

35种辐照食品人体食用安全性评价研究*

上海市放射医学研究所
上海医科大学公共卫生学院
中国科学院上海原子核研究所

摘要 本文报道了人体90天期间食用35种辐照食品的观察结果。试验对象为70名学医学生和8名职工,随机配对分为试验组(食用辐照食品)和对照组(食用品种相同的普通膳食)。辐照食品包括粮食(大米、面粉、赤豆、黄豆、花生仁)、肉制品(香肠、牛肉干)、蔬菜(马铃薯、卷心菜、黄芽菜、芋艿、茭白、胡萝卜、蘑菇、冬笋、乌笋、菇菇、花菜、刀豆、萝卜、青椒、扁豆、冬瓜、蕃茄、毛豆、荸荠、藕、姜)、水果(桔子、苹果)、干果(红枣、桂圆、莲心)和其它品种(黄花菜、腐竹),共计35种。辐照吸收剂量为0.1~0.8 KGy,剂量不均匀性(最大吸收剂量/最小吸收剂量)为1.34~1.40。辐照食品占总膳食中重量比例为60.3%。实验采用严格的双盲法。90天观察表明:试食者乐意接受,对健康无不良影响,也未见到临床体检、血象、尿常规、血液生化、肝功能、肾功能、内分泌、免疫、多项致突变指标(外周血淋巴细胞染色体数量畸变与结构畸变、姊妹染色单体交换、微核测定、尿Ames试验)等有明显改变。因而认为在本实验条件下辐照食品对人体是安全的。

关键词 辐照食品;安全性评价;人体实验。

前言

辐照保藏食品是一种行之有效的保藏食品新方法,它作为和平利用原子能的一个重要方面受到了许多国家的重视。经过放射线处理过的食品(即辐照食品)能否供人食用?是人们非常关注的问题。三十余年来,国内外对辐照食品的卫生安全性作了大量而深入的研究,普遍未发现不良反应。因而,1980年联合国粮食与农业组织、国际原子能机构和世界卫生组织的辐照食品卫生安全性联合专家委员会确认:“在总平均剂量不超过10 kGy(1×10^6 rad)辐照的任何食品,不会造成毒理学危害……”^[1]鉴于辐照食品人体资料的特殊重要性,上述三个国际组织同时强调了今后“应尽可能系统地收集和评述辐照食品作人类膳食时,对人体健康影响的有关资料”^[1]。为了进一步阐明辐照食品人体食用安全性的评价资料,我们在国内外研究的基础上,于1984年9月至1985年1月对78名志愿者进行了90天食用35种辐照食品的观察研究。

观察对象与研究方法

1. 试食对象

(1) 学生组:本校卫生系学生70名,年龄18~23岁,男性36名,女性34名,经自愿报名、

* 注 参加工作的还有上海医科大学华山医院、基础部、上海市肿瘤研究所等单位。

执笔人:杨家宽。

体格检查、试食6天合格后正式选为试食对象。

(2) 教工组: 本校放射医学研究所和卫生系教工8人, 年龄21~46岁, 男女各半, 其它基本同上。

(3) 分组: 受试者共39对, 每对受试者当众抽签随机分成两组, 其中一组食用辐照食品, 另一组食用品种相同的普通膳食, 其它情况基本相同。

2. 辐照处理

用 ^{60}Co 的 γ 射线进行辐照。其中较高辐照剂量食品: 香肠、牛肉干, 8 kGy; 中剂量食品: 红枣、桂圆、黄花菜, 1.5 kGy, 莲心、腐竹, 1 kGy; 低剂量食品: 米、面粉、黄豆、赤豆、花生仁、苹果、桔子、蘑菇, 0.4 kGy, 卷心菜、黄芽菜、芋艿、茭白、萝卜、茹菇、荸荠、冬笋、乌笋、刀豆、花菜、青椒、扁豆、冬瓜、蕃茄、姜、毛豆、胡萝卜、藕, 0.2 kGy, 马铃薯, 0.1 kGy。

剂量不均匀性(最大吸收剂量/最小吸收剂量)为1.34~1.40。

3. 辐照食品

(1) 种类: 共35种, 辐照食品占总膳食中重量比例为60.3%;

