

## 복합미생물을 이용한 수산폐기물의 분해특성

정해윤 · 이범규 · 김중균\*

부경대학교 식품생명공학부 생물공학 전공

## Characterization of degradation of fish wastes using mixed microorganisms

Hae-Yoon Jeong, Bum-Kyu Lee and Joong Kyun Kim\*

Major of Biotechnology, Division of Food Science and Biotechnology,  
Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

### Abstract

Fifteen species of microorganisms were isolated from the intestines of fishes, fish feed, and ferment. Eleven microorganisms except HY4, HY8, HY12, and HY13 were Gram-positive, and HY1, HY2, HY3, HY5, HY6, and HY7 produced lactic acid. The species of HY1, HY2, HY3, HY4, HY5, HY6, HY13, and HY14 showed some growth in the medium containing 1% of NaCl. Except HY6, HY7, HY8, HY12 and HY5, 10 isolates had proteolytic activity, whereas only HY13 and HY14 had lipase activity. From all the results four isolates (HY3, HY4, HY13 and HY14) were chosen for the degradation of fish wastes. There was no mutual inhibition among the microorganisms, and the optimum temperature and pH for the growth of the mixed culture were found to be 32°C and 7, respectively. Under the optimum growth conditions the maximum optical density and the maximum specific growth rate were estimated to be 2.35 and 0.46h<sup>-1</sup>, respectively. Major microorganisms in the mixed culture at the log-phase were HY3 and HY4, which occupied 70%. The degrading efficiency of fish waste by the mixed microorganisms was 2.3 times higher, compared to control. The total amount of free amino acids in the degraded products from fish wastes was 39g/100g protein and little odor was produced by the mixed microorganisms after 48 hours.

**Key words** – Fish wastes, mixed microorganisms, degradation

### 서 론

오늘날 양식산업과 수산가공업의 발전에 따라 발생하는 환경오염은 그 정도가 날이 깊어져 가고 있고, 특히 수산가공공장, 횃집, 및 어판장 등지에서 나오는 수산 폐기물은 수질 및 해양오염의 중요한 원인의 하나가 되고 있다.

현재 조미공장에서 가공처리 후 발생하는 오징어·명태·귀치 등의 내장과 같은 폐기물이 썩어서 생기는 유기성 오니는 환경부가 화학약품을 처리해 침전시킨 후 지정한 공해상에 투기해 오고 있는 실정이며, 이와 같은 해양투기는 수질오염을 가중시켜 수산자원을 고갈시키고, 그로 인해 어획량의 감소를 초래하고 있다. 또한 97년까지 1등급이던 동해남부 해상지역의 수질이 지난해부터 2등급으로 떨어진 것으로 보도되어 충격을 더해 주고 있다.

수산폐기물의 처리는 현재까지는 일반매립장의 시설이

\*To whom all correspondence should be addressed  
Tel: (051) 620-6186, Fax: (051)620-6186  
E-mail: junekim@pknu.ac.kr

미비하여 배양이 불가능하며, 또한 수분과 염분을 많이 함유하는 오니는 일반 소각장에서의 소각이 금지되어 있는 실정이다. 그러나 이러한 수산폐기물을 환경친화적인 발효 공법을 이용하여 효과적으로 처리하면 인류 및 동물에게 유용한 지질 및 단백질로 이용될 수 있다는 연구보고가 있었고[12], 실제로 수산폐기물을 효율적으로 재활용하려는 방안으로 이들을 수거하여 단백질 함량이 높은 동물 사료 및 퇴비로서 재활용하려는 시도가 국내외적으로 이루어지고 있으나[2,5,6,9], 아직 초기 단계의 수준에 머물러 있어 아직까지는 단순히 물리적 농축·가공처리법이나 재래식 발효에 의하여 사료와 퇴비를 생산하고 있는 실정이다[10].

따라서, 본 연구에서는 버려지는 수산폐기물을 미생물을 이용하여 분해하여 사료 및 퇴비를 제조하기 위한 기초자료를 마련하고자 먼저 수산폐기물로부터 발생하는 유기성 폐기물을 빨리 효과적으로 발효시킬 수 있는 미생물들을 순수 분리하고, 이 균들의 혼합배양특성 및 복합미생물에 의한 수산폐기물의 분해특성을 아울러 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 배지 및 수산폐기물

미생물의 분리 및 배양을 위하여 0.5% beef extract, 1% peptone 및 0.5% NaCl이 포함된 배지를 사용하였으며, 복합미생물을 이용한 수산폐기물의 분해실험에는 수산시장으로부터 버려진 물고기의 내장을 사용하였다.

