

방사선을 이용한 생물폐자원의 멸균선량 결정

이영근·장화형·한갑진·김진규·김재성
한국원자력연구소, 방사성동위원소/방사선응용연구팀

Radiation Sterilization Dose of Biowastes

Young-Keun Lee*, Hwa-Hyoung Chang, Gab-Jin Han, Jin-Kyu Kim and Jae-Sung Kim(RI and radiation application team, Korea Atomic Energy Research Institute, Yusung-Ku Dukjin-Dong 150, Taejon 305-353, Korea)

Abstract : In order to determine the optimal radiation dose for the sterilization of biowastes, the bioburden, frequencies and radiosensitivities of bacteria, mold and fungi in rice straw, chaff, corn stover and sawdust was observed before and after γ -ray irradiation. Radiation sterilization dose of rice straw, chaff, corn stover and sawdust was calculated as 17.7, 17.6, 15.6 and 20.0kGy, respectively, from the mutual compensation of screening dose and derived dose on the basis of 10^{-3} SAL. This method could be acceptable for the sterilization of various biowastes including food, pharmaceuticals, etc.

Key words : biowastes, γ -ray radiation, sterilization dose,

서 론

지구상에는 많은 양의 섬유소성 폐생물자원이 산재해 있으며 그 폐해가 심각한 환경오염을 야기시키고 있기 때문에, 또한 머지 않아 다가올 에너지고갈에 대한 우려 때문에, 이의 재순환 및 재활용에 대한 관심이 고조되고 있다. 이를 위하여 분쇄 등의 물리적 전처리¹⁾ 및 산, 알칼리 등의 화학적 전처리방법²⁾이 많이 제시되었다. 그러나 경제적이 못하다는 점과 후자의 경우 2차적인 환경오염을 유발할 수 있다는 단점 때문에 차선의 방법들이 모색되고 있는데 이 중에서 특히 미생물의 발효능을 이용하는 처리법³⁾이 각광을 받고 있다. 특정 유용한 미생물로 하여금 각종 생물폐자원을 목적에 맞게 이용하기 위해서 방사선을 이용한 멸균 및 전분해과정에 대한 연구가 최근에 주목을 받게 되었다. 따라서 본 연구실에서는 방사선조사에 의한 생물폐자원의 적정멸균 선량을 결정하고자 하였다

재료 및 방법

표준영양배지 (nutrient agar)를 이용하여 4종류의 시료 (벼짚, 옥수수대, 왕겨, 톱밥)내의 총종속영양세균수를 계수하였고, 위 시료를 각각 20개의 시험관에 나누고, 한국원자력연구소내의 방사선조사시설(Co-60, 약 50,000Ci 용량, Atomic Energy of Canada, Ltd.)을 이용하여 5-20kGy의 조사선량으로 방사선을 조사하였다. Fricke dosimetry로 측정된 조사선량률은 6.5Gy/hr였다⁴⁾. 멸균검사법⁵⁾에 따라서 SCD(soybean casein digest) 배지에 34°C에서 2주간 배양한 후 10개 이내의 시험관이 양성반응을 보인 선량을 실험선량으로 채택하였다(Table 1). 각각의 시료를 실험선량으로 다시 방사선조사한 후 세균류, 장내세균류, 곰팡이류, mold류를 배양하였다. 다른 종이라고 생각되는 콜로니를 분리하여 약 10^6 cells/ml되게 배양한 후 D_{10} 치를 구하였다 ($D_{10} = D/(\log A - \log B)$, D: 콜로니가 없는 선량, A: 멸균전 오염균수, B: D 선량에서의 콜로니수=0). 세균류, mold류, 진균류로 크게 그룹화하여 D_{10} 치를 얻었고(Table 2), 시료내 이들의 빈도수와 D_{10} 치를 이용하여 다음의 식에 의해 이론선량을 구하였다⁶⁾.

$$\text{SUM from } i=1$$

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

Table 1. Sterility test of initial bioburden on rice straw, chaff, corn stover and sawdust irradiated by gamma-ray radiation

dose(kGy)		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
nonsterile tubes/20tubes	rice straw	20	16	14	12	10	8	5	2	0	0
	chaff	20	16	14	11	10	6	2	0	0	0
	corn stover	20	15	12	10	8	4	1	0	0	0
	sawdust	20	18	17	14	12	10	7	3	0	0

