

文章编号:1000-8551(2011)06-1184-07

辐照对发酵甘薯保鲜效果和功能活性的影响

崔 莉^{1,2} 刘春泉^{1,2} 李大婧^{1,2} 宋江峰^{1,2} 江 宁^{1,2}
刘春菊^{1,2} 吴海虹^{1,2} 朱丹宇^{1,2}

(1. 江苏省农业科学院农产品加工所, 江苏 南京 210014;

2. 国家农业科技华东(江苏)创新中心农产品加工工程技术研究中心, 江苏 南京 210014)

摘要:采用0、2、4和6kGy剂量辐照甘薯茎尖,研究辐照对发酵甘薯茎尖感官品质、理化性质、微生物指标以及功能活性的影响。结果表明,经2和4kGy辐照后,发酵甘薯茎尖的感官品质变化不显著,6kGy辐照后则显著劣变。4kGy辐照后,发酵甘薯茎尖中游离氨基酸总量无显著变化;6kGy辐照后,其游离氨基酸总量显著上升。2、4和6kGy辐照后,发酵甘薯茎尖有机酸总量无显著变化,各剂量之间差异不显著;硬度、pH、总酸度、亮度、黄度、总色差均无显著变化,而红度却显著降低,但3个剂量之间红度没有显著差异。2kGy辐照后,菌落总数从7.35降为4.67log CFU/g;4、6kGy辐照后达到无菌。4、6kGy辐照后,发酵甘薯茎尖的ACE抑制活性和抗氧化活性均显著增强。综合试验结果,确定发酵甘薯茎尖辐照保藏的耐受剂量为4kGy。

关键词:甘薯茎尖;辐照;ACE抑制活性;抗氧化活性;感官品质

EFFECTS OF IRRADIATION ON PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITIES OF FERMENTED SHOOT TIP OF SWEET POTATO

CUI Li^{1,2} LIU Chun-quan^{1,2} LI Da-jing^{1,2} SONG Jiang-feng^{1,2}
JIANG Ning^{1,2} LIU Chun-ju^{1,2} WU Hai-hong^{1,2} ZHU Dan-yu^{1,2}

(1. Institute of Farm Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014;

2. Engineering Research Center for Agricultural Products Processing, National Agricultural Science and Technology Innovation Center in East China, Nanjing, Jiangsu 210014)

Abstract: The effect of irradiation on sensory quality, physicochemical and functional properties of fermented shoot tips of sweet potatoes were studied. The results showed that total content of free amino acids in fermented shoot tips of sweet potato were not influenced at 4kGy irradiation, but increased at 6kGy. Total content of organic acids in shoot tips were not influenced by 2~6kGy of irradiation. The 6kGy irradiation at destroyed sensory quality of shoot tips. The total viable cells of the tips was reduced from 7.35 to 4.67log CFU/g at 2kGy irradiation. and no growth of total viable cells was observed at 4 and 6kGy irradiated fermented shoot tips. It is recommended that 4kGy was the endurance irradiation dose for fermented shoot tips of sweet potato to ensure the maximum retention of taste quality and health-relevant functionality.

Key words: fermented shoot tips of sweet potato; irradiation; angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activity; antioxidant activity; sensory quality

收稿日期:2010-09-27 接受日期:2011-03-23

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(09)628)

作者简介:崔 莉(1978-),女,内蒙古鄂尔多斯人,博士,助理研究员,主要从事食品生物技术研究。Tel:025-84391570;E-mail:sunnycuili@yahoo.com.cn

通讯作者:刘春泉(1959-),男,江苏如东人,研究员,主要从事农产品精深加工及产业化开发研究。Tel:025-84390613;E-mail:liuchunquan2009@163.com

适度发酵的蔬菜产品味道鲜美,深受消费者喜爱。但是,当发酵达到最佳状态后,如果对发酵不加以控制,由于微生物和酶的生命活动还在持续,会导致产品鲜香味丧失、味道过酸、产生苦味以及组织软化等品质劣变现象。因此,要保持产品在货架期的最佳品质,就必须对其中的微生物加以控制。

