

## Rhodopseudomonas palustris KK14를 이용한 돈분폐수처리의 최적조건 검토

김한수 · 이태경<sup>1</sup> · 김혁일<sup>2</sup> · 조홍연<sup>3</sup> · 양한철\*

고려대학교 식품공학과, <sup>1</sup>고려대학교 생물공학연구소,  
<sup>2</sup>계명대학교 식품가공학과, <sup>3</sup>고려대학교 식품생명공학과

**초록** : 광합성세균에 의한 고농도 유기폐수 처리공정의 개발을 목적으로 폐수처리용 균주를 분리 동정하고 최근 고농도 유기폐수처리에 도입되고 있는 혐기성 소화와 광합성세균 반응조로 구성된 two-stage system에 적용시켜 각 단계별 폐수처리 최적화를 위한 조건들을 flask-scale에서 검토하였다. 부영양화된 토양, 연못, 논, 활성오니 등으로부터 1차적으로 활성이 높고 유기산 자화율이 우수한 균주를 분리하고 이중 가장 우수한 균주인 KK14를 선별하고 동정한 결과 *Rhodopseudomonas palustris*로 판명되었다. 광합성세균을 이용한 폐수처리공정의 첫단계인 산생성 단계에서는 혐기정지배양이 유기산 생성에 적합하였고 pH 5.0, HRT 2일로 운전시 약 80%의 유기산 증가율을 보였다. 생성된 유기산이 광합성세균에 의해 자화되는 둘째 단계에서는 광합성세균 반응조의 조건을 pH 7.0, 온도 30°C, 조도 4,000 lux로 했을 때 균의 생육도 및 유기산 자화율이 가장 우수했으며 초기 COD부하(kg COD/kg 광합성세균 건조중량)는 2 전후에서 가장 높은 COD제거율(92%/5일)을 나타내었다(1994년 7월 8일 접수, 1994년 8월 3일 수리).

### 서 론

광합성세균을 이용한 폐수처리법은 고농도 유기폐수를 단시간에 처리할 수 있을 뿐만 아니라 잉여 슬러지를 균체로서 자원화할 수 있다는 점에서 최근 새로운 생물학적 폐수처리법으로 주목을 받고 있다. 광합성세균들 중 purple nonsulfur bacteria인 Rhodospirillaceae과에 속하는 균은 각종 유기물을 탄소원 및 광합성반응의 전자공여체로 이용하는 통성 혐기성세균으로 영양요구성이 다른 미생물군보다 단순하고 혐기명, 호기명 및 호기암의 어떤 환경에서도 산소의 확산속도와 관계없이 활발히 생육할 수 있기 때문에 고농도 유기폐수처리에 적합한 균군으로 보고되고 있다.<sup>1-4)</sup>

광합성세균 폐수처리법의 장점은 10,000 ppm 이상의 고농도 유기폐수를 희석하지 않고 단 기간내에 처리함으로써 활성오니법에 비해 처리 장치가 1/2~1/3로 소형화되어 부지, 건설비, 운전경비 등이 크게 절감되며<sup>5)</sup> BOD 부하변동에 따른 문제발생이 없는 점, 이용미생물이 단일균으로 관리조건의 설정 및 관리가 용이하고 BOD 강하와 동시에 악취가 제거되는 점 등을 들 수

있다.<sup>6-10)</sup> 활성오니법의 기존시설을 일부 변경함으로써 용이하게 교체가 가능한 광합성세균의 폐수처리 공정은 크게 두단계로 고농도 유기폐수중에 함유되어 있는 고분자 물질의 호기적 또는 혐기적 분해단계와 분해에 의해 생성된 저급 지방산들을 광합성세균이 탄소원으로 이용함으로써 BOD(Biochemical Oxygen Demand)수준을 낮추는 정화단계인 two-stage system으로 구성되어 있다.<sup>11,12)</sup>

본 연구에서는 광합성세균을 이용한 농축산가의 소규모 가축폐수 처리공정 개발을 위한 기초연구의 일환으로 고농도 유기합성폐수에서의 유기산 자화율 및 생육이 우수한 광합성세균을 분리 동정하고 flask-scale에서 돈분폐수의 처리에 영향을 주는 최적조건들을 검토하였다.

