

## 다양한 냉동 및 해동방법을 이용한 당근의 물리적 특성 관찰

김재형 · 민상기 · 최미정<sup>1</sup> · 유선미<sup>2</sup> · 조연지 · 천지연<sup>3\*</sup>  
건국대학교 바이오산업공학과, <sup>1</sup>건국대학교 생명자원식품공학과  
<sup>2</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, <sup>3</sup>제주대학교 식품생명공학과

### Effect of Various Freezing and Thawing Methods on Physicochemical Characterization of Carrot

Jae-Hyeong Kim, Sang-Gi Min, Mi-Jung Choi<sup>1</sup>, Seon-Mi Yoo<sup>2</sup>, Yeon-Ji Jo, and Ji-Yeon Chun<sup>3\*</sup>

*Department of Bioindustrial Technologies, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea*

*<sup>1</sup>Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University*

*<sup>2</sup>Department of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration*

*<sup>3</sup>Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea*

#### Abstract

This study investigated the combination effects of various freezing and thawing methods on the quality attributes of frozen carrot. Carrot samples were frozen by either individual air blast freezing (ABF, -45°C), liquid nitrogen freezing (LNF, -80°C) or natural freezing (NF, -24°C). Frozen carrots were thawed until the center temperature reached 4°C using natural air convection thawing (NT), flowing thawing (FT), sonification thawing (ST), or microwave thawing (MT). Changes in the quality of freezing and thawing combination were determined. In LNF, MT showed the most rapid thawing time (9.4 min) followed by ST (73 min), FT (87 min), and NT (84 min). LNF showed minimal thawing loss compared to those of ABF and NF ( $p < 0.05$ ). Hardness and water-holding capacity were decreased after all the tested combinations of freezing and thawing methods as compared to the control (blanched carrot). The highest thawing loss was observed at all the thawing combinations with NF. In the textural qualities, LNF-FT combination showed the best retention of hardness. In our study, LNF resulted in better quality attributes when it was combined with each thawing method compared to those of ABF and NF.

**Key words:** carrot, air blast freezing, liquid nitrogen freezing, thawing

## 서 론

최근 우리나라는 점차적으로 국민소득 증가 및 여성의 사회진출 증가와 과학기술의 발전으로 인하여 가정에서 식사하는 것보다 외식의 빈도수가 증가하고 있으며(Bahk et al., 2003; Kim et al., 2005), 편의점이나 대형마트에서 간단하게 조리하여 먹을 수 있는 냉동식품과 즉석편이식품의 소비가 증가하고 있는 추세이다(Chung et al., 1999; Lee & Yoon, 2009). 채소, 야채, 어류, 육류 등의 모든 식품은 보관과 저장에 있어 매우 민감하며, 식품 종류에 따라 최적의 저장조건이 각각 다르다. 모든 식품은 가공 및 저장 중에

물리적 및 영양학적 품질 감소, 미생물의 번식으로부터 큰 영향을 받기 쉽기 때문에 각 식품에 적절한 식품공정 기술이 필요하다(Kim, 2003). 식품에 대한 냉동기술은 미생물의 번식과 효소작용을 정지시켜 식품의 부패와 변질을 막을 수 있는 유용한 식품공정 중 하나이다. 식품을 냉동하는데 가장 큰 이유는 식품을 보존하면서 신선한 상태를 유지하고 이용하는데 있다. 육류나 생선은 원형 그대로 냉동하지만, 채소의 경우에 날것을 얼리게 되면 조직이 쉽게 파괴되고 섬유질이 단단해져 식용하기 어려울 정도로 품질저하가 일어나에 따라 데치기 등의 전처리 후 냉동하는 것이 적합하다(Park, 2015). 또한 채소류의 해동은 다른 식품군보다 빠르게 처리하는 것이 본래의 품질을 유지하는데 효과적이다.

냉동기법은 일반적으로 가정에서 많이 사용되고 있는 자연대류식 냉동기법과 송풍식 장치를 이용하여 영하의 공기를 강제로 대류 시키는 강제 송풍식 냉동(air-blast freezing) 및 액화질소를 이용하여 급속도로 동결시키는 극저온 냉동(liquid nitrogen freezing) 등 다양한 기법의 냉동방법이 나오

\*Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea  
Tel.: +82-10-8707-4494; Fax: +82-64-754-2465  
E-mail address: cjswildus00@naver.com  
Received May 4, 2015; revised July 6, 2015; accepted August 29, 2015

고 있다(Park & Song, 2015). 강제 송풍식 냉동의 경우 자연대류식 냉동기법과는 다르게 공기의 대류 속도를 조절할 수 있기에 각각의 식품에 최적의 조건을 선택할 수 있는 장점이 있고 극저온 냉동은  $-196^{\circ}\text{C}$ 의 액화질소를 식품에 분사 시킴으로써 다른 냉동기법과 다르게 최대 빙결정 생성대가 매우 짧아 얼음의 결정이 미세해지며 조직의 파괴가 적다. 급속 냉동 처리를 하면 본래의 식품조직의 유지가 효과적이고 적절한 해동처리가 이뤄지면 식품의 변질을 막을 수 있다(Jang et al., 2014). 이러한 점이 큰 장점으로 부각되면서 급속냉동공정은 식품산업에서 이용이 증가되고 있다.

