

열처리 및 해동방법에 따른 냉동 감자와 당근의 품질 변화

임지현^{1*} · 남정현^{1*} · 고아라¹ · 진희정¹ · 김두리¹ · 김창숙² · 천지연¹

¹제주대학교 식품생명공학과

²제주대학교 분자생명공학부

Different Blanching and Thawing Methods Affect the Qualities of Potatoes and Carrots: A Study Done at Jeju Island

Ji-Hyun Im^{1*}, Jung-Hyun Nam^{1*}, A-Ra Ko¹, Hee-Jung Jin¹, Duri Kim¹,
Chang-Sook Kim², and Ji-Yeon Chun¹

¹Department of Food Bioengineering and ²Major of Molecular Biotechnology,
Jeju National University

ABSTRACT This study investigates the effects of various blanching methods (hot water blanching (HB) or steam blanching (SB)) and thawing methods (room temperature thawing (RT), running water thawing (WT), and microwave thawing (MT)) on the quality attributes of frozen potatoes and carrots. Blanching potatoes and carrots were frozen using individual quick freezing (-35°C), followed by applying various thawing methods. We observed increased thawing speed in the order of RT, WT, and MT. The MT method was about 24 to 70 times shorter than the other methods. The thawing losses were influenced by the blanching methods which affect the drip loss and moisture contents of potatoes and carrots. The blanching process reduced the browning of potatoes but did not affect color of the carrots. No change was obtained in the pH value when considering different blanching or thawing methods. The hardness of potatoes and carrots tended to be lowered by blanching treatment. SB treated potatoes and carrots had high DPPH radical scavenging ability and vitamin C content. Especially, the WT treated potatoes and carrots had the highest total polyphenol content. Our results confirmed that SB is an excellent pre-treatment for potatoes and carrots from the nutritional aspect, and blanching pre-treatment before the freezing process could suppress the quality changes that occur during the thawing processes. Furthermore, we propose that RT after SB treatment for potatoes and carrots is probably the most suitable method to maintain their nutritional quality.

Key words: potato, carrot, pre-treatment, freezing, thawing

서 론

HMR이란 ‘Home Meal Replacement’의 약자로 ‘가정 식사 대체품’을 의미하며, HMR의 종류로는 김치나 샌드위치 등 별도의 조리과정 없이 섭취하는 식품(Ready To Eat, RTE), 레토르트 식품과 같은 단순 가열 후 섭취하는 식품(Ready To Heat, RTH), 냉동 만두, 냉동 볶음밥 등 충분히 가열 후 섭취하는 식품(Ready To End-Cook, RTEC), 밀키트 등 직접 조리 후 섭취하는 식품(Ready To Cook, RTC)이 있다(Chung 등, 2007). 최근 2019년 12월 코로나바이러스

감염증-19(COVID-19)의 영향으로 전 세계적으로 이동 및 외부 접촉이 조심스러워지면서 가정에서의 식사 횟수가 자연스럽게 증가하게 되었고(Lee와 Park, 2021), 이로 인해 COVID-19 발생 연도인 2019년을 기점으로 2020년 HMR 판매량은 2016년 대비 20.8%, 판매액은 61.0%가량 증가하는 등 HMR 시장은 빠르게 성장하는 추세며, 그중에서도 주식으로 섭취가 가능한 냉동 볶음밥, 국, 탕, 찌개 등 냉동제품의 시장이 확대되고 있다(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2021).

냉동은 식품의 품질 유지 및 장기 보존을 목적으로 식품이

Received 11 March 2022; Revised 16 April 2022; Accepted 21 April 2022

Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, 102, Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju 63243, Korea, E-mail: chunjiyeon@jejunu.ac.kr

Author information: Ji-Hyun Im (Student), Jung-Hyun Nam (Graduate student), A-Ra Ko (Student), Hee-Jung Jin (Student), Duri Kim (Graduate student), Chang-Sook Kim (Professor), Ji-Yeon Chun (Professor)

*These authors contributed equally to this work

© 2022 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

갖고 있는 열을 제거하여 식품 내부에 있는 수분의 상을 액체에서 고체로 변화시키는 처리 공정을 말하며(Yoo 등, 2019), 이상적인 냉동은 $-15\sim-35^{\circ}\text{C}$ 에서 이루어진다(Kang 등, 2008). 동결 시 약 $0\sim-5^{\circ}\text{C}$ 부분인 최대 빙결정 형성 구간(maximum ice crystal formation zone)은 식품을 냉동했을 때 식품 내부에 생기는 얼음결정의 크기를 결정하는 요소로, 최대 빙결정 형성 구간을 빠르게 통과할수록 식품 내 형성되는 얼음결정의 크기가 작아지고 고르게 분포하여 조직 손상 발생률을 낮춰주기 때문에 영양상태 유지 및 보존기간의 증가 등 냉동 품질을 향상시키는 긍정적인 냉동 결과를 가져온다(Park 등, 2015; Chun 등, 2016). 특히, $-35\sim-40^{\circ}\text{C}$ 에서 이루어지는 급속냉동(rapidly frozen)을 하게 되면 최대 빙결정 형성 구간을 매우 빠르게 통과하기 때문에 다른 냉동 방법에 비해 드립 유출, 보수력 감소, 조직손상 발생을 최소화할 수 있다(Kim, 2003; Choi 등, 2017).