### 재료 및 방법

#### 균주분리 및 선별

균주분리 및 선별용 배지는 Cohen-Bazire<sup>13)</sup> 등과 Sawada<sup>14)</sup> 등이 사용한 합성배지를 변형하여 사용하였다 (Na-acetate 2.0 g, Na-propionate 2.0 g, Na-butyrate 2.0 g, yeast extract 1.0 g, NH<sub>4</sub>Cl 1.0 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.4 g,

Key words : Photosynthetic bacteria, *Rhodopseudomonas palustris* KK14, Swine wastewater treatment

\*Corresponding author : H. C. Yang

NaCl 0.1 g, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.05 g, NaHCO<sub>3</sub> 0.3 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.0 g, trace metals solution 1 ml, distilled water 1 l, pH 7.0). 부영양화된 하천, 도랑과 토양, 해안, 활성오니 등에서 채취한 시료를 분리용 배지로 채운 15 ml screw cap tube에 넣고 30°C, 5,000 lux의 혐기적 광조건에서 1차 배양한 후 적색 또는 황색을 나타낸 배양액 0.1 ml을 12 g/l 유기산 합성배지에 접종, 동일 방법으로 2차와 3차에 걸쳐 집적배양하였다. 집적배양한 배양액을 유기산이 6 g/l 함유된 한천배지에 희석, 도달한 후 GasPak Plus Jar System(BBL 60641)에서 혐기적 광조건으로 배양하였으며, 형성된 single colony들로부터 100여종의 균주를 순수분리하였다. 분리한 전균주들을 대상으로 액체배양을 실시한 후 생육이 빠른 10균주를 1차로 선별하였으며 최종 균주는 유기산 자화속도와 최대비증식속도(maximum specific growth rate)를 측정하여 선별하였다.

### 선별균주의 동정

선별균주의 동정은 'Bergey's Manual of Systematic Bacteriology<sup>15)</sup>' 과 'Manual of Methods for General Bacteriology<sup>16)</sup>' 에 준하여 실시하였다.

### 대상폐수

대상폐수는 경기도 용인군 J농장에서 배출되는 폐수를 35 mesh 체로 걸른 폐수를 원폐수로 하여 4°C에 냉장 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 산생성 반응조

산생성오니의 조제는 500 ml 삼각 flask에 원폐수를 200 ml씩 넣은 후 37°C에서 2 N HCl과 2 N NaOH를 이용 pH를 5.0으로 조정해주면서 각 조건별 유기산 생성량을 검토한 다음 최대 산생성력을 나타낸 조건하에서 조제하였다. 산생성 반응조는 120 ml 배양병에 조제한 산생성오니를 50 ml씩 분주하고 배양온도 37°C, pH 5.0, 6.0, 7.0, 8.0와 HRT(Hydraulic Retention Time) 1일, 2일, 3일, 4일의 각 조건에서 원폐수로 교환하는 반연속식 배양을 실시하였다. 폐수교환시에는 혐기상태를 유지하기 위하여 배양병의 head space의 공기를 질소가스로 치환하였다.

### 광합성세균의 종균조제

종균의 조제는 상기한 합성배지의 성분중 유기산의 비율을 산생성폐수와 유사하게 acetic acid : propionic acid : butyric acid = 3 : 1 : 2의 비율로 조정된 총 유기산 농도 6,000 ppm배지를 이용하여 48시간마다 수 회에

걸쳐 계대배양하였다. 배양 중 혐기적 상태를 유지시키기 위해 고무마개와 aluminium cap으로 밀폐된 60 ml vial병을 사용하였으며 30°C에서 100 W 백열등을 이용하여 약 20 cm거리에서 광선을 조사하였다.

### 광합성세균 반응조

산생성 폐수처리의 환경인자들을 검토하기 위해 300 ml 배양병을 이용하여 반혐기적 광조건하에서 5일간 배양하면서 광합성세균의 생육도 및 유기산 자화율을 측정하였다. 산생성폐수는 수도물로 희석, COD<sub>cr</sub>(Chemical Oxygen Demand) 10,000 ppm인 것을 사용하였으며 종균의 접종량은 20%(v/v)로 하였다.

### 유기산 분석

유기산 분석은 gas chromatograph(Shimadzu GC-14A)를 사용하여 flame ionized detector(FID)로 다음의 조건에서 분석하였다(Column; Glass column(3.2 mm ID×2 m), Column material; Carboxpack B-DA 80/120 4% CW20M, Column temperature; 175°C, Injection temperature; 200°C, Detector temperature; 200°C, Carrier gas; Nitrogen(1.4 kg/cm<sup>2</sup>), Injection volume; 1 μl).

