

냉·해동 조건에 따른 데침 무의 품질 특성 변화

박지현 · 박종진 · 박보람 · 한귀정 · 김하운*

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

The Effect of Freezing and Thawing Conditions on the Quality Characteristic of Blanched Radish (*Raphanus sativus* L.)

Ji Hyun Park, Jong Jin Park, Bo Ram Park, Gwi Jung Han, and Ha Yun Kim*

Department of AgroFood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration

Abstract

This study investigated the effect of various freezing and thawing conditions on the quality characteristics of radish. White radish was blanched and cooled down to corresponding freezing temperatures of -20°C, -40°C and -60°C and, thereafter, the radish was finally frozen in a -20°C refrigerator for 24 h. The frozen radish was thawed at 4°C, 25°C and with running water, radio-frequency thawing machine. As quality parameters, pH, drip loss, hardness, color, and sensory evaluation were evaluated. No effect of freezing and thawing conditions on color, pH, and total bacterial count was observed for the samples. Samples that underwent immersion freezing (-60°C) had lower drip loss and higher hardness than samples in other freezing conditions. Sensory evaluation showed that color, hardness, and overall acceptability increased with a decrease in freezing temperature. These results indicate that the temperature of freezing affects the quality of radish.

Key words: freezing, thawing, jorim radish, quality characteristics

서 론

무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과(*Cruciferae*)에 속하는 채소 중 하나로(Park, 1995) 우리나라에서 배추 다음으로 많이 소비되고 있는 채소로 품종이 다양하다. 계절에 따라서 봄, 여름, 가을에 재배되며 가을에 가장 많이 생산되고 있다(Ryu, 1996). 무의 대부분은 수분으로 약93%이며, 비교적 높은 당질을 함유하고 있다(Moon & Song, 1986). 또한 펙틴질, 섬유소, 무기질 등을 함유하고 있으며(Hwang, 1999; Kim, 2001), 소화를 돕는 효소인 amidase, glycosidase가 있으며 amylase가 많아 소화를 용이하게 하는 것으로 알려져 있다(Chi, 1998; Kim et al., 2001). 이외에 항산화 물질인 flavonoid계 kaempferol, vitamin, 방향족 amine 등을 함유하고 있으며(Kang & Kang, 1997; Son et al., 1998; Ryu, 1999), methylmercaptan (CH₃SH)

과 isothiocyanate와 같이 특유의 향기 성분과 매운맛 성분을 함유하여 무에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다(Greve et al., 1994; Belitz et al., 2004).

냉동은 -18°C이하에서 식품을 동결시켜 저장하는 것으로 식품의 품질이 유지되는 효과적인 저장방법 중 채소부터 육류, 어류, 가공류 등에 적용되고 있다. 1980년대 이후 소득의 증가와 여성의 사회진출이 늘어나면서 냉동식품 수요의 증가에 따라 냉동식품 산업이 발달하였다(Yun et al., 1996). 어·육류, 채소류와 같은 식품은 종류에 따라 저장기간이 다르며, 보관에 민감하다. 식품을 냉동할 경우 미생물의 증식을 최소화 시키며, 효소의 작용을 정지시켜 식품이 변질되는 현상을 막을 수 있다. 채소는 익히지 않고 얼릴 경우 채소의 조직이 파괴되며, 섬유질의 경우 질겨지는 현상을 동반하기 때문에 품질이 저하된다. 따라서 채소의 종류와 특징에 따라 데치기와 같은 전처리 과정을 거친 후 냉동하는 것이 적절하다(Park, 2015). 최근 냉동식품 시장의 확대에 따라 동결채소도 즉석 식품과 같이 판매되고 있는 실정이다. 무는 가정에서 일상적으로 사용되는 주요 채소류 중 하나이며 조리에 이용되기 까지 세척 및 세절과 같은 단계가 필요하다. 바로 조리에 사용할 수 있는 간편한 형태의 무를 제공하기 위하여 냉동 기술이 활용 가능하다. 하지만 냉동에 따른 기초적인 품질 변화에 대한 연구

*Corresponding author: Ha Yun Kim, Department of AgroFood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, 166, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, Republic of Korea, 55365
Tel: +82-63-238-3565, Fax: +82-63-238-3842
E-mail: khy0617@korea.kr
Received December 5, 2017; revised January 17, 2018; accepted January 25, 2018

는 지금까지 보고된 바 없다. 따라서 본 연구는 다양한 냉동 및 해동 방법에 따른 무의 품질특성의 변화를 측정하여 냉동 및 해동 조건에 따른 기초 자료를 제시하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 무(*Raphanus sativus* L.)는 2016년도에 생산되어 지역 마켓에서 판매하는 것을 구매하여 실험에 사용하였다. 무는 선별 및 세척 과정을 거쳐 이물질과 껍질을 제거한 후 양 끝으로부터 7 cm를 절단하고 남은 중간 부분을 실험에 사용하였다.

시료 전처리

무는 30 mm×40 mm×15 mm (가로×세로×높이) 크기로 절단하였다. 절단 후 냄비에 물을 넣고 90°C에서 3분간 데치고 차가운 물에 냉각시켰다. 500 g씩 무게를 측정하여 동결용 포장지(7 Layer Co-extrusion film, Seven L Pack Co. Ltd., Gwangju, Korea)에 넣고 합기 포장하여 실험에 사용하였다.

