

원적외선으로 구운 군고구마의 품종별 냉·해동 후 품질 특성

장귀영¹ · Li Meishan¹ · 이상훈¹ · 우관식² · 신현만³ · 김홍식⁴ · 이준수¹ · 정현상^{1†}

¹충북대학교 식품공학과, ²국립식량과학원 기능성작곡과

³충북농업기술원 작물연구과, ⁴충북대학교 식물자원학과

Quality Characteristics of Sweet Potato Varieties Baked and Freeze Thawed

Gwi Yeong Jang¹, Meishan Li¹, Sang Hoon Lee¹, Koan Sik Woo², Hyun Man Sin³,
Hong Sig Kim⁴, Junsoo Lee¹, and Heon Sang Jeong^{1†}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Gyeongsang 627-803, Korea

³Dept. Crop Science, Chungbuk Agricultural Research and Extension Service, Chungbuk 363-880, Korea

⁴Dept. of Crop Science, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

We investigated the quality characteristics of sweet potatoes [*Shinyulmi* (SM), *Yeonhwangmi* (HM) and *Yunmi* (YM) variety] baked and subsequently freeze thawed. Baking was performed with a far infrared radiation oven at 250°C for 40 minutes. Baked sweet potatoes were frozen at -18°C for 30 days, and thawed by a microwave oven for 3 minutes. The crude fat and protein content of HM were higher than the SM and YM varieties. Total sugar, reducing sugar, and free sugar content were increased after baking. Lightness, redness, and yellowness, as well as content of β -carotene, decreased after baking and freeze-thawing. Hardness, gumminess, and cohesiveness decreased during thawing after freezing, except for the YM variety. In a sensory evaluation, appearance, flavor, sweetness and overall acceptance were higher from baking and freeze-thawing the SM variety, instead of the HM and YM variety. From the results, the SM variety is preferred for the production of baked sweet potatoes.

Key words: sweet potato, far-infrared radiation, baking, thawing after freezing, quality characteristics

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 메꽃과에 속하는 쌍떡잎 식물로 식용으로 사용되며, 단위면적당 수확량이 많고 열악한 환경조건에서도 다양한 목적으로 재배되어 경제성이 높은 작물로 말레이시아, 중국 일부 지방에서 고구마를 샐러드나 채소, 사료 등으로 이용되고 있다(1,2), 식용 이외에 전분, 주정, 장류 및 약품 등의 원료로 사용되며, 고형분의 80~90%가 전분으로 이루어져 있어 전분을 원료로 하는 제품의 생산에 널리 이용되고 있다(3).

고구마는 식량이 부족할 때 괴근을 식량으로서 이용하여 왔으나 경제성장과 함께 재배면적이 감소되어 왔다. 그러나 90년대 이후 건강식품에 대한 소비자의 요구에 맞추어 베타카로틴과 식이섬유를 함유한 고구마의 기능성이 알려지면서 소비량이 2006년에 28.6만 톤이었던 것이 2008년에는 32.9만 톤으로 증가하였으며(4), 주요 생산지는 익산, 김제, 해남, 무안, 여주, 이천 지역이고 40여종 이상의 품종이 재배되고 있으며, 품종에 따라 폴리페놀, 플라보노이드, 식이섬

유함량과 색의 차이가 많은 것으로 알려져 있다(5). 고구마에 대한 연구는 1960년대 이화학적 성분 및 저장 중 품질 변화에 관한 연구가 주를 이루었고, 1990년대에는 고구마 및 유색고구마를 이용한 가공식품에 대한 연구가 진행되었다(6). 고구마 가공에 대한 연구로는 자색고구마 분말을 첨가한 팽화과자와 양갱 제조특성(7,8), 황색고구마 푸레의 품질과 carotenoid 색소 함량(9), 증질간 호박고구마의 냉풍건조조건 최적화(10), 온풍건조에 따른 물리적 특성과 기호도 조사(11), 반응표면분석법을 이용한 최적 진공건조조건 설정(12), 건조방법에 따른 고구마 분말의 특성 변화(13) 그리고 유당처리 고구마의 수축 및 물리적 특성에 대한 전처리 효과(14) 등에 대한 연구가 보고되었다.

고구마는 건조, 증숙, 삶기, 유당 및 굽기 등 다양한 방법으로 가공되어지며, 굽기나 건조 과정에서는 원적외선이 많이 사용되고 있다. 원적외선을 이용한 고구마의 건조가 열풍건조에 비하여 좋은 건조효과를 나타내며(15), 건조 중 수분확산이 용이한 것으로 알려져 있고(16), 조리에서의 열전달 효과(17)와 해동효과(18)도 우수한 것으로 보고되었다. 그러나

†Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

식품의 내부까지 균일한 열전달이 가능한 원적외선을 이용한 군고구마에 제조에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 원적외선을 사용하여 품종별 냉동 군고구마를 제조하고, 품질 특성을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 고구마는 신율미, 연황미 및 연미로 황색을 띄는 3개 품종으로 충북 청원에서 2011년에 재배된 것을 시료로 사용하였다. 고구마는 흐르는 물에 깨끗이 세척하고 상온에서 건조하여 표면의 수분을 제거한 다음 사용하였다.

