

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.06.015

王海宏, 颜伟强, 岳玲, 等. 电子束辐照对沙拉酱微生物及品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(6): 177-183.

WANG H H, YAN W Q, YUE L, et al. Research on the effect of electron beam irradiation on microorganism and quality of salad dressing[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(6): 177-183.

# 电子束辐照对沙拉酱微生物及品质的影响

王海宏<sup>1</sup>, 颜伟强<sup>1</sup>, 岳玲<sup>1</sup>, 郑琦<sup>1</sup>, 戚文元<sup>1</sup>, 陈志军<sup>1</sup>, 段卓旭<sup>2</sup>, 孔秋莲<sup>1</sup>✉(1. 上海市农业科学院, 上海 201401;  
2. 上海束能辐照技术有限公司, 上海 201403)

**摘要:** 对市购沙拉酱用 0、1、2 kGy 不同剂量进行电子束辐照, 研究电子束辐照对沙拉酱的杀菌效果及辐照后常温放置 40 d 后产品的微生物、色泽、质构、风味、稳定性等指标的变化, 为沙拉酱物理冷杀菌的技术可行性和工艺设定提供技术参考依据。结果表明, 电子束辐照对外源添加致病菌鼠伤寒沙门氏菌、大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌及沙拉酱自身菌落总数、霉菌和酵母有良好的杀灭效果, 1 kGy 电子束辐照可降低致病菌 3~6 个 log, 菌落总数、霉菌和酵母不再检出。室温放置 40 d 后, 感官评价发现 1 kGy 电子束辐照对沙拉酱色泽、体态、香气、滋味无显著影响, 电子鼻分析、质构参数及离心解析率也与未辐照处理无明显差别, 但 2 kGy 电子束辐照的滋味评分显著低于未辐照处理和 1 kGy 辐照处理, 质构参数与未辐照处理、1 kGy 辐照处理差异显著。电子束辐照可有效控制沙拉酱中致病菌, 1 kGy 剂量处理对沙拉酱色泽、质构、风味、稳定性无明显影响, 可用于沙拉酱杀菌保鲜。

**关键词:** 沙拉酱; 电子束辐照; 杀菌; 色泽; 质构; 风味; 感官评价

中图分类号: TS205.9 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)06-0177-07

## Research on the Effect of Electron Beam Irradiation on Microorganism and Quality of Salad Dressing

WANG Hai-hong<sup>1</sup>, YAN Wei-qiang<sup>1</sup>, YUE Ling<sup>1</sup>, ZHEN Qi<sup>1</sup>, QI Wen-yuan<sup>1</sup>,  
CHEN Zhi-jun<sup>1</sup>, DUAN Zhuo-xu<sup>2</sup>, KONG Qiu-lian<sup>1</sup>✉(1. Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201401, China;  
2. Shanghai Shuneng Irradiation Technology Co., Ltd., Shanghai 201403, China)

**Abstract:** To provide reference for technical feasibility and process setting of physical cold disinfection of salad dressing, the commercial salad dressing was irradiated by electron beam at different doses of 0 kGy, 1 kGy and 2 kGy. The disinfection effect of electron beam irradiation on salad dressing and the changes in terms of microorganism, color, texture, flavor, stability of irradiated salad dressing after storing for 40 days at room temperature were studied. The results showed that, electron beam irradiation had a good disinfection effect on *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, the aerobic plate count, molds and yeasts of salad dressing. 1 kGy irradiation could reduce pathogenic bacteria by 3 log to 6 log, with no

收稿日期: 2021-04-22

基金项目: 上海市科技兴农项目 (沪农科创字 20180106)

Supported by: Shanghai Agriculture Applied Technology Development Program, China (Grant No. G20180106)

作者简介: 王海宏, 男, 1980 年出生, 硕士, 助理研究员, 研究方向为农产品辐照保鲜加工研究。E-mail: sunny0123@vip.163.com.

通讯作者: 孔秋莲, 女, 1971 年出生, 博士, 研究员, 研究方向为农产品保鲜加工研究。E-mail: qiuliankong@yahoo.com.

aerobic plate count, molds and yeasts found. After 40 days storage at room temperature, sensory evaluation showed that electron beam irradiation at 1 kGy had no significant effect on the color, texture, aroma and taste of salad dressing. There was no obvious difference in the results of electronic nose analysis, texture parameters and centrifugal resolution rate, but the taste score of 2 kGy irradiation was significantly lower than that of non-irradiation and 1 kGy irradiation. Significant difference of texture parameters was found between 2 kGy irradiation, non-irradiation, and 1 kGy irradiation. Therefore, we conclude electron beam irradiation can effectively control the pathogenic bacteria in salad dressing. The electron beam irradiation at doses of 1 kGy has no obvious undesirable effect on the color, texture, flavor, stability of the salad dressing, which could be used as a disinfection method for salad dressing.

