

电子束辐照对进口葡萄色泽及保鲜效果的影响

陈志军¹ 孔秋莲¹ 岳玲¹ 颜伟强¹ 包英姿² 戴旭东² 戚文元¹

¹ (上海市农业科学院 上海 201106)

² (上海束能辐照技术有限公司 上海 201401)

摘要 以美国进口葡萄(无核红提)为试材,用剂量为0、0.56、1.11和2.10 kGy的电子束辐照后分别于室温(13~17℃)下贮藏7d,低温(4℃±1℃)下贮藏15d。采用单一pH法和色度空间法测定果皮花青素含量和色差变化,用硬度计检测果肉耐压力。结果表明,电子束辐照导致葡萄果皮花青素含量下降,其下降幅度随剂量增加而加大,其中2.10 kGy辐照果皮花青素含量显著低于未辐照处理。电子束处理对葡萄果实耐压力产生影响,但与剂量无相关性,其中室温贮藏葡萄的果实耐压力低于相应未辐照处理,低温贮藏15d时,0.56 kGy电子束处理的果实耐压力高于相应未辐照处理。电子束处理可减少葡萄微生物数量,且剂量越高,微生物数量越少,腐烂率越低,可保证较好的防腐效果。

关键词 电子束,辐照,葡萄,色泽,保鲜

中图分类号 TL99, TS255.3

辐照是一种非热加工新技术,利用钴源产生的 γ -射线、加速器产生的高能电子束或X-射线杀灭微生物和寄生虫、抑制果蔬发芽、降低呼吸强度,从而达到延长货架期、检疫除害等目的^[1]。辐照技术与传统方法相比,具有显著的杀菌钝酶效果,能很好地保持产品的营养成分、风味和新鲜度,具有广阔应用前景^[2]。

近年来,随着农产品进出口贸易发展、食品安全及环保意识提高,辐照处理技术以其安全、高效、快速的优势成为检疫处理的首选。国内外学者对多种类果蔬的辐照检疫技术进行了研究报道,在果蔬领域以 γ -射线辐照应用最多^[3-4]。电子加速器作为一种新型的辐照装置,在能源利用率、辐照效率、放射性废物污染等方面较钴源具有不可比拟的优势,是目前国际上倍受关注的技术领域之一^[5]。

据FAO统计,葡萄是全世界种植面积最大的水果,其产量位居各种水果前三位,近年来世界鲜食葡萄的进出口贸易数量总体上呈现增长趋势,鲜食葡萄的贸易平均价格在逐渐升高^[6]。2004年我国鲜食葡萄进口量居世界第10位,主要来自美国、智利、澳大利亚等国^[7]。日益增加的进口量对鲜食葡萄检

疫和保鲜提出了更高的要求,辐照作为一种国际推荐的物理处理新技术,在进口鲜食葡萄检疫及保鲜方面具有广阔的应用前景。

本文利用电子直线加速器辐照进口鲜食葡萄,研究不同剂量电子束对鲜食葡萄果实色素、色泽以及保鲜效果的影响,探索辐照保鲜鲜食葡萄的可行性,并为电子束辐照在进口鲜食葡萄辐照检疫除害中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

葡萄购自上海市龙吴路进口水果批发市场,产地美国。

1.2 辐照处理

上海束能辐照技术有限公司 ESS-010-03 加速器,额定能量10 MeV,束流1.17 mA,重复可变频率5~550 s⁻¹,扫描电流9.8 A,扫描宽度600 mm,不均匀度5%。

试验设未辐照处理、电子束(0.5、1.0和2.0 kGy)辐照处理,实测剂量为0.56(剂量率2.41 kGy·s⁻¹)、

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项“核技术在高效低碳农业中的应用”(201103007)、上海市“科技创新行动计划”技术标准项目(11dz0502800)专项资金资助

第一作者:陈志军,男,1973年11月出生,1998年于南昌大学化学系获硕士学位,副研究员,从事农产品辐照加工研究

通讯作者:戚文元,研究员, E-mail:sunny0123@vip.163.com

收稿日期:初稿2013-07-12,修回2013-08-09

1.11 (剂量率 $4.82 \text{ kGy} \cdot \text{s}^{-1}$) 和 2.10 kGy (剂量率 $8.44 \text{ kGy} \cdot \text{s}^{-1}$) 4 个处理组。所有处理均重复 6 次。果实分别于辐照前及辐照后检测,辐照后检测分别为 0 天、模拟货架期室温 ($13\text{--}17^\circ\text{C}$) 7 d 和模拟低温短期贮藏 ($4^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) 15 d。

