

$^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照对花生杀菌效果及其品质的影响

郑秀艳, 孟繁博, 林茂, 李国林, 黄道梅, 陈曦, 蒋力

(贵州省农业科学院现代农业发展研究所, 贵州省农产品加工研究所, 贵州贵阳 550006)

摘要: 为减少有害微生物对花生的污染, 本文研究了 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照对花生的杀菌效果以及对其感官品质、理化性质、质构特性和脂肪氧化酶的影响。结果表明: $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照处理可显著降低花生中微生物含量, 且随着辐照剂量的增加, 杀菌效果越显著; 辐照剂量为 1.50 kGy 时, 菌落总数、霉菌和酵母菌的灭菌率分别达到 94.58% 和 95.63%, 均达到 90% 以上; 菌落总数、霉菌及酵母菌的辐照杀菌剂量 D_{10} 分别为 2.33 kGy 和 1.10 kGy; 随着辐照剂量的增加感官评定得分越低, 剂量 ≤ 1.50 kGy 时, 花生的感官品质在食用者可接受范围内。剂量为 0.00~4.50 kGy 时, 辐照对花生水分、脂肪、蛋白及脂肪酸无明显影响, 当剂量大于 1.50 kGy 时, 仅粗纤维含量出现明显下降; 辐照处理会在一定程度上增加花生的硬度, 而对内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性则无明显影响; 同时, 辐照不会脂肪氧化酶产生明显影响。因此, $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐照剂量不高于 1.50 kGy 时, 能有效杀灭花生仁中微生物; 且最大限度保持花生原有的食用品质。

关键词: $^{60}\text{Co}-\gamma$; 辐照灭菌; 花生; 品质

文章编号: 1673-9078(2018)01-91-96

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.1.015

Effects of ^{60}Co γ -irradiation on the Sterilization and Quality of *Arachis hypogaea*.L

ZHENG Xiu-yan, MENG Fan-bo, LIN Mao, LI Guo-lin, HUANG Dao-mei, CHEN Xi, JIANG Li

(Institute of Integrated Agriculture Development Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guizhou Institute of Farm Products Processing, Guiyang 550006, China)

Abstract: To reduce microbial contamination in peanut, the bactericidal effect of ^{60}Co γ -irradiation on the peanuts and the effects of ^{60}Co γ -irradiation on the physicochemical properties and the texture characteristics and lipoxigenase of peanut were investigated. The results showed that ^{60}Co γ -irradiation could significantly reduce the microbial content of peanut in a dose-dependent manner. The disinfection rates of total bacterial count, mold and yeast were 94.58% and 95.63%, respectively. The decimal reduction dose (D_{10}) values of total bacterial count, mold and yeast were 2.33 kGy and 1.10 kGy, respectively. The sensory evaluation scores decreased with increasing irradiation doses, the sensory quality of peanuts was acceptable at the irradiation doses 1.5 kGy. At the range of dose of 0.00~4.50 kGy, irradiation had no significant effect on the moisture, fat, protein and fatty acids of peanuts, whereas, there was a significant decrease in the amount of coarse fiber when the irradiation dose was more than 1.50 kGy. Irradiation treatment could increase the hardness of peanuts to a certain extent, but had no obvious effect on the cohesiveness, elasticity, adhesiveness and chewiness of peanut. In addition, irradiation had no significant effect on lipoxigenase of peanuts. Therefore, when the dose of ^{60}Co γ -irradiation dose was not more than 1.50 kGy, it could effectively kill the microbes in peanut and keep the maximal original edible quality of peanuts.

Key words: $^{60}\text{Co}-\gamma$; irradiation sterilization; *Arachis hypogaea*.L; quality

花生 (*Arachis hypogaea*.L) 含有丰富的脂肪和蛋

收稿日期: 2017-08-09

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31460415); 黔科合成果[2017]4116;
黔农科院自主创新科研专项自字 (2014) 018 号; 贵州省特色农产品辐照保鲜技术服务企业行动计划 (黔科合平台人才[2016]5712); 贵州省特色农产品辐照保鲜与加工工程技术研究中心 (2016GZ67305)

作者简介: 郑秀艳 (1988-), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向: 农产品贮藏与加工

