

한국산 재배종 감자의 기관, 품종, 부위, 중량별 Glycoalkaloid의 변화

Glycoalkaloid Content in Korean Cultivated Potato Plant and Tubers by Organ, Variety, Part and Weight

영남대학교 가정관리학과
강사 김정애
교수 小机信行
교수 한재숙

Dept. of Home Management, Yeungnam University
Lecturer : Kim, Joung Ae
Professor : Kozukue, Nobuyuki
Professor : Han, Jae Sook

● 목 차 ●

- | | |
|--------------|--------|
| I. 서론 | IV. 요약 |
| II. 재료 및 방법 | 참고문헌 |
| III. 결과 및 고찰 | |

<Abstract>

The concentration of potato(*Solanum tuberosum* L.) glycoalkaloids(PGA) (i.e., α -chaconine and α -solanine) in Korean cultivated potato plant, and in the different varieties, parts and weights of the potato tubers, were determined by high-performance liquid chromatography(HPLC). The highest concentrations of PGA in potato plants were found in the roots, followed by the stems and leaves. A large quantity of PGA existed in the periderm of 'Atlantic' potatoes, whereas 'Irish Cobbler' contained the lowest amount in five cultivated potato tubers. 'Irish Cobbler' potatoes were divided into three parts and the PGA content in each part was determined. It was found that both of the end parts of the potatoes contained higher PGA than the middle part. The PGA contents in four different sizes of potatoes increased toward the smaller size. The significantly high level of PGA was contained in the smallest size potato tubers, which have been used widely for Korean cooking.

주제어(Key Words): 한국산 재배종 감자(Korean cultivated potato), 감자 알카로이드(potato glycoalkaloid), 고속액체크로마토그래피(HPLC)

Corresponding Author: Han, Jae-sook, School of Human Ecology, Yeungnam University, 214-1, Dae-dong, Gyeongsan, 712-749, Korea
Tel: 82-53-810-2861 Fax: 82-53-816-0420 E-mail: jaesook@yumail.ac.kr

I. 서론

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 연간 2억 9천만 톤이 수확되고 있으며, 세계의 주요 농산물 중의 하나이다. 또한 재배와 운반이 용이하고 비교적 가격이 싸며 담백하여 싫증이 나지 않으므로 세계적으로 각종 요리의 소재로 이용되고 있다.

한편, 감자에 존재하는 스테로이드계 glycoalkaloid (이하 PGA로 명칭함)는 α -chaconine 및 α -solanine 과 이들의 이성체인 β , ν -chaconine 및 β , ν -solanine 이 잘 알려져 있다. 이 화합물들은 쓴맛이 있으며, 한번에 다량 섭취하면 구토, 복통, 설사와 가벼운 의식장애 등의 증상이 나타나며, 중추신경계의 기능저하에 의해 중증 또는 사망에 까지 이른다고 보고되고 있다 (Jadhav et al, 1975; Keeler et al, 1976, 1986; McMilan et al, 1979). 한국인의 1인당 평균 연간 감자 섭취량은 24.3kg(2001년도, 한국농림수산부 통계)으로 구미의 약 1/10정도이다. 또한 조리 시에는 거의 껍질을 벗겨 사용하므로 PGA에 관해서는 그다지 주의가 요구되지 않는다. 그러나 최근 식문화의 서양화, 식재료의 다양화, 외식산업의 발전에 따라 가공용 식재료로서 감자의 이용도(후라이드 포테이토, 포테이토칩, 매쉬드 포테이토 등)가 급격히 신장하고 있다. 따라서 감자에 함유되어 있는 PGA에 관해서도 다각도의 연구를 필요로 한다고 사료된다.

본 연구는 한국 내에서 재배되고 있는 감자의 PGA에 관한 기초 자료를 얻는 목적으로 먼저, 감자의 기관별, 품종별, 부위별 그리고 중량별 PGA 함량을 측정하여 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 기관별 PGA 함량

감자(Irish Cobbler) 모종은 2003년 4월 3일 경산시에서 구입하여 경산시내의 밭에 4월 5일 이식(移

植)하였다. 6월 23일 자란 감자로부터 잎, 줄기, 뿌리의 3부위를 채취하여 PGA 함량을 측정하였다.

