

## 환경친화적 미생물 비료 개발을 위한 우모분해 세균의 분리 및 응용

우 은 옥·김 민 주·유 은 연·박 근 태\*·이 충 열\*\*·손 홍 주\*\*\*·이 상 준  
부산대학교 미생물학과, \*부산대학교 산학협력단,  
\*\*부산대학교 생명자원과학부, \*\*\*부산대학교 생명응용과학부  
(2007년 7월 19일 접수; 2007년 9월 5일 채택)

## Isolation and Application of Feather-Degrading Bacteria for Development of Environment-Friendly Biofertilizer

Eun-Ok Woo, Min-Ju Kim, Eun-Youn Ryu, Geun-Tae Park\*,  
Chung-Yeol Lee\*\*, Hong-Joo Son\*\*\* and Sang-Joon Lee

Department of Microbiology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

\*Research & University-Industry Cooperation, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

\*\*School of Bioresource Science, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

\*\*\*School of Applied Life Science, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

(Manuscript received 19 July, 2007; accepted 5 September, 2007)

The aim of this study was to isolate mesophilic chicken feather-degrading bacteria and to evaluate feather hydrolysate as alternative biofertilizer. Isolate RS7 was isolated from compost and identified as *Bacillus pumilus* according to API analysis and 16S rDNA sequencing analysis. Chicken feathers were completely degraded after 5 days of cultivation at 30°C. Feather hydrolysate treated by *B. pumilus* RS7 positively influenced *Helianthus annuus* L. (sunflower) growth (e.g. growth rate, number and dry weight of leave, and flowering rate). These results suggest that feather hydrolysate prepared using *B. pumilus* RS7 could successfully be used as alternative biofertilizer, thereby reducing the environmental impact of feather waste from the poultry industry.

Key Words : Biofertilizer, Chicken feather, Feather hydrolysate, Keratin

### 1. 서 론

국내의 닭, 오리 도축산업으로부터 부산물로 배출되는 우모는 연평균 4만 톤에 이르고 있는데, 최근 가금육 소비량 증가에 따라 우모의 배출량은 더욱 증가할 것으로 예측된다<sup>1)</sup>. 가금류의 우모는 단백질 함량이 높기 때문에 가축의 사료로 이용되고 있으며, 많은 동물 영양학자들의 관심의 대상이 되고 있다<sup>2)</sup>.

그러나 생우모를 사료로 사용하였을 때, 주성분인 케라틴의 난분해성으로 인하여 그 이용도가 27-63%로 매우 낮아 사료적 가치가 떨어지는 단점이 있

다<sup>3)</sup>. 따라서, 우모 부산물의 재활용 및 이용 효율을 향상시키기 위하여 우모를 고온, 고압 조건에서 강 알칼리 화합물을 이용하여 분해하는 물리화학적 처리법이 적용되고 있다<sup>4)</sup>. 그러나 물리화학적 처리 공정 중 폐수 및 악취가 대량 발생함으로써 환경오염이 유발되며, 처리비용이 높아 경제성이 낮은 것으로 알려져 있다<sup>5,6)</sup>. 이러한 우모 처리공정의 비효율성을 고려해 볼 때, 효소 및 미생물과 같은 생물 촉매를 이용한 보다 효율적이고 환경친화적인 우모 처리기술에 대한 연구가 필요함을 알 수 있다.

우모를 환경친화적으로 처리하는 방법으로 케라틴 분해효소(keratinolytic protease)를 생산하는 미생물의 적용을 생각해 볼 수 있는데, 현재 케라틴 분해효소 생산 미생물의 분리 및 특성 검토에 관한 많은 연구가 진행되고 있다<sup>7)</sup>. 일례로, 미국의 경우 1990년대 이후부터 우모를 효율적으로 분해하여 소

Corresponding Author : Sang-Joon Lee, Department of Microbiology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea  
Phone: +82-51-510-2268  
E-mail: sangjoon@pusan.ac.kr