### 미생물의 순수 분리 및 보관

수산폐기물을 효과적으로 분해할 수 있는 균주를 순수 분리하기 위하여 수산시장으로부터 폐기된 어류의 내장과 시판되고 있는 양어 사료 및 발효제로부터 균을 분리하였다. 폐기된 어류의 내장의 경우 우선 잘게 파쇄한 뒤, 5%의 이시료를 100ml의 배지를 포함하는 250ml flask에 접종하여 30℃에서 1일간 배양한 후 agar plate에 평판도말하고 배양 1일 후 형성된 colony들을 순수분리 하였다. 양어사료 및 발효제는 멸균된 증류수에 현탁한 뒤 agar plate에 평판도말하여 30℃에서 1일간 배양한 후 형성된 colony로부터 순수 분리하였다. 분리된 균주는 agar slant에서 5개월 단위로 계대배양하여 냉동·보관하였다.

### 분리 균주의 특성 조사

각각의 분리된 미생물의 단백질 분해능은 1%의 skim milk를 포함하는 agar배지에 균주를 접종하여 30℃에서 2일간 배양한 후, 생성된 colony 주위에 형성된 투명 환의 크기를 측정하여 단백질 분해효소의 활성을 조사하였으며 [15], 지질의 분해능은 spirit blue agar를 사용하여 colony의 색깔이 청색을 띠는 정도를 비교하여 조사하였다. 젖산의 생성 여부는 bromocresol purple을 배지에 첨가하여 colony 주위의 색이 보라색에서 노란색으로 변하는 것을 관찰하여 조사하였다. 또한 NaCl 1%에서의 균주의 성장여부는 미생물 배양 배지에 0.5% NaCl 대신에 1%의 NaCl을 첨가하여 2일 배양 후 752 UV Grating spectrophotometer를 이용하여 600nm 파장에서 optical density (OD) 측정하여 조사하였다. 그 외 미생물의 특성을 알아보기 위하여 Gram-staining test와 catalase test를 행하였다.

### 균주 배양

Agar plate 상의 순수 colony 하나를 접종용 tip을 이용하여 취한 후 미리 멸균된 5ml의 배지를 포함하는 20ml tube에 무균적으로 접종하여 30℃에서 late-log phase까지 배양하였다. Flask 배양은 tube에서 배양된 미생물을 5% 접종량으로 하여 실시하였다. 복합 미생물의 최적 성장조건 규명실험은 250ml flask에서 실시하였는데, tube에서 배양한 각각의 균주를 미리 멸균된 빈 flask에 동일 비율로 부어 잘 혼합한 후 준비한 배양액을 5% 접종한 후 여러 가지 다른 온도 및 pH에서 균주를 배양하면서 2시간 단위로 OD를 측정하여, 최대 OD 및 최대 비 성장 속도( $\mu_{max}$ )를 구하여 최적 배양조건을 결정하였다.

### 미생물 상호간의 길항작용

균주들 사이의 길항작용은 streak method [8]와 disk method[3]을 이용하여 조사하였다.

### 수산폐기물 분해 실험

복합미생물을 이용한 수산폐기물 분해실험은 여러 개의 250ml flask에 각각 10g (wet weight) 생선 내장, 5ml의 복합미생물 배양액 및 5ml의 배지를 함께 넣어 32℃에서 배양하였으며, 분해되는 정도는 일정시간 간격으로 배양기에서 flask를 하나씩 꺼내어 pH 및 dry weight를 측정하여

조사하였다. 복합미생물을 접종하지 않은 flask는 control로서 동일한 방법으로 배양 분석하였다. 수산폐기물의 건조중량은 배양된 시료를 100 $\mu$ m filter에 여과한 후 100 $^{\circ}$ C에서 12시간 건조 후 그 중량을 측정하여 구하였다. 복합미생물에 의해 분해된 수산폐기물의 최종산물로부터의 아미노산 분석은 아미노산 자동분석기 Biochrome 202를 이용하여 실시하였다.

