

## 생마 저온부패 원인세균의 분리 및 부패균의 특성

류희영 · 김영숙 · 박상조<sup>1</sup> · 이봉호<sup>1</sup> · 권순태<sup>2</sup> · 손호용\*

안동대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>경북농업기술원 생물자원연구소, <sup>2</sup>안동대학교 원예육종학과

**Isolation and Characterization of Yam-Putrefactive Psychrotrophic Bacteria from Rotted Yam. Ryu, Hee-Young, Young Sook Kim, Sang-Jo Park<sup>1</sup>, Bong-Ho Lee<sup>1</sup>, Soon-Tae Kwon<sup>2</sup>, and Ho-Yong Sohn\*.**  
*Department of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 760-749, Korea, <sup>1</sup>Experiment Station of Bioresources, Gyeongbuk Agricultural Technology Administration, Andong 760-749, Korea, <sup>2</sup>Department of Horticulture and Breeding, Andong National University, Andong 760-749, Korea* – Yam has been recognized as healthy food due to its various biological activities, such as anti-obesity, antimicrobial, anticancer and immuno-stimulation activities, and its consumption has been increased during last decades. In this study, to investigate low-temperature, long-term storage of yam and to develop processed yam products, yam-putrefactive psychrotrophic bacteria were isolated from rotted yam and identified based on BBL identification system, fatty acid analysis in cell membrane and 16S rDNA sequence analysis. The putrefaction activity of isolated thirteen bacteria was evaluated using yam-slices (NaOCl-treated, autoclaved yam and without treatment), and YAM-10 and YAM-12 were identified as major psychrotrophic putrefactive bacteria. Both YAM-10 (*Pseudomonas cepacia*) and YAM-12 (*Pseudomonas rhodesiae*) bacteria grew well at 4~12°C and showed strong activity of polymer degrading enzymes, especially amylase, carboxy methyl cellulase and xylanase, at 20°C. But they failed to grow at acidic pH (<5) or alkaline pH (>10). Our results suggested that the control of psychrotrophic *Pseudomonas* sp. by pH change and inhibition of polymer degrading enzymes, such as amylase, are necessary to long-term storage of yam.

**Key words:** Long-term storage, lotted yam, *Pseudomonas* sp. psychrotrophs, Yam (*D. opposita* Thunb)

마는 백합목 마과식물(*Dioscoreaceae*)에 속하는 다년생 덩굴식물로서 덩이뿌리를 가지고 있으며 10속 650여종이 한국, 일본, 중국 지역과 열대, 아열대 지역에 널리 분포하고 있다 [1, 5]. 국내에서는 부채마(*Dioscorea nipponica* Makino), 도꼬로마(*D. tokoro* Makino), 참마(*D. japonica* Thunb.), 단풍마(*D. quinqueloba* Thunb.) 등 다양한 야생종이 있으나, 재배마는 *D. opposita* Thunb. 또는 *D. batatas*로 분류되는 종만이 재배되고 있다 [1, 19, 20]. 마의 지하 괴근은 식용 및 약용으로 이용되며, 수분함량 74~76%, 전분질 15~20%, 단백질 1~1.5%, 총지질 ~1%, 총질소함량 ~0.4%, 회분 ~1.25%, 점질다당류, 비타민, 미네랄, 기타 다양한 생리활성물질 등을 포함하고 있다 [5, 7]. 마의 보고된 약용성분으로는 saponin, tannin, polyphenol, allantoin, uronic acid, chellidonic acid, sitosterol, mucin, araginine, yonogenin, kryptogenin, diosgenin 등이 있으며 먹는 피임약과 부신피질호르몬 및 마취제 등의 합성에 이용되며 [1, 11], 관절염 치료제의 원료로 이용되고 있다 [22]. 또한 한방에서는 신체허약, 폐결핵, 정력

부족, 야뇨증, 설사, 대하증 등에 사용되고 있다 [1, 11-13]. 최근에는 마의 성분과 기능성 등에 대한 연구로 콜레스테롤 저하, 항산화작용, 항당뇨, 항대장암 및 항돌연변이 [1, 10-13, 16] 등의 생리효능이 밝혀지면서 소비가 지속적으로 증가되고 있는 실정이며, 유용생리활성물질에 대한 연구 또한 지속적으로 이루어지고 있다. 한편 식품가공기술의 발달로 인해, 생마 위주의 소비형태는 마 분말, 마 꿀차, 마 스낵, 마 케이크 형태의 간편식 형태로 변화되면서, 마는 고부가가치 식품의 원료로 유통되고 있다 [14, 18, 21, 24].

