pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 6, pp. 477~484 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.6.477

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내 유통 건조 농산물 중 고구마 말랭이의 이산화황, 카로티노이드 함량 및 바실러스 세레우스오염 정도 조사

이현민 · 박현지 · 김지나[1] · 신원선* · 김은미[2]
한양대학교 생활과학대학 식품영양학과, [1]에버민트파트너즈(주), [2]한국식품연구원

Monitoring of Sulfur Dioxide, Carotenoid Contents and *Bacillus cereus* Contamination of Dried Sweet Potato in Circulating Dried Agricultural Products

Hyeon Min Lee, Hyun Ji Park, Ji Na Kim[1], Weon Sun Shin*, and Eun Mi Kim[2]
Dept. of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Hanyang University, Seoul, Korea
[1]Evermint partners, Co., LTD., Seoul, Korea
[2]Korea Food Research Institute, Gyeonggi, Korea
(Received September 8, 2017/Revised October 5, 2017/Accepted November 6, 2017)

ABSTRACT - This study was conducted to investigate the content of sulfur dioxide, carotenoids and the degree of contamination of *Bacillus cereus* in 33 kinds of dried sweet potato from domestic mainly dried agricultural products in Korea. According to the characteristics of dried sweet potato samples, it was classified into four clusters and as a result of analyzing the contents of sulfur dioxide, carotenoids and the degree of contamination *B. cereus* was no significant difference among the clusters. The detection ranges of residual sulfur dioxide from 33 dried sweet potatoes ranged from 0.38 to 28.16 mg/kg, three cases (9.09%) were detected at the reference level of 10 mg/kg or more. But no samples exceeding 30 mg/kg, the tolerance level of sulfur dioxide in dried sweet potatoes were detected. Since dried sweet potato does not have a standard for carotenoids, when comparing the national and international standards of carotenoids, the range of detection of carotenoids in dried sweet potato was 46~2,663 μg/100 g, which was within the reference range of 0~9,826 μg/100 g. In principle colonies suspected to be *B. cereus* in dried sweet potato were not detected. In 7 cases (21.21%), there were detected in the range of 0.05~1.59 log CFU/g but not more than 3 log CFU/g as the reference value. The results of this study are expected to be used as basic data to establish quality standard for dried sweet potatoes. In order to control the quality of dried sweet potatoes in domestic market, raw materials, drying method and packaging after distribution, it is necessary to maintain and maintain the process steadily.

Key words : Dried sweet potato, Chemical-microbiological quality, Sulfur dioxide, Carotenoids, *Bacillus cereus*

고구마(*Ipomoea batatas* L. *(Lam)*)는 세계 전역에 걸쳐 중요한 식량작물중의 하나로 아시아와 아프리카 지역에서 전체 생산량의 95% 가 생산되고 있다[1]. 고구마는 다른 작물에 비하여 열악한 환경에서도 잘 견디어 재배가 용이하며 단위면적 당 수확량이 큰 경제성이 높은 작물이다[2]. 고구마의 영양성분은 대부분 전분으로 이루어져 있으며 식이섬유, 무기질, β-카로틴, 비타민 C 등 건강기능성 성분을 풍부히 함유하고 있다. 고구마는 괴근을 그대로 식용으로 하거나 전분, 분말, 주정, 물엿, 음료, 알코올 생산 원료, 바이오 플라스틱 등 다양한 용도로 이용되고 있다[3].

최근 웰빙 식품, 기능성식품, 다이어트 식품 등의 건강식품에 대한 인식과 관심이 높아지면서 고구마의 국내외 생산과 소비가 증가하고 있으며 우리나라도 고구마 수요 증가로 매년 1.9% 씩 재배면적이 증가하고 있다[3]. 고구마를 이용한 주요 가공품은 면류(9.8%), 조미식품(2.5%), 빵 또는 떡류(2.3%), 다과류(1.5%), 주류(0.7%), 과자류(0.4%) 순으로 이용되고 있고 향후 빵, 잼류, 말랭이제품개발이 요구되고 있는 실정이다. 이에 맞추어 개발 및 판매되고 있는 고구마 말랭이는 특유의 말랑말랑한 질감으로 씹기도 편해 어린이와 노약자들의 건강 간식과 술안주용으로 인기가 높아 시장규모도 계속 커질 것으로 전망되고 있다[4]. 또

*Correspondence to: Weon Sun Shin, Dept. of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Hanyang University, 222, Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea
Tel: 82-2-2220-1204. Fax: 82-2-2220-1856
Email: hime@hanyang.ac.kr

한 식생활의 다양화로 인해 가공식품의 개발이 요구되며 식품에 첨가되는 건조 채소에 대한 관심도 함께 높아지고 있다[5].

채소의 저장성을 높이기 위해 천일 건조 및 열풍 건조 등과 같은 건조 방법을 사용하고 있다. 하지만, 대부분의 채소들은 수확 후에도 계속적인 산화효소들의 활성을 나타내고 있기 때문에 이들을 아무런 처리 없이 그대로 건조하게 되면 제품의 변색 또는 풍미 저하 현상이 일어나거나 조직이 손상되어 제품의 품질이 떨어지게 된다. 따라서 이를 방지하기 위해 공정에서 여러 가지 전처리를 하고 있다. 고구마 또한, 소비자의 편의성을 높이기 위해 건조형태제품으로 개발 및 판매가 이루어지고 있는데, 기존의 건조과일식품의 색깔과 맛을 보호하기 위해 산화방지제(방부제)로 이산화황 등의 합성보존료가 사용되고 있으며, 카로티노이드 및 클로로필과 같은 색소 첨가를 통해 최종제품의 품질을 보존하고있다. 이 중 이산화황은 식품첨가물이지만 천식 환자에게는 미량 섭취 시에도 인체에 유해 하므로 식품공전에 이산화황은 잔류 허용 기준치를 정하고 부적절한 사용을 엄격히 금지하고 있는 실정이다[6].