(2) 主要营养素情况: 按称重法在试食后每月进行主要营养素计算。试验组蛋白质所供热量占总热量的13.6%, 脂肪占26.4%, 糖占60.0%; 对照组分别为14.4%、23.9%和61.7%。两组间的主要营养素和上述指标均无显著差别。

(3) 辐射距食用时间: 根据食用情况辐照后贮藏7天到半年后才供食用。

4. 观察指标

(1) 一般情况: 逐日记录每位受试者的食欲、食量、对食物的反映、一般生理与患病情况。

(2) 体格检查: 体重、血压、心肺肝脾理学检查、心电图、肝脾超声波。

(3) 血象: 血红蛋白、红细胞压积、白细胞计数及分类、血小板计数。

(4) 尿常规、尿糖检查。

(5) 血液生化测定: 血清总蛋白: 双缩脲法。白蛋白/球蛋白(A/G)比值; 血清蛋白电泳: 聚丙烯酰胺凝胶平板电泳法; 血清胆固醇: 酶法; 血清甘油三脂: 乙酰丙酮法; 血清谷丙转氨酶(GPT): 赖氏法; 血清甲种胎儿蛋白(αFP): 微量法; 血清 γ -谷氨酰转肽酶($\gamma\text{-GT}$): 上海化学试剂研究所药盒; 血清硷性磷酸酶(AKP): 磷酸麝香草酚法; 血清胆硷酯酶: 比色法; 血清尿素氮(BUN): 二乙酰-脲法。

(6) 内分泌指标: 血浆皮质醇: 放射免疫双抗体法, 上海生物制品研究所 ^{125}I -皮质醇放射免疫分析药盒。

(7) 免疫指标: T淋巴细胞测定: 绵羊红细胞自然花环形成试验。B淋巴细胞测定: 酵母多糖补体3复合物花环形成试验。

(8) 致突变试验: ① 外周血淋巴细胞染色体畸变: 数量畸变: 培养72小时, 计数1000只中期分裂象, 观察多倍体数变化; 结构畸变: 培养53小时, 计数100只中期分裂象。② 外周血淋巴细胞姐妹染色单体交换(SCE): 计数25只复制两个细胞周期的细胞。③ 外周血淋巴细胞微核测定(MT): 浓集法: 计数2000只淋巴细胞; 培养法: 计数1000只转化的淋巴细胞。④ Ames试验收集24小时尿样, 采用平皿掺入法。

(2)~(8)项指标均在试食前及试食结束时各做一次。两次操作人员、仪器、试剂与实验条件基本相同。

5. 观察采用双盲法

所有进行指标观察的人员与受试者均不了解何为试验组, 何为对照组, 直到数据统一处理后

才解密。

6. 统计处理

用 Apple II 型电子计算机对所得数据进行统计处理。染色体畸变和微核测定采用配对卡方法, 其它指标用 t 检验法。

结 果

1. 一般情况

两组志愿者食欲如常, 无异味和异觉, 对食物反映良好, 非常乐意接受。感冒等常见疾病发生率两组间无显著差别。

2. 体格检查情况

(1) 体重: 试验结束时两组体重均较试食前显著增加, 但两组间的差别无统计学意义, 试验组试食前、后的差数与对照组试食前、后的差数比较, 也无显著差异, 说明两组体重的增加与辐照食品无关。见表 1。

表 1 体重变化(kg)

Table 1 Follow-up of body weight(Kg)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
辐照组 Irrad. foods	(35)	52.6±6.6	54.4±6.8	2.2±1.5
对照组 Control	(35)	52.5±7.0	54.2±6.5	1.7±1.8

(2) 血压: 两组间试食前后差数比较, 不具统计学意义, 说明食用辐照食品不会引起血压变化。如表 2 所示。

表 2 血压变化(mmHg)*

Table 2 Follow-up of blood pressure(mm Hg)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
收缩压 Systolic				
辐照组 Irrad. foods	(35)	111.1±9.8	115.0±7.6	3.8±8.7
对照组 Control	(35)	112.9±9.7	115.2±13.5	2.3±9.3
舒张压 Diastolic				
辐照组 Irrad. foods	(35)	70.5±7.2	72.1±5.1	1.6±6.8
对照组 Control	(35)	69.7±6.1	72.5±7.2	2.9±6.5

