

폴리페놀, 안토시아닌과 비타민 C 함량이 우수한 감자 계통 선발

김성무¹ · 최형식² · 이우종² · 강위수² · 임학태^{2,3*}

¹로동대학교 식품생공정학원, ²강원대학교 생명건강공학과, ³한국감자소재은행

Selection of the Excellent Potato Clones Based on Total Polyphenol, Anthocyanin and Vitamin C Contents

Cheng Wu Jin¹, Woo Jong Lee², Hyung Sic Choi^{2,3}, Wi Soo Kang, and Hak Tae Lim^{2,3*}

¹College of Food Engineering, LudongUniversity, Yantai 264-025, China

²Department of Bio-Health Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

³The Center for Korea Potato Genetic Resources, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

*Corresponding author: limhakta@kangwon.ac.kr

OPEN ACCESS



Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34(3):488-494, 2016
<http://dx.doi.org/10.12972/kjhst.20160049>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

Received: December 10, 2015

Revised: February 17, 2016

Accepted: June 12, 2016

Copyright©2016 Korean Society for Horticultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution NonCommercial License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 연구는 강원대학교 전임교원 기본연구 지원사업의 지원에 의해 수행되었음

Abstract:

To develop appropriate potato clones as functional food materials, we collected 35 potato breeding clones to analyze the contents of the total polyphenol, anthocyanin, and vitamin C with the ‘Superior’, ‘Dasom valley’, and ‘Gogu valley’ cultivars as controls. Based on our analysis great differences were observed in different potato clones. KPG16 had the highest content of total polyphenol at 105.08 mg·100g⁻¹ FW; KPG13 had the highest content of anthocyanin at 4.78 mg100g⁻¹ FW; KPG20 had the highest content of vitamin C at 22.16 mg·100g⁻¹ FW. Some clones had higher contents of the total polyphenol but lower levels of anthocyanin. Ultimately, potato clones showing relatively high indexes for all three compounds, could be considered as good functional food material. By equilibrium analysis of the contents of total polyphenol, anthocyanin, and vitamin C, KPG5 showed relatively higher contents, with values of 103.95, 3.15, 12.12 mg·100g⁻¹ FW, respectively. Therefore, KPG5 was considered to be the best potato breeding clone in view of a functional potato breeding system.

Additional key words: antioxidant, functional potato, pedigree breeding, valley potato, variety selection

서 언

최근 산업화의 발달로 개인의 소득수준이 향상되면서 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 기능성 소재에 대한 관심이 급증하여 기능성이 부여된 작물에 대한 관심이 높아지고 있으며 품종개발을 통해 기능성이 강화된 신품종과 가공을 통해 기능성을 강화시킨 신소재들이 많이 개발되고 있다.

감자는 가지과(*Solanaceae*)에 속하는 다년초본성 식물로 주로 *Solanum tuberosum* L. 이라는 4배체 종이 재배되고 있다. 감자는 생육기간이 짧고 단위 면적 당 생산량이 비교적 높고 환경적응성도 비교적 강하기 때문에 세계 130여개 나라에서 재배되고 있는 벼, 밀, 옥수수 다음으로 가는 세계 4대 식량작물 중의 하나이며 생산량은 밀 다음으로 2위를 차지한다(Camire et al., 2007; FAOSTAT, 2012; Qu et al., 2005). 감자는 탄수화물, 고품질의 단백질 및 항산화 폴리페놀 물질(Wijngaard et al., 2012), 그리고 비타민과 무기질이(Jang et al., 2011; Schieber and Saldana, 2009) 풍부한 식물자원이며, 대체적으로 감자의 100g당 에너지는 쌀밥의 68%, 식빵의 33% 수준으로 매우 낮아 저 칼로리 및 다이어트 등 건강식품으로 활용성이 높다고 보고하였다(Jeon et al., 2005). 따라서 다양한 소비자들이 기호를 충족시킬 수 있는 신품종들의 육성도 활발해지고 있다.

