

최 종
연구보고서

음식 폐기물의 유효 토착 미생물 혼합발효에 의한 고기능성 농업 생물 소재 개발

Study on development of biofunctional material using food waste
by fermentation with mixed indigenous microorganisms

연 구 기 관

전남대학교 농과대학

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “음식폐기물의 유효토착 미생물 혼합발효에 의한 고기능성 농업생물소재 개발에 관한 연구” 과제 (세부과제 “음식폐기물의 고온성 발효에 의한 농업생산성제고 유용물질생산기술개발, 음식폐기물의 고온속성발효에 의한 비료의 개발, 음식 폐기물의 고온 속성발효에 의한 양돈사료 자원화 기술개발”)의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 2 월 6 일

주관연구기관명 : 전남대학교 농과대학

총괄연구책임자 : 김 용 응

세부연구책임자 : 정 기 철

세부연구책임자 : 김 용 응

세부연구책임자 : 김 태 환

연 구 원 : 심 재 한

연 구 원 : 김 길 용

연 구 원 : 지 연 태

연 구 원 : 임 계 택

요 약 문

I. 제 목

음식폐기물의 유효토착 미생물 혼합발효에 의한 고기능성 농업생물소재 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라의 식생활 문화상 음식 폐기물은 생활 쓰레기중 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 음식 폐기물은 부패성이고 수분함량이 높아서 매립과 소각에 어려움이 따른다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 자원화가 오래 전부터 검토되고 있으나 현재까지도 자원화 비율은 높지 않은 실정이다. 음식 폐기물을 방치하면 공해물질이지만 미생물에 의한 합리적 처리를 도모하면 농업생산성을 제고시키는 유용물질로 전환되므로 이에 대한 기술을 적극 개발하여 폐기물 발효산물의 부가가치를 높여야할 필요성이 있다. 또한 음식 폐기물은 그 성분구조가 복잡하여 분해에 저항성이 크므로 유효토착 미생물 조성물(MS균)에 의한 생물적, 화학적 반응을 촉진시키는 기술 개발이 필요하다.

음식 폐기물의 변환 이용에는 에너지 저투입 반응인 미생물, 효소 등 생물기능에 의해 효율적으로 분해, 변환하는 것이 바람직하므로 유효 미생물을 이용한 기본 기술의 확립이 필요하고 난 분해성 물질의 효율적 분해 및 발효에 적합한 고능율의 미생물 탐색과 발효 시스템 개발이 시급하다.

음식 폐기물 발효퇴비 사용은 화학비료사용으로 비옥도가 떨어진 토양의 물리, 화학적 성질개선 및 토양의 생물과 미생물의 종을 다양하게 함으로써 물질순환능력의 증진, 토양의 완충능력의 향상과 환경오염 및 자원절약과 재활용이라는 국가 정책에 이바지할 수 있고 유기농법에 대한 농민 선호의 증가로 퇴비 공급면에 보탬이 되며 환경보전형 지속적 농업에 이바지할 수 있다.

음식 폐기물은 수분함량 및 염분 농도가 높으므로 이를 가축 사료화 하기 위해서는 수분, 염분함량의 조절 및 기호성, 영양적 균형을 고려한 적절한 처리와 가공기술이 필요하다.

경제적인 측면에서 살펴보면, 음식 폐기물의 연간 발생량은 약 8백만톤으로 연간 8조원에 이르고 있는바 이를 효율적으로 처리하여 그 절반만 농업용 소재로 활용한다해도 약 4

조원의 절약효과를 가져오는 등 경제 효과가 지대하다. 또한 음식 폐기물의 발효처리 산물로부터 사료첨가용 복합효소제, 균체, 유기산, 식물생육 조절 물질등 농업 생산성 제고를 위한 유용물질 생산은 산업전반에 소득증대를 가져오므로 경제발전의 파급효과가 크다고 할 수 있겠다.

사료자원을 대부분 외국에 의존하고 있는 상황에서 수입사료원을 대체함으로써 사료원의 외국 의존도를 낮추어 축산경쟁력을 다소 확보할 수 있는 방안을 마련할 수 있고 음식 폐기물 발효산물의 제조공정 및 양질의 식육을 생산할 수 있는 사료로서의 가공기술이 개발되면 축산경영에 있어서도 상당한 부가가치가 부여될 수 있다.

환경적인 측면에서 음식 폐기물을 농업적으로 이용하면 쓰레기의 재활용으로 자원의 절약은 물론 자연으로부터 얻은 물질들을 다시 자연으로 돌려보내 물질순환과정을 거쳐 다시 인간의 식생활에 필요한 물질들을 얻어내는 과정을 이해함으로 환경의 중요성을 인식하게 된다. 또한 음식폐기물의 무분별한 매립이나 방치로 인한 환경오염과 생태계의 파괴 등의 문제해결에 많은 기여를 할 것이다.

무공해 영농의 일환으로 본 연구팀의 일원인 전남 장성군 황룡면 필암리 한국 MS균 연구소 소장인 김분수씨는 환경오염의 주범인 각종 음식물 쓰레기를 유효토착미생물(MS균)로 특수 가공 처리하여 유기질 비료와 가축사료로 만드는데 성공하여 무공해 영농선두주자로 평가받고 있다(광주일보 제14910호, 1998. 1. 22).

본 연구는 음식 폐기물을 유효 토착미생물 조성물(MS균)을 이용하여 고온하에서 속성 발효하여 복합효소제, 생리활성물질, 비료, 사료 등 농업생산성 제고를 위한 유용물질을 생산할 수 있는 기술개발을 목표로 한다. 음식 폐기물의 분해 및 발효 극대화를 위하여 고온 발효 과정을 거치면서 유기성 폐기물에 함유된 유기물질이 유용 미생물군의 작용에 의해 효소, 균체 단백질, 유기산 및 생리활성 물질, 비료, 사료등으로 변환(bioconversion)됨으로써 폐자원의 고 부가가치화를 도모함과 동시에 농촌 환경 또는 생태계 보전에 보탬이 되는 이중 효과를 거둘 수 있게된다. 영농가에게는 폐자원의 재활용화에 따른 보다 값싼 가격에 안정적으로 사료를 공급함으로써 생산비절감에 대한 영농의욕의 고취 등 많은 직, 간접적 이점을 가져올 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 음식 폐기물의 고온속성발효에 의한 농업생산성 제고 유용물질 생산기술개발

가. 유효토착 미생물 조성물로부터 음식물폐기물 자화능 및 유용물질 생산 우수 미생물 수집과 탐색체계확립

- 1) 산업용 효소, 균체단백질 생산 우수 균주 분리 및 동정
- 2) 식물생육조절물질 생산능 우수 균주 분리

나. 음식물폐기물의 발효기질화에 의한 유용물질 생산 및 우수균주의 현장적용에 의한 식물생장촉진 효과 검정

- 1) 음식물 폐기물 이용 액체배양에 의한 amylase 생산
 - 2) 생산 amylase의 특성조사
 - 3) 음식물 폐기물 이용 액체배양에 의한 균체단백질 생산
 - 4) 균체단백질의 특성조사
 - 5) 식물 생육조절 물질 생산균의 생육조건
 - 6) 식물생육조절 물질 생산균의 병원성 곰팡이에 대한 길항력 측정
 - 7) 미생물과 식물의 생장촉진 작용검색
 - 8) 우수균주조합처리에 의한 식물생장영향
2. 음식 폐기물의 고온속성 발효에 의한 비료의 개발

음식폐기물에 MS균을 처리하여 부숙시킴으로서 그 부숙정도에 따라서 작물의 생장에 미치는 영향을 조사하였다. 음식폐기물로 만들어진 퇴비의 효과를 알아보기 위해 pot 실험을 실시하였는데, 대조구로서 무처리구, 일반퇴비구, 관행비료구를 처리하여 그 효과를 비교 검토하였다. 또한 퇴비의 시비량을 서로 달리한 실험을 통해 작물의 생육에 가장 적합한 시비량을 검증하였다.

분석항목으로는 작물의 생육조사, chlorophyll concentration, organic acid를 조사하였고 처리구에 따른 토양에서의 성분 변화 조사는 토양의 전분석, microbial population, enzyme activity, microbial biomass를 조사하였다.

3. 음식폐기물의 고온속성발효에 의한 양돈사료 자원화 기술개발

가. MS균 발효사료의 영양가치 평가 및 유해물질의 존재 여부 확인

제조된 공시사료에 대한 사료영양적 가치를 평가하기 위하여 시료에 대한 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 및 가용무질소물 등의 6항목으로 분류하여 측정하고 아미노산, 지방산, 인, 염분, 열량 및 필수 광물질을 분석함으로써 음식폐기물의 사료 자원으로서의 대체 가능성을 검토하였다. 음식폐기물 및 음식폐기물 발효사료내 유해물질의 함유정도를 조사하기 위하여 중금속 및 아플라톡신을 조사하였다.

나. 음식폐기물 발효사료의 육성·비육돈에 대한 사양시험

MS균에 의한 음식폐기물을 발효하여 제조된 공시사료와 양돈용 배합사료의 배합비율의 달리하여 배합사료 100% 급여구를 대조구로 하여 음식폐기물 발효사료 25%, 50% 및 100 % 대체하여 사양시험을 실시하였다. 전 사양시험기간 동안 총 증체량, 일일 평균 증체량, 평균 총사료섭취량, 평균 일일 사료 섭취량 및 사료요구율 각각 비교하였다. MS균에 의한 발효, 건조 분쇄 등 제조공정상 비용과 배합사료 kg 당 사료비를 기준으로 출하시까지 사양에 소요된 사료비에 대한 경제성 분석하였다.

다. 생산된 돈육의 도체 등급판정 및 육질분석

기존 배합사료를 급여한 대조구와 제조된 공시사료를 급여한 시험돈이 출하 체중에 도달했을 때 도살하여 돈육의 육질판정기준에 따라 육질그룹을 5개 등급으로 분류하였으며, Rancidity 측정 (TBA 방법), 지방산화 분석, Colorimeter를 사용한 육색변화 측정, 수분삼출 측정, 연도측정 등의 화학적 분석과 관능검사를 통한 총괄적인 육질평가를 실시하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 음식 폐기물의 고온속성발효에 의한 농업생산성 제고 유용물질 생산기술개발

가. 연구개발결과

- 1) 유효토착미생물조성물(MS균)로부터 분리된 amylase 생산 최우수균주 MS2 -

B18 (3-1)는 *Bacillus* sp., 균체단백질 생산 우수균주 3-2는 *Aspergillus* sp.로 동정되었다.

2) 식물병원균에 길항능이 우수한 균주로서 MB26는 *Pasteurella* sp., 식물생장촉진 효과를 나타내는 균주로서 CPS01는 *Brevibacterium mcbrellneri*, CMB RP01는 *Methylobacterium* sp., CMB09는 *Vibrio ordalii*, CMB88는 *Staphylococcus lentus* 로 동정되었다.

3) 음식물 폐기물을 이용한 *Bacillus* sp. 3-1의 액체배양에 의한 amylase 생산은 무기질소원으로 황산암모늄 0.8%, 탄소원으로서 음식물폐기물 40%, 배지의 초발 pH 8.0, 배양최적온도 30℃, 배양일수 5일이 최적 조건임을 확인하였다.

4) *Bacillus* sp. 3-1이 생산하는 amylase는 분자량 61,000 및 54,000으로 추정되는 두 성분이 존재하고, 본 효소는 가용성 전분 분해 결과 glucose 40%, maltose 60%의 비율로 당을 생성하는 당화형 amylase임이 인정되었다.

5) *Aspergillus* sp. 3-2를 이용한 균체단백질 생산조건은 음식물폐기물 농도 40%, 황산암모늄 0.8%, 배지 pH 3.5, 온도 45℃에서 5일간 배양시 최적조건임을 확인하였다.

6) 음식물폐기물을 이용하여 배양한 *Aspergillus* sp. 3-2의 균체를 분석한 결과 조단백질 37.7, 조지방 7.1, 조섬유 17.1, 조회분 7.1%였고, 균체단백질의 아미노산조성은 기보고된 대두보다 양호하였으나 유허함유 아미노산 함량이 낮았다.

7) 식물생장촉진 미생물을 오이 및 담배에 적용시켰을 경우 식물의 뿌리생장에 양호한 영향을 나타냈고, 이들 미생물을 서로 조합하여 처리한 경우 식물생장에 더욱 좋은 효과를 나타냈다.

나. 활용에 대한 건의

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 한국 MS 연구소에 이전하여 음식물폐기물을 이용

하여 amylase 및 균체단백질을 생산 할 것이다.

Amylase는 동물용 소화제, 균체단백질은 영양강화용사료 첨가제로 활용될 것이다. 식물병원균 길항균 및 식물 성장촉진 미생물을 제제화하여 유기농업 및 시설원에 작물생산 증진제로 실용화 할 계획이다.

따라서 이들 고기능성 농업 생물소재가 현장에서 실용화 되도록 국가적 차원에서의 행정적 지원체계가 확립될 것을 기대한다.

2. 음식 폐기물의 고온숙성 발효에 의한 비료의 개발

작물이 성장함에 따라서 일반퇴비나 관행비료를 처리한 구보다 음식물 퇴비를 처리한 구가 더 높은 작물의 성장효과를 나타내었다. 이는 초기에는 일반퇴비나, 관행비료 구에 있는 양분으로도 작물이 성장을 할 수 있지만, 작물이 성장함에 따라 양분이 부족함으로써 나타난 결과이다. 음식물 퇴비를 처리한 것은 지속적으로 작물에 양분을 공급할 수 있음을 알 수 있었다. 액비를 처리한 구에서는 생체중이 액비를 처리하지 않은 음식물 퇴비보다 조금씩 적음을 볼 수 있는데, 이는 과다 비료 시용으로 인한 생육저해 현상으로 볼 수 있겠다.

chlorophyll 함량을 보면 역시 생체중과 마찬가지로 음식물 퇴비를 처리한 구가 다른 구에 비해 높은 함량을 보여주고 있다. 음식물 퇴비를 처리한 구에서는 지속적인 양분의 공급에 따라서 작물이 성장을 하고 이에 따라 chlorophyll 함량도 지속적으로 증가하지만 관행비료구나 일반 퇴비구는 양분의 부족으로 성장에 저해를 받고 전체적으로 엽록소 함량도 감소하는 것으로 나타났다.

음식물 퇴비를 처리한 구는 다른 구에 비해서 유기물 함량이 많다. 유기물 함량이 많다는 것은 미생물이 성장할 수 있는 양분이 많음을 의미하므로 다른 구에 비해 미생물이 더 많이 분포한다고 할 수 있다. 따라서 미생물이 많은 음식물 퇴비구가 다른 구에 비해 미생물의 숫자가 많았고, 높은 효소 활성을 보여 주었다.

이상의 결과로 볼 때 모든 조사에서 음식물 퇴비를 처리한 구가 일반 퇴비나 관행비료구를 처리한 구 보다도 높은 수량과 활성을 보여줌을 알 수 있었다. 따라서 MS 균을 이용한 음식물 쓰레기 퇴비도 비료로서 사용 가능성을 알 수 있었다.

환경적인 측면에서 볼 때 우리나라의 음식 폐기물의 적절한 처리는 시급한 문제가 아니라고 볼 수가 없다. 따라서 그 처리의 일부분으로서 음식폐기물이 퇴비로서 이용이 가능함을 본 연구를 통해 알았고, 정부와 기업간에 협력을 통하여 단기적인 효과

를 추구하기보다는 보다 장기적인 투자를 통해서 효율적인 음식폐기물의 처리 시설을 갖추어야 할 것으로 본다.

3. 음식폐기물의 고온숙성발효에 의한 양돈사료 자원화 기술개발

가. MS균 발효사료의 영양가치 평가 및 유해물질의 존재 여부 확인

1) 분석된 사료성분 함량을 기준으로 비교할 때 MS균에 의해 발효제조된 시료의 조지방 함량은 곡류, 유박류, 강피류 및 대부분의 가공 부산물의 그것 보다 3-6배 정도 높은 수준이었으며 조단백질 함량 역시 콩과를 제외한 대부분의 곡류 또는 강피류 보다 그 함량이 훨씬 높은 것으로 나타나 양돈 사료자원으로서 가치가 충분히 인정되었다.

2) 사료의 성분면에서 일반 곡류 사료나 부산물 단미사료에 비해 조단백질, 조지방 함량이 높게 나타나 단미 사료원으로서의 활용 가치는 충분히 인정되었다. 건조처리 하여 가공한 음식폐기물내의 수은, 비소, 불소 및 크롬은 미검출 되었고 납과 카드뮴은 배합사료내 유해 중금속의 허용함량의 기준을 훨씬 미치지 못하여 사료화에 안전한 것으로 나타났다.

3) MS균에 의한 발효과정에 따른 필수아미노산/비필수아미노산의 비율 및 암모니아 농도는 거의 변화가 없었다. 이러한 결과는 1차 저온발효나 2차 혐기숙성발효과정은 구성 아미노산의 농도에는 영향을 미치지 않으나 위에서 언급 한 바와 같이 MS균에 의한 2차 혐기숙성발효과정은 단백질의 가수분해가 촉진, 즉 발효 효율에는 중요한 의미가 있음을 보여주었다. 2차 혐기발효에 따른 총 지방산 함량이 유의적으로 증가하였으며 특히 palmitic acid,, palmitoleic acid, oleic acid의 증가가 뚜렷 하였다.

4) 모든 시료에서는 UV light에 의한 형광이 전혀 발견되지 않은 것으로 미루어 본 실험에 사용한 시료의 양 (각 100 g)에는 aflatoxin이 없는 것으로 판정되었다

나. 음식폐기물 발효사료의 육성.비육돈에 대한 사양시험

1) MS균을 이용한 음식폐기물의 대량 처리조건 및 사양시험에 사용될 음식폐기물 양돈사료를 대량 수집하여 일괄 제조하여 배합사료 100% 급여(대조구), 음식폐기물 발효사료로서 25%, 50% 및 100% 대체 공급의 4처리 5반복으로 사양시험을 실시하였다.

2) 전 시험기간동안 (10주령부터 27주령까지)의 일일 증체량은 배합사료 100% 급여한 대조구에 비해 음식폐기물 발효사료를 25% 및 50% 대체했을 때 유의적으로 높고, 100% 대체구에서는 현저히 감소하는 결과를 얻었다. 일일사료 섭취량, 사료요구율의 결과에서도 음식폐기물 사료를 50%까지 대체는 사양효율에 있어 권장할 만한 수준인 것으로 나타났다. 그러나 100% 음식폐기물 발효사료 급여는 문제가 있는 것으로 평가되었다.

3) 총사료비는 대조구, 25%, 50% 및 100% 대체구에서 각각 47916, 43791, 27609 및 12339원으로 평가되었다. kg 증체에 요구되는 사료비는 배합사료만 급여한 대조구에서 690.4원으로 가장 높았다. 25% 및 50% 음식폐기물사료 대체구에서 총 증체량이 대조구보다 높게 유지되면서 kg 증체당 사료비는 28.6% 및 49.4%를 절감되는 높은 경제성을 확인할 수 있었다. 그러나 100% 음식폐기물 발효사료 급여구에서는 kg 증체에 요구되는 사료비는 약 32.6% 감소되었으나, 전 육성기간동안의 총 증체량이 26.5 kg으로 매우 낮아 시험 종료시 체중이 출하체중에 훨씬 못치는 낮은 성적을 보여 실제사양에 적용가능성은 매우 낮았다.

다. 생산된 돈육의 등급판정 및 육질분석

1) 25% 대체구에서는 A 등급 및 B 등급의 출현율이 각각 40%로 양호한편이었으나, D 등급의 출현이 있었다. 50% 대체구에서는 A 등급 40%, B, C 및 D 등급 각각 20%로 나타났다. 이러한 결과들로부터 음식폐기물 발효사료의 대체율이 증가할수록 육질 등급이 낮은 것으로 나타남을 알 수 있었다.

2) 배합사료 100% 급여한 대조구에서 햄육의 수분함량은 61.67%이었다. 음식폐기물 발효사료의 대체 비율이 증가함에 따라 높은 경향이였다. 조지방 함량은 햄육은 등심육에 비해 전반적으로 낮았는데 음식폐기물 발효사료를 50%까지 조지방함량에

대한 유의적인 차이가 없었으나, 100 % 대체구에서는 유의적인 감소하였다. 조단백질 함량은 음식폐기물 발효사료의 대체 비율이 25 % 및 50 %일 때 약간 감소하는 경향이였다. 조회분 함량은 음식폐기물 발효사료의 대체 비율이 증가함에 따라 증가하는 경향이였다.

3) 음식폐기물 발효사료의 첨가 비율이 50%일 때 PFN 및 PSE육의 발현율이 각각 20%였고 음식폐기물만을 공급했을 때는 PSE육의 발현이 80%로 나타나므로 육질을 고려할 때 음식폐기물 발효사료의 첨가 비율은 25 % 수준을 넘지 않은 것이 유리한 것으로 나타났다.

4) 음식폐기물 대체비율이 증가됨에 따라 돈육의 육즙 유출율이 높아지며, 과도한 비율로 대체할 경우 저장기간동안 육즙의 유출이 지속적으로 일어남에 따라 육의 향미 및 조직감이 저하되는 돈육이 생산됨을 간접적으로 알 수 있다.

5) 음식폐기물 대체비율이 증가됨에 따라 연도가 감소되기 때문에 돈육의 식감과 조직감 낮아짐을 잘 보여준다. 또한 100 % 음식폐기물 발효사료 급여는 돈육의 연도에 있어 매우 불합리한 급여 방법임을 알 수 있다.

6) 음식폐기물 발효사료를 25 %까지 대체 급여했을 때 대조구와 비교하여 적색 및 황색도에 영향을 미치지 않으나, 그 이상의 대체 비율에서는 적색이 감소하고 황색도가 증가하는 외관상 선도에 나쁜 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

7) 저장기간중 pH, 산패도 및 호기성 미생물의 분석 결과, 50 % 이상의 음식폐기물 발효사료 급여시는 돈육은 저장 안정성에 문제가 있는 것으로 나타났다.

SUMMARY

I. Title

Study on development of biofunctional material using food waste by fermentation with mixed indigenous microorganisms

II. Importance and Objects of the study

Due to the feature of our food life culture food waste is occupying the biggest part of household waste. Food waste has difficulty in reclamation and incineration because it is perishable and has high moisture content. For a long time to solve these problems it has been studied to make food waste resource. But until now it is the fact that waste food is not used effectively yet. If waste food is not used and is left alone, it's a mere polluting material. But if it is treated appropriately by microorganism, it can be converted into useful material that can increase the agricultural productivity. Therefore the technology that treats food waste must be developed, and the utility value of fermentation product is needed make high. Furthermore as food waste has complicate ingredient constitution and so makes big resistance to decomposition, the technology that can accelerate the biological and chemical reaction of it with particular microorganism is must be developed.

It is desirable that waste food should be decomposed and converted into useful material using microorganism, ferment, and etc. Because that methods are required less energy. So the basic technology making use of useful microorganism must be accomplished. And the technology that can decompose the hard-decomposition material efficiently must be achieved. It is urgent to research adequate microorganism for fermentation and the fermentation system should be improved.

Food waste compost ; 1. can improve the physical and chemical property of poor soil owing to using chemical fertilizer. 2. can make the species of organism and microorganism of soil various, and then can advance ability of nutrient

circulation and buffering of soil. 3. can contribute to national policy, that is, the control of environmental pollution, saving of natural resource, and recycle. 5. can contribute to progress the environmental agriculture if farmers prefer to use food waste compost and the organic farming.

Food waste has high moisture content and is in high salt concentration. So in order to make fodder, the improvement of the appropriate treatment and the processing technology that consider the nutritional balance and the control of salt concentration is required.

In the economic aspect, about 8 million ton of food waste is produced per year and is equivalent to 8 trillion won. If it can be treated efficiently and only half of it can be made better use for farming, about 4 trillion won can be saved. It can be said that the economic effect of it is enormous. In addition, from the results of food waste composting, many useful materials can be produced. The production of the useful materials will be stepping up income throughout the whole industry, therefore it will greatly affected the economic development.

Presently Korea depends on foreign countries for most of fodder. If food waste compost can be substituted for the foreign fodder, Korea can strengthen the competitiveness of stockbreeding on international markets. Moreover if the process of production of food waste compost is developed and it can be applied to fodder that can produce high-quality meat, as a result considerable added value can be given rise for stockbreeding economy.

In the environmental aspect, if food waste is used for agriculture, resource can be saved owing to recycling. Also the importance of environment will be recognized well by understanding the course that human beings get food through. And it can help the solution of the problems like environmental pollution and the destruction of ecosystem that is caused by the reckless reclamation of food waste or leaving alone it.

A member of this research team, Moon-su, Kim who is the director of Korea MS strain Institute in Pilamri, Hwangryongmyun, Chang-sung Kun, Chullanamdo treated e with MS strain on composting food waste and succeeded in making various kinds of organic fertilizer and fodder. (Kwang-ju Il Bo, no. 14910, 1998,

1, 22)

The purpose of this study is the development of technology that can ferment rapidly food waste at a high temperature using MS strain and can convert food waste into useful material, like fertilizer, fodder, physiological materials, etc. At the same time it is helpful for rural circumstance or the preservation of ecosystem. Besides the production cost can be reduced because cheap fodder can be supplied by recycling waste.

III. Results and Suggestions for Their Applications

1. Production of Agricultural Productivity - Enhancing Useful Materials from Fermentations of Food Wastes at High-Temperature

A. A high potential amylase-producing microorganism MS2-B18(3-12) and microbial biomass producing strain 3-2 was isolated from the indigenous microorganisms complex (MS microbial complex) and identified as *Bacillus* sp. and *Aspergillus* sp., respectively.

B. An antagonistic bacterial strain CMB26 on phytopathogenic fungi was identified as *Pasteurella* sp. and the strains showing plant growth promoting activity PS01, CMBRP01, CMB09, and CMB88 were identified as *Brevibacterium mcbrellneri*, *Methyllobacterium* sp., *Vibrio ordalii*, *Staphylococcus lentus*, respectively.

C. The optimal culture condition for the production of amylase by *Bacillus* sp. 3-1 was established. High level amylase activities were produced in the medium containing food waste 40% as carbon source and ammonium sulfate 0.8%, initial pH 8.0, at 30°C for 5 days shaking culture.

D. Based on zymography, two components with M.W. 61,000Da and 54,000Da were estimated from the partial purified enzyme solution. The enzyme components

were recognized as kinds of saccharifying amylase with formation of 40% glucose and 60% maltose from soluble starch.

E. The optimal culture condition for microbial biomass production from food wastes with the *Aspergillus* sp. 3-2 was established. The high yields of microbial biomass showed in the medium containing food waste 40% as carbon source and ammonium sulfate 0.8%, initial pH 3.5, at 45°C for 5 days shaking culture.

F. Chemical composition of the microbial biomass of *Aspergillus* sp. grown on food waste medium was examined. Typical values were 37.7% crude protein, 7.1% crude fat, 17.1% crude fiber and 7.1% crude ash. Amino acids composition of the protein from microbial biomass showed having more high quality than that of soybean, but low contents of the aromatic amino acid were recognized.

G. When the plant growth promoting microorganisms were employed in growing of cucumber and tobacco, good effects on the roots growth of the plants was found. Some combinational application of the microorganism on the experimental plants showed as excellent growth promoter.

2. The development of fertilizer using food waste by rapid composting at a high temperature

As the growth of crops, it was shown that treatment using food waste compost effected the growth of crops much more than treatment using commercial compost or mineral fertilizer. At the early period the crops could grow with the nutrient in commercial compost and mineral fertilizer, but as the crops has grown treatment of commercial and mineral fertilizer has become deficient in nutrient. On the other hand, it was shown that food waste compost continue to supply the crops with nutrient.

Food waste compost has more organic matter content than other treatment. That means it has much nutrient that can grow microorganism. So, it is possible

to think that food waste compost has more microorganism than any other treatment. And also higher enzyme activity is shown in food waste compost.

The chlorophyll concentration was shown the same result.

In the environmental aspect the appropriate treatment of food waste is the urgent problem in Korea. In this study as a part of the treatment, it is shown that food waste can be converted into compost. Therefore it is rational and natural the appropriate equipment of food waste should be equipped with cooperation between government and companies.

3. Development of food wastes with MS microorganism complex as swine feed resources

A. Evaluation of Food wastes and Investigation of investigate the proper processing and fermentation of food wastes with MS (miraculous soil-bacteria) microorganism complex for final use of swine feeds

A study was carried out to get the basic data on the efficient processing method of food wastes and to examine the potentiality as swine feeds resources. Chemical composition, mineral and toxic elements were estimated in relation to the processing as fermentation with MS (Miraculous soil-bacteria) microorganism complex.

1) The chemical composition of food wastes was largely varied according to disposing sites, collection time and season. Offensive odor was reduced by anaerobic fermentation with MS microorganism complex. Food wastes fermented with MS microorganism complex have high contents in crude protein (24.1% D.M) and crude fat (12.9% D.M). Mineral composition of food wastes was to be relatively well balanced compared to other plant or animal feed resources. Particularly the content of sodium was slightly higher than that of grains or agricultural byproducts. In food wastes fermented with MS microorganism complex, heavy metals such as Hg, As or F were not detected. Pb or Cd were

traced below the level of permitted dose in feeding standard.

2) Calory of food wastes was in average 7.60 Kcal/g D.M. In finally processed food wastes, total content of amino acid was 93.0 mg/g D.M, showing 18.5% of increase by the anaerobic fermentation. Essential and non-essential amino acids were measured at respectively 34.43 and 58.56 mg/g D.M. Leucine, phenylalanine, isoleucine and threonine of essential amino acids and proline and glutamic acid of non-essential amino acids were highly composed as compared to others. The composition of fatty acid in food wastes was also increased by anaerobic fermentation for 3 weeks. Palmitic acid, oleic acid and palmitoleic acid were more important in quantity. Present results indicate that food wastes properly processed with MS have enough calory and are safe from aflatoxin, and that anaerobic fermentation with MS microorganism in an efficient process for hydrolyzing protein and lipids in food wastes.

These results indicated that food wastes could be efficiently used for the resources of swine feeds through proper processing and fermentation.

B. Evaluation of feeding efficiency of Fermented Food Wastes (FFW) for growing-finishing pigs

A study was conducted to investigate the effect of feeding the fermented food wastes (FFW) on performance in growing-finishing pigs. Four treatments with different mixing rates of FFW were tried; 100% concentrate (control), 25% replacement with FFW (25% FFW), 50% replacement with FFW (50% FFW) and 100% fermented food wastes (100% FFW). Twenty heads of cross-bred barrows (Duroc X Landrace, average live weight 28.5 kg) were employed to 4 treatments with 5 replicates. During entire feeding trials, average daily gain in control was significantly lower than in 25% and 50% FFW, but that in 100% FFW greatly decreased (38% of control). Average daily feed consumed (ADFC) was the highest in 25% FFW. Compared to control, ADFC was significantly decreased when replaced above 50% with FFW. Feed : gain ration of control (2.28) was not

significantly different with 25% FFW (1.98), those of the plots replaced above 50% FFW significantly decreased. Feed cost per weight gain whole growing period decreased 28.6% in 25% FFW, 49% in 50% FFW and 32.6% in 100% FFW.

C. Quality evaluation and chemical analysis of the produced meats

To investigate the effect of feeding the fermented food wastes (FFW) on meat quality, twenty pigs produced from four treatments with different mixing rates of FFW; 100% concentrate (control), 25% replacement with FFW (25% FFW), 50% replacement with FFW (50% FFW) and 100% fermented food wastes (100% FFW) were slaughtered. The results obtained are summarized as follows:

1) Carcass grade lowered as FFW replacing rate was increased; 40% of A and B grade and 20% of D grade in 25% FFW, 40% of A grade, 20% of B, C and D respectively in 50% FFW.

2) Moisture in pork ham tended to increase with increasing the rate of replacing rate of FFW. Crude fat content in ham was lower than that of pork loin. Crude fat was not significantly changed until 50% replacement, while it decreased in 100% FFW. Crude protein slightly decreased when replaced with 50% FFW. Crude ash tended to increased with increasing the rate of FFW replacement.

3) When replaced with 50% FFW, PFN and PSE group appeared to 20%. In the plot of 100% FFW, PSE group increased to 80%. Thus low FFW replacement (no more than 25%) was recommended for appropriate meat quality control.

4) Drip loss of Pork ham and loin increased with increasing the rate of FFW replacement. When excessive replacement with FFW, meat flavor and texture were gradually down with continuous drip loss during storage.

5) Tenderness of meat was lowered with increasing the rate of FFW replacement. In 100% FFW plot, tenderness especially decreased comparing to

other treatments.

6) Hunter color a^* (redness) and b^* (yellowness) values was not significantly changed when replaced with 25% FFW. With replacing more than 50% FFW, a^* value decreased while b^* value decreased.

7) Considering pH, TBA and APC value during storage, microbial stability seemed to be lowered when the rate of FFW replacement was above 50%.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction -----	22
1. Objects and Necessity of the Research-----	22
2. Expectation of the Research-----	25
3. Application of the Research Results-----	27
Chapter 2 Production of Agricultural Productivity - Enhancing Useful Materials from Fermentations of Food Wastes at High-Temperatures -----	29
1. Introduction-----	29
2. Materials and Methods-----	29
3. Results and Discussion-----	34
4. Reference-----	111
Chapter 3 The development of fertilizer using food waste by rapid composting at a high temperature-----	114
1. Introduction-----	114
2. Materials and Methods-----	115
3. Results and Discussion-----	120
4. Reference-----	127
Chapter 4 Development of food wastes with MS microorganism complex as swine feed resources-----	130
1. Introduction-----	130

2. Materials and Methods	133
3. Results and Discussion	142
4. Reference	186

목 차

제 1 장 서 론-----	22
제 1 절 연구개발의 필요성과 목적-----	22
제 2 절 연구개발의 기대효과-----	25
제 3 절 연구결과의 활용방안-----	27
제 2 장 음식폐기물의 고온속성발효에 의한 농업생산성 제고 유용물질 생산기술 개발-----	29
제 1 절 서 설-----	29
제 2 절 연구 재료 및 방법-----	29
제 3 절 연구 결과 및 고찰-----	34
제 4 절 참고문헌-----	111
제 3 장 음식폐기물의 고온속성발효에 의한 비료의 개발-----	114
제 1 절 서 설-----	114
제 2 절 연구 재료 및 방법-----	115
제 3 절 연구 결과 및 고찰-----	120
제 4 절 참고문헌-----	127
제 3 장 음식 폐기물의 고온 속성발효에 의한 양돈사료 자원화 기술개발-----	130
제 1 절 서 설-----	130
제 2 절 연구 재료 및 방법-----	133
제 3 절 연구 결과 및 고찰-----	142
제 4 절 참고문헌-----	186

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 필요성과 목적

1. 기술적 측면

음식 폐기물을 방치하면 공해물질이지만 미생물에 의한 합리적 처리를 도모하면 농업생산성을 제고시키는 유용물질로 전환되므로 이에 대한 기술을 적극 개발하여 폐기물 발효산물의 부가가치를 높여야할 필요성이 있다. 음식 폐기물은 그 성분구조가 복잡하여 분해에 저항성이 크므로 유효토착 미생물 조성물(MS균)에 의한 생물적, 화학적 반응을 촉진시키는 기술 개발이 필요하다. 음식 폐기물의 변환 이용에는 에너지 저 투입 반응인 미생물, 효소 등 생물기능에 의해 효율적으로 분해, 변환하는 것이 바람직하므로 유효 미생물을 이용한 기본 기술의 확립이 필요하고 난 분해성 물질의 효율적 분해 및 발효에 적합한 고능율의 미생물 탐색과 발효 시스템 개발이 시급하다.

음식폐기물 발효퇴비 사용은 화학비료사용으로 비옥도가 떨어진 토양의 물리, 화학적 성질개선 및 토양의 생물과 미생물의 종을 다양하게 함으로써 물질순환능력의 증진, 토양의 완충능력의 향상과 환경오염 및 자원절약과 재활용이라는 국가 정책에 이바지할 수 있고 유기농법에 대한 농민 선호의 증가로 퇴비 공급면에 보탬이 되며 환경보전형 지속적 농업에 이바지할 수 있다.

또한 음식 폐기물은 수분함량 및 염분 농도가 높으므로 이를 가축 사료화 하기 위해서는 수분, 염분함량의 조절 및 기호성, 영양적 균형을 고려한 적절한 처리와 가공기술이 필요하다고 할 수 있겠다.

2. 경제·산업적 측면

농림수산업에서 생산되는 생물자원의 1/4만이 식료로 이용될 뿐으로 폐기되는 부분을 미생물의 기능을 활용해서 농업용 유용물질로 변환하는 것은 폐기물의 고부가가치화와 직결이 된다. 음식 폐기물의 연간 발생량은 약 8백만톤으로 연간 8조원에 이르고 있는바 이를 효율적으로 처리하여 그 절반만 농업용 소재로 활용한다해도 약 4조원의 절약효과를 가져오는 등 경제 효과가 지대하다.

그 효과로 첫 째, 음식 폐기물의 발효처리 산물로부터 사료첨가용 복합효소제, 균체, 유기산, 식물 생육조절 물질등 농업 생산성 제고를 위한 유용물질 생산은 산업전반에 소득증대를 가져오므로 경제발전의 파급효과가 클 것으로 기대할 수 있고 둘째, 음식 폐기물을 미생물에 의해 발효하여 퇴비를 제조함으로써 매립 및 소각에 따르는 비용을 해결할 수 있다. 셋 째로는 사료자원을 대부분 외국에 의존하고 있는 상황에서 수입사료원을 대체하므로써 사료원의 외국 의존도를 낮추어 축산경쟁력을 다소 확보할 수 있는 방안을 마련할 수 있고, 넷 째, 음식폐기물 발효산물의 제조공정 및 양질의 식육을 생산할 수 있는 사료로서의 가공기술이 개발되면 축산경영에 있어서도 상당한 부가가치가 부여될 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

음식폐기물을 농업적으로 이용함으로써 쓰레기의 재활용으로 자원의 절약은 물론 자연으로부터 얻은 물질들을 다시 자연으로 돌려보내 물질순환과정을 거쳐 다시 인간의 식생활에 필요한 물질들을 얻어내는 과정을 이해함으로써 환경의 중요성을 인식하게 된다. 또한 음식폐기물의 무분별한 매립이나 방치로 인한 환경오염과 생태계의 파괴 등의 문제해결에 많은 기여를 할 것이다. 영농가에게는 폐자원의 재활용화에 따른 보다 값싼 가격에 안정적으로 사료를 공급함으로써 생산비절감에 대한 영농의욕의 고취 등 많은 직·간접적 잇점을 가져올 것으로 보고 있다.

4. 국내·외 현황

잘 분리 수거된 음식폐기물은 양질의 단백질, 탄수화물은 물론 여러 가지 영양성분을 다량함유하고 있어 가축의 사료화 내지 농업적 이용가치는 무궁하다고 할 수 있다. 음식폐기물을 가축의 사료로 이용하는 방법은 예전부터 이용되어 왔으나 반면에 농업적으로 이용은 거의 전무한 실정이었다. 요즘들어 음식폐기물의 문제가 사회적 문제로 대두됨으로써 이를 이용한 퇴비의 제조가 연구되고 있으나 아직은 미진한 실정이다.

음식폐기물을 퇴비로 만들어 작물에 이용할 경우 퇴비를 충분히 발효시키지 않고 사용하였을 경우 부숙과정에서 발생하는 가스에 의해 작물이 해를 당한 예가 빈번히 발생하고 있으며 너무 오랜 기간 동안 발효를 시켰을 경우 작물에 이용될 수 있는 양분의 손실이 야기될 것으로 여겨진다. 그러므로 퇴비로 제조된 음식쓰레기의 발효과정 양분의 용탈을 조사하여 이를 작물재배에 이용함으로써 시비량은 물론 시비시기를 조절할 수 있을 것으

로 생각된다.

외국에서는 오래전부터 음식폐기물을 이용한 퇴비를 제조하여 도시 일반가정에서도 화분이나 pot에 작물을 재배하는 등 이를 실제생활에 이용하여 환경보전 및 자원 재활용을 위한 산교육용 재료로 이용하고 있다. 우리나라에서도 유기농법의 소개로 화학비료를 사용하지 않고 퇴비만으로 작물을 재배하여 고소득을 창출하고 있는 농가가 늘고있는 실정이다. 그러나 무분별하게 퇴비를 과다사용 할 경우 토양에 염류집적을 야기하여 작물의 생육에 악영향을 초래할 우려가 있으므로 적당한 양을 사용하여 작물과 토양에 알맞는 환경을 조성할 수 있도록 적정시비량을 조사·검토하여 이를 활용하는 것이 바람직하다.

퇴비제조업체의 영세성 및 기술개발능력의 부족과 제작회사의 퇴비화에 대한 인식·경험부족등으로 음식폐기물을 이용한 퇴비제조는 원료로부터 제품이 생산되기 까지의 충분한 연구와 검증이 없이 너무 안일한 방법으로 제조되어 그 결과 불량품의 생산이 늘고 또한 토양을 오히려 악화시키며 작물에 피해를 입혀 농민들로 부터 불신과 기피현상을 초래하여 왔다. 음식폐기물을 이용하여 퇴비를 제조하는 과정에서 원료수집상의 문제에 있어서도 제조업체가 퇴비로 제조하기 위한 원료를 직접 수거할 경우 돈을 지불하면서 수거하고 있는 모순점이 현재 발생하고 있으며 이러한 모순점으로 퇴비제조의 생산비가 증대되고 농가의 입장에서 이를 실질적으로 이용하기란 힘든 실정이다. 제조된 퇴비에 대한 제조 시 원료 검증이나 사용원료표시 및 적정규정 등급이 규정되어 있지 않아 퇴비중의 양분불균형의 문제와 미부속 퇴비의 유통, 과다사용에 의한 환경오염등의 문제가 발생하고 있는 실정이다. 그러므로 음식폐기물을 이용 퇴비로 제조할 경우 충분한 부속과정을 거치고 이들 성분들을 철저히 조사하고 또한 이를 작물에 시용할 경우 야기될 수 있는 문제들을 철저히 조사 규명한 후 이를 작물에 이용하여 보다 안정적으로 사용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

음식폐기물 발효산물의 퇴비화 또는 사료화에 있어서 안정성과 같은 2차적 문제점이 제기되어왔다. 또한 영세성 및 기술개발능력의 부족에 의해 충분한 연구와 검증이 없이 제조되어 사료효율 및 육질에 있어 문제점이 제기되고 있어 농민과 식육사업자들로부터 기피현상을 초래하고 있는 실정이다. 음식 폐기물의 사료원으로서의 성상을 고려할 때 양돈 사료로서의 개발이 권장된다. 그러나 음식 폐기물의 발효산물에 대한 사료성분구성 및 함량이 수거처리 방법에 따라 매우 다르며, 특히 발효처리 공정에 따른 안정성은 문제점으로 제기되고 있는 실정이며 양질의 사료원으로 활용하기 위해서는 사료성분의 균형과 수준을 적절히 맞추어 주어야 한다. 그러나 이러한 문제점들을 해결하기 위한 기초적 자료는 매우 미흡한 실정이다.

진정한 의미의 음식폐기물의 사료자원화는 폐기물처리 차원에서 벗어나 효율적이고 집약적인 생물공학적인 테크닉의 도입으로 고품질, 고기능성의 상품개발의 개념을 포함해야 될 것이다. 즉 생물학적 분해에 의한 안정적인 처리공정과 사료영양소가 균형있게 공급될 수 있는 과학적이고 체계적인 사료화 공정이 확립되어야 할 것이다.

미생물은 탄소원, 질소원, 무기물, 미량원소 등을 영양원으로 이용하여 생육하는 과정에 서 각종효소, 아미노산, 유기산, 다당류, 항생물질, 비타민, 생리활성물질 등을 생산한다.

무공해 영농의 일환으로 본 연구팀의 일원인 전남 장성군 황룡면 필암리 한국 MS균 연구소 소장인 김문수씨는 환경오염의 주범인 각종 음식물 쓰레기를 유효토착미생물(MS균)로 특수가공처리하여 유기질 비료와 가축사료로 만드는데 성공하여 무공해 영농선두주자로 평가받고 있다(광주일보 제14910호, 1998. 1. 22).

이들 80-100여종의 미생물은 집합체로서 존재하므로 각 균주의 동정이 이루어지지 않아 어떤 미생물 생태계를 형성하고 있는지 파악이 어렵고 각 균주의 생리적, 유전적 특성을 알 수 없어 미생물의 효율적 이용, 육종방향에 대한 기초자료가 결여되어 있다. 모든 미생물은 각각 대사 생리적으로 독특한 기능을 갖으나 이에 대한 규명이 없는 관계로 발효양상을 예측할 수 없고 최대기능발현을 위한 최적 조건부여를 하지 못함에 따라 유용물질 생산의 효율성이 저하된다. 각종미생물의 공생, 길항 등의 생태적 특성, 유용물질생산의 생화학적 특성규명이 이뤄지지 않아 유용 균주의 용도별 이용체계가 확립되지 못하고 있다. 따라서 균주 특허, 유용물질의 제법특허, 유전자특허 등 산업재산권 확보를 위한 구체적인 자료보완이 필수적으로 이뤄져야 한다.

제 2 절 연구 개발의 기대 효과

1. 기술적 측면

음식 폐기물을 자화(assimilation)하는 고단백 합성 미생물의 검색, 육종, 효율적 배양기술이 개발되면 장래 막대한 음식 폐기물로부터 사료첨가용 복합효소제, 균체단백질, 식물생육촉진물질, 비료, 사료 등 유용물질이 생산될 수 있고, 미생물개량, 생태해명등으로 제어기술의 개발로 연결될 것으로 기대할 수 있다. 또한 유용미생물의 검색, 분리 및 자연생태계에의 접종, 증식, 안정화 기술개발이 진행된다면 농업 생산성 제고에 기여하고 안정된 절약형 농업 생산환경이 구축될 수 있다.

