

도축폐수에서 분리된 *Aeromonas hydrophila*에 의한 도축폐수의 성상 변화

손연주·박재림
신라대학교 환경학과
(2003년 5월 2일 접수; 2003년 10월 7일 채택)

Change of components in the slaughter waste by *Aeromonas hydrophila* isolated from slaughter waste

Yoen-Ju Son and Jae-Rim Bahk

Department of Environmental Science, Silla University, Busan 617-736, Korea
(Manuscript received 2 May, 2003 ; accepted 7 October, 2003)

This study was carried out to check changes of components in the slaughter waste by the bacteria isolated from slaughter wastes from Gyeongnam Province from May to June 2000, and to find useful organism for treatment of the waste. Bacteria used in this study were *Aeromonas hydrophila*, as the dominant of the waste. Optimum conditions for bacterial culture were obtained as the temperature of 35°C, pH 6.5, and shaking of 120 rpm in nutrient broth. The mean values of dissolved oxygen was 4.14 mg/l; biochemical oxygen demand, 1731.21 mg/l; ratio of BOD/COD, 0.53-0.64; ratio of T-P/T-N, 1.0-1.41; and viable counts of the waste, 5.47×10^7 CFU.

Little change in total nitrogen observed by 36 hr of the culture. The largest amount of increasing NH_4^+ -N was observed in the sample that 10% of the waste added in nutrient broth with *A. hydrophila* showing the value of 29.19 mg/l at the beginning to 570.36 mg/l by 36 hr of culture. However, the highest increasing ratio between initial amount and finals at 36 hr of culture showed as 41.6 times when 3% of the waste added. NO_3^- -N was decreased showing the value of 71.27 mg/l to 32.14 mg/l by 24 hr of culture with the organism when 10% of the waste added in nutrient broth. Total phosphorus was decreased showing the value from 188.74 mg/l to 101.41 mg/l after 12 hr of culture with the organism when 5% of the waste added in nutrient broth, while T-P was decreased gradually by 24 hr of culture from 193.8 to 101.4 mg/l when 10% of the waste added.

Key words: Change of components, Slaughter waste, *Aeromonas hydrophila*

1. 서론

산업의 발전과 국민생활의 향상은 식생활에도 급속한 변화를 일으켰다. 우리나라의 육류 소비량은 1969년 1인당 6.6 g이었으나, 1995년에는 1인당 121.5 g으로 1969년에 비해 약 20배 이상 증가하였다^{1,2)}. 따라서 우리나라의 축산농가에서는 가축 사육두수가 증가하여 99년 현재 170개의 도축장이 전업규모로 증가하였고, 도축장에서 발생하는 도축폐수 및 폐기물만 해도 연간 12만 톤에 이르게 되었다³⁾. 이러한 도축장에서 배출되는 도축폐수는 도축하는 과

정 중에 다량 발생하고 있는데, 적절한 처리시설이 부족한 관계로 주변의 수 환경을 악화시키고 있다. 도축장과 식육 및 부산물시장에서 배출되는 폐수는 도축 시 발생하는 혈액이 주된 구성물이기 때문에 주성분은 단백질로서 고농도의 BOD, SS와 특이한 냄새를 발생하며 주로 용해성물질, grease, 위장 내용물에 기인된 섬유질, 육질 조각, 털 등의 잡물과 유기성 질소화합물 등이 많아 급속히 부패하여 악취를 발생한다⁴⁻⁷⁾.

현재 우리나라는 도축장에서 발생하는 폐수를 주로 활성 sludge법에 의해 처리하고 있으나 처리시설이 노후되어 비효율적으로 관리되고 있어 처리수가 배출 허용기준을 훨씬 초과하고 있는 실정이다⁸⁾. 또한 주변의 식육 및 부산물시장에서 발생하는 폐수

Corresponding Author : Jae-Rim Bahk, Department of Environmental Science, Silla University, Busan 617-736, Korea
Phone : +82-51-999-5460
E-mail : jrbahk@silla.ac.kr

는 처리되지 않고 직접 하수 관거로 방류되고 있다. 이러한 상황에서 우천 시에는 도축폐수가 주변하천으로 바로 넘쳐흐르기 때문에 하천의 수질을 악화시키고 나아가 부영양화를 초래하고 있을 뿐 아니라 악취 등으로 주변의 생활환경을 해치고 있다. 이미 오염된 환경을 원상태로 회복하기 위해서는 막대한 경비와 노력과 시간이 소요되는 것은 국내외의 많은 예들에서 익히 듣고 보아왔다. 이러한 문제를 해결하기 위한 연구가 다방면에서 지속적으로 연구되어 왔다.