식물체에는 생리활성 물질인 페놀성 화합물, 안토시아닌, 비타민 등 다양한 기능성 화합물들을 다량으로 함유하고 있다. 그 가운데서 폴리페놀 물질은 페놀성 화합물에 존재하는 phenolic hydroxyl(OH)기는 단백질과 거대분자들과 결합하는 성질을 가지며 항산화, 항암 및 항균 효과 등의 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다(Aboul-Enein et al., 2013; Shen et al., 2009). 일반적으로 총 폴리페놀 함량이 증가할수록 항산화 등의 생리활성이 증가하는 경향으로 보고 된다(Kim et al., 2012, Lee et al., 2012). 안토시아닌은 채소나 과일류 등에 주로 존재하는 수용성 천연색소성분으로 많은 식물체에서 붉은색, 보라색, 푸른색 등을 띠는 플라보노이드계 화합물에 속하며 다양한 생리활성을 가지고 있다(Hu et al., 2016; Kita et al., 2013; Xu et al., 2015). 생리활성 물질인 비타민C는 대표적인 항산화 물질로 체내에서 합성되지 않은 수용성 비타민으로 생명유지를 위한 필수미량원소로 항고혈압 인자이며 최근에는 질병예방, 건강 유지 및 증진을 위해 다량섭취를 권장하고 있다(Riso et al., 2004; Zhou et al., 2012; Yeom et al., 2008).

현재까지 유색감자 ‘홍영’과 ‘자영’ 함유된 안토시아닌이 염증유발인자들인 Nitric acid 및 inducible nitric oxide synthase에 대한 억제효과(Kang et al., 2008), 항균, 항고혈압, 항돌연변이 및 항암활성(Jeon et al., 2005; Park et al., 2007; Park et al., 2008) 등이 보고되었고 또 다른 안토시아닌 함량이 높은 유색감자인 ‘보라 벨리’는 비만유도 유전자 억제기능(Yoon et al., 2008)과 위 궤양억제 효과(Lee et al., 2009)가 보고 되었다. 유색감자 색소의 특성 및 안정성에 관한 연구(Park et al., 2004), 대서와 보라벨리 감자 전분 이화학적 특성 연구(Lee et al., 2010), 일반감자와 유색감자의 영양성분 비교(Jang et al., 2011), 품종별 미네랄과 비타민 C 함량(Tamasi et al., 2015) 등 성분 특성 및 함량 분석이 보고 되었으며, 아크릴아마이드 저감화된 콜드칩 가공용 감자 계통 선발(Jin et al., 2012)에 관한 품종 육성에 관한 연구가 보고 되었다.

이러하듯이 대부분 연구들은 감자의 활성물질 함량 및 생리활성에 관하여 연구하였으나, 근본적인 기능성 성분 함량이 증가된 감자 육종개발이 아주 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서 감자육종소재은행(KPGR)의 기능성 감자 육종프로그램을 통해 교배조합에서 선발된 우수한 35개의 계통 및 대조구 3 품종들의 총폴리페놀, 안토시아닌, 비타민C 함량을 비교 분석함으로써 기능성 감자 품종을 선발하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 감자는 감자육종소재은행(KPGR)의 기능성 감자 육종프로그램을 통해 20개의 교배조합(Table 1)에서 선발된 계통들 가운데서 우수성을 나타낸 35개의 계통(Table 2) 및 대조구 3 품종(수미, 고구벨리, 다솜벨리)을 재배 생산하여

수확 후 4°C의 저장고에 보관 후, 외관이 손상되지 않고 건전한 것으로만 선별하여 실험에 사용하였다.

Table 1. Parentage of selected potato lines through KPGR Breeding System.

Line	Access	Crossing parents
1	A99024	A9045-7 × A9308-2
2	A99040	A067277 × A9308-2
3	A99041	A087277-6 × A9324-4
4	A99278	chipeta × A93391-2
5	A99244	NDA5705 × A85470-3
6	A99390	AWN86514-2 × WHA95546-2
7	A99358	A9538-62 × A9014-2
8	A99401	BOL57045 × A93391-3
9	A99402	BOL57045 × A9449-1
10	A99404	BOL575045 × MSG274-3
11	A99405	BOL84-75-16 × A89384-10
12	A99269	ATD9435 × W1355
13	A99270	ATD9435 × chipeta
14	A99278	chipeta × A93391-2
15	A99244	NDA5705-1 × A85470-3
16	A99330	Inca Gold × A89655-5DY
17	A99331	Inca Gold × COA94019-5R
18	A99454	A80476 × A9014-2
19	A99273	ATD9441-4 × A93391-2
20	A99243	NDA5705-1 × WL355

Table 2. List of 35 potato breeding lines and 3 varieties used in this study.