**Key words:** salad dressing; electron beam irradiation; disinfection; color; texture; flavor; sensory evaluation

沙拉酱起源于地中海的米诺卡岛,是欧美、日本等发达国家餐桌上必不可少的调味酱。随着国际交流的发展和中西方餐饮文化的融合,沙拉酱也逐渐成为我国人民日常餐饮中常见的调味品。沙拉酱是一种半固态的复合调味料,以植物油、水、酸性配料为主要原料,添加或不添加含蛋黄配料、香辛料等辅料,利用蛋黄卵磷脂的乳化特性,通过均质使橄榄油、大豆色拉油等油相均匀分散在水相中,形成稳定的水包油型乳状液。沙拉酱制作过程为冷加工,产品不能进行高温杀菌,一般通过严格控制原料和加工环节的卫生状况、添加防腐剂等手段保障沙拉酱产品的卫生安全和货架期<sup>[1-2]</sup>。

辐照利用  $\gamma$  射线、电子束、X 射线等对食品进行处理,是一种物理冷杀菌技术,可提高食品的微生物安全性,延长食品货架期,已在世界 50 多个国家允许使用<sup>[3]</sup>。作为一种新型辐照加工方式,电子束辐照利用电子加速器通电后产生高能电子束进行辐照加工,较传统的  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线更为安全高效<sup>[4]</sup>。电子束辐照杀菌目前在冷冻水产品等不适于高温杀菌的产品上广泛应用,而关于电子束辐照用于沙拉酱杀菌的研究还未见报道。本研究以市售沙拉酱商品为对象,通过外源添加致病菌的方式,研究了电子束辐照对沙拉酱的卫生品质的影响及辐照处理后沙拉酱的色泽、质构、风味等感官品质因子的变化,旨在为电子束辐照技术用于沙拉酱杀菌的可行性提供科学参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

沙拉酱,瓶装,规格 280 g/瓶,包装尺寸,

瓶高约 17.5 cm,瓶身直径约 5.5 cm,产品主要配料为水、大豆油、鸡蛋、柠檬酸、山梨酸钾等,产品 pH 值 3.67。产品保质期要求,未开封情况下 0~30 °C 避光保存期 9 个月,开封后应密封冷藏期尽快使用;市购。

鼠伤寒沙门氏菌 ATCC 14028、大肠埃希氏菌 ATCC25922 和金黄色葡萄球菌 ATCC6538:广东环凯微生物科技有限公司;培养基:北京陆桥技术股份有限公司;胰酪胨大豆肉汤培养基(TSB)、沙门氏菌属显色培养基、结晶紫中性红胆盐-4-甲基伞形酮- $\beta$ -D-葡萄糖苷琼脂培养基(VRBA-MUG)、Baird-Parker 琼脂平板培养基、平板计数琼脂培养基(PCA)、结晶紫中性红胆盐琼脂培养基(VRBA)、孟加拉红培养基:青岛海博生物技术有限公司;氯化钠:国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

Chroma Meter CR-400 色差仪:日本柯尼卡美能达 KONICA MINOLTA 公司;TA-XT Plus 型质构仪:英国 StableMicroSystem 公司;PEN3 电子鼻:德国 AIRSENSE 公司;拍打式均质器:法国 INTERSCIENCE 公司;LRH-150 生化培养箱、HWS-26 电热恒温水浴锅:上海一恒科技有限公司;MJ-250B 霉菌培养箱:上海浦东荣丰科学仪器有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 致病菌菌液制备及添加

鼠伤寒沙门氏菌、大肠埃希氏菌、金黄色葡萄球菌冷冻甘油保藏菌种复苏,TSB 培养基 35 °C 培养过夜,PCA 培养基划线接种 35 °C 培养 48 h 得到单菌落,挑取单菌落再次 TSB 培养基 35 °C

培养过夜增菌,控制菌量为 $10^7\sim 10^8$ 水平,得到致病菌菌液。

称取100 g沙拉酱于无菌均质袋中,按10:1(w:v)添加致病菌菌液10 mL,拍打均质混匀后密封,制备成外源添加致病菌的沙拉酱供试样品,用于电子束辐照。

### 1.3.2 电子束辐照

辐照利用清华同方威视 IS1020 电子加速器在上海束能辐照技术有限公司进行,设备能量10 MeV,功率20 kW,剂量率8.44 kGy/s。使用重铬酸银液体化学剂量计对实际辐照剂量进行监测<sup>[5]</sup>,确保剂量水平误差在 $\pm 10\%$ 之内。剂量计的校准按照 GB/T 16640—2008 进行<sup>[6]</sup>。

