

포장 및 냉·해동 방법이 고구마 줄기의 품질 특성에 미치는 영향

최희정 · 이상윤¹ · 이지선¹ · 김수진¹ · 서재희¹ · 이종규 · 김하윤² · 신혜림² · 조선경³ · 신민정³ · 최미정^{1*}

건국대학교 생명자원식품공학과, ¹건국대학교 응용생물학과,
²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ³현대그린푸드 식품위생연구소

Effect of Packaging, Freezing, and Thawing Methods on the Quality Properties of Sweet Potato Stem

Hee Jeong Choi, SangYoon Lee¹, Jiseon Lee¹, Soojin Kim¹, Jae-Hee Seo¹, JungGyu Lee, Hayun Kim², HyeRim Shin², Sun Kyung Cho³, Min Jung Shin³, and Mi-Jung Choi^{1*}

Dept. of Bioresources and Food Science, Konkuk University

¹*Dept. of Applied Bioscience, Konkuk University*

²*Dept. of AgroFood Resorces, National Academy of Agricultural Science*

³*Research Institute of Food Hygiene, Hyundai Green Food Ltd.*

Abstract

Food freezing preservation is an important process due to its high quality and long shelf-life. In order to improve the quality of frozen sweet potato stem, the freezing rate, thawing, and packaging method was optimized by the determination of physical properties. There was no significant difference among the treatment of freezing rate. Further, the drip loss of sweet potato stem was higher at a relatively fast freezing rate (immersion freezing) than at slow freezing rate (natural convection freezing at -20 or -40°C). For the comparison of packaging methods, the air-containing packaged sweet potato stem had the lowest significant differences from the result of color, pH, and hardness. From the result of the drip loss, the high frequency and microwave using thawing samples were more effective than room temperature and water thawing. Therefore, fast freezing and thawing rate with air-containing package were recommended to obtain the better quality of sweet potato stem.

Key words: sweet potato stem, air containing package, immersion freezing, high frequency thawing, microwave thawing

서론

현대인들의 식생활 형태 변화는 외식 증가 및 급식시설 보편화뿐만 아니라 건강 지향 식품의 시장규모에 영향 미치고 있다(Kim et al., 2012). 대표적으로 건강 지향 식품에는 산채가 있으며, 산채란 산지에서 자생한 식물로 식용으로 이용 가능한 것을 의미한다(Choi et al., 2014). 우리나라에 자생하고 있는 산채에는 약 90종이 있으며, 특유의 맛과 향으로 비빔밥, 나물무침, 국 등에 필수적으로 이용되고 있다(Hwang & Rhim, 1994; Rhim & Hwang, 1995; Choi et al., 2014). 산채의 일종인 고구마 줄기

(*Ipomoeabatatas* L. Lam stem; Hwang & Rhim, 1994)는 풍부한 식이성 섬유소 및 항산화 물질인 폴리페놀이 풍부하여, 고구마 줄기의 항산화 효과, 항돌연변이 효과 등 생리활성에 관한 연구가 주로 진행되고 있다(Suh & Yoon, 1989; Jeong, 2009; Kwak et al., 2013). 고구마 줄기는 2013년 전세계 고구마 생산량이 약 1억 7천만 톤으로 엄청난 양으로 생산되고 있으나(Kwak et al., 2013; Yang, 2015), 수분함량이 높아 저장성이 낮고 아프리카 및 아시아 일부 국가에서 사용하여 고구마 수확과정에서 대부분이 버려지고 있는 실정이다(Rhim & Hwang, 1995; Yang, 2015). 따라서 고구마 줄기의 저장성을 위한 연구는 건조에 관한 내용이 대부분이며, 냉동을 적용한 장기저장을 위한 연구는 미흡한 실정이다.

냉동 기술은 식품의 유통기한 및 보존성 측면에서 우수한 장점을 지니고 있고, 일반적으로 건조기술에 비해 품질이 우수하여 위생적으로 유통할 수 있다. 그러나 냉동속도나 저장 방법에 따라 형성된 얼음 결정체는 식품을 구성하

*Corresponding author: Mi-Jung Choi, Department of Applied Bioscience, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 27478, Korea
Tel: +82-2-450-3048; Fax: +82-2-450-3726
Email: choimj@konkuk.ac.kr
Received March 30, 2016; revised April 25, 2016; accepted April 27, 2016

는 세포에 부피변화와 기계적 스트레스를 발생하게 하여 식품의 품질을 저하 시키므로(Fennema, 1973; Lee et al., 2007; Jo et al., 2014; Kobayashi et al., 2015), 저장기간에 따른 얼음 입자의 재결정화에 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다(Bevilacqua & Zaritzky, 1980; Ngapo et al., 1999; Chevalier et al., 2000; Kobayashi et al., 2015). 식품의 어는점은 일반적으로 -5°C - -1°C 사이에서 나타나는데 이 구간을 최대빙결정생성대(zone of maximum ice crystal formation)라 하며, 식품의 수분이 80% 얼음으로 상전이 되는 구간이다. 냉동 과정에서 최대빙결정생성대를 통과하는 시간이 30분일 경우 급속 냉동이라고 하며, 30분 이상일 경우 완만 냉동이라고 한다(Desrosier & Desrosier, 1977; Koh et al., 2011; Ban & Choi, 2012; Kim et al., 2013). 하지만, 식품에 따라 동결의 어는점 및 과냉각 지점이 다르기 때문에 이러한 이론을 모든 식품에 적용시키는 것은 주의해서 사용해야 한다. 급속 냉동은 완만 냉동에 비해 세포 내외에 크기가 작은, 수많은 얼음입자가 생성되어 식품 조직의 기계적 스트레스를 최소화하는 것으로 알려져 있다(Koh et al., 2011; Ban & Choi, 2012).