음식 폐기물을 이용하여 퇴비로 제조할 경우 제조원료가 가지고 있던 성분들이

부숙과정을 통해 작물이 이용 가능한 형태로 용출됨으로 그 용출성분들은 작물에 대해 다양한 미량원소를 공급해주어 화학비료 사용만으로는 공급이 되지 않은 필수미량원소들을 작물체에 공급 작물의 성장촉진효과가 기대된다.

퇴비의 균형적인 시비량과 시비시기는 물론 부숙과정에서 발생하는 유기산의 변화를 조사 작물에 대한 영향을 규명하여 그동안 문제시 되어온 미부숙 퇴비의 사용으로 인한 작물피해 문제의 해결과 과다퇴비 사용에 의한 염류집적의 문제해결 그리고 토양의 물리·화학적 성질의 개선과 비옥도 및 완충능력 증진효과가 있을 것으로 기대된다.

기존 아무 제재 없이 유통되고 있는 불량퇴비를 규제할 수 있는 기준설정에 도움을 줄 것으로 기대되고, 그리하여 농민들의 입장에서 양질의 퇴비를 저렴한 가격으로 구입이 가능하고 이를 보다 많은 작물과 토양에 사용함으로써 황폐화되고 있는 농지의 지력증진은 물론 환경오염 문제의 해결에도 도움을 줄 것으로 기대되고 농업이 더이상 환경오염의 오염원이 아닌 오염물질을 자연정화시킬 수 있는 여건이 마련될 수 있다.

여러 가지 식품폐기물의 사료자원화 가능성과 잔반의 영양적 특성을 규명할 수 있으며 돼지의 각 단계별 적정 대체량과 식품폐기물의 경제성 등을 분석할 수 있다. 즉 극히 기본적이고 제한적으로 사료자원으로써 이용되어온 음식 폐기물에 대한 사료화에 의한 기술 주도형 재활용 방안이 개발됨에 따라 양질의 사료원으로 활용하기 위한 사료성분의 수준과 균형을 맞추기 위한 기본적 자료 확보, 안정성이 유지되는 발효처리 공정의 확립, 잔반을 이용해 사육된 돈육의 육질문제의 해결방안의 확보, 저품질 돈육의 발생 빈도를 낮추어 생산성을 증가시키기 위한 과학적이고 체계적인 사료화 공정이 확립된다.

2. 경제·산업적 측면

생태계의 본질을 손상치 않고 동·식물, 미생물의 상호작용을 제어하고 균형을 유지케함으로써 농림산물의 생산성의 향상, 쾌적한 생활환경의 유지증진에 일익을 담당할 수 있는 기술개발을 완성하기 위하여, 금후 미생물 자원의 새로운 이용기술이 비약적으로 발전되리라 기대된다.

농림 산업이나 식품산업과 미생물과의 관계는 더욱 밀접해짐으로서 장래에 예측되는 식량, 에너지, 환경문제 해결의 실마리를 미생물의 다양한 기능으로부터 도출할 수 있다. 또한 현재의 에너지 소비형 농업에서 자급형 농업으로 전환이 가능하다.

연간 8조원에 이르는 음식 쓰레기를 농업용 유용물질, 비료, 사료로 전환함으로써 쓰레

기 처리비용을 절감하고 폐기물의 재자원화에 기여할 수 있고, 약 300억원 규모로 추정되는 효소시장에 수입대체 효과를 가져올 수 있다

균체단백, 유기산, 식물 생육조절 물질등 농업 및 산업용 소재를 염가로 생산할 수 있으며 이 분야의 산업발전에 미치는 파급효과가 지대하다.

기존의 유기질 비료는 원료의 부족과 비료로 제조 시 생산비용의 증가로 실제 농가의 이용이 저조한 실정이었다. 그러나 가정과 음식점객업소등에서 배출되고 있는 음식쓰레기를 적절한 방법으로 분리 수거하여 비료로 개발한다면 유기질비료 제조원료의 수급문제는 자연스럽게 해결될 것으로 보이며 이로 인해 퇴비제조업체의 생산비의 절감효과와 저렴한 가격으로 농가의 이용이 증대되어 보다 많은 수요가 있을 것으로 기대된다. 기존의 식품폐기물을 처리하는데 드는 비용의 절감효과가 매우 크며 생산비 중 사료비 절감에 따른 경쟁력을 높이는 방안이 마련되고, 양돈 사료자원의 외국의존도의 감소효과가 막대하다.

제 3 절 연구결과의 활용방안

효소 및 균체는 동물용 소화제, 영양강화용을 위한 사료 첨가제로서 활용할 수 있고, 유기산은 가공산업에서 첨가제 또는 보존제, 세척제, 살균제, 향품팽이제, 유기화학공업의 중간원료로서 활용할 수 있다.

식물 생육조절물질은 농가에 보급하여 농업생산성 증대에 기여할 수 있게 하고, 유용물질 생산관련 기술을 산업체에 이관하여 농업관련산업의 발전을 도모할 수 있다.

고부가가치 농산물의 생산성을 제고시켜 농가의 소득증대와 국내농산물의 해외수출을 촉진하고, 농산물 수입개방에 따른 국내농산물의 국제 경쟁력을 제고하여, 농업환경오염 방지로 국민 건강 증진과 복지 국가 건설에 일조 할 수 있다.

완전발효과정을 거친 후 상토로 제작하여 원예 및 육묘용 상토로 제작하여 농가에 보급하고, 유기질 비료로 개발하여 고가의 유기질비료 사용에 따른 농가의 경비지출을 줄여 농가의 소득증가에 기여할 수 있다. 또한 무분별한 화학비료의 사용을 줄여 환경오염을 방지하고 토양의 물리적·화학적 성질을 개선시켜 토양의 비옥도를 증진시킬 수 있다.

유기물을 많이 함유하고 있는 퇴비를 시용함으로써 토양생물 및 미생물의 활성을 증가시켜 토양의 물질순환능력과 완충능력을 증대시킨다.

돼지의 성장별 여러 단계에 있어서 사양 시 식품폐기물의 적정첨가 또는 대체수준을 데이터화 함으로써 각 양돈가에서도 어려움 없이 적정수준을 급여 할 수 있도록 음식 폐기물을 이용한 발효사료의 규격화에 본 연구결과를 활용하고자 한다.

제 2 장 음식폐기물의 고온 속성 발효에 의한 농업생 산성 제고 유용물질 생산기술 개발

제 1 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 유효토착미생물조성물(MS균)으로부터 음식물폐기물 자화능 및 유용물질 생산우수 미생물 수집과 탐색체계확립
 - 가. 산업용 효소, 균체 단백질 우수 균주 분리 및 동정
 - 나. 식물생육 조절 물질 생산 우수 균주 분리 및 동정

2. 음식물폐기물의 발효 기질화에 의한 유용물질 생산 및 우수 균주의 현장 적용에 의한 식물생장촉진 효과 검정
 - 가. 음식물폐기물 이용 액체 배양에 의한 amylase 생산
 - 나. 생산 amylase 특성 조사
 - 다. 음식물폐기물 이용 액체배양에 의한 균체 단백질생산
 - 라. 균체 단백질의 특성조사
 - 마. 식물생육조절 물질 생산균의 생육조건
 - 바. 식물생육조절 물질 생산균의 병원성곰팡이에 대한 길항력
 - 사. 미생물과 식물의 생장촉진 작용검색
 - 아. 우수 균주 조합처리에 의한 식물생장영향
 - 자. 우수균주의 동정

제 2 절 연구 방법

1. 유효토착미생물조성물로부터 음식물 폐기물 자화능 및 유용물질 생산 우수 미생물 수집과 탐색체계확립

가. 산업용효소, 균체 단백질 생산 우수 균주 분리 및 동정

1) 유효토착미생물조성물(MS균)로부터 미생물의 순수분리

가) 재료

유효토착미생물조성물 시료는 다음과 같다

- MS1 : 96년도 음식물 발효액
- MS2 : 시판하는 발효액 101
- MS3 : 시판하는 발효물 102
- MS4 : 음식물발효시 80℃에서 채취한 시료
- MS5 : 음식물발효시 130℃에서 채취한 시료
- MS6 : 음식물발효시 40℃에서 채취한 시료
- MS7 : 발효액, 농과원분자유전과에서 채취한 시료
- MS8 : 발효물, 농과원분자유전과에서 채취한 시료
- MS9 : MS균에 의한 발효 건강보조제 (동화농장)
- MS10 : MS균에 의한 발효 건강보조제 (문수농장)

나) 미생물 분리 방법

토양미생물과 그들의 특이한 생화학적 작용을 특수한 방법으로 유효토착미생물로 배양한 환경친화적 미생물 발효제이며, 문수농장에서 시판중인 101, 102를 포함한 위의 시료를 재료로 하여 0.85% saline solution 9ml나 10ml에 발효액은 1ml, 발효제와 발효물은 1g을 넣고 10^{-4} , 10^{-7} 까지 희석하여 LB, PDA, MRS, YM, 방선균배지에 평판도말하여 30℃, 60℃에서 4일간 배양하였다. 형성된 균락 으로부터 미생물을 순수 분리한다.

사용한 배지의 조성은 다음과 같다.

- ◎ LB medium : Trytone 10g, NaCl 5g, Yeast extract 5g, Agar 15g/ℓ
- ◎ PDA medium : Potato infusion(2배 stock) 250ml, Dextrose 20g, Agar 16g/ℓ
- ◎ MRS medium : Glucose 20g, Peptone 10g, Beef extract 8g, Sodium acetate · 3H₂O 5g, Yeast extract 4g, K₂HPO₄ 2g, MgSO₄·7H₂O 0.2g, MnSO₄·4H₂O 0.05g, Diammonium acetate 0.2g, Tween80 1ml,

Agar 12g/ℓ

◎ 방선균배지 : Glucose 10g, Bacto-Peptone 2g, Yeast extract 1g, Beef extract 1g,
Agar 15g/ℓ

◎ YM Medium : Glucose 10g, Peptone 5g, Yeast extract 3g, Malt extract 3g,
Agar 20g/ℓ

다) 분리균의 효소활성 검색

각 시료로부터 분리된 미생물이 분비하는 효소활성을 알아보기 위하여 음식물의 구성성분을 이루는 전분, 단백질, 지방, pectin을 첨가한 다음의 선택배지에서 미생물 분리시와 동일온도인 30℃와 60℃에서 24시간 배양하여 형성된 colony의 직경과 clear zone의 직경을 측정하여 이들이 분비하는 효소의 활성을 표시한다. 또한 산업용효소 역가우수 균주는 이들 선택배지에서의 clear zone의 직경으로 선별하고, 균체단백질생산 우수균주는 이들 배지에서의 성장한 균주의 colony 직경을 기준으로 삼아 선별한다.

사용한 배지의 조성은 다음과 같다.

◎ Starch Agar Medium (amylase의 활성 측정용 배지)

- 분리균을 배양한 후에 1% potassium iodide, iodine solution을 부어 배지표면을 덮어주면 amylase를 분비하는 균주의 colony 주위에 clear zone이 형성된다.

: Soluble starch 10g, Beef extract 3g, Agar 12g/ℓ

◎ Skim Milk Agar Medium (protease activity를 측정하는 배지)

- colony 주위에 clear zone이 형성되면 protease activity를 갖고 있는 것이다.

: Pancreatic digest casein 5g, Yeast extract 2.5g, Glucose 1g, Agar 15g/ℓ

◎ Sierra Medium (lipase의 활성을 측정하는 배지)

- colony에서 백색의 침전물이 생기면 lipase 활성을 나타내는 균주이다.

: Peptone 10g, NaCl 5g, CaCl₂·H₂O 0.1g, TweenTM 80 10ml, Agar 15g/ℓ

◎ Pectin Agar Medium (pectinase의 활성을 측정하는 배지)

: Pectin 30g, Yeast extract 5g, Bromthymol Blue (0.1% solution) 1ml, CaCl₂·2H₂O (10% solution) 0.6ml, Agar 12g/ℓ

라) 분리균의 동정

BIOLOG의 미생물동정 시스템 MicroLog™ system, Release 4.0을 사용하여 동정한다. Microstation Reader를 이용하여 Gram Positive Database, Gram Negative Database, Yeast Database, Fungi Identification Database 검색을 통해 우수 균종을 동정한다.

나. 식물 생육 조절 물질 생산 우수 균주 분리 및 동정

1) 식물 생육 조절 물질 생산능 우수 균주 분리

MS균총에서 식물 생육 조절 물질을 생산하고 우수한 균주를 획득하기 위하여 MS-101액체를 100배 희석한 후 Luria Broth(LB)agar plate에 도말한 후 37℃에서 하룻동안 배양한 후 자란 colony들을 분리하여 다시 LB plate에 streaking하여 자란 colony들의 형태를 관찰한다.

2) 분리균의 종류와 열안정성, pH에 따른 생존을 측정

3) 분리균의 식물생장촉진작용 검색

2. 음식폐기물의 발효 기질화에 의한 유용물질생산 및 우수균주의 현장 적용에 의한 식물생장촉진 효과검정

가. 음식폐기물 이용 액체배양에 의한 amylase 생산

음식물폐기물은 전남대학교 구내식당에서 4회에 걸쳐 수집하였다. 수집된 시료를 60℃에서 24시간 건조 후 분석한 결과 일반성분조성(%)은 수분 68.5, 조단백 22.0, 조지방 9.0, 조섬유 7.3, 조회분 10.2였다.

유용 물질로서 산업용 효소 중 먼저 amylase에 대하여 생산조건을 검토한다. 효소의 산업 이용 면에서 보면 전분관련 효소제는 전분가공공업(포도당제조, maltose제조, 액상물엿제조, maltooligo 당 제조), 양조공업(청주, 맥주, 알콜), 식품공업(제빵, 과즙가공, 된장 간장제조), 섬유공업(직물호발제), 제지공업(전분풀 점도조정), 제약공업(소화

효소계)등 여러 분야에 널리 사용되고 있다.

배양온도, 배양최적 pH, 음식물폐기물의 농도, 배양기질 등이 효소생산성에 미치는 영향을 검토한다. Amylase 활성은 1% soluble starch, 0.1M acetate buffer(pH5.5)를 이용하여 37℃에서 30분간 반응한 후 1분간 1mM의 Glucose를 생성시키는 효소량을 1unit 로 한다.

나. Amylase의 특성조사

음식물폐기물을 발효기질로 이용했을 경우 생산되는 amylase의 효소적 특성을 최적온도, 최적 pH, 효소의 반응 양상 등을 조사한다.

다. 음식물폐기물 이용 액체 배양에 의한 균체단백질 생산

성분조성을 약간 수식한 Spizizen 배지를 균체 생산에 있어서도 기본배지로 사용한다. 균체 생산을 위한 질소원의 영향, 음식물폐기물의 기질 이용성 최적농도, 온도의 영향, pH의 영향 등을 검토한다.

라. 균체단백질의 특성조사

음식물폐기물 발효에 의한 균사체의 회수는 Advantech filter paper No.2를 사용하여 여과하고 세척한 다음 알미늄 호일에 얹어 110℃에서 건조한 후 중량을 측정한다.

탄수화물함량은 Clegg(1956)의 방법을 개조한 anthrone 개량 법으로 측정한다.

환원당은 Miller(1959)의 DNS법에 의해 측정한다.

균체의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분)은 AOAC(1995)방법에 따라 분석한다.

균체 단백질의 아미노산 함량분석은 각 시료를 질소 증진하에서 110℃에서 24시간 동안 6N HCl로 산가수분해 시킨 후 가수분해된 용액을 vacuum evaporation한 후 sodium citrate buffer(pH2.2)용액으로 희석하여 아미노산 자동분석기(Pharmacia)로 분석한다.

마. 식물생육조절물질 생산균의 생육조건

유효토착미생물 조성물(MS균)로부터 분리된 균주의 배지별 생육정도를 조사한다.

바. 식물생육조절물질 생산균의 병원성 곰팡이에 대한 길항력 검정

토마토역병(*Phytophthora infestans*), 사과검무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*), 오이잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 오이시들음병(*Fusarium oxysporum*), 수박덩굴마름병(*Mycosphaerella melonis*), 고추탄저병(*Collectotrichum gloeosporioides*)과 벼문고병(*Rhizoctonia solani*)에 대한 길항력을 측정한다.

사. 시험작물로서 오이를 사용하여 오이에 대한 미생물과 식물의 생장 촉진 작용검색

생장촉진 작용이 우수한 균주, 생장억제 작용이 우수한 균주를 2차 선별한다.

이를 다시 담배를 이용하여 미생물과 식물과의 관계를 확인하고 오이씨 발아에 미치는 영향, 식물의 뿌리생장에 미치는 영향, 경정배양 시험을 실시한다.

아. 우수균주조합처리에 의한 식물생장영향

식물병원성 곰팡이에 대한 길항력이 우수한 균주, 식물생육촉진기능이 우수한 균주를 선별하여 단독처리, 조합처리시의 영향을 검토한다.

제 3 절 연구결과 및 고찰

1. 유효토착 미생물 조성물(MS균)으로부터 음식물폐기물 자화능 및 유용물질 생산 우수 미생물 수집과 탐색체계 확립

가. 산업용효소, 균체 단백질 생산 우수 균주 분리

각 시료와 배양온도에 의해 분리된 각 시료로부터 30℃에서는 방선균과 유산균, 효모를 포함하여 434종과 곰팡이 81종, 60℃에서는 세균 60종의 MS균을 분리하였다 (Table 1).

Table 1. Microorganisms isolated from fermented food wasted products, MS preparations.

시 료	30℃	60℃
MS1	Bacteria 28종, Fungi 6종	Bacteria 4종
MS2	Bacteria 24종, Fungi 5종	
MS3	Bacteria 133종, Fungi 14종	Bacteria 2종
MS4	Bacteria 47종, Fungi 21종	Bacteria 8종
MS5	Bacteria 50종, Fungi 9종	Bacteria 11종
MS6	Bacteria 45종, Fungi 7종	Bacteria 5종
MS7	Bacteria 26종, Fungi 5종	Bacteria 7종
MS8	Bacteria 36종, Fungi 4종	Bacteria 18종
MS9	Bacteria 21종, Fungi 4종	Bacteria 1종
MS10	Bacteria 24종, Fungi 6종	Bacteria 4종

나. 분리균이 분비하는 효소의 활성검색

30℃와 60℃에서 각 시료로부터 분리한 분리 균주의 목록과 특성, 이들이 분비하는 각 효소의 활성은 다음과 같다.

1) MS1 : 96년도 음식물 발효액 (30℃배양)

표에서 colony 직경을 나타냈고 clear zone의 직경으로 효소활성을 나타내었는데 이는 다음과 같이 표시하였다 + : ~ 0.5cm, ++ : ~ 1cm, +++ : ~ 1.5cm, ++++ : ~ 2cm, +++++ : ~ 2.5cm, ++++++ : ~ 3cm, +++++++ : ~ 3.5cm, ++++++++ : 4cm, ++++++++ : 4.5cm, ++++++++ : 그 이상 (Table 2).

Table 2. Determination of enzyme activity from the isolates of MS1 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS1-B1	백색, 주름, 퍼짐성	1.5	2	++++	1.2	2.8	+++++	0.6			1.1	+++
MS1-B2	살색, 주름, 퍼짐성	1.2	1.6	++++	1	2.6	+++++	0.9			1.2	+++
MS1-B3	백색	1			0	0		0.3			0	
MS1-B4	살색, 가장자리 투명	0			0.1	0.2	+	0.6			0	
MS1-B5	살색, 주름, 수포성	1	1.7	++++	1	2.5	+++++	0.7			0.8	++
MS1-B6	노란색	0.5			0.5	1.5	+++	0.6			0.6	++
MS1-B7	투명, 퍼짐성, 점성	0.4			1	1.5	+++	1.4	1.6	++++	1	++
MS1-B8	백색, 주름, 수포성	0.5			1.5	3.3	+++++	0.8			1.8	++++
MS1-B9	백색, 수분, 주름, 가장자리 투명	0.4			0.6	1.6	++++	0.4			0.6	++
MS1-B10	살색, 가장자리 투명, 점성이	0.5	1.5	+++	0.4	0.7	++	0.4	0.9	++	0.3	+
MS1-B11	미색투명	0.2			0.2	0		0.3			0.1	
MS1-B12	미색	1.4	2	++++	0.8	2.4	+++++	0.6	0.9	++	2	++++

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS1-B13	미색투명	0			0.1	1.5	+++	0.4			0	
MS1-B14	백색, 주름, 수포성	0.7	1	++	1.6	3.6	+++++++	0.7			1.8	++++
MS1-B15	백색, 주름, 퍼짐성	1.5	2.2	+++++	1	2.8	+++++	1			1	++
MS1-B16	백색	0.2			0.2			0.3			0.2	
MS1-B17	살색, 가장자리 미색	0.3			0.3			0.4			0.4	+
MS1-B18	투명	0			0			0			0	
MS1-B19	미색투명, 퍼짐성	0.7	0.8	++	0.4			0.4			0.4	+
MS1-B20	백색투명, 퍼짐성, 수포성	1.2	1	++	0.4			1			0.2	
MS1-B21	살색투명	0.3			0			0.4			0.2	
MS1-B22	백색, 주름, 퍼짐성	2.8	2.9	+++++	1.8	3.2	+++++	1			2	++++
MS1-B23	백색, 표면 살색, 약간 퍼짐성	1	2	++++	3.4	5	++++ +++++	0.8			2.8	+++++
MS1-B24	미색, 표면 수분	0.3			0.3			0.6			0.3	+
MS1-B25	백색, 표면 수분 많음	0.5	1.2	+++	0.2	0.3	+	0.5	0.9	++	0.3	+
MS1-B26	투명	0			0			0			0	
MS1-B27	백색, 유산균	0			0			0			0	
MS1-B28	살색, 표면 점점이	0			0			0			0	

2) MS2 : 101 발효액

Table 3. Determination of enzyme activity from the isolates of MS2 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS2-B1	백색, 주름	1.2	1.8	++++	1.5	3.1	++++++	1.2			1.5	+++
MS2-B2	백색, 퍼짐성	1.5	2	++++	1.7	3.7	+++++++	0.5			1.5	+++
MS2-B3	미색	0.7	1.7	++++	0.9	2.8	++++	2			0.8	++
MS2-B4	살색, 퍼짐성, 점점이	1			0.5			0.7			0.5	+
MS2-B5	살색	1.4			0.4			0.7			0.2	
MS2-B6	살색, 표면윤기, 퍼짐성	0			0.2			0.2			0	
MS2-B7	백색, 표면윤기, 수포형성	0.7			1.6	3.6	++++ +++	0.8			1.6	++++
MS2-B8	백색, 가는 주름, 점점이	2.2	3	+++++	1.1	2.9	++++	0.5			0.7	++
MS2-B9	백색, 점점이, 가는주름, 퍼짐성	2.6	2.5	++++	1.8	3.9	++++ +++	0.5			0.8	++
MS2-B10	살색, 가는 주름, 약퍼짐성	1	1	++	0.2			0.4			0.3	+
MS2-B11	살색, 퍼짐성, 점점이	0.7			0			0			0	
MS2-B12	백색	0.4			0.2			0.3			0.3	+
MS2-B13	노란색	0.3			0.2			0.2			0.2	
MS2-B14	살색투명, 퍼짐성	1.5			0.6	1	++	0.7			0.4	+
MS2-B15	미색투명, 퍼짐성	1.9			0.4			0.5			0.3	+
MS2-B16	미색, 표면점점이	1.4			0.3			0.3			0.3	+
MS2-B17	살색, 점점이	0.5	1.4	+++	0			0			0	
MS2-B18	백색, 주름, 수포, 퍼짐성	1	2.6	+++++	0.2			0.3			0.4	+
MS2-B19	백색, 주름, 퍼짐성	1.2	1.5	+++	2	4.2	+++++++ +	0.7			1.7	++++
MS2-B20	살색, 퍼짐성	0.5	1.4	+++	0.8	1.8	++++	0.6			0.6	++
MS2-B21	백색	0.7	0.9	++	1.5	3.5	+++++	0.7			1.5	+++
MS2-B22	살색투명, 퍼짐성, 표면윤기	0			0.2			0.2			0.3	+
MS2-B23	살색, 점점이	0.2			0.2	0.3	+	0.2			0	
MS2-B24	살색, 표면윤기	3.2			0.5	1	++	0.5			0.5	+

3) MS3 : 102 발효제 (white : W, yellow : Y, orange : O)

Table 4. Determination of enzyme activity from the isolates of MS3 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS3-WB1	백색, 표면수분, 우유빛	0.2	0.7	++	0			0.2			0.2	
MS3-WB2	살색	0.4			0.2			0.2			0.3	
MS3-WB3	투명	0			0.4			0			0	
MS3-WB4	투명	0.2			0.2			0.3			0.4	+
MS3-WB5	백색, 주름, 수포성, 퍼짐성	0.3			1.5	3.3	+++++++	0.5			2.3	++++
MS3-WB6	백색	0.4	1.5	+++	0.6	2.2	+++++	1			1.2	+++
MS3-WB7	백색, 수포형성, 점성	0.5	1.1	+++	1.1	2.9	+++++	0.6			2	++++
MS3-WB8	살색, 주름, 퍼짐성	0.9	1.8	+++	2.5	3.7	+++++++ +	0.4			1.9	++++
MS3-WB9	백색, 주름, 퍼짐성	0.5	0.9	++	2.1	3.5	+++++++	0.2			1.7	++++
MS3-WB10	백색	0.5	1.7	++++	0.9	1.9	++++	1			1.2	+++
MS3-WB11	백색, 약간 퍼짐성	0.3			0.5	1.5	++++	0.6			0.5	+
MS3-WB12	살색투명, 퍼짐성	0.2			0.8	1.6	++++	1	1.2	+++	0.7	++
MS3-WB13	질은 살색	0.2			0			0.2			0	
MS3-WB14	백색	0.3			0.2	0.8	+++	0.2	0.8	++	0.2	
MS3-WB15	백색, 주름, 퍼짐성	1.1	2.2	+++ +++	1.8	3.4	+++++++	0.4			2.5	++++
MS3-WB16	투명살색, 약간 주름	0.5	1	+++	0.4	0.6	++	0.3			0.7	++
MS3-WB17	미색, 표면수분	0.4			0.5			0.4			0.7	++
MS3-WB18	살색, 표면수분	0.4			0.3	0.5	++	0.2			0.6	++
MS3-WB19	미색	0.2			0.3			0.2			0.3	+
MS3-WB20	백색, 우유빛, 바닥 살색	0.2			0.2			0.3			0.4	+
MS3-WB21	백색, 주름, 수포, 퍼짐성	0.4			1.5	2.1	+++++	0.5			2.2	++++
MS3-WB22	살색, 표면 점점이	0.4			0.6	1.6	++++ +++	0.3			0.7	++
MS3-WB23	백색, 주름	0.7	1.1	++++	1	2.8	++++ +++	0.5			2.5	++++
MS3-WB24	미색, 균사처럼 자람	2			2.8			2			2	++++

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS3-WB25	백색, 약간 주름	0.2			0.7	1.7	++++	0.3			1	++
MS3-WB26	미색	0.6	1	++	1.2	2.2	++++	1.7			1.6	++++
MS3-WB27	살색	0.4			0.4	0.9	++	0			0.2	
MS3-WB28	미색	3			2.8			3			2.6	+++++
MS3-WB29	백색, 약간 주름	0.2			0.5	1.5	+++	0.3			0.5	+
MS3-WB30	백색, 주름, 퍼짐성	0.3			0.5	1.4	+++	0.4			0.5	+
MS3-WB31	백색	0			0.4			0.3			0.5	+
MS3-WB32	백색	0.4			0			0			0	
MS3-WB33	미색	0.2			0.2			0			0.2	
MS3-WB34	살색, 표면 수분	0			0.4			0.3			0.3	+
MS3-WB35	투명살색	0.3			0.7	1.8	++++	0.3			0.7	++
MS3-WB36	연미색, 표면 수분	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS3-WB37	백색, 표면수분	0.5			0.7			0.8			0.4	+
MS3-WB38	백색, 주름	0.6			1.3	2.9	+++++	0.8			1.5	+++
MS3-WB39	투명살색	0.2			0.5	2.5	++++	0.5			0.7	++
MS3-WB40	투명백색, 가장자리 투명	2			0.4			0.6			0.8	++
MS3-WB41	연미색, 표면수분	0.3			0.5			0.7	1.2	+++	0.7	++
MS3-WB42	투명백색그 주름, 퍼짐성	0.9	0.6	++	1.3	2.5	++++	0.7			1.7	++++
MS3-WB43	살색, 가장자리 투명	1			0.5	1.3	+++	0.6			0.3	+
MS3-WB44	투명살색	0.2			0.3			0.2	1	++	0.2	
MS3-WB45	살색, 주름, 퍼짐성	0.4			0.7	1.4	+++	0.6			0.9	++
MS3-WB46	투명	0.4	1.1	+++	0.3	1	++	0.4	1.1	+++	0.3	+
MS3-WB47	백색, 퍼짐성	0			0			0.6			0	
MS3-WB48	살색투명	0.2			0.2			0.5			0.3	+

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS3-WB49	살색투명	0.2			0			0.5			0.2	
MS3-WB50	살색투명	0.3			0.2			0.7			0.5	+
MS3-WB51	투명	0			0			0			0	
MS3-WB52	백색투명	0			0			0			0	
MS3-WB53	미색	0.3	0.7	++	0.2			0.2			0.3	+
MS3-WB54	연한밤색	0			0			0			0	
MS3-WB55	백색, 바깥투명	0.2			0.2			0.2			0.4	+
MS3-YB1	진노란색, 표면수분	0.4			0.2			0.2			0.3	+
MS3-YB2	연미색, 불투명	0.4			0.2			0.2			0.2	
MS3-YB3	연한 노란색	0.4			0.2			0.3	0.5	+	0.3	+
MS3-YB4	백-노란색	0.2			0.2			0.3			0.2	
MS3-YB5	노란색	0.5			0.3	1.5	+++	0.5			0.5	+
MS3-YB6	투명노란색	0.3	0.5	+	0.2			0.4			0.3	+
MS3-YB7	투명노란색	0.7	0.7	++	2.5	4	+++++++	1			2.2	++++
MS3-YB8	투명노란색	0.2			0.2			0.2			0	
MS3-YB9	진노란색	0.4			1.4	3	+++++	0.8			1.8	++++
MS3-YB10	노란색, 피침성, 표면수분, 바깥투 명백색	0.2			0			0.2			0	
MS3-YB11	노란색-살색, 표면수분	0.6			0.4			0.4			0.3	+
MS3-YB12	진연미색, 표면수분	0.2			0.2			0.2			0.4	+
MS3-YB13	노란색, 수분, 바깥투명백색	0.2			0			0			0	
MS3-YB14	투명노란색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS3-YB15	황색에 가까운 노란색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS3-YB16	노란색, 바깥 밤색	0.5			0.2			0.4			0.4	+
MS3-YB17	약간 투명노란색	0.4			0.2			0.3			0.3	+

(continued)

균주 No.	특성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS3-YB18	노란색, 퍼짐성	0.2			0			0			0.2	
MS3-YB19	노란색, 내부백색	0.3			0			0.4			0.4	+
MS3-YB20	연미색	0.2			0			0.2			0.2	
MS3-YB21	진노란색	0.3	1.5	+++	0.4	1.1	+++	0.3			0.5	+
MS3-YB22	투명노란색	0.6			0.2			0.2	0.4	+	0.2	
MS3-YB23	진노란색	0.4			0.2			0.2			0.4	+
MS3-YB24	연미색, 표면수분	0.3			0.3			0.4			0.4	+
MS3-YB25	노란색, 주름	0			0.3			0			0.2	
MS3-YB26	살색, 약노란색, 주름, 퍼짐성	1.8			0.7			1.1			0.7	++
MS3-YB27	연미색, 수분 많음	0.3			0			0.7			0.2	
MS3-YB28	노란색-연미색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS3-YB29	투명노란색	0.5			0.3			0.3			0.4	+
MS3-YB30	미색-노란색, 수분 많음	0.8	0.8	++	0.7	1.9	++++	1			0.9	++
MS3-YB31	투명노란색	0			0			0			0.2	
MS3-YB32	연한노란색	0.3			0.5			0.3			0.3	+
MS3-YB33	연노란색	0.4			0.3	1.1	+++	0.4			0.4	+
MS3-YB34	노란색, 표면황색	0.7			0.2			0.3			0.3	+
MS3-YB35	진노란색, 가운데 밤색	0.2			0.2	0.4	+	0.3			0.3	+
MS3-YB36	살색위에 노란색	3.3			0.5	1.1	+++	0.7			2.5	+++++
MS3-YB37	투명황색에 가까운 노란색	0			0			0			0.2	
MS3-YB38	투명백색	0.5			0.4	1.1	+++	0.3	0.6	++	0.2	
MS3-YB39	황색에 가까운 노란투명	0.5			0.3	0.7	++	0.5	1.1	+++	0.3	+
MS3-YB40	노란색	0.4	1		0			0.2			0.4	+
MS3-YB41	노란색, 수분없음	0.8	0.8	++	0.2			0.4			0.4	+

(continued)

균주 No.	특성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierr Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS3-YB42	연노란색	0.2			0			0.2			0.3	+
MS3-YB43	가운데 노란색, 바깥 미색	0.5			0.2			0.2			0.2	
MS3-OB1	연한황색투명	0.3			0			0.4			0.5	+
MS3-OB2	살-주황색, 약간피집성	0.2	0.5	+	0.2	0.6	++	0.2	0.8	++	0.4	+
MS3-OB3	진주황색	0.2			0			0.3			0.2	
MS3-OB4	연한살색	0			0			0.2			0.2	
MS3-OB5	연한주황색	0.5			0			0.4			0.7	++
MS3-OB6	주황색	0.4			0.5			0.4			0.5	+
MS3-OB7	연한황색	0.4			0.4			0.4			0.4	+
MS3-OB8	황색	0.4			0.2			0.3			0.5	+
MS3-OB9	황색	0.5			0.4			0.4			0.4	+
MS3-OB10	살색	0			0			0			0.2	
MS3-OB11	분홍색, 약간투명	0.2			0			0			0.2	
MS3-OB12	노-황색	0.4			0.4			0.4			0.4	+
MS3-OB13	황색	0.5			0.5			0.4			0.5	+
MS3-OB14	진황색	0.2			0.5	1.4	+++	0.2			0.4	+
MS3-OB15	진주황-미색	0.4			0.5			0.3			0.4	+
MS3-OB16	투명감색	0			0			0			0.2	
MS3-OB17	불투명분홍색	0.6			0.3			0.2			0.3	+
MS3-OB18	연미색	0.4			0.6			0.3			0.3	+
MS3-OB19	주황색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS3-OB20	연한살색	0			0			0			0.2	
MS3-OB21	살색	0.6			1.5			0.5			0.5	+
MS3-OB22	진한살색-분홍색	0.2			0.2			0.5			0.3	+

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS3-OB23	진한살색-분홍색	0.2			0.3			0.3			0.3	+
MS3-OB24	연한살색-미색	0.4			0.5			0.3			0.5	+
MS3-OB25	살색	0.2			0.2			0.3	0.4	+	0.3	+
MS3-OB26	진주황-미색	0.4			0.4			0.5			0.9	++
MS3-OB27	연한황색	0.3			0.3			0.2			0.4	+
MS3-OB28	살색-미색	0			0			0			0.3	
MS3-OB29	짙은 주황색	0.3			0.2			0.3			0.2	
MS3-OB30	짙은 주황색, 점점이	0.3			0			0			0.2	
MS3-OB31	노-황색	0.5			0.4	0.7	++	0.4			0.5	+
MS3-OB32	탁한살색, 가장자리 미색, 퍼짐성	0.6			0.6	1.2	+++	0.6			1.1	+++
MS3-OB33	연한살색-분홍색, 수분 많음	0.3			0.2			0.4			0.4	+
MS3-OB34	연한황색, 수분 많음	0.2			0.4			0			0.4	+
MS3-OB35	연한살색-미색	0.2			0.2			0.4			0.4	+

4) MS4 : 80°C 음식물 발효물

Table 5. Determination of enzyme activity from the isolates of MS4 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS4-B1	백색	0.2			0			0			0.2	
MS4-B2	백색	0.8	0.8	++	0.9	1.9	++++	0.4			1.2	+++
MS4-B3	백색	0.5			0.3	0.9	++	0.7			0.3	+
MS4-B4	백색	0			0			0			0.2	
MS4-B5	살색, 퍼짐성	1.2	0.9	++	1.6	2.4	+++++	0.5			1.2	+++
MS4-B6	살색, 수포형성, 점성, 약퍼짐성	0.5			1.8	2.4	+++++	0.7			1.4	+++
MS4-B7	살색, 수포형성, 점성, 퍼짐성	0.8	0.8	++	1.3	2.3	+++++	0.8			1.4	+++
MS4-B8	백색	0.2			0			0			0.2	
MS4-B9	약노란색	0.6	0.6	++	0.8	1.5	+++	1			1.2	+++
MS4-B10	백색, 수포형성, 점성	0.5			1.5	2.3	+++++	0.7			1.1	+++
MS4-B11	살색, 주름, 퍼짐성, 수포형성	0.6			1.6			0.4			1.2	+++
MS4-B12	백색, 수포형성, 점성, 약주름	0.4			1	1.6	++++	1			0	
MS4-B13	살색, 퍼짐성, 주름	0.7			1.2	2	++++	0.5			1.3	+++
MS4-B14	백-살색	0			0.2			0			0.2	
MS4-B15	살색, 주름 수포형성, 퍼짐성	0.4	0.3	+	2.5	3.2	+++++++	0.9			1.2	+++
MS4-B16	백색	0			0			0			0.2	
MS4-B17	백색	0.2			0			0			0.2	
MS4-B18	백색, 점점이	0			0.2			0			0.4	+
MS4-B19	황색	0.2			0			0.2			0.3	+
MS4-B20	백색, 바닥 노란색	0.2			0.2			0.3			0.8	++
MS4-B21	백색	0.7	1	++	0.9	1.6	++++	1.5			1.4	+++
MS4-B22	백색, 퍼짐성	0.5	0.4	+	1.9	2.9	+++++	0.3			0.7	++
MS4-B23	백색	0			0.3			0			0.2	
MS4-B24	살색, 퍼짐성	0.2			0.3			0.4			0.4	+

(continued)

균주 No.	특성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amyalse 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS4-B25	백색, 표면수분	0.2			0	0.3	+	0.2			0.7	++
MS4-B26	살색	0.2			0	0.5	+	0.3			0.4	+
MS4-B27	살색-백색	0			0.5			0.2			0.3	+
MS4-B28	백색	0			0			0			0.2	
MS4-B29	백색, 주름, 괴집성	0.6			0.5	1.6	++++	0.6			0.6	++
MS4-B30	노란색	0.2			0.3	1	++	0.2			0.3	+
MS4-B31	백색투명	1.4			1.9	3	+++++	0.8			1.5	+++
MS4-B32	살색투명	0.2			0.4			0.2			0.3	+
MS4-B33	백색	0			0.2			0			0.2	
MS4-B34	살색	0.6	1	++	1	2	++++	1.3			1.6	++++
MS4-B35	살색투명	0			0.2	1	++	0			0.2	
MS4-B36	살색	0.2			0.7	1.4	+++	0.2			0.4	+
MS4-B37	백색, 표면 살색	0			0.2	0.6	++	0			0.2	
MS4-B38	황색	0.2			0.2	1.1	+++	0.2	0.7	++	0.7	++
MS4-B39	연미색-노란색	0.3			0.3	1.4	+++	0.3			0.4	+
MS4-B40	투명노란색	0.4			0			0.3			0.2	
MS4-B41	노란색, 주름, 수포형성	0.4			0.5			0.5			0.5	+
MS4-B42	분홍색	0.2			0			0			0.2	
MS4-B43	백색, 수포성, 점성, 주름	1.2	1.5	+++	1.9			0.7			1.2	+++
MS4-B44	살색	0.6			0.8	1.8	++++	0.5			0.8	++
MS4-B45	살색, 점점이	0.2			0.2			0.3			0.4	+
MS4-B46	살색	0.2			0			0.3			0.3	+
MS4-B47	살색, 수분 많음	0.2			0.1	0.5	+	0.3			0.4	+

5) MS5 : 130℃ 음식물 발효물

Table 6. Determination of enzyme activity from the isolates of MS5 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS5-B1	살색-미색, 가장자리 점점이,	0.6	1.4	+++	1	측정 불가		1.3			1.2	+++
MS5-B2	백색, 가장자리 약 투명, 타원형 퍼짐성	0.6	1.2	+++	1.1	측정 불가		1.3			1.3	+++
MS5-B3	살색, 표면 수분	0.6	0.8	++	0.7	1.9	++++	0.6			2.7	+++++
MS5-B4	살색-노란색, 주름, 퍼짐성	0.9			1.4	2.6	+++++	1.5			1.7	++++
MS5-B5	백-노란색, 약주름, 퍼짐성	0.4	0.5	+	3	측정 불가		0.7			2.5	++++
MS5-B6	미색, 표면수분	0.3	0.3	+	0.2	1.4	+++	0.4			0.3	+
MS5-B7	노란색, 주름, 수포성, 퍼짐성	0.7	0.8	++	1.3	측정 불가		0.6			1.9	++++
MS5-B8	백색, 약주름, 퍼짐성	1	1.4	+++	1	측정 불가		0.8			1.3	+++
MS5-B9	노란색, 주름, 수포성	0.4	0.8	++	1.2	측정 불가		0.7			1.3	+++
MS5-B10	노란색, 주름, 점점이 퍼짐성	0.4	0.7	++	1.6	3	+++++	0.7			1.3	+++
MS5-B11	노란색, 주름, 점점이, 퍼짐성	1.2	1.7	++++	1.1	2.5	+++++	1			1.5	+++
MS5-B12	노란색, 수포성, 점성, 주름	0.4	1	++	2.1	측정 불가		0.7			1	++
MS5-B13	노란색	1.4	2	++++	2.3	측정 불가		1			1.7	++++
MS5-B14	노란색, 주름, 퍼짐성	0.7	1	++	1.1	측정 불가		0.6			0.8	++
MS5-B15	백색, 약간 퍼짐성	0.2			0.2	0.6	++	0.2			0.3	+
MS5-B16	백색투명	0.2			0.2	0.4	+	0.2			0.3	+
MS5-B17	노란색투명	0.2			0.2	0.6	++	0.2			0.3	+
MS5-B18	투명, 퍼짐성, 수포성	0.7			1	1.6	+++++	0.5			0.5	+
MS5-B19	백색	0			0.2	0.4	+	0			0.2	
MS5-B20	백색투명	0.2			0			0			0.2	
MS5-B21	투명미색	0			0.2			0.2			0.2	
MS5-B22	살색, 주름, 퍼짐성	0.5			1.6	2.3	++++	0.4			2	++++
MS5-B23	살색투명, 수분 많음	0.2			0			0.2			0.2	
MS5-B24	살색, 점점이	0.2			0			0.2			0.2	
MS5-B25	노란색, 주름, 퍼짐성, 수분 많음	0.8			2	2.6	+++++	0.6			1.4	+++

(continued)

균주 No.	특성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pcetin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amyalse 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS5-B26	투명미색	0			0.4	0.7	++	0.2			0.2	
MS5-B27	백색투명	0.2			0			0.2			0.2	
MS5-B28	노란색	0.2			0.2	0.3	+	0			0.2	
MS5-B29	백색	0.2			0.2	0.7	++	0			0.2	
MS5-B30	투명, 점점이	0.2			0.2	0.6	++	0.3			0.2	
MS5-B31	노란색-백색	0.4			0.3	0.4	+	0.3			0.4	+
MS5-B32	살색, 주름	0.6			2.8	3.6	+++++++ +	0.6			1.9	++++
MS5-B33	백색, 점점이	0.5			0.5	1.1	+++	0			0.8	++
MS5-B34	백색, 퍼짐성, 주름	0.6			2	2.6	+++++	0.7			2	++++
MS5-B35	살색	0.3			0.2			0.2			0.2	
MS5-B36	백색, 퍼짐성	0.3			1.1	3	+++++	0.8			1.5	+++++
MS5-B37	투명-살색	0.3			0.2			0			0.2	
MS5-B38	백색	0.2			0.2	0.4	+	0.2			0.3	+
MS5-B39	주황색	0.3			0.2	0.3	+	0.2			0.2	
MS5-B40	백색, 퍼짐성	0.4			1.4	1.7	++++	1.3			0.9	++
MS5-B41	미색, 퍼짐성	0.3			0.3			0.5			0.6	++
MS5-B42	살색투명	0.2			0.2			0			0	
MS5-B43	백색	0.2			0.2	0.4	+	0			0.2	
MS5-B44	살색, 퍼짐성	1			1	2.5	+++++	1.3			2.8	+++++
MS5-B45	노란색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS5-B46	백색, 약주름, 퍼짐성	0.4			1.3	2.3	+++++	0.4			1.2	+++
MS5-B47	백색, 주름	0.7			1.7	2.5	+++++	0.8			3.6	+++++++
MS5-B48	약노란색	0.2			0.2	0.8	++	0.2			0.4	+
MS5-B49	연미색	0.2			0.3			0.2			0.4	+
MS5-B50	백색-노란색, 잔주름, 퍼짐성	0.3			0.6	1.2	+++	0.5			0.6	++