1.3 测试方法

1.3.1 单一 pH 法^[8]测花青素含量 为避免不同果实间色泽差异,保证试材一致性。选择色泽均匀、饱满、无机械及病虫害的果粒,沿中轴线纵切,一分为二,葡萄切面向下放入培养皿中,一半进行电子束处理,另一半作未辐照处理。室温 ($13\text{--}17^\circ\text{C}$) 下放置 7 d 后,取果皮进行花青素含量测定。

1.3.2 Chroma Meter CR-400 色差仪检测色泽 重复测定色泽参数 (L^* 、 a^* 、 b^*) 3 次。 L^* 、 a^* 和 b^* 是三维矩形颜色空间参数, L^* 为明度轴参数,0 表示黑,100 表示白; a^* 为红/绿轴参数,正值为红,负值为绿,0 为中性色; b^* 为蓝/黄轴参数,正值为黄,负值为蓝,0 为中性色^[9]。总色差 ΔE^* 由下式给出^[10]。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

试验选择整齐并较疏松的葡萄果穗,选定 10 粒果实作标记,用于色泽测定。所有试验果粒固定色泽测定位置,保证整个测定过程中色泽测定点是同一点。

1.3.3 其他参数测定 葡萄果实保留果皮,用硬度计测定果实的耐压力,具体方法见文献[11]。
失重率(%)=(原始重-调查时重)/原始重 $\times 100\%$ 。
腐烂率(%)=腐烂果重量/检查总果重量 $\times 100\%$ 。
落粒率(%)=落粒果重量/检查总果重量 $\times 100\%$ 。
微生物检测菌落总数、霉菌和酵母、大肠菌群^[12]。

1.4 数据分析

统计方法采用 SPSS16.0 软件建立数据库,并进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 电子束辐照对葡萄果皮花青素含量的影响

花青素属于酚类物质,是决定果实颜色的主要色素,也是迄今为止所发现的最有效的天然水溶性抗氧化剂。由于花青素稳定性差,易受加热、光照、

辐照等因素影响而发生氧化或降解,形成无色产物褪色而失去生理活性^[13-14]。从图 1 看出,电子束处理导致葡萄果皮花青素含量下降,其下降幅度随剂量增加而加大。统计分析表明, 2.10 kGy 剂量处理果皮花青素含量显著低于未辐照处理 (0 kGy),而 0.56 kGy 和 1.11 kGy 对葡萄果皮花青素含量的影响未达到显著水平。

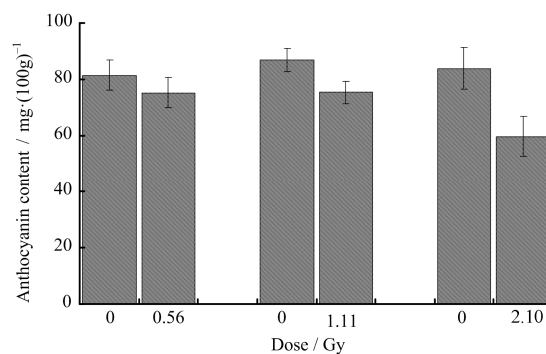


图 1 电子束辐照对葡萄果皮花青素含量的影响
Fig.1 Effects of E-beam irradiation on monomeric anthocyanin content of grape pericarp

2.2 电子束辐照对果皮色泽的影响

颜色是果蔬及其制品的重要品质指标,影响消费者对产品的可接受性,总色差 ΔE 是观测颜色变化的常用参数^[10]。在肉眼观测的基础上,分别对葡萄辐照后 0 天、辐照后常温 ($13\text{--}17^\circ\text{C}$) 7 d、辐照后低温 ($4^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) 15 d 测定色泽参数并计算总色差变化。对于辐照后 0 天的处理,以未辐照处理果实色泽不变化,色差值为 0 计算。

电子束辐照后立即观察,果实表皮色泽并无感官差异。但色差仪检测则表明,电子束处理后色泽发生变化,处理前后果实色差值因处理剂量不同而异,剂量越大,总色差值越大,表明色泽在处理前后的变化越大(图 2)。经过一段时间贮藏后,未辐照处理的果皮色泽也发生变化。由图 2 看出,室温 7 d 和低温 15 d 后,未辐照处理的色泽变化均大于电子束处理组,但不同剂量之间的变化趋势因贮藏温度不同而不同,其中室温贮藏 7 d 时以 1.11 kGy 处理色泽变化最小,低温贮藏 15 d 时以 2.10 kGy 处理色泽变化最小。统计分析表明,室温贮藏 7 d 时, 0.56 kGy 和 1.11 kGy 处理色差变化显著低于未辐照处理和 2.10 kGy 处理,但 0.56 kGy 和 1.11 kGy 处理之间、未辐照处理和 2.10 kGy 处理之间并无显

