

고구마의 품종별 항산화성과 항미생물 특성

이향희 · 강성국 · 임종환
목포대학교 식품공학과 및 식품산업기술연구센터

Characteristics of Antioxidative and Antimicrobial Activities of Various Cultivars of Sweet Potato

Hyang-Hee Lee, Seong-Gook Kang and Jong-Whan Rhim

Department of Food Engineering and Food Industrial Technology Research Center, Mokpo National University

Abstract

Antioxidative and antimicrobial activities of ethanol extracts from 2 colored sweet potatoes such as purple and yellow, 5 pale yellow sweet potatoes, and 8 general cultivars of sweet potato were investigated. Colored sweet potatoes showed the highest antioxidative activity, followed by Saengmi and Yeonmi, which were pale yellow sweet potato cultivars, and Hwangmi, which was a general cultivar of sweet potato. Colored sweet potatoes also showed distinctively lower mold and surface microbial number (cfu) than the pale yellow sweet potatoes and the general cultivars of sweet potato. Although all sweet potatoes tested did not represent any antimicrobial activity against yeast and mold, they exhibited strong antimicrobial activity against *Streptococcus faecalis*. Especially, purple and yellow sweet potatoes showed antimicrobial activity against wide range of bacteria.

Key words: sweet potato, antioxidative activity, antimicrobial activity

서 론

고구마(*Ipomoea batatas*)는 수분을 제외한 대부분이 전분으로서 우수한 탄수화물의 공급원으로 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 주요 식량자원으로 이용되어 왔으며⁽¹⁾, 천연의 β -carotene과 각종 무기물과 비타민 및 식이섬유의 공급원으로서 그 영양성과 기능성이 확인되면서 편의식품, 기호식품 및 건강보조식품의 재료로 이용되고 있다^(2,3). 또한 고구마는 다른 작물에 비하여 척박한 땅에서도 잘 자라며 단위 면적당 수확량이 많고 경작이 쉽기 때문에 UR 위기를 극복하기 위한 밭작물로 기대되고 있다. 이 외에도 고구마는 뿌리뿐만 아니라 줄기, 잎 등 식물체 전체를 식용화할 수 있으며, 시간당 생산량이 많고, 환경적응성이 강하므로 미래식량 또는 우주식량자원으로 기대되고 있다⁽⁴⁾. 고구마는 품종에 따라 독특한 특성을 갖고 있으며, 최근에는 고구마의 기능성과 가공 이용성을 향상시킨 새로운 품종의 고구마가 육종되고 있다. 이 중에는 β -amylase가 함

유되지 않아 가열 처리할 때 감미가 증가하지 않는 사쓰마히가리, 천연의 β -carotene을 다량 함유하여 육질의 색이 신선한 오렌지색을 갖는 황색고구마⁽⁵⁾ 및 천연의 anthocyanin 색소를 다량 함유하고 있어 육질이 진한 자색을 띠는 자색고구마가 있다. 이러한 고구마의 품종에 따른 기능특성을 이용한 가공식품의 개발과 유색고구마를 이용하여 천연식용색소를 개발하는 연구가 수행되고 있다⁽⁶⁻¹²⁾. 고구마의 경제적 이용에 있어서 문제점 중의 하나는 고구마는 다른 작물에 비해 저장성이 낮다는 것이다. 즉, 고구마는 수분함량이 많고 추위에 약하며 병에 걸리기 쉽고 저장 중 호흡열이나 탄산가스 발생량이 많아 저장이 어렵고 저장 중 손실이 많이 발생한다. 그런데 고구마의 저장성을 향상시켜 그 이용성을 증진시키기 위해서는 고구마의 품종에 따라 그 저장 특성을 조사할 필요가 있으나, 현재 고구마의 저장성을 향상시키기 위한 연구는 그 수가 제한되어 있는 실정이며^(13,14), 고구마의 품종에 따른 저장 및 기능특성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 고구마의 저장에 영향을 주는 중요한 인자인 고구마 추출물의 항산화성과 항미생물 활성을

Corresponding author: Jong-Whan Rhim, Department of Food Engineering, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

국내에서 주로 재배되고 있는 고구마 품종에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

시료

농촌진흥청 목포시험장에서 재배한 자색고구마(목포 29호), 황색고구마(목포 30호), 5종의 미황색고구마(신울미, 생미, 연미, 중미, 진미), 8종의 일반고구마(수원 147호, 충승 100호, 건미, 선미, 울미, 은미, 홍미, 황미)를 시료로 사용하였다.

