

低温对鲜核桃贮藏效果及胚芽内源激素变化的影响

马艳萍, 吕新刚, 马惠玲, 费昭雪

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以“辽宁4号”鲜核桃为试材,研究了常温(20±3)℃和低温(0±1)℃下核桃的贮藏效果,测定其胚芽中内源激素脱落酸(ABA)、赤霉素(GA₃)、生长素(IAA)和玉米素核苷(ZR)的含量及其与ABA比值的变化规律。结果表明:鲜核桃在常温下20 d萌发,5 d开始发霉,低温下贮藏120 d仍未发芽;低温贮藏的鲜核桃胚芽中ABA的较高含量,却极显著抑制了GA₃、IAA、ZR的含量和 $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$ 、 $w(\text{ZR})/w(\text{ABA})$ 的比值,对 $w(\text{GA}_3)/w(\text{ABA})$ 影响不显著。表明低温主要通过保持鲜核桃中较高的萌发抑制物质,抑制其萌发促进物质来实现对鲜核桃较好的贮藏效果。

关键词:低温;贮藏效应;内源激素;鲜核桃

中图分类号:S 664.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)05-0134-05

核桃(*Juglans regia* L.)因丰富的营养物质及补脑健脑作用而被称为天然脑黄金。目前,脱掉青皮直接上市的鲜核桃因其独特的风味和丰富的营养物质而需求量与年俱增,但鲜核桃由于水分及脂肪含量相对较高等生理特性,其采后萌发成为贮藏期间尤为突出的问题,“辽宁4号”鲜核桃在常温和从低温环境转至15℃以上的变温环境时会很快发芽,无明显生理休眠特性^[1],严重影响其食用品质和货架寿命,继而制约了鲜核桃产业的发展。低温冷藏技术因具有成本低、见效快、易推广等特点,目前被广泛应用于果品保鲜中^[2-4]。研究发现,室温、5℃和0℃3种贮藏温度下,以0℃为鲜核桃的最佳贮藏温度^[5]。辐照、药剂等处理可以对果蔬萌发起到很好的抑制作用,但必须与低温技术相结合方能取得显著贮藏效果^[6]。果蔬内源激素的绝对含量及相对含量是影响种子萌发的关键的因素之一。种子的休眠与萌发与其所含的内源激素种类及含量密切相关,是多种内源激素协调作用的结果^[7];辐照对鲜核桃的抑芽效果及胚芽内源激素含量的影响已有报道,研究认为内源激素ABA是鲜核桃萌发的抑制物质,GA₃、IAA、ZR是促进物质^[8]。然而,有关低温如何通过影响内源激素含量来实现其保鲜效果的研究仍鲜见报道。该研究通过对鲜核桃低温期间的贮藏状况和胚芽中内源激素含量变化

规律进行监测,以期揭示低温通过提高抑制萌发类激素和降低促进萌发类激素含量来调控鲜核桃保鲜效果的机理,为其辐照低温保鲜提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为“辽宁4号”鲜核桃,自然成熟后采收,脱青皮并用清水清洗后将表皮水分晾干,挑选大小均匀、无机械损伤和病虫害的核桃待用。ELISA试剂盒由中国农业大学农学与生物技术学院化学控制实验室提供。

1.2 试验方法

将待用核桃用厚度为0.03 mm的PE袋(规格为200 mm×300 mm)密封包装后,分别置于常温(20±3)℃和低温(0±1)℃下贮藏,每处理18袋,每袋30粒核桃,其中3袋用于贮藏效果的监测。研究2种贮藏条件下核桃的霉变和腐烂情况,常温贮藏40 d时结束统计,统计发芽率。常温下每隔10 d、低温下每隔30 d测定胚芽中内源激素的含量,重复3次,取平均值。

