

감자의 가공제품 종류와 조리방법에 따른 Glycoalkaloid의 함량

김정애 · 小机信行 · 한재숙*
영남대학교 생활과학대학 가정관리학과

Glycoalkaloid content in potato tubers by various cooking methods and potato products

Joung-Ae Kim, Nobuyuki Kozukue, Jae-Sook Han*
Department of Home Management, Yeungnam University

Abstract

The potato tubers of *Solanum tuberosum* L. contain potato glycoalkaloids (PGA), a class of naturally occurring toxicants. The primary constituents of this class of compounds in potatoes are α -chaconine and α -solanine. The purpose of this study was to examine the effects of various cooking methods on the PGA contents in the common Korean potato Irish Cobbler variety and those in commercially produced potato products consumed in Korea. After cooking, most potatoes showed big decreases in their PGA contents compared to the uncooked samples, with the exception of baked potatoes, which maintained 90.86% of their PGA contents. The PGA levels in boiled and blanched potatoes were reduced by 91.68 and 84.17%, respectively. However, the levels in samples boiled in 1% salted water were only reduced by 52.10%. Potatoes fried and sautéed in oil had their PGA contents reduced to 49.42 and 49.51% of their original levels. The reductions in the relative PGA contents by cooking method were in the order boiling>blanching>boiling with 1% NaCl>steaming>sautéing>frying>microwaving>baking. The highest remaining PGA content of the potato products in Korea was in potato chips, at 69.57mg/100g, but made with imported potatoes.

Key Words: Potato glycoalkaloid, α -chaconine, α -solanine

1. 서 론

감자는 가지과 식물로서 저렴한 열량 공급원일 뿐만 아니라 우수한 단백질을 함유하고 있는 세계 4대 작물 중의 하나로서 중요한 식품이다. 그러나 감자에는 적은 양이지만 자연독의 일종인 glycoalkaloid가 함유되어 있다. 감자에 함유된 potato glycoalkaloid(이하 PGA로 명칭 함)의 대표적인 성분은 α -chaconine과 α -solanine으로 이들을 20mg/100g 이상 섭취할 때에는 구토, 복통, 설사와 가벼운 의식장애 등의 증상이 나타나며, 중추신경계의 기능저하에 의해 중증 또는 사망에 까지 이른다고 보고 되었고 그 함량이 많을 시에는 쓴맛의 원인이 된다¹⁻³⁾. 그러므로 맛뿐만 아니라 안전을 위해서 이들을 연구하는 것은 매우 중요한 일이라 하겠다. 최근 들어 감자 및 감자

가공품들이 다양하게 생산되어 이용되고 있으며 그에 따라 생감자에 함유된 glycoalkaloid에 관한 연구¹⁻¹¹⁾도 활발하게 진행이 되고 있다. 그러나 실제 일상생활에서 조리하여 섭취하게 되는 감자와 감자 가공품에 함유된 glycoalkaloid에 관한 연구^{5,8,10,11)}는 적으며 특히 감자의 여러 조리방법에 따른 glycoalkaloid 함량의 변화에 관해서는 극히 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 현재 국내에서 시판되고 있는 감자가공품들과 국내에서 생산되어 부식으로 이용되고 있는 대표적인 감자를 재료로 하여 다양한 조리를 행한 후 이들에 함유되어 있는 glycoalkaloid의 함량을 조사하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용한 감자는 2003년 4월 대구지역 시장에서 판매되는 ‘남작(Irish Cobbler)’ 품종이며, 크기는 150±5g의 것으로 상처와 싹이 없는 것만을 선별하여

Corresponding author: Han, Jae-sook, 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

실험하였다. 감자 가공품들은 대구 지역의 중, 대형 슈퍼마켓에서 판매되는 국내 유명 potato chip 4종류, 냉동 french fry용 감자 3종류, potato powder로 만든 과자 2종류와 수입 과자 1종류 그리고 유명 fast food점 2곳에서 판매되는 french fry를 구매하여 사용하였다.