냉동식품을 섭취하기 위해서는 해동하는 과정이 필수적이며, 냉동식품의 품질은 냉동 공정보다 해동 공정에서 더 많은 영향을 받는다(Jang 등, 2014b). 해동이란 냉동식품의 수분을 고체에서 액체로 변화시켜 냉동 전 상태로 복원시키는 공정으로 해동은 액체(물)와 고체(얼음)의 열전달속도 차이로 냉동보다 훨씬 오랜 시간이 걸리게 되고(Jung 등, 2015), 해동이 진행되면서 드립(drip) 현상이 발생하여 식품의 영양 성분 손실 및 향, 맛, 조직감의 저하가 생겨 품질 저하 현상이 발생하게 된다(Choi 등, 2016). 따라서 이러한 문제를 극복할 수 있는 적절한 해동 방법을 찾는 것이 매우 중요하다. 전통적인 해동 방법에는 상온해동, 유수해동이 있고, 전기해동 방식에는 microwave에 의한 전자레인지 해동 방식이 대표적이다(Lee 등, 1999). 상온해동은 일정한 온도의 상온에서 공기를 매체로 해동하는 방법이며, 유수해동은 식품에 흐르는 물을 접촉시켜 해동하는 방법이다(Kim 등, 2015a). 전자레인지 해동은 microwave를 이용한 해동 방법으로 해동 시간이 매우 짧게 소요되지만(Cho와 Park, 2009), 식품 종류와 크기, 두께에 따라 마이크로파 침투깊이가 다르기 때문에 균일해동이 어렵게 될 수 있고(Lee 등, 1999), 식품의 표면이 마이크로파를 더 많이 흡수하게 되어 약간의 방열 현상이 일어날 수 있다(Kum 등, 1998). 즉, 냉동식품의 해동은 식품의 품종, 형상에 알맞은 적절한 해동 방법을 선택해야 한다(Kim, 1987).

냉동식품을 원물과 유사한 품질로 장기간 저장하기 위해 냉동 전에 전처리 공정이 필요한데, 냉동채소류는 전처리 방법에 따라 냉동 저장 중 채소 고유의 특성이 변할 수 있어서 적절한 전처리 방법을 이용하는 것이 매우 중요하다(Shin 등, 2016). 대표적인 전처리 방법으로는 열수침지법, 과열증기법이 있으며, 그 외에도 복기, 굵기 혹은 lactic acid, citric acid, ascorbic acid 등으로 침지하는 화학적 침지법 등이 있다(Kim 등, 2006). 특히 가열 전처리는 미생물 사멸 및 효소 불활성화에 효과가 있으며(Lee 등, 2015), 영양 손실 및 갈변현상을 최소화할 수 있어 식품 가공에 주로 이용된다

(Kim 등, 2016). 그러나 과도한 열처리는 색의 변화, 조직 연화를 초래하고, 무기질과 비타민 C와 같이 열에 취약한 성분들이 손실되거나 화학적 파괴 현상을 발생시키므로 농산물 종류에 따라 적절한 전처리를 사용하는 것이 필요하다(Cheigh 등, 2012). 현재 냉이, 도라지, 엄나무와 참죽 햇순 등 각종 농산물에 대한 전처리 및 해동 조건에 관한 연구가 이루어지기 시작하였으나(Kim 등, 2012c; Choi 등, 2014; Shin 등, 2016), 강제송풍식 냉동 및 전자레인지 해동 당근의 특성, 열처리 및 냉동저장 기간에 따른 당근의 특성, 저온 스팀 감자의 특성(Cheigh, 2014; Jung 등, 2014; Kim 등, 2015b) 정도로 다른 농산물에 비해 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 냉동 감자와 냉동 당근의 품질을 높이기 위해 급속냉동을 거친 감자와 당근의 전처리 방법과 해동 방법에 따른 이화학적, 물리적 품질 변화를 관찰하였고, 이를 통해 제주산 감자, 당근의 대량 소비를 촉진하고 냉동 감자와 냉동 당근의 적절한 전처리 방법과 해동 방법을 제시할 수 있을 것이다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 이용된 감자는 제주시 한림읍 금악농장에서 2021년 7월에 구입한 제주산 햇감자를 사용하였고, 당근은 제주시 구좌읍에 위치한 구좌당근에서 2021년 7월에 구매한 것을 사용하였다. 원물을 세척 후 박피하여 $1\text{ cm}\times 1\text{ cm}\times 1\text{ cm}$ 규격으로 성형하였다.