냉동식품을 이용하는데 있어서 해동 공정은 필수적이며, 이 또한 색, 물성 등의 품질변화를 일으키므로(Kim et al., 1990; Kim & Rhim, 1997; Lee & Park, 1999) 각 식품의 특성에 맞는 최적의 해동 방법을 확립해야 한다(Tong et al., 1993). 물과 얼음의 열전도도는 각각 $0.569 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $0.0242 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 으로 해동공정 시, 얼음은 물보다 열전달이 빨라 해동 시 식품 표면에서 발생한 수분은 식품의 중심부까지의 열 전달을 저지한다(Kum et al., 1998; Pyun et al., 2014). 이에 따라 해동시간이 냉동시간보다 길어져 해동 시 드립로스가 커져 유용한 성분들이 빠져나가 식감, 맛 등이 떨어지거나 식품의 중량이 감소되기도 한다(Persson & Londahl, 1993). 일반적인 해동 방법으로는 상온 해동, 유수 해동, 전자렌지(microwave) 해동, 고주파 해동 등이 있으며, 상온 해동 및 유수 해동은 해동시간이 길고 드립로스가 많으며, 전자렌지 해동 및 고주파 해동은 상온 및 유수 해동에 비해 상대적으로 해동시간이 짧고 드립로스가 적다(Tong et al., 1993; Park et al., 2015; Shim et al., 2015).

냉동식품의 포장 방법은 품질에 영향을 주며, 포장 방법에는 진공 포장, 합기 포장 등이 있다(Kim et al., 2011). 진공 포장은 산소의 존재를 차단하는 방법으로 지질의 산화 및 호기성 부패세균의 성장을 억제하여 제품수명을 연장한다고 알려져 있으나 깻잎, 부추와 같이 조직이 쉽게 무르는 식품에는 부적합하다는 연구 결과가 있다(Choi et al., 2007; Kim et al., 2011; Jo et al., 2012). 합기 포장은 밀폐 용기에 일반 공기 조성을 함유하는 포장 방법이다(Choi et al., 2007).

따라서 본 연구에서는 고구마 줄기를 각각 합기 및 진

공 포장한 뒤, 냉동 및 해동 방법을 달리하여 고구마 줄기의 이화학적 특성을 평가하여, 고구마 줄기 냉동 편이식 제조를 위한 포장 방법 및 냉·해동 조건을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 고구마 줄기는 경기도 광주에서 수확한 것을 (주)하늘농가(Namyangju, Korea)로부터 제공받아 사용하였다.

고구마 줄기 전처리 및 냉·해동 방법

수확한 고구마 줄기의 이물질을 제거하고, 건전한 것을 선별하여 박피한 후 약 15 cm 단위로 세단하여 시료를 준비하였으며, 예비실험을 통하여 열수침치 5분 및 자연 탈수 3분을 최적 전처리 조건으로 설정하였다. 열수침치로 데친 시료는 동결 포장용 팩(7 Layer Co-extrusion film, Seven L pack Co. Ltd., Gwangju, Korea)에 500 g 단위로 담아 진공(HFV 600L, Hankookfuji Inc., Hwaseong, Korea) 및 합기 포장(FM-600, Zeropack Co. Ltd., Ansan, Korea)을 하여 -20°C (GC-124HGFP, LG Electronics Co. Ltd., Seoul, Korea), -40°C (DSS-650TD, Daesan-eng Co. Ltd., Hanam, Korea)에서 냉동하고, -40°C 에탄올을 이용한 초저온 급속 침치식 냉동기(F500, Topgreen Tech., Seoul, Korea)에서 냉동한 후 에탄올을 제거하였다. 냉동한 모든 시료는 -20°C 냉동고에서 총 7일간 저장하였으며, 각각 상온(25°C), 유수, 고주파, 전자렌지로 해동하였다. 고주파 해동은 파장 27.12 MHz, 및 출력 400 W인 고주파 해동장치(FRT-5, Yamamoto Vinita Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하였으며, 전자렌지 해동은 전자렌지(MW231QV, LG Electronics Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하였으며, 파장 2.45 GHz 및 출력 700 W이었다.

냉동 및 해동 곡선 측정

고구마 줄기의 냉동 및 해동 소요 시간 예측을 위하여 직경 1.7 cm의 온도계(DS1922, Maxim Intergrated™, SanJose, CA, USA)를 고구마 줄기의 중심부위에 넣고 침수된 시료와 함께 밀봉하였다. 해동 후 온도계를 꺼내어 온도계 인식 장치(DS1402D-DR8, Maxim Intergrated™, SanJose, CA, USA)를 이용하여 고구마 줄기의 냉동 및 해동완료 시점 시간을 측정함으로써 냉동 및 해동 곡선을 얻었다.

색도

고구마 줄기의 색도는 표준 백색판($L^*=97.79$, $a^*=-0.38$, $b^*=2.05$)으로 보정된 색도계(CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L^* (명도, lightness), a^* (적색도, redness), b^*

(황색도, yellowness)값으로 나타내었으며, 10회 반복하여 측정하였다. ΔE (total color difference)는 냉동 처리 전 시료의 L^* , a^* , b^* 값을 기준으로 아래의 식과 같이 계산하여 나타내었다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

L_1^* , a_1^* , b_1^* = 조건처리를 하지 않은 고구마 줄기의 명도, 적색도, 황색도 값

L_2^* , a_2^* , b_2^* = 조건처리를 한 고구마 줄기의 명도, 적색도, 황색도 값

조직감 측정

고구마 줄기의 경도는 TA3/100 probe를 사용하여 TPA type으로 trigger load 100 g, target value 3 mm, test speed 2.5 mm/s의 조건으로 Texture analyzer (CT3 Texture analyzer, Brookfield, Middlebrow, MA, USA)를 이용하여 7회 이상 측정하였다.

pH

고구마 줄기의 pH는 고구마 줄기 시료 2 g과 증류수 18 mL을 혼합한 후 믹서기(CNHR 26, Bosch, Ljubljana, Slovenia)를 이용하여 시료를 마쇄한 후 pH meter (Orion 3-STAR, Thermo scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 3회 측정하였다.