멸시키거나 그 분해산물을 유용 아미노산 공급원으로 자원화하여 가축 사료로 활용할 수 있는 생물학적 처리법의 개발에 연구가 집중되고 있다<sup>8,9)</sup>. 그러나 이들 연구는 대부분 고온성 미생물에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있으며<sup>7,10)</sup>, 케라틴 분해효소를 이용하여 생산된 우모분의 동물사료로서의 영양적 가치에 대한 연구도 많이 진행되어 있지 않다. 특히, 우모분의 식물 성장을 위한 미생물 비료로서의 가치를 검토한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 환경친화적인 미생물 기원의 비료 제제 개발을 위하여 중온 환경에서 높은 우모분해 활성을 가지는 미생물을 국내 자연환경으로부터 분리 및 동정함으로써 새로운 토착 생물자원을 확보하고자 하였으며, 물리화학적 방법에 의한 우모 분해산물과 미생물에 의한 우모 분해산물의 식물 성장효과를 비교함으로써 미생물 비료로서의 적용 가능성을 타진하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. Keratinolytic protease 생산 세균의 분리 및 배지

경남 일대의 닭 가공 공장과 양계장 주변의 토양, 양계분뇨 및 분뇨 속에 떨어진 우모 그리고 퇴비화 중인 볏짚 등으로부터 일정량의 시료를 채취하였다. 시료 각 1 g씩을 닭 우모 0.1%가 첨가된 무기염 배지에 각각 접종한 후, 37°C, 200 rpm에서 회전 진탕 배양하였다. 정기적으로 우모의 분해유무를 육안으로 관찰하여 분해정도가 큰 실험구로부터 일정량의 배양액을 채취하여 skim milk agar plate에서 배양하면서 균체 생육속도가 빠르고, 직경이 큰 투명환을 생성하는 콜로니들을 1차적으로 우모 분해미생물로 선정하였다. 선정균주들을 각각 분리용 무기염 배지에 배양한 후, 원심분리에 의하여 균체를 제거한 배양 상등액의 keratinolytic protease 활성을 측정하여 효소활성이 가장 높은 균주를 실험균주로 최종 선정하였다.

사용된 skim milk agar 배지의 조성은 tryptone 1%, yeast extract 0.5%, skim milk 5%, NaCl 0.5% 및 agar 2% (pH 7.5)이었다. 분리용 무기염 배지의 조성은 NH<sub>4</sub>Cl 0.05%, NaCl 0.05%, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.01%, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.02%, MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 0.01% 및 yeast extract 0.01% (pH 7.5)이었으며, 케라틴 공급원으로 닭의 우모를 첨가하였다<sup>6)</sup>.

### 2.2. Keratinolytic protease 생산 세균의 동정

최종 선정된 실험균주의 분류학적인 위치를 검토하기 위하여 형태학적, 배양적, 생화학적인 특성을 조사하였다<sup>11)</sup>. API kit (Biomérieux, France)를 이용

하여 얻어진 생화학적 특성들을 APILAB 데이터베이스에 있는 분류군들의 생화학적 특성과 비교하여 1차적으로 분류학적 유사성을 검토하였다. 또한, 16S rDNA 분석을 통하여 염기 서열을 결정<sup>12)</sup>한 후, National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 GenBank 데이터베이스와 비교하였다.

### 2.3. Keratinolytic protease 활성 분석 방법

실험균주가 생산하는 keratinolytic protease의 활성을 측정하기 위하여 배양액을 12,000 rpm에서 15분 동안 원심분리한 후 얻어진 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 효소반응을 위한 기질인 soluble keratin은 Wawrzekiewicz et al.<sup>13)</sup>의 방법을 이용하여 조제하였다. Soluble keratin을 이용한 효소 활성 측정 방법은 다음과 같다. 2% soluble keratin 용액(0.1 M 인산 완충용액, pH 8.0) 4 ml에 조효소액 1 ml를 첨가하여 37°C에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응액 1 ml에 20% trichloroacetic acid 용액 1 ml를 첨가하여 반응을 종료시키고 60분 동안 정치한 후, 14,000 rpm에서 20분 동안 원심분리하여 상등액을 회수하였으며, 상등액의 흡광도를 spectrophotometer (Ultrospec 3000, Pharmacia Biotech)를 이용하여 280 nm에서 측정하였다. 상기 조건에서 흡광도 0.01을 증가시키는데 필요한 효소의 양을 1 unit라 정의하고, keratinolytic activity를 나타내었다.