通讯作者: 林茂 (1979-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品贮藏与加工

白质等营养物质, 在贮藏及运输过程中, 极易引起霉菌和大肠杆菌等微生物的繁殖, 严重时产生黄曲霉毒素等有害物质, 发生霉变, 致使花生品质下降^[1,2]。花生的微生物污染不仅影响其商品价值, 还给食用者健康带来巨大的安全危害, 限制花生产业发展的重要因素。目前, 由于缺乏减少花生微生物污染的有效措施, 我国花生霉变现象十分严重。因此, 探讨科学安全有效的花生贮藏方法抑制微生物繁殖, 对于保证花生的贮藏品质, 延长市场供应期, 增加其经济效益意义重大。

⁶⁰Co-γ 辐照技术是一种冷杀菌方法，能高效杀灭微生物，且环保、无残留，能较好的保持食品的生理活性物质，最大限度地保留原料原有的色、香、味及营养成分^[3-5]。目前，利用辐照技术保障食品安全及延长其贮藏期已成为国内外学者研究的热点。近年来，将辐照技术应用于花生及花生制品^[6]方面也有一些报道。研究表明，辐照处理可以有效杀灭各种害虫，抑制霉菌生长^[7]，降解黄曲霉毒素 B1^[8]、影响多酚氧化酶活性（PPO）^[9]，降低花生致敏蛋白的致敏性^[10]，且认为花生中的大部分蛋白对辐照处理呈现较强的稳定性。冯敏等^[11]通过观察 γ 射线辐照处理散装花生确定花生杀虫最低有效剂量 0.3 kGy，辐照防霉剂量范围为 1.0~4.0 kGy，但其仅仅从害虫和微生物浸染程度和模糊的感官评价进行了研究，而对该辐照剂量范围内是否对花生的理化品质产生影响尚不清楚。此外，目前报道的辐照技术多采用紫外线、电子加速器、X 射线、γ 射线方面，利用 ⁶⁰Co-γ 辐照花生杀菌技术应用则较少。如何在辐照灭菌过程中使花生最大程度的保持原有品质，是现阶段亟需解决的问题。

本研究综合考虑 ⁶⁰Co-γ 辐照对花生杀菌效果及其品质的影响，确定花生辐照杀菌的最佳辐照剂量，以期 ⁶⁰Co-γ 辐照技术应用于花生贮藏加工提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

铜仁珍珠花生，由贵州省农作物品种资源研究所提供；植物脂肪氧化酶（LOX）ELISA 检测试剂盒，上海鼓臣生物技术有限公司；其他试剂：均为分析纯级以上。

TMS-Pro 型物性测定仪，美国 FTC 公司；UV-2600 紫外可见分光光度计，上海科学仪器有限公司；TYS-100 粉粹机，浙江省永康市红太阳机电公司；FA2004 分析天平，上海精密科学仪器有限公司；Max Plus384 酶标仪，美国 MD 公司；⁶⁰Co-γ 动态辐照源：

贵州金农辐照股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 辐照处理

采用贵州金农辐照科技有限责任公司 ⁶⁰Co-γ 动态辐照源进行辐照加工，能量为 20 万居里，试验设定辐照剂量为 0.00、0.75、1.50、2.25、3.00、3.75、4.50 kGy。花生采用透明聚乙烯塑料袋包装，100 g/袋。每个剂量处理设 3 个重复。辐照后样品室温下保存，进行相关指标的分析测定。

1.2.2 微生物检验

菌落总数、霉菌及酵母菌、大肠杆菌的测定分别依据 GB 4789.2-2010、GB 4789.3-2010 和 GB 4789.15-2010 方法，于辐照后第 2 d 进行。

1.2.3 辐照杀菌剂量 D₁₀ 值的确定^[12,13]

辐照杀菌剂量 D₁₀ 是一个重要的技术参数，它是指令某种微生物数量下降为原来的 10% 所需的辐照剂量。它反映了被辐照样品种中的微生物对射线的耐受能力。辐照剂量与微生物的关系为：

$$\lg N = \lg N_0 + kD$$

式中，N₀ 为辐照前的初始含菌数，N 为辐照后的残留菌数，D 为辐照剂量。

将微生物常用对数与辐照剂量的关系建立回归直线方程，即 y=kx+b，D₁₀ 值通过公式 D₁₀=-1/k 得到。

1.2.4 感官分析^[14]

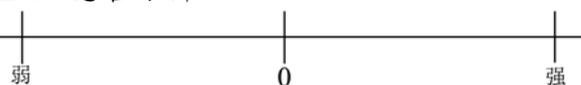


图 1 感官评价示意图

Fig.1 Schematic diagram of sensory evaluation

感官品质鉴定参考借鉴美国花生风味研究结果，以花生主要存在的甜度、香味、脆度、柔嫩度、细腻度和苦味 6 个评价指标来考察花生的品质，通过直线评估法来判断，即在直线段上规定中心为“0”，在直线两端规定以强弱来表示叙述词，以所标线段距“0”点位置的长短表示强度来评分，感官评价示意图。