### 결과 및 고찰

#### 분리 미생물의 특성

수산시장에서 버려진 어류의 내장과 시판되는 양어사료 및 발효제로부터 각각 6종, 5종, 그리고 4종의 총 15종의 미생물을 순수분리할 수 있었으며, 분리된 균들은 HY1에서부터 HY15까지로 명명하였다. 분리된 각각의 균들에 대한 특징은 Table 1에 나타내었다. 분리된 15종의 균주들 가운데 HY4, HY8, HY12, 그리고 HY13 을 제외한 나머지 11종의 균주들은 그람양성반응을 보였으며, 그 중 HY1, HY2, HY3, HY5, HY6, 그리고 HY7은 젖산생성 능력을 가진 것으로 판명되었는데, 젖산을 생성하는 젖산균을 이용하여 수산폐기물을 처리할 경우 이들이 생산하는 젖산에 의해서

주변의 pH가 떨어지며 또한 이들이 생산하는 bacteriocin은 부패성균의 증식을 억제함으로써, 위생적으로 높은 영양가를 가진 발효산물을 얻을 수 있다는 장점이 있다 [4]. 분리된 균주들 가운데 1%의 NaCl에서 성장할 수 있는 균주는 수산폐기물로부터 분리된 HY1부터 HY6까지의 균주와 발효제로부터 분리된 HY13 및 HY14 이었다. 수산폐기물은 그 자체에 어느정도의 염을 포함하고 있으므로 이를 효율적으로 분해하기 위해서는 1% 염 농도에서도 자랄 수 있는 균주를 사용하는 것이 효율적이다. 따라서 분리된 균주 가운데 1%의 NaCl에서 자랄 수 있는 8종의 균주만이 수산폐기물의 처리에 적합하다고 보여진다.

분리된 균주들의 단백질 및 지방의 분해능력은 각각 skim milk agar와 spirit blue agar를 사용하여 조사하였다. Fig. 1a를 살펴보면 YH 13 균주의 colony 주변에 이 균주가 분비한 단백질 분해효소에 의해 skim milk가 분해되어 투명한 환이 형성되어 있음을 알 수 있고, Fig. 1b에서는 agar plate 위에 성장한 colony들이 지방을 분해하여 침식을 띄고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 단백질분해 및 지방의 분해능력을 조사한 결과 전체 15종의 균주 가운데 10종의 균주가 단백질 분해능력을 보인 반면 지방의 분해능력은 단지 HY13 및 HY14 두 균주에서만 나타났으며, 단백질

Table 1. Characteristics of isolated microorganisms

Isolates	Catalase	Gram reaction	Lactate production	Growth at 1% NaCl	Proteolytic activity <sup>a</sup>	Lipolytic activity
HY1	+	+	+	+	+ - +	-
HY2	-	+	+	+	++ -	-
HY3	+	+	+	+	+++++	-
HY4	-	-	-	+	+++++	-
HY5	+	+	+	+	++ -	-
HY6	-	+	+	+	-	-
HY7	-	+	+	-	-	-
HY8	-	-	-	-	-	-
HY9	+	+	-	-	++	-
HY10	+	+	-	-	++++	-
HY11	-	+	-	-	++	-
HY12	-	-	-	-	-	-
HY13	+	-	-	+	+++	+
HY14	+	+	-	+	++	+
HY15	+	+	-	-	-	-

<sup>a</sup> The degree of proteolytic activity was : +, 0~20%; ++, 20~40%; +++, 40~60%; +++++, 60~80%; ++++++, 80~100%.

