
유용미생물의 종류별 선박 주방폐기물의 냄새저감에 관한 연구

김인수* · 김동근** · 고성정**

A study on the odor reduction of food waste on board with various effective microorganisms

In-Soo Kim · Dong-Geun Kim** · Sung-Jeung Ko***

Abstract

In accordance with the 'Regulations for the prevention of pollution by Garbage from ships', ship's food waste should be dumped at an area farther than 12 miles away from a nearest land. But during a ship's anchoring, food wastes gathered for the time being make residence uncomfortable owing to the rotten odor. In order to observe the EM's efficiency of odor reduction, we have fermented food wastes with EM for 2 weeks, varying the quantity, kind and procedure of EM enzyme, the below conclusions were obtained.

- 1) Using EM, Degree of odor is 1~2 ° like alcohol smell.
Not using, Degree of odor is 4~5 ° like rank odors.
- 2) The degree of efficiency of odor reduction is much according to kinds and quality of EM, but little according to the quantity of EM(0.3~3.0%).
- 3) EM mixed rice bran and chaff is more effective than general EM and show high density of enzyme microorganisms.
- 4) At the moment liquid from food wastes is soaked out, should be removed because it spread odor by rapid rottenness.
- 5) As EM itself have deodorant action, it can remove odor not using a deodorant.
- 6) The efficiency of odor reduction is too enough, even if EM enzyme is scattered and pressed, not mixed with food wastes.

* 한국해양대학교 토목환경시스템공학부 교수

** 한국해양수산연수원 수산교육부 교수

1. 서 론

선박의 주방폐기물이란 생선과 그 부위를 제외하고 선박의 통상 운항중에 발생하여 계속적으로 또는 주기적으로 처분되는 식생활상에서 발생하는 모든 종류의 폐기물로 정의되어 있다. 선박으로부터 주방폐기물의 해양배출에 관한 규정은 '73/78 국제해양오염방지협약의 부속서 V'에서 가능한 한 가장 가까운 육지로부터 멀리 떨어진 곳에서 처분하여야 하며 어떠한 경우에도 12해리 안에 버려서는 안된다고 규정하고 있다.⁽¹⁾

부산 남항의 경우 외항 묘박지에 정박중인 선박의 척수는 1일 평균 39척으로 척당 하루 음식 찌꺼기 발생량은 20 리터 정도이다. 해양환경에 대한 경각심이 많이 홍보되고 해양 불법투기에 대한 감시가 강화되어 대부분의 선박들이 저장 시설을 하여 모으고 있으나 일부 선박에서 야간에 몰래 투기하는 사례가 많아 항내에 심각한 오염문제를 야기시키고 있다. 음식쓰레기의 불법투기가 많은 것은 선내에 음식찌꺼기를 모아 두면 부패에 의한 악취와 파리, 모기 및 쥐의 극성으로 선내 주거환경을 불쾌하게 만들기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 선내에서 음식찌꺼기를 효과적으로 보관하기 위해 육상에서 많이 사용되고 있는 EM발효제를 이용하여 음식찌꺼기의 악취저감에 대한 제반 실험을 수행하였다.

EM (Effective Microorganisms : EM)은 원래 1982년 류큐대(Okinawa, Japan)의 히가테루오 교수가 개발한 것으로 광합성세균, 유산균, 사상균, 효모, 방선균 등 10속 80여종의 미생물을 포함한 유용미생물군의 총칭으로서 일본의 구세교(救世教)가 EM을 상품등록한 것에서 유래된다.⁽²⁾

이들 미생물 군들은 여러 환경에서 유익한 기능을 수행하며 서로 공존 공생하면서 상승 효과를 일으켜 토양의 항산화(Antioxidation)능력을 증대시켜 유기 영농이 가능한 것으로 보고되고 있으며 또한 부패 악취를 억제, 방지하고 오수 처리에도 정화효과가 있는 것으로 보고되고 있다.⁽³⁾

현재 EM은 세계적으로 EM 보카시, EM세라믹, EM 5, EMX 등의 여러가지 제품 형태로 개발되어 우리나라를 비롯한 미국, 일본, 동남아 각국의 농축산업 및 폐수처리분야를 중심으로 보급이 되고 있으며 현재 그 응용분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

우리나라에서 개발된 음식물쓰레기처리를 위한 미생물발효제는 Green-M, FM, YM, MS, 토착미생물, 휴모젠 등이 시판 보급되고 있으며 부산광역시를 비롯한 기타 지방자치지역에서 유용미생물을 이용한 음식쓰레기의 퇴비화를 실시하고 있으나 아직까지 수거 및 퇴비화 과정에서 EM의 역할은 과학적 및 기술적 측면에서 다각적으로 검토되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 EM발효제의 냄새저감효과를 확인하고 선박의 음식쓰레기 보관상에 있어서현실적으로 당면한 문제들을 도출해 최선의 해결 방안을 제시하며 나아가 해양오염방지에 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에서 사용한 실험장치는 침출수가 추출될 수 있는 2리터 용량의 반응조를 투명 아크릴을 사용하여 20조를 제작하였으며 상부에 비닐주머니를 이용한 가스포집기를 장치하여 2

주간 발효시켰다.

2.2 시료의 성상

본 실험에 사용된 음식쓰레기는 한국해양수산연수원의 실습선 갈매기호의 식당에서 종류별로 분리수거된 것을 직경 5mm미만으로 미립화하여 각각 200g씩 채취하여 시료로 사용하였다.

시료의 조성은 Table 2.1과 같이 선박 음식쓰레기 평균 조성비율에 맞추었으며 시료의 함유율은 75%로서 함유율이 약간 높은 것은 야채과일류에서 비롯된 것으로 보인다.

