

고구마 끝순 추출물의 항균 및 항돌연변이 효과

이준설* · 신미진** · 박양균** · 안영섭*** · 정미남**** · 김학신***** · 김정목**†

*작물과학원 목포시험장, **목포대학교 식품공학과, ***작물과학원, ****농촌진흥청, *****호남농업연구소

Antibacterial and Antimutagenic Effects of Sweetpotato Tips Extract

Joon-Seol Lee*, Mee-Jin Shin**, Yang-Kyun Park**, Young-Sup Ahn***,
Mi-Nam Chung****, Hag-Sin Kim*****, and Jeong-Mok Kim**†

*Mokpo Experiment Station, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-833, Korea

**Department of Food Engineering, Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

***National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

****Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

*****Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT Sweetpotato shoot tops (leaves, tips and petioles) are known to be very useful parts as vegetables because of their high nutritive values and great biomass yield. In this study, the phenolic compound contents, antibacterial activity, mutagenic activity, and antimutagenic activity were investigated in sweetpotato tips that were 10-15 cm of shoot top including stems, petioles and tender leaves after sprout of storage roots. The study was done by extracting sweetpotato tips with 80% ethanol and the ethanol fraction was re-extracted with hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol and water. In ethyl acetate and butanol fractions, total phenolic compounds contained 95.6 mg/g extract and 69.3 mg/g extract, respectively. The antibacterial activity was measured using the paper disk method with concentrations of 1, 2, 5 and 10 mg/disk of butanol and ethyl acetate fractions against *L. monocytogenes* and *S. Typhimurium* strains. Higher doses of solvent extracts showed the higher antibacterial activities. In addition, 5, 10 and 20 mg/mL of the extracts were tested to determine the antibacterial activity in liquid culture. The sweetpotato leaf extract by ethyl acetate showed 1 log reduction compared to control after 24 hrs on *Listeria monocytogenes*, but 20 mg/ml of butanol extract completely inhibited the growth of the pathogen after 12 hrs. The extracts from ethyl acetate or butanol on *Salmonella Typhimurium* did less than 1 log reduction during cultivation compared to control. The numbers of *S. Typhimurium* TA98 and TA100 revertant colo-

nies were 29-33 and 159-188 CFU/plate, respectively, indicating that solvent extracts were no mutagenic activity. The antimutagenic test was performed by adding direct mutagen 2-NF and MMS, and butanol and ethyl acetate showed antimutagenic effect. Thus, this study showed that sweetpotato tips had high phenolic contents and both antimicrobiol and antimutagenic properties. Sweetpotato tips would be good nutritive source because of their high nutrient content without any toxicity in consuming.

Keywords : sweetpotato, tips, phenolics, antibacterial, antimutagenicity

고구마(*Ipomoea batatas* L.(Lam)는 메꽃과(科)에 속하는 쌍떡잎식물이다. 메꽃과에는 50여개의 속(屬)과 1,000여개의 종(種)이 있는데, 이중 *Ipomoea batatas* L.(Lam)종만 식용으로 가치가 있으며, 말레이시아와 중국 일부 지방에서는 *Ipomoea aquatica*를 샐러드, 나물용 채소 및 사료 등으로 이용하고 있다(Woolfe, 1992). 최근 소득수준이 향상되고 건강에 대한 관심이 높아지면서 고구마에 대한 수요도 한층 증가되고 있다. 국내 고구마 생산량의 변화는 1965년 152,000 ha에서 2,997천톤이 생산되기도 하였지만 쌀의 자급이 이루어지면서 1990년 후반까지 계속적으로 재배면적이 감소되다가, 2000년대에 들어 여주, 익산, 해남 등 주산지를 중심으로 해마다 조금씩 증가되고 있는 추세이다.