품종별 고구마의 수분, 조섬유 함량 및 경도

자색(목포 29호), 황색(목포 30호), 미황색(신울미, 중미), 일반(충승100호, 울미)고구마를 임의로 선별하여 수분함량은 105°C에서 상압가열건조법으로 측정하였고, 조섬유함량은 fiber extraction system(M 1017, KFX 967097, Sweden)을 사용하여 측정하였으며 경도는 한 번의 크기가 1 cm인 정육면체로 자른 시료를 Instron Universal Testing Machine(M 4465, Instron, U.S.A.)을 사용하여 측정하였다.

추출용매 선정

자색(목포 29호), 황색(목포 30호), 일반(수원 147호, 충승 100호)고구마를 선별하여 두께 2 mm, 길이 5 mm 정도로 세절한 후 여기에 극성이 다른 7종(hexane, chloroform, ethylacetate, ethanol, methanol, 20% ethanol (0.1% citric acid 함유), distilled water)의 추출용매를 고구마 중량에 대해 20배의 양을 첨가하여 30°C, 24시간 동안 추출한 후 homogenizer(M 17106, Omni, U.S.A.)로 마쇄하고 G3 glass filter와 여과지(Whatman NO. 1) 및 membrane filter(pore size: 5.0 µm)를 사용하여 정제하였다⁽⁶⁾.

추출용매에 따른 품종별 고구마의 항산화 정도 측정

품종별 고구마의 항산화 효과는 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 환원성을 이용하여 516 nm에서 분광광도계(8452A, Hewlett Packard, U.S.A.)를 통해 측정하였다. 추출액 1 mL에 DPPH용액 2 mL를 넣어 30분 동안 방치한 후 vortex mixer로 혼합한 후 대조구에 대한 흡광도의 감소비율로서 측정하였다⁽¹⁵⁻¹⁷⁾.

고구마의 저장 중 미생물 발생률

13종의 고구마를 사용하여 한 번이 1 cm인 크기의 정육면체로 자른 시료를 20°C의 정온기에 저장하면서

경시적으로 고구마의 표면에 생기는 곰팡이의 생육을 관찰하면서 초기에 사용한 고구마 시료의 수에 대한 표면에 곰팡이가 발생한 고구마 시료의 수를 곰팡이 발생률로 표시하였다. 세균수는 고구마의 표면에 있는 미생물을 멸균수를 사용하여 plate count agar배지에 접종한 후 30°C에서 세균은 1일, 곰팡이는 2일간 배양한 후 colony수를 측정하였다.

고구마의 항균성

6종의 고구마를 임의로 선별하여 품종별 고구마를 ethanol로 추출하여 homogenizer로 마쇄하고 Whatman NO. 1 여과지를 장착한 Büchner funnel을 사용하여 여과한 후 잔사는 동일용매를 사용하여 반복 추출하였으며 이를 통해 얻은 추출액을 rotary vacuum evaporator (Büchi, R-114, Germany)를 사용하여 감압농축하여 용매를 제거하였다. 이렇게 얻은 ethanol추출물에 7종의 박테리아(*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*), 효모(*Candida albicans*), 곰팡이(*Aspergillus oryzae*), 그리고 저장 중 고구마로부터 분리한 *Mucor*속의 곰팡이를 대상으로 paper disc(φ8 mm, Whatman) 방법을 사용하였다. 먼저 멸균배지 20 mL에 전배양액 0.2 mL를 micro pipette을 이용하여 무균적으로 옮겨 잘 혼합시킨 후 지름이 9.0 cm인 petri dish에 넣고 굳혔다. 여기에 시료의 일정 상당량을 적하하여 용매가 제거된 paper disc를 올린 뒤 배양하여 paper disc 주위의 clear zone의 크기(mm)로 고구마의 ethanol 추출액의 항미생물 활성을 측정하였다⁽¹⁸⁾. 또한, 대조구로는 식품보존제로 광범위하게 이용되고 있는 benzoic acid를 사용하여 항미생물 활성을 비교하였다.