해동의 경우 또한 냉동기법과 같이 식품의 색(Haiyang et al., 2012)과 품질변화(Kim et al., 1990; Kim & Rhim, 1997), 물성변화(Lee & Park, 1999) 등 각각의 식품에 따른 최적의 조건이 설립되고 있으며 다양한 해동방법이 이용되고 있다. 더욱이 해동공정은 냉동공정보다 식품의 품질에 더 영향을 미친다. 해동공정의 가장 큰 문제점은 식품 표면에 있는 수분이 식품내부의 얼음보다 열의 흡수가 빠르고 쉽기 때문에 식품의 중심부까지 열이 전달되는 것을 막는 것이다(Kum et al., 1998). 식품의 종류 및 모양, 부피에 따라 적절한 해동공정이 필요하다. 해동방법에는 상온에 방치하여 해동시키는 자연해동이 있으며, 이러한 공정을 가속화하기 위해 열풍을 이용하거나, 흐르는 물을 이용한 유수해동을 하기도 한다. 열풍 및 온수, 유수를 이용한 해동이 속도를 어느 정도 빠르게 하지만, 식품의 품질이 상당히 저하되고, 오랜 시간 열풍에 노출되면 미생물 오염의 문제점이 발생하기 쉽다(Kum et al., 1998). 이러한 문제점을 해결하기 위해 초음파를 이용한 초음파해동, 대표적으로 가정에서 많이 사용하는 전자레인지해동 등이 이용되고 있다. 특히 마이크로파를 이용한 전자레인지해동은 단시간 안에 식품의 내부까지 열이 발생하게 하여 식품을 빠르고 골고루 해동 하는데 효과적인 방법이다.

최근 당근에 대한 다양한 처리를 통한 품질을 평가한 연구들이 발표 되고 있다. Kim et al. (2014)은 당근의 다양한 열 처리법을 통해 최적의 전 처리법과 처리시간을 산정하였고, Jang et al. (2014) 연구에서는 양파의 최적 냉동 분석 조건을 확립하기 위해 다양한 냉동속도가 양파의 품질변화에 미치는 정도를 관찰하였다.

따라서 본 연구에서는 다양한 냉동기법인 자연냉동 및 강제송풍식냉동, 극저온냉동과 다양한 해동방법인 자연해동, 유수해동, 초음파해동, 전자레인지해동을 통하여 당근의 품질변화를 최소화 하는 냉·해동 공정을 확립하는 것을 목적으로 연구 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시료의 전처리

본 실험에 사용된 당근은 서울시 광진구 화양동 위치한

대형할인매장에서 구입한 당근을 흐르는 물로 겉에 묻어있는 이물질을 깨끗이 제거한 후 상단부와 하단부를 절단하고, 세로  $0.5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  정형하여 준비하였다. 정형한 당근은 다음과 같은 전 처리를 하였다. 당근과 물을 1:10 (w:w)의 비율로 준비하여  $100^{\circ}\text{C}$  물에서 2분 동안 데치기한 후  $4^{\circ}\text{C}$  찬물에서 1분간 냉각처리 하고 탈수기를(Hanil, W-110, Seoul, Korea) 이용하여 1분간 탈수처리를 해준다.

### 냉동

당근은 세가지 냉동법을 이용하여 동결하였다. 냉동하는 동안 당근의 중심부에 온도센서를 삽입하여 온도를 측정하였고, 당근의 중심온도가  $-12^{\circ}\text{C}$ 에 도달할 때까지 냉동을 진행 하였다. 첫 번째 냉동기술은 급속강제송풍식냉동(ABF)이다. 서진프리즈저에서 공급받은 급속강제송풍식냉동고(Air blast freezer, SEOJIN, Gyeonggi, Korea)에 송풍 조절장치를 추가 장착하여 냉동속도를 자연대류식, 저속, 고속으로 설정할 수 있는 장비를 제작하였다. 송풍의 속도를 저속과 고속으로 설정 하였고, 각각 속도 조건에서 온도가  $-45^{\circ}\text{C}$ 가 되면 전 처리된 당근샘플을 채반에 300 g씩 고르게 펼친 후 냉동을 진행하였다. 두 번째 냉동기술은 극저온냉동(LNF)으로 (주)현대 F.A에서 제작한 질소압을 이용하여 액화질소가 분사되는 컨베이어 형태의 장치(Hyundai F.A Co. Ltd., Gyeonggi, Korea)를 사용하였다. 컨베이어의 속도를  $9.4\text{ m/s}$  조절하였고 장치의 내부온도가 약  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 도달하면 전 처리된 당근을 채반에 60 g씩 고르게 펼치고 당근 중심부에 온도센서를 삽입하여 중심온도가  $-100^{\circ}\text{C}$ 까지 낮아질 때까지 측정하였다. 세가지 냉동법으로 처리된 시료는 60 g씩 각각 진공포장 하여  $-24^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하였다.

