

文章编号:1000-8551(2012)05-0786-06

电子束辐照对鱿鱼发酵食品及其配料 微生物和感官特性的影响

柳贤德¹ 朴伶华²

(1. 海南大学农学院,海南 海口 570228;2. 海南医学院基础医学部,海南 海口 571199)

摘要:为使电子束辐照在 Jeotkal 食品产业中得到广泛利用,对鱿鱼 Jeotkal 发酵食品及配料实施电子束辐照后,分析了鱿鱼 Jeotkal 发酵食品及配料的微生物和官能特性。结果表明,电子束处理前鱿鱼 Jeotkal 好氧菌数为 2.88logCFU/g,经 5kGy 处理后,下降为 1.76logCFU/g;酵母和霉菌及大肠杆菌初期污染度分别为 3.04logCFU/g 和 4.20logCFU/g,经 5kGy 辐照后,下降到 1.27 和 1.34logCFU/g,降低 2~3log cycle。辣椒粉辐照处理前好氧菌数为 4.07logCFU/g,酵母菌和霉菌为 3.91logCFU/g,大肠杆菌为 4.34logCFU/g。辣椒粉经 5kGy 辐照后,好氧菌及酵母菌和霉菌显示为 ND。蒜糜中初期好氧菌数为 4.41logCFU/g,酵母及霉菌为 4.48logCFU/g,大肠杆菌为 4.32logCFU/g;经 5kGy 电子束辐照后好氧菌、酵母及霉菌、大肠杆菌都显示为 ND。电子束不仅对鱿鱼 Jeotkal 微生物具有显著的杀菌效果,而且没有引起鱿鱼 Jeotkal 的 pH 和官能特性的变化。因此,电子束杀菌技术在低盐或发酵食品储藏工艺中具有很好的应用前景。

关键词:鱿鱼 Jeotkal; 电子束辐照; 微生物; 官能特性

EFFECT OF ELECTRON BEAM ON THE MICROBIOLOGICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF SQUID JEOTKAL AND ITS INGREDIENTS

LIU Xian-de PIAO Ling-hua

(1. College of Agriculture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228;

2. College of Preclinical Medicine, Hainan Medical University, Haikou, Hainan 571199)

Abstract: A seasoned squid Jeotkal, Koran traditional fermented seafood, and its ingredients for manufacturing, including red hot pepper powder and ground garlic were irradiated by 0, 0.5, 1, 2 and 5kGy electron beam and stored at 4°C for 4 weeks to determine the changes of microorganisms and sensory characteristics. The initial contamination of squid Jeotkal such as total aerobic bacteria, yeast and mold, and coliform bacterial were at the levels of 2.88, 3.04, and 4.20logCFU/g, respectively. However, 5kGy electron beam irradiation reduced the total aerobic bacteria about 1logCFU/g. Yeast and mold and coliform bacterial were reduced 1~2logCFU/g after 2kGy irradiation and reached to undetected level when the sample was irradiated at 5kGy and following storage at 4°C for 4 weeks. Sensory characteristics showed that 5kGy electron beam irradiation did not adversely affect overall acceptability of squid Jeotkal and its ingredients during 4°C storage. Therefore, electron beam irradiation is one of the possible methods to improve storage stability of seasoned squid Jeotkal.

Key words: squid Jeotkal; electron beam irradiation; microorganisms; sensory

收稿日期:2011-04-17 接受日期:2011-07-21

作者简介:柳贤德(1979-),男,吉林延吉人,讲师,主要从事动物性食品安全方面的研究。Tel:0898-66279047;E-mail:xiande_liu79@hotmail.com

通讯作者:朴伶华(1980-),女,黑龙江海林人,讲师,主要从事食品病原菌对人体生理影响方面的研究。Tel:0898-66893740;E-mail:plh0708@hotmail.com