전처리 및 냉해동 방법

당근과 감자는 열수침지법(hot water blanching, HB)과 과열증기법(steam blanching, SB)을 이용해 전처리하였고, 전처리하지 않은 것을 대조구로 사용하였다. 열수침지법의 경우 시료와 물의 비율을 1:4(w/v)로 하여 100°C 끓는 물에 침지시켜 5분간 가열하고, 과열증기법의 경우 100°C 증기로 5분간 가열하였으며, 이후 빠르게 냉각 및 탈수하여 실험에 이용하였다.

냉동은 송풍형 급속 냉동기(air-blast quick freezer, Seojin, Gyeonggi, Korea)에서 개별 급속냉동(individual quick freezing, IQF) 하였고, 전처리된 시료의 심부에 온도 센서와 데이터로거(SE-305 Thermo Data Logger, Center Technology Corp., New Taipei City, Taiwan)를 사용하여 중심부 온도가 -35°C 에 도달할 때를 냉동 종료 시점으로 하였다. 이후 100 g 단위로 폴리프로필렌 소재의 포장지에 진공 포장하였고, -20°C 냉동고(IBK-500F, Infobiotech, Daejeon, Korea)에서 1일간 저장한 후 해동을 진행하였다.

해동은 일정 온도($25\pm 1^{\circ}\text{C}$) 조건에서 실시한 상온해동(roomtemperature thawing, RT), $17\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 흐르는 물을 이용한 유수해동(running water thawing, WT), 출력 세기 800 W 조건의 전자레인지 해동(microwave thawing,

MT)방법을 이용하여 해동하였고 심부에 온도센서를 부착해 중심부 온도가 4°C가 되는 시점을 해동 종료 시점으로 하였다. 냉동속도 및 해동속도는 Yoon(2015)의 방법으로 산출하였다.

해동감량 및 수분함량

해동감량은 해동 후 시료 표면의 물기를 제거한 후 무게를 측정하여 아래의 식에 대입하여 계산하였다.

$$\text{해동감량}(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A: 해동 전 시료의 무게(g)

B: 해동 후 시료의 무게(g)

수분함량은 식품공전의 상압가열건조법을 통해 측정하였다. 해동된 시료를 분쇄기(SMX-M200MKG, Shinil Electronics Co., Ltd., Cheonan, Korea)로 분쇄하여 2 g을 취한 후 항량이 될 때까지 dry oven(HB-502S, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 105°C로 건조하여 아래 식을 이용하여 수분함량을 계산하였다.

$$\text{수분함량}(\%) = \frac{B-C}{B-A} \times 100$$

A: 칭량접시의 질량(g)

B: 칭량접시와 시료의 질량(g)

C: 건조 후 항량 되었을 때의 질량(g)

색도

색도는 색차계(TCR200, PCE Americas Inc., Jupiter, FL, USA)를 이용하여 표준 백색판($L^*=90.8$, $a^*=2.66$, $b^*=-13.27$)으로 보정한 후 분쇄 시료의 명도(lightness, L^*), 적색도(redness, a^*), 황색도(yellowness, b^*) 값을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 전처리와 해동 방법을 달리한 감자와 당근의 색도 변화를 관찰하기 위해 다음의 공식에 대입하여 시료의 전체 색차(total color difference, ΔE)를 계산하였다. L_1^* , a_1^* , b_1^* 은 전처리를 하지 않은 대조구의 색도 값으로 하고, L_2^* , a_2^* , b_2^* 는 열수침지법과 과열증기법으로 전처리한 실험구의 색도 값으로 하였다.

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

pH

pH는 분쇄 시료 5 g과 증류수 45 g을 혼합하여 homogenizer(Ultra Turrax T25D, IKA, Staufen, Germany)에서 6,000 rpm으로 1분간 균질하여 pH-meter(S470 Seven Excellence™, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)로 3회 반복 측정하였다.