表 1 感官评定评分表

Table 1 The sensory analysis table

分值	甜度	香味度	细腻度	脆度	柔嫩度	苦味
4.60~5.00	高	高	残渣颗粒非常少	较易嚼碎	强	无
3.60~4.50	中	中	残渣颗粒较少	易嚼碎	中	弱
2.60~3.50	低	低	残渣颗粒少	难嚼碎	弱	中
0.00~2.50	较低	较低	残渣颗粒较多	较难嚼碎	差	强

甜度：花生嚼碎后感到的甜味强度。香味度：花生嚼碎后在口中的香味浓郁程度。脆度：花生在口中

第一次嚼碎时的口感称为脆度。柔嫩度：表示花生咀嚼时的绵软程度与费力程度的指标。细腻度：在咀嚼

花生时,残渣颗粒小而少,说明口感较细腻,咀嚼后残渣颗粒较多,口感粗糙。苦味:口感有苦味。品尝时6人组成评定小组,每个样品品尝后用25℃左右的温开水漱口,感官评分见表1。

感官评价的总分为30分,通过考察甜度、香味、脆度、柔嫩度、细腻度后进行各项评分,分值越高,其感官品质越好。

1.2.5 营养成分分析

脂肪、蛋白、纤维和脂肪酸含量分别按 NY/T 1285-2007、GB/T 24318-2009、GB/T 5575-2008 和 GB/T 17277-2008 测定。水分含量用水分测定仪在 101.30 kPa、105℃条件下进行测定。

1.2.6 质构特性分析

花生样品测试前处理:将外形大小一致的花生手工将花生分成两瓣,把两瓣之间的种胚移除,用刀片将花生修整平整后测定。

TPA 测试条件:选取已经处理好的花生样品,每次1瓣,平稳的放置在测试操作板上,为降低操作时产生的误差,每次放置方向、位置及测试部位保持一致,测试完成后得到平均数据进行分析。参照林茂^[4]测试彩色花生优化的测定条件进行测定,用 TMS-Pro 型物型测定仪进行质构剖面分析(TPA)测定,采用 50 mm 圆盘挤压探头,测试速度为 40 mm/min,压缩量以压缩形变量百分量表示,为 45%,两次压缩中间停顿时间 3.00 s,触发值为 1.50 N。记录 TPA 质构参数(硬度、黏附性、弹性、内聚性、胶黏性和咀嚼性),每个样品平行测定 15 次,结果取平均值。

1.2.7 脂肪氧化酶(LOX)的活性测定

脂肪氧化酶活性采用脂肪氧化酶 ELISA 检测试剂盒测定。

1.3 统计分析

采用 SPSS 19.0 数据分析软件对数据进行处理,并进行显著性分析($p < 0.05$)。

2 结果与讨论

2.1 ⁶⁰Co- γ 辐照花生的杀菌效果

⁶⁰Co- γ 辐照后花生的微生物变化情况如表 2 所示。由表 2 可知,经不同剂量的 γ 射线辐照后,花生中的微生物含量明显下降,且随着辐照剂量的增大,灭菌效果越明显。0.75 kGy 辐照时,花生中的菌落总数、霉菌和酵母菌分别从 9033 CFU/g 和 686 CFU/g 下降至 815 CFU/g 和 140 CFU/g,灭菌率分别达到 90.98% 和 79.59%; 1.50 kGy 辐照时,菌落总数、霉菌和酵母菌的灭菌率分别达到 94.58% 和 95.63%,灭菌率均达到 90% 以上; 2.25 kGy 辐照时,花生中的菌落总数、霉菌和酵母菌的灭菌率分别高达 95.83% 和 98.54%,菌落总数、霉菌和酵母菌几乎全部去除。《辐照干果果脯类卫生标准》(GB 14891.3-1997)中对经 γ 射线或电子束辐照的花生仁的微生物限量进行了规定,即菌落总数 ≤ 750 个/g,大肠杆菌 ≤ 30 MPN/100 g。采用辐照剂量不低于 1.50 kGy 时,花生中微生物含量达到该标准规定。

表 2 ⁶⁰Co- γ 辐照花生的杀菌效果

Table 2 Bactericidal effect of ⁶⁰Co- γ irradiation on the peanuts

微生物指标	辐照剂量/kGy						
	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50
菌落总数/(CFU/g)	9033	815	490	377	191	92	52
霉菌及酵母菌/(CFU/g)	686	140	30	<10	<10	<10	<10
大肠杆菌/(MPN/g)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

