

低剂量辐照对鲜食核桃不同冷藏期后 货架品质的影响

李 晴¹, 寇莉萍^{1,*}, 马艳萍^{2,*}, 费昭雪²

(1.西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100;

2.西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要:以“辽宁2号”鲜食核桃为材料,采用0.075、0.100和0.300 kGy 3种低剂量辐照处理,用PE30包装袋包装后于(0±1)℃下贮藏,定期转入4℃货架条件下贮藏10 d,以未经辐照鲜食核桃为对照,探究低剂量辐照对鲜食核桃货架期间贮藏效果及品质的影响,筛选最佳辐照剂量。结果表明,所用剂量均利于维持鲜食核桃冷藏后的货架品质,其中0.300 kGy更好地保持了鲜食核桃的水分、粗脂肪和粗蛋白含量,抑制了过氧化值和酸价的升高,同时维持了较高的不饱和脂肪酸含量,使其具有较高的营养价值。因此,确定0.300 kGy为本研究中保持鲜食核桃货架期间较优品质的适宜剂量。

关键词:低剂量辐照,鲜食核桃,货架,品质

Effect of low-dose irradiation on quality of fresh walnuts during shelf life at cold storage

LI Qing¹, KOU Li-ping^{1,*}, MA Yan-ping^{2,*}, FEI Zhao-xue²

(1.College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;

2.College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: To explore the effect of low-dose irradiation on quality of fresh walnuts and the proper irradiation dose for the preservation of fresh walnuts, ‘Liaoning 2’ fresh walnuts were packed in PE30 packages after being given ⁶⁰Co γ -irradiation doses of 0.075, 0.100 and 0.300 kGy (non-irradiation as control), then stored at (0±1)℃ at 30 d intervals plus 10 d at 4℃. Result showed that all the doses used had a positive effect on maintaining the quality of fresh walnuts during storage. The dose of 0.300 kGy performed better on keeping the contents of water content, crude protein and fat, decreasing peroxide value and acid value and keeping higher contents of unsaturated fat acids, maintaining high nutritional value of fresh walnuts. Therefore, 0.300 kGy was evaluated as the optimal dose for preservation of fresh walnuts in this study.

Key words: low-dose irradiation; fresh walnuts; shelf life; quality

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)23-0325-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.23.059

目前,鲜食核桃因氨基酸和维生素含量高及风味特殊等特性,在我国核桃主产区已形成了一定的消费市场^[1],鲜食核桃贮藏研究包括青皮果实与脱青皮核桃两种。与青皮核桃相比,脱皮鲜食核桃不仅保留其丰富营养与独特风味,也避免了其上市前去青皮难的突出问题,可满足市场的长期需求。然而,鲜食核桃贮藏期间发霉、发芽问题突出,寻求去青皮鲜食核桃有效可行保鲜技术对满足其市场长期需求具有重要意义。

研究表明,适宜低剂量⁶⁰Co γ 射线辐照既能抑制新鲜果蔬发芽和发霉现象,又能避免高剂量辐照对果蔬品质产生的负面影响^[2-3],延长果蔬货架期,利于果蔬的贮藏保鲜。研究发现低剂量 γ 射线辐照与气调包装结合能够显著延长新鲜草莓的货架期^[4]; Gina^[5]指出低剂量辐照能在3周内有效抑制葡萄发生植物病害并能保持其良好品质。课题组前期研究发现,0.05 kGy低剂量可明显延缓鲜食核桃发芽,但有关低剂量辐照对鲜食核桃货架期品质影响的研究

收稿日期:2015-04-09 + 同为第一作者。

作者简介:李晴(1990-),女,硕士,研究方向:果蔬贮藏与加工,E-mail:q.li123@foxmail.com。

寇莉萍(1972-)女,博士,研究方向:果蔬加工与贮藏工程,E-mail:kouliping8@hotmail.com。

*通讯作者:马艳萍(1976-),女,博士,副教授,研究方向:林产果蔬采后生理与贮藏技术,E-mail:myp1273@163.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31200518);西北农林科技大学实验示范站科技成果推广资助项目(TGZX2014-20)。