### 2.4. 화학적 및 미생물학적 방법에 의한 우모의 분해

우모는 화학적인 방법 및 본 실험균주를 이용하여 다음과 같이 분해하였다. 0.1 N NaOH 용액에 우모를 0.1% 첨가하여 60°C에서 1시간 동안 반응시킨 후, 0.1 N HCl를 이용하여 중화함으로써 화학적으로 분해하였다. 이후, 원심분리 (18,000 rpm, 30분, 4°C)하여 상등액을 회수하였다. 실험균주에 의한 우모 분해산물은 무기염 배지에 0.1%의 우모를 첨가하여 배양하면서 실험균주에 의하여 분해가 완료된 배양액을 원심분리한 후, 상등액을 회수함으로써 조제하였다.

### 2.5. 우모 분해산물이 식물 성장에 미치는 영향

공시 식물로는 생장기간이 비교적 짧고, 개화여부 확인이 가능한 해바라기 (*Helianthus annuus* L.)를 선정하였다. 실험에 사용된 토양은 펄라이트, 버미큘라이트와 피트모스를 건조 상태에서 1 : 1 : 1 (w/w/w)로 혼합한 것이었다. 이것은 영양물질이 전혀 포함하고 있지 않는 인공토양으로서, 가볍고 뿌리를 적당하게 지지하면서도 공기유통, 배수성, 흡습성 등을 골고루 갖추고 있다<sup>14)</sup>. 혼합된 토양을 각

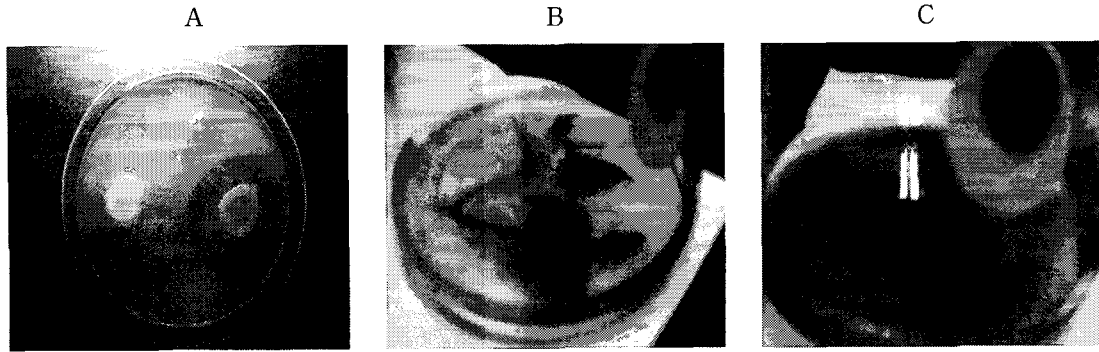


Fig. 1. Photographs showing biological activities of isolate RS7.

Formation of clear zone on skim milk agar plate (A; left colony was *Escherichia coli*; right colony was isolate RS7). Feather degradation by isolate RS7 after 0 (middle) and 5 (right) days of incubation.