### 균체량 측정

합성배지에 배양한 균체는 spectrophotometer를 이용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하였고, 대상폐수에서는 acetone : methanol = 7 : 2의 용매로 bacteriochlorophyll a를 추출하여 770 nm에서 흡광도를 측정하였다. MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid)의 양은 103~105°C의 건조기에서 미리 건조한 유리섬유(Whatman, GF/C)로 시료를 여과한 후 103~105°C 건조기에서 2시간 건조시킨 다음 desiccator에서 방냉 후의 무게와 여과전의 유리섬유 무게의 차이로 측정하였다.

### BOD<sub>5</sub> 및 COD<sub>cr</sub>

BOD는 20°C에서 5일간 시료를 배양했을 때 소모된 산소량, COD는 산화제 중크롬산칼리(K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)를 이용 유기물을 화학적으로 산화시킬 때 소모된 산소량을 각각의 상법<sup>17)</sup>에 따라 측정하였다.

### 폐수분석

폐수의 일반성분은 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater<sup>17)</sup>'에 따라 분석하였다.

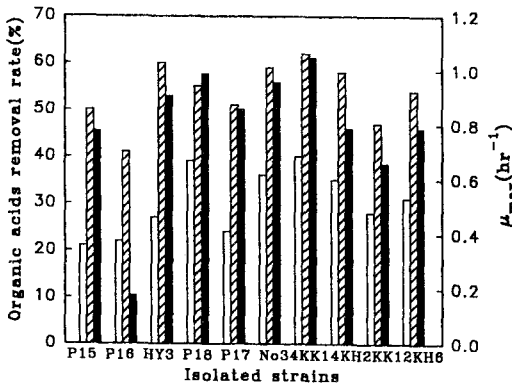


Fig. 1. Removal rate of organic acids and maximum specific growth rate of the isolated strains. Cultivation was carried out at 30°C for 6 days under 5,000 lux in the basal medium containing 0.2% Na-acetate, 0.2% Na-propionate, 0.2% Na-butyrate as carbon sources with initial pH 7.0.

□, 2 days; ▨, 6 days; ■,  $\mu_{max}$ .

### 결과 및 고찰

#### 균주의 선별

유기산 자화능력이 우수한 균주를 최종선별하기 위해 acetic acid, propionic acid, butyric acid를 탄소원으로 첨가한 6,000 ppm 유기산 배지에서 1차로 선별된 10균주의 생육과 유기산의 자화도 및 각 균주들의  $\mu_{max}$ 를 비교 검토하였다(Fig. 1). 그 결과 KK14, HY3, No34, P18 등이 균체량 및 최대 비증식속도가 우수하였고 특히 strain KK14는 다른 균주에 비해서 빠른 시간내에 유기산을 자화하면서  $\mu_{max}$  값이 1.05( $hour^{-1}$ ), generation time이 40분으로 생육이 가장 우수하였으므로 고농도 유기폐수처리를 위한 최종 균주로 선별하였다.

#### 선별균주의 동정

선별균주 KK14를 혐기적 광조건하에서 24시간과 48시간 정치배양한 후 상법에 따라 전자현미경(JEM100cx-II)으로 관찰한 결과 폭 0.6~0.8  $\mu m$ , 길이가 1.5~2.0  $\mu m$ 인 간균으로서 polar flagellum에 의한 운동성이 있으며 생육이 정상상태에 도달했을 때 점질물질에 의한 clusters를 형성함을 알 수 있었다(Fig. 2). KK14는 Gram 음성균으로 포자를 형성하지 않았으며 혐기적, 호기적 조건과 명암에 상관없이 모두 생육하였고 명조건에서 붉은색, 암조건에서 연한 분홍색을 띠었다. Starch와 casein을 분해하지 못하였으며 catalase positive이었고 nit-