至今未见报道。本研究以“辽宁2号”鲜食核桃为材料,经0.075、0.100和0.300 kGy低剂量⁶⁰Co γ 射线辐照,采用PE30袋包装后于(0 \pm 1) $^{\circ}$ C冷库中贮藏至30、60和90 d,分别取出放在4 $^{\circ}$ C冰箱内模拟货架贮藏10 d后取样观测各项指标的变化,旨在筛选保持鲜食核桃货架期间优良品质的适宜辐照剂量,为延长鲜食核桃货架期提供一定理论基础与技术支持。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

“辽宁2号”核桃 2012年9月2日自然成熟时采自陕西省扶风县杏林镇,采后当天运回西北农林科技大学果蔬采后生理实验室,待核桃青皮大部分自然开裂后进行人工脱皮,用流动水冲洗干净后置于通风处晾干表面水分,挑选大小均匀、无机械伤和病虫害的核桃装入30 cm \times 30 cm \times 30 cm纸板箱。

Kjeltec 8400全自动凯氏定氮仪 日本Foss公司;UV-1700分光光度计 日本SHIMADZU公司;A11研磨分析仪 德国IKA公司;SZT-06脂肪仪 中国苏州天威仪器公司。

1.2 实验方法

1.2.1 试材处理方法 将样品运至西北核工业技术研究所,采用⁶⁰Co γ 射线处理样品,平均吸收剂量为0(对照)、0.075、0.100和0.300 kGy,吸收剂量率为0.926 Gy \cdot s⁻¹。样品辐照后立即运回西北农林科技大学(0 \pm 1) $^{\circ}$ C冷库中预冷24 h,然后用30 μ m厚聚乙烯(PE)包装袋进行包装。每剂量处理20袋,每袋30粒核桃。将包装好的核桃放在(0 \pm 1) $^{\circ}$ C冷库中贮藏30、60和90 d后,转移至4 $^{\circ}$ C冰箱模拟货架条件贮藏10 d,定期统计贮藏效果后取样测定相关指标(图表中用冷藏30、60和90 d表示相应冷藏时间后货架10 d测得数据)。以刚脱青皮后的对照及辐照处理样品为0 d时测试样品。

种仁取样:定期取出各处理3袋样品,每袋中随机取15粒核桃剥取种仁后迅速投入液氮中冷冻,并于液氮条件下用研磨分析仪将种仁迅速粉碎后置于-80 $^{\circ}$ C冰箱备用。

1.2.2 含水率、粗蛋白含量测定 含水率的测定:准确称取1 g样品粉末先在105 $^{\circ}$ C下干燥30 min,然后在75 $^{\circ}$ C下干燥至恒重。

含水率(%)=(烘干前粉末质量-烘干后粉末质量)/烘干前粉末质量 \times 100

粗蛋白含量的测定:准确称取0.2 g鲜食核桃仁粉末于消煮瓶中,然后加入1.5 g混合催化剂(K₂SO₄:CuSO₄ \cdot 5H₂O=9:1 w/w)和5 mL浓硫酸。将消煮瓶在360 $^{\circ}$ C条件下消煮6 h左右至瓶内液体变为清澈蓝绿色为止,用全自动凯氏定氮仪测定粗蛋白含量。

1.2.3 粗脂肪含量的测定 准确称取1 g粉末样品放入烘干的滤纸包内烘至恒重,在65 $^{\circ}$ C的石油醚(沸程为30~60 $^{\circ}$ C)浸泡2 h后,采用脂肪仪抽提10 h,烘干滤纸包并计算粗脂肪含量。

粗脂肪含量(%)=(抽提前烘干滤纸包质量-抽提后烘干滤纸包质量)/粉末样品质量 \times 100

1.2.4 过氧化值和酸价的测定 油样的制备:根据

袁德保等^[6]的方法略有改动,称取25 g样品粉末至100 mL沸程为30~60 $^{\circ}$ C的石油醚中浸提24 h,使用40 $^{\circ}$ C水浴在旋转蒸发器中将石油醚蒸发完全获取油样。