냉동 및 해동방법

500 g씩 포장한 무는 냉동 온도에 따라 공랭식은 -20°C 냉동고(GC-124HGFP, LG Electronics Co. Ltd, Seoul, Korea)와 -40°C 냉동고(DSS-650TD, daesan-eng Co. Ltd, Hanam, Korea)에서 동결하였다. 액체 침지식 냉동기(F500, Topgreen Tech, Seoul, Korea)를 사용하여 -60°C에서 냉동한 후 -20°C에서 7일 동안 저장하였다. 해동방법은 4가지로 상온해동은 25°C에서 8시간 동안 해동하였으며, 저온해동은 4°C에서 24시간 동안 해동하였다. 유수해동은 흐르는 물(15°C)에 담가 해동하였다. 고주파 해동은 해동 장치(FRT-5, Yamamoto Vinita Co. Ltd, Seoul, Korea)를 이용하여 해동하였다. 고주파 해동 조건은 파장 27.12 MHz, 출력 400 W에서 40분이었다.

냉·해동 곡선

시료의 냉동 및 해동시간을 측정하기 위해 시료 중심부에 5분 단위로 온도를 기록하는 직경 1.7 cm의 온도계(DS1922, Maxim Intergrated™, San Jose, CA, USA)을 삽입한 후 시료와 함께 밀봉하였다. 해동 후 온도계 인식 장치(DS1402D-DR8, Maxim In-tergrated™, San Jose, CA, USA)를 이용하여 냉동 및 해동 곡선을 얻고, 해동완료 시점까지 소요 시간을 측정하였다.

pH 측정

시료 5 g과 증류수 45 mL를 혼합한 후 분쇄기(CNHR 26,

Bosch, Ljubljana, Slovenia)로 마쇄한 후 pH meter (Orion 4 STAT, Thermo Fisher Scientific, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. pH는 3회 반복 측정 후 값은 평균과 표준편차로 나타내었다.

해동 손실률

무의 해동 손실률 측정은 냉동시킨 시료를 냉·해동 전과 후의 무게 차이를 해동 전 시료의 무게에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

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

W_1 : 해동 전 무의 무게 (g)

W_2 : 해동 후 무의 무게 (g)

조직감

무의 조직감은 경도(Hardness)를 측정하였으며 Texture Analyzer (TA-XT Plus, Stable Micro Systems®, Surrey, England)로 측정하였다. 분석조건은 test-speed 1.0 mm/sec, per-test speed는 2.0 mm/sec, post-test speed 10.0 mm/sec, target mode는 distance 30.0 mm, trigger force 5.0 g의 조건에서 분석하였으며, 사용된 프로브의 종류는 stainless steel rod로 지름 5 mm의 probe를 사용하였다. 모든 결과값은 10회 반복하여 평균과 표준편차 값으로 나타내었다.

색도

색도계(Color i7, X-rite Inc, Grand Rapids, MI, USA)를 사용하여 L^* (lightness, 명도), a^* (redness, 적색도), b^* (yellowness, 황색도)값을 측정하였으며 백색판($L^*=94.49$, $a^*=-0.66$, $b^*=3.23$)을 기준값으로 사용하였다. 결과값은 10회 반복 측정하여 나타내었다.

일반세균 및 대장균군

일반세균(Total Aerobic Bacteria)은 추출한 시료를 필터 백에 넣고 여과한 후 원액을 만들었다. 원액 1 mL를 멸균된 생리식염수(0.85% NaCl)에 10배 희석 후 단계별로 희석하였다. 희석된 시료 1 mL를 일반세균 3M petri film (Aerobic Count Plate Petrifilm, 3M, Health, St. Paul, MI, USA)에 분주하여 37°C에서 24시간 동안 배양 후 생성된 colony를 계수하여 colony forming unit (CFU/ml)으로 나타내었다. 대장균군(coliform)은 희석된 시료 1 mL를 대장균군 3M petri film (coliform count plate petrifilm, 3M, health, St. Paul, MI, USA)에 분주 후 37°C에서 24시간 동안 배양하여 생성된 colony를 CFU/mL로 나타내었다.

관능평가

관능평가는 15명의 패널을 대상으로 냉·해동조건에 따라

관능평가를 실시하였다. 평가 항목은 외향(appearance), 색(color), 향(flavor), 단단함(hardness), 맛(taste), 전반적인 기호도(overall acceptability) 항목으로 평가하였다. 패널에게 제공한 시료는 난수표를 이용하여 배열된 3자리의 숫자를 임의적으로 정하여 표기하였으며 9점 척도법으로 측정하였다.

통계분석

실험 결과에 대한 분석은 SPSS for Window 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 분석을 사용하였으며, 일원 배치분산분석(One-Way ANOVA test) 후 Duncan's multiple range test로 사후검정 하여 $p < 0.05$ 수준으로 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

냉동 및 해동 곡선

대류식 냉동 -20°C, -40°C와 침지식 냉동방법으로 -60°C에서 무를 냉동하였을 때 중심 온도가 -20°C까지 도달하는데 걸리는 시간을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 대류식 냉동 -20°C와 -40°C, 침지식 냉동 -60°C의 시료가 -20°C에 도달하는 시간은 각각 275분, 65분, 25분으로 나타났으며, -60°C에서 침지하여 냉동한 시료가 -20°C에 도달하는 시간은 25분으로 가장 빠르게 도달하였다. 최대빙결생성대(zone of maximum ice crystal formation)는 냉동 시 식품내의 수분이 얼음으로 변화하는 온도 구간을 말하며, 온도의 하강하는 속도가 급속하게 작아지는 구간부터 다시 온도가 내려가기 시작하는 온도의 구간을 뜻한다(Kong, 1985; Song & Park,

1997). 최대빙결생성대는 -1°C - -5°C 사이로 냉동 온도에 따라 이 구간에 머무른 시간은 대류식 냉동의 경우 -20°C, -40°C에서 40분, 15분으로 나타났으며, 침지식 냉동 -60°C에서는 5분으로 나타났다. 대류식 -20°C에서 냉동하였을 때가 최대빙결생성대에 머무르는 시간이 가장 길게 나타났으며, 액체 침지식 -60°C에서 냉동하였을 때는 5분으로 최대빙결생성대를 가장 짧은 시간 동안에 통과하였다.