Van Campen⁹⁾은 630 m³ 규모의 반응조를 운전 1년 반 동안 가동시켜 연구한 결과 도축폐수 중의 부유물질, 단백질, 지질성분으로 인해 granule이 형성되지 않아 가동을 중지한 결과를 보고하였다. 박정호¹⁰⁾는 UASB(upflow anaerobic sludge blanket) 공법에 의해 고농도의 암모니아성 질소를 함유한 도살장 폐수를 적용한 실험에서 COD 부하율 0.25 ~ 8.0 kg·COD/m³·d로 나타난 COD 제거율을 약 80%로 보고하였다. 김민선¹¹⁾은 UASB법을 이용한 도축폐수의 처리에 관한 연구를 통해 COD 제거율을 보고하는 등 도축폐수 처리를 위한 물리·화학적 연구가 활발하게 진행되어왔으나, granule 형성에 필요한 start up 기간이 길고, 그 운전조작법이 어려우며, 온도, 영양물질, pH와 같은 환경인자와 독성물질에 매우 민감하여 메탄발효공정의 실패가 자주 일어났다. 도축폐수와 같이 부유물질과 단백질, 지질성분이 많은 폐수에서 sludge의 granule화가 일어나기 어려우며¹²⁾, UASB와 같은 물리·화학적으로 적용되는 폐수의 종류도 한정되어 있다. 이러한 문제점들을 보완하기 위한 해결책으로 미생물을 이용하는 방안이 활발히 연구되고 있다. 즉 자연 환경에 축적되는 오염물질을 토착성 미생물이나 오염물질 분해능이 좋은 유전공학적 미생물(genetically engineered microorganism, GEM)을 이용하여 처리하는 생물치료(bioremediation) 등이 있다¹³⁾.

본 연구는 도축폐수 중의 세균을 분리, 동정하고 도축폐수의 이화학적 성상 및 생균수를 측정 한 후 도축폐수에서 분리된 세균에 의한 도축폐수 성상의 변화를 관찰하여 폐수처리에 활용가능성을 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

경상남도 소재의 한 도축장에서 외부환경에 노출되는 배출지역에서 2000년 4월, 5월, 7월 3차례에 걸쳐 시료를 채취하였고, 채취한 시료는 채취 당시의 상태를 유지하기 위하여 5℃를 유지하면서 1시간

이내에 실험실에 운반하여 냉장보관하면서 실험에 이용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 시료 성상분석

채취한 시료의 일반적인 이화학적 성상을 파악하기 위하여 실시한 분석방법은 우리나라 수질오염 공정시험방법¹⁴⁾ 및 APHA의 상수 및 폐수 수질검사 Standard Method¹⁵⁾에 따라 실시하였다.

2.2.2. 생균수(CFU)

시료에 존재하는 미생물의 생균수를 측정하고 세균을 분리하기 위하여 시료 채취현장에서 시료 1 ml를 nutrient agar plate에 단계별로 희석, 도말 한 후 실험실에 도착하여 25℃ 항온 배양기에 48시간 동안 배양하여 형성된 세균의 CFU를 계수 하였다.

2.2.3. 세균의 분리 및 동정

생균수를 도말한 agar plate에 나타난 colony의 특성을 파악한 후, 형성된 colony를 한 백금이 취하여 각각 nutrient agar plate에 도말하여 25℃에서 24시간 동안 배양하는 분리과정을 세 차례 반복하였다. 시료채취 시기별로 agar plate에 형성된 colony를 gram stain과 현미경적 관찰, catalase test를 실시하고, 그 결과에 따라 API 20E, 20E Strept. 및 20 Staph. kit (bioMerieux, France)을 이용하여 동정하고, Bergey's manual¹⁶⁾을 참고하였다.

2.2.4. 배양조건 설정

도축폐액에서 분리된 세균의 증식에 알맞은 배양 조건을 파악하기 위하여, nutrient broth, MRS (DeMan, Rogosa, Sharpe broth) 및 Enterobacter media(Difco. Co.)를 이용하였고, 온도는 15℃, 25℃, 35℃를, pH는 4.5, 5.5, 6.5를 각각 유지하여 배양상태를 관찰하였고, 증식정도를 파악하기 위한 시간은 4시간 및 6시간 단위로 하였다.