表 3 ⁶⁰Co- γ 辐照花生的微生物变化回归分析结果

Table 3 Regression analysis of microbial changes in peanuts irradiated by ⁶⁰Co- γ

微生物指标	回归方程分析	相关系数 r	D ₁₀ 值/kGy
菌落总数	$y = -0.4297x + 3.5517$	0.9002	2.327
霉菌数及酵母菌数	$y = -0.9061x + 2.8328$	0.9999	1.104
γ 大肠杆菌数	-	-	-

根据表 2 数据,可得到微生物常用对数(y)与杀菌剂量(x)的回归线性方程,列于表 3。由表 3 可知,菌落总数、霉菌和酵母菌的 D₁₀ 分别为 2.33 kGy 和 1.104 kGy。从两者 D₁₀ 的差异可以看出,菌落总数对 ⁶⁰Co- γ 射线的耐受能力高于霉菌和酵母菌。但由于本

试验样品自身原因,未观察到不同剂量的 γ 射线对大肠杆菌的作用效果。大量研究表明,菌落总数辐照(γ 射线)的 D₁₀ 值在 1.20~3.00 kGy 范围内,本试验结果也在此范围内。菌落总数和霉菌及酵母菌的线性回归分析结果的相关系数均高于 0.90,说明

回归方程可信度高,可以用于预测辐照剂量对微生物的影响程度。因此,采用⁶⁰Co-γ辐照技术进行花生仁的辐照杀菌在技术上可行,只要选取合适的辐照剂量,便可使花生仁中的含菌量降低,达到相关卫生标准。

2.2 ⁶⁰Co-γ辐照对花生感官品质的影响

由表4感官评定结果可以看出,花生经低剂量辐照处理,考察的6个方面感官品质变化不大,辐照剂量增加到一定程度时,花生感官品质出现了明显下降。辐照剂量低于1.5 kGy,花生甜度、香味度、细腻度、脆度及苦味感官评分没有出现明显差异,辐照剂量在2.25~4.50 kGy时,花生甜度、香味度、细腻度、脆度、

柔嫩度及苦味感官得分明显下降,且随着辐照剂量的增大,花生的感官评分越低,并呈现出显著性差异。冯敏等^[1]从视觉和嗅觉角度对辐照花生进行感官评价,认为当辐照剂量低于4 kGy时,辐照不会对花生的色泽和气味产生明显影响,而本试验从食用者口感上更直接具体的对花生主要存在甜度、香味、脆度、柔嫩度、细腻度、苦味6个感官品质进行评价,发现低于4 kGy辐照处理会对花生的感官属性和味道产生影响,并呈现出明显差异。由此表明,在花生感官评价方面,食用者口感能比视觉和嗅觉更能敏感区分出花生食用品质差异。由实验结果可知,花生的辐照剂量≤1.5 kGy时,花生食用品质在消费者可接受范围内。

表4 ⁶⁰Co-γ辐照花生的感官评分

Table 4 Sensory evaluation scores of peanuts irradiated by ⁶⁰Co-γ

辐照剂量/kGy	甜度	香味度	细腻度	脆度	柔嫩度	苦味	总分
0.00	4.58±0.04 ^a	4.63±0.22 ^a	4.53±0.16 ^a	4.33±0.08 ^a	4.64±0.30 ^a	5.00±0.06 ^a	27.71
0.75	4.35±0.06 ^a	4.24±0.02 ^a	4.06±0.03 ^a	4.51±0.02 ^a	4.07±0.01 ^{ab}	4.82±0.05 ^a	26.05
1.50	4.31±0.07 ^a	3.89±0.02 ^a	4.10±0.04 ^a	4.32±0.09 ^a	3.86±0.06 ^b	4.53±0.03 ^a	25.01
2.25	4.00±0.10 ^a	3.10±0.20 ^b	3.00±0.03 ^b	3.80±0.05 ^{ab}	3.63±0.11 ^b	3.55±0.20 ^b	21.08
3.00	3.66±0.04 ^b	3.64±0.03 ^b	2.60±0.01 ^b	3.30±0.11 ^b	3.33±0.05 ^b	2.98±0.06 ^b	19.51
3.75	2.86±0.08 ^b	2.71±0.11 ^c	2.40±0.02 ^b	3.00±0.05 ^b	3.70±0.06 ^b	2.81±0.08 ^b	17.48
4.50	2.10±0.06 ^b	1.80±0.12 ^c	1.00±0.15 ^c	2.20±0.20 ^c	2.84±0.05 ^c	1.19±0.11 ^c	11.13

