

유색고구마를 이용한 고구마 된장의 제조

배재오 · 이경진 · 박정섭* · †최동성

우석대학교 식품생명공학과, *전라북도 농식품인력개발원

Preparation of Sweet Potato Doenjang using Colored Sweet Potato

Jae-O Bae, Kyung-Jin Lee, Jeong-Seob Park* and †Dong-Seong Choi

Dept. of Food Science & Technology, Graduate School, Woosuk University, Wanju 565-701, Korea

*Agri-Food Human Resource Development Institute, Jeonbuk Provincial Government, Jeonju 576-911, Korea

Abstract

This study examined the manufacturing characteristics of sweet potato doenjang in order to gain a more efficient use of the sweet potato. Sweet potato(Sinwhangmi, Sinjami) koji(mixed sweet potato paste and soybean powder in a ratio of 1:1) was cultured with *Aspergillus oryzae* KCCM 11372 at 35°C for 48 h. Sweet potato doenjang was fermented for 60 days using a sweet potato koji(20%, 45%) and steamed soybean(70%, 45%), with salt accounting for 10%. The glutamic acid content was determined to be much higher in sweet potato doenjang using Sinwhangmi koji(45%) and steamed soybean (45%), than that of general doenjang. The DPPH radical scavenging activity has the largest EC₅₀(0.9 mg) in sweet potato doenjang using Sinjami potatoes 45%. Sensory evaluation indicated a good preference for sweet potato doenjang using Sinwhangmi(45%) and steamed soybean(45%).

Key words: sweet potato, koji, fermented soybean paste, deonjang, antioxidative

서론

된장은 대두를 이용하여 발효·숙성시킨 식품으로 단백질과 아미노산 함량이 높고, 특유의 맛과 향을 지니고 있어 단백질 섭취원인이자 조미료로서 중요한 역할을 차지하고 있다. 이러한 된장 품질은 주원료인 콩, 소금, 물 등과 발효·숙성과정 중에 관여하는 각종 미생물, 자연환경 등에 기인한다. 된장의 주요 효능은 콩에 존재하는 이소플라본, 트립신 인히비터, 폴리페놀 성분, 글로블린, 펩타이드 등(Joo 등 1992)에 의한 기능성뿐만 아니라 발효·숙성과정 중에 생산되는 리놀렌산과 펩타이드 등(Kim 등 1990)의 다양한 성분에 기인하고 있다. 특히 된장의 효능으로는 항암효과(Lim 등 2004), 항돌연변이 효과(Rhee 등 2008), 항고혈압 효과(Lee 등 2009), 항산화 효과(Kim 등 2002) 등이 알려져 있다. 최근 된장시장은 전통된장뿐만 아니라 다양한 재료를 첨가하여 기능성과

맛을 향상시킨 기능성 된장이 각광을 받고 있다. 특히 Kim 등(2004)은 양식산 굴을, Lee 등(2009)은 작두콩을, Jang SM (2009)은 마를 첨가하여 된장의 기능성과 품질을 향상시키고자 하였으나, 대부분의 기능성 된장은 발효·숙성시 기능성 소재를 단순히 첨가한 것으로 첨가량 또한 매우 적었다.

중남미가 원산지인 고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 우수한 탄수화물 공급원으로서 쌀, 보리 등 곡류와 함께 우리나라의 주요 식량자원(Lee 등 1999; Song 등 2005)이며, 바이오에탄올(Ziska 등 2009), 소주(Park 등 2010), 발효식품, 의약품, 화학약품 등의 원료로 이용되어 왔다. 그러나 경제발전과 더불어 소비가 지속적으로 감소되었으나, 최근에 안토시아닌, 폴리페놀, β -카로틴, 식이섬유, 알라틴, 강글리오시드, 칼륨 등의 공급원으로서 생체조절 가능성이 밝혀지면서 기호식품과 건강기능식품 소재로 새롭게 인식되어 고구마 소비가 증가하고 있다(Yoshimoto M 2001; Peto 등 1984; Almeida 등 1988).

† Corresponding author: Dong-Seong Choi, Dept. of Food Science & Technology, Graduate School, Woosuk University, Wanju 565-701, Korea. Tel: +82-63-290-1430, Fax: +82-63-290-1429, E-mail: timochoi@hanmail.net

주요 기능성으로서는 항돌연변이 효과(Park 등 2011), 항산화 효과(Lee 등 2007), 항균작용(Lee 등 1999), 항고혈압 및 간보호 효과(Cho 등 2003) 등이 알려져 있다.

현재 고구마는 국내에 40종 이상의 품종이 알려져 있으며, 그중 육색이 자색과 등황색인 유색 고구마(신자미, 신황미)에는 건강 기능성이 주목되고 있는 안토시아닌과 β -카로틴 등의 색소 성분이 함유되어 있다. 따라서 이들 유색 고구마의 수요 확대를 위한 새로운 발효식품을 개발하고자 고구마 된장 개발을 시도하였다. 특히 발효·숙성 중인 된장에 고구마를 단순 첨가하는 것이 아니라, 고구마 페이스트와 대두분말을 혼합하여 펠렛으로 성형한 후 황국균과 백국균을 접종하여 고구마 국을 제조하였고, 이렇게 제조된 고구마 국을 이용하여 고구마 된장을 제조하였다. 본 연구에서 제국 조건과 고구마 된장의 담금 조건을 검토하였고, 제조된 고구마 된장의 성분 및 항산화활성을 평가하여 고구마를 이용한 된장 제조 적성을 관찰하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 연구에 사용된 신황미(황색고구마)와 신자미(자색고구마)는 익산시 삼기면에 위치한 고구마 재배농가로부터 구입하였다. 대두는 전북 군산에서 재배된 메주콩을 사용하였으며, 소금은 1년 이상 저장하여 간수를 제거한 천연소금을 사용하였다. 또한 *Aspergillus oryzae* KCCM 11372(황국균)과 *Aspergillus kawachii* KCCM 32819(백국균)은 한국미생물보존센터(KCCM, Seoul, Korea)로부터 구입하여 사용하였으며, 기타 분석용 시약은 1급 이상의 제품을 구입하여 사용하였다.