Clones	Lines	Clones	Lines	Clones	Lines
KPG1	R-62	KPG14	11-1-21	KPG27	4-1-11
KPG2	4-1-17	KPG15	5-1-8	KPG28	11-1-8
KPG3	11-1-22	KPG16	17-1-5	KPG29	13-2-3
KPG4	20-2-4	KPG17	3-1-8	KPG30	10-1-11
KPG5	13-2-11 P	KPG18	R-1-5	KPG31	17-1-8
KPG6	7-2-11	KPG19	1-1-6	KPG32	10-1-32
KPG7	17-1-9	KPG20	18-1-11	KPG33	Superior
KPG8	Gogu valley	KPG21	Dasom valley	KPG34	13-2-18
KPG9	13-2-11 Y	KPG22	16-1-2	KPG35	8-1-15
KPG10	11-1-8	KPG23	10-1-13	KPG36	17-1-10
KPG11	8-1-17	KPG24	8-1-14	KPG37	10-1-15
KGP12	13-2-12	KGP25	16-1-8	KGP38	9-1-6
KPG13	17-1-14	KPG26	21-2-2		

총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀의 추출법은 Singelton(1999) 방법에 의하여, 신선한 감자 10g에 75% 메탄올을 넣고 homogenizer를 이용하여 마쇄한 후 Qualitative filter paper(filter paper No.2, Whatman, UK)를 이용하여 여과한 후 sample solution을 제조한 후, 분석

시까지 5°C의 냉장고에 저장하였다. 추출 여과액 0.2mL에 증류수 1.8mL와 1M phenol reagent 0.2mL를 첨가하여 실온에 3분간 방치한 후 10% Na₂CO₃ 포화용액 0.4mL와 증류수 1.4mL를 첨가하여 혼합하고 실온에 1시간 방치하였다. 1시간 후, UV-spectrophotometer(U-2001, HITACHI, Japan)를 이용하여 725nm에서 흡광도를 측정하였다. 함량은 표준물질 chlorogenic acid를 이용하여 검량선을 작성한 다음 정량하여 추출물 건조시료의 CAE(Chlorogenic acid equivalents)로 나타내었다.

총 anthocyanin 함량 분석

총 anthocyanin 함량은 Fuleke(1968)의 방법에 따라 실시하였다. 즉 신선한 감자시료를 잘게 썰어 10g씩 무게를 달아 시료 병에 넣은 다음 추출용액 (Ethanol:H₂O:HCl = 85:13:2, v/v/v) 45mL를 넣고 감자 조직이 안보일 때까지 마쇄한 다음 4°C압 상태에서 하루 동안 분해과정을 거친 후 색소를 추출 여과한 후 45mL로 정용하여 UV-spectrophotometer(U-2001, HITACHI, Japan)를 이용하여 725nm에서 흡광도를 측정하였고, 아래의 공식을 이용하여 흡광도 수치를 총 anthocyanin 함량으로 환산하였다.

$$\text{총anthocyanin 함량(mg}\cdot\text{100g}^{-1}) = \text{흡광도} \times (45/\text{시료무게}) \times \text{희석배수} \times 1.54$$

비타민 C 함량 분석

신선한 감자에 6% HPO₃ 용액(감자:6% HPO₃ = 1:10, g/v)을 첨가하여 5,000 rpm의 homogenizer에서 10분간 마쇄 한 후 원심분리기 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액을 취하여 0.45μm membrane filter로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. LC SHIMADZU를 사용하였고, 사용된 column은 prevail C₁₈, 5μm, 4.6 × 150mm이었으며, 이동상으로는 0.05M KH₂PO₄/MeOH (60:40, v/v) 혼합액을 이용하여 254nm에서 분석하였다. 이동상의 유속은 0.3mL/min이었고, 시료주입량은 10μL이었으며, 분석온도는 35°C이었다. 표준물질은 L-ascorbic acid (sigma, St. Louis, MO, USA)을 이용하여 검량선을 작성하여 정량하였다.

