



辐照对花生酱理化品质及风味影响的研究

王 娴, 陈云堂, 范家霖, 董威杰, 许 勃, 王晓慧, 崔 龙*
(河南省科学院同位素研究所有限责任公司/河南省核农学重点实验室/
河南省辐照加工工程技术研究中心, 河南 郑州 450015)

摘要: 以花生酱为原材料, 采用0、1、3、5 kGy的辐照剂量处理样品, 分析不同辐照剂量对花生酱营养成分、脂肪氧化、卫生指标及风味特性的影响。结果表明: 花生酱经辐照处理后脂肪含量不变。 V_E 含量随储藏时间延长呈下降趋势, 在储藏70 d时差异较小。蛋白质含量在0~3 kGy剂量时与对照组相比无显著差异($P>0.05$), 在5 kGy剂量时与对照组相比差异显著($P<0.05$), 但比对照组仅低了4.18%。在25 °C和45 °C储藏条件下, 花生酱各试验组的酸价和过氧化值均随储藏时间的延长有所增加。在辐照当天和35 d时辐照组酸价低于对照组, 但差异较小; 储藏70 d时, 25 °C条件下辐照组酸价显著高于对照组($P<0.05$), 45 °C条件下辐照组酸价与对照组无显著差异($P>0.05$)。辐照组花生酱过氧化值整体上显著低于对照组($P>0.05$), 只有3 kGy在45 °C储藏70 d时高于对照组。辐照能很好地杀灭花生酱中的细菌, 且辐照剂量越大杀菌效果越好。电子鼻检测结果表明, 辐照处理基本不影响花生酱风味, 花生酱的主要呈风味物质是甲基类、氮氧化合物、硫化物和芳香成分及有机硫化物。研究结果为花生酱辐照加工技术应用提供了理论参考。

关键词: 辐照; 花生酱; 理化品质; 风味

中图分类号: TS 229

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2021)02-0157-07

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2021.02.025

收稿日期: 2020-09-02

*通信作者

基金项目: 河南省科学院基本科研业务专项(200604088、190604014和200604002); 河南省食品辐照保鲜与加工创新型科技团队项目(豫科人事(2009)2号)。

作者简介: 王娴(1990—), 女, 河南驻马店人, 硕士, 研究实习生, 研究方向为农产品辐照保鲜与加工。

[16] 常馨月, 罗惟, 陈程莉, 等. 奇亚籽油微胶囊贮藏稳定性及缓释动力学[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(9): 108-114.

[17] LONG X, YAN Q, CAI L, et al. Box-Behnken design-based optimization for deproteinization of crude polysaccharides in Lycium b18arbarum berry residue using the Sevag method[J]. Heliyon, 2020, 6(5): e3888.

[18] CHAN Y T, TAN M C, CHIN N L. Application of Box-

Behnken design in optimization of ultrasound effect on apple pectin as sugar replacer[J]. LWT, 2019, 115(11): 108449.

[19] 刘斯博, 田少君. 亚麻籽油微胶囊的工艺优化及稳定性研究[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(7): 83-87.

[20] 罗文涛, 王安颐, 彭彬倩, 等. 奇亚籽油微胶囊的制备[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(11): 210-215.



Effects of Irradiation on Physicochemical Quality and Flavor of Peanut Butter

WANG Xian, CHEN Yuntang, FAN Jialin, DONG Weijie, XU Bo, WANG Xiaohui, CUI Long*

(The Isotope Institute Co., Ltd., Henan Academy of Sciences/Key Laboratory of Nuclear Agriculture of Henan/Henan Radiation Processing Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450015, China)