### 해동

해동은 자연해동(natural air convection thawing, NT), 유수해동(flowing water thawing, FT), 초음파해동(sonification thawing, ST), 전자레인지해동(microwave thawing, MT)을 이용하였으며 자연해동의 경우 냉동 처리된 당근의 중심부에 온도센서를 삽입한 후 상온에서 방치하여 중심온도가  $4^{\circ}\text{C}$ 에 도달할 때까지 측정하였다. FT는 냉동 처리된 중심부에 온도센서를 삽입한 후 흐르는 물( $4^{\circ}\text{C}$ )에 담근 후 중심온도가  $4^{\circ}\text{C}$  도달할 때까지 측정하였으며, ST는 초음파 세척기(SD-250H, Mujigae Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 당근의 중심 온도가  $4^{\circ}\text{C}$ 도 달할 때까지 측정하였다. MT는 전자레인지(KR-S340TC, Daewoo, Seoul, Korea)를 사용하여 처리하였으며 출력의 세기를 400 W로 설정하여 당근 시료의 중심부에 광섬유 센서(fiber optic temperature sensor, FISO, Technologies Inc. Québec, Canada)를 삽입하여 중심온도가  $4^{\circ}\text{C}$ 에 도달할 때까지 측정하였다.

### 해동감량

데치기 처리한 당근의 무게( $W_1$ )를 측정하였고, 냉동 처리한 당근을 해동 후 시료의 수분이 없도록 제거하여 당근 무게( $W_2$ )를 측정하였다. 측정된 값을 다음과 같은 공식에 대입하여 산출하였다. 각 조건에 따른 시료는 3회 반복 측정하였다.

$$\text{해동감량(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

$W_1$ : 데치기 한 당근 무게(g)

$W_2$ : 냉해동 후 당근 무게(g)

### 강도

냉·해동처리 후 당근의 강도변화는 texture analyzer (CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. Compression type에서 target value는 5 mm이며, trigger load는 50 g, test speed는 2.50 mm/s로 설정하였다. 길이가 70 mm, 폭이 0.3 mm인 칼날 형태의 plain vee probe (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)와 TA-SBA fixture (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 사용하였다. 각 냉·해동 조건에 따른 시료는 3회 반복 측정하였다.

### 보수력

원심분리관( $W_2$ )에 건조된 거즈와 약 1 g ( $W_1$ )의 시료를 넣은 후, 원심분리기(Centrifugal separator, 1736R, LABOGENE, Seoul, Korea)를 사용하여 4°C, 1,500 × g에서 10분간 처리하였다. 원심분리 처리가 완료된 다음 시료를 제거한 후 무게( $W_3$ )를 측정하여 다음과 같은 식에 대입하여 보수력을 산출하였다. 각 냉·해동 조건에 따른 시료는 3회 반복 측정하였다.

$$\text{보수력(\%)} = \frac{W_1 - (W_3 - W_2)}{W_1} \times 100$$

$W_1$ : 당근 시료 무게(g)

$W_2$ : 원심분리관 무게(g)

$W_3$ : 원심분리가 완료된 다음 시료를 제거한 후 무게(g)

### pH

냉·해동 된 당근을 증류수와 1:9(w:w)로 혼합한 후 호모믹서(Handy-blender, CNHR26, BSH, Nazarje, Slovenia)를 이용하여 2분간 균질화하였으며 균질화된 시료는 pH meter (S220 SevenCompact™ pH/Ion, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)로 측정하였다. 각 조건에 따른 시료는 3회 반복 측정하였다.

### 색도

색도는 Chroma meter (CR-400, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(lightness)를 나타내는 CIE  $L^*$ , 적색도(redness)를 나타내는 CIE  $a^*$ , 황색도(yellowness)를 나타내는 CIE  $b^*$ 을 3회 반복 측정하였다. 이때 표준 색은 CIE  $L^*$  94.49, CIE  $a^*$ , -0.66, CIE  $b^*$  3.32인 calibration plate를 표준으로 사용하였다. 색도 변화는 블랜칭한 당근과 냉해동 후 당근의 색도차를 다음과 같은 공식에 대입하여 값을 산출하였다.  $L^*_1$ ,  $a^*_1$ ,  $b^*_1$ 은 냉동 전 당근의 색도를 나타내는 값이며,  $L^*_2$ ,  $a^*_2$ ,  $b^*_2$ 는 해동 후 당근의 색도를 나타낸다.

Total color difference (DE)

$$= \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2}$$

### 통계분석

통계분석은 SAS 통계프로그램(Ver.9.3, Statistical Analytical System, USA)을 이용하였으며, 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 Duncan's Multiple range 검증하였다( $p < 0.05$ ).

## 결과 및 고찰

냉동 및 해동 처리에 따른 당근의 이화학적 분석

당근의 냉동 및 해동속도

냉동 및 해동 처리에 따른 당근의 온도변화 그래프는 Fig. 1과 같다. 냉동속도는 LNF(약 2분), ABF(약 10분), NF(약 90분) 순이며 각각의 상변이 시간은 약 0.1초, 30초, 20분이었다. 급속냉동을 한 경우 상변이 구간이 거의 없거나 짧은 것을 관찰할 수 있었다. Fig. 2는 다양한 해동 방법에 따른 당근의 해동곡선으로 (A) NT, (B) FT, (C) ST, (D) MT이다. 모든 해동방법 중에서 MT는 다양한 냉동 방법 LNF, ABF, NF으로 처리된 당근을 각각 약 9분, 7분, 11분안에 가장 빠르게 중심온도 4°C까지 해동하였으며, NT는 약 47분, 73분, 85분으로 가장 도달했다. 냉동 방법

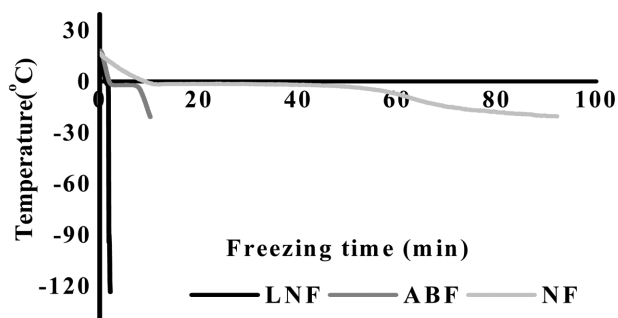


Fig. 1. Freezing curves according to different freezing methods (LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, NF: Nature freezing).