드립로스

해동이 완료된 고구마 줄기의 드립로스(drip loss)는 해동 후 유출된 수분의 무게를 구한 후 해동 전 고구마 줄기의 무게에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

통계분석

실험 결과는 SPSS 통계 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석 후 Duncan's multiple range test로 유의성 검증($p < 0.05$)을 실시하였다.

결과 및 고찰

냉동 및 해동 곡선 측정

Fig. 1은 데친 고구마 줄기 냉동 시, 시료의 중심 온도의 변화 및 시간을 측정된 결과이다. 일반 냉동 -20°C , -40°C 와 침지 냉동한 시료의 0°C 도달 시간은 각각 120분, 85분, 60분이었으며, 최대빙결정생성대에서 머무르는 시간은 각각 475분, 385분, 55분이었다. 일반 냉동 -20°C 에서 냉동한 시료는 가장 늦게 0°C 에 도달하고 가장 오랫동안 최대빙결정생성대에 머물렀으며, 침지 냉동한 시료는 가장 빠르게 0°C 에 도달하고 가장 짧은 시간동안 최대빙결정생성대에 머물렀다. Hwang et al. (2012)과 Shim et al. (2015)은 이러한 상변이 구간을 머무르는 시간은 냉동식품의 빙결점 크기 및 수에 영향을 미침으로써 냉동식품의 조직손상 정도 및 드립로스과 관련 있다고 보고한 바 있으며, 따라서 침지식 냉동한 고구마 줄기의 드립로스가 가

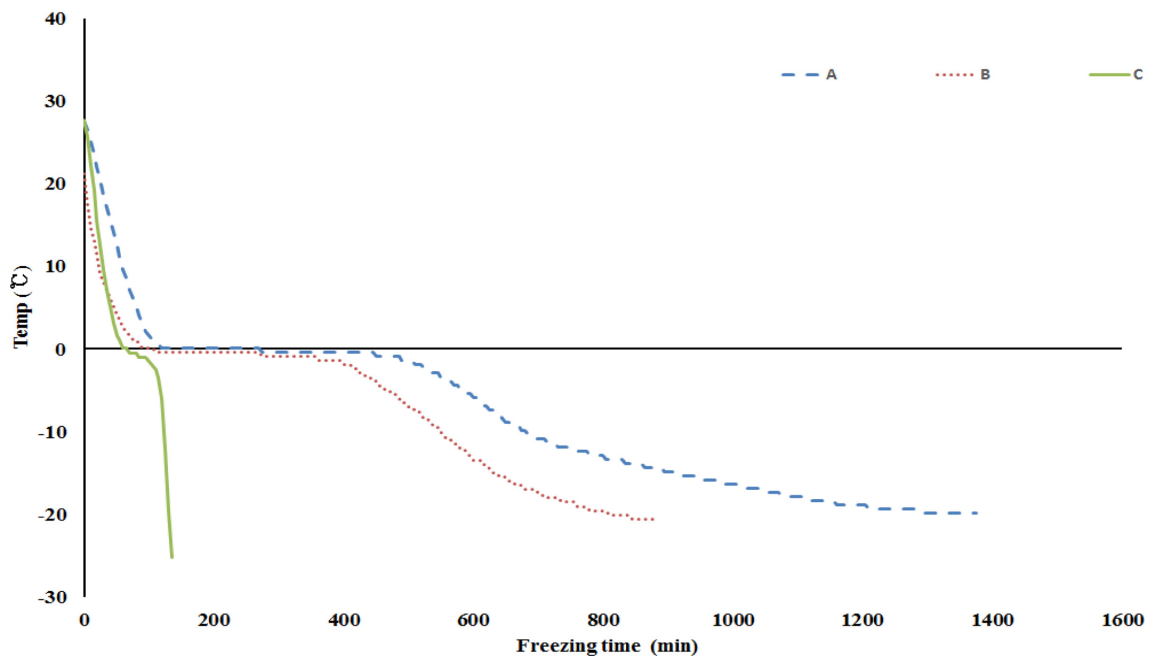


Fig. 1. Temperature profile of blanched sweet potato stems during freezing process by different freezing methods. A: conventional freezing at -20°C , B: conventional freezing at -40°C , C: immersion freezing at -40°C .

