

生姜不同切割后的抗氧化成分及其活性的变化

李佳慧,姜爱丽*,胡文忠,崔晓亭,陈 丹

(大连民族学院生命科学学院,辽宁大连 116600)

摘 要:对生姜进行不同程度的切割伤害处理(分别切成片状、块状及末状),并在4℃的贮藏温度下于不同的放置时间(0,3,6,12h)测定其抗氧化物质含量,包括黄酮类物质、还原型谷胱甘肽和抗坏血酸含量,并且测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,以及测定脂溶性物质抗氧化能力和水溶性物质抗氧化能力。实验结果表明,不同程度的切割伤害处理均使生姜的黄酮类物质含量、还原型谷胱甘肽含量、SOD活性以及水溶性和脂溶性物质的抗氧化能力上升,但切割处理却使 V_c 含量降低,切割伤害程度越大, V_c 含量下降的速率越快。生姜的脂溶性物质抗氧化能力远远高于水溶性物质的抗氧化能力,总体来说,切割伤害提高了生姜的抗氧化能力,且3种不同的切割伤害处理以伤害程度中等的块状切割最有利于生姜抗氧化能力的提高。

关键词:生姜,切割伤害程度,抗氧化物质,水/脂溶性物质,抗氧化能力

Effect of different level of injury on ginger antioxidant content and antioxidant capacity

LI Jia-hui, JIANG Ai-li*, HU Wen-zhong, CUI Xiao-ting, CHEN Dan

(College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

Abstract: In this study, the antioxidant content and antioxidant activity of ginger which was cut in different ways (platelet, block and powder) and placed at 4℃ condition for different time were determined. Outcome measures included the content of flavonoids, reduced glutathione (GSH) and ascorbic acid. In addition, the superoxide dismutase (SOD) activity and the scavenging activity of water and liposoluble substance of ginger extract were also measured. The results indicated that all cutting treatments improved the content of GSH and ascorbic acid, SOD activity as well as the scavenging activity of water and liposoluble substance. However, V_c content decreased while filling the cutting process and storage, and the more the ginger was injured, the more V_c content decreased. It should be pointed out that the antioxidant capacity of liposoluble substance was far more than that of water soluble substance in ginger. Overall, three different cutting injury increased the antioxidant ability of ginger, and the moderate injury (block) was most conducive to improve the antioxidant capacity.

Key words: ginger; cutting injury degree; antioxidant substance; water/liposoluble substance; antioxidant activity

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)03-0340-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.03.064

生姜,性温味辛,是一种药食同源植物,具有很高的营养价值和药用价值。生姜富含多种维生素、胡萝卜素、钙、铁、磷等营养成分,广泛应用于调味品、饮料等食品中,此外,生姜具有抗氧化及抗菌等

多种生物活性,能够驱寒解表,健胃止痛,止呕开痰,增进食欲^[1]。现代科学还证明生姜能够抗衰老,降血脂,抑制癌细胞活性,从而起到防癌作用^[2]。烹饪过程中,生姜可切丝或切片作为配菜,或切成块状作为调味品,用于去腥、调味,亦可捣碎成末作为蘸料食用。已有的研究表明:生姜具有较强的抗氧化活性^[3-4],但是对生姜在不同受伤害程度下其抗氧化物质含量及抗氧化活性实时变化的研究却未见报道。

目前,国内外普遍采用测定果蔬抗氧化能力测定方法包括 DPPH 自由基清除法^[5-6]、抗氧化能力指数法 (Oxygen Radical Scavenging Capacity, ORAC)^[5,7-9]、三价铁还原抗氧化能力法 (Ferric

收稿日期: 2014-05-19

作者简介: 李佳慧 (1991-),女,本科,研究方向: 食品科学。

* 通讯作者: 姜爱丽 (1971-),女,博士,副教授,研究方向: 采后生物学与技术。

基金项目: 国家国际科技合作项目 (2013DFA3145); 国家自然科学基金项目 (31340038, 31471923); 中央高校基本科研业务费项目 (DC2013010107); 大连民族学院人才引进科研项目 (0701-110004); 大学生创新创业训练计划项目 (G2013007)。