2) 품종별 PGA 함량

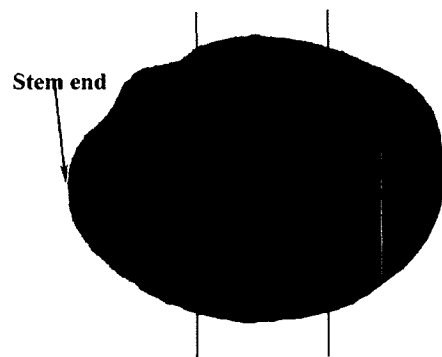
품종별 PGA 함량측정을 위하여 'Irish Cobbler', 'Shepody', 'Superior', 'Dejima', 'Atlantic'의 5품종을 2003년 4월 경기도 수원시 고령지 농업 시험장 작물 과로부터 제공받은 후, 크기가 유사(140-160g)하고 상처와 싹이 없는 것만을 선별하여 실험에 사용하였다.

3) 부위별 PGA 함량

부위별 PGA 함량 측정은 'Irish Cobbler' 만을 선정하여 사용하였다. 실험에 사용한 부위별 구분은 왼쪽에서 세로로 3등분하여 stem end측을 A, 중앙부를 B, stem end 반대 측을 C로 하였다(Fig. 1).

4) 중량별 PGA 함량

재료는 2003년 9월 대구지역의 시장에서 구입한 'Irish Cobbler'를 사용하였다. 감자의 중량이 $230 \pm 5g$ 을 Large(L), $170 \pm 5g$ 을 Medium(M), $90 \pm 5g$ 을 Small 1(S1), $50 \pm 5g$ 을 Small 2(S2)의 4종류로 나누고, 한국에서 감자조림 등의 요리재료로 이용하고 있는 $15 \pm 5g$ 의 극소 괴경을 Small 3(S3)로 하여 5종류를 시료로 하였다.



<Fig. 1> Sections divided for glycoalkaloid determination of the 'Irish Cobbler' potato tubers.

2. 실험방법

1) 시료조제

감자의 각 기관별, 품종별, 부위별, 중량별 PGA 함량을 측정하기 위한 시료의 조제는 다음과 같다. 감자의 기관별 시료는 감자 한 그루를 선택하여 잎, 줄기, 뿌리를 채취하여 각각 5g씩을 시료로 하였다. 부위별 시료는 Fig. 1에서와 같이 A, B, C의 3부위를, 품종 및 중량별 시료는 B부위만을 시료로 이용하였다.

감자로부터 PGA의 추출은 표면을 두께 2mm로 벗긴 외층부(peel)와 둥근 테가 있는 유관속부(環狀維管束部)의 내측인 수질부(cortex)로 나누었다. 얻어진 시료는 잘게 썰어 잘 섞은 후 외층부 5g, 수질부 10g을 추출시료로 하였다. 극소형 감자(S3)는 외층부와 수질부로 나누지 않고 잘게 썰어 잘 섞은 후 10g을 추출시료로 하였다.

2) PGA 추출

PGA의 추출법은 Kozukue와 Friedman의 방법(Kozukue et al, 1987, 1999; Friedman et al, 2003)과 같다. 각 시료와 추출용매(chloroform: methanol (2:1, v/v) 80ml)를 homogenizer에 넣고 10분간 마쇄한 후 여과지(Whatman No. 2) 2장을 겹쳐 흡인 여과하였다. 잔사에 같은 용매 100~150ml를 넣고 충분히 PGA를 추출한 후, 추출액을 40°C에서 5~10ml가 되도록 감압 농축하였다. 농축한 추출액에 0.2N염산을 넣어 용해시킨 후 12,000rpm으로 10분간 원심분리하였으며 같은 조작을 3회 반복하였다. 상등액을 삼각플라스크에 모아 암모니아수 30ml을 넣고 70°C에서 30분간 water bath에 넣어 방치한 후 냉장고에 하루 밤 방치하여 생성된 침전물을 10분간 12,000 rpm으로 원심분리하였다. 침전물은 1%의 암모니아로 충분히 세정하여 40°C에서 감압 건조하여 PGA를 추출하였다.