현재 국내 마의 생산은 448 ha 재배지에서 4,311 톤을 생산하고 있으며 안동을 중심으로 한 경북북부지역에서 재배농가의 91.5%, 재배면적의 78.4%, 생산량의 52.7%를 차지하고 있다 [농림부 2004년 통계자료]. 마의 생산 및 유통단계를 살펴보면 10월 서리가 오기 전에 생마를 수확하여 저온 저장하거나, 수확하지 않고 같은 장소에서 땅속에 묻어두었다가 이듬해 3월까지 필요량만큼 수확하여 유통시키고 있다. 그러나 생마는 저온저장, 움저장 중에 갈변이 심하며, 부패가 빨리 일어나는 등 저장성이 극히 제한되어 있어 장기 저장방법의 개발이 절실한 상태이다 [13]. 본 연구팀에서도 기내배양을 통한 마의 대량생산 연구 [1, 19, 20], 마의 항비만 효과, 마를 이용한 가공식품개발 등의 연구를 지속하면서

\*Corresponding author

Tel: 82-54-820-5491, Fax: 82-54-820-5491

E-mail: hysohn@andong.ac.kr

[11], 생마의 장기저장방법 개발 필요성을 인식하게 되었다. 생마의 저장성을 향상시키기 위해서는 무균 처리기술, 적절한 포장, 저온유통, 호흡 및 맹아 억제, 위생 가공기술 등의 다양한 기술개발이 필수적이며, 특히 저온 저장, 저온 유통 중의 미생물 증식에 따른 부패 및 품질변화를 억제하는 것이 중요하다고 판단된다. 현재까지, 감자, 양파, 인삼, 감귤 등에서 부패균을 분리, 동정하여 그 특성을 보고[4, 15, 23]한 바 있으나, 생마의 저온 저장 및 저온유통 중 급격한 품질저하를 유발하는 저온부패균에 대한 연구는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 생마의 장기 저장 및 저온 유통 연구의 일환으로, 생마 부패에 관련되는 저온부패균을 분리, 동정하고, 균학적 특성을 검토하였다. 그 결과 저온성 *Pseudomonas* sp.가 저온부패에 밀접히 관련되어 있으며, 생마 부패에는 20°C 이하에서의 amylase와 cellulase 활성이 중요함을 확인하였다. 이러한 결과는 저온성 부패세균의 생육제어 및 효소활성 제어를 통해 생마의 장기저장 및 저온유통 기술개발에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

## 재료 및 방법

### 생마 및 부패생마

생마는 2005년 경북 안동 및 고령에서 수확한 마 (*Dioscorea opposita* Thunb.)를 이용하였으며, 4개월간 4°C 냉장창고에서 보관중인 마를 구입하여 부패 부위로부터 세균을 분리하였다. 분리된 세균을 대상으로 한 생마 부패실험의 경우, 생마 표면의 이물질을 제거한 후, 음용수로 세척하고, 시판 1종 세척제에 5분 동안 침지한 후, 다시 음용수로 세척제를 제거하였으며, 음건후 사용하였다.

### 부패균의 분리 및 동정

다양한 부패 생마의 부패 부위를 멸균 칼로 도려내어, 이를 멸균수에 적당히 현탁한 후, 0.1 mL를 Nutrient agar 배지(Difco Co., U.S.A.)에 도말하고, 35°C에서 2일간 배양하였다. 성장된 세균의 콜로니 중 육안관정으로 서로 다른 세균 13종을 분리하였으며, 이들은 건전 생마를 대상으로 다양한 조건에서 부패력을 평가하였다. 분리된 세균들은 BBL crystal 동정시스템(BD BBL Crystal™, U.S.A.)과 세포막 지방산 조성분석(Gas Chromatography HP 5890, U.S.A.), 16S rDNA 염기서열 분석 및 Bergey's manual 기준에 의거하여 각각 동정하였다[2].