2.2.5. 정화능력

도축폐액에서 분리된 세균의 도축폐액 분해정도를 보기 위해 채취시기가 다른 때에도 공통적으로 분리된 우점종 *Aeromonas hydrophila*를 선택하여 nutrient broth에서 120 rpm, 35℃, pH 6.5에서 36시간동안 6시간 간격으로 도축폐수 성분물질의 분해 또는 생성능력을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 시료의 성상

본 실험을 위해 채취한 시료의 이화학적 성상은 Table 1과 같다.

시료채취 시기인 4월, 5월, 7월의 수온이 21~30℃

(평균 25.8°C)로 세균의 번식이 활발한 계절이다. 수온이 높아질수록 시료의 DO 수치가 낮아졌고(평균 DO는 4.14 mg/l), 시료의 pH범위는 5.0~5.4(평균 5.26)로 나타났다. 도축폐수의 이화학적 성상은 7월의 시료에서 BOD 2899.91 mg/l, COD 5454.33 mg/l로 가장 높게 나타났고, 5월이 각각 1152.69 mg/l, 1797.9 mg/l로 가장 낮게 나타났다. 이로써 수온이 30°C로 나타난 7월의 시료에서 DO를 제외한 이화학적 성상이 높은 수치를 나타냈었다.

Metcalf and Eddy¹⁷⁾에 의하면 처리되지 않은 도살장 폐수의 기준 BOD 2,500 과 COD 3,500을 초과하였고 특히, COD 초과량은 매우 크다. 이 폐수는 하수종말처리 방류기준 BOD 및 COD가 각각 30 mg/l, 40 mg/l에 비하면 매우 높은 농도로써 그 배출량에 따라 심각한 부영양화를 일으킬 수 있다.

도축폐수의 이화학적 성상의 BOD/COD ratio는 0.53~0.64로써 폐수의 대부분이 생물학적으로 산화될 수 있는 유기물로 구성되어 있다. 본 실험에서는 분리된 미생물의 폐수 분해능력의 파악에 초점을 맞추었다.

3.2. 도축폐수의 생균수

채취한 시료에서 나타난 세균의 생균수(Table 1)는 채취 당시의 수온과 생균수를 비교해 볼 때, 수온이 높을수록 생균수가 높은 것으로 나타났고, DO는 4, 5, 7월이 각각 5.62 mg/l, 3.78, 3.02 순으로 감소하였으므로 폐수의 지속적인 유입이 있으면 호기성 분해가 가능한 물질이 완전히 분해되지 못하고 혐기성의 불완전 분해로 전환될 수 있을 것이다. 특히 채취 시료 중 수온이 가장 높았던(평균 30°C) 7월은 7.3×10^7 (평균 5.47×10^7) CFU로 나타났다.

Table 1. Summary of physico-chemical parameters of slaughter waste used

	April	May	July	Mean
Wastes Temp.(°C)	21.4	26	30	25.8
DO(mg/l)	5.62	3.78	3.03	4.14
pH	5.03	5.37	5.39	5.26
BOD(mg/l)	1141.61	1152.69	2899.99	1731.21
COD _{cr} (mg/l)	1896.8	1797.9	5454.33	3040.67
T-N(mg/l)	222.7	138.8	306.2	222.57
NH ₄ ⁺ -N(mg/l)	191.2	107.4	258.6	185.73
NO ₃ ⁻ -N(mg/l)	24	20.3	36.5	26.93
T-P(mg/l)	223	196	312	243.67
CFU/ml	2.4×10^7	6.7×10^7	7.3×10^7	5.47×10^7

3.3. *A. hydrophila*의 분리

도축폐수에서 분리 동정된 세균은 폐수채취 시기 4월, 5월, 7월에 공통적으로 우점하여 분리된 *Aeromonas hydrophila*와 차점종인 *Staphylococcus lentus*로 나타났으며, 세균의 종류는 4월에 3종, 5월에 4종, 7월에 10종을 동정할 수 있었다. 7월에 분리된 10종 중에 가장 많은 것은 *Staphylococcus*가 4종(*S. aureus*, *S. lentus*, *S. lugdumens*, *S. xylosus*)으로 나타났다.