해동 방법에 따라 -20°C에서 0°C까지 도달하는 시간을 그래프로 나타낸 결과는 Fig. 2와 같다. 25°C 실온에서 해동하였을 때 -20°C에서 냉동한 시료를 해동한 경우 70분, -40°C에서 냉동 하였을 때는 75분, 액체 침지식 -60°C에서는 70분으로 냉동 온도가 다르더라도 해동시간은 큰 차이를 보이지 않았다. 4°C 저온에서 해동하였을 때는 온도에 따라 -20°C, -40°C, 액체 침지식 -60°C에서 각각 375분, 250분, 300분의 해동시간이 소요되었다. 유수에서 해동하였을 때는 -20°C에서 냉동 후 해동하였을 때 30분, -40°C에서는 25분, 액체 침지식 -60°C 시료는 60분의 시간이 소요되었다. Park et al. (2016)의 실험 결과에 의하면 냉동 후 해동 시 킨 토란대는 해동 방법에 따라 실온 해동 시 180분, 유수해동이 75분, 고주파 해동이 15분 해동하였을 때 0°C에 도달하였으며, 고주파 해동이 가장 빠른 해동 방법으로 나타났으며, 실온 해동 보다는 유수해동 시 0°C에 도달하는 시간이 짧게 나타난 것으로 보고되었다. Kang et al. (2008)의 연구 결과에 의하면 정육면체로 절단하여 냉동 시킨 돼지고기를 해동 하였을 때 냉점이 0.5°C까지 도달하는 데 걸리는 시간이 4°C의 저온에서 해동하였을 때는 300분, 25°C 실온에서 해동하였을 때는 80분이 소요되는 것으로 보고되었다.

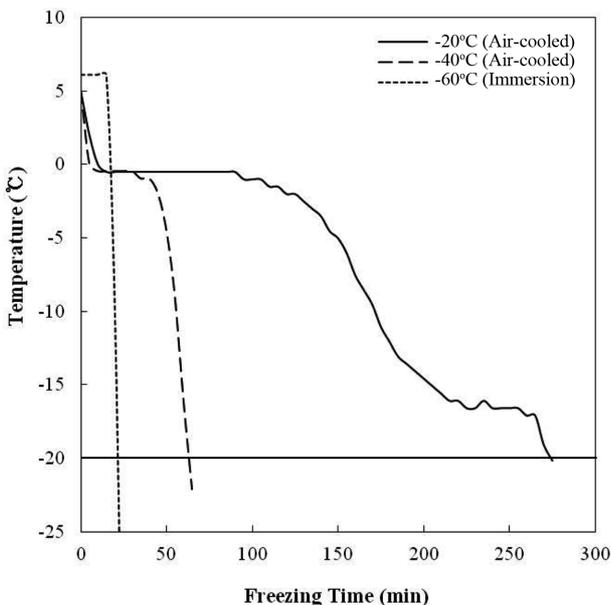


Fig. 1. Freezing curves of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) according to different freezing temperature.

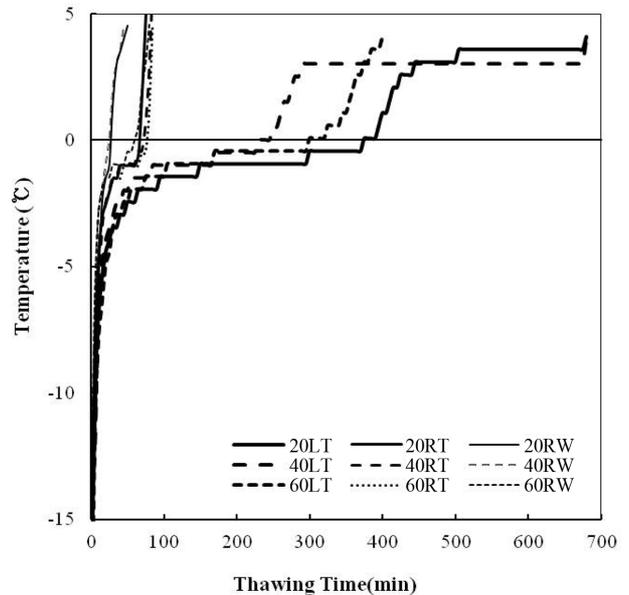


Fig. 2. Thawing curves of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) according to different thawing methods (LT : Low temperature, RT : Room temperature, RW: Running water).

pH

무의 pH를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 데침 후 무의 pH는 6.23 ± 0.02 로 측정되었으며, 온도에 따라 냉동 후 해동하였을 때 저온해동 시 냉동 온도에 따라 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으며, 상온해동 하였을 때는 -60°C 에서 유의적으로 증가하였고 나머지 온도에서는 차이가 없었다. 유수해동, 고주파해동 시 조건에 따른 유의적인 차이가 있었으나, 일정한 경향성을 보이지 않았다. 같은 냉동 온도에서 해동조건에 따른 pH의 변화는 -20°C 에서는 저온해동을 제외한 나머지 해동 조건에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, -40°C 에서 저온해동, 고주파해동과 상온해동, 유수해동 사이에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. -60°C 에서는 고주파해동을 제외한 나머지 해동조건에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Choi et al. (2016)의 연구 결과에 의하면, 냉동 온도 및 해동조건에 따른 고구마 줄기의 pH의 변화는 데친 고구마 줄기의 pH가 7.30 ± 0.08 로 측정되었으며, 냉·해동 후에도 대부분 $7.01\text{--}7.38$ 로 수치상 큰 차이를 보이지 않았으며, 전반적으로 냉·해동 방법에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 보고 되어 본 실험 결과와 유사한 결과를 보였다.