고구마 용도 다양화의 관점에서 보면 지하부인 괴근은 전분을 주성분으로 하고 있어 다양한 가공식품으로 활용이 가

†Corresponding author: (Phone) +82-61-450-2427

(E-mail) jmkim@mokpo.ac.kr <Received July 12, 2007>

능할 뿐 아니라 지상부 또한 채소로 이용할 수 있다. NASA (National Aeronautic and Space Administration)에서도 기후 변화, 환경 오염 등으로 지구 생태계가 위협받고 있는 것에 대비하여 미래 우주시대의 모델작물로 고구마를 선정하고, ALSS(Advanced Life Support System) 프로그램을 통하여 고구마 지상부의 이용성 증대에 관한 연구를 수행하였다 (Aurea, 1997). 고구마 지상부를 채소로 이용하기 위하여 괴근을 직파하면, 길게 자라난 줄기로부터 잎자루를 수확하거나, 혹은 완전히 전개되지 않은 미성숙 잎과 잎자루를 포함한 줄기끝 10~15 cm의 부드러운 끝순을 나물용 채소로 이용할 수 있는데, 한국과 일본은 잎자루를 채소로 이용하고 있지만 그 외 많은 나라에서는 끝순을 이용하고 있다. 고구마 끝순 재배는 괴근을 직파한 후 40~50일이 지나면 첫 수확이 가능하고 이후부터는 10~12일 간격으로 계속적인 수확을 할 수 있기 때문에 단위면적당 총수량이 매우 높고, 비타민이나 미네랄을 풍부하게 함유하고 있어 채소로서의 이용 가치가 높다(Lee *et al.*, 2004). 최근에는 식물자원의 용도 다양화 및 이용성 증대를 위하여 각종 식물에서 유래한 천연추출물의 항산화 및 항미생물활성, 항돌연변이원성 등 생리활성을 평가함으로써 기능성 식품이나 대체의약으로 이용 가능성에 대한 보고가 증가하고 있다(Hagerman *et al.*, 1998). 그 중 식품위생이나 공중보건과 관련하여 Jung & Lee(2007)은 천궁의 지상부 추출물, Ha *et al.*(2007)은 매실 착즙액, Kim *et al.*(2006)은 가시오가피열매 추출물 등이 유해미생물에 대하여 항균활성이 있음을 보고하였다.

본 연구는 고구마 끝순의 채소적 가치를 구명키 위하여, 끝순 추출물의 페놀화합물 함량, 식중독균인 *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium에 대한 항균활성, 그리고 식품안전성과 관련된 돌연변이원성 및 항돌연변이원성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

시험재료

시험재료는 작물과학원 목포시험장 포장에 고구마 하얀미 품종을 직파하여 괴근에서 자라난 싹 중 부드러운 잎과 잎자루를 포함한 줄기끝 10 cm의 끝순을 수확하여 동결건조(SFDSM12, Samwon Co., Korea)한 후 시험재료로 사용하였다.

고구마끝순 추출물 조제 및 용매분획

EtOH 조추출물은 건조시료 100 g과 65~70°C로 가열한 80% EtOH 2,000 ml를 Homogenizer에서 3분 동안 10,000

rpm에서 마쇄한 후 감압여과(Whatman No. 6)하였고, 남은 잔사에 80% MeOH 200 ml를 가하여 동일한 방법으로 2회 반복 추출하였다. 또한 조추출물을 분액여두에서 n-hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, water 등의 용매를 사용하여 극성도에 따라서 순차분획하고 저온감압원심분리기(UNIVAPO 100H, Uniequip Co., Germany)로 농축하여 용매별 획분을 얻었다(Fig. 1)

페놀화합물 분석

용매분획별 페놀화합물의 분석은 각 추출물을 0.45 µm membrane filter(Millipore Co., U.S.A.)로 여과하고 Table 1의 분석조건으로 함량을 분석하였다. 페놀화합물분석을 위하여 표준품은 gallic acid, chlorogenic acid, gentisic acid, caffeic acid, cumaric acid, ferulic acid, benzoic acid, syringic acid, salicylic acid, tannic acid 등 10종을 Sigma사로부터 구입하였다.

항균활성 측정

Paper disk를 이용한 항균활성

Fig. 1에서 용매별로 추출한 시료를 여러 비율(1, 2, 5, 10 mg/ml)로 추출용매로 희석하였다. 예비 실험 결과 hexane, chloroform, water extracts는 항균활성이 나타나지 않았기 때문에, 활성을 보였던 butanol 및 ethyl acetate 추출물을 시료

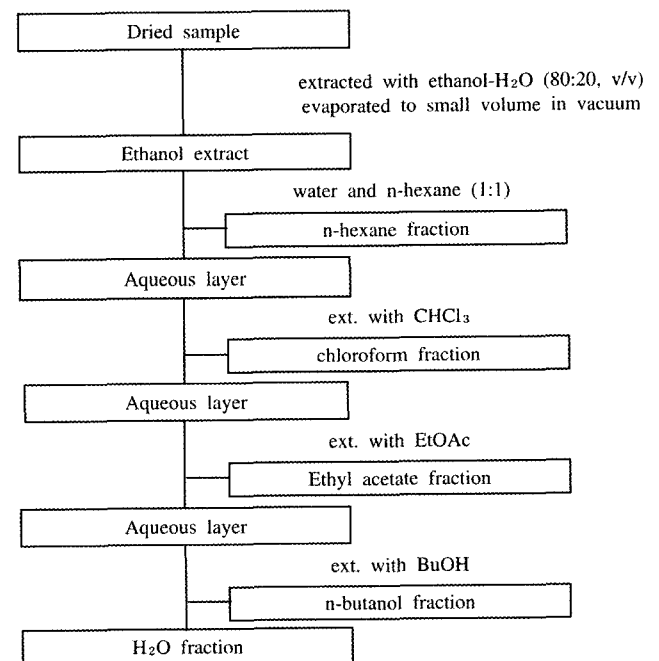


Fig. 1. Solvent extraction procedure from sweetpotato tips.