Table 2.1 Composition of Food Waste

구성 성분	비율(%)
곡 류	18.6
어육류	14.7
야채류	53.0
과일류	13.7

2.3 분석방법

악취도의 측정은 환경오염공정시험법상의 관능법을 사용하였다. 그 판정기준은 Table 2.2와 같다. 악취의 정밀비교를 위하여 편의상 각 패널의 악취도를 최고치와 최저치를 제외한 나머지 것을 평균하여 소수점 한자리까지 취한 것을 악취도로 사용하였다. 액비의 pH는 실험실용 pH meter를 사용하였고 미생물의 분석은 유용미생물의 대표균으로 Lactic-Acid Bacteria를 분리동정하여 Nolactic-Acid Bacteria와 비교함으로써 유용미생물의 활성을 측정하였다.⁽⁷⁾

Table 2.2 Measuring Table of Odor

악취도	악취 감도 구분	
0	무취(취기가 전혀 감지안됨)	NONE
1	감지 취기(약간의 취기 감지)	THRESHOLD
2	보통 취기 (보통정도의 취기 감지)	MODERATE
3	강한 취기(강한 취기 감지)	STRONG
4	극심한 취기 (아주 강한 취기 감지)	VERY STRONG
5	참기 어려운 취기 (견딜수 없는 취기)	OVER STRONG

3. 결과 및 고찰

3.1 EM발효제의 종류별 투입량에 따른 냄새저감효과

발효제 EM-A의 냄새저감효과에 관한 실험결과를 1주일 간격으로 분석하여 Fig.3.1과 Fig.3.2에 나타내었다. pH의 변화는 발효 1주일 후에 3.3~4.0까지 떨어졌다가 2주일 후에 4.7~5.1까지 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 EM의 성장곡선과 2주일 후의 악취도가 일주일전에 비해 약간 상승한 결과로 미루어 볼 때 발효 1주일 동안 EM 미생물의 번성과 부패균에 의한 산 생성이 복합되어 pH를 감소시키며 시일이 경과함에 따라 가수분해에 의한 암모니아의 발생으로 pH가 상승하는 것으로 판단된다.

냄새 발생정도는 악취도 1도 전후의 약한 효모발효냄새가 났으며 표면의 공기접촉부위는 발효미생물인 흰색곰팡이류가 번성하였다. 초기 예상과는 달리 EM발효제 투입량이 적은 시료와 많은 시료간에는 냄새발생정도에 있어서 뚜렷한 변화가 없었으며 악취도의 미약한 차이만 보일뿐이었다. 그러나 EM발효제를 전혀 투입하지

않은 시료는 1 주일후 부패 취기가 발생하여 2 주일후에는 약취도 4-5도의 극심한 부패취기가 발생하는 사실에서 EM의 투여량에 큰 관계없이 냄새저감효과가 뛰어나는 단적으로 나타내 주었다.

한편 본 실험의 유효미생물 대표균으로 LAB(Lactic Acid Bacteria)를 선정하여 LAB 와

NLAB(Non-Lactic acid Bacteria)의 수를 UV visible spectrophotometer로 분석하여 나타낸 결과는 Fig. 3.3 과 같다. 그림에서와 같이 EM발효제의 농도가 증가할 때 LAB균의 수가 뚜렷이 증가하고 NLAB의 개체수가 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 EM발효제 농도차에 따른 LAB 숫자의 차이는 10^6 (cell/mL)로 극히 미미하였