도축폐수에서 분리 동정된 *A. hydrophila*를 nutrient broth, MRS, Enterobacter medium의 3종의 배지와; 15°C, 25°C, 35°C; pH 4.5, 5.5, 6.5; 120 rpm으로 진탕배양 한 결과 nutrient broth, pH 6.5, 35°C 24시간에 전형적인 증식곡선이 나타났다(Fig. 1). 시료 원액의 BOD와 COD가 지나치게 높게 나타난 미생물의 증식에 부적합하여 희석액을 만들고 그 희석액에 균을 주입한 실험에서 균의 증식에는 유의적 차이는 나타나지 않았다. 그러나 nutrient broth와 nutrient broth에 원액 3%, 5%를 주입한 시료에서 증식차이를 나타내었고, 이 두 첨가농도에서 증식경향은 유사하게 나타났다. 이 실험결과 배지는 nutrient broth, pH는 6.5, 배양온도 35°C를 선택하였고, 배지에 첨가한 원액의 첨가농도는 1%, 3%, 5%, 10%를 본 실험에 적용시켰다.

3.4. 폐수성상의 변화

3.4.1. 총 질소(T-N)

도축폐수 원액을 주입한 시료(Fig. 2)에서 T-N의 변화가 거의 나타나지 않은 것은 원액의 T-N 농도(Table 1)는 7월의 시료에서 306.2 mg/l로 최고치를 나타내고, 5월의 시료에서 138.8 mg/l로 나타나 축산폐수 방류 수질기준¹⁸⁾ 60 mg/l이하에 비하면 7월에

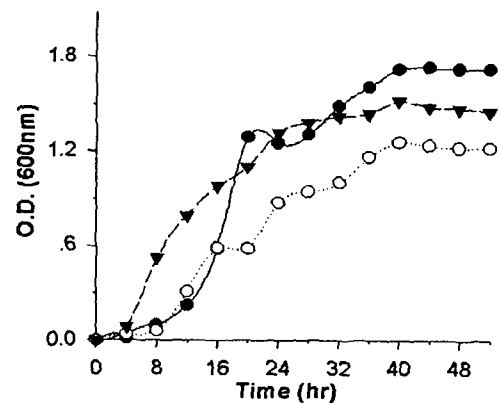


Fig. 1. Growth of *A. hydrophila* isolated from slaughter wastes in nutrient broth at 35°C.

5배, 5월에 2배를 초과하는 오염으로 인하여 균의 증식이 활발치 못하여 분해능력도 제한적으로 나타나 변화가 없었던 것으로 생각된다.

그러나 회석용액에 *A. hydrophila*를 주입한 결과 배양 6시간 이후 T-N이 미약하게 감소하는 경향을 나타내었다. 초기 배양에서 51.402 mg/l이었던 회석용액에 *A. hydrophila*를 접종했을 때 배양 6시간까지 46.438 mg/l이었고, 36시간에는 42.618 mg/l로 나타났다. 회석용액은 접종된 균의 대사에 어느 정도 타당한 조건을 가져 배양 36 시간 이후 초기농도에서 17.1%가 감소된 것으로 나타났다.

이와 같이 도축폐수 원액에서 T-N의 변화가 없던 것이 회석용액에서 초기 농도의 17%에 불과한 것은 일반적으로 미생물 대사에 잘 이용되는 물질도 내삼투성 또는 특정물질을 기호하는 미생물이 아니면 높은 농도 자체가 증식 저해제로 작용하는 점과 같이 증식이 여의치 않아 질소성분의 변화가 없었던 것으로 생각할 수 있다.

3.4.2. 암모니아성 질소(NH₄⁺-N)

NH₄⁺-N는 T-N과는 다르게 *A. hydrophila*를 주입한 시료(Fig.3)에서 시간이 경과하면서 실험을 실시한 36시간까지는 전반적으로 증가 추세를 보였다. NH₄⁺-N가 가장 많이 증가된 것은 nutrient broth에 원액 10%와 *A. hydrophila*를 첨가한 것으로 초기 29.19 mg/l에서 36시간에 570.36 mg/l로 가장

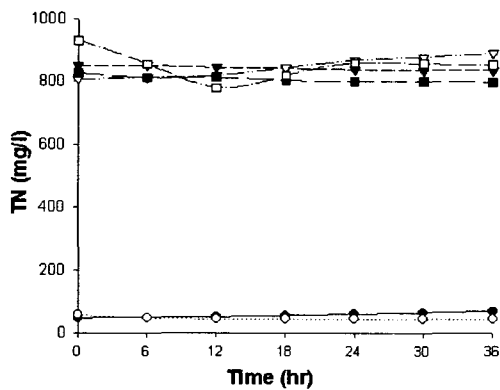


Fig. 2. Change of total nitrogen by *A. hydrophila* isolated from slaughter waste in nutrient broth at 35°C.

