

누룩 첨가에 의한 음식물 찌꺼기의 혐기성 처리(I)

최성우 · 김성우 · 성낙창 · 박승조

동아대학교 환경공학과

(1998년 4월 1일 접수, 1998년 7월 15일 채택)

The Anaerobic Treatment of Waste Food Adding Nuruk(I)

Seong-Woo Choi · Seong-Woo Kim · Nak-Chang Sung · Seung-Cho Park

Department of environmental engineering, engineering college

Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

(Received 1 April 1998 ; Accepted 15 July 1998)

ABSTRACT

This study has been carried out in order to reduce the moisture content of waste food and improve the drying effect of waste food. After adding Nuruk, the results were obtained from anaerobic treatment was summarized as follows :

After 2 days anaerobic treatment, initial moisture content of waste food was reduced from 80~85% to 60% and total volume of waste food was reduced to 30% by adding Nuruk. Also, initial salinity of waste food was reduced from 2.3% to 1.7% by adding Nuruk.

I. 서 론

음식물 찌꺼기의 일일 발생량이 일만 오천 톤을 넘어섰고 조리되는 총 음식물의 15%가 재활용되지 못하고 쓰레기로 손실되고 있으며 이 비용은 일년에 10조원에 육박하는 것으로 알려져 있다. 또한 1995년부터 쓰레기 종량제가 실시됨에 따라 음식물 찌꺼기 처리에 대한 문제가 크게 대두되고 있다.

음식물 찌꺼기 처리는 대부분이 매립과 소각방법에 의존하고 있지만 사실상 매립 후 발생하는 악취, 침출수 발생 및 매립공간 부족 등의 문제가 야기되며 소각할 경우 발열량 감소 및 소각의 비효율성 등의 문제점이 대두되고 있으므로 재활용을 위한 새로운 보완대책이 필요하다.

음식물 찌꺼기에 대한 현실성 있는 처리 및 감량화 기술로는 퇴비화, 혐기성 소화, 사료화, 소멸화 방법등

을 들 수 있는데 대부분이 처리하는 과정에서 많은 악취가 발생하고 자체의 수분 때문에 처리가 용이하지 않은 실정이다. 이 중 퇴비화와 사료화 기술은 처리비용 절감 및 제조후에도 유기질 비료 및 사료로서의 상품가치가 부여되므로 최근 환경학자들이 관심을 보이고 있는 분야이다.

하지만 이러한 방법이 효과적으로 활용되기 위해서는 음식물 찌꺼기에 함유된 수분량이 약 60% 이하로 조절되어야 하고 음식물 찌꺼기를 퇴비화 할 경우 퇴비에 함유된 염분이 토양과 작물에 악영향을 미칠 수 있어 퇴비화를 거친 퇴비중에 존재하는 염분 함유량을 감소시켜야만 퇴비로 사용할 수 있는 문제가 있다.¹⁾

따라서 음식물 찌꺼기는 비교적 염분에 영향을 많이 받지 않는 사료로써 활용할 수 있다면 자원 재활용 및 환경기술 발전의 측면에서 볼 때 바람직한 방법이라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 음식물 찌꺼기에 종균제로 누룩을 첨가하여 발효시간에 따른 함수율 변화, 부피 감소율, 휘발성 유기물 함량변화, 염분농도 변화 및 발효 생성물의 화학적 특성을 검토하고 고찰한 내용을 기술하였다.

II. 실험

1. 장치

음식물 찌꺼기 처리 실험에 사용한 장치의 개략도는 Fig. 1에 도시하였다.

Fig. 1에 제시한 혐기성 발효용 회분식 장치는 1. 2m×0.5m의 항온조에 300ml 용량의 유리병을 8개 사용하였으며 30ml 유리 주사기를 연결하여 발생 가스를 측정하였고 항온조 온도는 38℃로 유지하기 위하여 온도 조절기를 부착하였다. 그리고 빛에 의한 광합성 반응을 피하기 위하여 반응조 외부를 검은 천으로 덮어 빛을 차단하였다.