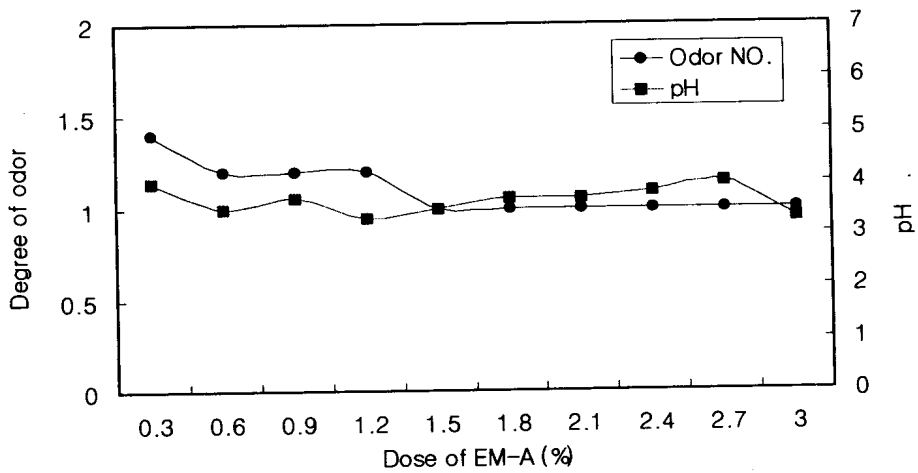


Fig. 3.1 pH and Odor vs. EM-A dosage after 1 week

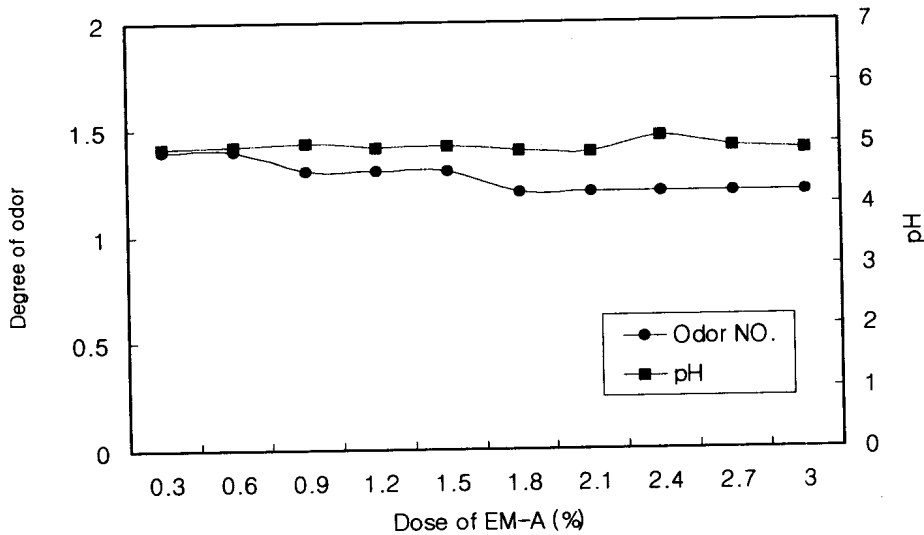


Fig. 3.2 pH and Odor vs. EM-A dosage after 2 weeks

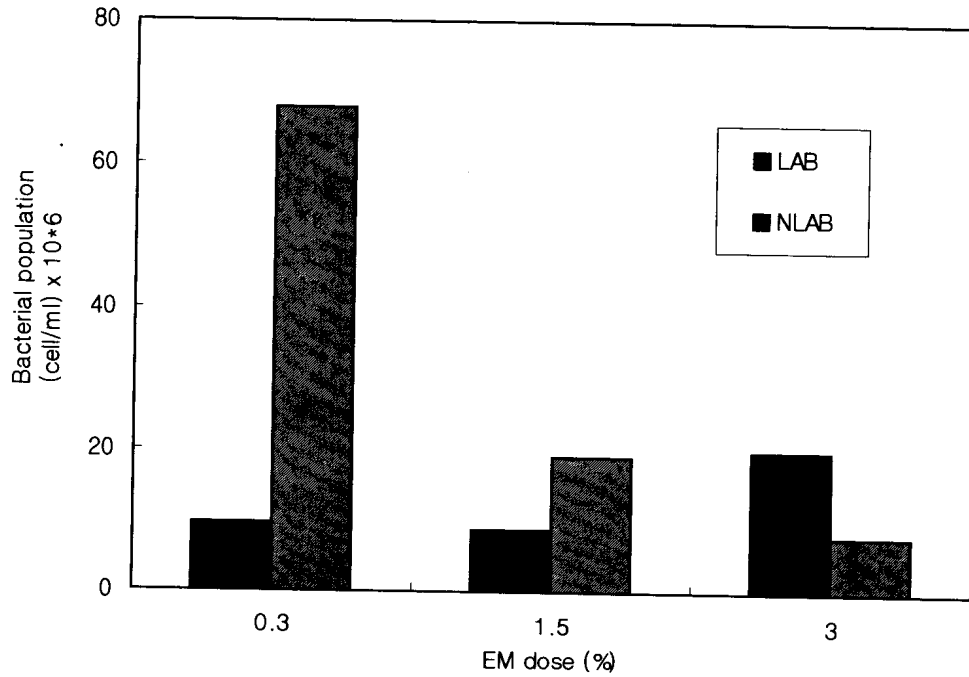


Fig.3.3 Bacterial populations at various dose of EM-A

으나 반면 EM 농도 1.5%에서 NLAB군이 급격하게 감소하며 3%에서 LAB가 현저히 증가하는 것을 미루어 볼 때 EM 발효제의 투여량이 증가함에 따라 음식 쓰레기가 발효하면서 유효

미생물군의 활성이 증가하였음을 간접적으로 알 수 있다. 위의 결과로부터 음식쓰레기의 원활한 발효를 위해 EM발효제 사용량이 3% 혹은 그 이상이 되어야 함을 알 수 있다.

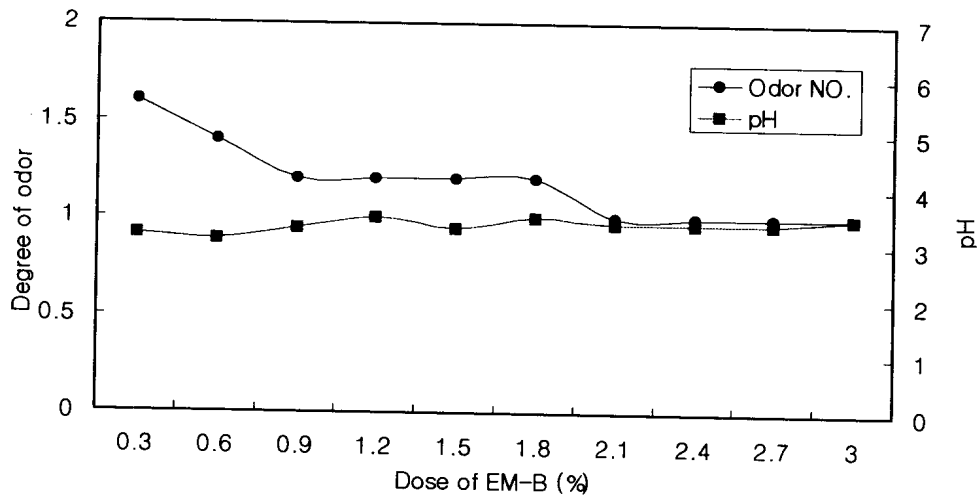


Fig.3.4 pH and Odor vs. EM-B dosage after 1 week

발효제 EM-B 의 경우 동일한 실험의 결과는 Fig.3.4, Fig.3.5 와 같이 EM-A와 기본적으로 유사하게 나타났으며 EM발효제의 투여량의 증감에 따른 악취발생 저감효과는 EM발효제의 투여량이 낮은 농도에서 보다 뚜렷이 나타남을 알

수 있다. 발효제 투여 2 주후에는 pH 가 4.5~4.7로 안정되었으며 악취도는 EM-A와 비슷한 수준인 2 도 이하를 나타내었다.