1.3 项目测定

贮藏效果:观察记录核桃的霉腐和发芽情况,根据公式计算鲜核桃的发芽率(φ ,%)和好果率(Ψ ,%): $\varphi = n/N \times 100\%$, $\Psi = m/M \times 100\%$ 。式中, n 为发芽核桃数, N 为发芽供试核桃数; m 为未发霉核桃数; M 为贮藏效果供试核桃数。**内源激素含量:**将核桃胚芽快速取出,立即放入-40℃超低温冰箱中冷冻备用。用酶联免疫吸附法(ELISA)^[9]测定脱落酸(ABA)、赤霉素(GA₃)、生长素(IAA)及细胞分裂素的玉米素核苷(ZR)质量比。内源激素含量的比值:依据激素测定结果,分别计算各

第一作者简介:马艳萍(1976-),女,博士,讲师,现主要从事果蔬采后生理及贮藏技术等研究工作。E-mail:mypl273@163.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31200518);陕西省自然科学基金资助项目(2011JQ3002);西北农林科技大学基本科研基金资助项目(QN2011014)。

收稿日期:2012-11-02

内源激素与 ABA 质量比的比值,以 $w(\text{GA}_3)/w(\text{ABA})$ 、 $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$ 和 $w(\text{ZR})/w(\text{ABA})$ 表示。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 统计分析软件进行基础数据整理与作图,利用 DPS 软件对数据进行数学分析。

2 结果与分析

2.1 低温对鲜核桃贮藏效果的影响

由表 1 可知,在 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ 的常温条件下,鲜核桃在 5 d 时开始快速发霉,在 20 d 时开始发芽,40 d 时发芽率达到 18%。低温期间,鲜核桃未出现发芽现象,在贮藏 40 d 后表面才开始发霉;贮藏 75 d 后好果率陆续下降。可见, $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的低温可显著抑制“辽宁 4 号”鲜核桃的萌发,对鲜核桃具有良好的贮藏效果。

表 1 不同温度下鲜核桃的贮藏状况

Table 1 Preservation effect of fresh walnut during low-temperature storage

处理 Treatments	发芽时间 Sprouting time /d	发霉时间 Moldy time /d	发芽率 Sprouting rate /%	好果率 Fine fruit rate/%	75 d	90 d	120 d
常温	20	5	18	—	—	—	—
低温	—	45	0	86	70	50	—

注:—表示未发芽或已结束统计。

Note:—indicated that there wasn't germination or the statistics had been finished.

2.2 低温对鲜核桃胚芽内源激素含量的影响

许多研究表明 ABA 是种子萌发的抑制物质, GA_3 和细胞分裂素中的玉米素核苷(ZR)是种子萌发的促进物质^[10-15], 吲哚乙酸(IAA)也是解除细胞休眠的重要因子^[16], 该研究对鲜核桃萌发时胚芽中内源激素的测定结果也符合这些观点。