* 非法定计量单位 1mmHg 可换算成 133.322 pa.(目前医学上仍用 mmHg)

表 3 血红蛋白变化(g%)

Table 3 Follow-up of hemoglobin(g%)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
男性 Male				
辐照组 Irrad. foods	(35)	13.8±1.3	14.2±0.7	0.4±1.1
对照组 Control	(35)	14.0±1.5	14.2±0.7	0.2±1.5
女性 Female				
辐照组 Irrad. foods	(35)	12.0±0.8	11.9±0.7	-0.1±0.9
对照组 Control	(35)	11.9±1.0	11.8±1.0	-0.1±1.0

(3) 内科检查: 心电图、肝脾超声波检查均未见异常。

3. 外周血象

(1) 血红蛋白和红细胞压积: 这两项指标因为有性别差异, 故男女分别统计。统计表明, 无论男女, 其试验组和对照组试食前后的变化均无明显差别。见表3、表4。

表4 红细胞压积变化(%)
Table 4 Follow-up of hematocrit(%)

组别 Group	例数 (No.)	试食前 Before M±SD	试食后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
男性 Male				
辐照组 Irrad. foods	(35)	42.0±2.1	42.9±2.2	0.9±2.1
对照组 Control	(35)	42.1±2.0	42.4±2.6	0.3±2.9
女性 Female				
辐照组 Irrad. foods	(35)	34.9±1.1	36.1±1.6	1.2±1.4
对照组 Control	(35)	35.5±3.4	35.9±1.6	0.5±2.9

(2) 白细胞计数及分类(并折算为各种白细胞绝对值):

表5列出了白细胞数以及中性粒细胞与淋巴细胞绝对值检查结果, 均未见到试食前后有明显变化。单核细胞、嗜酸性粒细胞和嗜碱性粒细胞绝对值也是如此。

表5 白细胞数变化(个/mm³)
Table 5 Follow-up of leukocyte count(cells/mm³)

组别 Group	例数 (No.)	试食前 Before M±SD	试食后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
白细胞数 Leukocytes				
辐照组 Irrad. foods	(35)	5990.9±1389.4	5505.7±1668.9	-485.1±1915.5
对照组 Control	(35)	5651.4±1179.8	5477.1±1617.9	-174.3±1669.4
中性粒细胞数 Neutrophils				
辐照组 Irrad. foods	(35)	3901.5±1101.0	3610.2±1311.5	-291.4±1547.4
对照组 Control	(35)	3609.8±1072.3	3701.4±1177.0	91.7±1439.4
淋巴细胞数 Lymphocytes				
辐照组 Irrad. foods	(35)	1741.2±552.7	1588.1±598.9	-153.1±759.8
对照组 Control	(35)	1691.5±594.3	1484.7±616.2	-206.9±779.7

(3) 血小板计数: 也同样未见到有显著改变。见表6。

表6 血小板数变化(10⁴个/mm³)
Table 6 Follow-up of blood platelet count(10⁴/mm³)

组别 Group	例数 (No.)	试食前 Before M±SD	试食后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
辐照组 Irrad. foods	(35)	11.3±2.3	12.2±3.5	0.9±3.9
对照组 Control	(35)	11.0±2.5	11.9±3.0	0.9±4.2

从上述表3~6可见, 食用辐照食品前后不会引起红细胞、白细胞和血小板数等有明显变化, 说明食用辐照食品不会对血象产生不良影响。

4. 尿常规、尿糖检查

两组试食前后均正常。

5. 血液生化测定

结果列于表 7~10。

表 7 血清蛋白变化

Table 7 Follow-up of serum protein

组 别 Group	例数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
总蛋白 Total protein(g%)				
辐照组 Irrad. foods	(35)	8.05±0.50	8.11±0.74	0.06±0.80
对照组 Control	(35)	7.99±0.40	8.26±0.68	0.27±0.74
A/G 比值 Albumin/Globulin				
辐照组 Irrad. foods	(35)	1.73±0.26	1.94±0.31	0.21±0.36
对照组 Control	(35)	1.78±0.30	1.88±0.27	0.10±0.40