침출수의 미생물분석 결과는 Fig.3.6과 같이 EM 투여량에 따라 LAB와 NLAB의 심한 불균

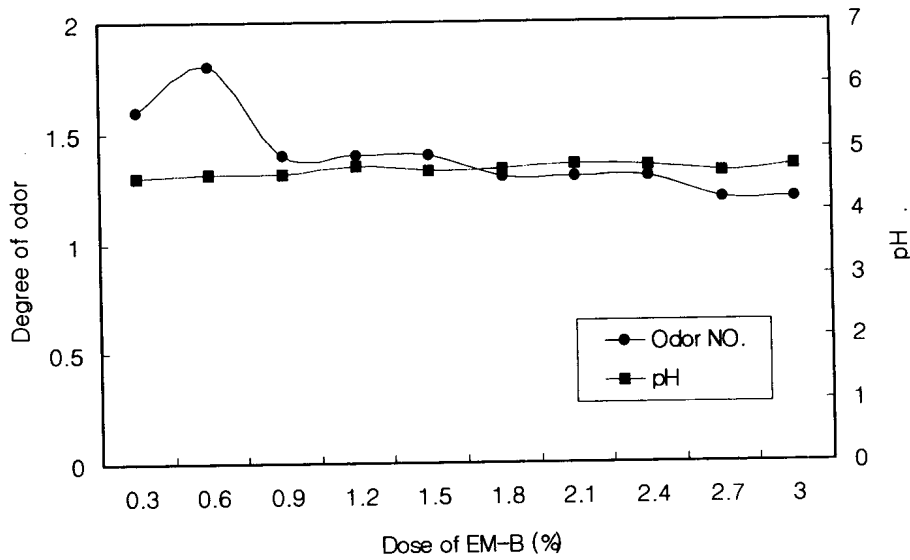


Fig.3.5 pH and Odor vs. EM-B dosage after 2 weeks

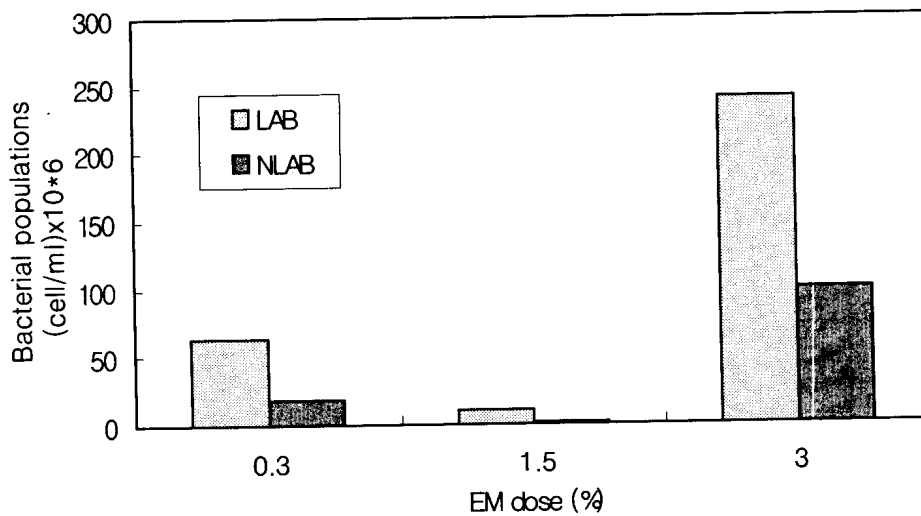


Fig.3.6 Bacterial populations at various dose of EM-B

형현상을 보이고 있다. 이것은 동일시료에 같은 실험조건을 부여한 결과이므로 사용한 EM발효제의 질적인 문제이거나 분석상의 오차로 생각될 수 있다. 그러나 반복실험을 통하여 확인한 결과 사용한 EM발효제의 질적인 문제로 판단되

었다. EM발효제의 투여량이 표준량인 1.5 %에서 미생물의 개체수가 극히 미미한 반면 3 %에서 급격히 증가함을 알 수 있다. 따라서 EM발효제의 질적인 문제를 현재 수준에서 판단할 때 3 % 정도 투여량이 적정하다고 판단된다.

