

纸币币面上大肠杆菌及金黄色葡萄球菌的辐射灭菌研究

赵秉熙 江毅 白益华 王凤英

(中国科学技术大学)

俞佑 江淑英

(安徽省卫生防疫站)

摘要 本文介绍了人民币币面上沾染量最大的大肠杆菌及金黄色葡萄球菌的“十倍减少剂量”—— D_{10} 值,并由此推算了它们的灭菌剂量SD。本文还报道了 γ 射线对纸币材质的影响。

实验得到大肠杆菌的 D_{10} 值为 $2.33 \times 10^2 \text{Gy}$ 、金黄色葡萄球菌的 D_{10} 值为 $2.02 \times 10^2 \text{Gy}$ 、 D_0 值为 $1.03 \times 10^2 \text{Gy}$ 。当考虑失活倍数为 10^3 时,灭菌剂量SD均为 $7.0 \times 10^2 \text{Gy}$,纸币所能耐受的极限剂量约为 $5.0 \times 10^4 \text{Gy}$ 。所以,如为了杀灭币面上大量存在的大肠杆菌及金黄色葡萄球菌,以灭菌剂量SD为 $7 \times 10^2 \text{Gy}$ 进行辐照,既能达到灭菌效果,又不会引起纸币材质的明显损伤,即纸币的使用寿命不受影响。

关键词 辐射灭菌;十倍减少剂量(D_{10});灭菌剂量(SD);失活倍数;抗张强度;耐揉;耐折;白度;不透明度。

前 言

纸币和我国人民的日常生活有着非常密切的关系。在流通过程中,人民币(简称RMB)币面上沾染了大量的病菌。据报道,一张一角的人民币币面上沾染的细菌有20万之多^[1]。其中主要有大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、流感病毒、痢疾杆菌、结核杆菌、乙型肝炎病毒。在传染病流行季节还可能沾染有伤寒、霍乱菌等。因此,为了保障人民身体健康,对经过流通回笼至银行库房的成捆纸币进行消毒是必要的。

对于成捆纸币币面上的病菌的消毒,化学药物灭菌^[2]、紫外线灭菌以及高温蒸煮灭菌法^[3]的效果都不佳。而采用 ^{60}Co γ 射线照射成捆纸币,由于 γ 射线穿透力强,可以有效地杀灭币面上的病菌,尤其是灭菌后币面上无残存毒物,因此对于库房内大量成捆纸币的消毒,辐射灭菌法是一种较理想的方法。

在人民币的辐射灭菌研究中,首先需要研究币面上各种主要沾染病菌的“十倍减少剂量”(D_{10} 值),由此可以确定纸币的灭菌剂量(SD)。在此,我们进行了占沾染量70%的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的 D_{10} 值研究。同时,考虑到用辐射法消毒纸币时,是否使纸币的材质受到损伤,影响人民币的使用寿命,我们还进行了 γ 辐射对纸币的抗张强度、耐揉、耐折、白度等性能影响的试验。

实 验 方 法

1. 大肠杆菌和金黄色葡萄球菌 D_{10} 值和 D_0 值的测定。

D_{10} 值是指细菌在射线辐照下活菌数降低到十分之一所需要的照射剂量, 也称“十倍减少剂量”; D_0 值表示“肩”, 由存活曲线中的直线部分外推得到。这两个参数表征了这类细菌的抗辐射能力。测得了 D_{10} 及 D_0 值就可以根据下式确定该类细菌的灭菌剂量 SD 。

$$SD = D_{10} \lg \left(\frac{N_0}{N} \right) + D_0$$

其中 N 为允许的最终污染菌数, N_0 为起始存在的污染菌数。

测定方法: 将大肠杆菌(或金黄色葡萄球菌)接种到斜面上, 用无菌低渗盐水洗下后在冰箱($\sim 4^\circ\text{C}$)中放置过夜。吸 $50\ \mu\text{l}$ (活菌数约为 10^6 个)滴在裁成长条的 ($4 \times 0.9\ \text{cm}$) 纸币上, 经低温 (-30°C) 冷冻后抽真空干燥, 置入辐照室按不同剂量进行 γ 辐照。照射后, 用 $5\ \text{ml}$ 无菌盐水将纸币上的残存菌洗下, 摇匀, 取三个适宜的稀释度, 分别取 $0.1\ \text{ml}$ 稀释液滴入装有琼脂培养基的培养皿中, 放入 37°C 恒温箱中培养 24 小时, 计数菌落数。