目前,国内发酵蔬菜生产厂家主要采用巴氏杀菌、高温杀菌及添加防腐剂等方式来控制其中的微生物。但巴氏杀菌不能完全杀灭泡菜中的微生物;高温杀菌对泡菜的风味和营养物质破坏很大,不符合人们对食品营养品质要求日益提高的消费趋势;防腐剂也因其带来的食品安全问题逐渐被淘汰。在国外,近期报道的如低温保存^[1]、添加天然植物抑菌物质^[2]、酸度中和剂^[3]以及辐照处理^[4-8]等新方法引起了学者们的关注,前3种方法由于存在货架期短,不能常温保存等缺点而无法广泛应用,辐照灭菌以其显著的对发酵食品中微生物的抑制效果和能够实现常温保存等优点,而具有广阔的应用前景。但有关辐照灭菌对发酵食品的功能活性的影响鲜有报道^[4]。本研究探讨2、4和6kGy的⁶⁰Co γ 射线辐照对发酵甘薯茎尖的感官品质、滋味成分、理化性质、微生物指标以及功能活性的影响,以提出发酵甘薯茎尖辐照保鲜的适宜剂量,以为发酵甘薯茎尖的商业化辐照贮藏提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

1.1.1 原料 试验采用江苏省农业科学院粮食作物研究所培育并种植的甘薯品种“翠绿”的茎尖,采摘时间为5月扦插后第30~60天。采摘生长点以下15cm左右的鲜嫩茎尖。

1.1.2 试剂 DPPH(1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)、TPTZ(1, 3, 5-tri (2-pyridyl)-2, 4, 6-triazine)、福林酚(Folin-Ciocalteu)试剂、血管紧张素转换酶(ACE, 0.25U)、马尿酸-组氨酰-亮氨酸(HHL)、马尿酸标准品、游离氨基酸标准品均购于美国Sigma公司,色谱纯甲醇和乙腈均购于美国Fisherchemicals公司,芦丁对照品、没食子酸对照品购于中国药品生物制品检定所,其余试剂为国产分析纯。

1.1.3 仪器设备 Agilent1100液相色谱仪(安捷伦公司),Agilent色谱工作站,Eclipse XDB-C18色谱柱(5 μ m,4.6 \times 150mm,安捷伦公司),HITACHI L-8900氨基酸分析仪,TU-1810紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),TG16-WS台式高速离心

机(湖南长沙湘仪离心机仪器有限公司),KQ-250DB型台式数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),LRH-150生化培养箱(上海益恒实验设备有限公司),SW-CJ-IFD洁净工作台(苏净集团安泰公司)。

1.2 辐照

辐照在江苏省农业科学院原子能农业利用研究所的⁶⁰Co γ 辐射源内进行。辐射源活度为2916PBq,辐照剂量为0、2、4和6kGy,每处理设4个重复,剂量率8.6Gy/min。辐照后,每个重复取200g于4 $^{\circ}$ C保存,24h内进行感官评定以及硬度、pH、酸度、色差和微生物等指标测定(无菌取样),其余100g冷冻干燥,打粉过40目筛后,于-20 $^{\circ}$ C保存。

1.3 试验方法

1.3.1 甘薯茎尖发酵的制备 称取泡菜盐1000g,加入水10L和500ml四川高粱酒,搅拌混匀,待盐全部溶解,即为泡菜水。将5000g新鲜甘薯茎尖清洗,晾干后,分为5份,加入5个泡菜坛中;将泡菜水分为5份,加入坛中,水要没过菜面,加扣碗。泡菜坛保存在10 $^{\circ}$ C下发酵20d。

1.3.2 样品提取液的制备 将辐照样品各称取1g,加入50%甲醇30ml,80Hz超声30min,12000r/m离心15min,收集上清液,剩余残渣按照相同方式提取2次,合并上清液并转移至50ml蒸发烧瓶中,45 $^{\circ}$ C旋转浓缩,氮气吹干提取液,以30ml重蒸水稀释,12000r/m离心15min,上清液即为样品的提取液,-20 $^{\circ}$ C保存备用。

1.4 指标测定

1.4.1 感官评定 评定小组由12位普通消费者组成。采用5分制的评分方法,评分范围1~5,其中非常厌恶为1.0,非常喜欢为5.0,每次测试前用白米饭消除残余味道。用气味、质地、色泽、滋味4个指标来描述发酵甘薯茎尖的品质。评分为5.0的各项指标为:色泽,具有发酵蔬菜应有的色泽;气味和滋味,具有发酵蔬菜特有的滋味与香气,鲜香可口,无异味无杂质,卤汁无混浊;质地,脆嫩。

1.4.2 游离氨基酸含量测定 将辐照后的样品各称取0.5g,加入0.005mol/L的盐酸25ml,超声萃取30min,过滤。准确移取2ml滤液浓缩蒸干(温度<60 $^{\circ}$ C),加入0.005mol/L的盐酸1ml,摇匀。溶液经0.45 μ m滤膜过滤后,进样20 μ l,流动相为0.14mol/L乙酸钠、0.05%三甲胺和60%乙腈混合液。检测波长分别为254nm和440nm。