이와 같이 건조농산물의 안전성을 확보하기 위한 노력에도 불구하고, 생활수준의 향상과 더불어 안전한 먹거리에 대한 국민들의 요구는 갈수록 높아지고 있다. 따라서 소비자에게 정확한 정보를 전달하여 소비자의 불안감해소를 위해 국내 유통 건조 농산물에 대한 안전성을 확보하는 일은 필수불가결한 일이라 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 전국 9개 지역으로부터 생산된 건조 고구마 농산물 제품 33종을 경기지역에서 구입하여, 이화학적 및 미생물학적 품질 특성을 조사하여 다소비 건조 농산물 중 건조 고구마 농산물 제품의 안전성을 평가하여 품질 지표 기준을 설정할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

시료 수집

본 시료들은 2016년 4월부터 5월에 걸쳐 총 33건의 고구마말랭이를 경기지역 소재의 대형 할인 매장, 백화점, 재래시장 및 온라인 마켓 등에서 유통되고 있는 제품을 구입하여 시료로 사용하였다(Table 1).

시료의 전처리

채취된 시료는 고구마말랭이의 잘린 모양에 따라 실험한 세 가지의 함량이 모두 다를 것으로 판단되어 이화학적 분석(이산화황, 카로티노이드 함량 분석 실험)에 사용한 시료와 미생물학적 분석에 사용한 시료로 나누어 균질화를 하였다. 이화학 실험에 사용된 시료는 Mixer (SMFP-30000, Hanil electric Co., Seoul, Korea)에 갈아 균질화 하였고 분석 시까지 폴리에틸렌 소재의 지퍼백(20 cm × 25 cm × 0.05T)에 진공 밀봉하여 라벨을 부착하고 냉동(−18°C 이하) 보관 후 실온에서 해동하여 사용하였다. 미생물 실험에 사용된 시료는 완제품 상태 그대로 멸균된 폴리에틸렌 소재의 지퍼백에 진공 밀봉하여 라벨을 부착하고 분석 시까지 냉동(−18°C 이하) 보관 후 실온에서 해동하여 사용하였다.

이산화황 함량 분석 방법

이산화황 함량 분석은 식품공전의 일반시험법 중 모니어-윌리암스 변법에 따라 분석하였다[6]. 증류플라스크에 증류수 400 mL를 넣고 분액깔때기의 코크를 잠그고 4 N 염산용액(Samchun Co., Pyeongtaek, Korea) 95 mL를 넣어두었다. 냉각기에 냉각수를 공급한 다음 가스주입관을 통하여 질소가스를 0.21 L/min속도로 통과시키고, 수기에 3% 과산화수소용액(Chem. Co., Tokyo, Japan) 30 mL를 넣었다. 15분 후 분액깔때기를 떼어내고 시료 50 g(이산화황으로서 500~1,500 μg 상당량)과 5% 에탄올용액(Samchun Co., Pyeongtaek, Korea) 100 mL를 증류플라스크에 넣은 다음 분액깔때기를 부착한 후 코크를 열어 5 mL가 남을 때까지 증류플라스크에 주입하였다. 1시간 45분 동안 가열한 후, 수기를 떼어내고 가스유도관의 끝을 소량의 3% 과산화수소용액으로 씻어 수기에 옮기고 마이크로 뷰렛을 써서 0.01 N 수산화나트륨용액(Samchun Co., Pyeongtaek, Korea)으로 20초간 지속하는 황색이 될 때까지 적정하여 아래의 (A) 공식에 따라 이산화황의 양을 산출하였다(다만, 10 mg/kg 미만은 불검출). 0.01 N 수산화나트륨용액 1 mL는 이산화황 320 μg에 해당한다.

$$\text{이산화황 농도(mg/kg)} = \frac{320 \times V \times f}{S} \quad \text{(A)}$$

V : 0.01 N 수산화나트륨 용액의 소비량(mL)
f : 0.01 N 수산화나트륨용액의 역가
S : 시료의 양(g)

카로티노이드 함량 분석 방법

카로티노이드 분석은 Rodriguez-Amaya 등의 방법을 변형하여 실험하였다[7]. 시료 5 g과 아세톤(Chem. Co., Tokyo, Japan) 50 mL를 막자 사발에 넣어 10분간 색을 추출하였다. 추출액은 0.45 μm syringe filter (Agela Tech Co., Wilimington, Newark, DE 19808, USA)로 여과하고 시료의 색이 빠질 때까지 적은 양의 아세톤을 넣어 이 과정을 반복하였다. 석유에테르(Samchun Co., Pyeongtaek, Korea) 40 mL가 들어있는 500 mL 분액깔때기에 추출액을 붓고 증류수 300 mL을 분액깔때기의 벽면에 천천히 흘려 보냈다. 두 층으로 분리되면 아래층은 제거하고 증류수 200 mL로 위 과정을 3~4번 반복하여 세척하였다. 마지막 세척이 끝나면 석유에테르로 분액깔때기를 세척하여 카로티노이드가 녹아있는 석유에테르 층을 50 mL 메스플라스크에 적정 하였다. 50 mL로 적정한 석유에테르를 건조 아황산나