2. γ 射线对纸币材质影响的测定

1) 测试仪器 光泽度仪(日本 Hunter), 颜色密度仪(英国 Macheth. RD 514), 抗张强度测试机(东德 Strength tester FP 50), 双头耐折测试机(东德 Folding tester DFP), 耐揉测试机(荷兰 Crumpling device)。

2) 测定 经不同剂量的 γ 辐照后的纸币(剂量分别为 5×10^2 、 10^3 、 5×10^3 、 10^4 、 5×10^4 、 10^5 和 $5 \times 10^5\ \text{Gy}$), 在上述测试仪上进行纸币的抗张强度、耐折、耐揉、白度、不透明度、颜色密度等性能的测定。

实 验 结 果

1. 大肠杆菌的 D_{10} 值

将实验所得的残存活菌数(N_i)取对数后, 对辐照剂量作曲线(存活曲线, 见图 1), 由存活曲线按常规法即可以得到 D_{10} 值。

在本实验条件下大肠杆菌的 D_{10} 值为 $2.33 \times 10^2\ \text{Gy}$ 。

2. 金黄色葡萄球菌的 D_{10} 值及 D_0 值

与大肠杆菌的处理方法相同, 得到金黄色葡萄球菌的 $\lg N_i \sim D$ 存活曲线(见图 2)。实验得到金黄色葡萄球菌的 D_{10} 值为 $2.02 \times 10^2\ \text{Gy}$, D_0 值(即曲线的“肩”部)为 $1.03 \times 10^2\ \text{Gy}$ 。

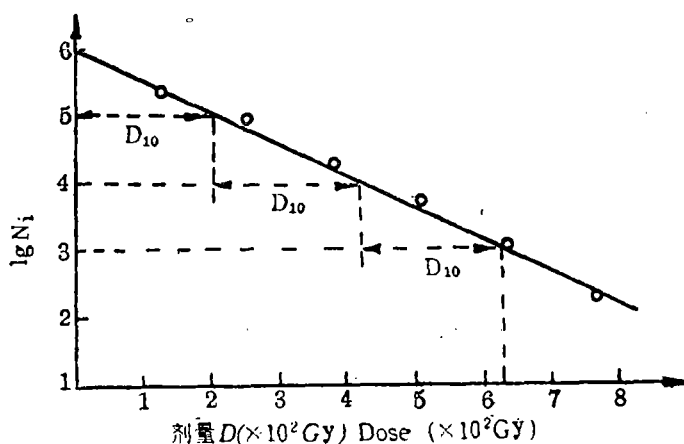


图 1 币面上大肠杆菌的存活曲线
Fig 1 Existence curve of colon bacillus on RMB

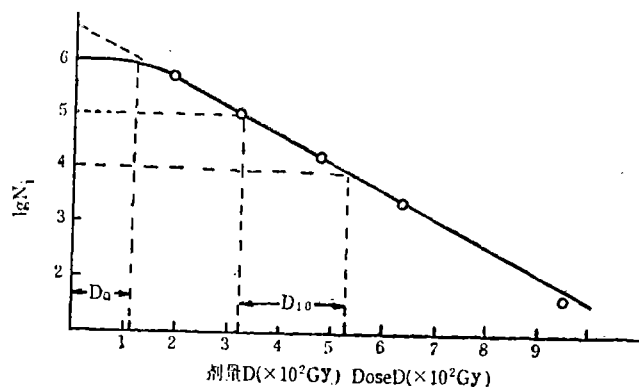


图2 币面上金黄色葡萄球菌的存活曲线

Fig 2 Existence curve of grape staphylococcus on RMB

3. γ 射线对纸币*性能的影响

1) γ 射线对纸币抗张强度的影响 实验结果见图3及图4, 由图可知, 在照射剂量小于 10^4 Gy时, 抗张强度损失率均在5%以下, 即射线辐照对纸币的抗张强度影响很小。而当剂量达到 5×10^4 Gy后, 抗张强度损失率明显增大, 其影响就十分明显。

