

품종에 따른 고구마 칩의 아크릴아마이드 함량과 품질 특성

노준희¹ · 이채은¹ · 황몽요¹ · 이주리¹ · 남상식² · 신말식^{1,*}
¹전남대학교 식품영양학과 및 생활과학연구소, ²바이오에너지 작물연구소

Acrylamide content and quality characteristics of sweet potato chips using different cultivars

Junhee No¹, Chae Eun Lee¹, Mengyo Huang¹, Jooree Lee¹, Sangsik Nam², and Malshick Shin^{1,*}

¹Department of Food and Nutrition, and Human Ecology Research Institute, Chonnam National University

²Bioenergy Crop Research Institute, NICS, RDA

Abstract To select suitable cultivars to produce sweet potato (SP) chips instead of potato chips, ten Korean cultivars, Sinjami, Yeunjami, Sinhwangmi, Juhwangmi, Sincheonmi, Sinyulmi, Gunhwangmi, Dahomi, Daeyumi, and Pungwonmi were used. The acrylamide content, quality characteristics, and oxidation stability of SP chips were investigated. Acrylamide content was shown to be under 0.48 mg/kg in case of all cultivars except Yeunjami (1.07 mg/kg). The color values significantly differed among the cultivars and were maintained like those of raw roots. The hardness, brittleness, and fracturability of Juhwangmi and Sinhwangmi chips showed the lowest values, while those of Daeyumi were the highest. According to the sensory evaluation data, the quality characteristics of chips were influenced by not only hardness, fracturability, and crunchiness, but also the flavor taste. Pungwonmi chips showed the highest score, followed by Gunhwangmi and Dahomi chips. Therefore, Pungwonmi, Dahomi, and Gunhwangmi are suggested as suitable cultivars to make SP chips, because of their high overall quality and very low acrylamide content.

Keywords: sweet potato chip, Korean cultivar, acrylamide, quality characteristic, oxidation stability

서 론

고구마는(*Ipomoea batatas*)는 메꽃과에 속하는 중요한 식량작물 중의 하나로 환경영향을 적게 받아 재배가 용이하고 단위면적당 수확량이 많은 경제성이 높은 작물이다(Park 등, 2011; Yoon 등, 2017). 고구마는 탄수화물 공급원인 작물이며, 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 우리나라의 주요 식량자원으로 사용되고 있다. 이들 고구마는 식용뿐 아니라 녹말 소재로 당면과 냉면을 제조하고, 과육은 페이스트와 분말 형태의 식품을 제조하는데 사용되고 있다. 또한 증류주인 소주 원료로 사용되고 있으며, 바이오 에너지로 에탄올 생산, 함유된 베타아밀레이스 효소, 의약품 등의 원료로도 이용되고 있다(Bae 등, 2012; Park 등, 2011). 고구마는 녹말 외에 식이섬유, 단백질, 무기질, 비타민 등의 영양성분과 수지인 알라핀도 함유하고 있으며 품종에 따라서는 안토시아닌, 카로테노이드 같은 색소 성분과 플라보노이드, 폴리페놀 화합물 등을 함유하고 있기 때문에 기능성 측면에서도 가치를 갖고 있다(Akpanunam과 Abiante, 1991; Lee 등, 2015).

고구마는 병해충 내성, 수량, 맛 뿐만 아니라 재배 기간을 단

축한 품종 등 주로 생과 위주로 소비하는 것을 고려하여 품종 개발이 이루어졌으며, 여기에 안토시아닌과 카로테노이드 등의 기능성 색소를 함유하도록 하여 색깔이 다양한 건강에 우수한 품종 개발이 진행되고 있다(NICS, 2017). 가공용으로는 녹말을 바이오 에너지원으로 사용할 수 있도록 녹말 함량을 증가한 품종도 개발되었다(Lee 등, 2010). 그러나 생과로서의 고구마 소비가 감소하면서 가공식품 용도에 따라 맞춤형 품종을 개발하려는 연구가 집중되고 있으나 육색, 물성, 성분함량 등으로는 고구마의 용도를 결정하기 어렵다. 따라서 품종 별로 가공성을 연구하여 용도에 적합한 품종을 찾아 농가 보급의 기초 자료로 활용하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 고구마는 품종에 따라 일정한 특성을 가지고 있기 때문에 가공 목적에 따라 재배하는 것이 좋지만 현재까지 국내의 농가에서는 용도에 따른 품종을 재배하지 않고 있는 실정이다. 그래서 점차 목적에 따라 품종을 선정하여 재배하는 체계의 마련이 필요하며 상품성이 낮은 고구마는 가공 목적의 중간 소재인 페이스트, 분말, 호화분말 등으로 처리하여 저장성 증가와 이를 이용한 제품 개발을 다양화 하는 것이 필요하다. 현재 진행된 연구 중에는 고구마 페이스트를 첨가한 쌀 구움과자 제조 연구, 고구마를 첨가한 된장 제조 연구, 고구마를 첨가하여 설기 떡 제조 연구, 자색 고구마 분말을 첨가한 팽화과자 제조 연구(Bae 등, 2012; Cheon 등, 2012; Oh와 Hong, 2008; Yoon 등, 2017) 등이 보고되었다.

아크릴아마이드는 식품을 고온에서 조리할 때 생성되는 발암성 유해물질로 감자, 커피, 베이커리 제품 등 녹말과 단백질이 함유된 식품을 고열로 가열할 때 아미노산인 아스파라진과 포도당 등의 환원당이 가열 처리시 반응하여 생성되는 것으로 알려졌다

*Corresponding author: Malshick Shin, Division of Food and Nutrition, Human Ecology Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea
Tel: +82-62-530-1336
Fax: +82-62-530-1339
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr
Received March 21, 2018; revised May 2, 2018;
accepted May 3, 2018

(Bagdonaite 등, 2008; Hamlet 등, 2008; Kim 등, 2009a; Zamora와 Hidalgo, 2008; Zyzak 등, 2003). 햄버거나 샌드위치와 함께 먹는 프렌치프라이나 감자 칩은 고온에서 유당 처리하여 아크릴아마이드 함량이 높다고 보고된 바 있다(Kim 등, 2004; Kim 등, 2009b; Lee 등, 2016; Mestdagh 등, 2008; Park 등, 2003; Tareke 등, 2002; Vinci 등, 2012). 감자와 달리 고구마는 같은 방법으로 가공하여도 아크릴아마이드 생성 가능성이 낮아 아크릴아마이드 함량을 낮춘 가공 제품으로 고구마 칩이나 고구마프라이 등으로 감자를 대체할 수 있을 것으로 생각되나 고구마는 튀겼을 때 물성이 감자와 다르기 때문에 소비자의 선호도가 낮은 문제점이 있다. 새롭게 개발된 품종의 고구마로 고구마 칩이나 고구마 프라이 생산이 가능한지, 가장 적합한 품종은 무엇인지, 시판되는 감자 칩과 유사한 맛과 품질을 갖고 있는지 등에 대한 연구를 통해 새로운 소비 가능성을 확인하는 것은 매우 의미 있을 것으로 생각된다.