过氧化值测定:采用GB/T 5009.37-2003方法进行测定。

酸价测定:参照AOCS Cd 3d-63中的方法,用氢氧化钠滴定测定。

1.2.5 脂肪酸组成及含量测定 参照宋志军^[7]的方法使用高效液相色谱仪测定。

1.2.6 果实好果率测定 好果率:每处理3袋样品于取样前统计好果数,以种壳表面无直观可见霉菌褐变者为好果。

好果率(%)=好果数/被检查总果数 \times 100

1.2.7 数据处理 数据利用Microsoft Excel 2010整理和绘图,采用SPSS 18.0软件进行统计分析,数据为3个原始数据的平均值 \pm 标准差,采用Duncan's新复极差法进行分析,检验其差异显著性。

2 结果与分析

2.1 低剂量辐照对鲜食核桃货架期含水率的影响

水分散失引起的重量损失约占果蔬采后自然消耗的75%~90%^[8]。鲜食核桃含水率在贮藏期间显著降低($p < 0.05$)。处理组核桃含水率的降幅低于对照,其中0.300 kGy处理核桃降幅最小。整个贮藏期内,对照、0.075、0.100、0.300 kGy处理组样品的含水率分别降低了35.47%、28.64%、29.07%、23.13%。0 d时,除0.100 kGy辐照组样品较高外,其他3组样品的含水率相近;所有核桃含水率均在贮藏期30 d内降幅明显;30、90 d货架时,对照组核桃含水率与0.075 kGy辐照组相近,0.100、0.300 kGy处理组核桃含水率相近且较高。可见,0.300 kGy能够较好地保持鲜食核桃的水分含量。

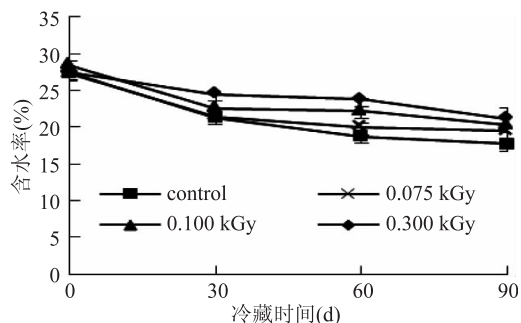


图1 低剂量辐照对鲜食核桃含水率的影响

Fig.1 Effect of low-dose irradiation on water content of fresh walnuts

2.2 低剂量辐照对鲜食核桃货架期粗蛋白含量的影响

植物体内粗蛋白在贮藏过程中降解为氨基酸,氨基酸又能转化成糖或脂肪参与呼吸作用^[9]。如表1所示,辐照样品的粗蛋白含量在贮藏期间的变化差异不大,这与Sinanoglou等^[10]的研究结果一致。可以看出,贮藏期间样品粗蛋白含量均呈降低趋势。0 d时,除0.100 kGy处理外,辐照样品粗蛋白含量均高

表1 低剂量辐照对鲜食核桃粗蛋白含量的影响

Table 1 Effect of low-dose irradiation on crude protein contents of fresh walnuts

冷藏时间(d)	辐照剂量(kGy)			
	对照	0.075	0.100	0.300
0	18.01 ± 0.26 ^{Ab}	18.57 ± 0.35 ^{Aa}	17.85 ± 0.12 ^{Ab}	18.67 ± 0.13 ^{Aa}
30	17.67 ± 0.16 ^{ABa}	17.57 ± 0.01 ^{BCa}	17.65 ± 0.04 ^{ABa}	18.30 ± 0.24 ^{Aa}
60	17.41 ± 0.27 ^{ABb}	17.65 ± 0.06 ^{Bb}	17.36 ± 0.08 ^{BCb}	18.28 ± 0.16 ^{Aa}
90	16.79 ± 0.77 ^{Bb}	17.01 ± 0.15 ^{Cb}	17.24 ± 0.11 ^{Cab}	18.26 ± 0.08 ^{Aa}