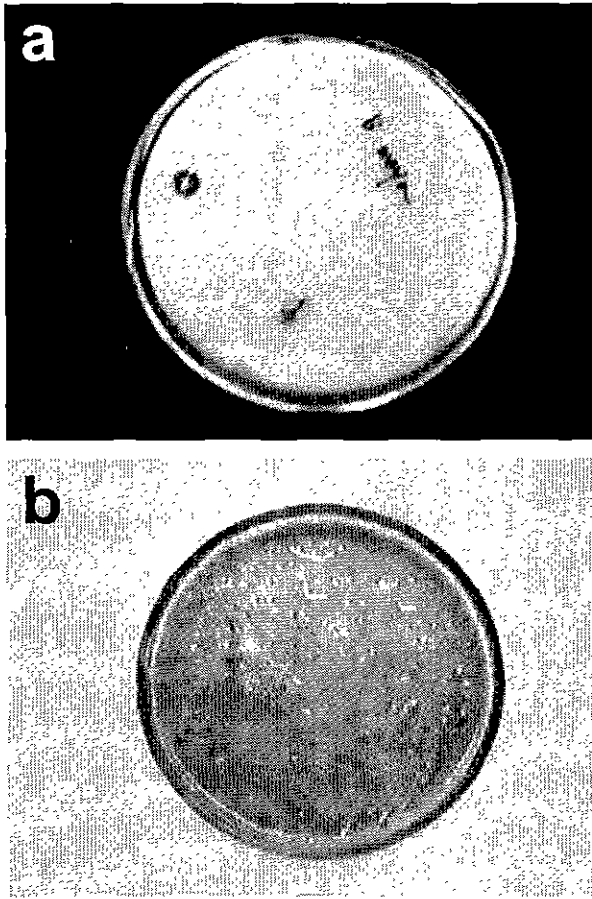


Fig. 1. Photo of clear zone formed on the skim milk agar medium by proteolytic activity of HY 13 (a) and blue colonies formed on the spirit blue agar medium by lipolytic activity of HY 13 (b).

분해능력을 가진 균주 가운데는 YH3 및 YH4가 가장 뛰어난 단백질 분해능력을 보였다 (Table 1). 어류의 체성분을 살펴보면 단백질이 건물량 기준으로 65-75%를 차지하고 있어[1], 이러한 수산물로부터 나오는 수산폐기물 또한 대부분이 단백질로 이루어져 있다. 따라서 이러한 폐기물들을 효과적으로 분해하기 위해서는 단백질 분해능력이 뛰어난 균주를 이용하는 것이 효율적이며, 또한 어체는 상당량의 지방을 포함하고 있으므로 지방을 분해할 수 있는 균주를 단백질 분해능이 뛰어난 균주와 혼합 배양함으로써 수산폐기물의 처리효율에 있어 향상을 꾀할 수 있으리라 사료된다. 따라서 1% NaCl에서 성장할 수 있는 균주 가운데 단백질 분해능력이 뛰어난 HY3와 HY4 균주 및 단백질 분해능력 외에 지방 분해능력을 가진 HY13 및 HY14균을 혼합 배

양하여 수산폐기물을 처리하는 것이 효과적일 것으로 생각되어 이후의 실험은 이들 복합균을 이용하여 실시하였다.

복합균의 최적성장 조건 및 성장 특성

복합균을 이용한 수산폐기물의 처리에 앞서 HY3, HY4, HY13, 그리고 HY14 균주들 사이의 상호 길항 작용을 조사한 결과 이들 네 균주 사이에는 어떠한 저해작용도 보이지 않았다. 따라서 이 네 균주가 혼합된 복합균의 최적 성장을 위한 온도 및 pH를 조사하였다. Fig. 2 및 Fig. 3은 각각 pH 및 온도에 따른 최대 OD 및 최대 비성장속도를 보여주는데 그림에서 보이듯이 복합균은 pH 7 및 32°C에서 가장 높은 OD 및 비성장속도를 가짐을 알 수 있었다.

최적 성장조건에서의 복합균주의 성장 특성이 Fig. 4에 보여지는데 복합균은 2시간의 정체기를 가지며 약 12시간 만

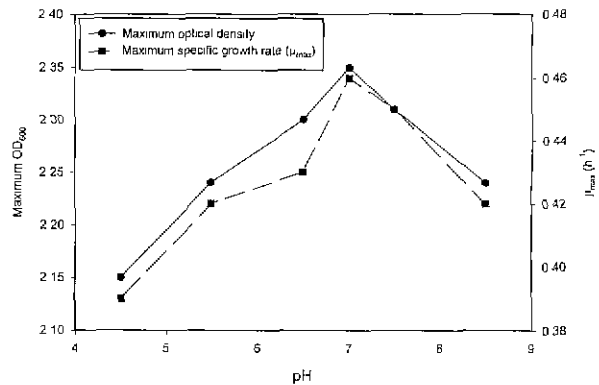


Fig. 2. Maximum OD<sub>600</sub> and  $\mu_{max}$  of mixed microorganisms at various pHs in shaken flasks.

