

발효 중인 양조식초에서 분리한 고산도 초산균의 생육특성

박미화 · 류동규 · 류충호[†]
경상대학교 응용생명과학부

Characteristics of High Acidity Producing Acetic Acid Bacteria Isolated from Industrial Vinegar Fermentation

Mi-Hwa Park, Dong-Kyu Lyu and Chung-Ho Ryu[†]

Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

Acetic acid bacteria have been isolated from running high-acid vinegar fermentation. The color of the isolated colony was beige-yellowish. Isolated cell was rod-shaped, small, pale, absolutely aerobic and gram-negative. Microscopically the cells appeared as non-motile and non-flagellated, preferentially occurring in pairs. The optimum temperature and pH for culture were 30°C and 2.7, respectively. The strain was able to grow in the presence of acetic acid, ethanol and glucose. Ethanol was oxidized to acetic acid which was not oxidized any more. The isolated strain utilized glucose, fructose, maltose, sucrose, mannitol and sorbitol as carbon source. Cellulose formation was not detected on bouillon. The DNA (G+C) content of isolated strain was determined to be 56.2 mol%. The strain isolated from industrial vinegar fermentation was identified as *Gluconacetobacter europaeus*.

Key words: acetic acid bacteria, high acidity vinegar, *Gluconacetobacter europaeus*

서 론

식초는 술과 함께 인류의 식생활에서 가장 오랜 역사를 갖는 발효 식품 중 하나이며 음식을 조리할 때 산미를 내는 조미료로 쓰이는 것은 물론 민간의약으로도 널리 사용되었다(1). 최근 경제성장과 더불어 식생활문화가 향상되면서 식초는 단순 조미료 용도에서 식초음료, 스낵제품 등에 기능성 소재로 활용 가능한 분말 식초, 초산균이 생성하는 cellulose 소재 등으로 연구 개발되고 있다.

일반적으로 식초의 최종 산도는 5.0~7.0%인데 이는 사용균주의 초산 생성 능력 및 발효 방법에 기인된다고 말할 수 있다. 특히 발효방법보다는 초산 생성균의 균주특성에 절대적으로 영향을 받는데 이는 기질로 이용되는 ethanol 및 생성물인 초산농도에 대한 내성 정도에 따라 최종 산도가 결정된다고 알려져 있다(2).

초산발효를 일으키는 초산균은 1837년 F. T. Kützing에 의해 최초로 발견되었으며, 1864년 Pasteur가 초산균이 ethanol로부터 초산을 생성한다는 것을 발견한 이래 초산발효의 mechanism 및 공업적 생산에 관한 많은 연구가 이루어졌다. 현재 식초생산을 위한 발효시설 개량에 의한 공업적 생산 등에 관한 연구는 상당한 수준에 도달하였으나 초산함량 12% 이상

의 식초생산에 가장 중요한 역할을 하는 고산도 초산균에 대한 연구는 아직도 초보단계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

대규모 식초생산공장에서도 종균의 보존 및 증식기술이 확립되어 있지 않아서 발효된 배양액의 30~50%를 빼고 사입물을 다시 첨가하는 고전적인 방법에 의존하고 있는 실정이다. 고산도 양조식초 생산에 사용되는 우수한 종균을 순수 분리하고 보존하는 방법이 개발되어 있지 않아 고산도 식초 발효공장에서는 정전, 외부온도의 급변, 과열현상 등에 따른 발효조 내의 미생물들의 쇼크에 대체할 수 있는 묘안이 없는 실정이다(3-5). 최근 Entani 등(6)이 중증한천평판배양법을 고안함으로써 일부 고산도 초산균을 분리하여 colony를 관찰할 수 있게 됨으로써 세계적으로 고산도 식초균에 대한 연구가 진행 중이다.

Yang과 Choi(7)의 클로버풀 식초에서 분리한 초산균의 생화학적 특성, Cha 등(8)은 cellulose를 생성하는 *Acetobacter xylinum* KI의 분리 및 특성, Shim 등(9)의 감식초로부터 분리한 *Acetobacter* sp.의 내산성에 관한 연구, Hammers와 Sokollek(10)의 식초발효를 위한 starter 배양에 대한 보고 등이 있으나 초산균에 관한 연구는 대부분 중산도 이하의 초산 생성균에 국한되어 있는 실정이다.