통계처리

모든 측정은 3회 반복하여 행하여졌으며, 그 결과의 통계처리는 SAS system(SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위검증(Duncan's multiple range test)을 통하여 평균값들에 대해 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량 함량

대조구 품종들과 선발된 35계통 감자들의 항산화 물질인 총 폴리페놀 함량의 차이를 보면, 대조구 품종에서는 KPG8(고구벨리)가 106.24mg·100g⁻¹ FW로 높게 나타난 반면에, KPG33(수미)가 91.71mg·100g⁻¹ FW로 낮게 나타났다(Table 3). 선발된 35계통 감자들은 85.98-112.24mg·100g⁻¹ FW 사이의 함량을 나타냈는데, 이것은 감자 품종 별 총 폴리페놀 함량이 142-359 mg·100g⁻¹ DW로 나타난 보고(Tierno et al., 2015) 보다 높게 나타난 것을 알 수 있다. 그 가운데서 KPG5, KPG15, KPG17, KPG18, KPG28 및 KPG36 등 6계통이 고구벨리와 비슷한 함량을 나타냈으며, KPG16 계통은 112.24 mg·100g⁻¹ FW로 가장 높게 함유된 것으로 나타났다. 가장 낮은 함량을 보인 KPG23과 KPG32 계통을 제외한 모든 계통에서 대조구 품종인 수미보다 높게 나타났다.

Table 3. Total polyphenol, total anthocyanin and vitamin C contents (mg·100g⁻¹ FW) of various potato clones

Clones and cultivar	Total polyphenol	Total anthocyanin	Vitamin C	Clones and cultivar	Total polyphenol	Total anthocyanin	Vitamin C
KPG1	100.00 efghij*	0.73 bcd*	16.01 rs*	KPG20	100.94 fghijkl	0.68 bcd	22.16 t
KPG2	100.78 fghijkl	0.75 bcd	11.33 n	KPG21	100.32 fghijkl	0.72 bcd	7.22 b
KPG3	96.71 ced	0.79 bcd	9.26 efg	KPG22	100.63 fghijkl	0.76 bcd	10.73 jklmn
KPG4	100.85 fghijkl	0.75 bcd	9.44 fgh	KPG23	85.98 a	1.68 e	14.17 p
KPG5	103.95 klmnop	3.15 h	12.12 o	KPG24	95.80 cd	0.71 bcd	8.42 cd
KPG6	97.79 cdefgh	0.44 a	7.69 bcd	KGP25	100.06 efghij	0.83 cd	12.79 o
KPG7	101.93 ijklmn	2.30 fg	9.22 ef	KPG26	97.43 cdef	0.77 bcd	5.99 a
KPG8	106.24 op	1.30 e	12.13 o	KPG27	101.54 ijklm	0.73 bcd	16.09 rs
KPG9	94.89 c	0.69 bcd	10.25 hijkl	KPG28	107.22 p	0.67 bc	10.81 klmn
KPG10	96.68 cde	1.46 e	11.22 mn	KPG29	95.13 c	0.80 bcd	15.01 q
KPG11	102.76 jklmn	0.88 cd	10.84 klmn	KPG30	101.21 ghijklm	0.65 abc	10.83 klmn
KGP12	100.88 fghijkl	0.75 bcd	8.15 cd	KPG31	101.37 hijklm	0.69 bcd	11.16 mn
KPG13	99.25 defghij	4.78 i	15.36 qr	KPG32	90.16 b	0.83 cd	11.02 lmn
KPG14	97.68 cdefg	0.88 cd	9.40 fg	KPG33	91.71 b	0.76 bcd	8.33 cd
KPG15	102.84 jklmno	0.70 bcd	10.44 ijklm	KPG34	101.26 ghijklm	0.83 cd	9.92 fghij
KPG16	112.24 q	1.80 f	9.54 fgh	KPG35	98.25 cedfghi	0.80 bcd	8.54 de
KPG17	105.08 nop	0.74 bcd	7.58 bc	KPG36	104.19 lmnop	0.80 bcd	12.34 o
KPG18	104.67 mnop	0.69 bcd	16.39 s	KPG37	101.41 hijklm	0.93 d	10.15 ghijk
KPG19	99.83 efghij	0.69 bcd	9.68 fghi	KGP38	100.14 efghij	0.57 ab	6.01 a