결과 및 고찰

고구마 품종별 수분, 조섬유 함량 및 경도

품종별 고구마의 수분과 조섬유 함량, 경도는 Table 1에 나타난 바와 같다. 수분함량은 60~72%의 범위를 나타내어 일반 고구마의 수분함량이 60~80%인 것⁽¹⁹⁾과 비슷하였고, 경도는 2~3.5 kgf의 범위를 보였다. 일반적으로 유색고구마(목포 29호 및 30호)가 일반 고구마에 비해 조섬유 함량이 낮으며, 경도도 낮은 것으로 나타났다. 특히 황색고구마인 목포 30호는 측정된 고구마 중에서 수분함량은 가장 높았으며, 조섬유 함량과 경도는 가장 낮은 값을 나타내 고구마의 경도는 조섬유 함량에 영향을 받는 것으로 생각된다.

Table 1. Moisture and crude fiber content, and hardness of various sweet potatoes

Sweet potatoes	Moisture (%)	Crude fiber (%)	Hardness ¹⁾ (kg _f)
Mokpo #29	59.87	1.76	2.59
Mokpo #30	72.43	1.35	1.91
Sinyulmi	60.73	2.23	3.54
Zeungmi	62.50	2.00	3.32
Chungseung #100	66.65	2.45	3.22
Yulmi	69.95	2.28	3.52

¹⁾expressed as maximum strength at failure.

고구마의 품종별 항산화성

고구마의 항산화력이 큰 용매의 선정을 위해 4종의 고구마를 대상으로 극성이 다른 7종의 용매를 사용하여 항산화성분을 추출하여 이들의 항산화성을 비교한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다. 항산화성은 고구마의 품종 간에 다소 차이를 나타냈으나 일반적으로 ethanol과 methanol을 사용하였을 때 높은 항산화성을 보였고, 다음에 hexane, 20% ethanol, ethylacetate, distilled water 순으로 나타났으며, chloroform을 사용하였을 경우는 거의 항산화성을 보이지 않았다. 따라서 이후로는 인체에 해가 없는 ethanol을 최적의 추출용매로 선정하였다.

품종별 고구마 ethanol 추출물의 항산화 정도는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 특히 유색고구마인 자색고구마(목포 29호)와 황색고구마(목포 30호)가 다른 품종에 비해 항산화성이 높은 것으로 나타났으며 미황색고구마인 생미 및 연미가 이들과 유사한 정도의 항산화성을 나타냈다. 이들 유색고구마가 다른 고구마에 비해 높은 항산화성을 나타내는 것은 이들이 갖고 있는 색소성분에 기인하는 것으로 생각되는데, 자색고구마에

Table 2. Antioxidative activities¹⁾ of the extracts from various sweet potatoes by different solvents

Extraction solvents	Sweet potatoes			
	Mokpo #29	Mokpo #30	Suwon #147	Chungseung #100
Hexane	63	73	51	51
Chloroform	5	0	0	0
Ethyl acetate	46	18	13	14
Ethanol	90	87	55	44
Methanol	92	91	56	69
20% ethanol	46	44	73	19
Distilled water	12	15	6	12

¹⁾Antioxidant activity (%) was expressed as 100×difference of absorbance between reactant of extracts and control with DPPH solution.

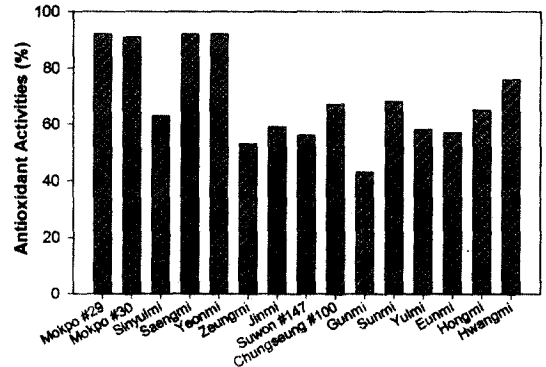


Fig. 1. Antioxidative activities of ethanol extracts of various cultivars of sweet potato.

는 anthocyanin^{6,12)}이 황색고구마에는 β-carotene⁵⁾이 다량 함유되어 있다. Chang²⁰⁾도 자색고구마로부터 분리한 색소가 BHA(Butylated hydroxyanisole)에 상당하는 높은 항산화 활성을 나타냄을 확인한 바 있다.