[†]Corresponding author. E-mail: ryu@nongae.gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5482, Fax: 82-55-753-4630

지금까지 한국의 전통발효식초에 서식하고 있는 초산균의 체계적인 분류·동정, 균주개량이나 산업화에 대한 연구가 미흡한 실정이고 특히 12% 이상의 고농도의 초산을 생성하는 초산균에 대해서는 거의 알려진 바가 없다.

본 실험에서는 발효 중인 양조식초탱크에서 고농도 초산 생성균을 분리하고 그 생육특성을 조사한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

사용균주와 배양조건

Ethanol과 초산농도를 합한 총농도(TC)가 14%인 미원(주) 양조식초발효탱크에서 초산균을 분리하여 실험에 사용하였다. 표준균주는 DSMZ(Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, Braunschweig, Germany)에서 분양받았다. 발효 중인 양조식초에서 초산균을 순수분리하기 위해 사용한 배지조성은 Table 1과 같다. Ethanol과 초산을 뺀 나머지 성분을 121°C에서 20분간 멸균하여 55°C 항온수조에 정치한 다음 ethanol과 초산을 무균적으로 첨가하고 Entani 등(6)이 보고한 증충 배지 제조법에 준하여 한천 평판배지를 제조하였다. 발효 중인 양조식초를 고체배지에 신속히 도말하여 30°C, 상대습도 95% 이상의 항온항습기(THC-210, Y.M. Tech., Korea)에서 10일 이상 배양하여 생성된 초산균의 단일 colony를 동일한 배지에 반복하여 계대 배양하여 순수 분리하였다.

고산도 초산균주의 분리

발효 중인 양조식초 탱크에서 순수 분리된 초산균의 고산도 초산 생성능을 확인하기 위해 Table 1의 기본액체배지에 초산균을 접종하여 항온진탕기(KMC1205SW, Jeio Tech., Korea)에서 30°C, 200 rpm으로 교반하면서 2~3일간 배양하여 종균으로 사용하였다. 250 mL 3중 방해판 삼각 플라스크의 배지 50 mL에 증초 2.5 mL를 접종하여 7일간 진탕배양(200 rpm)한 후 초산 생성능이 가장 우수한 균을 선별하여 실험에 사용하였다.

산도측정

산도는 진탕배양 중인 초산발효 시료액 5 mL를 취하여 증류수 15 mL를 가하고 phenolphthalein 지시약 2~3방울을 가해 0.1 N NaOH로 적정한 후 초산으로 환산하였다.

온도 및 pH의 영향

분리균의 생육최적 온도는 AE배지에서 15, 20, 25, 30, 35,

37°C로 배양온도를 달리하여 5일간 진탕배양하여 660 nm에서 흡광도를 측정하여 생육정도를 조사하였다. 분리균의 생육최적 pH는 2.0, 2.2, 2.4, 2.7, 3.0, 3.4가 되도록 0.1 N HCl로 조절된 AE배지에서 30°C, 200 rpm으로 5일간 진탕배양하여 660 nm에서 흡광도를 측정하여 생육정도를 조사하였다. pH는 pH meter(Orion 420A, USA)를 사용하여 측정하였고 흡광도 측정은 spectrophotometer(Shimadzu Co., Japan)를 사용하였다.

생화학적 특성조사

분리된 초산균의 모양, 크기 및 colony의 특징은 광학현미경(Olympus, BHA)과 주사전자현미경(S-800, Hitachi, Japan)으로 검정하였다. 광학현미경에 의한 형태학적 특성은 Hucker의 변법에 준해 균체를 gram 염색하여 관찰하였으며, 전자현미경은 Chae(11)의 방법에 따라 균체를 osmic acid로 고정(전고정: 1%, 후고정: 0.2%)한 후 ethanol농도별(25, 50, 75, 95, 100%)로 각 30분간 탈수하고 membrane filter(0.45 µm)로 여과하여 집균하였다. Filter 위에 포집된 균체를 crytical point dryer로 건조한 다음 gold로 coating하고 검정하였다. 탈수과정 중 100% ethanol 및 isopropyl alcohol은 2회 반복 처리하였다.