1.3.2.1 外源添加致病菌的供试样品辐照 取装有沙拉酱和菌液均匀样品的密封均质袋,轻拍成厚度小于0.5 cm的薄层,进行电子束单面辐照,剂量水平为0、1、2 kGy。每个剂量水平设置3次重复。辐照后按各自添加致病菌的情况检测添加菌的存活情况。同时以未添加致病菌的沙拉酱为对照,同添加致病菌的沙拉酱同样辐照处理后检测菌落总数、大肠菌群、霉菌和酵母。

1.3.2.2 整瓶沙拉酱样品辐照 整瓶沙拉酱产品辐照,单瓶水平摆放,进行电子束双面辐照,剂量水平为0、1、2 kGy。每个剂量水平设置3次重复。辐照后的沙拉酱于室温避光存放,温度15~18 ℃。定期检测品质指标。

### 1.3.3 微生物学检验

微生物检测采用食品安全国家标准食品微生物学检验 GB 4789 系列标准检测,检测指标为 GB 4789.4—2016 鼠伤寒沙门氏菌<sup>[7]</sup>、GB 4789.38—2012 大肠埃希氏菌<sup>[8]</sup>、GB 4789.10—2016 金黄色葡萄球菌<sup>[9]</sup>、GB 4789.2—2016 菌落总数<sup>[10]</sup>、GB 4789.3—2016 大肠菌群<sup>[11]</sup>、GB 4789.15—2016 霉菌和酵母<sup>[12]</sup>。

### 1.3.4 色泽测定

Chroma Meter CR-400 色差仪检测。每个处理测试3个重复。色泽参数使用 $L$ 、 $a$ 、 $b$ 系统, $L$ 、 $a$ 、 $b$ 是三维矩形颜色空间参数, $L$ 为黑白明度轴参数,0表示黑,100表示白; $a$ 为红/绿轴参数, $a(+)$ 表示红色程度, $a(-)$ 表示绿色程度; $b$ 为蓝/黄轴参数, $b(+)$ 表示黄色程度, $b(-)$ 表示蓝色程度。

### 1.3.5 质构测定

参考 Bortnowska G<sup>[13]</sup>方法,TA-XT Plus 型质构仪检测。取沙拉酱产品90 g。检测条件:压缩模式,探头型号为反挤压装置 A/BE,压缩板直径40 mm。测前速率1 mm/s,测中速率2 mm/s,测后速率10 mm/s,数据收集率500 点/s,压缩距离30 mm,触发力5.0 g。

### 1.3.6 风味测定

风味测定使用 PEN3 电子鼻检测,电子鼻气敏传感器探头包括 W1C、W5S、W3C、W6S、W5C、W1S、W1W、W2S、W2W 和 W3S。取沙拉酱样品4 g放入20 mL顶空瓶中,静置20 min后检测。检测条件:样品测定间隔1 s,清洗时间120 s,归零时间5 s,样品准备时间5 s,测定时间100 s,载气流量400 mL/min,进样流量400 mL/min。传感器信号在50 s后基本稳定,选定采集信号时间为80 s。不同辐照处理样品测定3次重复,测定时保持室温25 ℃。电子鼻测定结果利用 Winmuster 进行响应值分析和主成分分析(Principal component analysis, PCA)。

### 1.3.7 感官评价

感官评价依据沙拉酱现行标准 SBT10753—2012<sup>[14]</sup>,对色泽、体态、香气、滋味进行评价。评价采用10点制评分法,评分方法参考罗晓莉<sup>[15]</sup>方法。评价人员10人,分别对辐照前后的沙拉酱感官评分,对感官指标可接受程度进行评价,评分标准如表1。

表1 沙拉酱感官评分标准  
Table 1 Sensory evaluation criteria of salad dressing

| 得分/分 | 色泽       | 体态             | 香气       | 滋味       |
|------|----------|----------------|----------|----------|
| 7~10 | 有光泽,均匀一致 | 呈均匀酱状,无明显分层    | 无异味      | 无异味      |
| 4~7  | 基本均匀一致   | 基本呈均匀酱状,无汁液析出  | 稍有异味,可接受 | 稍有异味,可接受 |
| 1~4  | 不均匀      | 基本呈均匀酱状,少量汁液析出 | 有异味      | 有异味      |

### 1.3.8 稳定性分析

参考阮雁春<sup>[16]</sup>方法, 采用了离心乳析率指标对沙拉酱稳定性进行评定。取沙拉酱样品 8 mL 加入离心管中, 25 °C 下 5 000 r/min 离心 30 min, 称量上清液即油析出的体积, 以油析出的体积除以沙拉酱的总体积表示离心乳析率。