2. 시료조제 및 조리방법

1) 감자의 부위별 PGA

먼저 감자의 부위에 따른 PGA의 함량을 조사하였다. 크기가 비슷한 감자를 각각 3개씩 취하여 감자의 stem end(줄기가 붙은 쪽 부위), middle(중간 부위), bud end(싹이 나는 부위) 3부위로 하여 일정한 간격으로 나누었다. 일반 가정에서 사용하는 peeler를 사용하여 껍질을 벗겨 외층부(peel, 두께 0.2±0.02cm)와 수질부(cortex)로 나눈 뒤, 각각 잘게 다져서 골고루 섞어 peel 10g, cortex 20g을 시료로 하였다.

2) 감자의 조리방법에 따른 PGA

조리방법에 따라 PGA 함량의 변화를 조사하기 위하여 감자의 stem end를 왼쪽으로 하여 세로로 중앙으로 부터 껍질 채 좌, 우 일정한 간격으로 절단하여, 중간 부위만을 취하여 조리하지 않은 control과 조리조작을 하는 부위로 나누었다. 조리방법은 예비 실험을 통하여 익은 정도가 적절한 때를 조리 시간으로 하여 Table 1과 같이 Blanching, Boiling, Boiling with 1% NaCl, Steaming의 4 종류의 습열 조리방법과 Baking,

Sauteing, Frying, Microwaving의 건열 조리방법 4 종류를 실시하였다. Control 감자는 잘게 다져서 골고루 섞은 뒤 10g씩을 취하고, 조리된 감자는 막자 사발에서 마쇄하여 골고루 혼합한 후 각각 10g을 분석 시료로 하였다.

3) 감자 가공제품의 PGA

12 종류의 감자 가공품들을 각각 막자사발에서 마쇄하여 골고루 혼합한 후 10g씩을 취하여 PGA 추출 시료로 하였다.

3. 실험방법

1) 감자 및 감자 가공제품의 PGA

감자 및 감자 가공제품에 대한 PGA 추출, 분리 및 정량은 HPLC에 의한 선행 연구⁴⁾에 따랐다. HPLC 분석 조건은 Table 2와 같다. 각 시료 10g에 chloroform:methanol(2:1, v/v) 80ml를 가하여 homogenizer로 분쇄 후 Whatman No. 2 여과지를 사용하여 Büchner funnel로서 흡인 여과하였다. 이를 감압 농축, 건조하여 0.2N HCl을 가하여 잘 녹인 후 원심분리(12,000rpm, 10min)하였다. 원심분리 후에 얻은 상등액에 암모니아 5ml를 넣고 80℃, water bath에서 90 분간 침전시킨 후, 하룻밤 냉장고에 방치하여 다시 원심분리한 후 침전물을 분리하였다. 분리된 침전물을 취하여 건조한 후 tetrahydrofuran: phosphate buffer: acetonitrile(50:25:25, v/v) 1ml로 용해시켜 20µl를 HPLC에 주입하였다. HPLC의 기기는 Hitachi, model 655A-11을 사용하

Table 1. Various cooking methods of potatoes

Cooking Method	
Blanching	Blanch in 400ml distilled water at 90℃ for 2 minutes.
Boiling	Boil in 400ml distilled water at 100℃ for 10 minutes.
Boiling in 1% NaCl	Boil in 400ml distilled water with 1% NaCl at 100℃ for 10 minutes.
Steaming	Steam on 400ml distilled water with steel steamer for 20 minutes.
Baking	Bake aluminium foil wrapped sample in 210℃ electric oven for 30 minutes.
Sauteing	Saute on 1 table spoon soybean oiled pan for 3 minutes.
Frying	Deep fry in 400ml soybean oil at 150℃ for 2 minutes.
Microwaving	Microwave plastic wrapped sample at high power for 5 minutes.

Table 2. Apparatus and conditions for analysis of glycoalkaloid by HPLC

Cooking Method	
Column	GL Science Inertsil NH ₂ (5µm, 4.0×250mm)
Pumps	Hitachi L-6000
Solvent	Acetonitrile : 20mM Phosphate buffer(80:20, v/v)
Detector	SHIMADZU SPD-10A
Injector	HITACHI 655A-40 Auto Sampler
Integrator	HITACHI D-2500
Column temperature	20℃(SHIMADZU Column oven CTO-10vp)
Flow rate	1ml/min
Injection Volume	20µl
Detection wavelength	UV: 208nm

였고, 검출기는 UV detector(Hitachi, Model-655A UV monitor)로 208nm로서 설정하였다. Column(4×250mm, stainless steel)은 Inertsil NH2 5 μ m를 충전하였다.

