

## 鲜切西洋芹辐照保鲜的研究\*

高翔<sup>1</sup> 陆兆新<sup>1</sup> 张立奎<sup>1</sup> 郁志芳<sup>1</sup> 张卫东<sup>2</sup>

(南京农业大学食品科技学院,南京,210095) (南京辐照中心,南京,210014)

**摘要** 鲜切菜由于受到机械切割,而使组织裸露,微生物大量侵入,酶的活性升高,极易引起腐败变质。通过对鲜切西洋芹的辐照保鲜研究得出,辐照剂量为1 kGy可有效控制微生物繁殖,使细菌数降低2个数量级,霉菌和酵母菌降低一个数量级,大肠菌群未检出;大大抑制了酶的活力,多酚氧化酶的峰值较对照降低60个活力单位;营养指标良好,贮藏至第6天Vc含量高于对照15%,感官品质优良。

**关键词** 鲜切菜,西洋芹,辐照保鲜

芹菜(*Apium graveolens* L.)属伞形花科的2年生蔬菜,原产地中海沿岸,我国各地均有种植,而且历史悠久,其营养丰富,每100 g鲜品中含蛋白质0.7 g、脂肪0.1 g、碳水化合物5.0 g、膳食纤维1.2 g、Vc 10 mg、V<sub>B1</sub> 1.03 mg、V<sub>B2</sub> 1.2 mg、Ca 37 mg、P 45 mg、Fe 1.4 mg,还含有挥发性芳香油丁基苯酚,这种芳香油具有特殊的清香味,能促进食欲<sup>[1~3]</sup>。

鲜切菜(fresh-cut vegetables)由于新鲜、方便、营养、卫生,而受到消费者的青睐,但鲜切菜由于受到机械切割,失去表皮的保护,使组织裸露,极易引起微生物生长繁殖而腐败变质,从而降低产品的质量,缩短其货架期。辐照能较强杀灭微生物和抑制酶的活性,国外已开始用于鲜切菜的保鲜研究,但国内还未见相关报道。Chervin和Booscan用2 kGy处理切片胡萝卜,结果好氧菌和乳酸菌群被抑制,而且感官评价认为辐射处理的胡萝卜风味良好<sup>[4]</sup>;Farkas等将里斯特菌接入预先切好的胡萝卜和柿子椒中,然后用1 kGy剂量辐射,再贮存在1~16℃下,里斯特菌的活性和数量都降低了<sup>[5]</sup>;Hagenmair和Baker把鲜切生菜的辐射剂量降低至0.19 kGy,在辐射处理8 d后,未辐射处理的生菜上的细菌总数为220 000 cfu/g,而经辐射处理的只有290

cfu/g<sup>[6]</sup>。本实验采用<sup>60</sup>Co-γ射线辐照处理鲜切西洋芹,以探索鲜切菜辐照保鲜的可行性,为鲜切菜辐照保鲜提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

西洋芹,购自南京市卫岗农贸市场,须无病斑、无机械损伤、色泽均匀、大小一致,切菜刀要锋利,包装袋为0.02 mm聚乙烯保鲜袋。对照组(未辐照)、辐照组均设3个重复。

### 1.2 鲜切西洋芹的加工工艺

西洋芹→挑选、整理→清洗→沥水→切割(45°斜切,长4 cm左右)→包装→辐照→贮藏。

### 1.3 辐照与贮存

在江苏省农科院原子能所小钴室辐照,源强 $1.1 \times 10^5$  Bq,辐照剂量率为0.25~0.75 kGy/h,辐照时间2 h,辐照1 h后,上下前后同时翻转,辐照剂量:0.5、1.0、1.5 kGy;剂量测定硫酸亚铁剂量计测定。贮存在4℃冰箱内。

### 1.4 微生物检验

检测项目为细菌、霉菌、酵母菌、大肠菌群,检测方法GB4789—1994。在超净工作台上称取对照和辐照样各25 g,放入事先消

第一作者:硕士研究生,工程师。

\* 国家十五科技攻关重大专项资助(No. 2001BA501A10)