### 1.4 数据分析

采用 SPSS19.0 统计分析软件进行显著性差异分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 电子束辐照对沙拉酱卫生品质的影响

食源性致病菌是造成食品安全问题的重要原因之一, 国家标准 GB29921—2013 对调味酱、即食类、熟食类、饮料等食品的致病菌进行限量, 其中沙拉酱的致病菌限量标准为沙门氏菌不得检出, 金黄色葡萄球菌 5 个采样样品中最多有 2 个样品允许检出, 且最大限值不可超过 1 000 CFU/g (mL)<sup>[17]</sup>。

实验采用外源添加致病菌的方法, 研究了电子束辐照对市购商品沙拉酱中致病菌的杀灭效果。由表 2 看出, 电子束对致病菌沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏菌的杀灭效果良好, 大肠埃希氏菌对辐照最为敏感, 其后依次为金黄色葡萄球菌、沙门氏菌, 1 kGy 电子束辐照处理可以降低致病菌 3~6 个 log。因要保证电子束辐照处理中有致病菌检出, 研究中外源添加致病菌基数较高, 远高于自然商品状态情况。根据结果推算, 如自然商品的初始致病菌为 10<sup>3</sup> 水平时, 1 kGy 电子束辐照处理可将致病菌完全杀灭。

表 2 电子束辐照后沙拉酱中致病菌的存活情况

Table 2 Survival of pathogenic bacteria in salad dressing after electron beam irradiation Log CFU/g

| 辐照剂量 /kGy | 鼠伤寒沙门氏菌                | 大肠埃希氏菌                 | 金黄色葡萄球菌                |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0         | 6.71±0.19 <sup>a</sup> | 6.86±0.11 <sup>a</sup> | 5.93±0.13 <sup>a</sup> |
| 1         | 2.97±0.14 <sup>b</sup> | 0.80±0.10 <sup>b</sup> | 2.10±0.10 <sup>b</sup> |
| 2         | 1.23±0.14 <sup>c</sup> | n.d.                   | n.d.                   |

注: n.d. 表示未检出。

Note: n.d. indicates not detected.

除致病菌导致的食品安全风险外, 微生物污染引起的食品腐败变质也是影响食品卫生质量和

保质期的关键因素。由表 3 看出, 本研究所用的商品沙拉酱中大肠菌群没有检出, 菌落总数、霉菌和酵母的水平较低, 电子束辐照后菌落总数、霉菌和酵母即不再检出。实验过程中因定期检测, 沙拉酱开封, 但室温 (15~18 °C) 放置 40 d 后, 辐照处理的沙拉酱仍无菌落总数、霉菌和酵母、大肠菌群检出。

表 3 电子束辐照沙拉酱的微生物水平变化

Table 3 Changes of microorganism level in salad dressing irradiated by electron beam

| 时间/d | 辐照剂量 /kGy | 菌落总数 (CFU/g) | 霉菌和酵母 (CFU/g) | 大肠菌群 (MPN/g) |
|------|-----------|--------------|---------------|--------------|
| 0    | 0         | 10           | 10            | <3           |
|      | 1         | <10          | <10           | <3           |
|      | 2         | <10          | <10           | <3           |
| 40   | 0         | 15           | 10            | <3           |
|      | 1         | <10          | <10           | <3           |
|      | 2         | <10          | <10           | <3           |

沙拉酱营养丰富, 且不耐加热和高温, 致病菌的控制目前主要依靠化学方法, 为减少化学合成防腐剂的应用, 满足人们对食品天然、绿色、安全的需求, 天然抑菌活性物质较多用于沙拉酱抑菌保鲜的研究, 如胡椒精油<sup>[18]</sup>、肉桂精油<sup>[19]</sup>、乳酸链球菌素 (nisin)<sup>[20]</sup>、丁香精油<sup>[21]</sup>、牛至精油<sup>[21-22]</sup>。但天然防腐剂的研究还处于抑菌活性研究阶段, 存在精油风味影响沙拉酱风味<sup>[19]</sup>、抑菌效果因沙拉酱产品配方变化而变化<sup>[20]</sup>等问题, 限制了天然防腐剂在沙拉酱抑菌中的生产应用。脉冲电场处理作为一种物理冷杀菌方法, 也有报道用于沙拉酱杀菌处理, 34 kV/cm 脉冲电场处理 45.7 μs, 沙拉酱中添加的乳杆菌可减少 7 log 以上, 显著延长沙拉酱的冷藏保质期, 但单一脉冲电场处理后, 沙拉酱中的微生物有恢复现象, 需要协同瞬时热处理才可避免微生物修复滋生, 31.8 kv/cm 脉冲电场处理 45.7 s, 然后在 67.2~73.6 °C 条件下加热 24 s, 可杀灭沙拉酱中添加的乳杆菌, 室温下储存 11 个月后仍无乳杆菌检出<sup>[23]</sup>。辐照也是一种物理冷杀菌技术, 操作起来更为简单方便, 已广泛用于食品杀菌保鲜<sup>[3]</sup>, 本研究结果看出, 电子束辐照对沙拉酱中的致病菌有良好的杀灭效果, 也可有效抑制微生物滋生, 在沙拉酱杀菌保鲜中有很好的应用潜力。