고구마의 저장중 곰팡이 발생을 및 미생물 수의 변화

품종별 고구마의 저장 중 곰팡이의 발생율은 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 항산화성이 높게 나타났던 유색고구마가 역시 곰팡이의 발생률이 낮았으며, 이외에 미황색고구마인 신율미와 진미 그리고 일반 고구마인 은미가 곰팡이의 발생률이 낮았다. 반면에 수원 147호가 곰팡이 발생률이 가장 높았으며, 다음으로 생미, 연미, 중미, 홍미, 율미, 선미 등이 곰팡이 발생률이 높았으며, 진미는 중간 정도의 발생률을 나타냈다. 이들 품종에 따른 곰팡이 발생률의 차이는 이들 고구마의 저장성과 직접 관련이 있는데, Kim⁹⁾에 의하면 일반고구마 품종에 따른 저장성은 신미 >황미 >은미 >홍미 순으로 나타나 고구마의 저장에 있어서 품종의 선택이 중요함을 보고한 바 있다. 저장 중 고구마의 표면에 생육하는 세균과 곰팡이의 colony수를 측정된 결과를 Fig. 3과 4에 나타냈는데, 이 결과 역시 자색과 황색고구마가 미황색고구마나 일반고구마에 비해 뚜렷하게 낮은 것으로 나타나 앞의 결과를 재확인 할 수 있었다.

고구마의 품종별 항미생물 활성

10종의 미생물을 대상으로 고구마의 항미생물 활성을 측정된 결과(Table 3), 모든 고구마가 효모와 곰팡이에 대해서는 항균성을 나타내지 않았으며, 주로 박테리아에 대해 항균성을 나타냈다. 특히 *Streptococcus faecalis*에 대해서는 생육억제효과가 확실하게 나타났다. 품종별로 비교해 보면 자색 및 황색고구마가 특히

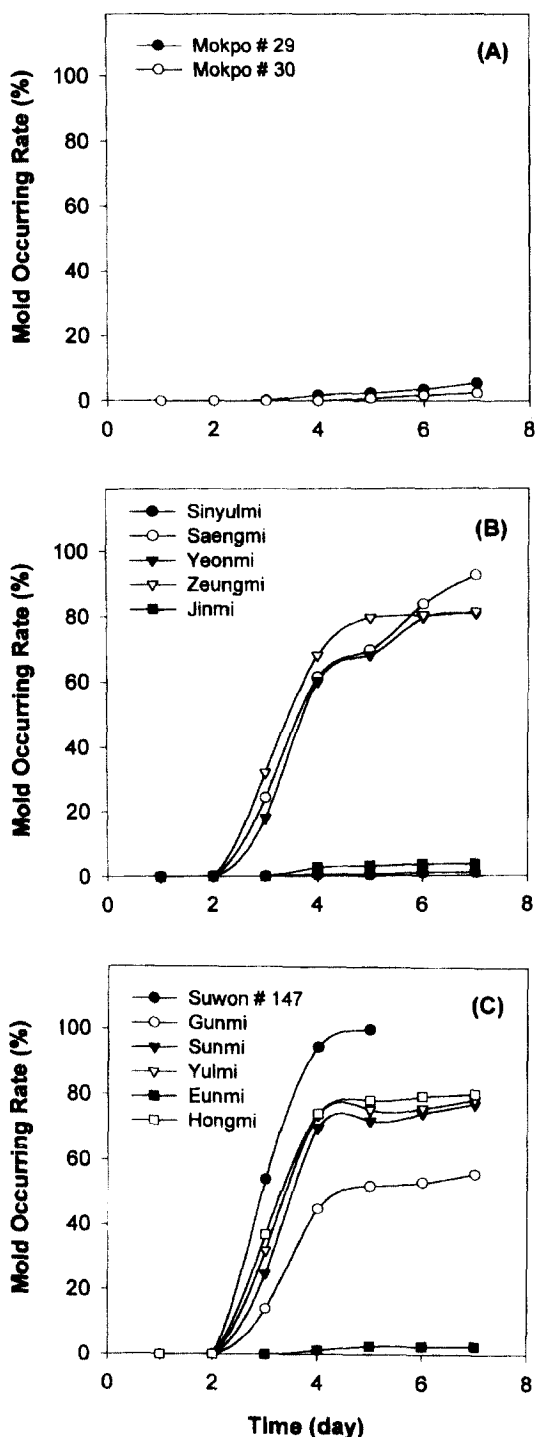


Fig. 2. Mold occurring rate of various cultivars of sweet potato during storage. (A): colored sweet potatoes; (B): pale yellow sweet potatoes; (C): general cultivars of sweet potatoes