Table 1. Analytical conditions of HPLC for phenolic compounds.

Item	Condition
Instrument	Waters Associates 616 (U.S.A.)
Detector	Absorbance Detector
Column	μ Bondapak C ₁₈ Column (Waters Co., 3.9 mm \times 300 mm)
Wave length (nm)	254 (313 nm)
Solvent	40% Methanol : 60% 0.03 M phosphate buffer (pH 3.0)
Flow rate	1.0 ml/min
Injection volume	5 μ l

로 사용하였다.

미생물 *Listeria monocytogenes* KCTC 3569와 *Salmonella* Typhimurium KCTC 2515를 Tryptic Soy Broth(TSB) 배지에서 18시간 키운 다음, 균주를 약 1×10^8 CFU/ml 되게 희석하여 Tryptic Soy Agar(TSA) petri dish에 0.1 ml씩 분주하고 spread하였다. 상온에서 약 30분간 TSA plate를 건조시킨 후 멸균된 paper disk(직경 8 mm, Toyo Roshi Kaisha, Ltd)를 놓고, 용매별로 추출한 시료를 각기 농도를 달리하여 10 μ l씩 점적한 다음 공기 중에서 용매를 완전히 건조시켰다. 이때 각 용매들을 대조구로 사용하였다. 시료를 loading시킨 petri dish를 상온에서 30분간 방치한 후 뒤집어서 30°C 배양기에서 24시간 배양한 후 Vernier calipers(Calipers, Mitutoyo Co., Japan)를 이용하여 성장 저해환의 직경을 측정하였다.

액체배지를 이용한 항균활성

용매별로 추출한 시료(Fig. 1)를 농도별(5, 10, 20 mg/ml)로 희석하였다. 희석 용매는 BuOH 및 EtOAc는 그 자체로 액체배지 상에서 미생물에 대한 강한 inhibition을 가지므로 ethyl alcohol에 희석하여 시료로 사용하였다.

미생물 *L. monocytogenes* KCTC 3569와 *S. Typhimurium* KCTC 2515를 TSB에 18시간 키운 균주를 약 1.3×10^2 CFU/ml이 되게 준비하고, 추출시료는 0.1 ml씩 TSB배지 10 ml에 넣은 후 4시간마다 배양액을 채취하여 Butterfield's phosphate buffer에 10배로 희석한 후 TSA 배지에 0.1 ml 분주하여 spread하고 37°C incubator에서 24시간 배양한 후 균수를 조사하였다.

돌연변이원성 및 항돌연변이원성

실험 미생물은 균주 *Salmonella* Typhimurium 변이 균주 중 frame shift 변이균주인 TA 98과 base-pair substitution

변이균주인 TA100은 Moltex회사(Boone, NC, U.S.A.)로부터 구입하여 Ames(1975)의 방법에 따라 histidine 요구성, deep rough(rfa) 돌연변이, crystal violet 감수성, UV 감수성(uvrB), R-factor에 의한 ampicillin 내성, 자연발생 복귀 돌연변이수 등의 유전적 특징을 확인한 후에 본 실험에 이용하였다.

실험 시약은 직접 돌연변이원으로(direct mutagen) 2-Amino fluorene(2-AF), 2-Nitro fluorene(2-NF), methyl methane sulfonate(MMS)와 균주 및 양성 돌연변이물질을 용해 및 희석하는데 사용된 DMSO는 Sigma-Aldrich(U.S.A.)에서, Vogel-onner minimal glucose agar plate, top agar, nutrient broth 및 bacto agar는 Difco(U.S.A.)에서, 그리고 Oxoid nutrient No. 2는 Oxoid(England)에서 구입하였다. Histidine, biotin을 비롯한 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich회사(U.S.A.)에서 구입하였다.

돌연변이원성

고구마 끝순의 돌연 변이원성은 *Salmonella* Typhimurium 변이균주인 TA 98과 TA100을 이용하여 Maron방법(Ames & Maron, 1983)을 변형하여 실시하였다. 물질대사를 활성화시키지 않는 직접법의 경우 standard plate incorporation test로 시행하였다. 멸균된 glass cap tube에 추출된 시료 1.25 mg/plate씩 가하고 여기에 전배양시킨 *Salmonella* Typhimurium TA98 또는 TA100을 100 μ l를 가한 다음 0.2 M phosphate buffer(pH 7.4)로 전체 700 μ l가 되도록 하였다. 이를 37°C에서 20분간 진탕 배양한 후 His/Bio이 첨가된 2 ml Top Agar (45°C)에 넣고 잘 혼합한 후 미리 조제해 놓은 minimal glucose agar plate위에 도말한 후 37°C에서 48시간 배양하여 생긴 복귀돌연변이(His⁺ revertant colony)수를 조사하여 돌연 변이원성의 유무를 판정하였다.