고구마의 일반성분 및 식이섬유

군고구마의 제조를 위한 원료고구마의 일반성분은 AOAC 방법에 따라 정량하였다(19). 수분은 105°C 상압건조법으로 측정하였으며 조단백질은 semi-micro Kjeldhal 방법으로 측정하였고 조지방은 Soxhlet 방법으로 측정하였으며, 조회분은 550°C 직접회화법으로 측정하였다. 식이섬유는 total dietary fiber assay kit(Megazyme, Bray, Ireland)를 사용하여 측정하였다. 즉, 하나의 품종당 두 개의 시료를 각각 준비하여, 시료 1 g에 MES/TRIS buffer를 각 40 mL 첨가하고 α -amylase 50 μ L를 첨가하여 water bath 95°C에서 30분간 효소분해 후 60°C로 냉각하고, protease solution을 100 μ L 첨가하여 60°C에서 30분간 효소분해 하였다. 다시 pH 4.50으로 조정하여 amyloglucosidase 100 μ L를 첨가하여 60°C에서 30분간 분해 후, 60°C의 ethanol 190 mL를 가하고 1시간 교반하여 실온에서 냉각하였다. 그 후 glass filter에 분해된 시료를 여과하고 두 개의 glass filter 중 하나는 105°C 건조기에서 건조하여 잔사량을 구하고 단백질 함량을 측정하였으며, 남은 하나는 회화하여 조회분 함량을 측정하여 잔사량으로부터 단백질 및 조회분의 함량을 제외한 무게를 식이섬유로 하였다.

군고구마 및 냉동 군고구마 제조

군고구마 제조에 적합한 굵기 온도를 결정하기 위하여 세척한 연황미를 상온에서 건조하여 표면의 수분을 제거 후 원적외선오븐(Rs-1, CRE CHEF, Gyeonggi-do, Korea)으로 굵기를 실시하였다. 굵기 온도는 예비실험을 통하여 250°C를 초과한 온도에서는 탄화에 의해 식품으로 섭취하기에 부적절하여 탄화가 발생하지 않는 온도 범위인 200, 230 및 250°C로 설정하였으며, 동일 시간에서 굵기 온도 차이에 따른 기호도 차이를 확인하기 위하여 굵는 시간을 40분으로 고정하여 구운 후 상온에서 냉각한 다음 풍미(flavor), 감미(sweetness), 씹는 동안의 조직감(tactile sensation during mastication) 및 전반적 기호도(overall acceptance)에 대한 관능검사를 실시하여 굵기 온도를 결정하였다. 평가는 선호하는 순서에 따라 1위에서 3위까지 순위를 결정하도록 하였으며,

결과는 순위의 평균값으로 나타내었다. 관능평가를 통하여 선정된 굵기 조건(250°C, 40 min)에서 신율미, 연황미 및 연미의 3개 품종을 세척 및 표면 건조 후 원적외선오븐으로 구운 다음 상온에서 냉각한 후 시료로 사용하였다. 냉동 군고구마는 원료고구마를 군고구마와 동일한 조건(250°C, 40 min)에서 구운 후 -18°C에서 내부온도를 10°C까지 예냉한 다음 -70°C에서 급속동결 하고 -18°C에서 30일간 보관 후 microwave oven(MWO-20M1, 800 W, 2450 MHz, Tongyang, Seoul, Korea)에서 3분간 가열하여 냉동 군고구마 시료로 사용하였다.

총당, 환원당 및 유리당 함량 분석

원료고구마 및 군고구마, 냉동 군고구마의 총당 함량은 Kim 등(20)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 3 g에 150 mL의 증류수를 첨가하여 마쇄 후 25°C에서 30분간 초음파추출기(Ultrasonic cleaner SD-350H, Seong Dong, Seoul, Korea)로 추출한 다음 10,000 rpm에서 5분간 원심분리(VS-100B, Vision Scientific Co., Ltd, Gyeonggi-do, Korea)하고 상등액을 시료로 사용하였다. 상등액 1 mL에 5% phenol 용액을 0.5 mL 첨가한 후 95% 황산 2.5 mL를 첨가하고 30분 동안 상온에 방치 후 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질로 glucose(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성한 후 총당 함량을 시료 중 백분율로 나타내었다. 환원당 함량은 Park 등(21)의 방법으로 측정하였다. 즉, 총당 분석에 사용한 추출물의 상등액 0.2 mL에 DNS 시약 0.4 mL를 가하여 100°C에서 5분간 가열한 후 급속히 냉각하여 증류수 1.8 mL를 첨가하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질은 glucose를 사용하여 검량선을 작성하고 환원당 함량을 시료 중 백분율로 나타내었다. 유리당 함량은 Bae 등(22)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 시료 5 g에 증류수 30 mL를 넣고 마쇄하여 1시간 동안 초음파 추출하여 10,000 rpm으로 5분간 원심분리 하였다. 상등액을 취하여 0.45 μ m nylon syringe filter(Whatman, Maidstone, UK)로 여과하여 HPLC(Waters alliance 2795, Waters, Milford, MA, USA)로 분석하였다. 분석에는 Shodex NH2P-50 column(4.6×150 mm, Showa Denko, Tokyo, Japan), 검출기는 ELSD(Waters 2420 ELSD, Waters), 이동상은 75% acetonitrile, 유속은 1.5 mL/min, 시료주입량은 10 μ L이었다. 표준물질로 glucose, fructose, sucrose 및 maltose(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