2) 감자와 감자 가공제품의 HPLC 크로마토그램

실험에 사용한 감자와 감자 가공품에서 추출한 PGA의 HPLC에 의한 Chromatogram은 Fig. 1과 같다. A는 표준 α -chaconine과 α -solanine의 peak이며, B는 potato chip, C는 조리된 감자의 peak로서 검출된 retention time이 A와 일치하는 것으로서 각각 α -chaconine과 α -solanine으로 동정하였다. 검출된 α -chaconine과 α -solanine의 정량은 α -chaconine이 α -solanine보다 많았으며 다른 연구들^{2,4)} 과도 일치하였다. 각 시료 중에 함유된 PGA의 양은 100g 중에 함

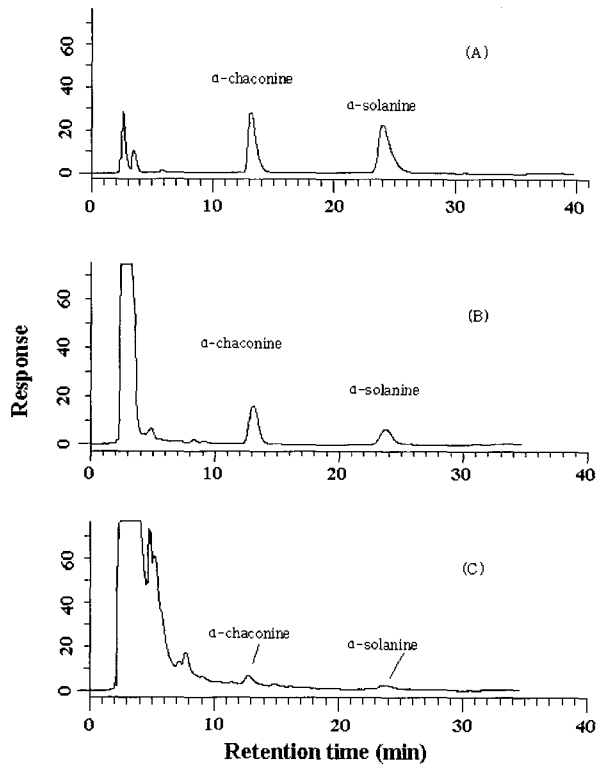


Fig. 1. HPLC chromatograms of standard α -chaconine and α -solanine(A), glycoalkaloid extracted from the commercial potato chips(B) and sauted potato(C).

유된 mg으로 환산하여 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 감자의 부위에 따른 Glycoalkaloid의 함량

감자를 3부위로 나누어 각 부위별 PGA 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 감자의 3부위에서는 모두 다른 PGA 함량을 나타내었다. 즉, Bud end쪽(C)의 PGA 함량이 가장 많고 다음으로 Stem end쪽(A)이었고 중간 부위의 함량이 가장 낮았다. 이상의 결과로 감자는 부위별로 다른 PGA 분포를 나타내는 것을 알았다. 이상의 결과를 바탕으로 조리방법에 따른 감자의 PGA 추출은 감자의 중간 부위를 취하여 시료로 하였다.

2. 조리방법에 따른 감자의 Glycoalkaloid 함량

습열 조리방법에 따른 PGA 함량을 정량, 비교한 결과는 Table 4와 같으며 건열 조리방법에 따른 PGA 함량은 Table 5와 같다. 조리 후의 모든 시료는 조리하지 않은 control에 비하여 커다란 감소를 나타내었다. Boiling한 감자는 91.68%의 가장 높은 감소율을 보였으며 이에 비해 baking한 감자는 9.14%의 가장 적은 감소율을 나타내었다. 또한 boiling한 감자에 비하여 1% NaCl을 첨가한 물에 boiling한 감자는 52.10%의 감소율을 보였다. 이러한 현상은 NaCl이 감자 세포막을 둘러싸고 있어 내부의 PGA의 용출이 다소 억제된 결과라 보며, boiling한 감자에 있어서 PGA의 높은 감소율은 물에서 끓는 동안 세포막이 파괴되어 많은 PGA가 용출된 것으로 생각된다. Frying한 감자와 sauteing한 감자는 각각 49.42%, 49.51% 감소되었다. 감자 튀김은 기름의 온도가 높을수록 PGA의 감소율이 높아졌다는 보고⁵⁾가 있으나 PGA는 기름 속에서