6) MS6 : 40°C 음식물 발효물

Table 7. Determination of enzyme activity from the isolates of MS6 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS6-B1	백색, 주름, 퍼짐성	0.3			1.2	측정 불가		0.7			1.8	++++
MS6-B2	백색, 주름	0.9			1.1	"		0.4			1.9	++++
MS6-B3	백색, 점점이, 퍼짐성, 주름	0.3			2.2	32	+++++	0.7			2.9	+++++
MS6-B4	백색	0.4			1	2	++++	1			0.6	++
MS6-B5	백색, 주름, 수포성	0.3			2.3	3.3	+++++	0.7			3.2	+++++
MS6-B6	살색, 수분 많음	0.3			0.6	1.4	+++	0.5			0.8	++
MS6-B7	백색	0.4			1	2	++++	1.3			1	++
MS6-B8	백색투명	0.2			0.3	0.5	+	0			0.3	+
MS6-B9	살색	0.2			0.4			0.5			0.5	+
MS6-B10	백색투명	0.2			0.7	0.8	++	0.2			0.2	
MS6-B11	백색투명	0.2			0.5	0.7	++	0.2			0.3	+
MS6-B12	살색, 점점이, 퍼짐성	0.3			0.3			0.2			0.5	+
MS6-B13	미색, 퍼짐성, 점점이	0.7			0.4			0.4			0.5	+
MS6-B14	백색, 수분 많음	1.4			0.7	1.9	++++	0.4			0.7	++
MS6-B15	살색, 점점이	0.5			0.4			0.2			0.5	+
MS6-B16	살색, 수분 많음	0.3			0.2	0.5	+	0.2			0.2	
MS6-B17	살색투명	0.2			0	0.3	+	0.2			0.5	+
MS6-B18	노란색	0.3			0.4			0.2			0.3	+
MS6-B19	살색, 점점이, 퍼짐성	0.5			1.2	1.6	++++	0.6			1.5	+++
MS6-B20	살색투명	0.3			0.5			0.4			0.6	++
MS6-B21	살색, 약간투명, 표면점점이	0.3			0.4			0.3			0.5	+
MS6-B22	노란색	0.3			0.3			0.2			0.3	+
MS6-B23	살색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS6-B24	살색, 점점이, 퍼짐성	0.4			0.4			0.2			0.5	+

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS6-B25	살색, 가장자리 투명	0.3			0.4	1.2	+++	0.4			0.2	
MS6-B26	주황색	0.2			0.3	0.6	++	0.2			0.3	+
MS6-B27	살색, 점점이	0.2			0.6	1.5	+++	0.5			0.5	+
MS6-B28	살색, 가장자리 투명, 퍼짐성	0.3			0.5			0.5			0.8	++
MS6-B29	백색투명	0.2			0.2	0.3	+	0			0.3	+
MS6-B30	살색, 수분 많음	0.2			0.3			0.3			0.2	
MS6-B31	투명	0.3			0.4	1	++	0.2			0.6	++
MS6-B32	백색	0.2			0.3			0.3			0.4	+
MS6-B33	살색, 점점이 주름, 퍼짐성	0.5			2.3	2.9	+++++	0.5			1.3	+++
MS6-B34	살색, 주름, 퍼짐성	0.8			2	3	+++++	0.7			1.8	++++
MS6-B35	백색, 표면 점점이	0.4			1.4	2.6	+++++	1.2			1.1	++
MS6-B36	백색, 수포성, 주름 퍼짐성	0.5			3	3.8	+++++++	0.8			1.5	+++
MS6-B37	노란색	0.3			0.8	1.6	++++	0.6			0.8	++
MS6-B38	미색, 수분 많음, 점점이	1.5			0.5	1.3	+++	0.3			0.5	+
MS6-B39	살색, 약간퍼짐성	0.7			0.5			0.3			0.5	+
MS6-B40	백색	0.2			0	0.5	+	0.2			0.5	+
MS6-B41	연미색-진한살색	0.2			0.3			0.5			0.6	++
MS6-B42	살색, 가장자리 투명, 수분 많음	0.2			0.5			0.4			0.5	+
MS6-B43	연주황색	0.2			0.3			0.4			0.3	+
MS6-B44	투명주황색	0.3			0.4			0.2			0.3	+
MS6-B45	백색	0.8			1.4	2.5	+++++	0.4			1.5	+++

7) MS7 : 발효액

Table 8. Determination of enzyme activity from the isolates of MS7 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS7-B1	살색, 점점이. 윤기없음	0.8			0.5			0.4			0.7	++
MS7-B2	백색, 점점이, 퍼짐성	0.3			0.2	0.4	+	0.2			0.5	+
MS7-B3	백색, 퍼짐성, 점점이, 주름	1.2	1.3	+++	2.8	3.8	+++++	0.6			1.3	+++
MS7-B4	백색, 윤기, 퍼짐성	0.4			1.3	1.7	++++	1.2	1.4	+++	1.8	++++
MS7-B5	살색	1.3			0.5			0.5			0.6	++
MS7-B6	백색, 주름, 수포형성	0.6			2	2.8	+++++	0.6			1.5	+++
MS7-B7	투명, 점점이, 퍼짐성	0			0			0.3			0.4	+
MS7-B8	미색, 투명, 점점이	0			0			0			0	
MS7-B9	살색, 퍼짐성, 가장자리 투명	0.3			0.5	1.1	+++	0.5			0.5	+
MS7-B10	백색, 주름, 퍼짐성	0.6	0.7	++	2	3	+++++	0.6			1.7	++++
MS7-B11	백색, 퍼짐성, 점점이	0.5			1.2	1.8	++++	1.1	1.2	+++	1.7	++++
MS7-B12	살색, 퍼짐성	0.6			1.6	1.9	++++	1	1.3	+++	1.7	++++
MS7-B13	백색, 수분 많음	0.4			1.1	1.4	+++	1.3	1.5	+++	1.9	++++
MS7-B14	백색, 약간 투명	0.2			0			0			0.2	
MS7-B15	백색투명	0.2			0.4			0			0.2	
MS7-B16	백색	0.2			0.4			0			0.9	++
MS7-B17	백색, 퍼짐성 가장자리투명	0.4			0.2			0.5			0.7	++
MS7-B18	살색투명, 바깥균사모양	0.2			0.3			0.3			0.3	+
MS7-B19	백색, 수포성, 주름 퍼짐성	0.5			1.3	1.8	++++	1.1			2.3	++++
MS7-B20	미색투명	0			0.2			0			0	
MS7-B21	약노란색, 퍼짐성	0.6	0.7	++	1.7	2	++++	1.3	1.6	++++	2.2	++++
MS7-B22	백색투명	0.3			0.3			0.2			0.5	+
MS7-B23	백색	0			0			0			0	
MS7-B24	백색, 수분, 약간주름	0.6			2	3	+++++	0.7			1.4	+++
MS7-B25	백색	0.2			0			0			0	
MS7-B26	백색	0			0			0			0	

8) MS8 : 발효제

Table 9. Determination of enzyme activity from the isolates of MS8 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS8-B1	살색, 가장자리 투명	0.3			0.7	1.5	+++	0.5			1	++
MS8-B2	백색투명, 액체상태	0.6			0.5			0.4			0.4	+
MS8-B3	백색, 수분, 퍼짐성	1			2.4	3	+++++	0.5			1.2	+++
MS8-B4	살색, 약간퍼짐성	1.1			0.6	1	++	0.7			1.2	+++
MS8-B5	살색, 주름, 퍼짐성	1.2			2.9	3.5	+++++	0.7			2.9	+++++
MS8-B6	살색, 가장자리 투명, 점점이	0.5			0.4	0.6	++	0.2			0.4	+
MS8-B7	연미색	0.3			0.3			0.3			0.3	+
MS8-B8	연미색, 수분 많음	0.4			0.5			0.4			0.4	+
MS8-B9	살색, 점점이	0			0			0			0	
MS8-B10	살색, 점점이, 퍼짐성	0.3			0.6			0.6			0.7	++
MS8-B11	백색, 주름, 퍼짐성	0.6			0.6	0.9	++	0.5			0.7	++
MS8-B12	투명살색	0.2			0.5			0.2			0.4	+
MS8-B13	미색투명, 점점이 퍼짐성	0.2			0.8			0.5			1.4	+++
MS8-B14	주황색	0.3			0.3			0.2			0.3	+
MS8-B15	연미색, 점점이	0.4			0.3	0.4	+	0.5			1.2	+++
MS8-B16	살색, 점점이, 퍼짐성	0.2			0.5	1.1	+++	0.6			0.9	++
MS8-B17	투명미색, 점점이	0.2			0			0.2			0.2	
MS8-B18	백색, 방선균	0.3			0.2			0.2	0.7	++	0.4	+
MS8-B19	백색, 주름	1.3			1.4	2.4	+++++	0.4			1	++
MS8-B20	백색, 가장자리 백색, 방선균	0.2			0			0.2			0.2	
MS8-B21	살색, 점점이	0.2			0			0.4			1	++
MS8-B22	노란색	0.3			0.2	0.7	++	0.3			0.5	+
MS8-B23	살색투명, 점점이	0.2			0.2	0.4	+	0.3			0.3	+
MS8-B24	백색, 주름, 퍼짐성	1.1			1	1.9	++++	0.7			1.8	++++

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pctin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS8-B25	백색, 주름, 퍼짐성, 점점이	0.9			0.4			0.5			0.7	++
MS8-B26	살색, 표면 점점이	0.3			0.2			0.3			0.6	++
MS8-B27	살색투명	0.9			0.5	0.6	++	0.4			0.8	++
MS8-B28	살색, 퍼짐성, 주름	0.8			0.4	0.6	++	0.5			0.7	++
MS8-B29	살색투명, 주름	0.9			0.3	0.5	+	0.4			1.2	+++
MS8-B30	백색	0.2			0.2	0.5	+	0.4			0.8	++
MS8-B31	살색, 주름, 수포성	1.3			0.6	0.9	++	0.7			1.5	+++
MS8-B32	백색, 퍼짐성, 주름	0.7			0.9	1.2	+++	0.7			1.8	++++
MS8-B33	노란색	0.4			0.4	1.1	+++	0.5	1.5	+++	0.2	
MS8-B34	백색, 수분없음	0.3			0.2			0.5			0.4	+
MS8-B35	백색투명	0.2			0			0			0	
MS8-B36	살색, 수분	0.2			0.2			0.4			0.6	++

9) MS9 : 건강보조제(동화)

Table 10. Determination of enzyme activity from the isolates of MS9 preparations.

균주 No.	특성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS9-B1	진노랑투명	0.5			0.2			0.5			0	
MS9-B2	연노랑투명	0.2			0			0			0	
MS9-B3	백색, 주름, 퍼짐성	0.6	0.7	++	1.2	2.6		1			2.8	+++++
MS9-B4	백색, 수분 많음	0.4			0.5			0.5			0.9	++
MS9-B5	백색, 가장자리 투명	0.4			0.5			0.5			0.6	++
MS9-B6	연노랑색	0.3			0			0.5			0.7	++
MS9-B7	황색투명	0.2			0.2			0			0	
MS9-B8	진한주황색	0.3			0.2			0			0	
MS9-B9	투명백색, 수분 많음	0.6			0.5			0.5			0.9	++
MS9-B10	투명	0.5			0.7			0.6			1.1	+++
MS9-B11	백색투명	0.5			0.6			0.5			1	++
MS9-B12	살색	0.3			0.9	1.9	++++	0.5			0.8	++
MS9-B13	살색, 가장자리 투명, 수분	0.3			0.6	1.2	+++	0.5			0.8	++
MS9-B14	분홍-살색	0.3			1.1			0.2			0	
MS9-B15	백색, 표면 살색	0.2			0.2			0			0.2	
MS9-B16	주황색, 가운데 황색	0.5			0.2			0.2			0.4	+
MS9-B17	살색투명	0.2			0.2			0.2			0.2	
MS9-B18	백색	0.3			0.2			0			0.2	
MS9-B19	백색	0.2			0.2			0			0	
MS9-B20	백색	0.2			0.2			0			0	

10) MS10 : 건강보조제(문수)

Table 11. Determination of enzyme activity from the isolates of MS10 preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침점물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS10-B1	백색	0.2			1.5			0			0	
MS10-B2	백색, 주름, 퍼짐성	1.1	1.2	+++	2	2.8	+++++	0.6			1.8	++++
MS10-B3	백색, 주름, 퍼짐성	1	1.1	+++	1.6	2.6	+++++	0.6			0.6	++
MS10-B4	백색	0.3			0.8			0.2			0.2	
MS10-B5	연미색	0.3			0.4			0.2			0.2	
MS10-B6	백색, 주름, 수분	0.2			0.8	1.8	++++	0.5			0.5	+
MS10-B7	연한살색	0.3			0.2			0			0.3	+
MS10-B8	백색, 주름, 퍼짐성, 점성	0.6			1.6	2.6	+++++	0.4			0.9	++
MS10-B9	백색, 수분, 퍼짐성	0.3			0.5	1.4	+++	0.3			0.4	+
MS10-B10	백색, 주름, 수분, 퍼짐성	1			2.3	2.8	+++++	0.2			1.7	++++
MS10-B11	살색	0.3			0.5	0.7	++	0			0.2	
MS10-B12	노란색	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS10-B13	살색, 주름, 퍼짐성	0.6			1.4	2.4	++++	0.8			1.6	++++
MS10-B14	살색, 가장자리투명	0.3			0.6			0.4	1.1	+++	0.6	++
MS10-B15	살색, 수분, 퍼짐성	0.2			0			0			0	
MS10-B16	연한살색	0.2			0.5			0			0	
MS10-B17	투명백색	0.2			0.4	0.6	++	0			0.3	+
MS10-B18	백색투명, 수분	0.2			0.6	0.9	++	0.2			0.2	
MS10-B19	투명	0.2			1			0.2			0.2	
MS10-B20	연미색, 수분 많음	0.6			0.2	0.5	+	0.3	0.4	+	0.4	+
MS10-B21	노란색, 주름 수포성	0.4			1.4			0.6			1	++
MS10-B22	진한살색	0.2			0	0.5	+	0.2			0	
MS10-B23	살색, 황색점, 주름, 퍼짐성	0.6			2	3	+++++	0.5			1.3	+++
MS10-B24	백색	0.2			0.8	1	++	0			0.3	++

11) 60°C에서 분리한 MS균 (고온균)

Table 12. Determination of enzyme activity from the thomophilic isolates of MS preparations.

균주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pctin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS1-고1	살색, 퍼짐성, 성장왕성	0.6	2	++++	1	1.4	+++	0.4	1.1	+++	0.6	++
MS1-고2	살색	0			0			0			0	
MS1-고3	살색투명, 성장왕성	0.5	0.8	++	1			0.6	1	++	0.8	++
MS1-고4	갈색	0			0			0			0	
MS3-고1	투명, 퍼짐성	0.4	0.3	+	0.5			0.6			0.8	++
MS3-고2	살색	0			0.2			0			0	
MS4-고1	살색, 퍼짐성	0.4	0.7	++	0.7			0.7	1.4	+++	0.2	
MS4-고2	백색	0.3			0.7			0			0.5	+
MS4-고3	백색, 약간퍼짐성	0.6	0.8	++	0.3			0.3	0.6	++	0.9	++
MS4-고4	살색투명	0.4	0.6	++	0.5			0.5	1.4	+++	0.7	++
MS4-고5	살색, 점점이, 퍼짐성	0.4	0.6	++	0.7			1	1.4	+++	0.8	++
MS4-고6	살색	0.6	0.6	++	0.6			0.7	1.4	+++	0.8	++
MS4-고7	살색, 퍼짐성	1	1.5	+++	0.6			1	1.5	+++	1	++
MS4-고8	살색, 퍼짐성	0.3	1	++	0.7			0.2	0.9	++	0.3	+
MS5-고1	백색	0.2			0			0			0	
MS5-고2	살색투명	0.3	0.8	++	0.3			0.6	1	++	0.8	++
MS5-고3	미색투명, 약간 퍼짐성, 점점이	0.5	1.2	+++	0.4			0.5	1.3	+++	0.7	++
MS5-고4	백색투명, 점점이	0.3	0.8	++	0			0.5	0.9	++	0	
MS5-고5	미색, 퍼짐성	0.3	1.1	+++	0.6			0.5	1	++	1	++
MS5-고6	살색, 가장자리 투명	0.5	1.1	+++	0.4			0.7	1.1	+++	0.2	
MS5-고7	살색	0.2			0.2			0.2	0.7	++	0.2	
MS5-고8	살색투명	0.6	0.9	++	0.4	0.7	++	0.5	0.7	++	0.4	+
MS5-고9	살색, 퍼짐성, 약간투명	0			0			0	0.2	+	0.2	
MS5-고10	살색투명, 점점이	0.5	0.9	++	1.3	1.5	+++	1.6			1	++

(continued)

관주 No.	특 성	Starch Agar			Skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS5-고11	갈색, 점점이	0.5			0.5			0.8			0.6	++
MS6-고1	살색투명	0.2	1	++	0.2	0.7	++	0.1	0.5	+	0.2	
MS6-고2	살색	0.3	1.4	+++	0			0.2	1.2	+++	0.2	
MS6-고3	살색투명	0.3			0.7	0.9	++	0.3			0.3	+
MS6-고4	살색, 가장자리 투명, 퍼짐성	0.4	1.5	+++	1	1.3	+++	0.7			0.9	++
MS6-고5	살색	0.2			0			0			0	
MS7-고1	살색, 가장자리 투명	0.2	1.1	+++	0.2	0.7	++	0.3	0.6	++	0.9	++
MS7-고2	투명	0.3			0.2			0.2			0.4	+
MS7-고3	살색투명	0.2			0.2			0.2			0.3	+
MS7-고4	살색	0.3			0.2			0.2			0.3	+
MS7-고5	짙은 살색	0.2			0			1			0.8	++
MS7-고6	살색투명	0.2	1.5	+++	0.2	0.4	+	0.8			0.9	++
MS7-고7	살색투명	0.2	1.8	++++	0.2	0.4	+	0			0.4	+
MS8-고1	살색	0.2			0.5			0			0.3	+
MS8-고2	투명	0.2	1	++	0.2	0.8	++	0			0.2	
MS8-고3	백색, 수분 많음	0			0.2	0.4	+	0.2			0.3	+
MS8-고4	투명살색, 수포형성	0			0.2			0			0	
MS8-고5	살색	0	1.5	+++	0	0.6	++	0.3			0.3	+
MS8-고6	살색	0.3			0.6			0.4			0.4	+
MS8-고7	백색투명	0.3			1	1.8	++++	0.9			1.2	+++
MS8-고8	짙은 살색	0.6	0.8	++	0.9	1.3	+++	0.9			0.5	+
MS8-고9	살색, 점점이	0.3			0.8			0			0.4	+
MS8-고10	살색, 점점이, 가장자리 투명	0.3			1			1.6			0.6	++
MS8-고11	미색	0.2			0.2	0.4	+	0			0	

(continued)

균주 No.	특 성	Starch Agar			skim Milk Agar			Sierra Agar			Pectin Agar	
		colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	amylase 활성	colony 직경 (cm)	clear zone 직경 (cm)	protease 활성	colony 직경 (cm)	백색 침전물 직경 (cm)	lipase 활성	colony 직경 (cm)	pectinase 활성
MS8-고12	백색, 주름, 수포성, 퍼짐성	0.6	1.2	+++	2	측정 불가		0			1.8	++++
MS8-고13	살색, 퍼짐성, 주름	1			1.5	2	++++	0.6			1	++
MS8-고14	살색, 점점이, 퍼짐성	0.3			0.3	0.6	++	0			1.2	+++
MS8-고15	백색, 퍼짐성	0.2	0.8	++	2.1	3.1	+++++	1			1.4	+++
MS8-고16	살색, 퍼짐성, 투명	0.7			2	2.4	++++	1.2			1.3	+++
MS8-고17	살색, 퍼짐성	0.3			1.1			0.6			0.5	+
MS8-고18	백색, 퍼짐성, 점점이	0.3			1			0.2			0.5	+
MS9-고1	살색, 성장 왕성	0.3			0.6			0.3			0.6	++
MS10-고1	백색	1	1.2	+++	1.8	2	++++	1			1.3	+++
MS10-고2	살색, 주름, 퍼짐성	0.3			0.7	1.2	+++	0.7			0.7	++
MS10-고3	살색, 수포성, 주름, 퍼짐성	0.3			1	1.3	+++	0.9			1.1	+++
MS10-고4	살색	0.4			0.8			0.4			0.5	+

12) 각 시료에서 분리한 곰팡이

Table 13. Characteristics of isolated fungies from MS preparations.

균주 No.	특 성	균주 No.	특 성	균주 No.	특 성	균주 No.	특 성
MS1-F1	백색 → 황색, 바다 갈색	MS3-F12	백색, 바다 갈색	MS4-F20	백색→검은회색, 바다 밤색	MS7-F5	백색
MS1-F2	백색→푸른색, 바다 검정색	MS3-F13	백색→갈색, 바다 갈색	MS4-F21	검은밤색, 바다 검정색	MS8-F1	백색→연두색검정포자
MS1-F3	백색	MS3-F14	백색 털곰팡이	MS5-F1	백색→검은색포자	MS8-F2	갈색→회색포자
MS1-F4	백색→푸른색, 바다 연두색형광	MS4-F1	백색→푸른색, 연두색 형광	MS5-F2	백색→푸른색, 바다검정색	MS8-F3	백색
MS1-F5	백색, 바다 주황색	MS4-F2	백색→검정색포자	MS5-F3	백색→검은갈색, 균사체, 바다검정색	MS8-F4	백색→녹색
MS1-F6	백색→검정색포자	MS4-F3	백색, 바다 노란색	MS5-F4	백색→연두색, 바다노란색 형광	MS9-F1	백색→푸른색, 바다연두색형광
MS2-F1	백색 털곰팡이	MS4-F4	백색	MS5-F5	백색, 바다노란색	MS9-F2	백색→검정색포자, 바다검정색
MS2-F2	백색, 약간 연두빛, 바다 노란색	MS4-F5	백색→푸른색	MS5-F6	백색	MS9-F3	백색→푸른색, 바다노란색
MS2-F3	백색→푸른색, 바다연두색형광	MS4-F6	백색, 바다노란색	MS5-F7	백색→주황색, 바다 황색	MS9-F4	백색, 바다노란색
MS2-F4	백색→녹색	MS4-F7	백색→갈색	MS5-F8	백색→검은밤색	MS10-F1	백색, 바다백색
MS2-F5	백색→푸른색	MS4-F8	백색→푸른색, 바다푸른색	MS5-F9	백색→검은색포자	MS10-F2	백색→녹색포자, 바다노란색
MS3-F1	백색→푸른색포자	MS4-F9	백색	MS6-F1	백색→푸른색	MS10-F3	백색→푸른색포자, 바다연두색형광
MS3-F2	백색→푸른색, 바다 연두색형광	MS4-F10	백색→갈색, 바다 노란색	MS6-F2	백색, 바다황색	MS10-F4	백색→갈색포자
MS3-F3	백색→푸른색→회색, 바다 연두색	MS4-F11	백색→회갈색, 바다 갈색	MS6-F3	백색→검정색, 바다검정색	MS10-F5	백색→푸른색포자, 바다연두색
MS3-F4	백색→검정색포자	MS4-F12	백색	MS6-F4	백색→검은연두색, 균사체, 바다검정색	MS10-F6	백색→녹색포자
MS3-F5	백색→갈색포자, 바다갈색	MS4-F13	백색, 바다 노란색	MS6-F5	백색→검은밤색, 균사체, 바다검정색		
MS3-F6	백색→연두색포자→황갈색, 바다연두색	MS4-F14	백색→회색, 바다 노란색	MS6-F6	백색, 바다노란색		
MS3-F7	백색→회색포자	MS4-F15	백색	MS6-F7	백색, 연두빛, 바다노란색		
MS3-F8	백색→연두색포자	MS4-F16	백색→녹색	MS7-F1	백색→푸른색, 바다연두색		
MS3-F9	백색→회색포자	MS4-F17	백색→푸른색	MS7-F2	백색연두색, 바다노란색		
MS3-F10	백색	MS4-F18	백색→연두색	MS7-F3	백색→푸른색, 바다연두색형광		
MS3-F11	백색→약갈색, 바다 노란색	MS4-F19	백색→회갈색	MS7-F4	백색→녹색, 바다노란색		

13) 각 효소활성이 우수한 균주 및 균체단백질생산 우수균주

효소활성 우수균주는 colony 직경으로 선별하고 균체 단백질 생산 우수 균주는 colony와 clear zone의 간격으로 선별하였다.

가) Amylase활성 우수 균주와 균체 단백질 생산 우수 균주

Table 14. Selected microorganisms of amylase and microbial protein - producing strains

Amylase 측정배지상 균체단백질생산우수균주	Amylase활성우수균주
MS1-B1 (1.5cm)	MS1-B10 (1cm)
MS1-B15 (1.5cm)	MS1-B23 (1cm)
MS1-B22 (2.8cm)	MS2-B3 (1cm)
MS2-B2 (1.5cm)	MS2-B18 (1.6cm)
MS2-B8 (2.2cm)	MS3-WB10 (1.2cm)
MS2-B9 (2.6cm)	MS3-WB15 (1.1cm)
MS2-B14 (1.5cm)	MS3-YB21 (1.2cm)
MS2-B15 (1.9cm)	MS1-고1 (1.4cm)
MS2-B24 (3.2cm)	MS6-고4 (1.1cm)
MS3-WB28 (3cm)	MS7-고6 (1.3cm)
MS3-YB26 (1.8cm)	MS7-고7 (1.6cm)
MS3-YB36 (3.3cm)	MS8-고5 (1.5cm)
MS6-B (1.5cm)	
13종	12종

나) Protease활성 우수 균주와 균체 단백질 생산 우수 균주

Table 15. Selected microorganisms of protease and microbial protein producing strains

Protease측정배지상 균체 단백질 생산 우수 균주	Protease 활성우수균주
MS1-B23 (3.4cm)	MS1-B1 (1.6cm)
MS2-B19 (2cm)	MS1-B2 (1.6cm)
MS3-WB8 (2.5cm)	MS1-B5 (1.5cm)
MS3-WB9 (2.1cm)	MS1-B8 (1.8cm)
MS3-WB24 (2.8cm)	MS1-B12 (1.6cm)
MS3-WB28 (2.8cm)	MS1-B13 (1.5cm)
MS3-YB7 (2.5cm)	MS1-B14 (2cm)
MS4-B15 (2.5cm)	MS1-B15 (1.8cm)
MS5-B12 (2.1cm)	MS1-B23 (1.6cm)
MS5-B13 (2.3cm))	MS2-B1 (1.6cm)
MS5-B25 (2cm))	MS2-B2 (2cm)
MS5-B32 (2.8cm)	MS2-B3 (1.4cm)
MS5-B34 (2cm)	MS2-B7 (2cm)
MS6-B3 (2.2cm)	MS2-B8 (1.8cm)
MS6-B5 (2.3cm)	MS2-B9 (2.1cm)
MS6-B33 (2.3cm)	MS2-B19 (2.2cm)
MS6-B34 (2cm)	MS2-B21 (2cm)
MS6-B36 (3cm)	MS3-WB5 (1.6cm)
MS7-B3 (2.8cm)	MS3-WB6 (1.6cm)
MS7-B6 (2cm)	MS3-WB7 (1.8cm)
MS7-B10 (2cm)	MS3-WB15 (1.6cm)
MS7-B24 (2cm)	MS3-WB24 (1.8cm)
MS8-B3 (2.4cm)	MS3-YB38 (1.6cm)
MS8-B5 (2.9cm)	MS3-B7 (1.5cm)
MS10-B2 (2cm)	MS5-B36 (1.9cm)
MS10-B10 (2.3cm)	MS5-B44 (1.5cm)
MS10-B23 (2cm)	
MS8-고12 (2cm)	
MS8-고15 (2.1cm)	
MS8-고16 (2cm)	
30종	26종

다) Lipase 활성 우수균주와 균체단백질생산 우수균주

Table 16. Selected microorganisms of Lipase and microbial protein producing strains

Lipase측정배지상 균체 단백질 생산 우수 균주	Lipase활성우수균주
MS1-B7 (1.4cm)	MS1-B10 (0.5cm)
MS2-B1 (1.2cm)	MS3-WB14 (0.6cm)
MS2-B3 (2cm)	MS3-WB41 (0.5cm)
MS3-WB24 (2cm)	MS3-WB44 (0.8cm)
MS3-WB26 (1.7cm)	MS3-WB46 (0.7cm)
MS4-B21 (1.5cm)	MS3-YB39 (0.6cm)
MS4-B34 (1.3cm)	MS3-OB2 (0.6cm)
MS5-B1 (1.3cm)	MS4-B18 (0.5cm))
MS5-B2 (1.3cm)	MS8-B33 (0.5cm)
MS5-B4 (1.5cm)	MS8-B14 (1cm)
MS5-B40 (1.3cm)	MS10-B1 (0.7cm)
MS5-B44 (1.3cm)	MS1-코1 (0.7cm)
MS6-B7 (1.3cm)	MS4-코1 (0.7cm)
MS6-B35 (1.2cm)	MS4-코4 (0.9cm)
MS7-B4 (1.2cm)	MS4-코6 (0.7cm)
MS7-B13 (1.3cm)	MS4-코7 (0.5cm)
MS7-B21 (1.3cm)	MS4-코8 (0.7cm)
MS4-코10 (1.6cm)	MS코5-3 (0.8cm)
MS8-코10 (1.6cm)	MS코5-5 (0.5cm)
MS8-코16 (1.2cm)	MS5-코7 (0.5cm)
	MS6-코2 (1cm)
20종	21종

라) Pectinase 활성 우수균주와 균체단백질생산 우수균주

Table 17. Selected microorganisms of pectinase and microbial protein producing strains

Pectinase 활성 및 균체단백질생산 우수균주
MS1-B12 (2cm)
MS1-B22 (2cm)
MS1-B23 (2.8cm)
MS3-WB5 (2.3cm)
MS3-WB7 (2cm)
MS3-WB15 (2.5cm)
MS3-WB21 (2.2cm)
MS3-WB23 (2.5cm)
MS3-WB24 (2cm)
MS3-WB28 (2.6cm)
MS3-YB7 (2.2cm)
MS3-YB23 (2.5cm)
MS5-B3 (2.7cm)
MS5-B5 (2.5cm)
MS5-B22 (2cm)
MS5-B34 (2cm)
MS5-B44 (2.8cm)
MS5-B47 (3.6cm)
MS6-B3 (2.9cm)
MS6-B5 (3.2cm)
MS7-B19 (2.3cm)
MS7-B21 (2.2cm)
MS8-B5 (2.9cm)
MS9-B3 (2.8cm)
24종



Fig. 1. Photographs showing amylase activity by the isolates of fermented food waste products, MS preparations.

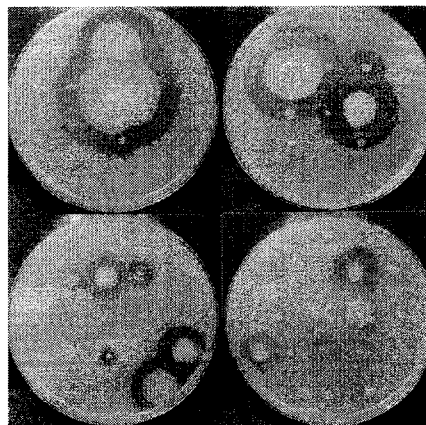


Fig. 2. Photographs showing protease activity by the isolates of fermented food waste products, MS preparations.

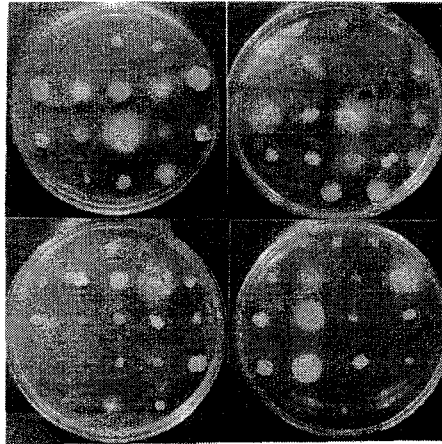


Fig. 3. Photographs showing lipase activity by the isolates of fermented food waste products, MS preparations.

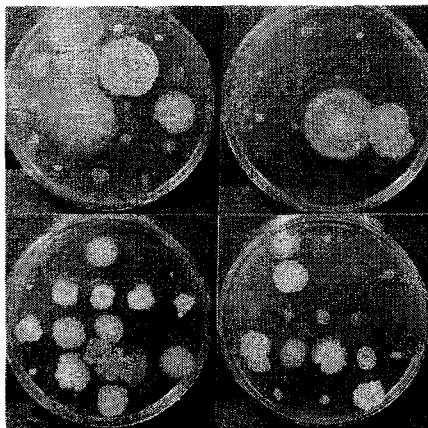


Fig. 4. Photographs showing pectinase activity by the isolates of fermented food waste products, MS preparations.

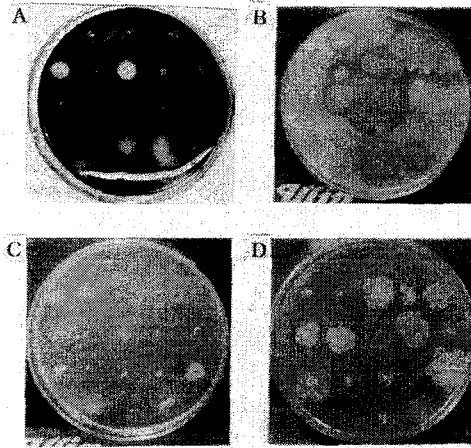


Fig. 5. Photographs showing amylase(A), protease(B), lipase(C) and pectinase(D) activity by the thomophilic isolates of fermented food waste products, MS preparations.

다. 식물 생육 조절 물질 생산 우수 균주 분리 및 동정

1) 식물생육조절물질생산능우수균주 분리

MS 균총에서 식물 생육 조절 물질을 생산하고 우수한 균주를 획득하기 위하여 MS-101액체를 100배 희석한 후 Luria Broth(LB)agar plate에 도말한 후 37℃에서 하룻동안 배양한 후 자란 colony들을 분리하여 다시 LB plate에 streaking하여 자란 colony들의 형태를 관찰하였다(Table 18).

그람 음성균 5종, 그람 양성균 2종을 순수 분리하였으며 그람 음성균에서는 MS101-4와 MS101-5 균주가 다른 균주보다 40~50배 많이 존재함을 확인하였고, 그람 양성균에서는 MS101-6보다 10배 많이 존재하였다.

Table. 18. Microorganism containing MS-101

구분	균주	No. of coloy (1,000×/ml)	Colony color
그람 음성	MS101-1	1	연노랑
	MS101-2	1	탁한 연노랑
	MS101-4	55	흰색
	MS101-5	37	노랑
	MS101-7	70	거의 투명
그람 양성	MS101-3	11	베이지
	MS101-6	1	연갈색

Table. 19는 12시간 배양후 자란 colony 숫자와 MS-101이 식물의 생육에 어떠한 영향을 나타내는지 조사하기 위해서 오이 배양포트에 MS-101을 농도별(0.05~9%) 처리하여 오이의 성장에 어떠한 효과를 나타내는지 조사하였다. MS-101의 농도가 0.1~0.5%일 때 생육이 촉진됨을 알 수 있었고, 그 보다 높은 농도에서는 식물의 생육에 저해가 됨을 알 수 있었다. 특히 3% 이상인 경우에는 식물이 고사함을 발견하였다 (Table 19). 한편 배지 중에 생육중인 균주는 3종류가 확인되었으며, 처리 2주 후 생존율은 0.05%일 때가 가장 높았고 MS 101-7 균주가 다음으로 많이 존재하였다.

Table. 19. Microorganisms containg plant growth medium

농도	배양전 (1,000×/ml)			배양후 (1,000×/ml)			오이성장률
	MS 101-5	MS 101-4	MS 101-7	MS 101-5	MS 101-4	MS 101-7	
9%	5	20	75	20	35	45	하하
6%	18	22	60	17	28	55	하중
3%	10	25	65	10	30	60	하상
1%	44	2	44	10	10	82	중
0.5%	13	·	87	5	5	90	최상
0.1%	10	10	100	·	50	50	상
0.05%	5	·	95	20	10	70	중
control							중

한편 뿌리에 내생하는 균주를 분리하기 위하여 14일 재배한 뿌리의 시료 1g을 0.85% NaCl로 세척한 후 1ml로 희석하여 LB agar plate에 도말하여 자란 colony 종류와 숫자를 Table 20에 나타내었다.

Table 20. Microorganisms in root of Cucumber after cultured for 14 days.

농도	생존 균류 (%)			오이성장률	뿌리상태
	MS 101-5	MS 101-4	MS 101-7		
9%	33	33	33	하하	완전 고사
6%	25	35	40	하중	완전 고사
3%	10	45	45	하상	약간 썩음
1%	10	10	80	중	보통
0.5%	1	1	98	최상	매우 건강
0.1%	2	49	49	상	매우 건강
0.05%	15	·	85	중	보통

Table 19. 에서와 같이 MS의 처리 농도가 증가함에 따라서 미생물 숫자도 증가하는 경향이 있었으나, 특이한 것은 MS 101-7 균주이다. MS 101-7 균주는 MS 101 원액에서 가장 많이 존재하는 균주 였던 바 뿌리에서도 역시 많이 존재함을 확인하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 MS 101-7 균주가 식물 생육을 촉진시키는 물질을 분비하는지 현재 조사중에 있다.

MS 102에 함유된 미생물들을 분리하기 위하여 LB, Potato Dextrose Agar(PDA), Skim Milk Agar(SMA), Spirit Blue Agar(SBA)에 도말하여 자란 colony들을 선별하여 세균류 13종, 곰팡이류 6종, 단백질 분해 균주 7종, 지방 분해 균주 7종 총 33종을 분리하였다(Table 21).

MS 102에서 선별 분리한 33종의 균주와 MS 101에서 선별 분리한 균주들의 길항력을 조사하였다. 시험균은 오이 흰가루병원균(*Erysiphe cichoracearum*)을 사용하였다. 이 중 오이 흰가루병에 대한 길항능을 갖는 균주는 총 18종이었다.

Table. 21. Microorganisms containing MS 102, MS 101 and antagonism for *Erysiphe cichoracearum*

Medium	균주	NO. of colony (1,000×/ml)	Colony color	<i>E.cichoracearum</i> 에 대한 길항력
LB	LB 1	4	회색	○
	LB 2	3	베지색	○
	LB 3	9	베지색	○
	LB 4	1	흰색	×
	LB 5	1	흰색	○
	LB 7	6	흰색	○
	LB 8	2	흰색	○
	LB 9	4	베지색+흰색	×
	LB 10	1	흰색	○
	LB 11	3	반투명 흰색	×
	LB 12	1	살색+흑색	○
	LB 13	1	연갈색	×
	PDA	PDA 1	1	갈색+흰색
PDA 2		1	연갈색	×
PDA 3		7	베지색+흑색	×
PDA 4		1	베지색+흑색	×
PDA 5		3	베지색	×
PDA 6		2	베지색	×
SMA	SMA 1	5	살색	×
	SMA 2	11	흰색	○
	SMA 3	5	거의투명	×
	SMA 4	1	베지색+흑색	×
	SMA 5	4	베지색+흑색	×
	SMA 6	1	베지색	○
	SMA 7	4	연갈색+흰색	○
SBA	SBA 1	1	연살색	○
	SBA 2	1	베지색	○
	SBA 3	17	연노랑	×
	SBA 4	1	청색	○
	SBA 5	1	회색	×
	SBA 6	7	흰색	○
	SBA 7	3일후 1	흰색+청색	×
LB	MS 101-1	1	연노랑	×
	MS 101-2	1	탁한 연노랑	○
	MS 101-3	55	베지색	×
	MS 101-4	37	흰색	○
	MS 101-5	70	노랑	×
	MS 101-6	11	거의투명	×
	MS 101-7	1	연갈색	○

2) 분리균의 종류와 열안정성, pH에 따른 생존율 측정

MS 1g 당 광합성 세균 2종(4×10^5), 효모 6종(6.2×10^6), 곰팡이 3종(1.1×10^6), 단백질 분해균 4종(2.7×10^6), 방선균 3종(2×10^4), 지방 분해균 5종(6.5×10^6)이 존재하였다.

Table 22. 동정된 균의 종류와 특성, 동정균주의 점유율

	균주명	종류	기능
세균	<i>Bacillus circulane</i>	1	호기적 혐기적 조건하에서 생육하며 고분자 유기물(지방, 단백질)을 분해하여 유용물질 생산
	<i>Bacillus</i> spp.	4	
	<i>Pseudomonas putide</i>	1	
	<i>Pseudomonas</i> spp.	3	
	<i>Bacillus thermophilus</i>	1	
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	1	
	<i>Lactobacillus</i> spp.	4	
효모	<i>Saccharomyces</i> spp.	6	전분 분해를 유도, 포도당등 단당류 생산
방선균	<i>Streptomyces</i> spp.	3	유해세균의 번식을 억제
곰팡이	<i>Aspergillus oryzae</i>		전분을 분해하여 단당류를 생육시키며 유해세균의 번식을 억제하는데 관여
	<i>Aspergillus</i> spp.		
	<i>penicillum</i>		
광합성 세균	<i>Cyanobacteria</i>		유용물질 생산

MS 균총에서 균주의 온도 변화에 따른 균주의 특성과 적응력을 조사하기 위하여 MS 101과 MS 102를 각각 80℃, 100℃에서 10분, 30분, 60분동안 반응시킨후 Luria Broth(LB) agar plate에 smearing하여 37℃에서 overnight 배양후 집락을 관찰하였다 (Table 23).

Table 23. Microorganisms caused temperature.

구분 \ 시간	Control	10분	30분	60분	비고
MS 101 80℃	4종 181	4종 169	2종 61	2종 30	× 10 colony/ml
MS 101 100℃		4종 66	3종 49	3종 25	
MS 102 80℃	6종 69	6종 61	6종 31	5종 14	× 100 colony/g
MS 102 100℃		4종 10	2종 3	2종 5	

MS 101 과 MS 102 모두 100℃에서 모두 colony가 형성됨이 관찰 되었다.

다음으로 MS의 pH 변화에 따른 특성과 생존률을 측정하기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다. MS 101과 MS 102를 각각 NaOH과 HCl로 pH를 1, 2, 3, 4, 9, 10으로 맞춰서 30분, 60분동안 반응 시킨후 LB agar plate에 smearing 하여 37℃에서 15시간 배양후 그 집락을 관찰 하였다(Table 24).

MS 균총의 자체 pH는 MS 101이 4.2, MS 102가 5.5이다.

Table 24. Microorganisms of change in pH

구분 \ pH	101 30분	101 60분	101 120분	102 30분	102 60분	102 120분
1	4종 38	3종 37	2종 30	1종 16	1종 24	1종 4
2	4종 23	4종 36	2종 40	1종 24	2종 44	2종 25
3	4종 103	3종 74	3종 56	1종 23	2종 54	1종 28
4	4종 364	4종 110	3종 58	2종 22	1종 106	1종 42
9	3종 59	2종 49	2종 43	1종 24	2종 62	1종 39
10	3종 47	3종 23	1종 35	1종 34	1종 4	1종 12
비 고	× 200			× 2000		

MS 균은 강산 강염기에서 견디는 힘이 강함이 관찰되었다.

이를 확인하기 위하여 LB broth의 pH를 1, 2, 3, 4, 9, 10으로 맞추는 후 위 실험을 반복한 결과 MS 101과 MS 102 모두 pH 1에서는 자라지 못하고 MS 101의 경우에는 pH 2에서도 생존하는 균주가 관찰되었다.

Table 25. MS 용액중 각종 아미노산 함량

아미노산	아미노산 조성
Asp(아스파라긴산)	0.013
Thr(트레오닌)	0.010
Ser(세린)	0.015
Glu(글루타민산)	0.034
Ala(알라닌)	0.028
Cys(시스테인)	0.056
Val(발린)	0.035
Ile(이소류이신)	0.011
Leu(류이신)	0.020
Lys(라이신)	0.019
아미노산 계	0.315

3) 분리균의 식물생장촉진작용 검색

분리된 균주(48종)등 중 식물 생장 촉진 작용 능력이 우수한 균주를 선별하기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다.

MS medium(Table 26)을 100ml 삼각 플라스크에 80ml씩 48개를 만든 후 건열 멸균기로 60℃에서 4시간동안 살균 처리 하였다.

다음 각각의 플라스크에 각각의 균주를 glucose와 함께 접종, 완전 밀폐후 진탕 배양기에서 37℃로 3주간 발효시켰다.

Table 26. MS medium

깻묵	0.25g
한약재1	0.125g
한약재2	0.125g
황토	0.25g
맥반석	0.125g
질석	0.025g
개껍질	0.125g
들깨껍질	0.05g
툽밥	10g
쌀겨+숫가루	0.05g
쌀겨	25g
음식찌꺼기	0.25g
수도물	70ml

가) 오이 실험

발효된 것들이 0.1%가 되게 수도물에 희석하여 오이에 준 후 약 3주동안 오이의 성장을 관찰하였다.

그 결과 control 보다 뚜렷한 성장을 보인것들(세균류 6, 지방분해능이 우수한 균1, 당백질 분해능이 우수한 균2)이 관찰 되었다.