Reducing Antioxidant Potential Assay, FRAP)^[8]、TEAC法(Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)^[7-8]、ABTS自由基清除法等^[10-11]。这些方法都是研究单一的脂溶性物质或水溶性物质对某一种自由基的清除能力。而本文使用的德国耶拿分析仪器股份公司生产的耶拿快速抗氧化剂和自由基分析仪,其测定原理是反应体系中的发光氨兼具光敏剂和检测剂双重功能,一方面发光氨作为光敏剂与 O_2 反应生成超氧阴离子自由基(O_2^-)和发光氨阳离子自由基,另一方面其作为检测剂连续检测发光信号强度,由此来测定样品的抗氧化能力^[12]。该仪器是世界上第一台既可测定水溶性物质抗氧化能力又可测定脂溶性样品抗氧化能力的分析装置,具有灵敏度高、操作简单快速等特点。本实验用3种不同伤害程度处理生姜,实时分析研究抗氧化物质含量和抗氧化活性的变化情况,旨在为鲜切果蔬加工保鲜方法提供更好的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

生姜 购自大连市金州新区新玛特超市,将生姜洗净去皮,分别切成片状($1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 0.3\text{cm}$)、块状($0.3\text{cm} \times 0.3\text{cm} \times 0.3\text{cm}$)、末状,装入塑料托盘,用保鲜膜密封,置于 4°C 冷库,分别于0、3、6、12h时测定各项抗氧化指标。

还原型谷胱甘肽,磷酸氢二钠,磷酸二氢钾,DTNB,三氯乙酸,草酸,碳酸氢钠,亚硝酸钠,氢氧化钠,硝酸铝,甲醇,NBT,EDTA- Na_2 均为分析纯;芦丁标准品,核黄素,抗坏血酸,2,6-二氯酚靛酚钠,甲硫氨酸 均为生化试剂。

德国耶拿快速抗氧化剂和自由基分析仪 德国耶拿分析仪器股份公司;数控超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司;高速冷冻离心机 上海安亭科学仪器厂;超声波细胞粉碎机 南京新辰生物科技有限公司;Lambda-25 紫外可见分光光度计 美国PE公司;T25型匀浆机 德国IKA公司。

1.2 实验方法

1.2.1 抗氧化物质含量的测定 生姜黄酮类物质含量的测定采用络合-分光光度法,以芦丁为标准品测定生姜总黄酮类物质含量,具体操作参见 Huber等^[13]的方法。

还原型谷胱甘肽含量的测定参照曹建康等^[14]的方法。

抗坏血酸含量的测定采用2,6-二氯酚靛酚钠滴定法,具体操作参见曹建康等^[14]的方法。

1.2.2 抗氧化活性的测定 超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定参照姜爱丽等^[15]的方法。

生姜水溶性物质和脂溶性物质抗氧化能力的测定:采用德国耶拿分析仪器股份公司生产的快速抗氧化剂和自由基分析仪进行测定。

每次测定分别取水溶性物质的抗氧化能力试剂包中2.3mL试剂1、0.2mL试剂2及25 μL 试剂3,与10 μL 样品溶液快速混合后测定水溶性物质抗氧化性;每次分别取脂溶性物质的抗氧化能力试剂包中1.5mL试剂1、1mL试剂2及25 μL 试剂3,与10 μL 样

品溶液迅速混合后测定脂溶性物质抗氧化性^[16-17]。每个样品重复测定3次,由PCL软件自动执行计算程序。

1.3 统计方法

数据用SPSS软件进行统计分析,采用新复极差法进行方差分析,检验差异显著性。实验重复3次。

2 结果与讨论

2.1 不同切割伤害程度对生姜抗氧化物质含量的影响

2.1.1 不同切割伤害程度对生姜黄酮类物质含量变化的影响 以芦丁标准品浓度(X)为横坐标,吸光度($OD_{510\text{nm}}$)(Y)为横纵坐标,得到黄酮类物质含量的线性回归方程: $y = 2.9570x + 0.0024$, $R^2 = 0.9954$,在吸光度线性范围内呈现良好的线性关系,标准曲线如图1所示。