2. 시료 및 방법

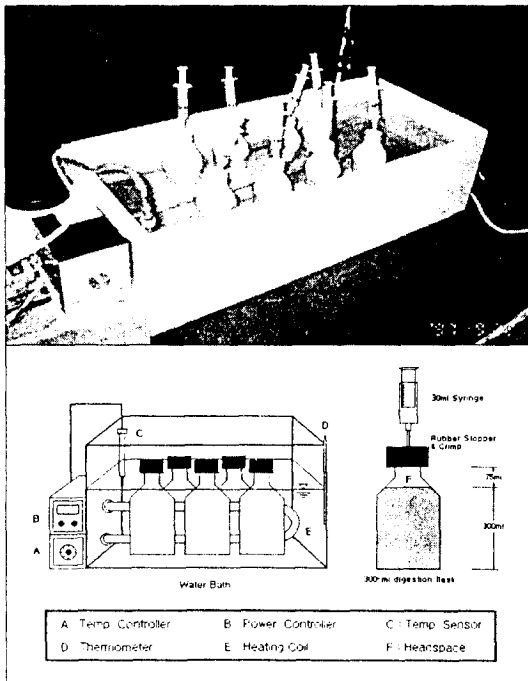


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

(1) 시료

실험에 사용된 누룩은 부산시 부전동에 위치한 부전 시장에서 구입하여 급게 분쇄한 후 사용하였고 음식물 찌꺼기는 부산 동아대학교 구내식당에서 배출되는 음식물 찌꺼기를 전처리 없이 그대로 시료로 사용하였다.

(2) 방법

본 실험에서는 음식물 찌꺼기를 처리하기 위한 방법으로 누룩 첨가에 의한 혐기성 발효가 사료화에 미치는 영향을 평가하기 위해 Fig. 1에서 보는 바와 같이 회분식 실험을 하였다.

혐기성 발효를 효과적으로 수행하기 위하여 음식물 찌꺼기와 누룩은 중량비로 10 : 1이 되도록 조절하였다⁷⁾. 회분식 반응기로 300ml 유리병에 음식물 찌꺼기와 누룩을 혼합한 음식물 찌꺼기를 각각 채워 넣은 다음 혐기성 상태를 유지하기 위하여 질소가스를 주입하여 산소를 제거한 후 고무마개로 완전 밀봉하였으며 반응조 내부온도는 발효가 잘 일어나기 위해 38℃를 유지하였다²⁾⁻⁶⁾. 실험상의 오차를 줄이기 위해 모든 실험은 3회 이상 반복하여 평균값을 구하였다.

3. 분석

모든 회분식 반응조는 12시간 내지 24시간을 주기로 수분함량, TS, VS, Cl^- , pH, 부피 감소율 및 IR 등의 항목을 분석하였다.

전술한 실험 방법대로 혼합된 시료를 38℃에서 발효시킨 다음 표준체 No. 8 (sieve, dongkyong co., Korea)을 이용하여 자연상태에서 5분간 중력 탈수 후 항목별로 분석하였다. 분석 방법은 우리나라 환경오염 공정시험법과 미국 Standard Method에 준하였다¹⁰⁾⁻¹³⁾.

III. 결과 및 고찰

1. 발효시간에 따른 함수율 변화

음식물 찌꺼기와 누룩을 첨가한 시료를 38℃에서 발효시킨 다음 표준체 NO. 8 (seive, dongkyong co., Korea)을 이용하여 중력 탈수후 누룩을 첨가한 시료와 누룩을 첨가하지 않은 시료의 수분 함량 변화를 발효시간과 관련시켜 Fig. 2에 도시하였다.

Fig. 2를 보면 시료의 초기 수분 함량은 약 83%이었

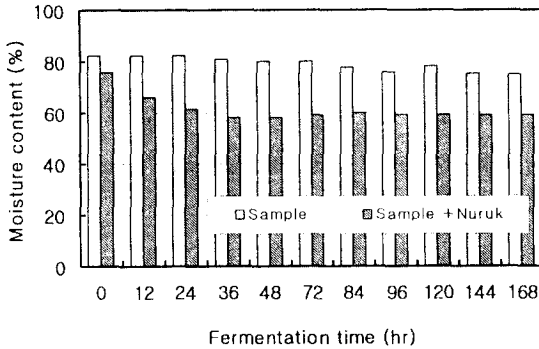


Fig. 2. The effect of moisture content in anaerobic fermentation adding Nuruk.

으나 누룩을 첨가한 시료의 수분함량은 약 76%이었다. 이것은 아마도 누룩이 초기 음식물 찌꺼기에 함유되어 있는 수분을 흡수하여 함유율이 약간 낮게 나타난 것으로 생각된다.