2. 고구마 국 및 된장의 제조

고구마를 선별, 수세하고 120°C에서 30분 동안 가압증자한 다음 껍질을 제거하고 으깨어 고구마 페이스트를 제조하였으며, -20°C에 보관하면서 실험재료로 사용하였다. 또한 선별, 수세한 대두를 12시간 이상 침지하고 1시간 동안 물기를 제거한 다음, 고속분쇄기(RT-08, Rong Tsong Precision Technology Co, Taiwan)로 분쇄하여 생대두 분말을 제조하였다. 이 생대두 분말을 121°C에서 30분 동안 증자하고 냉각하여 고구마 국 제조용 대두분말로 사용하였다. 고구마 국을 제조를 위해 고구마 페이스트와 대두 분말을 60:40, 50:50, 40:60의 비율로 혼합한 후 초퍼기를 이용하여 \varnothing 0.5 cm 정도의 펠렛으로 성형하였다. 여기에 증자한 쌀에 전배양한 황국균과 백국균 종국을 각각 3%씩 접종한 다음 국 상자에 넣고 35°C, 습도 85% 이상에서 72시간 배양하여 고구마 황국과 고구마 백국을 제조하였다.

고구마 된장은 고구마 국 20%, 증자 대두 70%, 소금 10%와 고구마 국 45%, 증자 대두 45%, 소금 10%의 혼합비로 각각 제조하였다. 증자 대두는 121°C에서 1시간 동안 가압 증자한 것을 사용하였고, 제조된 된장은 0, 15, 30, 45, 60일째에 시료를 채취하여 발효특성을 분석하였다.

3. 조효소액 제조 및 효소활성 측정

고구마 국 및 된장 10 g을 증류수 100 mL에 희석하여 20°C, 210 rpm에서 30분 동안 진탕 추출하고, 여과지 No. 2(ADVANTEC, Japan)로 여과하여 조효소액을 제조하였다. 조효소액의 α -amylase 활성(Rhee 2008), glucoamylase 활성(Lee 등 2009), protease 활성(Rhee 2008)을 측정하였다.

4. 아미노태 질소 함량 측정

2개의 삼각플라스크에 조효소액 25 mL를 각각 첨가하고, A 실험구에는 중성 포르말린 용액 20 mL와 물 20 mL를, B 실험구에는 물 40 mL를 첨가한 다음, 0.5% 페놀프탈레인 용액 2~3방울을 가하고 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 아미노태 질소 함량을 측정하였다(Rho 등 2008). 아미노태 질소 함량(mg%)은 $\frac{[(A-B) \times 1.4 \times C] / S}{100} \times 100$ 으로 계산하였고, 시료구의 0.1 N NaOH 적정량(mL)을 A, 공시험의 0.1 N NaOH 적정량(mL)을 B, 0.1 N NaOH의 factor를 C, 시료량(g)을 S로 나타내었다.

5. 아미노산 함량 측정

된장 시료 1 g에 메탄올:클로로포름:물(12:5:3)의 혼합액 9 mL를 가하여 혼합하고 원심분리(13,000×g, 4°C, 15분)하여 상등액과 침전물을 얻어 아미노산 추출용 시료로 사용하였다. 원심분리한 상등액 200 μ L와 침전물 200 mg에 메탄올:클로로포름:물(12:5:3)의 혼합액 800 μ L를 각각 가하여 혼합하고, 원심분리(13,000×g, 15분, 4°C)하여 1차 상등액을 얻었으며, 침전물에 다시 클로로포름 200 μ L와 물 400 μ L를 가하여 혼합하고 원심분리하여 2차 상등액을 얻었다. 1, 2차 상등액을 합하여 동결건조한 다음, 소량의 물로 용해하고 0.45 μ m PVDF 필터(Millipore, USA)로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. 아미노산의 형광 유도체화를 위해 AccQ·Fluor Reagent(Waters, USA)를 사용하였고, 3.9×150 mm AccQ·Tag™(Waters, USA) 칼럼을 장착한 HPLC(Waters, USA)로 아미노산을 분석하였다. GABA 표준물질은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)의 제품을 구입하여 사용하였으며, autochro WIN program(Young-Lin, Korea)을 이용해 GABA 함량을 계산하였다(Baum 등 1996).

6. β -카로틴 함량 측정

고구마 된장 20 g을 메탄올 60 mL로 추출한 후 Whatman No. 1 여과지로 여과하고, 잔사는 아세톤-n-헥산(1:1) 70 mL의

용매로 잔사에 색이 없어질 때까지 반복 추출하였다. 얻어진 여과액을 합하여 감압농축하고 농축액에 *n*-헥산 30 mL를 가하여 용해한 다음 증류수 100 mL로 3회 세척하고 분리된 상등액을 얻었으며, 이 액에 과포화 KOH/메탄올 용액을 첨가하고 30분 동안 교반한 후 증류수 100 mL로 3회 세척하였다. 여기에 무수 Na₂SO₄를 첨가하여 탈수하고 200 mL로 정용하여 조 카로틴 용액을 제조하였으며, 448 nm에서 OD를 측정하였다(Kim 등 1997). 검량선은 β -카로틴 표준품을 *n*-헥산에 용해하여 작성하였다.

7. 안토시아닌 함량 측정

자색고구마 된장 0.2 g을 0.1% HCl/메탄올 3 mL로 1회 90분, 2, 3회는 30분 동안 3회 반복 추출하여 추출액을 얻었고 원심분리하여 상등액을 회수, 안토시아닌 측정 시료로 사용하였다. 시료 50 μ L에 A 용액(0.2 M KCl에 0.2 M HCl를 가하여 pH 1.0으로 조정) 950 μ L, B 용액(0.2 M potassium phosphate에 0.1M 구연산을 가하여 pH 4.5로 조정) 950 μ L를 혼합하고 520 nm와 700 nm에서 OD를 측정하여 후 안토시아닌 함량을 측정하였다(Lee 등 2005). 안토시아닌 함량(mg%)은 $A \times 449.2 \times DF \times 12 \times 500 / (26900 \times 1)$ 으로 계산하였으며, pH 1에서의 OD 520 nm - OD 700 nm 값에서 pH 4.5에서의 OD 520 nm - OD 700 nm 값을 뺀 값을 A, cyanidin-3-glucoside의 1 mol 당 분자량(g)을 449.2, 희석배수 20을 DF, 시료추출액 총 부피를 12, 시료 100 g 당 안토시아닌 함량으로 환산하기 위해 시료 중량인 0.2 g으로 나눈 값을 500으로 나타내었다.