2) γ 射线对纸币耐折性能的影响 实验结果见图5及图6, 可以看到, 纸币的耐折性能随剂量的增大下降很快, 到 5×10^4 Gy时耐折损失率已近60%。

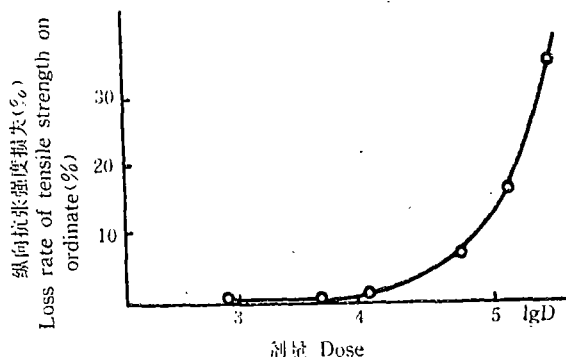


图3 纸币纵向抗张强度损失率与剂量关系

Fig 3 Relation between loss rate of tensile strength on ordinate direction and dose for RMB

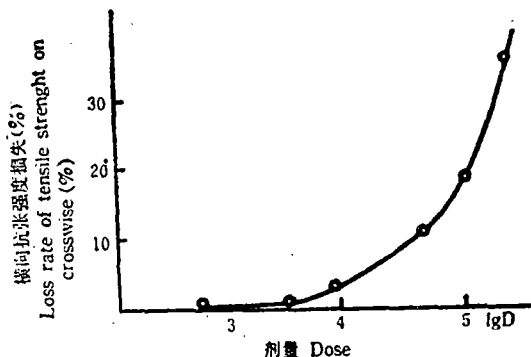


图4 纸币横向抗张强度损失率与剂量关系

Fig 4 Relation between loss rate of tensile strength on crosswise and dose for RMB

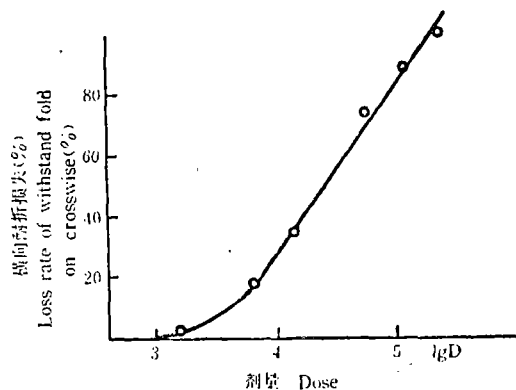


图5 纸币横向耐折损失率与剂量关系

Fig 5 Relation between loss rate of withstand fold on crosswise and dose for RMB

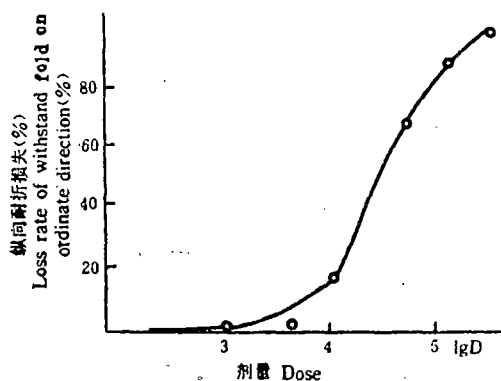


图6 纸币纵向耐折损失率与剂量关系

Fig 6 Relation Between loss rate of withstand fold on ordinate direction and dose for RMB

3) γ 射线对纸币耐揉**性能的影响 实验结果见图7至图10, 可见当剂量小于 10^4 Gy时, 各损失率均小于5%, 即影响不明显; 而当剂量达 5×10^4 Gy后, 耐揉损失率较为明显, 且随着剂量