누룩을 첨가한 시료는 초기 함유율 75.6%에서 48시간 반응 후 수분 함량은 60% 이하가 되었고 누룩을 첨가하지 않았을 경우 동일조건에서 발효시킨 결과 초기 수분 함량이 82.3%이었으나 48시간 반응 후 수분 함량은 79~75%이었다. 이와 같은 현상은 아마도 누룩이 음식물 찌꺼기와 48시간 반응하여 복잡한 화학반응을 거쳐 수분 함량이 변화한 것으로 생각된다. 이것은 신⁷⁾과 고⁸⁾ 등의 탁주 발효에 관한 연구에서 나타난 실험결과와 같이 누룩의 발효는 36~48시간이면 충분히 이루어짐을 알 수 있었다는 보고와도 잘 일치하고 있다.

누룩을 첨가한 음식물 찌꺼기는 누룩내의 효모와 미생물의 분해 작용으로 약 48시간 정도 혐기성 발효시키면 자체 수분이 쉽게 탈수되어 사료화, 퇴비화시 미생물의 적정 수분 요구량인 60% 이하로 유지됨을 알 수 있었다.

이는 음식물 찌꺼기내의 탄수화물, 단백질은 고분자 물질의 분해로 생성된 저분자 물질들이 발효반응에 관여하여 미생물 작용에 의하여 계속 분해되어서 내부수나 결합수 등이 쉽게 탈수되기 때문인 것으로 생각된다.

반면 음식물 찌꺼기에 누룩을 첨가하지 않은 것을 시료로 사용하여 혐기성 발효시킨 경우에는 부패 세균의 활동이 활발해져서 수분 함량이 약간 감소하였으나 이

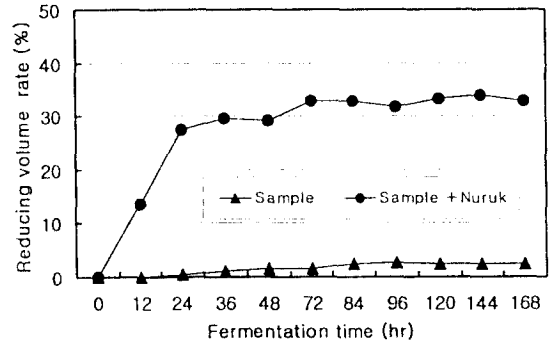


Fig. 3. The changes of reducing volume rate in anaerobic fermentation adding Nuruk.

것은 탈수라기 보다는 부패라고 볼 수 있으며 이 과정에서 악취를 동반하므로 실제로 처리할 경우 많은 애로가 있을 것으로 판단된다.

2. 부피 감소율 변화

혐기성 발효후 중력 탈수된 탈수액과 음식물 찌꺼기의 비중을 계산하여 부피비로 환산한 후 시간에 따른 부피 감소율을 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3을 보면 누룩을 첨가한 시료를 48시간 혐기성 발효하였을 경우 초기 시료 부피보다 약 30% 부피감소가 있음을 알 수 있다. 그러나 누룩을 첨가하지 않은 시료를 혐기성 발효하였을 경우는 반응시간이 경과하여도 약 2~3% 정도의 부피 감소만 일어나는 것을 알 수 있었다.

발효반응에 의하여 누룩을 첨가한 시료가 누룩을 첨가하지 않은 시료보다 쉽게 알코올 발효가 진행되어 시료 구성성분에 함유된 내부 수분이 탈수되어 수분 함량이 감소한 것으로 추정된다.

3. 휘발성 유기물 함량 변화

누룩을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 시료가 발효 반응시간에 따른 VS 농도를 Fig. 4에 도시하였다.

Fig. 4를 검토하여 보면 누룩을 첨가하지 않은 음식물 찌꺼기와 누룩을 첨가한 음식물 찌꺼기의 총고형물 당 휘발성 고형물 농도는 약 87% 이었다. 그러나 168시간 동안 혐기성 발효가 진행됨에 따라 누룩을 첨가한 경우의 VS 농도는 초기 86.5%에서 74.3%로

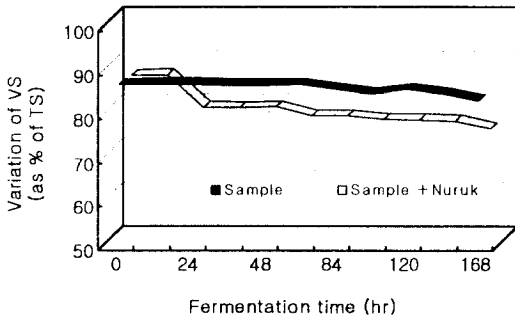


Fig. 4. The effect of VS(as % of TS) content in anaerobic fermentation adding Nuruk.