Table 3. Glycoalkaloid contents of potato tubers by parts (mg/100g.f.w. Mean \pm S.D)

Parts	α -chaconine	α -solanine	Total
Stem end	13.50 \pm 0.22	4.48 \pm 0.26	17.98
Middle	10.23 \pm 0.02	4.48 \pm 0.37	14.71
Bud end	13.73 \pm 0.40	4.95 \pm 0.46	18.68

^a Means of three samples in duplicate determinations

Table 4. Glycoalkaloid contents of potato cooked by moist heating methods (mg/100g.f.w. Mean \pm S.D)

Cooking Method	α -chaconine	α -solanine	Total	Remained ^a (reduced)%
Control	10.52 \pm 0.20	7.29 \pm 0.42	17.81	100(0.00)
Blanching	2.33 \pm 0.37	0.49 \pm 0.67	2.82	15.83(84.17)
Boiling	0.82 \pm 1.22	0.66 \pm 0.99	1.48	8.32(91.68)
Boiling in 1% NaCl	5.78 \pm 0.54	2.75 \pm 0.78	8.53	47.90(52.10)
Steaming	5.99 \pm 0.59	2.82 \pm 0.89	8.81	49.48(50.52)

^a Treated/control

^b Means of three samples in duplicate determinations

많이 용출되며 튀길 때의 높은 온도로 인한 수분 감소율이 PGA 함량에 영향을 미친 것으로 사료된다. Steaming은 50.52 %의 감소율로서 boiling에 비하여 낮은 감소율을 보였으며 이것은 물에 의한 PGA의 용출 뿐만 아니라 steaming이 다소 안정된 조리 방법이라고 추측된다. Microwaving은 40.82%의 감소율로서 Takagi 등⁵⁾의 연구에서의 15%와는 차이를 나타내었으며 baking한 감자는 9.14%의 낮은 감소율을 보였다. 조리 시 높은 온도로 물을 사용하지 않는 baking, microwaving이 boiling, blanching보다 낮은 감소율을 보인 것은 PGA가 온도의 영향을 받기보다 수용액의 영향을 받음을 알 수 있었다. 감자에는 PGA가 껍데기 가장 많이 함유되어 있으며 껍데기를 제거하더라도 껍질 부위에 많이 함유^{6,7)}되어 있기 때문에 감자의 조리과 감자를 이용하여 가공 제품을 제조 시에는 껍질 부위를 제거하는 것이 바람직하다. 그러나 감자의 껍질을 이용하여 조리를 하거나 감자 가공 식품을 제조할 때에는 감자를 찌기보다 삶는 것이 PGA의 함량을 낮출 수 있는 조리방법이라고 할 수 있겠다. 또한 일반적으로 감자를 소금물에 삶는 것이 맛을 향상시키는 방법이라면 PGA의 함량을 낮추기 위해서는 소금을 넣지 않고 삶는 것이 바람직하다고 하겠다.

3. 감자 가공제품의 PGA함량

국내외의 감자 가공제품 12종류의 PGA함량은 Table 6과 같다.

수입 감자를 원료로 하여 국내에서 가공된 S1, S2 potato chip의 PGA의 함량의 결과는, S1의 chaconine과 solanine 의 함량이 각각 44.97mg/100g, 24.60mg /100g 이며, PGA는 69.57mg/100g으로 상당량 존재하였다. 반면, S2에는 chaconine 1.62mg/100g, solanine 1.65mg/100g, 총 PGA 3.27mg/100g으로 chaconine, solanine과 PGA를 극히 적은 양 함유하고 있었다. S1의 높은 PGA 함량에 비해서 동일 브랜드의 국내산 감자로 만든 S1-1에는 0.23mg/100g으로서 미량 함유되어 있었다. 감자에 함유된 glycoalkaloid는 대부분이 껍질부위에 분포되어 있기 때문에 potato chip, fried potato 등의 감자 가공제품 제조 시, 껍질이 포함이 되어 있을 경우 PGA의 함유량이 증가한다는 보고⁸⁾가 있으며 국내산 potato chip의 PGA 함량이 0.23~69.57mg/100g으로 potato chip에 관한 여러 연구에서 Friedman과 Dao⁹⁾의 24~109mg/100g, Sizer등⁸⁾의 95~720mg/100g, Davies와 Blineow¹⁰⁾의 32~184mg/100g, Jones와 Fenwick¹¹⁾의 59~70mg/100g에서의 높은 PGA 함유량에 비해서는