韩国的传统发酵食品以酱类、泡菜类和 Jeotkal 类为主,其中 Jeotkal 是一种以水产类动物的肌肉和内脏为主要原材料,通过添加大量食盐后发酵而成的传统食品^[1,2]。水产类动物作为 Jeotkal 的原材料具有很高的营养价值,但同时也具有容易腐败、储藏难等缺点^[3]。考虑原料的特性和储藏时间,传统方法会在 Jeotkal 制作过程中添加 25% 的食盐,但随着咸味和钠含量的增高,引起高血压、心脏麻痹等疾病的系数也相应升高^[1,3]。近些年,随着人们对健康食品的关注,Jeotkal 中食盐含量从 25% 降到了 8% 以下,但低盐 Jeotkal 保质期都非常短^[4-6]。为此,很多食品企业在低盐的 Jeotkal 中通过添加一些乳酸钠或柠檬酸钠等防腐剂以延长保存时间,但使用防腐剂延长 Jeotkal 保质期仍具有很大的局限性^[7]。有研究指出, γ -射线、功能性包装材料、降低水分活性和辣椒粉灭菌方法都能有效提高 Jeotkal 保质期^[8-11],其中 γ 射线辐照是利用⁶⁰Co 或¹³⁷Cs 作为能源,通过对食品中的病原菌释放能量,获得灭菌效果的杀菌技术。 γ 射线杀菌技术的优点是不受温度和压力的影响,对产品可进行连续性处理^[12,13]。

电子束同 γ 射线一样,也属于辐照杀菌的一种。作为冷处理杀菌技术,电子束具有处理时间短、效果好、处理前后食品温度没有明显变化等特点^[14]。电子束虽比 γ 射线穿透率低,但也具有处理后食品成分变化小、不需要搬运或设置放射性同位素、费用低廉等优点,是可代替 γ 射线的辐照技术^[13]。本文通过研究电子束对鱿鱼 Jeotka 微生物和感官的影响,以期能使电子束在 Jeotkal 食品产业中得到广泛利用。

1 材料与方法

1.1 样品准备和电子束辐照处理

1.1.1 样品 试验主要材料鱿鱼 Jeotkal 及辣椒粉、蒜糜等配料均来自韩国 Jeotkal 食品公司(H 社)。

1.1.2 电子束辐照 试验样品均是利用 ELV 8 type 电子加速器(2.5 MeV, 1 mA)进行照射。辐照过程采用 cellulose triacetate (CTA) dosimeter 进行剂量跟踪。辐照台上采用聚乙烯袋(polyethylene bag, 14 × 20cm)包装的样品以 1.5cm 厚度铺开,进行辐照。试验共设 5 组,分别以 0、0.5、1、2、5kGy 剂量进行辐照处理,每处理 3 个重复。辐照后的样品在 4℃ 储藏 0、1、2 及 4 周,并对不同储藏时间段的鱿鱼 Jeotka 微生物及感官评价进行分析。

1.2 样品水分活性和 pH 值测定

鱿鱼 Jeotkal 及配料 1g 中加 9ml 的蒸馏水进行匀浆,利用过滤纸进行过滤后,采用 pH 测定仪(Orion 520 A, Boston, MA, USA)进行分析。

样品的水分活性采用水分活性测定仪(Thermoconstanter, Novasina, FA/KA, Switzerland)进行分析,鱿鱼 Jeotkal 及配料 20g 装在样品杯中,30 min 以上无数值变化的时间点作为最终的水分活性度。

1.2.1 杀菌效果分析 采用韩国食品工典中食品微生物分析法对电子束处理后不同储藏期的鱿鱼 Jeotkal 及配料的好氧菌、酵母菌、霉菌及大肠杆菌菌数进行测定。每处理称取 10g 样品放入 90ml 生理盐水(0.85% NaCl)中,采用 Bag mixer[®](Model 400, Interscience, France)混合 2min,混合液稀释 10 倍后接种到培养板。好氧菌菌数测定采用 Total Plate Count agar(TPC, Difco Laboratories, Sparks, MD, USA);酵母菌和霉菌菌数测定采用 Yeast & Mold agar(YM agar, Difco Laboratories, Sparks, MD, USA);大肠杆菌菌数测定采用 Eosin Methylene blue agar(EMB, Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)。好氧菌和大肠杆菌培养板 37℃ 培养箱中培养 48h;酵母菌和霉菌培养板 25℃ 培养箱中培养 5d,然后对形成的菌落进行计数。