著差异。而低温贮藏 15 d 时，未辐照处理果实的色泽变化显著大于电子束处理，电子束处理不同剂量水平间并无显著差异。

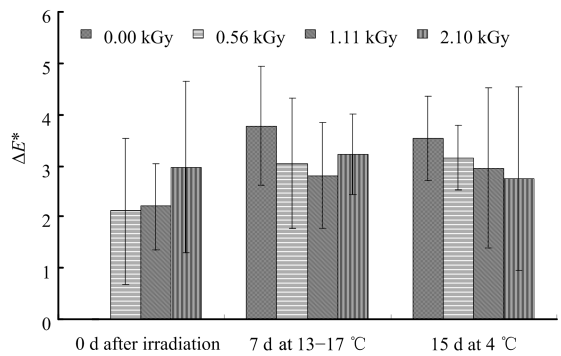


图 2 电子束处理对葡萄果皮总色差的影响
Fig.2 Effects of E-beam irradiation on ΔE^* of grape pericarp

2.3 电子束辐照对葡萄保鲜效果的影响

2.3.1 电子束辐照与葡萄果实耐压力 耐压力是衡量葡萄果实耐贮性的一个重要指标，其大小与很多因素有关，但主要受果肉质度影响，在果肉质度相同情况下，耐压力与果实成熟度呈负相关。耐压力大小直接与果肉软化和伤害变质有关，任何导致耐压力变小的因素均可降低葡萄果实的耐贮性^[11]。测试表明，试验葡萄辐照前的果实耐压力为 1.33 kg，贮藏后所有处理的耐压力均下降。由图 3 看出，室温贮藏 7 d 后，电子束处理的果实耐压力低于未辐照处理，且剂量越高，果实耐压力越小，但统计分析结果表明，处理间差异未达显著水平。低温贮藏 15 d 时，0.56 kGy 电子束处理的果实耐压力高于未

辐照处理，其它剂量电子束处理则低于未辐照处理，统计分析结果同样表明，处理间差异未达显著水平。

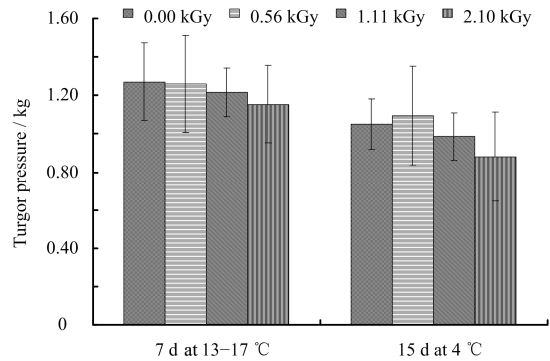


图 3 电子束辐照对葡萄果实耐压力的影响
Fig.3 Effects of E-beam irradiation on turgor pressure for grape berry

2.3.2 电子束辐照与葡萄保鲜效果 由表 1 看出，室温贮藏 7 d 时，电子束处理的失重率高于未辐照处理，腐烂率和落粒率低于未辐照处理。剂量越高，失重率越高，腐烂率越低，但落粒率变化和剂量无相关性。由表 2 看出，低温贮藏 15 d 时，电子束处理的腐烂率和落粒率同样低于未辐照处理，其中腐烂率同样表现为剂量越高，腐烂率越低。失重率变化因剂量不同而不同，0.56 kGy 和 1.11 kGy 处理低于未辐照处理，而 2.10 kGy 处理则高于未辐照处理。

2.3.3 电子束辐照与葡萄微生物数量 由表 3 和表 4 看出，电子束辐照处理导致葡萄微生物数量降低，且剂量越高，微生物数量越少，和腐烂率结果一致。整个试验过程中，所有处理均未检测出致病的大肠菌群。

表 1 电子束辐照对室温贮藏葡萄失重、腐烂和落粒的影响
Table 1 Effects of E-beam irradiation on weight loss, rotting and abscission of grape

剂量 Dose / kGy	失重率 Weight loss / %	腐烂率 Rotting / %	落粒率 Abscission / %
0	4.41	16.23	11.57
0.56	5.43	8.43	7.33
1.11	5.75	7.98	7.00
2.10	5.92	4.80	7.46

注：13-17 °C，7 d。

表 2 电子束辐照对低温贮藏葡萄失重、腐烂和落粒的影响
Table 2 Effects of E-beam irradiation on weight loss, rotting and abscission of grape