*Means within a column, followed by a common letter, are not significantly different at the $p < 0.05$ level by Duncan's multiple range test

총 안토시아닌 함량 함량

대조구 품종들과 선발된 35계통 감자들의 색소성분인 총 안토시아닌 함량의 차이를 보면, 대조구 품종에서는 KPG8(고구벨리)가 1.30mg·100g⁻¹ FW로 높게 나타난 반면에, KPG21(다솜벨리)와 KPG33(수미)가 0.72mg·100g⁻¹ FW, 0.76mg·100g⁻¹ FW로 낮게 나타났다. 선발된 35계통 감자들은 0.44~4.78 mg·100g⁻¹ FW 사이의 함량을 나타냈고, 그 가운데서 KPG10과 KPG23 계통이 고구벨리와 비슷한 함량을 나타냈으며, KPG5, KPG 7, KPG13, KPG16 등 4계통이 고구벨리에 비해 높게 나타났는데, 특히 KPG13 계통이 4.79 mg·100g⁻¹ FW로 고구벨리의 3배, '다솜벨리'나 '수미'의 6배 이상으로 가장 높게 함유된 것으로 나타났다(Table 4). 그리고 가장 낮은 함량을 보인 KPG6과 KPG38 계통을 제외한 나머지 계통에서는 대조구 품종인 '다솜벨리', '수미'와 차이를 보이지 않았다. 유색감자의 수분량을 평균 80% 좌우로 계산하면, 한국산 유색감자 33계통의 총 anthocyanin 함량이 건물 100g 당 4.2~29.0mg 이라는 연구결과(Jeon et al., 2005)와 유사하나, 유색감자 건물 100g 당 390mg의 anthocyanin 색소가 함유되었다고 보고(Rhim and Kim, 1999)와는 아주 큰 차이를 보였다. 유색감자의 색소는 flavonoid계 수용성 색소로서 안정성에 대한 연구 및 각각의 anthocyanin들의 화학적 구조구명에 관한 연구가 추후 지속적으로 추진되어야 할 것으로 사료된다.

비타민C 함량 함량

일반적으로 비타민 C(L-ascorbic acid)는 수용성 비타민으로 생명유지에 필요한 필수미량원소이며 괴혈병 방지효과뿐만 아니라(Lee, 2006), 체내 지방의 불완전 연소로 축적되는 acetone을 해독하고, protocollagen의 collagen 생성에 관여하여 결합 조직의 신축성과 강도를 유지한다(Smirnoff and Wheeler, 2000).

대조구 품종들과 선발된 35계통 감자들의 항산화 물질인 비타민 C 함량의 차이를 보면, 대조구 품종에서는 KPG8(고구벨리)가 12.13 mg 100g⁻¹ FW로 높게 나타난 반면에, KPG21(다솜벨리)가 7.22 mg·100g⁻¹ FW로 낮게 나타났다(Table 5). 선발된 35계통 감자들은 5.99–22.16 mg·100g⁻¹ FW 사이의 함량을 나타냈는데, 이것은 품종별, 환경요소와 저장조건에 따라 감자의 비타민 C의 함량이 0.22–0.69 g·kg⁻¹ FW로 나타난 보고(Dale et al., 2003)에 비해 높게 나타난 것을 알 수 있다. 그 가운데서 KPG5, KPG25, KPG36 3계통이 고구벨리와 비슷한 함량을 나타냈고, KPG1, KPG13, KPG18, KPG20, KPG23, KPG27, KPG29 등 7계통이 ‘고구벨리’에 비해 높게 나타났는데, 특히 KPG20 계통은 22.16 mg·100g⁻¹ FW로 ‘고구벨리’의 1.8배, ‘다솜벨리’나 ‘수미’의 3.0배 이상으로 가장 높게 함유된 것으로 나타났다. 가장 낮은 함량을 보인 KPG26과 KPG38 계통을 제외한 모든 계통에서 대조구 품종인 ‘다솜벨리’보다 높게 나타났다