注:表中同列不同大写字母表示数据间差异达统计学显著水平($p < 0.05$),同行不同小写字母表示数据间差异达统计学显著水平($p < 0.05$)。

表2 低剂量辐照对鲜食核桃酸价和过氧化值的影响

Table 2 Effect of low-dose irradiation on acid value and peroxide value of fresh walnuts

指标	冷藏时间(d)	辐照剂量(kGy)			
		对照	0.075	0.100	0.300
酸价 (mg/g)	0	0.23 ± 0.033 ^{Ba}	0.16 ± 0.040 ^{Ab}	0.19 ± 0.002 ^{Aab}	0.22 ± 0.011 ^{Aab}
	90	0.34 ± 0.029 ^{Aa}	0.18 ± 0.001 ^{Ac}	0.24 ± 0.021 ^{Ab}	0.23 ± 0.000 ^{Ab}
过氧化值 (g/100 g)	0	0.0074 ± 0.000 ^{Bab}	0.0046 ± 0.000 ^{Bc}	0.0078 ± 0.000 ^{Aa}	0.0070 ± 0.000 ^{Bb}
	90	0.0096 ± 0.000 ^{Aa}	0.0067 ± 0.000 ^{Ab}	0.0096 ± 0.001 ^{Aa}	0.0091 ± 0.001 ^{Aa}

注:表中同列不同大写字母表示数据间差异达统计学显著水平($p < 0.05$),同行不同小写字母表示数据间差异达统计学显著水平($p < 0.05$)。

于对照。整个贮藏期,0.100 和 0.300 kGy 处理组核桃粗蛋白含量的降低幅度为 3.42%、2.20%,显著($p < 0.05$)低于对照和 0.075 kGy 处理组(6.77%、8.40%)。贮藏期间,0.300 kGy 处理样品的粗蛋白含量持续高于对照和其他处理样品。

2.3 低剂量辐照对鲜食核桃货架期粗脂肪含量的影响

脂肪氧化是导致鲜食核桃贮藏期间品质劣变的重要原因^[12]。鲜食核桃粗脂肪含量在贮藏期间显著($p < 0.05$)减少(图 2)。贮藏至末期,对照、0.075、0.100、0.300 kGy 组鲜食核桃的粗脂肪含量分别减少 28.86%、18.00%、16.37%、16.24%。0、30 d 货架期间,全部样品的粗脂肪含量均无显著差异;60 d 货架时,0.300 kGy 样品粗脂肪含量最高,其他处理与对照的粗脂肪含量无差异;90 d 货架时,对照中粗脂肪含量与 60 d 货架期相比降幅较大,此时对照核桃粗脂肪含量显著低于处理组($p < 0.05$),其中以 0.300 kGy 处理组最高。可见,0.300 kGy 处理更好地抑制了鲜食核桃货架期内脂肪的分解。

2.4 低剂量辐照对鲜食核桃货架期酸价及过氧化值的影响

酸价、过氧化值是脂肪氧化的衡量指标,其大小与油脂品质优劣密切相关^[13]。

贮藏期间,对照、0.075、0.100、0.300kGy 鲜食核桃的酸价分别增加了 45.31%、16.06%、28.36%、6.82%,处理组酸价始终低于对照。所有样品的酸价均符合国标健康标准(≤ 4 mg/g)。可见,低剂量辐照均能显著抑制酸价的升高。

与 0 d 相比,贮藏 90 d 货架时,对照、0.075、0.100、0.300 kGy 样品的过氧化值分别增加了 29.13%、32.17%、18.41%、22.66%。90 d 货架时,对照和 0.100 kGy 处理组核桃的过氧化值无差异;0.075