3) HPLC에 의한 PGA함량 측정

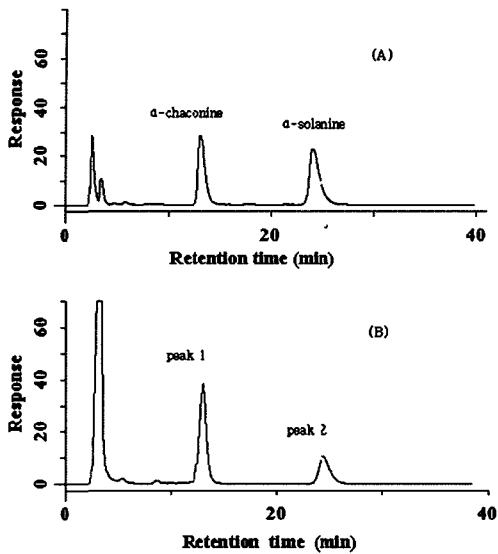
각 시료에서 얻은 건조 PGA에 용매(tetrahydrofuran: phosphate buffer: acetonitrile

(50:25:25, v/v))를 외층부에는 2ml, 수질부에는 1ml를 넣어 용해시킨 다음 원심분리(12,000rpm, 10분)하여 얻어진 상등액의 10~20 μ l를 직접 HPLC에 주입하였다. 사용한 HPLC기기는 Hitachi (model 635type)이고, 검출기는 Shimadzu(SPD-10Avp)을 사용하였으며 검출파장은 208nm로 설정하였다. 칼럼은 스텐레스관(4.0mmI.D. 25cm)에 Inertsil NH₂, 5 μ m(GL Science, Tokyo)를 충전한 칼럼을 사용하였다. 용리액은 acetonitrile : 20mM KH₂PO₄(80:20, v/v)을 이용, 유속 1ml/min, 칼럼온도는 column oven (SHIMADZU CTO-10Asvp)을 이용하여 20°C로 설정하였다. 감자의 각 부위로부터 추출한 PGA는 HPLC로 분석하였다. 검출된 크로마토그램의 피크의 동정은 Kozukue와 Friedman의 방법(Kozukue et al, 1999; Friedman et al, 2003)과 같다. 또한 정량은 표준 α -chaconine 및 α -solanine(Sigma사)의 피크 면적을 Hitachi사 integrator(Model 2500)로 구하고 각각의 검량선을 작성하여 시료 중의 PGA함량을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. PGA의 동정

표준 α -chaconine 및 α -solanine의 HPLC chromatogram은 <Fig. 2>와 같다. α -chaconine의 Rt는 13.6분, α -solanine은 24.8분이었다. 한편 감자의 각 부위로부터 PGA를 추출해 HPLC로 분석한 결과, 피크 1과 피크 2의 2개의 피크가 검출되었다. 표준물질의 Rt과 비교하여 이들을 α -chaconine 및 α -solanine으로 추정하였고 Kozukue와 Friedman의 방법(Kozukue et al, 1999; Friedman et al, 2003)에 의하여 동정하였다. 또한 같은 분석 조건하에 표준 α -chaconine 및 α -solanine의 검량선을 조사한 결과(Fig. 3) 1.7-22.8 μ g의 범위 내에서는 상관계수가 0.998로 양호한 결과를 나타내었다. 감자의 glycoalkaloid (PGA)의 분석법은 종래부터 여러 방법들이 보고 (Schreiber et al, 1963; Jellema et al, 1981, Osman et