나) 콩나물 실험

0.1%의 발효 용액 48개를 가지고 콩나물을 24시간 동안 침지한 후 4일동안 물만 주면서 성장을 관찰하였다. 그 결과 control 보다 길이가 15% 정도 더 성장률이 높은 것을 관찰 할 수 있었다.(Fig. 6)

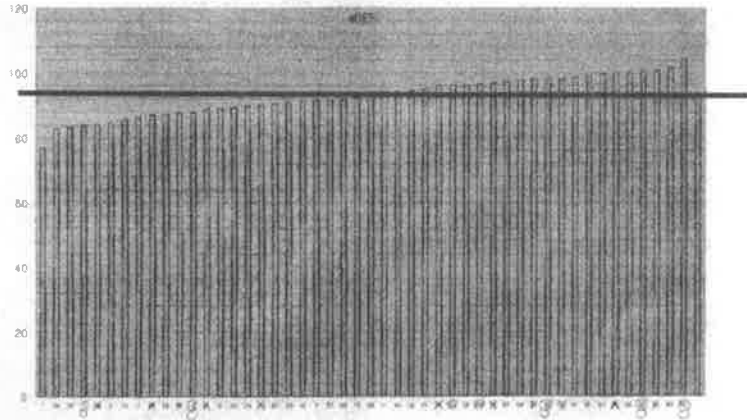


Fig. 6. MS의 발효사료와 콩나물 길이 (맨 오른쪽이 control)

위 실험들을 종합해 볼 때 식물 성장 촉진에 도움이 되는 미생물을 알아낼 수 있었다. 그러한 균들의 정확한 동정과 그 균의 대사산물을 알아보기 위한 실험들을 진행하였다.

MS 균총에서 저온균(2종 ; L1, L2)이 저온(12°C)에서 오이의 seeding에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다.

1	H ₂ O (Room temperature)
2	양액 + 0.5% MS 101
3	양액 + 0.1% MS 101
4	양액 + L1
5	양액 + L2
6	양액 + L2 + glucose
7	양액
8	H ₂ O (12°C control)

※ L1, L2는 6,000rpm에서 20분동안 원심분리한 후 상등액을 버리고 나머지를 양액에 다시 희석하여 사용.

각각의 플라스크에 30ml씩 처리구를 만든 후 오이씨를 30개씩 처리구에 넣어 12℃ 배양기에서 3시간 침지(1번 처리구는 실험실에) 후 페트리 접시로 옮긴후 12℃ 배양기에서 암배양 (1번 처리구는 실험실에서 암배양) 하였다. 3일 동안 관찰 결과 1번 처리구에서 뿌리가 상당히 나올 동안 나머지 2~8번 처리구에서는 전혀 발아가 되지 않음이 관찰되었다.

2. 음식물폐기물의 발효 기질화에 의한 유용물질 생산 및 우수 균주의 현장적용에 의한 식물생장촉진효과검정

가. 음식물폐기물 이용액체 배양에 의한 amylase 생산

1) 무기물 질소원이 amylase 생산에 미치는 영향

Spizizen 배지를 기본배지로 하여 amylase 생산성을 검토하였다.

음식물 폐기물을 배양기질로 사용하였을 경우 amylase 생산능이 우수한 균주 MS2-B18, MS7-H6, MS7-H7, 및 MS8-H5균주를 공시균주로 하여 무기질소원 종류에 따른 amylase 활성을 조사하였다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 무기질소원 종류에 따른 활성변화의 현저한 차이는 인정되지 않았다. 황산암모니움, 인산암모니움, 질산암모니움 중 황산암모니움 0.8% 적용시 활성이 높게 나타났다.

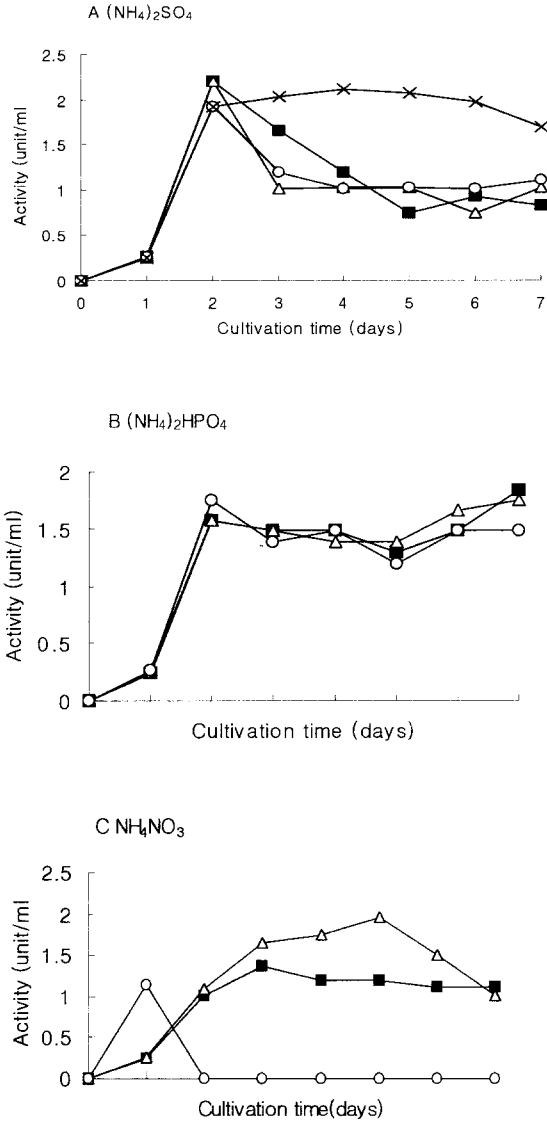


Fig.7. Effect of inorganic nitrogen source on the production of amylase activity from food waste and carbon sources.

■ - 0.2%, △ - 0.4%, ○ - 0.6%, × - 0.8%

2) 음식물폐기물 농도가 amylase 생산에 미치는 영향

우수 균주로 선별된 MS2-B18, MS7-H6, MS7-H7, MS8-H5에 대한 음식물폐기물 농도가 amylase 활성생산에 미치는 영향을 검토한 결과를 Fig. 8에 나타냈다.

4균주 모두 40%일 때 비교적 높은 활성을 나타냈다. 4균주 중 MS2-B18이 타균주에 비해 높은 활성을 나타내 이 균주를 이후의 실험에 사용하였다.

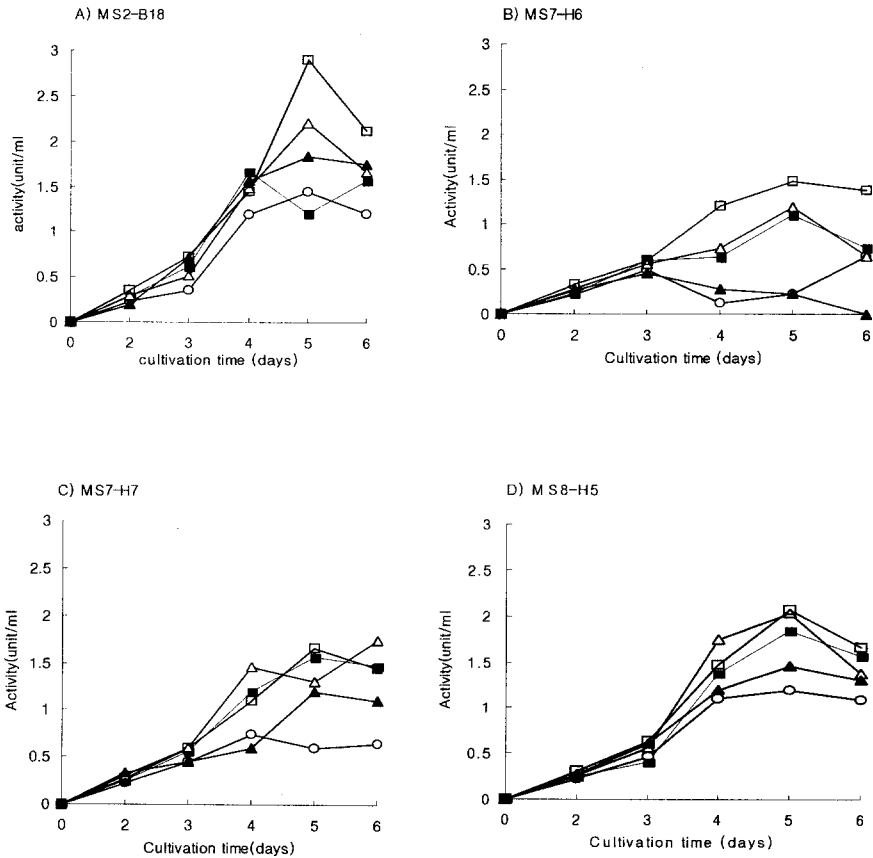


Fig.8. Effect of good waste concentration on the production of amylase activity by selected microorganisms.

-○- 10%, -■- 20%, -△- 30%, -□- 40%, -▲- 50%

3) 배지의 pH가 amylase 생산에 미치는 영향

MS2-B18 균주를 각종 pH를 달리한 amylase 생산배지에 접종하고 초발 pH가 amylase 생산배지에 접종하고 초발 pH가 amylase 생산에 미치는 영향을 검토한 결과 (Fig. 9) pH8.0의 경우 매우 양호한 활성을 나타냈다.

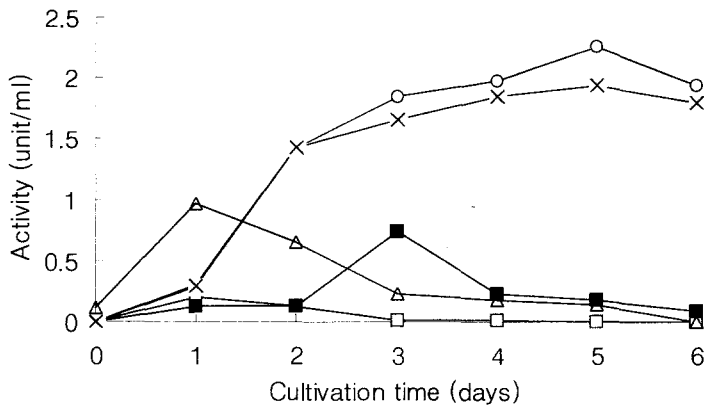


Fig.9. Effect of pH on the production of amylase activity on food waste medium.

-□- pH5, -■- pH7, -○- pH8, -X- pH9, -△- pH10

4) 배양온도가 amylase 생산에 미치는 영향

배지의 pH를 8.0으로 고정하고 amylase 생산 최적온도를 조사하였다. Fig. 10 에 나타낸 바와 같이 30℃ 배양이 높은 활성생산이 인정되었다.

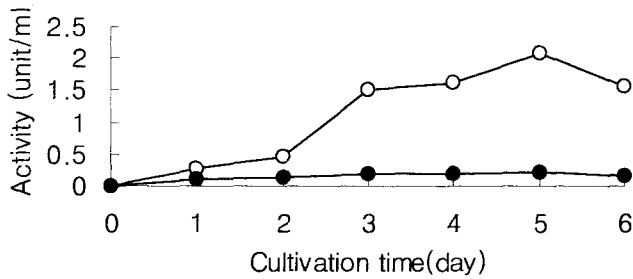


Fig.10. Effect of temperature on the production of amylase activity on food waste medium.

-○- 37°C, -●- 30°C

나. *Bacillus* sp. 3-1균주가 생산한 amylase의 특성

1) 조효소액의 분획

MS2-B18 균주는 BIOLOG의 미생물 동정 시스템 MicroLog™ System 분석에 의해 *Bacillus* sp. 로 동정되었다. 본 균주를 40% 음식물 쓰레기(Woring blendor로 마쇄하여 죽상태 배지(pH 8.0)에 접종하여 30°C에서 5일간 배양해 원심분리(8,000rpm, 10분)로 상등액을 얻고, 상등액에 ammonium sulfate를 20~80%포화되게끔 첨가하여 각 포화농도에서 침전된 획분을 투석에 의해 탈염하고 농축하여 단백질함량, 효소활성을 측정 한 결과 (Table 27) ammniun sulfate 70%포화 분획이 가장 높은 활성을 나타냈다.

Table 27. Amylase activity of the fraction precipitated with ammonium sulfate

	Crude enzyme	Fraction of ammonium sulfate saturated(%)						
		20	30	40	50	60	70	80
단백질함량 OD(A280)	1.39	0.15	0.17	0.32	0.67	3.54	5.86	3.98
Enzyme activity (U/ml)	0.55	18.4	27.6	36.8	73.4	691.54	2,212.0	713.0

2) Ammonium sulfate 70%포화획분의 zymography

SDS-PAGE는 Laemmli(1970)방법에 따라 실시하였다.

분획된 시료를 vertical slab gel unit Mighty small II SE250/SE260(Hoefer Scientifica Instruments, USA)에 조성한 1mm gel에 적용하여 70volt로 1.5시간 전기영동하고 이를 0.01M Tris-HCl(pH 7.6)에서 30분, 0.1M citrate-phosphate buffer(pH 5.5)에 넣어 30분간 진탕하고, 이를 다시 1% 가용성전분용액에 넣어 37°C에서 1시간 진탕 후 iodine-solution으로 투명대가 나타날 때까지 염색하였다.

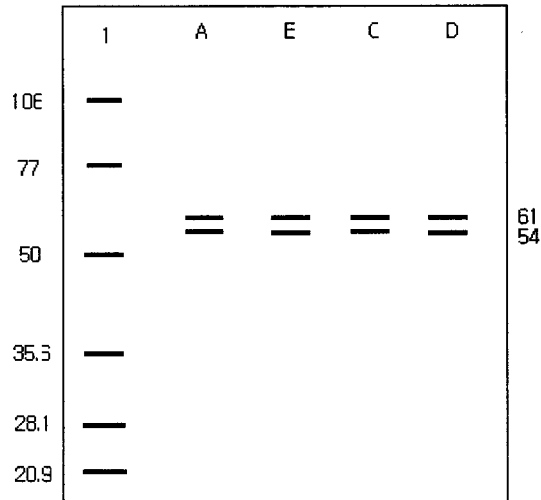


Fig.11. SDS-PAGE and zymogram(Lane A, B, C, D) of amylase fraction after precipitated with 70% ammonium sulfate.

Lane 1 : Prestained SDS-PAGE Standards, Low Range, BioRad Cat No. 161-0305

106 kDa ; Phosphorylase B

77 kDa ; Bovine serum albumin

50.8 kDa ; Ovalbumin

35.6 kDa ; Carbonic anhydrase

28.1 kDa ; Soybean trypsin inhibitor

20.9 kDa ; Lysozyme

Lane A ; Dialysed and concentrated enzyme 6 μ l

Lane B ; " " 5 μ l

Lane C ; " " 4 μ l

Lane D ; " " 3 μ l

Zymography 결과 Fig. 11에 나타낸바와 같이 활성을 나타내는 2개의 band가 확인되었다. 하나는 분자량 61,000다른 하나는 54,000으로 추정되었고, 이들 band가 서로 가까운 위치에 존재하는 점으로 보아 dimer일 확률이 높은 것으로 추정되었다.

3) *Bacillus* sp. 3-1 이 생산하는 amylase 전분분해 특성

본 균주가 생산하는 amylase의 전분분해 특성을 조사하였다. Ammonium sulfate 70%포화 획분의 투석 농축 조효소액을 이용하여 1% 가용성 전분, 0.1M acetate buffer(pH5.5)를 함유하는 반응조건하에서 1~6시간 반응시킨후 반응물에 대한 Thin layer chromatography를 실시하였다. Fig. 12에 TLC결과를 나타냈다.

반응 1시간째에는 G1, G2 및 G3로 추측되는 당류가 확인되었고 점차 반응시간이 지속됨에 따라 G1 과 G2의 농도가 높아졌고 반응 6시간째의 G1 및 G2의 농도는 4:6정도의 비율로 검출되었다.

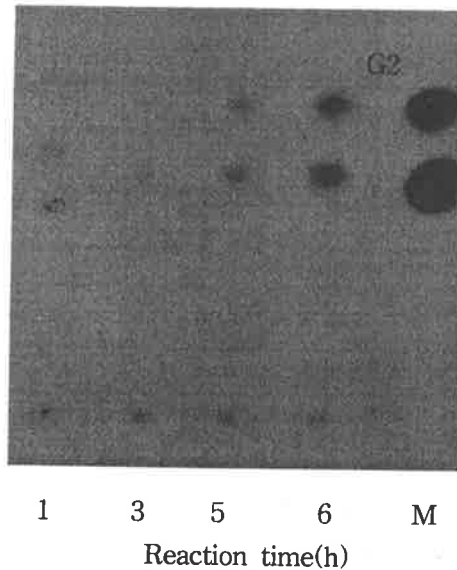


Fig.12. TLC analysis of the hydrolytic reactions carried out by the fraction of 70% ammonium sulfate fraction. The reactions were carried out at 37°C for 1 to 6hrs with 1% soluble starch and partial purified amylase. Mixtures of G1 and G2(glucose and maltose ; Lane M) were used as standards.

따라서 본 실험결과는 Cho등 (2000)이 보고한 *Bacillus subtilis* SUH4-2가 생산한 maltogenic amylase와 그 작용 패턴이 유사한 점이 많으나 일반적으로 *B. subtilis*의

α -amylase의 경우 당화형 α -amylase의 주요생성당의 종류 및 생성비가 glucose 6%, maltose 30% 기타 약간의 dextrin으로 구성된 점을 감안해 볼 때 본 연구에서 사용한 *Bacillus* sp. 3-1의 amylase의 전분 분해 특성이 glucose 40%, maltose 60%로 생성하는 효소적 특성이 현재까지 그 예가 드문 현상으로 매우 흥미 있는 결과로 인정 되었다. 금후 더욱 많은 효소적 특성 규명이 이뤄져야 할 것으로 사료된다.

다. 음식물폐기물 이용 액체배양에 의한 균체단백질 생산

균체단백질 생산을 위하여 다음 배지를 기본배지로 사용하였다(g/l).

KH_2PO_4 , 1.0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.1; KCl 0.05; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.01; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.01; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.01; nitrogen(in urea or a salt), 0.8; Woring blendor로 죽상태로 만든 음식물폐기물 슬러리 400;(pH3.5)을 500ml Erlenmeyer flask에 100ml씩 배지를 분주하고 멸균 한 후 45°C에서 2일간 전배양한 균주 10ml를 접종하고 45°C에서 7일간 배양하였다.

1) 균체단백질생산 우수 균주 선별

Amylase 측정배지상 균체단백질 생산 우수균주 13종, 60°C에서 분리한 고온균 14주 등 27주에 대하여 균체단백질 생산능을 검토한 결과 Table 28에 나타낸 바와 같이 3-2주가 균체 단백질 생산능이 가장 높았다.

3-2주는 BIOLOG의 미생물동정 시스템 MicroLog™ system에 분석에 의해 *Aspergillus* sp.로 동정되었다.

Table 28. Products yield from food waste fermentation by fungal isolates*

Strain	Product yield(g/ ℓ)
2-2	19.0
2-3	21.0
3-2	22.0
3-5	20.0
4-1	21.0
MS5	20.0

* The medium contained 400g of fresh food waste per liter. Incubation was for 6days at 37°C

2) 질소원이 균체 단백질 생산에 미치는 영향

여러 가지 질소원이 균체 단백질 생산에 미치는 영향을 검토한 결과를 Table 29에 나타냈다.

사용한 질소원이 조단백질 함량에 큰 영향을 나타내지 않았으나 탄수화물 전환능 및 최종 pH변화에 큰 차이가 있음이 인정되었다. 요소가 타 질소원에 비해 탄수화물 전환능에 큰 영향을 미치고 있음이 인정되었다.

Table 29. Effect of nitrogen source on the fermentation of food waste medium by *Aspergillus* sp.*

Nitrogen source	Crude protein yield(g/ℓ)	Conversion of carbohydrate used to cells(%)	Final pH of cultural filtrate
Urea	0.8	44.9	3.8
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.8	45.0	3.3
NH ₄ Cl	0.7	32.3	2.5
NH ₄ NO ₃	0.7	40.2	2.7
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0.7	44.0	2.7
NaNO ₃	0.8	42.4	6.5
KNO ₃	0.8	43.0	6.7

* Means of duplicate determinations made 48h at 45°C after inoculation with spores.

3) 배지의 pH가 균체 단백질 생산에 미치는 영향

균체생산배지의 초발 pH를 pH3.0에서 4.5까지 조정하여 최적 pH범위를 조사한 결과 그림에 나타낸 바와 같이, 45°C 배양시의 초발 최적 pH는 pH3.5였다.

4) 배지의 온도가 균체 단백질 생산에 미치는 영향

배지의 pH를 3.5로 고정하고 최적온도를 검토한 결과 45°C가 최적이었다. 45°C 이상이 되면 균체 단백질 생산이 감소되었다.(Fig. 13).

5) 음식물폐기물 농도가 균체 단백질 생산에 미치는 영향

음식물폐기물의 농도(wet wt/vol)를 10~50%범위에서 검토한 결과 40~50%범위일 경우 균체 단백질 생산량이 가장 높았다(Table 30).

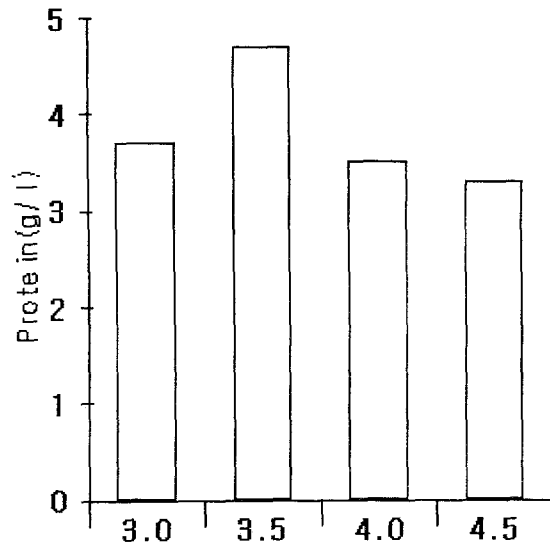


Fig.13. Effect of pH on crude protein yield from *Aspergillus* sp. 3-2 grown on food waste medium. Duplicate determinations made 48h at 45°C after inoculation with spores.

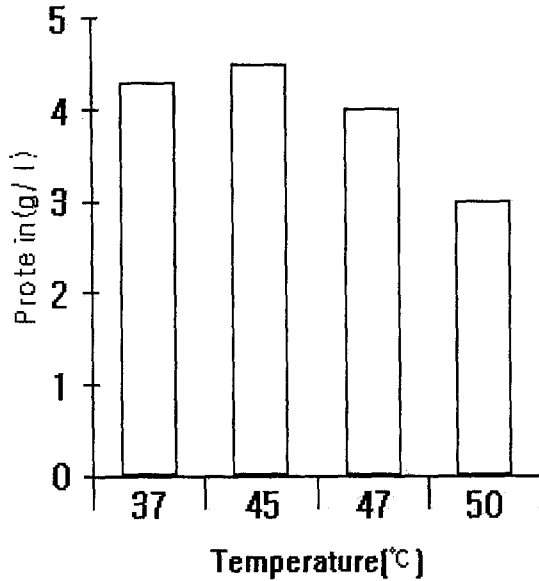


Fig.14. Effect of temperature on crude protein yield from *Aspergillus* sp.3-2 grown on food waste medium. Culture condition same as Fig.13 except temperature.

Table 30. Effect of food waste concentration on efficiency of protein production by *Aspergillus* sp. 3-2. *

Concentration of food waste (g/l)	Crude protein yield (g/l)	Conversion of carbohydrate used to crude protein(%)
100	15.4	75.6
200	18.7	80.7
300	20.5	86.4
400	22.3	97.2
500	22.0	95.5

* Duplicate determinations made 5days culture at 45°C.

농도별 경시적 변화를 조사한 결과 Fig. 15에 나타난 바와 같이 농도가 40~50%일 경우 5일째에 최고치를 나타냈다.

일반적으로 포도당 1g을 사용한 미생물 배양으로 약 0.55g의 균체가 생산되는 것으로 알려져 있다(裵田泰治, 1982). 본 실험에서는 음식물폐기물 400g을 사용한 배양체계에서 220g의 균사체를 얻었다. 이는 포도당 1g사용으로 0.55g의 균체 생산과 동일한 수치를 나타내는 것이다. 따라서 포도당을 대체하여 유기성 폐자원을 이용한 균체 생산이 가능함으로써 유기성 폐기물 처리 비용절감 및 폐기물의 유용자원화, 청정 환경보전이라는 다목적적 상승효과를 거둘 수 있는 기술이 될 수 있다고 확신된다.

라. 균체 단백질의 특성조사

1) 균체의 일반성분 조성

균체의 일반성분을 AOAC(1995)법에 의한 분석결과를 Table 31에 나타냈다.

Table 31. Chemical composition of fungal cells grown on food waste medium.

배양회수	수분	조단백질	조지방	조섬유	조회분
1	34.6	41.2	4.2	14.7	5.0
2	25.8	35.5	8.9	16.4	6.7
3	31.1	33.7	7.9	17.3	8.6
4	24.3	40.2	7.5	20.0	8.0
평균	29.0	37.7	7.1	17.1	7.1

조단백질 함량이 33~41%범위를 나타냈으나 평균값은 37.7% 였다. Matsuura등(1973)이 보고한 Corn steep liquor, 초산과 포도당으로 배양한 *Aspergillus oryzae*의 48~49%에 비해 다소 그 함량이 낮았으나 Reade and Gregory(1975)가 보고한 *Aspergillus fumigatus*의 37.0%와는 매우 비슷한 값을 나타냈다

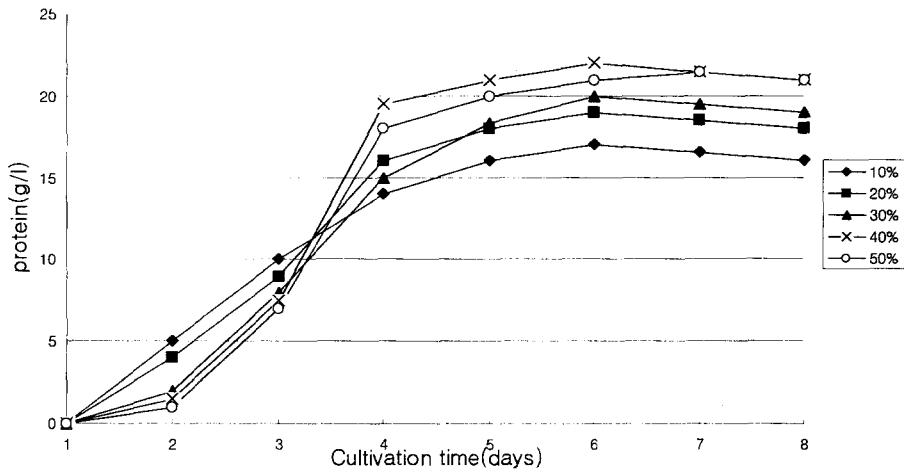


Fig.15. Time course of crude protein yield of *Aspergillus* sp. 3-2 as a function of food waste concentration.

2) 균체 단백질의 아미노산 함량

아미노산 함량을 분석한 결과 Table 32에 나타났다.

Table 32. Amino acid composition of fungal cell protein from food waste fermentation.

Amino acid	Grams of Amino acid per 100g of crude protein		
	<i>Aspergillus</i>	Soybean*	FAO provisional pattern*
Isoleucine	5.5	2.5	4.2
Leucine	8.2	3.4	4.8
Lysine	7.6	2.9	4.2
Phenylalanine	4.3	2.2	2.8
Tyrosine	3.3	-	2.8
Cystine	0.4	-	2.0
Methionine	1.6	0.6	2.2
Threonine	4.9	1.7	2.8
Tryptophane	-	0.6	1.4
Valine	4.9	2.4	4.2

* 衰田泰治, 醬研 8(4), 147~160, 1982.

아미노산 조성을 검토해볼 때 대두에 비해 균체 단백질이 아미노산 조성이 상당히 좋은 편이나 유헴합유 아미노산(cystine, methionine, tryptophane) 함량이 좀 낮은 편으로서 이들 아미노산이 제한 아미노산을 작용하기 때문에 기타 자원으로부터 보완이 이뤄져야 할 필요가 있다고 사료된다.

마. MS 분리균들의 생육 조건(배지별) 확인

MS에서 분리된 균들의 최소 배지에서의 생육을 확인하기 위하여 각각 단일균으로 분리된 균 stock을 Luria Broth(LB)에 접종하여 37℃에서 12시간 배양한 후 최소배지(M9 agar plate)와 최소 배지에 여러 가지 물질을 첨가하여 activation된 각각의 균을 streaking하여 37℃에서 하룻동안 배양한 후 그들의 생육정도를 확인하였다(Table 33).

Table 33. 배지별 MS균의 growth 확인

배지 균	M9	M9+ blood 1%	M9+sperm DNA 0.1%	M9+Yeast extract0.2%	M9+Yeast extract0.02%
CMB 01	++++	+++	++++	++++	+++
CMB 02	++++	++	+++	++++	++++
CMB 03	+++	+++	++	+++	+++
CMB 04	-	+++	+++	++++	+++
CMB 05	++++	+++	++++	++++	+++
CMB 06	-	-	-	+++	+++
CMB 07	-	++++	++++	++++	+++
CMB 08	++++	++++	+++	++++	+++
CMB 09	++++	+++	++++	++++	+++
CMB 10	++	++	++	+++	++
CMB 11	++	++	++	+++	+++
CMB 12	++++	++++	++++	++++	++++
CMB 13	++++	++++	++++	++++	+++
CMB 14	++++	++++	++++	++++	+++
CMB 15	++++	+++	++++	++++	+++
CMB 16	-	++	++	+++	+++
CMB 17	-	++	++	+++	++
CMB 18	++	++	++	+++	+++
CMB 19	-	++	++	+++	++
CMB 20	++	++	++	+++	++
CMB 21	-	++++	++++	++++	++++
CMB 22	++	+++	+++	++++	+++
CMB 23	-	++	++	+++	++
CMB 24	+++	+++	+++	+++	+++
CMB 25	+	++	+++	+++	++
CMB 26	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 27	-	+	+	+++	+++
CMB 31	++	++++	++++	++++	++++
CMB 32	-	+++	+++	++++	+++
CMB 33	+++	+++	+++	+++	+++
CMB 34	-	+++	+++	+++	++
CMB 35	-	+	-	+++	+++

균	배지	M9	M9+ blood 1%	M9+sperm DNA 0.1%	M9+Yeast extract0.2%	M9+Yeast extract0.02%
CMB 36	-	-	-	-	+++	+
CMB 37	+++	++++	++++	++++	++++	+++
CMB 41	++++	++++	+++	++++	++++	++++
CMB 42	+++	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 43	+++	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 44	+++	++++	+++	++++	++++	++++
CMB 51	-	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 52	-	+++	++	+++	+++	++
CMB 53	+++	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 54	-	-	-	+++	+++	++
CMB 55	-	+++	++++	++++	++++	+++
CMB 56	++++	+++	++++	++++	++++	+++
CMB 61	+	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 62	+++	+++	+++	++++	++++	+++
CMB 63	+++	+++	+++	+++	+++	+++
CMB100	+++	+++	+++	++++	++++	+++

*균 생장 정도: ++++:상 ; +++:중 ; ++:하; +:약간; -:전혀 자라지 못함

모든 분리 균들에 Yeast extract만 첨가해주어도 생육됨을 관찰 할 수 있었다.

바. MS 분리균들의 병원성 곰팡이에 대한 길항력 측정

MS에서 분리된 균주들의 길항력을 조사하였다. 시험균은 토마토 역병 (*Phytophthora infestans*), 사과 겹무늬썩음병(부패병)(*Botryosphaeria dothidea*), 오이 잿빛 곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 오이시들음병(*Fusarium oxysporum*), 수박 만고병 (덩굴마름병)(*Mycosphaerella melonis*), 고추 탄저병(*Collectotrichum gloeosporioides*)과 벼 물고병(*Rhizoctonia solani*)를 사용하였다(Table 34).

이들 균주들의 길항능을 나타내는 물질 분석과 식물에 대한 효과를 field test를 통해 검정하였다.

Table 34. MS 분리균주들의 병원균에 대한 길항력

병원균	수박 만고병	사과겹무늬 썩음병	오이 시들음병	고추 탄저병	오이잿빛 곰팡이병	토마토 역병	벼 물고병
CMB 01		+		+			
CMB 02	++	++++	c+++	c++++	++	+	c++
CMB 03				+			
CMB 04				+			
CMB 05	+++	c++++	c+++	+++	++		c+++
CMB 06	+	++	c+++	++	+	+	++
CMB 07	+	++++	+++	+++	++	+	+
CMB 08	+	+					

병원균 군	수박 단고병	사과접두너 썩음병	오이 시들음병	고추 담자병	오이썩빛 곰팡이병	토마토 역병	비 물고병
CMB 09	++	++++	c+++	c++++	+		c+++
CMB 10			+++				
CMB 11							
CMB 12	+	+					
CMB 13							
CMB 14							+
CMB 15							c+++
CMB 16							
CMB 17							
CMB 18							
CMB 19							
CMB 20							
CMB 21	+	++		+			++
CMB 22		++					+++
CMB 23					+		
CMB 24		+		++			+
CMB 25		+					
CMB 26	++++	c++++	c++++	c++++	c++++	+++	c++++
CMB 27							
CMB 31		+					+
CMB 32	+++++	c+++	++	+++	c+++	+	c++++
CMB 33	+++	+++	+	+++			+++
CMB 34	++	+++		++			c++
CMB 35			+				
CMB 36							
CMB 37		+		+			++
CMB 41	+	+		+			+
CMB 42				+		++	c++
CMB 43							+++
CMB 44	++	++	+++	++	+		c+++
CMB 51	+	++	+	+			+
CMB 52							++
CMB 53		c++++	+++	+++			
CMB 54		+	+	+			
CMB 55							
CMB 56		+		+			
CMB 61		++					
CMB 62		+					
CMB 63		+					

*c:clear zone 형성; ++++:상 ; +++:중 ; ++:하; +:약간

CMB 26번과 CMB 32번이 test한 모든 병원성 곰팡이에 대한 길항력이 관찰되었다.
 사. 미생물과 식물의 성장 촉진 작용 검색

1) CMB와 식물

MS 분리균주들중 식물 성장 촉진 작용과 억제 작용이 우수한 균주를 선별하기 위하여 1차년도 실험 결과(Table 35)를 토대로 2차 선별을 하여 다음과 같은 실험을 하였다.

Table 35. MS 분리균주와 식물과의 관계

균	식물종	종나물	담배	균	식물종	종나물	담배
CMB 01		+++	-	CMB 25			
CMB 02			-	CMB 26			
CMB 03				CMB 27		++	
CMB 04			+++	CMB 31			+++
CMB 05		-		CMB 32		++	
CMB 06				CMB 33		++	
CMB 07		+++	++	CMB 34		+	+++
CMB 08		+++	+++	CMB 35			-
CMB 09				CMB 36			-
CMB 10				CMB 37			
CMB 11		+		CMB 41			
CMB 12				CMB 42			
CMB 13		+++		CMB 43			
CMB 14				CMB 44			
CMB 15				CMB 51		+++	+++
CMB 16		+	+++	CMB 52		+++	
CMB 17				CMB 53			
CMB 18				CMB 54			
CMB 19				CMB 55		++++	++++
CMB 20		--	--	CMB 56			
CMB 21				CMB 61			
CMB 22				CMB 62		+++	
CMB 23		++		CMB 63			
CMB 24		++					

1차년도 실험을 토대로 식물 성장 촉진과 억제에 영향을 끼치는 균주 10종을 선별하였다. 2차 선별균중 촉진균 9종 CMB55, CMB34, CMB32, CMB26, CMB53, CMB03, CMB08, CMB01, CMB07과 억제균 CMB20 1종을 가지고 아래와 같이 실험하였다.

10종의 분리균을 LB에 접종하여 12시간 배양한 후 배양액에 glucose를 0.1% 첨가

하여 농도별로 식물 배지(Cocovita and Perlite)에 뿌려주었다(Table 36). 시험 작물은 오이를 사용하였다.

Table 36. 각 처리구별 처리내용

		-1	-2	-3	-4	-5
구 분	농도	30%	20%	10%	1%	0.1%
	관주					
1	CMB 55					
2	CMB 34	코코비타(大)	코코비타(大)	코코비타(大)	코코비타(大)	코코비타(大)
3	CMB 32	: 36ml	: 24ml	: 12ml	: 1.2ml	: 0.12ml
4	CMB 26	코코비타(小)	코코비타(小)	코코비타(小)	코코비타(小)	코코비타(小)
5	CMB 53	: 9ml	: 6ml	: 3ml	: 0.6ml	: 0.06ml
6	CMB 03	펄라이트(大)	펄라이트(大)	펄라이트(大)	펄라이트(大)	펄라이트(大)
7	CMB 08	: 30ml	: 20ml	: 10ml	: 1ml	: 0.1ml
8	CMB 01	펄라이트(小)	펄라이트(小)	펄라이트(小)	펄라이트(小)	펄라이트(小)
9	CMB 07	: 6ml	: 4ml	: 2ml	: 0.1ml	: 0.01ml
10	CMB 20					

균 처리는 매일 같은 시간에 한번씩 3일간 처리한 후 오이의 성장을 관찰하였다 (Fig. 16, 17).

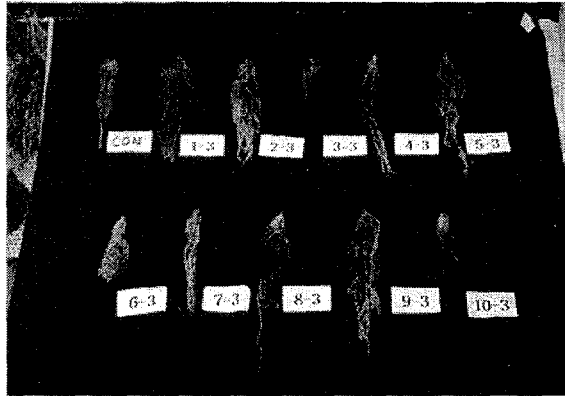


그림 16. 뿌리 생육 차이



그림 17. 오이의 생육 차이(왼쪽부터 CON, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

Table 37. Effects of isolated microorganism(CMB) on the seedlings growth of cucumber plant

	substrate	총평균 (A)	control (B)	최대치	최대치 농도	A-B
초장 (cm)	coir dust	46.5	24.3	① 52.3(CMB 9)	1 %	22.2
				② 50.7(CMB 4)	1 %	
				③ 48.6(CMB 1)	1 %	
	perlite	45.2	24.5	① 50.0(CMB 4)	10 %	20.7
				② 48.5(CMB 9)	0.1 %	
				③ 47.8(CMB 3)	0.1 %	
엽면적(cm ²)	coir dust	284.4	169.8	① 321.9(CMB 9)	1 %	114.6
				② 312.3(CMB 7)	0.1 %	
				③ 300.0(CMB 6)	1 %	
	perlite	236.4	143.0	① 276.2(CMB 2)	1 %	93.4
				② 250.2(CMB 6)	1 %	
				③ 247.6(CMB 7)	1 %	
경경 (mm)	coir dust	8.2	6.2	① 9.2(CMB 9)	1 %	2.0
				② 8.5(CMB 8)	10 %	
				③ 8.4(CMB 6)	10 %	
	perlite	7.7	6.0	① 8.7(CMB 9)	10 %	1.7
				② 8.3(CMB 10)	1 %	
				③ 8.2(CMB 7)	20 %	
클로로필 (mg/gFW)	coir dust	43.76	39.0	① 47.0(CMB 5)	20 %	4.76
				② 44.3(CMB 7)	30 %	
				③ 44.2(CMB 6)	20 %	
	perlite	44.08	41.5	① 49.0(CMB 5)	30 %	2.58
				② 46.5(CMB 9)	30 %	
				③ 45.2(CMB 7)	30%	

	isolated micro-organism	substrate	총평균 (A)	control (B)	최대치	최대치 농도	A-B
근생체중 (g)	CMB(1~10)	coir dust	31.5	17.7	① 35.5(CMB 8)	0.1 %	13.8
					② 35.1(CMB 1)	0.1 %	
					③ 32.2(CMB 2)	1 %	
		perlite	29.4	14.9	① 34.5(CMB 7)	10 %	14.5
					② 34.2(CMB 3)	1 %	
					③ 33.0(CMB 5)	10 %	
엽병 생체중 (g)	CMB(1~10)	coir dust	28.5	12.0	① 36.7(CMB 9)	10 %	16.5
					② 29.2(CMB 10)	30 %	
					③ 26.3(CMB 7)	1 %	
		perlite	16.7	10.6	① 25.0(CMB 9)	1 %	6.1
					② 17.3(CMB 5)	1 %	
					③ 16.8(CMB 3)	1 %	
엽생체중(g)	CMB(1~10)	coir dust	49.4	27.3	① 55.8(CMB 7)	1 %	22.1
					② 53.7(CMB 9)	10 %	
					③ 50.8(CMB 2)	1 %	
		perlite	40.4	20.5	① 43.4(CMB 9)	1 %	19.9
					② 41.7(CMB 4)	1 %	
					③ 38.4(CMB 5)	1 %	
근건물중 (g)	CMB(1~10)	coir dust	25.9	16.0	① 31.15(CMB 1)	1 %	9.9
					② 28.8(CMB 2)	10%	
					③ 27.1(CMB 8)	0.1 %	
		perlite	25.4	13.5	① 40.1(CMB 6)	10 %	11.9
					② 32.9(CMB 5)	10 %	
					③ 31.2(CMB 3)	0.1 %	
엽 건물중 (g)	CMB(1~10)	coir dust	43.5	25.2	① 44.6(CMB 7)	0.1 %	18.3
					② 43.1(CMB 9)	0.1 %	
					③ 40.9(CMB 3)	0.1 %	
		perlite	34.7	20.9	① 42.3(CMB 4)	1 %	13.8
					② 39.0(CMB 5)	0.1 %	
					③ 37.4(CMB 9)	0.1 %	
경건물중(g)	CMB(1~10)	coir dust	13.8	9.0	① 16.9(CMB 7)	0.1 %	4.8
					② 16.9(CMB 9)	0.1 %	
					③ 16.0(CMB 4)	10 %	
		perlite	13.3	6.1	① 17.0(CMB 9)	1 %	7.2
					② 16.3(CMB 4)	1 %	
					③ 14.7(CMB 3)	0.1 %	

Table 38. 균별, 배지별 생장특성 반응 조사(상위 균 순위별 3종)

특성		균	초장	엽면적	경경	엽육소	근중	엽병중	엽중	근건물중	엽건물중	경건물중
CMB	Coir dust		9,4,1	9,7,6	9,8,6	5,7,6	8,1,2	9,10,7	7,9,2	1,2,8	7,9,3	7,9,4
	Perlite		4,9,3	2,6,7	9,10,7	5,9,7	7,3,5	9,5,3	9,4,5	6,5,3	4,5,9	9,4,3

Table 39. 유효 균주 선택

		선택순위		
		①	②	③
CMB	Coir dust	9	7	6
	Perlite	9	5	3

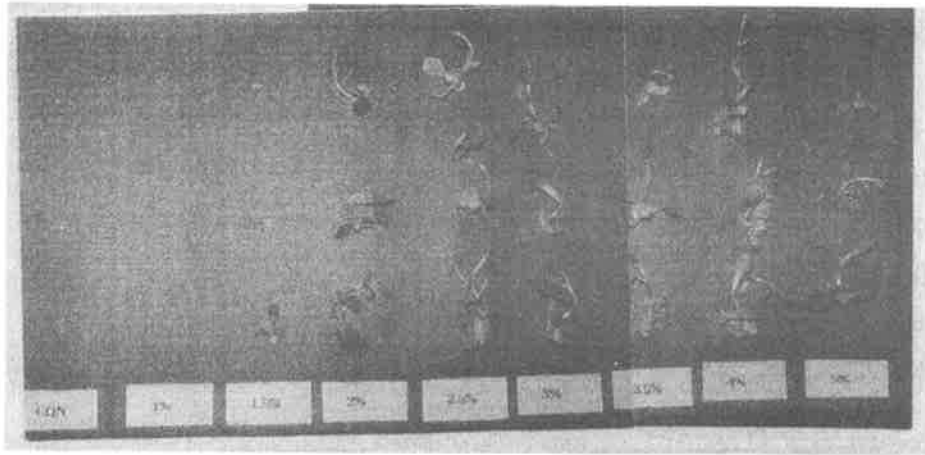
위와 같은 결과로 CMB 09을 최종 선발하여 다음 실험에 사용하였다.

2) CMB RP01과 식물

CMB RP01을 24시간 배양하여 배양액을 농도별로 MS medium(for plant)에 첨가 (v/v)하여 담배를 이용하여 식물과의 관계를 확인하였다. 그 결과는 다음과 같다 (Table 40).

Table 40. Growth effect of CMB RP01

		con	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	3.5%	4.0%	5.0%
생체중	1			0.1	0.8	0.91	0.71	0.57	1.5	0.89
	2			0.06	0.47	0.53	0.54	0.42	1.04	0.2
	3			0.05	0.45	0.49	0.51	0.27	0.89	0.2
	계	0.01	0.01	0.21	1.72	1.93	1.76	1.26	3.43	1.29
평균		0.0033	0.0033	0.07	0.5733	0.6433	0.5867	0.42	1.1433	0.43
건체중	1				0.03	0.06	0.05	0.03	0.09	0.07
	2				0.02	0.04	0.04	0.03	0.06	0.02
	3				0.05	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02
	계	0	0	0.01	0.1	0.13	0.11	0.08	0.19	0.11
평균		0	0	0.0033	0.0333	0.0433	0.0367	0.0267	0.0633	0.0367



위의 실험 결과 CMB RP01은 어떤 물질을 분비하여 식물의 성장에 촉진 작용을 함을 관찰 할 수 있었다. CMB RP01과의 식물과의 관계를 좀 더 확인하기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다.