에 따른 해동속도를 비교했을 때, MT 경우를 제외하고 모든 해동 법에서 저속냉동 한 처리구가 급속냉동 한 처리구보다 빠르게 해동되었다. 이와는 반대로 MT의 경우 ABF, LNF, NF 순으로 급속냉동 처리된 당근이 저속냉동 한 것보다 빠르게 해동되었다(Fig. 2). 일반적으로 냉동식품의 빙결정 크기와 수, 분포 등은 냉동속도에 따라 결정된다. 상변이 시간이 짧을수록 작은 빙결정이 많이 생기고 균일하게 분포한다(Kim et al., 1998; Jeong et al., 1999). 마이크로파는 비교적 작은 빙결정을 형성한 급속냉동 된 처리구에 빠르고 고르게 침투하여, 큰 빙결정을 형성한 저속냉동 된 처리구보다 빠르게 해동시키는 것으로 판단된다.

해동감량

다양한 냉동법 및 해동 법으로 처리했을 때 당근의 해동감량은 Fig. 3과 같다. 모든 처리구 중에서 유의적으로( $p < 0.05$ ) 가장 낮은 해동감량을 나타낸 냉해동 공정조합은 LNF-NT이다. 모든 해동방법에서 ABF 혹은 NF한 경우 높은 해동감량을 나타냈으며, 해동방법에 따른 유의적( $p > 0.05$ ) 차이가 없을 뿐만 아니라 냉동방법에 따른 유의적( $p > 0.05$ ) 차이도 나타나지 않았다. 반면에 LNF으로 처리한 당근은 모든 해동방법으로 처리 후 유의적으로( $p < 0.05$ ) 가장 낮은 해동감량을 보였다. 이는 Haiyang et al. (2012)의 내용과 같이 냉동속도가 빠를수록 세포의 손상이 적고, 얼음의 결정이 작아짐으로써 해동감량이 줄어드는 것으로 판단 된다. 해동의 주요 목표는 냉동 처리시 동결된 물이 다

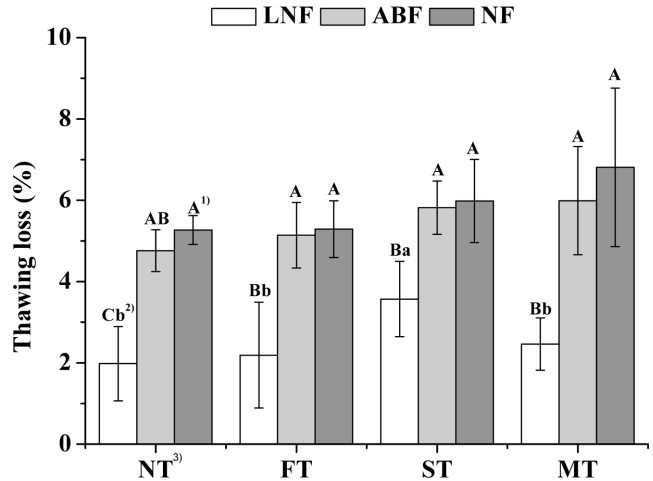


Fig. 3. Effect of different freezing and thawing methods on thawing loss of carrot. <sup>1</sup>A-C Means with different superscript letters within all sample are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>2</sup>a-b Means with different superscript letters within same thawing system are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>3</sup>NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing, LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, NF: Nature freezing.

시 녹아서 식품의 조직 안으로 흡수 되는 것이다. 그러나 흡수되지 않고 분리되어 드립이 생기게 되고, 긴 해동시간은 식품의 품질을 저하시키는 주요 원인이다. 그러므로 장시간에 걸친 해동을 극복하기 위해 재래적 해동법인 저온