收稿时间:2003-03-05,改回时间:2003-05-30

毒灭菌好的 225 mL 生理盐水中(事先加入 0.2%吐温 80),上下左右摇晃 20 次,其溶液作为供试液,作稀释度  $10^2 \sim 10^3$ 。细菌:营养琼脂培养基,37℃培养 24 h 后计数;霉菌、酵母菌:孟加拉红培养基,28℃培养 72 h 后开始计数;大肠菌群(倾注法)DC 单料、DC 双料培养基,37℃培养 24 h 后做乳糖发酵证实试验,37℃培养 24 h,查 MPN 表。

### 1.5 理化指标检验

总糖:蒽酮比色法; $V_c$ 测定:2-6 二氯酚酚滴定法;多酚氧化酶测定:分光光度法;呼吸强度测定:静置法;固形物含量测定:折光糖量仪法;失重测定:称重法。

### 1.6 感官指标评定

对不同处理不同贮藏期的鲜切西洋芹,根据色泽、褐变、气味和组织状态 4 个方面按

9 分制法<sup>[7]</sup>进行评分,有差距的酌情扣分。

## 2 结果与讨论

### 2.1 辐照对鲜切西洋芹微生物的杀灭效果

从表 1 可以看出,微生物对辐照表现出不同的敏感性,随着辐照剂量的增加,对微生物的杀灭效果增强。其中细菌在 1 kGy 辐照剂量以上降低 2 个数量级,在保质期内,微生物数控制在  $10^5$  以下;大肠杆菌对辐照更为敏感,1 kGy 以上即可完全杀灭。4℃下贮藏,随着贮藏期的延长,大肠菌群数逐渐减少,这是大肠杆菌不耐低温所致;霉菌和酵母菌对辐照的抗性相应要强一些,但在 1 kGy 以上辐照处理也要降低一个数量级,但随着贮藏期的延长,增加很快,这可能是“辐照的损伤修复”。

表 1 辐照对鲜切西洋芹微生物的杀灭效果

贮藏时间 /d	菌检项目	辐照剂量/kGy			
		CK	0.5	1.0	1.5
0	细菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$3.2 \times 10^6$	$2.5 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	$2.3 \times 10^2$
	霉菌和酵母菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$3.5 \times 10^3$	$4.0 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$1.6 \times 10^2$
	大肠菌群/mPN·g <sup>-1</sup>	$4.3 \times 10^0$	$4.0 \times 10^{-1}$	未检出	未检出
3	细菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$6.5 \times 10^5$	$2.1 \times 10^5$	$4.5 \times 10^4$	$4.6 \times 10^3$
	霉菌和酵母菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$1.5 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$	$6.6 \times 10^2$	$1.8 \times 10^2$
	大肠菌群/mPN·g <sup>-1</sup>	$3.6 \times 10^0$	$2.0 \times 10^{-1}$	未检出	未检出
6	细菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$1.6 \times 10^6$	$4.0 \times 10^5$	$2.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^3$
	霉菌和酵母菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$3.6 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$	$1.0 \times 10^3$	$4.0 \times 10^2$
	大肠菌群/mPN·g <sup>-1</sup>	$7.0 \times 10^{-1}$	未检出	未给出	未检出
9	细菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$8.0 \times 10^6$	$3.9 \times 10^5$	$4.6 \times 10^4$	$6.5 \times 10^3$
	霉菌和酵母菌/cfu·g <sup>-1</sup>	$4.5 \times 10^4$	$3.5 \times 10^4$	$6.4 \times 10^3$	$4.0 \times 10^3$
	大肠菌群/mPN·g <sup>-1</sup>	$4.0 \times 10^{-1}$	未检出	未检出	未检出

注:cfu 为菌落单位,MPN 为最大可能数。

### 2.2 辐照对鲜切西洋芹多酚氧化酶(PPO)活力的影响

从图 1 可以看出,辐照使 PPO 的活性受到了抑制,其峰值也低于对照组,1 kGy 辐照处理的样品尤其明显,其峰值较对照组降低 60 U。0.5 kGy 辐照处理的第 9 天高于对照,可能是低剂量的辐照虽对 PPO 的活性起到抑制作用,但不够明显,使峰值推迟出现,同时对对照组也腐败变质,酶的活力降低。通过抑制酶的活性,可以降低鲜切西洋芹中营养物质的损耗,阻止品质劣变,增强其耐贮性,从