剂量 Dose / kGy	失重率 Weight loss / %	腐烂率 Rotting / %	落粒率 Abscission / %
0	4.79	12.85	27.64
0.56	4.47	9.88	18.43
1.11	4.31	8.38	11.66
2.10	5.57	7.44	11.84

注：4 °C，15 d。

表 3 电子束处理对室温贮藏葡萄微生物数量的影响
Table 3 Effects of E-beam irradiation on microbial load of grape

剂量 Dose / kGy	菌落总数 Bacteria / cfu·g ⁻¹	霉菌和酵母 Mould and yeast / cfu·g ⁻¹	大肠菌群 Coliform / MPN·(100g) ⁻¹
0	590	21	<30
0.56	410	12	<30
1.11	250	8.7	<30
2.10	18	4.3	<30

注: 13-17 °C, 7 d。

表 4 电子束辐照对低温贮藏葡萄微生物数量的影响
Table 4 Effect of E-beam irradiation on microbial load of grape

剂量 Dose / kGy	菌落总数 Bacteria / cfu·g ⁻¹	霉菌和酵母 Mould and yeast / cfu·g ⁻¹	大肠菌群 Coliform / MPN·(100g) ⁻¹
0	243	1.7	<30
0.56	170	0.3	<30
1.11	14.3	0.3	<30
2.10	8.6	0.3	<30

注: 4 °C, 15 d。

3 结论

电子束辐照可减少新鲜葡萄的微生物含量, 从而降低贮藏期间的腐烂率, 处理剂量越高, 腐烂率越低。电子束处理可导致葡萄果皮花青素含量降低, 但在一定剂量范围内, 差异未达显著水平。色泽分析表明, 室温 7 d 和低温 15 d 后, 未辐照处理的色泽变化大于电子束处理组, 说明果皮色泽的感官评价由多方面因素决定, 贮藏温度和时间同样影响色泽变化, 室温贮藏 7 d 时, 0.56 kGy 和 1.11 kGy 处理组色泽保持显著优于未辐照处理组和 2.10 kGy 处理组, 而低温贮藏 15 d 时, 电子束处理的色泽保持显著优于未辐照处理组。电子束处理可导致葡萄果实耐压力下降, 从而降低果实耐贮性能, 但综合贮藏温度、贮藏时间等方面的影响, 0.56 kGy 电子束辐照结合低温(4±1) °C 贮藏, 可最大程度地保持葡萄果实的耐压力, 从而达到较好的保鲜效果。

参考文献

- 刘敏, 谢晶, 韩志. 非热技术在果蔬保鲜体系中的应用 [J]. 包装与食品机械, 2007, 25(1): 47-50, 53
LIU Min, XIE Jing, HAN Zhi. Application of non-thermal technology in the system of fruits and vegetables preservation [J]. Packag Food Mach, 2007, 25(1): 47-50, 53
- 彭发青, 赵艳丽, 胡加彬, 等. 水果的除害处理技术及其发展前景 [J]. 植物检疫, 2001, 15(6): 363-367
PENG Faqing, ZHAO Yanli, HU Jiabin, *et al.* Technology of disinfestation for fruits and its development prospect [J]. Plant Quar, 2001, 15(6): 363-367
- 马以桂, 徐立平. 中国检疫处理需要辐照技术[J]. 口岸卫生控制, 2002, 7(6): 3-7, 16
MA Yigui, XU Liping. Chinese quarantine manage require radiation technology [J]. Port Health Control, 2002, 7(6): 3-7, 16
- Witbooi W R, Taylor M A. Irradiation: An alternative mitigation treatment for apples, pears and table grapes [J]. SA Fruit J, 2008, 7(2): 28-31
- 孔秋莲, 岳玲, 戚文元, 等. 电子束辐照乳酸钙杀菌效果的研究 [J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2011, 29(1): 43-47
KONG Qiulian, YUE Ling, QI Wenyuan, *et al.* The effect of E-beam irradiation on the sterilization for calcium lactate [J]. J Radiat Res Radiat Process, 2011, 29(1): 43-47
- 田东, 冯建英, 陈旭, 等. 世界葡萄产业生产及贸易形势分析 [J]. 世界农业, 2010, 6: 46-50
TIAN Dong, FENG Jianying, CHEN Xu, *et al.* Analysis on Production and Trade of International Grape Industry [J]. World Agric, 2010, 6: 46-50
- 赵胜建, 郭紫娟, 马爱红. 中美鲜食葡萄产业比较分析和启示 [C]. 中国农学会(编). 2008 年第十四届全国葡萄学术研讨会论文集. 西安: 中国农学会, 2009: 38-41
ZHAO Shengjian, GUO Zijuan, MA Aihong. Analysis and enlightenment of fresh grape industry comparison between China and USA [C]. Chinese Association of Agricultural Science Societies (edit). Conference proceedings of the fourteenth national grape symposium. Xian: Chinese Association of Agricultural Science Societies, 2009: 38-41