### 생마 부패 활성 검색

부패생마에서 순수 분리된 13종의 세균을, 600 nm에서의 흡광도가 0.1이 되도록 멸균수로 조정된 후, 세균 현탁액 0.1 mL를 생마 절편(3.5 cm × 3.5 cm × 4 mm)에 도포하였다. 사용한 생마 절편은 건전한 생마절편을 멸균 칼로 절단한 것(무처리구), 생마절편을 NaOCl(100 ppm) 용액에 5분동안 침

지하여 살균하고, 이를 멸균수로 5분간 헹구고 물기를 제거한 것(락스 살균), 및 생마절편을 121°C에서 5분동안 고압증기멸균한 것(고압멸균)을 각각 사용하였다. 세균 현탁액을 도포한 생마절편들은 멸균 페트리디시(55 × 12 mm, 녹십자의료공업, 한국)에 넣어 수분증발을 억제한 후 각각 4, 12, 20, 30, 37°C의 배양기에 넣어 배양하면서 7일 동안 부패진행도를 관찰하였다. 이때 세균 현탁액 대신 멸균수를 0.1 mL 도포한 경우와, 부패활성이 없는 *E. coli* KCTC 1682 현탁액을 0.1 mL 도포한 경우를 대조구로 설정하였다. 한편 부패세균이 생마부패에만 특이적으로 관련하는지 확인하기 위해 양파 절편을 무처리구, 락스살균, 고압멸균 처리후 동일한 방법으로 부패세균 현탁액을 도포하여 각각 부패력을 측정하였다.

### 부패균의 생육특성

저온저장, 저온 유통중 생마부패에 직접 관련되는 YAM-10 및 YAM-12 균주의 최적 생육온도 및 최적 생육 pH를 검토하였다. 사용배지는 Nutrient broth(Difco Co., USA)를 사용하였으며, 4, 12, 20, 25, 30, 37°C에서 48시간 정치배양 후 생육도를 측정하였다. 최적 생육 pH의 경우에는 Nutrient broth(Difco Co., USA)의 초기 pH를 0.1 N HCl, 또는 0.1 NaOH를 사용하여 각각 pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 및 10으로 조정 후, 20°C에서 48시간 배양 후 생육도를 측정하였다. 세균의 생육도는 600 nm에서 흡광도로 측정하여 상대생육도(%)로 나타내었으며, 대조구로는 *E. coli* KCTC 1682를 사용하였다.

### 효소활성 측정

시판 생마 분말(마분말 100%, 복후농협, 안동)을 1%(w/w) 되게 포함시킨 최소배지 [0.5% glucose, 0.2% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.1% K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.05% MgSO<sub>4</sub>, 0.05% CaCl<sub>2</sub>, 0.05% NaCl]에 분리세균을 각각 접종하여 20°C에서 5일간 진탕배양(120 rpm, VS-8480SF, Vision Co., Korea) 후 배양액을 원심분리하여 균체를 제거한 상등액을 효소원으로 사용하였다. 균의 성장은 배양 종료 후, 배양액 0.1 mL를 Nutrient agar 배지에 도말하고 배양하여 콜로니를 계수하여 나타내었다. 최종 amylase 활성은 1% starch 용액을 기질로, carboxy methyl cellulase(CMCase) 활성은 1% CMC를 기질로, polygalacturonase(PGase) 활성은 1% sodium polygalacturonic acid를 기질로, xylanase 활성은 1% xylan을 기질로 사용하였다. 효소 활성은 각각의 기질 0.5 mL와 McIlvain buffer(pH 5.0) 0.5 mL, 효소 0.5 mL를 혼합 후 40°C에서 60분간 반응 후, 유리되는 환원당을 DNS법으로 정량하였다[17]. 효소 반응의 대조구는 100°C에서 10분간 가열한 효소를 사용하였으며, 효소의 상대활성은 흡광도 값으로 비교하였다[15].