기존 고구마 칩에 대한 연구로는 고구마 칩 제조 중 기능성 성분 변화를 확인하는 연구(Akpanunam과 Abiante, 1991; Bechoff 등, 2010; Bechoff 등, 2011)와, 제조 조건을 결정하는 연구(Jang 등, 2013; Ravli 등, 2013) 등이 이루어졌으나 적합한 품종 선발이나 아크릴아마이드 함량 분석, 저장 중 품질의 변화에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 최근 국내에서 재배되는 고구마 중 10 가지 품종을 선정하여 고구마 칩을 제조하여 품질 특성과 아크릴아마이드 함량을 분석하였으며, 저장 중의 텍스처와 산화안정성 변화를 비교하여 고구마 칩으로의 가공 적성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 고구마는 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소(Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, RDA, Muan, Korea)에서 2017년 10월에 수확된 것으로 큐어링 처리를 하기 전에 제공받아 사용하였다. 고구마는 육색이 자색인 신자미와 연자미, 주황색인 신황미와 주황미, 크림색인 신율미와 신천미와 최근 개발된 품종으로 건황미, 다호미, 대유미, 풍원미를 사용하였다. 튀김 기름은 콩기름(Samyang Corporation, Seongnam, Korea)을 구입하여 사용하였다.

고구마 칩의 제조

고구마 칩의 제조를 위해 고구마를 수세하여 껍질을 벗기고 색이 변색되지 않게 슬라이스 하기 직전까지 찬물에 담가 두었고, 슬라이서를 사용하여 1.37 mm 두께로 일정하게 고구마를 절단하였다. 대두유 1,000 g을 가열하여 160°C로 맞춘 후, 슬라이스 된 고구마 200 g을 한번에 넣고 2분간 튀겨 고구마 칩을 제조하였다. 고구마 칩의 여분의 기름을 1시간 동안 제거한 후 실험에 사용하였다. 저장 실험을 위해 고구마 칩을 25°C의 항온기(laboratory refrigerator, Dahan Labtech Co., Ltd., Namyangju, Korea)에서 5 일간 저장하여 고구마 칩의 색과 산화안정성을 비교하였다.

아크릴아마이드 함량 분석

아크릴아마이드 함량은 식품의약품안전처가 2007년에 고시한 ‘식품 등 중 기준규격미של정 물질의 시험방법 제정’의 실험방법을 이용하여 분석하였다(MFDS, 2007). 고구마 칩 100 g을 믹서기로 혼합한 후, 이 중 1 g을 정확히 취하여 200 ng/mL로 용해한 내부 표준용액 1 mL와 증류수 9 mL를 가한 후 잘 혼합하여 진

탕기(Shaking water bath, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에 넣어 20분 동안 추출한 후, 9000 rpm에서 30분간 원심 분리(Combi S14R, Hanil Science Industrial, Gimpo, Korea)하여, 상층액 5 mL을 여과 튜브에 옮기고 7,000 rpm으로 10분간 원심 분리하여 A액을 얻었다. 메탄올 3.5 mL와 증류수 3.5 mL로 활성화시킨 OASIS HLB (충진제: C₁₈ 200 mg, 용량: 6 mL) SPE 카트리지에 A용액 1.5 mL를 통과시키고 증류수 0.5 mL를 흘려버린 후, 증류수 1.5 mL를 용출시켜 시험 용액 B액을 모았다. 메탄올 2.5 mL와 증류수 2.5 mL로 활성화시킨 Bond Elut-Accucat (충진제: C₁₈, SAX, SCX 200 mg, 용량: 3 mL) SPE 카트리지에 B액 1.5 mL의 용출액을 넣은 후, 얻어진 1 mL를 액체크로마토그래피/질량 분석기(LC-MS/MS)의 시험용액으로 사용하였다. LC/MS/MS 분석을 위해 주입한 시료의 양은 10 µL, 유속은 0.2 mL/min, 칼럼은 Unisom UK C₁₈ (2×150 mm, 3 µm) 사용하였고, 칼럼 온도는 30°C, 이동상은 0.1% 아세트산, 0.5% 메탄올이며, 이온원(ion source)은 ESI+aglient 제트흐름, 충돌 가스는 질소, 가스 온도는 350°C, 가스 흐름은 7 L/min, 모세관 전압은 4000 V였다. 검출된 아크릴아마이드는 다음 계산식을 이용하여 계산되었다.

Acrylamide (mg/kg)

$$= \text{시험용액의 농도}(\text{ng/mL}) \times \frac{\text{최종부피}(1.5 \text{ mL})}{\text{시료무게}(\text{g})} \times \frac{10 \text{ mL}}{1.5 \text{ mL}} \times \frac{1}{1000}$$

고구마 칩 외관 관찰

저장 기간 동안 고구마 칩의 외관 관찰은 제조된 고구마 칩을 백색의 용지 위에 일정한 간격으로 올린 후, 책상에서 20 cm 높이에서 카메라(E05, Canon, Tokyo, Japan)를 이용하여 관찰하였다.

고구마 칩의 색도 측정

저장기간 중의 고구마 칩의 색도는 색도계(Spectra magicTMNX, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, Hunter의 L (lightness) 값, a (+redness/-greenness) 값 및 b (+yellowness/-blueness) 값을 4회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. 색차 값인 ΔE 값은 L=98.9, a=-0.15, b=-0.38인 표준 백색판(standard white plate)을 이용하여 계산하였다.

고구마 칩의 텍스처 특성 측정

고구마 칩은 텍스처 특성치 중 경도(hardness), 부서짐성(brittleness)과 깨짐성(fracturability)을 텍스처분석기(TA-XT plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England)를 이용하여 측정하였다. 시료인 고구마 칩은 1회의 압착시험으로 실린더 모양의 프로브(Φ 30 mm)를 이용하여 변형은 60%, 예비측정, 측정 후 속도는 모두 1.00 mm/sec의 조건으로 실험하였다. Return to start로 경도(g), 부서짐성(g)과 깨짐성(mm)값을 측정하였다.

고구마 칩의 산화안정성 측정

고구마 칩의 산가와 과산화물값은 식품의약품안전처에서 공정한 식품공전(MFDS, 2017)을 기준으로 실험하였다. 고구마칩을 상온의 항온기에 5일간 보관하여 0일과 5일의 산화도 측정하였다. 산가를 측정하기 위해 저장 중의 고구마 칩을 갈아 5 g을 칭량하여 삼각플라스크에 넣고, 에테르와 에탄올을 2:1의 비율로 100 mL를 만들어 혼합하였다. 시료는 1시간 동안 교반한 후 감압 여과 하였고, 여과시킨 시료에 페놀프탈레인 2-3방울을 떨어뜨린 후, 0.1 N 수산화포타슘 용액(f=1.002)으로 적정하여 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{산가} = \frac{(\text{KOH 소비량} - \text{blank})}{S} \times 5.611 \times f$$