분리된 균주의 생화학적 특성은 4~8% 초산 첨가시의 생육, 초산으로 pH 2.5로 조절된 환경에서의 생육, 초산, ethanol과 propanol를 각각 첨가하지 않았을 때의 생육, ethanol과 lactate 첨가시의 생육 등을 Sievers 등(12)의 방법에 따라 AE배지에서 30°C, 7일간 배양하여 실험하였으며 2-, 5-ketogluconic acid 형성유무는 Gossele 등(13)에 따라 2% glucose를 첨가한 AE배지에서 배양한 후 TLC로 측정하였다.

다양한 탄소원의 이용능은 각각 2% ethanol과 초산을 첨가한 AE액체배지에 glucose 대신 fructose, maltose, sucrose, mannitol, sorbitol, glycerol, gluconate, lactate 등을 첨가하여 30°C에서 14일 동안 배양하면서 분리균의 생육정도를 실험하였다. Cellulose의 생성은 30°C, AE액체배지에서 정치배양하여 생성유무를 관찰하였다. DNA는 Marmur(14)의 방법에 따라 분리하였다. DNA 염기 중의 G와 C 함량(mol%)은 high-performance liquid chromatography(Shimadzu HPLC system, Japan)로 측정하였다(15).

결과 및 고찰

고산도 초산균의 분리 및 형태학적 특성

발효 중인 미원(주)양조식초탱크 중의 발효액을 신속히 AE 증충한천배지에 도말하여 얻은 연한 베이지색의 부정형 colony를 선택하여 다시 희선분리하여 단일균임을 확인하고 AE 액체배지에 접종하여 30°C, 3일간 진탕배양한 종균 2.5 mL를 50 mL AE배지에 접종하여 TC를 높이며 7일 이상 진탕 배양한 후 생성된 초산농도를 측정된 결과 TC 7%일 때 6.5% 이상, TC 10%일 때 9% 이상의 초산을 생성하는 우수한 균

Table 1. AE medium for isolation of acetic acid bacteria

Glucose	0.5%
Peptone	0.3%
Yeast extract	0.2%
EtOH	4.0%
Acetate	3.0%

주임을 확인했다.

분리된 균주는 gram음성의 절대호기성 간균으로 Fig. 1과 같이 크기는 $0.4\sim 0.5 \times 1.5\sim 1.7 \mu\text{m}$ 였으며 편모가 없는 점으로 미루어 운동성이 없을 것으로 추정되는 단일균 또는 pair형의 전형적인 초산균이었다.

온도 및 pH의 영향

분리된 균주의 최적 생육 pH를 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 분리된 균은 pH 2.0에서는 생육하지 않았으나 pH 2.2와 3.4사이에서는 생육이 확인되었고 pH 2.4일 때보다는 pH 3.0에서 분리균주는 생육능이 좋았으며 분리균주의 생육최적 pH는 2.7이었다. Kim과 Chun(16)은 전통발효식초에서 분리한 초산균이 pH 2.0이하, pH 8.0이상에서는 균이 생육하지 못하고, 최적생육 pH가 4.0이라고 보고하여 본 실험의 결과와 상이하였으나 발효에 관여하는 균주의 생육 최적 pH가 낮을수록 상대적으로 높은 초산내성을 가지므로 고산도 식초생산에 적합할 것으로 예상된다.