## 결과 및 고찰

### 생마부패균의 분리 및 동정

부패된 생마로부터 13 종류의 세균을 순수분리 하였다. 곰팡이 오염에 의한 생마부패는 주로 수확시 절단부위에 한정되어 나타나며, 단독감염이 우세하였다(결과 미제시), 그러나, 세균에 의한 생마부패는 생마 전체적으로 무름현상이 나타나며, 다양한 세균이 혼재하는 상태였다. 부패부분을 멸균칼로 제거한 경우에도 부패 인접 조직내에서 세균이 검출되어 부패세균의 경우 생마조직 파괴 및 침투력이 우수할 것으로 예측되었다. 따라서 초기 세균오염을 효율적으로 제어하지 못하는 경우, 제거해야 할 부패부위(생마 폐기물)가 급격히 증가될 것으로 예상되며, 특히 저온성 세균의 경우 생마 저온 장기저장의 위험인자로 판단되었다.

순수분리된 13종의 세균을 BBL 균주 동정시스템 및 세포막 지방산 분석을 통해 동정된 결과는 Table 1에 나타내었다. 13종의 세균 중 YAM-1, -2, -10, -12균주는 *Pseudomonas* sp.로 확인되었으며, YAM-8, -9는 *Stenotrophomonas* sp.로 동정되었다. 그 외 *Corynebacterium* sp., *Agrobacterium* sp., 및 *Acinetobacter* sp.도 확인되었다. 이들의 최적 생육온도를 4, 12, 20, 25, 30 및 37°C에서 48시간 배양 후 측정 결과 YAM-3, -5, -8, -9, -11균주의 경우에는 37°C에서 최대생육을 나타내었으나, YAM-1, -2, -6, -7, -12균주의 경우에는 30°C에서 최대생육을 나타내었다. 또한 YAM-4, -10, -13균주는 30°C 및 37°C보다 오히려 25°C에서 최대생육을 나타내었다. 그러나 분리균주 13종은 4°C 저온 저장창고의 부패된 마로부터 분리되었으며, Champagne 등의 정의[3]에

따라 7°C에서 10일간 배양시 성장이 가능하여 저온성 세균으로 인정되었다.

한편 락스처리 및 무처리 생마절편을 이용한 부패실험에서 주로 부패를 유발하는 균주는 YAM-10과 YAM-12로 확인되었다(Table 1). 20°C와 30°C의 3일간 배양시에 고압멸균 처리한 경우에는 가장 빨리 부패가 진행되었으며, 무처리 및 락스처리구에서도 부패가 나타났다. 대조구로 사용된 멸균수 도포의 경우 시간경과에 따라 부패는 나타나지 않았으나, 고압멸균 처리경우를 제외하고는 갈변현상이 나타났으며, 이는 20°C보다 30°C에서 강하게 나타났다. 또한 대장균을 각각의 생마절편에 도포한 경우에는, 고압멸균후 30°C에서 배양한 경우에만 성장이 확인되었다. 따라서 YAM-10 및 YAM-12를 제외한 일반세균들은 생마의 조직과 효소계를 고압멸균하여 파괴하지 않는 경우, 부패에 직접 관련하지는 않을 것으로 판단되었다.

부가적으로 YAM-10 및 YAM-12 균주의 16S rDNA 염기서열을 분석한 결과 YAM-10 균주는 *Pseudomonas cepacia*로 확인되었으며(460/460, 100% 일치), YAM-12 균주는 *Pseudomonas rhodesiae*로 동정되었다(472/476, 99% 일치). 그러나 최근 양파 부패균으로 보고된 *Pseudomonas* sp.[15]와는 달리 YAM-10 및 YAM-12균주는 양파절편의 부패실험에서 부패를 유발하지는 않았다(결과 미제시). 이러한 결과는 YAM-10, YAM-12균주가 저온 생마 부패에 우선적으로 관련되어 있음을 암시한다.

### 분리균주들의 효소활성

13종의 분리세균들의 효소활성과 생마부패 활성과의 관련

Table 1. Identification and characterization of psychrotrophic bacteria isolated from rotted yam.