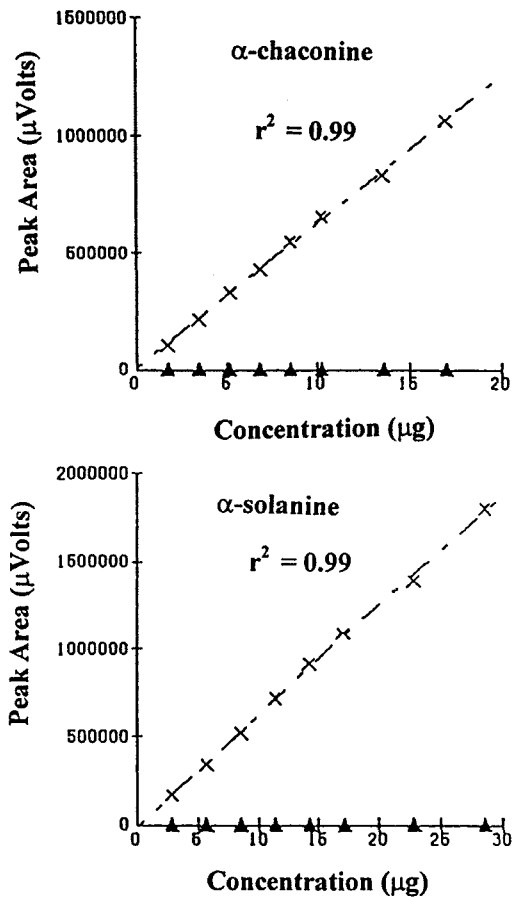


<Fig. 2> HPLC chromatograms of standard α -chaconine and α -solanine (A) and glycoalkaloids extracted from the periderms of 'Irish Cobbler'(B). Conditions: Column; Inertsil NH₂ (5'm, 4.0×250 mm), Mobile phase; acetonitrile: 20mM KH₂PO₄(80: 20, v/v), Detector; 208nm, Column temperature; 20°C. Flow rate; 1ml/min, Chart speed; 2.5mm/min, Sample size; 20 μ l.

al, 1978) 되었으나 분석조작 및 정량법에 문제가 있어 연구의 대상이 되고 있다. 본 실험에서는 HPLC를 사용하여 전술한 방법으로 PGA를 분석한 결과, α -chaconine 및 α -solanine이 30분 이내에 분리, 분석되는 것을 알았다. 그리하여 이 방법을 이용하여 한국산 감자의 PGA함량을 측정하였다.

2. 기관별 PGA함량

<Table 1>은 감자의 잎, 줄기 및 뿌리의 PGA함량을 나타낸 것이다. PGA의 함량이 가장 많은 부위는 뿌리로서 65.22mg/100g 이었고 다음은 줄기로서 21.09mg/100g 함유되었다. 이 결과는 Lampitt, Bushill, Rookie & Jackson(1943)과 Friedman & Dao (1992)의 결과와 일치하였다. 가장 적은 함량을 나타낸 잎은 뿌리와 약 10배의 차이를 보였다. 뿌리에 다량의 PGA가 존재하는 이유는 명백하지 않지만,



<Fig. 3> Calibration curve of authentic α -chaconine and α -solanine.

McKee(1959), Tarlakovskii(1981)과 Subrtova (1993) 등이 지적하고 있는 바와 같이 토양 중에는 *Fusarium ssp.*와 *Phytophthora infestans*을 포함하는 다수의 미

<Table 1> Glycoalkaloid contents in three parts of Dejima potato plants

Parts	(mg/100g.f.w. Mean±S.D)		
	α -chaconine	α -solanine	Total
Leaf	4.65±1.25 ^a	1.64±1.35	6.29
Stem	17.31±2.37	3.78±2.04	21.09
Root	30.95±0.98	34.27±1.32	65.22

^a Means of three samples in duplicate determinations

생물이 존재하여 뿌리를 포함한 기관들로 침투하는 것으로 알려져 있다. PGA는 이러한 미생물의 침투를 방어하는 phytoalexin으로서 뿌리를 외부로부터 보호하기 위하여 다량의 PGA를 생합성한다고 생각된다. 또한, 줄기와 잎에도 상당량의 PGA가 존재하지만 이것은 곤충, 미생물, 세균의 침투로부터 보호하기 위한 식물체 자기방어책으로 생각되어진다.

3. 품종별 PGA함량의 변화

현재, 한국 내에서 재배되고 있는 주요 감자 5품종 감자의 외층부 및 수질부에 함유되어 있는 PGA 함량을 실험한 결과는 <Table 2>와 같다. 외층부의 PGA함량은 식용 전용으로 재배되는 'Irish Cobbler'가 가장 함량이 적어 100g당 α -chaconine이 15.60mg, α -solanine이 9.02mg으로 총 PGA함량이 24.62mg이었다. 가장 많은 함량을 나타낸 것은 칩 가공용으로 재배되는 'Atlantic'으로 총 PGA함량은 124.62mg/ 100g으로 가장 함량이 적은 'Irish Cobbler'종의 약 5배 많았다. 한편, 수질부의 PGA함량은 실험에 사용한 5품종 모두 PGA가 검출되지 않았다. PGA함량은 품종에 따라 상당히 다른 것이 알려져 있다. Bushway & Barden (1980)은 미국에서 재배되고 있는 대표적 감자 5종류를 선택하여 HPLC로 감자 전체의 PGA함량을 분석한 결과, 가장 함량이 낮은 것은