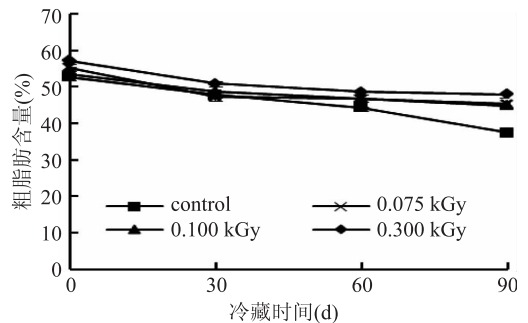


图2 低剂量辐照对鲜食核桃粗脂肪的影响

Fig.2 Effect of low-dose irradiation on fat contents of fresh walnuts

和 0.300 kGy 处理的过氧化值较低。

2.5 低剂量辐照对鲜食核桃货架期脂肪酸组分及含量的影响

鲜食核桃中的主要脂肪酸为棕榈酸(16:0)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3),不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 90% 以上,高含量的不饱和脂肪酸利于降低人体胆固醇、防止动脉硬化和保护心脏。0 d 时,处理组样品的硬脂酸含量低于对照;除 0.100 kGy 外,其他处理的亚油酸、亚麻酸和多不饱和脂肪酸(PUFA)含量均高于对照,其中 0.300 kGy 处理的亚油酸和亚麻酸含量高于其他处理组;所有处理组样品的总不饱和脂肪酸(UFA)含量均高于对照。90 d 货架时,辐照组棕榈酸和亚油酸含量高于对照,而硬脂酸含量则低于对照;0.100 和 0.300 kGy 处理的亚麻酸含量高于对照,0.075 kGy 处理组核桃的亚麻酸含量则低于对照;处理组核桃的 PUFA 和 UFA 含量均高于对照,0.300 kGy 处理组样品的亚油酸、亚麻酸、PUFA 和 UFA 含量均高于其他各处理。可见,低剂量辐照有助于保持鲜食核桃贮藏过程

表3 低剂量辐照对鲜食核桃脂肪酸组分及含量的影响

Table 3 Effect of low-dose irradiation on compositions and contents of fatty acids of fresh walnuts

脂肪酸	冷藏时间 (d)	辐照剂量(kGy)			
		对照	0.075	0.100	0.300
棕榈酸(16:0)	0	6.14 ± 0.06 ^{Aab}	5.25 ± 0.06 ^{Bc}	5.84 ± 0.09 ^{Bb}	6.36 ± 0.06 ^{Aa}
	90	5.87 ± 0.04 ^{Ab}	6.02 ± 0.01 ^{Aab}	6.38 ± 0.06 ^{Aa}	6.18 ± 0.04 ^{Aab}
棕榈二烯酸(16:2)	0	0.031 ± 0.05 ^{Bc}	0.024 ± 0.01 ^{Bd}	0.046 ± 0.07 ^{Aa}	0.033 ± 0.03 ^{Bb}
	90	0.042 ± 0.04 ^{Aa}	0.038 ± 0.08 ^{Ac}	0.035 ± 0.16 ^{Bd}	0.039 ± 0.09 ^{Ab}
硬脂酸(18:0)	0	3.37 ± 0.29 ^{Aa}	2.78 ± 0.06 ^{Ab}	3.15 ± 0.03 ^{Aab}	2.15 ± 0.06 ^{Bc}
	90	2.99 ± 0.06 ^{Aa}	2.20 ± 0.01 ^{Bc}	2.58 ± 0.06 ^{Bbc}	2.85 ± 0.09 ^{Aab}
油酸(18:1)	0	15.70 ± 0.23 ^{Bb}	15.24 ± 0.17 ^{Bc}	16.79 ± 0.19 ^{Aa}	15.42 ± 0.04 ^{Abc}
	90	16.96 ± 0.05 ^{Aa}	17.08 ± 0.09 ^{Aa}	15.63 ± 0.11 ^{Bb}	14.86 ± 0.21 ^{Bc}
亚油酸(18:2)	0	64.08 ± 0.15 ^{Aab}	65.59 ± 0.27 ^{Aa}	63.50 ± 0.33 ^{Bb}	64.34 ± 0.14 ^{Aab}
	90	63.01 ± 0.13 ^{Ab}	63.56 ± 0.31 ^{Bab}	65.24 ± 0.23 ^{Aab}	66.06 ± 0.15 ^{Aa}
亚麻酸(18:3)	0	10.68 ± 0.10 ^{Ac}	11.10 ± 0.17 ^{Ab}	10.66 ± 0.12 ^{Bc}	11.70 ± 0.15 ^{Ba}
	90	11.13 ± 0.13 ^{Ac}	11.11 ± 0.08 ^{Ac}	11.79 ± 0.16 ^{Ab}	12.89 ± 0.12 ^{Aa}
多不饱和脂肪酸(PUFA)	0	74.79 ± 0.22 ^{Aab}	76.71 ± 0.57 ^{Aa}	74.21 ± 0.19 ^{Ab}	76.07 ± 0.46 ^{Aab}
	90	74.18 ± 0.35 ^{Bc}	74.71 ± 0.70 ^{Bc}	77.07 ± 0.39 ^{Aab}	78.99 ± 0.27 ^{Aa}
总不饱和脂肪酸(UFA)	0	90.49 ± 0.24 ^{Ad}	91.95 ± 0.62 ^{Aa}	91.00 ± 0.11 ^{Bc}	91.49 ± 0.66 ^{Bb}
	90	91.14 ± 0.21 ^{Ab}	91.79 ± 0.50 ^{Ab}	92.70 ± 0.17 ^{Aab}	93.85 ± 0.36 ^{Aa}