No.	Identification	Optimum growth temperature (°C)	Putrefaction		
			4°C	20°C	30°C
YAM-1	<i>Pseudomonas</i> sp.	30	- <sup>a</sup>	-	-
YAM-2	<i>Pseudomonas</i> sp.	30	-	-	-
YAM-3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	37	-	-	-
YAM-4	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	25	-	-	-
YAM-5	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	37	-	-	-
YAM-6	<i>Brevibacillus brevis</i>	30	-	-	-
YAM-7	<i>Flavimonas oryzihabitans</i>	30	-	-	-
YAM-8	<i>Stenotrophomonas</i> sp.	37	-	-	-
YAM-9	<i>Stenotrophomonas</i> sp.	37	-	-	-
YAM-10	<i>Pseudomonas</i> sp.	25	+ <sup>b</sup>	++ <sup>c</sup>	+++ <sup>d</sup>
YAM-11	<i>Yokenella regensburgei</i>	37	-	-	+
YAM-12	<i>Pseudomonas</i> sp.	30	+	++	++
YAM-13	<i>Pantoea agglomerans</i>	25	-	-	-

The optimum growth temperature was determined by measuring of cell growth OD at 600 nm after 2 days cultivation in nutrient broth at 4, 12, 20, 25, 30, and 37°C, respectively.

Putrefaction was determined by cell growth and tissue destruction after spray of bacterial suspension on fresh yam slice and NaOCl (100 ppm) treated yam slice.

-<sup>a</sup>: no putrefaction, +<sup>b</sup>: weak, ++<sup>c</sup>: medium, +++<sup>d</sup>: strong putrefaction.

**Table 2. The cell growth, final pH and various enzyme activities of psychrotrophic bacteria isolated from rotted yam.**

No.	Final pH	Cell Growth (Log CFU/mL)	Relative activity (%)			
			Amylase	CMCase <sup>a</sup>	PGase <sup>b</sup>	Xylanase
YAM-1	3	8	- <sup>c</sup>	-	-	100
YAM-2	6	9	19	1	-	-
YAM-3	7	9	-	-	-	-
YAM-4	3	8	3	0	40	-
YAM-5	7	9	37	0	100	61
YAM-6	4.5	8	70	0	-	14
YAM-7	7	8	7	100	11	-
YAM-8	7	8	5	12	10	38
YAM-9	4.5	8	7	-	-	14
YAM-10	4	8	98	80	2	4
YAM-11	3	8	7	57	-	-
YAM-12	3	8	100	57	1	82
YAM-13	7	9	1	77	-	-

The bacteria were cultured at 20°C for 5 days in minimal medium containing 1% yam-powder.

<sup>a</sup>CMCase: carboxy methyl cellulase, <sup>b</sup>PGase: polygalacturonase, <sup>c</sup>:- no activity.

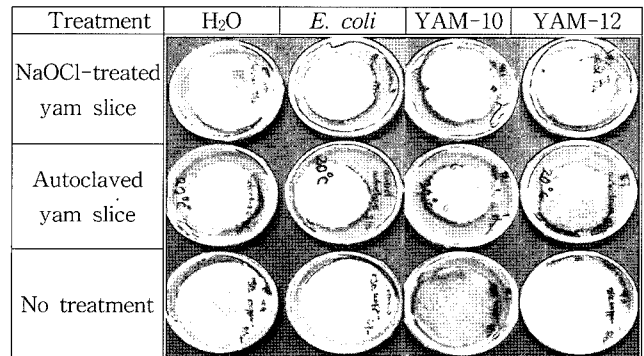
성을 검토하였다. 1% 마 분말을 포함하는 최소배지를 이용하여, 20°C에서 5일간 배양 결과 전반적인 세균 성장은 양호하였으며, YAM-10, 및 YAM-12균주 배양의 경우에는 예상대로 불용성 마 분말이 분해되어, 배양기간이 길어질수록 배양액이 투명화되는 현상을 나타내었다. 최종 배양 pH는 균주마다 다르게 나타났으며, YAM-1, -4, -6, -9, -10, -11, -12의 경우에는 3~4.5로 감소한 반면, 나머지 균주들은 초기 pH를 유지하였다. 각 균주의 배양상등액을 이용하여 생마 조직파괴 및 부패에 직접 관련될 것으로 예상되는 amylase, CMCase, PGase, 및 xylanase활성을 측정된 결과(Table 2), amylase 활성은 YAM-10, YAM-12에서 우수하였으며, CMCase 활성은 YAM-7, -10, -11, -12, 및 -13에서, PGase 활성은 YAM-4, YAM-5에서, xylanase 활성은 YAM-1, -5, 및 -12에서 각각 우수하였다. 생마부패력이 강력한 YAM-12 균주는 amylase, CMCase, xylanase 활성이 전반적으로 우수하였으며, 이러한 강력한 다당류 분해능은 생마부패와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 한편 생마 부패력이 약한 YAM-5 및 YAM-7의 경우 각각 PGase 및 CMCase 활성은 우수하나, amylase 활성이 미약함을 알 수 있으며, 이러한 결과는 생마의 주 성분이 전분질임을 감안할 때, 저온에서 강력한 amylase 활성을 나타내는 균이 생마 저온 장기저장시 부패원인균으로 작용함을 제시한다. 한편 양파부패에 관련된 *Pseudomonas* sp.의 경우 CMCase와 PGase활성이 부패에 중요한 것으로 보고[10]되어, 각각의 저온저장 대상 식물체의 특성에 따라 주요부패균의 효소활성이 다르게 나타남을 알 수 있다.

