

北京烤鸭低剂量辐射保鲜研究

王维国 顾永宝 李凤梅 周瑞英

(北京师大低能核物理研究所, 北京)

项力⁽¹⁾ 宋圃菊⁽²⁾ 王惠琴⁽³⁾

邹作华⁽⁴⁾ 耿建群⁽⁵⁾ 孟香琴⁽⁶⁾

摘要 为控制北京烤鸭中的微生物, 使用了冷冻与电离辐射相结合的技术。利用 ^{60}Co γ 射线源在冷冻条件下进行照射, 平均吸收剂量为 2 kGy。经这样处理的烤鸭, 微生物指标达到了部颁标准并且在营养成分、维生素含量等方面与未经辐照的烤鸭无明显差异。经实验证明, 辐照后的北京冷冻烤鸭在卫生安全性方面是完全可靠的。

关键词 辐射, 北京烤鸭, 微生物, 卫生安全性

前言

采用电离辐射杀死或控制食品中的微生物生长早已有人进行了^[1,2]。目前, 应用电离辐射进行食品保藏已被许多国家批准^[3]。虽然高剂量(10 kGy 以上)已被荷兰、美国等批准用于香料灭菌, 而更多的国家只批准使用中剂量和低剂量辐照的食品。

众所周知, 北京烤鸭素负盛名, 但有的工厂的产品细菌指标不合格。本研究是利用低剂量辐射和冷冻相结合的技术来解决这一问题。实验结果表明这种方法是可行的。

材料和方法

(1) 样品: 样品取自北京烤鸭厂。北京鸭经烤制后, 再经冷冻而成北京冷冻烤鸭, 以此作为实验样品。

(2) 检菌: 按照食品检菌法对冷冻北京烤鸭分别在辐照前后进行检菌。

(3) 细菌 D_{10} 值的测定: 将北京烤鸭中的主要污染细菌, 即芽孢杆菌和大肠杆菌分别培养成 $10^7/\text{ml}$ 浓度, 以鸭体作为载体进行不同剂量的照射, 然后测定辐照后的细菌存活数, 作出每种细菌的剂量-存活曲线并确定其 D_{10} 值。

(4) 辐照: 北京烤鸭经冷冻后一般保存在大约 -25°C , 用 ^{60}Co γ 射线照射, 一般样品在研究结果选定的剂量(2 kGy)下照射, 样品温度可以在 -10°C 左右, 最高不能超过 -2°C 。为使吸收剂量更均匀, 采取两面辐照的办法。为避免再污染, 烤鸭要用无毒塑料(一般用聚乙烯)进行包装。

(5) 吸收剂量测量: 将冻烤鸭放在 $31 \times 35 \times 15 \text{ cm}$ 的辐照箱内进行照射, 用丙氨酸/ESR 自由基剂量计测量箱内各点剂量, 以便得出平均剂量, 剂量分布和剂量均匀性。(此丙氨酸剂量计经中国剂量科学研究院用硫酸亚铁标准剂量计进行刻度, 100 Gy 传递误差 $\pm 1.5\%$)。

(1) 项力: 北京市卫生防疫站; (2) 宋圃菊: 北京医大; (3) 王惠琴: 首都医学院; (4) 邹作华: 北京食品研究所; (5) 耿建群: 北京营养源研究所; (6) 孟香琴: 中科院生物物理所。

- (6) 营养成分分析：用荧光分光光度计对维生素 B₁ 进行测定，激发波长 365 nm₀、发射波长 435 nm；用荧光分光光度计对 B₂ 进行测定，激发波长 440 nm，发射波长 560 nm；用干燥法对水份进行分析；粗蛋白分析用凯氏定氮法；粗脂肪分析用酸水解法；脂肪酸用气相色谱进行分析；氨基酸用高压液相色谱进行分析。
- (7) 动物亚慢性毒性试验和细胞染色体畸变分析：90 天喂养试验所用实验动物为军事医学科学院提供的 Wistar 品系的断乳大鼠；骨髓细胞染色体畸变分析也用上述大鼠；睾丸染色体分析用昆明种断乳小鼠。
- (8) Ames 诱变实验^[4,5]采用 X_{AD-2} 树脂吸附提取致突变活性物质方法。X_{AD-2} 树脂系美国产，由卫生部食品卫生监督检验所提供。试验菌株系鼠伤寒沙门氏菌组氨酸缺陷性菌株 T_{A97}，T_{A98}，T_{A100}，T_{A102}，由中国预防医学科学院卫生研究所提供。S-9 由北京医科大学提供。

结 果 和 讨 论

1. 烤鸭中主要细菌的抗辐射性

按照卫生部颁发的食品卫生标准，对杂菌和大肠杆菌提出了限量。杂菌中以芽孢菌最耐辐射，我们选择鸭体中的芽孢菌和大肠杆菌来研究其抗辐射性，以便选择合适的剂量。短小芽孢杆菌经辐照后，吸收剂量和细菌存活数的关系列于表 1。