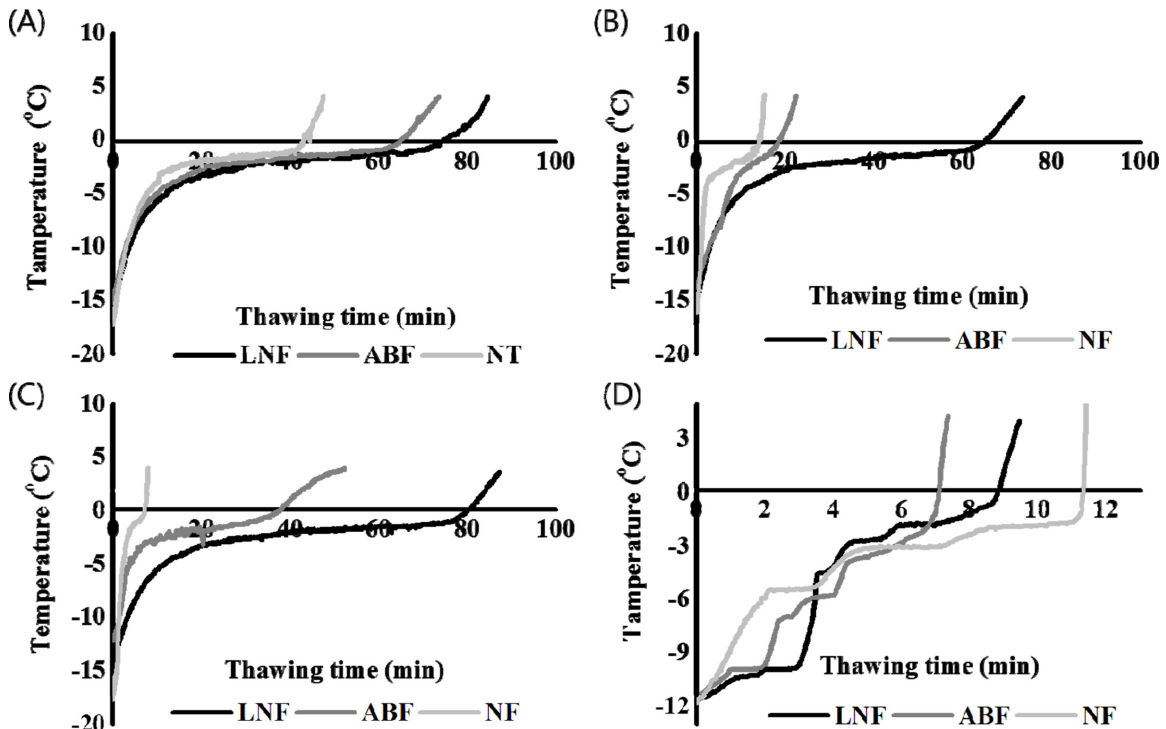
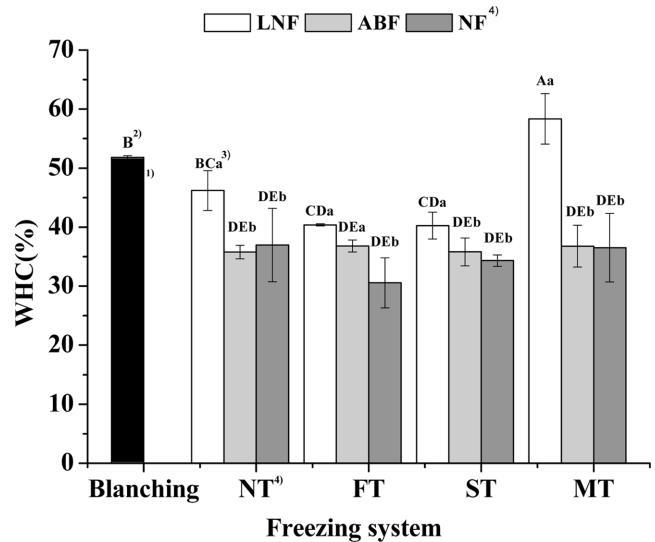


Fig. 2. Thawing curves of carrot according to different thawing methods. (A) Natural air convection thawing, (B) Flowing water thawing, (C) Sonification thawing, (D) Microwave thawing; LNF (Liquid nitrogen freezing), ABF (Air blast freezing), NF (Nature freezing).

해동, 유수해동, 상온해동 등을 피하고 열전도를 이용한 해동법이나 전기적 해동법을 사용한다(Jeong et al., 1999).

#### 보수력

Fig. 4는 다양한 냉동처리에 따른 당근의 보수력 변화를 측정한 그래프이다. 보수력은 외부의 물리적 처리에 의해 수분을 보유하는 능력을 표시하는 값으로 LNT-MT 조합이 대조구 포함 모든 처리구 중에서 가장 높은 보수력(58.34%)을 나타냈으며, LNT-NT조합은 대조구와 유의적으로 차이가 없었다. 그 외에 모든 처리구는 대조구 보다 유의적으로( $p<0.05$ ) 낮은 보수력을 나타냈다. 모든 해동방법에서 LNF로 처리된 당근이 유의적으로( $p<0.05$ ) 높은 보수력을 보였다. Alvarez & Canet (1997)의 연구에서도 냉동시간이 빨라짐으로 당근내부의 열을 방출하는 시간이 짧아져 보수력이 높아지는 것으로 보고되었다. 보수력은 채소보다는 주로 가공육 제품의 품질을 평가하는 지표이며, 제품의 조직감과 기호성 등에 영향을 주는 중요 특성이다. Kim et al. (1990)의 연구에 의하면 마이크로파 해동이 열풍해동보다 유의적으로 높은 보수력을 나타냈다. 그러나 각각의 해동방법에서 온도(50-70°C) 혹은 파워(65-325 W)를 증가시켜준 경우 보수력이 감소하는 경향을 보였다. 이는 해동속도가 빠를수록 근육단백질이 세포간에 유리되었던 수분을 재흡수 할 수 있는 능력이 모자라 보수력이 저하될 수 있다고 설명했다. 본 연구에서는 MT 처리군이 보수력이 가장 높았음을 확인하였고, 더불어 냉동방법도 보수력에 영향을 미칠 수 있음을 관찰하였다. 즉 당근은 급속냉동을 한 경우 보수력을 유지하는데 효과적이며, 해동방법보다는 냉동방법에 영향을 많이 받는 것으로 생각된다.