**주요 부패균의 생육특성**

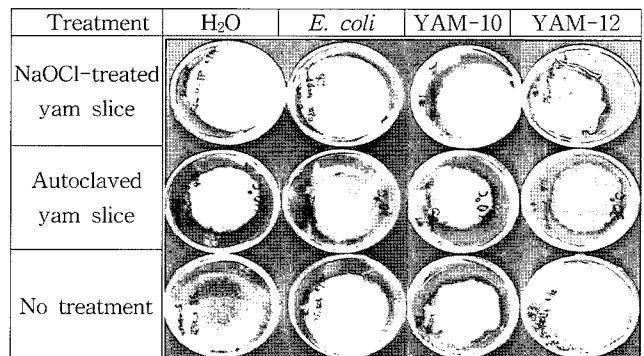
저온 장기저장시 주요 생마 부패균으로 고려되는 YAM-

10 및 YAM-12의 생육특성을 검토하였다. 대조구로 사용된 *E. coli*의 경우 4~12°C의 범위에서 생육이 나타나지 않은 반

(a)



(b)



**Fig. 1. Yam putrefaction assay using yam slices after spray of different bacteria.** The NaOCl was treated for 5 min at 100 ppm and autoclaved conditions were 121°C for 5 min, respectively. After spray of bacterium, the yam slices were incubated at (a) 20°C and (b) 30°C for 3 days.

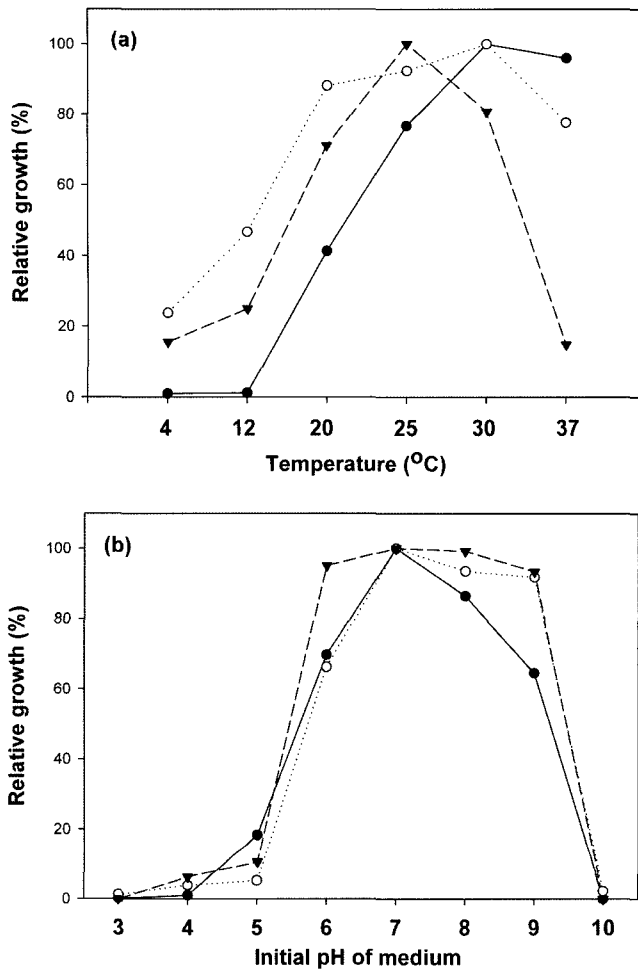


Fig. 2. Relative growths of YAM-10 (O), YAM-12 (▼) and *E. coli* (●) at (a) different temperatures and (b) different initial pHs of medium.