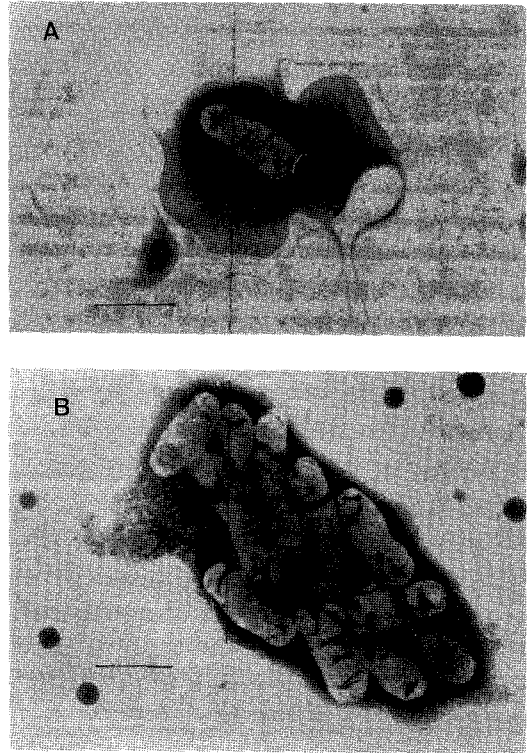


Fig. 2. Electron micrographs of selected strain KK14. Cells cultivated for 1 day (A) and 2 day (B) were negatively strained by phosphotungstic acid. A flagellum was seen in the pole of the cell and the cells were clumpy together. Bar represents 1  $\mu m$ .

rate 환원력을 가지고 있었다(Table 1). 원심분리한 균체를 60% sucrose-용액에 현탁시킨 후 scanning한 결과 365 nm, 590 nm, 806 nm, 863 nm에서 최대 흡광도를 나타냈으며, acetone : methanol(7 : 2) 유기용매를 이용 추출한 색소는 476 nm, 508 nm, 594 nm, 771 nm에서 최대 흡광도를 나타냈다. 이  $\lambda_{max}$ 의 spectrum은 purple nonsulfur bacteria의 carotenoides 및 bacteriochlorophyll a의 최대흡광도와 일치함을 보였다.<sup>13)</sup>

이상의 성질로부터 1차적으로 선별한 균주 KK14는 비유황 광합성세균으로서 Rhodospirillaceae과에 속함을 알 수 있었다. Table 1, 2에서와 같이 KK14는 gelatine 분해능이 없고, growth factor로 p-aminobenzoic acid를 요구한다는 점과 기질이용성 특히 방향족 화합물인 benzoic acid와 sulfide, formate 등을 탄소원으로 이용할 수 있으며 tartrate와 arginine을 탄소원으로 이용할 수 없다는 점 등이 *Rhodopseudomonas palustris*와 동일한 성질을 나타내었다. 선별균주 *Rhodopseudomonas palustris*

Table 1. Morphological, physiological and cultural characteristics of the selected strain KK14

Characteristics	Selected strain KK14	<i>Rhodospseudomonas palustris</i>
<b>I. Morphology</b>		
Cell size ( $\mu\text{m}$ )		
Width	0.6~0.8	0.6~0.9
Length	1.5~2.0	1.2~2.0
Cell shape	rod	rod
Motility	+	+
Spore formation	-	-
Gram staining	-	-
Color of culture	red	red to redbrown
<b>II. Physiology</b>		
Growth		
Anaerobic, light	+	+
Anaerobic, dark	+	+
Aerobic, light	+	+
Aerobic, dark	+	+
Bacteriochlorophyll	a	a
$\lambda_{\text{max}}$ of whole cell (nm)	365, 590, 806, 863	589, 802
$\lambda_{\text{max}}$ of cell extract (nm)	476, 508, 594, 771	860~875
Gelatine liquefaction	-	-
Starch hydrolysis	-	-
Casein utilization	-	-
Nitrate reduction	+	+
Catalase activity	+	+
Vitamins required	PABA	PABA (biotin) <sup>1</sup>

+, Present or positive; -, Absent or negative; PABA, *p*-Aminobenzoic acid; ( ), Vitamin required by a few strains only

KK14는 호기적, 혐기적 조건과 무관하게 생육이 가능하고 유독물질의 요인이 되는 sulfide를 energy원으로 이용함으로써 sulfide가 함유된 산업폐수처리에 이용 가능할 뿐만 아니라 심각한 오염원의 하나인 유독성 방향족 화합물을 탄소원으로 이용함으로써 난분해성 방향족 화합물의 함유량이 높은 폐수처리에 적합한 균주로 사료되었다.<sup>18)</sup>