8. 총 페놀, 환원당, 산도 측정

총 페놀 함량은 10배 희석한 된장 추출액 250 μ L에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 1 mL, 2% Na₂CO₃ 2 mL를 넣어 혼합하고 23°C에서 20분 동안 반응시킨 다음 750 nm에서 OD를 측정하였으며(Slinkard 등 1997), 검량선은 gallic acid를 증류수에 용해하고 750 nm에서 OD를 측정하여 작성하였다. 환원당은 DNS법(Miller GL 1959)으로 측정하였으며, 산도는 0.1 N NaOH를 가하여 pH 9.3이 될 때까지 소비된 0.1 N NaOH의 적정량을 구연산 %로 환산하였다.

9. DPPH 라디칼 소거활성

고구마 된장의 DPPH 라디칼 소거활성은 0.15 mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 1 mL에 농도별 조효소액 0.1 mL씩을 혼합하여 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후 517 nm에서 OD(UV-1601, Shimadzu, Japan)를 측정하였다. 이때 OD가 50% 감소할 때 나타나는 시료의 농도(EC₅₀)를 표시하였으며, 각 시료는 3회 반복 실험을 실시하여 평균값을 구하였다(Blios MS 1958).

10. 관능평가

고구마 된장의 관능평가는 식품을 전공하는 우석대학교 학생 및 대학원생으로 구성된 20명을 대상으로 짠맛, 단맛, 감칠맛, 기호도를 매우 좋다 5점, 좋다 4점, 보통이다 3점, 나쁘다 2점, 아주 나쁘다 1점의 5점 척도법으로 평가하였다.

11. 통계처리

모든 실험 분석은 3회 반복 실험하여 일원분산분석법으로 분석하였으며, 모든 통계 자료는 SPSS 18.0(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균값±표준편차로 표현하였다. 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중 범위 검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성($p < 0.05$)을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 고구마와 대두분말의 혼합비율에 따른 펠렛 제조

고구마 페이스트와 가압 증자한 대두분말을 60:40, 50:50, 40:60으로 혼합하여 펠렛 형태로 성형하였다. 고구마 페이스트와 대두분말의 혼합비율에 따라 원기둥 모형의 펠렛 형성에 큰 차이를 나타내었다. 특히 수분함량이 많은 고구마 페이스트와 수분함량이 비교적 낮은 대두분말을 60:40으로 혼합하였을 경우는 많은 수분함량(46~48%)으로 펠렛이 잘 형성되지 않았으며, 40:60으로 혼합하였을 경우는 낮은 수분함량(34~36%)으로 인해 부서지는 경향을 보였다. 50:50으로 혼합할 경우 수분함량 40~42%로 약 0.5~1 cm 길이의 펠렛이 가장 잘 형성되었으며, 균 증식에 있어서도 가장 좋은 활착력과 증식상태를 나타내었다. 이 결과로부터 고구마 페이스트와 대두분말을 50:50으로 혼합하여 제조한 국을 사용하여 이후의 실험을 수행하였다.

2. 고구마 국 제조

국균의 종류 및 신자미와 신황미에 따른 고구마 국의 효소활성 변화를 관찰하기 위해 고구마 페이스트와 대두분말을 50:50로 혼합하여 제조한 고구마 국에 황국균과 백국균을 각각 3%씩 접종한 후 배양시간에 따른 효소활성의 변화를 측정하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

신황미 황국과 신자미 황국의 배양 48시간째의 α -amylase 효소활성은 35.3 unit/g와 35.0 unit/g, glucoamylase는 128 unit/g와 121 unit/g, protease는 1.1 unit/g와 0.7 unit/g를 각각 나타내었다. 또한 신황미 백국과 신자미 백국의 배양 48시간째의 α -amylase 효소활성은 32.3 unit/g와 15.0 unit/g, glucoamylase는 119 unit/g와 97 unit/g, protease는 0.3 unit/g와 0.3

Table 1. Change of enzyme activities during the incubation of sweet potato koji

Koji ¹⁾	Kinds of enzyme	Enzyme activity(unit/g)					
		Incubation time(hr)					
		0	36	48	60	72	
Sinwhangmi	Yellow koji ²⁾	α -Amylase	0.2±0.0 ⁴⁾	33.9±0.4	35.3±0.1	35.1±0.3	35.1±0.4
		Glucoamylase	18±4	106±8	128±10	148±19	152±10
		Protease	0.0±0.0	0.8±0.0	1.1±0.0	1.2±0.0	1.2±0.0
	White koji ³⁾	α -Amylase	1.1±0.0	29.1±0.1	32.3±0.4	35.3±0.5	34.0±0.2
		Glucoamylase	18±3	98±11	119±18	112±11	125±8
		Protease	0.0±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.5±0.0
Sinjami	Yellow koji	α -Amylase	0.5±0.0	32.1±0.1	35.0±0.0	35.4±0.2	35.1±0.4
		Glucoamylase	18±3	85±8	121±11	120±14	129±14
		Protease	0.0±0.0	0.2±0.0	0.7±0.0	0.9±0.0	0.9±0.0
	White koji	α -Amylase	0.4±0.0	9.3±0.0	15.0±0.0	16.8±0.1	22.6±0.1
		Glucoamylase	18±1	70±7	97±5	106±11	128±9
		Protease	0.0±0.0	0.2±0.0	0.3±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0

¹⁾ Koji mixed sweet potato paste with soybean powder by a ration of 50:50, and cultured with *Asp. oryzae* KCCM 11372 or *Asp. kawachii* KCCM 32819 at 35°C for 72 hr, ²⁾ Yellow koji: *Aspergillus oryzae* KCCM 11372, ³⁾ White koji: *Aspergillus kawachii* KCCM 32819,

