

贮藏温度及护色剂对鲜切水芹贮藏品质的影响

闫晓坤,靳晓琳,杨润强,顾振新*
(南京农业大学食品科技学院,江苏南京 210095)

摘要:为延长鲜切水芹的贮藏期,提高其贮藏品质,本文采用植物生理指标的常规检测方法研究了鲜切水芹在(5±1)、(15±1)、(25±1)℃贮藏条件下及在最适贮藏温度下经CA(柠檬酸)、PA(植酸)和L-Cys(L-半胱氨酸)等护色剂处理后的呼吸速率、失重率、叶绿素、抗坏血酸、还原糖和褐变度的变化规律。结果表明:在8 d的储藏期内,低温(5±1)℃较(15±1)℃更有利于降低水芹呼吸速率、褐变度和失水率,保持较高的还原糖、抗坏血酸和叶绿素含量;护色剂处理有抑制鲜切水芹褐变和衰老的作用,其中以0.25% L-Cys(L-半胱氨酸)效果为最好。

关键词:水芹,贮藏温度,护色剂,贮藏品质

Effect of storage temperature and color fixative on the quality of fresh-cut cress

YAN Xiao-kun, JIN Xiao-lin, YANG Run-qiang, GU Zhen-xin*

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

Abstract: The effects of storage temperature (5, 15, 25 °C) and color fixative (CA, PA and L-Cys) on the characteristics of fresh-cut cress was investigated in order to prolong the shelf life and improve the storage quality of the fresh cutted cress. Changes of respiration rate, weight loss rate, chlorophyll, ascorbic acid, reducing sugars and the rate of browning were investigated under different storage temperature and the optimum storage temperature combined with color fixative treatment, respectively. Results showed that storage at (5±1) °C was more effective than (15±1) °C in decreasing the water loss and respiratory rate, inhibiting the rate of browning, maintaining higher level of reducing sugars, chlorophyll and ascorbic acid in 8 days. Color fixative treatment could inhibited the rate of browning and postpone the senescence of cress. Among all the color fixative treatment, the effect of 0.25% L-Cys was the optimum for maintain of cress quality and prolong its shelf life.

Key words: cress; storage temperature; color fixative; storage quality

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)20-0344-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.20.062

水芹 (*Oenanthe Javanica*), 系伞形花科植物, 又名小叶芹, 水芹味甘, 性平, 具有较高的营养价值和医疗保健作用。

水芹采后呼吸旺盛, 极易衰老变质, 表现为叶色黄化, 茎秆萎蔫甚至腐烂。整株水芹在室温下放5~8 d后黄化。鲜切水芹因具有洁净、方便、卫生等特点而倍受消费者青睐, 近年来消费量持续增加^[1], 但由于受到机械切割, 切口部位裸露, 极易引起褐变和微生物生长繁殖而变质, 从而降低了产品质量, 缩短了货架期。用植物激素GA(赤霉素), BA(细胞分裂素)和IAA(吲哚乙酸)处理水芹, 可抑制其膜脂的过氧化,

延缓细胞衰老^[2], 但激素的使用往往存在食用安全性问题^[3]。何萌等^[4]利用柠檬酸(CA)作为保鲜剂处理莲藕, 有效保持了其感官品质, 降低氧化酶活性及样品的失重率; 宋留丽等^[5]采用植酸(PA)配合硫酸锌作为护色剂处理鸭儿芹, 保持了样品较好的色泽; 张婷等^[6]在研究护色保脆复配物对鲜切牛蒡品质及酶促褐变的影响时用到了L-半胱氨酸(L-Cys), 取得了较好的效果。且CA、PA和L-Cys无激素使用中存在的安全问题。采用适宜贮藏温度结合绿色护色剂处理提高水芹贮藏性的研究鲜见报道。

本实验在筛选适宜贮藏温度的基础上, 采用CA、

收稿日期: 2015-02-02

作者简介: 闫晓坤(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农产品贮藏加工, E-mail: 2014108023@njau.edu.cn。

* 通讯作者: 顾振新(1956-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏, E-mail: guzx@jau.edu.cn。

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD27B03)。

PA和L-Cys护色剂处理,研究其贮藏期间反应其品质的生理生化指标的变化,以期为鲜切水芹的保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜水芹 大圣长白水芹,购自南京市六合区马集镇农业合作社提供,带根采收,采后立即运回实验室,挑选鲜绿、干净、无机械损伤、无病虫害、大小粗细成长度基本一致的水芹备用;CA、PA、L-Cys护色剂 为分析纯,购自Sigma公司。