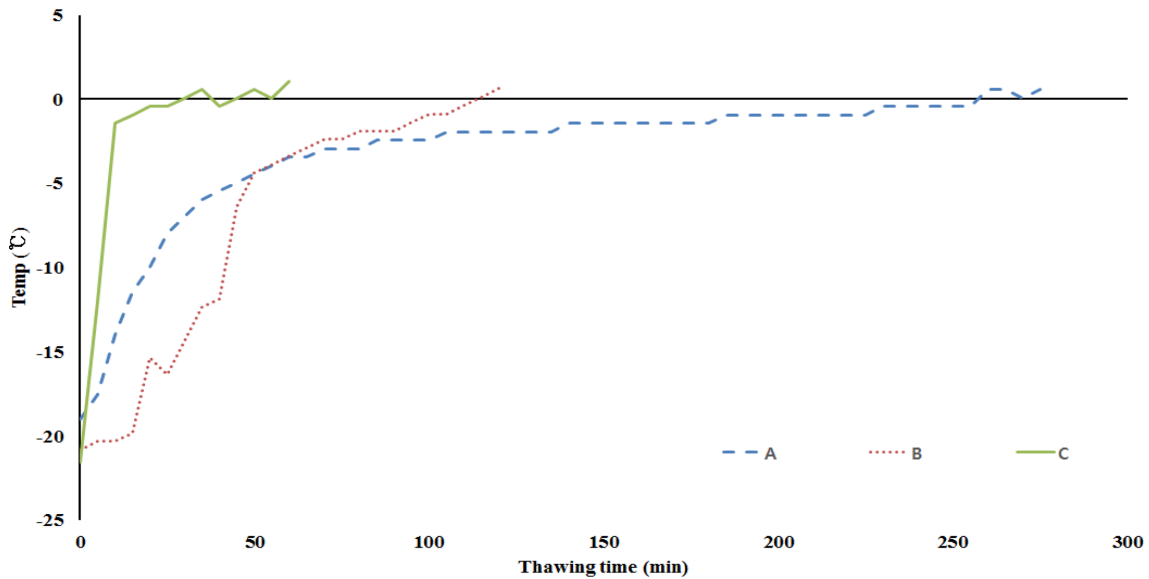


Fig. 2. Temperature profile of conventional frozen sweet potato stems at -20°C during thawing process by different thawing methods. A: sample was thawed by room temperature at 25°C, B: sample was thawed by running water at 20°C, C: sample was thawed by high frequency.

장 적은 이유는 침지식 냉동의 속도와 관련 있다고 판단 된다.

Fig. 2는 일반 냉동 -20°C에서 냉동한 고구마 줄기 해동 시, 시료의 중심 온도의 변화 및 시간을 측정해 해동 곡선이다. 본 실험에서는 시료의 중심의 온도가 0°C에 도달하였을 때를 해동완료 시점으로 설정하였다. 고주파 해동(45분), 유수 해동(115분), 상온 해동(260분) 순으로 0°C에 도달하였으며, 고주파 해동이 가장 빠르게 해동되었다. 고주파 해동

시간이 짧은 이유는 식품 내부로 통과된 고주파에 의한 발열반응에 의한 것이며, 이는 고주파에 의한 물과 얼음의 분자 운동 결과이다(Tong et al., 1993; Cho, 1997). 일반 냉동 -40°C 및 침지 냉동한 고구마 줄기 해동시, 시료의 중심 온도 변화 및 시간은 일반 냉동 -20°C와 같았다.

색도

고구마 줄기 시료 포장 후 냉·해동 조건 및 포장방법에

Table 1. Effect of freezing, thawing methods on total color difference value (ΔE) in blanched sweet potato stems with air containing packaging

Freezing method	Thawing method	Color			
		L*	a*	b*	ΔE
	Control	40.63±1.77 ^{bc}	-3.62±1.53 ^a	9.94±3.34 ^{bc}	-
Conventional freezing -20°C	Room temperature	41.15±1.79 ^{bAx}	-3.41±1.27 ^{aABx}	10.10±2.14 ^{bcBx}	2.77±1.31 ^c
	Running water	41.42±1.67 ^{abAxy}	-3.20±0.92 ^{aAx}	10.08±2.50 ^{bcBy}	2.92±1.33 ^c
	HF ¹⁾	40.99±2.75 ^{bAx}	-4.05±1.38 ^{aBx}	12.12±3.19 ^{aAx}	4.22±2.49 ^{ab}
	MW ²⁾	40.71±2.18 ^{bcAx}	-3.93±1.05 ^{aABx}	11.28±2.13 ^{abABx}	3.17±1.35 ^c
Conventional freezing -40°C	Room temperature	40.79±1.42 ^{bcBx}	-3.52±0.88 ^{aAx}	10.26±2.00 ^{bcBCx}	2.21±1.33 ^c
	Running water	42.38±2.06 ^{aAx}	-4.03±1.30 ^{aAy}	12.25±3.02 ^{aAx}	4.31±2.11 ^a
	HF	39.64±1.95 ^{cdBy}	-3.47±1.20 ^{aAx}	9.52±2.36 ^{bcCy}	3.14±1.29 ^c
	MW	40.14±2.69 ^{bcdBxy}	-3.88±0.91 ^{aAx}	12.28±2.58 ^{abABx}	3.87±2.13 ^{bc}
Immersion freezing -40°C	Room temperature	40.40±1.37 ^{bcdAx}	-3.58±1.29 ^{aAx}	9.69±2.62 ^{bcAx}	2.79±1.52 ^c
	Running water	40.88±1.84 ^{bcAy}	-3.39±1.26 ^{aAxy}	9.38±2.32 ^{cAy}	2.96±1.27 ^c
	HF	39.34±1.28 ^{dBBy}	-3.23±1.11 ^{aAx}	9.30±2.02 ^{cAy}	2.69±1.32 ^c
	MW	39.18±1.11 ^{dBBy}	-3.75±1.16 ^{aAx}	10.35±2.31 ^{bcAx}	2.91±1.19 ^c

^{a-d}Means with different superscripts within the whole column are significantly different ($p<0.05$).

^{A-C}Means with different superscripts within the same freezing method are significantly different ($p<0.05$).

^{x-y}Means with different superscripts within the same thawing method are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾High frequency thawing.

²⁾Microwave thawing.

Table 2. Effect of freezing, thawing methods on total color difference value (ΔE) in blanched sweet potato stems with vacuum packaging