초 록

본 연구는 기능성 식품 소재용 감자 계통을 선발하고자, 35개의 계통 및 대조구 품종인 ‘수미’, ‘다솜벨리’, ‘고구벨리’의 총 폴리페놀, 총 안토시아닌, 비타민 C의 함량을 분석하였다. 분석결과, 계통별 함량차이가 큰 것으로 나타났으며, 그 가운데서 총 폴리페놀 함량은 KPG16 계통이 105.08mg·100g⁻¹ FW, 총 안토시아닌 함량은 KPG13 계통이 4.78mg·100g⁻¹ FW, 비타민 C 함량은 KPG20 계통이 22.16mg·100g⁻¹ FW으로 각각 높게 나타났다. 종합적으로 분석한 결과, KPG5계통이 총 폴리페놀, 총 안토시아닌, 비타민 C 함량이 각각 103.95, 3.15, 12.12mg·100g⁻¹ FW으로 3성분을 고루 함유하고 있음을 확인할 수 있었으며, 추후 기능성 품종 선발의 소재로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

추가주요어: 항산화, 기능성감자, 계통육종, 벨리감자, 품종선발

Literature Cited

- Camire ME, Kubow S, Donnelly AJ (2009) Potatoes and human health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 49:823-840. doi:10.1080/10408390903041996
- Dale MF, Griffiths DW, Todd DT (2003) Effects of genotype, environment, and postharvest storage on the total ascorbate content of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *J Agric Food Chem* 51:244-248. doi:10.1021/jf020547s
- Potatoes production in the world. **Statistics Division** (2012) FAOSTAT www.faosta3.fao.org/home/index.html#visualize_by_domain Accessed 17 February 2015
- Fuleke T, Francis FJ (1968) Quantitative methods for anthocyanins 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *J Food Sci* 33:78-83
- Hu YJ, Deng LQ, Chen JW, Zhou SY, Liu S, Fu YF, Yang CX, Liao ZH, Chen M (2016) An analytical pipeline to compare and characterise the anthocyanin antioxidant activities of purple sweet potato cultivars. *Food Chem* 194:46-54. doi:10.1016/j.foodchem.2015.07.133
- Jang HL, Hong JY, Kim NJ, Kim MH, Shin SR, Yoon KY (2011) Comparison of nutrient components and physicochemical properties of general and colored potato. *Korean J Hortic Sci Technol* 29:144-150
- Jeon TW, Cho YS, Lee SH, Cho SM, Cho HM, Chang KS, Park HJ (2005) Studies on the biological activities and physicochemical characteristics of pigments extracted from Korean purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 37:247-254
- Jin CW, Hwang WH, Cho DH, Kang WS, Lim HT (2012) Selection of the superior potato clones based on acrylamide reduction for cold chipping. *Korean J Hortic Sci Technol* 30:603-612. doi:10.7235/hort.2012.12056
- Kang SC, Chung MG (2008) Comparative study on biological activities of colored potatoes, Hongyoung and Jayoung cultivar. *Korean J Crop Sci* 53:233-238
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH (2012) Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plant. *Korean J Food Sci Technol* 44:337-342. doi:10.9721/KJFST.2012.44.3.337
- Kita A, B kowska-Barczak A, Hamouz K, Kułakowska K, Lisi ska G (2013) The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red- and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *J Food Compos Anal* 32:169-175. doi:10.1016/J.jfca.2013.09.006
- Lee JG, Jin JH, Lim HT, Choi HD, Kim HP (2009) Inhibition of experimental gastric ulcer by potato tubers and the starch. *Nat Prod Sci* 15:134-13