Table 1. Classification of dried sweet potato products

Sample No.	Region	Variety	Drying method	Sterilization status	Nitrogen charge status	Weight (g)	Packaged type	Packing capacity	Expiration date (month)
DSP 1[1)]	Gyeonggi-do	SP[2)]	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	200~300	Individual packaging	Small[4)]	1
DSP 2	Gyeonggi-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	100~200	Individual packaging	Small	2
DSP 3	Chungcheongbuk-do	SP	Hot air drying	Sterilization	Nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 4	Gyeonggi-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	200~300	Individual packaging	Small	1
DSP 5	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Sterilization	Nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 6	Jeollabuk-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	100~200	Individual packaging	Small	2
DSP 7	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Sterilization	Nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 8	Gyeonggi-do	SP	Hot air drying	Sterilization	Nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 9	Gyeongsangbuk-do	SP	Far infrared drying	Sterilization	Non-nitrogen charge	100~200	Individual packaging	Small	3
DSP 10	Gyeongsangnam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	3
DSP 11	Chungcheongnam-do	PSP[3)]	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	4
DSP 12	Jeollabuk-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	2
DSP 13	Jeollabuk-do	SP	Cold air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	2
DSP 14	Gyeonggi-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	2
DSP 15	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 16	Jeollabuk-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	2
DSP 17	Gyeonggi-do	PSP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	1
DSP 18	Gyeonggi-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	2
DSP 19	Gyeongsangnam-do	PSP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	1
DSP 20	Gyeongsangnam-do	PSP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	100~200	Individual packaging	Small	2
DSP 21	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	1
DSP 22	Gwangju	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 23	Incheon	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 24	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	3
DSP 25	Chungcheongnam-do	PSP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	3
DSP 26	Chungcheongnam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	3
DSP 27	Chungcheongnam-do	PSP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	3
DSP 28	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 29	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 30	Jeollanam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	6
DSP 31	Chungcheongbuk-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	100~200	Individual packaging	Small	1
DSP 32	Gyeonggi-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	2
DSP 33	Gyeongsangnam-do	SP	Hot air drying	Non-sterilization	Non-nitrogen charge	< 100	Individual packaging	Small	3

[1)] DSP: Dried sweet potato, [2)] SP: Sweet potato
[3)] PSP: Pumpkin sweet potato, [4)] Packing capacity: Small: < 500 g, Middium: 500~1,000 g, Large: 1,000~2,000 kg

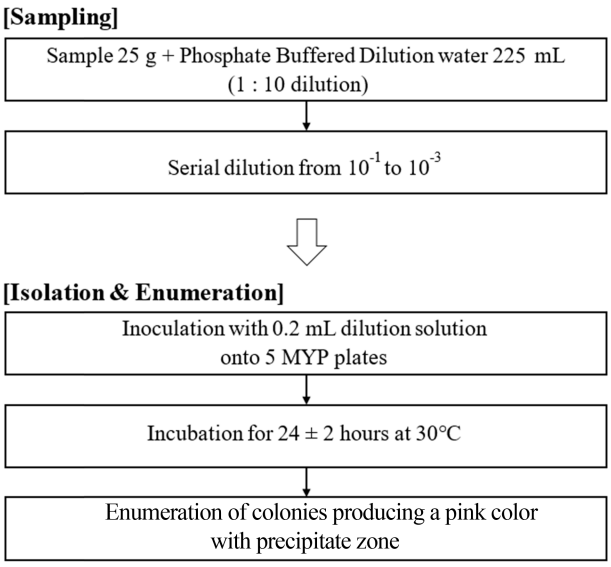

Fig. 1. Flow chart of *Bacillus cereus* detection and counting method.

트륨(Samchun Co., Pyeongtaek, Korea) 10 g을 포함한 필터에 거른 후 석영 큐벳을 이용하여 Spectrophotometer (U-1100, Hitachi, Japan)로 450 nm의 흡광도에서 측정하여 아래의(B) 공식에 따라 카로티노이드 함량을 분석하였다.

$$\text{카로티노이드 함량}(\mu g/g) = \frac{A \times V \times 10^4}{A^{1\%}_{1cm} \times S} \quad (B)$$

A : 540 nm에서의 흡광도

V : 추출액의 총 부피(50 mL)

$A^{1\%}_{1cm}$: 석유 에테르에서의 β-카로티노이드 흡수 계수

바실러스 세레우스 정량 분석 방법

바실러스 세레우스 정량 분석은 식품공전에 제시된 제조방법을 변형하여 의심되는 집락을 계수하는 방법으로 Fig. 1과 같이 분석되었다[6]. 시료 25 g과 멸균인산완충희석액 225 mL를 멸균된 Stomacher bag에 넣어 Stomacher (HBM-400B, Tianjin Hengao Tech Co., Tianjin, China)를 이용하여 2분간 균질화 하였다. 균질화된 시료 원액 0.1 mL를 취해 10^{-1}~10^{-3}까지 10배 단계 희석 용액을 만들고, 희석 용액을 0.2 mL씩 5 plate의 MYP (Mannitol Yolk Polymyxin)에 접종하여 멸균된 스프레드로 분산시켰다. 30°C에서 24 ± 2시간 배양한 후 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 계수하였다. 실험과정에서 사용되는 모든 기구 및 배지는 121°C, 15분간 가압 멸균하여 사용하였다. 정량 실험 시 사용되는 배지는 MYP Agar (Merck, Darmstadt, Germany), Egg yolk Emulsion (Merck, Darmstadt, Germany), *Bacillus Cereus* Selective supplement (Merck, Darmstadt, Germany)를 사용하여 제조하였다. 시료를 희석할 때 사용한 멸균인산완충희석액은 식품공전에 제시된 시액의 제조방법을 따라 제조하여 사용하였다.