⁴⁾ Values are mean±S.D.

unit/g을 각각 나타내었다. 신황미와 신자미 국의 α -amylase 효소활성은 대부분 배양 48시간째에 최대에 도달하거나 그 이후 약간 증가하는 경향을 보였으며, 백국균보다 황국균을 접종하여 제조한 신황미 국과 신자미 국에서 다소 높은 효소 활성을 나타내었다. 신자미 백국은 32.3~35.3 unit/g을 나타낸 다른 국에 비해 낮은 α -amylase 활성을 나타내었고, 배양 72시간째에도 α -amylase 효소활성이 22.6 unit/g으로 신황미 백국에 비해 현저하게 낮았다. Glucoamylase 효소활성은 배양 48시간 이후에도 서서히 증가하는 경향이었으며, 신황미 황국이 배양 72시간째에 다른 국에 비해 높은 효소활성을 나타내었다. Protease 효소활성은 배양 60시간째에 최대 활성을 나타내었고, 신황미 황국과 신자미 황국에서 각각 1.2 unit/g과 0.9 unit/g, 신황미 백국과 신자미 백국에서 모두 0.4 unit/g을 나타내어 고구마 백국보다 고구마 황국에서 효소 활성이 높았다. 이상의 결과로부터 3종류 효소의 활성을 고려하여 48시간 배양한 신황미 및 신자미 황국을 고구마 된장 담금용 국으로 사용하였다. 또한 고구마 백국 제조시 오염 빈도가 매우 높아 대량 제조에 어려움이 있었기에 고구마 된장 제조 실험은 황국을 사용하여 수행하였다.

3. 고구마 된장의 제조

고구마 황국과 증자대두의 혼합비율에 따른 고구마 된장의 제조특성을 관찰하였다. 즉, 신황미와 신자미 황국을 각각 20, 45% 첨가하고 증자대두와 소금을 배합한 다음, 60일간

발효·숙성하여 고구마 된장을 제조하였다. 발효·숙성 기간에 따라 효소활성, 산도, 아미노태 질소의 변화를 측정하였고, 발효·숙성 60일째의 고구마 된장의 아미노산, 폴리페놀, β -카로틴, 안토시아닌 함량과 DPPH 라디칼 소거활성을 측정하였다.

1) 효소활성의 변화

발효숙성 기간 중 효소활성의 변화를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 신황미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신황미 된장의 α -amylase 효소활성은 60일간 발효숙성 시 84 unit/g과 85 unit/g, glucoamylase 효소활성은 128 unit/g과 147 unit/g, protease 효소활성은 1.2 unit/g과 1.6 unit/g을 각각 나타내었다. 또한 신자미 황국을 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신자미 된장의 α -amylase 효소활성은 84 unit/g과 84 unit/g, glucoamylase는 89 unit/g과 105 unit/g을, protease는 1.5 unit/g과 1.7 unit/g을 각각 나타내었다. α -Amylase 효소활성은 숙성 초기에는 고구마의 품종과 국의 혼합비율에 따라 차이가 있었으나, 숙성이 경과됨에 따라 증가하여 같은 수준의 효소 활성을 나타내었다. 한편, glucoamylase 효소활성은 숙성 초기에는 높은 값을 나타내었으나, 숙성이 경과됨에 따라 지속적으로 감소하는 경향이었고, 신자미 된장에서 효소활성이 빠르게 감소하였다. 특히 신자미 황국 20% 혼합구에서 glucoamylase 효소활성이 가장 낮았으며, 고구마 황국의 첨가량이 많은 45% 첨가구에서 높은 효소활성을 나타내었다. Protease

Table 2. Change of enzyme activities during the fermentation of sweet potato doenjang¹⁾

Koji	Kinds of enzyme	Enzyme activity(unit/g)					
		Fermentation time(days)					
		0	15	30	45	60	
Sinwhangmi	Yellow koji 20% ²⁾	α -Amylase	51±1.9 ³⁾	72±3.3	82±4.2	85±2.8	84±5.1
		Glucosylase	302±19	285±17	206±15	126±13	128±15
		Protease	0.4±0.0	0.6±0.0	1.0±0.0	1.1±0.1	1.2±0.2
	Yellow koji 45%	α -Amylase	64±2.5	80±3.7	81±3.4	84±4.8	85±6.5
		Glucosylase	316±8.3	275±9.1	202±8.4	133±6.7	147±7.4
		Protease	0.4±0.0	0.6±0.0	0.9±0.0	1.3±0.1	1.6±0.2
Sinjami	Yellow koji 20%	α -Amylase	46±1.4	73±2.4	81±3.3	85±4.0	84±3.2
		Glucosylase	216±16	188±13	154±17	103±12	89±11
		Protease	0.3±0.0	0.5±0.0	1.2±0.1	1.3±0.1	1.5±0.2
	Yellow koji 45%	α -Amylase	73±1.1	81±1.0	82±2.1	85±3.2	84±4.4
		Glucosylase	308±18	284 ±10	209±14	106±11	105±5
		Protease	0.5±0.0	0.7±0.0	1.3±0.0	1.4±0.2	1.7±0.1

¹⁾ Sweet potato doenjang was mixed sweet potato paste(20%, 45%), steamed soybean(70%, 45%), and salt 10% and fermented at 25°C for 60 days, ²⁾ Yellow koji: *Aspergillus oryzae* KCCM 11372, ³⁾ Values are mean±S.D.

효소활성은 숙성이 경과함에 따라 증가하는 경향이었고, 고구마 품종 간의 차이는 거의 없었다. 이상의 결과는 저염 된장 제조시 α -amylase 효소활성이 숙성이 경과됨에 따라 약간 감소하는 경향을 나타내었으며, protease 효소활성은 숙성 초기 완만한 증가를 보이다가 2~3주 후부터 큰 변화가 없었고, 숙성 7~10주 후 다시 증가, 최대 활성을 나타내다가 숙성 13주 이후에 약간 낮아지는 경향을 나타냈다는 Mok 등(2005)의 보고와 유사하였다. 또한 *Bacillus subtilis*를 접종하여 만든 메주로 사용하여 제조한 전통 된장의 숙성시 숙성 경과에 따라 protease 활성이 지속적으로 증가하고 60일에 가장 높은 7.75 unit/ml를 나타내었다는 Rhee 등(2008)의 보고와도 유사한 결

과를 나타내었다.