플라스틱 pot에 일정량을 첨가하여 충분히 관수하였다. *Helianthus annuus* L. 종자는 6시간 동안 shocking시킨 후, pot에 파종하여 배양기 (Eylaton, FLI-301N, Japan)에서 35일 동안 배양하였다. 명 처리 14시간, 암 처리 10시간의 광주기를 주었으며, 빛의 세기는  $160 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^2$  PAR로 유지하였다. 온도는  $22 \pm 1^\circ\text{C}$  (명 조건)과  $18 \pm 1^\circ\text{C}$  (암 조건)로, 습도는  $70 \pm 7\%$ 로 각각 조절하였다. 매일 충분히 관수한 후, 각 우모 분해산물을 25%로 희석하여 1일 1회, 각 pot 당 5 ml씩 뿌리를 향해 분주하였다. 우모가 첨가되지 않은 무기염 배지 또는 물을 분주한 것을 대조군으로 하였다. 식물 성장에 미치는 영향은 생장률(성장 길이), 잎 수의 증가량, 개화율 및 잎의 건조 생체량을 측정하여 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. Keratinolytic protease 생산 균주의 분리 및 동정

퇴비화 중인 볏짚으로부터 우모 분해능이 뛰어나고, 높은 keratinolytic activity를 가진 RS7 균주를 분리하였다. RS7 균주는 skim milk agar plate에서 세포 외로 protease를 분비하여 투명환을 형성하였으며, 우모가 첨가된 무기염 배지를 이용하여  $30^\circ\text{C}$ 에서 배양시, 5일 만에 우모를 완전히 분해하였다 (Fig. 1). *Bacillus licheniformis* PWD-1은  $50^\circ\text{C}$ 에서 10일 만에 우모를 완전히 분해<sup>10)</sup>하며, *Streptomyces pactum* DSM40530은  $50^\circ\text{C}$ 에서 부분적으로 우모를 분해하는 것<sup>15)</sup>으로 보고되어 있다. 따라서, RS7 균주의 우모 분해능이 보다 우수하며, 또한  $30^\circ\text{C}$ 에서 우모를 완전히 분해할 수 있었으므로 우모 가공시 고온성 우모 분해균주들보다 에너지를 절약할 수

있을 것으로 판단되었다.

우모 0.1%가 첨가된 분리용 무기염 배지에서 회분배양을 실시하면서 keratinolytic activity를 검토한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 배양 시간 경과에 효소 활성은 완만하게 증가하다가 배양 6일경 최대 활성 ( $41 \text{ U}/\text{ml}$ )을 나타내었으며, 그 후 급격하게 효소 활성이 감소하였다. 예비실험을 통하여 확립된 최적 무기염 배지에서 배양 18시간 경 가장 높은 keratinolytic activity를 보였고, 36시간 만에 우모가 완전히 분해되었다 (data not shown).

RS7 균주는 그람양성 세균으로서, 내생포자를 형성하였다. 무기염 배지에서 형성된 colony는 불투명한 pale yellow를 나타내었다. API kit 50CHB와 20E를 이용하여 동정한 결과, 실험균주는 *Bacillus pumilus*와 가장 유사하였다 (data not shown). 보다 정확한 동정을 위하여 실험균주의 16S rDNA 염기

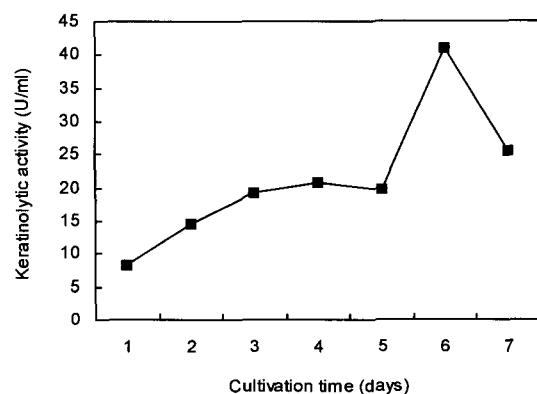


Fig. 2. Keratinolytic activity in a minimal medium containing 0.1% chicken feather.