분리균을 15, 20, 25, 30, 34, 37°C에서 배양하면서 최적 생육 온도를 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 분리균은 37°C에서 전

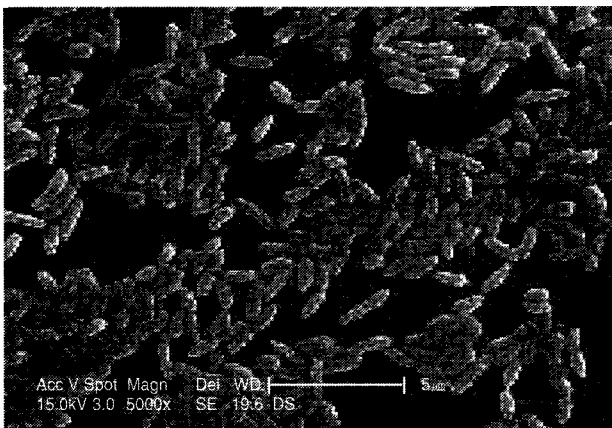


Fig. 1. Scanning electron micrograph of isolated strain DS-28.

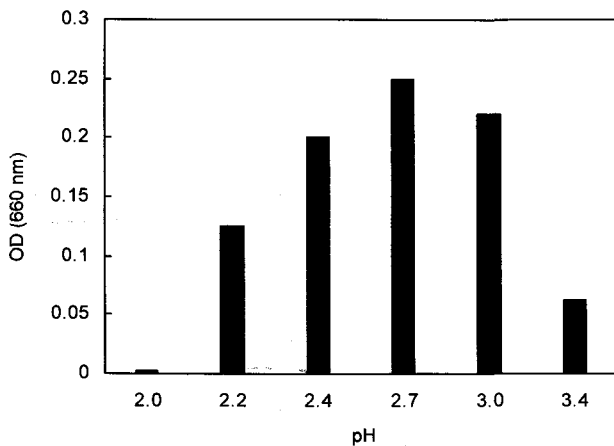


Fig. 2 Effect of pH on growth of isolated strain DS-28 at 30°C for 5 days.

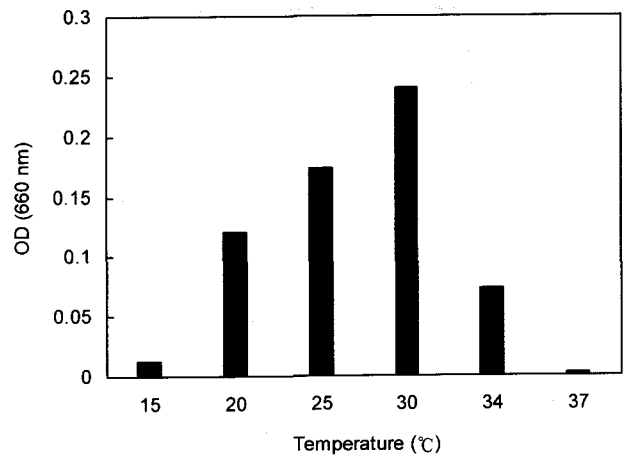


Fig. 3. Effect of temperature on growth of isolated strain DS-28 at pH 2.8 for 5 days.

혀 생육하지 않았고 15°C에서부터 34°C까지 생육가능하였으나 30°C일 때 가장 생육이 양호했다. Chung(17)은 20°C와 25°C보다 30°C에서 배양하는 것이 산 생성 속도가 빠르다고 보고한 반면에 Lee 등(18)은 25°C에서 가장 높은 산 생성량을 나타냈으며 30°C에서 배양했을 때 감소하는 경향을 나타냈다고 보고하였다. 이것은 발효균주의 종류와 초산생성능의 특성에 따른 차이 때문인 것으로 생각된다.