색도 측정

원료고구마, 군고구마 및 냉동 군고구마의 색도는 Oh 등(23)의 방법으로 색차계(CM-3500d, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 방법은 고구마를 수직으로 절단하여 횡단면에 대하여 측정을 하였으며, 명도(lightness)는 L값, 적색도(redness)는 a값, 황색도(yellow-

ness)는 b값으로 나타내었고, 색표준 색판의 L, a 및 b 값은 각각 96.17, 0.16 및 1.98이었다.

β-Carotene 함량 측정

원료고구마, 군고구마 및 냉동 군고구마의 β-carotene 함량은 Wang 등(24)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 마쇄한 시료 2.0 g에 acetone(0.1% BHT) 10 mL를 가하여 초음파 추출기로 추출하고 여과(No.42, Whatman)하였으며, 여과박을 다시 2회 반복 추출하였다. Acetone 추출물을 감압농축 한 다음 ether(0.1% BHT) 10 mL에 용해 후 10% KOH(MeOH) 10 mL를 가하여 4°C의 암소에서 3시간 동안 검화하였다. 검화된 시료에 10% NaCl 용액 10 mL로 3회 세척한 후 ether 층만을 취하여 무수황산나트륨으로 탈수하고 여과하였다. 여액을 감압농축 하여 2 mL의 50% methanol/ethyl acetate(0.1% BHT) 용액으로 용해하고 0.45 μm PTFE syringe filter(Whatman)로 여과하여 HPLC(Acme 9000, Young Lin Instrument Co., Ltd., Anyang, Korea)로 분석하였다. 칼럼은 Mightysil RP-18 GP column(4.6×250 mm, 5 μm, Kanto Chemical Co., Tokyo, Japan), 검출기는 UVD(YL9120, Young Lin), 이동상은 acetone과 water를 사용하여 0~5분 75:25, 5~10분 95:5, 10~17분 95:5, 17~22분 100:0, 22~42분 100:0의 기울기 용매로, 유속은 0.6 mL, 시료 주입량은 20 μL이었다. 표준품은 β-carotene(Sigma Chemical Co.)을 사용하였다.

조직감 측정

군고구마 및 냉동 군고구마의 조직감은 An과 Lee(25)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 고구마를 횡으로 절단하고 횡단면의 중심부를 기준으로 한 번의 길이가 1.5 cm가 되도록 정육면체의 형태로 절단하여 조직감 측정기(TA-XT2, Stable Micro systems Ltd., Surrey, UK)로 10회 반복하여 조직감을 측정하였다. 측정 조건은 시료가 probe의 면적보다 큰 경우 조직감을 측정함에 있어 probe가 시료 내부로 들어갔을 때, 시료의 전단면 발생에 의해 probe 옆면 및 뒷면에 붙음으로써 정확한 adhesiveness를 측정하는데 방해요인으로 작용되어 시료보다 넓은 20 mm cylindrical plunger probe를 사용하였으며, pre-test speed는 1.0 mm/sec, test speed는 5.0 mm/sec, post-test speed는 5.0 mm/sec, distance는 5 mm, trigger force는 3.0 g으로 하여 hardness, adhesiveness, chewiness, gumminess 및 cohesiveness를

측정하였으며, 시료가 probe에 붙는 것을 방지하기 위하여 시료 하단을 물성측정에 영향을 주지 않는 크기의 clamp를 사용하여 고정하였다.

관능평가

세 가지 품종으로 제조한 냉동 군고구마의 관능평가를 통하여 냉동 군고구마의 제조에 적합한 품종을 확인하기 위하여 C대학교 식품공학과 대학원생 중 15명을 선정하여 사전 교육을 실시하고, 각 품종별 냉동 군고구마에 대하여 평가를 실시하였다. 평가시료는 냉동되어 있는 군고구마를 microwave oven에서 3분 동안 가열하여 해동 후 상온까지 냉각하여 제공하였으며, 외관(appearance), 풍미(flavor), 감미(sweetness), 씹는 동안의 조직감(texture during mastication) 및 전반적 기호도(overall acceptance)에 대하여 기호도에 따라 바람직할수록 9점, 바람직하지 못할수록 1점으로 하여 9점 기호 척도법(26)을 사용하여 평가하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 식이섬유 함량

품종에 따른 원료고구마의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질 및 식이섬유의 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 신울미의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질 및 식이섬유 함량은 각각 67.44, 1.10, 0.12, 1.07 및 2.22%이었으며, 연황미는 61.18, 1.05, 0.26, 1.47 및 2.38%이었고, 연미는 67.61, 1.02, 0.16, 0.82 및 2.12%로 연황미가 수분함량이 가장 낮고 조지방과 조단백질 함량이 가장 높은 것으로 나타나 품종에 따른 차이를 보였다. 식이섬유 함량은 품종에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. Aina 등(27)은 카리브해지역의 21개 고구마의 이화학적 특성에 대한 연구에서 수분, 조회분, 조지방 및 조단백질 함량을 측정한 결과 각각 62.9~83.8, 1.9~4.4, 0.2~1.6 및 1.9~4.4로 품종에 따라 일반성분 함량의 차이를 보였으며, 이와 같이 Park 등(28)의 한국산 8품종 고구마분말의 특성과 Kim 등(29)의 육색에 따른 고구마 분말의 이화학적 특성에 대한 연구에서도 품종 및 재배지역에 따른 차이를 보인다고 하였는데 본 실험에서도 품종에 따른 차이로 판단된다.