면 YAM-10, YAM-12균주는 최적 생육온도인 25~30°C에 비해 약 20~46%의 성장을 나타내었다. 또한 두 균주의 경우 37°C에서는 생육이 오히려 감소하였으며, 특히 YAM-12의 경우 심각한 생육저해가 나타나 전형적인 저온균의 특성을 나타내었다. 20°C에서 최적 생육 pH를 검토한 결과 초기 pH 6~9 사이에서 정상적인 생육을 나타내었으나, pH 5 이하에서는 거의 성장이 나타나지 않았다. 따라서 생마의 저온 장기저장시 20도 이하의 저온에서도 중성 pH의 생마에서는 지속적인 세균성 부패가 일어날 수 있음을 추측케 하며, 이러한 결과는 식초 및 구연산 처리에 의한 생마가공식품 개발과 장기보존 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 현재 저온부패성 *Pseudomonas* sp.의 제어 및 저온 활성의 amylase, CMCase의 특성규명 및 효소저해에 대한 연구가 진행중이며, 향후 산장, 당장, 염장 생마 가공식품 개발연구도 필요하리라 판단된다.

## 요 약

본 연구는 부패 생마로부터 저온성 부패균을 분리, 동정하고 분리균의 생육특성과 다양한 효소의 부패관련성을 조사하여, 생마 저온 장기저장 및 생마 가공식품 개발을 위한 기초자료를 제시할 목적으로 수행되었다. 저온 장기저장중의 부패생마로부터 서로 다른 13종의 저온세균을 분리, 동정하였으며, 다양한 온도에서 생마 절편을 이용한 부패력 측정 결과 분리균주 중 YAM-10 및 YAM-12균주가 저온부패에 직접적으로 관련됨을 확인하였으며, 이들은 각각 *Pseudomonas cepacia* 및 *Pseudomonas rhodesiae*로 동정되었다. 이들 균주는 20°C에서도 우수한 amylase, CMCase, xylanase 활성을 나타내었으며, 특히 amylase 활성은 생마 부패에 중요한 역할을 하는 것으로 판단되었다. YAM-10 및 YAM-12균주는 양파절편을 부패시키지는 못하였으며, 4~12°C의 온도에서도 생육가능하며, pH 5 이하 및 pH 10 이상에서는 생육이 급격히 억제되었다. 현재 생마의 저온 장기저장 및 부패억제를 위한 저온성 *Pseudomonas* sp.의 제어와 생마부패에 관련되는 효소들의 특성과 저해에 대한 연구 및 저장성, 관능성이 강화된 산장, 염장 등을 통한 생마 가공식품 개발이 진행 중이다.

## 감사의 글

이 논문은 2005년도 농림기술센터의 농림기술개발과제(2005-0060)지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Ahn J.-H., K.-H. Son, H.-Y. Sohn, and S.-T. Kwon. 2005. In vitro culture of adventitious roots from *Dioscorea nipponica* Makino for the production of steroidal saponins. *Kor. J. Plant Biotechnol.* **32**: 317-223.
- Bulter, S. P. 1986. *Bergey's manual of systematic bacteriology*, 2nd ed. vol. 2. Springer-Verlag, New York, Berlin Heidelberg.
- Champagne, C. P., R. R. Laing, D. Roy, A. A. Mafu, and M. W. Griffiths. 1994. Psychrotrophs in dairy products; their effects and their control. *Crit. Rev. Food Sci.* **34**: 1-30.
- Chung H. D. 1982. Control of onion bulb rot during storage at low temperature by postharvest treatment of fungicides. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **23**: 17-22.
- Chung H.-Y. 1995. Carbohydrates analyses of Korean yam (*Dioscorea*) tubers. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **27**: 36-40.
- Chung, S.-K., Y.-Y. Chung, and W.-S. Jeong. 1996. Studies on the browning inhibition of yam (*Dioscorea aimadoimo*) during hot air dehydration. *Agri. Chem. Biotechnol.* **39**: 384-388.
- Han, Y. N., S. H. Hahn, and I. R. Lee. 1990. Purification of mucilages from *Dioscorea batatas* and *D. japonica* and their content analysis. *Kor. J. Pharmacogn.* **21**: 274-283.