#### 산생성 반응조의 최적조건

광합성세균은 탄수화물, 단백질 등의 고분자물질을 직접 탄소원으로 이용할 수 없기 때문에 폐수처리의 효율을 높이기 위해서는 고농도 유기 원폐수의 유기산 생성단계가 요구되고 있다. Fig. 3은 유기산 생성오니 조제를 위해 호기적 정치, 호기적 교반, 혐기적 정치 및 혐기적 교반 등의 각 조건별 유기산 생성량을 측정할 결과로 혐기적 정치배양시 약 20일 경과 후 가장 높은 산 생성률을 나타내었다. 이는 산생성균들이 통성 및 절대 혐기성균으로 이루어지고 있다는 보고<sup>12,19)</sup>와 유기

오수를 자연방치했을 때 광합성세균이 약 20일 후에 균수가 급격히 증가한다는 보고<sup>20)</sup>와 일치하는 경향을 보였다. Kobayashi 등<sup>21)</sup>과 Hiraishi 등<sup>11)</sup>은 photosynthetic sludge process의 전처리 방법으로서 폭기법을 사용하였으나 본 실험에서는 폭기시 유기산이 오히려 고갈되는 현상을 나타냄으로써 본 실험에 사용한 원폐수가 이미 어느 정도 가수분해가 진행된 폐수임을 알 수 있었다. 한편 산생성 반응조에서 pH 및 체류시간이 유기산 생성에 미치는 영향을 검토한 결과 pH 5.0, HRT 2일로 조정했을 때 가장 많은 유기산(약 80% 증가)이 생성되었다(Fig. 4).

#### 원폐수와 산생성폐수의 특성

원폐수와 상기의 조건에서 처리한 산생성폐수의 성상은 Table 3과 같다. 원폐수에는 total solid에 비해 suspended solid량이 극히 적어 대부분의 고형분은 가용성 상태로 존재하고 있음을 알 수 있었으며 BOD/Nitrogen 비율이 8:1로서 활성오니법의 적정비 17~32<sup>20)</sup>보다 낮

Table 2. Utilization of organic compounds and electron donors by the selected strain KK14

Carbon source or electron donor*	Selected strain KK14	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>
Glucose	+	+
Fructose	+	±
Mannose	+	0
Ethanol	+	±
Glycerol	+	+
Mannitol	+	±
Sorbitol	+	+
Fumarate	+	+
Tartarate	-	-
Lactate	+	+
Succinate	+	+
Benzoate	+	+
Formate	+	+
Butyrate	+	+
Acetate	+	+
Propionate	+	+
Citrate	+	±
Malate	+	+
Pyruvate	+	+
Glutamate	+	+
Arginine	-	-
Thiosulfate	-	+
Sulfide	+	+

\*Substrates were added to a concentration of 0.1% (W/V) and acids were added as sodium salt.

+, Growth; ±, Substrate utilized; -, No growth; 0, Not tested.

은 값을 나타내었다. 산생성 처리에 의해 total solid, suspended solid, COD 및 BOD는 각각 약 20%, 50%, 20% 및 15%씩 감소하였으나 volatile solid는 거의 변화가 없었으며 유기산은 약 85%가 증가하였다. 또한 acetic acid를 비롯하여 대부분의 유기산 함량은 2배 정도 높아졌으나 propionic acid의 함량증가는 관찰되지 않았고 sulfate는 55% 이상의 제거율을 보였다.

광합성세균 반응조의 최적조건

1) pH 영향

산생성폐수의 초기 pH를 6.0에서 9.0까지 조정한 후 30°C, 반험기적 광조건에서 5일간 배양한 후 유기산 자화율 및 균의 생육을 검토한 결과 초기 pH 7.0에서 유기산 자화율 및 균의 생육이 가장 우수하였다(Fig. 5).

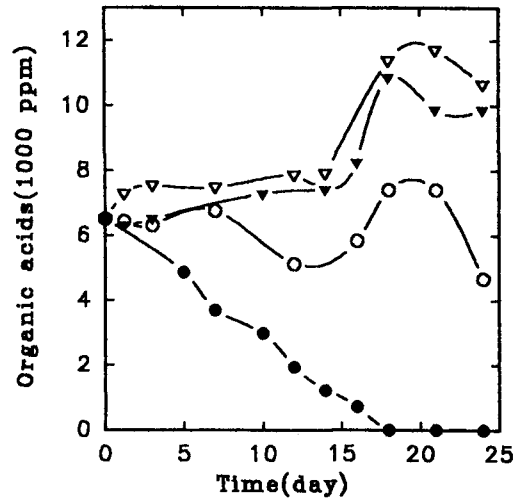


Fig. 3. Changes of organic acids under the various culture conditions. Cultivation was carried out at 37°C, and pH 5.0. ○-○, Aerobic standing; ●-●, Aerobic stirring; ▽-▽, Anaerobic standing; ▼-▼, Anaerobic stirring.