1.3 感官评价

鱿鱼 Jeotkal 经电子束辐照后,以消费者喜好为基准进行感官评价。11 位对食品官能特性有经验的分析员,以 9 点刻度法,对色、香、味、异味、组织感及综合喜好进行评价,1 分为最差,9 分为最好。配料辣椒粉和蒜糜进行电子束辐照处理后,对配料的色、香及综合喜好采用上述感官评价法进行了分析。

1.4 统计分析

结果采用 SAS software(ver. 9.1, SAS Institute Inc.)统计学软件进行统计分析,显著性采用 Duncan 法评价。

2 结果与分析

2.1 水分活性

结果显示电子束处理前后,鱿鱼 Jeotkal 及配料的水分活性基本没有变化。处理后鱿鱼 Jeotkal 的水分活性为 0.89(处理前);辣椒粉为 0.56(处理前);蒜糜为 0.99(处理前)。

2.2 电子束的杀菌效果

电子束处理前鱿鱼 Jeotkal 好氧菌数为 2.88logCFU/g;5kGy 处理后,下降为 1.76logCFU/g。鱿鱼 Jeotkal 中酵母和霉菌及大肠杆菌初期污染度分

别为 3.04logCFU/g 和 4.20logCFU/g; 经 2kGy 辐照处理后, 下降到 2.44 和 2.25logCFU/g, 降低了 1~2 log cycle (表 1)。鱿鱼 Jeotkal 中好氧菌、酵母和霉菌、大肠杆菌的 D_{10} 值分别为 0.23、0.36 和 0.62。

表 1 4℃冷藏过程中, 电子束辐照对鱿鱼 Jeotka 中微生物生长的影响

Table 1 Effect of electron beam irradiation on the growth of microorganisms (logCFU/g) of Squid Jeotka during storage at 4℃

微生物 microorganism	贮藏时间 storage time (周)	辐照剂量 irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1	2	5
好氧菌 total aerobic bacteria	0	2.88 ^y ± 0.61	2.53 ± 1.74	2.60 ± 0.53	2.17 ± 0.79	1.76 ± 0.55
	1	3.76 ^{ax} ± 0.24	3.19 ^b ± 0.27	2.91 ^{bc} ± 0.25	2.67 ^c ± 0.51	2.18 ^d ± 0.19
	2	3.64 ^{ax} ± 0.44	3.52 ^a ± 0.32	1.48 ^b ± 1.72	1.43 ± 0.96	ND ¹⁾
	4	3.70 ^{ax} ± 0.48	3.65 ^a ± 0.47	3.35 ^{ab} ± 1.04	2.42 ^{bc} ± 0.33	1.50 ^c ± 1.01
酵母和霉菌 yeast and mold	0	3.04 ^a ± 0.31	2.87 ^a ± 0.31	2.37 ^a ± 0.32	2.44 ^a ± 0.33	1.27 ^{bsy} ± 0.88
	1	4.02 ^a ± 0.69	2.37 ^{bc} ± 1.62	3.36 ^{ab} ± 0.79	2.72 ^{abc} ± 0.39	1.38 ^{esy} ± 0.94
	2	4.33 ^a ± 1.22	4.05 ^{ab} ± 1.02	3.20 ^{abc} ± 0.66	2.67 ^{bc} ± 0.87	2.24 ^{ex} ± 0.70
	4	4.14 ^a ± 0.96	4.12 ^a ± 0.37	3.64 ^a ± 0.77	2.14 ^b ± 1.45	ND ^y
大肠杆菌 coliform	0	4.20 ^{ax} ± 0.25	2.79 ^b ± 0.89	2.32 ^{bc} ± 0.17	2.25 ^{bc} ± 0.37	1.34 ^{esy} ± 1.11
	1	3.25 ^{ay} ± 0.27	2.46 ^a ± 1.65	2.96 ^a ± 0.82	2.41 ^a ± 0.14	2.59 ^{ax} ± 0.37
	2	3.72 ^{axy} ± 0.50	3.90 ^a ± 0.45	3.76 ^a ± 0.50	2.71 ^{ab} ± 0.40	2.11 ^{bsy} ± 1.48
	4	4.09 ^{ax} ± 0.10	2.53 ^a ± 1.77	2.49 ^a ± 1.67	2.21 ^a ± 1.62	ND ^{by}