2) 일반성분의 변화

발효숙성 기간 중 산도와 환원당의 변화를 측정하여 Table 3에 나타내었다. 신허미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신허미 된장의 산도는 숙성 30일째 1.8~1.9%에 도달하였고, 그 이후에는 변화하지 않았다. 신자미 된장의 산도도 숙성 30일째에 1.7~1.8%에 도달하였고, 그 이후에는 변화하지 않았다. 환원당은 신허미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신허미 된장에서 숙성 경과에 따라 지속적으로 증가하여 숙성 60일째에 1.34%와 1.43%를, 신자미 황국으로 제조한 신자미

Table 3. Change of acidity and reducing sugar during the fermentation of sweet potato doenjang

			Fermentation time(days)				
			0	15	30	45	60
Sinwhangmi yellow koji ¹⁾	20%	Acidity ²⁾	0.5±0.0 ⁴⁾⁵⁾	0.8±0.1 ^b	1.9±0.2 ^c	1.9±0.1 ^c	1.9±0.0 ^c
		Reducing sugar ³⁾	0.4±0.0 ^a	0.7±0.1 ^b	0.7±0.1 ^b	1.1±0.0 ^c	1.3±0.2 ^c
	45%	Acidity	0.4±0.0 ^a	0.6±0.0 ^b	1.8±0.0 ^c	1.9±0.1 ^c	1.9±0.2 ^c
		Reducing sugar	0.3±0.0 ^a	0.6±0.0 ^b	0.7±0.0 ^c	1.1±0.0 ^d	1.4±0.1 ^e
Sinjami yellow koji	20%	Acidity	0.4±0.0 ^a	0.8±0.0 ^b	1.8±0.2 ^c	1.7±0.1 ^c	1.7±0.0 ^c
		Reducing sugar	0.3±0.0 ^a	0.6±0.0 ^b	0.6±0.0 ^b	0.7±0.0 ^c	0.9±0.0 ^d
	45%	Acidity	0.4±0.0 ^a	0.9±0.0 ^b	1.7±0.1 ^c	1.7±0.0 ^c	1.7±0.1 ^c
		Reducing sugar	0.3±0.0 ^a	0.7±0.0 ^b	0.7±0.0 ^b	1.1±0.0 ^c	1.4±0.1 ^d

¹⁾ Yellow koji: *Aspergillus oryzae* KCCM 11372, ^{2,3)} %, ⁴⁾ Values are mean±S.D.,

⁵⁾ Mean values within same column followed by the different letters are significantly different($p<0.05$).

된장은 0.94%와 1.40%를 각각 나타내었다. 된장의 산도는 발효가 진행됨에 따라 점차적으로 증가하며, 환원당은 발효초기 빠르게 증가하나 발효 20일부터 큰 변화를 나타내지 않았고, 발효 45일 이후에는 점차 감소하였다는 Rho 등(2008)의 보고와는 다른 숙성 경향을 나타내었다. 환원당의 지속적인 증가는 다량 첨가된 고구마 중의 전분이 국에 함유된 당화효소에 의해 서서히 분해되어 환원당이 생성되는 것에 기인하는 것으로 사료된다.

3) 아미노태 질소 함량의 변화

발효숙성 기간 중 아미노태 질소 함량을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다.

신황미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신황미 된장의 아미노태 질소 함량은 숙성 60일째에 131 mg%에서 313 mg%, 182 mg%에서 320 mg%로 각각 증가하였고, 신자미 황국으로 제조한 신자미 된장의 아미노태 질소 함량은 138 mg%에서 262 mg%, 164 mg%에서 295 mg%로 각각 증가하였다. 신황미 황국 20%와 45%를 혼합한 신황미 된장 모두에서 숙성 15일 이후부터 유사한 아미노태 질소 함량을 나타내었으나, 신자미 된장에서는 45% 혼합구가 20% 혼합구보다 아미노태 질소 함량이 높았고, 신황미 된장보다 낮은 아미노태 질소 함량을 나타내었다. 이러한 아미노태 질소는 된장의 정미성분으로 된장의 발효기간에 따라 지속적으로 증가하는 된장의 숙성도를 평가하는 척도로서, 국내에서 생산되는 대두 된장은 250~430 mg%의 아미노태 질소 함량을 갖는다(Rho 등 2008). 본 연구에서 제조된 고구마 된장의 아미노태 질소 함량은 262~320 mg%로 품질 기준을 만족시키고 있으나, 함량이 적은 편이었다.

4) 아미노산 함량

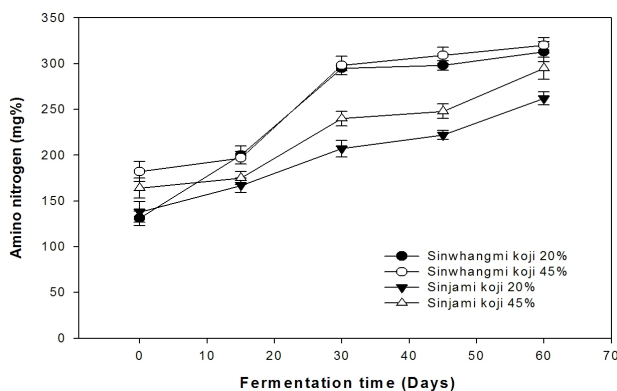


Fig. 1. The change of amino nitrogen content during the fermentation of sweet potato doenjang. Values are mean±S.D.