### 2.2 电子束辐照后沙拉酱色泽品质的变化

色泽是沙拉酱质量标准的重要指标，反映产品的优劣<sup>[24]</sup>。色拉酱辐照后室温放置 40 d 时，不同处理间产品色泽肉眼观察无可见差异。色差仪测定结果表明，未辐照 0 kGy 处理的 L 值、b 值、a 值分别为 84.69、13.39、-2.42，其中 L 值、b 值不同处理间无显著差异，a 值则不同处理间差异显著，1 kGy、2 kGy 辐照处理的 a 值分别为 -2.57、-2.66，表明辐照导致沙拉酱红绿色泽参数由红轴趋向绿轴（图 1）。

### 2.3 电子束辐照后沙拉酱质构品质的变化

适宜稳定的黏度状态是沙拉酱的一个重要物性指标<sup>[25]</sup>。表 4 看出，电子束辐照后沙拉酱的硬度、稠度有所增加，黏聚性和黏性降低，剂量越

大，变化幅度越大，1 kGy 处理与未辐照处理无显著差异，但 2 kGy 处理的硬度、稠度、黏聚性和黏性与未辐照处理和 1 kGy 处理均表现显著差异。

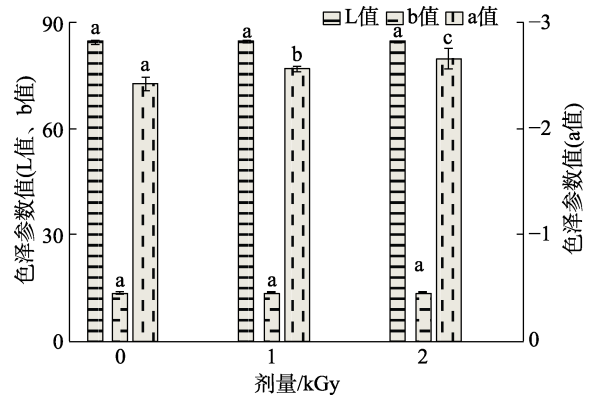


图 1 电子束辐照沙拉酱室温放置 40 d 时的色泽参数 (L、a、b)  
Fig.1 Color parameters (L, a and b) of salad dressing irradiated by electron beams at room temperature for 40 days

表 4 电子束辐照沙拉酱的质构参数变化

Table 4 Changes in texture of salad dressing irradiated by electron beam

| 辐照剂量/kGy | 硬度/g                     | 稠度/g.sec                    | 黏聚性/g                     | 黏性/g.sec                   |
|----------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 0        | 196.16±4.78 <sup>a</sup> | 2 501.88±58.25 <sup>a</sup> | -226.18±6.90 <sup>a</sup> | -522.13±7.29 <sup>a</sup>  |
| 1        | 209.90±4.47 <sup>a</sup> | 2 693.64±84.74 <sup>a</sup> | -241.99±6.49 <sup>a</sup> | -546.80±16.69 <sup>a</sup> |
| 2        | 216.14±3.46 <sup>b</sup> | 2 823.55±47.43 <sup>b</sup> | -251.79±8.26 <sup>b</sup> | -579.68±11.46 <sup>b</sup> |

注：同一列中的不同字母表示在 P<0.05 水平上有显著性差异。

Note: The different letters indicate significant difference at the level P < 0.05.

### 2.4 电子束辐照后沙拉酱风味品质的变化

色拉酱辐照后室温放置 40 d 时，测得的电子鼻分析数据进行主成分分析 (PCA)。由图 2 看出，主成分 PC1 贡献率为 96.1%，PC2 贡献率 3.4%，两个主成分累积贡献率为 99.5% (超过 70%)，说明 PC1 和 PC2 能够反映样品的整体信息。2 kGy 及以下剂量辐照对沙拉酱风味影响不大，0 d 时，0、1、2 kGy 处理的分布区域互有交叉，其中 2 kGy 处理和 0 kGy 的距离相比 1 kGy 处理较远，证明剂量越高，与未辐照处理间的差异越大，但 2 kGy 处理并未对样品风味产生明显影响。沙拉酱在常温放置期间，风味变化较大，0 d 和 20 d、40 d 的处理距离较远，没有交叉重叠，20、40 d 的处理有交叉重叠，相同放置时间的不同处理间差别较小，和 0 d 时相同。风味雷达图分析发现，不同放置时间的沙拉酱在 WSS 探头上的响应值有明显差异 (图 3)。