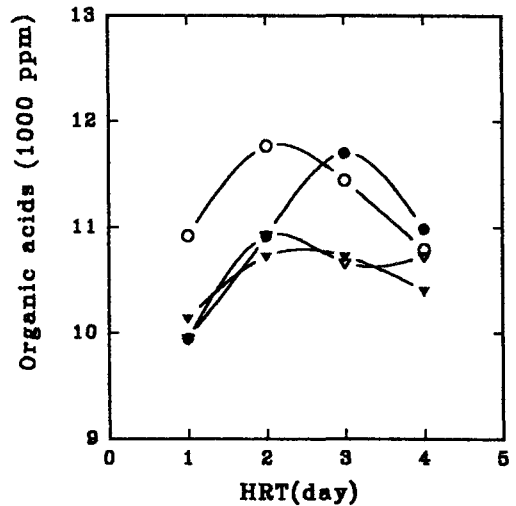


Fig. 4. Effects of pH and HRT on the organic acid production. Cultivation was carried out at 37°C. ○-○, pH 5; ●-●, pH 6; ▽-▽, pH 7; ▼-▼, pH 8.

이는 Bergey's manual 상의 균주 *Rhodopseudomonas palustris*의 최적 pH가 6.9라는 보고와 일치하였으며<sup>15,16)</sup> 2 N HCl를 이용하여 최적 pH인 7.0으로 조정해 준 경우 대조구보다 유기산 자화율 및 균의 생육이 우수함을 보임으로써 광합성세균 반응조의 pH를 조정해 주는 것이

Table 3. Environmental factors of raw swine wastewater and anaerobic digested swine wastewater

Factor	Concentration (g/l)		Factor	Concentration (ppm)	
	RSW*	ADSW*		RSW*	ADSW*
pH	7.1~7.2	6.0~6.2	Total nitrogen	2,530	2,300
Total solid	23~25	18~20	Ammonia nitrogen	1,640	2,000
Volatile solid	14~16	12~14	Total phosphate	43.0	34.0
Suspended solid	1.0~2.0	0.6~1.0	Total sulfate	1,390	600
COD <sub>cr</sub>	22~23	18~19	Zn	0.41	0.40
BOD <sub>5</sub>	19~21	16~18	Pb	ND*	0.01
Total organic acid	6.5	12	Mn	1.29	1.10
Acetic acid	2.3	4.5	Cr	0.08	0.01
Propionic acid	1.0	1.3	Cu	0.19	0.30
Isobutyric acid	0.3	0.8			
Butyric acid	1.5	2.5			
Lactic acid	1.3	2.9			

\*RSW, Raw swine wastewater; ADSW, Anaerobic digested swine wastewater; ND, Not detected.

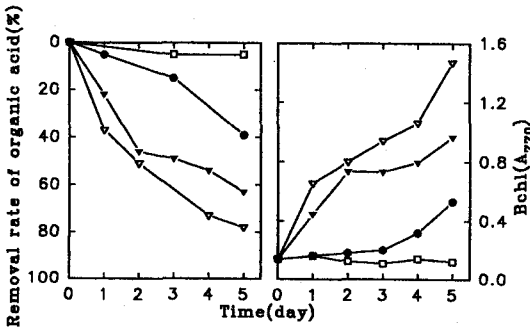


Fig. 5. Effect of initial pH on the removal rate of organic acid and the cell growth. Cultivation was carried out at 30°C for 5 days under 5,000 lux in the anaerobic digested swine wastewater with various pH.

●-●, pH 6; ▽-▽, pH 7; ▼-▼, pH 8; □-□, pH 9.

폐수처리효율의 극대화를 위해 요구되었다.