Abstract: Peanut butter was used as raw material. The samples were treated with 0, 1, 3, 5 kGy irradiation dose. The effects of different irradiation doses on nutritional components, lipid oxidation, hygienic indexes and flavor characteristics of peanut butter were analyzed. The results showed that the fat content of peanut butter remained unchanged after irradiation. The content of V_E decreased with the prolongation of storage time, and there was a little difference at 70 days storage. There was no significant difference in protein content between 0~3 kGy irradiation group and control group ($P>0.05$), but there was significant difference between 5 kGy irradiation group and control group ($P<0.05$), but it was only 4.18% lower than the control group. Under the storage conditions of 25 °C and 45 °C, the acid value and peroxide value of peanut butter increased with the extension of storage time. The acid value of the irradiation group was lower than that of the control group on the day of irradiation and 35 days, but the difference was small; the acid value of the irradiation group was significantly higher than that of the control group at 25 °C for 70 days ($P<0.05$), and there was no significant difference between the irradiation group and the control group at 45 °C ($P>0.05$). The peroxide value of peanut butter in irradiation group was significantly lower than that in control group ($P>0.05$), and only 3 kGy was higher than that of control group at 45 °C for 70 days. Irradiation can kill bacteria in peanut butter very well, and the higher the irradiation dose, the better the sterilization effect. The results of electronic nose test showed that irradiation treatment did not affect the flavor of peanut butter. The main flavor compounds of peanut butter were methyl group, nitrogen oxide compound, sulfide, aromatic component and organic sulfide. The results of electronic nose test showed that irradiation treatment did not affect the flavor of peanut butter. The main flavor compounds of peanut butter were methyl group, nitrogen oxide compound, sulfide, aromatic component and organic sulfide. This study provides a theoretical reference for the application of irradiation processing technology of peanut butter.

Key words: irradiation; peanut butter; physical and chemical quality; flavor

花生酱因其营养丰富、口感细腻、风味独特以及加工性能良好而颇负盛名^[1]。但花生酱一定程度上存在微生物污染^[2]、黄曲霉毒素污染^[3-4]、农药残留^[2]等问题。

辐照技术是一种非热加工方法，具有杀菌、防霉和降解有害物质等作用，与常规技术相比具有一技多效性，能够解决众多常规技术所难以解决的技术难题。鉏晓艳等^[5]研究辐照对鲈鱼灭菌和品质的影响，发现4.00 kGy左右的辐照剂量处理时，可有效灭菌并且保持鲈鱼的色度、pH值、持水性和原有品质；林勇等^[6]研究桂花酱的灭菌效果及保质期的影响，发现2.97~6.11 kGy是桂花酱灭菌及达到保质期360 d的适宜辐照剂量；

李克等^[7]研究辐照降解玉米中赤霉烯酮(ZEN)和呕吐毒素(DON)，发现经10 kGy剂量处理后，1 μg/mL的ZEN和DON降解率分别可达76.04%和89.31%；崔龙等^[8]研究发现辐照可有效消解油炸土豆片中已生成的丙烯酰胺；王瑞琦等^[9]研究发现花生粕初始黄曲霉毒素 B_1 为120.24 μg/kg时，经240 kGy辐照，毒素去除率为57.49%。近年来辐照技术的应用研究越来越多，但在花生酱中的应用还鲜有报道。

辐照技术在食品中应用的前提是不能对食品品质造成负面影响，因此，开展辐照对花生酱理化成分和风味特性影响的研究是确定辐照加工技术能否科学应用的基础。文章采用不同剂量的 γ



射线对花生酱进行辐照处理,研究辐照对其理化品质、脂肪氧化及卫生指标的影响,并考察辐照对其风味的影响规律,旨在为辐照技术在花生酱等调味酱的杀菌、降解有害物质等方面的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

花生酱:驻马店市古味小磨香油开发有限公司;氢氧化钠、乙醚、异丙醇、酚酞、石油醚、冰乙酸、三氯甲烷、碘化钾、硫代硫酸钠:分析纯。

1.2 主要仪器与设备

^{60}Co - γ 射线装置:河南省科学院同位素研究所有限责任公司;AL204分析天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;HWS-250恒温恒湿箱、DHG型电热恒温鼓风干燥箱:上海精宏实验设备有限公司;RE-52AA旋转蒸发器:上海亚荣生化仪器厂;SER 148/6索氏抽提仪:意大利VELP公司;KJELTEC2300全自动凯氏定氮仪:福斯分析仪器公司;TG16离心机:上海卢湘仪离心机仪器有限公司;PEN3电子鼻:德国Airsense公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理 花生酱样品采用玻璃瓶密封保存

(玻璃瓶直径为7 cm,高度为10 cm),每瓶分装240 g样品,将试验样品放置于 ^{60}Co - γ 放射源室内进行辐照,使其吸收剂量分别达0(对照组)、1、3、5 kGy每个剂量3次重复,将辐照样品均分别放置于25 °C和45 °C储藏,每隔35 d取样测定其指标。