RS7	4	ATACATGCAAGTCGAGCGGACAGAAGGGAGCTTGCTCCCGGATGTTAGCGGCGGACGGGT	63
<i>B. pumilus</i>	24	ATACATGCAAGTCGAGCGGACAGAAGGGAGCTTGCTCCCGGATGTTAGCGGCGGACGGGT	83
RS7	64	GAGTAACACGTGGGTAACTGCCTGTAAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGAGCTAAT	123
<i>B. pumilus</i>	84	GAGTAACACGTGGGTAACTGCCTGTAAAGACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGAGCTAAT	143
RS7	124	ACCGGATAGTTCCTTGAACCGCATGGTTCAAGGATGAAAGACGGTTTCGGCTGTCACTTA	183
<i>B. pumilus</i>	144	ACCGGATAGTTCCTTGAACCGCATGGTTCAAGGATGAAAGACGGTTTCGGCTGTCACTTA	203
RS7	184	CAGATGGACCCGCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGGGTAATGGCTCACCAAGGCGACGATG	243
<i>B. pumilus</i>	204	CAGATGGACCCGCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGGGTAATGGCTCACCAAGGCGACGATG	263
RS7	244	CGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCAGACTCCTA	303
<i>B. pumilus</i>	264	CGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCAGACTCCTA	323
RS7	304	CGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCG	363
<i>B. pumilus</i>	324	CGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCG	383
RS7	364	TGAGTGATGAAGGTTTTTCGGATCGTAAAGCTCTGTTGTTAGGGAAGAACAAGTGCAGAG	423
<i>B. pumilus</i>	384	TGAGTGATGAAGGTTTTTCGGATCGTAAAGCTCTGTTGTTAGGGAAGAACAAGTGCAGAG	443
RS7	424	TAAGTGCCTCGCACCTTGACGGTACCTAACCGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAG	483
<i>B. pumilus</i>	444	TAAGTGCCTCGCACCTTGACGGTACCTAACCGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAG	503
RS7	484	CCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCGGAAATTATTGGGCGTAAAGGGCTCGCAG	543
<i>B. pumilus</i>	504	CCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCGGAAATTATTGGGCGTAAAGGGCTCGCAG	563
RS7	544	GCGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCGGCTCAACCGGGAGGGTCATTGGAAACT	603
<i>B. pumilus</i>	564	GCGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCCGGCTCAACCGGGAGGGTCATTGGAAACT	623
RS7	604	GGGAAACTTGAGTGCAGAAAGAGGAGTGGAAATCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGA	663
<i>B. pumilus</i>	624	GGGAAACTTGAGTGCAGAAAGAGGAGTGGAAATCCACGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGA	683
RS7	664	GATGTGGAGGAACACCAAGTGGCGAAGGCGACTCTCTGGTCTGTAAGTACGCTGAGGAGC	723
<i>B. pumilus</i>	684	GATGTGGAGGAACACCAAGTGGCGAAGGCGACTCTCTGGTCTGTAAGTACGCTGAGGAGC	743
RS7	724	GAAAGCGTGGGGAGCGAACAGGATTAGATACCTGGTAGTCCACGCCGTAACGATGAGT	783
<i>B. pumilus</i>	744	GAAAGCGTGGGGAGCGAACAGGATTAGATACCTGGTAGTCCACGCCGTAACGATGAGT	803
RS7	784	GCTAAGTGTAGGGGGTTCCGCCCTTAGTGTGTCAGCTAACGCATTAAAGCACTCCGCC	843
<i>B. pumilus</i>	804	GCTAAGTGTAGGGGGTTCCGCCCTTAGTGTGTCAGCTAACGCATTAAAGCACTCCGCC	863
RS7	844	TGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGCCCGCACAAGCGGT	903
<i>B. pumilus</i>	864	TGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGCCCGCACAAGCGGT	923
RS7	904	GGAGCATGTGGTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGCTTGACATCCTCTG	963
<i>B. pumilus</i>	924	GGAGCATGTGGTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGCTTGACATCCTCTG	983
RS7	964	ACAACCCTAGAGATAGGGCTTCCCTTCGGGGACAGAGTACAGGTGGTGCATGGTTGTC	1023
<i>B. pumilus</i>	984	ACAACCCTAGAGATAGGGCTTCCCTTCGGGGACAGAGTACAGGTGGTGCATGGTTGTC	1043
RS7	1024	GTCAGCTCGTGTGATGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTA	1083
<i>B. pumilus</i>	1044	GTCAGCTCGTGTGATGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCCTTGATCTTA	1103

Fig. 3. Alignment of 16S rDNA sequences of isolate RS7 and *Bacillus pumilus*.