해동 손실률 측정

냉동 및 해동 조건에 따른 무의 해동 손실률은 Table 1과 같다. -20°C 에서 냉동 하였을 경우 $10.07\text{--}13.86\%$ 로 나타났으며, -40°C 에서 해동 손실률은 $10.27\text{--}13.92\%$ 로 -20°C 에

서 냉동 하였을 때와 유사한 손실률을 나타냈다. -60°C 에서 침지하여 냉동하였을 때 해동 손실률은 $4.82\text{--}5.77\%$ 로 -20°C 와 -40°C 에서 냉동하였을 때보다 비교적 낮은 손실률을 보였다. 해동방법에 따라서는 처리구간에 큰 차이를 나타내지 않았으며, 냉동 후 해동 손실률의 차이는 해동 조건보다 냉동 조건에 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 식품을 냉동할 경우 동결에 의해 세포의 벽과 세포내의 조직이 파괴됨에 따라 조직 연화로 인한 드립이 발생하게 된다. Park et al. (2016)의 실험 결과에 따르면 데친 후 조건에 따라 냉동 시킨 토란대의 해동 손실률은 -20°C 에서 $19.02\text{--}26.63\%$, -40°C 에서 $14.85\text{--}24.76\%$ 로 나타났으며 -40°C 침지식 냉동의 경우 $14.84\text{--}20.58\%$ 로 -20°C 와 비교하였을 때 낮은 손실률을 보이는 것으로 나타나 본 실험과 유사한 경향성을 나타냈다. 또한 Park & Song (2015)은 연근을 blanching 후 조건에 따라 냉동 후 해동하였을 때 연근의 수분 손실률은 -20°C 에서 $3.73 \pm 0.21\%$ 로 -70°C 와 -196°C 보다 높은 손실률을 나타낸 것으로 보고하였다. Choi et al. (2016)의 연구 결과도 이와 유사하게 침지식 냉동의 해동 손실률은 $6.5\text{--}24.3\%$ 로 나타났으며, -20°C 및 -40°C 에서 일반적으로 냉동한 방법과 비교하였을 때 적은 수치를 나타냈다.

조직감

냉동 및 해동 후 경도를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 90°C 에서 3분 동안 데친 무의 경도는 $2.71 \pm 0.13 \text{ kg}$ 로 나타

Table 1. pH, drip loss and hardness of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) by freezing and thawing methods

Sample	Freezing methods	Thawing method	pH	Drip loss (%)	Hardness (kg _f)
			6.23 ± 0.02	-	2.71 ± 0.13
Processed	$-20^\circ\text{C}^{1)}$	LT ⁴⁾	$6.69 \pm 0.05^{\text{ax}}$	10.07	$1.91 \pm 0.20^{\text{cy}}$
		RT ⁵⁾	$6.60 \pm 0.01^{\text{by}}$	10.09	$1.91 \pm 0.17^{\text{cy}}$
		RW ⁶⁾	$6.62 \pm 0.07^{\text{abxy}}$	13.46	$2.51 \pm 0.13^{\text{by}}$
		HF ⁷⁾	$6.61 \pm 0.03^{\text{by}}$	13.86	$2.13 \pm 0.27^{\text{ax}}$
	$-40^\circ\text{C}^{2)}$	LT	$6.68 \pm 0.05^{\text{ax}}$	11.26	$2.22 \pm 0.38^{\text{bx}}$
		RT	$6.60 \pm 0.02^{\text{by}}$	13.92	$2.97 \pm 0.31^{\text{ax}}$
		RW	$6.61 \pm 0.03^{\text{by}}$	10.27	$2.72 \pm 0.28^{\text{ax}}$
		HF	$6.68 \pm 0.02^{\text{ax}}$	12.85	$1.85 \pm 0.21^{\text{cy}}$
	Immersion ($-60^\circ\text{C}^{3)}$)	LT	$6.75 \pm 0.02^{\text{ax}}$	4.82	$2.42 \pm 0.15^{\text{bx}}$
		RT	$6.72 \pm 0.02^{\text{abx}}$	5.69	$2.89 \pm 0.28^{\text{ax}}$
		RW	$6.70 \pm 0.02^{\text{bx}}$	5.77	$1.87 \pm 0.16^{\text{cz}}$
		HF	$6.65 \pm 0.03^{\text{cxy}}$	5.43	$1.79 \pm 0.10^{\text{cy}}$

^{a-c}Means with different superscripts within the freezing method column are not significantly different

^{x-z}Means with different superscripts within the thawing method column are not significantly different

¹⁾ -20°C : Freezing in -20°C convectonal freezing

²⁾ -40°C : Freezing in -40°C convectonal freezing

³⁾ -60°C : Freezing in -60°C immersion freezing

⁴⁾LT : Thawing condition at low temperature (4°C)

⁵⁾RT : Thawing condition at room temperature (25°C)

⁶⁾RW : Thawing condition at running water temperature (20°C)