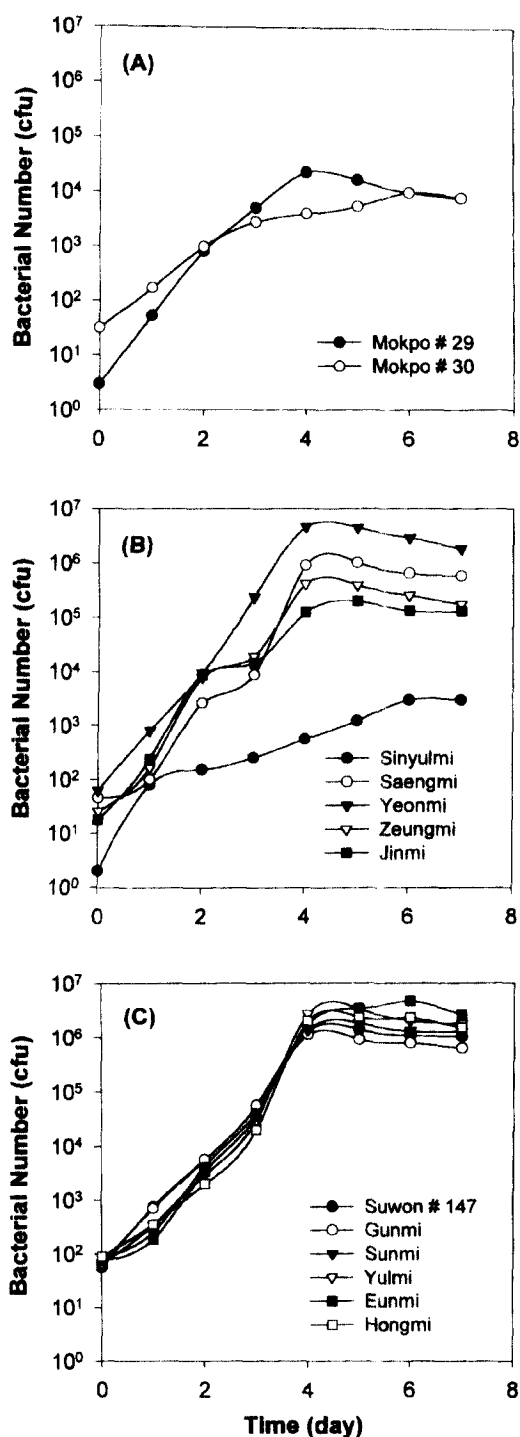


Fig. 3. Surface bacterial number of various cultivars of sweet potato during storage. (A): colored sweet potatoes; (B): pale yellow sweet potatoes; (C): general cultivars of sweet potatoes