<Table 2> Glycoalkaloid contents in five varieties of Korean cultivated potato tubers (mg/100g.f.w. Mean \pm S.D)

Potatoes	Parts	α -chaconine	α -solanine	Total
Irish Cobbler	Peel	15.60 \pm 2.16 ^a	9.02 \pm 1.84	24.62
	Cortex	n.d.	n.d.	
Shepody	Peel	46.26 \pm 2.10	21.57 \pm 0.49	67.83
	Cortex	n.d.	n.d.	
Superior	Peel	54.22 \pm 0.25	26.57 \pm 0.26	80.79
	Cortex	n.d.	n.d.	
Dejima	Peel	72.57 \pm 3.14	31.66 \pm 1.42	104.23
	Cortex	n.d.	n.d.	
Atlantic	Peel	82.92 \pm 3.14	41.70 \pm 1.94	124.62
	Cortex	n.d.	n.d.	

^a Means of three samples in duplicate determinations
n.d.=not detected

'Kennebec'종(6.02mg/100g)이고 가장 함량이 높은 품종은 'Lenape'종(35.33mg/100g)으로 'Kennebec'종의 약 5.8배나 높다고 보고하였다. 또 Lampitt, Bushill, Rookie & Jackson(1943)과 Mondy & Ponnampalam(1983)의 연구에서도 품종에 따라 PGA함량이 상당히 다른 것으로 보고 되었다. 수질부에서는 5품종 모두 PGA가 검출되지 않았다.

4. 부위별 PGA함량

감자를 3부분으로 절단하여(Fig. 1), 외층부와 수질부로 나누어 PGA함량을 측정된 결과는 <Table 3>과 같다. 모든 부위에서 외층부의 함량이 가장 많았고 수질부에서는 PGA가 검출되지 않았다. 한편, 부위별 함량은 stem end의 반대부분(C)이 가장 많아, α -chaconine과 α -solanine의 합계가 18.68mg/100g이었다. 다음으로 많은 것은 stem end 부분(A)이었고 가장 적은 것은 중앙부(B)였다. 감자의 부위별 PGA함량 차이에 관한 연구에서는 Lampitt, Bushill, Rookie & Jackson(1943)의 보고만이 있고 'King Edward'를 사용하여 각 부위별 PGA를 측정된 결과로서, 발아신장부(發芽伸長部)가 가장 많고, 다음이 외층부에 많은 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 한국에서 조리용소재로 널리 이용되는 'Irish Cobbler'를 이용하여, 괴경을 3부위로 나누어(Fig. 1), 각 부위별 PGA함량을 측정된 결과(Table 3), Lampitt, Bushill, Rookie & Jackson(1943)의 보고와

<Table 3> Glycoalkaloid contents in three portions of Irish Cobbler potato tubers (mg/100g.f.w. Mean \pm S.D)

Parts	α -chaconine	α -solanine	Total	
A	Peel	13.50 \pm 0.22a	4.48 \pm 0.26	17.98
	Cortex	n.d.	n.d.	
B	Peel	10.23 \pm 0.02	4.48 \pm 0.37	14.71
	Cortex	n.d.	n.d.	
C	Peel	13.73 \pm 0.40	4.95 \pm 0.46	18.68
	Cortex	n.d.	n.d.	

^a Means of three samples in duplicate determinations
n.d.=not detected
Portions are shown in Fig. 1.

거의 같은 결과를 얻었다. 즉 PGA는 세 부위 모두 외층부에 많이 존재하였고, stem end 쪽(A)과 그 반대쪽 부위(C)가 중앙부(B)보다 PGA함량이 많은 것을 알았다. A와 C부분에 PGA함량이 많은 것은 휴면기간이 지나 발아신장기간에 이 양쪽부위, 특히 C에서 발아가 시작되는 것과 관련이 있을 지도 모른다. 괴경의 부위와 PGA함량과의 상세한 관계에 관하여는 이후 연구를 계속 하고자 한다.