조직감

조직감은 해동된 시료의 표면수를 제거하고 Texture an-

alyzer(CT3-10K, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 Texture profile analysis(TPA) 하였다. TA25/1000 cylinder 50.8 mm D probe를 장착 후 deformation 50%, trigger load 50 g, pre-test speed 5.00 mm/s, test speed 1.00 mm/s, post-test speed 2.00 mm/s로 조건을 맞추어 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였고, 5회 이상 반복 실험하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin과 Denis(1912)의 방법을 변형하여 측정하였다. 동결건조 시료와 증류수를 50 mg/mL 농도로 제조하고, 20°C의 원심분리기(LaboGene 1248R, Gyrozen Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 4,000 rpm으로 20분간 원심분리 한 뒤 상등액을 취하여 0.45 µm syringe filter(SV25P045NL, Hyundai Micro, Seoul, Korea)로 여과하여 사용하였다. 희석된 시료 10 µL와 증류수 90 µL, 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 10 µL를 96-well plate에 분주하여 3분간 상온에서 반응시켰다. 이에 증류수 70 µL와 20% Na₂CO₃(sodium carbonate anhydrous, DC Chemical Co., Ltd., Shanghai, China) 20 µL를 가하고 well-shaking(Vortex genie2, Scientific Industries, Inc., Islip, NY, USA)한 뒤 암실에서 1시간 동안 반응시켜 microplate reader(EPOCH microplate spectrophotometer, Biotek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA)로 725 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 gallic acid로 작성한 표준곡선에 대입하여 µg gallic acid equivalents(GAE)/mg으로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 동결건조 시료를 증류수와 50 mg/mL의 농도로 제조하여 30분간 원심분리(Gyrozen Co., Ltd.)한 후 상등액을 0.45 µm syringe filter(Hyundai Micro)로 여과한 뒤, 10,000 rpm으로 20분간 원심분리(Micro-fuge 16, Beckman Coulter, Brea, CA, USA)하여 시료로 사용하였다. 이후 시료와 0.4 mM DPPH(Alfa Aesar, Ward Hill, MA, USA) 용액을 1:2(v/v)의 비율로 혼합하여 상온의 암소에서 30분간 반응 후 microplate reader(Biotek Instruments, Inc.)로 517 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였고, 다음의 식에 의해 DPPH 라디칼 소거능을 산출하였다.

DPPH radical scavenging ability (%) =

$$\left(1 - \frac{\text{sample absorbance}}{\text{blank absorbance}}\right) \times 100$$

비타민 C 함량

비타민 C 함량은 식품공전의 인도페놀 적정법(MFDS, 2021)으로 정량하였다. 비타민 C 표준품 ascorbic acid (Sigma-Aldrich Co.) 100 mg을 취하여 500 mL 메스플라스크에 옮긴 후 묽은 메타인산-초산용액으로 정용하였다. 이후 5 mL를 취하여 묽은 메타인산-초산용액 5 mL를 가하고 인도페놀 용액으로 적색이 5초간 지속될 때까지 적정하였고 이때의 소비량을 T mL로 하였다. 동결건조 시료 4 g과 동량의 메타인산-초산용액을 가하여 혼합한 뒤 100 mL 메스플라스크에서 묽은 메타인산-초산용액으로 정용하였다. 이 용액을 여과한 뒤 10 mL를 취하여 시험용액으로 하여 인도페놀 용액으로 적색이 5초간 지속될 때까지 적정하였다. 이때 소비량을 S mL로 하였으며 다음의 식에 의해 환원형 비타민 C 함량을 산출하였다.

$$\text{비타민 C(mg/100 g)} = A \text{ mg} \times \frac{S}{T} \times 10 \times \frac{\text{검체채취량} \times 2}{W} \times \frac{100}{\text{검체채취량(g)}}$$

통계분석

실험 결과는 3회 이상 반복하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계분석은 Minitab 18(Minitab Inc., State College, PA, USA) 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA test)을 수행하였고 Tukey's multiple range test를 통해 $P < 0.05$ 수준으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

냉동 및 해동 속도

감자와 당근의 냉동속도는 전처리 방법에 따른 변화가 나타나지 않았으며(Fig. 1), 감자의 냉동속도는 $-1.48^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 37분이 소요되었고 당근은 $-1.37^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 40분 소요되어 감자가 당근에 비해 빠르게 냉동되는 것을 확인할 수 있었다. 냉동속도는 설정온도, 냉동방법에 따라 서로 달라지지만, 식품의 조성에 따라 차이가 발생할 수 있는데(Hong 등, 2018), 감자의 냉동속도가 당근보다 빨랐던 이유는 당근의 수분함량이 더 높았기 때문으로 추측된다. 최대빙결정형성대($0 \sim -5^\circ\text{C}$) 통과시간은 감자 15분, 당근 18분으로 냉동속도가 빨랐던 감자가 더 빠르게 통과하였다. 최대빙결정형성대는 초기의 빙결정 크기와 생성 위치를 결정하기 때문에 빠르게 통과하는 것이 냉동식품의 품질 변화를 방지할 수 있고, 강제송풍식 냉동방식은 최대빙결정형성시간을 단축하여 식품의 품질 변화를 최소화할 수 있다(Jang 등, 2014a). Jung 등(2014)은 당근을 $-1.6^\circ\text{C}/\text{min}$ 속도로 고속 냉동했을 때 냉동으로 인한 물리적 변화를 최소화할 수 있다고 보고하였으며, 본 연구에서도 $-1.37 \sim -1.48^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 고속 냉동하여 냉동에 의한 품질 변화를 최소화했다고 판단된다.