⁷⁾HF : High frequency wave (0.8 kW for 40 min)

났다. 냉동 온도에 따라서는 저온해동시 -20°C에서 냉동한 경우 경도가 유의적으로 감소하였으나($p<0.05$), -40°C와 -60°C에서 냉동한 시료는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 상온해동과 유수해동의 경우 온도에 따라서 유의적인 차이가 보였으나 경향성이 나타나진 않았다. 고주파 해동의 경우 냉동 온도가 높을 수록 경도가 유의적으로 감소하였으나 -40°C와 -60°C에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. -20°C에서 냉동 후 조건에 따라 해동한 시료의 경우 해동 조건에 따라서는 고주파 해동을 제외하고 유의적인 차이를 나타내지 않았다. -40°C에서도 대부분 유의적인 차이를 보이지 않았으며, -60°C에서 침지식 냉동의 경우 유수 해동과 고주파 해동 시 경도가 감소하며 유의적인 차이를 보였으나, 대부분의 조건에서 유의적인 차이를 보이지 않아 해동 방법이 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Lee et al. (2013)의 연구 결과에 따르면 채소류를 동결 후 해동하였을 때 경도의 변화를 측정할 결과 취나물과 애호박, 대파의 경도는 -20°C에서 동결하여 저장하였을 때 크게 변화가 나타나지 않았다. 본 실험 결과 냉해동 조건에 따른 경도의 변화는 조건간에 약간의 변화가 있으나, 전반적으로 냉동 및 해동 조건에 따른 확연한 차이를 보이지 않아, 동결 채소를 냉해동하였을 때 경도의 변화와 유사한 경향성을 보였다. 또한 채소를 냉동시키기 전에 데침 처리를 할 경우 조직의 부피와 밀도가 변화하며, 세포구조가 변화되어 낮은 온도에서 저장 하였을 때 채소의 조직이 유지되는데 효과적인 것으로 사료되는 것으로 보고되고 있다.

색도

무의 색도는 Table 2와 같다. 데친 무는 L*값이 54.1±1.35, a*값이 -1.82±0.05, b*값이 2.49±0.47로 나타났다. -20°C에서 냉동 후 해동조건에 따른 색도의 변화는 L*, a*, b* 값 모두 전체적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. ΔE 값은 저온해동과 고주파 해동을 제외한 경우 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 고주파 해동을 하였을 때 원물과 비교하였을 때 색도의 차이가 가장 낮은 것으로 나타났다. L*값은 냉해동 후 전체적으로 감소하는 경향성을 보였으며, a*값은 증가하였으며, b*값은 감소하는 경향을 나타냈다. Park et al. (2016)에 의하면 냉해동 조건에 따른 토란대의 색도는 냉해동 조건에 따라 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으며, Lee et al. (2013)에 연구결과에 따르면 동결시킨 취나물, 콩나물, 얼갈이 배추, 애호박, 대파를 냉동 후 4°C에서 24시간 동안 해동하였을 때 색도의 증가와 감소가 크게 나타나지 않은 것으로 보고되었다. Kim et al. (2015)의 실험 결과에 따르면 당근을 조건에 따라 냉동 후 해동하였을 때 처리구 간에 값의 차이는 있었으나 유의적인 차이는 보이지 않는 것으로 나타났다. Penfield & Campbell (1990)에 따르면 채소를 데침처리하였을 때 세포는 손상되거나, 산패의 원인이 되는 세포 내 공기가 제거되거나 polyphenol oxidase와 같은 효소를 불활성화시켜 색을 선명하게 하기 때문에 채소를 냉동 후 해동하였을 때 색도의 변화가 크게 나타나지 않는 것으로 생각된다.

Table 2. The color value of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) by freezing and thawing methods

Sample	Freezing method	Thawing method	L*	a*	b*	ΔE	
Blanching (90°C at 3minutes)	-	-	54.1±1.35	-1.82±0.05	2.49±0.47	-	
		-20°C ¹⁾	LT ⁴⁾	42.06±0.21 ^{bx}	-1.54±0.08 ^{by}	0.93±0.21 ^{by}	5.42±3.69 ^{bx}
			RT ⁵⁾	42.86±0.49 ^{ax}	-1.41±0.07 ^{aby}	1.5±0.21 ^{bx}	4.83±1.89 ^{abx}
			RW ⁶⁾	43.03±0.28 ^{ax}	-1.48±0.10 ^{ay}	0.96±0.20 ^{ay}	3.97±1.67 ^{abx}
Processed	-40°C ²⁾	HF ⁷⁾	42.88±0.51 ^{ay}	-1.45±0.05 ^{ax}	1.51±0.25 ^{ay}	3.03±1.14 ^{axy}	
		LT	41.79±0.40 ^{bx}	-1.68±0.03 ^{cz}	1.53±0.17 ^{cx}	3.97±1.67 ^{ax}	
		RT	40.37±0.96 ^{cy}	-1.45±0.09 ^{by}	0.54±0.41 ^{dy}	2.77±1.18 ^{aby}	
		RW	40.49±0.5 ^{cy}	-1.24±0.07 ^{ax}	1.83±0.13 ^{bx}	3.76±2.52 ^{ax}	
	Immersion (-60°C) ³⁾	HF	44.95±0.86 ^{ax}	-1.42±0.06 ^{bx}	2.73±0.10 ^{ax}	1.96±1.30 ^{by}	
		LT	39.73±0.47 ^{dy}	-1.30±0.07 ^{ax}	0.62±0.22 ^{cz}	3.89±1.99 ^{ax}	
		RT	42.54±0.64 ^{bx}	-1.30±0.06 ^{ax}	1.28±0.30 ^{bx}	4.35±2.16 ^{axy}	
		RW	40.72±0.84 ^{cy}	-1.52±0.07 ^{by}	0.71±0.33 ^{cz}	3.89±1.99 ^{ax}	
		HF	45.14±0.54 ^{ax}	-1.53±0.07 ^{by}	2.50±0.38 ^{ax}	3.89±1.99 ^{ax}	