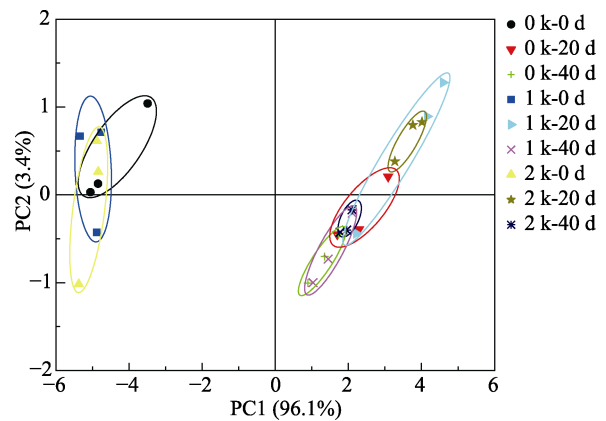


图 2 电子束辐照沙拉酱风味变化的 PCA 分析

Fig.2 PCA analysis of flavor changes of salad dressing irradiated by electron beam

### 2.5 电子束辐照对沙拉酱感官评价指标的影响

感官评分结果表明，电子束辐照对沙拉酱的

色泽、体态无显著影响，但对香气、滋味影响较大。电子束辐照导致香气、滋味分值下降，且剂量越高，下降幅度越大。统计分析结果表明，1 kGy 剂量电子束辐照沙拉酱的香气、滋味与未辐照处理差异不显著，而 2 kGy 剂量电子束辐照沙拉酱的香气分值显著低于未辐照处理，滋味分值显著低于未辐照和 1 kGy 辐照处理 (表 5)。

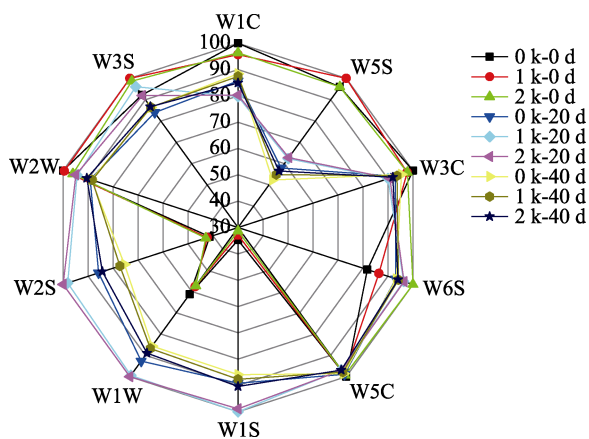


图 3 电子束辐照沙拉酱的风味雷达图

Fig.3 Flavor radar image of salad dressing irradiated by electron beam

表 5 电子束辐照对沙拉酱感官评分的影响

Table 5 Effect of electron beam irradiation on sensory evaluation of salad dressing

| 辐照剂量/kGy | 色泽                     | 体态                     | 香气                      | 滋味                     |
|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0        | 9.40±0.22 <sup>a</sup> | 9.50±0.17 <sup>a</sup> | 9.30±0.21 <sup>a</sup>  | 8.50±0.31 <sup>a</sup> |
| 1        | 9.30±0.26 <sup>a</sup> | 9.60±0.16 <sup>a</sup> | 9.20±0.20 <sup>ab</sup> | 8.30±0.26 <sup>a</sup> |
| 2        | 9.40±0.27 <sup>a</sup> | 9.50±0.17 <sup>a</sup> | 8.50±0.37 <sup>b</sup>  | 6.10±0.53 <sup>b</sup> |

注：同一列中的不同字母表示在  $P < 0.05$  水平上有显著性差异。

Note: The different letters indicate significant difference at the level  $P < 0.05$ .

沙拉酱一种高油脂调味料，植物油在沙拉酱产品配方中占有较大比例，通常在 30%~70%<sup>[26]</sup>，一般沙拉酱的含油量在 50%以上<sup>[25]</sup>。高油脂食品辐照易产生辐照异味，原因在于辐照可促进食品中的脂肪氧化，产生不良风味，这在肉制品上已有较多报道<sup>[27]</sup>。剂量是影响辐照异味程度的关键因素，辐照方式也可影响某些食品辐照异味的程度，如风干火腿的辐照异味随辐照剂量加大而增强，同样剂量条件下，电子束辐照的异味程度低于钴源  $\gamma$  射线辐照<sup>[4]</sup>。因此，辐照导致脂肪氧化可能是沙拉酱辐照后香气、滋味不良改变的原因，适宜的辐照剂量是影响沙拉酱辐照杀菌中产品香气、滋味的关键因素。

