,果蔬在贮藏期内呼吸作用越强,消耗的营养物质越多,其食用品质就越差,贮藏寿命也就越短。因此,适当控制采后果蔬的呼吸强度是延长果蔬贮藏期的重要手段之一。涂膜保鲜可在一定程度上降低果蔬的呼吸强度^[24],这与本实验的研究结果是一致的。茶多酚处理可降低果蔬贮藏期的呼吸强度^[25,26],可能与茶多酚的抗氧化性有关,茶多酚良好的抗氧化作用可降低果实环境的氧浓度,抑制果实的乙烯合成与呼吸作用,从而延长其保鲜期。本实验中,茶多酚联合壳聚糖涂膜处理较壳聚糖涂膜能更好地抑制四季豆的呼吸作用,与前人的研究结果类似。

另一方面,植物在生命过程中不断产生活性氧,

但同时又形成了一个完善的清除活性氧的防御系统,即酶促系统,使植物体内活性氧的产生与清除之间维持在一个动态平衡状态,活性氧的酶促防御系统即由 SOD、POD 及 CAT 等酶组成,是植物防御体系和抗氧化生物体系中的重要酶系,对机体起着保护作用^[27,28]。图 1 显示,相对于冷藏组样品而言,壳聚糖涂膜和茶多酚联合壳聚糖涂膜处理的四季豆可以维持较高的 POD、SOD 及 CAT 活力,分析原因,涂膜处理可能作为一个逆境诱使四季豆产生了较高的抗氧化酶活力,用以降低机体中 O₂·⁻、H₂O₂ 等有害物质的积累,保护四季豆的品质不被破坏。图 1 还显示,壳聚糖涂膜处理组的四季豆抗氧化酶系的活力较茶多酚处理组高,可能与茶多酚自身的抗氧化作用及抑制果实呼吸作用有关,茶多酚的抗氧化作用抑制了四季豆的呼吸作用,呼吸强度下降,机体内因呼吸作用产生的有害物质相对较少,而抗氧化酶活力的提高一般和机体内活性氧的含量的增加有关。

叶绿素、花青素、类胡萝卜素等各种色素物质协同作用共同构成了果蔬各自特有的色泽。贮藏过程中,

叶绿素等色素的不断降解是造成果蔬色泽变化和感官品质下降的主要原因^[29]。在植物体内,叶绿素并不是单独存在的,而是和叶绿素结合蛋白结合在一起的,因此,叶绿素结合蛋白的稳定性在一定程度上影响着叶绿素的稳定性。在贮藏过程中,果蔬因呼吸作用会产生一定量的自由基,这些自由基可能会导致蛋白质结构发生变化,从而使叶绿素与结合蛋白分开而加快其降解进程。如上所述,茶多酚具有抑制四季豆的呼吸作用,可减少其贮藏期内自由基的产生量,同时,茶多酚还具有清除自由基的功能,使得茶多酚处理后的四季豆在贮藏期内能更好的维持了体内叶色素的含量,贮藏品质得以较好保持。

本实验过程中,各组样品的维生素 C 和水分含量均呈随贮藏时间延长而下降的趋势。果蔬贮藏过程中营养物质含量的下降与果蔬自身的呼吸消耗及微生物的侵染等因素有关,茶多酚的抑菌作用能较好地降低有害微生物对果实造成的侵染率和果实的病理性失水率^[30],其良好的抗氧化作用能较好地抑制果实的呼吸作用,从而可以减缓四季豆中维生素 C 和水分含量的下降速率。

5 结 论

壳聚糖联合茶多酚涂膜处理可有效抑制四季豆贮藏期间的呼吸作用,同时维持较高的 POD、COD、和 CAT 的酶活力。相对于 CK 组和 T1 组而言,茶多酚联合壳聚糖涂膜处理的四季豆本在整个贮藏期 VC、水分与叶绿素含量都维持在较高水平,且纤维素的上升速率低于冷藏组和单一壳聚糖涂膜组,贮藏至 40 d 仍能保持较好的品质,而 CK 组自 20 d、T1 组自 30 d 后纤维化开始严重,失水加重,叶绿素和维生素 C 含量下降明显,品质急剧下降;可见,涂膜处理有利于四季豆的贮藏,涂膜剂中加入茶多酚后保鲜效果更好,和单独壳聚糖涂膜相比可将四季豆贮藏期延长 10 d,和不涂膜组相比可延长 20 d。