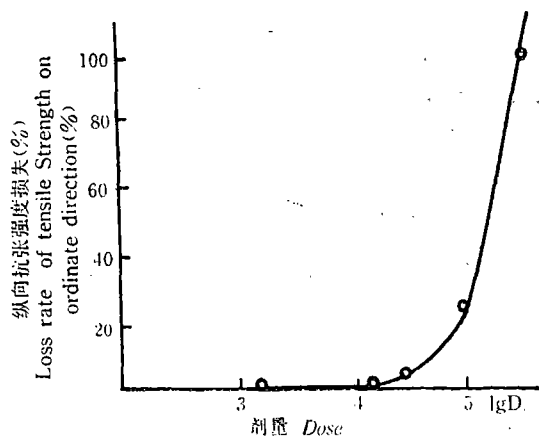


图7 纸币在耐揉试验中纵向抗张强度损失剂量关系

Fig 7 Relation between loss rate of tensile strength on ordinate direction and dose in withstand knead test for RMB

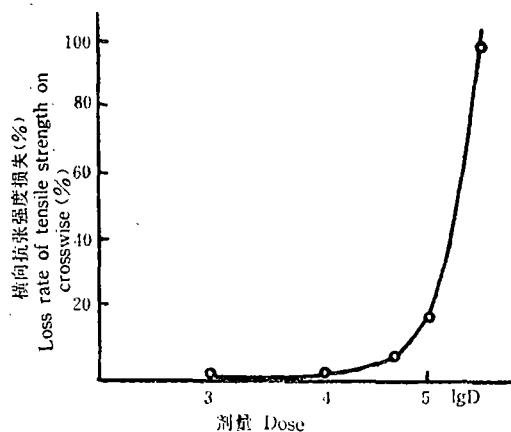


图8 纸币在耐揉试验中横向抗张强度损失率与剂量关系

Fig 8 Relation between loss rate of tensile strength on crosswise knead test for RMB

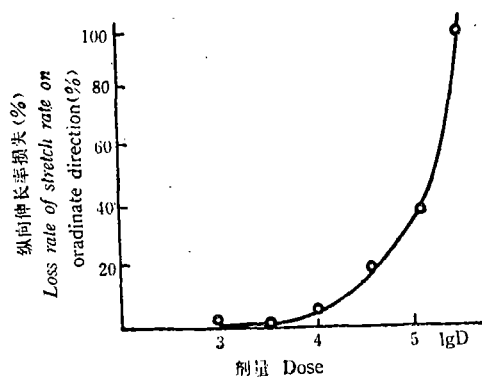


图9 纸币在耐揉试验中纵向伸长率损失率与剂量关系

Fig 9 Relation between loss rate of stretch rate on ordinate direction and dose in withstand knead test for RMB

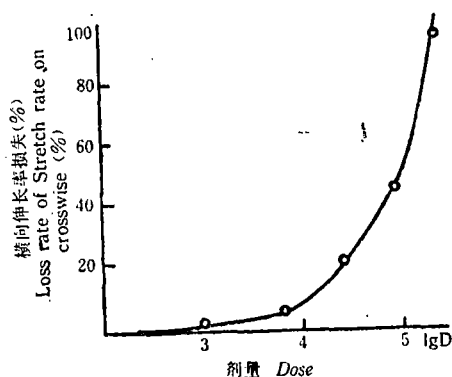


图10 纸币在耐揉试验中横向伸长率损失率与剂量关系

Fig 10 Relation between loss rate of stretch rate on crosswise and dose in withstand knead test for RMB