注:同一列的不同字母表示显著性达到 $p<0.05$ 水平。

2.3 ⁶⁰Co-γ辐照对花生营养成分的影响

表5 ⁶⁰Co-γ辐照对花生营养成分的影响

Table 5 Effects of ⁶⁰Co-γ irradiation on the nutritional compositions of peanuts

营养成分	辐照剂量/kGy						
	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50
水分含量/%	7.66±0.01 ^a	7.98±0.015 ^a	7.2±0.02 ^a	6.67±0.01 ^a	7.89±0.02 ^a	7.73±0.023 ^a	7.89±0.03 ^a
脂肪含量/%	48.62±0.05 ^a	47.98±0.03 ^a	49.29±0.01 ^a	48.86±0.02 ^a	48.04±0.05 ^a	49.01±0.03 ^a	48.00±0.04 ^a
蛋白含量/%	27.84±0.02 ^a	27.20±0.02 ^a	27.53±0.04 ^a	27.82±0.03 ^a	27.63±0.04 ^a	28.28±0.05 ^a	28.22±0.05 ^a
粗纤维含量/%	8.9±0.01 ^a	9.0±0.02 ^a	8.9±0.02 ^a	6.2±0.03 ^b	6.4±0.01 ^b	6.3±0.05 ^b	5.9±0.02 ^b
棕榈酸/%	11.9±0.02 ^a	11.9±0.04 ^a	11.9±0.05 ^a	12.0±0.02 ^a	12.1±0.01 ^a	12.0±0.02 ^a	11.9±0.01 ^a
棕榈一稀酸/%	0.1±0.01 ^a	0.1±0.02 ^a	0.1±0.01 ^a	0.1±0.04 ^a	0.1±0.02 ^a	0.1±0.01 ^a	0.1±0.01 ^a
十七碳烷酸/%	0.1±0.01 ^a	0.1±0.01 ^a	0.1±0.02 ^a	0.1±0.01 ^a	0.1±0.01 ^a	0.1±0.02 ^a	0.1±0.02 ^a
十七碳一稀酸/%	-	0.1±0.01 ^a	-	-	-	-	-
硬脂酸/%	3.8±0.02 ^a	3.9±0.03 ^a	3.7±0.02 ^a	3.6±0.01 ^a	3.7±0.02 ^a	3.7±0.02 ^a	3.7±0.02 ^a
油酸/%	41.4±0.04 ^a	40.8±0.05 ^a	41.3±0.04 ^a	41.2±0.03 ^a	41.0±0.05 ^a	41.6±0.05 ^a	41.6±0.02 ^a
亚油酸/%	35.4±0.02 ^a	35.5±0.01 ^a	35.5±0.02 ^a	35.6±0.03 ^a	35.5±0.03 ^a	35.3±0.03 ^a	35.1±0.02 ^a
亚麻酸	0.1±0.01 ^a	0.1±0.02 ^a	0.1±0.02 ^a				
花生酸	1.7±0.01 ^a	1.9±0.02 ^a	1.7±0.02 ^a	1.7±0.01 ^a	1.7±0.02 ^a	1.7±0.02 ^a	1.7±0.01 ^a
花生一稀酸	0.8±0.02 ^a	0.9±0.02 ^a	0.8±0.02 ^a	0.9±0.01 ^a	0.9±0.02 ^a	0.8±0.02 ^a	0.8±0.03 ^a
山萘酸	3.4±0.01 ^a	3.5±0.02 ^a	3.5±0.02 ^a	3.5±0.03 ^a	3.5±0.04 ^a	3.4±0.05 ^a	3.5±0.02 ^a
二十四碳烷酸	1.3±0.02 ^a	1.3±0.02 ^a	1.3±0.02 ^a	1.3±0.01 ^a	1.4±0.03 ^a	1.3±0.03 ^a	1.3±0.02 ^a