통계분석

본 실험에서 이산화황 및 카로티노이드 함량 분석의 결과는 3회, 바실러스 세레우스 정량 분석 결과는 2회 반복 측정한 평균값을 이용하여 통계 분석에 사용하였다. 모든 통계프로그램은 SPSS ver. 12.0 (SPSS inc, Chicago, IL, USA)와 XLSTAT (Paris, France)를 이용하여 분석하였으며 일원배치분산분석(One-way ANOVA), 독립 두 표본 평균 검정(Independent sample t-test), 군집분석(Cluster Analysis)을 실시하였다. 시료 간의 군집분석은 빈도분석(Frequency analysis)을 실시하여 빈도(n) 및 백분율(%)을 구하였고, 시료의 지역적 특성과 제조방법, 유통기한, 용량, 살균 여부, 재료와의 관련성을 살펴보기 위해 대응일치분석(Correspondence Analysis)을 실시하였다. 데이터는 평균과 표준편차(Mean ± SD)로 나타내었으며 각 시료 간의 유의적 차이는 Duncan's Multiple Range Test를 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

Results and Discussion

고구마 말랭이의 군집분석 결과 및 분석

군집분석(Cluster Analysis)은 각 시료 간의 유사도에 근거하여 개체들은 미지의 군집을 형성하고, 형성된 군집의 특성을 분석함으로써 각 군집간의 관계를 분석할 수 있다[8]. 고구마말랭이의 제조원에 따른 세분 집단을 구분하기 위하여 군집분석을 실시하였고 이러한 고구마말랭이의 세분 집단간의 관계를 시각적으로 요약하기 위하여[9] 대응일치분석(Correspondence Analysis)을 실시하였다.

Table 1에 분류되어 있는 고구마말랭이 33개의 군집분석 결과 4개의 군집으로 나누어 졌는데(Fig. 2), 제 1군집은 전라북도, 충청북도, 경기도에서 제조된 14개의 시료로 전체의 42.4%에 해당되며 냉풍 건조, 1~2개월의 유통기한, 100~300 g의 포장 용량, 개별포장 그리고 일반고구마로 제조한 것이 특징적인 집단으로 나타났다. 제 2군집은 인천광역시, 광주광역시, 전라남도, 경상남도에서 제조된 14개의 시료로 전체의 42.4%에 해당되며 열풍 건조, 6개월의 유통기한, 100 g 미만의 포장 용량, 무 질소 충전, 무 살균처리 그리고 소포장 형태로 판매되는 것이 특징적으로 나타났다. 그 다음 군집들은 비교적 작은 집단으로 군집화 되었는데, 제 3군집은 충남에서 제조된 4개의 시료로 전체의 12.2%에 해당되며 3~4개월의 유통기한, 호박고구마로 제조한 것이 특징인 집단이며, 제 4 군집은 경북에서 제조된 1개의 시료로 전체의 3.0%에 해당하였고 원적외선 건조, 살균 처리를 한 것이 특징인 집단으로 나타났다.

고구마말랭이의 시료의 특징에 따라 분류된 4가지 군집간의 이산화황, 카로티노이드 및 바실러스 세레우스 함량에 대한 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만 군집분석은 실용적 측면에서 군집의 개수를 정하는 데에 있어

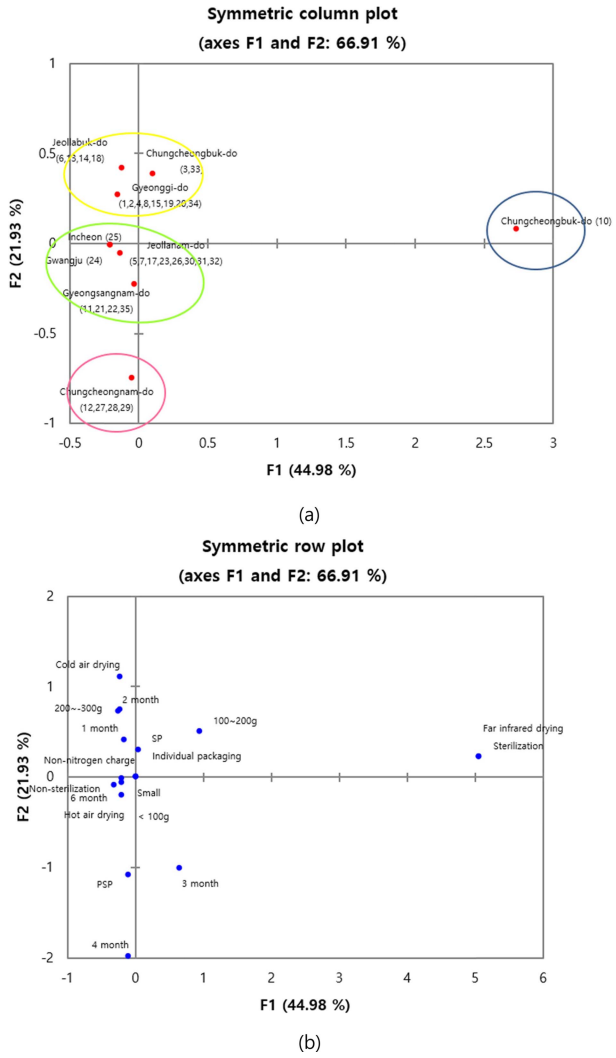

Fig. 2. Correspondence analysis of the relationship between (a) the characteristic of dried sweet potato sample and (b) the corresponding samples.