군고구마 제조를 위한 굽기 온도 선정

군고구마 제조를 위한 굽기 온도를 선정하기 위하여 연황미를 200, 230 및 250°C에서 40분간 굽기를 실시하여 굽기

Table 1. Proximate compositions of fresh sweet potato cultivars

(unit: %, wet basis)

Samples ¹⁾	Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Dietary fiber
SM	67.44±0.25 ^{a2)}	1.10±0.07 ^a	0.12±0.04 ^b	1.07±0.04 ^b	2.22±0.31 ^a
HM	61.18±0.32 ^b	1.05±0.06 ^a	0.26±0.02 ^a	1.47±0.03 ^a	2.38±0.30 ^a
YM	67.61±0.47 ^a	1.02±0.03 ^a	0.16±0.04 ^b	0.82±0.06 ^c	2.12±0.21 ^a

¹⁾SM: *Sinyulmi*, HM: *Yeonhwangmi*, YM: *Yunmi*.

²⁾Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

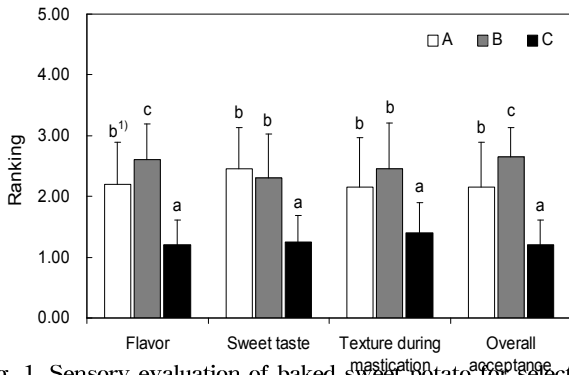


Fig. 1. Sensory evaluation of baked sweet potato for selection of baking condition. A, baking at 200°C for 40 min; B, baking at 230°C for 40 min; C, baking at 250°C for 40 min. ¹⁾Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p < 0.05$)

온도에 따른 기호도 조사를 한 결과는 Fig. 1과 같다. 200과 230°C에서 구운 고구마는 풍미, 감미, 씹는 동안의 조직감 및 전반적 기호도에서 유의적 차이를 보이지 않았으나 250°C에서 구운 고구마에 대하여 높은 선호도를 나타내었으며, 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 따라서 군고구마 제조를 위한 굽기 온도는 250°C가 적합한 것으로 판단되어 최종 굽기 온도는 250°C로 선정하였다.

총당, 환원당 및 유리당 함량

군고구마 및 냉동 군고구마의 총당, 환원당 및 유리당 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 신율미, 연황미, 연미의 총당 함량은 원료고구마가 각각 7.26, 10.21 및 9.57%, 군고구마가 30.45, 37.46 및 29.03% 그리고 냉동 군고구마가 31.11, 38.57 및 29.96%를 나타내었으며, 환원당 함량은 원료고구마가 1.81, 2.45 및 2.22%, 군고구마가 13.27, 15.57 및 12.98% 그리고 냉동 군고구마가 12.41, 16.71 및 13.36%로 연황미가 신율미와 연미보다 높은 함량을 보였으며, 굽기에 따라 많은 증가를 나타내었다. 원료고구마 및 군고구마, 냉동 군고구마의 유리당 함량은 품종에 따라 fructose 및 glucose는 검출되

지 않거나 0.14~0.84%로 약간 함유하고 있었으며, 연황미는 굽기에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. Sucrose는 신율미, 연황미 및 연미에서 각각 원료고구마가 4.53, 3.66 및 3.09%, 군고구마가 6.00, 4.60 및 4.16% 그리고 냉동 군고구마가 3.64, 4.65 및 4.00%이었으며, maltose는 원료고구마가 1.42, 1.80 및 0.85%, 군고구마가 13.08, 11.84 및 13.18% 그리고 냉동 군고구마가 12.10, 11.93 및 13.44%로 굽기에 따라 많은 증가를 나타내었다. 이는 가열에 의해 고구마의 전분이 호화되고 호화된 전분이 맥아당이나 텍스트린으로 분해되어 단맛이 증가한다는 결과와 같은 경향이었으며(30), Walter (31)의 연구에 의하면 저장한 고구마는 전분의 72~99%가 가열도중 분해되고 저장하지 않은 고구마는 65%가 분해된다고 보고하였다. 또한 Shen과 Sterling(32)의 연구결과에서 가열온도가 점진적으로 증가하면 전분이 호화된 후 alpha-amylase에 의하여 텍스트린으로 분해되고, beta-amylase에 의해 맥아당으로 분해되어 단맛과 촉촉함이 증가된다 하였으며, Kum 등(33)의 연구에서 가열에 의한 호화 및 효소작용에 의해 단맛이 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 군고구마 제조에 따라 총당, 환원당 및 유리당 함량의 증가하였는데 이는 가열에 의해 호화된 전분이 효소작용에 의해 분해되어진 것으로 판단된다.