注:表中同列不同大写字母表示数据间差异达统计学显著水平($p < 0.05$),同行不同小写字母表示数据间差异达统计学显著水平($p < 0.05$)。

中不饱和脂肪酸含量,以 0.300 kGy 效果最佳。

相关性分析表明,亚麻酸($r = 0.918, p < 0.05$)和 UFA($r = 0.921, p < 0.01$)含量均与辐照剂量呈显著正相关;油酸和亚油酸含量呈显著负相关($r = -0.822, p < 0.05$),表明油酸和亚油酸在贮藏期间相互转化,与过去的一些研究结果相似^[14-15]。Gegel e 等^[16]研究显示,辐照剂量大于 1 kGy 时,干核桃和扁桃仁等坚果仁的棕榈酸和硬脂酸含量随辐照剂量的增加而下降,而油酸和亚油酸含量则随之升高。本研究显示,辐照剂量低于 1 kGy 时,鲜食核桃的脂肪酸含量未出现上述变化规律。

2.6 低剂量辐照对鲜食核桃货架期好果率的影响

如图 3 所示,对照组核桃货架期间的好果率持续低于处理组,表明低辐照剂量均利于鲜食核桃货架期的保鲜。30 d 货架时,样品好果率略高于 60 d 和 90 d,处理组样品好果率无明显差别,但均高于对照;60 d 时,0.100 kGy 处理组好果率显著高于对照和其他处理组($p < 0.05$),0.075 kGy 处理好果率也显著高于对照组($p < 0.05$);90 d 时,处理组样品的好果率均显著高于对照($p < 0.05$),其中 0.300 kGy 处理核桃好果率最高。表明,本研究中所用辐照剂量对提高鲜食核桃货架期间的好果率均有显著作用。

3 结论

本研究采用 0.075、0.100、0.300 kGy 低剂量⁶⁰Co γ 射线处理鲜食核桃,与对照相比,3 种剂量均表现出维持鲜食核桃冷藏后良好的货架品质,保持了鲜食核桃高的水分、粗脂肪和粗蛋白含量,抑制了脂肪氧化酸败,维持较高的不饱和脂肪酸含量与好果率。综合各指标分析,0.300 kGy 为本研究中鲜食核桃的适宜贮藏剂量。