숙성 60일째 고구마 된장 중의 아미노산 함량을 측정하여 Table 4에 나타내었다. 총 아미노산 함량은 신황미 황국 20% 혼합구에서 404.47 mg, 신황미 황국 45% 혼합구에서 509.70 mg, 신자미 황국 20% 혼합구에서 437.85 mg, 신자미 황국 20% 혼합구에서 461.49 mg이었으며, 대조구(H사 재래식된장)의 409.86 mg/100 g과 거의 같거나 약 26~100 mg 더 많았다. 신황미 황국 20% 혼합구의 총 아미노산 함량이 가장 낮았고, 신황미 황국 45% 혼합구에서 가장 높았다. 아미노산 중에서는 글루탐산이 57.44, 90.98, 61.15, 80.17 mg/100 g, 히스티딘이 19.31, 21.01, 17.76, 18.35 mg/100 g, 세린이 26.74, 36.13, 34.34, 34.98 mg/100 g, 쓰레오닌이 17.11, 13.09, 5.97, 5.81 mg/100 g 각각 함유되어 대조구보다 많은 양을 함유하고 있었으나, 티로신, 알라닌, 프롤린 등은 대조구보다 적은 양을 함유하고 있었다. 혈압강화 가능성을 갖는 GABA의 함량은 4.87, 4.82, 15.52, 17.73 mg/100 g으로 대조구 18.41 mg보다 적었으며, 특히 신황미 된장에서 현저하게 적었다. 고구마 된장에는 GABA의 전구물질인 글루탐산이 상당량 함유되어 있으므로 된장 담금시 GABA 생성 유산균을 첨가해 숙성하게 되면 GABA 함량을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. The content of free amino acids in Sinwhangmi and Sinjami doenjang

	General traditional doenjang ¹⁾	Free amino acid content(mg/100 g)			
		Sinwhangmi yellow koji		Sinjami yellow koji	
		20%	45%	20%	45%
GABA	18.41	4.87	4.82	15.52	17.73
Aspartic acid	21.06	23.90	32.23	29.72	29.82
Glutamic acid	37.49	57.44	90.98	61.15	80.17
Histidine	3.65	19.31	21.01	17.76	18.35
Arginine	31.68	34.36	44.96	35.25	37.72
Serine	17.58	26.74	36.13	34.34	34.98
Threonine	1.88	17.11	13.09	5.97	5.81
Phenylalanine	43.46	45.95	47.12	48.27	43.30
Tyrosine	24.91	14.07	19.27	18.50	22.30
Glycine	11.32	13.06	18.42	13.25	14.59
Alanine	39.17	20.94	31.23	26.90	28.30
Proline	48.68	25.34	39.99	22.92	25.39
Valine	4.62	6.70	7.89	5.24	6.89
Leucine	31.68	26.20	28.87	28.42	27.01
Isoleucine	46.58	39.79	41.78	42.80	38.39
Methionine	27.69	28.69	31.91	31.84	30.74
Total amino acid	409.86	404.47	509.70	437.85	461.49

¹⁾ Product of H company.

4. 고구마 된장의 항산화활성

신황미 된장과 신자미 된장의 DPPH 라디칼 소거활성 및 총 폴리페놀, 베타카로틴, 안토시아닌 등의 함량을 측정하였으며, 그 결과는 Table 5 및 Fig. 2와 같다.

신황미 황국 20% 혼합구에서 DPPH 라디칼 소거활성(EC_{50})은 숙성 15일째에 17.0 mg에서 6.7 mg으로 낮아졌고 그 이후에는 거의 변화가 없었으며, 신황미 황국 45% 혼합구에서는 숙성 15일째에 16.0 mg에서 4.5 mg으로 낮아졌고, 숙성 60일째에는 2.8 mg으로 더 낮아졌다. 신자미 황국 20% 혼합구에서 DPPH 라디칼 소거활성(EC_{50})은 숙성 15일째에 3.0 mg에서 2.6 mg으로 낮아졌고 숙성 60일째에 2.4 mg으로 낮아졌으나 변화가 적었으며, 신자미 황국 45% 혼합구에서는 숙성 15일째에 2.0 mg에서 1.6 mg으로, 60일째에 0.9 mg으로 더 낮아져 가장 강한 DPPH 라디칼 소거활성을 나타냈다. 신자미 된장의 항산화활성이 신황미 된장의 활성보다 높았고, 신황미 된장의 경우 숙성에 의해 항산화활성이 크게 증가하는 경향을 보였으며, 신자미 된장의 경우에도 숙성 0일째에도 항산화활성이 높았으나, 숙성에 의해 활성이 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

신황미 황국 20% 혼합구에서 총 폴리페놀 함량은 숙성 0일째에는 64 mg%이었으나 숙성 15일째에 106 mg%로 증가하여 30일째 137 mg%에 도달하였고, 그 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 신황미 황국 45% 혼합구에서도 숙성 0일째에는 70 mg%이었으나 15일째에 128 mg%로 증가하여 30일째 159 mg%에 도달하였으며, 그 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 한편, 신자미 황국 20% 혼합구에서 총 페놀 함량은 숙성 0일째에 71 mg%이었으나, 숙성 15일째에 127 mg%, 30일째에 156

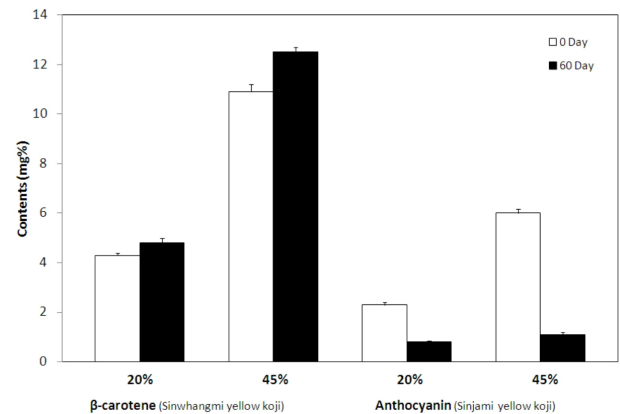


Fig. 2. The contents of β -carotene and anthocyanin of sweet potato doenjang. Values are mean \pm S.D.