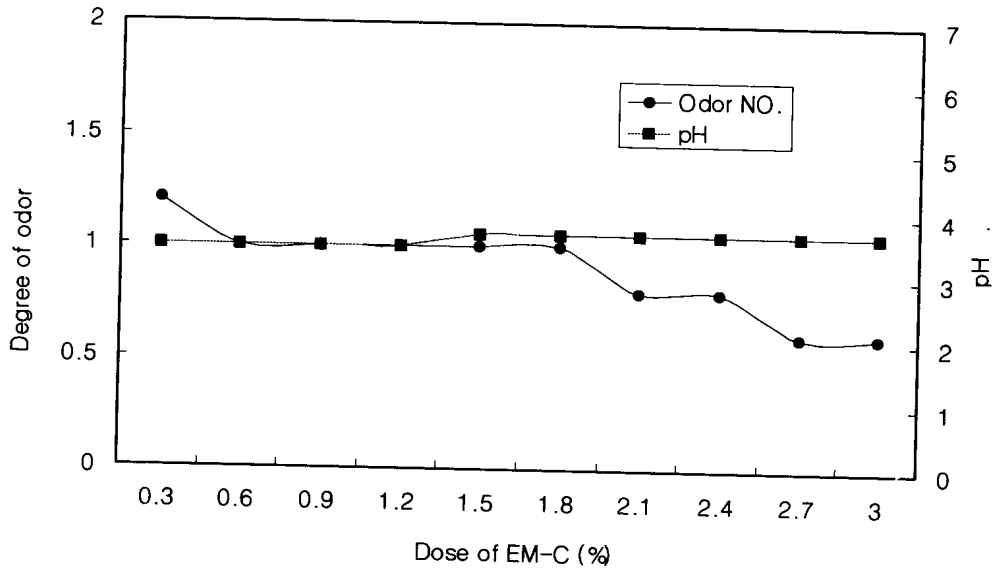


Fig.3.7 pH and Odor vs. EM-C dosage after 1 week

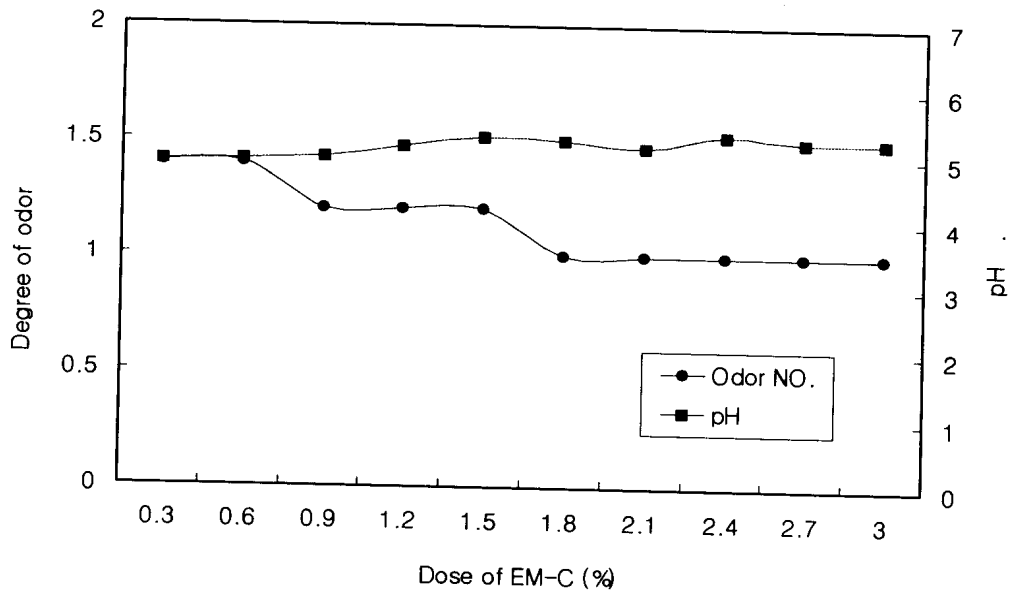


Fig.3.8 pH and Odor vs. EM-C dosage after 2 weeks

EM-C의 경우는 사용EM의 농도에 따른 냄새 저감효과가 Fig.3.7 과 Fig.3.8에서와 같이 보다 확연히 나타났다. pH변화도 1 주일후 3.8에서 2 주일후 5.2까지 상승하였으며 악취도는 지각한 계인 1도를 나타내었고 향긋한 술 내음 같은 취기가 발생하였다. 미생물의 분포도 Fig.3.9 와 같이 전체 EM투여 농도에 대해 NLAB보다 LAB가 훨씬 우세함을 알 수 있다.

Fig.3.10은 EM-A,B,C에 대하여 NLAB와 LAB 농도의 비를 나타낸 것으로 이 숫자가 작을수록 유효미생물군이 우세함을 표시한다. 각 농도에 대하여 EM-C의 효능이 국내 발효제인 EM-A와 EM-B 보다 우세함을 나타내고 있다. 특히 각 EM발효제별로 냄새저감효과를 실험하여 나타낸 Fig.3.11과 Fig.3.12에서와 같이 동일시료와 동일 실험조건에서 2 주일간 발효시킨 뒤 측정 한 악취도는 EM-A,B,C가 비슷한 효능은 나타낸 반면 대조시료로 사용한 EM-D의 경우 냄새저감효능이 가장 높게 나타났다. EM-D는 쌀겨와 왕겨를 혼합한 발효제로서 왕겨의 미생물 흡착

보유력이 발효제의 기능을 우수하게 만드는 것으로 판단된다. 반면에 발효제를 넣지 않은 시료는 2 주후에 악취도 5도에 가까운 부패취기를 나타내어 EM발효제의 냄새저감 효과를 확인하는 대조군으로 사용되었다.

EM농도를 1.5%로 균일하게 투여한 경우 2 주후의 각 EM종류별 박테리아 분포를 비교하여 나타낸 Fig.3.13에서 쌀겨 발효제인 EM-A,B,C와 왕겨와 쌀겨의 혼합발효제인 EM-D와의 미생물 농도에 현격한 차이를 확인할 수 있다. 이러한 미생물 농도의 차이와 악취도 사이의 상관관계는 발효에 1 차적으로 관여하는 Lactic acid Bacteria의 분포와 관련하여 해석할 수 있다.

침출수에 대한 악취발생유무는 침출수발생후 2 일이 경과하면서 변질되어 불쾌한 냄새(시큼한 냄새)가 유발됨을 관찰할 수 있었다. 냄새의 발생원은 대부분 침출수에서 비롯된 것으로 판명되었다. 따라서 최소한 2 일에 한번씩은 침출수를 제거해 주는 것이 냄새제거에 필수적임을 알 수 있었다.