Note: 5 times diluent (●: 5d)
 5 times diluent + bacteria (○: 5d+b)
 NB + 1% slaughter waste + bacteria (▼: n+sw1+b)
 NB + 3% s.w. + bacteria (▽: n+sw3+b)
 NB + 5% s.w. + bacteria (■: n+sw5+b)
 NB + 10% s.w. + bacteria (□: n+sw10+b)

초기 29.19 mg/l에서 36시간에 570.36 mg/l으로 가장 큰 폭으로 증가하였다. 다음은 5%와 3%가 각각 초기 16.2 mg/l, 9.7 mg/l에서 36시간에 405.73 mg/l, 403 mg/l으로 증가하여 10% 첨가와 비슷한 경향을 나타냈다. 실험 36시간 동안 NH₄⁺-N의 이용으로 인한 감소정도는 알 수 없었으나 NH₄⁺-N의 이용보다 NH₄⁺-N의 형성이 활발한 것으로 볼 수 있다. 배양 36 시간을 기준으로 원액 3%, 5%, 10%를 첨가하였을 때 NH₄⁺-N의 양은 10%, 5%, 3% 순이었으나, 초기 농도에 대한 비율은 3%, %, 10%가 각각 41.6배, 25배, 19.5배의 순으로 나타났다.

원액 10% 첨가에서 성상의 변화가 크게 나타났으나 성상의 변화에 미치는 첨가량의 상한 수준이 얼마인지를 파악하지 못했다. 대다수의 미생물이 용이하게 이용하는 glucose도 10% 이상이면 일부 미생물에게는 억제효과를 갖는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서는 원액 10%까지 첨가하여도 NH₄⁺-N의 생성은 활발하였고 3% 첨가에서 초기량에 대비한 효능이 가장 우수함을 알 수 있었다.

3.4.3. 질산성 질소(NO₃⁻-N)

도축폐수 원액의 성상에서 NO₃⁻-N는 7월의 시료에서 최고 36.5 mg/l, 5월 20.3 mg/l로 나타나 원액 10%를 첨가한 배지보다 적은 양이 포함되어 있었으나 그 분해정도를 파악하고자 실시한 실험결과, *A. hydrophila*를 접종한 실험(Fig.4)에서 nutrient broth에 원액 1%, 3%, 5%를 첨가한 배지를 이용한 실험에서도 비슷한 추세를 보였고, 24시간 이후 NO₃⁻-N를 급격히 감소시키는 것을 알 수 있었다. Nutrient broth에 원액 10%를 첨가한 시료에서는 배양초기에 73.31 mg/l에서 24시간까지 33.56 mg/l로 급격한 감소(54.2%가 감소)를 보이더니 24시간 이후 서서히 감소되는 경향을 보였다. *A. hydrophila*는 NH₃-N 생성과 NO₃⁻-N 분해에 기여도가 큰 것으로 볼 수 있다.

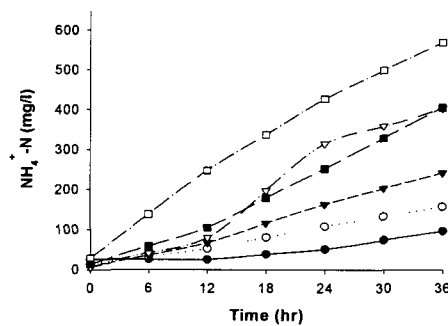


Fig. 3. Change of NH₄⁺-N by *A. hydrophila* isolated from slaughter waste in nutrient broth at 35°C (symbols are as same as in Fig. 2).

*A. hydrophila*를 전 배양한 현탁액에서 각각 1.01×10^7 CFU를 시료가 첨가된 각각의 배지에 주입하여 배양한 결과, 성상의 변화는 총 질소의 17%가 감소되어 도축폐수 원액 첨가농도 10%에서 NH_4^+ -N은 초기 NH_4^+ -N 농도의 약 20배, 3% 첨가농도에서 약 42배의 증가를 나타내어 T-N에서 NH_4^+ -N 생성에 큰 영향을 미치지만 NO_3^- -N로 전환은 초기 농도의 1/2 감소에 그쳐 NO_3^- -N로 전환하는 것보다 NH_4^+ -N로 전환하는 기능이 큰 것으로 볼 수 있다.