表 8 血脂变化(mg%)

Table 8 Follow-up of serum lipids(mg%)

组 别 Group	例数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
胆固醇 Cholesterol				
辐照组 Irrad. foods	(35)	136.5±19.8	122.7±21.4	-13.8±31.2
对照组 Control	(35)	135.6±24.5	124.8±19.0	-10.8±25.3
甘油三脂 Triglyceride				
辐照组 Irrad. foods	(35)	68.3±22.4	65.5±19.6	-2.9±26.0
对照组 Control	(35)	78.0±27.2	66.6±18.9	-11.4±32.8

表 9 胆碱酯酶变化(u)

Table 9 Follow-up of Cholinesterase(u)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
辐照组 Irrad. foods	(35)	60.51±14.67	67.19±9.85	6.68±16.29
对照组 Control	(35)	61.17±12.43	66.11±10.74	4.94±10.52

由表 7、8、9 可见, 试食前后对血清总蛋白含量、A/G 比值、胆固醇、甘油三脂和胆碱酯酶活性均不引起明显改变, 说明食用辐照食品对蛋白质和脂肪代谢以及某些重要的酶活性无不良影响。

表 10 列出了某些肝功能和肾功能指标变化数据。GPT 和 α -FP 两组在试食前和试食后均为正常。 γ -GT 和 AKP 在试食前后, 两组的差数相比, 也不具统计学意义。仅有 BUN 指标, 两组在试食后均有所增高, 但食用辐照食品组增高数值较大, 且和对照组试食前后差数比较有统计学意义($P<0.05$), 由于试食前辐照组的数值就明显低于对照组, 故这种差别尚不能认为与食用辐照食品有关。

6. 内分泌指标

其血浆皮质醇数据如表 11 所示, 两组试食前后的变化也没有统计学意义, 说明内分泌功能没有明显改变。

表 10 某些肝功能和肾功能变化
Table 10 Follow-up of hepatic and renal function

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
GPT(u)				
辐照组 Irrad. foods	(35)	<30	<30	
对照组 Control	(35)	<30	<30	
α-FP				
辐照组 Irrad. foods	(35)	—	—	
对照组 Control	(35)	—	—	
γ-GT(u)				
辐照组 Irrad. foods	(35)	15.81±12.12	13.61±5.39	-2.20±9.53
对照组 Control	(35)	15.40±7.37	13.97±5.87	-1.43±4.52
AKP(u)				
辐照组 Irrad. foods	(35)	6.80±2.62	5.81±2.87	-0.99±2.55
对照组 Control	(35)	6.91±2.60	6.41±3.26	-0.51±3.03
BUN(mg%)				
辐照组 Irrad. foods	(35)	11.41±2.44	13.45±2.06	2.04±2.09*
对照组 Control	(35)	12.50±2.26	13.28±2.95	0.78±2.77

* p<0.05

表 11 血浆皮质醇变化(μg%)
Table 11 Follow-up of cortisol(μg%)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
辐照组 Irrad. foods	(35)	15.63±7.25	20.49±5.46	4.86±5.98
对照组 Control	(35)	14.42±6.23	18.48±3.81	4.06±6.89

表 12 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞数变化(%)
Table 12. Follow-up of peripheral T-and B-lymphocytes(%)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
T 淋巴细胞 T-lymphocytes				
辐照组 Irrad. foods	(35)	53.20±7.62	51.89±7.28	-1.31±71.3
对照组 Control	(35)	54.14±8.14	51.54±10.35	-2.60±11.5
B 淋巴细胞 B-lymphocytes				
辐照组 Irrad. foods	(35)	11.03±1.69	10.77±2.45	-0.26±1.98
对照组 Control	(35)	10.26±1.92	10.29±1.98	0.03±2.49