서열을 분석한 후, NCBI GenBank에 등록된 유사 균주들과 유전자간의 상관성을 알아본 결과, *Bacillus pumilus*와 100%의 상동성을 가지고 있었다 (Fig. 3). 따라서 실험균주를 *B. pumilus* RS7이라고 명명하였다.

3.2. 우모 분해산물이 식물 성장에 미치는 영향  
우모 분해산물의 비료적 가치를 평가하기 위하여 화학적 방법 및 *B. pumilus* RS7에 의한 우모 분해 산물을 *Helianthus annuus* L.에 분주했을 때 생장률, 잎 수 증가량, 개화율 및 건조 생체율의 차이는

다음과 같다.

배양 시작 시점에서 종료 시점까지의 총 성장률 (total increasing height)의 경우, *B. pumilus* RS7에 의한 우모 분해산물을 분주한 실험군이 화학적 방법에 의한 분해산물을 분주한 실험군보다 1.7 cm 정도 길었으며, 대조군에 비해 3.5 cm 정도 길었다 (Fig. 4).

*B. pumilus* RS7에 의한 우모 분해산물을 분주한 실험군의 잎 수 총 증가량은 6.7개로서, 화학적 방법에 의한 분해산물을 분주한 경우 (5.6개)보다 약 1.2 배 높게 나타났으며, 물을 분주한 대조군 (2.3개)보다 3배 정도 높았다 (Fig. 5).

개화율은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 각 실험군에서 그 차이가 뚜렷이 나타났다. 물만 주었던 대조군 및 화학적 방법에 의한 우모 분해산물을 분주한 실험군에서는 배양 35일 후에도 개화되지 않았으며, 무기염 배지에서는 10%의 낮은 개화율을 보였다. 그러나 *B. pumilus* RS7에 의한 우모 분해산물을 분주한 경우, 30%의 개화율을 보였다.

잎의 건조 생체량을 측정된 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 건조 생체량은 잎의 넓이와 두께를 포함하는 값이다. *B. pumilus* RS7에 의한 우모 분해산물을 분주한 실험군의 총 건조 생체량은 2.6 g으로서, 화학적 방법에 의한 분해산물을 분주한 실험군 (2.2 g)보다 1.2배 정도 높았다. 또한 물을 분주한 대조군 (0.7 g) 보다 4배 정도 높았으며, 잎 수의 차이인 3 배보다 더 큰 차이를 보였다.

지금까지 우모 분해산물의 비료로서의 가능성을 검토한 연구 결과들이 거의 없었으므로 다른 연구 결과들과 비교할 수 없었지만 본 실험의 결과를 종합해 본건데, 우모 분해산물은 식물의 성장을 위한 영양원으로 충분히 활용될 수 있었음을 확인하였다.

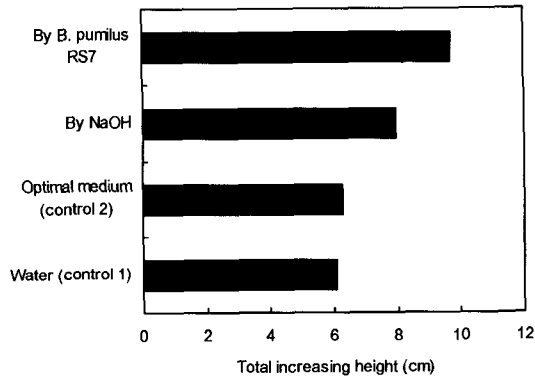


Fig. 4. Effect of feather hydrolysate on growth rate of *Helianthus sannuus* L. Data were total increasing height after 35 days of incubation.