굽기 및 냉해등에 따른 색도

원료고구마, 군고구마 및 냉동 군고구마의 색도는 Table 3과 같다. 신율미, 연황미 및 연미의 명도를 나타내는 L 값은 원료고구마가 각각 80.93, 83.52 및 81.18, 군고구마가 69.68, 60.97 및 55.78 그리고 냉동 군고구마가 59.76, 55.67 및 55.70으로 굽기 및 냉해등에 따라 밝기가 감소되는 것으로 나타났으며, 적색도를 나타내는 a 값은 원료고구마가 각각 2.12, -1.34 및 2.94, 군고구마가 -5.72, -5.25 및 -4.64 그리고 냉동 군고구마가 -3.66, -4.34 및 -4.24 값을 나타내었으며, 황색도를 나타내는 b 값은 원료고구마가 각각 31.94, 22.24 및 28.18, 군고구마가 32.11, 26.29 및 19.49 그리고 냉동 군고구

Table 2. Total sugar, reducing sugar and free sugar contents of fresh, baking and thawing after freezing of sweet potato cultivars (%)

Samples ¹⁾		Total sugar	Reducing sugar	Free sugar			
				Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
Fresh sweet potato	SM	7.26 ± 0.51 ^{bB2)}	1.81 ± 0.08 ^{bB}	ND ³⁾	ND	4.53 ± 0.15 ^{aB}	1.42 ± 0.14 ^{bB}
	HM	10.21 ± 1.34 ^{aB}	2.45 ± 0.19 ^{aB}	0.16 ± 0.05 ^{bB}	0.26 ± 0.05 ^{bB}	3.66 ± 0.21 ^{bB}	1.80 ± 0.16 ^{aB}
	YM	9.57 ± 1.27 ^{aB}	2.22 ± 0.09 ^{aB}	0.32 ± 0.02 ^{aA}	0.57 ± 0.05 ^{aA}	3.09 ± 0.18 ^{bB}	0.85 ± 0.08 ^{cB}
After baking	SM	30.45 ± 1.28 ^{bA}	13.27 ± 1.22 ^{bA}	0.14 ± 0.04 ^{cA}	0.27 ± 0.04 ^{cA}	6.00 ± 0.14 ^{aA}	13.08 ± 1.18 ^{aA}
	HM	37.46 ± 1.48 ^{aA}	15.57 ± 1.13 ^{aA}	0.61 ± 0.10 ^{aA}	0.84 ± 0.08 ^{aA}	4.60 ± 0.14 ^{bA}	11.84 ± 0.83 ^{aA}
	YM	29.03 ± 1.65 ^{bA}	12.98 ± 0.46 ^{bA}	0.28 ± 0.04 ^{bA}	0.51 ± 0.04 ^{bA}	4.16 ± 0.13 ^{cA}	13.18 ± 1.53 ^{aA}
Thawing after freezing	SM	31.11 ± 2.05 ^{bA}	12.41 ± 0.41 ^{bA}	ND	0.27 ± 0.04 ^{cA}	3.64 ± 0.15 ^{bC}	12.10 ± 0.78 ^{aA}
	HM	38.57 ± 3.96 ^{aA}	16.71 ± 0.86 ^{aA}	0.56 ± 0.06 ^{aA}	0.75 ± 0.06 ^{aA}	4.65 ± 0.19 ^{aA}	11.93 ± 0.52 ^{aA}
	YM	29.96 ± 1.04 ^{bA}	13.36 ± 1.02 ^{bA}	0.30 ± 0.06 ^{bA}	0.50 ± 0.08 ^{bA}	4.00 ± 0.39 ^{bA}	13.44 ± 1.02 ^{aA}

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p < 0.05$) among fresh, baking and thawing after freezing of sweet potatoes and different small letters in the same items indicate a significant difference ($p < 0.05$) among different sweet potato cultivars.

³⁾Not detected.