^{a-d}Means with different superscripts within the freezing method column are not significantly different

^{x-z}Means with different superscripts within the thawing method column are not significantly different

¹⁾-20°C : Freezing in -20°C convectional freezing

²⁾-40°C : Freezing in -40°C convectional freezing

³⁾-60°C : Freezing in -60°C immersion freezing

⁴⁾LT : Thawing condition at low temperature (4°C)

⁵⁾RT : Thawing condition at room temperature (25°C)

⁶⁾RW : Thawing condition at running water temperature (20°C)

⁷⁾HF : High frequency wave (0.8 kW for 40 minutes)

Table 3. Total aerobic bacteria of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) by freezing and thawing methods

Sample	Freezing method	Thawing method	Total aerobic bacteria (log CFU/ml)	
Blanching (90°C at 3 min)	-	-	3.11±0.02	
		-20°C ¹⁾	LT ⁴⁾	3.18±0.00 ^{ax}
			RT ⁵⁾	3.01±0.06 ^{by}
			RW ⁶⁾	3.02±0.09 ^{by}
HF ⁷⁾	3.14±0.04 ^{ax}			
processed	-40°C ²⁾	LT	3.02±0.07 ^{by}	
		RT	3.15±0.04 ^{abx}	
		RW	3.17±0.04 ^{ax}	
		HF	3.14±0.13 ^{abx}	
	Immersion (-60°C) ³⁾	LT	3.04±0.12 ^{aby}	
		RT	3.01±0.10 ^{by}	
		RW	3.17±0.04 ^{ax}	
		HF	3.12±0.02 ^{abx}	

^{a-b}Means with different superscripts within the freezing method column are not significantly different

^{x-y}Means with different superscripts within the thawing method column are not significantly different

¹⁾-20°C : Freezing in -20°C convectional freezing

²⁾-40°C : Freezing in -40°C convectional freezing

³⁾-60°C : Freezing in -60°C immersion freezing

⁴⁾LT : Thawing condition at low temperature (4°C)

⁵⁾RT : Thawing condition at room temperature (25°C)

⁶⁾RW : Thawing condition at running water temperature (20°C)

⁷⁾HF : High frequency wave (0.8 kW for 40 minutes)

일반세균 및 대장균군

냉·해동에 따른 미생물의 변화는 Table 4와 같다. 데침 처리 후 일반세균의 생균수는 3.11±0.02 log CFU/ml로 나타났다. 냉동 조건에 따라 저온 해동하였을 때 -20°C에서 유의적인 차이를 보였으며, -40°C와 -60°C에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 저온해동과 유사하게 상온해동, 유수해동에서도 대부분 유의적인 차이를 보이지 않았으며 경향성을 나타내지 않았다. 고주파 해동하였을 때는 냉동

온도간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 대장균군은 데침처리 후 배양하였을 때 검출되지 않았으며, 냉·해동 후에도 모든 시료에서 검출되지 않았다. Lee et al. (2013)의 실험결과에 따르면, 애호박과 얼갈이 배추의 일반세균 수는 냉동 후 저장기간 동안 10² CFU/g를 유지하였으며, 냉동 전과 냉동 후에도 미생물의 생균수는 큰 차이를 보이지 않았으며, 대장균군은 냉동 전에도 검출되지 않아 본 실험결과와 유사한 경향을 보였다. 식품공전에서 냉동식품의 총균수는 1g당 100,000 이하, 대장균군은 1g당 10개 이하로 규정이 되어있다. 본 연구 결과 냉·해동 시킨 조림 무의 일반세균은 10³이 시료 내에 존재하였으며, 대장균군은 모든 처리구에서 검출되지 않았다. 따라서 데침처리 후 냉·해동 하였을 때 안전성이 있는 것으로 판단된다.

관능 평가

냉·해동 후 조리 무의 관능적 특성을 평가하였을 때 강도평가에 대한 결과는 Table 5와 같다. 외관에서는 -60°C에서 침지한 후 해동한 시료의 점수가 가장 높게 나타났으며, 원물과 유의적인 차이가 없었으며 -20°C, -40°C에서 냉동한 시료는 유의적으로 감소하였다. 짠맛은 원물이 가장 높은 값을 보였으며, -20°C, -40°C는 유사한 수치로 유의적인 차이를 보이지 않았다. -60°C는 가장 낮은 값으로 다른 조건과 비교하였을 때 유의적으로 감소하였다. 두 조건을 제외한 나머지 평가 조건에서는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 기호도 평가에 대한 결과는 Table 6으로 외관과 색에서 -60°C에서 침지시킨 시료의 기호도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 외관은 원물과 가장 유사한 값으로 유의적인 차이를 보이지 않았으며 -20°C, -40°C에서는 유의적으로 감소하였다. 색에서는 -20°C를 제외한 조건에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 전반적인 기호도에서는 -60°C에서 침지하여 냉동시킨 시료의 값이 6.07±1.49로 가장 높게 나타났으며, 원물을 포함한 나머지 조건은 4.07±1.62-4.93±1.39로 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 4. Sensory evaluation scores of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) by freezing and thawing methods (intensity scores)