注: 1) ND 指 <10 无法检测到微生物数量; 同种微生物同列数字后不同字母表示 0.05 水平差异显著。下表同。

Note: ND means viable cell was not detected at a detection limit at <10. In the same column of the same micro-organism, dates with different letters means significant difference at 0.05 levels. The same as the following tables.

辣椒粉辐照处理前好氧菌数为 4.07logCFU/g, 酵母菌和霉菌为 3.91logCFU/g, 大肠杆菌为 4.34logCFU/g (表 2)。辣椒粉经 0.5kGy 处理后, 好氧菌数下降 1log; 2kGy 处理后下降 2~3log。辣椒粉中好氧菌、酵母和霉菌、大肠杆菌的 D_{10} 值分别为 0.78、0.75 和 0.63。

表 2 4℃冷藏过程中, 电子束辐照对辣椒粉中微生物生长的影响

Table 2 Effect of electron beam irradiation on the growth of microorganisms (log CFU/g) of red hot pepper powder during storage at 4℃

微生物 microorganism	贮藏时间 storage time (周)	辐照剂量 irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1	2	5
好氧菌 total aerobic bacteria	0	4.07 ^a ± 0.93	3.10 ^{ab} ± 0.29	2.75 ^{bc} ± 0.58	1.91 ^{cdy} ± 0.57	ND ^{d1)}
	1	4.88 ^a ± 1.12	3.52 ^b ± 0.75	3.00 ^b ± 0.46	3.00 ^{bx} ± 0.64	2.34 ^b ± 1.23
	2	3.71 ^a ± 0.33	3.15 ^b ± 0.25	3.00 ^b ± 0.31	3.15 ^{bx} ± 0.25	2.40 ^c ± 0.33
	4	3.74 ^a ± 0.30	2.21 ^{ab} ± 1.50	3.12 ^{ab} ± 0.18	2.30 ^{absy} ± 1.74	1.23 ^b ± 1.44
酵母和霉菌 yeast and mold	0	3.91 ^a ± 0.74	2.74 ^{aby} ± 0.45	2.15 ^b ± 0.43	1.86 ^b ± 1.24	ND ^c
	1	4.13 ^a ± 1.17	3.15 ^{abx} ± 0.13	2.89 ^b ± 0.21	2.27 ^b ± 0.14	ND ^c
	2	3.66 ^a ± 0.22	3.24 ^{abx} ± 0.17	2.83 ^b ± 0.30	2.78 ^b ± 0.44	ND ^c
	4	3.49 ^a ± 0.53	3.04 ^{ax} ± 0.31	2.83 ^a ± 0.40	2.87 ^a ± 0.93	ND ^b
大肠杆菌 coliform	0	4.34 ^{ax} ± 0.27	2.95 ^{bsy} ± 0.12	2.46 ^{bc} ± 0.39	2.44 ^{bc} ± 0.47	2.11 ^c ± 0.67
	1	3.77 ^{axy} ± 0.33	2.43 ^{aby} ± 1.68	2.65 ^{ab} ± 0.28	2.66 ^{ab} ± 0.36	1.19 ^b ± 1.02
	2	2.97 ^{ay} ± 0.21	3.51 ^{ax} ± 0.53	2.86 ^a ± 0.47	2.62 ^a ± 0.34	1.27 ^b ± 0.95
	4	3.44 ^{xy} ± 0.58	2.08 ^z ± 1.41	2.33 ± 1.58	2.18 ± 1.56	1.69 ± 1.15

蒜糜中初期好氧菌数为 4.41logCFU/g, 酵母及霉菌为 4.48logCFU/g, 大肠杆菌为 4.32logCFU/g, 经 5kGy 电子束处理后好氧菌、酵母及霉菌、大肠杆菌都显示为 ND (表 3)。蒜糜中好氧菌、酵母和霉菌、大肠杆菌的 D_{10} 值分别为 1.24、1.01 和 1.22。