1차년도 실험 결과 배양이 잘 되지 않았던 CMB RP01에 오이잎을 갈아서 첨가해준 배지에서는 오이잎을 첨가하지 않은 배지에서보다 더 증식이 잘됨을 관찰할 수 있었다. 결과, CMB RP01은 식물과 어떠한 물질을 주고 받으며 공생하는 관계로 추정된다. 그 물질의 분석은 수행하지 못했다.

3) CPS 균주와 식물

먼저 MS제조 과정에서 첨가되는 MS40과 MS60그리고 MS90을 따로 분리하여 실험을 실시 하였다. (99년 확보)이들은 슬러시형태로 존재하였다 따라서 이들을 샘플링한후에 50ML튜브로 centrifuge를 실시하여 액상과 침전물로 분리하였다 그리고 이들을 오이 germination실험을 실시 한 결과 MS40에서 효과를 보였다 .

Germination 실험

오이씨를 증류수로 2-3시간 정도 침지시킨후 수회에 걸쳐 표면에 처리된 코팅제를 제거하였다 이를 페트리 디쉬에 왓만 페이지를 깔고 오이씨의 1/4정도가 잠기게 물

을 처리한후에 각각의 처리구를 1ml씩 넣어 주었다.
CON은 증류수 만으로 처리 하였다.

처리구	10시간 경과	16시간 경과
MS90(L)	3	4
MS40(L)	7	8
MS60(L)	8	9
CON(L)	5	5

수치상으로는 60이 약간 더 나왔으나 부패균으로 보이는 균이 있었으며 반복실험결과 40이 더 나은 결과를 보였다.

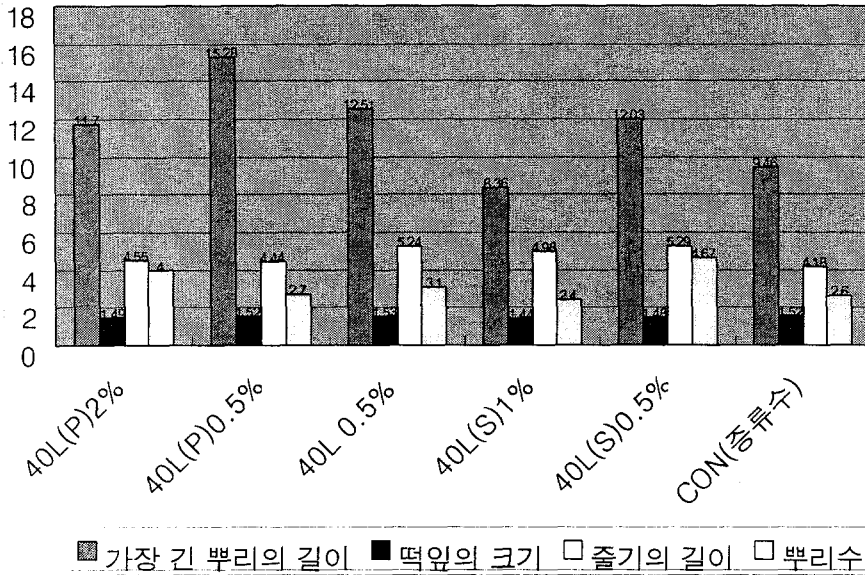
따라서 최상의 결과를 보이는 40만 가지고 실험을 시작하였다.

또한 40을 원심분리하여 침전물은 거의 슬러시 형태를 가지고 있었으므로 제거하고 이상층액만을 가지고 이것이 PROTEIN이나 CHEMICAL 에 의한 것인지 아니면 다른 균들에 의한 작용이 있는지를 검토하기 위해 상층액을 CENTRIPREP(amicon)을 실시하였다.

따라서 만이하와 만이상(분자량 달톤) 으로 분리하였다.

이것을 가지고 다시 GERMINATION상태를 점검해보았다.

	가장 긴 뿌리의 길이	떡잎의 크기	줄기 길이	뿌리수
40L(P)2%	11.7cm	1.49	4.55	4
40L(P)0.5%	15.28	1.52	4.44	2.7
40L 0.5%	12.51	1.53	5.24	3.1
40L(S)1%	8.36	1.44	4.98	2.4
40L(S)0.5%	12.03	1.48	5.29	4.67
CON(증류수)	9.46	1.52	4.18	2.6

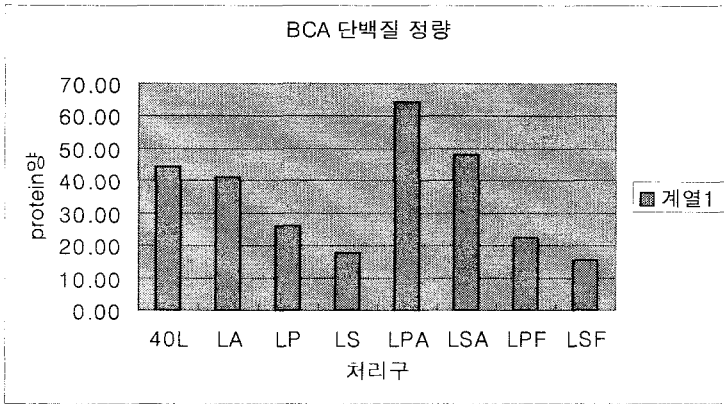


침지한후 3일경과후 조사 (18℃)

40L(P)는 분자량 만달톤이상

40L(S)는 분자량 만달톤이하

반복실험을 시행했을때 전반적으로 40의 액체성분중 만달톤 이상짜리에서 효과가 보였다.



이는 단백질의 경우를 고려하여야 하므로 BCA protein quantity method을 이용하여 protein의 양을 측정하였다.

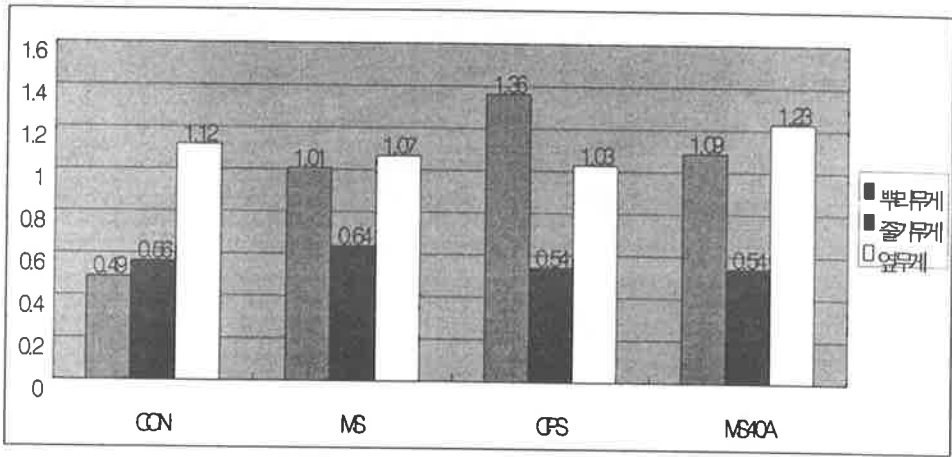
멸균을 실시하여 측정을 해보았다.

이때 멸균은 MS40을 샘플링하여 그대로 실시하였다.

CPS와 식물과의 관계를 확인하기 위하여 CPS를 식물 배지(MS medium)에 첨가하여 식물의 생육을 관찰하였다. 그 결과는 다음과 같다(Table 41).

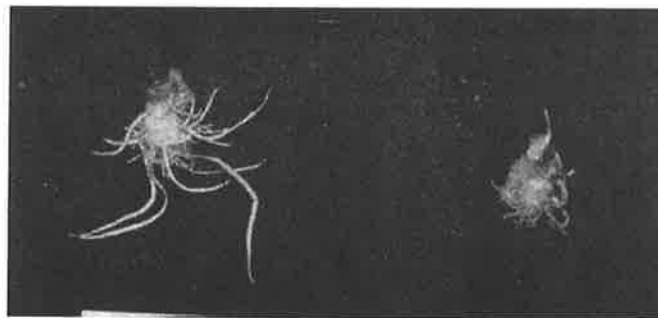
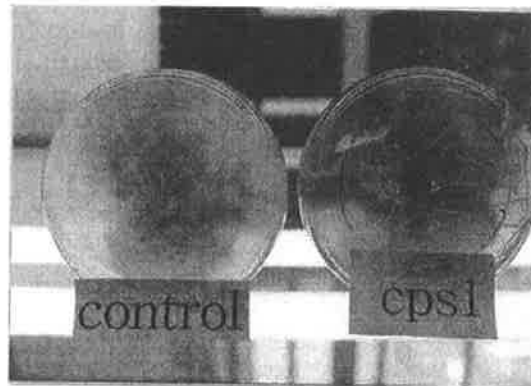
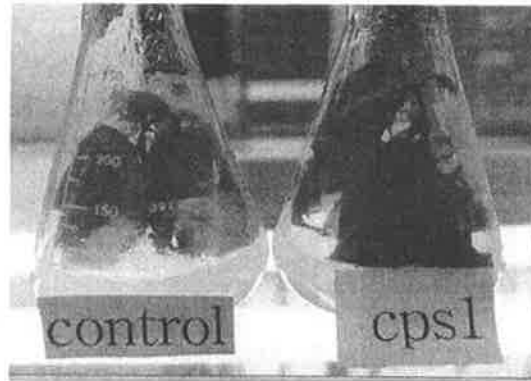
Table 41. Growth effect of CPS 01

	구 분	CON	MS	CPS	MS40LA
뿌리무게	1	0.53	0.94	0.94	1.15
	2	0.38	1.1	1.71	0.88
	3	0.57	1	1.44	1.25
	평균	0.493333	1.013333	1.363333	1.093333
줄기무게	1	0.43	0.74	0.49	0.5
	2	0.48	0.55	0.56	0.43
	3	0.76	0.64	0.55	0.68
	평균	0.556667	0.643333	0.533333	0.53667
옆면적	1	25	36.1	34.8	34.1
	2	41	22	24.7	24.8
	3	28.7	31.3	26.3	20.2
	평균	31.56667	29.8	28.6	26.3667
옆무게	1	0.72	0.99	1.26	1.24
	2	1.43	0.49	0.72	1.47
	3	1.2	1.74	1.11	0.98
	평균	1.116667	1.073333	1.03	1.23



실험결과 cps균주 사용하여 오이를 경정배양 한 결과를 평균값으로 계산한 결과 다음과 같이 효과를 나타내었다. 이에 따라서 cps균주만을 선별하고 ms40에서 균주를 분리했다.

	con	ms	cps	ms40A
뿌리무게	0.49	1.01	1.36	1.09
줄기 무게	0.56	0.64	0.54	0.54
옆무게	1.12	1.07	1.03	1.23



CPS 1

CONTROL

위의 실험결과에서 CPS는 식물의 뿌리 성장에 어떠한 영향을 끼침이 관찰되었다. 이에 따라 식물배지(MS)에서만 뿌리에 영향을 미치는 지면, 상토 등의 필드에서도 영향을 주는지 알아보기 위해 필드실험을 실시 하였다.

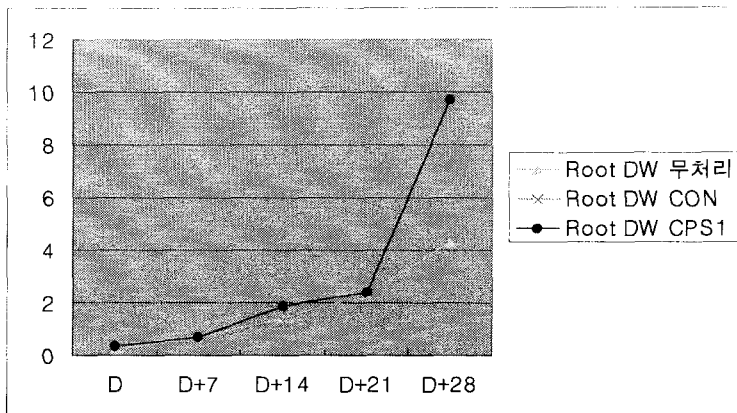
오이 필드실험

처리하는 오이는 양액1/2PTG를 처리하여 키웠고 배지는 상토를 사용했다. 오이의 육묘는 육묘장에서 2주전에 심은 오이를 사용하였고 무처리는 양액을 주지않았고 처리구의 con은 양액을 처리하였고 균은 D를기준으로 5일마다 5회처리하였으며 양액 1000ml당 0.5%의 균배양액을 첨가하여 뿌려주었다. 조사항목 뿌리 잎 줄기 (생체중, 건체중)등을 조사 하였다.

그 결과 다른 줄기나 잎면적 키등에서는 거의 비슷하거나 약간더 좋은 효과를 보였으나 뿌리분야에서 월등히 우월함이 들어났다. 또한 효과가 보이는 시점이 어느 정도 시간이 지나야 한다는 결론을 내렸다.

DRY WEIGHT

	무처리	CON	CPS1
D	0.24725	0.201225	0.3599
D+7	0.71495	0.527775	0.68685
D+14	1.43665	1.326175	1.88515
D+21	2.37955	2.364075	2.40455
D+28	4.3095	4.76625	9.7195



그림을 참조해보면 약 3주후에 뿌리의 성장에 차이가 많음을 알수 있다. 일반적으로 식물에서 뿌리의 기능이 강화 되면 좋지 않은 환경에서 생존력이 더욱

강하다고 생각하고 식물배지에 과도한 금속을 첨가하여 보았다.

FeCl₃를 이용한 경정배양 실험

사용균주는 37도에서 19시간 배양 처리 농도는 0.5%

Seeding한 오이를 D+16일 경정배양 실시함

약 D+23일후에 비교를 하였으나 크기나 뿌리의 성장에 크게 차이가 나지않았다. 따라서 기본식물배지에 철분을 넣어서 재배양을 해 보았다.

처리구는 Con-con (MS 배지를 기본으로한다.)

con-con+Fecl3(50mg/100mL)

CPSN2-con+Fecl3(50mg/100mL)

CPSN2-con+Fecl3(50mg/100mL)

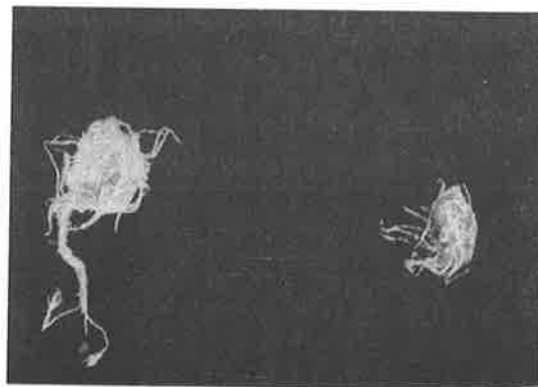
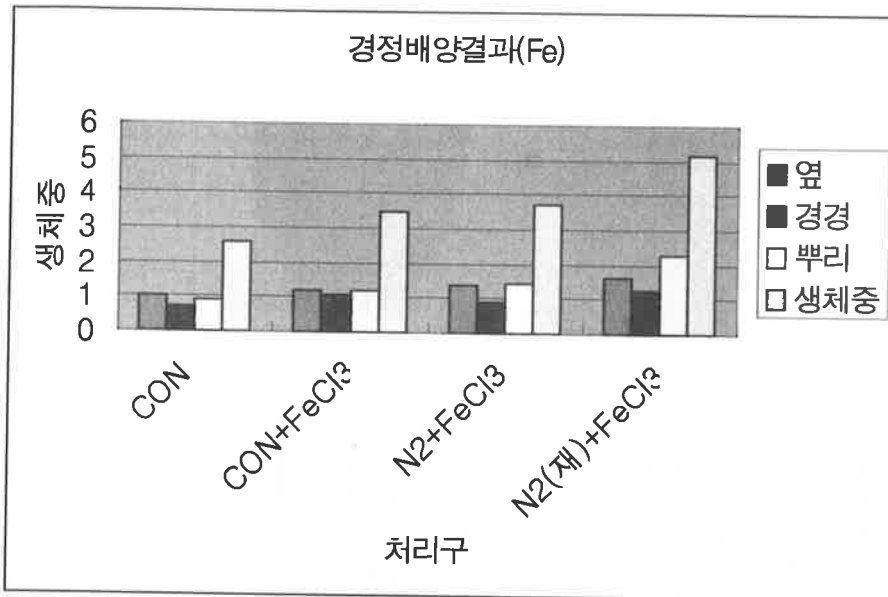
CPSN2-CPSN2+Fecl3(50mg/100mL)

CPSN2-CPSN2+Fecl3(50mg/100mL)

또한 FeCl₃처리시 pH의 변동이 생김 따라서 1M NaOH를(약 1-1.5ML) 써서 기본 MS 배지와 같게 만들어 줌 D+30일 옮겨 심기 실시하고 여기서 처음에 N2에서 키웠던 오이는 뿌리에 균주가 있다고 생각하고 오이를 씻어내지 않고 그대로 옮겨 심었다. 그리고 재처리는 배지에 균 처리를 다시 실행하였다.

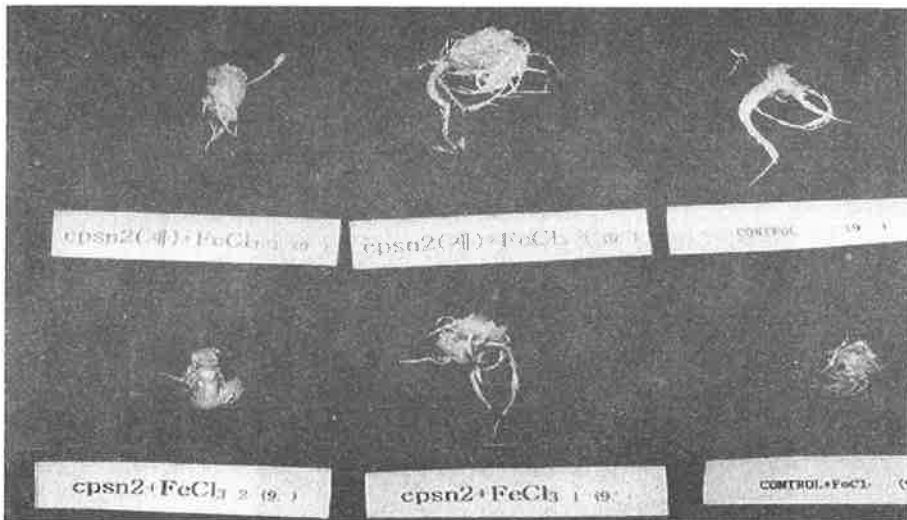
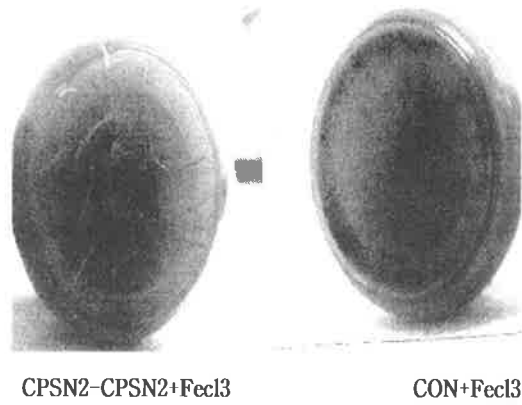
D+40일 결과

평균값	옆	경경	뿌리	생체중
CON	1	0.7	0.87	2.56
CON+FeCl3	1.22	1.05	1.19	3.46
N2+FeCl3	1.4	0.9	1.43	3.73
N2(재)+FeCl3	1.6	1.28	2.27	5.15



CPSN2-CPSN2+Fecl3

CON+Fecl3



결과 CPS미생물은 오이에서 뿌리성장에 도움을 주는 것으로 생각된다.

아. 우수 MS 분리균들의 조합으로 식물에 대한 영향 검색

기 실험 data들을 바탕으로 하여 MS 분리균주를 최종 선별하였다.

식물 병원성 곰팡이에 대한 길항력이 우수한 균주는 CMB 26을, 식물 생육 촉진능이 우수한 균주로 CPS 01, CMB RP01, CMB 09, CMB 88를 선별하여 최종 실험을 하였다.

실험 방법은 각각의 균주를 독립적, 조합으로 식물에 일주일에 한번씩 4주간 처리

하여 그 결과를 관찰하였다. 시험 작물은 호박에 접목한 오이를 이용하였다.

구 분	순번	건체중
CMB RP01	1	0.3
CMB 88	2	0.2
CPS 01	3	0.49
CMB 09	4	0.23
CMB RP01+CMB CMB 88	5	0.49
CMB RP01+CMB 26+CPS 01	6	0.37
CMB RP01+CMB 26+CMB 88+CPS 01	7	0.41
Control	8	0.36

위의 실험 결과를 종합해 보면, 각각의 단일균주를 처리했을 때보다 서로 조합하여 처리했을 때 식물의 성장에 좋은 영향을 끼침이 관찰되었다.

자. MS 분리균의 동정

식물 병원균에 대한 길항능이 우수한 균주(CMB 26)와 식물 성장 촉진 효과를 보이는 균주(CPS 01, CMB RP01, CMB 09, CMB 88)를 BIOLOG의 미생물 동정 system

을 이용하여 동정하였다.

균주	동정 결과	Simmility
CMB 26	<i>Pasteurella sp.</i>	0.407
CPS 01	<i>Brevibacterium mcbrellneri</i>	0.707
CMB RP01	<i>Methylobacterium sp.</i>	0.724
CMB 09	<i>Vibrio ordalii</i>	0.778
CMB 88	<i>Staphylococcus lentus</i>	1

위의 결과에서 보이는 것과 같이 균주의 동정은 정확하게 이루어지지 못했다.

좀 더 정확한 균주의 동정을 위하여는 16S rRNA sequence를 확인하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

1. A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis, 16th Ed. A.O.A.C., Washington D.C.
2. Aguilar, G., and J. Morlon-Guyot, B. Trejo-Aguilar, and J. P. Guyot, 2000, Purification and characterization of an extracellular α -amylase produced by *Lactobacillus manihotivorans* LMG 18010^T, an amyolytic lactic acid bacterium, *Enzyme and Microbial Technology*. 27, 406-413.
3. Bhattacharjee, 1970. Microorganisms as Potential Sources of Food. *Adv. in Appl. Microbiol.* 13:139-161.
4. Cho, H-Y., Y-W. Kim, T-J. Kim, H-S. Lee, D-Y. Kim, J-W. Kim, Y-W. Lee, S-B. Lee, and K-H. Pa가, 2000, Molecular characterization of a dimeric intracellular maltogenic amylase of *Bacillus subtilis* SUH4-2, *Biochim. Biophys. Acta* 1478, 333-340.
5. CIE(Commission International d'Eclairage). 1978. Supplement No. 2 to CIE publication No. 15(1971), Paris.
6. Clegg, K. M. 1956, The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals, *J. Sci. Food Agric.* 7, 40-44.
7. Forage, A. J. and R. C. Righelato, 1978, Microbial Protein from Carbohydrate Waste, *Pro. in. ind. Microbial.* 14:59-96.
8. Han, Y. W., 1978, Microbial Utilization of Straw(a Review), *Adv. in Appl. Microbiol.* 23:119-153.

9. Handbook of Meat Analysis, Edward S. Koniecko, Avery Publishing Group Inc. The Journal of the American Oil Chemists, 1966.
10. Humphrey, A. E., 1977, Fermentation Technology, Chemical Engineering Progress, May 85-91.
11. Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality. A National Pork Producers Council Publication.
12. Mikami, Y., K. F. Gregory, W. L. Sevadoux, C. Balagopalan, and S. T. Whitwilli, 1982, Factors Affecting Yield and Safety of Protein Production from Cassava by *Cephalosporium eichhorniae*, Appl. and Environ Microbiol. 43 : 403-411.
13. Miller, G. L., 1959, Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination reducing sugar, Anal. Chem. 32, 426-428.
14. Raharjo, S., J. N. Sofos and G. R. Schmidt. 1993. Solid phase acid extraction improves thiobarbituric acid method to determine lipid oxidation. J. Food Sci. 58:921.
15. Ramasamy, K., K. Prakasam., J. Bever and H. Verachtert, 1979, 46 : 117-124.
16. Reade, A. E. and K. F. Gregory, 1975, High-Temperature Production of Protein-Enriched Feed from Cassava by Fungi, Appl. Microbiol. 30(6), 897-904.
17. Rolz, C. and A. Humphrey, 1982, Microbial Biomass from Renewables : Review of Alternatives, Advances in Biochem. Eng. 21, 1-53.
18. Salih, A. M., D. M. Smith, J. F. Price and L. E. Dawson. 1987. Modified extraction 2.thiobarbituric acid method for measuring lipid

oxidation in poultry. Poult. Sci. 66:1483.

19. Tanaka, M. and R. Matsuno, 1985, conversion of lignocellulosic materials to single-cell protein(SCP): recent developments and problems, Enzyme Microb. Technol. 7:197-205.
20. Thomke, S., M. Rundren, 1980. Nutritional Evaluation of the White Rot Fungus *Sporotrichum pulverulentum* as a feed stuff to Rats, Pigs and Sheep, Biotech. and Bioeng. 22:2285-2303.
21. 衰田泰治, 1974, 絲狀菌による SCP 生産, 醸協誌 32(10), 411-418.
22. 衰田泰治, 1982, 微生物 タンパクについて, 醬研 8(4), 147-160.
23. 김무성, 노영덕, 허봉구. 1987. 유기성 폐기물의 전토양 개량 및 대두와 대맥수량에 미치는 영향. 경희대 연구 논문집. 8:238-244.
24. 성문희, 1995. 극한환경에서 서식하는 극한 미생물과 고온성 미생물, 미생물과 산업, 21(3):271-276.
25. 오성훈, 1996. 원가절감을 위한 산업용효소의 변형-효율적인 응용- 바이오인더스트리 14:22-26.
26. 오태광, 1994. 효소기술개발동향, 미생물과 산업 20(3):26-33.
27. 정봉수, 김정수, 김형갑. 1988. 폐기물 호기성 퇴비화에 관한 연구. 진주 산업대농업기술연구소보. 1:39-48.
28. 한국산업미생물학회. 1993. 한국산업미생물학회 20년사-미생물산업과 국가발전- 169-188, 245-254, 261-267, 282-288.

제 3 장 음식폐기물의 고온속성 발효에 의한 비료의 개발

1차년도 실험결과에 의해 MS균을 처리한 음식물 쓰레기 퇴비를 실험 전 2주 동안 호기적인 조건으로 만들어 주어 미부숙 퇴비에서 발생하는 가스로 인한 장애를 입지 않도록 하였다. 음식물 쓰레기로 만든 퇴비의 효과를 비교 검토하기 위해 시중에서 판매하는 퇴비와 실험 작물인 상추에 시비하는 관행비료를 동시에 시비함으로써 그 효과를 비교하였다.

제 1 절 서 설

우리나라의 식생활 문화상 음식 폐기물은 생활 쓰레기중 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 음식 폐기물은 부패성이고 수분함량이 높아서 매립과 소각에 어려움이 따른다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 자원화가 오래 전부터 검토되고 있으나 현재까지도 자원화 비율은 높지 않은 실정이다. 음식 폐기물을 방치하면 공해물질이지만 미생물에 의한 합리적 처리를 도모하면 농업생산성을 제고시키는 유용물질로 전환되므로 이에 대한 기술을 적극 개발하여 폐기물 발효산물의 부가가치를 높여야할 필요성이 있다. 또한 음식 폐기물은 그 성분구조가 복잡하여 분해에 저항성이 크므로 유효토착 미생물 조성물(MS균)에 의한 생물적, 화학적 반응을 촉진시키는 기술 개발이 필요하다.

음식 폐기물의 변환 이용에는 에너지 저투입 반응인 미생물, 효소 등 생물기능에 의해 효율적으로 분해, 변환하는 것이 바람직하므로 유효 미생물을 이용한 기본 기술의 확립이 필요하고 난 분해성 물질의 효율적 분해 및 발효에 적합한 고능율의 미생물 탐색과 발효 시스템 개발이 시급하다.

음식 폐기물 발효퇴비 사용은 화학비료사용으로 비옥도가 떨어진 토양의 물리, 화학적 성질개선 및 토양의 생물과 미생물의 종을 다양하게 함으로써 물질순환능력의 증진, 토양의 완충능력의 향상과 환경오염 및 자원절약과 재활용이라는 국가 정책에 이바지할 수 있고 유기농법에 대한 농민 선호의 증가로 퇴비 공급면에 보탬이 되며 환경보전형 지속적 농업에 이바지할 수 있다.

경제적인 측면에서 살펴보면, 음식 폐기물의 연간 발생량은 약 8백만톤으로 연간 8조원에 이르고 있는바 이를 효율적으로 처리하여 그 절반만 농업용 소재로 활용한다해도 약 4

조원의 절약효과를 가져오는 등 경제 효과가 지대하다. 또한 음식 폐기물의 발효처리 산물로부터 사료첨가용 복합효소제, 균체, 유기산, 식물생육 조절 물질등 농업 생산성 제고를 위한 유용물질 생산은 산업전반에 소득증대를 가져오므로 경제발전의 파급효과가 크다고 할 수 있겠다.

사료자원을 대부분 외국에 의존하고 있는 상황에서 수입사료원을 대체함으로써 사료원의 외국 의존도를 낮추어 축산경쟁력을 다소 확보할 수 있는 방안을 마련할 수 있고 음식 폐기물 발효산물의 제조공정 및 양질의 식육을 생산할 수 있는 사료로서의 가공기술이 개발되면 축산경영에 있어서도 상당한 부가가치가 부여될 수 있다.

환경적인 측면에서 음식 폐기물을 농업적으로 이용하면 쓰레기의 재활용으로 자원의 절약은 물론 자연으로부터 얻은 물질들을 다시 자연으로 돌려보내 물질순환과정을 거쳐 다시 인간의 식생활에 필요한 물질들을 얻어내는 과정을 이해함으로써 환경의 중요성을 인식하게 된다. 또한 음식폐기물의 무분별한 매립이나 방치로 인한 환경오염과 생태계의 파괴 등의 문제해결에 많은 기여를 할 것이다.

무공해 영농의 일환으로 본 연구팀의 일원인 전남 장성군 황룡면 필암리 한국 MS균 연구소 소장인 김문수씨는 환경오염의 주범인 각종 음식물 쓰레기를 유효토착미생물(MS균)로 특수 가공 처리하여 유기질 비료와 가축사료로 만드는데 성공하여 무공해 영농선두주자로 평가받고 있다(광주일보 제14910호, 1998. 1. 22).

본 연구는 음식 폐기물을 유효 토착미생물 조성물(MS균)을 이용하여 고온하에서 속성 발효하여 복합효소제, 생리활성물질, 비료, 사료 등 농업생산성 제고를 위한 유용물질을 생산할 수 있는 기술개발을 목표로 한다. 음식 폐기물의 분해 및 발효 극대화를 위하여 고온 발효 과정을 거치면서 유기성 폐기물에 함유된 유기물질이 유용 미생물군의 작용에 의해 효소, 균체 단백질, 유기산 및 생리활성 물질, 비료, 사료등으로 변환(bioconversion)됨으로써 폐자원의 고 부가가치화를 도모함과 동시에 농촌 환경 또는 생태계 보전에 보탬이 되는 이중 효과를 거둘 수 있게된다. 영농가에게는 폐자원의 재활용화에 따른 보다 값싼 가격에 안정적으로 사료를 공급함으로써 생산비절감에 대한 영농의욕의 고취 등 많은 직, 간접적 이점을 가져올 것이다.

이러한 음식물 쓰레기의 여러 가지 자원화 중에서 본 장에서는 음식물 쓰레기로 만들어진 퇴비의 시용효과와 적정 시비량을 조사하여 보았다.

제 2 절 연구 재료 및 방법

1. 실험 처리구

먼저 1년차에는 음식폐기물에 MS균을 처리하여 혐기적 발효를 시킴으로써 부숙일수에 따른 퇴비의 작물성장에 미치는 영향을 조사하였는데, 그 결과가 예상되는 결과에 미치지 못함으로써 본 결과 보고에는 넣지 않았다. 2년차에는 호기적 발효를 시킨 음식폐기물을 작물에 처리하여 그 효과를 조사하였는데 그 처리구는 다음과 같다.

가. 무처리구(C)

나. 관행비료구(MF)

다. 일반퇴비구(CC)

라. 음식물 쓰레기 퇴비 0.5(FW 0.5)

마. 음식물 쓰레기 퇴비 1.0(FW 1.0)

바. 음식물 쓰레기 퇴비 1.5(FW 1.5)

사. 음식물 쓰레기 퇴비 1.0 + MS 액비 0.5(FM 0.5)

아. 음식물 쓰레기 퇴비 1.0 + MS 액비 1.0(FM 1.0)

자. 음식물 쓰레기 퇴비 1.0 + MS 액비 1.5(FM 1.5)

무처리구(C)는 아무것도 처리하지 않은 구이고, 관행비료구(MF)는 일반적으로 작물(상추)에 주는 15 kg N/10a, 8.85 kg P₂O₅/10a, 9.6 kg K₂O kg/10a 의 양을 처리하였다. 일반퇴비구는 1,800 kg/10a 의 수준으로 처리를 하였고, 음식물 쓰레기 퇴비는 기준을 FW 1.0으로 하였는데 그 양은 1,800 kg /10a 수준으로 처리하였다. 이에 음식물 쓰레기 퇴비의 적정 시비기준을 알아보기 위해서 기준치의 0.5(900 kg /10a) , 1.5배(1,800 kg/10a) 수준으로 처리 하여 적정 시비량을 알아보았다. 또한 음식물 쓰레기 퇴비에 액비를 처리하여 MS 액비의 첨가 효과를 알아보았는데, 그 처리량은 FW 1.0에 액비를 25배 희석하여 250ml를 주는 것을 기준(FM 1.0)으로 하여 그 양의 0.5배, 1.5배를 처리하였다.

실험 작물은 상추를 사용하였고, 각 처리구당 13개의 pot를 만들어 실험을 실시하였다.

pot의 제조는 퇴비를 토양에 처리했을 시 가스장애를 방지하기 위하여 정식 3주전에 만들어 놓았고, 작물도 조건을 같이 하기 위해 육묘판에서 육묘한 후 정식하였다.

2. 실험에 사용된 토양 및 퇴비의 성질

본 실험에 사용된 토양은 마사토이고 그 화학적 성질은 Table 1에 나타내었다. 표에 나타나 있는 바와 같이 양분이 적은 토양이므로 본 실험에 적당한 토양으로 생각되었다.

Table 1. Chemical properties of the soil

pH (1:5H ₂ O)	EC dS m ⁻¹	T-N g kg ⁻¹	O.M g kg ⁻¹	Av P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	CEC cmol ⁺ kg ⁻¹	Exc. cations(cmol ⁺ kg ⁻¹)		
						Ca	K	Mg
6.13	0.2	0.3	0.9	21.85	9.94	3.12	0.34	1.85

실험에 사용된 일반퇴비와 음식물 쓰레기 퇴비의 화학적 성질은 Table 2와 같다. 음식물 퇴비에 유기물이나 Na의 양이 많음을 알 수 있으나, 표에는 나타내지 않았지만 중금속 함량등이 퇴비의 기준치에 합당함을 알 수 있었다.

Table 2. Chemical composition of the food waste and commercial compost

Treatment	T-N	O.M	C/N	K	Ca	Mg	Na
	%						
FW*	3.78	56.8	12.02	3.23	52.35	2.64	5.24
CC**	0.67	25.4	37.56	6.95	39.64	45.47	1.19

*Food waste compost. **Commercial compost

3. 실험 방법

가. 토양, 퇴비 및 식물체 분석

토양, 퇴비 및 식물체 분석은 토양화학분석법(농촌진흥청)에 고시된 방법으로 분석

을 하였다. 질소함량은 킬달 습식분해 방법을 이용하여 분석하였고, 토양 유기물은 potassium dichromate를 이용한 산화 방법을 이용하였고, CEC는 ammonium acetate에 의한 치환 방법을 이용하여 분석하였다. pH와 EC은 1:5(soil:water)의 현탁액을 pH와 EC meter로 측정하였다. CEC와 분해에서 추출된 무기이온과 중금속은 ICP(Inductively Coupled Argon Plasma Spectrometer, Thermo Jarrell Ash corp, USA)를 이용하여 분석하였고, 유효인산은 vanado-molybdate 방법을 이용하여 spectrophotometer(KONTRON, Italia)로 분석하였다.

나. Biomass

Biomass는 fumigation-extraction 방법(Method of soil analysis part 2, A.L Page)을 이용하여 분석하였다.

sample 20g을 뚜껑이 있는 250ml 유리병에 담아 토양 전체 수분함량이 6ml가 되도록 수분을 조절한다. 데시케이터 안에 샘플을 넣고, chloroform 50ml를 비이커에 넣고 끓임쪽을 넣어서 샘플과 같이 데시케이터 안에 넣는다. 데시케이터 안에 수분이 마르지 않도록 젖은 수건을 같이 넣은 다음 chloroform이 격렬히 끓을 때까지 감압하여 토양을 fumigation 시킨다. 25℃ 압조건에서 24시간 반응시키는데, 이 때 unfumigation sample을 같이 incubator에 넣는다. 24시간 후 데시케이터 안에 있는 수건과 chloroform을 제거한 후 토양 중에 남아있는 chloroform을 제거하기 위하여 9번 정도 감압시켜 chloroform을 제거시킨다. 각각의 sample에 미생물이 살아있는 토양을 1g 정도 넣고 잘 섞은 후 유리병에 2N NaOH가 들어있는 vial을 같이 넣는다. 25℃ 의 incubator 안에서 7일에서 10일 동안 놓아둔다. 반응 후 2N NaOH에 1N BaCl₂ 2 ml를 넣은 후 0.1N HCl로 적정하여 소모된 NaOH의 양을 측정한다.

다. Microbial population

미생물 수는 희석 평판법을 이용하여 측정하였고, 사용된 배지조성을 다음과 같다.

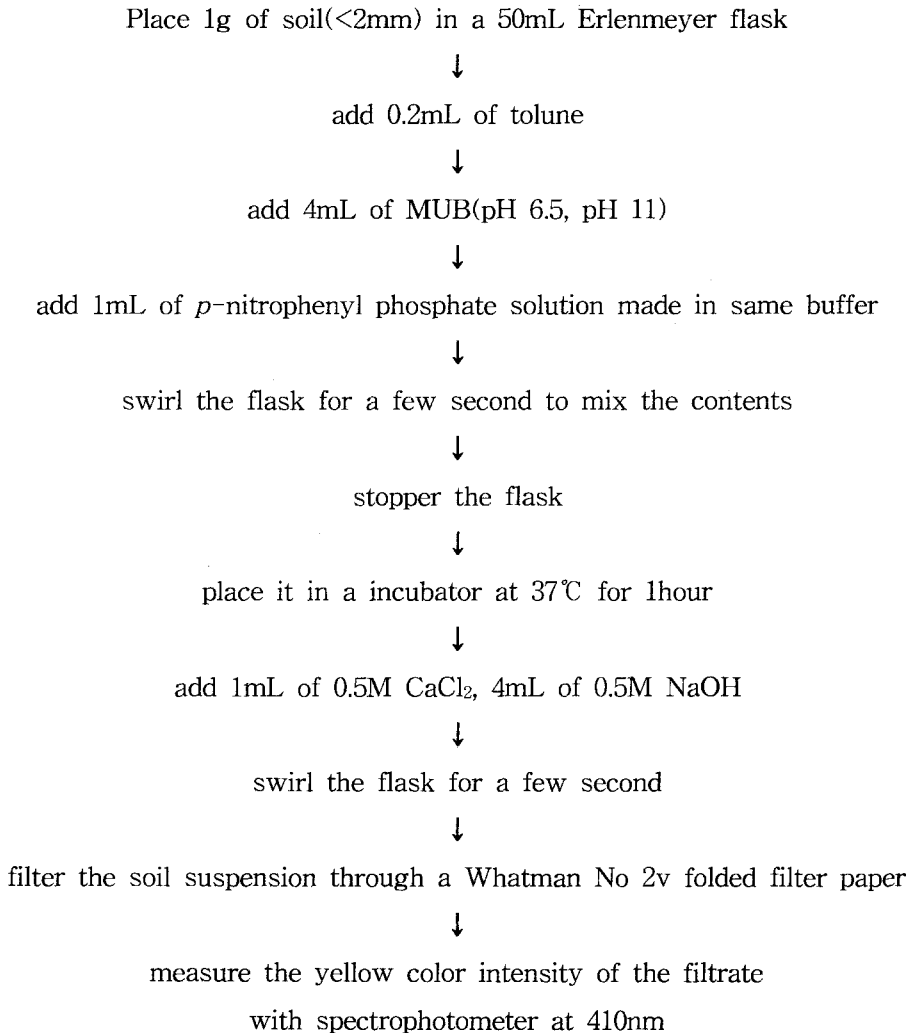
Fungi : rose bengal agar(glucose 10 g, peptone 5 g, KH₂PO₄ 0.5 g, K₂HPO₄ 0.5 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5 g, rose bengal 0.03 g, yeast extract 0.5 g agar 15 g water 1 l)

Bacteria : Tryptic soy agar(Difco)

라. Enzyme activity

효소활성은 Method of soil analysis part 2에 고시되어 있는 방법을 이용하였다.

1) Phosphatase Activity



2) Dehydrogenase Activity

mix 20g of air-dried soil(<2mm) and 0.2g of CaCO₃
↓
place 6g of this mixture in each of three test tube
↓
to each tube, add 1ml of 3% aqueous solution TTC
and 2.5ml of distilled water
↓
mix the contents of each tube with a glass rod
↓ stopper the tube
incubate it at 37°C
↓ remove the stopper
add 10ml of MeOH and shake it for 1min
↓
filter the suspension through a glass funnel plugged
with absorbent cotton into 100ml volumetric flask
↓ wash the tube with MeOH
transfer the soil to the funnel
↓
add MeOH to the funnel
until the reddish color has disappeared from the cotton plug
↓
dilute the filtrate to a 100ml volume with MeOH
↓
Measured by spectrophotometer at a 485nm(the blank is MeOH)

제 3 절 연구 결과 및 고찰

Fig 1은 작물의 생육을 조사한 결과 중 생체중을 그림으로 나타낸 것이다.

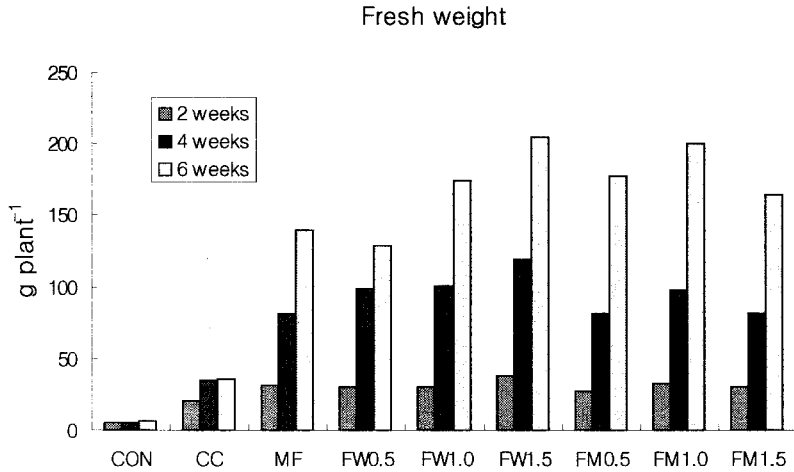


Fig 1. Fresh weight of lettuce grown in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

그림에서 보는 바와 같이 처음 2주 후에 분석한 결과에서는 control을 제외한 다른 구에서 서로 비슷한 결과를 보여주고 있지만, 시간이 지남에 따라서 일반퇴비나 관행비료를 처리한 구보다 음식물 퇴비를 처리한 구가 더 높은 생체중을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 초기에는 일반퇴비나, 관행비료구에 있는 양분으로도 작물이 성장을 할 수 있지만, 작물이 성장함에 따라 양분이 부족함으로써 나타난 결과이다. 음식물 퇴비를 처리한 것은 지속적으로 작물에 양분을 공급할 수 있음을 알 수 있었다. 액비를 처리한 구에서는 생체중이 액비를 처리하지 않은 음식물 퇴비보다 조금씩 적음을 볼 수 있는데, 이는 과다 비료 사용으로 인한 생육저해 현상으로 볼 수 있겠다. 위의 결과로 보았을 때 FW 1.5를 처리한 구가 가장 높은 성장을 보여줌을 알 수 있다.

Fig 2는 작물의 chlorophyll 함량을 나타낸 것이다.

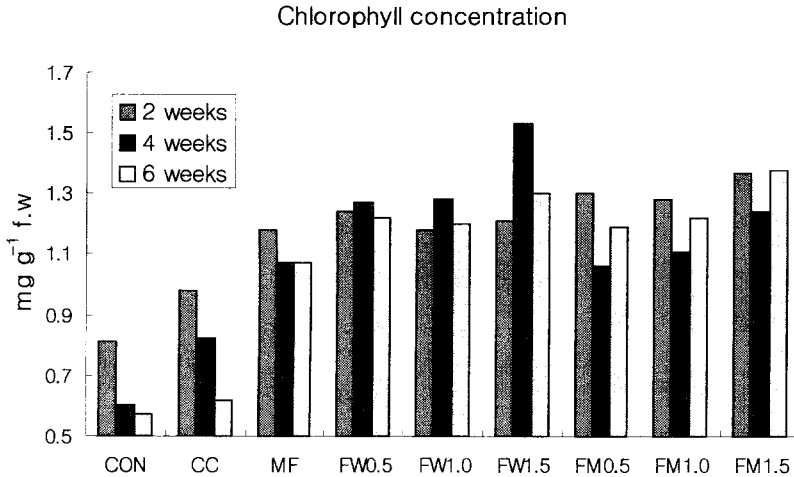


Fig 2. Chlorophyll concentration of lettuce grown in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost (FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

chlorophyll 함량을 보면 역시 생체중과 마찬가지로 음식물 퇴비를 처리한 구가 다른 구에 비해 높은 함량을 보여주고 있다. 4주째 분석한 결과를 살펴보면, 일반퇴비나 관행비료구의 chlorophyll 함량은 2주째 보다 더 감소하는 경향을 보여주고 있고, 음식물 퇴비를 처리한 구는 더 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이는 앞서도 말했지만 음식물 퇴비를 처리한 구에서는 지속적인 양분의 공급에 따라서 작물이 성장을 하고 이에 따라 chlorophyll 함량도 증가하였지만 관행비료구나 일반 퇴비구는 양분의 부족으로 성장에 저해를 받고 전체적으로 엽록소 함량도 감소하는 것으로 나타났다.