Table 2. Grouping of 100 isolates from rice straw, chaff, corn stover and sawdust at 10, 10, 8 and 12 kGy, respectively

sample	group	population	D10i value(kGy)	relative frequency(Pi)
rice	bacteria	53	0.951	0.53
straw	mold	15	1.107	0.15
	fungi	32	1.824	0.32
	bacteria	60	0.951	0.60
chaff	mold	13	1.107	0.13
	fungi	27	1.824	0.27
	bacteria	58	0.951	0.58
corn stover	mold	16	1.107	0.16
	fungi	26	1.824	0.26
	bacteria	29	0.951	0.29
sawdust	mold	9	1.107	0.09
	fungi	62	1.824	0.62

$P_i \cdot (0.1)^{D_{10i}} = (SAL) \times (SIP)$, i : D_{10} 치의 개수, P_i : i 번째 미생물의 시료내 빈도수, D_i : i 번째 미생물의 D_{10} 치, D : 실험선량에서 생존하는 미생물의 멸균선량, SAL: Sterility Assurance Level(멸균보장치; 여기서는 멸균 후 사람과 접촉하여 사용되어질 것이 아니기 때문에 $SAL=10^{-3}$), SIP: Sample item propotion (채취한 시료의 전체에 대한 비율, 여기서는 시료의 특정부위만을 사용한 것이 아님으로 $SIP=1$).

결과 및 고찰

최종적으로 멸균선량은 실험선량(Table 1)에 이론선량(Table 2에서 비롯된 위 식의 계산값 D)을 더한 값으로 계산하였다. 본 실험의 결과로 나타난 멸균선량은 멸균실패 확률이 1/1000인 경우이나(벧짚, 옥수수대, 왕겨, 톱밥 각각 17.7, 17.6, 15.6 그리고 20.0 kGy), 멸균 후 사람과 접촉되어 사용되어 지는 식품, 의약품 등의 경우 SAL을 10^{-6} 으로 치환하기만 하면 된다(본 시료의 경우 벧짚, 옥수수대, 왕겨, 톱밥 각각 25.4, 25.2, 23.2 그리고 28.0 kGy). 기존에 상용화된 ethylene oxide를 이용한 멸균법이 대상물질에 잔존하기도 하거나와 대기오염 또한 심각하기 때문에 국내에서도 금지되어 있고, 최근에 방사선멸균법이 각종 양념류, 조미료, 농산물, 의약품, 의료용품 등에 적용이 활발히 되고 있는 추세이다. 여기에서 소개한 방사선멸균선

량 결정법은 위에 열거한 여러 부분에 널리 적용될 수 있을 것으로 여겨진다.

참고 문헌

1. Kuhad, R. C. and Singh A.(1993). Lignocellulose biotechnology: current and future prospects. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 13: 151-172.
2. Macdonald D.G., Bakhshi N.N., Mathews J.F., Roychowdhury A., Bajpai P.(1983). Alkali treatment of corn stover to improve sugar production by enzymatic hydrolysis, *Biotechnol. Bioeng.*, Vol.XXV, 2067-2076.
3. Gharpuray M.M., Lee Y.H., and Fan L.T.(1983). Structural modification of lignocellulosics by pretreatments to enhance enzymatic hydrolysis, *Biotechnol. Bioeng.*, Vol.XXV, 157-172.
4. Malek, M. A., Chowdhury N. A., Matsuhashi S., Hashimoto S. and Kume T.(1994). Radiation and fermentation treatment of cellulosic wastes. *Mycoscience*, 35, 95-98
5. Niels, W. H. and Roger J. B.(1970). *Manual on Radiation Dosimetry*. Marcel Dekker Inc., New York.
6. USP XXII(1990). Microbiological tests/<71>Sterility

tests, USPC, Inc., Rockville, MD USA, 1483-1488.
7. Association for the advancement of medical
instrumentation, (AAMI) recommended practice

published by AAMI, 1901N. Ft. Myer Drive, Suite 602.
Arlington VA 22209, Jan. 1981, p.34.