항돌연변이원성

Ames Assay를 개량한 preincubation법에 따라 항 돌연변이원성을 실험하였고 돌연변이 유발물질로 TA98을 위해서는 2-NF, TA100균주를 위해서는 MMS를 사용하였다. 멸균된 glass cap tube에 추출된 시료 1.25, 2.5 mg/plate을 가하고 이어서 변이원물질을 각각 50 μ l씩 첨가하였다. 여기에 전배양시킨 *Salmonella* Typhimurim TA 98 또는 TA 100을 100 μ l를 가한 다음 0.2 M phosphate buffer(pH 7.4)로 전체 700 μ l가 되도록 하였다. 이것을 37°C에서 20분간 진탕배양한 후 상기의 돌연변이원성 실험과 같은 방법으로 실험하여 생긴 복귀돌연변이수를 세어 항돌연변이 작용을 살펴보았다. 고구마 끝순의 농도와 변이원물질의 농도는 예비실험을 통하여 결정하였으며, 항돌연변이 활성은 변이원물질의 활성에 대한 시료의 억제율(inhibition, %)로 표현하였다(FDA, 1995).

결과 및 고찰

고구마 끝순 추출물과 용매분획별 수율

고구마 끝순의 80% ethanol 추출물과 용매분획별 수율은 Table 2와 같다. Ethanol 조추출물은 12.5 g이었고, 용매분

Table 2. Yield ration of extraction of sweetpotato tips by various solvents.

Solvent	Yield (% , w/w) [†]
Ethanol extraction	12.5
n-Hexane fraction	1.1
Chloroform fraction	1.6
Ethyl acetate fraction	0.9
Buthyl alcohol fraction	0.7
Water fraction	8.9

[†]Yield ratios (%) = [evaporated extraction or fraction (g)/dried sample (g)] × 100

획별로는 water 분획물이 8.9 g으로 가장 많았으며, 다음은 chloroform 분획물이 1.6 g이었고, 나머지 용매분획물은 0.7~1.1 g의 수율을 나타내었다.

페놀화합물 함량

표준물질로 사용된 10종의 페놀화합물 중 고구마 끝순에는 6종의 페놀화합물이 함유되어 있었으며, 그 중 chlorogenic acid와 caffeic acid의 함량이 총페놀함량의 89~93%로 대부분을 차지하였다. 또한 용매분획별 페놀화합물 함량은 ethyl acetate 및 buthyl alcohol 추출물이 다른 용매추출물에 비하여 월등히 높았다(Table 3). 식물체에 존재하는 phenolic 물질의 구조는 1,000여 종 이상으로 보고되고 있는데, 수산기로 치환된 방향족 화합물을 가지고 있어 인체 내에서 생성된 활성 산소를 제거함으로써 질병과 노화를 방지할 수 있는 가능성이 보고되고 있다(Kim & Kim, 1977). 또한 고구마에는 caffeic acid, chlorogenic acid과 같은 polyphenolic compound가 많이 함유되어있어 항산화와 항암, 항균작용, 항돌연변이원성 등 생리활성 효과음을 보고하였다(Kaul & Khanduja, 1998; Robard *et al.*, 1999; Yoshimoto *et al.*, 2002; Islam *et al.*, 2002). 고구마 끝순추출물을 분석한 결과 10종의 페놀화합물 중 chlorogenic acid와 caffeic acid가 특히 많이 함유된 것으로 보아 금후 기능성 채소로 이용 가능성이 있음을 알 수 있다.

항균활성

Paper disk를 이용한 항균활성

고구마 끝순 EtOH 추출물의 용매분획별 항균 활성을 조사하기 위하여 예비실험을 한 결과 항균활성을 나타냈던 EtOAc 및 BuOH 추출물을 ethyl alcohol에 1, 2, 5, 10 mg/disk 농도로 희석하여 항균활성을 측정하였다. 추출물의 농도가 높아질수록 항균활성효과가 증가하였고, 용매분획별로는 buthyl alcohol에 비하여 ethyl acetate에서 다소 높은 항균활성을 나타냈다(Table 4).

Table 3. Phenolic compound contents of solvent fractions from sweetpotato tips.

(mg/g extraction)

Fraction	Gallic acid	Chlorogenic acid	Gentisic acid	Caffeic acid	Cumaric acid	Ferulic acid	Total
Hexane	0.005	0.209	0.008	0.050	0.001	-	0.273
CHCl ₃ ¹⁾	0.019	0.592	0.463	0.195	-	-	1.269
EtOAc ²⁾	0.933	10.340	4.056	79.083	0.060	1.139	95.611
BuOH ³⁾	0.752	40.457	3.476	22.755	0.10	1.755	69.295
Water	-	7.933	0.493	0.928	-	-	9.354