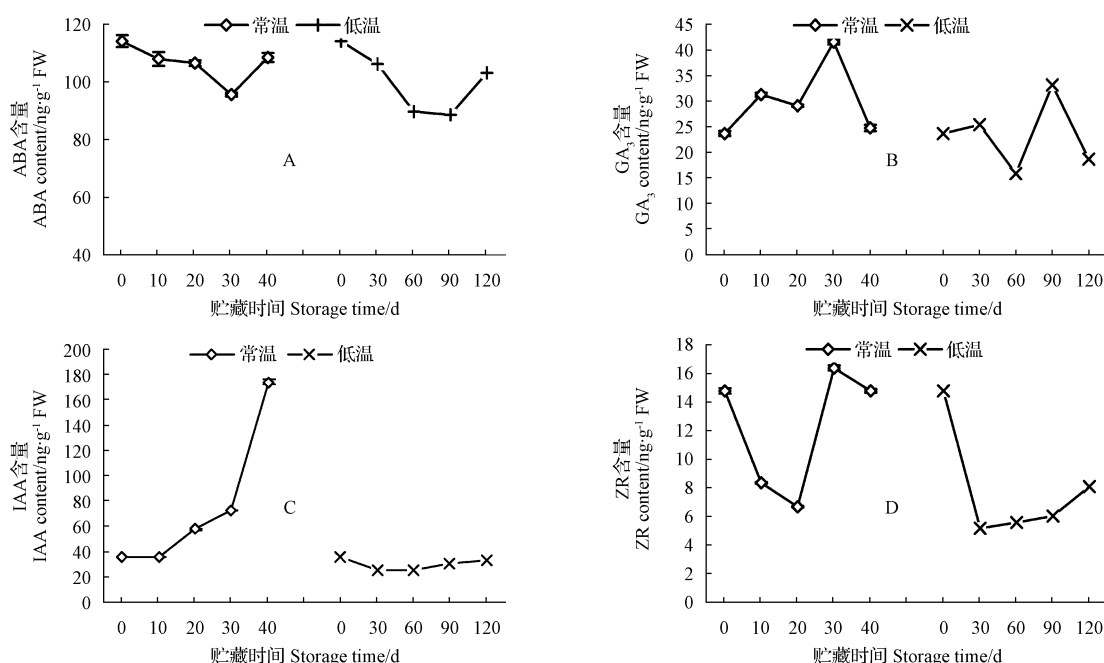


图 1 低温对鲜核桃胚芽内源激素含量的影响

Fig. 1 Effect of low temperature on the content of endogenous hormones in embryo of fresh walnuts

2.2.1 ABA 含量的变化 由图 1A 可知,鲜核桃采收后,胚芽中以 ABA 的含量最高。常温条件下,鲜核桃 ABA 含量呈现先下降后上升趋势,在贮藏期 30 d 内持续下降,其含量的下降促进了核桃在 20 d 时胚芽的萌发;之后,随着发芽率的较快增加,ABA 含量再次回升。低温条件下,核桃胚芽中 ABA 含量的变化趋势与常温下相似,90 d 内持续下降,之后又迅速增加。2 种条件下,整个贮藏期间其 ABA 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。可见,低温使鲜核桃胚芽中的抑制萌发物质 ABA 的含量保持在较高水平,利于其贮藏保鲜。

2.2.2 GA_3 含量的变化 从图 1B 可见,2 种贮藏条件下,鲜核桃胚芽中的 GA_3 含量均呈现上升-下降-上升-下

降的变化趋势。常温条件下,鲜核桃促进萌发的物质 GA_3 含量在 20 d 后急剧增大,30 d 时达到最大值,为 20 d 时的 1.43 倍,极显著地高于其它各贮藏时间的值 ($P < 0.01$),此时恰与核桃的萌发高峰相一致。可见常温条件下 GA_3 的急剧增加促进了鲜核桃的胚芽萌发。核桃胚芽萌发前后的 GA_3 含量变化与苹果胚芽萌发前后的趋势相反^[17],也与 Jerry 等^[18]在马铃薯上的研究结论存在差异, Jerry 的研究结果表明,马铃薯块茎中内源 GA 并没有解除马铃薯休眠的作用,这应该是由物种的不同所致。低温条件下,鲜核桃的 GA_3 含量在 90 d 时达到最大值,为 60 d 时的 2.09 倍,与该条件下其它贮藏时间的值差异极显著 ($P < 0.01$)。贮藏期间,常温条件下核桃的

GA₃ 含量极显著 ($P < 0.01$) 高于低温条件下的 GA₃ 含量。同时,低温条件下鲜核桃未发芽。可见,低温明显抑制了鲜核桃贮藏期间的 GA₃ 含量,即强烈抑制了胚芽萌发的促进物质的合成。

2.2.3 IAA 含量的变化 图 1C 显示,常温条件下鲜核桃的内源激素 IAA 含量与贮藏时间的关系符合指数型方程 $y = 28.404e^{0.039x}$,贮藏期间含量急剧增加,30 d 后迅速由 72.33 ng/gFW 增加至 40 d 时的 174 ng/gFW,为 20 d 时的 3.03 倍。低温条件下,IAA 含量变化趋势尽管与常温条件下的相似,但其含量变化极为缓慢,极显著 ($P < 0.01$) 低于常温条件下的 IAA 含量。可见,IAA 含量的急剧增加促进了鲜核桃的萌芽,低温强烈抑制了 IAA 的合成速度,利于其贮藏保鲜。