생화학적 특성

AE액체배지에 배양하여 분리균주의 생화학적 특성을 *Acetobacter*, *Gluconacetobacter* 속의 여러 표준 균주(19)와 비교하여 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 분리균은 4~8%의 초산을 첨가한 배지에서 잘 생육하였고 초산을 첨가하여 pH 2.5로 조절한 배지에서도 잘 생육하였으나 초산을 첨가하지 않은 배지에서는 전혀 생육하지 않았다. Glucose를 이용하여 2-, 5-ketogluconate를 형성하였으며 ethanol 존재 하에서는 잘 생육하였으나 lactate 존재 하에서는 생육이 약간 억제됨을 확인할 수 있었다. 분리균주는 ethanol을 산화시켜 초산을 생성하나 생성된 초산을 과산화시키지는 않았고 cellulose 생성능도 음성이었다. HPLC를 사용하여 DNA염기 중의 G와 C 함량(mol%)을 분석한 결과 56.2 mol%이었다. 표준균주들과 생육특성을 비교해 본 결과 분리된 균주는 cellulose 생성능이 음성이란 것을 제외하고는 *G. europaeus*와 일치되는 생육특성을 보였다(20). 또한 대부분의 초산균들은 초산 없이도 생육 가능하지만 *G. europaeus*의 경우 초산 없이는 생육할 수 없다는 Sievers 등(12)의 결과로 미루어 보아 분리된 균주가 *G. europaeus*로 생각된다.

더욱 상세한 계통학적 특성을 조사하기 위해 분리균주의 탄소 이용능을 이미 보고된 몇몇 *Acetobacter* 속과 *Gluconacetobacter* 속의 탄소 이용능(21)과 비교·관찰한 결과를 Table 3에 나타내었다. 분리된 초산균은 fructose, maltose, sucrose, mannitol, sorbitol, glycerol 이용능이 있었다. Ethanol과 propanol 존재시 잘 생육하는 특성이 있었다. 대조균

Table 2. Characteristics of isolated strain permitting its differentiation from other species of the genera *Acetobacter* and *Gluconacetobacter*

Characteristics	1	2	3	4	5	6	7 ¹⁾
Growth on 4~8% acetate	+	-	-	-	-	-	+
Growth without acetate	-	+	+	+	+	+	-
Growth at pH 2.5 in acetate	+	-	-	-	-	-	+
Formation of 2-ketogluconate	d	+	d	d	d	-	d
Formation of 5-ketogluconate	d	+	d	-	d	-	d
Growth on ethanol	+	+	+	d	-	d	+
Growth on lactate	d	+	+	d	d	-	d
Cellulose biosynthesis	d	-	-	-	-	-	-
DNA (G+C) content (mol%)	56-58	56-60	62-65	53-63	58-63	62	56.2

1: *Gluconacetobacter europaeus*, 2: *Acetobacter aceti*, 3: *G. liquefaciens*, 4: *A. pasteurianus*, 5: *G. hansenii*, 6: *A. methanolicus*, 7: DS-28.

Symbols: +, positive; d, weakly positive; -, negative.

¹⁾Data obtained in this work; all other data were taken from Sievers et al. (12) and Sokollek et al. (20).

Table 3. Utilization of carbon sources in AE broth

Carbon sources	DS-28	<i>G. europaeus</i>	<i>G. hansenii</i>	<i>A. aceti</i>	<i>A. pasterianus</i>
AE(4a/3e) broth					
— Glucose replaced by :					
Fructose	+	+	+	-	-
Maltose	+	+	-	-	-
Sucrose	+	+	-	-	-
Mannitol	+	+	+	+	-
Sorbitol	+	+	-	-	-
Gluconate	-	+	+	-	-
Lactate	-	+	-	+	+
AE(4a) broth					
With propanol	+	+	-	+	-
Without ethanol	-	+	-	+	+

Symbols: +, good growth; -, no growth.

주인 *G. europaeus*, *G. hansenii*와 이 실험에서 분리된 초산균은 모두 fructose, mannitol, gluconate를 이용할 수 있었으나 *A. aceti*와 *A. pasterianus*는 전혀 이용하지 못했다. 표준균주 *G. europaeus*는 대부분의 탄소원 이용능이 있었으며 propanol 첨가시에도 생육 가능하였으며 ethanol을 첨가하지 않은 배지에서도 잘 생육하는 반면 *G. hansenii*는 maltose, sucrose, sorbitol, lactate를 탄소원으로 이용할 수 없었으며 ethanol 존재시에만 생육 가능하였고 propanol 없이도 잘 생육하였다. 표준균주와 분리균주의 탄소원 이용능을 비교한 결과 본 연구에서 분리된 균주는 *G. europaeus*와 매우 유사한 특성을 보였다.