해동은 냉동 시료의 중심 온도가 4°C 가 되는 시점에서 중

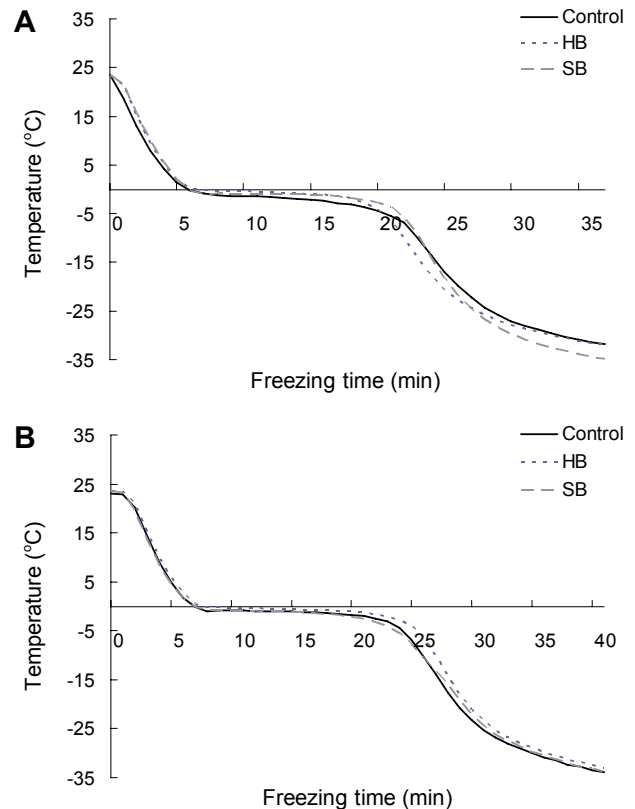


Fig. 1. Freezing curve according to different pre-treatments at -35°C IQF. A: potato, B: carrot. Control: non-pretreatment, HB: hot water blanching at 100°C , SB: steam blanching at 100°C .

료하였고, 감자의 해동소요시간은 상온해동 84분, 유수해동 28분, 전자레인지 해동 70초였으며 당근은 해동까지 상온해동 54분, 유수해동 29분, 전자레인지 해동 70초가 소요되었다(Table 1). 전처리 방법과 관계없이 전자레인지 해동, 유수해동, 상온해동 순으로 해동완료 시간이 길어지는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 Ku 등(2018)의 연구 결과와도 유사한 경향을 나타내었다. 냉동 감자의 해동속도는 전자레인지 해동 $20.58^\circ\text{C}/\text{min}$, 상온해동 $0.29^\circ\text{C}/\text{min}$, 유수해동 $0.86^\circ\text{C}/\text{min}$ 이었고, 냉동 당근의 해동속도는 전자레인지 해동 $20.58^\circ\text{C}/\text{min}$, 상온해동 $0.44^\circ\text{C}/\text{min}$, 유수해동 $0.83^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 전자레인지 해동이 다른 해동 방법에 비해 약 24~

Table 1. Changes in thawing time and rate by thawing methods of potato and carrot

| Materials | Thawing methods ¹⁾ | Thawing time (min) | Thawing rate ($^\circ\text{C}/\text{min}$) |
|-----------|-------------------------------|--------------------|--|
| Potato | MT | 1.17 ± 0.03 | 20.58 ± 0.47 |
| | RT | 84.11 ± 3.30 | 0.29 ± 0.01 |
| | WT | 27.88 ± 1.55 | 0.86 ± 0.05 |
| Carrot | MT | 1.17 ± 0.03 | 20.58 ± 0.47 |
| | RT | 54.17 ± 2.28 | 0.44 ± 0.02 |
| | WT | 28.60 ± 0.84 | 0.83 ± 0.02 |

¹⁾ MT: micro-wave thawing, RT: room temperature thawing, WT: running water thawing.