S=시료의 무게, f=수산화포타슘 용액의 역가

과산화물값을 측정하기 위해 고구마 칩 시료를 갈아 5 g을 칭량하여 삼각플라스크에 넣었고, 아세트산과 클로로폼을 3:2로 총 25 mL을 넣어 유지를 녹였다. 포화 아이오딘산포타슘 용액 1 mL을 넣고 섞은 다음 어두운 곳에서 10분간 방치한 후 고구마 칩 추출액을 감압 여과하였다. 여과액을 모아 증류수 30 mL을 첨가하고 녹말 시약 1 mL을 가하여 여러 번 흔들어주었다. 0.01N 싸이오황산소듐(f=1.001) 용액으로 적정하여 다음 계산식에 의해 계산하였다.

$$\text{과산화물가} = \frac{(a-b) \times f}{S} \times 10$$

a=0.01 N 싸이오황산소듐의 적정수(mL)

b=바탕 시험에서의 0.01 N 싸이오황산소듐액의 소비량(mL)

S=시료의 무게

f=0.01 N 싸이오황산소듐의 역가

관능평가

고구마 품종 별로 제조한 고구마 칩의 관능평가를 위한 전남대학교 생명윤리심의위원회의 IRB 승인 번호는 1040198-180112-HR-002-02이다. 관능평가원은 식품영양학과 대학원생 15명을 선정하였고 고구마 칩의 관능평가 방법과 용어를 설명한 후, 2회 반복하여 관능평가를 실시하였다. 고구마 칩의 관능평가는 9점 척도법으로 차이조사와 선호도 조사로 실시하였고, 차이조사는 1점이 가장 약하고 9점이 가장 강한 것으로 하였으며 평가항목은 색, 향미, 단맛, 고소한 맛, 경도, 부서짐성, 깨짐성을 평가하였다. 선호도 조사는 1점이 가장 나쁘고 9점이 가장 좋은 것으로 하였으며 평가항목은 외관, 냄새, 맛, 텍스처, 전반적인 품질을 비교 평가하였다. 시료를 평가한 후에는 물로 입을 헹구어 평가한 시료가 다음 시료에 영향을 주지 않도록 하였다. 시료는 무작위 3자리 숫자로 번호를 붙이고 흰 접시에 제시하였다.

통계처리

모든 실험은 3번이상 반복하여 측정하였으며, 결과는 평균과 표준편차로 표기하였다. 모든 실험의 결과는 SPSS 12.0K (SPSS INC., Chicago IL, USA)를 이용하여 ANOVA test를 통하여 통계

처리하였고, Duncan's multiple-range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

고구마 칩의 아크릴아마이드 함량

아크릴아마이드는 발암 의심 물질로 알려져 있으며(Klaunig, 2008; Mucci와 Wilson, 2008; Tareke 등, 2002), 특히 감자에는 유리아미노산인 아스파라진이 많이 함유되어 있기 때문에 아크릴아마이드의 생성량이 높으며, 아크릴아마이드는 200°C 이하까지는 가열 온도가 증가하거나 시간이 길어짐에 따라 함량이 증가한다고 보고된 바 있다(Han 등, 2009; Kim 등, 2004; Mu 등, 2009). 콩기름으로 160°C에서 2분간 유탕 처리한 고구마 칩은 1시간 동안 기름을 뺀 후 아크릴아마이드 분석에 사용하였으며 고구마 칩의 아크릴아마이드 함량 측정 결과는 Table 1과 같았다. 고구마 칩의 아크릴아마이드 함량은 0-1.07 mg/kg이었다. 다호미, 신태미, 주황미, 풍원미는 아크릴아마이드가 검출되지 않았으며, 건황미, 대유미, 신율미, 신자미, 신천미에서는 0.03-0.48 mg/kg 이하가 검출되었다. 연자미 품종으로 제조한 고구마 칩에서 1.07 mg/kg로 다른 품종의 고구마 칩에 비하여 많은 양이 검출되었다. 연자미는 신자미보다 당도가 높은 특성을 가지므로 아스파라진과 반응할 수 있는 환원당 함량이 높기 때문인 것으로 추측된다(NICS, 2017). 감자 칩 제품의 아크릴아마이드 함량을 분석한 연구에서 195-4,002 ppb와 278-3,277 ppb의 아크릴아마이드가 검출되었고(Kim 등, 2009b; Park 등, 2004), 우리나라 식품의약품안전처의 권고치는 1000 ppb (1.00 mg/kg)라 보고된 바 있다(MFDS, 2016). 고구마 칩의 아크릴아마이드 생성량을 품종에 따라 비교하면 검출이 안된 4개 품종과 건황미, 신율미, 신천미는 30, 60과 150 ppb로 거의 생성되지 않았다. 대유미와 신자미는 470과 480 ppb로 권고치의 50% 이내이므로 아크릴아마이드의 생성량이 낮았다. 고구마 품종 중에서 감자 칩과 유사한 텍스처를 갖는 고구마 칩을 선발하고 그 품종을 고구마 칩 가공용으로 개발하는 것은 필요하며, 수요가 많은 수입 감자의 비용을 절감하고 아크릴아마이드 생성에 안전하기 때문에 고구마의 활용도를 높일 수 있을 것으로 생각되었다. 연자미는 1070 ppb로 권고치와 유사한 값을 보였다. 고구마는 필수 아미노산인 아이소루신, 루신, 라이신, 메싸이오닌, 페닐알라닌, 트레오닌, 트립토판, 발린이 총 구성 아미노산의 40.7%이며, 아스파라진은 18.5% 차지한다고 하였다(Mu 등, 2009). 국내에서 재배되는 감자의 아스파라진 함량은 품종이나 계통 별로 적게는 800-3100 mg/kg을 함유하고 있으며 구

Table 1. Acrylamide content of sweet potato chips fried from ten different Korean varieties after frying

	Acrylamide content (mg/kg)	Color values			
		L	a	b	ΔE
Geonhwangmi	0.03±0.00 ^{e1)}	62.2±1.3 ^a	10.6±0.9 ^{fA}	44.9±0.9 ^{dA}	59.3±1.6 ^{8B}
Dahomi	n.d.	61.6±0.6 ^{aA}	15.2±0.9 ^{cA}	55.9±0.9 ^{9A}	69.2±1.2 ^{dA}
Daeyumi	0.47±0.01 ^b	58.1±0.6 ^{cC}	4.0±0.0 ^{eA}	46.4±0.0 ^{6A}	62.2±0.0 ^{fA}
Sinyulmi	0.06±0.00 ^d	55.0±0.8 ^d	0.6±0.1 ^{hB}	43.7±0.2 ^{5A}	62.2±0.7 ^{fA}
Sinjami	0.48±0.02 ^b	22.7±0.1 ^{iB}	11.9±1.0 ^{6A}	-1.5±0.1 ^{iB}	77.1±0.1 ^{1B}
Sincheonmi	0.15±0.00 ^c	46.2±0.0 ^{IC}	-2.5±0.0 ^{iB}	26.6±0.0 ^{8B}	59.3±0.0 ^{8A}
Sinhwangmi	n.d.	42.6±0.0 ^{gC}	20.9±0.4 ^{bA}	40.7±0.6 ^{7B}	72.8±0.4 ^{cA}
Yeunjami	1.07±0.01 ^a	26.0±0.0 ^{hC}	11.8±0.0 ^{6B}	1.0±0.0 ^{hB}	73.9±0.0 ^{bA}
Juhwangmi	n.d.	59.4±0.5 ^{bA}	25.1±0.4 ^{aA}	50.7±0.1 ^{bA}	69.3±0.2 ^{dA}
Pungwonmi	n.d.	51.4±0.0 ^{eB}	14.0±0.0 ^{dB}	46.5±0.0 ^{6B}	68.2±0.0 ^{eB}

Data represent mean±SD. n.d. means not detected.