1.3.2 指标测定 脂肪、蛋白质、 V_E 、酸价、过氧化值、菌落总数、霉菌分别依据GB/T 5009.6—2016、GB/T 5009.5—2016、GB/T 5009.82—2016、GB/T 5009.229—2016、GB/T 5009.227—2016、GB/T 4789.2—2016、GB/T 4789.15—2016方法检测。

风味:取5 g样品分别于50 mL离心管中,用封口膜密封,然后采用顶空抽样的方法进行电子鼻检测,每个样品3次重复。

1.4 数据处理

采用SPSS1 7.0及Excel 2010软件对所得试验数据进行统计分析,依据最小显著性差异法在0.05水平检测显著性,差异显著者再进行Duncan's s多重比较和相关回归分析,所得数据进一步用Excel作图。

2 结果与分析

2.1 辐照对花生酱脂肪含量的影响

由表1可知,辐照处理剂量分别为1、3 kGy和

表1 辐照对花生酱脂肪含量的影响

辐照剂量/ kGy	花生酱脂肪含量/(g/100 g)					平均值
	0 d	25 °C 35 d	25 °C 70 d	45 °C 35 d	45 °C 70 d	
0	44.30±0.60 ^{bB}	51.00±0.00 ^{aA}	49.65±1.48 ^{abA}	51.25±0.49 ^{aA}	51.75±1.20 ^{aA}	49.11±3.24 ^a
1	46.17±0.65 ^{aC}	50.70±1.13 ^{aA}	50.35±0.92 ^{abA}	50.50±0.00 ^{aA}	48.60±0.28 ^{bB}	48.98±2.03 ^a
3	46.33±0.78 ^{aB}	50.40±0.14 ^{aA}	51.20±1.13 ^{aA}	49.00±1.70 ^{aB}	50.40±1.56 ^{abA}	49.18±2.15 ^a
5	45.53±0.81 ^{bD}	50.05±0.49 ^{aB}	47.55±0.64 ^{bC}	50.25±0.49 ^{aB}	51.70±0.14 ^{aA}	48.70±2.48 ^a
平均值	45.58±1.03 ^B	50.54±0.60 ^A	49.69±1.66 ^A	50.25±1.11 ^A	50.61±1.56 ^A	

注:平均值右上角小写字母不同表示辐照剂量间有显著差异($P<0.05$),小写字母相同表示辐照剂量间无显著差异($P>0.05$);平均值右上角大写字母不同表示储藏时间及温度间有显著差异($P<0.05$),大写字母相同表示储藏时间及温度间无显著差异($P>0.05$)。下表同。

5 kGy时花生酱脂肪含量的平均值分别为48.98、49.18 g/100 g和48.70 g/100 g,与对照组处理脂肪含量49.11 g/100 g相比无显著差异($P>0.05$)。花生酱在储藏35 d和70 d时,无论温度为25 °C还是45 °C,与辐照当天相比脂肪含量均显著增加($P<0.05$),可能是由于花生酱随储藏时间的延长油脂析出,造成脂肪含量测定值的增加^[10]。

2.2 辐照对花生酱蛋白质含量的影响

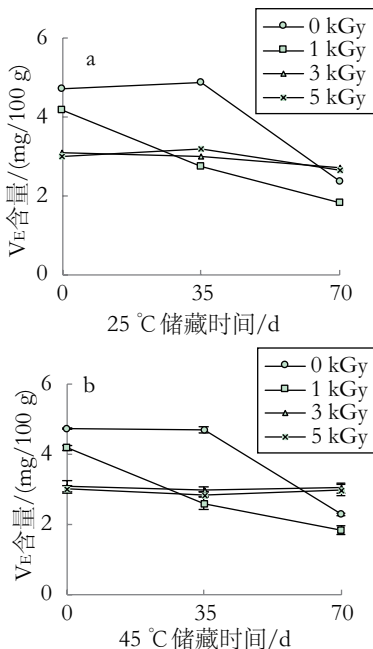
由表2可知,辐照处理剂量分别为0、1、3 kGy和5 kGy时花生酱蛋白质含量的平均值分别为20.08、19.96、19.55 g/100 g和19.24 g/100 g。与对照组相比,花生酱蛋白质含量在1、3 kGy剂量处理时无显著差异($P>0.05$),5 kGy剂量时显著降低($P<0.05$),与对照相比降低了4.18%。与