2.2.4 ZR 含量的变化 图 1D 显示,常温条件下鲜核桃胚芽中 ZR 含量在 20 d 内持续下降,20 d 萌发时其值极显著地低于其它时间的 ZR 含量 ($P < 0.01$);之后急剧上升至 30 d 时的峰值 16.37 ng/gFW,然后再次下降。低温条件下,ZR 含量与常温条件下的 ZR 含量变化趋势基本相似,均呈现先减小后增大趋势,但整个贮藏期内其 ZR 值均极显著地 ($P < 0.01$) 低于常温条件下的值,即低温极显著地降低了鲜核桃的 ZR 含量 ($P < 0.01$)。

2.3 低温对鲜核桃胚芽内源激素含量比值的影响

种子的休眠和萌发不仅与植物内源激素的绝对含量有关,还与各类激素之间的平衡、特别是促进生长的激素与抑制生长的激素之间的比例及平衡有关^[19]。鲜核桃贮藏期间胚芽中内源激素含量比值变化趋势如表 2 所示。由表 2 可知,2 种贮藏条件下鲜核桃胚芽中 $w(GA_3)/w(ABA)$ 比值的变化趋势相同。常温条件下,胚芽中 $w(GA_3)/w(ABA)$ 的比值在 20 d 前变化比较平缓,之后迅速增加,在 30 d 时比值高达 0.43,为 20 d 时的 1.59 倍。低温条件下,贮藏 90 d 时的 $w(GA_3)/w(ABA)$ 比值极显著地 ($P < 0.01$) 高于其它贮藏时间的值,贮藏期间胚芽的 $w(GA_3)/w(ABA)$ 比值比常温下的低,但与常温条件下胚芽的 $w(GA_3)/w(ABA)$ 比值差异不显著 ($P > 0.05$)。常温条件下,鲜核桃胚芽中 $w(IAA)/w(ABA)$ 的比值持续上升,与贮藏时间符合指数方程 $y = 0.2558e^{0.0412x}$,贮藏 10 d 后由于内源激素 IAA 的大量合成,其比值迅速增加。低温条件下,其 IAA 含量极显著 ($P < 0.01$) 低于常温条件下的比值。可见,低温强烈抑制了核桃胚芽中 IAA 的合成,导致了 $w(IAA)/w(ABA)$ 比值的显著下降。鲜核桃胚芽中 $w(ZR)/w(ABA)$ 的比值在常温贮藏 20 d 内变化不大,在 30 d 时达到最大,为 20 d 时的 2.83 倍,之后缓慢降低。低温条件下,贮藏初期值较高,之后其比值变化平缓。方差分析表明,低温条件下 $w(ZR)/w(ABA)$ 的比值极显著地 ($P < 0.01$) 低于常温条件下的比值。

Table 2 Effect of low temperature on the ratios of endogenous hormones in the embryo of fresh walnuts

激素比值	常温 Room temperature					低温 Low temperature				
Endogenous hormones ratio	0 d	10 d	20 d	30 d	40 d	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d
$w(GA_3)/w(ABA)$	0.21	0.29	0.27	0.43	0.23	0.21	0.24	0.18	0.37	0.18
$w(IAA)/w(ABA)$	0.31	0.33	0.54	0.76	1.60	0.31	0.24	0.28	0.34	0.32
$w(ZR)/w(ABA)$	0.13	0.08	0.06	0.17	0.14	0.13	0.05	0.06	0.07	0.08

Table 3 Correlation analysis between content and ratio of endogenous hormones in the embryo of fresh walnut during room-temperature storage

相关系数 Correlation coefficient	ABA	GA ₃	IAA	ZR	$w(GA_3)/w(ABA)$	$w(IAA)/w(ABA)$	$w(ZR)/w(ABA)$
ABA	1.00	-0.95 **	-0.09	-0.22	-0.96 **	-0.17	-0.4
GA ₃	-0.95 **	1.00	-0.20	0.15	1.00 **	-0.12	0.32
IAA	-0.09	-0.20	1.00	0.39	-0.14	1.00 **	0.39
ZR	-0.22	0.15	0.39	1.00	0.22	0.42	0.98 **
$w(GA_3)/w(ABA)$	-0.96 **	1.00 **	-0.14	0.22	1.00	-0.06	0.39
$w(IAA)/w(ABA)$	-0.17	-0.12	1.00 **	0.42	-0.06	1.00	0.44
$w(ZR)/w(ABA)$	-0.40	0.32	0.39	0.98 **	0.39	0.44	1.00