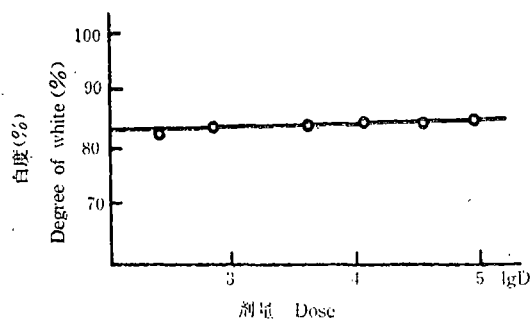


图11 纸币白度与剂量关系

Fig 11 Relation between degree of white and dose for RMB

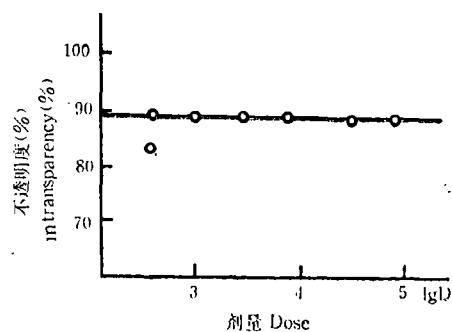


图12 纸币不透明度与剂量关系

Fig 12 Relation between intransparency and dose for RMB

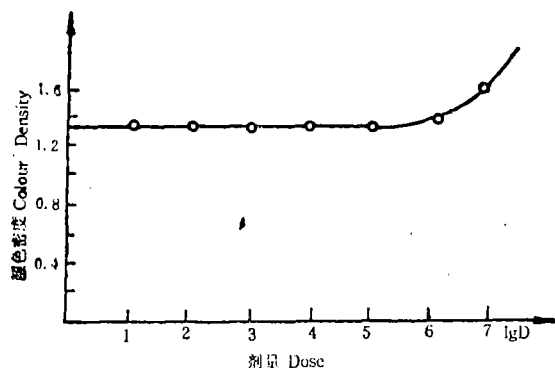


图 13 纸币颜色密度与辐照剂量的关系
Fig 13 Relation between colour density and dose for RMB

后,在剂量小于 $5 \times 10^4 \text{ Gy}$ 时,纸币的白度、不透明度及颜色密度等性能基本不受影响。而纸币的抗张强度、耐折、耐揉等性能,当剂量小于 10^4 Gy 时,基本上变化不大,所受影响很小,而当剂量大于 $5 \times 10^4 \text{ Gy}$ 后,影响比较显著,损失率均大于 20%。

* 为避免币面油墨厚薄不均影响测试结果,故采用印刷纸币用的空白纸张(称为币纸)进行试验。

** 测耐揉时,先将纸币揉后再测抗张强度及伸长率。

讨 论

1. 本文所测得的 D_{10} 值较文献^[6]上所报道的值要大。(文献值对大肠杆菌 D_{10} 为 $0.85 \times 10^2 \text{ Gy}$,对金黄色葡萄球菌 D_{10} 为 $1.80 \times 10^2 \text{ Gy}$)。我们认为这可能是实验条件不同引起的。因为微生物辐射敏感度(即 D_{10})受很多因素影响,不同的菌种具有不同的抗辐射性,即使菌种相同对不同菌样之间也存在着不同的抗辐射性。此外,抗辐射性还与细菌本身的生理状态、照射前后的环境条件及辐射品质等因素有关。本实验中,使用的大肠及金葡两种菌的生理状态(是处于币纸表面)与文献报道的生理状态(是处于滤纸上)有所不同, γ 辐射室的环境湿度也有所不同,因而 D_{10} 值不同于文献值。

2. 对纸币来说,其无菌要求较食品及医疗用品低得多,失活倍数达 10^3 就足够了,所以对于大肠杆菌其灭菌剂量 SD 公式计算为 $7.0 \times 10^2 \text{ Gy}$,而对于金黄色葡萄球菌的 SD 为 $7.1 \times 10^2 \text{ Gy}$ 。而由辐射剂量对纸币性能影响的实验结果可见,若以灭菌剂量 SD 为 $7 \times 10^2 \text{ Gy}$ 这样大小的剂量照射时,既能杀灭大肠杆菌及金黄色葡萄球菌,对纸币的材质又不致损伤。