1.4.3 有机酸含量测定 各称取1g加80%乙醇25ml,80Hz超声30min,12000r/m离心15min,收集上清液,剩余残渣按照相同方式和条件提取2次,合并上

清液并定容到 50ml,取 5ml 于蒸发表瓶中,在 45℃ 条件下旋转蒸发提取液中甲醇,吹干提取液,以 0.2% 的磷酸溶解 10ml 稀释,过 0.45 μ m 滤膜,HPLC 进样。安捷伦 Agilent Zorbax SB-C18 (150mm \times 4.6 mm, 5 μ m) (Agilent, USA) 色谱柱,梯度洗脱:流动相 A 为 0.2% 磷酸 (pH = 1.9),流动相 B 为乙腈;流动相的洗脱梯度为:0 ~ 8min 为流动相 A,8 ~ 12min 流动相 B 从 0 升到 30%,12 ~ 15min 从 30% 降为 0。柱温 30℃,流速 0.8ml/min,进样量 20 μ l,检测波长为 210、326 和 360 nm。

1.4.4 硬度测定 TA.XT2i 物性测定仪,设定参数:测量前探头下降速度为 5.0mm/s,测试速度为 1.0mm/s,测量后探头回程速度为 5.0mm/s,下压变形为 30%,触发力为 5g,探头类型为 P/5。测定结果以 N 表示。

1.4.5 pH、酸度、色差测定 pH 计测定 pH 值。GB/T 5009.51-2003 中 4.6 的酸度计法测总酸。色差采用 WSC-S 色差仪测定,CIE LAB 表色法。L 表示亮度(明亮度),a 在负(正)值时表示绿(红)的程度,b 在负(正)值时表示蓝(黄)的程度, ΔE 代表总色差。

1.4.6 功能活性的测定 ACE 抑制活性测定参照 Cushman and Cheung^[10] 的方法,根据具体情况进行修改:取测定样品的提取液各 10 μ l,与含 5mmol/L 马尿酸-组氨酸-亮氨酸 (HHL) 作底物的 50mmol/L Hepes 缓冲液 65 μ l 混合,37℃ 水浴中预热 3 min,随后加入 20 μ l 血管紧张素转换酶 (ACE) (0.1U/ml),37℃ 反应 30min,加入 100 μ l 1mol/L 盐酸终止反应,最后用蒸馏水稀释适当倍数,经 0.45 μ m 滤膜过滤后测定。色谱条件:流动相为甲醇:磷酸缓冲溶液 (10mmol/L PBS, pH 2.40) = 25:75 (V:V);流速:1.0ml/min;紫外检测波长:228nm;柱温:30℃;进样:25 μ l。配制

5.00mmol/L 的马尿酸溶液,并依次稀释至 0.10、0.20、0.30、0.40 和 0.50mmol/L。HPLC 条件与样品相同。以马尿酸的浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制标准曲线。

DPPH 清除能力测定参照 Blois 的方法^[11]:取样品提取液各 2ml,加入 2×10^{-4} mol/L DPPH 溶液 2ml,30min 后,于 517nm 处测吸光值。DPPH 清除率 (%) = $[1 - (A_i - A_j) / A_0] \times 100\%$,式中 A_i 为样液清除 DPPH 后的吸光值, A_j 为样液在 517nm 处的吸光值, A_0 为 DPPH 的吸光值。

总还原能力测定采用 FRAP 法^[12]:取样品的提取液各 30 μ l,加入 1.8ml TPTZ 作液(由 0.3mol/L 醋酸缓冲液 25ml、10mmol/L TPTZ 溶液 2.5ml、20mmol/L、FeCl₃ 溶液 2.5ml 组成),混匀后 37℃ 反应 10min,测定 593nm 处吸光度,以 1.0mmol/L FeSO₄ 为标准,样品抗氧化活性 (FRAP 值) 以达到同样吸光度所需的 FeSO₄ 的毫摩尔数表示。

1.5 微生物指标测定 微生物指标检验根据中华人民共和国国家标准 GB/T 5009.54-2003^[9] 进行。

1.6 数据分析

采用 SAS(2000) 进行方差分析 (ANOVA),运用邓肯多重比较 (Duncan's Multiple Range Test) 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 辐照剂量对发酵甘薯茎尖的感官的影响

如表 1 所示,经 2 和 4kGy 辐照后,发酵甘薯茎尖的气味、色泽、滋味的感官评分无显著变化;6kGy 辐照后气味、质地、滋味的感官评分显著降低。

表 1 不同剂量辐照下发酵甘薯茎尖的感官评定

Table 1 Effect of irradiation on sensory quality of fermented shoot tips of sweet potato