Table 3. Hunter color values of fresh, baking and thawing after freezing of sweet potato cultivars

Samples ¹⁾		L-value	a-value	b-value
Fresh sweet potato	SM	80.93±0.52 ^{bA2)}	2.12±0.51 ^{aA}	31.94±0.58 ^{aA}
	HM	83.52±0.81 ^{aA}	-1.34±0.25 ^{bA}	22.24±0.66 ^{bB}
	YM	81.18±0.86 ^{bA}	2.94±0.85 ^{aA}	28.18±0.88 ^{cA}
After baking	SM	69.68±0.91 ^{aB}	-5.72±0.14 ^{aC}	32.11±0.19 ^{aA}
	HM	60.97±2.70 ^{bB}	-5.25±0.32 ^{bC}	26.29±1.49 ^{bA}
	YM	55.78±1.99 ^{cB}	-4.64±0.32 ^{cB}	19.49±0.71 ^{cB}
Thawing after freezing	SM	59.76±4.56 ^{aC}	-3.66±0.88 ^{aB}	27.61±2.67 ^{aB}
	HM	55.67±3.26 ^{aC}	-4.34±0.59 ^{aB}	22.66±1.97 ^{bB}
	YM	55.70±1.89 ^{aB}	-4.24±0.37 ^{aB}	18.28±0.87 ^{cC}

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among fresh, baking and thawing after freezing of sweet potatoes and different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different sweet potato cultivars.

마가 27.61, 22.66 및 18.28로 나타나 굵기에 의해 적색도가 크게 감소하고 육질의 색이 황색에 가깝게 변하는 것으로 나타났다. Park 등(28)의 연구에 의하면 원료고구마의 색도를 측정된 결과, 신올미 및 연황미 품종에서 각각 L 값이 86.11 및 84.30, a 값이 -1.41 및 -0.55 그리고 b 값이 40.86 및 39.37로 본 연구의 결과와는 차이가 있었는데 이는 재배토양 및 저장여부에 따른 차이로 판단된다. 또한 Jaarsveld 등(34)의 연구에서는 가열에 의해 β -carotene이 감소된다 하였으며, Bengtsson 등(35)의 연구에서도 고구마를 찌거나, 삶거나, 유당처리를 하였을 때 β -carotene의 함량이 감소한다고 하였는데 본 연구에서도 굵기에 따른 적색도의 감소는 가열에 의해 β -carotene과 같은 적색을 띄는 색소가 감소되어 고구마의 적색도가 감소한 것으로 판단된다.

굵기 및 냉해동에 따른 β -carotene 함량

원료고구마 및 군고구마, 냉동 군고구마의 β -carotene 함량은 Table 4와 같다. 원료고구마의 β -carotene 함량은 신올미, 연황미 및 연미가 각각 518.67, 198.14 및 369.54 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이었지만 굵기 후에는 각각 320.54, 174.37 및 291.17 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 감소하였으며, 냉동 후 해동 시에는 각각 212.01, 116.82 및 199.98 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 감소하였다. 이러한 감소 현상은 황색 고구마를 삶거나, 찌거나, 유당 처리하였을 때 원료고구마의 β -carotene 함량이 가열에 의해 감소되었다는 연구결과와 일치하였다(34,35). Marx 등(36)의 연구에서도 당

Table 4. β -carotene contents of fresh, baking and thawing after freezing of sweet potato cultivars

(unit: $\mu\text{g}/100\text{g}$, wet basis)

Samples ¹⁾	Fresh sweet potato	After baking	Thawing after freezing
SM	518.67±15.17 ^{aA2)}	320.54±22.02 ^{aB}	212.01±4.69 ^{aC}
HM	198.14±5.60 ^{cA}	174.37±8.72 ^{cB}	116.82±3.24 ^{cC}
YM	369.54±22.02 ^{bA}	291.17±10.88 ^{bB}	199.98±8.61 ^{bC}

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Different capital letters in the same row indicate a significant difference ($p<0.05$) and different small letters in the same column indicate a significant difference ($p<0.05$).

근주스의 총 β -carotene 함량이 90°C 이상의 가열 조건에서 감소하였다고 보고하였으며, 또한 순수하게 분리된 β -carotene에 대한 가열에 따른 변화에 대한 연구에서 온도가 높아질수록 그리고 열에 노출되는 시간이 증가할수록 감소한다고 하였는데(37), 본 연구에서도 굵기 및 해동 시 가열에 의해 β -carotene 함량이 감소하는 것으로 판단된다.

군고구마 및 냉동 군고구마의 조직감

군고구마 및 냉동 군고구마의 조직감을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 군고구마와 냉동 군고구마의 조직감은 견고성(hardness), 부착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness), 겹성(gumminess) 및 응집성(cohesiveness)에 대하여 측정하였으며, 신올미, 연황미 및 연미에 대한 견고성은 군고구마가 각각 629.50, 625.16 및 679.12 그리고 냉동 군고구마가

Table 5. Texture of baking and thawing after freezing of sweet potato cultivars

Samples ¹⁾		Hardness	Adhesiveness	Chewiness	Gumminess	Cohesiveness
After baking	SM	629.50±101.15 ^{a2)}	-33.41±15.12 ^a	136.90±55.64 ^b	171.75±40.15 ^b	0.27±0.04 ^b
	HM	625.16±138.22 ^a	-27.70±10.75 ^a	244.80±74.45 ^a	279.59±90.43 ^a	0.43±0.12 ^a
	YM	679.12±66.95 ^a	-37.68±16.08 ^a	212.19±57.38 ^a	240.87±59.43 ^a	0.36±0.08 ^a
Thawing after freezing	SM	373.81±58.24 ^{b***}	-30.11±9.27 ^b	124.73±34.41 ^b	143.22±27.31 ^{c***}	0.38±0.05 ^{b***}
	HM	424.36±73.54 ^{b***}	-33.61±9.70 ^{ab}	156.57±34.21 ^{b**}	173.80±32.34 ^{b**}	0.41±0.05 ^a
	YM	647.21±71.30 ^a	-42.10±20.23 ^a	223.49±66.98 ^a	263.41±52.00 ^a	0.41±0.07 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ indicates significant differences between baking and thawing after freezing of sweet potatoes by Student's t-test.