UV-2802型紫外可见分光光度计 上海尤尼柯仪器有限公司; **DDS-11A型电导率仪**、**DZF-6020型真空干燥器** 上海一恒科技有限公司; **FA/JA型电子天平** 上海精密科学仪器有限公司; **KQ-250DB型数控超声波清洗器** 昆山市超声仪器有限公司; **TDL-40B型离心机** 上海安亭科学仪器; **HH-6型厂数显恒温水浴锅** 常州国华电器有限公司; **LG10-2.4A型高速离心机** 北京医用离心机。

1.2 试材处理

挑选生长良好、无机械损伤和木质化程度低的水芹作贮藏原料,截取茎的中段,长约30 cm,经清水冲洗、 $0.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaClO}_3$ 处理3 min后,分别在低温(5 ± 1)、(15 ± 1)、(25 ± 1) °C下贮藏。根据前期实验筛选出的护色剂种类和浓度,然后在最适贮藏温度的基础上分别采用浓度为1.0% CA、0.15% PA和0.25% L-Cys色剂浸泡,15 min后沥干鲜切水芹表面水分,装入聚乙烯塑料薄膜袋(厚度0.005 mm)中,每袋重220 g左右,以清水处理为对照。鲜切水芹套袋后封口,在最适温度下贮藏,每个处理设3次重复。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 主要生理指标 水分含量:烘干求差值法测定^[7];呼吸速率:采用静止法^[7]测定;电导率:用DDS-11A型电导率仪测定。

1.3.2 主要化学指标 褐变度:在王清章^[8]的基础上加以改进,于切口处取1 g样品,20 mL沸水中烫漂杀酶30 s后研磨,2000×g下离心5 min后,410 nm比色,以 $20 \times \text{OD}_{410}$ 为褐变度相对值($\text{u} \cdot \text{g}^{-1}$);叶绿素含量:采用Lichtenthaler法^[7]测定,将25 cm长鲜切水芹切成1 cm长小段,充分混匀。随机称取5 g样品剪碎,放入研钵中充分研磨,过滤并定容,分别在波长665 nm和649 nm下读取吸光值;抗坏血酸含量:采用2,6-二氯酚靛酚滴定法^[9];还原糖含量:采用DNS比色法测定^[7];氨基酸含量:采用茚三酮比色法测定^[7]。

1.4 数据统计与分析

采用SPSS 16.0统计软件对数据进行相关性及其显著性分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏温度对鲜切水芹品质影响

2.1.1 贮藏温度对鲜切水芹水分含量的影响 由图1可见,除25 °C常温贮藏的水芹失水程度较严重,15 °C贮藏下的水芹失水程度相对较轻,而5 °C冷藏水芹水分含量变化最小。相同贮藏时间,常温条件下水芹含水

量显著低于15 °C和5 °C贮藏的鲜切水芹($p < 0.05$),且低温贮藏下未出现萎焉症状。这表明,低温贮藏条件下水芹表面水分蒸发速度降低,从而延缓水分的散失^[10]。

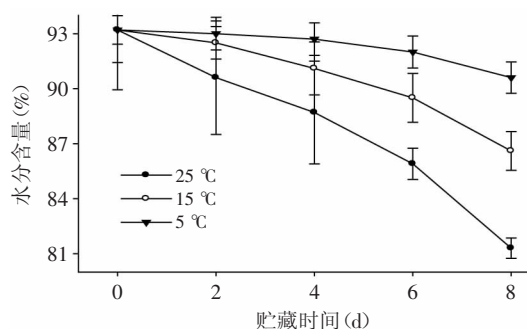


图1 不同贮藏温度下鲜切水芹水分含量变化

Fig.1 Changes in water content of fresh cutted cress stored under different temperatures

2.1.2 贮藏温度对鲜切水芹呼吸强度的影响 贮藏期间不同处理的鲜切水芹呼吸强度变化如图2所示。低温贮藏的水芹呼吸强度变化趋势呈先上升后下降趋势,贮藏第2 d的呼吸强度上升;之后迅速下降,6 d后下降缓慢基本无显著差异;而15、25 °C下贮藏的水芹的呼吸强度则呈下降的趋势。可能是低温引起呼吸酶活性降低,也可能与鲜切水芹贮藏后期代谢加速、失水过度有关^[11]。水芹在常温25、15和5 °C第8 d时的呼吸速率分别是入贮时的87.24%、72.93%和60.53%,具有显著性差异($p < 0.05$)。可见,低温贮藏有降低鲜切水芹呼吸强度的作用。