表 3 4℃冷藏过程中,电子束辐照对蒜糜中微生物生长的影响

Table 3 Effect of electron beam irradiation on the growth of microorganisms (logCFU/g) of ground garlic during storage at 4℃

微生物 micro-organism	贮藏时间 storage time(周)	辐照剂量 irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1	2	5
好氧菌 total aerobic bacteria	0	4.41 ^{ax} ± 0.06	3.33 ^{bx} ± 0.12	1.65 ^{cx} ± 0.25	ND ^d	ND ^{d1)}
	1	2.38 ^y ± 1.60	2.08 ^{xy} ± 1.09	2.31 ^x ± 0.89	1.74 ± 2.05	ND
	2	2.66 ^{xyz} ± 0.59	ND ^{by}	ND ^{by}	ND ^b	ND ^b
	4	1.19 ^{az} ± 0.96	ND ^{by}	ND ^{by}	ND ^b	ND ^b
酵母和霉菌 yeast and mold	0	4.48 ^{ax} ± 0.07	3.72 ^{bx} ± 0.44	1.95 ^{cx} ± 0.09	1.32 ^{dx} ± 0.34	ND ^e
	1	4.61 ^{ax} ± 0.40	3.48 ^{ax} ± 2.33	1.19 ^{bx} ± 0.85	1.24 ^{bx} ± 0.86	ND ^b
	2	2.39 ^{ay} ± 1.68	1.07 ^{aby} ± 0.15	ND ^{aby}	ND ^{aby}	ND ^b
	4	2.44 ^{ay} ± 1.86	2.37 ^{axy} ± 1.61	1.46 ^{axy} ± 0.98	ND ^{aby}	ND ^b
大肠杆菌 coliform	0	4.32 ^{ax} ± 0.29	3.29 ^{ax} ± 0.27	1.55 ^b ± 1.10	ND ^b	ND ^b
	1	2.68 ^{axy} ± 1.86	1.22 ^{aby} ± 0.87	1.22 ^{ab} ± 0.87	ND ^{ab}	ND ^b
	2	2.39 ^{axy} ± 1.65	1.07 ^{by} ± 0.83	ND ^b	ND ^b	ND ^b
	4	1.75 ^{ay} ± 1.26	1.82 ^{axy} ± 1.36	ND ^b	ND ^b	ND ^b

表 4 4℃冷藏过程中,电子束辐照对鱿鱼 Jeotkal pH 的影响

Table 4 Effect of electron beam irradiation on the pH of Squid Jeotkal during storage at 4℃

贮藏时间 storage time(周)	辐照剂量 irradiation dose (kGy)				
	0	0.5	1	2	5
0	5.76 ^{abx} ± 0.005	5.76 ^{bx} ± 0.005	5.76 ^{abx} ± 0.005	5.77 ^{ax} ± 0.005	5.76 ^{abx} ± 0.005
1	5.69 ^{cy} ± 0.000	5.68 ^{cy} ± 0.005	5.71 ^{by} ± 0.005	5.71 ^{by} ± 0.005	5.72 ^{ay} ± 0.005
2	5.66 ^{bz} ± 0.005	5.67 ^{aby} ± 0.005	5.66 ^{bz} ± 0.005	5.68 ^{az} ± 0.005	5.63 ^{cz} ± 0.005
4	5.65 ^{cz} ± 0.005	5.67 ^{by} ± 0.000	5.64 ^{cz} ± 0.005	5.68 ^{az} ± 0.005	5.64 ^{cz} ± 0.011

一般鱿鱼 Jeotkal 的 pH 范围为 5.5 ~ 6.5, 研究表明电子束辐照并未引起鱿鱼 Jeotkal pH 变化(表 4)。

2.3 官能特性

电子束辐照前后, 鱿鱼 Jeotkal 的官能特性评价差异不明显(表 5)。

3 讨论

在同样的储藏时间段, 辐照剂量越高, 对 Jeotkal 的杀菌效果越好。Song 等^[13]曾报道, Bajirak Jeotkal 中接种 10⁷CFU/g 的 *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* 及 *Vibrio parahaemolyticus*, 经 γ 射线处理后 D₁₀ 值分别为 0.85、0.83 和 0.25kGy。此前的牛肉和猪肉储藏试验也指出电子束可有效抑制肉中微生物增殖, 有显著的杀菌效果^[14,15]。