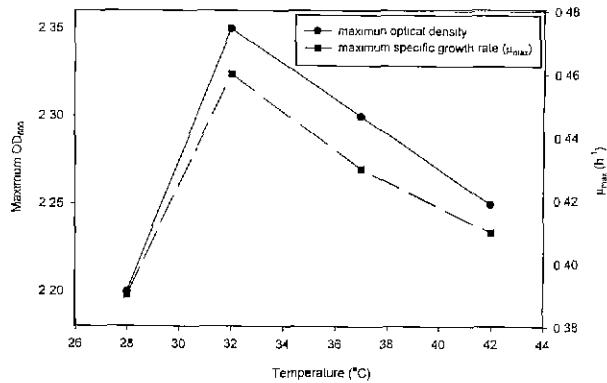


Fig. 3. Maximum OD<sub>600</sub> and  $\mu_{max}$  of mixed microorganisms at various temperatures in shaken flasks.

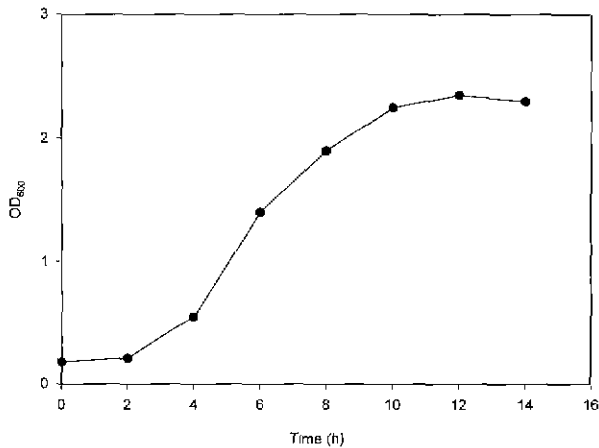


Fig. 4. Growth curve of mixed microorganisms cultivated in a shaken flask at 32°C and pH 7.

에 정지기에 도달했다. 이때 최대 OD 및 최대 비성장속도는 각각 2.35 및 0.46h<sup>-1</sup>이었다. 4종으로 이루어진 복합균 가운데 순수배양시 가장 성장속도가 빠른 HY3 균의 최대 비성장속도인 0.43h<sup>-1</sup>에 비하여 복합균이 빠른 성장 속도를 보였다. 이러한 결과는 복합균의 배양시 네 균주 상호간의 synergy 효과에 의하여 성장이 조금 더 빨라진 것으로 사료된다. 복합균의 배양에 있어 각 균주의 strain비를 살펴보면 대수증식기 및 정지기에 걸쳐 HY3 및 HY4 균이 약 전체 population의 70%로 H13 및 HY14에 비하여 빠른 성장을 보였다. 이러한 결과는 yeast extract 및 peptone과 같은 단백질 성분으로 이루어진 매지에서 단백질 분해능력이 뛰어난 HY3 및 HY4가 다른 균에 비하여 쉽게 기질을 분해하여 섭취할 수 있음으로 인해 다른 두 균주에 비해 세포수가 현저히 많아진 것으로 보인다.

복합균을 이용한 수산폐기물의 분해

복합균을 이용한 수산폐기물의 분해 정도를 알아보기 위하여 flask 실험을 실시하였는데 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 초기 6.1g의 건조중량을 가지는 수산폐기물에 복합균을 처리한 경우 처리 6시간 이후부터 급격히 분해되기 시작하였으며, 처리 48시간 이후에는 대부분이 분해되어 약 0.3g 정도의 고형분만이 남았다. 이에 비하여 대조구의 경우를 살펴보면 초기 6.3g의 건조중량이 처리 6시간 이후부터 분해되어 처리 48시간 이후에도 약 40% 정도만이 분해되었다. 48시간의 처리시간을 기준으로 처리구가 대조구

Table 2. Changes in mass and pH of fish wastes during the period of treatment by mixed microorganisms

Time (h)	Condition			
	Control		Treatment by mixed microorganisms	
	Dry weight (g)	pH	Dry weight (g)	pH
0	6.3±0.8	7	6.1±1.2	7
6	6.0±1.0	6.9	5.5±1.0	6.8
12	5.6±1.2	6.7	4.2±0.5	6.2
24	5.0±0.8	6.4	1.3±0.1	5.2
36	4.2±0.5	6.3	0.5±0.1	4.8
48	3.8±0.5	6.2	0.3±0.1	4.5

에 비하여 약 2.3배 높은 분해활성을 나타내었으며, 이때 수산폐기물의 최대 분해속도는 0.24g/h였다. 대조구에서 보여진 수산폐기물의 분해 활성은 어류의 사후에도 장기에 분포하는 단백질 분해효소들에 의한 것과 [13,14], 수산폐기물 내에 존재하는 일부의 미생물이 배지 첨가로 인하여 성장하여 수산폐기물의 분해에 관여한 것으로 사료된다.