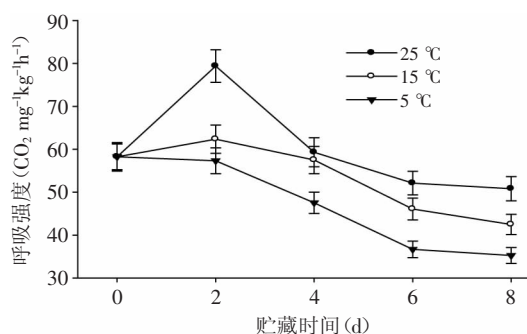


图2 不同贮藏温度下鲜切水芹呼吸强度变化

Fig.2 Respiration intensity of fresh cutted cress under different temperatures

2.1.3 贮藏温度对鲜切水芹电导率和褐变度的影响 贮藏期内,鲜切水芹的电导率不断上升,5 °C下贮藏的相对电导率显著低于15 °C和25 °C下的鲜切水芹($p < 0.05$) (图3A),贮藏结束时,5、15和25 °C贮藏的鲜切水芹电导率分别比入贮时增加了40.51%、49.64%和53.45%。同时,由图3B可知,随着贮藏时间的延长,鲜切水芹的褐变度缓慢增加,25 °C下贮藏的鲜切水芹褐变度显著高于15、5 °C($p < 0.05$)。贮藏结束时,5、15和25 °C的褐变度分别为11.85、13.39和14.78 $\mu \cdot \text{g}^{-1}$,比入贮时分别增加了11.94%、26.5%和39.56%。由此可见,低温有利于减轻水芹细胞的破损程度,延缓鲜

切水芹的褐变速率。

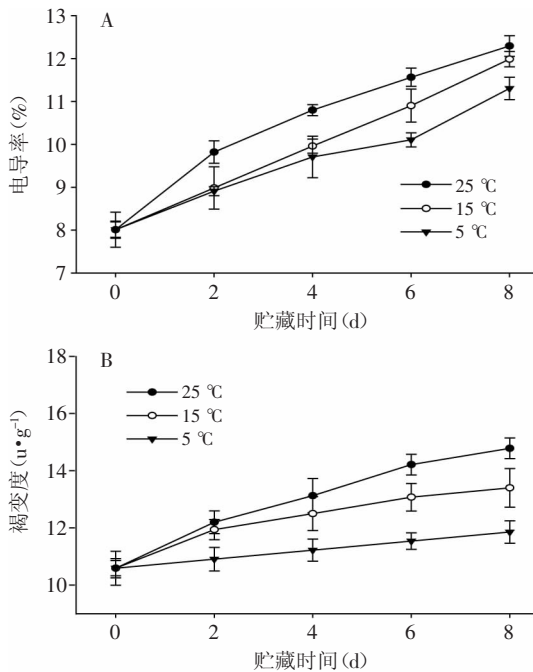


图3 不同贮藏温度下鲜切水芹的电导率变化(A)和不同贮藏温度下鲜切水芹的褐变度变化(B)

Fig.3 Conductivity of fresh cutted cress under different temperatures (A) and browning degree of fresh cutted cress under different temperatures (B)

2.1.4 贮藏温度对鲜切水芹叶绿素含量的影响 贮藏期间,鲜切水芹的叶绿素不断降解,并且其降解速度随贮藏温度增高而加快(图4)。贮藏8 d时,5 °C和15 °C下贮藏的水鲜切水芹其叶绿素含量分别为入贮前的89.33%和79.78%,二者相差1.12倍,而25 °C下贮藏的鲜切水芹叶绿素含量仅为入贮前的67.1%。由此可见,低温贮藏有利于延缓鲜切水芹叶绿素的降解。