参考文献

- [1] 毕兆东,孙淑萍.南京地区引种北方地区油豆角栽培技术[J].长江蔬菜,2003,7(2):19.
- [2] Bi ZD, Sun SP. Introduction and Cultivation Techniques of oil beans in northern Nanjing area [J]. J Changjiang Veget, 2003, 7(2): 19.
- [3] 赵立彬,董军茂.四季豆贮藏保鲜技术的研究[J].保鲜与加工,2007,7(6):22-25.
- [4] Zhao LB, Tong JM. Study on storage technology of green bean [J]. Stora Proc, 2007, 7(6): 22-25.
- [5] 徐晶宇.油豆角耐贮性和贮藏技术的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,1999.
- [6] Xu JY. Study on snap bean storability and storage technology [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 1999.
- [7] 王利斌,姜丽,石韵,等.气调贮藏对四季豆生理生化特性的影响[J].食品科学,2013,38(8):296-300.
- [8] Wang LB, Jiang L, Shi J, et al. The characteristics of physio-biochemistry index of *Phaseolus* L. during controlled atmosphere storage [J]. Food Sci, 2013, 38(8): 296-300.
- [9] 贾小丽,牛兵,孙艳辉,等.滁菊叶提取物有效成分测定及在四季豆保鲜中的应用[J].粮食与食品工业,2014,21(1):44-51.
- [10] Jia XL, Niu B, Sun YH, et al. The determination of effective components extracted from the leaves of Chuzhou Chrysanthemum and application in the preservation of *Phaseolus vulgaris* L [J]. Cereal Food Ind, 2014, 21(1): 44-51.
- [11] 梁婷,任园园,祁岩龙,等.壳聚糖涂膜处理对红富士苹果贮藏品质和生理的影响[J].新疆农业大学学报,2011,34(3):230-233.
- [12] Liang T, Ren YY, Qi YL, et al. Effect of chitosan coating on qualities and physiology of red Fuji apples at ambient storage [J]. J Xinjiang Agric Univ, 2011, 34(3): 230-233.
- [13] 葛庆丰,吴华俊,于海,等.高温条件下涂膜贮存对鸡蛋保鲜效果的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2011,29(6):11-15.
- [14] Ge QF, Wu HJ, Yu H, et al. Effect of coating on egg quality under high temperature storage [J]. J Shanghai Jiaotong Univ (Agric Sci), 2011, 29(6): 11-15.
- [15] 张莉,郑艺梅,安季.壳聚糖涂膜黄瓜保鲜效果[J].安徽科技学院学报,2002,16(2):40-43.
- [16] Zhang L, Zheng YM, An J. Effect of chitosan coating on storage of cucumber [J]. J Anhui Sci Technol Univ, 2002,16(2):40-43.
- [17] 孙向军,宋立华,周杰.冷却肉涂膜保鲜的初探[J].食品科技,2002,(2):63-65.
- [18] Sun XJ, Song LH, Zhou J. Study on the effects of coating on chilled meat [J]. Food Sci Technol, 2002, (2):63-65.
- [19] 胡晓艳,乔勇进,陈召亮.壳聚糖涂膜对沪产冬枣贮藏期品质的影响[J].食品与机械,2011,27(1):109-112.
- [20] Hu XY, Qiao YJ, Chen ZL. Effect of chitosan film-coating on storage quality of winter jujube produced of Shanghai during the storage period [J]. Food Mach, 2011, 27(1): 109-112.
- [21] 杨贤强,王岳飞,陈留记.茶多酚化学[M].上海:上海科学