48시간 후의 복합미생물에 의한 수산폐기물의 분해정도를 알아보기 위하여, 분해된 수산폐기물의 최종산물에 대한 대조구 및 처리구의 유리 아미노산 양을 분석하여 Table 3에 나타내었다. 처리구의 경우 총 유리된 아미노산의 양이

Table 3. The comparison of amounts of free amino acids between the treated fish waste and control

Free amino acid	Control (g/100g protein)	Treatment (g/100g protein)
Arginine	0.008	0.005
Aspartic acid	0.028	0.045
Glutamic acid	0.019	0.037
Isoleucine	0.015	0.028
Leucine	0.024	0.044
NH <sub>3</sub>	0.005	0.010
Phenylalanine	0.013	0.023
Methionine	0.007	0.012
Serine	0.024	0.051
Threonine	0.026	0.048
Tyrosine	0.008	0.026
Taurine	0.027	0.061
Total	0.204	0.390

39g/100g protein으로 대조구에 비하여 약 2배 가량 많은 양이 유리되었으며, 이는 처리구의 수산폐기물이 대조구에 비하여 보다 더 잘 분해되었음을 보여 주었다. 이 결과를 Food Agricultural Organization (FAO) guidelines과 비교하여 보면[7], threonine, leucine 및 phenylalanine의 양은 FAO guidelines 보다 높거나 비슷하지만 다른 아미노산은 훨씬 적은 양이나 검출되지 않았고, 따라서 이 수산폐기물의 발효산물은 사료로서는 사용될 수 없음을 알 수 있었는데, 이는 실험에 사용된 수산폐기물의 선도가 좋지 않았음을 말해준다. 어류는 사후에 장기에 분포하고 있는 미생물에 의해 부패되기 시작하는데 부패의 정도가 심할수록 이 폐기 단백질을 이용한 분해산물은 사료로서는 사용될 수 없고 유기퇴비로서 사용하여야 함을 알 수 있었다 [11]. 수산폐기물의 분해시 발생하는 악취정도는 처리구의 경우 미생물 처리후 24시간 이후부터 악취가 감소하여 처리 48시간 뒤에는 대부분의 악취가 제거된 반면, 대조구의 경우는 48시간 후에도 여전히 악취를 풍겼다. 이러한 결과는 처리구의 경우 처리 24시간 이후부터 pH가 5 이하로 떨어져서 다른 부패성 세균의 성장이 억제되어 나타난 결과로 사료된다.

## 요 약

수산시장에서 버려진 어류의 내장, 시판되는 양어사료 및 발효제로부터 총 15종의 미생물을 분리하였다. 분리된 15종의 균주들 가운데 HY4, HY8, HY12, 그리고 HY13을 제외한 나머지 11종의 균주들은 그람양성반응을 보였으며, 그 중 HY1, HY2, HY3, HY5, HY6, 그리고 HY7은 젖산생성 능력을 가진 것으로 판명되었다. 분리된 균주 가운데 1%의 NaCl에서 성장할 수 있는 균주는 HY1부터 HY6까지의 균주와 HY13 및 HY14 이었다. 단백질 분해 및 지방의 분해능력을 조사한 결과 전체 15종의 균주 가운데 10종의 균주가 단백질 분해능력을 보인 반면 단지 HY13 및 HY14 두 균주만이 지방 분해 능력을 나타내었다. 위의 실험결과로부터 HY3, HY4, HY13, 그리고 HY14 균주만을 선택하여 수산폐기물처리 실험에 사용하였다.