70배 정도 빠르게 해동되었다. 해동 방법에 따라 해동속도가 달라지는 이유는 열전달 매체에 따른 것으로 공기보다 물의 열전도도가 높아 유수해동의 속도가 빨랐으며, 전자기파는 운동에너지를 열에너지로 바꾸어 공기와 유수를 이용한 해동 방법에 비해 빠르게 해동된 것으로 추측된다(Choi 등, 2017). 해동 과정에서 얼음이 녹아 물로 변화하는 구간($-5\sim 0^{\circ}\text{C}$)을 최대빙결정용해대라고 하며, 해당 구간을 빠르게 통과하는 것이 생화학적 품질 변화를 최소화한다고 알려져 있다(Shin 등, 2016). 냉동 감자의 최대빙결정용해대 통과시간은 상온해동 46분, 유수해동 13분이었으며 냉동 당근의 최대빙결정용해대 통과시간은 상온해동 36분, 유수해동 17분이 소요되어 유수해동이 상온해동보다 빠르게 통과하는 것을 알 수 있었고, 이는 Choi 등(2014)의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구 결과 냉동 감자와 당근의 해동속도는 전처리 방법보다는 해동 방법에 영향을 받아 전자레인지는 해동, 유수해동, 상온해동 순으로 느려지는 것을 확인할 수 있었다.

해동감량 및 수분함량

식물성 세포의 세포막은 섬유질로 구성되어 있어 동물성 세포에 비해 유연성이 떨어지고 이로 인해 냉동과 해동 과정에서 발생하는 조직손상의 피해가 현저하다(Hong 등, 2018). 손상된 조직 사이로 내부의 수분이 외부로 빠져나가 수분함량, 조직감, 색, 영양성분 등의 변화를 수반하기 때문에 해동 감량은 냉동 시료의 품질평가에 중요한 지표가 된다(Rahman과 Velez-Ruiz, 2007). 전처리와 해동 방법에 따른 수분함량과 해동감량의 결과는 Table 2에 나타내었다. 본 연구 결과 해동감량 및 수분함량은 해동 방법보다는 전처리 공정 유무 및 방법에 영향을 받는 것으로 판단된다. 감자의 경우 대조구의 해동감량이 10.21~15.45%인데 반해 HB 처리 시 2.10~3.44%, SB 처리 시 1.63~2.78%로 전처리 공정을 거쳤을 때 해동감량이 유의적으로 낮아졌다($P<0.05$). 이는 수분함량에도 영향을 주어 해동감량이 높았던 대조구의 수분함량은 76.34~78.49%로, 전처리했을 때 79.29~80.25%보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 당근의 해동감량도 대조구가 6.96~7.44%로 같은 해동 방법을 사용한 blanching 처리구에 비해 큰 값을 나타내었다. 수분함량은 대조구 89.11~90.32%, blanching 처리구 90.81~91.77%로 가열처리 시 높은 값을 나타내었다. 감자와 당근을 blanching 처리하여 냉동 및 해동했을 때 낮은 해동감량과 높은 수분함량을 나타냈으며, De Corcuera 등(2004)은 blanching 처리가 세포 내부의 공기와 대사 가스를 수분으로 대체하고 대체된 수분은 균일한 크기의 빙결정 형성을 돕고 해동 후에도 높은 수분함량을 유지할 수 있게 도와준다고 보고하였다. 한편 당근을 전자레인지 해동했을 때 해동감량이 6.33~7.42%로 상온해동과 유수해동에 비해 높은 값을 나타내었으며, 이는 냉동 적무를 전자레인지 해동하였을 때 해동감량이 높았다는 Xu 등(2021)의 연구와 유사한 결과

Table 2. Effect of different pre-treatments and thawing methods on drip loss and moisture content of potato and carrot

| Materials | Thawing methods ¹⁾ | Pre-treatment ²⁾ | Drip loss (%) | Moisture (%) |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Potato | MT | Control | 10.21±2.87 ^{B3)} | 78.49±1.06 ^{BC} |
| | | HB | 2.56±0.85 ^C | 80.25±0.76 ^A |
| | | SB | 2.02±0.42 ^C | 80.06±0.25 ^A |
| | RT | Control | 15.45±1.73 ^A | 76.34±1.29 ^D |
| | | HB | 3.44±1.87 ^C | 79.85±0.58 ^{AB} |
| | | SB | 2.78±0.52 ^C | 79.29±0.65 ^{AB} |
| | WT | Control | 14.42±2.16 ^A | 77.34±1.81 ^{CD} |
| | | HB | 2.10±0.77 ^C | 80.01±0.68 ^A |
| | | SB | 1.63±1.16 ^C | 79.63±0.55 ^{AB} |
| Carrot | MT | Control | 7.42±1.75 ^{ab} | 89.11±1.76 ^d |
| | | HB | 6.33±2.01 ^{ab} | 91.75±0.24 ^a |
| | | SB | 6.42±2.77 ^{ab} | 90.81±0.34 ^{abc} |
| | RT | Control | 6.96±2.27 ^{ab} | 90.32±0.97 ^{bcd} |
| | | HB | 3.32±2.21 ^{ab} | 91.77±0.41 ^a |
| | | SB | 3.16±1.76 ^{ab} | 91.03±0.43 ^{abc} |
| | WT | Control | 7.44±2.56 ^a | 89.82±0.70 ^{cd} |
| | | HB | 2.84±1.85 ^b | 91.41±1.01 ^{ab} |
| | | SB | 3.09±2.04 ^{ab} | 91.16±0.59 ^{ab} |

¹⁾MT: micro-wave thawing, RT: room temperature thawing, WT: running water thawing.