48시간 경과 후 약 10%의 유기물 분해가 일어났고 누룩을 첨가하지 않은 음식물 찌꺼기만을 발효시킨 경우는 VS 농도는 87.3%에서 83.4%로 적은 양의 유기물 분해가 일어남을 알 수 있다.

누룩을 첨가하였을 경우 미생물에 의한 분해작용으로 각종 유기물이 쉽게 분해되는 것으로 생각된다. 이것은 이¹⁴⁾ 등의 연구 결과와도 잘 일치하였다.

4. pH 변화

혐기성 발효시간에 따른 pH 변화를 Fig. 5에 제시하였다.

Fig. 5를 보면 누룩을 첨가하지 않고 음식물 찌꺼기만을 발효한 경우 초기 pH가 4.9 정도였는데 부패균에 의해 산이 계속 축적되어 pH가 연속적으로 떨어지는 것으로 관찰되었다.

반면 누룩을 첨가한 시료는 신⁷⁾과 고⁸⁾ 등의 연구에서와 같이 발효 2일 이후에는 pH 4.1 정도를 계속 유지

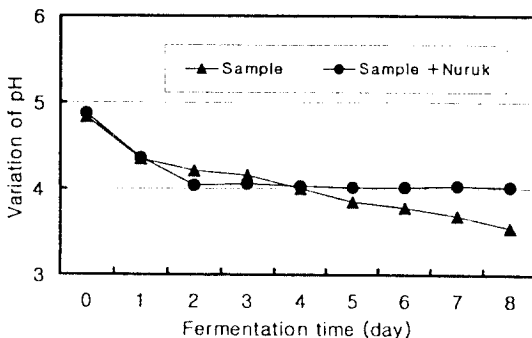


Fig. 5. The changes of pH in anaerobic fermentation adding Nuruk.

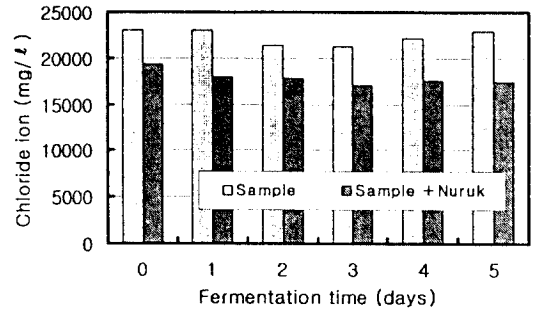


Fig. 6. The effect of Chloride ion in anaerobic fermentation adding Nuruk.

하는 것을 알 수 있었다. 이는 누룩 발효에 의해 유기산의 축적이 이루어졌으며 발효성 생균수가 크게 증가되어 부패균의 번식을 억제하는 것으로 생각된다.

신⁷⁾, 고⁸⁾, 이⁹⁾ 등의 연구 결과에서는 최종적으로 pH가 3.8까지 하락하였지만 본 연구에서는 4.1 정도로 오차가 있는 것은 실험에 사용한 음식물 찌꺼기의 성상 차이와 높은 염도 및 고춧가루 등의 특수한 물질이 포함되어있었기 때문에 오차가 발생한 것으로 생각된다.

5. 염분 농도 변화

혐기성 발효과정에서 음식물 찌꺼기에 함유된 염분농도 변화를 Fig. 6에 도시하였다.

Fig. 6을 검토하여 보면 실험에 사용한 음식물 찌꺼기의 염분농도가 2.3% 이었으나 누룩 첨가발효 2일 이후에는 약 1.7% 정도로 감소하였다. 이는 누룩 발효시 탈수된 수분에 의해 염분이 용해되어 제거된 것으로 생각된다. 참고로 농협에서 생산하는 사료의 염분 함유량은 용도에 따라 다르나 대략 0.5~1.5% 이고 퇴비에는 0.38% 정도 함유되어 있다.