2.4 鲜核桃常温贮藏期间内源激素含量及比值间相关性分析

由表 3 可知,鲜核桃在常温贮藏过程中,胚芽中 ABA 含量与 GA₃ 含量及 $w(GA_3)/w(ABA)$ 比值呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.95、-0.96,表明鲜核桃胚芽中内源激素 GA₃ 和 ABA 含量存在着此消彼长的关系。萌发初期,ABA 含量显著下降,GA₃ 含量迅速升高,是对其萌发起主要作用的激素。 $w(GA_3)/w(ABA)$ 、

$w(IAA)/w(ABA)$ 和 $w(ZR)/w(ABA)$ 与 GA₃、IAA 及 ZR 含量呈现极显著正相关,相关系数分别为 1.00、1.00 和 0.98,而 ABA 与 $w(IAA)/w(ABA)$ 和 $w(ZR)/w(ABA)$ 二者之间的相关性很小,表明 IAA 及 ZR 含量的大幅增加在鲜核桃的萌发中具有不容忽视的促进作用。图 1 显示低温降低了鲜食核桃贮藏期间 IAA 和 ZR 的含量,可见低温对鲜食核桃较好的保鲜作用与二者的显著下降有关。

3 讨论

种子的休眠与萌发与其所含的内源激素种类及含量密切相关,是多种内源激素协调作用的结果^[7]。很多研究已证实 ABA 具有诱导、维持种子休眠和抑制种子萌发的作用,GA₃具有解除种子休眠、促进种子萌发和拮抗 ABA 的作用^[10-11],CTK 可能通过促进乙烯的合成来促进种子休眠的解除和萌发^[20]。核桃种仁中含有多种内源激素^[21-22]。研究对鲜核桃萌发时胚芽中内源激素的测定结果也符合这些观点。结果表明,(0±1)℃的低温极显著地抑制了鲜核桃胚芽萌发的促进物质 GA₃、IAA、ZR 的含量及 $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$ 和 $w(\text{ZR})/w(\text{ABA})$ 的比值,ABA 含量及 $w(\text{GA}_3)/w(\text{ABA})$ 比值变化不显著,低温保持了其较高的胚芽萌发抑制物质 ABA 的含量,延长了鲜核桃的贮藏寿命。

常温条件下 IAA 及其 $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$ 比值与贮藏时间之间均符合指数型变化趋势,其值始终快速上升;低温条件下 IAA 及 $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$ 比值极显著地低于常温条件下的值,推测 IAA 及 $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$ 比值可能是控制鲜核桃休眠和萌发的内部因子。此外,由图 1 和表 2 可以看出,常温与低温 2 种贮藏条件下,各激素的含量及比值变化趋势几乎相同,常温 20 d 内其各激素的含量及比值变化趋势与低温冷藏 60 d 内的变化趋势相似,之后 2 种条件下的变化趋势也相同。然而,常温(25±3)℃和(20±3)℃条件下鲜核桃无明显生理休眠特性^[1],低温冷藏期间未萌发,可见低温贮藏时存在激素含量及比值浓度临界或阈值,有关其具体浓度临界及其阈值,有待于进一步研究。

贮藏温度是影响核桃贮藏寿命和生理活动最为关键的因素^[23-24]。该研究表明,(0±1)℃低温对鲜食核桃贮藏具有较好保鲜效果,表现为在(20±3)℃下,常温对照核桃极易萌发、霉变,鲜核桃贮藏至 5 d 时即迅速发霉,20 d 时开始发芽,在(0±1)℃贮藏至 120 d 时仍未发芽。然而,研究中发现,低温冷藏至 90 d 左右时核桃缝合线开始开裂,且冷藏期间随时移入常温环境时很快发芽,表明低温只能延缓鲜核桃胚芽的萌发,但却不能完全抑制,需与辐照、药剂等辅助措施相结合有望取得良好保鲜效果。