²⁾Control: non-pretreatment, HB: hot water blanching at 100°C, SB: steam blanching at 100°C.

³⁾Means within the same column with different letters (A-D, a-d) are significantly different ($P<0.05$).

를 나타내었다. 이러한 결과는 전자레인지 해동 시 micro-wave의 침투깊이가 낮아 부분적으로 가열 현상이 발생하여 수분함유량이 많은 당근의 표면수가 일부 증발하여 나타난 결과로 판단된다(Choi 등, 2017). 따라서 냉동 전 가열처리 해동 후 수분방출을 억제하고 이에 따라 수분함량이 높아지는 경향을 나타내어 냉동 감자와 당근의 품질을 유지해 줄 것으로 판단되지만, 당근을 blanching 처리할 경우 전자레인지 해동 방식은 적절하지 않을 것으로 판단된다.

색도

감자와 당근 원물의 L^* , a^* , b^* 값은 각각 67.94, -2.05, 12.88과 52.67, 27.89, 36.83이었으며, 전처리 및 해동 방법에 따른 감자와 당근의 색도를 Table 3에 나타내었다. 감자는 해동 후 원물의 색도와 큰 차이를 나타내지 않았지만, 당근의 경우 해동 후 L^* 값과 a^* 값이 감소하였고 b^* 값은 증가하였다. 감자의 색도 변화는 blanching 처리구와 대조구 간에 뚜렷한 차이를 나타내었는데, blanching 처리구는 대조구에 비해 L^* 값은 1.45~4.87 증가하는 경향을 나타내었고($P>0.05$), a^* 값은 5.52~8.30 감소하는 것을 유의적으로 확인할 수 있었다($P<0.05$). Blanching 처리한 시료의 b^* 값은 비교적 해동시간이 길었던 상온해동과 유수해동 처리 시 대조구보다 증가하는 경향을 나타내었지만, 전자레인지 해동 시에는 대조구보다 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 전자

Table 3. Effect of different pre-treatments and thawing methods on color of potato and carrot

| Materials | Thawing methods ¹⁾ | Pre-treatments ²⁾ | <i>L</i> [*] | <i>a</i> [*] | <i>b</i> [*] | ΔE |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Potato | MT | Control | 61.97±1.96 ^{B3)} | 0.33±1.48 ^C | 10.67±2.48 ^A | — |
| | | HB | 63.42±1.66 ^B | -3.52±0.53 ^D | 8.81±1.99 ^{AB} | 5.15±1.63 ^D |
| | | SB | 63.38±1.03 ^B | -5.19±0.52 ^E | 8.68±2.02 ^{AB} | 6.98±1.64 ^{CD} |
| | RT | Control | 63.41±4.10 ^B | 4.39±0.51 ^A | 5.46±1.55 ^C | — |
| | | HB | 64.58±1.07 ^{AB} | -3.54±0.70 ^D | 9.08±1.41 ^{AB} | 9.83±1.14 ^{AB} |
| | | SB | 68.28±4.59 ^A | -3.91±0.37 ^D | 8.55±2.06 ^{AB} | 10.46±1.50 ^A |
| | WT | Control | 62.59±1.66 ^B | 3.07±0.88 ^B | 6.83±0.97 ^{BC} | — |
| | | HB | 65.92±2.09 ^{AB} | -3.28±0.46 ^D | 9.13±1.13 ^{AB} | 7.95±1.78 ^{BC} |
| | | SB | 65.02±3.58 ^{AB} | -4.32±0.67 ^{DE} | 8.30±1.21 ^{AB} | 9.16±1.50 ^{AB} |
| Carrot | MT | Control | 47.63±2.08 ^a | 16.26±2.65 ^a | 19.44±1.79 ^a | — |
| | | HB | 47.18±0.93 ^a | 16.27±1.19 ^a | 17.26±1.47 ^a | 4.00±1.80 ^a |
| | | SB | 46.33±1.86 ^a | 16.17±1.14 ^a | 18.38±2.00 ^a | 4.08±2.24 ^a |
| | RT | Control | 46.89±0.62 ^a | 17.42±1.01 ^a | 19.41±1.56 ^a | — |
| | | HB | 45.94±1.70 ^a | 18.03±2.35 ^a | 20.33±3.44 ^a | 3.12±1.50 ^a |
| | | SB | 44.70±1.37 ^b | 16.51±2.39 ^a | 19.01±2.65 ^a | 3.40±1.28 ^a |
| | WT | Control | 47.14±1.53 ^a | 17.43±4.22 ^a | 19.83±2.83 ^a | — |
| | | HB | 46.55±1.03 ^a | 18.33±2.76 ^a | 20.32±2.46 ^a | 4.89±2.91 ^a |
| | | SB | 45.61±0.46 ^a | 15.91±1.26 ^a | 17.36±2.53 ^a | 5.78±4.28 ^a |

¹⁾MT: micro-wave thawing, RT: room temperature thawing, WT: running water thawing.