**Fig. 4. Effects of different freezing and thawing methods on water hold capacity of carrot.** <sup>1)</sup>Black bar is control which is blanched. <sup>2)A-C</sup>Means with different superscript letters within all sample are significantly different ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>3)a-b</sup>Means with different superscript letters within same thawing system are significantly different ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>4)</sup>NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing, ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing, LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, NF: Nature freezing.

#### 색도

Table 1은 다양한 냉동 및 해동처리가 당근의 색의 변화에 미치는 영향을 나타낸다. 같은 동결방법으로 처리하고 FT 혹은 ST 처리했을 때 CIE L\*값은 감소하는 경향을 보이나 다른 처리구와 마찬가지로 유의적인( $p>0.05$ ) 차이는

**Table 1. Effect of different freezing and thawing methods on color of carrot**

Freezing system <sup>1)</sup>	Thawing system <sup>2)</sup>	Lightness	Redness	Yellowness	Total color difference	
Control <sup>3)</sup>	Control <sup>3)</sup>	53.71±0.25 <sup>AB4)</sup>	28.39±1.47 <sup>ABC</sup>	47.33±1.34 <sup>A</sup>	-	
	LNF <sup>5)</sup>	NT <sup>5)</sup>	54.66±1.14 <sup>AB</sup>	29.98±0.64 <sup>A</sup>	46.96±0.25 <sup>A</sup>	2.16±0.37 <sup>B</sup>
		FT	53.28±0.73 <sup>B</sup>	28.89±2.63 <sup>AB</sup>	44.63±1.82 <sup>A</sup>	3.55±1.87 <sup>B</sup>
		ST	52.46±0.78 <sup>B</sup>	23.38±3.64 <sup>D</sup>	43.24±0.65 <sup>A</sup>	6.85±3.01 <sup>AB</sup>
		MT	55.32±1.26 <sup>AB</sup>	26.66±2.85 <sup>ABCD</sup>	46.92±2.86 <sup>A</sup>	3.67±2.52 <sup>B</sup>
ABF	NT	54.36±0.67 <sup>AB</sup>	26.91±0.67 <sup>AB</sup>	44.85±2.34 <sup>A</sup>	3.25±1.94 <sup>B</sup>	
	FT	55.32±0.48 <sup>AB</sup>	29.08±2.98 <sup>ABCD</sup>	46.92±0.48 <sup>A</sup>	2.98±0.92 <sup>B</sup>	
	ST	55.15±0.91 <sup>AB</sup>	27.32±3.13 <sup>ABCD</sup>	44.82±1.53 <sup>A</sup>	4.11±1.40 <sup>B</sup>	
	MT	56.44±2.10 <sup>AB</sup>	25.50±1.06 <sup>BCD</sup>	46.51±1.36 <sup>A</sup>	4.57±0.93 <sup>B</sup>	
NF	NT	52.34±2.34 <sup>AB</sup>	26.02±1.75 <sup>ABCD</sup>	43.07±2.86 <sup>A</sup>	5.22±3.78 <sup>B</sup>	
	FT	53.66±2.20 <sup>B</sup>	24.01±2.38 <sup>CD</sup>	37.31±7.38 <sup>B</sup>	11.26±7.37 <sup>A</sup>	
	ST	53.38±2.06 <sup>B</sup>	27.18±2.28 <sup>ABCD</sup>	45.34±2.71 <sup>A</sup>	3.29±2.98 <sup>B</sup>	
	MT	53.05±2.68 <sup>A</sup>	26.69±1.94 <sup>ABCD</sup>	45.17±3.58 <sup>B</sup>	4.32±2.79 <sup>B</sup>	

<sup>1)</sup>Freezing was done to -12°C for all freezing condition.

<sup>2)</sup>Thawing was to 4°C for all sample.

<sup>3)</sup>Control represents for blanching samples.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in the same row are significantly difference ( $p<0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

<sup>5)</sup>LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, NF: Nature freezing, NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing thawing, ST: sonification thawing, MT: Microwave thawing.

없었다. CIE  $a^*$ 값은 LNF-ST 처리시 대조구 보다 유의적으로( $p < 0.05$ ) 감소하며 모든 처리구에서 가장 낮은 값을 보였다. 그 외에 다른 처리구들은 대조구와 유의적( $p > 0.05$ ) 차이가 없었으며, 냉·해동 방법에 대한 영향을 받지 않을 것으로 관찰되었다. CIE  $b^*$ 값은 NF처리 후 MT 혹은 FT 하였을 때 대조구 보다 유의적으로( $p > 0.05$ ) 낮은 경향을 보였으며 나머지 처리구들은 유의적( $p < 0.05$ ) 차이가 없었다. 총 색도 변화는 냉·해동 방법에 따른 유의적( $p > 0.05$ ) 차이를 보이지 않았으며, 총 색도는 최소 2.16에서 최대 11.26까지 측정 되었다. 한국식품연구원에 따르면 hunter color system의 색을 표현하는 색차지수가 0-0.5는 경우는 색차가 거의 없고, 3.0-6.0은 현저한 차이, 12이상은 다른 계통의 색으로 변색된 것으로 설명한다. 본 연구에서는 NF-FT 처리구인 경우 총 색도 값이 11.26으로 측정되어 다른 처리구에 비해 색이 급격하게 변한 것으로 판단한다.