注：同一行的不同字母表示显著性达到 $p < 0.05$ 水平。

由表 5 可知,花生经辐照处理后,在 0.00~4.50 kGy 剂量范围内,其水分、脂肪、蛋白、12 中脂肪酸的含量变化不大,没有出现显著性差异,说明花生仁中水分、脂肪、粗蛋白及上表列出的 12 种脂肪酸对辐照呈现较强的稳定性,该结果与王烁^[15]和李苑等^[16]对辐照花生中含有的脂肪、蛋白和水分评价结果相一致。而对花生中含有的粗纤维而言,当辐照剂量低于 1.50 kGy 时,其含量变化不大,当辐照剂量高于 1.50 kGy 时,粗纤维含量出现明显下降,出现显著性差异。说明较高剂量的辐照处理会对花生中粗纤维产生一定的降解作用。我们知道,粗纤维对人体具有特殊的生理功能,可降低血糖和胆固醇,提高肠胃功能,是人体重要的七大营养素。综合考虑,选择辐照剂量不高于 1.50 kGy 时,⁶⁰Co- γ 辐照处理不会对花生的主要影响成分产生明显影响。由此可见,将 ⁶⁰Co- γ 辐照技术应用于花生灭菌是可行的。

2.4 ⁶⁰Co- γ 辐照对花生质构特性的影响

花生的质地如硬度、弹性等是评价其品质的重要因素,国内外较常采用口感判断,具有一定的模糊性,且会产生一定的误差。因此,为了客观具体的评价花

生质地和组织结构的变化,本试验采用质构分析仪对花生进行了 TPA 测定。表 6 表示花生仁经 γ 射线不同剂量辐照后的 TPA 测定结果。经不同剂量辐照花生仁的硬度 1、硬度 2 和胶黏性均有显著变化 ($p < 0.05$),内聚性、弹性和咀嚼性则没有显著变化 ($p > 0.05$)。未辐照花生仁的硬度 1、硬度 2 和胶黏性分别为 57.01 N、48.05 N 和 14.52 N,随着辐照剂量的增加,花生仁硬度 1 由 65.99 N 增到 72.48 N、硬度 2 由 54.68 N 增到 60.00 N 和胶黏性由 14.17 N 增到 17.21 N。硬度是衡量花生仁软硬度重要指标,在一定范围内,硬度数值越小,表示越柔软。辐照后,花生仁的硬度数值增大,表明花生仁的柔软度降低。胶黏性表示花生仁吞咽前破碎它需要的能量,数值越大,需要的能量越高。辐照处理后,花生的胶黏性数值有增大趋势,说明需要破碎花生的能量逐渐升高,但未呈现显著性差异。辐照前后花生仁弹性、内聚性和咀嚼性变化不大,表明花生具有较稳定的膨胀性、柔韧度和组织结构稳定性,辐照处理不会对此产生明显影响。由 TPA 结果可知,辐照处理对花生仁的硬度影响较大,对其它质构特性影响不明显。

表 6 ⁶⁰Co- γ 辐照对花生质构特性的影响

Table 6 Effects of ⁶⁰Co- γ irradiation on the texture characteristics of peanuts

辐照剂量/kGy	硬度 1/N	硬度 2/N	内聚性/R	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
0.00	57.01±1.23 ^a	48.05±3.48 ^a	0.23±0.01 ^a	0.65±0.05 ^a	14.52±1.49 ^a	10.01±1.83 ^a
0.75	65.99±6.40 ^b	54.68±3.41 ^b	0.20±0.03 ^a	0.66±0.09 ^a	14.17±1.19 ^a	9.74±1.68 ^a
1.50	63.07±3.80 ^{ab}	53.04±2.67 ^b	0.22±0.05 ^a	0.62±0.08 ^a	15.43±1.41 ^a	11.11±1.65 ^a
2.25	67.57±3.46 ^b	56.02±4.45 ^b	0.21±0.04 ^a	0.66±0.09 ^a	15.15±1.52 ^a	9.84±1.10 ^a
3.00	71.07±2.82 ^b	57.74±5.00 ^b	0.22±0.05 ^a	0.67±0.07 ^a	16.69±2.14 ^a	10.73±3.03 ^a
3.75	70.09±2.33 ^b	58.40±4.33 ^b	0.20±0.03 ^a	0.64±0.07 ^a	16.49±3.92 ^a	10.91±3.10 ^a
4.50	72.48±4.29 ^b	60.00±3.74 ^b	0.24±0.04 ^a	0.68±0.08 ^a	17.21±1.93 ^a	11.78±1.48 ^a

注：同一列的不同字母表示显著性达到 $p < 0.05$ 水平。

2.5 ⁶⁰Co- γ 辐照对花生脂肪氧化酶活性的影响

花生种子脂肪含量平均达到 50%, 不饱和脂肪酸含量占油脂的 80% 以上。花生在储藏过程中极易发生氧化、酸败和走油等现象, 脂肪代谢过程是其品质劣变的重要原因。脂肪氧化酶是花生脂肪代谢途径的关键酶, 能催化不饱和脂肪酸脂质氧化及脂肪水解反应产生游离脂肪酸。在不同植物中, 脂肪氧化酶与种子裂变关系不同, 高奇等^[17]认为, 花生脂肪氧化酶活力与其种子活力呈极显著正相关, 高脂肪氧化酶的花生种子贮藏寿命也较长。