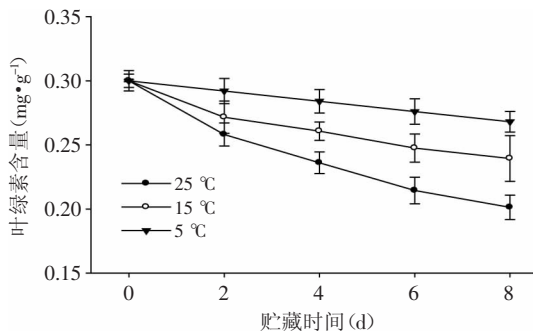


图4 不同贮藏温度下鲜切水芹的叶绿素含量变化

Fig.4 Chlorophyll content of fresh cutted cress stored under different temperatures

2.1.5 贮藏温度对鲜切水芹抗坏血酸含量的影响 如图5所示,水芹贮藏期间抗坏血酸含量持续下降,且3种处理中以25 °C常温贮藏的抗坏血酸下降幅度最大,其次是15 °C,这可能是由于较高的贮藏温度增强了水芹氧化酶活性,加速抗坏血酸降解^[3],而5 °C处理

的抗坏血酸损失率最小。表明低温贮藏可以显著延缓抗坏血酸的降解。

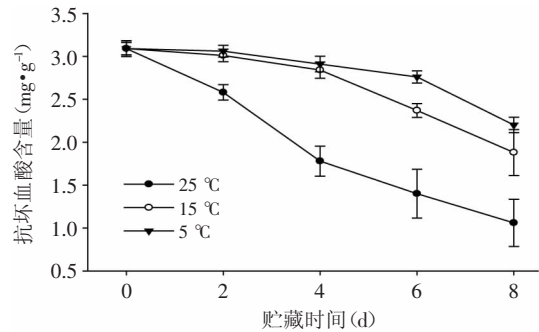


图5 不同贮藏温度下鲜切水芹抗坏血酸含量变化

Fig.5 Ascorbic acid content of fresh cutted cress stored under different temperatures

2.1.6 贮藏温度对鲜切水芹还原糖含量的影响 由图6可见,贮藏期间各种温度处理的水芹还原糖含量均呈较快的下降趋势。各处理还原糖含量顺序为:低温5 °C>低温15 °C>常温25 °C。其中常温贮藏2 d后,水芹还原糖含量仅为鲜样的78.8%,而此时低温15 °C和5 °C处理样中还原糖含量显著高于常温($p<0.05$),推测为高温使水芹质量损失率增加,水解代谢酶类活跃,呼吸作用强烈,从而导致还原糖降解迅速^[12]。

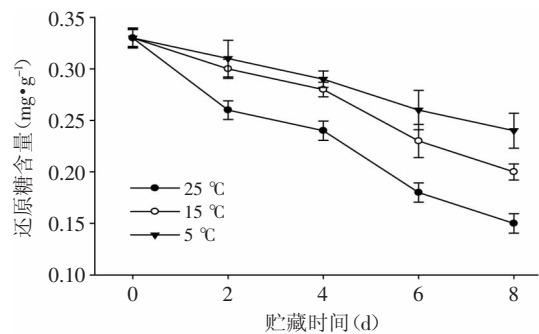


图6 不同贮藏温度下鲜切水芹还原糖含量变化

Fig.6 Reducing sugar content of fresh cutted cress stored under different temperatures

2.1.7 贮藏温度对鲜切水芹游离氨基酸含量的影响

鲜切水芹入贮前期,其氨基酸含量略有升高,之后随着时间的延长其含量呈降低趋势(图7)。室温贮藏下游离氨基酸含量下降最快,低温贮藏下降速度较慢。同时常温贮藏下游离氨基酸含量在第2 d出现高峰,而5 °C和15 °C下游离氨基酸含量的高峰出现在第4 d。贮藏4 d后游离氨基酸含量又逐渐降低。贮藏8 d后,5 °C和15 °C时水芹中游离氨基酸显著高于常温贮藏($p<0.05$)。

综上所述,低温贮藏(5±1) °C的鲜切水芹各指标显著优于(15±1) °C和(25±1) °C条件下贮藏处理的水芹($p<0.05$),其含水量、叶绿素含量、还原糖含量、抗坏血酸含量以及游离氨基酸含量均高于(15±1) °C和室温(25±1) °C条件下的鲜切水芹($p<0.05$);同时,低温贮藏可以降低呼吸速率、延缓褐变率的增加以