2) 조도의 영향

100 W 백열전구와 배양용기 간의 거리를 조절, 광도 1,000 lux에서 5,000 lux까지 일정하게 유지시키면서 유기산 자화율 및 균의 생육도를 측정 한 결과 광도가 높을수록 생육 및 유기산 자화율이 증가하는 경향을 나타내었으며 4,000 lux보다 높은 광도에서는 유기산 자화율은 거의 차이가 없었으나 bacteriochlorophyll량은 저하되는 결과를 보였다(Fig. 6). 平山修<sup>21)</sup>에 의하면 포화 이상의 광도하에서는 색소 생성반응 및 광합성막의 형성이 억제되고 동시에 생성된 색소분해가 촉진된다고 보고한 바 있으나 색소생성의 억제가 광합성세균의 생

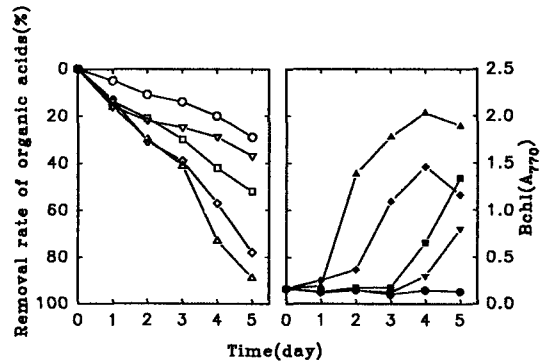


Fig. 6. Effect of light intensity on the removal rate of organic acids and the cell growth. Cultivation was carried out at 30°C for 5 days in the anaerobic digested swine wastewater adjusted to pH 7.0 at various light intensities.

○-●, 1,000 lux; ▽-▽, 2,000 lux; □-■, 3,000 lux; ▼-▼, 2,000 lux; ◇-◆, 5,000 lux.

육저해와 직접적인 관련성을 갖고 있지 않기 때문에 본 균주를 이용한 폐수처리시 폐수처리 효율을 높이기 위해서는 4,000 lux 부근의 조도가 필요함을 알 수 있었다.

3) 온도의 영향

생물학적 폐수처리법에서 제기되고 있는 문제점의 하나는 동계 폐수처리 효율의 급격한 저하현상으로 본 균주를 이용한 폐수처리에 있어 처리효율에 미치는 온도 영향을 검토하였다. 균의 생육 및 유기산 자화율은 30 °C에서 왕성했으며 10°C에서는 생육이 감소되는 결과를 보임으로서 선별 균주는 전형적인 내냉성 중온균의 성

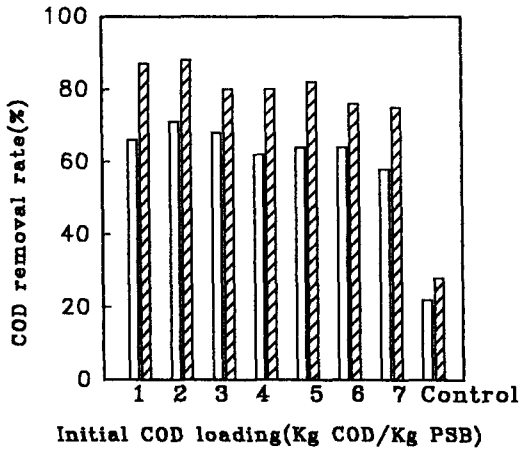


Fig. 7. Effect of initial COD loading on the COD removal rate. Cultivation was carried out at 30°C for 5 days under 4,000 lux in the anaerobic digested swine wastewater adjusted to pH 7. Control, Not inoculated, □, 2 days; ▨, 5 days

질을 나타내었다. *Rhodopseudomonas palustris*는 수중 미생물임에도 불구하고 생육 최적온도는 30°C이며 10°C 보다 40°C에서 생육이 우수하다는 보고에 따라<sup>15,16)</sup> 실제 폐수처리시 온도를 중온(30°C ~ 35°C)으로 유지하는 것이 중요함을 알 수 있었고 따라서 저온에서 생육활성이 높은 균주의 육종이 요구되었다.