- 8 陈新, 周宏, 薛蒙伟. 紫甘薯中花青素提取工艺及测定方法研究 [J]. 南京晓庄学院学报, 2010(6): 57-61
CHEN Xin, ZHOU Hong, XUE Mengwei. A Study on the extraction process and determination of anthocyanidin in purple sweet potato [J]. J Nanjing Xiaozhuang Univ, 2010(6): 57-61
- 9 朱金虎, 黄卉, 李来好. 食品中感官评定发展现状 [J]. 食品工业科技, 2012, **33**(8): 398-401
ZHU Jinhu, HUANG Hui, LI Laihao. Development of sensory evaluation in food science [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, **33**(8): 398-401
- 10 刘凤霞, 周林燕, 曹霞敏, 等. 贮藏温度对冷破碎番茄浆品质变化的影响 [J]. 农业工程学报, 2010, **26**(8): 343-349
LIU Fengxia, ZHOU Linyan, CAO Xiamin, *et al.* Effects of storage temperature on quality changes of cold break tomato paste during storage [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2010, **26**(8): 343-349
- 11 周会玲, 李嘉瑞. 葡萄果实结构与耐贮性关系的研究 [J]. 中国农学通报, 2005, **21**(7): 239-241
ZHOU Huiling, LI Jiarui. The relationship between fruit structure and storability in table grapes [J]. Chin Agric Sci Bull, 2005, **21**(7): 239-241
- 12 国家标准化管理委员会. GB 4789-2010. 食品微生物学检验 [S]. 北京: 中国标准出版社. 2010
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 4789-2003. Food microbiological examination [S]. Beijing: Standard Press of China. 2010
- 13 周方, 赵宏飞, 杨洋, 等. 高丛蓝莓品种花青素含量与抗氧化能力比较[J]. 西南林业大学学报, 2011, **31**(5): 53-57
ZHOU Fang, ZHAO Hongfei, YANG Yang, *et al.* Comparative study on anthocyanin level and antioxidant activity among the tall-stemmed blueberry cultivars [J]. J Southwest Forestry Univ, 2011, **31**(5): 53-57
- 14 孙建霞, 张燕, 胡小松, 等. 花色苷的结构稳定性与降解机制研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, **42**(3): 996-1008
SUN Jianxia, ZHANG Yan, HU Xiaosong, *et al.* Structural stability and degradation mechanisms of anthocyanins [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, **42**(3): 996-1008
- 15 张燕, 谢玫珍, 廖小军. 热和紫外辐照对红莓花色苷稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, **31**(3): 37-40
ZHANG Yan, XIE Meizhen, LIAO Xiaojun. Effect of thermal and ultraviolet irradiation on the stability of red raspberry anthocyanin [J]. Food Ferment Ind, 2005, **31**(3): 37-40

Effects of electronic beam irradiation on color and storage characteristics of table grape

CHEN Zhijun¹ KONG Qiulian¹ YUE Ling¹ YAN Weiqiang¹
BAO Yingzi² DAI Xudong² QI Wenyuan¹

¹(Shanghai Academy of Agriculture Sciences, Shanghai 201106, China)

²(Shanghai Shuneng Irradiation Technology Co. Ltd., Shanghai 201401, China)

ABSTRACT Table grapes imported from United States were irradiated by electronic beam with absorbed doses of 0, 0.56, 1.11 and 2.10 kGy, respectively and then stored for 7 d at 13–17 °C and 15 d at 4 °C. The monomeric anthocyanin content, color parameter, turgor pressure and fresh-keeping quality of table grape were determined. The results show that the contents of monomeric anthocyanin decrease with the increase of absorbed dose, and the significant difference is found between 0 kGy group and 2.10 kGy group. Turgor pressure is affected by E-beam irradiation, storage temperature and storage time. The optimum condition in our experiment to keep turgor pressure is storage for 15 d at 4 °C with 0.56 kGy irradiation. E-beam irradiation could reduce microbial load and rotting rate effectively and ensure good fresh-keeping effect, and higher dose led to lower microbial load and rotting rate.

KEYWORDS E-beam, Irradiation, Table grape, Color, Fresh-keeping

CLC TL99, TS255.3