3. 实际上纸币币面上不仅含有占 70% 沾染菌量的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌,且还有较难杀灭的芽胞杆菌及病毒。所以,纸币的灭菌剂量还应加大。如果以短小芽胞杆菌 E_{601} 为指标菌时,其悬浮缓冲液在纸上干燥后的 D_{10} 值为 $1.7 \times 10^3 \text{ Gy}$ ^{[4][5]},失活倍数为 10^3 时,灭菌剂量为 $5 \times 10^3 \text{ Gy}$ 。以此剂量辐照纸币时,币面上所有细菌的灭菌率将达到 99.9%,符合纸币灭菌的卫生要求。而以 $5 \times 10^3 \text{ Gy}$ 这样大小的剂量辐照纸币实行消毒灭菌时,因其剂量远低于使纸币材质受损的剂量($5 \times 10^4 \text{ Gy}$),因此,辐射灭菌法既能有效地对人民币进行币面消毒,又不会影响纸币的材质,即不会明显地缩短纸币的使用寿命。进一步需要阐明的是,以 10^3 Gy 剂量辐照人民币时,币面上绝大部分(约占 90%)的致病菌,其中包括大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白色念珠状葡

的增加而迅速增大;当剂量达 $2 \times 10^5 \text{ Gy}$ 时,纸币的耐揉性能损失非常严重,此时纸币一揉就破裂,耐揉损失率几乎达 100%。

4) γ 射线对纸币白度和不透明度的影响结果见图 11 及图 12,可见当剂量小于 $5 \times 10^4 \text{ Gy}$ 时,纸币的白度及不透明度基本上无变化。在剂量大于 $5 \times 10^4 \text{ Gy}$ 后,白度及不透明度变化也很小。

5) γ 射线对纸币颜色密度的影响

由图 13 可见纸币受照剂量在 $5 \times 10^4 \text{ Gy}$ 以下时,其颜色密度基本上无变化。

综合上述测试结果可见, γ 射线辐照纸币

萄球菌、绿脓杆菌及痢疾杆菌, 都已被有效地杀灭, 而辐射对纸币的使用寿命基本上没有影响, 我们建议可以把 10^3Gy 作为人民币的辐射灭菌剂量。

参 考 文 献

- [1] 中国财贸报, 1981年6月
- [2] M. A. Benarde, "Ethylene oxide sterilization" Hospitals, 44(9), 62~64(1970).
- [3] R. E. Hofmann, *Automation of hospital sterile processing*, Ross Hofmann Assoc, Coral Gables' F. L. (1967).
- [4] 细泷和成: "医疗用具の放射线灭菌法の实际", p. 21~26(1977).
- [5] 佐藤健二: "医疗用具の放射线灭菌法の实际", p. 27~32(1951).
- [6] U. S. Kuinter and N. F. Lewis: Microbiological aspects of radiation sterilization in radiation sterilization of medical products, ISOMED pp. 73-79(1964).

(1985月2月5日收到)

STUDY OF THE RADIATION STERILIZATION FOR COLON BACILLUS AND GOLDEN STAPHYLOCOCCUS ON THE RMB

Zhao Bingxi Jiang Yi Bai yuhua Wang Fengyin

(University of Science and Technology of China)

Yu You Jang Suying

(Sanitary Epidemic Prevention of Anhui)

ABSTRACT This paper introduced the D_{10} value of colon bacillus and golden staphylococcus on RMB and Calculated their SD (Dose sterilization). This paper also introduced the effect of RMB'S property by γ -ray irradiation The D_{10} value of Colon bacillus is $2.33 \times 10^2\text{Gy}$ and the D_{10} value of golden staphylococcus is $2.02 \times 10^2\text{Gy}$, It's D_0 is $1.03 \times 10^2\text{Gy}$. The SD of RMB is $7.0 \times 10^2\text{Gy}$, and maximum dose is $5 \times 10^4\text{Gy}$, when the multiple of loss vigour is 10^3 . Since, when the RMB is irradiated on the dose of SD value $7.0 \times 10^2\text{Gy}$, the RMB's good effect of sterilization may be arrived by irradiation and the radiation have not produced the Clear wreck of RMB. So that the time of RMB usage will have not been influenced

KEY WORDS Radiation sterilization; loss dose of ten multiple; Dose sterilization; Multiple of loss Vigour; Tensile strength; Withstand knead action; Withstand fold; Degree of white; Intransparency.