Fig 3, 4, 5는 토양중의 효소활성을 그림으로 나타낸 것이다.

토양중의 Phosphatase activity와 Dehydrogenase activity를 조사하였는데 앞서 본 Fig 1과 Fig 2에서와 마찬가지로 음식물 퇴비를 처리한 구가 높은 활성을 보여주고 있다.

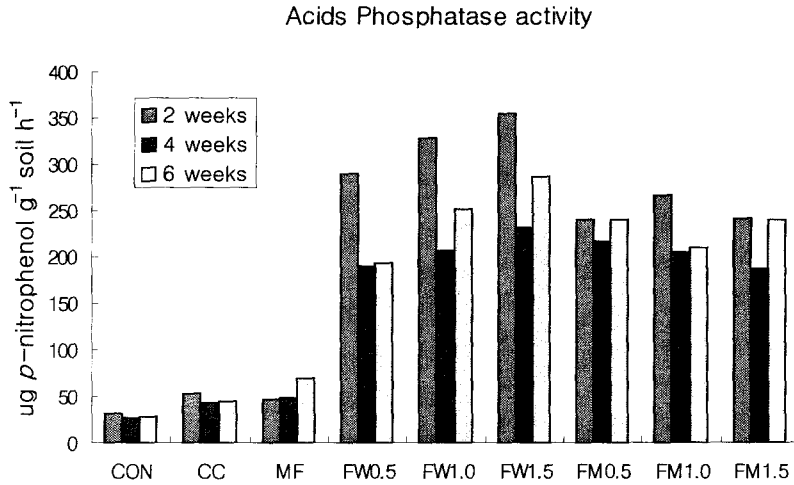


Fig 3. Acid phosphatase activity in rhizosphere of lettuce in pot in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

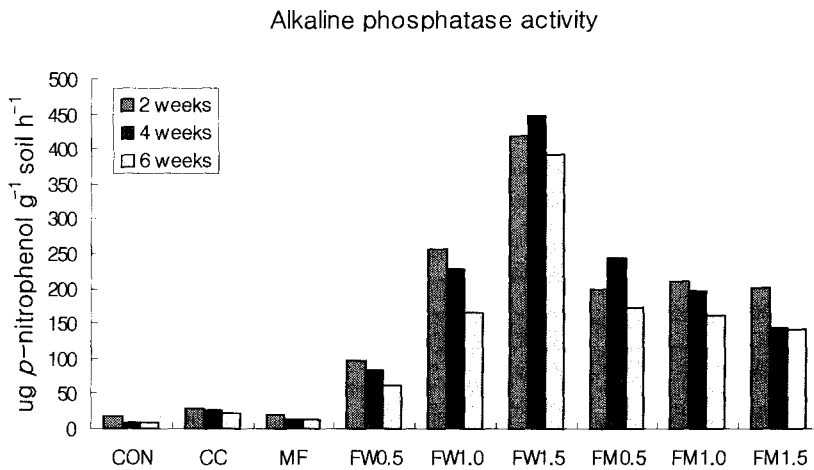


Fig 4. Alkaline phosphatase activity in rhizosphere of lettuce in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

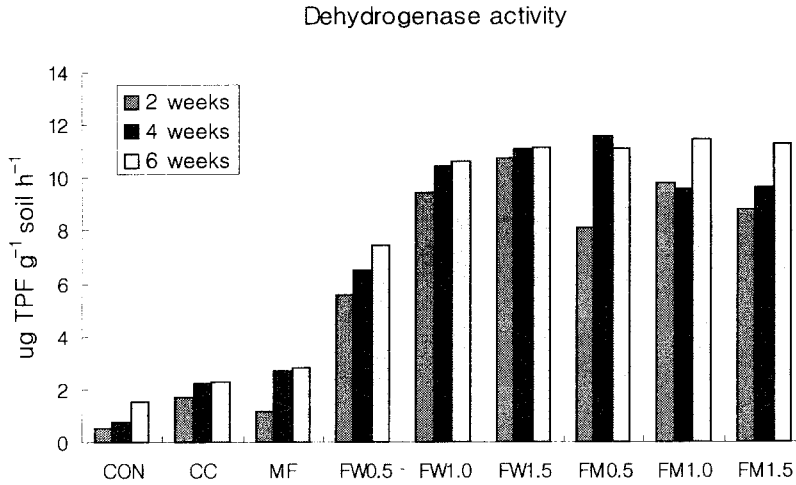


Fig 5. Dehydrogenase activity in rhizosphere of lettuce in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

Table 2에서 알 수 있듯이 음식물 퇴비를 처리한 구는 다른 구에 비해서 유기물 함량이 많다. 유기물 함량이 많다는 것은 미생물이 성장할 수 있는 양분이 많음을 의미하므로 다른 구에 비해 미생물이 더 많이 분포한다고 할 수 있다. 따라서 미생물이 많은 음식물 퇴비구가 다른 구에 비해 높은 효소활성을 보이고 있다.

Fig 6, 7은 각 처리구에 있는 미생물의 수와 성장을 나타낸 그림이다.

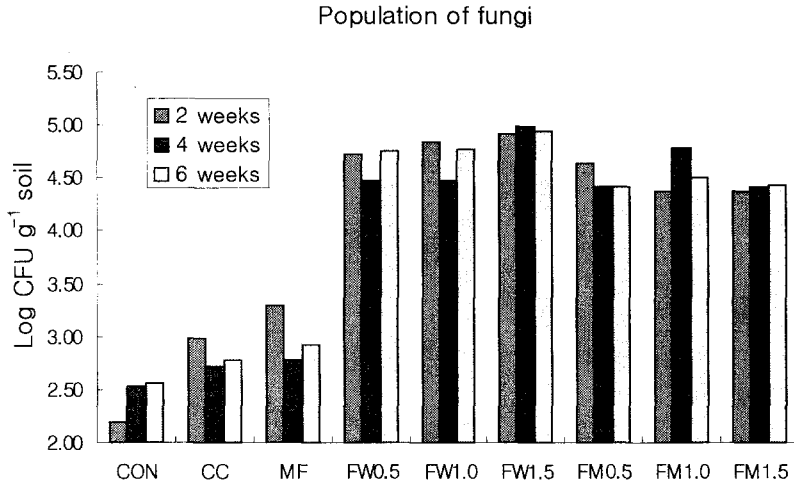


Fig 6. Population of fungi in rhizosphere of lettuce in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

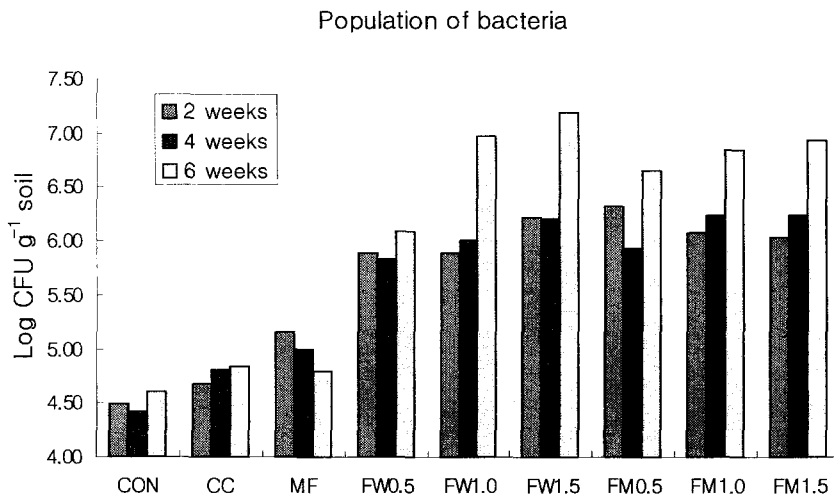


Fig 7. Population of bacteria in rhizosphere of lettuce in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

작물이 성장함에 따라서는 어떤 증가나 감소 양상은 보이지 않고 있지만, 앞에서도 설명한 바와 같이 음식물 퇴비를 처리한 구가 미생물 수도 많음을 보여주고 있다.

Fig 8은 미생물의 생체량을 그림으로 표현한 것이다.

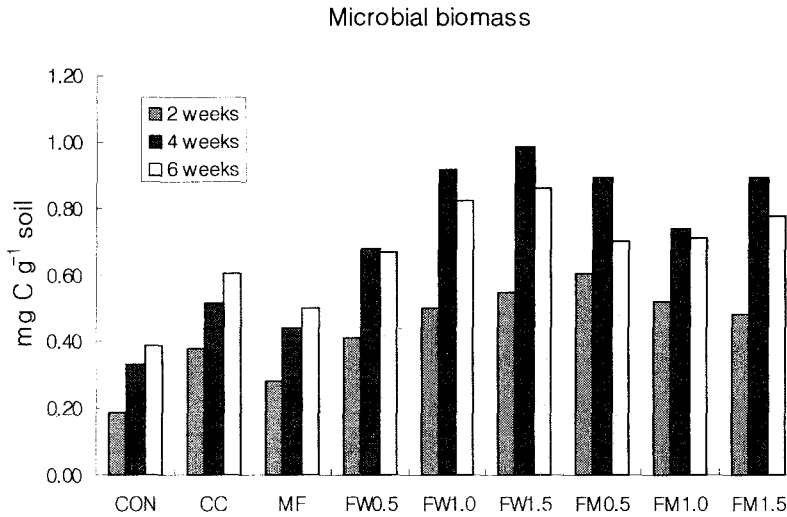


Fig 5. Microbial biomass in rhizosphere of lettuce in pot as affected by commercial compost (CC), mineral fertilizer (MF), different amount of food waste compost(FW0.5, FW1.0, FW1.5) and MS liquid Fertilizer(FM0.5, FM1.0, FM1.5).

이상의 결과로 볼 때 모든 조사에서 음식물 퇴비를 처리한 구가 일반 퇴비나 관행 비료구를 처리한 구 보다도 높은 수량과 활성을 보여줌을 알 수 있었고, MS균을 이용한 음식물 쓰레기 퇴비도 비료로서 사용 가능함을 알았다. 음식물 퇴비 중에서도 음식물 퇴비에 액비를 처리한 것은 과다비료 시용으로 인한 성장저해를 일으므로 비료로서 적당하지 않았고, FW 1.5구가 가장 높은 효과를 보여주었다.

참 고 문 헌

1. Rogoshewsk, P., Bryson, H., Wagner, K., 1983. Remedial Action Technology for Waste Disposal Sites. Noyes Data Corporation, Park Ridge, NI
2. S. E. Lee., H. J. Ahn., S. K. Youn., S. M. Kim and K. W. Jung., 2000. Application Effect of Food Waste Compost Abundant in NaCl on the Growth and Cationic Balance of Rice in Paddy Soil. Korean J. Soil Sci & Fert 33(2) : 100~108
3. Y. S. Yun., J. I. Park., M. S. Suh., J. M. Park., 2000. Treatment of food wastes using slurry-phase decompositon. Bioresource Technology 73, 21~27.
4. J. S. Yang., I. B. Lee., K. D. Kim., K. R. Cho and S. E. Lee., 1998 Effect of Sodium Chloride-Composts on Growth Lettuce(*Lactuca sativa* L,) and Chemical Properties of Salt Accumulated Plastic Flim House Soils. Korean Korean J. Soil Sci & Fert 31(3) : 277~284
5. J. A. Pascual., C. Garcis., T. Hernandez., 1999. Comparison of fresh and composted organic waste in their efficacy for the improvement of arid soil quality. Bioresource Technology 68, 244~264.
6. M. P. Berrtal., C. Paredes., M. A. Sanchez-Monedero & J. Cegarra. 1998. Maturity and Stability Parameters of Composts Prepared with a Wide Range of Organic Wastes. Bioresource Technology 63, 91~99.
7. J. Matsuda., M. Hyakumachi., M. Shimizu., J. Himoto. 1996. The composting of soil and agricultural wastes and its sterilizing, suppressing and fertilizing effects. International Congress and Exhibition. Vol 2. 153~154.

8. G. Kowalchuk., Z. Naoumenko., P. L. Derikx., A. Felske., J. Stephen and I. Arkhipchenko. 1999. Molecular Analysis of Ammonia-Oxidizing Bacteria of the β Subdivision of the Class *Proteobacteria* in Compost and Composted Materials. *Appl. Environ. Microbiol* vol 65. No 2. 396~403.
9. A. Gomez 1998. The evaluation of compost quality. *Trends in analytical chemistry*, vol 10 No 5. 310~314
10. S. M. Aggelides., P. A. Londra. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology* 71, 253~259
11. M. B. Alvares., S. Gagne and H. Antoun. 1995. Effect of Compost on Rhizosphere Microflora of the Tomato and on the Incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Appl. Environ. Microbiol* vol 61. No 1. 194~199.
12. C. M. Craft., E. B. Nelson. 1996. Microbial Properties of Compost That Suppress Damping-off and Root Rot of Creeping Bentgrass Caused by *Pythium graminicola*. *Appl. Environ. Microbiol* vol 62. No 5. 1550~1557.
13. G. Tuitert., M. Szczech, and G. Bollen. 1998. Suppression of *Rhizoctonia solani* in Potting Mixtures Amended with Compost Made from Organic Household Wastes. *Phytopathology*. vol 88, No 8. 764~773
14. R. D. Lumsden., J. A. Lewis. and P. D. Millner. 1983. Effect of Composted Sewage Sludge on Several Soilborne Pathogens Diseases. *Phytopathology*. vol 73. No 11. 1543~1548.
15. M. J. Boehm., L. V. Madden and H. A. J. Hoitink. 1993. Effect of Organic Matter Decomposition Level on Bacterial Species Diversity and Composition

in Relationship to Pythum Damping-off Severity. *Appl. Environ. Microbiol* vol 59. No 12. 4171~4179

16. E. Barriuso., S. Houot and C. S. Wittling. 1997. Influence of Compost Addition to Soil on the Behavior of Herbicides. *Pestic Sci* 49, 65~75.
17. H. Y. Weon., J. S. Kwon., J. S. Suh. and W. Y. Choi. 1999. Soil Microbial Flora and Chemical Properties as Influenced by the Application of Pig Manure compost. *Korean J. Soil Sci & Fert* 32(1) : 76~83
18. S. M. Tiquia., N. F. Y. Tam and I. J. Hodgkiss. 1996. Microbial Activity during Composting of Spent Pig-Manure Sawdust Litter at Different Moisture Contents. *Bioresource Technology* 55, 201~206.
19. J. W. C. Wong., K. K. Ma., K. M. Fang., C. Cheung. 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. *Bioresource Technology* 67, 43~46
20. I. Sastre., M. A. Vicente and M. C. Lobo. 1996. Influence of the application of sewage sludge on soil microbial activity. *Bioresource Technology* 57, 19~23.
21. J. W. Bredecke., R. D. Axelson and I. L. Pepper. 1993. Soil microbial activity as an indicator of soil fertility : Long-Term effects of municipal sewage sludge on an arid soil. *Soil Biol. Biochem* 25. No 6. 751~758.
22. V. L. Mckinley., J. R. Vestal. 1984. Biokinetic Analyses of Adaptation and Succession : Microbial Activity in Composting Municipal Sewage Sludge. *Appl. Environ. Microbiol* vol 47. No 5. 933~941.

제 4 장 음식폐기물의 고온속성발효에 의한 양돈사료 자원화 기술 개발

제 1 절 서 설

오늘날 인간의 식생활은 산업화의 발달에 따라 다양한 양상을 보이고 있으며, 예전에는 볼 수 없었던 수많은 식품이 생산되고 가공되어져 우리의 식탁에 올려지고 있다. 그러나 이 중 8% (15,075톤) 정도가 매일 음식폐기물로 버려지고 있으며, 이는 전체 생활쓰레기의 31.6%에 해당한다 (1-3). 발생된 음식폐기물의 대부분은 채소류, 육류, 및 어패류와 같은 영양소가 다량 함유된 유기성 물질이다. 그럼에도 불구하고 현재 우리나라의 음식폐기물 처리는 대부분 매립이나 소각에 의존하고 있기 때문에 귀중한 자원의 낭비는 물론이고 음식폐기물의 비위생적 측면 때문에 생활환경에 미치는 영향이 매우 크다고 여겨진다. 특히 음식폐기물은 시각적인 불쾌감과 후각적 혐오감을 주며 쉬운 부패성으로 인해 취급과 보관의 어려움 있고, 매립지에서의 침출수 발생으로 인한 수원지 유입, 또는 각종 부패가스나 악취의 유발 등 오늘날 환경오염의 큰 요인으로 부각되고 있다 (4-5).

따라서 정부에서는 1990년대 중반부터 쓰레기종량제시대라 하여 원천적인 음식폐기물 감량에 힘쓰면서 한편으로는 재활용 차원에서 많은 노력을 하고 있음에도 현재의 우리나라 음식폐기물의 재활용율은 10% 미만인 것으로 알려져 있다 (3,6). 이러한 재활용에 대한 저 효율성의 원인은 90년대에 갑작스레 떠오른 음식폐기물의 처리에 대한 사회적 문제발생을 최소화하기 위한 일시적 계획이었지 장기적 안목과 체계적이지 못했었던 것에 기인된다고 보여지며, 또 하나는 우리나라 음식폐기물을 퇴비나 사료로서 재활용시 음식폐기물만이 갖는 특수성을 감안하지 못했다는데 그 큰 원인이 있다고 여겨진다.

특히 사료화 방안에 있어서 우리나라의 음식폐기물만의 특성 즉, 고 염분함유, 계절에 따른 식생활의 변화, 여름철의 고온다습으로 인한 쉬운 부패, 그리고 퇴비화로도 어려울 만큼의 고 수분(약 80%)이 큰 문제이며 또한 음식폐기물과 함께 버려지는 수저, 비닐과 같은 이물질 함유는 음식폐기물을 자원화 하는데 가장 우선적으로 해결해야 할 문제이다 (7).

따라서 음식폐기물로부터의 환경오염을 예방하고 가축의 사료로서 재활용하기 위해

서는 음식폐기물의 완전 분리수거체계확립을 통한 수거상의 문제점을 해결하고 계절적 요인이나 배출원에 따른 음식폐기물의 상이한 수분과 염분함량의 조절과, 사료로서의 가축의 기호성 및 영양적 균형을 고려한 적절한 처리와 가공기술이 필요하다 (8,9).

이러한 취지로부터 무공해 영농의 일환으로 한국 MS균 연구소에서는 환경오염의 주범인 각종 음식폐기물을 유효토착미생물 (Miraculous soil-bacteria; MS)로 특수가공처리하여 유기질 비료를 만드는데 성공하여 무공해 영농선두주자로 평가받고 있다. MS균은 80 ~ 100여종의 미생물군이 하나의 집합체로서 존재하면서 각각 독특한 기능을 갖는 것으로 알려져 있으나 그에 대한 과학적 규명은 현재 연구중에 있는 것으로 알려져 있다 (10).

따라서 본 연구에서는 광주지역에서 발생하는 음식폐기물의 양돈사료화에 의한 재활용 증진과 환경오염으로부터의 보호측면에서 음식폐기물의 배출원과 시기에 따른 사료성상과 MS균에 의한 발효공정에 따른 조성을 비교 분석하므로써 음식폐기물의 사료자원화의 가능성과 음식폐기물의 사료화 처리공정을 검토하고자 한다.

오늘날 세계적인 추세로서 모든 생산제반구조의 상황은 자연환경친화적 산업으로의 기술도입과 개발이 체계적으로 자리잡아가고 있지만 우리나라의 경우 경제고도화 추구에 몰두한 나머지 공업적, 농업적 생산활동으로부터는 물론 각종 생활오폐수로부터 환경오염방지를 위한 대책은 너무나 미흡한 실정이었다. 그 중에서도 음식폐기물은 그 배출량이 98년기준 11,618/톤으로 수분함량이 높아 소각에 의한 처리가 용이하지 않고, 방치나 토양매립시 발생하는 악취, 병원균의 전파, 침출수에 의한 지하수 오염, 호수 및 수자원의 부영양화 등의 커다란 문제를 야기시키고 있다 (1,2,3).

환경처의 조사결과를 근거로 할 때 분리수거 등 전반적인 국민의식개선으로 생활폐기물의 발생은 다소 감소추이에 있으나 음식폐기물의 대부분을 차지하는 채소류, 육류 및 어패류의 발생량은 아직도 많이 발생되고 있는 실정이다. 최근들어 이러한 음식물 쓰레기 중 일부는 축산업자들에 의해 양돈사료로서, 그리고 몇몇 연구기관과 산업체에서 퇴비화로서 재활용되기도 했으나 (4,5) 처리 및 재활용에 따른 제반 기술수준이 미비하여 안전성과 효율성에 대한 많은 문제점들이 제기되고 있는 실정이다. 뿐만아니라 음식폐기물의 재활용율이 21.3%(98년기준)에 그치고 있어 대부분이 매립되거나 방치상태로 있기 때문에 환경오염 및 처리에 따른 경제적 손실이 야기되고 있어 이에 대한 문제해결이 시급한 때이다.

식품폐기물을 사료화하는데 가장 큰 문제는 음식폐기물의 수분 함량 및 염분농

도가 매우 높다는 것이다. 따라서 가축의 사료로서 이용되기 위해 수분함량을 줄이고 염분함량을 조절하고 가축의 기호성을 고려하여 사료의 영양적 균형을 맞추기 위해 적절한 처리와 가공기술이 중요하다. 또한 식품 폐기물에는 단백질, 지방, 전분질 공급원 및 각종 필수아미노산과 미지의 성장인자 같은 가축의 사료로서 이용가치가 높은 주요 영양소가 다량 함유되어 있을 것으로 보여져 사료화에 의한 재활용은 우리나라의 경제적, 산업적 측면에서도 중요하다고 보여진다 (4).

또한 진정한 의미의 음식폐기물의 사료자원화는 폐기물처리 차원에서 벗어나 효율적이고 집약적인 생물공학적인 테크닉의 도입으로 고품질, 고기능성의 상품개발의 개념을 포함해야 될 것이다. 즉 생물학적 분해에 의한 안정적인 처리공정과 사료영양소가 균형있게 공급될 수 있는 과학적이고 체계적인 사료화 공정 확립이 중요하다고 보여진다 (6-8).

따라서 본 연구실에서는 음식폐기물의 양돈사료자원화에 대한 연구의 일환으로 성상과 조성분 및 광물질 분석을 실시한 결과, 양돈사료로서 충분한 영양성분을 함유하고 있으며, 적절한 발효공정을 통하여 사료로서의 합당한 성상으로 전환할 수 있었다. 유해 중금속은 함유되어 있지 않거나, 배합사료내 허용치보다 훨씬 낮은 수준으로 함유되어 있어 그 안전성을 확인할 수 있었다 (9).

음식폐기물의 보다 과학적이고 효율적인 이용을 위해선 사료 성상 및 조성분함량 뿐만 아니라 필수 영양소의 과부족을 파악하여 기존 사료의 대체율 또는 첨가율을 설정하고, 음식폐기물의 효율적 발효처리, 기술공정의 체계화를 위한 기초사료의 확보가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 한국 MS균 연구소에서 분양 받은 MS균(Miraculous soil-microorganisms)에 의한 음식폐기물의 발효처리공정에 따른 열량 및 아미노산과 지방산의 구성 및 함량과 유해물질로서 아플라톡신의 잔존여부를 분석하여 음식폐기물의 양돈사료자원으로서의 가치를 평가하고자 한다.

돼지의 생리적 요구량을 감안한 적정 배합비율을 설정하고 개발된 사료를 돼지에 급여하여 1) 기존의 배합사료 대체효과 및 기호성을 검정하고 2) 생산된 돈육을 육질판정기준에 입각한 육색, 조직감 등의 특성에 대한 등급을 종합하여 육질그룹을 분류하여 비교하므로써 질적 개념을 포함한 육생산의 기본적 데이터를 확보하고자 한다.

기존의 양돈 배합사료에 함유되어 있는 각 요구량과 비교하여 각종 잔반 사료의 영양소 함유량을 바탕으로 배합비율을 조정한다. 배합비율은 국제사양표준에 의거하되 기존의 양돈사료와 여러 가지로 배합비율을 다르게 제조하여 사양실험에 직접 이용한

다.

시중에 유통되고 있는 각종 사료와의 급이에 있어 1일 섭취량을 비교분석하여 기호성의 정도를 판단하고 아울러 그 결과에 따른 원인규명과 동시에 잔반 발효 배합사료의 비율을 조정한다.

이유 자돈을 구입하여 출하체중 90-100kg 까지 사양 시험을 실시한다. 돼지의 배합사료 급이를 각 성장별 단계별로 구분하여 기존의 사료와의 적정 대체 수준을 분석한다. 시판되고 있는 양돈 배합사료에다 본 실험에서 제조된 공시사료를 25%, 50% 및 100% 대체한 사료급여구와 100% 시판 배합사료구를 대조구로 하여 각 처리구에 대해 5반복으로 사양시험을 실시하여 기호성과 더불어 증체량, 사료섭취량 등을 다각적으로 분석하여 각 수준별 대체효과를 실험한다. 특히 여기에서의 급이대체는 비육시기에 있어서의 옥수수, milk replacer, soybean meal, lysine, 어분 등의 영양조성을 중시하여 분석한다.

기존 배합사료를 급여한 대조구와 제조된 공시사료를 급여한 시험돈이 출하체중에 도달했을 때 도살하여 돈육의 육질판정기준에 따라 육질그룹을 분류한다. 육질판정은 육색, 조직감, 근내지방도를 육안으로 평가하며, 각각 5개의 등급을 설정한다.

육색 및 조직감 특성에 대한 등급을 종합하여 PSE (pale, soft, exudative), PFN (pale, firm, non-exudative), RSE (reddish, soft, exudative), RFN (reddish, firm, non-exudative), DFD (dark, firm, dry)로 나누며, 이 분류기준은 Kauffman (1992)이 이용한 기준을 기초로하여 본시험에 응용하고자 한다.

제 2 절 연구 재료 및 방법

1. MS균 발효사료의 영양가치 평가 및 유해물질의 존재 여부 확인

가. 음식폐기물의 사료 조성분 함량

제조된 공시사료에 대한 사료영양적 가치를 평가하기 위하여 시료에 대한 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 및 가용무질소물 등의 6항목으로 분류하여 측정하고 비타민, 지방산 및 필수 광물질을 분석함으로써 잔반의 사료자원으로서의 대체 가능성을 검토하고자 한다.

1) 조성분 분석

건물(수분), 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분 분석은 AOAC (1980) 방법에 따라 각각 분석한다.

2) 가용무질소물 측정

시료를 100으로하여 여기에서 수분, 조단백질, 조회분, 조섬유의 함량(%)을 감하여 구한다. 가용무질소물의 주성분은 수용성 당과 전분이고, 일부 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스 및 리그닌이 포함된다.

3) 각종 광물질 분석

칼슘, 마그네슘, 칼륨, 나트륨, 망간, 철, 아연 등 사료성분표 제시되고 있는 광물질 중 원자 흡광 분광광도계에서 측정할수 있는 광물질들은 산에 의해 소화 시킨후 원자 흡광 분광 광도계법을 이용하여 정량하며 측정은 각 광물질에 대해 각각의 표준용액과 시료의 흡광도와 비교하여 그 양을 측정한다.

4) 인 (Phosphorus)

산으로 소화시킨후 molybdovanadate reagent를 이용해 발색시킨후 430nm에서 OD (optical density)를 측정하여 인의 양을 측정한다.

5) 염분 (NaCl)

적당량의 시료 (3 ~ 5g)를 삼각 플라스크에 담아 증류수로 진탕한 다음 K_2CrO_4 를 indicator로 사용해서 표준 $AgNO_3$ 로 적정한 후 그 양을 측정한다.

6) 아미노산 분석

MS관에 의해 발효된 음식 폐기물의 아미노산 구성 및 함량을 분석하기 위해 2차

8) 열량측정

MS균에 의한 발효과정에 따른 음식폐기물의 에너지를 평가하고자 calorimeter (PARP Instrument Company, INC Moline, Illinois, USA)를 이용하여 ANSI/ASTM 방법에 의해 열량을 측정하였다(10). Calorimeter의 에너지상수는 °C 마다 2,514를 적용하였고, E₃에 대한 fuse wire 상수는 2.3로 계산하였으며 식 2)와 같다.

$$H_g = \frac{(T_a - T_b)W - E_1 - E_2 - E_3}{m} \quad \text{---(식 2)}$$

T_a = temperature at time of firing

T_b = final maximum temperature

W = energy equivalent of calorimeter in calories per degree Celsius (centigrade) (=2,514)

E₁ = correction in calories for heat of formation of nitric acid

E₂ = correction in calories for heat of formation of sulfuric acid

E₃ = correction in calories for heat of combustion of fuse wire (2.3 X χ cm)

9) 유해물질 성분분석

가) 중금속 분석

음식물내 유해물질의 함유정도를 조사하기 위하여 중금속 원소로서 Cr, Hg, Pb, As, Cd 및 F 등의 정량을 ICP를 이용하여 실시하였다.

나) 아플라톡신

혼합기에 100g 정도의 적당한 시료를 넣고 추출용매를 넣고 고속 원심분리하여 aflatoxin을 추출한다. 이 때 aflatoxin의 양이 15 ~ 20ppb정도 추출되기 위하여 10분 정도 혼합기 (blender)를 가동한다. 그 후 benzene 30ml를 separatory funnel에 넣고 약 30초간 흔들어 준 후 200ml의 증류수를 첨가하여 분리과정을 거친 후 아래층은 버린다. 상층액을 beaker 안에서 건조시킨 다음 0.5ml의 benzene에 넣어 다시 녹인다. 이

액의 소량을 Whatman filter paper에 묻힌 후 건조시키고 UV light하에서 반점을 조사하여 푸른 형광색을 나타내면 aflatoxin을 함유한 시료이고 푸른 형광색을 띠지 않으면 함유하지 않는 것으로 판정한다.

2. 음식폐기물 발효사료의 육성.비육돈에 대한 사양시험

가. MS균 속성발효에 의한 음식폐기물의 대량처리 및 양돈사료 제조공정 확립

MS균을 이용한 음식폐기물의 대량 처리조건 및 사양시험에 사용될 음식폐기물 양돈사료를 대량 생산하였다. 음식폐기물은 광주소재 대인시장 식당가를 대상으로 의리수집하여 MS균 연구소에서 일괄 제조하였다.

1) MS균에 의한 1차 저온 숙성 발효

수거된 음식 폐기물을 그림망으로 탈수 및 이물질을 제거한 후 음식폐기물 1톤 당 MS 균을 10L 첨가하여 회전 발효기에서 40℃ 조건으로 12 시간 발효 시켰다. 수분함량은 60 - 65% 정도였으며 입자간의 응착되는 현상을 줄이고 1차 발효과정을 거쳤다.

2) MS균에 의한 2차 숙성 발효

1% (v/w) MS균을 첨가하여 1차 발효된 음식 폐기물을 수분조절, 발효 및 영양소 함량의 제고를 위해 음식 폐기물의 함량을 기준으로 하여 쌀겨 및 어분을 각각 10% 및 5% 첨가한 후 회전 발효기에서 혼합, 교반하였다. 잘 혼합된 시료를 혐기상태로 유지시키면서 3 주간 숙성 발효시켜 수분함량은 약 45-50% 정도로 낮추고 사료입자의 연성이 많이 개량시켰다.

3) MS균에 의해 숙성발효 후 건조, 분쇄

혐기조건에서 2차 숙성 발효된 시료의 보관성과 다른 사료원과의 혼합을 용이하게 하기 위해 고온(80℃) 건조후 분쇄 하였다.

나. MS균 속성발효과정을 통해 생산된 음식폐기물 사료의 비육돈에 대한 사양 시험

1) 시험구 배치

MS균 속성발효에 의한 음식폐기물의 대량처리 및 양돈사료 제조공정에 따라 4.5톤의 시제품 양돈용 사료를 제조하였다. 기존 양돈배합사료와 MS균 속성발효에 의해 제조된 사료의 사료효율, 배합사료 대체효과 분석, 생산된 돈육의 육질그룹분류 및 육량과 육질을 분석코자 기술개발연구과제 계획서에 입각하여 사양시험을 실시하였다.

2) 증체량, 사료섭취량, 및 사료요구율

MS균에 의한 음식폐기물을 발효하여 제조된 공시사료와 양돈용 배합사료의 배합비율의 달리하여 배합사료 100% 급여구를 대조구로 하여 음식폐기물 발효사료 25%, 50% 및 100 % 대체하여 사양시험을 실시하였다. 전 사양시험기간 동안 총 증체량, 일일 평균 증체량, 평균 총사료섭취량, 평균 일일 사료 섭취량 및 사료요구율 각각 비교하였다.

3) 경제적 분석

MS균에 의한 발효, 건조 분쇄 등 제조공정상 비용과 배합사료 kg 당 사료비를 기준으로 출하시까지 사양에 소요된 사료비에 대한 경제성 분석을 하였다.

3. 생산된 돈육의 등급판정 및 육질분석

가. 도살 및 시료채취

출하체중에 도달되었을시 체중을 측정한 후, 시험돈을 도축장으로 옮겨 12시간 동안 절식시킨 후 도살을 한다. 도살직후 온도체무게를 측정하고, 4일 동안 냉장실에 저장한 후 냉도체무게를 측정한다. 도체특징 (등지방, 등심크기)을 측정하고, 도체율 (dressing percentage), 냉장중 도체중 감소등을 계산하고, 도체 pH를 측정한다. 이때 약 50g의 시료를 등심 및 다리에 있는 semitendinous 근육에서 채취하여, α -tocopherol의 농도 및 조성분 (수분, 지방, 단백질 및 회분)을 분석한다. 오른쪽 도체에서 등심 전부와 다리에 있는

semitendinous 근육을 발체하여 균일하게 4등분하여 0주, 2주, 4주, 6주의 시료로 사용하도록 준비한다. 2주, 4주, 6주의 시료는 진공포장하여 2℃ 에서 보관한다. 0주의 시료는 진공포장하지 않고 소매 진열시 바로 육질의 변화를 측정하기 위하여 사용한다.

나. 도체의 특성 및 등급

사양시험 종료시 도체등급판정을 실시하였다.

다. 육질 그룹 분류

기존 배합사료를 급여한 대조구와 제조된 공시사료를 급여한 시험돈이 출하 체중에 도달했을 때 도살하여 돈육의 육질판정기준에 따라 육질그룹을 5개 등급으로 분류하였다.

<참조 1. 육질판정기준>

등급	육 색	조 직 감	근 내 지 방 도
1	연 회홍색 (palepinkish gray)	매우 여리고 삼출이 많음 (very soft, floppy & exudative)	전혀 없음 (devoid to practically devoid)
2	회홍색 (grayish pink)	여리고 삼출이 있음 (soft, floppy & exudative)	소량에서 약간 (traces to slight)
3	담 회홍색 (reddish pink)	약간 단단하고 습기가 있음 (slightly firm & moist)	약간에서 적절 (small to modest)
4	진홍색 (purplish red)	단단하고 약간 건조 (firm & moderately dry)	적당에서 약간 풍부 (moderate to slightly abundant)
5	암적색 (dark purplish red)	매우 단단하고 약간 건조 (very firm & dry)	지나치게 풍부 (moderately abundant, greater)

위의 육질판정기준에 따라 육색 및 조직감 특성에 대한 등급을 종합하여 PSE (pale,soft,exudative), PFN (pale, firm, non-exudative), RSE (reddish, soft, exudative), RFN (reddish, firm, non-exudative), DFD (dark, firm, dry)로 나누어 분류하였다. 이 분류기준은 Kauffman (1992)이 이용한 기준을 기초로 하였다.

<참조 2. 육질그룹>

육	질	육 색	조 직 감
PSE (pale,soft,exudative)		1	1&2
PFN (pale, soft, non-exudative)		1&2	3,4&5
RSE (reddish,soft,exudative)		3&4	1&2
RFN (reddish,firm,non-exudative)		3&4	3&4
DFD (dark,firm,dry)		5	5

라. 도체의 일반 성분

도체의 등심 및 다리에 있는 semitendinous 근육으로부터 시료육을 채취하여 조성분 (수분, 지방, 단백질 및 회분)을 분석하였다.

마. 도체의 화학분석과 미생물 분석

준비된 등심 및 semitendinous 근육은 각각 위에 명시된 기간 동안 저장한 후 2.54 cm 두께의 4개의 작은 덩어리로 잘라 산소가 통하는 (1,000 to 1,050ml O₂ / 645Cm 2.25h) 포장 비닐로 수퍼마켓에서 진열하듯이 포장하여 1일, 3일, 5일동안 수퍼마켓 진열 조건에서 저장한 후 관능검사는 1일 저장한 시료에서만 실시한다. 육즙유출물, 연도, 육색도, 지방산화 (rancidity) 및 미생물 분석을 한다.

1) 육즙유출율

육즙유출 측정은 등심에서 채취한 일정한 두께 (0.5cm)의 200 ~ 300g 정도의 신선육을 외부의 지방과 connective tissue를 제거한 후 정확히 무게를 측정하여 플라스틱 bag에 넣어 24시간동안 4℃ 에서 보관한다. 육즙유출량은 무게의 차이를 정량하여 계산한다.

위의 방법외에 handbook of meat analysis(1983)에 제시된 filter paper 방법을 사용하여 상관 및 장단점을 비교한다. filter paper 방법은 신선육 시료를 직경이 1.4cm 되게 원형으로 채취하여 직경 7cm가 되는 Watman filter paper 사이에 삽입 plastic bag에 넣은후 4℃ 냉장고에서 24시간 보관후 filter paper에 삼출된 수분량을 측정한다.

2) 연도 측정

약 250g 의 신선육 시료를 plastic bag에 진공포장하여 75℃ water bath에서 1시간 담가둔 후 꺼내어 조리중 수분손실을 측정한 후 40℃ 까지 온도를 저하시켜 0.5 cm³의 조리된 고기시료를 잘라 뚜껑이 있는 유리컵에 넣어 관능검사를 실시한다. 관능검사는 5명의 관능검사원을 선발하여 소정의 교육을 시킨후 연도, flavour, 육즙성 등을 측정하는데 각각 6개의 scale로 나누어 측정한다. 고기 전단력의 측정은 위에 동일한 시료를 1.0cm의 core를 만들어 실내 상온온도로 저하시켜 Texture analyzer에서 Warner- Bratzer 전단력을 측정한다.

3) 육색도

저장기간중 각 처리구로부터 생산된 돈육의 육색변화는 Hunter color (Color Difference Meter, Model D-25M, Hunter Lab.)에 의해 L^{*} (lightness), a⁺ (redness) 및 b⁺ (yellowness) scale을 이용하여 single processor와 optical sensor가 부착된 색차 분석기를 이용하여 분석하였다.

4) 관능검사에 의한 odor 및 외관평가

저장기간 동안 주기적 시료육의 냄새와 외관에 대해 관능검사를 실시하였다. 9점 등급제로하여 (9 point hedonic scale)로 하여 10인의 훈련받은 심사원에 의하여 수행하였다. 신선육의 점수를 5점으로 하고 처리구가 시료육이 신선육보다 더 싫은 경우 1-4점, 가장 싫은 경우 1점 그리고 시료육이 신선육보다 더 좋은 경우 6-9점, 가장 좋

은 경우 9점으로 등급하였다.

5) 돈육의 저장 안정성

가) 저장기간중 pH 및 산패도 (TBA value)

Rancidity 측정은 handbook of meat analysis (1983)에 기술된 방법에 준한다. 준비된 육 sample 10g에 50ml 5% TCA 용액 (Raharjo등, 1993)을 가하여 blender에서 2분간 교반한다. 시료를 kjeldahl flask에 옮기고 46.5ml의 증류수를 가하면서 kjeldahl flask벽에 붙어있는 시료를 씻어 내린다. 다음 2.5ml의 HCl (1:2) 용액과 1 ml BHT 용액 (1 mg/ml ethanol)을 kjeldahl flask에 넣어준다. 다음 소량의 dow anti-form H-10을 kjeldahl flask에 넣고 몇 조각의 zinc (20 Mesh)을 bumping 방지를 위해 넣어준다. 다음 높은 온도로 flask를 가열하여 50ml의 증류액을 graduate syylinder에 수집한다. 수집된 시료를 잘 섞어 50ml의 glass stoppered flask에 5ml를 취하고, TBA 시약 5ml (1.332 g thiobarbituric acid/500ml 90% acetic acid)를 넣어준다. Boiling하고 있는 항온수조에서 정확히 35분간 교반해준다. Blank 준비는 5ml의 증류수에 5ml의 TBA 시약을 섞어 boiling하고 있는 항온수조에서 정확히 35분간 교반해 준다.수도물에서 10분간 식힌후 35nm의 흡광도에서 측정한다. 결과는 mg of malonaldehyde/kg 시료로 표시한다.

나) 호기성 미생물 (APC value)

장기간동안 호기성 균수의 분석은 standard plate counter agar (Difco, USA)위에서 30℃, 48시간 각각 호기배양 후 배지위에 형성된 집락수를 세어 $\text{Log}_{10}\text{CFU/g}$ 으로 환산하여 나타내었다.

제 3 절 연구 결과 및 고찰

1. MS균 발효사료의 영양가치 평가 및 유해물질의 존재 여부 확인

가. 음식폐기물의 사료 조성분 함량

음식폐기물의 배출원에 따라 성상 및 사료성분이 상이리라 예상하고 생활 주변에서 배출량이 많고 흔히 수집할 수 있는 구내식당, 분식점 및 한식당을 대상으로 배출원을 수집하였다. 수집된 시료를 60℃에서 24시간 건조후 시료를 제조하여 분석한 결과는 표 1에 나타낸 바와 같다.

표 1. 배출원과 수집일에 따른 음식폐기물의 사료 조성분 함량

수집장소	수집일	수분	조단백질	조지방	조섬유	조회분
		%				
구내식당	1	70.9	25.4	8.2	9.2	11.2
	2	69.9	24.9	7.9	6.5	10.0
	3	64.8	15.5	10.7	6.1	9.5
	평균	68.3	21.9	8.9	7.3	10.2
한식당	1	66.3	22.1	12.1	8.1	8.7
	2	68.1	19.2	11.4	6.7	11.2
	3	79.3	18.8	8.5	5.3	9.6
	평균	71.2	20.0	10.7	6.7	9.8
페스트 푸드점	1	69.5	19.2	12.3	6.4	13.4
	2	53.1	25.8	17.1	5.1	15.5
	3	64.4	22.1	13.0	5.8	13.1
	평균	62.3	22.4	14.1	5.8	14.0

배출식당에 따라 수분함량은 53.1%에서 79.3%까지 매우 변이폭이 컸다. 페스트푸드점에서 배출되는 폐기물이 수분함량이 평균 62.3%로 상대적으로 낮았다. 조단백질 함량은 평균 20.0%에서 22.4%였으나 각 배출처의 수거일에 따라 상당한 변이가 있었다. 조지방함량은 배출처에 따라 평균 8.9%에서 14.1%범위로 페스트푸드점의 음식폐기물이 가장 높았다. 조섬유 및 조회분 함량은 각각 평균 5.8%에서 7.3% 및 9.8%에서 14.0%로 배출원과 수집일에 따라 다양하였다.

배출처에 따른 음식폐기물의 성상(특히 수분함량) 및 사료의 조성분은 많은 차이가 있었고 각 음식점에서 배출되는 날짜(수거일)에 따라서도 변이폭이 높았다. 따라서 음식폐기물의 사료화를 위한 우선 원재료의 성분 균일화 방안이 요구된다. 이를 위해서는 음식폐기물의 처리규모별 수거후 집하후 가공이 필요한 것으로 나타났다.

표 1에서 나타낸 바와 같이 배출원과 수거일에 따른 사료조성분의 변이가 매우 심하기 때문에 사료화를 위해 우선 성분의 균일화가 요구되어 광주광역시 광산구 음식

폐기물 집하장에서 주기적으로 시료를 수집하였다. 분석한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 음식쓰레기 처리장에서 건조처리된 수집된 시료의 사료 조성분 함량

수 집 일	수분	조단백질	조지방	조섬유	조회분
	----- % -----				
3월 9일	68.1±5	19.2±1	9.9±0.9	7.9±0.4	14.3±1
4월 24일	73.9±9	22.6±3	12.3±2	8.2±0.6	15.3±1
5월 12일	78.8±6	21.6±2	11.8±1	8.7±0.5	13.6±0.5
7월 20일	82.4±4	17.3±3	10.9±1	5.4±0.8	8.9±0.7

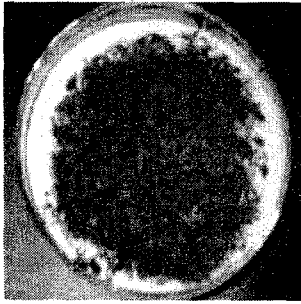
수집일에 따라 수분 및 조성분함량은 다소 차이가 있으나 건조처리전에 집하된 음식쓰레기가 다량으로 유입되어 섞여지게 됨으로써 비교적 성분의 변이폭이 낮은 편이었다. 처리전 유입된 음식물의 사료조성분은 조단백질 함량이 평균 21.3%, 조지방이 11.3%, 조섬유가 8.3%, 그리고 조회분은 14.4% 였다. 일반 곡류와 강피류 보다는 전반적인 조성분 함량이 높은 값이며, 유박류나 어분에 비해서는 단백질 함량이 상당히 낮은 값에 해당되었다. 특히 하절기에 유입되는 음식 폐기물은 수분 함량이 82 % 이상이며, 사료 조성분의 함량도 다른 수집일에 비해 가장 낮은 수준을 보여 주었다.