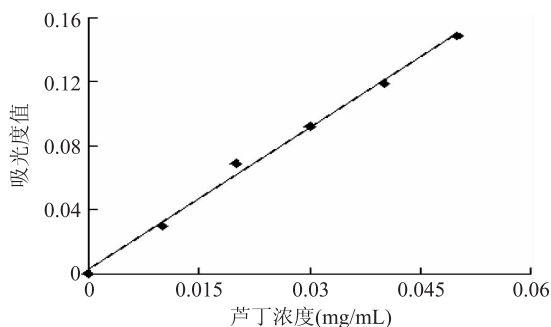


图1 芦丁标准曲线

Fig.1 The standard curve of Rutins

0h时的数据代表整姜(未切割)的各项指标实际水平。如图2所示,尽管切割后生姜的黄酮类物质含量在放置过程中呈先升高后下降趋势,但均显著高于0h时的水平($p < 0.05$),说明切割伤害会导致生姜中黄酮类物质含量上升。受伤害程度最大的姜末在放置过程中其黄酮类物质含量始终低于同期的姜块和姜片,其中3h时姜末的黄酮类物质含量显著低于姜块($p < 0.05$),而6h时姜末的黄酮类物质含量显著低于姜块和姜末的水平($p < 0.05$)。

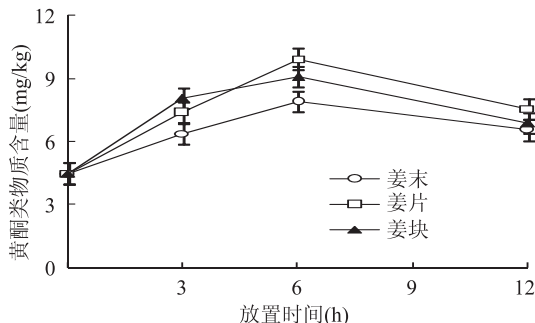


图2 不同切割伤害程度对生姜黄酮类物质含量的影响

Fig.2 Effects of different cutting injury degrees on the content of flavonoid in ginger

黄酮类物质是大自然赋予人类最好的天然抗氧化剂^[18-19]。以往的研究表明,生姜中的黄酮类物质具有较强的抗氧化能力^[20],本实验结果表明:切割后生姜黄酮类物质含量的整体变化趋势与还原型谷胱甘

肽以及脂溶性物质抗氧化能力相似(见图4和图6),均呈先上升后下降趋势,与Perez-Gregorio等在鲜切洋葱上的研究结果一致^[21]。

2.1.2 不同切割伤害程度对抗坏血酸含量的影响

如图3所示,受到切割伤害的生姜抗坏血酸含量均低于0h时的整姜,且在12h内随着时间的延长切割生姜的抗坏血酸含量呈下降趋势,说明生姜受到机械损伤后抗坏血酸作为抗氧化物质被消耗。切割伤害最大的姜末抗坏血酸含量始终显著低于同期的姜片和姜块($p < 0.05$),且随时间延长差距有增大趋势。姜片抗坏血酸含量在3~12h内变化不明显,12h时与同期姜块的水平差异不显著($p > 0.05$)。

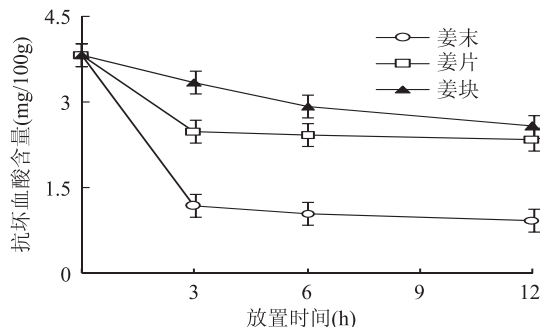


图3 不同切割伤害程度对生姜抗坏血酸含量的影响

Fig.3 Effect of different cutting injury degrees on the content of ascorbic acid in ginger