Sample	Freezing method	Thawing method	Appearance	Color	Off-flavor	Flavor	Hardness	Sweetness	Saltiness	Bitterness	Umami
Blanching (90°C at 3 min)	RW ¹⁾	-	5.47±1.51 ^a	5.87±1.36 ^{NS}	3.33±1.18	5.47±1.51	5.27±1.83	4.87±1.96	7.73±1.03 ^a	4.60±2.35	6.07±1.44
		-20°C ²⁾	4.33±1.23 ^b	5.67±1.05	3.93±1.67	5.80±1.52	4.80±1.78	4.60±1.76	7.67±1.18 ^a	4.87±2.59	5.27±1.75
Processed	RW	-40°C ³⁾	3.87±1.60 ^b	5.87±2.23	3.67±1.54	5.73±1.79	4.53±1.96	4.87±1.16	7.60±1.72 ^a	4.87±2.56	5.87±1.68
		Immersion (-60°C) ⁴⁾	6.00±1.60 ^a	5.87±1.25	3.67±1.54	5.73±1.79	4.00±1.60	4.40±1.15	6.53±1.19 ^b	4.87±2.56	5.93±1.16

^{a-b}Means with different superscripts within the freezing method column are not significantly different.

^{NS}Not significant ($p < 0.05$)

¹⁾RW : Thawing condition at running water temperature (20°C)

²⁾-20°C : Freezing in -20°C convectional freezing

³⁾-40°C : Freezing in -40°C convectional freezing

⁴⁾-60°C : Freezing in -60°C immersion freezing

Table 5. Sensory evaluation scores of blanched radish (*Raphanus sativus* L.) by freezing and thawing methods (overall acceptability)

Sample	Freezing method	Thawing method	Appearance	Color	Off-flavor	Flavor	Hardness	Sweetness	Saltiness	Bitterness	Umami	Overall acceptability
Blanching (90°C at 3 min)	RW ¹⁾	-	5.60±1.45 ^a	4.87±1.55 ^a	5.60±1.06 ^a	6.13±0.92 ^{NS}	5.73±1.39	5.00±1.69	3.27±1.33	5.07±2.12	5.67±1.54	4.93±1.39 ^b
		-20°C ²⁾	4.33±1.35 ^b	5.00±1.07 ^a	4.07±1.39 ^b	5.13±1.41	4.73±1.62	5.53±1.41	4.33±2.55	5.20±2.24	5.33±1.54	4.73±1.22 ^b
Processed	RW	-40°C ³⁾	3.87±1.25 ^b	3.40±1.18 ^b	4.73±1.10 ^{ab}	5.27±1.53	5.73±2.25	5.33±0.98	3.07±2.29	4.13±2.33	5.13±2.00	4.07±1.62 ^b
		Immersion (-60°C) ⁴⁾	5.73±1.44 ^a	5.67±1.59 ^a	5.13±1.25 ^a	5.67±1.63	6.07±2.19	5.80±1.70	4.60±1.76	5.07±2.31	6.00±1.41	6.07±1.49 ^a
<i>F</i> -value			6.820**	7.324**	4.364*	1.551 ^{NS}	1.388	0.786	2.214	0.719	0.811	5.019*

^{a,b}Means with different superscripts within the freezing method column are not significantly different.

*significant different at $p < 0.01$, **significant different at $p < 0.001$, ^{NS}Not significant ($p < 0.05$)

¹⁾RW : Thawing condition at running water temperature (20°C)

²⁾-20°C : Freezing in -20°C convectional freezing

³⁾-40°C : Freezing in -40°C convectional freezing

⁴⁾-60°C : Freezing in -60°C immersion freezing

Lee et al. (2013)의 연구에 의하면 동결채소를 냉·해동 후 조리하여 평가하였을 때 취나물은 색, 조직감, 맛, 전반적인 기호도 항목에 대한 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 외관과 이취 항목은 저장기간에 따라 약간의 유의적 차이가 있었으나, 경향성을 나타내지 않았다. 콩나물, 열갈이 배추, 애호박은 색, 조직감, 이취, 맛, 외관, 전반적인 기호도 항목에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Kang et al. (2008)의 실험 결과에 따르면 냉·해동 방법을 달리하여 실험한 결과 *hardness*는 해동방법에 따라 저온해동, 고온해동, *microwave* 해동에서는 유의적인 차이가 없었으나, 실온해동에서는 유의적으로 감소한 것으로 나타났으며 이외의 *juiciness*, *flavor*, *off-flavor*, *acceptability*는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 냉·해동 조건이 다른 항목을 제외한 조직감에 대하여 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 침지식 냉동법은 최대빙결생성대의 온도를 다른 냉동 조건보다 빠르게 지나가기 때문에 얼음결정의 크기가 미세하게 형성되어 무 조직에 손상을 적게 받는 것으로 사료된다(Yang, 1997). 기계적인 물성의 수치(*hardness*)가 다른 냉동 조건과 유의적인 차이가 거의 나타나지 않으나 조리 후 적용하여 관능평가를 실시한 결과 질감, 전반적 기호도에서 가장 높은 값을 나타낸 것으로 보였다.