5. 중량별 PGA함량

한국산 감자를 크기에 따라 L, M, S1, S2의 4단계와, 한국에서 조리용으로서 이용 되고 있는 극소형 감자 S3의 PGA함량을 측정된 결과는 <Table 4>와 같다. <Table 4>에서 보는 바와 같이 중량이 적을수록 외층부의 PGA함량이 많았다. S2는 L과 비교하여 3배의 높은 함량을 보였으며, 특히 크기가 극히 작아서 감자 전체를 시료로 하여 측정된 S3는 감자 전체 100g 당 PGA함량이 12.36mg으로, 외층부와 수질부를 분리 측정된 다른 크기들에 비해 높은 함량을 나타내었다.

감자의 괴경의 크기별 PGA함량에 관한 보고는 많지 않고(Sinden & Webb, 1972; Wolf & Duggar, 1946)특히 국내에서의 보고는 전혀 없다. <Table 4>와 같이 감자 괴경이 소형일수록 PGA함량이 높았다. 이러한 결과는 대형감자는 충분히 숙성된 괴경

이며, 반대로 소형감자는 미숙한 괴경으로 생각되어 지므로 미숙한 감자일수록 PGA함량이 많다고 생각 되어진다. 한국요리의 대표적 감자요리 중의 하나로 극소괴경(15g 전후) 전체를 이용한 조림요리가 있다. 그러나 이 극소괴경에 함유된 PGA함량을 측정 한 결과는 지금까지 보고가 없으므로 시판되고 있는 극소 괴경의 PGA함량을 측정된 결과(Table 4), PGA함량이 매우 많으며, α -chaconine함량은 괴경 100g당 7.82mg, α -solanine이 4.54mg으로 총 PGA함량은 12.36mg이었다. 이 결과는 감자 괴경에 포함되어 있는 양으로는 매우 많은 것이다. 감자의 PGA와 식중독에 관련해 미국에서는 감자에 의한 식중독 방지의 관점에서 자체의 'Guide line' (안전기준치)을 정하였다. 이 기준치(20mg/100g이하)를 기준으로 계산하면, 극소괴경에서 약 160g, 개수로 10~11개에 해당하는 양을 먹으면 안전기준치에 도달한다. 한번에 다량(10~11개)을 섭취하는 것은 매우 드문 일이라고 생각되어지나, 식중독의 방지의 관점에서 이러한 것을 인지할 필요가 있다. 따라서 감자를 조리소재로서 이용하는 경우, 가능한 썩을 제거하고 외층부(외피에서 5mm이내)를 제거하는 것이 필요하다.

IV. 요약

한국산 재배종 감자를 사용하여 식물체의 기관별

<Table 4> Glycoalkaloid contents in Irish Cobbler potato tubers by five different sizes (mg/100g.f.w. Mean S.D)

Potato size	Average weight(g)	Parts	α -chaconine	α -solanine	Total
Large(L)	232.7	Peel	8.95±0.02a	3.97±0.37	12.92
		Cortex	n.d.	n.d.	
Medium(M)	173.3	Peel	9.65±1.13	4.55±0.20	14.20
		Cortex	n.d.	n.d.	
Small 1(S1)	91.7	Peel	10.73±0.21	4.53±0.15	15.26
		Cortex	n.d.	n.d.	
Small 2(S2)	49.5	Peel	25.35±1.96	13.18±1.05	38.53
		Cortex	n.d.	n.d.	
Small 3(S3)	15.1	Whole	7.82±1.31	4.54±0.84	12.36

^a Means of three samples in duplicate determinations
n.d.=not detected

(뿌리, 줄기, 잎) 및 품종별, 부위별, 크기별 glycoalkaloid를 HPLC로 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 감자의 기관별 PGA함량은 뿌리가 가장 많았고 다음은 줄기와 잎의 순이었다.

2. 한국산재배종 감자 5종의 PGA함량은 'Irish Cobbler' (24.62mg/100g)가 가장 적었고, 'Atlantic' (124.62mg/100g)이 가장 많았다.

3. Irish Cobbler'를 균일하게 3등분하여, 각각의 부위별 PGA함량을 측정된 결과는 양단부가 중앙부보다 더 많은 PGA를 함유하고 있었다.

4. 감자를 크기별로 4단계로 나누어 PGA함량을 측정된 결과, 적은 것일수록 PGA 함량이 많았다. 또한 한국에서 조림등의 요리용으로 이용하는 극소형 감자의 PGA함량은 100g당 12.36mg이나 함유되어 있었다.