Freezing method	Thawing method	Color			
		L*	a*	b*	ΔE
	Control	40.63±1.77 ^{cde}	-3.62±1.53 ^{bcd}	9.94±3.34 ^{cd}	-
Conventional freezing -20°C	Room temperature	41.72±1.83 ^{abcAx}	-3.63±1.11 ^{bcdAx}	10.26±2.92 ^{cdBy}	3.35±1.63 ^{abc}
	Running water	42.39±1.90 ^{aAx}	-4.10±1.27 ^{cdeAy}	12.19±2.56 ^{abAy}	3.85±2.23 ^{ab}
	HF ¹⁾	40.42±1.78 ^{deBy}	-3.72±1.00 ^{bcdAxy}	11.16±3.00 ^{bcABy}	3.31±1.80 ^{abc}
	MW ²⁾	41.74±1.71 ^{abcAx}	-3.57±1.38 ^{bcdAxy}	11.13±2.30 ^{bcABx}	3.28±1.26 ^{abc}
Conventional freezing -40°C	Room temperature	41.82±2.11 ^{abcAx}	-4.61±1.28 ^{eAy}	12.56±2.51 ^{abAx}	4.02±2.26 ^{ab}
	Running water	41.77±1.77 ^{abcAxy}	-4.61±1.24 ^{eAy}	13.73±1.80 ^{aAx}	4.49±2.03 ^a
	HF	41.75±1.90 ^{abcAx}	-4.33±1.25 ^{deAy}	12.98±2.20 ^{aAx}	3.97±2.24 ^{ab}
	MW	42.07±1.67 ^{abAx}	-4.31±1.34 ^{deAy}	12.76±3.30 ^{abAx}	4.43±2.42 ^a
Immersion freezing -40°C	Room temperature	40.25±1.60 ^{deABy}	-3.35±0.90 ^{bcBx}	9.09±1.70 ^{dAy}	2.28±1.33 ^c
	Running water	41.18±1.60 ^{abcdAy}	-2.26±0.82 ^{aAx}	6.79±1.79 ^{eBz}	3.92±1.74 ^{ab}
	HF	40.96±1.22 ^{bcdAxy}	-3.27±1.23 ^{bcBx}	8.60±2.22 ^{dAz}	2.86±1.21 ^{bc}
	MW	39.78±1.75 ^{eBy}	-2.88±0.91 ^{abBx}	8.54±2.04 ^{dAy}	2.98±1.46 ^{bc}

^{a-c}Means with different superscripts within the whole column are significantly different ($p<0.05$).

^{A-B}Means with different superscripts within the same freezing method are significantly different ($p<0.05$).

^{x-z}Means with different superscripts within the same thawing method are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾High frequency thawing.

²⁾Microwave thawing.

따른 L*, a*, b* 값의 평균값과 ΔE 값은 Table 1, 2와 같다. 열수침지 직후 시료의 L*, a*, b* 값의 평균값은 40.6, -3.6, 9.9으로 측정되었다. 고구마 줄기는 초록색을 띄고 있으므로 a*의 값이 중요하다 할 수 있으며, 합기 포장한 시료의 a* 값은 전반적으로 냉·해동 방법에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), 진공 포장한 시료의 a* 값은 유의적 차이를 나타내었다($p<0.05$). Chang et al. (2012)은 a* 값의 변화는 열처리한 연근 진공 포장하였을 때 가장 적었으며, PE (polyethylene)포장하였을 때 가장 크다고 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와 반대된다. 이러한 상반된 결과는 시료의 조직도에 의한 것으로 생각되며, 고구마 줄기의 경우 시료가 얇아 진공 포장에 조직이 물러져 Chang et al. (2012)의 결과와 다르게 a* 값이 가장 변화가 큰 것으로 생각된다(Kim et al., 2011). 합기 포장한 고구마 줄기를 일반 냉동 -20°C, -40°C, 침지 냉동하였을 때 ΔE 값은 각각 2.8-4.2, 2.2-4.3, 2.7-3.0를 나타내었다.

조직감 측정

고구마 줄기 시료 포장 후 냉·해동 조건 및 포장방법에 따른 조직감은 Table 3과 같다. 냉동식품은 냉동 과정에서 기계적 스트레스를 받아 조직이 파괴되어 드립로스 및 물성 변화가 야기되므로 냉동식품 품질평가 척도로 사용된다(Olivera et al., 2008; Lee et al., 2013; Park et al., 2015). 냉·해동 조건 및 포장 방법에 따른 고구마 줄기의 경도는 Table 3과 같다. 열수침지 직후, 시료의 경도는 8,437.5 g/cm³으로 측정되었다. 포장 및 해동 방법에 상관없이 일반

냉동 -20°C, -40°C에서 냉동한 고구마 줄기의 절단강도는 6,881.2-7,655.5 g/cm³으로 대조군과 유의적 차이가 컸지만($p<0.05$), 침지 냉동한 고구마 줄기의 경도는 7,830.0-8,166.7 g/cm³으로 유의적 차이가 없었다($p>0.05$). 이는 최대빙결정 생성대에 머무른 시간에 따른 결과라고 생각되며, Fig. 1에서 볼 수 있듯이 일반 냉동 -20°C, -40°C, 침지 냉동한 시료의 최대빙결정 생성대에서 머무른 시간은 각각 475분, 385분, 55분이었다. 침지 냉동한 고구마 줄기는 해동 방법에 따른 유의적 차이를 보이지 않았지만($p>0.05$), 대조군 시료와 비교하였을 때 전자렌지 해동 및 고주파 해동을 한 시료가 가장 유사하였다. 이는 전자렌지 해동 및 고주파 해동의 해동 시간이 짧은 것에 기인한다고 생각된다(Meisel, 1973; Tong et al., 1993; Park et al., 2015). 하지만 Park et al. (2015)은 -80°C 에탄올을 이용하여 침지식 냉동한 마늘을 저온(4°C), 유수(20°C), 상온(20°C)과 전자렌지(2.45 GHz), 고주파(27.12 MHz) 해동하였을 때 전자렌지 해동이 가장 경도 변화가 커 부적합하다고 하였으며, 이는 마이크로파에 의한 불균일 가열 및 내부 수분 증발에 의한 것이라고 보고한 바 있다. 포장 방법 간의 경우, 전반적으로 합기 포장한 고구마 줄기는 진공 포장한 고구마 줄기보다 경도의 값이 높았다. 이는 진공압에 의한 조직 파괴에 의한 것으로 생각된다(Kim et al., 2011).