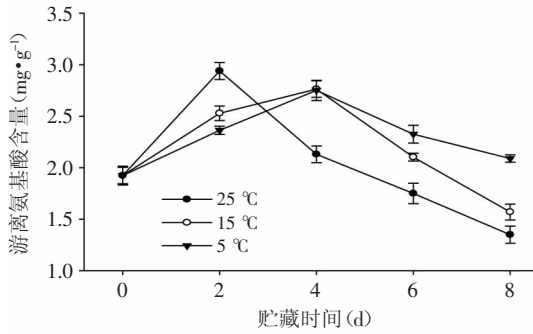


图7 不同贮藏温度下鲜切水芹游离氨基酸含量变化
Fig.7 Free amino acid content of fresh cutted cress stored under different temperatures

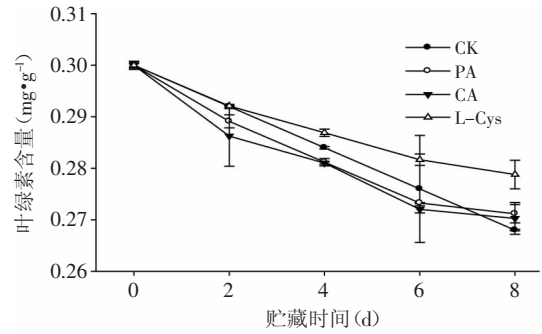


图9 护色剂后鲜切水芹叶绿素含量变化
Fig.9 Chlorophyll content of fresh cutted cress stored with different color retention agents

及推迟电导率高峰的到来。可能是由于低温减少了水芹表面水分的散失并抑制了各代谢过程中间酶的酶活,抑制了代谢速率而延长了水芹的贮藏时间,保证了水芹的良好品质。因此,在筛选护色剂时选取贮藏效果最好的(5±1) °C下进行。

2.2 低温结合护色剂对鲜切水芹品质影响

2.2.1 护色剂处理对鲜切水芹褐变度的影响 由图8可知,鲜切水芹在贮藏期间褐变度不断增加,但经护色剂处理的水芹褐变度均小于对照。贮藏前期,处理之间的褐变度差异不大。贮藏结束时,CK, CA, L-Cys和PA处理的鲜切水芹分别比入贮时上升了52%、34%、23%和42%。由此可见,护色剂处理对抑制鲜切水芹的褐变有一定效果,并且L-Cys的抑制效果最为显著。

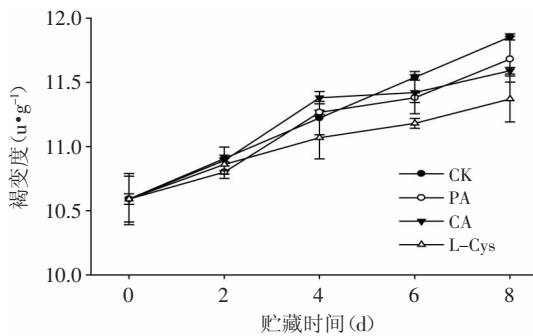


图8 护色剂处理后水芹褐变度变化
Fig.8 Browning degree of fresh cutted cress with different color retention agents

2.2.2 护色剂处理对鲜切水芹叶绿素含量的影响 由图9可知,鲜切水芹在贮藏期间叶绿素含量呈直线下下降趋势。贮藏结束时,护色剂CA, L-Cys, PA和对照的水芹叶绿素含量分别比入贮时下降了9.91%、7.07%、8.10%和10.67%。这表明贮藏过程中L-Cys处理水芹的叶绿素含量显著高于其他处理 ($p < 0.05$)。可见, L-Cys有延缓叶绿素降解、维持水芹新鲜度的作用。

3 讨论

蔬菜采后最主要的生命活动是呼吸作用,呼吸速率直接影响芹菜的生理生化反应^[13],通过消耗有机物质释放CO₂,并为生理代谢活动提供所需能量,维持正常的后熟。呼吸速率过盛,物质消耗快,衰老

迅速。低温可降低呼吸速度,延长贮藏期。高温下微加工毛笋的褐变指数在第3 d就达到2.5,而4 °C下的可以延迟到15 d^[4]。水芹加冰预冷后冷藏可以减缓其代谢,抑制衰老,保鲜效果明显^[15]。本实验结果与上述报道一致。在5 °C下贮藏的水芹呼吸速率和失重率低于15、25 °C下贮藏的水芹,还原糖、维生素C等含量高于高温贮藏的水芹。在一定的贮藏温度范围内,温度越低,呼吸速率越低,还原糖等呼吸基质消耗越慢。贮藏温度越低,水芹的蒸腾作用、叶绿素分解,抗坏血酸氧化和酶促褐变等反应进行得越慢,物质分解也越慢。