表2 辐照对花生酱蛋白质含量的影响

辐照剂量/ kGy	花生酱蛋白质含量/(g/100 g)					平均值
	0 d	25 °C 35 d	25 °C 70 d	45 °C 35 d	45 °C 70 d	
0	21.27±0.45 ^{aA}	20.20±0.14 ^{aAB}	18.90±0.42 ^{aC}	19.95±0.35 ^{aBC}	19.50±0.07 ^{BaC}	20.08±0.95 ^a
1	19.87±0.15 ^{ba}	20.00±0.57 ^{aA}	18.75±0.64 ^{aB}	19.65±0.64 ^{aAB}	19.60±0.14 ^{aAB}	19.60±0.56 ^{ab}
3	18.57±0.25 ^{cC}	20.40±0.14 ^{aA}	19.9±0.13 ^{aAB}	20.50±0.14 ^{aA}	18.90±0.14 ^{aBC}	19.55±0.93 ^{ab}
5	19.67±0.80 ^{dA}	19.70±0.28 ^{aA}	18.85±0.07 ^{aAB}	20.15±0.35 ^{aA}	17.60±0.57 ^{bB}	19.24±1.01 ^b
平均值	19.84±1.08 ^{AB}	20.08±0.37 ^A	19.10±0.72 ^{BC}	20.06±0.45 ^A	18.90±0.92 ^C	

曾名湧^[11]报道的在低于50 kGy剂量辐照下,样品中营养素含量基本不变或发生微小变化的结果相一致。与辐照当天相比,花生酱在储藏35 d和70 d时蛋白质含量基本不变,但在45 °C储藏70 d时略有降低。

2.3 辐照对花生酱V_E含量的影响



注: a为25 °C 储藏, b为45 °C 储藏。下同。

 图1 辐照对花生酱V_E含量的影响

图1中a和b分别为25 °C和45 °C储藏条件下不同辐照剂量下的花生酱V_E含量随储藏时间变化的折线图。由图可以看出25 °C和45 °C储藏条件下不同辐照剂量处理的花生酱V_E含量变化趋势相似。在辐照当天和35 d时,辐照后花生酱的V_E含量显著低于未辐照花生酱($P < 0.05$),这可能是由于辐照产生的自由基与V_E反应,破坏了V_E的结构所致;在储藏70 d时,3 kGy和5 kGy处理剂量时V_E含量高于对照组($P < 0.05$),1 kGy处理剂量时V_E含量低于对照组($P < 0.05$),但辐照组与对照组V_E含量值接近,这可能是由于储藏时间的延长,使得

花生酱发生脂肪氧化酸败,加速了对照组V_E的氧化,使其遭到破坏所致^[12]。

2.4 辐照对花生酱氧化的影响

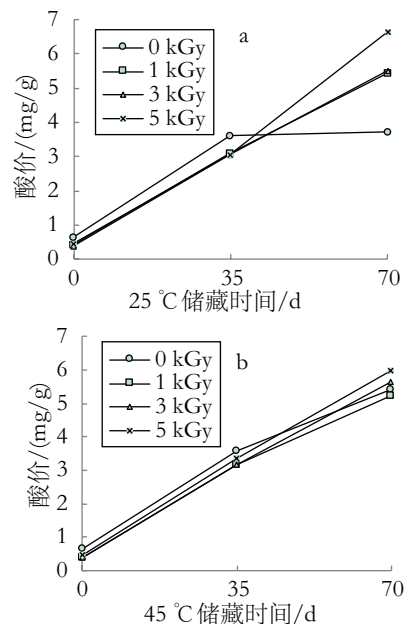


图2 辐照对花生酱酸价的影响

图2中a和b分别为25 °C和45 °C储藏条件下不同辐照剂量下的花生酱酸价随储藏时间变化的折线图。可以看出辐照前后花生酱酸价均随储藏时间的延长而增加;25 °C储藏条件时,辐照组酸价在辐照当天和35 d时低于对照组($P < 0.05$),但数值接近,在储藏70 d时辐照组酸价显著高于对照组($P < 0.05$);45 °C储藏条件时,储藏35 d时,辐照剂量为1 kGy和3 kGy剂量时花生酱酸价低于对照组($P < 0.05$),辐照剂量为5 kGy剂量时花生酱酸价与对照组无显著差异($P > 0.05$);45 °C储藏条件时,储藏70 d,花生酱辐照组与对照组酸价无显著性差异($P > 0.05$),这可能由于储藏温度的升高,加速了油脂酸败^[13],使得对照组酸价在45 °C储藏70 d增加较快。