¹⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

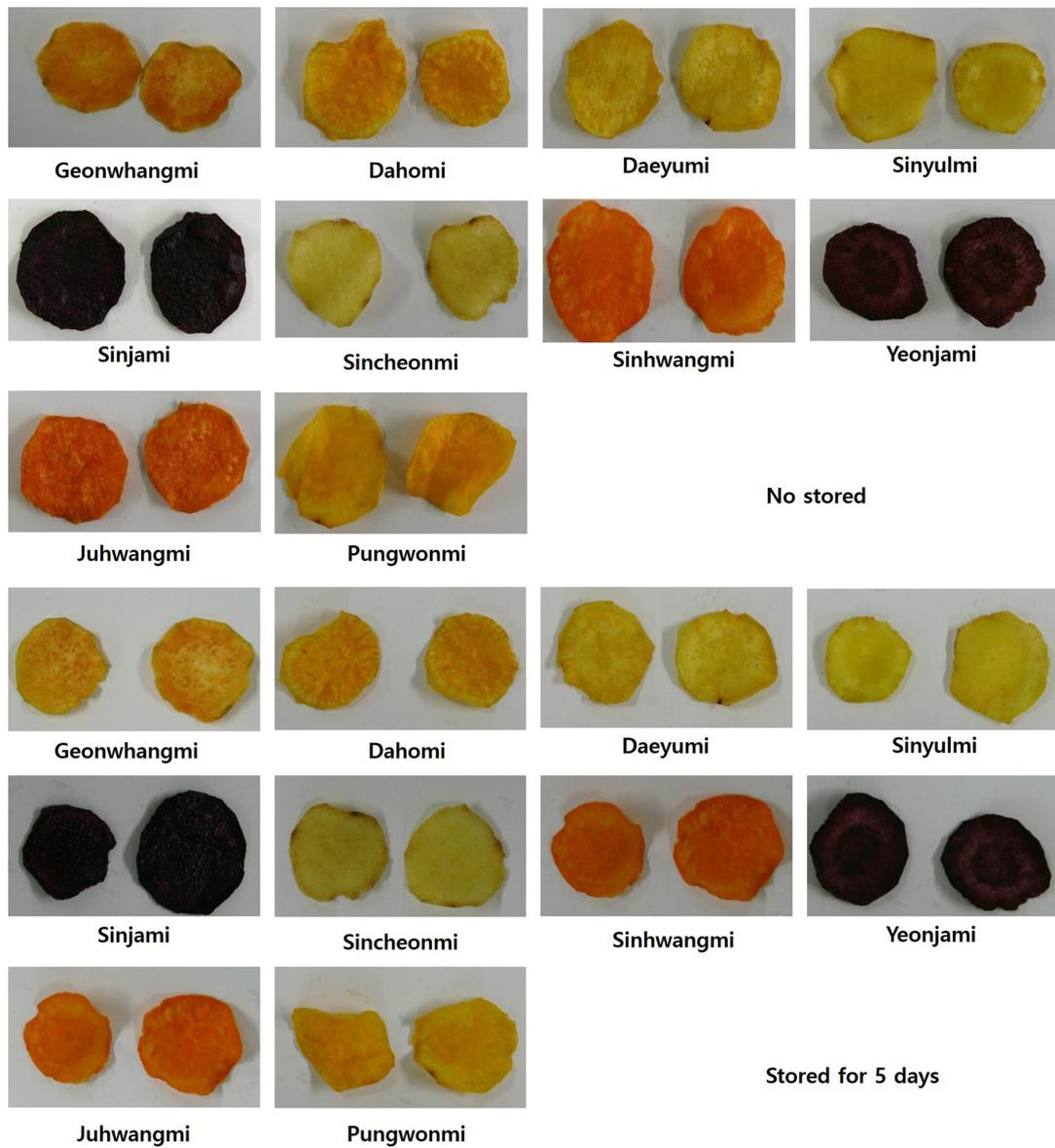


Fig. 1. Appearance of sweet potato chips fried from ten different Korean varieties during storage.

성 아미노산 중 가장 많은 함량을 차지하고 있다(Yeo 등, 2017). 고구마를 튀길 때 감자보다 낮은 아크릴아마이드를 생성하는 것은 아스파라긴 함량에 의하며 환원당 함량도 영향을 줄 것으로 생각되었다. 현재 식품의 가열 처리 등의 제조 과정에서 생성되는 아크릴아마이드의 발암가능성이 제기되고 있지만 우리나라를 비롯하여 WHO, Codex, FDA 등에서는 기준 규격을 설정하지 않고, 아크릴아마이드 감소를 위한 연구가 주로 진행되고 있다(Anese 등, 2010; Han 등, 2009; Mu 등, 2009; Palazolu과 Gkmen, 2008; Yeo 등, 2017). 위의 결과로부터 감자 대신 고구마로 칩을 제조를 한다면, 위해 물질인 아크릴아마이드 섭취를 줄일 수 있을 것이다.

고구마 칩의 저장에 따른 외관 특성과 색도

고구마 칩의 외관 특성과 색도를 측정된 결과는 Fig. 1과 Table 1과 같았다. 건황미, 다호미는 연한 주황색, 신향미, 주황미는 주황색, 대유미, 신울미, 신천미, 풍원미는 크림색, 신자미는 진한

보라색, 연자미는 하얀색이 보이는 보라색을 보였다(Fig. 1). 감자 칩과 유사하게 제조하기 위하여 고구마의 두께를 얇게(1.37 mm) 슬라이스하여 160°C의 온도에서 2분 동안 튀긴 결과, 생 고구마의 과육 색을 유지하였고, 이 색이 소비자의 선호도에 영향을 줄 것으로 생각되었다. 고구마의 색소성분과 수분함량은 칩의 색 변화와 바삭한 텍스처에 영향을 많이 보고되었다(Akpanunam과 Abiante, 1991). 그러므로 고구마 칩 개발에 있어 생 고구마가 갖고 있는 색이 유지되도록 하는 과정이 필요하며, 품종 중 수분이 많은 것보다는 적은 것을 선택하는 것이 바람직하다고 생각되었다.