¹⁾Chloroform, ²⁾Ethyl acetate, ³⁾Buthyl alcohol

액체배지를 이용한 항균활성

Fig. 1에서 추출된 EtOAc 및 BuOH 추출물을 농도별로 EtOH에 녹여 *L. monocytogenes* 및 *S. Typhimurium*과 함께 24시간 배양하면서 균수를 관찰한 결과는 Fig. 2, Fig. 3과 같았다. *Listeria monocytogenes*에 대한 EtOAc추출물 첨가에서는 12시간까지는 3 log 이상 균의 성장을 억제 시켰으며 24시간 배양 후에도 대조구에 비하여 끝순 추출물 첨가가 1~

1.5 log 균수의 억제를 하는 것으로 나타났다. 또한 BuOH 추출물을 이용한 경우 20 mg/ml 농도에서는 12시간이 경과하면서 *Listeria* 균이 완전히 사멸되었고, 10 mg/ml 농도에서도 8시간까지는 균의 성장을 억제하며 긴 lag phase를 보이다가 이후 균의 성장이 서서히 이루어 졌으나 대조군과 비교하여 12시간 후 3 log 이상 억제를 시킨 것으로 나타났으며, 5 mg/ml의 추출물 농도에서도 10 mg/ml 추출물의 경우와 균의 성

Table 4. Zone of inhibition of buthyl alcohol (BuOH) and ethyl acetate (EtOAc) extracts from sweetpotato tips on selected foodborne pathogens. (unit : mm)

Compounds	Dose (mg/disk)	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. Typhimurium</i>
EtOAc ext.*	10	15.0 ± 0.2	13.0 ± 0.1
	5	13.0 ± 0.1	11.0 ± 0.2
	2	9.0 ± 0.1	10.5 ± 0.1
	1	8.0 ± 0.1	9.0 ± 0.1
BuOH ext.	10	11.0 ± 0.2	10.0 ± 0.2
	5	10.0 ± 0.1	8.5 ± 0.2
	2	9.5 ± 0.1	8.0 ± 0.1
	1	8.0 ± 0.1	8.0 ± 0.1

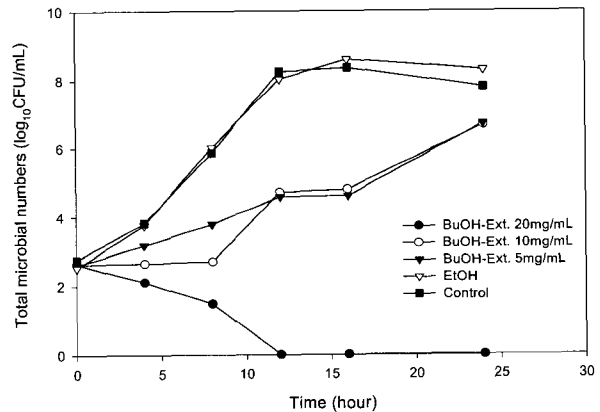
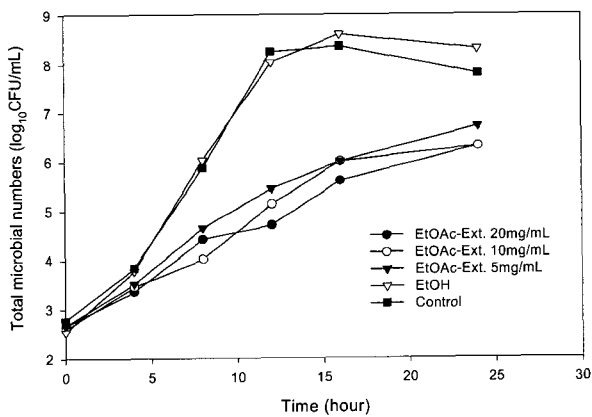


Fig. 2. Effects of sweetpotato leaf extract on the growth of *Listeria monocytogenes* in TSB incubated at 35°C.

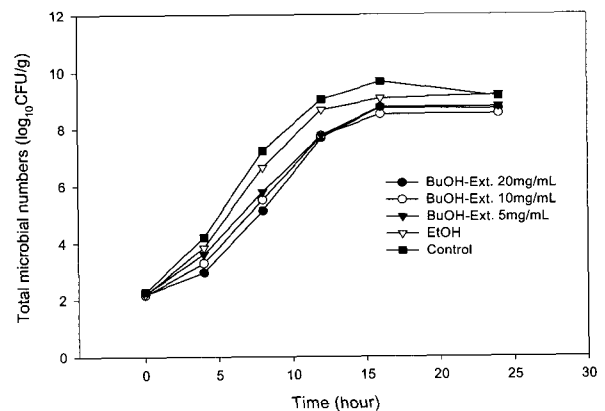
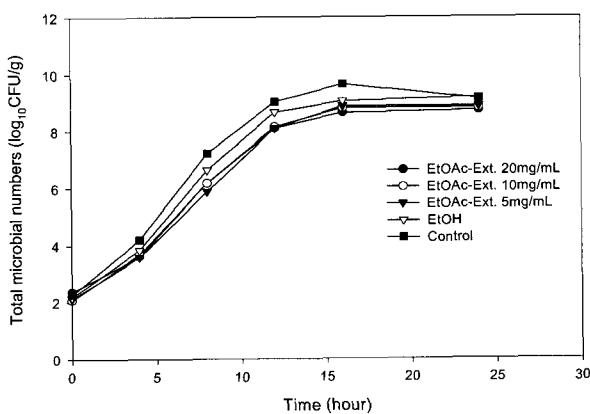


Fig. 3. Effects of sweetpotato leaf extract on the growth of *Salmonella Typhimurium* in TSB incubated at 35°C.