pH

고구마 줄기의 포장 방법 및 냉·해동 조건에 따른 pH 값은 Table 4와 같으며, 대조군의 pH 값은 7.3으로 합기

Table 3. Effect of freezing, thawing methods on texture properties of blanched sweet potato stems with air containing and vacuum packaging

Freezing method	Thawing method	Package	
		Air containing package (g/cm ³)	Vacuum package (g/cm ³)
Control		8,437.50±867.28 ^a	8,437.50±867.28 ^a
Conventional freezing -20°C	Room temperature	7,418.75±539.80 ^{bcAx}	7,345.00±574.67 ^{bcABx}
	Running water	7,092.86±879.12 ^{cAx}	6,986.36±831.59 ^{dABy}
	HF ¹⁾	7,650.00±790.57 ^{abcAxy}	7,646.43±832.16 ^{abcdAxy}
	MW ²⁾	7,438.89±654.21 ^{bcAx}	6,881.25±440.73 ^{dBy}
Conventional freezing -40°C	Room temperature	7,655.56±865.46 ^{abcAx}	7,525.00±752.86 ^{bcABx}
	Running water	7,085.00±567.18 ^{cAx}	7,230.00±574.02 ^{cdAxy}
	HF	7,336.36±733.86 ^{bcAy}	7,135.71±695.05 ^{cdAy}
	MW	7,438.89±710.54 ^{bcAx}	7,080.00±495.73 ^{cdAy}
Immersion freezing -40°C	Room temperature	7,987.50±737.64 ^{abAx}	7,962.50±899.50 ^{abcAx}
	Running water	7,830.00±929.78 ^{bcAx}	7,875.00±743.06 ^{abcAx}
	HF	8,135.71±362.53 ^{abAx}	8,070.00±880.40 ^{abAx}
	MW	8,166.67±752.77 ^{abAx}	7,977.78±526.26 ^{abcAx}

^{a-d}Means with different superscripts within the whole column are significantly different ($p<0.05$).

^{A-B}Means with different superscripts within the same freezing method are significantly different ($p<0.05$).

^{x-y}Means with different superscripts within the same thawing method are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾High frequency thawing.

²⁾Microwave thawing.

Table 4. Effect of freezing, thawing methods on pH of blanched sweet potato stems with air containing and vacuum packaging

Freezing method	Thawing method	Package	
		Air containing package	Vacuum package
Control		7.30±0.03 ^{ab}	7.30±0.03 ^{abc}
Conventional freezing -20°C	Room temperature	7.12±0.00 ^{deBx}	7.01±0.04 ^{cCy}
	Running water	7.16±0.10 ^{cdeBx}	7.13±0.01 ^{deBx}
	HF ¹⁾	7.30±0.08 ^{abAx}	7.33±0.03 ^{abcAx}
	MW ²⁾	7.28±0.02 ^{abAy}	7.10±0.01 ^{deBy}
Conventional freezing -40°C	Room temperature	7.13±0.13 ^{deBx}	7.18±0.01 ^{cdAx}
	Running water	7.14±0.03 ^{deBx}	7.32±0.12 ^{abcAx}
	HF	7.17±0.09 ^{cdeBy}	7.20±0.09 ^{bcdAx}
	MW	7.37±0.04 ^{aAx}	7.20±0.11 ^{bcdAxy}
Immersion freezing -40°C	Room temperature	7.10±0.01 ^{cCx}	7.21±0.04 ^{bcdAx}
	Running water	7.25±0.18 ^{bcBx}	7.33±0.04 ^{abcAx}
	HF	7.38±0.04 ^{aAx}	7.38±0.12 ^{aAx}
	MW	7.22±0.02 ^{bcdBCz}	7.35±0.08 ^{abAx}

^{a-c}Means with different superscripts within the whole column are significantly different ($p<0.05$).

^{A-C}Means with different superscripts within the same freezing method are significantly different ($p<0.05$).

^{x-z}Means with different superscripts within the same thawing method are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾High frequency thawing.

²⁾Microwave thawing.

포장 및 진공 포장한 고구마 줄기의 pH 값은 각각 7.1-7.4, 7.0-7.4 이다. 냉동 방법 및 해동 방법에 따른 유의적 차이는 전반적으로 존재하지 않았으며($p>0.05$), 포장 방법에 따른 pH 값 차이는 크지 않았다. Jo et al. (2012)은 데친 취나물, 고사리, 토란대, 시래기 나물을 비닐 포장, 합기 포장, 진공 포장 하였을 때 나물에 따른 pH 값은 상이하

였으나, 각 포장 방법에 대한 pH 값의 큰 변화를 보이지 않았다고 보고하였으며, 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

드립로스

고구마 줄기를 합기 및 진공 포장한 후 냉·해동 조건에

Table 5. Effect of freezing, thawing methods on drip loss (%) of blanched sweet potato stems with air containing and vacuum packaging

Freezing method	Thawing method	Package	
		Air containing package (wt%)	Vacuum package (wt%)
Conventional freezing -20°C	Room temperature	41.64 ^{aAx}	44.56 ^{abcAx}
	Running water	49.74 ^{aAx}	53.91 ^{aAx}
	HF ¹⁾	37.82 ^{abAx}	37.43 ^{cdAxy}
	MW ²⁾	40.36 ^{aAx}	51.21 ^{abAx}
Conventional freezing -40°C	Room temperature	37.60 ^{abBx}	38.63 ^{bcDx}
	Running water	49.97 ^{aAx}	43.18 ^{abcCx}
	HF	44.63 ^{aABx}	47.40 ^{abcBx}
	MW	44.40 ^{aABx}	53.16 ^{aAx}
Immersion freezing -40°C	Room temperature	17.89 ^{cdABy}	22.32 ^{eAy}
	Running water	24.30 ^{bcAy}	26.18 ^{deAy}
	HF	6.45 ^{dCy}	19.27 ^{eAy}
	MW	13.71 ^{cdBCy}	17.75 ^{eAy}

^{a-c}Means with different superscripts within the whole column are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-D}Means with different superscripts within the same freezing method are significantly different ($p < 0.05$).