강도

당근의 경도는 동결속도가 빠를수록 높은 수치를 나타내는 것으로 관찰되었다(Fig. 5). 모든 샘플의 경도는 전처리 후 1차적으로 생시료(약 7,800 g)에 비해 약 2000 g 정도 감소하였다. Lee et al. (2011)의 결과에서도 90°C로 처리하였을 때 조직감이 감소되는 결과를 나타냈다. Kim (2004)과 Lee et al. (2012)의 연구에서는 블랜칭과 냉해동 처리로 세포의 파괴에 따라 응집력과 결합력의 감소로 낮은 강도의 값을 나타냈다. 본 연구에서는 전처리 된 당근

을 냉·해동 처리 한 결과 모든 처리구의 경도가 유의적으로( $p < 0.05$ ) 감소하였다. 다만, LNF-NT 혹은 LNF-FT 처리 한 경우는 대조구와 유의적인( $p > 0.05$ ) 차이 없었다. 냉동방법에 따른 차이를 관찰한 결과, 급속냉동을 한 경우 저속 냉동 된 샘플보다 유의적으로( $p < 0.05$ ) 높은 경도를 나타냈다. 해동방법에 따른 경도의 차이는 LNF와 ABF처리 된 당근에서만 나타났으며, NT 혹은 FT처리 된 당근은 ST 혹은 MT처리 된 당근 보다 유의적으로( $p < 0.05$ ) 높은 경도를 보였다. 그러나 NF처리 된 당근은 해동방법에 따른 유의적( $p > 0.05$ ) 차이가 없었다. 당근의 경도는 해동방법보다는 냉동방법에 의해 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

pH

당근의 pH는 LNF-NT 와 LNF-ST 조합이 유의적으로( $p < 0.05$ ) 대조구보다 낮았으며 나머지 샘플들은 유의적( $p > 0.05$ ) 차이가 없었다(Fig. 6). 같은 해동방법으로 처리한 경우 급속냉동 한 당근이 pH가 낮은 것으로 관찰되었다. 극저온 냉동 처리의 경우 낮은 해동감량으로 인하여 다른 냉동처리군 보다 pH가 낮은 것으로 판단되며, 여러 연구에서는 블랜칭과 냉해동 처리 시에 발생하는 세포의 파괴로 인한 영양분의 손실이 나타나는 것으로 설명하고 있다(Lee et al., 2000; Lee et al., 2007; Lee et al., 2013). 본 연구 결과, 다양한 냉동처리 법 중에 급속냉동 처리된 당근에 비해 저속냉동 처리된 당근의 조직이 더 파괴되어 상대적

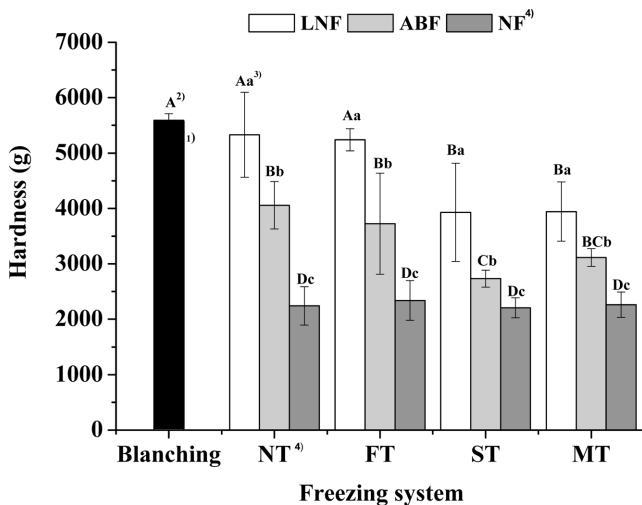


Fig. 5. Effects of different freezing and thawing methods on hardness of carrot. <sup>1</sup>Black bar is control which is blanched. <sup>2</sup>A-<sup>c</sup>Means with different superscript letters within all sample are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>3</sup>a-<sup>c</sup>Means with different superscript letters within same thawing system are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>4</sup>NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing, LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, NF: Nature freezing.

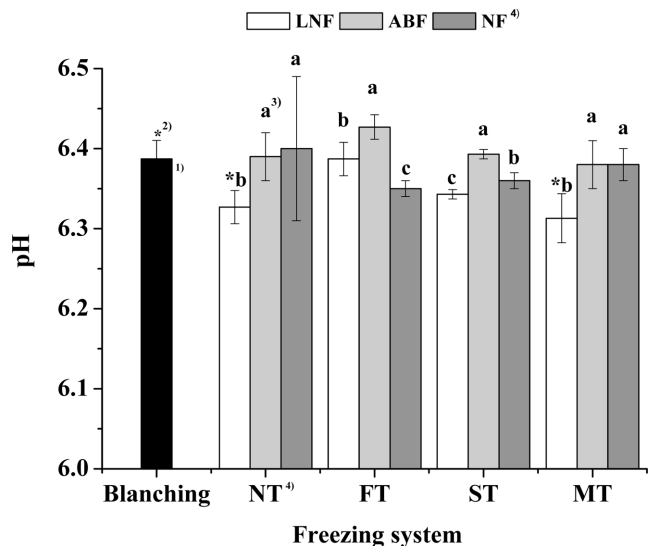


Fig. 6. Effects of different freezing and thawing methods on pH of carrot. <sup>1</sup>Black bar is control which is blanched. <sup>2</sup>\*Means with different superscript letters within blanching and NT, MT are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>3</sup>a-<sup>c</sup>Means with different superscript letters within same thawing system are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test. <sup>4</sup>NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing, LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, NF: Nature freezing.