### 2.6 电子束辐照对沙拉酱稳定性的影响

稳定性是沙拉酱质量的重要指标，沙拉酱的乳化状态会受到环境条件影响而造成乳化破坏，出现不同程度的油水分离状态，振动、冷却、加热、高温、压力、运输等<sup>[25]</sup>。油脂析出的量越少，破乳花费的时间越久则沙拉酱的品质就越好<sup>[16]</sup>。另外，沙拉酱是一种高脂肪类食品，其稳定体系

很容易受氧化作用而遭到破坏<sup>[28]</sup>。本研究采用离心乳析率指标对沙拉酱稳定性进行评定，发现沙拉酱样品 5 000 r/min 离心 30 min 后，所有处理均无上清液析出，表明研究所用沙拉酱稳定性良好，2 kGy 及以下剂量辐照处理对沙拉酱的稳定性无影响。

### 3 结论

随着沙拉酱消费的普及，沙拉酱的安全问题和品质稳定性越来越重要，冷杀菌技术是沙拉酱产品特性的特殊要求。黄锐之等采用物理冷杀菌的辐照技术，对实验室自制加工的沙拉酱经 3 kGy 剂量 <sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线辐照，发现辐照处理后沙拉酱稳定性进一步提高，保质期得到延长，4~10 °C 下可冷藏 5 个月<sup>[29]</sup>。本研究发现，电子束辐照作为一种低碳高效的新型辐照技术，可有效控制沙拉酱中致病菌，1 kGy 剂量处理的沙拉酱对产品色泽、质构、风味、稳定性无显著影响，开封后室温放置 40 d 后，1 kGy 剂量处理的沙拉酱无菌落总数、大肠菌群、霉菌和酵母检出，色泽、质构、风味、稳定性指标与未辐照处理无明显差别，可用于沙拉酱杀菌保鲜。

### 参考文献：

[1] 辛松林. 沙拉酱的研究进展与开发[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(26): 134-136.  
XIN S L. Research progress and development on salad sauce[J]. Food Research and Development, 2014, 35(26): 134-136.

[2] 吴方英. 沙拉酱的研究现状及进展[J]. 绿色科技, 2019, 20: 156-158.  
WU F Y. Current situation and research advances of salad dressing[J]. Journal of Green Science and Technology, 2019, 20: 156-158.

[3] 高美须, 陈浩, 刘春泉, 等. 食品辐照技术在中国的研究和商业化应用[J]. 核农学报, 2007(6): 606-611.  
GAO M X, CHEN H, LIU C Q, et al. Researches and commercialization of food irradiation technology in China[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2007(6): 606-611.

[4] 吴庆, 孔秋莲, 戚文元, 等.  $\gamma$  射线和电子束辐照对意式风干火腿色泽和脂质氧化的影响[J]. 上海农业学报, 2013, 29(2): 38-42.  
WU Q, KONG Q L, QI W Y, et al. Effects of  $\gamma$ -ray/electron beam irradiation on odor and lipid oxidation of prosciutto[J]. Acta Agriculturae, 2013, 29(2): 38-42.

[5] 使用重铬酸银剂量计测量  $\gamma$  射线水吸收剂量标准方法: JJG 1028-91[S]. 北京: 中国计量出版社, 1991.  
Standard method for measuring water absorbed dose of  $\gamma$  ray using silver dichromate dosimeter: JJG 1028-91[S]. Beijing: China