장 억제에 비슷한 양상을 보여주었다(Fig. 2).

Salmonella Typhimurium에서는 ethyl acetate 및 buthyl alcohol 추출물의 첨가로 16시간 배양까지는 1 log 정도의 균의 성장을 억제시켰으며 이후 균의 성장 억제력이 떨어져 24시간 후에는 대조구와 비교하여 유의적인 차이는 보이지 않았다(Fig. 3).

돌연변이원성 및 항돌연변이원성

돌연변이 및 항돌연변이원성을 검정하기 전에 실험에 사

용할 균주인 *Salmonella* Typhimurium TA98과 TA100 변이균에 대한 유전적인 특성을 확인한 결과 Fig. 4와 같이 histidine 요구성이며, 또한 ampicillin 항생제에 저항성을 나타내며, crystal violet에 감수성이 있는 것으로 보아 변이균임이 확인되었다.

자연발생 복귀 특성을 확인한 결과(Table 5) TA98은 revertant 집락수가 약 30 CFU/plate이었고, TA100은 revertant 집락수가 대략 180 CFU/plate이었다. 또한 돌연변이 유발원(MMS, 2-NF)을 첨가한 결과 TA98은 4,452 CFU/plate, TA100

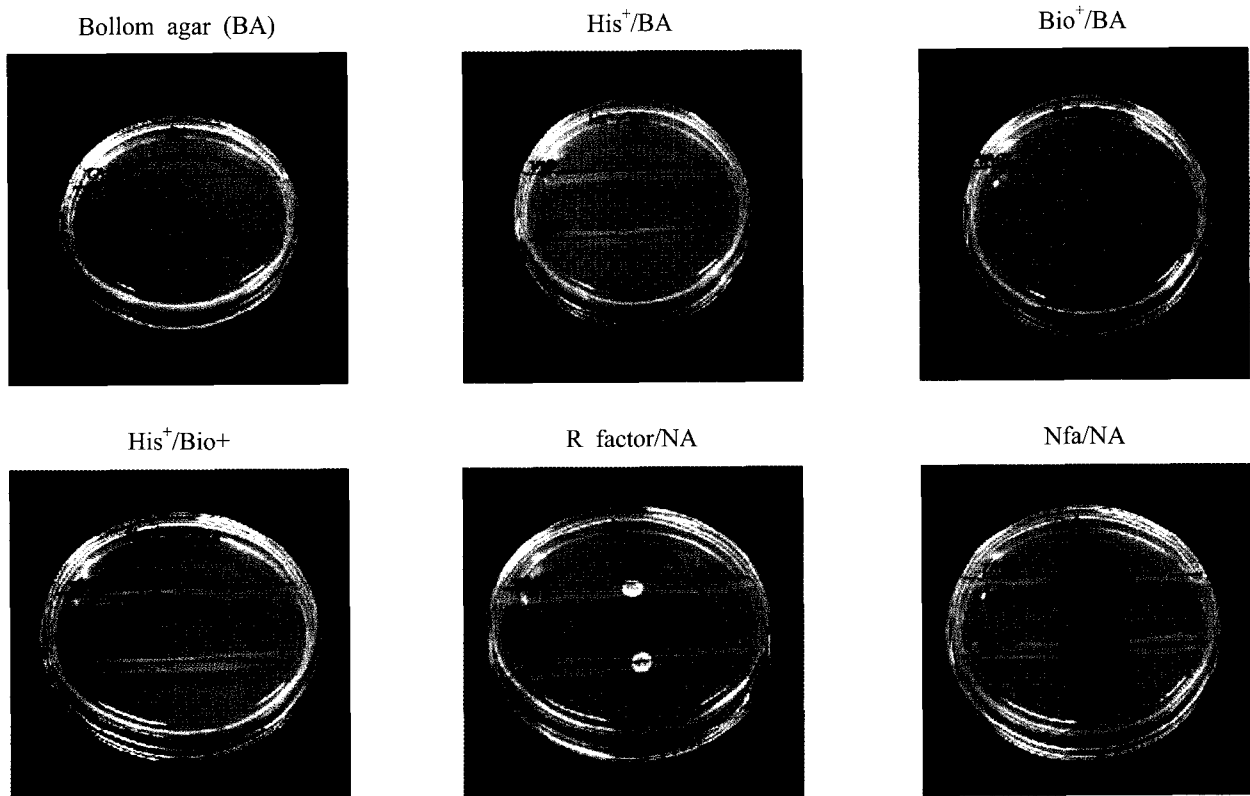


Fig. 4. Bacterial confirmation test for genetic features.