参考文献

[1] 马艳萍,王国梁,刘兴华,等.⁶⁰Co 射线辐照对鲜食核桃萌芽及相关生理指标的影响[J]. 西北植物学报,2010,30(10):2034-2039.
[2] Lopez A, Pique M T, Romero A, et al. Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts[J]. Int J Refrig, 1995, 18(8): 544-549.
[3] Villatoro C, Lara I, Graell J, et al. Cold storage conditions affect the persistence of diphenylamine, folpet and imazalil residues in 'Pink Lady'

apples[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(2): 557-562.
[4] Günther C S, Matich A J, Marsh K B, et al. (Methylsulfanyl) alkanolate ester biosynthesis in *Actinidia chinensis* kiwifruit and changes during cold storage[J]. Phytochemistry, 2010, 71(7): 742-750.
[5] 袁德保. 鲜食核桃冷藏技术及采后生理研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
[6] 刘超, 王宏, 汪晓鸣. 板栗辐照低温保鲜技术研究[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(6): 1213-1214.
[7] Roef L, Onckelen H V. Cytokinin regulation of the cell division cycle [M]// Davies P J. Plant Hormones. Berlin: Springer Verlag, 2004, 241-261.
[8] 马艳萍, 刘兴华, 李英超, 等. 辐照对鲜核桃发芽率与胚芽内源激素含量的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(4): 114-118.
[9] 何钟佩. 作物激素生理及化学调控[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 179-217.
[10] Finch-savage W E, Leubner-metzger G. Seed dormancy and the control of germination[J]. New Physiologist, 2006, 171(3): 501-523.
[11] Kucera B, Cohn M A, Leubner-metzger G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination[J]. Seed Science Research, 2005, 15(4): 281-307.
[12] Maarten K, Leónie B, Henk H. Seed dormancy and germination[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2002, 5(1): 33-36.
[13] Rehman S, Park I H. Effect of scarification, GA and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koeleruteria paniculata* Laxm.) seeds[J]. Scientia Horticulturae, 2000, 85(4): 319-324.
[14] Wang X Q, Uilah H, Jones A M, et al. G Protein regulation of Ion channels and abscisic acid signaling in arabidopsis fuard cells[J]. Science, 2001, 292(5524): 2070-2072.
[15] Zhang W, Chiwocha S D S, Trischuk R, et al. Profile of plant hormones and their metabolites in germinated and ungerminated canola (*Brassica napus*) seeds imbibed at 8℃ in either GA₄₊₇[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2010, 29(1): 91-105.
[16] Xu R Y, Niimi Y, Han D S. Changes in endogenous abscisic acid and soluble sugars levels during dormancy-release in bulbs of *Lilium rubellum* [J]. Scientia Horticulturae, 2006, 111(1): 68-72.
[17] Qin D, Wang J Z, Guo J M, et al. The relation between endogenous hormones and late-germination in buds of avrolles apple[J]. Agricultural Sciences in China, 2009, 8(5): 564-571.
[18] Suttle J C. Involvement of endogenous gibberellins in potato tuber dormancy and early sprout growth: a critical assessmen[J]. J Plant Physiol, 2004, 161(2): 157-164.
[19] Khan A A. Primary, preventive and permissive role of hormones in plant systems[J]. Bot Rev, 1975, 41(4): 391-420.
[20] 裴东, 张俊佩, 石永森, 等. 层积催芽对美国黑核桃种子发芽和苗木生长的影响[J]. 农业科学, 2002, 38(5): 73-77.
[21] 张志华, 王文江, 高仪, 等. 核桃果实成熟过程中呼吸速率与内源激素的变化[J]. 园艺学报, 2000, 27(3): 167-170.
[22] Matilla A J. Ethylene in seed formation and germination [J]. Seed Science Research, 2000, 10: 111-126.
[23] 张烨, 王克建, 郝艳宾. 影响核桃贮藏品质因素的分析[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(3): 4-5.
[24] Vanhanen L P, Savage G P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging[J]. Food Chemistry, 2006, 99(1): 64-69.