고구마 칩 제조 후 색도는 품종에 고유한 색 차이처럼 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 고구마의 육색에 따라 비교하면 +a 값이 가장 높은 주황미(25.1)와 신향미(20.9)는 적색에 가까운 주황색을 보였고, 새롭게 개발된 품종인 건황미, 다호미, 풍원미는 적색도인 +a 값이 10.6, 15.2, 14.0로 주황미, 신향미에 비해 상대적으로 낮았고, 황색도인 +b 값이 44.9, 55.9, 46.5로 높아 밝은 주황색을 보임을 확인할 수 있었다. 신울미와 신천미 외에 전분 함

량이 높은 대유미도 a값이 4.0으로 0에 가까운 크림색을 보였다. 자색고구마인 신자미와 연자미는 명도(L) 값이 22.7과 26.0으로 다른 고구마에 비해 낮았고, b값이 -1.5와 1.0으로 0에 가까운 값을 나타내 색도를 이용하여 고구마 육색에 따른 분류가 가능함을 확인하였다. 고구마 칩의 색은 함유된 색소의 종류, 수분함량을 튀긴 기름의 신선도, 튀긴 시간 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받기 때문에 가능하면 산화 효소나 가열에 의한 메일라드 반응이 적게 일어나도록 처리하는 것이 중요하다고 생각되었다. Bechoff 등(2010)은 제품을 개발할 때 산소농도가 높으면 색이 퇴색된다고 하였고, Lee 등(1996)은 자색고구마의 색소인 안토시아닌은 pH, 온도, 당, 유기산, 빛, 금속이온, 아스코브산, 효소 등에 의해 영향을 받는다고 하였다. 따라서 고구마 칩 제조 시에 고구마 고유의 색을 유지하기 위해서는 얇게, 신선한 기름으로 단시간 튀기고 햇빛과 산소를 차단하는 포장재로 포장하는 것이 중요하다고 생각되었다.

고구마 칩의 기계적 텍스처 특성

제조한 고구마 칩은 Fig. 1에서와 같이 튀긴 후에 모양이 평평하게 유지되지 않기 때문에 기계적인 시험 결과의 유의성을 위해 시료 수를 10개 이상 사용하였다. 텍스처 분석기를 이용하여 고구마 칩의 경도(hardness), 부서짐성(brittleness)과 부서질 때까지

Table 2. Textural properties of sweet potato chips with different ten Korean cultivars

	Hardness (g)	Brittleness (g)	Fracturability (mm)
Geonhwangmi	835.7±9.8 ^{c1)}	511.6±76.2 ^b	7.6±0.2 ^b
Dahomi	1041.8±4.5 ^b	531.5±43.4 ^b	6.3±0.3 ^{cd}
Daeyumi	1332.1±89.0 ^a	754.0±37.5 ^a	9.4±1.5 ^a
Sinyulmi	1035.9±70.4 ^b	459.2±82.4 ^b	6.1±0.2 ^{cd}
Sinjami	775.3±87.5 ^c	529.2±36.5 ^b	7.0±1.1 ^c
Sincheonmi	1115.9±15.0 ^b	462.5±23.9 ^b	8.9±0.2 ^a
Sinhwangmi	490.2±27.8 ^d	242.9±24.6 ^c	5.0±0.6 ^d
Yeunjami	851.3±38.8 ^c	522.7±24.6 ^b	7.1±1.2 ^{bc}
Juhwangmi	482.7±33.1 ^d	261.4±42.0 ^c	5.4±0.8 ^d
Pungwonmi	854.5±13.5 ^c	506.8±48.1 ^b	6.4±0.3 ^{cd}

Data represents mean±SD.

¹⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

프로브가 이동한 거리인 깨짐성(fracturability)을 측정된 결과는 Table 2와 같았다.

저장에 따른 경도의 변화는 482.7-1211.7 g 범위였고, 품종에 따른 경도 값의 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 주황미와 신황미는 482.7g과 490.2g로 경도가 가장 낮게 나타났으며, 신천미 칩이 1332.1g으로 가장 경도가 높게 나타났고, 다호미(1041.8 g), 대유미(1332.1 g), 신율미(1035.9 g) 칩은 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 경도를 보였다($p<0.05$). 주황색 고구마 중 점질 특성을 갖는 주황미와 신황미는 경도, 부서짐성과 깨짐성 모두 유의적으로 낮은 값을 보여 고구마칩을 제조하는데 적합한 품종이 아닌 것으로 생각되었다. 다호미는 카로테노이드를 함유하는 주황미, 신황미의 식미를 보완하기 위하여 육성된 품종으로 베타카로틴 함량이 높고, 고구마칩으로 제조했을 때 식미나 저작감, 외관 등의 특성이 우수하다고 보고되었다(Lee 등, 2015).

자색고구마 칩은 높은 경도 값을 보였는데 이는 Jang 등(2013)의 연구에서 신자미를 이용하여 고구마 칩을 제조하였을 때 고구마 칩의 파괴 강도가 높았다는 연구결과와 유사하였다. 따라서 자색고구마는 고구마칩을 제조하였을 때 바삭거리는 품질을 가진 제품을 얻을 수 있을 것으로 사료되었다. 압착력을 주었을 때 가장 처음으로 깨지는 순간의 힘을 측정한 부서짐성은 242.9-754.0 g 범위로 품종에 따른 유의적인 차이가 있었다($p<0.05$). 대유미 칩은 경도가 1332.1 g, 부서짐성이 754.0 g, 깨짐성이 9.4 mm로 모두 가장 높은 값을 보였고, 고구마를 익혔을 때에도 단단함이 강한 독특한 특성을 보여주었다. 깨짐성은 고구마 칩의 깨짐이 나타나는 데 프로브가 이동한 거리를 mm로 나타내었으며 모든 고구마 칩은 5.0-9.4 mm 범위에서 깨짐이 나타났다. 대유미와 신천미의 깨짐이 9.4, 8.9mm로 가장 늦게 나타났고, 신황미에서 5.0 mm로 가장 빠르게 깨지는 특성을 보였다.

고구마 칩의 관능평가

고구마 칩의 관능평가 결과는 Table 3과 같았다. 감자 칩은 텍스처와 색이 가장 중요한 품질을 나타내는 지표로, 특히 텍스처는 경도가 유지되며 바삭거림을 갖는 특징이 있다(Segnini 등, 1999). 감자 칩 대체용 고구마 칩을 제조하기 위해 수확 직후 고구마를 이용한 칩의 관능평가를 관능적 특성의 차이 검사와 선호도 검사로 시행하였다. 차이검사에서는 고구마 칩의 관능적 특성은 조사 항목 모두에서 품종에 따른 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 향미는 다호미, 신자미에서 6.2, 6.1 점으로 가장 높은