나. 음식폐기물의 사료화 공정 검토

1) 음식폐기물의 가공 공정에 따른 사료 조성분 함량

음식물 쓰레기 집하장에서 수거한 시료를 실험실조건에서 소규모 처리하여 성상의 변화 및 사료 조성분 함량을 조사하였다.

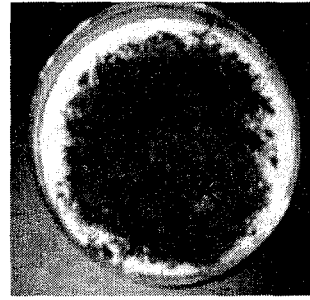
수분은 그름망을 통하여 자연히 빠지게 한 후 가정용 믹서로 파쇄하여 압착하여 시료를 준비하였다. 이때 (탈수 처리후)의 수분 함량은 80% 정도 였다. 탈수 처리된 시료를 열풍건조기를 이용하여 60℃에서 12시간 건조하였다(탈수 --> 건조처리후 시료). 건조후 시료의 수분 함량은 33-39% 정도로 건조과정을 통하여 수분 함량을 절반 정도로 줄였다. 건조된 시료에 미강을 약 10% 혼합하여 다시 100℃에서 12시간을 건조시켰다 (탈수--> 건조-->혼합건조후).



탈수처리후
(수분 79.5%)



탈수⇒건조처리후
(수분 36%)



탈수⇒건조⇒혼합건조
(수분 10%)

탈수⇒60℃ 예건 ⇒ 미강혼합후 2차 건조처리를 했을때 보존 상태는 매우 양호 하였다. 각 처리단계의 시료를 Drying oven에서 건조후 분쇄하여 분석용 시료를 준비 하였다. 각 처리단계별 사료조성분의 함량은 표 3에 나타낸 바와 같다.

표 3. 음식폐기물 처리과정에 따른 음식폐기물의 조성분 함량

처 리	조단백질	조지방	조섬유	조회분	가용무질소물
	----- D.M % -----				
탈수	21.7±2.0	11.9±1.0	8.3±0.5	7.9±0.4	39.2±4.0
탈수⇒예건	23.3±1.8	13.2±1.4	8.5±0.5	7.1±0.3	36.2±3.0
탈수⇒예건⇒혼합건조	24.1±1.9	13.9±1.2	9.1±0.7	7.4±0.6	33.5±4.5

탈수후 예건에 따른 사료 조성분의 함량은 변화가 없었으며 탈수후 60℃의 예건처리는 수분함량의 감소와 미강등 부영재의 혼합을 위해 적절한 수분함량을 유지 시키기 위한 필요한 단계라고 사료된다. 미강 10%를 혼합하여 100℃에서 건조시킨 후 시료의 성상은 3개월 정도 경과된 현 상태에서 성상이나 화학적 변화에 대해 매우 안정한 것으로 보이며 사료의 성분면에서 일반 곡류 사료나 부산물 단미사료에 비해 조단백질, 조지방 함량이 높게 나타나 단미사료원으로서의 활용 가치는 충분히 인정되었다.

그리고 미강 뿐만 아니라 다른 농산 부산물 등의 첨가에 의한 조성분 조정 및 수분 조절과 음식 폐기물의 처리공정의 용이성 및 이에 따른 경제성 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2) 광물질 함량

미강 혼합건조처리후 음식폐기물의 광물질 함량을 분석한 결과는 표 4와 같다. 음식폐기물의 처리 공정에 따른 광물질함량의 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 인의 함량은 0.65%로 일반곡류보다는 높고 유박류나 강피류에서의 함량과 비슷한 수준이었다. 칼슘함량은 2.66%로 곡류, 강피류, 유박류 혹은 기타 농산 부산물보다는 훨씬 높고 동물질 단미사료보다 낮은 수준이었다. 포타슘의 함량은 0.65%로 동물질사료와 비슷한 수준이었다. 나트륨은 0.75%로 일반곡류(0.03-0.08%), 강피류 및 유박류(대개 0.1% 미만)에 비해 매우 높은 수준으로 나타났다. 어분 등의 수산폐기물의 함량에 비해서는 비슷하거나 약간 낮은 수준이었다. 마그네슘은 0.21%로 전분질 사료를 제외한 기타 농수산 단미사료원에서의 함량 수준이었다.

표 4. 미강 10%혼합 건조처리후 음식폐기물의 광물질 함량

구 분	광 물 질 원 소				
다량원소 (D.M. %)	P	Ca	K	Na	Mg
	0.65	2.66	0.65	0.75	0.21
미량원소 (ppm)	Cu	Fe	Mn	Zn	Co
	-	728.1	184.6	99.2	1.2

3) 중금속 등 유해물질 함량

미강 혼합건조처리후 음식폐기물의 중금속 등 유해물질을 분석한 결과는 표 5와 같다. 건조처리하여 가공한 음식폐기물내의 수은, 비소, 불소 및 크롬은 미검출되었고 납과 카드뮴은 배합사료내 유해 중금속의 허용함량의 기준을 훨씬 미치지 못하여 사료화에 안전한 것으로 나타났다.

표 5. 미강 10%혼합 건조처리후 음식폐기물의 중금속 및 유해성분

구 분	수은(Hg)	납(Pb)	비소(As)	카드뮴(Cd)	불소(F)	크롬(Cr)
	----- (ppm) -----					
배합사료내 허용범위	0.4	10	15	1.0	50	100
분석농도	ND	0.03-0.07	ND	0.30-0.51	ND	ND

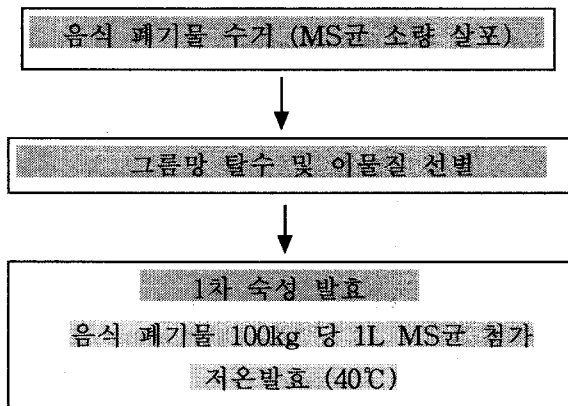
다. MS균에 의한 음식폐기물의 숙성발효 및 제조된 사료의 성분 분석

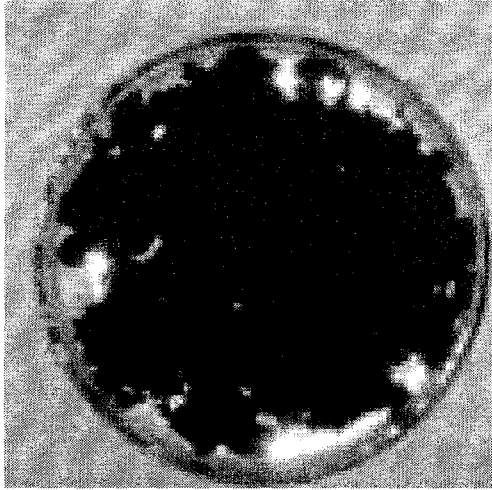
1) MS균 첨가 후 발효과정에 따른 음식 폐기물의 성상 변화

음식 쓰레기는 수거 당시 배출원에 따라 차이는 있으나 대개 65 - 80 % 정도의 높은 함수율과 쉽게 부패되는 성질을 갖고 있어 처리, 가공까지의 보관에 문제가 생기기 쉽다. 따라서 수거시 약간의 MS균을 살포를 권장하고 있다.

수거된 음식 폐기물의 MS균에 의한 사료화 공정을 검토하기위해 다음과 같은 과정을 거쳐 얻어진 시료의 성상 및 사료성분을 비교 검토하였다.

가) MS균에 의한 1차 저온 발효

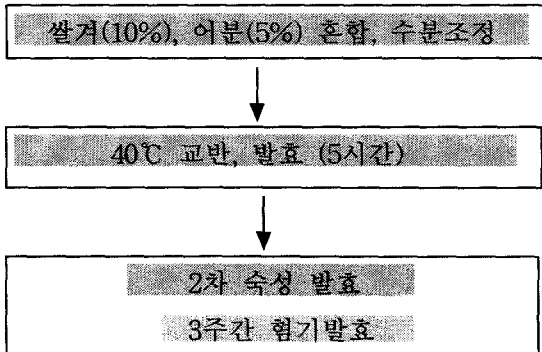


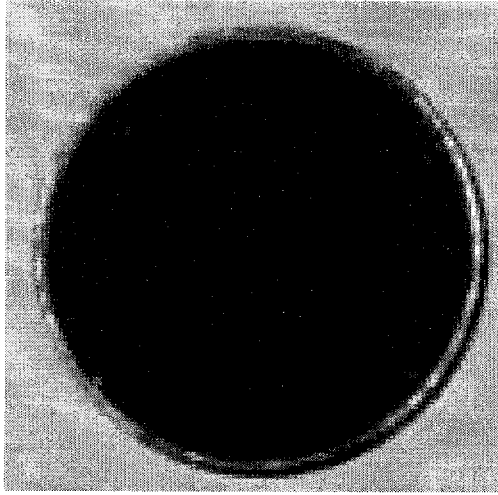


1차 숙성 발효후 성장 :

수거된 음식 폐기물을 그릇망으로 탈수 및 이물질을 제거한 후 음식폐기물 100kg 당 MS 균을 1L 첨가하여 소형 회전 발효기에서 40℃ 조건으로 12 시간 발효 시켰다. 수분 함량은 60 - 65% 정도였으며 입자간의 응착되는 현상이 많이 줄어들었다. 음식 폐기물의 악취가 많이 감소되었으며 시큼한 발효취가 발생하였다.

나) MS균에 의한 2차 숙성 발효





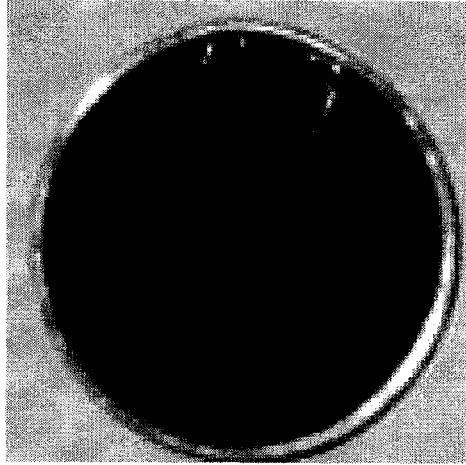
2차 혐기 숙성 발효후 성장 :

1% (v/w) MS균을 첨가하여 1차 발효된 음식 폐기물을 수분조절, 발효 및 영양소 함량의 제고를 위해 음식 폐기물의 함량을 기준으로 하여 쌀겨 및 어분을 각각 10% 및 5% 첨가한 후 회전 발효기에서 혼합, 교반하였다. 잘 혼합된 시료를 혐기상태로 유지시키면서 3 주간 숙성 발효시켰다. 발효된 시료는 시큼한 산취가 냄새가 많이 줄어들었으며 잘 발효된 사일리지 냄새를 풍겼다. 수분함량은 약 45-50% 정도였으며 사료입자의 연성이 많이 개량된 것을 알 수 있었다. 이러한 과정을 통해 숙성발효된 시료는 혐기통에서 공기의 접촉이 없이 잘 유지·보관되었을 때 성장과 보관상태가 매우 양호하였다. 그러나 한번 개방된 혐기통내의 시료는 공기와 접촉된 부분의 변패현상이 부분적으로 관찰되어 장기적 보관에 문제점이 우려된다. 따라서 한번 개봉된 시료는 1 주일 이내에 전부 소모시키는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

다) MS균에 의해 숙성발효 후 건조, 분쇄

혐기조건에서 2차 숙성 발효된 시료의 보관성과 다른 사료원과의 혼합을 용이하게 하기 위해 고온(80℃) 건조후 분쇄 하였다.

2차 숙성발효된 음식 폐기물의
건조 (80℃), 분쇄



건조 분쇄 후 최종 산물의 성상 :

수분함량은 10 % 내외로 입자가 매우 고운 진한 황색의 분말형태를 보였다. 산취와 발효취가 많아 줄어들어 양돈사료로서 혼합 급여 할 경우 가축의 기호성에 악영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다.

2) MS균 첨가 후 발효과정에 따른 음식 폐기물의 사료성분 분석

가) 조성분 함량

수거된 음식 폐기물을 그름망으로 탈수 및 이물질을 제거한 후 음식폐기물 100kg 당 MS 균을 1L 첨가하여 소형 회전 발효기에서 40℃ 조건으로 12 시간 발효시킨 시료 (1차 저온발효), 1차 발효된 음식 폐기물을 수분조절, 발효 및 영양소 함량의 제고를 위해 음식 폐기물의 함량을 기준으로 하여 쌀겨 및 어분을 각각 10% 및 5% 첨가한 후 회전 발효기에서 혼합, 교반, 발효 후 3 주간 혐기 숙성 발효시킨 시료 (2차 혐기 숙성발효), 및 혐기조건에서 2차 숙성 발효 후 건조, 분쇄한 시료 (건조, 분쇄)들에 대해 사료성분을 분석하고 아플라톡신, 중금속 등의 유해물질 함유여부를 분석하였다.

표 6. MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 조성분 함량
(mean ± SE, n=5)

처 리	조단백질	조지방	조섬유	조회분	가용무질소물
	----- D.M % -----				
1차 저온발효	23.1±2.0	12.2±1.0	7.8±0.5	8.3±0.7	36.6±2.6
2차 혐기 숙성발효	24.2±1.4	12.5±1.4	7.6±0.5	9.8±0.8	34.9±3.0
건조 분쇄	24.1±1.3	12.9±1.2	7.3±0.2	9.9±0.3	35.8±1.5

MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 사료성분의 평균 함량은 조단백질이 23.8 %, 조지방 12.5 %, 조섬유 7.6 %, 조회분 9.1 % 및 가용무질소물 35.8 %이었다. MS균 10% 첨가후 발효과정 동안의 사료 조성분은 유의적 차이가 없었다. 즉 쌀겨(10%)와 어분(5%)를 첨가하여 발효시키더라도 사료의 일반 조성분에는 유의적인 영향을 미치지 않음을 보여준다. 또한 MS균을 첨가하지 않은 음식 폐기물의 일반 조성분 (표 3)과도 커다란 차이를 보이지 않았다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 사료의 수분함량과 발효 정도 및 발효 후 성상은 발효과정에 따라 많은 차이를 보여주었다. 따라서 탈수 후 MS균 투입후 1차 저온 발효 후 쌀겨, 어분 등 부영재의 혼합은 발효에 적합한 수분함량을 조절하기 위해 필요한 단계라고 사료된다. 차후 강피류, 유박류, 및 가공부산물 등과 같이 농가 주변에서 쉽게 구할 수 있는 농산 부산물을 다양하게 혼합하여 수분조절 및 MS균에 의한 발효효율 개선효과를 검토할 필요성이 제시된다.

분석된 사료성분 함량을 기준으로 비교할 때 MS균에 의해 발효제조된 시료의 조지방 함량은 곡류, 유박류, 강피류 및 대부분의 가공 부산물의 그것 보다 3-6배 정도 높은 수준이었으며 조단백질 함량 역시 콩과를 제외한 대부분의 곡류 또는 강피류보다 그 함량이 훨씬 높은 것으로 나타나 양돈 사료자원으로서 가치가 충분히 인정되었다.

나) 열량

MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 사료적 가치를 평가하고자 Calorimeter (PARP Instrument Company, Illinois, USA)를 이용하여 열량을 측정 한 결과는 표 7에 나타낸 바와 같다.

표 7. MS균에 의한 발효과정중의 음식폐기물에 대한 Calorimeter의 각 측정
지수의 값과 열량

측정요소		발효과정		1차 저온발효		2차 혐기숙성발효		건조 분쇄	
		1	2	1	2	1	2		
sample 중량 (g)		0.791	0.785	0.791	0.788	0.781	0.780		
니켈크롬 연소 길이 (cm)		5.9	5.7	6.7	4.8	6.2	6.0		
ash 중량		0.080	0.087	0.071	0.079	0.091	0.061		
연소시 온도(t_a) (°C)		24.45	23.83	24.89	24.28	23.25	24.51		
최종온도 (t_r) (°C)		26.69	26.05	27.14	26.55	25.61	26.88		
Δt ($t=t_a-t_r$)		2.24	2.22	2.25	2.27	2.36	2.37		
열량 (kcal/g)	Fresh base	2.485	2.623	3.912	4.119	6.744	6.706		
	Dry base	7.102	7.090	7.130	7.228	7.578	7.620		

MS균에 의해 발효과정중 채취한 시료의 수분함량을 고려하여 열량을 측정했을 때 (F.W base), 1차 저온발효, 2차 혐기숙성발효 및 최종 건조 분쇄의 열량은 각각 평균 2.554, 4.015 및 6.715 kcal/g으로 발효과정중 시료가 포함하고 있는 수분함량에 따라 열량에 있어 큰 차이를 보였으나, 80°C에서 재건조하여 준비된 시료의 열량은 7.090에서 7.620 kcal/g (D.M base)의 범위로 MS균에 의한 발효과정 동안 열량 손실이 거의 일어나지 않음을 알 수 있었다.

다) 아미노산 조성

MS균에 의해 발효된 음식 폐기물의 아미노산 구성 및 함량을 분석하기 위해 2차 혐기숙성발효시킨 시료와 건조 및 분쇄를 거친 시료를 각각 질소충진하에서 110°C에서 24시간 동안 6N HCl로 산 가수분해를 시켰다. 가수분해된 용액을 Vacuum evaporation한 후 Sodium citrate buffer (pH 2.2) 용액으로 희석하여 아미노산 자동분석기 (Pharmacia)로 분석한 결과를 표 8에 나타내었다.

구성 아미노산의 비율은 MS균에 발효과정에 따른 큰 차이를 보이지 않았으며, Glutamic acid, Glycine, Alanine가 각각 총 구성아미노산의 약 10% 정도로 가장 높은

비율이었고 Leucine, Leucine, Phenylalanine, Aspartic acid, Serine 및 Arginine 등의 구성비율이 다음으로 높았으며 다른 아미노산은 5%미만으로 구성되어 있었다.

MS균의 발효과정에 따른 음식폐기물의 구성아미노산 함량은 표 8에서 나타낸 바와 같이, 탈수 후 40℃에서 저온 발효 만 시켰을 때(1차 저온발효)는 필수아미노산중에서 Leucine이 6.05 mg/g D.M으로 가장 높았으며 다른 필수 아미노산의 함량은 2-5 mg/g D.M의 범위였다. 쌀겨 (10%)와 어분 (5%)를 혼합 MS균을 투입하여 혐기조건에서 2차 숙성발효 시켰을 때 (2차 혐기숙성발효)는 필수아미노산중 Valine, Leucine, Phenylalanine 및 Lysine의 함량이 증가하였다. 2차 혐기발효 후 건조 분쇄된 시료의 경우는 필수아미노산의 함량에 있어 2차 발효 후의 시료와 비슷한 수준을 유지하였다. 필수아미노산의 총 함량은 1차 저온 발효 후 27.03 mg /g D.M에서 2차 혐기숙성 발효 후에는 34.33 mg/g D.M으로 증가하여 쌀겨와 어분의 첨가 후 혐기숙성발효과정을 통해 약 27%의 필수아미노산이 증가되었음을 보여주었다.

비필수아미노산의 경우 Cystine이 가장 낮은 수준인 반면, Glutamic acid와 Proline 이 각각 9-10 mg/g D.M으로 가장 높은 함량이었다. 비필수아미노산 역시 1차 저온 발효 후의 시료에 비해 쌀겨와 어분 혼합하여 혐기숙성 발효 시킬 때 그 함량이 상대적으로 증가하였다. 특히 Cystine, Arginine, Proline, Alanine 및 Tyrosine에서 증가가 뚜렷하였다. 비필수아미노산의 총합량은 1차 저온 발효 후 48.91mg/g D.M에서 2차 혐기숙성 발효 후에는 58.41mg/g D.M으로 증가하여 쌀겨와 어분의 첨가 후 혐기숙성발효과정을 통해 약 19%의 비필수아미노산이 증가되었음을 보여주었다. 이러한 결과는 혐기적 조건하에서 MS균에 의한 단백질의 가수분해가 더욱 활발하게 일어났음을 나타내고 있다.

MS균에 의한 발효과정에 따른 필수아미노산/비필수아미노산의 비율 및 암모니아 농도는 거의 변화가 없었다. 이러한 결과는 1차 저온발효나 2차 혐기숙성발효과정은 구성 아미노산의 농도에는 영향을 미치지 않으나 위에서 언급 한 바와 같이 MS균에 의한 2차 혐기숙성발효과정은 단백질의 가수분해가 촉진, 즉 발효 효율에는 중요한 의미가 있음을 보여주고 있다.

표 8. MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 구성 아미노산 함량

Amino acids(A.A)	1차 저온발효	2차 혐기숙성발효	건조 분쇄
Essential A.A(EAA)	----- mg/g D.M -----		
Threonine	4.041	4.427	4.487
Valine	2.103	4.017	4.117
Methionine	2.949	2.894	2.990
Isoleucine	4.087	4.688	4.487
Leucine	6.048	6.256	6.148
Phenylalanine	4.949	6.402	6.487
Lysine	2.852	5.642	5.712
Total	27.029	34.326	34.428
Non-essential A.A(NEAA)			
Cystine	1.770	2.893	2.799
Arginine	4.278	7.426	7.510
Histidine	2.628	3.344	3.332
Aspartic acid	5.825	5.987	6.012
Serine	3.914	3.993	3.998
Glutamic acid	9.261	9.582	9.604
Proline	9.494	10.305	10.294
Glycine	3.732	4.616	4.559
Alanine	4.338	5.439	5.443
Tyrosine	3.667	4.827	5.010
Total	48.907	58.412	58.561
EAA/NEAA	0.553	0.587	0.588
Total-AA	75.936	92.738	92.989
NH ₃	0.821	0.823	0.822

라) 지방산 조성

MS균에 의한 음식폐기물의 발효과정중의 조지방함량은 건물기준으로 12. % 정도로 구성되어 있었고 (표 6), 각 지방산의 조성을 분석한 결과는 표 9에서 보는 바와 같다.

MS 균에 의한 1차 저온 발효나 2차 혐기발효 후 공히 palmitic acid함량이 평균 25.6%로서 가장 높았고, oleic acid가 20.5%, palmitoleic acid 12.0% 순으로 높게 나타났다. 포화지방산의 총함량은 1차 발효 시료의 경우 34.9 %에서 2차 혐기발효 후에는 37.4% 약간 증가 하였으나 불포화 지방산의 비율은 혐기발효 후 약 2.4% 감소하였다. 대부분의 지방산이 1차 저온발효 후 총 지방산 함량은 함량은 30.93 mg/g D.M에서 2차 혐기발효 후에는 54.00 mg/g D.M으로 증가하였다. 이러한 2차 혐기발효에 따른 함량의 증가는 특히 palmitic acid,, palmitoleic acid, oleic acid에서 뚜렷하였다.

마) 광물질 함량

MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 광물질 함량을 분석한 결과는 표 7에 나타낸 바와 같다. 표 4와 비교 할 때 MS균의 첨가에 따른 음식폐기물의 광물질 함량은 유의적인 차이가 없음을 알 수 있으며, MS균에 의한 발효과정에서도 광물질 함량의 변화는 인정되지 않았다. 인의 함량은 평균 0.75%로 일반곡류보다는 높고 유박류나 강피류에서의 함량과 비슷한 수준이었다. 칼슘함량은 평균 2.7%로 곡류, 강피류, 유박류 혹은 기타 농산 부산물보다는 훨씬 높고 동물질 단미사료보다 낮은 수준이었다. 포타슘의 함량은 평균 0.8%로 동물질사료와 비슷한 수준이었다. 나트륨은 평균 0.7%로 일반곡류(0.03-0.08%), 강피류 및 유박류(대개 0.1% 미만)에 비해 매우 높은 수준으로 나타났다. 어분 등의 수산폐기물의 함량에 비해서는 비슷하거나 약간 낮은 수준이었다. 마그네슘은 평균 0.2%로 강피류, 유박류, 혈분, 골분과 같은 동물질 사료에 비해 낮은 편이나 일반적인 수산 부산물의 함량과는 비슷한 수준이었다. 전반적으로 비교할 때 식물성과 동물성 단미사료원에 나타나는 특정원소의 과부족 현상이 없는 광물질 구성 및 함량을 가지는 것으로 분석되었다.

표 9. MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 지방산 조성

구 분	1차 저온발효		2차 혐기숙성발효	
	%	mg/g D.M	%	mg/g D.M
Fatty acids				
14:0	5.85	1.81	5.42	2.97
15:0	0.86	0.33	0.92	0.50
16:0	24.37	7.52	26.89	14.70
16:1	10.63	3.33	13.34	7.30
18:0	3.83	1.21	4.12	2.27
18:1	19.64	6.01	21.27	11.63
18:2 ω 6	1.46	0.52	1.31	0.73
20:1	1.45	0.41	1.22	0.67
20:2 ω 6	2.44	0.80	1.34	0.73
20:4 ω 6	1.13	0.33	1.05	0.57
20:5 ω 3	6.78	2.10	5.17	2.83
22:5 ω 3	1.46	0.43	1.03	0.57
22:6 ω 3	9.99	3.03	6.80	3.73
Unknown	10.12	3.10	10.11	5.53
Total	100	30.93	100	54.00
Saturated	34.91	10.70	37.35	20.43
Unsaturated	54.97	16.83	52.54	28.77

표 7. MS균에 의한 발효과정에 따른 음식 폐기물의 광물질 함량 (mean±SE, n=5)

구 분	광 물 질 원 소				
	P	Ca	K	Na	Mg
다량원소 (D.M. %)					
1차 저온발효	0.7±0.05	2.5±0.2	0.7±0.04	0.8±0.06	0.2±0.01
2차 혐기숙성발효	0.8±0.03	2.7±0.1	0.8±0.06	0.7±0.04	0.2±0.02
건조 분쇄	0.8±0.01	2.8±0.1	0.8±0.02	0.7±0.03	0.2±0.01
미량원소 (ppm)	Cu	Fe	Mn	Zn	Co
1차 저온발효	-	741±36	185±20	99±9	1.2±0.1
2차 혐기숙성발효	0.2±0.1	654±41	202±19	90±5	1.2±0.2
건조 분쇄	0.2±0.02	671±21	198±12	89±3	1.1±0.1

3) MS균에 의해 발효된 음식 폐기물의 유해물질 존재 유무 분석

가) 중금속

MS균에 의해 발효된 음식폐기물의 최종 시료를 ICP를 이용하여 다음과 같은 유해 중금속 물질의 함량을 분석하고 배합사료내 유해 중금속의 허용함량의 기준과 비교한 결과를 표 8에 나타내었다. MS균을 처리하기전 시료와 비교할 때 거의 같은 결과를 보여주었다. 따라서 MS균 투입후 발효과정에서 중금속의 유입은 없으며 음식 폐기물의 중금속에 대한 안전성을 확인 할 수 있었다. MS균을 첨가 후 1차 및 2차 발효를 거쳐 최종 건조 분쇄된 시료내의 수은, 비소, 불소 및 크롬은 미검출되었고 납과 카드뮴은 미량 검출되었으나 배합사료내 허용범위보다 훨씬 낮은 함량이었다.

표 8. MS균에 의해 발효 완료된 음식폐기물의 중금속 함량

구 분	수은(Hg)	납(Pb)	비소(As)	카드뮴(Cd)	불소(F)	크롬(Cr)
	----- (ppm) -----					
배합사료내 허용범위	0.4	10	15	1.0	50	100
분석농도	ND	0.03-0.08	ND	0.280-0.50	ND	ND

나) 아플라톡신

Aflatoxin은 식품의약품안정청에서 개인적으로 구입하였고, Methanol, Benzene, Sodium sulfate 등은 Sigma에서, Green basic cupric carbonate은 Junsei chemical에서 구입 하였다. 이 실험에 사용한 Filter paper는 Whatman No. 4 였고, TLC plate (Silica gel 60 F₂₅₄)는 Merck (Darmstadt, Germany) 에서 구입 하였다. 그 외의 시약은 높은 순도를 가진 것을 사용하였다.

Aflatoxin의 정성분석은 Anonymous (1972)의 방법에 따라 고압 건조된 각각의 시료(MS균 첨가 후 1차 저온발효, 2차 혐기숙성발효 및 2차 발효 후 건조 분쇄)100 g 이 들어있는 500 mL 비이커에 300 mL의 추출용매 (methanol과 증류수의 7 : 3, v/v)를 넣고 잘 교반한 다음 진공 여과시켜 시켰다. 그 후 separatory funnel에 100 mL의 여과액과 30 mL의 benzene를 넣고 잘 흔든 후 200 mL의 증류수를 첨가하여 정치시킨 후 aflatoxin이 녹아있는 상층액을 새로운 용기에 옮겨 건조 시켰다. 이 때 aflatoxin의 순수한 정제를 위해 건조된 10 g의 시료를 50 mL의 용액(10 g의 sodium sulfate와 5g의 green basic cupric carbonate)에 용해시켜 여과한 후 건조하여 -20 °C 에서 저장하였다. 정성분석을 위해 건조된 시료를 0.5 mL 의 benzene에 넣어 용해시켜 50 uL 씩 filter paper (whatman No. 4)에 포말하여 건조시킨 후 UV light 하에서 검색하였다. 검색은 UV 조사시 control과 비교하여 푸른 형광색의 발현정도에 따라 aflatoxin의 유무를 판정하였다.

각각의 시료 100 g에서 얻어진 추출물을 0.5 mL의 benzene에 녹여 각각 25 uL 및 50 uL 씩 TLC plate에 떨어 뜨린 후 건조 시켜 control과 비교 분석 하였다. 이 때 control은 aflatoxin을 50 uL의 benzene에 각각 10, 20, 40, 60, 80 및 100 ppm까지 변화 시켜 UV light 하에서 각 농도에 대한 형광 발색되는 직경을 크기를 비교 측정 하여 각각의 시료에 대한 대략적인 aflatoxin의 정량을 알아보려고 하였다. 아플라톡신 표준용액을 정성분석 결과 모든 시료에 aflatoxin은 함유하지 않은 것으로 나타났으며, 정량분석의 결과에 있어서도 control 구는 각 포말 농도 (10 ~ 100 ppm in 50 uL benzene)에 따라 TLC plate내 형광 발색되는 지름의 크기가 0.1 cm에서 0.7cm 까지 나타났으나, 모든 시료에서는 UV light에 의한 형광이 전혀 발견되지 않은 것으로 미루어 본 실험에 사용한 시료의 양 (각 100 g)에는 aflatoxin이 없는 것으로 판정되었다 (표 9).

표 9. 아플라톡신 유무 분석

아플라톡신 표준용액 주입농도 (ppm)	자외선 조사에 따른 형광 발색되는 직경 (cm)			
	아플라톡신 표준용액	시료 구분		
		1차 저온발효	2차 혐기숙성발효	건조, 분쇄
0	0	X	X	X
10	0.1	X	X	X
20	0.15	X	X	X
40	0.3	X	X	X
60	0.4	X	X	X
80	0.5	X	X	X
100	0.7	X	X	X

X : 형광발색이 되지 않음을 나타냄

2. 음식폐기물 발효사료의 육성.비육돈에 대한 사양시험

가. MS균 속성발효에 의한 음식폐기물의 대량처리 및 양돈사료 제조공정 확립

MS균을 이용한 음식폐기물의 대량 처리조건 및 사양시험에 사용될 음식폐기물 양돈사료를 대량 생산하였다. 음식폐기물은 광주소재 대인시장 식당가를 대상으로 의리수집하여 MS균 연구소에서 일괄 제조하였다. 수거된 음식폐기물의 MS균을 이용한 사료화 과정을 간단히 요약하면 아래와 같다.

1) MS균에 의한 1차 저온 숙성 발효

수거된 음식 폐기물을 그름망으로 탈수 및 이물질을 제거한 후 음식폐기물 1톤 당 MS 균을 10L 첨가하여 회전 발효기에서 40℃ 조건으로 12 시간 발효 시켰다. 수분함량은 60 - 65% 정도였으며 입자간의 응착되는 현상을 줄이고 1차 발효과정을 거쳤다. 이 과정 이후 음식 폐기물의 악취가 많이 감소되었으며 시큼한 발효취가 발생하였다.

2) MS균에 의한 2차 숙성 발효

1% (v/w) MS균을 첨가하여 1차 발효된 음식 폐기물을 수분조절, 발효 및 영양소 함량의 제고를 위해 음식 폐기물의 함량을 기준으로 하여 쌀겨 및 어분을 각각 10% 및 5% 첨가한 후 회전 발효기에서 혼합, 교반하였다. 잘 혼합된 시료를 혐기상태로 유지시키면서 3 주간 숙성 발효시켜 수분함량은 약 45-50% 정도로 낮추고 사료입자의 연성이 많이 개량시켰다. 발효된 시료는 시큼한 산취가 냄새가 많이 줄어들었으며 잘 발효된 사일리지 냄새를 풍겼다. 이러한 과정을 통해 숙성발효된 시료는 혐기통에서 공기의 접촉이 없이 잘 유지·보관되었을 때 정상과 보관상태가 매우 양호하였다. 그러나 한번 개방된 혐기통내의 시료는 공기와 접촉된 부분의 변패현상이 부분적으로 관찰되어 장기적 보관에 문제점이 우려된다. 따라서 한번 개봉된 시료는 1 주일 이내에 전부 소모시키는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

3) MS균에 의해 숙성발효 후 건조, 분쇄

혐기조건에서 2차 숙성 발효된 시료의 보관성과 다른 사료원과의 혼합을 용이하게 하기 위해 고온(80℃) 건조후 분쇄 하였다. 수분함량은 10 % 내외로 입자가 매우 고운 진한 황색의 분말형태를 보였다. 산취와 발효취가 많아 줄어들어 양돈사료로서 혼합 급여 할 경우 가축의 기호성에 악영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다. 숙성발효 후 건조한 음식폐기물의 경우 상온의 조건에서 대량 제조된후 물리적 성상의 변화 없이 장기 보관하여 현재 까지 별도의 저장시설을 구비하지 않고 일반 정부미 포대에 넣어 현재 까지 사양시험의 급벼 재료로 사용하고 있다. 개선되어야 할 문제는 대량으로 수거된 음식폐기물에서 이물질 (병뚜껑, 비닐, 등)을 분리해야 하는 후차적인 노력이 소요되어 남은 음식물의 폐기과정에서 조그마한 노력이 자원의 재활용에서 많은 도움을 가져옴을 인식시켜야 할 것으로 사료되었다.

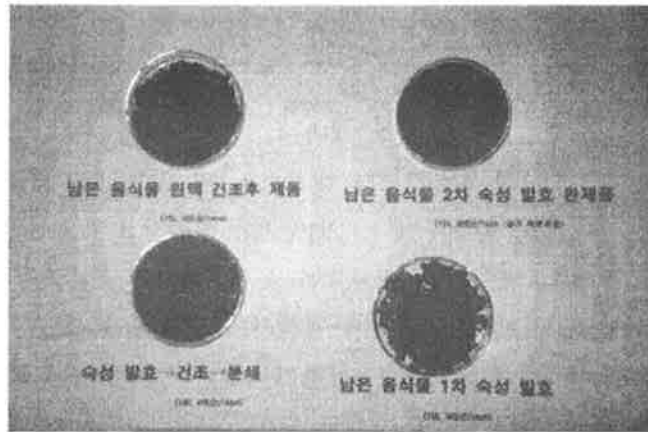


그림 1. 음식폐기물의 MS균에 의한 대량처리 과정의 성상

나. MS균 속성발효과정을 통해 생산된 음식폐기물 사료의 비육돈에 대한 사양 시험

1) 시험구 배치

MS균 속성발효에 의한 음식폐기물의 대량처리 및 양돈사료 제조공정에 따라 4.5톤의 시제품 양돈용 사료를 제조하였다. 기존 양돈배합사료와 MS균 속성발효에 의해 제조된 사료의 사료효율, 배합사료 대체효과 분석, 생산된 돈육의 육질그룹분류 및 육량과 육질을 분석코자 기술개발연구과제 계획서에 입각하여 사양시험을 실시하였다.

2000년 3월 13일 이유자돈을 23두 입식하여 4주간 이유돈 사료로서 적응시킨 후 생체중 평균 약 28kg에 도달했을 때 아래와 같이 시험구를 5반복 배치하여 전남대학교 농과대학 동물사육장 돈사에서 사양시험을 실시중에 있다. 배합사료는 사료회사의 생체중대비 비육돈 프로그램에 입각한 사료를 각 처리에 따라 재배합하여 급여하였다.

시험구 1 (대조구) : 배합사료 (대한제당, 이유닥터, 스피드) 100 % 급여구

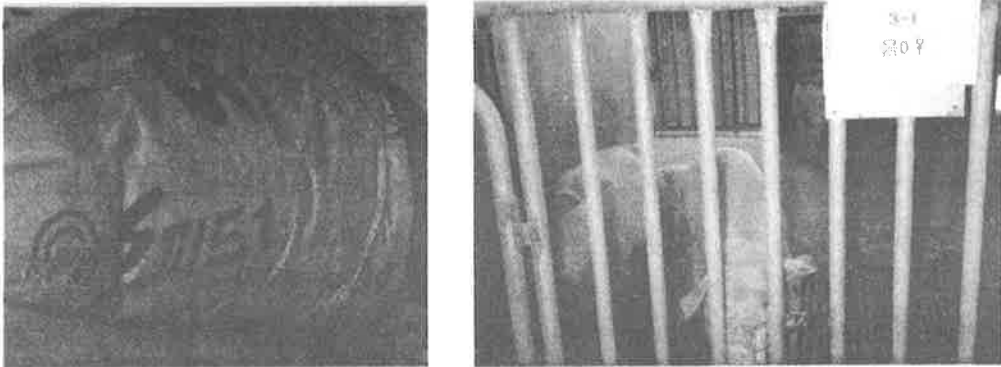


그림 2. 배합사료 100 % 공급구의 공급사료 및 시험축

음식폐기물의 혼합없이 100 배합사료를 공급한 시험구의 시험개시 체중은 31, 28, 24.27 29 kg으로 평균 27.8 kg이었다.

시험구 2 : 음식폐기물사료 25 % 대체구 (배합사료 75 % : 음식폐기물 사료 25 %)



그림 3. 음식폐기물 사료 25 % 혼합 시험사료의 성상과 시험축

음식폐기물 사료 25 %로서 배합사료를 대체한 시험구에 배치된 시험축의 개시 체중은 26, 27, 28, 29, 32 kg으로 평균 28.5 kg이었다.

시험구 3 : 음식폐기물사료 50 % 대체구 (배합사료 50 % : 음식폐기물 사료 50 %)



그림 3. 음식폐기물 사료 25 % 혼합 시험사료의 성상과 시험축

음식폐기물 사료 50 %로서 배합사료를 대체한 시험구에 배치된 시험축의 개시 체중은 27, 25, 26, 30, 27 kg으로 평균 27 kg이었다. 시험사료로 변환 초기 1주간 간헐적인 설사 발병하여 치료하였다.

시험구 4 : 음식폐기물 사료 100 % 급여구

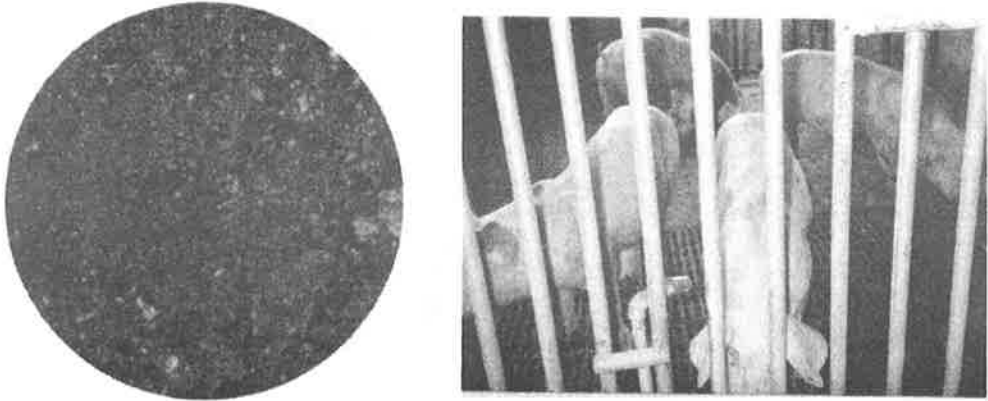


그림 5. 음식폐기물 사료 100 % 시험사료의 물리적 성상과 시험축

음식폐기물 사료 100 %로서 급여한 시험구에 배치된 시험축의 개시 체중은 24, 29, 28, 31, 28 kg으로 평균 28 kg이었다. 시험사료로 변환 초기 2주간 잦은 설사로 치료하였다.

2) 젖돈 사양시험

약 1개월 간의 젖돈 사양시험 결과를 요약하면 표 1에서 나타낸바와 같다.

표 1. 음식폐기물 양돈사료의 젖돈 사양시험 결과 (단위, kg)

돈방 번호	시험구명	개시 체중 평균	젖돈 시험 종료 체중	총 증체량	일당 증체량	총사료 급여량	사료 잔량	실제 사료 섭취량	비고
3-1	음 0	27.8	46.60	48.80	0.61	325	86.8	238.2	
3-2	음 25	28.5	47.00	18.50	0.60	274.9	97.8	177.1	
3-3	음 50	27.0	39.75	12.75	0.41	275.9	98.4	177.5	
3-4	음 100	28.0	29.75	1.75	0.06	273.4	142.3	131.1	

4월 13일 평균 체중 27.8 kg에 달한 시험축을 체중을 고려하여 균등하게 각 시험구에 배치하여 5월 13일 까지 젖돈사료에 대한 음식폐기물의 대체에 따른 사양시험결과 젖돈사료 종료 시 평균 체중은 대조구 배합사료 100 % 급여구의 46.6 kg이었으며 25% 음식폐기물 대체구의 경우 47 kg으로 거의 차이를 나타내지 않았으며, 50% 및 100% 음식폐기물 사료 대체구에서 각각 14.6 % 및 36.1 %의 종료체중이 감소되었다. 일당증체량은 배합사료 100 %에 비해 25%, 50% 및 100% 음식폐기물 사료 대체구에서 각각 2 %, 32 % 및 90 %가 감소하여 음식폐기물 사료를 25 %까지 대체하였을 때 일당 증체량은 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 100 % 음식폐기물 사료를 공급하였을 때 증체효율에 있어 심각한 감소를 보여주었다. 실제 사료섭취량은 100% 배합사료급여구는 238.2 kg인데 반해 25% 및 50% 대체구에서는 177 kg으로 동일하게 감소하여 비슷한 기호성을 보여 주었다. 그러나 100 % 대체구의 경우 131 kg 기호성이 현저히 감소하였다. 육성돈 전기사료로 변환하여 사양시험중에 있다.

3) 증체량, 사료섭취량, 및 사료요구율

개시체중 27.8 kg (10 주령)부터 24 까지의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 Table 1에 나타낸바와 같다.

4월 13일 평균 체중 27.8 kg에 달한 시험축을 체중을 고려하여 균등하게 각 시험구에 배치하여 젖돈용 배합사료를 음식폐기물을 M.S 균으로 발효시켜 제조한 시험사료를 각각 0, 25 50 및 100 % 대체하여 젖돈사료 종료시 (14주령)의 평균 체중은 대조구 (배합사료 100 % 급여구)에서는 46.6 kg이었다. 25% 음식폐기물 대체구의 경우 47 kg으로 유의적인 차이가 없었으나, 50% 및 100% 음식폐기물 발효사료 대체구에서는 39.75 및 29.75 kg으로 대조구에 비해 각각 14.6 % 및 36.1 %의 체중이 감소되었다. 27 주령의 육성돈 사양시험 종료시 체중은 대조구 (배합사료 100 % 급여구)는 97.2 이었다. 25% 및 50% 음식폐기물 대체구의 경우 118.25 및 106.0 kg으로 대조구에 비해 각각 21.7 % 및 9 % 체중 증가를 보였다. 반면 100 % 음식폐기물 발효사료 급여구에서는 54.5 kg으로 대조구에 비해 43.9 %의 체중이 유의적으로 감소하였다.

평균 총 증체량은 젖돈사료 급여 동안 (초기 10주령에서 14주령)의 경우 대조구 (배합사료 100 % 급여구)에서는 18.8 kg으로 25% 음식폐기물 대체구의 18.5 kg과 비슷하였으나, 50% 음식폐기물 발효사료 대체구에서는 12.75 kg으로 유의적으로 감소하였다.