各个主要配料的微生物污染度对最终产品的食品安全性有着直接的联系, 因此可通过配料的杀菌或配方的调控提高最终产品的微生物安全性。Jo^[8]等指出通过对辣椒粉的杀菌或增加本身带有抗菌能力的配料如大蒜的配比, 都能提高鱼卵 Jeotkal 的微生物安全性

及储藏性能。经测定本试验所用辣椒粉的水分活性为 0.56, 这种条件一般对微生物增殖极其不利, 但辣椒粉的好氧菌、酵母和霉菌、大肠杆菌初期污染度分别为 4.07、3.91 和 4.34CFU/g。从结果可以看到辣椒粉在食品流通环节中微生物安全管理比较困难^[16,17]。随着辐照剂量的增加, 电子束显著提高蒜糜的微生物安全性。有趣的是, 在没有进行电子束处理组中, 蒜糜中微生物随储藏时间也减少了 2 ~ 3log, 这个现象可能跟大蒜本身带有的抗菌能力有关^[16, 18, 19]。鱿鱼 Jeotkal、辣椒粉和蒜糜中好氧菌、酵母和霉菌、大肠杆菌的 D₁₀ 值都不相同, 这可能跟食品和调料中水分活性的差异相关。电子束 5kGy 处理的样品中, 随着贮藏时间的增加, 微生物数量级反而减少, 这归因于辐照后效果 (post-irradiation effect), 相似的结果也曾在其他论文中出现^[9]。鱿鱼 Jeotkal、辣椒粉、蒜糜中总菌数按照食品卫生法规应该控制在 10⁶CFU/g 以下, 大肠杆菌显示为阴性。

电子束辐照剂量的增加并没有影响鱿鱼 Jeotkal 的 pH 值。

辐照杀菌在食品加工上受局限的最大原因是异味 (off-flavor)。辐照过程中, 产生的自由基与食品中的

表5 4℃冷藏过程中,电子束辐照对鱿鱼官能特性的影响

Table 5 Sensory scores of electron beam-irradiated Squid Jeotka during storage at 4℃