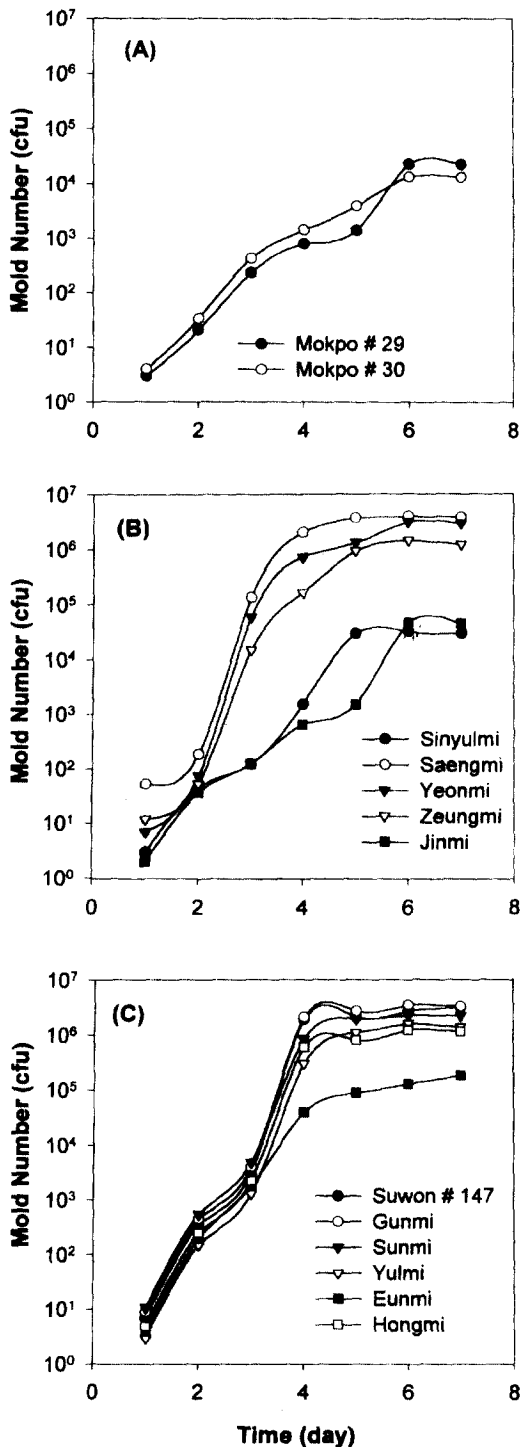


Fig. 4. Mold number of various cultivars of sweet potato during storage. (A): colored sweet potatoes; (B): pale yellow sweet potatoes; (C): general cultivars of sweet potatoes

Table 3. Antimicrobial activities of ethanol extracts from sweet potatoes

Microorganisms	Clear zone (mm)						
	Mokpo #29 ¹⁾	Mokpo #30	Sin-yulmi	Jin-mi	Chung-seung #100	Yul-mi	B.A. ²⁾
<i>Bac. subtilis</i>	23 ^b	-	-	-	-	-	13
<i>E. coli</i>	20 ^b	26 ^b	-	-	-	10	14
<i>Mc. luteus</i>	22 ^b	-	-	-	-	-	13
<i>Pc. cerevisiae</i>	-	-	-	-	-	-	12
<i>S. typhimurium</i>	19 ^b	13 ^b	11	-	11	-	13
<i>Staphy. aureus</i>	20 ^b	14 ^b	-	28	-	-	14
<i>St. faecalis</i>	28	36	27	27	30	30	12
<i>C. albicans</i>	-	-	-	-	-	-	12
<i>Asp. flavus</i>	-	-	-	-	-	-	13
<i>Mucor</i>	-	-	-	-	-	-	18

¹⁾3 g fr. wt. eq./disc of ethanol extract.

²⁾1 mg benzoic acid/disc.

^bBlue coloration during incubation.

-: No growth inhibition.

항균성이 높았는데, 이는 유색고구마가 다른 고구마에 비해 저장성이 높을 것으로 기대된다. 천연의 색소성 분들이 항균성을 갖는 경우가 잘 알려져 있는데, Han과 You⁽²¹⁾는 한국산 감귤의 과피에서 분리한 naringin과 naringenin이 각각 gram 음성균과 gram 양성균에 강한 항균성이 있음을 보고하였으며, Shin⁽²²⁾은 치자 수용성 추출액의 crocin 색소가 저농도에서는 mycobacteria에 대해 발육촉진인자로 작용하였으나, 치자 성분 어느 정도이상(O.D.=0.04)인 경우는 항균활성을 나타낸다고 보고하였다. 또한, Marwan과 Nagel⁽²³⁾은 cranberry를 ethanol로 추출한 flavonol 및 proanthocyanin류의 물질이 *Saccharomyces bayanus*와 *Pseudomonas fluorescens*에 대해 현저한 항균효과가 있음을 밝힌바 있어 본 연구 결과를 뒷받침하고 있다.

특이하게도 자색고구마와 황색고구마는 일반 박테리아에 의해 배양시간이 지남에 따라 배지가 청색으로 변화하는 새로운 사실을 발견하였는데, 이러한 현상은 치자색소 중의 iridoid 화합물이 미생물이 내는 효소작용으로 청색색소로 변하는 사실⁽²⁴⁾을 감안할 때 자색고구마나 황색고구마의 색소가 미생물의 효소에 의해 변색되는 것으로 생각되나 이에 관하여 보다 자세한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

자색, 황색의 유색고구마와 미황색 및 일반고구마의 알코올 추출물의 항산화성과 항미생물활성을 조사하였다. 고구마의 항산화성은 자색고구마와 황색고구마

가 가장 높았으며, 다음으로 미황색고구마인 생미, 연미, 그리고 일반 품종의 고구마인 황미가 높게 나타났다. 외관적인 곰팡이의 발생율과 표면세균 및 곰팡이의 수는 유색고구마인 자색고구마와 황색고구마가 미황색고구마나 일반고구마에 비해 뚜렷하게 낮았다. 사용한 모든 고구마가 효모와 곰팡이에는 항균활성을 나타내지 않았으나, *Streptococcus faecalis*에 대해서는 현저한 생육억제효과가 나타났으며, 특히 유색고구마는 일반적인 박테리아에 대해 항균성을 나타냈다.