无硫复合护色剂抑制干制苹果片褐变机理研究

李 新 明, 张 永 茂, 张 俊

(甘肃省农业科学院 农产品贮藏加工所, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:以“红富士”苹果片为试材,研究了氯化钠(0.7%)、氯化钙(0.6%)、柠檬酸(0.7%)、EDTA-2Na(0.16%)、异抗坏血酸钠(1.3%)和无硫复合护色液(氯化钠 1.0%、氯化钙 0.6%、柠檬酸 0.9%、EDTA-2Na 0.16%、异抗坏血酸钠 1.6%)6种无硫护色剂对干制苹果片抗坏血酸(维生素C)含量、还原性谷胱甘肽(GSH)、总酚含量及抗坏血酸氧化酶(AAO)活力的动态变化趋势影响。结果表明:无硫复合护色液对干制苹果片褐变的抑止是通过遏止果片中抗坏血酸(维生素C)、还原性谷胱甘肽(GSH)、总酚含量的降低及抗坏血酸氧化酶(AAO)活力增加而实现的。经不同无硫护色剂处理后,抗坏血酸(维生素C)、还原性谷胱甘肽(GSH)、总酚含量随干制时间的延长而降低,其中以非处理对照组降低最显著,复合护色剂对干制果片中上述生化指标含量下降的抑制作用最强,异维生素钠作用其次,接着是氯化钠和柠檬酸,效果较差的是氯化钙和EDTA-2Na护色液。抗坏血酸氧化酶活力则随干制时间的延长而增加。与对照相比,各处理组差异显著。

关键词:“红富士”苹果;干制;无硫护色;抗坏血酸;褐变

中图分类号:TS 255.42 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)05-0138-04

苹果干制过程中,果肉褐变是最常见的问题之一。这常常会造成产品的质量下降,影响产品的市场销售。许多研究表明,苹果中含有丰富的酚类物质^[1-2]。酚类物质是引起果实酶促褐变的重要因素,酚类物质在多酚

氧化酶(PPO)的催化下氧化形成褐色物质。酶促褐变不仅影响加工制品的外观、风味,而且还会造成营养物质的丢失,甚至导致食品变质。影响褐变的因素有多种,包括SOD(超氧化物歧化酶)、CAT(过氧化氢酶)、PPO(多酚氧化酶)、POD(过氧化物酶)等。抗氧化剂类主要有AsA(抗坏血酸)、GSH(还原型谷胱甘肽)等,它们在抗氧化系统中对清除活性氧有相当重要的作用^[3-4]。GSH和维生素C能有效地保护酶结构蛋白上的

第一作者简介:李新明(1970-),男,博士,助理研究员,研究方向为农产品贮藏与加工。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(20962001/B020902)。

收稿日期:2012-11-08

Effect of Low-temperature on Preservation and Variation of Endogenous Hormones in Embryo of Fresh Walnut

MA Yan-ping, LV Xin-gang, MA Hui-ling, FEI Zhao-xue

(College of Forestry, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking ‘Liaoning 4’ fresh walnut as material, the preservation effect of walnut at $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ and $(0 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ were studied, and endogenous hormones of ABA, GA_3 , IAA and ZR content in embryo were detected, and variation with ABA. The results showed that the embryo sprouted on 20 d and mildew at 5 d at $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$, but there was no germination in the 120 d storage period at the temperature of $(0 \pm 1)^{\circ}\text{C}$; at the same time, the low temperature maintained the high content of ABA and restrained highly significantly the content of GA_3 , IAA, ZR and the ratios of $w(\text{IAA})/w(\text{ABA})$, $w(\text{ZR})/w(\text{ABA})$, and the ratio of $w(\text{GA}_3)/w(\text{ABA})$ was not significantly affected. The results indicated that low temperature mainly kept inhibitory substances high and decreased the content of the growth-promoting substance. Therefore, low temperature produced significant preservation effect on the fresh walnut.

Key words: low temperature; preservation effect; endogenous hormones; fresh walnut