Table 5. Glycoalkaloid contents of potato cooked by dry heating methods (mg/100g.f.w. Mean±S.D)

Cooking Method	α-chaconine	α-solanine	Total	Remained ^a (reduced)%
Control	10.52 [±] 0.20	7.29 [±] 0.42	17.81	100(0.00)
Baking	9.63 [±] 0.21	6.55 [±] 0.74	16.18	90.86(9.14)
Sauteing	5.92 [±] 1.44	3.07 [±] 0.30	8.99	50.49(49.51)
Frying	5.88 [±] 0.99	3.12 [±] 0.27	9.00	50.58(49.42)
Microwaving	7.33 [±] 0.53	3.20 [±] 0.33	10.53	59.18(40.82)

^a Treated/control

^b Means of three samples in duplicate determinations

Table 6. Glycoalkaloid contents of commercial potato products (mg/100g.f.w. Mean±S.D)

products		α-chaconine	α-solanine	Total
Potato chips	S1	44.97 [±] 2.36	24.60 [±] 2.98	69.57
	S2	1.62 [±] 0.32	1.65 [±] 0.19	3.27
	S1-1	0.23 [±] 0.01	n.d	0.23
	S2-1	0.23 [±] 0.09	n.d.	0.23
French fries frozen	S3	1.28 [±] 0.09	4.26 [±] 0.28	5.54
	S4	3.35 [±] 0.53	3.10 [±] 0.94	6.45
	S5	1.75 [±] 0.87	0.30 [±] 0.21	2.05
French fries in restaurants	S6	n.d.	n.d.	n.d.
	S7	n.d.	n.d.	n.d.
Crackers made with potato powder	S8	2.44 [±] 1.37	1.24 [±] 0.69	3.68
	S9	2.96 [±] 0.29	1.92 [±] 0.08	4.88
	S10	n.d.	n.d.	n.d.

^a Means of three samples in duplicate determinations

n.d.= not detected

- S1: Korean, imported potato
- S1-1: Korean, domestic potato
- S3: American, imported
- S6: American brand, fast food
- S9: Korean, imported
- S2: Korean, imported potato
- S2-1: Korean, domestic potato
- S4: Canadian, imported
- S7: Japanese brand, fast food
- S10: American, imported
- S5: Korean, imported
- S8: Korean, imported

낮은 수치였고, 국내산 potato chip은 껍질을 적게 포함시켜서 생산되고 있다는 것을 알 수 있었다. PGA 함유량이 가장 높았던 S1은 외관으로 보아도 S1-1, S2, S2-1에 비하여 껍질이 많이 포함되어 있었고 가공 과정 중에 감자 싹이 포함되었을 가능성도 추측할 수 있다. 가정에서 기름에 튀기거나 오븐에 구워 조리 후, 섭취가 가능하도록 만든 냉동 french fry 제품들(S3, S4, S5)의 PGA 함량은, 미국산 수입 냉동 french fry에는 5.54mg/100g, 캐나다산은 6.45mg/100g 함유되어 있었고, 국내회사의 미국 수입제품은 2.05mg/100g이었다. 수입 potato로 만든 국내산 과자 두 종류(S8, S9)의 PGA 함량은 3.68mg/100g, 4.88 mg/100g이었으며 미국산 수입과자(S10)에서는 검출되지 않았다. 생감자 전체를 썰어서 만드는 potato chip, french fry제품에 비하여 감자를 동결 건조한 potato powder로 만든 과자에서는 적은 양이 검출되어, potato powder 제조 시에는 껍질이 적게 포함됨을 짐작할 수 있었다. 국내 유명 fast food점의 french fry 감자 두 종류(S6, S7)에는 모두 검출되지 않았다. 또한 냉동 french fry용 감자 제품(S3, S4, S5) 3종류를 frying 해 보았으나, PGA 함량은 모두 미량(trace)존재하였다. 이것은 PGA가 조리에서 의해 감소된 결과이며, 냉동 전 blanching 처리¹²⁾과정 중에 상당량의 PGA가 감소된 것으로 사료된다.