- Metrology press, 1991.
- [6] 辐射加工剂量测量系统的选择和校准导则: GB/T 16640—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
Standard guide for selection and calibration of dosimetry systems for radiation processing: GB/T 16640—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [7] 食品安全国家标准食品微生物学检验沙门氏菌检验: GB 4789.4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National food safety standard microbiological examination of food microbiological analysis *Salmonella* examination: GB 4789.4—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [8] 食品安全国家标准食品微生物学检验大肠埃希氏菌计数: GB 4789.38—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.  
National food safety standard microbiological examination of food microbiological analysis *Escherichia coli* count: GB 4789.38—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [9] 食品安全国家标准食品微生物学检验金黄色葡萄球菌检验: GB 4789.10—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National food safety standard microbiological examination of food microbiological analysis *Staphylococcus aureus* examination: GB 4789.10—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [10] 食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定: GB 4789.2—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National food safety standard microbiological examination of food microbiological analysis Aerobic plate count: GB 4789.2—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [11] 食品安全国家标准食品微生物学检验大肠菌群计数: GB 4789.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National food safety standard microbiological examination of food microbiological analysis Coliforms count: GB 4789.3—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [12] 食品安全国家标准食品微生物学检验霉菌和酵母计数: GB 4789.15—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National food safety standard microbiological examination of food microbiological analysis Moulds and yeasts count: GB 4789.15—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [13] BORTNOWSKA G, BALEIKO J, SCHUBE V, et al. Stability and physicochemical properties of model salad dressings prepared with pregelatinized potato starch[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2014, 111: 624-632.
- [14] 沙拉酱: SB/T 10753—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.  
Salad dressing: SB/T 10753—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [15] 罗晓莉, 张沙沙, 曹晶晶, 等. 美味牛肝菌风味沙拉酱的研制[J]. *食品工业科技*, 2017, 3: 206-210.  
LUO X L, ZHANG S S, CAO J J, et al. Study on the technique of *boletus edulis* Bull. flavor salad dressing[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 3: 206-210.
- [16] 阮雁春, 彭旭东, 杨丹. 花生蛋白水解物对色拉酱贮藏稳定性的影响[J/OL]. *食品与发酵工业*: 1-7 [2021-04-11]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025896>.  
RUAN Y C, PENG X D, YANG D. Effect of peanut protein hydrolysate on the storage stability of salad sauce[J/OL]. *Food and Fermentation Industries*: 1-7 [2021-04-11]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025896>.
- [17] 食品安全国家标准食品中致病菌限量: GB 29921—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.  
National food safety standard Limit of pathogenic bacteria in food: GB 29921—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [18] MYSZKA K, SCHMIDT M T, MAJCHER M, et al.  $\beta$ -Caryophyllene-rich pepper essential oils suppress spoilage activity of *Pseudomonas fluorescens* KM06 in fresh-cut lettuce [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 83: 118-126.
- [19] MONU E A, TECHATHUVABAB C, WALLIS A, et al. Plant essential oils and components on growth of spoilage yeasts in microbiological media and a model salad dressing[J]. *Food Control*, 2016, 65: 73-77.
- [20] CASTRO M P, ROJAS A M, CAMPOS C A, et al. Effect of preservatives, tween 20, oil content and emulsion structure on the survival of *Lactobacillus fructivorans* in model salad dressings [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2009, 42: 1428-1434.
- [21] RIBES S, FUENTES A, BARAT J M. Effect of oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*) and clove (*Eugenia spp.*) nanoemulsions on *Zygosaccharomyces bailii* survival in salad dressings[J]. *Food Chemistry*, 2019, 296: 630-636.
- [22] CATTELAN M G, NISHIYAMA Y P DE O, GONCALVES T M V, et al. Combined effects of oregano essential oil and salt on the growth of *Escherichia coli* in salad dressing[J]. *Food Microbiology*, 2018, 73: 305-310.
- [23] LI S Q, ZHANG H Q, JIN T Z, et al. Elimination of *Lactobacillus plantarum* and achievement of shelf stable model salad dressing by pilot scale pulsed electric fields combined with mild heat[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2005, 6: 125-133.
- [24] 邸一桓, 赵山山, 郝光飞, 等. 不同贮藏温度下沙拉酱货架期总菌落数和品质变化规律研究[J]. *中国调味品*, 2019, 44(1): 36-39+57.  
DI Y H, ZHAO S S, HAO G F, et al. Study on the change law of total colony number and quality of salad dressing in shelf life under difference storage temperatures[J]. *China Condiment*, 2019, 44(1): 36-39+57.
- [25] 曹燕. 沙拉酱及其乳化与黏度的影响因素分析[J]. *农产品加工*, 2021, 1: 48-50.  
CAO Y. Analysis of factors affecting the emulsification and viscosity of salad dressing[J]. *Farm Products Processing*, 2021, 1: 48-50.
- [26] 葛瑞宏, 黄清吉, 黄仕群, 等. 棕榈油基沙拉酱的制备[J]. *粮油食品科技*, 2011, 19(5): 52-57.  
GE R H, HUANG Q J, HUANG S Q, et al. Preparation of palm oil-based salad dressing[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2011, 19(5): 52-57.
- [27] BREWER M S. Irradiation effects on meat flavor: a review[J]. *Meat Sci*, 2009, 81, 1-14.
- [28] 张彩霞, 牛琛, 柳泽琢也, 等. 沙拉酱品质稳定性及其营养风味的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(21): 220-224.  
ZHANG C X, NIU C, YANAGISAWA T, et al. Research progress on the quality stability and the nutritional flavor of Mayonnaise [J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(21): 220-224.
- [29] 黄锐之, 林秀煌, 徐笔峰. 沙拉酱的稳定性及其保质期[J]. *核农学通报*, 1997, 18(1): 24-25.  
HUANG R Z, LIN X H, XU B F. Stability and shelf life of salad dressing[J]. *J. Nucl. Agric. Sci.*, 1997, 18(1): 24-25. ☉
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。