■ 참고문헌

- Bushway, R. J. E. S. Barden, A. M. Wilson and A. A. Bushway. (1980). Analysis of potato glycoalkaloids by high-performance liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 45, 1088-1089.
- Friedman, M, J. N. Roitman and N. Kozukue. (2003). Glycoalkaloid and calystegine contents of eight potato cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 2964-2973.
- Friedman, M. & Dao, L. (1992). Distribution of glycoalkaloids in potato plants and commercial potato products. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 419-423.
- Jadhav, S. J. and D. K. Salunkhe. (1975). Formation and control of chlorophyll and glycoalkaloids in tubers of *Solanum tuberosum* L. and evaluation of glycoalkaloids toxicity. *Adv. Food Res.*, 21, 307-354.
- Jelleman, R., Elema, E. T., and Malingre, T. M. (1981). Fluoreodensitometric determination of potato glycoalkaloids on thin-layer chromatograms. *J. Chromatogr.*, 210, 121-129.
- Keeler, R. F., D. Brown, D. R. Douglas, G. F. Stallknecht and S. Young. (1976). Teratogenicity of the Solanum alkaloid solasodine and 'kennebec' potato sprouts in hamsters. *Bull. Env. Contam. Toxicology*, 15, 522-524
- Keeler, R. F. (1986). Teratology of steroidal alkaloids. In: S. W. Pelletier(ed.). *Chemical and biological perspectives*, 389-425. Wiley, New York.
- Kozukue, N., E. Kozukue and S. Mizuno. (1987). Glycoalkaloids in potato plant and tubers. *Hort Science*, 22, 294-296.
- Kozukue, N., S. Misoo, T. Yamada, O. Kamijima and M. Friedman. (1999). Inheritance of morphological characters and glycoalkaloids in potatoes of somatic hybrids between dihaploid *Solanum acaule* and tetraploid *Solanum tuberosum*. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 4478-4483.
- Lampitt, L. H., Bushill, J. H., Rooke, H. S. & Jackson, E. M. (1943). Solanine, glycoside of the potato. II. Distribution in the potato plant. *J. Soc. Chem. Ind.*, 62, 48-51.
- McMilan, M. and J. C. Thompson. (1979). An outbreak of suspected solanine poisoning. *Quart. J. Med.*, 190, 227-243.
- Mondy, N. I. and R. Ponnampalm. (1983). Determination of total glycoalkaloids(TGA)in dehydrated potatoes. *J. Food Sci.*, 48, 612-614.
- McKee, R. (1959). Factors affecting the toxicity of solanine and related alkaloids to *Fusarium caeruleum*. *J. Gen Microbiology*, 20, 686-696.
- Osman, S. F., Herb, S. F., Fitzpatrick, T. H., and Schmiediche, P. (1978). Glycoalkaloid composition of wild and cultivated tuber-bearing *Solanum* species of potential value in potato breeding programs. *J. Agric. Food Chem.*, 26, 1246-1248.
- Subrtov, D, A., Hejtmankova, Z. vankov and J. Hub cek. (1993). Changes in the content of volatile

- substances, solanine and starch caused by soft rot infection. *Potravin Vedy*, 11, 31-41.
- Sinden, S. L. and R. E. Webb. (1972). Effect of variety and location on the glycoalkaloid content of potatoes. *Am. Potato J.*, 49, 334-338.
- Schreiber, K., Aurich, O., and Osske, G. (1963), Solanum alkaloids. XVIII. Thin-layer chromatography of Solanum steroid alkaloids and steroid sapogenins. *J. Chromatogr*, 12, 63-69, 1963. [German]
- Tarлакovskii, S. A. (1981). Studies on sterol and sterol glycoalkaloids in potato leaves in relation to the problem of their field resistance to phytophthora infestans. *Vsesoiuznyi Nauingrand*, 59-66.
- Wolf, M. J. and B. M. Duggar. (1946). Estimation and physiological role of solanine in the potato. *J. Agric. Res.*, 73, 1-32.

(2003년 12월 27일 접수, 2004년 3월 22일 채택)