- 技术出版社, 2003.
- Yang XQ, Wang YF, Chen LJ. Tea polyphenols Chemistry [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003.
- [12] Keiko M, Masafumi K, Wu CX, *et al.* Green tea catechins inhibit the cultured smooth muscle cell invasion through the basement barrier [J]. *Atherosclerosis*, 2003, 166(1): 23–30.
- [13] 高永贵, 王岳飞, 杨贤强, 等. 脂溶性茶多酚抗油脂氧化及其增效剂的研究[J]. *中国粮油学报*, 2000, 15(3): 54–58.
- Gao YG, Wang YF, Yang XQ, *et al.* Study on the anti-lipid oxidation of lipid soluble tea polyphenols and its synergistic agent [J]. *Chin J Cereals Oils*, 2000, 15(3): 54–58.
- [14] 陈玉香, 刘阳, 周道玮. 茶多酚对豆油及猪油的抗氧化作用[J]. *食品科学*, 2001, 22(11): 27–29.
- Chen YX, Liu Y, Zhou DW. Antioxidant effect of tea polyphenols on soybean oil and lard [J]. *Food Sci*, 2001, 22(11): 27–29.
- [15] 唐裕芳, 张妙玲, 冯波, 等. 茶多酚的抑菌活性研究[J]. *浙江林学院学报*, 2005, 22(5): 553–557.
- Tang YF, Zhang ML, Feng B, *et al.* Study on antibacterial activity of tea polyphenols [J]. *J Zhejiang For Univ*, 2005, 22(5): 553–557.
- [16] 刘开华, 邢淑婕. 植物多酚抑菌作用的对比研究[J]. *信阳农业高等专科学校学报*, 2011, 21(3): 105–108.
- Liu KH, Xing SJ Comparative study on the antibacterial effect of plant polyphenols [J]. *J Xinyang Agric Coll*, 2011, 21(3): 105–108.
- [17] 孙京新, 王文娟. 茶多酚对假单胞菌抑菌机理研究[J]. *肉类工业*, 2010, (1): 36–39.
- Sun JX, Wang WJ. Study on the antibacterial mechanism of tea polyphenols on *Pseudomonas* sp. [J]. *Meat Ind*, 2010, (1): 36–39.
- [18] 刘国庆, 张黎利, 宗凯, 等. 涂膜保鲜剂中添加茶多酚对冷鲜猪肉贮藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2009, 30(24): 452–456.
- Liu GQ, Zhang LL, Zong K, *et al.* Effect of tea polyphenols in preservation coating on quality of chilled meat [J]. *Food Sci*, 2009, 30(24): 452–456.
- [19] 励建荣, 林毅, 朱军莉, 等. 茶多酚对梅鱼丸保鲜效果的研究[J]. *中国食品学报*, 2009, 9(6): 128–132.
- Li JR, Lin Y, Zhu JL, *et al.* Study on the tea polyphenols in the preservation of Mei fish ball [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2009, 9(6): 128–132.
- [20] 刘开华, 张宇航, 邢淑婕. 含茶多酚的大豆分离蛋白涂膜对甜樱桃保鲜效果的影响[J]. *茶叶科学*, 2013, 33(1): 68–73.
- Liu KH, Zhang YH, Xing SJ. Effect of tea polyphenol-incorporated soy protein isolate film-coating on fresh preservation of sweet cherry [J]. *Tea Sci*, 2013, 33(1): 68–73.
- [21] 张桂. 果蔬采后呼吸强度的测定方法[J]. *理化检验(化学分册)*, 2005, 41(8): 596–597.
- Zhang G. Mensurate method of Post-harvest respiration intensity of fruits and vegetables [J]. *Phy Test Chem Anal (PartB: Chem Analysis)*, 2005, 41(8): 596–597.
- [22] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- Li HS. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [23] 宁正祥. 食品成分分析 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- Ning ZX. Food ingredients analysis manual [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998.
- [24] 张志健, 李新生. 食品防腐保鲜技术[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2003.
- Zhang ZJ, Li XS. Food preservative technology [M]. Beijing: Science and Technology Literature Press, 2003.
- [25] 刘开华, 邢淑婕. 壳聚糖中添加茶多酚对香菇贮藏品质的影响[J]. *食用菌学报*, 2012, 19(3): 54–58.
- Liu KH, Xing SJ. Effect of tea polyphenols on the storage quality of *Lentinula edodes* [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2012, 19(3): 54–58.
- [26] 刘开华, 邢淑婕. 大豆分离蛋白联合茶多酚对刺芹侧耳保鲜效果的影响[J]. *食用菌学报*, 2013, 20(1): 52–55.
- Liu KH, Xing SJ. Effect of soy protein and tea polyphenols on the storage quality of *Pleurotus eryngii* [J]. *Acta Edulis Fungi*, 2013, 20(1): 52–55.
- [27] 夏铁骑. 自由基、活性氧、SOD 及植物衰老机理研究的现状与进展[J]. *濮阳职业技术学院学报*, 2005, 18(2): 23–24.
- Xia TJ. Free radical, reactive oxygen species, SOD and status and progress of research on plant senescence mechanism [J]. *J Puyang Vocat Technical Coll*, 2005, 18(2): 23–24.
- [28] Ron M. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance [J]. *Trends Plant Sci*, 2002, 7(9): 405–410.
- [29] Vernon P. Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts [J]. *Anal Chem*. 1960, 32(4): 1144–1150.
- [30] 王佩华, 赵大伟. 茶多酚在食品工业中的应用[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(33): 19075–19076, 19089.
- Wang PH, Zhao DW. Application of tea polyphenol in food industry [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2010, 38(33): 19075–19076, 19089.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介

张宇航, 讲师, 主要研究方向为食品营养与安全。
E-mail: zhangyuhang2002@163.com

邢淑婕, 教授, 主要研究方向为食品营养与安全。
E-mail: xing3600@163.com

“碳水化合物的物性学及功能特性研究”专题征稿

碳水化合物是食品中的六大营养素之一, 是食品的主要成分, 对于食品的“色、香、味、形、质”以及营养功能均具有重要的影响作用。

鉴于此, 本刊特别策划了“碳水化合物的物性学及功能特性研究”专题, 由天津科技大学的张民教授担任专题主编。张教授现任天津科技大学食品工程与生物技术学院院长。本专题主要围绕碳水化合物的物性学特性(包括: 力学特性、流变学特性、质构特性、介电特性、热特性和凝胶性等)、功能特性、应用特性、结构特性展开。探讨碳水化合物的组成、分子结构等对加工特性以及食品质量的影响或者针对您认为在碳水化合物的研究方面有意义的内容进行研讨, 计划在 2015 年 7 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及张民教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部