중요한 작업이지만 적절한 군집의 개수를 정하는 것은 아직 명확한 기준이 없어 연구자의 해석에 따라 차이를 가질 수 있다[10].

이산화황 함량 측정 결과

아황산염류는 식품 첨가제로서 주로 식품 내 효소에 의한 갈변 현상의 방지, 산화방지제 및 환원제, 각종 미생물에 대한 식품의 변질을 방지하는 효과를 목적으로 사용되며, 주로 효소 및 비 효소적 갈변 현상 저해제 및 항균제로 사용되고 있다[11].

국내 유통 고구마말랭이 33가지 시료에 대한 이산화황 함량은 Table 2에 나타내었다. 33개의 고구마말랭이에서의 잔류 이산화황 검출 범위는 0.38~28.16 mg/kg로 나타났으며, 식품공전에서 고시한[6] 잔류 허용 기준치(30 mg/kg)를 초과하는 시료는 나타나지 않았다.

Table 2. The contents of SO_2, carotene and *Bacillus cereus* in sample

Sample no.	SO_2 (mg/kg)	Carotenoids (μg/g)	*Bacillus cereus* (log CFU/g)
DSP 1[1)]	0.38 ± 0.00[2)]	1.87 ± 0.02	ND[3)]
DSP 2	0.77 ± 0.00	1.94 ± 0.02	ND
DSP 3	2.30 ± 0.00	6.97 ± 0.05	1.59 ± 0.83
DSP 4	1.15 ± 0.00	5.04 ± 0.09	ND
DSP 5	0.77 ± 0.00	9.46 ± 0.06	ND
DSP 6	1.54 ± 0.00	2.08 ± 0.01	ND
DSP 7	0.77 ± 0.00	4.78 ± 0.01	1.28 ± 1.81
DSP 8	1.15 ± 0.00	5.26 ± 0.03	ND
DSP 9	1.15 ± 0.00	2.90 ± 0.02	0.50 ± 0.71
DSP 10	2.30 ± 0.00	5.48 ± 0.01	ND
DSP 11	24.45 ± 0.23	0.46 ± 0.01	ND
DSP 12	0.77 ± 0.00	6.75 ± 0.02	ND
DSP 13	0.77 ± 0.00	0.80 ± 0.00	0.65 ± 0.92
DSP 14	0.77 ± 0.00	0.75 ± 0.00	ND
DSP 15	1.92 ± 0.00	12.26 ± 0.02	ND
DSP 16	1.15 ± 0.00	9.44 ± 0.02	ND
DSP 17	1.15 ± 0.00	8.23 ± 0.04	ND
DSP 18	0.77 ± 0.00	2.69 ± 0.02	0.50 ± 0.71
DSP 19	8.19 ± 0.23	5.95 ± 0.06	ND
DSP 20	3.20 ± 0.23	20.20 ± 0.04	0.50 ± 0.71
DSP 21	6.78 ± 0.22	4.31 ± 0.02	ND
DSP 22	7.93 ± 0.22	4.88 ± 0.02	ND
DSP 23	0.90 ± 0.22	13.25 ± 0.02	ND
DSP 24	3.46 ± 0.00	4.00 ± 0.00	ND
DSP 25	0.77 ± 0.00	14.75 ± 0.02	ND
DSP 26	1.15 ± 0.00	26.07 ± 0.02	ND
DSP 27	11.65 ± 0.22	15.21 ± 0.02	ND
DSP 28	1.92 ± 0.00	6.80 ± 0.02	ND
DSP 29	1.54 ± 0.00	20.76 ± 0.08	ND
DSP 30	0.77 ± 0.00	16.13 ± 0.06	ND
DSP 31	2.43 ± 0.23	26.63 ± 0.02	1.00 ± 1.41
DSP 32	0.77 ± 0.00	3.71 ± 0.02	ND
DSP 33	28.16 ± 2.21	5.82 ± 0.00	ND
Total mean ± SD	3.75 ± 6.39	8.35 ± 7.12	0.42 ± 0.89

[1)]DSP: Dried sweet potato
[2)]The values are means ± SD
[3)]No colonies detected

식품공전의 잔류 이산화황 불검출의 범위는 10 mg/kg으로 고시되어 있는데[6] 33개의 고구마말랭이 중 3건(DSP 11, 27, 33)을 제외한 잔류 이산화황 함량은 불검출(10 mg/kg 미만)로 나타났으며, 건조 과채류의 안전실태조사에 대한 데이터[12] 와 비교했을 때 본 실험의 데이터와 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만33개의 고구마말랭이 중 3건(DSP 11, 27, 33)의 잔류 이산화황 검출량은 불검출 기준 함량보다 높게 측정되었는데, 식품공전에서 고시한 이

산화황 허용 기준인 30 mg/kg을 초과하지는 않아 잔류 이산화황에 대한 안전성은 확보되어 있는 것으로 평가된다[6].