시료채취 시기인 4월, 5월, 7월에 우점하여 분리된 *A. hydrophila*와 차점종인 *S. lentus*의 성장변화 및 이 두 균을 동시에 배양할 때 나타나는 효과를 파악하지 못한 것이 아쉽다.

3.4.4. 총 인(T-P)

도축폐수의 T-P는 7월의 시료에서 312 mg/l, 5월 196 mg/l로 나타나 그 격차가 아주 크다. 축산폐수 방류수질에서 T-P의 배출농도를 8 mg/l 이하로 규정하고 있는 것과 비교하면 이 수치 역시 7월과 5월의 시료에서 각각 40배, 24.5배가 초과된 것으로 적절한 처리의 필요성이 재삼 강조된다.

*A. hydrophila*를 접종한 실험(Fig. 5)결과 nutrient broth에 원액 3%, 5%를 배지로 사용한 시료에서 12시간까지 변화를 나타내지 않았으나, 3%는 12시간 이후로 아주 서서히 감소 효과를 보였고, 5%는 12시간 이후로 급격히 감소하다가 30시간부터 감소추세가 정지하는 경향을 나타냈다. 원액 1%를 첨가한 시료는 거의 변화되지 않았다. 원액 10% 첨가시료는 초반부터 계속 감소한 후 24시간 이후로 거의 변화를 보이지 않았다. 희석용액의 첨가는 감소효과가 없는 것으로 생각된다. 총 인의 처리는 원액 10% 첨가로 24 시간동안 193.81 mg/l에서 101.41 mg 47.7%가 감소되었고, 5% 첨가는 12 시간동안 188.74 mg/l에

서 92.59 mg/l까지 50.9%가 감소되어 첨가 비는 5~10%가 효율적이라 볼 수 있다.

3.4.5. 인산염 인(PO_4^{3-} -P)

Nutrient broth에 원액 1%, 3%, 5% 농도를 유지하도록 배지에 첨가한 후 *A. hydrophila*를 주입한 실험에서 *A. hydrophila*의 증식은 배양 12시간에 최대 증식을 나타낸 후 서서히 감소하였으나 특별한 것이 되지 못했다. Nutrient broth에 원액 10%를 첨가한 시료와 희석액에 균을 주입한 시료 역시 특별한 변화가 없었다. 이런 결과는 N-화합물의 분해에는 *A. hydrophila*가 상당히 유용하지만 P-화합물의 분해에는 큰 영향력을 가지지 못하는 것으로 해석된다.

4. 요약

2000년 4월부터 7월까지 3차례에 걸쳐 채취한 도축폐수에서 세균을 분리, 동정하였다. 동정된 미생물의 우점종 *Aeromonas hydrophila*에 적합한 배양 조건을 파악하고 도축폐수의 성장변화를 실험하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

*A. hydrophila*의 최적 배양조건은 nutrient broth에서 35°C, pH 6.5, 120 rpm이었다. 도축폐수의 DO는 4.14 mg/l, BOD는 1731.21 mg/l, BOD/COD_{cr}비는 0.53~0.64, T-P/T-N의 비는 1.00~1.41, 생균수는 5.47×10^7 CFU로 나타났다. T-N의 변화는 배양 36시간까지 17% 감소에 그쳤고, NH_4^+ -N은 배양 36시간까지 모든 시료에서 증가하였고, nutrient broth에 도축폐수 원액 10%를 첨가한 시료에서 초기 29.19 mg/l에서 36시간에 570.36 mg/l으로 19.5배가 증가하였으나 원액 3%에서 초기 9.7 mg/l에서 403 mg/l로 41.6배의 가장 큰 효능을 나타냈다. NO_3^- -N은 nutrient broth에 원액 10%를 첨가한 시료에서 *A. hydrophila*에 의하여 배양초기에 73.31 mg/l에서 24

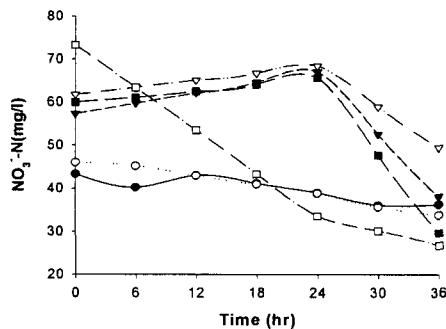


Fig. 4. Change of NO_3^- -N by *A. hydrophila* isolated from slaughter waste in nutrient broth at 35°C (symbols are as same as in Fig. 2).