^{x-y}Means with different superscripts within the same thawing method are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾High frequency thawing.

²⁾Microwave thawing.

따른 드립로스는 Table 5와 같다. 포장 방법에 따른 드립 로스를 비교하였을 때, 진공 포장의 드립로스는 17.7-54.0%, 함기 포장의 드립로스는 6.4-50.0%으로 진공 포장 이 함기 포장에 비해 드립로스의 양이 더 많았다. 따라서 고구마 줄기의 경우, 진공 포장은 함기 포장보다 품질변 화를 더 일으킨다고 판단하였으며, 이와 같이 Kim et al. (2011)은 엽채류인 배추를 진공 포장하였을 때 진공 압에 의한 조직 손상으로 다른 시료에 비해 품질변화가 빠르게 나타났다고 보고한 바 있다. 포장 방법과 관계없이 냉동 방법에 따라서는 침지식 냉동의 드립로스가 상대적으로 적었으며 이는 데친 머위대를 일반 냉동, 침지식 냉동을 하였을 때 침지식 냉동이 일반 냉동한 머위대보다 드립로스 양이 적게나왔다고 보고한 Lee et al. (2015)의 연구 결과와 같다. 해동 방법의 경우, 전반적으로 고주파 및 전자렌지 해동이 드립이 적게 발생하였으며, Lee et al. (2007)은 냉동한 홍고추를 중심부 온도가 5°C까지 해동하였을 때 전자렌지 해동이 다른 냉장 해동, 실온 해동, 고온 해동에 비해 가장 적은 드립로스 양을 나타낸 결과와 유사하였다. 또한 Shim et al. (2015)은 강제송풍식 냉동, 일반냉동, 극저온 냉동한 표고버섯은 전자렌지 해동 및 40 kHz 고주파 해동 방법으로 해동하였을 때 전반적으로 적은 드립이 발생하였다고 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와 유사하다.

요 약

본 연구에서는 고구마 줄기 냉동 편이식 제조를 위한 고

구마 줄기의 포장 방법 및 냉·해동 조건을 확립하고자 하였다. 데친 고구마 줄기를 각각 함기 및 진공 포장하였으며, 일반 냉동 -20°C 및 -40°C, 침지 냉동하였으며 해동 방법으로는 상온(25°C), 유수(20°C), 전자렌지(2.45 GHz), 고주파(27.12 MHz) 해동을 진행하였다.

함기 포장한 시료는 진공 포장한 시료보다 색도, 전단력, 드립로스 측면에서 열수침지 직후 고구마 줄기와 유의적 차이가 적었으며, 이는 진공 포장시 고구마 줄기의 얇은 조직이 진공압에 의해 조직이 파괴된 것으로 생각된다. 냉동 방법의 경우, 포장 및 해동 방법과 관계없이 침지식 냉동한 고구마 줄기가 ΔE 값이 2.7-3.0으로 작았으며, 전단력은 7,830.0-8,166.7 g/cm³으로 대조군의 8,437.5 g/cm³와 가장 유사하였다. 또한 침지식 냉동은 드립로스 6.5-24.3%으로 일반 냉동 -20°C 및 -40°C보다 적은 수치를 보였다. 침지 냉동한 고구마 줄기의 해동에 있어, 전자렌지 해동 및 고주파 해동은 색차, 전단력, 드립로스 측면에서 가장 효과적이었다. 특히 전자렌지 해동 및 고주파 해동의 전단력은 8,100 g/cm³ 이상으로 대조군의 8,437.5 g/cm³와 가장 유사하였으며, 드립로스는 6.5-13.7%으로 유수 해동 및 상온 해동보다 최대 4배정도 적었다. 따라서 고구마 줄기 냉동 편이식 제조를 위한 최적 포장 방법 및 냉·해동 방법은 함기 포장, 침지식 냉동 및 전자렌지 해동 혹은 고주파 해동이라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ010522)