7. 免疫指标

我们选用了反映细胞免疫功能的 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞数量变化指标, 未曾观察到两组间的数值变化具有显著性差别。见表 12。

8. 致突变指标

(1) 外周血淋巴细胞染色体数量畸变: 我们重点观察了多倍体数变化。辐照组和对照组试食后的多倍体数均有所增高, 但无论试食前或试食后, 以及试食前后数值之差, 两组之间均无统计学上差异, 说明这种变化与食用辐照食品无关(见表 13)。

表 13 多倍体数变化(%)

Table 13 Follow-up of polyploids(%cells)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试前食后差数 Difference M±SD
辐照组 Irrad. foods	(35)	0.66±0.77	3.51±1.95	2.85±1.82
对照组 Control	(35)	0.86±0.88	2.86±2.32	2.00±2.59

表 14 染色体结构畸变变化

Table 14 Follow-up of chromosome structural aberration (in 3,500 cells)

组 别 Group	例 数 (No.)	试食前 Before	试食后 After
双着丝点体 Dicentrics			
辐照组 Irrad. foods	(35)	0	0
对照组 Control	(35)	1	0
断片 Fragments			
辐照组 Irrad. foods	(35)	7	6
对照组 Control	(35)	4	6

(2) 外周血淋巴细胞染色体结构畸变: 我们观察了染色体型畸变(双着丝点体、断片)和染色单体型畸变(包括单体断裂、单裂隙、双裂隙等), 均未见到两组间变化有其显著性差别。其染色体型畸变数据列于表 14。

(3) 外周血淋巴细胞 SCE 变化: 其数据如表 15 所示。统计表明, 这一指标在两组试食前后均无显著变化。

(4) 外周血淋巴细胞微核测定: 浓集法和

表 15 SCE 变化

Table 15 Follow-up of SCE/cell

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M±SD	试 食 后 After M±SD	试食前后差数 Difference M±SD
辐照组 Irrad. foods	(35)	5.91±1.10	5.69±1.03	-0.21±1.29
对照组 Control	(35)	5.78±1.05	6.10±0.87	0.32±1.34

表 16 MT 变化(浓集法)

Table 16 Follow-up of incidence of micronuclei(Concentration method)

组别	例数	计数细胞数	试 食 前 Before	试 食 后 After
Group	(No.)	No. of Counted Cells	微核细胞率 Incidence of lymphocytes with micronuclei (%)	微核阳性率 Positive rate of micronuclei (%)
辐照组 Irrad. foods	(35)	70.000	0.17	25.7
对照组 Control	(35)	70.000	0.18	28.6

表 17 MT 变化(培养法)

Table 17 Followup of incidence of micronuclei(Cultivation method)

组别	例数	计数细胞数	试 食 前 Before	试 食 后 After
Group	(No)	No. of Codnted cells	微核细胞率 Incidence of lymphocytes with micronuclei (%)	微核阳性率 Positive rate of micro-nuclei (%)
辐照组 Irrad. foods	(35)	35,000	1.06	63.8
对照组 Control	(35)	35,000	0.97	65.7

培养法两种方法所得结果列于表 16、17。无论是微核细胞率(‰)或是微核的阳性检出率(%), 两种测定方法都未发现辐照组和对照组之间的变化有统计学意义。此处所谓微核细胞率指每例计数 2000 只(浓集法)或 1000 只(培养法)、细胞时见到的带有微核的细胞数, 而微核阳性检出率为见到微核的阳性人数。

(5) 尿 Ames 试验: 6 对志愿者, 用 TA_{98} 、 TA_{100} 两种组氨酸营养缺陷型的鼠伤寒沙门氏菌株对其经过处理的尿液作 Ames 试验, 无论加或不加活化系统 S_9 均为阴性结果, 表示为无诱突变作用。见表 18。

一例多年吸烟者(每日吸烟 30 支以上)的尿液具诱突变性, $TA_{98} + S_9$ 的回变菌落数为 195.6 ± 49.7 , 结果为阳性。如表 19 所示。

表 18 尿 Ames 试验结果(回变菌落数)
Table 18 Follow-up of urine Ames test(Rt)