而延长保存期。

### 2.3 辐照对鲜切西洋芹呼吸强度的影响

鲜切菜的货架期一般 6 d 左右,本实验选取第 6 d 测定呼吸强度,具有其代表性。图 2 表明,经辐照处理,鲜切西洋芹的呼吸作用减弱非常明显,对照样品呼吸强度是辐照处理的 3~6 倍,以 1、1.5 kGy 辐照处理效果最好。呼吸作用减弱有利于减慢鲜切西洋芹营养物质的消耗,提高其耐贮性。同时,呼吸作用减弱,使鲜切西洋芹的蒸腾作用减弱,包装袋中湿度减小,不利于微生物的生长繁殖。

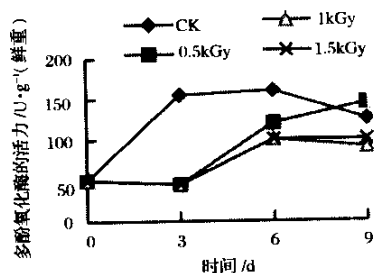


图1 辐照对鲜切西洋芹中多酚氧化酶活力的影响

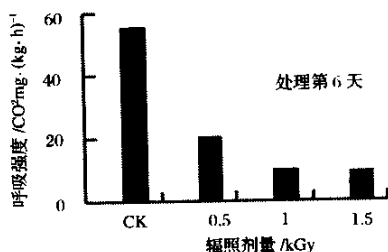


图2 辐照对鲜切西洋芹呼吸强度的影响

## 2.4 辐照对鲜切西洋芹 Vc 含量的影响

图3显示,各处理鲜切西洋芹 Vc 含量均下降,但下降的速度存在差异,经辐照处理后下降较为缓慢,贮藏第6天, Vc 含量明显高于对照,其中 1kGy 辐照处理最为明显,高于对照样品 15%,至第9天 Vc 含量趋于一致。Vc 很容易被氧化,西洋芹被切割后与氧气的接触面积增大, Vc 损失一半以上。低剂量辐照对 Vc 影响不大,在辐照时可以通过包装,隔绝氧气,以减少 Vc 的损失。

## 2.5 辐照对鲜切西洋芹总糖含量(以葡萄糖计)的影响

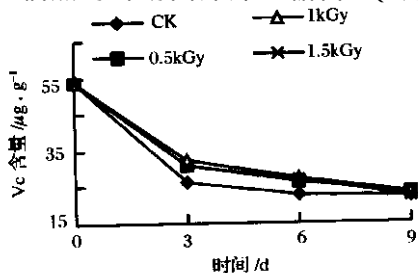


图3 辐照对鲜切西洋芹中 Vc 含量的影响

## 糖%计)的影响

图4显示,各处理总糖含量均增加,辐照处理的鲜切西洋芹在贮藏至第6天出现一个峰值,随着辐照剂量的增加,而峰值降低;对照组增加的较为缓慢,未出现峰值,从贮藏第3天开始不断增加,这说明消耗代谢大于合成代谢。影响总糖含量的因素较为复杂,有待于进一步研究。

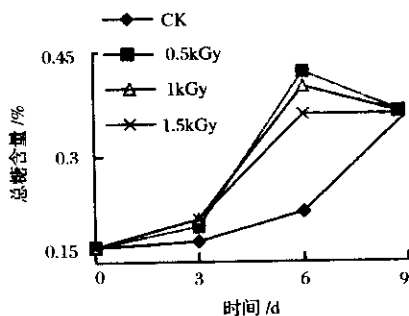


图4 辐照对鲜切西洋芹中总糖含量的影响

## 2.6 辐照对鲜切西洋芹固形物含量的影响

图5表明,各处理可溶性固形物含量均先增加后减少,都有一个峰值,辐照处理均高于对照样品,其中 1kGy 辐照处理的最高。固形物含量降低较多是由呼吸消耗所致,不利于保藏。