蔬菜经鲜切造成机械损伤,贮藏过程中切口易发生褐变现象,失去新鲜产品特征,降低蔬菜的商品性^[16]。保鲜剂具有良好的保鲜护色效果,其有效成分有抑菌、抗氧化作用,能够有效地抑制微生物生长繁殖,破坏过氧化物酶活性,同时控制蔬菜的呼吸速率以及水分的蒸发量,经其处理的蔬菜不仅鲜度佳而且色泽好^[17]。本实验中护色剂CA, L-Cys和PA的添加可以有效延缓叶绿素的降解,其中以L-Cys处理的水芹叶绿素含量降幅最小,而在贮藏前期的2~6 d内,PA和CA处理下水芹褐变率均低于对照,这与前人对山药^[18]、牛蒡^[6]的研究结果不一致,可能原因是蔬菜种类不同及组织结构存在差异^[19]。

4 结论

贮藏温度对水芹贮藏品质影响显著,低温5 °C贮藏时效果最优。低温贮藏降低了水芹的失水率和呼吸强度,延缓了叶绿素的降解及褐变速度,抑制了还原糖、抗坏血酸的降解,保持了水芹的品质,延长贮藏期。

低温配合保鲜剂的使用显著影响贮藏水芹品质变化,其中0.25% L-Cys处理下的水芹褐变度和叶绿素的降解量最低,说明其能有效抑制贮藏期水芹的生理活性,更好地保持其品质。

参考文献

[1] 黄正明,杨新波. 中药水芹的现代研究与应用[J]. 解放军药学学报,2001,17(5):266-269.
[2] 朴日龙,张红英. 水芹正丁醇提取物抗凝血和抗血栓形成作用的研究[J]. 食品科学,2010(7):280-283.

(下转第358页)

大学学报,2013,35(5):385-389.

[10] 和昱辰,张波,瞿玮,等.血清单胺类神经递质及其代谢产物在重度抑郁症及抑郁共病焦虑障碍诊断中的应用[J].第三军医大学学报,2014,36(8):806-810.

[11] Millan M J. The neurobiology and control of anxious states[J]. Progress in Neurobiology, 2003, 70(2): 83-244.

[12] 李晓环,张文真,贾爽,等.孕妇焦虑与去甲肾上腺素及5-羟色胺的关系[J].中国妇幼保健,2006,21(18):2545-2547.

[13] Lewis M D, Stieben J. Emotion regulation in the brain: Conceptual issues and directions for developmental research[J]. Child Development, 2004, 75(2): 371-376.

[14] Roy V, Chapillon P, Jeljeli M, et al. Free versus forced exposure to an elevated plus-maze: evidence for new behavioral interpretations during test and retest[J]. Psychopharmacology, 2009, 203(1): 131-141.

[15] 曹素霞,谢光荣,李恒芬,等.焦虑障碍发病模型的建立与分析[J].郑州大学学报:医学版,2010(3):398-401.

[16] 胡帅尔,王凤岩,李文立,等.邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯对雌性大鼠甲状腺的毒性作用[J].环境与健康杂志,2013,30(7):604-607.

[17] 梁添,欧阳俊彦,羿利华,等.邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯短期重复暴露对大鼠行为的影响[J].南方医科大学学报,2013,33(3):401-405.

[18] 赖玉婷,欧阳俊彦,郭佑廷,等.壬基酚对大鼠5-羟色胺分解代谢通路的影响[J].中国环境科学,2014(9):2408-2412.

[19] Carbone S, Ponzio O J, Gobetto N, et al. Antiandrogenic effect of perinatal exposure to the endocrine disruptor di-(2-ethylhexyl) phthalate increases anxiety-like behavior in male rats during sexual maturation[J]. Hormones and Behavior, 2013, 63(5): 692-699.

[20] 徐晓虹,竹庆杰,杨艳玲,等.出生前后DEHP暴露对小鼠神经行为的影响[J].浙江师范大学学报:自然科学版,2015,38(1):15-22.