문헌

- O'Hair, S.K. Farinaceous crops, p. 109. In: Handbook of Tropical Food Crops, Martin, F.W. (ed.). CRC Press, Boca Raton, FL., USA (1984)
- Kim, S.Y. and Ryu, C.H. Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). Korean J. Food Sci. Technol. 27: 819-825 (1995)
- Ravindran, V., Ravindran, G., Sirakanesan, R. and Rajaguru, S.B. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato. J. Agric. Food Chem. 43: 2646-2651 (1995)
- Nagahama, T. Potential functions of sweet potato and current topics on them. pp. 1-5. Proc. of Korea-Japan Symposium, Mokpo, Korea (1996)
- Kim, S.J., Rhim, J.W., Jung, S.T., Ahn, Y.S. and Oh, Y.B. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 218-222 (1997)
- Kim, S.J., Rhim, J.W., Lee, L.S. and Lee J.S. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 345-351 (1996)
- Lee, L.S., Rhim, J.W., Kim, S.J. and Chung, B.C. Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 352-359 (1996)
- Kim, S.J. and Rhim, J.W. Effect of freezing, thawing and blanching on the pigment of purple sweet potato. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 9-14 (1997)
- Kim, S.J., Rhim, J.W., Lee, L.S., Lee, J.S. and Jeong, B.C. Growth characteristics and changes of pigment content of purple sweet potato during growth. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 1180-1183 (1996)
- Lee, L.S. and Rhim, J.W. Thermal kinetics of color changes of purple sweet potato anthocyanin pigment. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 497-501 (1997)
- Kim, S.J. and Rhim, J.W. Concentration of pigment extracted from purple sweet potato by nanofiltration. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 492-496 (1997)
- Lee, L.S., Chang, E.J., Rhim, J.W., Ko, B.S. and Choi, S.W. Isolation and identification of anthocyanins from purple sweet potatoes. J. Food Sci. Nutr. 2: 83-88 (1997)
- Kim, H.S., Lee, C.Y., Kim, Z.U., Lee, S.R., Lee, K.H. and Chun, J.K. Studies on the storage and utilization of sweet potatoes. J. Korean Agric. Chem. Soc. 11: 123-130 (1969)
- Lee, H.L., Choi, H.K., Yim, H.G. and Kim, H.J. Study on storage of sweet potato in man-made cave. Res. Rept. RDA (P · M & U). 27: 127-130 (1985)
- Kim, H.K., Kim, Y.E., Do, J.R., Lee, Y.C. and Lee, B.Y. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 80-85 (1995)
- Kim, N.M., Sung, H.S. and Kim, W.J. Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 204-209 (1993)
- Maeng, Y.S. and Park, H.K. Antioxidant activity of ethanol extract from dodok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J. Food Sci. Technol. 23: 311-316 (1991)
- Lee, H.H., Ma, S.J., Moon, J.H. and Park, K.H. Isolation and characterization of 4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid and 3,4-dihydroxycinnamic acid with antimicrobial activity from root of *Pulsatilla koreana*. J. Korean Agric. Chem. Soc. 41: 191-196 (1998)
- Syvanus, O., Anthony, O. and Olumide, T. Some aspects of the biochemistry and nutritional value of the sweet potato (*Ipomoea batatas*). Food Chem. 31: 9-18 (1989)
- Chang, E.J. Isolation and antioxidative activity of acylated anthocyanins from fruit and vegetables. M.S. thesis, Catholic Univ. of Taegu-Hyosung, Taegu, Korea (1998)
- Han, S.S. and You, I.J. Studies on antimicrobial activities and safety of natural naringin in Korea. Kor. J. Mycol. 16: 33-40 (1988)
- Shin, S.S. Antibacterial activity of soluble extracts of *Gardenia jasminoides* against mycobacteria other than tubercle bacilli. M.S. thesis, Univ. of Chungang, Seoul, Korea (1988)
- Marwan, A.G. and Nagel, C.W. Microbial inhibitors in cranberries. J. Food Sci., 51: 1009-1013 (1986)
- Jeong, H.S. and Park, K.H. Characteristics of the conversion pigment from *Gardenia jasminoides* yellow pigment. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 319-323 (1998)

(1999년 2월 12일 접수)