Table 6. Sensory evaluation of baked sweet potato with thawing after freezing

Samples ¹⁾	Appearance	Flavor	Sweet taste	Texture during mastication	Overall acceptance
SM	8.47±1.60 ²⁾	7.93±1.49 ^a	7.67±1.80 ^a	7.13±2.07 ^a	7.93±1.49 ^a
HM	6.67±0.90 ^b	5.87±1.88 ^b	6.07±1.79 ^b	6.60±1.50 ^a	6.47±1.55 ^b
YM	5.60±1.50 ^c	6.33±1.63 ^b	5.80±1.82 ^b	6.47±1.60 ^a	6.33±1.80 ^b

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Any means in the same column followed by the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

각각 373.81, 424.36 및 647.21로 신율미 및 연황미에서 냉동 후 해동에 의하여 견고성이 감소하였으며, 검성은 군고구마가 각각 171.75, 279.59 및 240.87, 그리고 냉동 군고구마가 각각 143.22, 173.80 및 263.41로 신율미와 연황미가 냉동 후 해동 시 감소하였다. 씹힘성은 냉동 후 해동하였을 때 연황미에서 244.80에서 156.57로 감소하였다. 응집성은 군고구마가 각각 0.27, 0.43 및 0.36, 그리고 냉동 군고구마가 각각 0.38, 0.41 및 0.41로 신율미에서 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 냉동 후 해동에 의해 조직이 약해질 수 있음을 나타내며, 고구마의 당, 전분, 수분 함량, 품종 및 재배토양 등 여러 요인에 의해 나타난 결과라 생각된다.

냉동 군고구마의 관능 특성

세 가지 품종의 냉동 군고구마에 대하여 외관, 풍미, 감미, 씹는 동안의 조직감 및 전반적 기호도의 5개 항목에 대한 관능평가를 실시한 결과는 Table 6과 같다. 신율미, 연황미 및 연미의 외관에 대한 평가 결과 각각 8.47, 6.67 및 5.60으로 신율미의 외관이 가장 좋은 것으로 나타났다. 색도 측정 결과 신율미의 황색도가 가장 높게 나타난 결과로 미루어 볼 때(Table 3) 황색도가 군고구마의 외관에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 풍미는 각각 7.93, 5.87 및 6.33으로 나타났으며, 감미는 각각 7.67, 6.07 및 5.80으로 신율미가 가장 좋게 나타났는데, 이는 신율미가 다른 두 품종보다 sucrose 함량이 높기 때문인 것으로 판단된다(Table 2). 씹는 동안의 조직감은 각각 7.13, 6.60 및 6.47이었으며, 전반적 기호도도 각각 7.93, 6.47 및 6.33으로 신율미가 가장 높은 기호도를 나타내어 세 가지 품종 중 냉동 군고구마 제조에 신율미가 가장 적합하다고 판단되었다.

요 약

신율미, 연황미 및 연미를 사용하여 원적외선 오븐으로 제조한 냉동 군고구마의 품질 특성을 연구하였다. 군고구마의 제조는 원적외선 오븐을 사용하여 250°C에서 40분 동안 굽기를 실시하였으며, 냉동 군고구마는 군고구마를 -18°C에서 30일간 냉동 후 microwave oven을 사용하여 3분간 해동하였다. 원료고구마의 일반성분은 수분 함량을 제외한 조지방 및 조단백질 함량이 신율미 및 연미보다 연황미에서 높았다. 세 품종 모두 굽기에 따라 총당, 환원당, sucrose 및 maltose 함량이 증가하였다. 명도 및 적색도, 황색도는 굽기 및

냉해동에 따라 감소하였으며, β -carotene 함량 또한 굽기 및 냉해동에 의해 감소하였다. 군고구마의 냉해동에 따른 조직감은 신율미와 연황미에서 견고성, 검성 및 응집성이 감소하였다. 관능검사 결과 신율미가 외관, 풍미, 감미 및 전반적 기호도에서 가장 높은 선호도를 보여 냉동 군고구마의 제조에 가장 적합한 품종은 신율미로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 특화작목연구개발사업(과제번호 PJ0087862012)의 연구비지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Valetudie JC, Guadeloupe L, Colonna P, Bouchet B, Gallant DJ. 1995. Gelatinization of sweet potato, tania and yam tuber starches. *Starch* 47: 298-306.
- Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J Agric Food Chem* 43: 2646-2651.
- Baek MH, Shin MS. 1995. Effect of water activity on physicochemical properties of sweet potato starch during storage. *Korean J Food Sci Technol* 27: 532-536.
- MFAFFK. 2009. *Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook*. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries, Seoul, Korea. p 101.
- Park JS, Bae JO, Choi GH, Chung BW, Choi DS. 2011. Antimutagenicity of Korean sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 37-46.
- Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J Crop Sci* 50: 141-146.
- Cheon SH, Hwang SJ, Eun JB. 2012. Quality characteristics of puffed snacks (ppeongtuigi) with purple sweet potato flours using different puffing conditions. *Korean J Food Sci Technol* 44: 28-33.
- Lee SM, Choi YJ. 2009. Quality characteristics of yanggeng by the addition of purple sweet potato. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 769-775.
- Jung ST, Rhim JW, Kang SG. 1998. Quality properties and carotenoid pigments of yellow sweet potato puree. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 596-602.
- Shin MY, Lee WY. 2011. Optimization of the cold-air-drying condition for a steamed pumpkin-sweet potato slab. *Korean J Food Preserv* 18: 488-496.
- Shin MY, Lee WY. 2011. Physical properties and preference of a steamed sweet potato slab after mild hot air drying.