mg%까지 증가하였고, 그 이후로는 감소하는 경향을 보였다. 신자미 황국 45% 혼합구에서도 총 페놀 함량은 숙성 0일째에 105 mg%이었으나, 숙성 15일째에 164 mg%, 30일째에 196 mg%까지 크게 증가하였다. 고구마 된장 모든 구에서 숙성 30일째에 최고 함량에 도달하고 그 이후에는 감소하는 경향을 보였다. 시판 된장의 총 폴리페놀 함량은 93~158 mg/100 g으로(Lee 등 2009) 고구마 된장의 폴리페놀 함량은 비교적 많았다. 한편, 신황미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신황미 된장의 β -카로틴 함량은 숙성 0일째와 60일째에 각각 4.3 mg%와 4.8 mg%, 10.9 mg%와 12.5 mg%로 약간 증가하는 경향을 보여 발효숙성 중에 분해되지 않음을 알 수 있었다. 신자미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 신자미 된장의 안토시아닌 함량은 각각 2.3 mg%와 0.8 mg%, 6.0 mg%와 1.1 mg%로

Table 5. Change of DPPH radical scavenging activity and polyphenol content during the fermentation of sweet potato doenjang

			Fermentation time(days)				
			0	15	30	45	60
Sinwhangmi yellow koji ¹⁾	20%	DPPH radical	17.0 \pm 0.2 ^{a2)}	6.7 \pm 0.1 ^b	6.5 \pm 0.1 ^c	7.0 \pm 0.1 ^d	6.7 \pm 0.2 ^{bc}
		Polyphenol	64 \pm 4 ^a	106 \pm 6 ^b	137 \pm 13 ^b	112 \pm 9 ^b	112 \pm 8 ^b
	45%	DPPH radical	16.0 \pm 0.1 ^a	4.5 \pm 0.2 ^b	4.7 \pm 0.3 ^b	4.5 \pm 0.1 ^b	2.8 \pm 0.1 ^c
		Polyphenol	70 \pm 6 ^a	128 \pm 16 ^b	159 \pm 19 ^b	130 \pm 13 ^b	134 \pm 17 ^b
Sinjami yellow koji	20%	DPPH radical	3.0 \pm 0.1 ^a	2.6 \pm 0.0 ^b	2.6 \pm 0.2 ^b	2.3 \pm 0.0 ^c	2.4 \pm 0.0 ^{bc}
		Polyphenol	71 \pm 4 ^a	127 \pm 21 ^b	156 \pm 15 ^b	140 \pm 15 ^b	146 \pm 8 ^b
	45%	DPPH radical	2.0 \pm 0.0 ^a	1.6 \pm 0.2 ^b	1.6 \pm 0.0 ^b	1.5 \pm 0.1 ^b	0.9 \pm 0.0 ^c
		Polyphenol	105 \pm 11 ^a	164 \pm 17 ^b	196 \pm 20 ^b	194 \pm 15 ^b	179 \pm 10 ^b
General traditional deonjang ³⁾	DPPH radical ⁴⁾			3.2 \pm 0.2 ⁶⁾			
	Polyphenol ⁵⁾			153 \pm 13			

¹⁾ Yellow koji: *Aspergillus oryzae* KCCM 11372, ²⁾ Mean values within same column followed by the different letters are significantly different($p < 0.05$),

³⁾ Product of H company, ⁴⁾ EC_{50} : mg, ⁵⁾ mg%, ⁶⁾ Values are mean \pm S.D.

크게 감소해 발효숙성 중에 쉽게 분해됨을 알 수 있었다.

Teow 등(2007)은 자색고구마의 안토시아닌 성분이 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 나타내는 것으로 보고하였으며, 본 연구에 있어서도 안토시아닌을 함유하고 있는 신자미 된장이 신황미 된장보다 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 나타냈다. 그러나 숙성 60일째에 안토시아닌 함량이 크게 감소했음에도 불구하고 신자미 된장에서 높은 항산화활성을 나타낸 것은 된장의 발효·숙성 중에 생성되는 안토시아닌 분해산물, 폴리페놀 성분 이외에 다른 항산화물질에 기인한 것으로 사료된다. 특히 신황미 된장에서도 숙성이 진행됨에 따라 항산화활성이 높아진 결과는 폴리페놀 성분 이외에 다른 항산화물질이 발효숙성 중에 생성되고 있음을 시사하고 있다. Kwon 등(2004)은 된장의 지용성 및 수용성 추출물은 숙성기간이 길어질수록 항산화 효과가 점진적으로 증가하며, Kim 등(1994)과 Cheigh 등(1990)에 의하면 된장의 항산화효과는 대두 중에 함유된 토크페롤과 유리 페놀산, 숙성과정 중 원료인 콩과 곡류 등의 분해에 의해 생성된 여러 아미노산 및 페놀화합물 등에 기인한다.

5. 관능평가

고구마 된장의 짠맛, 단맛, 감칠맛, 기호도에 관한 관능 평가를 실시하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다.

신황미 황국 20%와 45%, 신자미 황국 20%와 45%를 혼합하여 제조한 고구마 된장의 짠맛은 3.8, 3.8, 3.4, 3.6, 단맛은 3.3, 4.0, 2.6, 3.4, 감칠맛은 3.5, 3.8, 2.6, 3.1, 기호도는 3.2, 4.2, 2.6, 3.2를 각각 나타냈다. 즉, 짠맛은 거의 비슷하였고, 단맛, 감칠맛, 기호도는 신황미 황국 45% 혼합구에서 가장 높았다. 신자미 특유의 쓴맛에 의해 신자미 된장은 비교적 낮은 관능성을 나타낸 것으로 판단된다.

요 약

고구마의 새로운 이용방법으로 고구마의 기능성을 활용한

Table 6. Sensory evaluation of sweet potato doenjang

	Sinwhangmi yellow koji		Sinjami yellow koji	
	20%	45%	20%	45%
Saltiness	3.8(±0.8) ^{1,2)a}	3.8(±0.6) ^a	3.4(±0.4) ^a	3.6(±0.5) ^a
Sweetness	3.3(±0.4) ^a	4.0(±0.4) ^a	2.6(±0.6) ^b	3.4(±0.4) ^{ab}
Attactive	3.5(±0.2) ^a	3.8(±0.3) ^b	2.6(±0.7) ^{ac}	3.1(±0.4) ^{abc}
Taste	3.2(±0.3) ^a	4.2(±0.5) ^{bc}	2.6(±0.7) ^a	3.2(±0.5) ^{abc}

¹⁾ Values are mean±S.D.,

²⁾ Mean values within same column followed by the different letters are significantly different($p < 0.05$).