以上结果经回归方程 $Y = A \cdot 10^{Bx}$ 程序处理，得到 $A = 10^8$ $B = -0.6$ 、 $r = -0.99$ ，这里 Y 为细菌存活数、X 为吸收剂量、A 为辐照前的细菌数、B 为回归系数、r 为相关系数。可以得到短小芽孢杆菌 (*B. Pumilus*) 的 D₁₀ 值为 1.79

表 1 芽孢杆菌存活数和吸收剂量的关系
Table 1 The relationship of the survival B. Pumilus to the absorbed dose

吸收剂量 (kGy) Absorbed dose(kGy)	平均存活数(个/ml) Average survival number (number/ml)
0	6.7×10 ⁷
1	3.6×10 ⁷
2	7.2×10 ⁶
3	2.6×10 ⁶
4	6.8×10 ⁵
5	1.0×10 ⁵

表 2 E. Coli 存活数和吸收剂量的关系
Table 2 The relationship of the Survival E. Coli to the absorbed dose

吸收剂量 (kGy) Adsorbed dose(kGy)	平均存活数(个/ml) Avarage survival number (number/ml)
0	3.84×10 ⁷
0.2	9.4×10 ⁶
0.5	4.0×10 ⁵
0.8	2.8×10 ³
1.0	4.7×10 ²

kGy。将上述方程取对数有 $\log y = \log A + BX$ 代入上述数值有 $\log y = 8 - 0.6x$ 。这个方程即短小芽孢杆菌的剂量存活曲线，(如图 1)。

对于大肠杆菌 (*E. Coli*)，吸收剂量和存活数的关系示于表 2。

以上结果经回归方程处理，有

$$A = 6.5 \times 10^7, B = -5.1 \quad r = -0.99$$

可以得出 *E. Coli* 的 D₁₀ 值为 0.19 kGy，

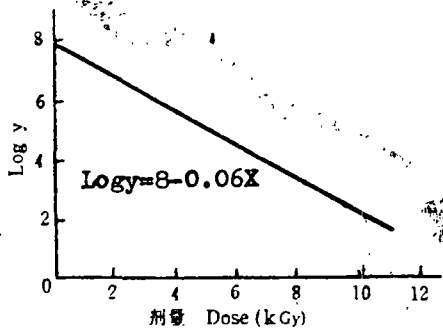


图 1 B. Pumilus 的剂量——存活曲线
Fig. 1 Survival-dose curve for B. Pumilus

同样可以得到方程 $\log y = 7.8 - 5.1x$ 。即 *E.Coli* 的剂量存活曲线(示于图2)。

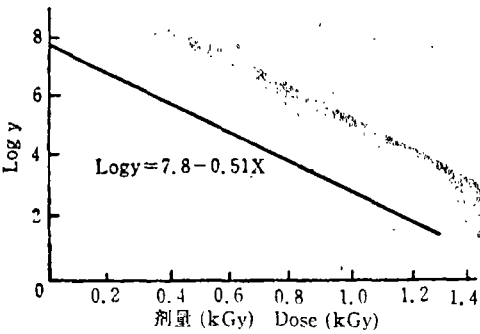


图2 *E. coli* 的剂量——存活曲线
Fig. 2 Survival-dose curve for *E. coli*

根据初检结果, 未经辐照的冻烤鸭大肠杆菌多达 2000~5000/100 g, 而杂菌含量多达 5500/g, 因而, 要使辐照后的冷冻鸭达到部颁卫生标准, 我们选择最佳剂量为 2 kGy, 经实验验证, 这个剂量是适宜的。

2. 吸收剂量测量

对 31×35×15 cm 的辐照箱中剂量分布进行了测量, 测量结果如下:

平均吸收剂量: 1973.5 ± 219 Gy; 剂量均匀性: $D_{max}/D_{min} = \frac{2320.3}{1525.4} = 1.52$ 。这样的均匀性是符合辐射加工要求的。

3. 营养成分分析

营养成分分析结果见表3。

另外, 对脂肪酸, 18种氨基酸也进行了测量。结果表明, 经辐照后上述成份和未经辐照

表3 烤鸭中的营养成分
Table 3 Nutrition in roast duck

	辐照前 Before irradiation	辐照后 After irradiation
$V_{R1}(\text{mg}/100\text{g})$	0.049	0.048
$V_{R2}(\text{mg}/100\text{g})$	0.037	0.033
水份(%) Water(%)	65.80	65.60
粗蛋白(%) Protein(%)	25.50	25.40
粗脂肪(%) Fat(%)	6.20	5.95