으로 높은 pH 값을 나타내는 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구에서는 다양한 냉동기법인 자연냉동 및 강제송풍 식냉동, 극저온냉동과 다양한 해동방법인 자연해동, 유수해동, 초음파해동, 전자레인지해동을 통하여 물리적 변화를 최소화 하는 냉·해동공정을 찾으려 했다. 당근의 경우 품질을 변화 시키는 요인은 해동방법보다는 냉동방법이 더 영향력이 있다. 해동감량 및 보수력의 변화를 관찰한 결과 급속냉동(강제송풍식냉동, 극저온냉동)을 한 경우 품질유지에 더 효과적이었다. 경도는 냉·해동공정 보다는 블랜칭 처리를 한 것이(열처리) 유의적으로 품질이 저하되는 것을 관찰하였다. 즉 열처리가 당근의 물성에 영향을 더 미치는 것으로 판단된다. 색도 및 pH 경우, 냉·해동공정에 의해 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 당근의 전체적인 품질을 최대한 유지 하기 위해서는 냉동법의 고려가 해동법 보다 중요하며, 다양한 냉동방법 중 급속냉동처리하는 것이 효과적인 것으로 판단되며, 유지하고자 하는 당근 품질 특성 별로 최적의 냉·해동공정을 선정하는 것도 효과적이라 생각한다

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ009440)에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

## References

- Alvarez MD, Canet W. 1997. Effect of pre-cooling and freezing rate on mechanical strength of potato tissues (cv. *Monalisa*) at freezing temperatures. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A.* 205: 282-289.
- Bahk GJ, Chun SJ, Park K, Hong CH, Kim JW. 2003. Survey on the foodborne illness experience and awareness of food safety practice among Korean consumers. *J. Food Hyg. Saf.* 18: 139-145.
- Chung HD, Yoo JG, Choi YH. 1999. Effect of microwave blanching on the improvement of the qualities of immature soybean. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 1298-1303
- Haiyang W, Korhummel S, Carle R, Kammerer DR. 2012. Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Food Res. Int.* 48: 241-248.
- Jang MY, Jo YJ, Hwang IN, Yoo SM, Choi MJ, Min SG. 2014. Physicochemical characterization and changes in nutritional composition of onions depending on type of freezing process. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 1055-1061.
- Jeong JW, Lee HJ, Park NH. 1999. Changes in quality during frozen storage of meat with thermal equalized freezing. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 688-696.
- 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.
- 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 CJ, Lee CH, Lee ES, Ma KJ, Song MS, Cho JK, Kang JO. 1998. Studies on physico-chemical characteristics of frozen beef at as influenced by thawing rates. *Korean J. Food Sci. Ani.* 18: 142-148.
- Kim BS. 2003. Refrigeration and cold storage of food. In: *Proceeding of Heating, Air-Conditioning, Refrigeration, Fluid Machinery Exhibition Korea.* May 23, COEX, Seoul, Korea, pp. 133-142.
- Kim YH. 2004. Texture changes in some vegetables with heat treatment. M.S. thesis. Inje University, Gimhae, Korea.
- Kim JY, Kwon IK, Ha SY, Hong CH. 2005. Change of contamination level of *Listeria* spp. during the processing environments in Kimbab restaurants. *J. Food Hyg. Saf.* 20: 232-236.
- Kim KI, Hawng IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. 2014. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 1881-1888.
- 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.
- Lee JK, Park, JY. 1999. Rapid thawing of frozen pork by 915 MHz microwave. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 54-61.
- Lee JH, Seog EJ, Yoo JG, Choi YH. 2000. Physicochemical properties of frozen immature soybean as influenced by thawing conditions. *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 15-19.
- 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 MJ, Yoon KS. 2009. Comparison of the perception of frozen processed food, food labeling and nutrition labeling between employees and non-employees in the frozen food industry. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 19: 533-543.
- Lee SJ, Kim JM, Kwon OJ, Jeong YJ, Woo SC, Yoon KY. 2011. Changes on quality of *Acanthopanax cortex* and *Arlia elata* shoots by blanching conditions and thawing methods. *Korean J. Food Preserv.* 18(3): 302-309.
- Lee HO, Kim JY, Kim GH, Kim BS. 2012. Quality characteristics of frozen *Aster scaber* according to various blanching treatment conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 246-253.
- 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.
- Park SJ. 2015. Characteristics in the *Pteridium aquilinum*, *Platycodon grandiflorum*, and the lotus root frozen under different conditions. M.S. thesis, Chungnam National University Daejeon, Korea.
- Park SJ, Song KB. 2015. Quality changes in the lotus root frozen under different conditions. *Korean J. Food Preserv.* 22: 44-50.