8. Hironaka, K., K. Takada, and K. Ishibashi. 1990. Chemical composition of mucilage of chinese yam. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **37**: 48-51.
9. Kim, C. Y., Y. J., Seo, S. H. Lee, S. P. Lee, S. D. Park, and K. H. Kim. 1997. Effect of packaging methods and temperatures on the shelf-life of korean yam (*Dioscorea opposita* Thumb.) during marketing. *Kor. J. Post-harvest Sci. Technol. Agri. Products*. **4**: 139-146.
10. Kim, M. W. 2001. Effects of H<sub>2</sub>O-fraction of *Dioscorea japonica* Thunb and selenium on lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor. J. Soc. Food Cookery Sci.* **17**: 344-352.
11. Kwon, C.-S., H. Y. Sohn, S. H. Kim, J. H. Kim, K. H. Son, J. S. Lee, J. K. Lim, and J.-S. Kim. 2003. Anti-obesity effect of *Dioscorea nipponica* Makino with lipase-inhibitory activity in rodents. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **67**: 1451-1456.
12. Kwon, C. S., I. S. Son, H. Y. Shim, I. S. Kwun, and K. M. Chung. 1999. Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. *Kor. J. Food Nutr.* **32**: 637-643.
13. Kwon, E. G., E. M. Choe, and S. J. Gu. 2001. Effects of mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECENE) on blood glucose and lipid composition in alloxan-induced diabetic mice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **33**: 795-801.
14. Lee, B. Y., and H. K. Kim. 1998. Quality properties of korean yam by various drying methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **30**: 877-882.
15. Lee, C. J., S. K. Lim, B. C. Kim, and W. Park. 2005. Characterization of bacteria isolated from rotted onions (*Allium cepa*). *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* **33**: 248-254.
16. Lee, I.-S., S.-Y. Chung, C.-S. Shim, and S. J. Koo. 1995. Inhibitory effects of yam (*Dioscorea batatas* DECENE) extracts on the mutagenicity. *Kor. J. Soc. Food Sci.* **11**: 351-355.
17. Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Anal. Chem.* **31**: 426-428.
18. Onayemi, O. 1986. Some chemical factors affecting the quality of processed yam. *J. Food Sci.*, **51**: 161-164.
19. Shin, J.-H., D.-K. Kang, S.-Z. Park, B.-H. Lee, and J.-K. Sohn. 2004. The effects of growth regulators and medium strength on the shoot and bud formation from the shoot apex of chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb). *J. Plant Biotechnol.* **6**: 103-106.
20. Shin, J.-H., S.-K. Kim, J.-B. Kwon, B.-H. Lee, and J.-K. Sohn. 2004. Factors affecting the production of in vitro plants from the nodal pieces of chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb). *J. Plant Biotechnol.* **6**: 97-102.
21. Shin, S. R. 2004. Changes on the components of yam snack by processing methods. *Kor. J. Food Preservation.* **11**: 516-521.
22. Stohs, J. S., C. L. Wegner, and H. Rosenberg. 1975. Steroids and sapogenins of *Dioscorea deltoidea* tissue cultures. *Planta Med.* **28**: 101-105.
23. Yang, J. W, Y. B. Kim, and T. J. Yu. 1985. Isolation and identification of spoilage microorganism from ginseng extract. *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.* **13**: 367-370.
24. Yi, S.-Y., C.-S. Kim, Y.-S. Song, and J.-H. Park. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **30**: 48-55.

(Received Mar. 31, 2006/Accepted Apr. 21, 2006)