项目 item	剂量 dose (kGy)			
	0	2	4	6
质地 texture	3.64 \pm 0.18 c	3.57 \pm 0.21 c	3.12 \pm 0.15 b	2.78 \pm 0.24 a
气味 flavor	3.42 \pm 0.25 b	3.44 \pm 0.16 b	3.31 \pm 0.28 b	2.53 \pm 0.17 a
色泽 colour	3.36 \pm 0.21 a	3.21 \pm 0.20 a	3.34 \pm 0.21 a	3.29 \pm 0.19 a
滋味 taste	3.46 \pm 0.23 b	3.27 \pm 0.24 b	3.31 \pm 0.18 b	2.54 \pm 0.31 a

注:同一行数据后不同字母表示不同剂量辐照组间差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Note: Different letters in the same row mean there were significant difference among the data of different irradiation groups ($P < 0.05$). The same as following tables.

2.2 辐照对发酵甘薯茎尖滋味成分的影响

发酵甘薯茎尖经 2 和 4kGy 辐照后,游离氨基酸总量无显著变化;6kGy 辐照后显著上升。

与未辐照样品比,2kGy 辐照样品中只有酪氨酸显著升高,其他氨基酸无显著变化;4 和 6kGy 辐照样品中大多数氨基酸含量显著升高。

与2kGy辐照样品比,4kGy辐照样品除了苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、胱氨酸、赖氨酸和脯氨酸含量显著升高外,其余氨基酸含量无显著变化;6kGy辐照样品除了苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、赖氨酸、组氨酸和

精氨酸显著升高外,其余氨基酸无显著变化。

与4kGy辐照样品比,6kGy辐照样品除了丝氨酸、谷氨酸、胱氨酸、精氨酸和脯氨酸显著升高外,其余氨基酸均无显著变化。

表2 辐照对发酵甘薯茎尖游离氨基酸含量的影响

Table 2 Effect of irradiation on free amino acid composition of fermented shoot tips of sweet potato

游离氨基酸 free amino acid	剂量 dose (kGy)			
	0	2	4	6
天门冬氨酸 Aspartic acid	0.071 ± 0.006 a	0.091 ± 0.009 ab	0.115 ± 0.01 b	0.102 ± 0.01 ab
苏氨酸 Threonine	0.119 ± 0.01 a	0.127 ± 0.016 a	0.181 ± 0.02 b	0.195 ± 0.02 b
丝氨酸 Serine	0.067 ± 0.006 a	0.080 ± 0.007 a	ND	0.118 ± 0.009 b
谷氨酸 Glutamic acid	0.185 ± 0.01 a	0.214 ± 0.018 ab	0.197 ± 0.020 a	0.246 ± 0.021 b
甘氨酸 Glycine	0.061 ± 0.004 a	0.066 ± 0.009 a	0.088 ± 0.007 b	0.097 ± 0.009 b
丙氨酸 Alanine	0.106 ± 0.007 a	0.132 ± 0.010 ab	0.145 ± 0.011 bc	0.165 ± 0.012 c
胱氨酸 Cystine	0.010 ± 0.001 a	0.010 ± 0.001 a	0.020 ± 0.001 b	0.012 ± 0.002 a
缬氨酸 Valine	0.063 ± 0.004 a	0.074 ± 0.005 ab	0.084 ± 0.009 b	0.087 ± 0.005 b
蛋氨酸 Methionine	0.025 ± 0.002 a	0.024 ± 0.002 a	0.026 ± 0.002 a	0.023 ± 0.002 a
异亮氨酸 Isoleucine	0.044 ± 0.005 a	0.052 ± 0.003 ab	0.059 ± 0.004 b	0.061 ± 0.006 b
亮氨酸 Leucine	0.099 ± 0.008 a	0.120 ± 0.01 ab	0.132 ± 0.011 ab	0.145 ± 0.02 b
酪氨酸 Tyrosine	0.042 ± 0.004 a	0.056 ± 0.003 b	0.071 ± 0.006 bc	0.066 ± 0.004 b
苯丙氨酸 Phenylalanine	0.072 ± 0.006 a	0.089 ± 0.008 ab	0.101 ± 0.093 b	0.102 ± 0.008 b
赖氨酸 Lysine	0.059 ± 0.006 a	0.069 ± 0.005 a	0.096 ± 0.012 b	0.099 ± 0.008 b
组氨酸 Histidine	0.021 ± 0.002	ND	ND	ND
精氨酸 Arginine	0.017 ± 0.001 a	0.018 ± 0.001 a	0.021 ± 0.002 a	0.026 ± 0.002 b
脯氨酸 Proline	0.063 ± 0.006 a	0.068 ± 0.007 a	0.091 ± 0.008 b	0.071 ± 0.007 a
总量 total	1.025 ± 0.107 a	1.17 ± 0.110 ab	1.295 ± 0.119 ab	1.47 ± 0.154 b

注:ND表示未检出。

Note:ND means not detected.