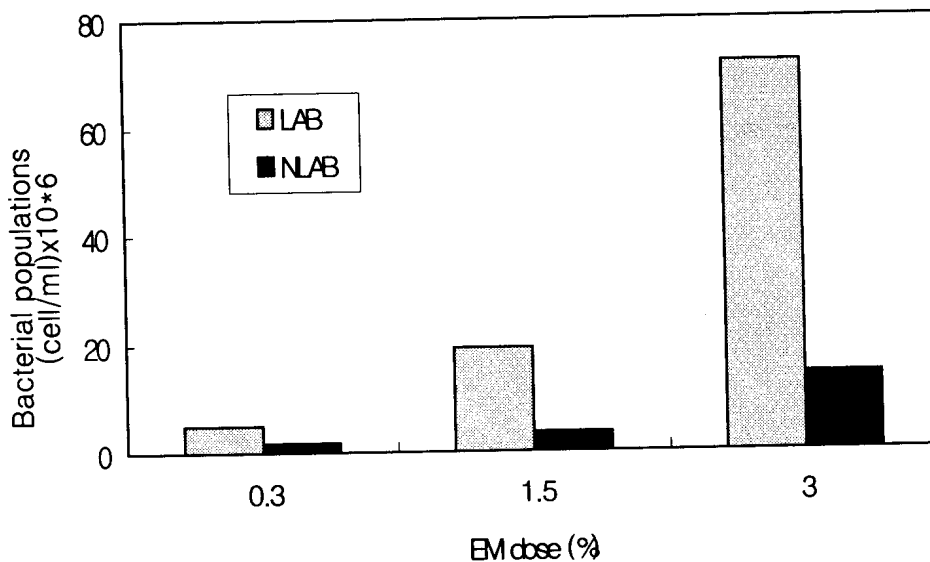


Fig.3.9 Bacterial populations at various dose of EM-C

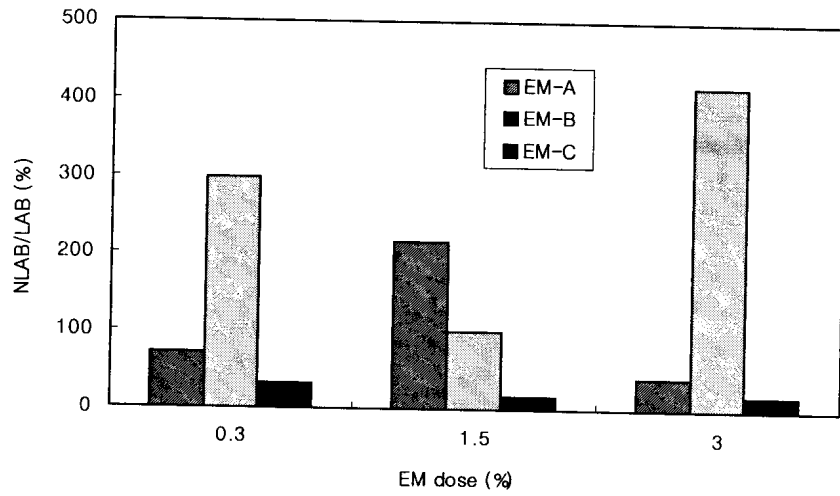


Fig.3.10 NLAB/LAB vs. dose of each EM after 1 week

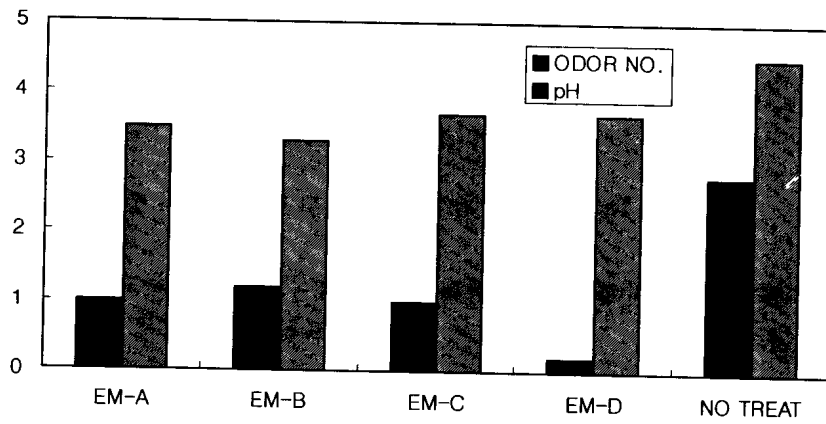


Fig.3.11 pH and Odor of each EM after 1 week

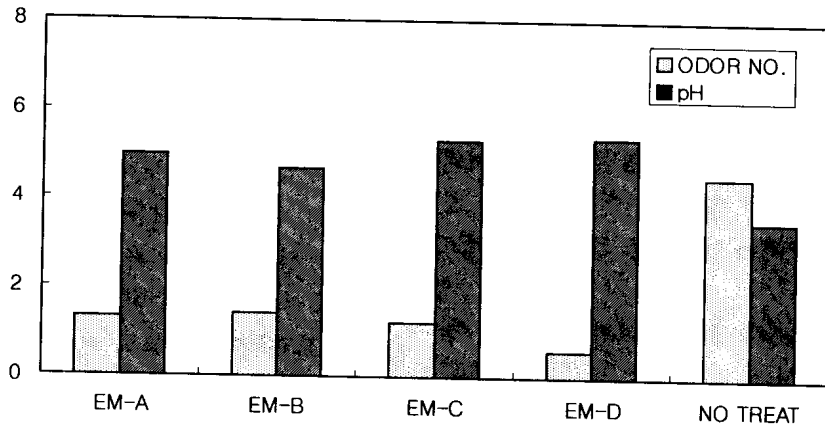


Fig.3.12 pH and Odor of each EM after 1 week

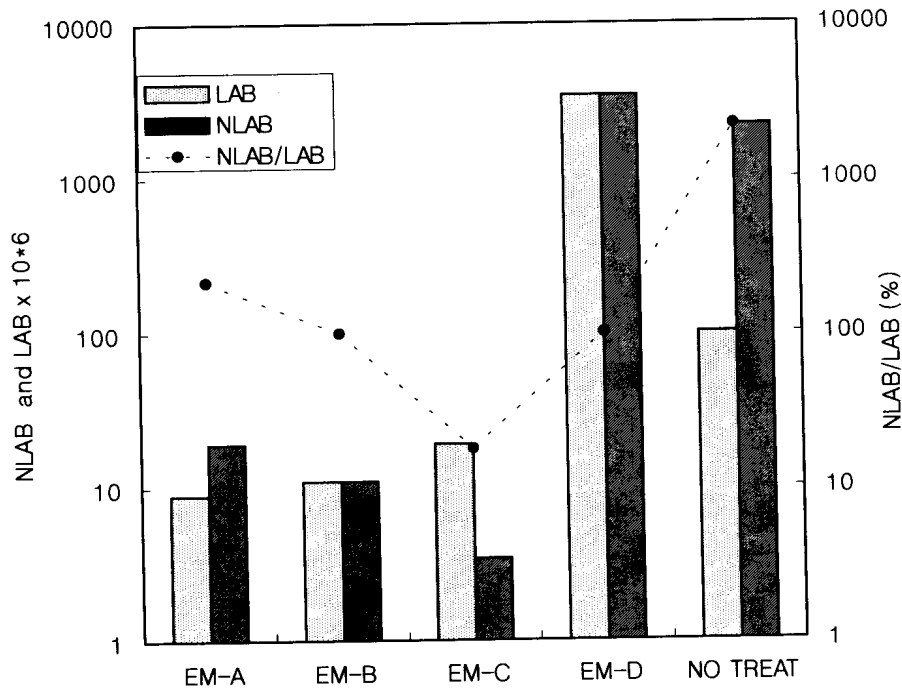


Fig.3.13 Bacterial populations of each EM after 2 weeks

3.2 EM발효제의 투여방식에 따른 악취제어 효과 분석

일반적으로 음식쓰레기에 EM발효제를 투여하는 방법은 음식물쓰레기와 EM발효제를 골고루 섞는 완전혼합방식과 매일 매일의 쓰레기를 층층이 쌓고 그 사이사이의 표면에 EM발효제가 뿌려진 형태의 사일로방식(표면투여 방식)으로 대별할 수 있다. 