하지만, 이산화황은 건강한 사람의 경우에는 큰 영향을 주지 않지만, 천식환자 등에게는 치명적일 수 있으므로 주의가 요구된다[13]. 미국 FAO/WHO는 아황산염류의 1일 섭취 허용량(Acceptable Daily Intake; ADI) 을 SO_2 기준으로 0~0.7 mg/kg body weight 로 설정하고 있다[14]. 또한 FDA 에서는 1986 년부터 아황산염류에 과민 증상을 나타내는 사람들이 아황산염류를 포함 한 음식을 모르고 섭취하였을 때 그에 따른 위험성을 최소화하기 위하여 1986 년 8 월 신선한 과일 및 채소류에 대한 아황산염의 사용을 GRAS[15] 목록에서 취소하였다. 또한 1987 년 1월부터는 아황산에 민감한 소비자를 보호하기 위해 아황산염을 10 mg/kg 이상 함유하는 가공식품에는 잔류량을 표시하도록 의무화하였다[16]. 이에 우리나라에서도 단순가공식품의 잔류 아황산염이 10 mg/kg 이상일 경우 표시를 의무화하여 소비자에게 정확한 정보를 제공할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

카로티노이드 함량 측정 결과

고구마는 카로티노이드와 플라보노이드 등의 기능성 성분이 있으며[17] 유색 고구마와 같이 고구마의 기능성을 향상시킨 새로운 품종이 개발, 생산되면서 영양성과 함께 기능성을 갖춘 건강기능식품으로 주목되고 있다[18]. 카로티노이드계 색소는 체내에 흡수되어 비타민 A로 전환되는 전구 물질로 항암, 항산화 작용 등의 기능이 있으며, 카로티노이드계 항산화 영양소는 활성 산소의 생성을 억제하여 세포를 보호할 뿐 아니라 심혈관 질환, 노화 방지 등에도 도움이 된다[19]. 반면 결핍 시에는 야맹증 등의 시력 이상을 초래할 수 있는데[20], WHO에서는 전 세계적으로 2억 3천만명 아이들이 비타민 A결핍이며 그 중 11년에 백만명이 실명 또는 사망에까지 이르는 것으로 파악된다고 보고하였다[14].

본 실험에서 검출된 33개의 고구마말랭이에서 검출된 카로티노이드 함량의 범위는 46~2663 μg/100 g로 고구마(Sweet potato, Raw)의 카로티노이드 함량(0~9826 μg/100 g)[21] 보다는 낮게 측정되었다. 이러한 감소 현상은 황색 고구마를 삶거나, 찌거나, 유탕 처리 하였을 때 원료고구마의 카로티노이드 함량이 감소되었다는 선행연구결과[22,23]와 같이 고구마를 찜기에 익힌 후 건조시키는 과정 중에 카로티노이드가 많이 손실된 것으로 판단되었다.

열풍 건조는 가열된 저장고 안에 농산물을 넣거나 뜨거운 공기를 넣어 주는 방법으로 공기가 순환되며 열을 고르게 가해 줄 수 있으며 과일, 채소류의 표면이나 표피 안에 잠재적으로 존재하는 곰팡이의 증식을 억제하고 저온장해와 품질 변화를 방지하는 효과가 있다[23]. 최근에는 원적외선을 이용한 건조가 열풍 건조에 비하여 좋은 건조 효과를 나타내며[24], 건조 중 수분 확산이 용이한 것으로 알려져 있고[25] 열 전달 효과[26]도 우수한 것으로 보고되었다. 냉풍 건조는 상온 이하의 온도에서 제습에 의해 건조하는 방법으로 열에 의한 원료의 성분의 파괴가 적고, 광화학 반응에 의한 변색을 방지할 수 있으며 천일 건조에 비해 건조 시간이 짧다는 장점이 있다[27].

하지만 건조 방법에 따른 카로티노이드 함량(Table 1, 2)의 유의적인 차이는 나타나지 않았는데, 이는 일반적으로 카로티노이드는 고온에서의 조리 시간이 길고 음식물을 잘게 절단하는 경우에 많이 감소하므로 고구마말랭이를 제조하는 동안에 카로티노이드의 손실이 많이 일어난 것으로 사료된다. 또한, 천일 건조에 비하여 열풍 건조 방법이 균일하고 신속하게 건조할 수 있는 방법으로 많이 사용하고 있으나, 전처리 과정과 건조 조건에 의해 제품 자체의 변화와 풍미 저하 현상 및 조직이 손상되므로 원료에 적합한 건조 조건이 필요할 것으로 사료되었다[28].

품종에 따른 카로티노이드 함량의 유의적인 차이(Table 1, 2)가 나타나지 않은 이유는 Rodriguez-Amaya, Kimura[7] 등이 보고한 카로티노이드 함량이 시료의 성장 조건, 성숙단계, 수확 및 수확 후 처리, 공기 및 토양의 온도, 수분 및 저장기간 등에 따라 달라질 수 있다는 내용과 연관이 있을 것으로 사료되었다.