贮藏时间 storage time(周)	官能特性 sensory parameter	辐照剂量 irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1	2	5
0	color(颜色)	5.33 ± 0.98	5.25 ± 0.87	5.33 ± 0.98	5.33 ± 0.98	5.33 ± 0.98
	odor(气味)	5.33 ± 0.78	5.33 ± 0.78	5.33 ± 0.78	5.33 ± 0.89	5.33 ± 0.78
	taste(味道)	5.58 ± 0.90	5.25 ± 1.22	5.16 ± 1.27	5.00 ± 1.41	5.08 ± 1.38
	off-flavor(异味)	4.41 ± 2.19	4.41 ± 2.19	4.33 ± 2.19	4.33 ± 2.19	4.41 ± 2.19
	texture(质地)	5.16 ± 1.19	5.00 ± 1.35	4.91 ± 1.38	5.00 ± 1.71	5.16 ± 1.34
	acceptability(喜好度)	5.41 ± 0.79	5.16 ± 1.11	4.91 ± 1.08	5.16 ± 1.11	5.25 ± 1.06
1	color(颜色)	5.50 ± 0.85	5.30 ± 0.67	5.30 ± 0.95	5.50 ± 0.85	5.50 ± 0.85
	odor(气味)	5.30 ± 1.06	5.10 ± 0.88	5.40 ± 0.97	5.30 ± 1.06	5.30 ± 1.06
	taste(味道)	5.40 ± 1.17	5.30 ± 0.95	5.00 ± 1.33	4.80 ± 1.40	4.80 ± 1.23
	off-flavor(异味)	5.10 ± 1.20	5.10 ± 1.12	5.30 ± 1.25	5.30 ± 1.34	5.30 ± 1.06
	texture(质地)	5.60 ± 1.07	5.30 ± 1.25	5.40 ± 1.17	4.90 ± 1.10	4.60 ± 1.58
	acceptability(喜好度)	5.50 ± 1.08	5.50 ± 1.08	5.20 ± 1.40	5.00 ± 1.15	4.70 ± 1.25
2	color(颜色)	5.50 ± 1.18	5.40 ± 0.52	5.70 ± 1.06	5.70 ± 1.06	5.70 ± 1.06
	odor(气味)	4.90 ± 1.29	5.10 ± 1.10	4.90 ± 0.99	5.10 ± 1.10	5.20 ± 1.14
	taste(味道)	5.00 ± 1.49	4.80 ± 1.69	5.30 ± 1.42	5.40 ± 1.17	5.20 ± 1.23
	off-flavor(异味)	5.10 ± 0.99	5.40 ± 1.58	5.40 ± 1.35	5.50 ± 1.43	5.30 ± 1.34
	texture(质地)	5.20 ± 1.32	4.90 ± 1.85	4.90 ± 1.91	5.00 ± 1.76	5.00 ± 1.33
	acceptability(喜好度)	5.40 ± 1.17	5.00 ± 1.70	5.20 ± 1.62	5.10 ± 1.45	5.10 ± 1.37
4	color(颜色)	5.42 ± 0.79	5.57 ± 0.79	5.28 ± 1.25	5.14 ± 1.35	5.28 ± 1.25
	odor(气味)	5.42 ± 0.53	5.57 ± 0.79	5.71 ± 0.76	5.85 ± 0.69	5.57 ± 0.79
	taste(味道)	5.28 ± 1.11	6.00 ± 1.15	5.71 ± 0.76	5.28 ± 1.60	5.42 ± 1.40
	off-flavor(异味)	5.71 ± 1.38	5.85 ± 1.21	5.85 ± 1.21	5.28 ± 0.95	5.28 ± 0.95
	texture(质地)	5.57 ± 0.79	5.42 ± 1.27	5.85 ± 0.90	5.28 ± 0.95	5.42 ± 1.27
	acceptability(喜好度)	5.14 ± 0.90	5.85 ± 0.90	5.42 ± 0.98	5.14 ± 1.07	5.14 ± 1.07

注:1:官能特性评价选11位对食品官能特性有经验的分析员利用9分刻度法实施(1:强烈不可接受,9:强烈接受)。异味分析刻度1为无异味,9为异味强烈。表中数据为平均值±标准偏差。

Note: 1: Sensory analysis was performed using 9 point hedonic scale (1: strongly unacceptable, 9: strongly acceptable) with 11 sensory panelists. For off-flavor score was used as 1, no off-flavor, 9, very strong off-flavor. Dates in the table were mean ± standard deviation.

脂肪或蛋白质反应,会引起异味的产生和食品品质的下降。本试验中电子束并没有引起异味的产生,即使在5kGy高剂量下储藏4周,也没有发现异味的产生。此前的研究也指出电子束2kGy以下的低剂量不引起新鲜猪肉和干鱿鱼官能特性的变化^[20,21]。

通过对电子束辐照组和对照组进行4周的冷藏试验并进行比较,可知随辐照剂量的增加杀菌或抑菌效果更明显,而且显著延长了贮藏时间,但不引起官能特性的变化。

4 结论

电子束是一种既不引起食品温度变化,又不影响食品官能特性的有效杀菌技术,即使在5kGy高剂量下也不引起鱿鱼 Jeotkal 的官能特性变化并能有效抑制微生物的繁殖。通过本研究,无论考虑食品安全性或品质,电子束杀菌技术在低盐或发酵食品储藏工艺

中都具有应用前景。

参考文献:

- [1] Kim Y M, Kang M C, Hong J H. Quality evaluation of low salt fermented sea foods [J]. Korean Fish Soc, 1995, 28: 301-308
- [2] Cha S K, Ahn J S, Ahn B H. Searching and preservation of microbial resource from traditional fermented foods [J]. Food Ind Nutr, 2001, 6: 60-66
- [3] Ha S D, Kim A J. Technological trends in safety of Jeotgal [J]. Food Sci Ind, 2005, 38: 46-64
- [4] Ahn H J, Lee C H, Lee K H, et al. Processing of low salted and fermented shrimp using gamma irradiation before optimum fermentation [J]. Korean Food Technol, 2000, 32: 1107-1113
- [5] Han J S, Cho H R, Cho H S. Study for establishment of the quality index of low salted Myungran-jeot [J]. Koran Food Cookery Sci, 2005, 21: 440-446
- [6] Kim D S, Kim Y M, Koo J G, et al. A study of shelf life of seasoned and fermented squid. Bull [J]. Korean Fish Soc, 1993, 26: 13-20
- [7] Kim S M, Lee K T. The shelf-life extension of low-salted Myungran-

- jeot 1. The effects of pH control on the shelf life of low salted Myungran-jeot [J]. Korean Fish Soc,1997, 30: 459 - 465
- [8] Jo C, Kim D H, Lee W D, et al. Application of gamma irradiation on manufacturing Changran jeotgal (aged and seasoned intestine of Alaska Pollack) microbiological and sensory characteristics [J]. Korean Soc Food Sci Nutr,2003, 32: 673 - 678
- [9] Kim B, Jang A, Song H P, et al. Microbiological quality of Myungran Jeotkal and its ingredients and improvement of shelf stability by gamma irradiation[J]. Korean Food Preserv, 2008, 15: 606 - 611
- [10] Lee W D. Recent development of Jeotgal (Traditional Korean fermented sea food) and its future [J]. Food Ind Nutr,2001, 6: 23 - 27
- [11] Louise M F, Paul E C, Alistair S G. The effect of electron beam irradiation, combined with acetic acid, on the survival and recovery of *Escherichia coli* and *Lactobacillus curvatus*. Int [J]. Food Microbiol, 1997, 35: 259 - 265
- [12] Kwon J H. Advances in food irradiation and its potential roles in Korea [J]. Food Hyg Safe,1994, 9: 35 - 49
- [13] Song H P, Kim B, Yun H, et al. Inactivation of 3-strain cocktail pathogens inoculated into Bajirak Jeotkal, salted, seasoned, and fermented short-necked clam (*Tapes pilppinarum*) by gamma and electron beam irradiation [J]. Food Control, 2009, 20: 580 - 584
- [14] Whang K. Effect of different conveyer speed of electron beam irradiation on the oxidative and microbiological stability of ground pork during refrigeration [J]. Korean Food Sci Ani Resour,2003, 23:50 - 55
- [15] Kim W S, Chung M S, Ko Y T. Effects of low dose gamma ray and electron beam irradiation on growth of microorganism in beef during the refrigerated storage [J]. Korean Food Sci Ani Resour, 1998, 18: 232 - 239
- [16] Song B S, Park J N, Kim J H, et al. Quality changes of Kongnamul Muchim (Cooked Soybean Spouts) stored with gamma irradiated red pepper powder [J]. Korean Food Preserv, 2008, 15:642 - 647
- [17] Lee J H, Sung T H, Lee K T et al. Effect of gamma irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder [J]. Food Sci, 2004, 69: 585 - 592
- [18] Sheo H J. The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice[J]. Korean Soc Food Sci Nutr,1999, 28: 94 - 99
- [19] Kim J E, Choi N H, Kang S C. Anti-listerial properties of garlic shoot juice at growth and morphology of *Listeria monocytogenes* [J]. Food Control, 2007, 18: 1198 - 1203
- [21] Ko J K, Ma Y H, Song K B. Effect of electron beam irradiation on the microbial safety and qualities of sliced dried squid [J]. Korean Soc Food Sci Nutr,2005, 34: 433 - 437
- [20] Min J S, Kim I S, Lee M. Effects of electron beam radiation on the microflora and sensory characteristics of pork loin [J]. Korean Food Sci Technol,1999, 31: 746 - 750

(责任编辑 王媛媛)