[21] 欧阳俊彦,胡卓炎,褚玥,等.γ-氨基丁酸对情绪应激大鼠血脂的影响[J].营养学报,2013,35(3):241-245.

[22] 王明霞.邻苯二甲酸二辛酯和氯仿联合染毒对小鼠脑组织的影响[D].长春:吉林大学,2013.

[23] 胡秦,刘新民.神经递质与焦虑动物模型[J].中国比较医学杂志,2006,16(10):635-638.

[24] 周奇志,赵纪岚,蔡定均,等.电针对慢性情绪应激焦虑大鼠中枢单胺递质与γ-氨基丁酸失衡的调节作用[J].中华中医药杂志,2008,23(10):926-929.

[25] 明康文,洪创雄.调平康片对伴焦虑症状高血压患者血浆5-HT,NE影响的研究[J].辽宁中医药大学学报,2011,13(6):80-81.

[26] Frank M G, Hendricks S E, Bessette D, et al. Levels of monocyte reactive oxygen species are associated with reduced natural killer cell activity in major depressive disorder[J]. Neuropsychobiology, 2001, 44(1): 1-6.

[27] Talalaenko A N, Krivobok G K, Stakhovskii I V. The role of monoamin-and acidergic mechanisms of the hippocampus in anxiety states of different origins and their participation in the antiaversive effects of anxiolytics[J]. Fiziologicheskii Zhurnal Imeni IM Sechenova/Rossiiskaia Akademiia Nauk, 1993, 79(1): 99-104.

[28] Duzzioni M, Calixto A V, Duarte F S, et al. Modulation of anxiety in rats evaluated in the elevated T-maze: evidence of the relationship between substance P and diazepam[J]. Behavioural Brain Research, 2008, 187(1): 140-145.

[29] Kalueff A V, Nutt D J. Role of GABA in anxiety and depression[J]. Depression and Anxiety, 2007, 24(7): 495-517.

(上接第347页)

[3] 罗松明.农产品质量检测及安全控制研究进展[J].粮食储藏,2005(1):47-48.

[4] 何萌.鲜切蔬菜品质控制技术的研究—鲜切马铃薯和莲藕[D].新疆:石河子大学,2014.

[5] 宋留丽,杨周生,周守标,等.鸭儿芹护色工艺条件优化[J].食品工业科技,2014,35(1):214-218.

[6] 张婷,杨润强,陈旭,等.护色保脆复配物对鲜切牛蒡品质及酶促褐变的影响[J].食品科学,2014,35(4):236-242.

[7] 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.

[8] 蔡晶,方勇,付瑾,等.国内外鲜切蔬菜的质量安全防控体系比较研究[J].食品科学,2009,30(23):544-547.

[9] 邓爱妮,周聪,赵敏,等.树仔菜V_C含量分析及变化规律[J].食品科学,2014,35(22):038.

[10] 巩玉芬.不同温度贮藏对鲜切蔬菜品质变化的影响及其货架期预测模型的建立[D].天津:天津商业大学,2014.

[11] 李华.鲜切绿芦笋贮藏生理及保鲜技术研究[D].保定:河北农业大学,2008.

[12] 司怀军,戴朝曦,田振东,等.贮藏温度对马铃薯块茎还原糖含量的影响[J].西北农业学报,2001,10(1):22-24.

[13] Arpaia M, Labavitch Jm, Greve C, et al. Changes in the cell wall components of kiwifruit during storage in air or controlled atmosphere[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1987, 112(3): 474-481.

[14] 王清章,刘怀超.莲藕贮藏中褐变度及多酚氧化酶活性的初步研究[J].中国蔬菜,1997,1(3):4-6.

[15] 任云霞,孙勇.芹菜保鲜研究[J].保鲜与加工,2001,1(2):11-12.

[16] 徐亚光,陆胜民,王群,等.加工和贮藏工艺对最少化加工毛笋外观品质的影响[J].农业工程学报,2003,19(4):193-196.

[17] 高金燕,陈红兵.芹菜中活性成分的研究进展[J].中国食物与营养,2005(7):28-31.

[18] 赵喜亭,王会珍,李明军.铁棍山药片护色工艺与无硫护色剂的筛选[J].河南农业科学,2009(1):81-85.

[19] 李全宏,赵雅松,蔡同一,等.鲜切马铃薯褐变抑制效果研究[J].食品科学,2002,23(6):51.