组 别 Group	例 数 (No.)	试 食 前 Before M $\pm$ SD	试 食 后 After M $\pm$ SD	Δ Rt/Rc
$TA_{98} + S_9$				
辐照组 Irrad. foods	(6)	36.1 ± 6.5	24.2 ± 6.4	(-)
对照组 Control	(6)	31.1 ± 7.8	23.4 ± 4.6	(-)
$TA_{98} - S_9$				
辐照组 Irrad. foods	(6)	29.4 ± 8.9	23.7 ± 8.4	(-)
对照组 Control	(6)	27.1 ± 2.6	25.3 ± 8.4	(-)
$TA_{100} + S_9$				
辐照组 Irrad. foods	(6)	143.4 ± 20.8	166.5 ± 8.3	(-)
对照组 Control	(6)	144.2 ± 17.5	168.9 ± 14.2	(-)
$TA_{100} - S_9$				
辐照组 Irrad. foods	(6)	145.6 ± 26.9	148.3 ± 9.6	(-)
对照组 Control	(6)	139.2 ± 14.0	167.4 ± 24.8	(-)

Δ 结果以诱发回变菌落数/自发回变菌落数表示, 当比值 < 2.5 时为阴性。

Rt/Rc(induced revertants/spontaneous revertants) (-); Rt/Rc < 2.5

表 19 吸烟者尿 Ames 试验结果
Table 19 Ames test of urine in heavy smoker

	Rt	Rt/Rc	
$TA_{98} + S_9$	195.6 ± 49.7	$195.6/24.9$	(+)
$TA_{98} - S_9$	27.1 ± 3.9	$27.1/27.8$	(-)

(+); Rt/Rc > 2.5

讨 论

(1) 1943 年以来, 国内外对辐照食品的卫生安全性作了大量的研究。整体试验采用了多种动物(小鼠、大鼠、狗、猴等)、选用了多种指标(包括多代繁殖试验、癌症发生率等)^[2-3], 后来又加强了短期致突变试验^[4]以及辐照分解产物分析^[5]等, 所有这些观察基本上都未发现不良反应的证据。作者等最近所作的大鼠实验表明, 虽然喂养的辐照饲料比例高达整个饲料中的 80%, 喂养时间长达 150 天, 其饲料利用率、动物的生长发育、血液学检查、致畸、致突变试验以及光镜与电镜的病理学检查等指标均和对照组无显著变化^[8]。但是, 这些实验还不能完全代替人体观察,

只有人体试验才能较好地解决对人的食用安全性问题。

(2) 辐照食品人体试验在70年代以前的报道不多^[7~12],除一篇报道见到血液淋巴细胞多倍体增高^[12]外,其余均为阴性结果。这些资料是非常可贵的;但这些报道中试食例数较少,试食期限较短,而且只观察了一般性临床指标以及血液和生化指标。

近年来,在国家科委和卫生部统一领导下,在全国辐照食品安全性卫生学评价专家组的指导下,我国四川医学院等单位分别对辐照稻谷加工的大米^[13]、蘑菇^[14]、肉制品^[15]、花生仁^[16]、马铃薯^[17]等单项辐照食品进行了人体试食观察,结果也都未发现短期食用辐照食品对人体有任何不良影响。

本研究采用多种(35种)辐照食品综合进行人体试验,70人食用90天,选用了临床、血象、尿常规、血液生化、肝功能、肾功能、内分泌、免疫等多种指标,特别注意了致突变指标,结果同样表明对人体没有不良影响,因而再次证实辐照食品供人食用近期观察是安全的。

本研究除学生组(70人)结果为阴性外,职工组(8人)同样为阴性结果,也未发现上述各项指标有显著变化。故我们推测,在一般人群中推广辐照食品也是可以放心的。

据美国估计,今后辐照食品占人类食品中总比例不会超过10%。本研究中辐照食品占总膳食比例60.3%,且在90天中连续食用,因而预计一般人群食用少量辐照食品,不会产生什么不良影响。