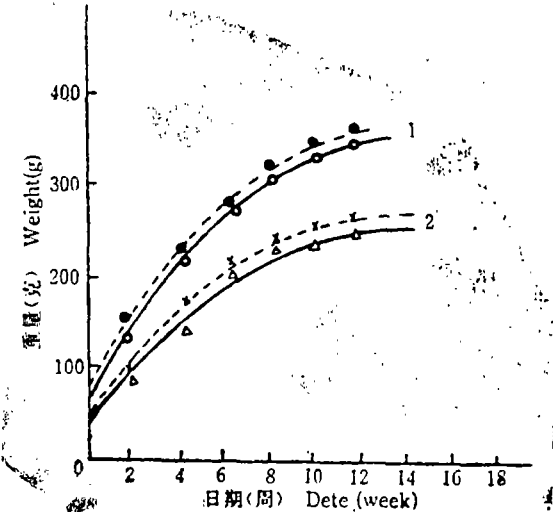


图3 实验动物生长情况
1. 雄 Male, 2. 雌 Female, —实验组 Test group, ...对照组 Control group.
Fig. 3 The body weight of mouse as a function of time

表4 血液化验情况
Table 4. Blood test

	雄鼠 Male		雌鼠 Female	
	红细胞 Red cell ($10^6/\text{mm}^3$)	白细胞 White cell (k/mm^3)	红细胞 Red cell ($10^6/\text{mm}^3$)	白细胞 White cell (k/mm^3)
实验组 Test group	931.9 ± 103	7.92 ± 1.32	803.2 ± 108	6.71 ± 1.25
对照组 Control group	856.4 ± 110	6.81 ± 1.48	905.1 ± 91	7.24 ± 1.76

表 5 内脏生长情况
Table 5 Internal organs test

	心 Heart	肺 Lungs	肝 Liver	脾 Spleen	肾 Kidney
雄 Male (g/100 g)					
实验组 Test group	0.31±0.04	0.48±0.06	3.83±0.23	0.16±0.02	0.64±0.05
对照组 Control group	0.30±0.03	0.46±0.07	3.44±0.32	0.15±0.04	0.70±0.04
雌 Female (g/100 g)					
实验组 Test group	0.33±0.04	0.53±0.08	3.32±0.34	0.18±0.03	0.69±0.05
对照组 Control group	0.35±0.04	0.59±0.08	3.61±0.26	0.18±0.02	0.72±0.06

表 6 骨髓细胞染色体畸变结果
Table 6 Distortion rate of bone Marrow cell Chromosomes

样 品 Sample	观察细胞 Number of observed cells	畸变细胞 Number of distortion cells	畸变率(%) Distortion rate
实验组 Test group	500	8	1.6
对照组 Control group	500	9	1.8

表 7 睾丸细胞染色体畸变率
Table 7 Distortion rate of testis cell Chromosomes

样 品 Sample	观察细胞 Number of observed Cells	畸变细胞 Number of distortion Cells	畸变率(%) Distortion rate
实验组 Test group	150	16	10.6
对照组 Control group	125	14	11.2

的均无明显差别。

4. 动物慢性实验和细胞染色体分析

为评价辐照烤鸭的卫生安全性,进行了 90 天动物喂养的亚慢性实验。对体重、血液、内脏以及细胞染色体畸变率等进行了测量,这些指标在实验组和对照组之间均未发现有统计学上的明显差异。部分实验结果示于图 3,表 4、表 5、表 6、表 7。

对动物的各脏器经 10% 甲醛固定后,按常規程序进行切片,染色显微镜检查,结果是:(1)心脏:心外膜、心内膜及心肌细胞未见异常,心肌间质略疏松,有散在漏出性出血。两组(实验组和对照组)间未见明显不同。(2)肝脏:结构完整,肝小叶分叶较清,部分肝细胞轻度混浊肿胀,少数动物肝细胞轻度脂肪变性。两组间未见明显差异。(3)脾脏:结构完整,红白髓分界清楚,脾窦内可见多数吞噬有含铁血黄素之巨细胞。两组间未见不同。(4)肺脏:肺胸膜未见异常,部分动物肺间质及肺泡内有炎性细胞浸润,肺泡隔内毛细血管扩张充血,少数动物支气管旁

表 8 非代谢活化实验结果
Table 8 Unmetabolic activation test

样 品 Sample	量 Weight (mg)	T _{A97}		T _{A98}		T _{A100}		T _{A102}	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
皮 Skin of duck	100	125	18.1	30	7.8	192	18.2	298	32.6
	200	148	21.9	31	11.3	166	20.8	286	23.1
	400	170	41.0	27	10.3	135	19.4	292	26.3
肉 Body of duck	100	213	27.0	28	9.5	161	14.0	350	25.6
	200	205	19.9	29	11.2	132	31.1	278	22.4
	400	194	32.5	28	6.6	151	23.7	275	35.6
油 Fat of duck	100	181	35.1	30	11.5	149	26.6	310	20.6
	200	181	20.7	27	5.8	182	51.2	297	24.6
	400	166	17.1	32	8.6	187	51.2	323	26.9
回变 Spontaneous mutant		167	19.1	34	7.4	189	21.0	299	22.9
对照 Comparison		167	19.3	33	6.7	190	23.3	303	30.6
阳性 Positive									
对照 Comparison		350		3552		>4000		2400	