Table 3. Sensory evaluation data of sweet potato chips with different cultivars

SP cultivars	Difference test							Preference test				Overall quality
	Color	Flavor	Sweet taste	Delicate taste	Hardness	Fracturability	Crunchiness	Appearance	Flavor	Taste	Texture	
Geonhwangmi	5.0±1.8 ^{d1)}	5.6±2.2 ^{ab}	5.2±1.5 ^{ab}	6.2±1.7 ^a	5.7±1.8 ^a	5.6±2.1 ^a	6.3±2.2 ^{ab}	6.7±1.5 ^{ab}	6.7±1.5 ^a	6.8±1.3 ^a	7.0±1.6 ^a	7.1±1.0 ^{ab}
Dahomi	5.7±1.8 ^{cd}	6.2±1.7 ^a	4.6±2.0 ^{ab}	5.5±1.7 ^{abc}	5.4±1.8 ^a	5.2±2.1 ^a	6.0±2.1 ^{ab}	6.7±1.5 ^{ab}	6.8±1.5 ^a	5.8±1.9 ^{abc}	6.5±1.6 ^a	7.0±0.8 ^{abc}
Daeyumi	3.6±1.9 ^{ef}	4.5±1.7 ^{bcd}	4.8±1.4 ^{ab}	5.8±1.9 ^{abc}	5.8±1.9 ^a	5.0±2.0 ^a	5.1±2.3 ^{ab}	5.9±1.2 ^b	5.7±1.4 ^{abc}	6.0±1.4 ^{abc}	6.0±1.3 ^{ab}	6.2±1.3 ^{cd}
Sinyulmi	4.7±1.7 ^{de}	5.0±2.2 ^{abc}	3.9±1.4 ^{bc}	5.1±1.6 ^{abc}	6.0±1.8 ^a	5.6±2.5 ^a	6.5±2.2 ^a	6.0±1.5 ^b	5.4±1.6 ^{bcd}	5.1±1.6 ^{cd}	6.3±2.0 ^a	5.7±1.5 ^d
Sinjami	8.2±1.5 ^a	6.1±2.0 ^a	4.8±1.5 ^{ab}	6.0±1.4 ^{ab}	5.5±2.3 ^a	5.1±2.4 ^a	5.3±2.7 ^{ab}	6.4±1.9 ^b	6.3±1.5 ^{bc}	6.4±1.6 ^{ab}	6.2±2.0 ^a	6.6±1.2 ^{cd}
Sincheonmi	3.4±2.2 ^f	3.5±1.4 ^d	3.3±1.5 ^c	4.6±1.8 ^c	5.7±1.5 ^a	5.9±2.1 ^a	5.5±2.2 ^{ab}	6.6±1.1 ^{ab}	5.3±1.5 ^{bcd}	5.5±2.0 ^{bc}	6.2±1.7 ^a	5.8±1.7 ^d
Sinhwangmi	6.6±1.3 ^{bc}	4.3±1.8 ^{bcd}	5.3±2.0 ^a	5.0±2.0 ^{abc}	3.2±1.4 ^b	2.6±1.7 ^b	2.8±1.7 ^c	4.7±2.0 ^c	4.7±2.1 ^{cd}	5.9±1.7 ^{abc}	3.4±1.9 ^e	4.4±1.4 ^e
Yeunjami	7.7±1.2 ^{ab}	4.6±2.1 ^{bcd}	4.1±1.9 ^{abc}	4.8±1.7 ^{bc}	5.1±1.3 ^a	5.0±2.0 ^a	4.8±2.2 ^b	6.7±1.2 ^{ab}	5.3±1.6 ^{bcd}	5.9±1.2 ^{abc}	5.1±1.7 ^b	5.9±0.9 ^d
Juhwangmi	6.8±1.8 ^{bc}	3.3±1.8 ^d	4.6±1.8 ^{ab}	5.1±1.6 ^{abc}	3.8±1.2 ^b	2.6±1.5 ^b	2.9±1.7 ^c	4.9±2.1 ^c	4.5±1.9 ^d	4.3±1.9 ^d	2.9±1.5 ^e	3.8±1.9 ^e
Pungwonmi	5.6±1.9 ^{cd}	3.8±2.2 ^{cd}	5.3±1.7 ^a	6.1±1.3 ^{ab}	5.2±1.6 ^a	5.8±1.7 ^a	6.0±1.7 ^{ab}	7.5±1.4 ^a	6.1±2.1 ^{ab}	6.9±1.4 ^a	6.7±1.8 ^a	7.5±1.1 ^a

Data represents mean±SD.

¹⁾Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

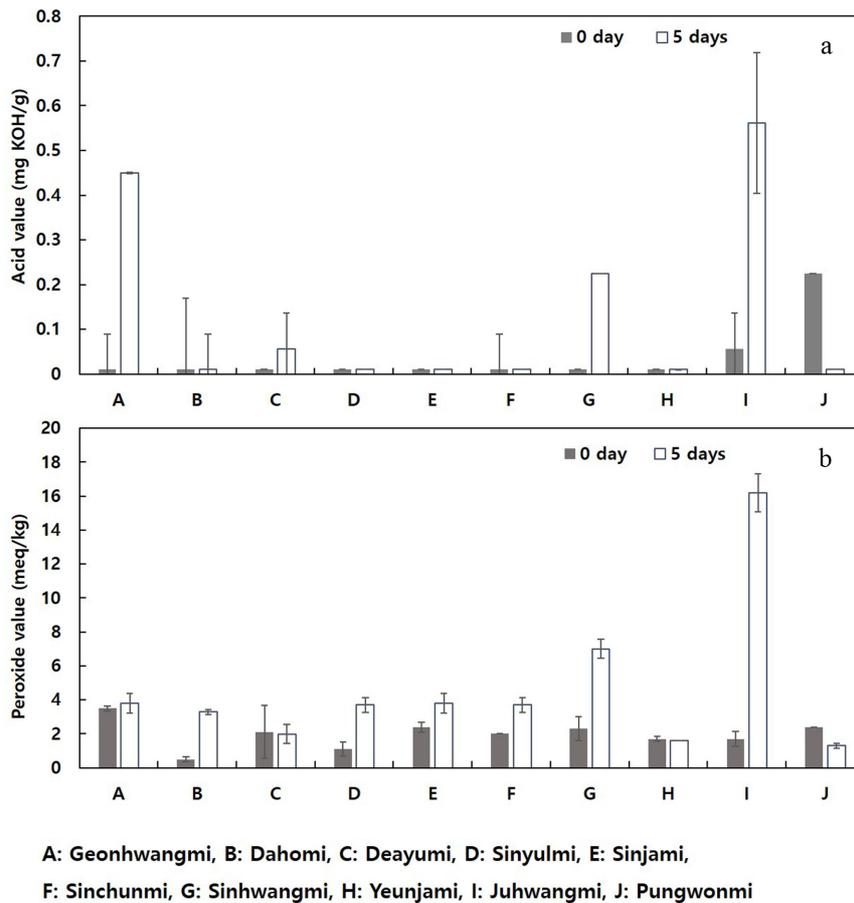


Fig. 2. Oxidative stability changes of sweet potato chips fried from ten different Korean varieties during storage. a: acid value and b: peroxide value.

점수를 얻었으며, 신천미는 3.5점, 주황미는 3.3점으로 가장 낮은 점수를 보였다. 신천미는 향미 이외에 색, 단맛과 고소한 맛에서도 다른 고구마 칩에 비해서 가장 낮은 점수를 보여 고구마 칩을 제조하였을 때 바람직하지 않을 것으로 생각되었다. 주황미는 향미 외에 부서짐성이 2.6점, 바삭함이 2.9점으로 가장 낮은 점수를 나타내 기계적인 결과와 유사하게 텍스처의 품질이 낮음을 확인할 수 있었다. 특히 경도와 부서짐성, 바삭함 등 텍스처 특성에서 신황미도 주황미와 같은 경향을 보였다. 가열 후의 고구마를 텍스처 특성으로 나눌 때 점질 고구마 형태인 주황미와 신황미 품종(unpublished data)으로 제조한 칩의 경도, 부서짐성, 바삭함이 모두 낮아 칩으로서 바람직하지 않은 품종이라고 생각되었다. 바삭함은 신율미 품종이 6.5점으로 가장 높은 점수를 받았고 건황미, 다호미, 풍원미가 높은 경향을 보였다.