图3中a和b分别为25 °C和45 °C储藏条件下不

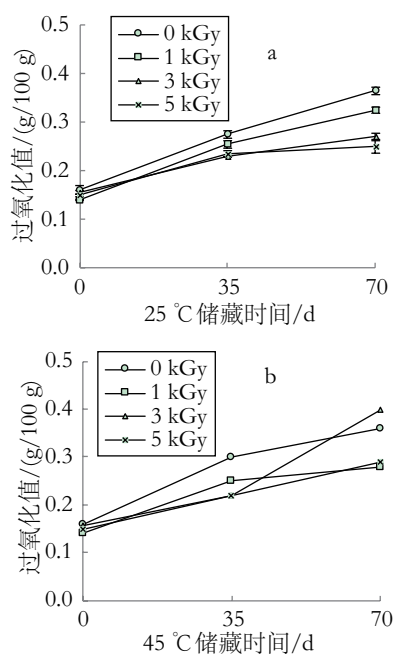


图3 辐照对花生酱过氧化值的影响

同辐照剂量下的花生酱过氧化值随储藏时间变化图。可以看出辐照前后花生酱过氧化值均随储藏时间的延长而增加；25 °C储藏条件下，辐照组花生酱过氧化值基本不变或略低于对照组，在3 kGy储藏35 d和5 kGy储藏70 d时花生酱过氧化值降低最低，比对照组分别低了17.86%和32.43%；45 °C储藏条件时，除3 kGy储藏70 d时，花生酱过氧化值比未辐照增加了11.11%外，辐照组花生酱过氧化值均略低于对照组。这与王若兰等^[14]研究发现辐照增加了大豆的酸价和过氧化值结果不同，但与王娴等^[15]研究发现辐照一定程度上降低了大豆过氧化值的结果相同。可能是由于辐照诱导水分子产生大量的自由基和一定的水合电子，虽然自由基活性很高，能诱导脂肪发生氧化，但水合电子有很强的还原性，辐照后自由基引起的链式氧化反应占主导地位还是水合电子产生的还原反应占主导地位决定油脂总体表现出氧化性还是还原性^[16]。

2.5 辐照对花生酱菌落总数的影响

表3 辐照对花生酱菌落总数的影响

辐照剂量/kGy	花生酱菌落总数/(cfu/g)				
	0 d	25 °C 35 d	25 °C 70 d	45 °C 35 d	45 °C 70 d
0	20	110	450	140	400
1	20	50	15	45	15
3	10	20	<10	25	<10
5	10	<10	10	<10	10

由表3可知，3 kGy和5 kGy辐照处理的花生酱菌落总数低于对照组和1 kGy辐照处理的菌落总数。在25 °C和45 °C 2种储藏条件下，随储藏时间的延长，对照组菌落总数明显增加，而各辐照组菌落总数增加不明显。

2.6 辐照对花生酱霉菌含量的影响

表4 辐照对花生酱霉菌含量的影响

辐照剂量/kGy	花生酱霉菌含量/(cfu/g)				
	0 d	25 °C 35 d	25 °C 70 d	45 °C 35 d	45 °C 70 d
0	<10	20	<10	10	<10
1	<10	10	<10	<10	<10
3	<10	<10	<10	<10	<10
5	<10	<10	<10	<10	<10

由表4可知，在培养时间内，无论是否辐照，花生酱霉菌含量均较少或未检出，这可能是由于花生酱初始霉菌含量较低所致。

2.7 辐照对花生酱风味的影响

图4的a~e是花生酱经0、1、3、5 kGy剂量处理后，不同储藏条件下的PCA主成分分析图。图4的A~E是其对应的Loading分析图，可以看出，样品的第一主成分的贡献率分别为93.48%、91.88%、98.46%、94.65%、97.94%，第二主成分的贡献率分别为5.47%、5.47%、1.13%、3.54%、1.11%，2个主成分的总贡献率分别为98.95%、97.35%、99.59%、98.19%、99.05%均>95%，说明图4的主成分分析图均能有效地反映样品信息。