음식물의 표면에 발효제를 뿌리는 방법은 완전히 혼합하는 방법에 비해 처리가 간단하며 혐오물인 음식찌꺼기를 만지지 않아도 된다는 관점에서 매우 큰 장점을 가지고 있다 하겠다.

본 실험에서는 EM발효제 투여방식에 따른 냄새제거효과를 분석하기 위하여 국내산 발효제(EM-A, EM-B)와 외국산 발효제(EM-C, 일본산)를 표준 투여량인 1.5%씩 완전혼합방식과 표면

투여방식으로 투여하고 발효제를 투여하지 않은 시료를 대조군으로 하여 2 주일간 발효시킨 뒤 그 결과를 고찰하였다.

Fig.3.14에서 pH의 변동은 별다른 특이점을 찾을 수 없으나 발효제를 완전 혼합한 것에 비해 표면 투여한 시료의 pH가 약간 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. Fig.3.15의 악취측정 결과에서도 표면투여방식이 완전 혼합한 시료에 비해 악취도가 약간 높게 나타났다. 이 결과는 표면투여 시료가 혼합 투여 시료에 비해 부패균에 의한 산 생성과 악취유발물질의 발생이 더 많은 것으로 생각되나 그 차이가 극히 미미하며 음식찌꺼기 처리의 편리성을 감안한다면 사일로 방식의 표면투여방식으로 처리하는 편이 완전혼합방식보다 더 낫다는 결론을 도출할 수 있다.⁽¹¹⁾