고구마 칩의 선호도 평가 결과 모든 항목에서 유의적 차이를 보였는데 외관에서는 풍원미(7.5점)가 가장 높은 점수, 향미에서는 건황미(6.7점)와 다호미(6.8점), 맛에서는 건황미(6.8점)와 풍원미(6.9점)가 가장 높은 점수를 나타냈다. 텍스처 특성은 건황미, 다호미, 신율미, 신자미, 신천미, 풍원미가 높은 점수를 보였으며 낮은 점수를 보인 품종 중에서는 주황미와 신황미, 연자미, 대유미 순으로 점수가 높아지는 경향을 보였다. 고구마 칩의 전반적인 품질에서 풍원미가 7.5점으로 가장 높은 점수를 건황미가 7.1점, 다호미가 7.0점으로 칩의 품질이 우수하다고 평가되어 최근에 개발된 품종 중 풍원미, 건황미 다호미가 칩 제조에 적합한 품종임을 확인하였다. 신황미와 주황미는 고구마 칩의 품종으로

바람직하지 않았으며 연자미와 신율미도 낮은 선호도를 나타냈다. 신천미는 색, 향미와 맛, 신율미는 맛에서, 연자미는 바삭함과 텍스처에서 낮은 점수를 받아 고구마 칩용으로 바람직하지 않았다. 신자미는 자색고구마로 전반적인 품질이 9점 만점에 6.6점으로 칩의 생산도 가능한 품종으로 고려되었다. 대유미는 전분 함량이 높은 품종으로 색에 낮은 점수였지만 6.2점으로, 품질이 우수한 세 품종이 모두 주황색 고구마이므로 크림색 고구마를 사용할 경우에는 고구마 칩 제조가 가능한 품종으로 생각되었다. 위의 결과로부터 고구마 칩 제조에는 풍원미, 건황미, 다호미가 외관, 향미, 텍스처와 전체적인 선호도에서 높은 점수를 나타낼 뿐만 아니라 아크릴아마이드 생성이 매우 적기 때문에 감자 칩을 대체할 고구마칩 제조에 적합한 품종으로 사료되었다.

고구마 칩의 산화안정성

상온에서 5일간 저장한 고구마 칩의 산가와/산값과 과산화물값 결과는 Fig. 2와 같았다. 고구마 칩은 기름에 튀긴 제품으로 지방질의 산화가 일어나면 품질이 저하된다. 튀김유의 종류, 튀기는 시간, 온도, 산소와의 접촉 등의 요인에 의해 산화 정도는 달라지며 산패취 등의 품질 변화가 나타난다(Lolos 등, 1999). 튀기는 과정에서 가열된 기름이 고구마의 수분을 증발시키면서 유지가 흡수되고 가수분해가 일어나 지방산이 생성되면 산가가 증가하게 된다. 산값(acid value)은 유지 1g 중에 존재하는 유리 지방산 함량으로 유리 지방산에 의해 산화가 쉽게 일어날 수 있음을 나타낸다. 다호미, 대유미, 신율미, 신천미, 풍원미, 연자미 신자

미로 제조한 칩의 산가는 저장 5일간 큰 변화 없었다. 반면 주황미, 신황미, 건황미는 산가가 증가하는 경향을 보였다. 주황미는 저장 5일에 0.56 mg KOH/g로 가장 높은 값을 보였다. Park 등(2011)의 연구에서 품종별 고구마 분말의 오일 흡수력을 측정 한 결과 신황미에서 높은 흡수력을 보였고, 신천미와 신울미에서 낮은 흡수력을 보인다고 하였으며 신황미는 수분함량이 높은 고구마로 기름 흡수력과 고구마의 수분함량이 산값에 영향을 주었을 것으로 생각되었다. 반면 안토시아니딘을 함유한 연자미와 신자미는 초기부터 5일까지 0.00 mg KOH/g로 초기 지방산의 분해가 늦어졌는데 자색고구마의 안토시아닌 색소 분자가 페오니딘(peonidin)의 기본구조에 페롤산, 카페산이 다이아실화(diacylation)된 구조를 가지고 있어 안정성이 우수하고 산화방지 능력이 있다는 것과 관련이 있을 것으로 생각되었다(Rhim과 Lee, 2002).

과산화물값(peroxide value)은 산소의 부가반응으로 생성되는 과산화물을 측정하는 방법으로 생성된 과산화물은 반응이 진행됨에 따라 분해가 일어나면서 다시 감소하는 경향을 보인다. 5일 저장한 고구마 칩의 과산화물가는 Fig. 2와 같이 0.50-19.54 meq/kg 위에서 나타났으며, 주황미 칩에서 1.70-19.54 meq/kg로 가장 높은 값을 보였다. 주황미는 카로테노이드를 함유하고 있으며 수분함량이 높고 녹말 함량이 낮아 지방의 산화가 촉진되어 과산화물이 가장 많이 생성되었음을 알 수 있었다. 과산화물값은 모든 품종에서 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며 고구마 칩은 고구마에 함유된 색소와 페놀성 화합물을 많이 함유하므로 산화가 늦게 진행되는 것으로 생각되었다.