- Lee JS, Choi MK, Moon EY, Kang MH (2010) Physico-chemical properties of starches from atlantic and bora valley potato cultivar with different colors. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:542-547. doi:10.3746/jkfn.2010.39.4.542
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH (2012) Vitamin C, total polyphenols, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peelst. *Korean J Food Sci Technol* 44:540-544. doi:10.9721/KJFST.2012.44.5.540
- Park HJ, Jeon TW, Lee SH, Cho YS, Cho SM, Chang KS (2004) Studies on characteristics and stability of anthocyanin pigment extracted from Koran purple-fleshed potatoes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1544-1551. doi:10.3746/jkfn.2004.33.9.1544
- Park YE, Cho HM, Lee HJ, Hwang YS, Choi SSN, Lee SJ, Park ES, Lim JD, Chung MG (2007) Antioxidant and inhibition on angiotensin converting enzyme activity of colored potato extracts. *Korean J Crop Sci* 52:447-452
- Park YE, Jeong JC, Cho HM, Hwang YS, Lee HJ, Choi SSN, Lee SJ, Park ES, Ko EA, et al (2008) Antimutagenic effect and cytotoxicity to human cancer cell lines of colored potato extracts. *Korean J Crop Sci* 53:75-84
- Rhim JW, Kim SJ (1999) Characterictics and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-fleshed potato. *Korean J Food Sci Technol* 31:348-355
- Riso P, Visioli F, Erba D, Testolin G, Porrini M (2004) Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma and lymphocytes after tomato intake. Effects on cellular antioxidant protection. *Eur J Clin Nutr* 58:1350-1358. doi:10.1038/sj.ejcn.1601974
- Schieber A, Saldana MDA (2009) Potato peels: a source of nutritionally and pharmacologically interesting compounds-a review. *Global Food* 3:23-29
- Shen Y, Jin L, Xiao P, Lu Y, Bao JS (2009) Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *J Cereal Sci* 49:106-111. doi:10.1016/j.jcs.2008.07.010
- Smirnoff N, Wheeler GL (2000) Ascorbic acid in Plants: Biosynthesis and function. *Crit Rev Biochem Mol Biol* 35:291-314. doi:10.1080/10409230008984166
- Tamasi G, Cambi M, Gaggelli N, Autino A (2015) The content of selected minerals and vitamin C for potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from the high Tiber Valley area, southeast Tuscany. *J Food Compos Anal* 41:157-164. doi:10.1016/j.jfca.2014.12.028
- Tierno R, Hornero-Méndez D, Gallardo-Guerrero L, López-Pardo R, Galarreta JIR (2015) Effect of boiling on the total phenolic, anthocyanin and carotenoids concentrations of potato tubers from selected cultivars and introgressed breeding lines from native potato species. *J Food Compos Anal* 41:58-65. doi:10.1016/j.jfca.2015.01.013
- Wijngaard HH, Ballay M, Brunton N (2012) The optimization of extraction of antioxidants from potato peel by pressurised liquids. *Food Chem* 133:1123-1130. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.136
- Xu JT, Su XY, Lim SY, Griffin J, Carey E, Katz B, Tomich J, Smith JS, Wang WQ (2015) Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. *Food Chem* 186:90-95. doi:10.1016/j.foodchem.2014.08.123
- Yeom CH, Jung GC, Shin SW, Kim SH, Choi JS, Lee WJ, Kang JS, Song KJ (2008) Changes in worker fatigue after vitamin C administration. *J Orthomolecular Med* 23:205-209
- Yoon SS, Rhee YH, Lee HJ, Lee EO, Lee MH, Ahn KS, Lim HT, Kim SH (2008) Uncoupled protein 3 and p38 signal pathways are involved in antiobesity. *J Ethnopharmacology* 118:396-404. doi:10.1016/j.jep.2008.05.014
- Zhou Q, Wang L, Wang H, Xie F, Wang T (2012) Effect of dietary vitamin C on the growth performance and innate immunity of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Fish Shellfish Immun* 32:969-975. doi:10.1016/j.fsi.2012.01.024