表 7 为不同辐照剂量对花生脂肪氧化酶含量的影

响结果。

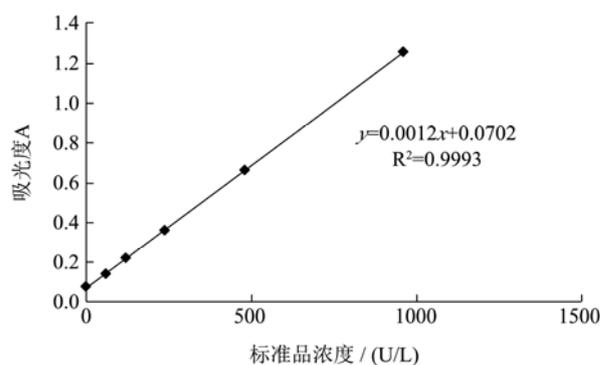


图 2 脂肪氧化酶的标准曲线

Fig.2 The standard curve of lipoxygenase

由表 7 可知,辐照花生的脂肪氧化酶含量与未辐照花生的含量相差不大,没有显著性差异 ($p>0.05$)。

因此, $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照处理不会对花生中脂肪氧化酶活性产生明显影响。

表 7 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照对花生脂肪氧化酶活性的影响

Table 7 Effects of $^{60}\text{Co-}\gamma$ irradiation on the activity of lipoxygenase of peanuts

辐照剂量/kGy	0.00	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50
LOX 浓度/(U/L)	116.33±0.018 ^a	101.33±0.015 ^a	110.25±0.019 ^a	106.92±0.002 ^a	109.67±0.033 ^a	111.50±0.014 ^a	110.33±0.013 ^a

注:同一行的不同字母表示显著性达到 $p<0.05$ 水平。

3 结论

$^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照能有效控制花生仁中的微生物含量,且辐照剂量越大,杀菌效果越显著。辐照剂量为 1.50 kGy 时,菌落总数、霉菌和酵母菌的灭菌率分别达到 94.58%和 95.63%,均达到 90%以上;从微生物与杀菌剂量的回归性分析来看,菌落总数、霉菌和酵母菌的 D_{10} 分别为 2.33 kGy 和 1.10 kGy,菌落总数对 $^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线的耐受能力高于霉菌和酵母菌。模糊感官评价综合得分随辐照剂量的增加而降低,辐照剂量在 0.00~1.50 kGy 时,辐照对花生的感官品质影响不大,在消费者可接受范围内,辐照剂量高于 1.50 kGy 时,花生的感官品质出现明显下降,并呈现显著性差异。辐照剂量不高于 1.50 kGy 时,辐照对花生仁的脂肪、蛋白质、粗纤维及脂肪酸等营养成分无影响,但辐照剂量较高时,对花生中粗纤维会产生一定的降解作用。同时, $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照处理除会增加花生仁的硬度以外,不会对花生仁原有的质构特性产生明显的影响。此外,辐照处理不会对花生仁中的脂肪氧化酶活性产生明显影响。综合考虑, $^{60}\text{Co-}\gamma$ 辐照剂量不高于 1.50 kGy 时,能有效杀灭花生仁中微生物的同时,最大限度保持花生原有的食用品质、质构特性和营养成分。