에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Ban CJ, Choi YJ. 2012. Innovative techniques and trends in freezing technology of bakery products. *Food Sci. Indus.* 45: 9-15.
- Bevilacqua AE, Zaritzky NE. 1980. Ice morphology in frozen beef. *Int. J. Food Sci. Technol.* 15: 589-597.
- Chang MS, Park MJ, Kim JG, Kim GH. 2012. Effects of various packaging materials on the quality of heat treated *Lotus roots* during storage. *Korean J. Food Preserv.* 19: 807-812.
- Chevalier D, Le Bail A, Ghoul M. 2000. Freezing and ice crystals formed in a cylindrical food model: Part I. Freezing at atmospheric pressure. *J. Food Eng.* 46: 277-285.
- Cho KW. 1997. A theory of microwave heating. *J. Biosystems Eng.* 22: 68-80.
- Choi HN, Kang SJ, Choe EO, Chung LN, Kim JI. 2014. Antioxidant effects of *Sanchae-namul* in mice fed high-fat and high-sucrose diet. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 369-377.
- Choi SY, Lee SY, Davaatseren M, Yoo SM, Choi MJ, Han HM. 2014. Effect of blanching conditions and thawing methods on quality properties of *Platycodon grandiflorum*. *Korean J. Culinary Res.* 20: 211-222.
- Choi YS, Jeong JY, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Paik HD, Kim CJ. 2007. Effect of packaging methods on the quality properties of stick type restructured jerky. *Korean J. Food Sci. Ani.* 27: 290-298.
- Desrosier NW, Desrosier JN. 1977. Principles of food freezing. In: *The technology of food preservation*. Desrosier NW, Desrosier JN. (eds). AVI Publishing Co., Westport, CN, USA, pp. 110-151.
- Fennema OR. 1973. Nature of the freezing process. In: *Low-Temperature Preservation Foods and Living Matter*. Fennema OR, Powrie WD, Marth EH. (eds). Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA, pp. 151-227.
- Hwang IG, Jeong HS, Lee JS, Kim HY, Yoo SM. 2012. Influences of freezing and thawing temperature on the quality characteristics of mashed red pepper. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 691-696.
- Hwang KT, Rhim JW. 1994. Effect of various pretreatments and drying methods on the quality of dried vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 805-813.
- Jeong JK. 2009. The study for antioxidation activity and polyphenol contents of Korean sweet potatoes. Ph.D. thesis, Uiduk Univ., Gyeongju, Korea.
- Jo HJ, Kim JE, Yu MJ, Lee WH, Kyung BS, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, Han GJ, Park JT. 2014. Effect of freezing temperature on blueberry quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1906-1912.
- Jo IH, Kim HS, Kim GM, Kim JS, Kim GC. 2012. Effect of packaging method on the quality of blanched *Namul* during storage. *Korean J. Food Preserv.* 19: 328-336.
- Kim MH, Park SY, Jeong YJ, Yoon KY. 2012. Sensory properties of *Kalopanax pictus* and *Cedrela sinensis* shoots under different blanching conditions and with different thawing methods. *Korean J. Food Preserv.* 19: 201-208.
- Kim SJ, Rhim JW. 1997. Effects of freezing, thawing, and blanching on the pigment of purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 9-14.
- Kim SJ, Sun SH, Kim GC, Kim HR, Yoon KS. 2011. Quality changes of fresh-cut leafy and condiment vegetables during refrigerated storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1141-1149.
- Kim YB, Woo SM, Jeong JY, Ku SK, Jeong JW, Kum JS, Kim EM. 2013. Temperature changes during freezing and effect of physicochemical properties after thawing on meat by air blast and magnetic resonance quick freezing. *Korean J. Food Sci. Ani.* 33: 763-771.
- Kim YH, Yang SY, Lee MH. 1990. Quality changes of thawed porcine meat on the thawing methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 123-1128.
- Kobayashi R, Kimizuka N, Watanabe M, Suzuki T. 2015. The effect of supercooling on ice structure in tuna meat observed by using X-ray computed tomography. *Int. J. Refrige.* 60: 270-277.
- Koh SM, Rhim YW, Kim JM. 2011. Effect of freezing temperature on the rehydration properties of freeze-dried rice porridge. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 509-512.
- Kum JS, Lee CH, Han Q. 1998. Effects of height for microwave defrosting on frozen Food. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 109-114.
- Kwak CS, Lee KJ, Chang JH, Park JH, Cho JH, Park JH, Kim KM, Lee MS. 2013. *In vitro* antioxidant, anti-allergic and anti-inflammatory effects of ethanol extracts from korean sweet potato leaves and stalks. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 42: 369-377.
- Lee HE, Lim CI, Do KR. 2007. Changes of characteristics in red pepper by various freezing and thawing methods. *Korean J. Food Preserv.* 14: 227-232.
- Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Kwon KH, Kim BS. 2013. Changes in the quality of frozen vegetables during storage. *Korean J. Food Preserv.* 20: 296-303.
- Lee JK, Park, JY. 1999. Rapid thawing of frozen pork by 915 MHz microwave. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 54-61.
- Lee SY, Choi SY, Han HM, Yoo SM, Choi MJ. 2015. Effect of blanching conditions and thawing methods on the quality properties of butterbur stem. *Food Eng. Prog.* 19: 226-234.
- Meisel N. 1973. Microwave applications to food processing and food systems in Europe. *J. Microwave Power* 8: 143-146.
- Ngapo TM, Babare IH, Reynolds J, Mawson RF. 1999. Freezing rate and frozen storage effects on the ultrastructure of samples of pork. *Meat Sci.* 53: 159-168.
- Olivera DF, Vina SZ, Marani CM, Ferreyra RM, Mugridge A, Chaves AR, Mascheroni RH. 2008. Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. *gemmifera* DC) after frozen storage. *J. Food Eng.* 84: 148-155.
- Park JW, Kim JS, Park SH, Choi DS, Choi SR, Kim YH, Lee SJ, Kim HY. 2015. Effects of various thawing conditions on quality characteristics of frozen garlic. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 25: 893-901.
- Persson PO, Londahl G. 1993. Freezing technology. In: *Frozen Food Technology*. Mallett CP. (ed). Blackie Academic & Professional., Glasgow, UK, pp. 20-58.
- Pyun YR, Kwon YJ, Kim BY, Park JY, Sin HH, Lee DS, Lee SY, Lee JH, Lee HY, Lim JH, Chung MS, Cho HY, Choi YH, Hwang JK. 2014. Fourier's law of heat conduction. In: *Food Process Engineering*. Jigu Publishing Co., Paju, Korea, p. 159.
- Rhim JW, Hwang KT. 1995. Study on the drying characteristics of wild vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 358-364.

- Shim JB, Jo YJ, Choi MJ, Min SG, Yoo SM, Chun JY. 2015. Potential combination of various freezing and thawing techniques applicable for frozen storage of mushroom (*Lentinula edodes*). Food Eng. Prog. 19: 218-225.
- Suh HJ, Yoon HS. 1989. Quantative analysis and physico-chemical properties of dietary fiber in vegetables. J. Korean Soc. Food Nutr. 18: 403-409.
- Tong CH, Lentz RR, Lund DB. 1993. A microwave oven with variable continuous power and a feedback temperature controller. Biotechnol. Prog. 9: 488-496.
- Yang SH. 2015. Comparison of phytochemical content and antioxidant activity in *Ipomoea batatas* (L.) lam stem and *Colocasia esculenta* (L.) schott stem depending on cooking methods. MS thesis, Chungbuk National Univ., Cheongju, Korea.