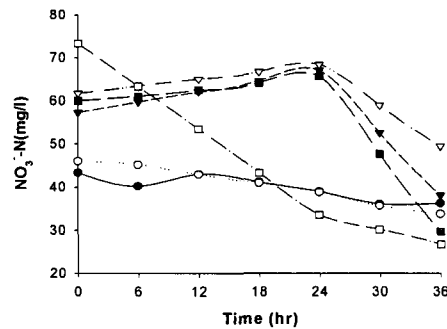


Fig. 5. Change of total phosphate by *A. hydrophila* isolated from slaughter waste in nutrient broth at 35°C (symbols are as same as in Fig. 2).

시간까지 33.56 mg/l로 급격하게 감소되었다.

T-P는 nutrient broth에 원액 10%를 첨가했을 때 *A. hydrophila*에 의하여 24시간동안 193.81 mg/l에서 101.41 mg/l까지 지속적으로 감소되었으며, 5% 첨가는 배양 12시간 동안 188.74 mg/l에서 92.59 mg/l로 급격하게 감소되었다.

참고 문헌

- 1) 보건 복지부, 1997, 95 국민 영양 조사 결과 보고서, 문영사, 17-18pp.
- 2) 박형기, 1994, 식육이용의 역사와 현황, 선진출판사, 24-25pp.
- 3) 이수환, 1996, 유기성 폐기물의 퇴비화 및 자원화 (1), 첨단환경기술, 11, 53-58.
- 4) Litchfield, J. H. , 1982, Meat-Processing wastes, Fish-Processing wastes, Poultry-Processing wastes, WPCF, 54(6), 688-692.
- 5) McComis, W. T. and J. H. Litchfield, 1988, Meat-Processing wastes, Fish-Processing wastes, Poultry-Processing wastes, WPCF, 60(6), 868-870.
- 6) 현창길, 신현길, 1997, 도축 폐혈액 단백질을 이용한 유산균체의 생산, 한국산업미생물학회지, 25, 218-223.
- 7) 전기홍, 박우문, 지중류, 이희애, 유익종, 1996, Blood Albumin의 효율 적분리기술 개발, 한국축산식품학회 제 17차 학술발표회 초록집, 27pp.
- 8) 이상호, 김영란, 정재춘, 1997, 서울시 도축폐수의 오염특성에 관한 연구, 폐기물 자원화, 5(2), 1-6.
- 9) Van Campen, A.L.B.M., 1986, Full Scale Anaerobic Treatment of Slaughterhouse wastewater, WPCA Conf. on Anaerobic Treatment, sep, Amsterdam, 656pp.
- 10) 박정호, 1992, UASB법에 의한 도살장 폐수처리에 관한 연구, 동아대학교 대학원 석사학위논문, 21-32pp.
- 11) 김민선, 1994, UASB법을 이용한 도축폐수의 처리에 관한 연구, 원광대학교 대학원 석사학위논문, 38-47pp.
- 12) Habets, L. H., 1985, Application of the UASB Reactor for Anaerobic Treatment of Paper and Board Mill Effluent, Wat. Sci. and Technol., 17(61), 116-125
- 13) 오계현, 송홍규, 최철호, 공인철, 정금희, 이병희, 1994, 폐수미생물, 동화기술, 19-20pp.
- 14) 김종택, 1992, 환경오염공정시험법(수질분야), 신광출판사, 174-266pp.
- 15) APHA, AWWA, WPCF, 1992, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., American Public Health Association, Washington, D.C., 115-193pp.
- 16) John, G. H., R. K. Noel, H. A. S. Peter, T. S. James and T. Stanley, 1994, Determinative Bacteriology, William & Wilkins, 272pp.
- 17) MetCalf & Eddy Inc., 2002, Wastewater Engineering : Treatment Disposal, Reuse, 4th ed., McGraw Hill Inc., New York, 72-105pp.
- 18) 이규성, 2002, 환경관계법규(개정판), 형설출판사, 292-301pp.