参考文献

- [1] Dimitrios Lykomitros, Vincenzo Fogliano, Edoardo Capuano. Flavor of roasted peanuts (*Arachis hypogaea*) - Part I: Effect of raw material and processing technology on flavor, color and fatty acid composition of peanuts [J]. Food Research International, 2016, 89: 860-869
- [2] WANG An-jian, GAO Shuai-ping, TIAN Guang-gui, et al. Effect of vacuum packaging on storage quality of peanut [J]. Asian Agricultural Research, 2016, 8(1): 72-74
- [3] 傅丽丽,林敏,高原,等.电子束辐照对三文鱼品质的影响研究[J].核农学报,2017,31(8):1521-1527
FU Li-li, LIN Min, GAO Yuan, et al. Effect of electron beam irradiation on quality of salmon [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(8): 1521-1527
- [4] 魏会惠,罗小虎,王莉,等.电子束辐照小麦粉的杀菌效果及对低菌小麦粉品质的影响[J].现代食品科技,2017, 33(2): 142-147
WEI Hui-hui, LUO Xiao-hu, WANG Li, et al. Effect of electron beam irradiation on the sterilization, quality, and bacterial count of wheat flour [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(2): 142-147
- [5] Lung Hsiang-Mei, Cheng Yu-Chi Cheng, Chang Yin-Hsuan. Microbial decontamination of food by electron beam irradiation [J]. Trends in Food Science and Technology, 2015, 1(44): 66-78
- [6] 欧阳玲花,冯健雄,朱雪晶,等.花生原料贮藏技术研究进展与展望[J].食品研究与开发,2014,35(8):125-128
OUYANG Ling-hua, FENG Jian-xiong, ZHU Xue-jing, et al. Research progress and prediction of storage technology in peanuts [J]. Food Research and Development, 2014, 35(8): 125-128
- [7] Ban Ga-Hee, Kang Dong-Hyun. Effects of gamma irradiation for inactivating Salmonella Typhimurium in peanut butter product during storage [J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 171(3): 48-53
- [8] 王瑞琦.电子束加速去除花生粕中黄曲霉毒素 B₁ 的研究[D].无锡:江南大学,2014
WANG Rui-qi. Study on the removal of aflatoxin B₁ in peanut [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014
- [9] 张秀梅.X 射线对黑花生多酚氧化酶活性的影响[J].江苏农业科学,2013,41(7):74-75
ZHANG Xiu-mei. Effect of X-irradiation on polyphenol oxidase activity of black peanuts [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(7): 74-75
- [10] 许舒婷,高美须,支玉香,等.电子束辐照对花生过敏原免疫原性及生化性质影响的研究[J].核农学报,2012, 26(7): 1006-1011
XU Shu-ting, GAO Mei-xu, ZHI Yu-xiang, et al. Effect of electron beam irradiation on immunoreactivity and biochemical properties of peanut allergens [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2012, 26(7): 1006-1011
- [11] 冯敏,朱佳廷,李澧,等.花生辐照杀虫防霉工艺剂量确定[J].江苏农业科学,2013,41(10):249-250

- FENG Min, ZHU Jia-ting, LI Li, et al. Irradiation dose for the insect disinfestation and mildew control of peanut [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2013, 41(10): 249-250
- [12] 龚频,汤晓斌,陈达.利用杂菌“D10 值”设定产品辐照灭菌剂量的合理性探讨[J].*核农学报*,2015,29(6):1094-1100
- GONG Pin, TANG Xiao-bin, CHEN Da. Discussion on the rationality of the radiation sterilization dose setting using ‘D10 value’ of aerobic bacteria [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, 29(6): 1094-1100
- [13] 龚频,汤晓斌,陈达.最大剂量斜率法设定菌落总数辐照灭菌剂量的研究[J].*辐射研究与辐射工艺学报*,2015,33(2): 020501-1-020501-8
- GONG Pin, TANG Xiao-bin, CHEN Da. Research on sterilization dose setting of bioburden using maximum dose slope method [J]. *J. Radiat. Res. Radiat. Process*, 2015, 33(2): 020501-1-020501-8
- [14] 林茂.不同种皮颜色花生的种皮色素和风味品质研究[D].重庆:西南大学,2016
- LIN Mao. The flavor and pigments study of colorful peanuts [D]. Chongqing: Southwest University, 2016
- [15] 王烁,张春红,李淑荣.辐照处理对花生致敏蛋白的影响[J].*花生学报*,2009,38(2):1-5
- WANG Shuo, ZHANG Chun-hong, LI Shu-rong. Effect of radiation procession allergic proteins of peanut [J]. *Journal of Peanut Science*, 2009, 38(2): 1-5
- [16] 李苑,王瑞琦,李秋,等.电子束加速去除黄曲霉毒素 B₁ 工艺对花生理化性质的影响[J].*粮油加工*,2010,10:45-47
- LI Yuan, WANG Rui-qi, LI Qiu, et al. Effect of electron beam form accelerator to remove aflatoxion B₁ on peanuts physicochemical properties [J]. *Cereals and Oils Processing*, 2010, 10: 45-47
- [17] 高奇.花生脂肪酶和脂肪氧化酶活力检测技术优化及其对储藏特性的影响[D].安徽:安徽农业大学,2012
- GAO qi. The optimization of peanut lipase and lipoxygenases activity detection techniques and their effect on storage characteristics [D]. Anhui: Anhui Agriculture University, 2012