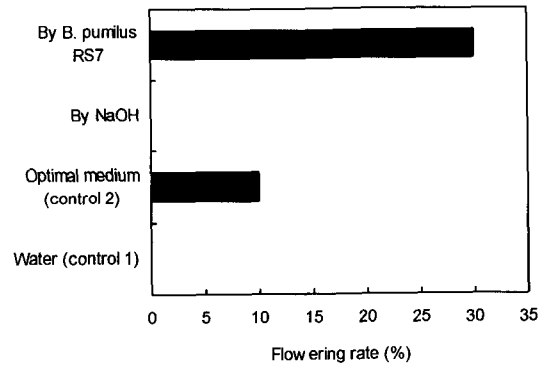


Fig. 6. Effect of feather hydrolysate on flowering rate of *Helianthus sannuus* L. after 35 days of incubation.

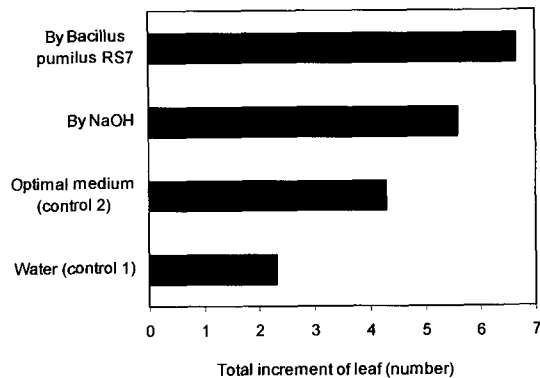


Fig. 5. Effect of feather hydrolysate on increment of leaf number of *Helianthus sannuus* L. Data were total increment of leaf number after 35 days of incubation.

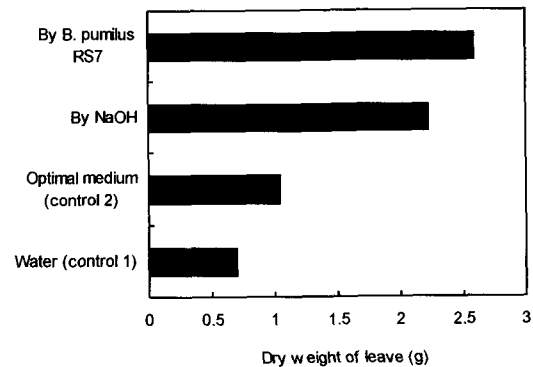


Fig. 7. Effect of feather hydrolysate on dry weight of leaf of *Helianthus sannuus* L. after 35 days of incubation.

이것은 우모 케라틴 단백질이 분해됨으로써 펩티드, 아미노산 등이 생성됨과 동시에 이들이 식물 성장을 위한 질소원 역할을 수행한 것에 기인되는 것으로 추정되었다. 또한, 본 균주에 의한 우모 분해산물은 화학적 방법에 의한 우모 분해산물보다 식물 성장 촉진을 위한 비료로서의 역할을 보다 효율적으로 수행할 수 있었음을 알 수 있었다. 앞으로 우모 분해산물의 실제적 비료로서의 가능성을 평가하기 위하여 다양한 작물에 대한 우모 분해산물의 성장 촉진 효과를 검토할 필요가 있었다.