실험에 사용된 복합균주들 사이에는 어떠한 저해작용도 보이지 않았고, 복합균의 최적 성장 pH 및 온도는 각각 7 및 32°C이었다. 최적 성장 조건에서 복합균주의 성장 특성

은 2시간의 정체를 가지며 약 12시간만에 정지기에 도달하였고, 최대 OD 및 최대 비성장 속도는 각각 2.34 및 0.46h<sup>-1</sup>이었다. 혼합 배양에 있어 각 균주의 population 비를 살펴보면 대수증식기 및 정지기에 걸쳐 HY3 및 HY4 균이 전체의 70%를 차지해 HY13 및 HY14에 비하여 빠른 성장을 보였으며, 복합균을 이용한 수산폐기물 분해 실험에서 처리구가 대조구에 비하여 약 2.3배 높은 분해활성을 보였다. 이때 수산폐기물의 최대 분해속도는 0.24g/h이었고, 처리 48시간 후 유리된 총아미노산의 양은 39g/100g protein이었으며, 대조구에 비해 악취 제거능력도 뛰어났다.

## 감사의 글

본 연구는 1999년도 부경대 기성회계 학술연구비에 의해서 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. Bai, S. C., Y. K. Kim, J. D. Kim, S. M. Lee, J. Y. Lee and H. K. Jang. 1998. Fish nutrition and Feed. pp. 33 1st ed., Samkwang Publishing.
2. Cisse, A., P. Luquet and A. Etchian. 1995. Use of chemical or biological fish silage as feed for *Chrysichthys nigrodigitatus* (Bagridae). *Aquat. Living Resour. Ressour. Vivantes Aquat.* **8(4)**, 373-377.
3. Cremer, A. 1984. Antibiotic sensitivity and assay tests, pp.167-181, In. Collins, C. H. and P. M. Lyne (eds.), *Microbiological methods*.
4. Dapkevicius, M. L. N. E., M. J. R. Nout, F. M. Rombouts, J. H. Houben and W. Wymenga. 2000. Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *International J. Food. Microbiol.* **57**, 107-114.
5. Fagbenro, O. and K. Jauncey. 1994. Chemical and nutritional quality of fermented fish silage containing potato extracts, formalin or ginger extracts. *Food Chem.* **50(4)**, 383-388.
6. Faid, M., A. Zouiten, A. Elmarrakchi and A. Achkari-Begdouri. 1996. Biotransformation of fish waste into a stable feed ingredient. *Food Chem.* **60(1)**, 13-18.
7. Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1980. Amino acid content of foods and biological data on proteins. FAO Nutritional Studies

- No. 24, Rome, Italy.
8. Kim, K. H. and K. B. Lee. 1998. Isolation and characterization of *Bacillus thuringiensis* strain AE6 producing an antifungal substance and a mosquitocidal delta-endotoxin simultaneously. *Korean J. Sanitation* **13**(2), 40-46.
  9. Liao, P. H., L. Jones, A. K. Lau, S. Walkemeyer, B. Egan and N. Holbek. 1997. Composting of fish wastes in a full-scale in vessel system. *Bioresource Technology* **59**, 163-168.
  10. Martin, A. M. 1992. Use of extracts from fisheries by-products and peat compost in fermentation processes. Proceeding of the 1991 fisheries by-product composting conference. Madison, USA Univ. Wisconsin Sea Grant Inst. no. WISCU-W-91-001, 129-134.
  11. Oh, E. G., M. Y. Park and D. S. Chang. 1998. Proteolytic yeasts isolated from mackerel (*Scomber japonicus*) *J. Korean Fish. Soc.* **31**(4), 471-476.
  12. Raa, J. and A. Gildberg. 1982. Fish silage: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutrition* **16**, 383-419.
  13. Sherekar, S. V., M. S., Gore, and V. Ninjoor. 1988. Purification and characterization of cathepsin B from the skeletal muscle of fresh water fish, *Tilapia mosambica*. *J. Food Sci.* **53**(4), 1018-1023.
  14. Ueno, R., Sakanaka, K., S., Ikeda, and Horoguchi, Y., 1988. Purification of pepstatin insensitive protease from mackerel white muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi* **54**, 691-697.
  15. Yang, J. K., Y. K. Seu, K. M. Choi, E. R. Park, K. Whang and S. T. Lee. 1997. Isolation and characteristics of mesophilic or thermophilic bacteria from the treating process of Chinese restaurant waste using thermophilic oxic process. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **25**, 623-629.

(Received November 24, 2000; Accepted December 22, 2000)