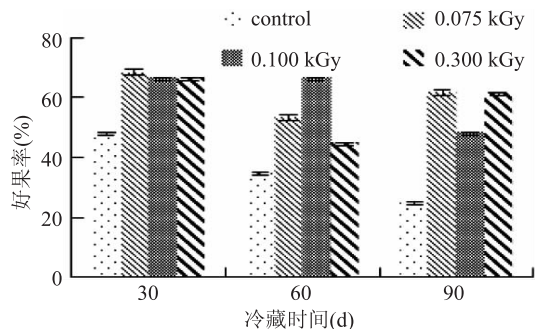


图3 低剂量辐照对鲜食核桃好果率的影响

Fig.3 Effect of low-dose irradiation on preservation rate of fresh walnuts

参考文献

- [1] 马艳萍,马惠玲,刘兴华.鲜食核桃和干制核桃贮藏生理及营养品质变化比较[J].食品与发酵工业,2011,37(3): 235-238.
- [2] Göle E, Ova G. The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels[J]. Radiat. phys. Chem., 2008, 77: 365-369.
- [3] Stewart E M. Food irradiation chemistry. In: Molins, R.A. (Ed.), Food Irradiation: principles and Applications [M]. New York, USA: Wiley Interscience, 2001: pp.37-76.
- [4] Jouki M, Khazaei N. Effect of low-dose gamma radiation and active equilibrium modified atmosphere packaging on shelf life extension of fresh strawberry fruits[J]. Food packaging and Shelf Life, 2014, 1: 49-55.
- [5] Kim G C, Rakovski C, Caporaso F, et al. Low-dose irradiation can be used as a phytosanitary treatment for fresh table grapes

(下转第 338 页)

质影响的研究[J].食品与生物技术学报,2010,29(5):653-659.

[14]严启梅,牛丽影,唐明霞,等.微波漂烫对杏鲍菇 POD 酶活性的影响[J].食品科学,2012,33(4):247-251.

[15]贺利锋,王金鹏,于博,等.果蔬品质相关酶高温瞬时失活动力学[J].农业工程学报,2009,25(9):339-344.

[16]Llano K M, Haedo A S, Gerschenson L N, et al. Mechanical and biochemical response of kiwifruit tissue to steam blanching [J]. Food Research International, 2003, 36(8):767-775.

[17]徐涓,张弘,孙彦琳,等.高温短时蒸汽漂烫对鲜玛咖过氧化物酶活性的影响[J].食品科学,2013,34(2):31-35.

[18]黄锐明.速冻苹果丁生产工艺研究[J].汕头科技,2005(4):30-32.

[19]吴燕,盛尊来.高凌飞响应面法优化丁香叶总酚酸提取工艺[J].食品工业科技,2015,36(2):286-290.

[20]张维,李雪雁,张秀兰,等.响应面分析法优化菊芋渣中蛋白的提取工艺[J].食品工业科技,2012,33(1):305-308.

(上接第 328 页)

[J]. Journal of food science, 2014, 79: S81-91.

[6]袁德保,刘兴华,马艳萍,等.鲜食核桃贮藏中脂肪酶活性及油脂酸价变化[J].食品研究与开发,2006,27(11):24.

[7]宋治军,赵镇劳.食品营养与安全分析检测技术[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2005.

[8]张文婷,赵武奇,鲁晓翔,等.四种物流贮藏温度对圣女果品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(05):329-333.

[9]王允祥,李峰.生物化学[M].武汉:华中科技大学出版社,2011:238.

[10]Sinanoglou V J, Kokkotou K, Fotakis C, et al. Monitoring the quality of γ -irradiated macadamia nuts based on lipid profile analysis and Chemometrics [J]. Traceability models of irradiated samples. Food Res Int, 2014, 60: 38-47.

[11]马惠玲,宋淑亚,马艳萍,等.自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J].农业工程学报,2012,28(2):262-267.

[12]Yanping Ma, Xingang Lu, Xinghua Liu, et al. Effect of ^{60}Co

(上接第 332 页)

和细胞壁代谢的影响[J].农业工程学报,2012,28(16):254-258.