4) 초기 COD부하 영향

산성성폐수를 수돗물로 희석, 초기 COD 부하(kg COD/kg 광합성세균 건조중량)를 1에서 7까지 조절, 상기의 최적조건하에서 5일간 배양한 후 COD 제거율을 검토하였다(Fig. 7). 그 결과 COD 제거율은 종배양액 20%(v/v)접종량에 해당하는 초기 COD부하 2부근에서 가장 우수한 약 92%의 제거율을 나타내었다. Hiraishi 등<sup>11)</sup>은 광합성세균 반응조에서 홍색 비유황세균이 우점종을 유지하기 위해서는 높은 BOD부하율이 필요하며 낮은 BOD부하율에서는 홍색 비유황세균의 활성이 미미하다고 보고하였다. 본 균주의 특성은 Fig. 7에서와 같이 초기 COD부하가 7인 경우에도 70% 이상의 COD 제거율을 나타냄으로써 부하 변동에 내성이 강할 뿐만 아니라 폐수처리 효율면에서 광합성세균을 접종하지 않은 것보다 70% 이상의 높은 효율을 보임으로써 대표적인 고농도 유기폐수의 하나인 돈분폐수를 단시간에 처리하는데 적합한 균주임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학재단의 연구비(91-0204-10) 지원에 의하여 수행된 연구의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Madigan, M. T., Cox, J. C. and Gast, H. (1980) J. Bacteriol., 148-908
- Uffen, R. L. and Wolf, R. S. (1980) J. Bacteriol., 104-908
- 北村博 (1972) 醱酵協會誌, 30-77
- 北村博 (1972) 醱酵協會誌, 30-153
- 小林達治 (1970) 化學と生物, 8-604
- 小林正泰 (1978) 醱酵と工業, 36-753
- Kobayashi, M. and Tchan, Y. T. (1973) Water Res., 7-1219
- Kobayashi, M. (1976) In 'Microbial Energy Conversion', Schlegel, H. G. and J. Barnea, Erich Goltze, K. G. (ed), 443, Göttingen
- Kobayashi, M., Fuji, J. Shimamoto and Maki, T. (1979) Prog. Water Technol., 11-249
- 小林正泰 (1971) 食品工業, 14-19
- Hiraishi, A., Shi, J. L. and Kitamura, H. (1989) J. Ferment. Bioeng., 68-269
- Naomichi, N., Kitamura, S. and Nagai, S. (1982) J. Ferment. Technol., 60-423
- Cohen-Bazire, G., Sistrom, W. R. and Stainer, R. Y. (1957) J. Cell. Comp. Physiol., 49-25
- Sawada, H. and Rogers, P. L. (1977) J. Ferment. Technol., 55-297
- Staley, J. T. et al (1989) Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Williams & Wikins, Co., New York
- Gerhardt, P. et al (1981) Manual of Method for General Bacteriology
- Greenberg, A. E. et al (1992) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th Ed., American Public Health Association, Inc., New York
- Versha, S. K. and Wyndham, R. C. (1990) Appl. Environ. Microbiol., 56-3871
- 송영채 (1991) 한국과학기술원 석사학위 논문, 5
- Sawada, H., Parr, R. C. and Roger, P. L. (1977) J. Ferment. Technol., 55-326
- 平山修 (1978) 醱酵と工業, 36-563

---

**Optimal Conditions for Treatment of Swine Wastewater using *Rhodopseudomonas palustris* KK14**

Han-Soo Kim, Tae-Kyung Lee<sup>1</sup>, Hyuk-II Kim<sup>2</sup>, Hong-Yon Cho<sup>3</sup>, and Han-Chul Yang\* (Department of Food Technology, <sup>1</sup>Institute of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea, <sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Kemyung University, Taegu 704-701, Korea, <sup>3</sup>Department of Food and Biotechnology, Korea University, Chochiwon 339-700, Korea)

**Abstract** : For the development of biological wastewater treatment process using photosynthetic bacteria (PSB), photosynthetic sludge process consisted of anaerobic digestion and PSB reactor were designed for the treatment of swine wastewater and the optimal operating conditions in flask-scale were examined. Photosynthetic bacteria from soil, pond, rice field, ditch etc. were isolated in synthetic medium containing high amount of organic acids and finally isolated one strain KK14 which showed the most degradating ability of organic acids was selected for the treatment of swine wastewater. It was identified as *Rhodopseudomonas palustris*. In the anaerobic digestion stage, the maximum organic acid productivity was obtained at pH 5.0, 37°C, HRT 2 day and under anaerobic standing condition. The optimal operating conditions of PSB reactor for the treatment of swine wastewater were pH 7.0, 30°C under 4,000 lux illumination, and optimal initial COD loading (kg COD/kg D. C. W of PSB) was 2 (20% v/v seeding) in the main purification stage. Maximum removal rate of COD reached 92% under the above optimal conditions for 5 days.