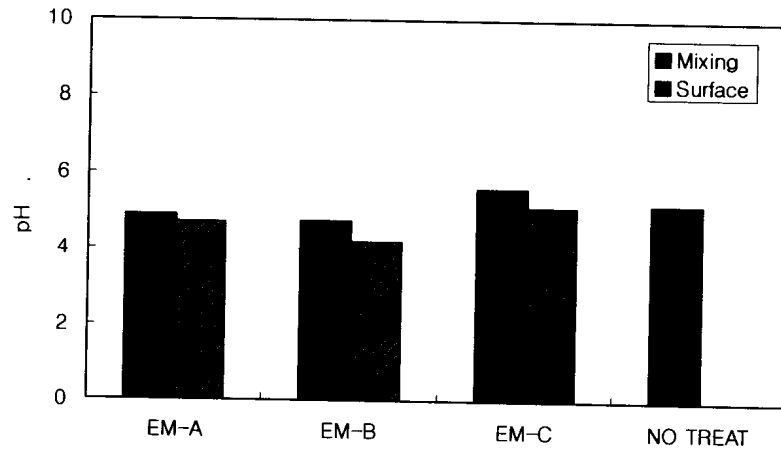


Fig.3.14 pH in different methods of dosing after 2 weeks

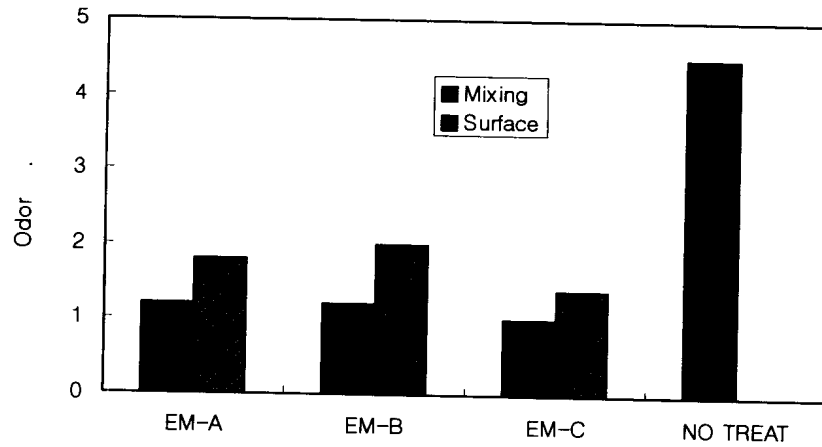


Fig.3.15 Odor in different methods of dosing after 2 weeks

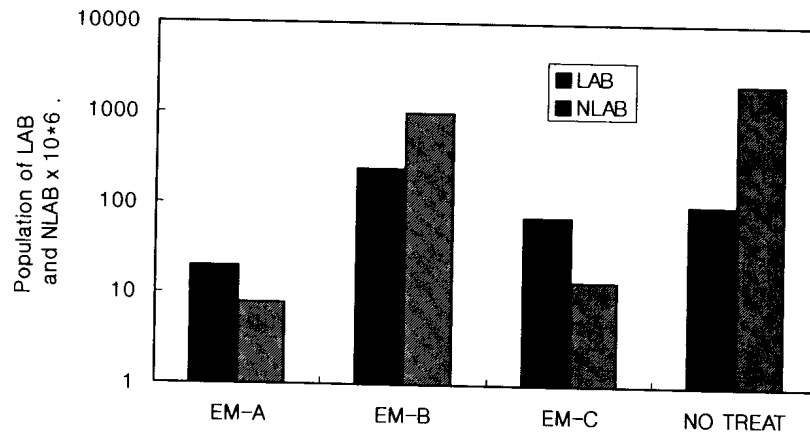


Fig.3.16 Population of LAB and NLAB in different methods of dosing after 2 weeks

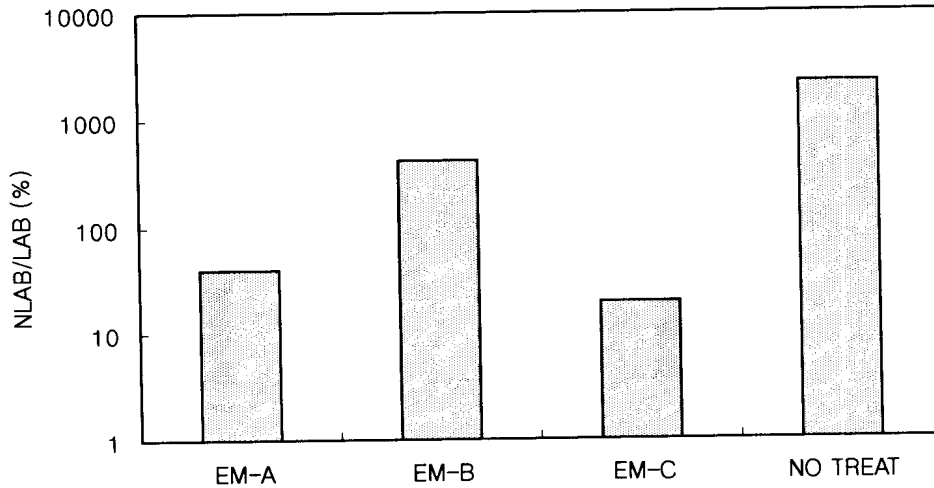


Fig.3.17 The ratio of NLAB to LAB for each EM after 2 weeks

4. 결 론

선박에서 발생하는 음식찌꺼기의 EM발효제에 의한 냄새저감효과를 확인하기 위하여 EM발효제를 종류별로 투여량을 조절하고 투여방법을 달리하여 같은 조건에서 2주간 발효시킨 결과 다음과 같은 결론을 확인하였다.

- 1) EM발효제를 투여한 시료는 악취도 1~2도의 술 냄새 같은 취기가 발생하였으며 EM발효제를 넣지 않은 시료는 악취도 4~5도의 부패취기가 발생하였다.
- 2) EM발효제의 투여량을 0.3~3.0%로 실험한 결과 냄새저감효과의 변화는 극히 미미하였으며 발효의 조건과 EM발효제의 종류 및 품질에 따라 냄새저감효과가 달라진다.
- 3) 쌀겨와 왕겨를 혼합하여 제조한 발효제가 기존의 발효제를 비해 냄새저감효과가 우수하고 발효미생물의 농도가 높게 나타났다.

- 4) 침출수는 쉽게 변질되어 불쾌한 취기를 발생하므로 발생 즉시 제거해야 한다.
- 5) EM발효제는 유효미생물 자체가 강력한 냄새저감기능을 가지고 있으므로 올바른 방법으로 사용하면 다른 탈취제를 사용할 필요없이 냄새제거가 가능하다.
- 6) EM발효제를 음식찌꺼기와 완전히 혼합하지 않고 표면에 뿌리고 다지기만 하여도 냄새저감효과는 충분히 발생한다.

참고 문헌

1. Mark Gould,P,E, "A Short Course in Composting Technology" Apr. 1994
2. Higa Teruo, "EM : The leading technologies of pollution and Waste" 綜合臨床45/12, 1996
3. 최 경민의 5인 "혼합미생물이 식물의 성장에 미치는 영향" 폐기물자원화 4/2, 1996

4. 송영채 "유기성폐기물의 고율메탄발효"
KAIST PhD Thesis, 1995
5. K. Nakasaki, H. Yiaguchi et.al "Effect of C/N ratio on Thermophilic Composting of Garbage" J. of Ferment Bioengineering Vol.73 pp.43-45, 1992
6. R.Rynk et. al, "On-Farm Composting" Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1992
7. APHA,AWWA,WPCF, Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 18th edition. Washington, D.C., 1992
8. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, "Proposal for Evaluating the Microbiological Soil-Amendment Materials" Dec. 1996
9. Suratwadee Chiwachinda et. al. "Study of Chemical and Biochemical Properties of EM" EM Seminar on Kasetsart University, Bangkok, 1995
10. K. Nakasaki, M. Shoda, and H.Kuboda, "Effect of Bulking Agent on the reaction rate of Thermophilic sewage sludge composting" J. Ferment Tech. Vol.64, pp 539-544
11. Somsak Wangnai et.al, "Comperative Study of Use of EM and Other Kinds of Microorganisms for the Production of Composts" seminar on Bankok, 1995