요 약

조림용 무의 냉동 저장 이용 가능성을 살펴보기 위하여 데침처리 후 냉동 및 해동 조건에 따른 품질 특성 차이를 살펴보았다. 데친 무를 합기포장하여 각각 -20°C, -40°C, 침지식(-60°C)에서 냉동하였고, 냉동 후 -20°C에서 7일 간 저장한 후 각각 저온(4°C), 상온 해동(25°C), 우수 해동, 고주파 해동하여 품질 변화를 분석하였다. 냉동곡선을 측정 한 결과 냉동처리 온도가 낮을수록 냉동 시간이 줄어들어 상변이 구간이 감소하였다. 해동 후 pH는 냉동 전, 후를

비교하였을 때 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 해동 손실을 비교할 때는 침지식 냉동한 시료가 적게 나타났고 해동방법별로는 처리구간 차이가 나타나지 않아 해동조건 보다는 냉동조건이 품질에 더 영향을 미칠 수 있다. 경도를 측정했을 때 침지식 냉동한 것이 유의적으로 높게 나타났다. 색도의 경우 냉해동 처리 후 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 미생물의 경우 총균수는 냉해동 조건간에 차이가 나타나지 않았고, 대장균군은 검출되지 않았다. 관능검사 결과 색과 단단함에서는 침지식 냉동 처리구가 가장 높은 점수를 나타냈고 전반적인 기호도 역시 침지식 냉동처리구가 가장 높은 점수를 보였다. 냉해동 처리하여 이화학적 특성을 분석한 결과 냉동 온도가 낮을수록 해동 손실물이나 물성의 변화가 적음을 확인하였다. 해동 방법에 따라서는 특별한 경향성은 보이지 않았다. 품질 변화에는 해동 조건보다는 냉동 조건이 영향이 큼을 알 수 있었으며, 가능한 낮은 온도의 냉동 처리가 품질 변화를 적게 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구비 지원(과제번호 PJ01277201)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Belitz H, Grosch W, Schieberle P. 2004. Food chemistry 3rd ed. Springer-verlag Berlin Heidelberg, Germany. p.788-789.
- Chi HJ. 1998. Chinese Standard Annotation. Korea Medical Index Corp., Seoul, Korea, p. 142 .
- Choi HJ, Lee SY, Lee JS, Kim SJ, Seo JH, Lee JG, Kim HY, Shin HR, Cho SK, Shim MJ, Choi MJ, 2016. Effect of parkaging, freezing, and thawing methods on the quality properties of sweet potato stem. Food Eng. Prog. 20: 111-119.

- Greve LC, McArdle RN, Gohlke JR, Labavitch JM. 1994. Impact of heating on carrot firmness: changes in cell wall components. *J. Agr. Food Chem.* 42:2900-2906.
- Hwang KM. 1999. Studies on standardization of preparation of fermentation method and cancer prevention effect of kakkugi. MS Thesis, Pusan National University, Pusan, Korea. p.1-74.
- Kang BS, Kim OH, Lee OS. 2008. A study on the changes of pork quality by freezing and thawing methods. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 14: 286-292.
- Kang JA, Kang JS. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triacylglycerol and platelet aggregation in rats fed basal cholesterol and supplemented diets. *J. Nutr.* 30: 132-138.
- Kim CM, Beak WS, Kang CG. 2001. Chinese Pictorial Book. Academy Books, Seoul, Korea. P 123.
- Kim JH, Min SG, Choi MJ, Woo SM, Joo YJ, Chun JY. 2015. Effect of various freezing and thawing methods on physico-chemical characterization of carrot. *Food Eng. Prog.* 19:306-312.
- Kim YA. 2001. Cancer chemopreventive effects of kakkugi and conditions of distribution. MS Thesis, Pusan National University, Pusan, Korea.
- Kong JY. 1985. Food Refrigeration Engineering. Hyungsul publisher, Seoul, Korea. p.152-154
- Korea Society of Food and Cookery Science. 2003. Dictionary of Food Cookery Science. Kyomunsa, Seoul, Korea. p.100-101.
- 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.
- Moon SJ, Son GH. 1986. Foods Principles and Preparations. Soohaksa, Seoul, Korea. p.100-113
- Park DH, Lee SY, Kim HY, Seo JH, Lee JS, Lo., SJ, Cho SK, Shin MJ, Choi MJ. 2016. The Effect of packaging, freezing method and thawing method on quality properties of blanched *Colocasia esculenta* (L.) schott stem. *Food Eng. Progr.* 19:226-234.
- Park SJ, Song KB. 2015. Quality changes in the lotus root frozen under different conditions. *Korean J. Food Preserv.* 22:44-50.
- Park SJ. 2015. Characteristics in the *pteridium aquilinum*, *platycodon grandiflorum*, and the lotus root frozen under different conditions. MS thesis, Chungnam National University, Daejeon, Korea.
- Park YK. 1995. Source and processing technology of vegetable juices and the trend of study. *Bull. Food Technol.* 8:59-68.
- Penfield MP, Campbell, AM. 1990. Experimental food science. Academic Press, New York, USA. p.256-258
- Ryu BH. 1999. Antioxidant activity of flavonoids toward modification of human low density lipoprotein. *Korean J Food Nutr.* 12:320-327.
- Ryu SS. 1996. Studies on traditional Buddhist temple food 1. Kimchi in buddist temple. *Korea J. Food Nutr.* 9:516-520.
- Son JY, Son HS, Cho WD. 1998. Antioxidant effect of onion skin extract. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14:16-20.
- Song JC, Park JH. 1997. Food Processing, Yulimmunhwasa, Seoul, Korea. p.192-195
- Yang CY. 1997. Fundamental and application of food freezing. Sejinosa, Seoul, Korea. p. 230-239.
- Yun SH, Yoon JY, Lee SR. 1996. Retail distribution temperature and quality status of fried-frozen Korean meat ball products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28:657-662.