Yamada와 Kondo(22)는 알콜을 산화시키는 초산균 중에 Q-10이 있는 새로운 아속인 *Gluconacetobacter*속을 보고하였고, 이들이 분리한 균주는 비록 초산을 산화시키지 않지만 임시적으로 *Gluconacetobacter* 아속으로 분류하였다고 보고하였다. 또한 Entani 등(6)은 고농도 식초에서 분리한 *Acetobacter polyoxogenes* sp. nov., 균주가 *Acetobacter*속과 *Gluconobacter*속의 중간적인 형질특성을 가지고 있었으며 최소한 4% 초산을 함유한 배지를 필요로 하고 pH 2.2~3.5에서도 생육하는 등 다른 초산균들과는 다른 배양특성을 가지고 있다고 보고하였다. 공업적으로 많이 이용되고 있는

*A. aceti*의 경우에는 초산농도 4% 이상의 식초제조에 이용(18,23,24)되고 있으나 산도가 증가하여 10% 이상 되면 생육과 초산발효능이 억제되어 고산도 식초제조에 어려움이 있다. 그러나 본 실험에서 분리한 균주는 초산과 에탄올농도를 합친 총농도를 서서히 높이며 배양한 결과 16% 이상의 초산을 생성하는 특징이 있는 분리균주로서 *G. europaeus* DS-28이라고 명명하였고 계속하여 총농도를 높인 기질을 유가하며 18% 이상의 고산도 식초생산 균주의 가능성을 확인하는 방향으로 연구를 진행 중에 있다.

요 약

양조식초발효탱크에서 9% 이상의 고산도 초산 생성균을 분리하여 그 균주의 특성을 규명하였다. 분리된 초산균은 AE중층 한천배지에서 연한 베이지색의 colony를 형성하였고 전자현미경 관찰 결과 간균, Gram 음성의 세균으로 flagella가 관찰되지 않아 운동성이 없을 것으로 추정된다. 배양액을 검정한 결과 분리균은 단일균 또는 2개가 짝을 지어 있는 쌍구균임을 알 수 있었다. 이 분리균주의 최적 생육온도와 pH는 30°C와 2.7이었다. 4~8% 초산을 함유한 AE배지에서 잘 생육하였고 pH 2.5의 초산을 첨가한 배지에서 잘 생육하

였으나 초산을 첨가하지 않은 AE배지에서는 생육하지 않았다. Glucose를 이용하여 2-, 5-ketogluconate를 형성하였다. Ethanol 존재 하에서는 잘 생육하였으나 lactate 존재 하에서는 생육이 억제되었으며 cellulose를 생성하지 않았다. HPLC로 분석한 DNA 염기 중의 G와 C 함량(mol%)은 56.2 mol%이었다. 분리된 초산균은 탄소원으로 fructose, maltose, sucrose, mannitol, sorbitol을 첨가한 배지에서 잘 생육하였고 AE액체배지에 ethanol을 첨가하였을 경우와 propanol을 첨가한 경우 모두 잘 생육하였다. 생화학적 특성 및 G와 C 함량을 다른 표준균주들과 비교한 결과 분리된 균주는 *Gluconacetobacter europaeus*임을 확인할 수 있었다.