我们的观察还表明,所有志愿者对辐照食品反映良好,乐于接受。

(3) 致突变和致癌关系密切。我们这次特别注意了致突变指标的观察。① 染色体畸变指标:大量的辐照食品动物实验多未见到染色体结构畸变增高,已有的观察了这一指标的人体试验报道^[12~17],包括印度学者的工作^[12]都未发现结构畸变有所增高。

关于辐照食品会否引起动物多倍体增高问题,文献中有过不同看法。一组印度学者在小鼠^[18]、大鼠^[19~20]和猴^[21]身上都见到了这种变化;但另一组印度学者^[22]和英国学者^[23]没有在大鼠实验中重复出来,而德国学者在地鼠上却得到了证实^[24]。除本文外,有关人体食用辐照食品后观察了多倍体数变化的文献一共有5篇^[12,13,16~17],仅Bhaskaram等在食用新鲜照射过小麦的5例病孩血中见到多倍体数增多^[12],其余4篇得到的是阴性结果。以上每例均计数100只中期分裂象细胞,我们观察的35名受试学生(另有职工4名),每例计数1000只细胞,也没有见到多倍体增多的类似结果。② SCE:这是一种比较灵敏的致突变指标。动物实验表明,辐照食品不会诱致小鼠^[25]和猴^[26]的SCE频率增高。辐照食品的提取物培养CHO细胞,也未见到SCE频率的变化^[27]。受照射的培养基^[28]、辐照过的中国白兰地酒^[29]均对人外周血淋巴细胞SCE没有显著影响。人食用辐照花生仁后不曾引起外周血淋巴细胞SCE增高^[16],我们这次观察也是如此。③ MT:动物骨髓多色性红细胞微核测定已广泛用于筛选未知的潜在致突变物质,1976年起被用于辐照食品安全性评价。我们难以用人骨髓进行微核检查。李珏声等首次用人外周血淋巴细胞微核检查(浓集法)来评价辐照花生仁的安全性,得到阴性结果^[16]。人外周血淋巴细胞培养法微核测定现今比较受到重视^[30]。我们这次采用了上述两种微核测定方法,都未见到微核细胞率或微核阳性率有所增高。④ 尿Ames试验:这是一项可以反映基因致突的重要致突变指标。就我们所知,用辐照食品浸出液所作的检测结果均为阴性,该法创始人Ames曾报告吸烟者尿液Ames试验阳性^[31],我们试着将其应用到辐照食品人体观察中,6名受试者尿液检查均得到了预期的阴性结果,未能检出有致突变物。