고구마 된장을 제조하였다. 고구마 페이스트와 대두분말을 1:1로 혼합하여 펠릿을 제조한 다음 황국균을 접종, 배양하여 효소활성이 높은 고구마 황국을 제조하였고, 제조한 신황미와 신자미 황국(20, 45%)에 증자대두와 식염 10%를 혼합, 60일간 발효·숙성하여 저염 고구마 된장을 제조하였다. 고구마 된장에는 감칠맛 성분인 글루탐산이 일반된장보다 많은 양 함유되어 있었고 숙성에 의해 항산화활성이 증가하였으며, DPPH 라디칼 소거활성(EC₅₀)은 신자미 황국을 45% 혼합한 신자미 된장에서 0.9 mg으로 가장 높았다. 관능평가에서 신황미 황국을 45% 혼합한 신황미 된장의 선호도가 가장 좋았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지역특화작목 산학연협력사업의 지원에 의해 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Almeida LB, Penteado MVC. 1988. Carotenoids and pro-vitamin A value of white fleshed Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.). *J Food Comps Anal* 4:341-352
- Baum G, Simcha LY, Fridmann Y, Arazi T, Katsnelson H, Zik M. 1996. Calmodulin binding to glutamate decarboxylase is required for regulation and GABA metabolism and normal development in plants. *EMBO J* 15:2988-2996
- Blios MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cheight HS, Park KS, Moon GS, Park KY. 1990. Antioxidative characteristics of fermented soybean paste and its extracts on the lipid oxidation. *J Korean Soc Food Nutr* 19:163-167
- Cho YJ, Kim HA, Bang MA, Oh YB, Jeong BC, Moon YH, Jeong WJ. 2003. Protective effect of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) on hepatotoxicity rats induced by carbon tetrachloride. *Korean J Food Culture* 18:202-210
- Jang SM. 2009. The quality and potential of DHEA formation after the addition of diosgenin of yam(*Dioscorea* spp.) during the fermentation of soybean paste. *Korean J Food & Nutr* 22:449-455
- Kim HJ. 2002. Brown color characteristics and antioxidizing activity of doenjang extracts. *J Kor Food Cookery Sic* 18:644-654
- Kim JS, Heu MS. 2004. Effects of cultured oyster powder on food quality of soybean pastes. *J Korean Soc Appl Biol*

- Chem* 47:208-215
- Kim MH, Im SS, Yoo YB, Kim GH, Lee JH. 1994. Antioxidative materials in domestic meju and doenjang, 4. separation of phenolic compound and their antioxidative activity. *J Korean Soc Food Nutr* 23:792-798
- Kim MJ. 1990. Studies on the changes of states compounds during soy paste fermentation. *J Kor Chem Soc* 6:1-8
- Kim SJ, Rhim JW, Jung ST. 1997. Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. *Korean J Food Sci Technol* 29: 218-222
- Kwon SH, Shon MY. 2004. Antioxidant and anticarcinogenic effects of traditional doenjang during maturation periods. *Korean J Food Preserv* 11:461-467
- Lee HH, Kang SG, Rhim JW. 1999. Characteristics of antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 31:1090-1095
- Lee HT, Kim JH, Lee SS. 2009. Comparison of biological activity between soybean pastes adding sword bean and general soybean pastes. *J Fd Hyg Safety* 24:94-101
- Lee HT, Lee MJ, Lee SS. 2009. Physicochemical characteristics of soybean pastes containing sword bean. *Food Engineering Progress* 13:176-182
- Lee JM, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J AOAC Int* 88:1269-1278
- Lee JS, Ahn YS, Chung MN, Kim HS. 2007. Biological activity of varieties, isolation and purification of antioxidants components in sweet potato. *Korean J Breed Sci* 39:296-301
- Lim SY. 2004. Inhibitory effect of methanol extract of doenjang on growth and DNA synthesis of human cancer cells. *J Kor Chem Soc* 33:936-940
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31:426-431
- Mok CK, Song KT, Lee JY, Park YS, Lim SB. 2005. Changes in microorganisms and enzyme activity of low salt soybean paste(doenjang) during fermentation. *Food Engineering Progress* 9:112-117
- Park JS, Bae JO, Choi GH, Chung BW, Choi DS. 2011. Antimutagenicity of Korean sweet potato(*Ipomoea batatas* L.) cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:37-46
- Park JS, Chung BW, Bae JO, Lee JH, Jung MY, Choi DS. 2010. Effects of sweet potato cultivars and koji types on general properties and volatile flavor compounds in sweet potato soju. *Korean J Food Sci Technol* 42:468-474
- Peto R, Coll R, Buckey JD, Sporn MB. 1984. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates? *Nature* 290:201-208
- Rhee CH, Kim WC, Rhee IK, Park HD. 2008. Effects of inoculation of *Bacillus subtilis* cells on the fermentation of korea traditional soy paste. *J Kor Chem Soc* 15:598-605
- Rho JD, Choi SY, Lee SJ. 2008. Quality characteristics of soybean pastes prepared using different type of microorganism and mixing ratios. *J Kor Food Cookery Sci* 24:243-250
- Slinkard K, Singleton VL. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 28:49-55
- Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J Crop Sci* 50(s):141-146
- Teow CC, Truong VD, McFeeters RF, Thompson RL, Pecota KV, Yenco GC. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry* 103:829-838
- Yoshimoto M. 2001. New trends of processing and use of sweet potato in Japan. *Farming Japan* 35:22-28
- Ziska LH, Runion GB, Tomecek M, Prior SA, Torbet HA, Sicher R. 2009. An evaluation of cassava, sweet potato and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland. *Biomass Bioenergy* 33:1503-1508

접 수 : 2012년 7월 19일

최종수정 : 2012년 8월 17일

채 택 : 2012년 8월 20일