辐照对发酵甘薯茎尖有机酸含量的影响结果见表3,与对照相比,发酵甘薯茎尖经辐照后,其有机酸总量无显著变化,各剂量之间差异不显著。

2.3 辐照对发酵甘薯茎尖理化指标的影响

2.3.1 对发酵甘薯茎尖色差的影响 如表4所示,辐照后发酵甘薯茎尖的L(亮度)、b(黄度)、ΔE(总色差)无显著变化,a(红度)显著降低,3个剂量之间a(红度)没有显著差异。

2.3.2 对发酵甘薯茎尖硬度、pH、总酸度的影响

如表5所示,2、4和6kGy辐照对发酵甘薯茎尖的硬度、pH、总酸度无显著影响。

2.4 辐照对发酵甘薯茎尖功能活性的影响

2.4.1 对发酵甘薯茎尖ACE抑制活性的影响 如图1,本研究首次发现江苏省农业科学院粮食所自主培育的甘薯品种——翠绿的茎尖发酵产品具有ACE抑制活性,经4和6kGy辐照后ACE抑制活性显著增强,并呈现出随剂量的增加而活性增强的趋势。

表3 辐照对发酵甘薯茎尖的有机酸含量的影响

Table 3 Effect of irradiation on organic acid composition of fermented shoot tips of sweet potato

有机酸 organic acid	剂量 dose (kGy)			
	0	2	4	6
苹果酸 malic acid	12.3 ± 1.5 a	11.6 ± 1.3 a	11.7 ± 1.4 a	9.45 ± 1.1 a
柠檬酸 citric acid	12.6 ± 1.2 a	14.2 ± 2.1 b	13.1 ± 1.0 a	17.7 ± 1.4 b
琥珀酸 succinic acid	17.2 ± 2.1 a	15.2 ± 2.1 a	16.4 ± 2.1 a	17.0 ± 2.1 a
乳酸 lactic acid	99.2 ± 0.9 c	97.5 ± 1.8 c	95.8 ± 1.5 b	93.8 ± 1.9 a
草酸 oxalic acid	47.1 ± 2.5 a	49.1 ± 2.3 b	49.7 ± 3.3 b	47.9 ± 3.1 a
总量 total	189.4 ± 3.9 a	187.6 ± 3.2 a	186.7 ± 4.5 a	185.9 ± 4.1 a

表 4 辐照对发酵甘薯茎尖色差的影响

Table 4 Effect of irradiation on color values of fermented shoot tips of sweet potato

色差 color difference	剂量 dose (kGy)			
	0	2	4	6
L	24.99 ± 1.3 a	23.03 ± 1.4 a	22.69 ± 2.1 a	23.03 ± 2.5 a
a	1.61 ± 0.21 b	1.09 ± 0.14 a	1.01 ± 0.13 a	0.71 ± 0.09 a
b	16.08 ± 0.92 a	17.69 ± 0.86 a	17.26 ± 0.88 a	15.9 ± 0.75 a
ΔE	20.59 ± 1.42 a	22.6 ± 1.33 a	22.48 ± 1.25 a	21.59 ± 1.37 a

表 5 辐照对发酵甘薯茎尖的硬度、pH 和总酸度的影响

Table 5 Effects of irradiation on hardness, pH and acid value of fermented shoot tips of sweet potato

项目 item	剂量 dose (kGy)			
	0	2	4	6
硬度 hardness (N)	13.94 ± 1.76 a	13.09 ± 6.10 a	20.00 ± 3.23 a	15.22 ± 4.92 a
pH	4.04 ± 0.08 a	3.94 ± 0.07 a	3.94 ± 0.05 a	3.95 ± 0.03 a
总酸度 total acid value (g/100g)	0.687 ± 0.11 a	0.711 ± 0.09 a	0.694 ± 0.17 a	0.705 ± 0.07 a

表 6 辐照对发酵甘薯茎尖的微生物指标的影响

Table 6 Effects of irradiation on microbial analysis of fermented shoot tips of sweet potato

项目 item	剂量 dose (kGy)				国标 national standards
	0	2	4	6	
致病菌 (指沙门氏菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌) pathogenic bacterium	未检出 not detected	未检出 not detected	未检出 not detected	未检出 not detected	不得检出 can not be detected
大肠菌群 <i>E. coli</i> (MPN/100g)	<30	<30	<30	<30	≤30
菌落总数 colony-forming unit (log CFU /g)	7.35	4.67	0	0	未规定 unregulated