[7]曹建康.果蔬采后生理生化实验指导[Z].北京:中国轻工业出版社,2007:68-76.

[8]鹿荣丽,张巧莲,郭琳琳.水果及其制品中果胶含量的比色法测定条件优化[J].果树学报,2012,29(1):302-307.

[9]王晶英,教红,张杰.植物生理生化实验技术与原理[Z].哈尔滨:东北林业大学出版社,2003:16-18.

[10]Carrington C M S, Greve L C, Labavitch J M. Cell wall metabolism in ripening fruit (VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes) [J]. Plant Physiology, 1993, 103(2):429-434.

[11]Lin T P, Liu C C, Chen S W. Purification and characterization of pectin methyl esterase from Ficus awkeotsang Makino achene [J]. Plant Physiology, 1989, 91(4):1445-1453.

[12]陈亚敏.核果类果实采后细胞壁多糖微观结构及降解模式的研究[D].郑州:河南工业大学,2013.

[21]曹健康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].中国轻工业出版社,2007:101-103.

[22]农业部蔬菜水果质量监督检验测试中心(广东),黑龙江生物科技职业学院. NY/T 1406-2007 绿色食品 速冻蔬菜[S].北京:中国农业出版社,2007

[23]祥云县龙云经贸有限公司. Q/XLY 0003 S-2012 速冻水果[S].昆明:云南省卫生厅,2012

[24]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 31273-2014 速冻水果和速冻蔬菜生产管理规范[S].北京:中国标准出版社,2014.

[25]Matsui K N, Granado L M, Oliveira P V de, Tadinia C C. Peroxidase and polyphenoloxidase thermal inactivation by microwaves in green coconut water simulated solutions [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(5):852-859.

[26]钱科盈,任长忠,方毅.微波加热抑制裸燕麦脂肪酶活性研究[J].粮油食品科技,2008,16(4):44-47.

- irradiation doses on nutrients and sensory quality of fresh walnuts during storage [J]. postharvest Biology and Technology, 2013, 84: 36-42.

[13]梁丽敏,徐勇,王三永,等.不同包装材料对广式腊肉储藏保鲜效果的研究[J].食品工业科技,2007,28(6):176-177.

[14]Ghirardello D, Contessa C, Valentini N, et al. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (Corylus avellana L.) [J]. postharvest Biology and Technology, 2013, 81: 37-43.

[15]Koyuncu M A, Islam A, Küçük M. Fat and fatty acid composition of hazelnut kernels in vacuum packages during storage [J]. Grasas y Aceites, 2005, 56(4):263-266.

[16]Gecgel U, Gumus T, Tasan M, et al. Determination of fatty acid composition of γ -irradiated hazelnuts, walnuts, almonds, and pistachios [J]. Radiation physics and Chemistry, 2011, 80: 578-581.

[13]刘志伟.毛竹笋采后纤维化过程中纤维素合成相关基因的表达[D].临安:浙江农林大学,2010.

[14]Seymour G B, Gross K C. Cell wall disassembly and fruit softening [J]. Postharvest News and Information, 1996, 7(3):45-52.

[15]刘卫晓,茅林春.桃果实采后软化机理研究进展[J].河北林果研究,2002,17(3):279-283.

[16]Dawson D, Watkins C. Intermittent warming affects cell wall composition of Fantasia nectarines during ripening and storage [J]. Jour Amer Soc Hort Sci, 1995, 120(6):1057-1062.

[17]李春燕,张光伦,曾秀丽,等.细胞壁酶活性与甜橙果实质地的相关性研究[J].四川农业大学学报,2006,24(1):73-76.

[18]刘超超.早熟苹果品种软化机理的初步研究[D].泰安:山东农业大学,2011.

[19]赵云峰,林瑜,林河通,等.热处理对冷藏茄子果实细胞壁代谢的影响[J].扬州大学学报:农业与生命科学版,2012,33(4):97-102.