#### 4. 결 론

가금류의 도축 부산물로 대량 배출되고 있는 우모는 주로 생물학적으로 난분해성 단백질인 케라틴으로 구성되어 있다. 따라서 물리화학적 처리에 의하여 우모를 처리하고 있으나 이 방법은 환경오염을 유발한다. 따라서 본 연구에서는 환경친화적 우모 분해 공정을 개발하고, 우모 분해산물의 식물 성장을 위한 비료로서의 가치를 평가하기 위하여 퇴비화 뿔짚에서 케라틴 분해효소 생성능이 우수한 균주인 RS7을 분리하였다. RS7의 생화학적 특성과 16S rDNA의 염기 서열을 분석하여 동정한 결과, *Bacillus pumilus* RS7로 동정되었다. *B. pumilus* RS7은 30°C에서 배양 5일 만에 우모를 완전히 분해할 수 있었다. 본 균주에 의한 우모 분해산물은 *Helianthus scaberrimus* L.의 생장을, 잎 수 증가량, 개화율, 건조 생체량에 있어 대조군과 화학적 우모 분해산물보다 우수하였다. *Bacillus pumilus* RS7에 의한 우모 분해산물은 식물 성장 촉진을 위한 미생물기원 비료로서의 역할을 수행할 수 있었으며, 이에 따라 양계산업에서 배출되는 우모 폐기물이 환경에 주는 악영향을 감소시킬 수 있을 것으로 예측된다.

#### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) Hong S. J., Namkung H., Kim W. Y., Paik I. K., 2002, Effects of supplemental feather digests on the growth of boiler chicks and taurine content in the boiler meat, Kor. J. Poultry Sci., 29, 141-147.
- 2) Moritz J. S., Latshaw J. D., 2001, Indicator of nutritional value of hydrolyzed feather meal, Poultry Sci., 80, 79-86.

- 3) Choi I., Chang H. S., 1999, Isolation and cultural characteristics of microorganism for the utilization of feather meal, Kor. J. Anim. Nutr. Feed, 23, 59-66.
- 4) Lee N. H., Kim Y. B., Kim H. J., Seong K. S., Rho J. H., Han C. K., 1999, Effects of physicochemical treatment on the isolation of keratinaceous protein and amino acids of feather meal, Kor. J. Anim. Nutr. Feed, 23, 15-20.
- 5) Colette M. H., Michael G. H., 1994, Bioconversion of waste keratins: wool and feathers, Conserv. Recyc., 11, 179-188.
- 6) Son H. J., Kim Y. G., Park Y. K., 2004, Isolation and identification of feather-degrading bacteria for biotechnological applications of keratinaceous protein waste, Kor. J. Life Sci., 14, 229-234.
- 7) Onifade A. A., Al-Sane N. A., Al-Musallam A.A., Al-Zarban S., 1998 A review: Potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources, Biores. Technol., 66, 1-11.
- 8) Lin X., Lee C. C., Casale E. S., Shih J. C. H., 1992, Purification and characterization of a keratinase from a feather-degrading *Bacillus licheniformis* strain, Appl. Environ. Microbiol., 58, 3271-3275.
- 9) Lin X., Shih J. C. H., Swaisgood H. E., 1996, Hydrolysis of feather keratin by immobilized keratinase, Appl. Environ. Microbiol., 62, 4273-4275.
- 10) Williams C. M., Richer C. S., Kenzie Jr M., Shih J. C. H., 1990, Isolation, identification, and characterization of a feather-degrading bacterium, Appl. Environ. Microbiol., 56, 1509-1515.
- 11) Holt J. G., Krieg N. R., Sneath P. H. A., Staley J. T., Williams S. T., 1994, Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th ed., The Williams and Wilkins Co., Baltimore.
- 12) Sambrook J., Fritsh E. F., Maniatis T., 1989, Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed., Cold Spring Harbor Laboratory Press, N.Y.
- 13) Wawrzekiewicz K., Lobarzewski J., Wolski T.,

- 1987, Intracellular keratinase of *Trichlophyton gallinae*, J. Med. Veterinary Mycology, 25, 261-268.
- 14) Choi J. M., 1995, Changes of physical properties of feather-amended media, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 36, 707-714.
- 15) Böckle B., Galunsky B., Müller R., 1995, Characterization of a keratinolytic serine proteinase from *Streptomyces pactum* DSM40530, Appl. Environ. Microbiol., 61, 3705-3710.