图4的a~e可以看出辐照前后风味对应图谱距离较近，且投射在横坐标组上的位置交叉重叠，说明辐照处理对花生酱风味物质影响微小。Loading分析图反映电子鼻上10个传感器对样品风味的贡献值，传感器对应的点投射在横纵坐标轴的距离越远，说明该传感器敏感的呈风味物质对花生酱的风味贡献值越大；从图4的A~E可以看出花生酱呈风味物质主要体现在W1S、W5S、W1W和W2W这4个传感器上，说明花生酱主要风味成分是甲基类、氮氧化合物、硫化物和芳香成分及有机硫化物等。但在不同储藏条件时传感器对主成分贡献率有所不同，这可能是由于辐照产生的自由基、水合电子能与花生酱中的营养成分如蛋白质、脂肪和糖类等反应微弱地影响了花生酱的呈风味物质^[17-18]。

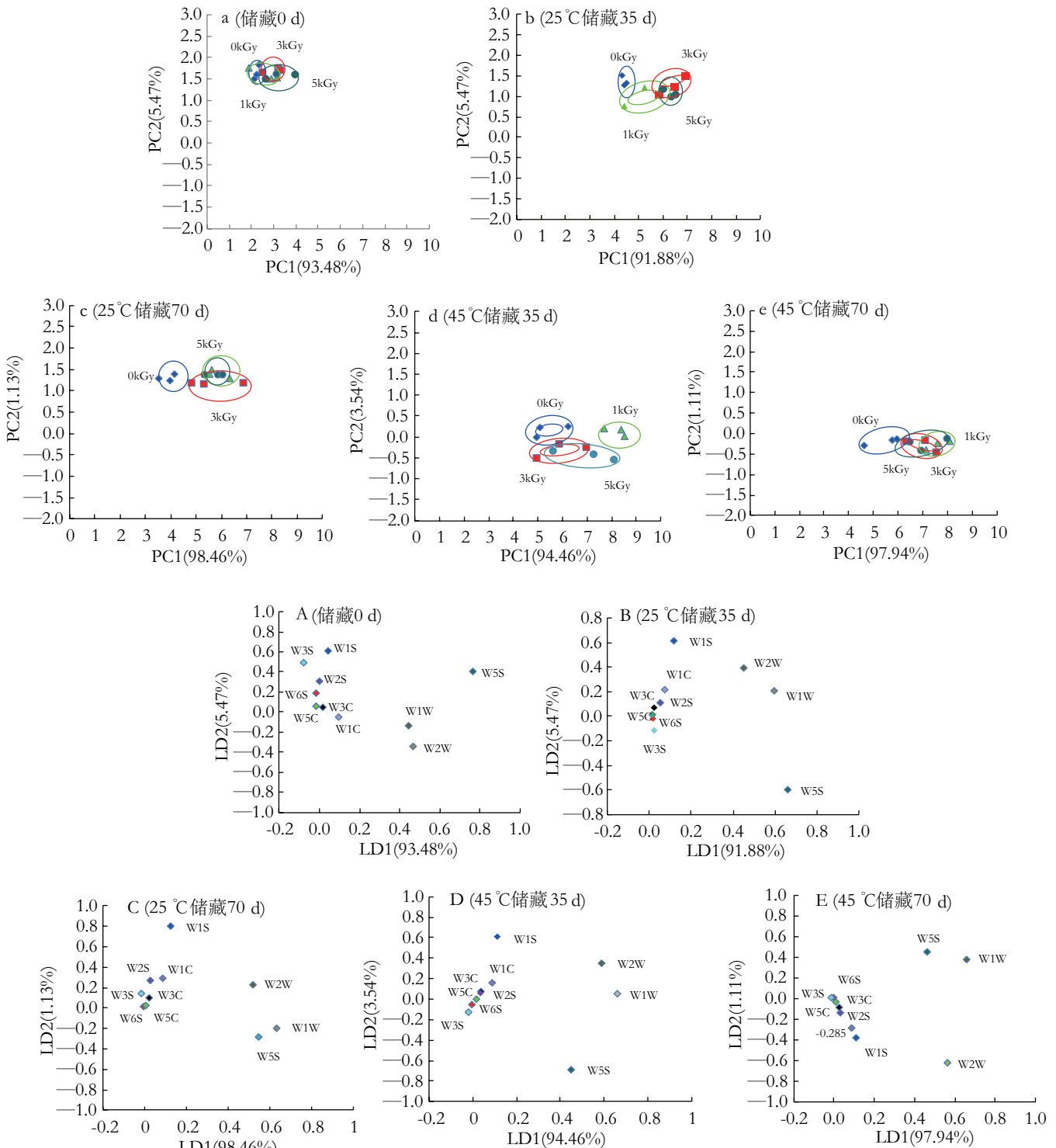


图4 辐照对花生酱风味的影响

3 结论

花生酱经辐照处理后脂肪含量不变, 蛋白质含量变化微小, V_E 含量有所降低。

花生酱的酸价和过氧化值随储藏时间的延长而增加; 辐照组酸价在辐照当天和35 d时与对照组无差异, 在25 °C 储藏70 d时显著高于对照

组; 辐照组花生酱过氧化值基本不变或略低于对照组。

辐照能很好地杀死花生酱中的细菌, 且辐照剂量越大杀菌效果越好。

辐照前后花生酱风味基本不变, 花生酱的主要呈风味物质是甲基类、氮氧化合物、硫化物和芳香成分及有机硫化物。



参考文献:

- [1] 刘素慧,汪学德,马宇翔,等.芝麻花生酱的制备及其流变学性质的研究[J].中国油脂,2019,44(2):147-152.
- [2] 谢超华,杨晓蓉,王慧雯,等.2018年昆明市某工厂花生酱和芝麻酱加工过程中卫生状况调查[J].食品安全质量检测学报,2019,10(22):7610-7615.
- [3] 金慧慧,王晓红,姜娴.市售食品黄曲霉毒素污染的监测结果[J].食品安全导刊,2018,203(12):71-72.
- [4] JEYARAMRAJA P R, MEENAKSHI S N, WOLDE-SENBET F. Relationship between drought and preharvest aflatoxin contamination in groundnut (*Arachis hypogaea* L.)[J]. World Mycotoxin Journal,2018,11(2):1-14.
- [5] 鉏晓艳,李海蓝,张金木,等.不同剂量电子束辐照对鲈鱼半成品灭菌及品质的影响[J].保鲜与加工,2018,18(5):49-54.