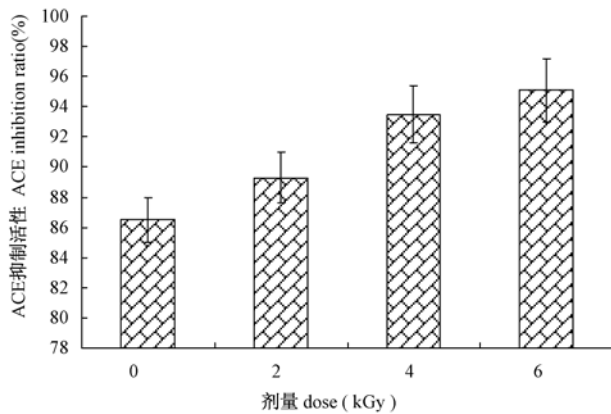


图 1 辐照对发酵甘薯茎尖的 ACE 抑制能力的影响
Fig.1 Effect of irradiation on inhibition activity of angiotensin converting enzyme (ACE) in fermented shoot tips of sweet potato

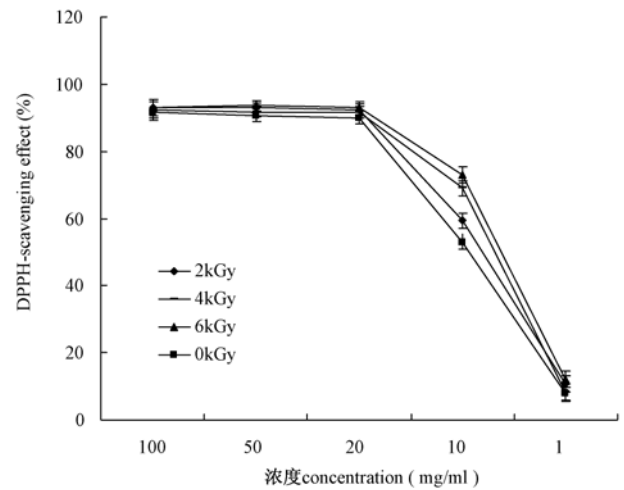


图 2 辐照对发酵甘薯茎尖的 DPPH 清除能力的影响
Fig.2 Effect of irradiation on DPPH-scavenging effect of fermented shoot tips of sweet potato

2.4.2 辐照对发酵甘薯茎尖抗氧化活性的影响 如图 2 和图 3, 发酵甘薯茎尖同时具有清除自由基和还原铁离子 2 种抗氧化能力, 而且辐照后抗氧化能力随辐照剂量的增大而增强 ($P < 0.05$)。

2.5 辐照对发酵甘薯茎尖微生物指标的影响

由表 6 可以看出, 2kGy 辐照可以使发酵甘薯茎尖的菌落总数从 7.35 降为 4.67log CFU/g; 4 和 6kGy 可以达到完全无菌。

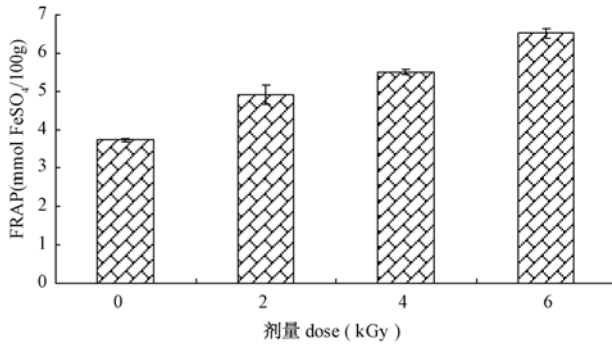


图3 辐照对发酵甘薯茎尖的FRAP值的影响

Fig.3 Effect of irradiation on FRAP value of fermented shoot tips of sweet potato

3 讨论

发酵产品的感官评分直接影响产品的消费者接受度,所以本研究首先对辐照后发酵产品进行了感官评价。结果表明,2和4kGy剂量辐照后,发酵甘薯茎尖的各项感官评分没有显著差异;但经6kGy辐照后显著降低,说明6kGy辐照后发酵甘薯茎尖的感官品质发生了明显的劣变,所以推荐使用低于4kGy剂量辐照。这与Song等^[4]的研究结果相近,其研究结果推荐5kGy以下为合适的辐照剂量。