Table 5. Reversion properties of *Salmonella* Typhimurium TA98 and TA100 to negative controls and positive mutagen controls.

Sample	Dose/plate	No. of revertant <i>S. Typhimurium</i> colonies (CFU/plate) ¹⁾	
		TA 98	TA 100
Bacteria + Buffer	25 μ L	32 \pm 6 ¹⁾	181 \pm 21
Bacteria + DMSO	25 μ L	29 \pm 3	189 \pm 30
Bacteria + mutagen			
MMS ²⁾ (5 μ L/25 μ L)	30 μ L	-	2,123 \pm 434
2-NF ³⁾ (5 μ g/25 μ L)	30 μ L	4,452 \pm 565	-

MMS, 2-AF, and 2-NF were dissolved in DMSO (dimethylsulfoxide)

¹⁾Mean \pm standard deviation of triplicates, ²⁾methylmethanesulfonate, ³⁾2-nitrofluorene

Table 6. Mutagenicity of solvent extracts from sweetpotato tips to *Salmonella* Typhimurium TA 98 and TA 100.

Extract	Dose/plate	No. of revertant <i>S. Typhimurium</i> colonies (CFU/plate) ¹⁾	
		TA98	TA100
BuOH	1.25 mg	29 ± 6	175 ± 17
CHCl ₃	1.25 mg	32 ± 6	163 ± 16
EtOAc	1.25 mg	29 ± 3	169 ± 28
Hexane	1.25 mg	32 ± 5	159 ± 30
Water	1.25 mg	33 ± 9	188 ± 12

¹⁾Mean ± standard deviation of triplicates

Table 7. Antimutagenicity of solvent extracts from sweetpotato tips to *Salmonella* Typhimurium TA 98 and TA 100.

Extract	Dose (plate)	Number of revertant <i>S. Typhimurium</i> colonies (CFU/plate)		Inhibition	
		TA98 (2-NF) ¹⁾	TA100 (MMS) ²⁾	TA98 (2-NF)	TA100 (MMS)
BuOH	1.25 mg	365±35 ³⁾	229 ± 67	79.0%	90%
CHCl ₃	1.25 mg	1,024±323	2,257 ± 112	41.0%	-1.8%
EtOAc	1.25 mg	542±27	1,213 ± 89	68.8%	45.3%
Hexane	1.25 mg	1,146±67	2,123 ± 167	33.9%	4.28%
Water	1.25 mg	1,735±126	2,218 ± 164	-	-

¹⁾2-Nitro fluorene

²⁾Methyl methane sulfonate

³⁾Mean±standard deviation of triplicates

은 2,123 CFU/plate이었다.

Salmonella Typhimurium TA98 및 TA100에 대한 돌연변이 활성을 조사한 결과(Table 6), TA98은 모든 첨가구에서 29~33 CFU/plate이었고, TA100 또한 159~188 CFU/plate로 Table 5에서 나타난 자연발생 복귀수와 큰 차이가 없어 돌연변이 활성이 없는 것으로 나타났다.

고구마 끝순 추출물의 돌연변이원성 억제 작용을 검토하기 위해 Ames test에서 양성반응을 나타내며 돌연변이를 유발하는 직접 변이원 물질인 2-NF와 MMS를 처리하여 복귀돌연변이수를 측정된 결과 5가지 추출물 중 ethyl acetate 및 buthyl alcohol에서 돌연변이로 인한 복귀변이원성 집락수가 낮게 나타남으로써 항돌연변이 활성이 있는 것으로 판단되었다(Table 7).

이상과 같은 결과를 살펴볼 때 고구마 끝순에는 돌연변이 유발원 같은 독성이 없으면서, 체내 세포에 직접영향을 미치는 직접돌연변이대항 억제효과도 인정되어 식용으로 사용할 경우 안전성이 있는 것으로 판단되었으며, 이와 같은 결과는 Yoshimoto *et al.*(2002)의 보고와 같이 고구마 끝순에 풍부하게 함유된 polyphenolic compound의 생리활성 효과로 사료된다.

적 요

고구마 용도 다양화와 지상부의 채소적 가치를 구명키 위하여, 괴근에서 자라난 싹 중 부드러운 잎과 잎자루를 포함한 줄기끝 10 cm의 끝순을 수확하여, 끝순 추출물의 페놀 화합물 함량, 식중독균인 *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium에 대한 항균 활성, 식품안전성과 관련된 돌연변이원성 및 항돌연변이원성 등을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 고구마 끝순에는 6종의 페놀화합물이 함유되어 있었으며, 그 중 chlorogenic acid와 caffeic acid의 함량이 총페놀함량의 89~93%로 대부분을 차지하였다. 또한 용매분획별 페놀화합물 함량은 ethyl acetate 및 buthyl alcohol 추출물이 다른 용매추출물에 비하여 월등히 높았다.