表中：回变指自发回变，对照系空白对照，即用未照的烤鸭作对照。 $\bar{X}$ 系平均记数；S系标准偏差。

表 9 烤鸭代谢活化实验结果
Table 9 Metabolic activation test on Beijing Roast Duck

样 品 Sample	量 Weight (mg)	T _{A99}		T _{A98}		T _{A100}		T _{A102}	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
皮 Skin of duck	100	156	19.5	39	1.0	168	37.0	283	16.8
	200	150	14.5	39	1.0	151	26.5	307	38.8
	400	167	9.5	32	10.4	154	28.0	305	24.8
肉 Body of duck	100	174	18.2	36	5.2	140	38.6	294	39.3
	200	167	14.5	36	7.0	151	13.7	300	35.5
	400	166	19.5	31	8.7	155	43.5	284	9.6
油 Fat of duck	100	160	21.4	38	6.8	157	30.5	277	9.5
	200	149	16.2	33	6.7	165	26.2	296	20.4
	400	149	18.2	38	7.5	130	6.8	299	34.9
回变 Spontaneous mutant		165	9.5	39	6.2	169	24.0	349	31.5
对照 Comparison		170	12.0	41	7.6	162	23.5	306	18.5
阳性 Positive									
对照 Comparison		1356		664		1740			

表中：回变系自发回变，对照系空白对照，即用未辐照的烤鸭作对照。 $\bar{X}$ 系平均记数；S系标准偏差。

淋巴结增生，两组间未见差别。(5) 肾脏：皮、髓质分界清楚，部分动物肾曲小管上皮细胞轻度混浊肿胀，偶有间质出血，两组间未见不同。(6) 胃、肠：均未见两组间不同。(7) 睾丸：曲细精管内各期生精细胞及精子较少，两组间所见相同。(8) 卵巢：皮质占全部卵巢的 1/2~2/3，卵泡发育良好。两组间所见基本相同。另外，全部尸检材料实验组与对照组均未见明显差异。

5. Ames 实验

用 X_{AD-2} 树脂吸附提取, 经 Ames 诱变试验, T_{A97}, T_{A98}, T_{A100}, T_{A102} 菌株在非活化和活化条件下检测, 辐照的北京烤鸭未发现有致突变性。实验结果示于表 8、表 9。

6. 品尝试验

为评价辐照冷冻烤鸭的风味, 邀请食品专家、厨师、技术人员和其他人员共 50 余人, 采用双盲法对辐照和未照的烤鸭进行品尝。采取 6 分制, 1、2、3、4、5、6 分分别相应于最差, 较差, 差, 好, 较好, 最好。试验结果是: 未经辐照的烤鸭平均得分 4.78 分, 辐照烤鸭平均得分 5.06 分。可见, 在风味上, 辐照烤鸭稍好于未经辐照的烤鸭。

参 考 文 献

- [1] F. Minsch, Münch Med Wochensch, 5, 101, 9, 202 (1896).
- [2] S. Prescott, C. Science N. S, 20, 246 (1904).
- [3] FAO/IAEA, "Food Irradiation Newsletter", Supplement vol. 11, No. 1, April, 2~15 (1987).
- [4] Ames (何英强译, 宋圃菊校), 沙门氏菌致突变方法的改进, 国外医学卫生学分册, 12 (3), 154 (1985).
- [5] Gastel (赵慧芬译, 徐晋康校), 重复加热食用油的 Ames 试验, 国外医学, 卫生学分册, 12 (3), 186 (1985).

(稿件收到日期: 1987 年 6 月 8 日)

IRRADIATION PRESERVATION STUDY ON BEIJING ROAST DUCK BY LOW DOSE

Wang Weiguo, Gu Yongbao, Li Fengmei and Zhou Ruaying
(Beijing Radiation Center)

ABSTRACT The irradiation technique combined with freezing has been used to control the microorganism in Beijing Roast Duck. Cobal-60 was chosen as γ -ray source. The absorbed dose was 2 kGy on an average. After irradiation, the microbe counts have reached the tolerable. Compared with untreated ducks, the irradiated ones showed no remarkable change in nutrition, chemistry, vitamin etc. It has been proved through tests that the irradiated frozen Beijing Roast Duck is wholesome.

KEY WORDS Irradiation, Beijing roast duck, Microorganism, Wholesomeness