游离氨基酸和有机酸是构成发酵甘薯茎尖滋味的物质基础。本研究通过测定辐照对其含量的影响从而量化辐照对发酵甘薯茎尖滋味的影响。结果表明,发酵甘薯茎尖经2和4kGy辐照后,其游离氨基酸总量无显著变化;经6kGy辐照后,其游离氨基酸总量显著上升。这与Nene^[13],Hassan^[14]和刘春泉^[15]等研究结果一致,这种辐照引起游离氨基酸含量增加的现象可能是由于辐照处理使蛋白水解酶活性增加,或直接的辐照损伤导致肽链断裂以及组织结构崩解致使氨基酸更易游离出来。辐照对发酵甘薯茎尖有机酸总量无影响,与Song等^[4]的研究结果一致。

本研究发现,辐照后发酵甘薯茎尖的a(红度)显著降低,L(亮度)、b(黄度)、ΔE(总色差)无显著变化。这与Choi^[16]、Lee^[17]以及Song^[18]和朱佳廷^[19]等的研究结果相近,其结果表明辐照能使海带脱水汁、罗望子汁、豆酱以及银杏果仁的a*(红度)显著降低,从而改善其色泽。这些现象可能与辐照破坏了其中呈暗色物质的结构有关。

辐照后发酵甘薯茎尖的硬度、pH、总酸度均无显著变化。这与Song等^[4]的研究结果相近,其研究结果

显示5kGy以下的辐照对韩国泡菜的硬度和pH影响不显著。

本研究发现,发酵甘薯茎尖具有ACE抑制活性,经4和6kGy辐照后ACE抑制活性显著增强,并随辐照剂量的增加而增强。这与Kim等^[20]的报道一致。据此,我们推测,4和6kGy辐照后ACE抑制活性增强可能是辐照降解了发酵甘薯茎尖中的蛋白,生成了具有ACE抑制活性的小肽,从而使ACE抑制活性升高。

本研究结果表明,辐照能保持并增强甘薯茎尖的抗氧化活性,这与Jo等^[21]和Ahn等^[22]的报道相近,其原因可能是辐照降解一些大分子物质,生成了一些具有抗氧化成分的小分子,或者重组了某些成分生成新的抗氧化成分。

4 结论

4kGy辐照后,发酵甘薯茎尖感官品质、游离氨基酸总量、有机酸总量无显著变化;ACE抑制活性、抗氧化活性均显著增强;产品达到无菌状态。因此确定发酵甘薯茎尖适宜的辐照剂量为4kGy。

参考文献:

- [1] Jung H O, Chung D O, Park I D. A study on sensory characteristics of herb onion Kimchi differing in herb content [J]. Korean Journal of Culinary Research, 2002, 8: 259 - 265
- [2] Park W P, Park K D, Cheong Y J, et al. Effect of calcium powder addition on the quality characteristics of Kimchi [J]. Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition, 2002, 31: 428 - 432
- [3] Kim M J, Park J G, Kim J H, et al. Combined effect of heat treatment and gamma irradiation on the shelf-stability and quality of packaged Kimchi during acceleration storage condition [J]. Korean Journal of Food Preservation, 2006, 13: 531 - 537
- [4] Song H P, Kim D H, Yook H S, et al. Nutritional, physiological, physicochemical and sensory stability of gamma irradiated Kimchi (Korean fermented vegetables) [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2004, 69: 85 - 90
- [5] Byun M W, Lee K H, Kim D H, et al. Effects of gamma radiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid [J]. Journal of Food Protection, 2000, 63: 934 - 939
- [6] Byun M W, Kim D H, Yook H S, et al. Changes in microbiological and general qualities in gamma irradiated Doenjang (fermented soybean paste) [J]. Food Science and Biotechnology, 2001, 10: 7 - 11
- [7] Kim D H, Yook H S, Byun M W. Gamma irradiation for microbial inactivation of Korean soybean derived fermentation foods: Proceedings of the 12th International Meeting on Radiation Processing, Avignon [C]. France: 305