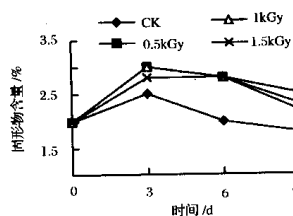


图5 辐照对鲜切西洋芹固形物含量的影响

## 2.7 辐照对鲜切西洋芹失水率的影响

图6显示,西洋芹经切割后,用 0.02 mm 聚乙烯保鲜袋包装,在 4℃ 条件下贮藏 9 d,失水率均较低,差异不显著。1kGy 辐照处理失水率最小,可能是对照组与 0.5kGy 辐照处

理,呼吸作用、蒸腾作用较大,而 1.5kGy 在辐照处理过程中水分过多蒸发。

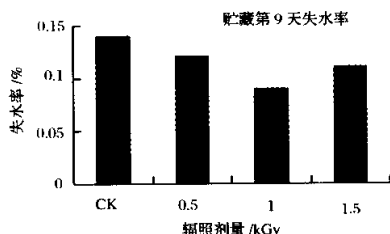


图 6 辐照对鲜切西洋芹失水率的影响

## 2.8 辐照对鲜切西洋芹感官指标的影响

从表 2 可以看出,1 kGy 辐照处理的感官品质最好,0.5、1.5 kGy 辐照处理的次之,对照组最差。对照组从贮藏第 3 天开始褐变,切割面上出现黑色斑点,至第 6 天已失去食用价值,0.5 kGy 由于辐照剂量不够,微生物没有得到有效控制,酶活性依然较高,由此引起品质降低,而 1.5 kGy 辐照处理,剂量偏

表 2 鲜切菜西洋芹感官品质评定

剂量 /kGy	时间/d			
	0	3	6	9
0.5	9	9	8	7
1.0	9	9	9	9
1.5	9	9	8	7
CK	9	7	5	4

大,虽能有效杀灭微生物、抑制酶的活性,但引起鲜切菜失水、黄化,嫩度降低、感官品质下降。

## 3 结 论

确定鲜切西洋芹辐照剂量 1 kGy,有利于控制微生物的生长、繁殖,使得微生物指标降低 2 个数量级,贮藏第 9 天,微生物还控制在  $10^5$  以内,从而保证了鲜切菜货架期内的品质安全。辐照大大抑制了酶的活力,从而减少褐变和呼吸作用,提高了可溶性固形物含量,降低失水率,从而提高了鲜切西洋芹的保鲜效果。 $V_c$  含量在贮藏第 6 天高于对照 15%,总糖含量变化正常,说明辐照对鲜切菜的营养价值、组织结构无破坏作用。

## 参 考 文 献

- 1 浙江农业大学主编. 蔬菜栽培学各论(南方本). 北京:农业出版社,1982
- 2 刘铭吉,赵万里编著. 芹菜栽培技术. 天津:天津科学技术出版社,1984
- 3 罗教信. 食品信息,1998(4):39
- 4 Chervin C, Booscan P. J Food Sci, 1994, 59:361~395
- 5 Farkas J, Saray T, Mohacsi C F et al. Adv Food Sci, 1997, 19:111~119
- 6 Hagenmair R D, Baker R A. J Food Sci, 1997, 63:162~164
- 7 King G A, Henderson K G, Lill R E. Sciential Horticulture, 1987, 31:11~16

# Study on Irradiation Preservation Technique of Fresh-cutting Celery

Gao Xiang<sup>1</sup> Lu Zhaoxin<sup>1</sup> Zhang Likui<sup>1</sup>

Yu Zhifang<sup>1</sup> Zhang Weidong<sup>2</sup>

<sup>1</sup> College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210095)

<sup>2</sup> Nanjing Radiation Center, Nanjing, 210014)

**ABSTRACT** The quality of the celery is usually lowered by the mechanical cutting, which leads to the increased microorganism growth and enzyme's activity for tissues exposed. The results of the work on irradiation preservation technique of the fresh-cut celery showed that the dose of 1kGy can effectively decrease the number of bacteria by order of  $10^2$ , molds and yeasts by the order of  $10^1$ , and the MPN of the group of coliform lowered to less than 30. The PPO's enzyme's activity was much inhibited and was found 60U lower than the non-irradiated one. Vitamin C ( $V_c$ ) were 15% higher than the non-irradiated one after 6 days storage, and the sensory evaluation was still good condition.

**Key word** fresh-cut, celery, irradiation preservation technique