요 약

감자칩을 대신할 고구마칩용으로 적합한 품종을 선별하기 위해 고구마 육색이 크림색인 신울미와 신천미, 주황색인 주황미와 신황미, 자색인 연자미와 신자미 및 새롭게 육중한 대유미, 다호미, 건황미, 풍원미로 고구마 칩을 제조하여 아크릴아마이드 함량과 품질 특성을 비교하였다. 고구마 칩의 아크릴아마이드 함량은 연자미(1.07 mg/kg)를 제외하고는 0.48 mg/kg로 낮은 값을 나타냈다($p < 0.05$). 색도는 품종 간에 유의적인 차이를 보였지만 생고구마와 거의 유사하였다. 고구마 칩의 기계적 텍스처 특성치인 경도는 주황미가 482.7 g, 신황미가 490.2 g으로 유의적으로 낮은 값을 보였으며 대유미는 1332.1 g으로 가장 높은 값을 보였고, 깨짐과 부서짐성에서도 주황미와 신황미가 가장 낮은 값 대유미에서 높은 값을 보였다($p < 0.05$). 관능평가 결과 칩의 품질은 경도, 부서짐성과 바삭함 뿐만 아니라 맛과 향미에도 영향을 받았다. 풍원미 칩 품질에 대한 선호도가 유의적으로 가장 높은 점수를 보였고 그 다음은 건황미와 다호미 순이었다($p < 0.05$). 위의 결과로부터 고구마 칩 제조에는 주황색의 풍원미, 건황미, 다호미가 적합한 품종으로 확인되었고, 자색은 신자미, 크림색은 대유미가 칩의 용도로 좋은 점수를 받았다. 고구마칩의 품질이나 산화안정성도 주황미와 신황미가 가장 낮아 칩과 같은 튀김에는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ011332)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Akpanunam MA, Abiante DA. Processing and quality evaluation of sweet potato chips. *Plant Food Hum. Nutr.* 41: 291-297 (1991)
- Anese M, Suman M, Nicoli MC. Acrylamide removal from heated foods. *Food Chem.* 119: 791-794 (2010)
- Bae JO, Lee KJ, Park JS, Choi DS. Preparation of sweet potato Doenjang using colored sweet potato. *Korean J. Food Nutr.* 25: 529-537 (2012)
- Bagdonaite K, Derler K, Murkovic M. Determination of acrylamide during roasting of coffee. *J. Agr. Food Chem.* 56: 6081-6086 (2008)
- Bechoff A, Dhuique-Mayer C, Dornier M, Tomlins KI, Boulanger R, Dufour D, Westby A. Relationship between the kinetics of β -carotene degradation and formation of norisoprenoids in the storage of dried sweet potato chips. *Food Chem.* 121: 348-357 (2010)
- Bechoff A, Westby A, Menya G, Tomlins KI. Effect of pretreatments for retaining total carotenoids in dried and stored orange-fleshed-sweet potato chips. *J. Food Quality* 34: 259-267 (2011)
- Cheon SH, Hwang SJ, Eun JB. Quality characteristics of puffed snacks (Ppeongtuigi) with purple sweet potato flours using different puffing conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 28-33 (2012)
- Hamlet CG, Sadd PA, Liang L. Correlations between the amounts of free asparagine and saccharides present in commercial cereal flours in the United Kingdom and the generation of acrylamide during cooking. *J. Agr. Food Chem.* 56: 6145-6153 (2008)
- Han JM, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Chung HK, Kim CJ. Effects of frying time and temperature on formation of acrylamide and sensory evaluation in French fries. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 471-475 (2009)
- Jang GY, Li M, Lee SH, Woo KS, Sin HM, Kim HS. Optimization of processing conditions and selection of optimum species for sweet potato chips. *Korean J. Food Nutr.* 26: 565-572 (2013)
- Klaunig JE. Acrylamide carcinogenicity. *J. Agr. Food Chem.* 56: 5984-5988 (2008)
- Kim JM, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Chung HK, Kim CJ. Effects of frying time and temperature on formation of acrylamide and sensory evaluation in French fries. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 471-475 (2009a)
- Kim MK, Oh MH, Youn SH, Kim CT, Sung DE, Ham JS, Choi D, Oh S. Acrylamide concentration in domestic foods. *J. Food Hyg. Safety* 24: 238-246 (2009b)
- Kim HY, Park JY, Kim CT, Chung SY, Sho YS, Lee JO, Oh S. Factors affecting acrylamide formation in French fries. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 857-862 (2004)
- Lee JS, Ahn YS, Chung MN, Kim, HS, Jeong KH, Bang JK, Song YS, Shim HK, Han SK, Suh SJ. A new sweetpotato cultivar for use of bioethanol 'Daeyumi'. *Korean J. Breed Sci.* 42:674-678 (2010)
- Lee HU, Chung MN, Lee JS, Song YS, Han SK, Kim JM, Ahn SH, Nam SS, Kim HS, Suh SJ, Park KG. A new sweetpotato variety 'Dahomi' for table use. *Korean J. Breed Sci.* 47: 324-329 (2015)
- Lee J, Oh M, Chang YH, Lee Y, Jin YI, Chang DC, Kin SH, Jeong Y, Kim M. Reduction of acrylamide formation in potato chips fermented by *Bacillus* sp.. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 460-465 (2016)
- Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC. Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 352-359 (1996)
- Lolos M, Oreopoulou V, Tzia C. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants. *J. Sci. Food Agr.* 79: 1524-1528 (1999)
- Mestdagh F, Castelein P, Peteghem CV, Meulenaer BD. Importance of oil degradation components in the formation of acrylamide in fried foodstuffs. *J. Agr. Food Chem.* 56: 6141-6144 (2008)
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Food Code, http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp. Accessed Nov. 13

- 2017.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Official announcement of testing methods for food, etc materials without standard specifications <http://www.mfds.go.kr/index.do?mid=686&seq=2110&cmd=v>. Accessed Dec. 11, 2007.
- Mu TH, Tan SS, Xue YL. The amino acid composition, solubility and emulsifying properties of sweet potato protein. *Food Chem.* 112: 1002-1005 (2009)
- Mucci LA, Wilson KM. Acrylamide intake through diet and human cancer. *J. Agr. Food Chem.* 56: 6013-6019 (2008)
- National Institute of Crop Science (NICS) developing varieties. <http://www.nics.go.kr/api/breed.do?m=100000128&homepageSeCode=nics>. Accessed Dec. 20, 2017.
- Oh HE, Hong JS. Quality characteristics of Sulgidduk added with fresh sweet potato. *Korean J. Food Cook. Sci.* 24: 501-510 (2008)
- Palazođlu TK, Gökmen V. Reduction of acrylamide level in French fries by employing a temperature program during frying. *J. Agr. Food Chem.* 56: 6162-6166 (2008)
- Park JY, Kim CT, Kim HY, Keum EH, Lee MS, Chung SY, Sho YS, Lee JO, Oh S. Acrylamide monitoring of domestic food products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 872-878 (2004)
- Park JY, Kim HY, Lee JO, Chung SY, So YS, Kim CM, Oh S. Preliminary acrylamide monitoring of domestic heat-treated food products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 748-751 (2003)
- Park SJ, Kim JM, Kin JE, Jeong SH, Park KH, Shin M. Characteristics of sweet potato powders from eight Korean varieties. *Korean J. Food Cook. Sci.* 27: 19-29 (2011)
- Ravli Y, Silva P, Moreira RG. Two-stage frying process for high-quality sweet-potato chips. *J. Food Eng.* 118: 31-40 (2013)
- Rhim JW, Lee JW. Degradation kinetics of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato pigment concentrates and a Japanese plum juice based beverage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 238-243 (2002)
- Segnini S, Dejmeck P, Öste R. Relationship between instrumental and sensory analysis of texture and color of potato chips. *J. Texture Stud.* 30: 677-690 (1999)
- Tareke E, Rydberg P, Karlsson P, Eriksson S, Törnqvist. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agr. Food Chem.* 51: 4998-5006 (2002)
- Vinci RM, Mestdagh F, Meulenaer BD. Acrylamide formation in fried potato products -Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chem.* 133: 1138-1154 (2012)
- Yeo S, Yim S, Jin YI, Jin YI, Chang DC, Chang YH, Lee Y, Jeong Y, Kim M. Comparison of reduced acrylamide formation in chips fermented with different cultivar potatoes by *Bacillus subtilis*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 744-750 (2017)
- Yoon H, Jeong O, No J, Kim W, Shin M. Development of sweet potato shaped rice madeira cakes using sweet potato paste with different cultivars. *Korean J. Food Cook Sci.* 33: 78-86 (2017)
- Zamora R, Hidalgo FJ. Contribution of lipid oxidation products to acrylamide formation in model systems. *J. Agr. Food Chem.* 56: 6075-6080 (2008)
- Zyzak DV, Sanders RA, Stojanovic M, Tallmadge DH, Eberhart BL, Ewald DK, Gruber DC, Morsch TR, Strothers MA, Rizzi GP, Villagran MD. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *J. Agr. Food Chem.* 51: 4782-4787 (2003)