- Korean J Food Cookery Sci* 27: 73-81.
12. Shin MY, Youn KS, Lee SW, Moon HK, Lee WY. 2011. Optimization of vacuum drying conditions for a steamed (pumpkin) sweet potato slab by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1314-1320.
 13. Yadav AR, Guha M, Tharanathan RN, Ramteke RS. 2006. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. *LWT* 39: 20-26.
 14. Taiwo KA, Baik OD. 2007. Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT* 40: 661-668.
 15. Lin YP, Tsen JH, King AE. 2005. Effects of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato. *J Food Eng* 68: 249-255.
 16. Afzal TM, Abe T. 1998. Diffusion in potato during far infrared radiation drying. *J Food Eng* 37: 353-365.
 17. Sheridan P, Shilton N. 1999. Application of far infra-red radiation to cooking of meat products. *J Food Eng* 41: 203-208.
 18. Arocas A, Sanz T, Hernando MI, Fiszman SM. 2011. Comparing microwave- and water bath-thawed starch-based sauces: infrared thermography, rheology and microstructure. *Food Hydrocol* 25: 1554-1562.
 19. AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
 20. Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH. 2007. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added Takju during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 39: 266-271.
 21. Park HJ, Lee SH, Kim HY, Jang GY, Hwang IG, Woo KS, Kwon OS, Lee JS, Jeong HS. 2012. Changes in chemical components and antioxidant activity of dried jujube with different aging temperatures and durations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 591-597.
 22. Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 6-13.
 23. Oh SH, Hwang IG, Kim HY, Hwang CR, Park SM, Hwang Y, Yoo SM, Kim HR, Kim HY, Lee JS, Jeong HS. 2011. Quality characteristics by particle size of red pepper powders for pepper paste and Kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 725-730.
 24. Wang XC, Chen L, Ma CL, Yao MZ, Yang YJ. 2010. Genotypic variation of beta-carotene and lutein contents in tea germplasms, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *J Food Compos Anal* 23: 9-14.
 25. An HL, Lee KS. 2010. Quality characteristics of pan bread by the addition of cranberry powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 697-705.
 26. Shin WS, Kim JN, Kim KM, Park JH, Chung JA, Chung SJ. 2008. Investigating the efficiency of various consumer-acceptance testing methods while developing a ready-to-eat meal. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 763-770.
 27. Aina AJ, Falade KO, Akingbala JO, Titus P. 2009. Physico-chemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *Inter J Food Sci Tech* 44: 1696-1704.
 28. Park SJ, Kim JM, Kim JE, Jeong SH. 2011. Characteristics of sweet potato powders from eight Korean varieties. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 19-29.
 29. Kim KE, Kim SS, Lee YT. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1476-1480.
 30. Picha DH. 1985. HPLC determination of sugars in raw and baked sweet potatoes. *J Food Sci* 50: 1189-1190.
 31. Walter WM. 1987. Effect of curing on sensory properties and carbohydrate composition of baked sweet potatoes. *J Food Sci* 52: 1026-1029.
 32. Shen MC, Sterling C. 1981. Change in starch and other carbohydrates in baking *Ipomoea batatas*. *Starch-Starke* 33: 261-268.
 33. Kum JS, Silva JL, Han O. 1994. Effects of microwave heating on processing of whole sweet potatoes. *Korean J Soc Food Sci* 10: 138-141.
 34. Jaarsveld PJ, Marais DW, Harmse E, Nestel P, Rodriguez-Amaya DB. 2006. Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. *J Food Compos Anal* 19: 321-329.
 35. Bengtsson A, Namutebi A, Larsson A, Svanberg U. 2008. Effects of various traditional processing methods on the all-*trans*- β -carotene content of orange-fleshed sweet potato. *J Food Compos Anal* 21: 134-143.
 36. Marx M, Stuparic M, Schieber A, Carle R. 2003. Effects of thermal processing on *trans-cis*-isomerization of β -carotene in carrot juices and carotene-containing preparations. *Food Chem* 83: 609-617.
 37. Qiu D, Chen ZR, Li HR. 2009. Effect of heating on solid β -carotene. *Food Chem* 112: 344-349.

(2012년 10월 10일 접수; 2012년 12월 26일 채택)