IV. 요약

국내에서 시판되고 있는 감자 가공제품 12종류와 8가지의 다른 방법으로 조리한 감자 가공품의 potato glycoalkaloid(PGA)의 함량을 HPLC에 의하여 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 조리 후 PGA의 감소는 물에 삶은 감자(91.68%)가 가장 많았고 다음으로는 물에 데친 감자(84.17%)였다. 기름에 튀긴 감자와 볶은 감자의 감소율은 각각 49.42%, 49.51%였으며 찐 감자는 50.52%로서 삶은 것에 비하여 감소율이 낮았으며 전자레인지에서 조리한 감자는 40.82%, 구운 것은 9.14%로서 가장 감소율이 낮았다. 증류수에 삶은 감자보다 1% 소금물에 삶은 감자의 PGA가 낮은 감소율을 보였다. PGA 함량의 감소율이 높은 순서는 boiling > blanching > boiling with 2% NaCl > steaming > sauteing > frying > microwaving > baking 이었다.
2. 수입 감자로 만든 국내회사의 1종류 potato chip에서 PGA 69.57mg/100g으로 가장 높은 함량을 보

였으나 동일 브랜드의 국내산 감자로 만든 potato chip은 0.23mg/100g으로 미량이 함유되었다. 냉동 french fry용 감자에서는 미국산, 캐나다산의 수입 제품은 각각 PGA 5.54mg/100g, 6.45mg/100g이었으나 국내산은 2.05mg/100g였다. 국내 유명 fast food점 2곳에서 판매되고 있는 french fry 감자에는 PGA가 검출되지 않았다. Potato powder로 만든 과자류는 미국산 수입제품에서는 검출되지 않았고 국내산 2종류는 3.68mg/100g, 4.88 mg/100g의 함량을 보였다.

참고문헌

1. Friedman, M : The nutritional value of proteins from different food source. A review. J. Agric. Food Chem., 44, 6-29, 1996a
2. Friedman, M and McDonald, GM : Potato Glycoalkaloids: Chemistry, Analysis, Safety and Plant Physiology Critical reviews in Sciences, 16(1), 55-132, 1997
3. Jadhav, SJ and DK, Salunkhe : Formation and control of chlorophyll and glycoalkaloids in tubers of Solanum tuberosum L. and evaluation of glycoalkaloids toxicity. Adv. Food Res. 21, 307-354, 1975
4. Kozukue, N, Misoo, S, Yamada, T, Kamijima, O and Friedman, M : Inheritance of morphological Characters and Glycoalkaloids in Potatoes of Somatic Hybrids between Solanum acaule and Solanum tuberosum. J. Agric. Food Chem. 47, 4478-4483, 1999
5. Takagi, K, Toyoda, M, Fujiyama, Y and Saito, Y : Effect of cooking on the contents of α -chaconine and α -solanine in potatoes. J. Food Hygienic Soc. Jpn., 31, 67-73, 1990
6. Lampitt, LH, Bushill, JH, Rooke, HS and Jackson, EM : Solanine, glycoside of the potato. II. Distribution in the potato plant. J. Soc. Chem. Ind., 62, 48-51, 1943
7. Wood, F. A. and Young, D. A. : TGA in Potatoes, Canadian Department of Agriculture, Can. Agric. Bull. 1533, 1974
8. Sizer, CE, Maga, JA, and Craven, CJ : Total glycoalkaloids in potatoes and potato chips. J. Agric. Food Chem., 28, 578-579, 1980
9. Friedman, M and Dao, L : Distribution of glycoalkaloids in potato plants and commercial potato products. J. Agric. Food Chem., 40, 419-423, 1992
10. Davies, AMC and Blincow, PJ : Glycoalkaloid content of potatoes and potato products sold in the U.K. J. Sci. Food Agric., 35, 553-557, 1984
11. Jones, PG and Fenwick, GR : The glycoalkaloid content of some edible Solanaceous fruits and potato products. J. Sci. Food Agric., 32, 419-421, 1981
12. Downey, WK : Food quality and nutrition Research properties for thermal processing, Applied Science Publishers, 1977

(2003년 12월 11일 접수, 2004년 1월 4일 채택)