6. 시료 및 발효 생성물의 화학적

특성 혐기성 발효에 의한 화학적 구조 변화를 알아보기 위해 시료를 100℃에서 건조시킨 후 막자사발을 이용하여 미세하게 분쇄한 다음 KBr과 1:100으로 섞어서 FTIR을 이용하여 측정된 ir spectra를 Fig. 7에 도시하였다.

Fig. 7을 검토하여 보면 지문영역인 1500~700cm⁻¹에서 구조변화가 발견되지 않으므로 누룩첨가에 의한 혐

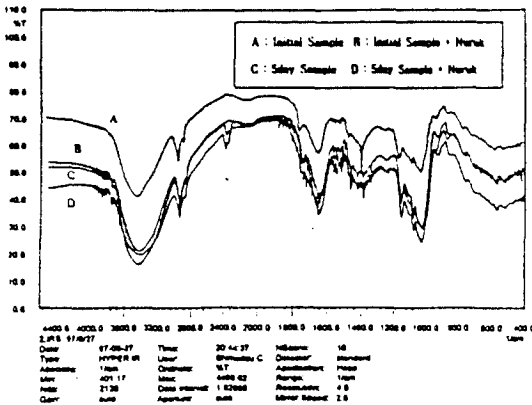


Fig. 7. IR spectra obtained from waste food and waste food + Nuruk.

기성 발효 전후의 성상변화가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 이는 분석에 사용한 FTIR의 전처리 과정에서 시료 건조시 알코올 성분이 휘발되었기 때문인 것으로 판단된다.

IV. 결 론

음식물 찌꺼기에 함유된 수분 함량을 감소시키고 건조를 용이하게 하기 위해 누룩을 첨가한 후 혐기성 발효 실험에서 얻은 결과를 종합하면 음식물 찌꺼기에 누룩을 첨가하여 48시간 정도 혐기성 발효시켰을 경우 초기 함수율이 80~85% 이던 것이 탈수되어 60% 이하로 감소되었고 전체 음식물 찌꺼기 부피도 약 30% 정도 감소되었으며 유기물의 분해가 10% 정도 일어났고 pH 변화도 48시간 후에 4.1 정도로 안정화되었다.

또한 IR 분석결과 화학적 구조의 이상변화가 나타나지 않았으며 초기 염분농도는 2.3%에서 누룩을 첨가하여 혐기성 발효하였을 경우 약 1.7%로 감소하므로 퇴비로 이용하는 것보다 사료화하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 1997학년도 동아대학교 학술연구조성비(일반과제)에 의하여 연구되었음.

References

1. 한국유기성폐자원화합의회, "도시고형폐기물 퇴비를 적용한 토양의 물리적, 화학적 성질의 변화", 유기성 폐기물의 퇴비화 기술, pp.313-324 (1994).
2. 송형익, 신준엽, "현대 발효공학", 지구문화사, pp. 135-395 (1995).
3. 하덕모, "발효공학", 개문사, (1982).
4. 성낙계 외 3명, "최신 발효공학", 형설출판사, (1981).
5. 김기철, 김찬조, "발효공학", 수학사, (1988).
6. 하영선, 정기택, "최신 발효공학", 수학사, (1987).
7. 신용무, 조덕현, "たく발효에 있어서 발효미생물군의 변동에 대하여", 한국미생물학회지, Vol. 8, pp.53-64 (1970).
8. 고준명, 최대주, 유준, "한국 고유주의 일종인 탁주에 대한 미생물학적 연구", 한국미생물학회지, Vol. 11, pp.167-174 (1973).
9. 이기영, 양재경, "음식물 쓰레기의 혐기적 발효 사료화", 한국유기성폐자원학회 가을학술지, pp.51-60 (1997).
10. 환경부, "환경오염 공정시험법", 환경부, (1991).
11. 김종택, "환경오염공정시험법해설", 신광출판사, (1992).
12. 편집부, "수질오염·폐기물·토양오염 공정시험방법", 동화기술, (1995).
13. Andrew, D.E., Lenore, S.C., Arnold, E.G., "19th Edition Standard Methods", APHA, (1995).
14. 이은경외 1인 "첨가제를 달리한 음식쓰레기의 퇴비화에 관한 연구", 대한환경공학회 Vol. 16, No. 8, pp.953-962 (1994).