抗坏血酸(ASA)是果蔬中主要的抗氧化物质之一,切割处理后的生姜在贮藏12h内其抗坏血酸含量呈下降趋势,可能是由于生姜组织受到机械伤害后,与氧的接触面积增大,增强了促进抗坏血酸氧化过氧化物酶的活性,导致抗坏血酸含量的降低^[22],且姜末相比于其他两种切割处理方式表现出显著性差异($p < 0.05$)。

2.1.3 不同切割伤害程度对还原型谷胱甘肽含量的影响 3种切割伤害处理的生姜,其还原型谷胱甘肽在12h内虽然均呈先升高后下降趋势(如图4),但是3~12h各组数值仍高于0h时整姜的水平,说明切割伤害会导致生姜还原型谷胱甘肽含量的升高,其中姜块的还原型谷胱甘肽在3~6h内急剧增加,达到 $210.75 \mu\text{mol/g}$,是同期姜末和姜片的2.07倍和1.42倍,12h时,姜块的还原型谷胱甘肽含量尽管有所下降,但仍显著高于姜片和姜末的水平($p < 0.01$)。

还原型谷胱甘肽是抗坏血酸-谷胱甘肽循环中重要的中间产物,不同程度的切割伤害均使生姜的还原型谷胱甘肽含量增加,这可能是由于生姜在切割处理及贮藏过程中激发了大量活性氧产生,诱导植物组织自我防御系统的活化,合成较多的还原型谷胱甘肽以增强抗氧化代谢能力所致^[23]。而贮藏后期还原型谷胱甘肽的下降趋势可能是由于其前体物质抗坏血酸含量的减少造成的^[24]。

2.2 不同切割伤害程度对生姜抗氧化能力的影响

2.2.1 不同切割伤害程度对生姜SOD活性的影响

如图5所示,放置过程中姜片和姜末的SOD活性均呈上升趋势,且二者之间仅在3h时呈显著差异($p < 0.05$),而姜块的SOD活性则在6h时急剧增加,达到

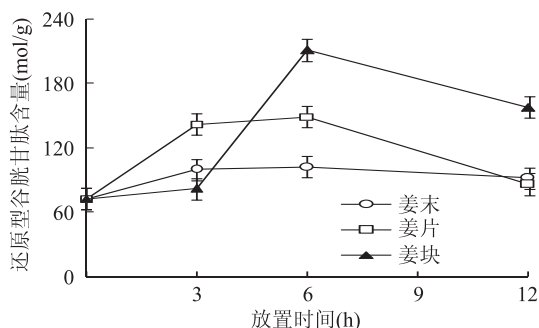


图4 不同切割伤害程度对生姜还原型谷胱甘肽含量的影响

Fig.4 Effect of different cutting injury degrees on the content of GSH in ginger

$1.21 \text{ U} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,是同期其他处理的2.2~2.3倍,12h时姜块的SOD活性有所下降。3种切割伤害生姜的SOD活性均高于0h水平,除3h时的姜片之外,其他样品在整个放置过程中其SOD活性均显著高于0h时的水平($p < 0.05$)。

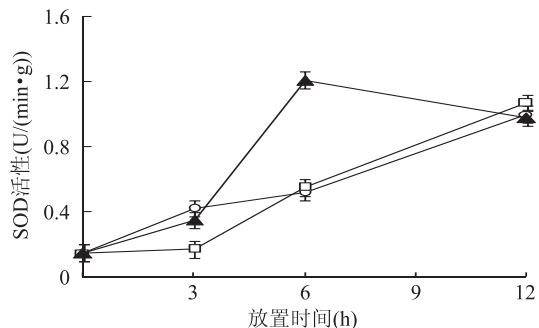


图5 不同切割伤害程度对生姜SOD活性的影响

Fig.5 Effect of different cutting injury degrees on the activity of SOD in ginger

SOD是果蔬体内清除自由基重要的工具酶,其活性的增加有助于机体抗氧化能力的增强。本实验结果表明,机械伤害会使SOD的活性升高。这可能也归因于系统启动防御机制后所积累的还原型谷胱甘肽能提高SOD活性所致,而后期SOD活性的下降可能是受到抗坏血酸含量降低、蔬菜种类^[25]以及切割伤害造成的氧化压力^[23]等因素的影响,SOD活性上升是植物组织对逆境胁迫的应激反应。