2. 고구마 끝순의 80% ethanol 조추출물의 수율은 12.5 g 이었고, 용매분획별로는 water 분획물이 8.9 g으로 가장 많았으며, 다음은 chloroform 분획물이 1.6 g이었고, 나머지 용매 분획물은 0.7~1.1 g의 수율을 나타내었다.

3. 고구마 끝순에는 6종의 페놀화합물이 함유되어 있었으며, 그 중 chlorogenic acid와 caffeic acid의 함량이 총페놀

함량의 89~93%로 대부분을 차지하였다. 또한 용매분획별 페놀화합물 함량은 ethyl acetate 및 buthyl alcohol 추출물이 다른 용매추출물에 비하여 월등히 높았다.

4. *Listeria monocytogenes*에 ethyl acetate 및 buthyl alcohol 추출물을 첨가한 결과 16시간까지는 3 log 이상 균의 성장을 억제하였으며 특히 20 mg/ml butanol 추출물은 균의 성장을 억제시키다 12시간 이후에는 완전히 균을 사멸시키는 것으로 나타났다. *Salmonella Typhimurium*에 대해서도 고구마 끝순 추출물은 0.5~1 log 정도의 감소를 나타내었다.

5. 고구마 끝순 추출물의 *Salmonella Typhimurium* TA98 및 TA100에 대한 돌연변이 활성을 조사한 결과 TA98은 29~33 CFU/plate이었고, TA100은 159~188 CFU/plate로 돌연변이 활성이 없었다.

6. 직접 돌연변이원 물질인 2-NF와 MMS를 처리하여 복귀돌연변이수를 측정한 결과 ethyl acetate 및 buthyl alcohol 에서 돌연변이로 인한 복귀변이원성 집락수가 낮게 나타남으로써 고구마 끝순 추출물이 항돌연변이 활성이 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 목포대학교 식품산업기술연구센터(RIC-FRC)의 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

인용문헌

- Aurea, M. A., B. Fatima, and J. Colette. 1997. Nutritional quality of sweet potato greens from greenhouse plants. *J. Food Compo. Anal.* 10 : 246-253.
- Ames, B. N. and D. M. Maron. 1983. Revised methods for the salmonella mutagenicity test. *Mutat. Res.* 113 : 173-215.
- Ames, B. N., J. McCann, and E. Yamasaki. 1975. Methods for detecting carcinogens and mutagens with salmonella/mammalian microsome mutagenicity test. *Mutat. Res.* 31 : 347-364.
- FDA. 1995. *Bacteriological Analytical Manual*. Food and Drug Administration. Washington. D.C. 8.
- Hagerman, A. E., K. M. Riedl, G. A. Jones, K. N. Sovik, N. T. Richard, P. W. Hartzfeld, and T. L. Riechel. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 46 : 1887-1892.
- Ha, M. H., W. P. Park, S. C. Lee, H. J. Heo, and S. H. Cho. 2007. Antimicrobial characteristic of methanolic extranolic extracts from prunus mune byproducts against food spoilage microorganisms. *Korean J. Food Preserv.* 14(2) : 183-187.
- Islam, M. S., M. Yoshimoto, Y. Shoji, O. Shigenori, K. Ishiguro, and O. Yamakawa. 2002. Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 50 : 3718-3722.
- Jung, D. S. and N. H. Lee. 2007. Antimicrobial activity of the aerial part (leaf and stem) extracts of *Cnidium officinale* makino, a Korean medicinal herb. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 35(1) : 30-35.
- Kaul, A. and K. L. Khanduja. 1998. Polyphenols inhibit promotional phase of tumorigenesis: relevance of superoxide radicals. *Nutr. Cancer.* 32 : 81-85.
- Kim, Y. K. and Y. K. Kim. 1977. *Free Radical Biology*. Yeomungak. Seoul. pp. 359-363.
- Kim, M. K., Y. S. Kim, S. I. Heo, T. H. Shin, J. H. Sa, and M. H. Wang. 2006. Studies for component analysis and antioxidant effect, antimicrobial activity in *Acanthopanax senticosus* harms. *Korean J. Pharmacogn.* 37(3) : 151-156.
- Lee, J. S., H. S. Kim, Y. S. Ahn, M. N. Chung, and J. M. Kim. 2004. Studied on Sweetpotato tips Cultivation Methods. Annual report. NICS. RDA.
- Robard, K., P. D. Premzler, G. Tucker, P. Swatsitang, and W. Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.* 66 : 401-436.
- Woolfe, J. A. 1992. *Sweet potato*. Cambridge University Press. New York pp. 92-93.
- Yoshimoto, M., Y. Shoji, O. Shigenori, M. S. Islam, K. Ishiguro, and O. Yamakawa. 2002. Antimutagenicity of mono-, di- and tricaffeoylquinic acid derivatives isolated from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 66(11) : 2336-2341.