문헌

- Ha YD, Kim KS. 2000. Civilization history of vinegar. *Food Indust Nutr* 5: 1-6.
- Yoon HN. 1998. Simultaneous gas chromatographic analysis of ethanol and acetic acid in vinegar. *Kor J Food Sci Technol* 30: 1247-1251.
- Siever M, Teuber M. 1995. The microbiology and taxonomy of *Acetobacter europaeus* in commercial vinegar production. *J Appl Bacteriol Symp Suppl* 79: 84S-95S.
- Kittelmann M, Stamnn WW, Follmann H, Truper HG. 1989. Isolation and classification of acetic acid bacteria from high percentage vinegar fermentation. *Appl Microbiol Biotechnol* 30: 47-52.
- Stephan J, Sokollek CH, Walter PH. 1998. Culture and preservation of vinegar bacteria. *J Biotechnol* 60: 195-206.
- Entani E, Ohmori S, Masai H, Suzuki KI. 1985. *Acetobacter polyoxogenes* sp. nov., a new species of an acetic acid bacterium useful for producing vinegar with high acidity. *J Gen Appl Microbiol* 31: 475-490.
- Yang HC, Choi DS. 1979. Physiological characteristics of acetic acid bacteria isolated from clover flower vinegar. *J Kor Agricul Chem Soc* 22: 150-159.
- Cha YJ, Park DK, Chun HS, Lee BK, Kim KH, Lee SY, Kim SJ. 1994. Isolation and characterization of cellulose producing *Acetobacter xylinum* KI strain. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 22: 571-576.
- Shim KC, Lee KS, Kim DH, Ryu IH, Lee JS. 2001. Studies on the acid tolerance of *Acetobacter* sp. isolated from persimmon vinegar. *Kor J Food Sci Technol* 33: 574-581.
- Hammers WP, Sokollek SJ. 1997. Description of a starter culture preparation for vinegar fermentation. *Syst Appl Microbiol* 20: 481-491.
- Chae CM. 1977. *Maceration Methods for SEM Obserbation*. 'A legal medicine lecture room'. Kyungpook National University. p 40-58.
- Sievers M, Sellmer S, Teuber M. 1992. *Acetobacter europaeus* sp. nov., a main component of industrial vinegar fermenters in central europe. *Syst Appl Microbiol* 15: 386-392.
- Gosselé F, Swings J, De Ley J. 1980. A rapid, simple and simultaneous detection of 2-keto-, 5-keto- and 2,5-diketogluconic acids by thin-layer chromatography in culture media of acetic acid bacteria. *Zentbl Bakteriol Mikrobiol Hyg I Abt Orig C* 1: 178-181.
- Marmur J. 1961. A procedure for the isolation of deoxyribonucleic acid from microorganisms. *J Mol Biol* 3: 208-218.
- Tamaoka J, Komagata K. 1984. Determination of DNA base composition by reversed-phase high performance liquid chromatography. *FEMS Microbiol Lett* 25: 125-128.
- Kim SJ, Chun HS. 1993. Characterization of a new acidophilic *Acetobacter* sp. strain HA isolated from Korean traditional fermented vinegar. *J Microbiol Biotechnol* 3: 108-114.
- Chung DH. 1980. *Studies on the vinegar fermentation*. Chungang University Collection of Thesis 24: 181-196.
- Lee DS, Ryu IH, Lee KS, Shin YS, Chun SH. 1999. Optimization in the preparation of *Aloe* vinegar by *Acetobacter* sp. and inhibitory effect against lipase activity. *J Kor Soc Agric Chem Biotechnol* 42: 105-110.
- Schüller G, Hertel C, Hammers WP. 2000. *Gluconacetobacter entanii* sp. nov., isolated from submerged high-acid industrial vinegar fermentations. *Int J Syst Evol Microbiol* 50: 2013-2020.
- Sokollek SJ, Hertel C, Hammers WP. 1998b. Description of *Acetobacter oboediens* sp. nov. and *Acetobacter pomorum* sp. nov., two new species isolated from industrial vinegar fermentations. *Int J Syst Bacteriol* 48: 935-940.
- De Ley J, Swings J, Gosselé F. 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. The Williams and Wilkins Co., Baltimore. Vol 1, p 257.
- Yamada Y, Kondo K. 1984. *Gluconacetobacter*, a new subgenus comprising the acetate-oxidizing acetic acid bacteria with ubiquinone-10 in the genus *Acetobacter*. *J Gen Appl Microbiol* 30: 297-303.
- Seo JH, Jeong YJ, Kim JN, Woo CJ, Yoon SR, Kim TH. 2001. Quality comparison of potato vinegars produced by various *Acetobacter* bacteria. *Kor J Postharvest Sci Technol* 8: 60-65.
- Noh WS. 1978. Studies on the acetic acid fermentation. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 6: 115-120.

(2002년 4월 2일 접수; 2002년 6월 3일 채택)