- [6] 林勇,鉏晓艳,陈玉霞,等.辐照对桂花酱的灭菌效果及保质期的影响[J].湖北农业科学,2019,58(24):197-200.
- [7] 李克,潘丽红,罗小虎,等.电子束辐照降解玉米中玉米赤霉烯酮和呕吐毒素效果研究[J].食品与发酵工业,2019,45(21):73-78.
- [8] 崔龙,王倩倩,王娴,等.油炸土豆片中丙烯酰胺辐照降解效应研究[J].包装工程,2019,40(17):20-26.
- [9] 王瑞琦,刘睿杰,常明,等.电子束加速去除黄曲霉毒素B1工艺对花生粕品质的影响[J].中国油脂,2014,39(2):33-36.
- [10] 周国磊,揭金潮,傅科涵,等.粒径和稳定剂对芝麻酱稳定性的影响[J].食品科技,2019,44(12):212-217.
- [11] 曾名湧.食品保藏原理与技术[M].北京:化学工业出版社,2007:194-196
- [12] 曾英男,顾宇航,刘佳,等.天然抗氧化剂在油脂中的研究进展[J].安徽农学通报,2019,25(2):21-23.
- [13] 谢丹,葛志刚.温度及包装材料对留胚米储藏品质的影响研究[J].粮食科技与经济,2018,43(7):72-73.
- [14] 王若兰,杨延远,郭靖.γ射线、电子束处理对大豆品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版),2010,31(5):5-8.
- [15] 王娴,崔龙,董威杰,等.电子束和γ射线对油料氧化及霉菌的影响[J].包装工程,2019,40(3):30-37.
- [16] 尚颐斌.电子束和γ射线辐照对冷鲜肉品质影响的差异及作用机制研究[D].北京:中国农业科学院,2013.
- [17] 冯敏,汪敏,常国斌,等.电子鼻检测辐照肉鸭产品的挥发性风味物质[J].核农学报,2019,33(6):1116-1121.
- [18] 梅卡琳,李高尚,陈燕婷,等.电子束辐照对蟹肉嗅感及其关键气味物质的影响[J].食品科学,2018,39(24):203-208.

食品科技采编平台: <http://www.e-foodtech.cn/>

食品科技认证博客:

<http://blog.sina.com.cn/shipinkj>

食品科技认证微博: <http://weibo.com/shipinkj/>

食品科技微信账号: shipinkj

欢迎订阅2021年《食品科技》

邮发代号: 2-681 全年订价: 300元