2.2.2 不同切割伤害程度对生姜水溶性和脂溶性物质抗氧化能力的影响 PCL法测定生姜提取物的抗氧化能力:按照1.3.2的方法,得到脂溶性物质抗氧化能力标准曲线 $1/Y = 0.636 \times (1/X) + 1.094$, $R^2 = 0.999$ 和水溶性物质抗氧化能力的标准曲线 $Y = 34.31 \times X + 2.396$, $R^2 = 0.994$ 。

如图6所示,姜块和姜末脂溶性物质抗氧化能力呈先升高后下降趋势,尽管放置过程中姜块的脂溶性物质抗氧化能力始终高于姜末,但二者之间差异并不显著($p > 0.05$)。受伤害程度最轻的姜片在放置过程中其脂溶性抗氧化能力呈逐步上升趋势,且在6h和12h时显著低于同期的姜块和姜末($p < 0.05$),说明切割伤害程度越大,越有利于脂溶性物质抗氧化能力的提高。

图7表示不同切割伤害程度的生姜其水溶性物质

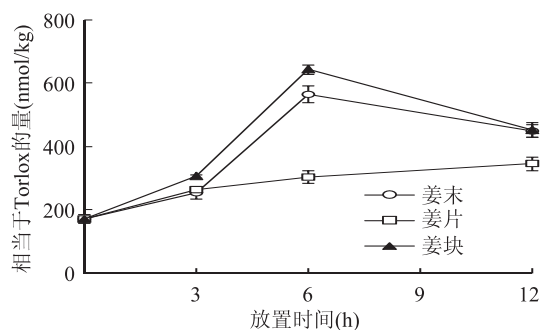


图6 切割伤害程度对生姜脂溶性物质抗氧化能力的影响

Fig.6 Effect of different cutting injury degrees

on the scavenging activity of liposoluble extracts in ginger

物抗氧化能力的变化情况。姜块及姜末均呈上升趋势,而姜片除在3~6h时略有下降,整体也呈升高趋势,且3种切割处理均使生姜的水溶性物质的抗氧化能力高于起点,说明受机械损伤的生姜其水溶性物质抗氧化能力同样是增强的。姜末的水溶性物质氧化能力始终高于姜块和姜片,并在6h和12h时差异达显著性水平($p < 0.05$),说明受伤害程度越大,放置过程中水溶性物质抗氧化能力越能更好地发挥效力。

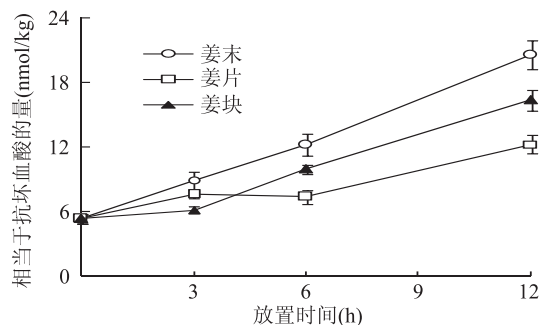


图7 切割伤害程度对生姜水溶性物质抗氧化能力的影响

Fig.7 Effect of different cutting injury degrees

on the scavenging activity of water soluble extracts in ginger

对比图6和图7可知,生姜的脂溶性物质抗氧化能力要远大于水溶性物质的抗氧化能力,未切割的生姜脂溶性物质抗氧化能力相当于172.95nmol Torlox/kg,而水溶性物质的抗氧化能力仅相当于5.35nmol 抗坏血酸/kg,相差32倍。用此仪器设备和方法测定了葡萄酒和蓝莓等果蔬的抗氧化能力,其他实验材料的脂溶性物质抗氧化能力与水溶性物质抗氧化能力之间均无如此悬殊的差别,说明生姜的抗氧化能力主要来自脂溶性物质。