Table 1. Growth performance as affected by mixing rate of concentrate and food wastes fermented with MS microorganism in growing pigs

Period	Mixing rate (concentrate % : food wastes fermented %)				Significance
	100 : 0	75 : 25	50 : 50	0 : 100	
Ave. Initial Body weight (kg)					
First 10 weeks	27.8	28.5	27.0	28.0	NS
14 weeks	46.60 ^a	47.00 ^a	39.75 ^b	29.75 ^c	*
Ave. Final Body weight (kg)					
27 weeks	97.2 ^{bc}	118.25 ^a	106.0 ^{ab}	54.5 ^d	*
Ave. Total Gain (kg)					
10 to 14 weeks	18.8 ^a	18.5 ^a	12.75 ^b	1.75 ^c	*
15 to 27 weeks	50.6 ^b	71.25 ^a	66.25 ^a	24.75 ^c	*
10 to 27 weeks	69.4 ^c	89.75 ^a	79.00 ^b	26.5 ^d	*
Ave. Daily Gain (g)					
10 to 14 weeks	626 ^a	616 ^a	425 ^b	58 ^c	*
15 to 27 weeks	532 ^b	750 ^a	697 ^a	260 ^d	*
10 to 27 weeks	555 ^c	718 ^a	632 ^b	212 ^d	*
Ave. Total Feed Consumed (kg)					
10 to 14 weeks	47.64 ^a	44.27 ^b	44.37 ^b	32.77 ^c	*
15 to 27 weeks	111.00 ^b	132.25 ^a	92.75 ^c	91.22 ^c	*
10 to 27 weeks	158.64 ^b	176.52 ^a	137.12 ^c	123.99 ^c	*
Ave. Daily Feed Consumed (g)					
10 to 14 weeks	1588 ^a	1475 ^a	1479 ^a	1092 ^c	*
15 to 27 weeks	1168 ^b	1413 ^a	976 ^c	960 ^c	*
10 to 27 weeks	1269 ^b	1428 ^a	1096 ^c	991 ^c	*
Feed : Gain Ratio					
10 to 14 weeks	2.53 ^c	2.39 ^c	3.48 ^b	18.82 ^a	*
15 to 27 weeks	2.19 ^b	1.88 ^{bc}	1.40 ^c	3.69 ^a	*
10 to 27 weeks	2.28 ^b	1.98 ^{bc}	1.73 ^c	4.67 ^a	*

^{abcd} : Means with different superscripts in the same row differ significantly (p<0.05).

100% 음식폐기물 발효사료 대체구에서는 증체량은 1.75 밖에 증체가 되지않아 대조구에 비해 90.7 % 증체량이 감소하였다. 육성기간동안 (15주령에서 27주령까지)의

총 증체량은 대조구의 50.6 kg에 비해 음식폐기물 발효사료 25 % 및 50 % 대체구에서 각각 50.6 및 71.25 kg으로 유의적인 증가를 보였다. 반면 음식 폐기물 100 % 대체구에서는 24.75 kg으로 대조구의 약 절반 정도의 증체량을 보였다. 전 사양시험기간 동안 (10주령에서 27주령까지)의 총 증체량 역시 음식폐기물 발효사료 25 % 및 50 % 대체구에서 89.75 및 79.0 kg으로 대조구에 비해 각각 29.3 % 및 13.8 %의 유의적인 증가를 보였다. 그러나 음식폐기물 100 % 급여구에서는 26.5 kg으로 대조구에 비해 61.8 % 감소하였다. 일일 평균 증체량 젖돈사료 급여 동안 (초기 10주령에서 14주령)의 경우 대조구 (배합사료 100 % 급여구) 및 25% 음식폐기물 대체구에서 각각 626 및 616 g으로 비슷한 수준이었으나, 25% 및 50 % 음식폐기물 대체구에서는 각각 425 및 58 g으로 유의적으로 감소하였다. 육성기 및 전시험 기간 동안의 일일 증체량 역시 음식폐기물 발효사료 25 % 및 50 % 대체구가 대조구에 비해 유의적으로 높고, 100 % 대체구에서는 현저히 감소하는 결과를 얻었다.

평균 총사료섭취량은 젖돈사료 급여 동안 (초기 10주령에서 14주령)의 경우 대조구 (배합사료 100 % 급여구)에서는 47.64 kg으로 가장 높았다. 25% 및 50 % 음식폐기물 대체구에서는 각각 44.27 및 44.37 kg으로 비슷한 수준이었으며 대조구에 비해서는 약 6 % 유의적으로 낮았다. 100% 음식폐기물 발효사료 대체구에서는 32.77 kg으로 현저한 감소를 보였다. 육성기간 동안 (15주령에서 27주령까지)의 평균 총사료섭취량은 대조구에서 111.0 kg이었다. 음식폐기물 발효사료 25 % 대체구에서는 132.25 kg으로 대조구에 비해 약 19 % 증가한 반면 50 % 및 100 % 대체구에서 각각 92.75 및 91.22 kg으로 대조구에 비해 유의적인 감소를 보였다. 전 시험기간 동안의 처리에 따른 평균 총사료 섭취량은 육성기의 결과와 동일한 경향이였다. 젖돈사료 급여 동안의 평균 일일사료 섭취량은 대조구에서 1588 g으로 가장 높았고, 20, 50 및 100 % 음식폐기물 대체구에서 각각 1475, 1479 및 1092 g으로 대조구에 비해 각각 감소하였으나, 육성기 사료 급여기간 동안의 경우 음식폐기물 25 % 대체구에서 1413 g으로 대조구에서는 약 17.3 % 높았고 50 % 및 100 % 대체구에서는 92.75 및 91.22 kg으로 현저한 감소를 보였다.

사료요구율은 초기 10주령에서 14주령의 경우 대조구 (배합사료 100 % 급여구)에서 2.53이었다. 25% 음식폐기물 대체구에서는 2.39로 대조구에 비해 0.14 정도 개선된 경향이였으나 유의적인 차이가 없었다. 50 % 대체구에서는 3.48로 유의적으로 높았다. 특히 100% 음식폐기물 발효사료 급여구에서는 18.82로 대조구에 비해 약 7.4배 높아 젖돈 사료급여기간 동안의 음식폐기물 발효사료의 과다 급여가 사료요구율에 미치는

영향이 매우 높음을 알 수 있었다. 15주령에서 27주령까지의 사료요구율은 대조구에서 2.19이었으나, 25 % 및 50 % 대체구에서 각각 1.88 및 1.40으로 대조구에 비해 0.31 및 0.79의 개선 효과가 인정되었다. 그러나 100 % 음식폐기물 급여구에서는 3.69로 사료요구율이 유의적으로 증가하였다. 전 시험기간 동안 (10주령에서 27주령까지)의 사료요구율은 대조구에서는 2.28이었고, 25, 50 및 100 % 대체구에서는 각각 1.98, 1.73 및 4.67이었다.

4) 경제성 분석

전 시험기간 동안 섭취한 총 사료비를 총증체량으로 나누어 계산한 1 kg 증체에 요구되는 사료비는 Table 2에 나타내었다.

M.S 균으로 음식폐기물을 발효하여 제조한 사료의 kg 당 생산단가는 아래의 비용을 기준으로 환산하였다.

음식폐기물 수집 및 운반비 : 220,000 원 / 4.5 t

M.S 균 발효, 건조 분쇄 등 제조공정상 비용 : 200,000 원 / 4.5 t 등을 고려하여 kg 당 약 100원 정도의 생산비로 산정하였다. 배합사료는 젖돈사료 kg 당 322.2원 및 육성돈 사료 293.4원을 적용하여 경제성 분석을 하였다.

10 주령 이전까지는 이유식 사료를 전 처리구에 동일하게 급여하였기에 이에 대한 비교는 경제성 분석에서 제외하였다.

Table 2. Economic analysis

Item	Mixing rate (concentrate % : food waste fermented %)			
	100 : 0	75 : 25	50 : 50	0 : 100
10 to 14 weeks				
Total feed cost (won)	15349(0)*	10697(1106)	7148(2218)	(3217)
Total wight gain (kg)	18.8	18.5	12.75	1.75
Feed cost/kg gain (won)	816.5 ^b	638.0 ^d	734.5 ^c	1838.3 ^a
15 to 27 weeks				
Total feed cost (won)	32567(0)	29101(3306)	13606(4637)	(9122)
Total wight gain (kg)	50.6	71.25	66.25	24.75
Feed cost/kg gain (won)	643.6 ^a	454.8 ^b	275.4 ^d	368.6 ^c
Whole growing period (10 to 27 weeks)				
Total feed cost (won)	47916(0)	39379(4412)	20754(6855)	(12339)
Total wight gain (kg)	69.4	89.75	79.0	26.5
Feed cost/kg gain (won)	690.4 ^a	492.6 ^b	349.5 ^c	465.6 ^b

* The value in parenthesis refers to the cost estimated for food waste feed.

^{abcd} : Means with different superscripts in the same row differ significantly (p<0.05).

초기 10주령에서 14주령 동안 젖돈사료비 부담은 100 % 배합사료구에서 15349원으로 평가되었다. 25, 50 및 100 % 음식폐기물 발효사료를 대체한 구에 각각 11803, 9366 및 3217원으로 대조구에 비해 23, 39 및 79 %의 사료비가 절감되었다. kg 증체당 사료비를 살펴보면 대조구에서 816.5원, 25 % 대체구에서 638.0원, 50 % 대체구에서 734.5원 및 100 % 음식폐기물 급여구에서 1838.3원 이었다. 젖돈사료 급여기간 동안 100 % 젖돈사료를 급여한 대조구와 비교할 때 음식폐기물 발효사료를 25 % 및 50 % 대체에 의해 kg 증체에 대한 사료비를 각각 21.9 % 및 10.0 % 절감효과를 얻을 수 있었으나, 100 % 음식폐기물 발효사료를 급여했을 때는 대조구보다 약 2.3배 높은 사료비가 요구되었다. 이러한 결과로부터 젖돈의 성장기에 음식폐기물의 50 %까지의 대체는 사료비 대비 증체효율에 있어 유리하나 100 % 음식폐기물 발효사료의 급여는 초기 영양기의 급여사료로서 매우 비효율적임을 알 수 있다.

육성기간동안 (15주령에서 27주령까지)의 총사료비는 100 % 육성돈 사료를 급여한 대조구에서는 32567원이었다. 음식폐기물 발효사료 25 % 및 50 % 대체구 32407원 및

18243원으로 총사료비가 소요되고 이기간 중 총 증체량이 높아 대조구와 비해 사료비 절감효과가 인정되었다. 100 % 음식폐기물 발효사료 급여구에서는 9122원으로 대조구의 사료비의 약 28 %의 낮은 사료비가 소요된 것으로 평가되었으나 이 기간동안의 증체량이 약 절반 밖에 미치지 못하고 출하체중에 훨씬 못 미치는 매우 낮은 사료효율을 나타내었다. 육성돈 사료 급여기간동안의 kg 증체당 사료비는 대조구, 25 %, 50 % 및 100 % 대체구에서 각각 643.6, 454.8, 275.4 및 368.6원으로 평가되었다. 따라서 음식폐기물 발효사료를 25 % 및 50 % 대체함으로써 kg 증체당 요구되는 사료비를 각각 29.3 % 및 57.2 % 까지 절감효과를 얻을 수 있었다. 100 % 음식폐기물 급여구에서도 역시 약 40 %의 kg 증체당 사료비 감소효과를 얻을 수 있었으나, 이 기간동안의 총 증체량이 24.75 kg으로 매우 낮았다.

전 육성기간동안 (10주령부터 27주령까지) 섭취한 총사료비는 대조구, 25%, 50% 및 100 % 대체구에서 각각 47916, 43791, 27609 및 12339원으로 평가되었다. kg 증체에 요구되는 사료비는 배합사료만 급여한 대조구에서 690.4원으로 가장 높았다. 25% 및 50 % 음식폐기물사료 대체구에서 총 증체량이 대조구보다 높게 유지되면서 kg 증체당 사료비는 28.6 % 및 49.4 %를 절감되는 높은 경제성을 확인할 수 있었다. 그러나 100 % 음식폐기물 발효사료급여구에서는 kg 증체에 요구되는 사료비는 약 32.6 % 감소되었으나, 전 육성기간동안의 총 증체량이 26.5 kg으로 매우 낮아 시험 종료시 체중이 출하체중에 훨씬 못 미치는 낮은 성적을 보여 실제사양에 적용가능성은 매우 낮았다.

3. 생산된 돈육의 등급판정 및 육질분석

가. 도살 및 시료채취

배합사료를 급여한 대조구와 음식폐기물 발효사료를 25, 50 및 100 % 대체 급여한 시험돈을 도살하여 돈육의 육질판정기준에 따라 육질그룹을 분류하였다. 분석용 시료육은 등심 (Fig. 1)과 다리육 (Fig. 2)을 각각 분리하였다.

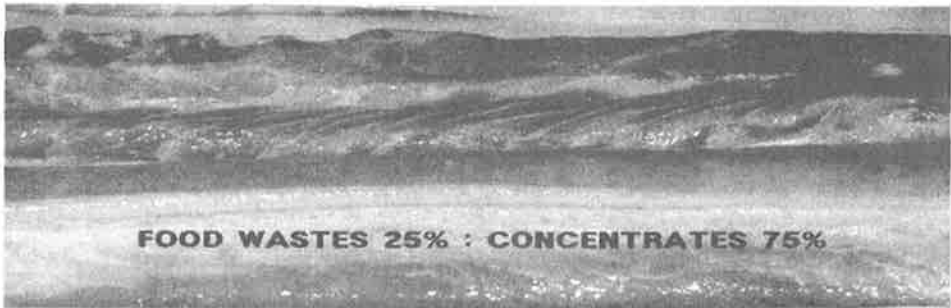
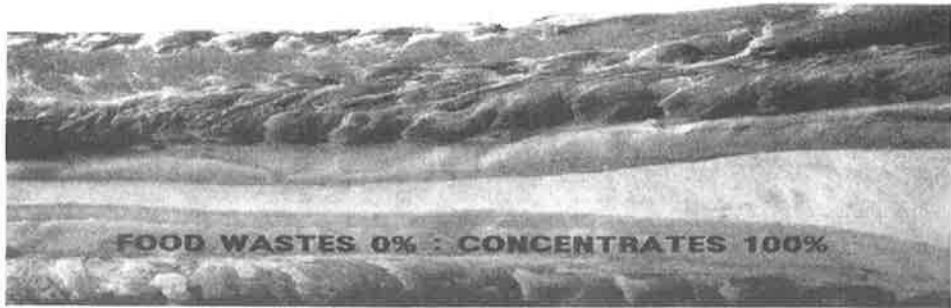


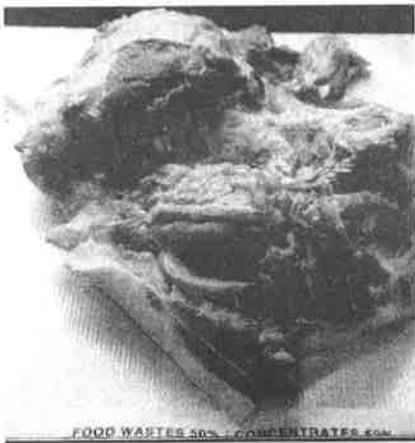
Fig. 1. Pork loin produced by different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism



100 % concentrate (control)



25 % replacement with food wastes



50 % replacement with food wastes



100 % food wastes feed

Fig. 2. Pork ham produced by different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

나. 도체의 특성 및 등급

사양시험 종료시 도체등급판정의 결과는 Table 3. 제시한 바와 같다.

도체중은 배합사료 100 %로 급여한 대조구에서 82.4 kg이었다. 25 % 음식폐기물 대체구에서 88.0 kg으로 대조구에 비해 유의적으로 높았으나, 50 % 대체구 80.0 kg으로 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 100 % 음식폐기물 급여구에서는 50.5 kg으로 현저히 낮은 도체중을 보였다. 등지방 두께는 대조구에서 20.2 mm로 중간정도의 값을 보였다. 25 % 및 50 % 대체구에서 각각 22.8 및 18.8 mm로 대조구에 비해 약간 증가 또는 감소하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 100 % 음식폐기물 급여구에서는 7.5 mm로 매우 낮은 지방축적을 보였다.

도체등급은 배합사료 100 % 급여구에서 A 등급출현율이 60 %, B와 C 등급 출현율이 각각 20 %로 양호한 육질등급을 받았다.

Table 3. Carcass characteristics in finishing pigs

Measurement	Mixing rate (concentrate % : food waste fermented %)			
	100 : 0	75 : 25	50 : 50	0 : 100
Carcass wt. (kg)	82.4 ^b	88.0 ^a	80.0 ^b	50.5 ^c
Back fat (mm)	20.2 ^{ab}	22.8 ^a	18.8 ^{bc}	7.5 ^d
Carcass grade [head (%)]				
A	3(60)	2(40)	2(40)	
B	1(20)	2(20)	1(20)	
C	1(20)		1(20)	
D		1(20)	1(20)	1(20)
E				4(80)

^{abcd} : Means with different superscripts in the same row differ significantly ($p < 0.05$).

25 % 대체구에서는 A 등급 및 B 등급의 출현율이 각각 40 %로 양호한 편이었으나, D 등급의 출현이 있었다. 50 % 대체구에서는 A 등급 40 %, B, C 및 D 등급 각각 20 %로 나타났다. 이러한 결과들로부터 음식폐기물 발효사료의 대체율이 증가 할수록 육질 등급이 낮은 것으로 나타남을 알 수 있었다. 특히 음식폐기물 발효사료 100 % 급여구에서는 대부분이 E 등급으로 나타나 시장성 있는 돈육생산에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

다. 육질 그룹 분류

육질판정은 육색, 조직감, 근내지방도를 육안으로 평가하여 각각 5개의 등급을 설정하였다. 그 등급기준은 참조 1과 참조 2에 기준하였다.

<참조 1. 육질판정기준>

등급	육 색	조 직 감	근 내 지 방 도
1	연 회홍색 (palepinkish gray)	매우 여리고 삼출이 많음 (very soft,floppy & exudative)	전혀 없음 (devoid to practically devoid)
2	회홍색 (grayish pink)	여리고 삼출이 있음 (soft,floppy &exudative)	소량에서 약간 (traces to slight)
3	담 회홍색 (reddish pink)	약간 단단하고 습기가 있음 (slighty firm & moist)	약간에서 적절 (small to modest)
4	진홍색 (purplish red)	단단하고 약간 건조 (firm & moderately dry)	적당에서 약간 풍부 (moderate to slightly abundant)
5	암적색 (dark purplish red)	매우 단단하고 약간 건조 (very firm & dry)	지나치게 풍부 (moderately abundant, greater)

위의 육질판정기준에 따라 육색 및 조직감 특성에 대한 등급을 종합하여 PSE (pale,soft,exudative), PFN (pale, firm, non-exudative), RSE (reddish, soft, exudative),

RFN (reddish, firm, non-exudative), DFD (dark, firm, dry)로 나누어 분류하였다. 이 분류기준은 Kauffman (1992)이 이용한 기준을 기초로 하였다.

<참조 2. 육질그룹>

육 질	육 색	조 직 감
PSE (pale,soft,exudative)	1	1&2
PFN (pale, soft, non-exudative)	1&2	3,4&5
RSE (reddish,soft,exudative)	3&4	1&2
RFN (reddish,firm,non-exudative)	3&4	3&4
DFD (dark,firm,dry)	5	5

생산된 돈육의 육질분류 결과는 Table 5에 나타난 바와 같다.

배합사료 100 %를 급여한 대조구의 돈육은 약 80 %가 RFN, 나머지 20 %가 RSE육으로 판정되었다. 음식폐기물 발효사료를 25 % 대체하였을 때 RFN 육의 출현율이 약간 감소하였으며, 육색이나 조직감에서 대조구보다 떨어지는 경향을 보였다. 음식폐기물 발효사료의 대체 비율이 50 % 까지 증가하였을 때 RFN 출현율이 40 %까지 유지되었으나 PFN 및 PSE 육의 발현도 각각 20 %씩 나타났다. 음식폐기물 발효사료만을 공급한 돈육은 육색이 연홍색으로 적색도가 매우 떨어지고 조직의 탄력감 및 근내 지방의 분포가 매우 낮았다. 80 %가 PSE, 20 %가 PFN 육으로 판정되었다.

Table 5. Quality classification of pork produced by different mixing rates of food wates fermented by MS microorganism

Classification	Mixing rate (concentrate % : food waste fermented %)			
	100 : 0	75 : 25	50 : 50	0 : 100
Grade [head (%)]				
DFD				
RFN	4(80)	3(40)	2(40)	
RSE	1(20)	1(20)	1(20)	
PFN		1(20)	1(20)	1(20)
PSE			1(20)	4(80)

이상의 결과들은 음식폐기물 발효사료의 첨가비율이 높아짐에 따라 생산된 돈육의 육질은 낮아짐을 잘 보여준다. 특히 음식폐기물 발효사료의 첨가 비율이 50 % 를 넘어 가면 PSE육의 발현율이 각각 20 % 및 80 %로 나타나므로 육질을 고려할 때 음식폐기물 발효사료의 첨가 비율은 25 % 수준을 넘지 않은 것이 유리한 것으로 나타났다.

라. 도체의 일반 성분

도체의 등심 및 다리에 있는 semitendinous 근육으로부터 시료육을 채취하여 조성분(수분, 지방, 단백질 및 회분)을 분석한 결과는 Table 4에 나타낸 바와 같다.

배합사료 100 % 급여한 대조구에서 등심의 수분함량은 60.03 %이었다. 음식폐기물 발효사료 25, 50 및 100 % 대체구에서 각각 60.88, 59.31 및 60.75 %로 대조구와 비교할 때 차이가 없었다. 조지방 함량은 대조구에서 21.91% 였으며, 음식폐기물 발효사료 25, 50 %까지의 대체구에서는 거의 동일한 수준이었으나 100 % 대체구에서는 20.61로 유의적인 감소를 보였다. 조단백질 함량은 대조구에서 17.06 %이었다. 음식폐기물 발효사료의 대체 비율이 25 %일 때 약간 감소하는 경향이었으나, 50 및 100 % 대체구에서는 유의적인 차이가 없었다. 조회분 함량은 대조구에서 1.0 %로 가장 낮았다. 음식폐기물 발효사료 25 및 50 % 대체구에서 약간 증가하는 경향이었으나 유의적인 차이는 인정되지 않았으나, 음식폐기물 발효사료를 100 % 급여했을 때는 조회분의 유의적인 증가가 인정되었다.

Table 4. Proximate analysis of loin and ham produced by the different mixing rate of concentrate and food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rate \ Compound	Moisture (%)	crude fat (%)	crude protein (%)	crude ash (%)
Loin				
Concentrate 100% (control)	60.03±0.00	21.91±0.06	12.60±0.279	10.89±0.44
F.W* 25% : Concentrate 75%	60.88±0.19	21.76±0.48	16.26±0.56	1.10±0.11
F.W 50% : Concentrate 50%	59.31±0.11	21.72±0.33	17.87±0.09	1.09±0.12
F.W 100% : Concentrate 0%	60.75±0.31	20.61±0.49	17.46±0.19	1.18±0.00
Ham				
Concentrate 100% (control)	61.67±0.68	19.79±0.09	17.35±0.33	1.19±0.26
F.W 25% : Concentrate 75%	62.27±0.65	19.95±0.04	16.50±0.72	1.29±0.37
F.W 50% : Concentrate 50%	62.13±0.17	20.60±0.02	16.07±0.17	1.20±0.02
F.W 100% : Concentrate 0%	62.94±0.06	17.83±1.01	17.84±0.70	1.39±0.25

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abcd} : Means with different superscripts in the same row differ significantly (p<0.05).

다리의 햄육의 수분함량은 등심육과 비교 할 때 약간 높은 수준을 보였다. 배합사료 100 % 급여한 대조구에서 햄육의 수분함량은 61.67 %이었다. 음식폐기물 발효사료 25 및 50 % 대체구에서 각각 62.27 및 62.13 %로 대조구와 비교 할 때 약간 높게 나타났으나 유의성은 없었다. 100 % 대체구에서는 62.94 %로 대조구에 비해 유의적으로 수분함량이 높았다. 조지방 함량은 등심육에 비해 전반적으로 약간 낮았는데 대조구에서 19.79 %이었다. 으며, 음식폐기물 발효사료를 50 %까지 조지방함량에 대한 유의적인 차이가 없었으나, 100 % 대체구에서는 17.83 %로 유의적인 감소하였다. 조단백질 함량은 등심육과 비슷한 수준으로 대조구에서 17.35 %이었다. 음식폐기물 발효사료의 대체 비율이 25 % 및 50 %일 때 약간 감소하는 경향이였다. 조회분 함량은 전시험구에서 등심육보다 약간 높은 수준이였다. 대조구에서 1.19 %로 가장 낮았다. 음식폐기물 발효사료 25 및 50 % 대체구에서 약간 증가하는 경향이였으나 유의적인

차이는 인정되지 않았으나, 음식폐기물 발효사료를 100 % 급여했을 때는 1.39 %로 유의적으로 증가하였다.

마. 도체의 화학분석과 미생물 분석

1

- 1) 육즙유출율
 - 2) 연도 측정
 - 3) 육색도
 - 4) 관능검사에 의한 odor 및 외관평가
 - 5) 돈육의 저장 안정성
- 가) 저장기간중 pH 및 산패도 (TBA value)
- 나) 호기성 미생물 (APC value)

오른쪽 도체에서 등심전부와 다리에 있는 semitendinous 근육을 발취하여 균일하게 4등분하여 2일, 4일, 8일 12일 동안 슈퍼마켓 진열조건 저장한 후 저장기간동안의 육즙 유출율, 연도, 육색도 (Hunter color L^+ , a^+ , b^+ value), odor, appearance score 및 저장안정성에 대한 이화학적 (pH, TBA value) 및 미생물학 (APC value, 호기성 세균수)을 각각 분석하였다.

1) 육즙유출율

음식폐기물 발효사료의 대체비율에 따라 생산된 등심의 육즙 유출율을 분석한 결과는 Table 6에 나타낸 바와 같다.

육즙유출율은 전 처리구 공히 저장기간이 길어짐에 따라 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 배합사료 100 %를 급여한 대조구의 경우 저장 2일 차에 15.93 %에서 저장 12일차에는 16.56 %로 증가하였다. 음식폐기물 발효사료 25 % 및 50 % 대체구에서는 저장 12일차에 각각 21.33 % 및 23.01 %로 두 처리구간에는 유의적 차이가 없었으나, 대조구와 비교 할 때 28.8 및 38.9 %의 유의적 증가를 보였다. 음식폐기물 발효사료 100 % 급여구에서 육즙 유출율은 전 저장기간을 통하여 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 유지되었다. 저장 12일차에는 26.05 %로 대조구에 비해 36.4 높은 육즙 유출율을 보였다. 이러한 결과들로부터 음식폐기물 대체비율이 증가됨에 따라 돈육의

육즙 유출율이 높아지며, 과도한 비율로 대체할 경우 저장기간동안 육즙의 유출이 지속적으로 일어남에 따라 육의 향미 및 조직감이 저하되는 돈육이 생산됨을 간접적으로 알 수 있다. 또한 100 % 음식폐기물 발효사료 급여구에서 PSE육의 높은 발현율의 결과 (Table 3)와 잘 일치한다.

Table 6. Changes in drip loss of pork loin produced by the different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rates	Storage times (day)			
	2 d	4 d	8 d	12 d
Concentrate 100% (control)	15.93±0.543 ^a	16.01±2.058 ^a	16.18±0.112 ^a	16.56±0.025 ^a
F.W* 25%:Concentrate 75%	17.82±0.195 ^b	18.67±0.186 ^{ab}	19.19±0.169 ^b	21.33±0.807 ^b
F.W 50%:Concentrate 50%	18.33±0.159 ^b	20.02±2.767 ^{ab}	20.52±0.832 ^b	23.01±1.695 ^b
F.W 100%:Concentrate 0%	23.02±1.173 ^c	23.34±1.052 ^{bc}	24.62±1.084 ^c	26.05±0.220 ^c

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abc} : Means with different superscript in the same column differ significantly (p<0.05).

2) 연도 측정 (Tenderness)

음식폐기물 발효사료의 대체비율에 따라 생산된 등심의 연도를 측정한 결과를 Table 7에 나타내었다. 배합사료 100 %를 급여한 대조구의 경우 저장 2일 차에 11.40으로 다른 처리구와 비교 할 때 가장 높았다. 12 간의 저장 기간동안 연도는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 음식폐기물 발효사료 25 % 및 50 % 대체구에서는 연도는 비슷한 것으로 평가되었으며, 대조구와 비교 할 때 유의적인 감소가 인정되었다. 음식폐기물 발효사료 100 % 급여구에서 연도는 2일차의 7.75에서 12일차에는 8.79로 증가하였으나, 전 저장기간중 절대값은 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 보

였다. 저장 12일차의 값을 대조구와 비교할 때 약 25.5 % 감소하였다. 따라서 이러한 결과들은 음식폐기물 대체비율이 증가됨에 따라 연도가 감소되기 때문에 돈육의 식감과 조직감 낮아짐을 잘 보여준다. 또한 100 % 음식폐기물 발효사료 급여는 돈육의 연도에 있어 매우 불합리한 급여 방법임을 알 수 있다.

Table 7. Changes in tenderness of pork loin produced by the different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rates	Storage times (day)			
	2 d	4 d	8 d	12 d
Concentrate 100% (control)	11.40±0.495 ^a	11.24±0.637 ^a	12.60±0.279 ^a	11.89±0.440 ^a
F.W* 25%: Concentrate 75%	9.65±0.317 ^b	10.26±0.358 ^a	10.67±0.712 ^b	9.51±0.663 ^b
F.W 50%: Concentrate 50%	9.55±0.505 ^b	10.10±0.543 ^a	9.98±0.646 ^b	9.26±0.033 ^b
F.W 100%: Concentrate 0%	7.75±0.404 ^c	8.42±0.706 ^b	8.49±0.034 ^c	8.79±0.888 ^c

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abc} : means with different superscript in the same column differ significantly (p<0.05).

3) 육색도

저장기간중 각 처리구로부터 생산된 돈육의 육색변화는 Hunter color (Color Difference Meter, Model D-25M, Hunter Lab.)에 의해 L⁺ (lightness), a⁺ (redness) 및 b⁺ (yellowness) scale을 이용하여 single processor와 optical sensor가 부착된 색차 분석기를 이용하여 분석하였다. 얻어진 결과를 Table 8에 요약하였다.

명도 (L⁺)값은 전 처리구에서 저장 기간 동안의 유의적인 변화는 인정되지 않았다. 대조구와 25 % 대체구의 명도는 비슷한 수준이었으나 50% 및 100 % 음식폐기물 급여구에서는 유의적으로 높았다. 적색도를 나타내는 a⁺ value는 대조구와 25 % 대체구에서 유의적으로 높게 나타났다. 황색도를 나타내는 b⁺ value는 대조구와 25 % 대체구에서 상대적으로 낮은 반면 50% 및 100 % 음식폐기물 급여구에서는 유의적으로 높

은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 음식폐기물 발효사료를 25 %까지 대체 급여했을 때 대조구와 비교하여 적색 및 황색도에 영향을 미치지 않으나, 그 이상의 대체 비율에서는 적색이 감소하고 황색도가 증가하는 외관상 선도에 나쁜 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

Table 8. Changes in Hunter color values of porks produced by the different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rates	Storage times (day)			
	2 d	4 d	8 d	12 d
COLOR-L⁺				
Concentrate 100% (control)	49.6±0.601 ^{ab}	53.5±0.275 ^a	53.8±0.498 ^b	50.7±0.802 ^b
F.W* 25%:Concentrate 75%	48.6±0.822 ^a	56.2±1.131 ^b	51.1±0.837 ^a	45.9±0.678 ^a
F.W 50%:Concentrate 50%	56.3±0.348 ^c	57.2±1.111 ^{bc}	60.2±0.446 ^{cd}	57.3±0.590 ^c
F.W 100%:Concentrate 0%	56.3±0.490 ^c	59.5±0.143 ^{cd}	59.2±0.443 ^c	58.4±0.856 ^{cd}
COLOR-a⁺				
Concentrate 100% (control)	6.8±0.159 ^{cd}	5.8±0.296 ^c	6.8±0.168 ^c	7.9±0.358 ^{bc}
F.W 25%: Concentrate 75%	6.2±0.368 ^c	4.1±0.295 ^a	3.6±0.158 ^b	7.0±0.550 ^b
F.W 50%: Concentrate 50%	4.4±0.256 ^{ab}	4.3±0.247 ^{ab}	3.7±0.115 ^b	4.8±0.778 ^b
F.W 100%: Concentrate 0%	3.5±0.076 ^a	4.6±0.436 ^{ab}	3.0±0.223 ^a	4.4±0.273 ^a
COLOR-b⁺				
Concentrate 100% (control)	2.9±0.203 ^a	4.9±0.318 ^{ab}	3.9±0.307 ^a	4.5±0.558 ^{ab}
F.W 25%: Concentrate 75%	3.7±0.600 ^{ab}	4.5±0.177 ^a	4.3±0.0294 ^{ab}	4.0±0.503 ^a
F.W 50%: Concentrate 50%	6.6±0.132 ^d	4.5±0.285 ^a	5.7±0.336 ^b	6.2±0.698 ^{cd}
F.W 100%: Concentrate 0%	5.0±0.056 ^c	5.4±0.226 ^{bc}	7.8±0.128 ^d	8.0±0.370 ^{bc}

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abc} : Means with different superscript in the same column differ significantly (p<0.05).

4) 관능검사에 의한 odor 및 외관평가

저장기간 동안 주기적 시료육의 냄새와 외관에 대해 관능검사를 실시하였다. 9점 등급제로하여 (9 point hedonic scale)로 하여 10인의 훈련받은 심사원에 의하여 수행하였다. 신선육의 점수를 5점으로 하고 처리구가 시료육이 신선육보다 더 싫은 경우 1-4점, 가장 싫은 경우 1점 그리고 시료육이 신선육보다 더 좋은 경우 6-9점, 가장 좋은 경우 9점으로 등급하였다. 얻어진 결과는 Table 9에 나타내었다.

저장 2일차의 시료육의 냄새는 배합사료 100 % 급여한 대조구와 25 % 음식폐기물 발효사료 대체구에서 각각 5.50으로 가장 좋은 것으로 평가되었으며, 음식폐기물 발효사료 50 % 및 100 % 대체급여구에서는 각각 4.63 및 3.75로 유의적으로 낮은 평가를 받았다. 저장기간이 경과 됨에 따른 돈육의 odor value는 전 처리구 공히 지속적으로 감소하였다. 저장 12일차의 odor value는 대조구 및 25 % 대체구에서 각각 2.13 및 2.63으로 비슷하였으나, 50 % 및 100 % 음식폐기물 발효사료 급여구에서는 유의적으로 낮은 값을 얻었다. 따라서 음식폐기물 발효사료를 25 % 까지 대체 급여할 경우 돈육의 불쾌취의 발생은 대조구와 비슷한 수준을 유지할 수 있으나 50 % 이상 대체할 경우 불쾌취가 높아짐을 알수 있다.

Table 9. Changes in odor and appearance values of porks produced by the different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rates	Storage times (day)			
	2 d	4 d	8 d	12 d
Odor				
Concentrate 100% (control)	5.50±0.422 ^c	4.75±0.164 ^a	3.25±0.313 ^a	2.13±0.125 ^{bc}
F.W* 25% : Concentrate 75%	5.50±0.500 ^c	4.50±0.189 ^a	3.75±0.164 ^b	2.63±0.263 ^{cd}
F.W 50% : Concentrate 50%	4.63±0.420 ^{ab}	4.50±0.189 ^a	3.75±0.250 ^b	1.75±0.164 ^{ab}
F.W 100% : Concentrate 0%	3.75±0.412 ^a	4.50±0.189 ^a	3.13±0.295 ^a	1.63±0.263 ^a
Appearance				
Concentrate 100% (control)	5.50±0.535 ^c	5.00±0.267 ^c	4.00±0.189 ^{cd}	2.38±0.324 ^{ab}
F.W 25% : Concentrate 75%	5.50±0.189 ^c	4.75±0.313 ^c	3.63±0.183 ^c	3.25±0.453 ^{bc}
F.W 50% : Concentrate 50%	3.88±0.295 ^{ab}	3.75±0.164 ^{ab}	2.75±0.164 ^{ab}	2.38±0.460 ^{ab}
F.W 100% : Concentrate 0%	2.75±0.453 ^a	3.50±0.327 ^a	2.63±0.183 ^a	1.50±0.189 ^a

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abc} : Means with different superscript in the same column differ significantly (p<0.05).

저장 2일차의 시료육의 외관은 배합사료 100 % 급여한 대조구와 25 % 음식폐기물 발효사료 대체구에서 각각 5.50으로 가장 좋은 것으로 평가되었으며, 음식폐기물 발효사료 50 % 및 100 % 대체급여구에서는 각각 3.88 및 2.75로 유의적으로 낮은 평가를 받았다. 전 처리구에서 공히 저장기간이 경과 됨에 따른 돈육의 appearance value는 odor value와 마찬가지로 지속적으로 감소하였다. 저장 12일차의 appearance value는 대조구에서 2.38로 평가되었다. 25 %와 50 % 음식폐기물 발효사료 급여구에서는 3.25 및 2.38로 대조구에 비해 높거나 비슷한 값을 나타내었으나 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 100 % 음식폐기물 발효사료 급여구는 1.50으로 매우 낮은 평가를 받았다. 따라서 음식폐기물 발효사료를 50 % 까지 대체 급여하더라도 돈육의 외관상 평가에는 비슷한 수준을 유지할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 100 % 음식폐기물 발효사료 급여는 돈육의 외관에 악영향을 미치는 것으로 평가된다. 이러한 결과는 낮은 연

도와 높은 육즙유출율과 직접적인 관련이 있는 것으로 사료된다.

5) 돈육의 저장 안정성

가) 저장기간중 pH 및 산패도 (TBA value)

전 저장기간 pH는 배합사료 100 % 급여구 (5.81에서 6.06범위)와 25 % 음식폐기물 발효사료 대체구 (5.84에서 6.08범위)가 50 % 및 100 % 음식폐기물 발효사료 급여구 보다 약간 높게 유지되었다.

Table 10. Changes in TBA values of porks produced by the different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rates	Storage times (day)			
	2 d	4 d	8 d	12 d
Concentrate 100% (control)	0.067±0.011 ^{bc}	0.067±0.022 ^{cd}	0.037±0.005 ^a	0.030±0.006 ^c
F.W* 25%:Concentrate 75%	0.064±0.019 ^{ab}	0.051±0.015 ^a	0.044±0.010 ^{bc}	0.033±0.003 ^{bc}
F.W 50%:Concentrate 50%	0.071±0.010 ^{cd}	0.065±0.009 ^c	0.040±0.009 ^b	0.032±0.004 ^b
F.W 100%:Concentrate 0%	0.071±0.005 ^{cd}	0.054±0.017 ^{ab}	0.047±0.003 ^d	0.040±0.007 ^d

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abc} : Values with different superscript in the same column differ significantly (p<0.05).

12일간 생산된 돈육의 저장기간중 TBA value의 변화는 Table 10에 나타내었다. 배합사료 100 %를 급여한 대조구의 경우 저장 2일차의 TBA value는 0.067에서 저장 4일차 까지는 비슷한 수준으로 유지하다가 저장 8일차부터 급격히 감소하여 12일차의 TBA value는 0.030이었다. TBA value의 감소원인은 육 표면에 존재하는 미생물이 malonaldehyde를 제거하고 자동산화에 의하여 생성된 dicarbonyl compound를 제거하기 때문이며, 이러한 결과는 육 부패의 주요세균인 *Pseudomonas* spp. 등의 그람음성 미생물들이 주로 관여한다 (Molins, 1991).

음식폐기물 발효사료 25 % 대체구에서 TBA value는 전반적으로 대조구와 비슷한

수준을 보였으나 저장 4일차부터 그 값이 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 50 % 및 100 % 대체구 역시 4일차부터 TBA value가 유의적으로 감소하였다. 이러한 결과는 대조구의 8일 이후 육질의 저하의 요인이 발생하나, 음식폐기물 발효사료의 급여구에서는 이러한 요인이 빨리 일어남을 간접적으로 보여준다.

나) 호기성 미생물 (APC value)

저장기간동안 호기성 균수의 분석은 standard plate counter agar (Difco, USA)위에서 30°C, 48시간 각각 호기배양 후 배지위에 형성된 집락수를 세어 Log₁₀CFU/g으로 환산하여 나타내었다. 얻어진 결과는 Table 11에 나타낸 바와 같다.

Table 11. Changes in APC values of porks produced by the different mixing rates of food wastes fermented with MS microorganism

Mixing rates	Storage times (day)			
	2 d	4 d	8 d	12 d
Concentrate 100% (control)	4.05±0.130 ^a	4.42±0.185 ^{bc}	4.82±0.035 ^{ab}	6.65±0.135 ^a
F.W* 25%: Concentrate 75%	4.19±0.075 ^{ab}	4.11±0.000 ^{ab}	5.07±0.160 ^{bc}	6.56±0.445 ^a
F.W 50%: Concentrate 50%	4.36±0.040 ^{bc}	4.36±0.025 ^{ab}	5.31±0.020 ^{bc}	7.04±0.040 ^{ab}
F.W100%: Concentrate 0%	4.93±0.045 ^d	4.64±0.020 ^{cd}	5.93±0.150 ^d	7.05±0.255 ^{ab}

* F.W: Food wastes fermented with MS microorganism.

^{abc} : Means with different superscript in the same column differ significantly (p<0.05).

저장 2일차의 호기성 세균수는 100 % 배합사료 급여한 대조구에서 4.05 log unit로 가장 낮았다. 저장기간이 경과 됨에 따라 전 처리구에서 지속적으로 증가하였다. 전 저장기간동안 대조구와 25 % 음식폐기물 발효사료 대체구간에는 유의적인 차이가 인정되지 않아 25 % 까지 대체급여는 미생물학적인 저장 안정성에 있어 대조구와 차이가 없음을 알 수 있었다. 25 %와 50 % 대체구 간에는 저장 8차까지 유의적인 차이가 없었으나 이후 50 % 대체구가 유의적으로 높았다. 100 % 음식폐기물 사료 급여구에서도 50 % 대체구와 비슷한 수준을 보였다. 따라서 50 % 이상의 대체 돈육은 저장기간이 길어질 때 미생물학적 안정성에 문제가 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 정재춘. 1996. 폐기물 처리. 신광문화사. 서울 pp. 19 - 45.
2. 환경일보. 1996. 음식물쓰레기의 자원화 심포지움. pp. 34 - 38.
3. 환경부. 1997. '96 전국폐기물통계조사.
4. Hong, Sung-Chul. 1997. Biological treatment of leachate from municipal refuse landfill. *J. Korea Solid Wastes Engineering Society*. 14 (7) : 822 - 831.
5. Koh, Sung-Cheol, Song, Young-Chae and Kim, In-Soo. 1997. Efficient treatment of food wastes by EM(Effective Microorganism) and their recycling. *J. Korea Solid Wastes Engineering Society*. 14 (7) : 729 - 740.
6. 서울시환경관리실. 1998. '98년도 주요업무 추진현황.
7. 박기영. 1998. 음식물 쓰레기의 문제점 및 활용방안. 그린순천 21.
8. 월간폐기물. 1998(3월호). 음식물쓰레기의 자원화. pp. 39.
9. 양창욱. 1998(5월호). 음식물찌꺼기 사료화의 허와 실. 양돈연구.
10. 김문수. 1998. 생명을 지키는 MS 토착미생물. 한국MS 연구소. pp. 4.
11. 맹원재, 윤광로, 신형태, 김대진. 1987. 사료분석실험. 선진문화사. pp. 126 - 154.
12. 축산기술연구소. 1996. 표준사료성분 분석법. 축산기술부. pp. 1 - 20.
13. 한국사료성분표. 1982. 서울대학교-유타주립대학교 국제사료연구소.

14. Cullison, A.E. 1975. Feeds and feeding. Reston Publishing Co., Inc. Va.
15. NRC사양표준. 1978. Nutrient Requirement of swine. pp. 1 - 56.
16. Hong, Sung-Chul. (1997) Biological treatment of leachate from municipal refuse landfill. *J. Korea Solid Wastes Engineering Society*. 14 (7) : 822 - 831.
17. Timothy, R.K. and Walker, P.M. (1996) Bacteria concentration reduction of food waste amended animal feed using a signal-screw, dry-extrusion process. *Bioresource Technology*. 67 : 247-253.
18. Koh, Sung-Cheol, Song, Young-Chae and Kim, In-Soo. (1997) Efficient treatment of food wastes by EM(Effective Microorganism) and their recycling. *J. Korea Solid Wastes Engineering Society*. 14 (7) : 729 - 740.
19. Park, K.Y. (1998) Problem and utility of food wastes. Green Suncheon, Press, Suncheon, Korea.
20. Kim, M.S. (1998) Miraculous soil-bacteria(MS). Institute of MS, Press, Changsung, Korea. pp. 4-13.
21. Jung, J.C. (1996) Treatment of waste. Sinkwang, Press, Seoul, Korea. pp. 19-45.
22. Westendor, M.L., Dong, Z.C. and Schoknecht, P.A. (1998) Recycled cafeteria food waste as a feed for swine : Nutrient content, digestibility, growth, and meat quality. *J. Animal Science*. 76 (12) : 2976 - 2983.
23. Myer, R.O., Brendemuhl, J.H. and Johnson, D.D. (1999) Evaluation of hedydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. *J. Animal*

Science. 77 (3) : 685 - 692.

24. Anonymous. (1972) A rapid qualitative test for aflatoxin. *Feedstuffs*, Nov. 27.
25. ANSI/ASTM method D 1242. (1972) pp. 8 - 20.
26. Association of Official Analytical Chemists (1980) *Official Methods of Analysis*, 13th edition, *Assoc. Office Agr. Chem.*, Washington D.C.
27. Christian, G.D., Feldman, F. J. (1970) *Atomic absorption spectroscopy : Applications in Agriculture, Biology and Medicine*, Wiley-Interscience, New York and London.
28. Firestone D. and Horwitz, W. (1979) IUPAC gas chromatographic method for determination of fatty acid composition. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62 : 709.