한국인 영양섭취기준에 따르면 비타민 A(μg RAE)의 상한섭취량은 3,000 μg RAE/일 로 설정되어 있지만 비타민 A전구체가 많이 함유된 채소, 과일 등의 섭취량이 적어 현재 비타민 A의 섭취 실태가 매우 불량한 것으로 평가된다[29]. 비타민 A가 부족하면 피부 점막에서 점액 분비가 감소 하여 결국에는 건성 피부와 노화를 초래하게 되므로[30] 비타민 A의 전구체인 카로티노이드의 손실률을 줄이기 위해 건조 온도, 건조 방법, 건조 시간 등에 대한 기초연구가 더 많이 진행되어 최종적으로 식품의 건조 방법의 기준이 확립되어야 할 것으로 사료되었다. 또한 건조 식품 제조 시 손실된 카로티노이드를 제조 후에 첨가하거나 약품처리를 할 수 있기 때문에 건조 식품 제조업체에 대한 실사 조사도 함께 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

바실러스 세레우스 정량 시험

국내 유통 중인 고구마말랭이의 바실러스 세레우스의 오염 정도를 파악하기 위하여 33가지 고구마말랭이에 대해 정량 시험을 한 결과 Table 2와 같다. 현재 국내 기타식품류의 생식류 또는 즉석 섭취・편의식품류의 바실러스 세레우스 정량 기준은 1 g 당 1,000 이하(≤ 3 log CFU/g)로 기준을 설정하고 규제하고 있다[6]. Table 2에서 보는 바와 같이 33가지의 고구마말랭이 시료에서 바실러스 세레우스로 추정되는 집락이 대체적으로 검출이 되지 않았으며 총 7가지의 시료(DSP 3, 7, 9, 13, 18, 20, 31)에서만 0.50~1.59 log CFU/g 범위의 수준으로 검출되었다. 즉, 국내 유통 중

인 33가지의 고구마말랭이 시료는 기준치 3 log CFU/g 미만으로 검출되어 바실러스 세레우스에 대한 안전성은 확보되어 있는 것으로 평가된다.

하지만 바실러스 세레우스는 토양 상재균으로 자연계에 널리 분포하고 있다. 그리하여 바실러스 세레우스로 인한 식중독의 원인 식품은 자연적으로 토양과 밀접한 관계가 있는 식품 원재료와 그 가공 조리 식품이다[31]. 그러므로 곡류를 포함한 농작물과 채소 등은 이 균에 쉽게 오염되어 있다[32]. 바실러스 세레우스의 균 자체는 63°C에서 30분, 100°C에서 1분 이내에 사멸이 가능하지만 135°C에서 4시간 동안 가열하여도 견딜 수 있는 내열성이 높은 포자를 형성하는 균이며 음식물에서 쉽게 포자를 형성한다[33]. 즉, 바실러스 세레우스의 포자가 가열공정에서 생존할 수 있는 가능성이 높다는 것을 뜻한다.

국내 유통 중인 33가지의 고구마말랭이의 건조 방법 및 살균 여부는 Table 1과 같다. 건조 방법은 열풍 건조, 냉풍 건조, 원적외선건조 크게 3가지로 나눠지며 그 중 냉풍 건조 1개, 원적외선건조 1개 그리고 그 외 31개의 시료는 열풍건조이다. 또한, 살균 여부는 33개 중 5개를 제외한 그 외 모든 시료들은 살균을 하지 않고 유통되고 있는 제품들이다. 고구마말랭이의 모든 시료가 국내 바실러스 세레우스의 기준치 미만으로 검출이 되었지만, 잠재적으로 바실러스 세레우스의 포자에 의한 위험성이 존재할 수 있으므로 원재료부터 건조 방법 그리고 포장 후 유통까지 안전하게 공정 과정이 진행되도록 지속적인 관리 및 유지를 해야 될 것으로 판단되었다.

Acknowledgement

본 연구는 2016년 한국식품연구원 연구(과제번호: E016-4600-01)의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내 유통되고 있는 건조 농산물 중 33종의 고구마말랭이에 대하여 이산화황, 카로티노이드 함량 및 바실러스 세레우스 오염 정도를 조사하였다. 고구마말랭이의 시료별 특징에 따라 4가지의 군집으로 분류하여 각 군집간의 이산화황, 카로티노이드 함량 및 바실러스 세레우스 함량을 조사한 결과, 각 군집간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 33개의 고구마말랭이에서 잔류 이산화황이 검출 범위는 0.38~28.16 mg/kg으로 기준인 10 mg/kg 이상으로 검출된 경우는 3건(9.09%) 이었지만, 고구마말랭이의 이산화황 잔류 허용 기준치인 30 mg/kg을 초과하는 시료는 나타나지 않았다. 고구마말랭이는 카로티노이드에 대한 규격 기준이 없으므로 카로티노이드의 국・내외 기준을 비교하였을 때, 본 실험에서 검출된 고구마말랭이의 카로티노이드 검출 범위는 46~2663 μg/100 g 로 카로티노이드의 함량 기준인 0~9,826 μg/100 g 의 범위 내로 확인되었다. 고구마말랭이 시료에서 바실러스 세레우스로 추정되는 집락은 대체적으로 검출되지 않았으며 7건(21.21%)에서만 0.05~1.59 log CFU/g 범위로 검출되었지만 국내 기준치인 3 log CFU/g 은 넘지 않는 것으로 확인되었다. 본 연구결과는 건조 농산물 중 고구마말랭이에 대한 기준규격 제정 시 품질 지표 기준으로 설정할 수 있는 기초자료로서 활용될 것으로 판단되며 국내 유통중인 고구마말랭이에 대한 품질 관리를 위해서는 원재료부터 건조 방법 그리고 포장 후 유통까지 안정하게 공정 과정이 진행되도록 지속적인 관리 및 유지를 해야 될 것으로 사료된다.