3 结论

3.1 不同切割伤害的生姜于4℃下放置12h,姜块的抗坏血酸含量、还原型谷胱甘肽含量、SOD活性以及脂溶性物质抗氧化能力均高于姜片和姜末,且在6h处抗氧化力较强,说明适当程度的切割伤害有利于生姜抗氧化物质的合成与积累以及抗氧化能力的提高。

3.2 通过PCL法测定各切割伤害方式的生姜抗氧化活性发现,生姜的脂溶性物质抗氧化能力远远高于水溶性物质的抗氧化能力,二者的变化趋势也并不完全相同:在12h的放置过程中,水溶性物质的抗氧化能力一直升高,而脂溶性物质的抗氧化能力呈

先上升后下降趋势。

3.3 尽管放置过程中各处理的V_c含量呈下降趋势,但各处理的水溶性物质抗氧化能力却呈上升趋势,说明还有V_c以外的其他水溶性抗氧化物质是鲜切生姜水溶性物质抗氧化能力的主要来源。

3.4 切割伤害会促进生姜抗氧化物质的合成和抗氧化能力的提高,且综合来看,切割伤害程度中等的姜块放置6h,其抗氧化活性最强,说明该处理组合是生姜最佳处理方式。

参考文献

- [1] (明)李时珍.本草纲目[M].江苏人民出版社,2011,384-385.
- [2] 邓开野,周海钰,邢盼盼.生姜的抗菌及抗氧化作用的研究进展[J].中国调味品,2012,37(2):28-31.
- [3] 黄泰康.常用中药成分及药理手册[M].北京:中国医药科技出版社,1994,178.
- [4] 卢传坚,欧明,王宁生.姜的化学成分分析研究概述[J].中药新药与临床药理,2003,14(3):215-217.
- [5] Robles-Sánchez M, Astiazarún-García H, Martín-Belloso O, et al. Influence of whole and fresh-cut mango intake on plasma lipids and antioxidant capacity of healthy adults [J]. Food Research International, 2011, 44(5):1386-1391.
- [6] Rufino M S M, Fernandes F A N, Alves R E, et al. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system[J]. Food Chemistry, 2009, 114(2):693-695.
- [7] Zulueta A, Esteve M J, Frígola A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products [J]. Food Chemistry, 2009, 114(1):310-316.
- [8] Moyer R A, Hummer K E, Finn C E, et al. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, rubus, and ribes [J]. Journal of the Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(3):519-525.
- [9] Alasalvar C, Al-Farsi M, Quantick PC, et al. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots [J]. Food Chemistry, 2005, 89(1):69-76.
- [10] 朱玉昌,焦必宁. ABTS法体外测定果蔬类总抗氧化能力的研究进展[J].食品与发酵工业,2005,31(8):77-80.
- [11] Castrejón A D R, Eichholz I, Rohn S, et al. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.) during fruit maturation and ripening [J]. Food Chemistry, 2008, 109(3):564-572.
- [12] Chua M T, Tung Y T, Chang S T. Antioxidant activities of ethanolic extracts from the twigs of Cinnamomum osmophloeum [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(3):1918-1925.
- [13] Huber L S, Hoffmann-Ribani R, Rodriguez-Amaya D B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones [J]. Food Chemistry, 2009, 113(4):1278-1282.
- [14] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007,125-128,34-37.
- [15] 姜爱丽,孟宪军,胡文忠,等.不同北高丛蓝莓品种抗氧化物质及其抗氧化活性研究[J].食品与发酵工业,2011,37(9):161-165.