综如上述,在本实验条件下,辐照食品不会引起血液淋巴细胞细胞遗传学改变,尿液也无诱发致突变物质。

致谢: 江西省工业卫生研究所提供辐照腐竹、莲心和部分桔子, 上海市蔬菜公司在付食品供应上给预支持, 一并在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] Report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Wholesomeness of Irradiated Food. WHO Tech. Rept. Ser., No. 659, 1981.
- [2] Information relating to the wholesomeness of irradiated food. Food Irradiat. Inf., 11, 198~223 (1981).
- [3] P. S. Elias, Toxicological aspects of food irradiation. In Book, Recent Advances in Food Irradiation. P. S. Elias and A. J. Cohen (ed.) Elsevier Biomedical Press, PP. 235~245, (1983).
- [4] B. J. Phillips and P. S., Elias, Food Irradiat. Inf., 10, 8~19 (1980).
- [5] P. S. Elias and A. J., Cohen 主要食品成分的辐射化学——关于辐射食品卫生安全性的评价, 原子能出版社, 1982.
- [6] 严文钰等, 上海医科大学学报, (待发表)。
- [7] V. C. McGary et al, Fed. Proc., 25(6), 1554 (1966).
- [8] H. F., Kraybill, J. Home Econ., 50 (9), 695~700 (1958).
- [9] I. C. Plough et al, Fed. Proc., 19, 1052~1054 (1960).
- [10] 侯祥川等, 照射粮食的营养卫生研究, 中国生理科学第二届全国营养专业学术会议论文摘要汇编, 第110~111页, 成都, 1979年。
- [11] 中国医学科学院卫生研究所食品卫生研究室, γ 射线照射马铃薯的食品卫生学评价, 全国辐射保藏食品专业座谈会资料汇编, 第110~121页, 原子能出版社, 1979。
- [12] C. Bhaskaram et al, Amer. J. Clin. Nutr., 28, 130~135 (1975).
- [13] 侯蕴华等, 食品卫生学进展, 2 (2), 18~24 (1984).
- [14] 何志谦等, 食品卫生学进展, 2 (2), 43~49 (1984).
- [15] 张燕等, 食品卫生学进展, 2 (2), 69~74 (1984).
- [16] 李珏声等, 食品卫生学进展, 2 (2), 49~52 (1984).
- [17] 李皓等, 食品卫生学进展, 2 (2), 32~37 (1984).
- [18] Vijayalaxmi, Can. J. Genet. Cytol., 18, 231~238 (1976).
- [19] Vijayalaxmi and G, Sadasivan, Int. J. Radiat. Biol., 27 (2), 135~142 (1975).
- [20] Vijayalaxmi, ibid., 27 (3), 283~285 (1975).
- [21] Ibid, Toxicology, 9 (1-2), 181~184 (1978).
- [22] K. P. George et al, Food Cosmet. Toxicol., 14, 289~291 (1976).
- [23] J. M. Tesh and A. K., Palmer, Food Irradiat., Inf., 10, 183~184 (1980).
- [24] H. W. Renner, Toxicology, 8, 213~222, (1977).
- [25] P. B. K. Murthy, Food Cosmet. Toxicol., 19 (4), 523 (1981).
- [26] Ibid, Toxicology, 20 (2-3), 247~249 (1981).
- [27] B. J. Phillips, Food Cosmet. Toxicol., 18, 471~475 (1980).
- [28] Vijayalaxmi, Int. J. Radiat. Biol., 37 (5), 581~583 (1980).
- [29] 黄权光, 史纪兰, 生物化学与生物物理进展, 1, 34~37 (1982).
- [30] J. A Heddle et al, Mut. Res., 123, 61~118 (1983).
- [31] E. Yamasaki and B. N., Ames, Proc. Nat. Acad. Sci., USA, 74, 3555~3559 (1977).

(1986年2月8日收到)

STUDY ON SAFETY EVALUATION OF DIET CONSISTING OF 35 KINDS OF IRRADIATED FOODS FOR HUMAN CONSUMPTION

Shanghai Institute of Radiation Medicine

School of Public Health, Shanghai Medical university

Shanghai Institute of Nuclear Research, Academia Sinica

ABSTRACT This paper reports double-blind observations of volunteers who took 35 kinds of irradiated foods as their main diet for 90 days. The subjects consisted of 70 medical students and 8 staff members in the Shanghai Medical University. They were randomly divided into two groups. One group was supplied with irradiated foods, the other acted as control eating the same food but non-irradiated.

The 35 kinds irradiated foods were listed as follows:

grain: rice, flour, red bean, soybean, peanut,
meat products: pork sausage, preserved beef,
vegetables: potato, cabbage, chinese cabbage, wild rice stem, carrot, mushroom,
bamboo shoot, lettuce, arrowhead, cauliflower, sword bean, radish, green
pepper, taro, hyacinth bean, white gourd, tomato, young soyabean, water
chestnut, lotus root, ginger,
fruits: orange, apple,
dried fruits: dates, longan, lotus seeds,
and others: day lily, dried bean products.

The absorbed dose of irradiation from the processed foods varied from 0.1 to 8.0 kGy. The irradiated foods made up 60.3% of the total intake by weight.

Observations during 90 days indicated that the subjects were all pleased with their diets and no adverse effects on their health were seen. Clinical and laboratorial examinations included routine blood and urine tests, blood biochemical examinations, hepatic and renal function tests, endocrinological assays, cellular immunity tests and mutagenetic studies (such as the incidence of polyploid cells, chromosomal structural aberration, rates of sister chromatid-exchanges, micronuclei test, urine Ames test). These studies showed that the ingestion of these foods are safe for humans.

KEY WORDS Irradiation food; Evaluation study; Human experimentation.