References

1. Woolfe J.A.: Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge University Press (1992).
2. Ravindran V., Ravindran G., Sivakanesan R., Rajaguru S.: Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J. Agric. Food Chem.*, **43**(10), 2646-2651 (1995)
3. Lee J.S., Ahn Y.S., Kim H.S., Chung M.N., Jeong B.C.: Making techniques of hight quality powder in sweetpotato. *Korean J.Crop Sci*., **51**(1), 198-203 (2006).
4. Lee J.H., Jung K.H., Jeon M.H., Park I.T.: NEXT Agriculture, the future of well-being sweet potatoes. (2015).
5. Kim S.D., Kim B.S., Park S.G., Kim M.S., Cho T.H., Han C.H., Jo H.B., Choi B.H.: A study of current status on pesticide residues in commercial dreid agricultural products. *Food Sci. Biotechnol*., **39**(2), 114-121 (2007).
6. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS): www.foodsafetykorea.go.kr (2015).
7. Rodriguez-Amaya D.B., Kimura M..: HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. 2nd edition, (2004).
8. Rhee S.S.: A study on the number of clusters in cluster analysis. *J. Appl. Sci. Tech*., **6**(1), 217-229 (1997).
9. Gwak M.J., Chung S.J., Kim Y.: Sensory drivers of liking for adlay (*Coix lacryma-jobi*) tea. *Korean J. Dietary Culture.,* **27**(5), 512-520 (2012).
10. Kim K.Y., Jeon M.S.: Statistics institute statistical analysis lecture (1990).
11. Ham H.J., Kim M.S., Choi B.H., Kim M.H.: Sulfites contents survey on dried marine products in market. *J. Food Hyg. Saf.,* **14**(4), 380-385 (1990).
12. Korea Consumer Agency: Survey on the actual condition of dried fruits and vegetables. 18-19 (2015)
13. Oh C.H.: Food Safety Assurazncе of imported agricultural products. *Korean J. Rural Med.*, **31**(1), 63-79 (2006).
14. Hansen S.C.: Conditions for use of food additives based on a budget for an acceptable daily intake. *J. Food. Prot.,* **42**(5), 429-434 (1979).
15. Gad, S.E., Sullivan, D.W.: *Generally Recognized as Safe (GRAS)* (2014).

16. Code of federal regulations.: Washington, DC: US Government Printing Office., **10** (2014).
17. Ahn Y.O., Kim S.H., Lee H.S., Lee J.S., Ma D., Kwak S.S.: Contents of low molecular weight antioxidants in the leaves of different sweetpotato cultivars at harvest. *J. Plant biotechnology.,* **36**(3), 214-218 (2009).
18. Lee Y.M., Bae J.H., Kim J.B., Kim S.Y., Chung M.N., Park M.Y., Ko J.S., Song J., Kim J.H.: Changes in the physiological activities of four sweet potato varieties by cooking condition. *Korean J. Nutr.*, **45**(1), 12-19 (2012).
19. Kim M.H., Lee W.M., Lee H.J., Park D.K., Lee M.H., Youn S.J.: Quality characteristics of the flesh and juice for different varieties of sweet pumpkins. *Korean J. Food Preserv.,* **19**(5), 672-680 (2012).
20. Choi M.D.: Best Health Food BEST 7 Recommended by Korea skilled doctor. *Magazine of the SAREK*., **43**(10), 92-95 (2014).
21. Table F.C.: National Rural Living Science Institute (RDA). *Narional Rural Living Science Institute*, 138-139 (2011).
22. Van Jaarsveld PJ., Harmse E., Nestel P., Rodriguez-Amaya DB.: Retention of β-carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. *J. Food Comp. Anal.,* **19**(4), 321-329 (2006).
23. Bengtsson A., Namutebi A., Alminger ML., Svanberg U.: Effects of various traditional processing methods on the all-trans-β-carotene content of orange-fleshed sweet potato. *J. Food Comp. Anal*., **21**(2), 134-143 (2008).
24. Lin Y.P., Tsen J.H., King V.A.-E.: King, Effects of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato. *J. Food. Eng*., **68**(2), 249-255 (2005).
25. Afzal T.M., Abe T.: Diffusion in potato during far infrared radiation drying. *J. Food. Eng.*, **37**(4), 353-365 (1998).
26. Sheridan P., Shilton N.: Application of far infra-red radiation to cooking of meat products. *J. Food. Eng.*, **41**(3), 203-208 (1990).
27. Hong J.H., Bae D.H., Lee W.Y.: Quality characteristics of dried squid (*Todarodes pacificus*) by cold air drying process. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **38**(5), 635-641 (2006).
28. Ku K.H., Lee K.A., Kim Y.S., Lee Y.W.: Quality characteristics of hot-air dried radish (*Raphanus sativus* L.) leaves. *Korean J. Nutr.*, **35**(6), 780-785 (2006).
29. Ministry of Health & Welfare.: *Dietary Reference Intakes For Koreans.,* 240-276 (2015).
30. Hong Y.H., Kim Y.S., Lee S.N.: Vitamins and Minerals Deficiency Effects on Skin Health. *J. Soci. Aesth. Cosmet.,* **10**(4), 747-756 (2012).
31. Peng H., Ford V., Frampton E.W., Restaino L., Shelef LA., Spiz H.: Isolation and enumeration of *Bacillus cereus* from foods on a novel chromogenic plating medium. *J. food mic*., **18**(3), 231-238 (2001).
32. Jo M.J., Jeong A.R., Kim H.J., Lee S.R., Oh S.W. Kim Y.J., Chun H.S., Kee M.S.: Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**(1), 91-97 (2011).
33. Kim M.K., Choi J.C.: Biotoxins Involved in Foodborne Disease and Their Control Enterotoxins and Emetic Toxin of *B. cereus*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **42**(2), 2-19 (2009).