- [8] Kim D H, Jo C, Yook H S, et al. Enhancement of preservation characteristics of Meju, and intermediate material for Korean legume-based fermented soy sauce, Kanjang, by irradiation [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 64: 317 - 322
- [9] GB/T 5009. 54-2003. 酱腌菜卫生标准的分析方法[S]
- [10] Cushman D W, Cheung H S. Spectrometric assay and properties of angiotensin converting enzyme of rabbit lung [J]. Biochemical Pharmacology, 1971, 20: 1637 - 1647
- [11] Blois M S. Antioxidant determination by the use of a stable free radical [J]. Nature, 1958, 181: 1199 - 1200
- [12] Benzie I F F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. Analytical [J]. Biochemistry, 1996, 239: 70 - 76
- [13] Nene S P, Vakil U K, Sreenivasan A. Effect of gamma Irradiation on red gram (Cajanuscajan) protein [J]. Journal of Food Science, 1975, 40: 815 - 819
- [14] Hassan M I. Electrophoretic analysis of proteins from chicken after irradiation and during cold storage [J]. Food Chemistry, 1990, 35: 263 - 276
- [15] 刘春泉, 朱佳廷, 赵永富, 张卫东, 金宇东, 季 萍, 严晓明. 冷冻虾仁辐照保鲜研究 [J]. 核农学报, 2004, 18(3): 216 - 220
- [16] Choi J I, Kim H-J, Kim J-H, et al. Changes in colour and antioxidant activities of Hizikia fusiformis cooking drips by gamma irradiation [J]. Food Science and Technology, 2010, 43: 1074 - 1078
- [17] Lee J W, Kim J K, Srinivasan P, et al. Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage [J]. Food Science and Technology, 2009, 42: 101 - 105
- [18] Song T H, Kim D H, Park B J, et al. Changes in microbiological and general quality characteristics of gamma irradiated Kanjang and Shoyu [J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 2001, 33: 338 - 344
- [19] 朱佳廷, 谢宗传, 邢小黑, 赵永富, 李正魁, 张卫东, 吴 雷, 金 捷, 何 旭, 田金余. 高剂量辐照对银杏果仁营养成分的影响 [J]. 核农学报, 2002, 16(5): 272 - 275
- [20] Kim H J, Choi J I, Kim D J, et al. Effect of ionizing radiation on the physiological activities of ethanol extract from hizikia fusiformis cooking drips [J]. Applied Radiation and Isotopes, 2009, 67: 1509 - 1512
- [21] Jo C, Son J H, Lee H J, et al. Irradiation application for color removal and purification of green tea leaves extract [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2003, 66: 179 - 184
- [22] Ahn H J, Kim J H, Jo C, et al. Comparison of irradiated phytic acid and other antioxidants for antioxidant activity [J]. Food Chemistry, 2004, 88: 173 - 178

(责任编辑 高美须 裴 颖)



(上接第 1093 页)

- [3] 郭龙彪, 罗利军, 钟代彬, 余新桥, 梅捍卫, 王一平, 应存山. 美国光壳稻品种农艺性状评价及其改良和利用 [J]. 浙江农业科学, 1999, 5: 201 - 206
- [4] 普 莉, 索金凤, 薛勇彪. 植物表皮毛发育的分子遗传控制 [J]. 遗传学报, 2003, 30(11): 1078 - 1084
- [5] 胡培松, 唐绍清, 罗 炬, 黄发松. 美国光身稻品种的利用与超高产品种的选育 [J]. 作物学报, 1999, 25(1): 32 - 38
- [6] 张建新, 黄建鸿, 饶鸣钿, 唐晓东, 程天杰, 洪伟雄. 水稻籼光交和籼籼交杂种优势的初步研究 [J]. 亚热带农业研究, 2006, 2(3): 161 - 164
- [7] Takeda K. Effects of a glabrousness gene, *gl1*, on agronomic traits [J]. Rice Genetics Newsletter, 1985, 2: 74
- [8] 李金军, 林正魁, 陈鸿藻, 徐美玲. 水稻品种 Rico No. 1 光叶特性的遗传 [J]. 浙江农业学报, 1993, 5(4): 233 - 234
- [9] Yu Z H, McCouch S R, Tanksley S D, Kinoshita T, Sato S. Association of morphological and RFLP markers in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Genome, 1995, 38(3): 566 - 574
- [10] Li W Q, Wu J G, Weng S L, Zhang D P, Zhang Y J, Shi C H. Characterization and fine mapping of the glabrous leaf and hull mutants (*gl1*) in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Cell Rep, 2010, 29: 617 - 627
- [11] Lu Y J, Zheng K L. A convenient method for isolating genomic DNA from rice [J]. Chinese Journal of Rice Science, 1992, 6: 47 - 48
- [12] Shu X L, Shen S Q, Bao J S, Wu D X, Nakamura Y, Shu Q Y. Molecular and biochemical analysis of the gelatinization temperature characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) Starch granules [J]. Journal of Cereal Science, 2006, 44: 40 - 48
- [13] Ye S, Dhillon S, Ke X Y, Collins A R, Day I N M. An efficient procedure for genotyping single nucleotide polymorphisms [J]. Nucleic Acids Research, 2001, 29 (17): e88
- [14] Don R H, Cox P T, Wainwright B J, Baker K, Mattick J S. "Touchdown" PCR to circumvent spurious priming during gene amplification [J]. Nucleic Acids Res, 1991, 19(14): 4008
- [15] 卜 莹, 古卓良, 张晓丹, 周国华. 四引物 PCR 扩增反应的单管 SNP 快速测定法 [J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2004, 20(2): 252 - 256

(责任编辑 王媛媛)