- [16] Miraliakbari H, Shahidi F. Antioxidant activity of minor components of tree nut oils[J]. Food Chemistry, 2008, 111(2): 421-427.
- [17] Tao W, McCallum J L, Wang Sunan, *et al.* Evaluation of antioxidant activities and chemical characterisation of staghorn sumac fruit (*Rhus hirta* L.) [J]. Food Chemistry, 2013, 138(2-3): 1333-1340.
- [18] Huber L S, Hoffmann-Ribani R, Rodriguez-Amaya D B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones[J]. Food Chemistry, 2009, 113(4): 1278-1282.
- [19] Heldt H W, Heldt F. 主编. 植物生物化学[M]. 北京: 科学出版社, 2007, 446-451.
- [20] 莫开菊, 柳圣, 程超. 生姜黄酮的抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2006, 27(9): 110-115.
- [21] Pérez-Gregorio M R, García-Falcón M S, Simal-Gándara J. Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in

- different packaging systems[J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 652-658.
- [22] Zieliński H, Dolores del Castillo M, Przygodzka M, *et al.* Changes in chemical composition and antioxidative properties of rye ginger cakes during their shelf-life [J]. Food Chemistry, 2012, 135(4): 2965-2973.
- [23] Oms-oliu G. The role of peroxidase on the antioxidant potential of fresh-cut "Piel de Sapo" melon packaged under different modified atmospheres [J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 1085-1092.
- [24] Rushworth G F, Megson I L. Existing and potential therapeutic uses for N-acetylcysteine: The need for conversion to intracellular glutathione for antioxidant benefits[J]. Pharmacology and Therapeutics, 2014, 141(2): 150-159.
- [25] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 鲜切果蔬活性氧产生和抗氧化体系代谢的研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(7): 316-320.

(上接第339页)

- 响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(12): 7395-7397.
- [10] 周小理, 杨晓波, 林晶, 等. 不同工艺条件对菠菜汁叶绿素含量的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(6): 93-96.
- [11] 许韩山, 张懿, 孙金才. 速冻毛豆漂烫工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(1): 38-43.
- [12] 李宁, 阎瑞香, 王步江. 不同包装方式对白灵菇低温保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 377-382.
- [13] 刘战丽, 王相友, 朱继英, 等. 高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J]. 农业工程学报, 2010(5): 362-366.
- [14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 68-70.
- [15] 刘美迎, 周会玲, 吴主莲, 等. 纳他霉素复合涂膜剂对葡萄保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 259-266.
- [16] 李灵秀, 程裕东. 不同处理方式对青豆颗粒抑制褐变的影响研究[J]. 食品科学, 2009, 29(11): 626-631.
- [17] 苏新国, 郑永华. 贮藏温度对菜用大豆采后生理和品质变化的影响[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(1): 114-116.
- [18] Song J Y, An G H, Kim C J. Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by blanching [J]. Food chemistry, 2003, 83(1): 69-74.
- [19] 吴冬梅, 严菊敏, 何会超, 等. 不同贮藏方式对菜用大豆

- 外观和品质的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(1): 155-158.
- [20] 关文强, 陈丽, 李喜宏, 等. 红富士苹果自发气调保鲜技术研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 218-221.
- [21] Kim E H, Kim S H, Chung J I, *et al.* Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions [J]. European Food Research and Technology, 2006, 222(1-2): 201-208.
- [22] Yoshikawa Y, Chen P, Zhang B, *et al.* Evaluation of seed chemical quality traits and sensory properties of natto soybean [J]. Food Chemistry, 2014, 153: 186-192.
- [23] 李健, 赵丽丽, 刘野, 等. 自发气调对鸭梨果实生理生化品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15): 320-323.
- [24] 杜传来, 吴胜. 不同清洗剂对鲜荚毛豆低温贮藏过程中品质的影响[J]. 食品工业科技, 2009(8): 296-299.
- [25] 冯岩岩, 王庆国, 魏晓辉. NO处理对鲜切牛蒡品质和褐变的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(9): 111-115.
- [26] 杨松夏, 吕恩利, 陆华忠, 等. 不同保鲜运输方式对荔枝果实品质的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(10): 225-232.
- [27] Yang A, James A T. Effects of soybean protein composition and processing conditions on silken tofu properties [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93(12): 3065-3071.
- [28] 葛林梅, 毛金林, 陈杭君, 等. 不同薄膜处理对菠菜低温贮藏效果的影响[J]. 浙江农业学报, 2009, 3: 274-277.

因本刊已被《中国知网》(包括“中国知网”优先数字出版库)独家全文收录, 所以所付稿酬中已包含该网站及光盘应付的稿酬。