²⁾Control: non-pretreatment, HB: hot water blanching at 100°C, SB: steam blanching at 100°C.

³⁾Means within the same column with different letters (A-E, a,b) are significantly different ($P<0.05$).

리와 해동 방법을 달리하였을 때 가열 전처리가 해동 후에도 원물과 유사한 색도를 나타내었다고 보고한 Icier 등(2017)의 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 일반적으로 감자의 색도 변화는 효소적 갈변현상에 의한 것으로 PPO(polyphenol oxidase) 효소가 quinone 유도체로 산화되면서 멜라닌 색소를 생성하여 발생하며(Chang 등, 2012), Song 등(2015)에 따르면 가열 전처리는 마의 갈변현상을 억제한다고 보고하여, 본 연구에서도 blanching 처리가 해동 후 감자의 갈변현상을 억제한 것으로 추측된다. 당근의 카로티노이드는 영양소가 풍부하고 항산화, 항암, 성인병 예방 등의 효과가 있다고 알려져 있으며(Kim 등, 2014b), 붉은색과 노란색을 띠기 때문에 적색도와 황색도의 변화로 카로티노이드 손실 정도를 파악할 수 있는 것으로 알려져 있다(Lin 등, 1998). 본 연구 결과 냉동 당근의 명도, 적색도, 황색도의 변화가 유의적으로 나타나지 않아 전처리와 해동 방법이 카로티노이드 손실에 관여하지 않는 것으로 추측되며, 당근의 색도가 열처리, 냉동과 해동 등 가공공정에 의해 크게 영향을 받지 않는다는 여러 연구와도 유사한 결과를 나타내었다(Song과 Jo, 1997; Kim 등, 2012a; 2015a). 감자의 ΔE 값은 해동속도가 가장 빠른 전자레인지를 해동 방법을 사용할 때 유의적으로 낮아지는 것을 확인하였으며($P<0.05$), 해동시간이 길어질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 전처리를 하지 않은 냉동 감자를 빠르게 해동할수록 a^* 값과 b^* 값의 변화가 억제되기 때문으로 확인된다. 당근의 ΔE 값은 유수해동, 전자레인지 해동, 상온해동 순으로 낮은 값을 나타내었으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$).

pH

pH는 가열처리 등 가공공정에서 분해 생성되는 아미노산, acid 등의 물질에서 해리되는 수소이온의 농도에 따라 변화할 수 있고(Hong 등, 2021), 식품의 이화학적 상태를 변화시킬 수 있어 식품의 중요한 품질 요소 중 하나이다(Oh 등, 2007). 감자와 당근 원물의 pH는 각각 6.44, 6.32였으며, 전처리와 해동 방법에 따른 냉동 감자와 당근의 pH를 Table 4에 나타내었다. 감자의 pH는 6.50~6.67 범위를 나타내었고 당근의 경우 6.31~6.60 범위를 나타내었으며, 원물에 비하여 pH 값이 증가하는 경향을 나타내었으나 전처리 및 해동 방법에 따른 뚜렷한 경향성을 나타내지 않았다. 이는 당근, 배추김치, 복분자의 냉동 및 해동 방법을 달리하였을 때 pH의 유의적인 변화가 없었다고 보고한 여러 연구결과와 일치하였다(Kim 등, 2014a; Jung 등, 2014; Park과 Kim, 2016). Seo 등(2015)은 표고를 HB와 SB로 열처리하였을 때 pH가 증가하고 냉동저장으로 감소하는 경향을 나타내었다고 보고하였으며, Kim 등(2015b)에 따르면 당근의 pH는 가공에 의해 유기산의 변화가 발생하여 가열처리 시 증가하고 급속냉동 시 감소한다고 보고하였다. 본 연구 결과에서도 blanching 처리 및 해동 공정이 복합적으로 작용하여 해동 후 감자와 당근의 유의적인 pH 변화를 확인할 수 없었던 것으로 판단된다($P>0.05$).

조직감

식품의 구조와 식감 인식의 관계는 간단하지 않고, 개인차가 존재하기 때문에 식품의 조직감은 여러 항목을 종합적

Table 4. Effect of different pre-treatments and thawing methods on pH of potato and carrot

| Materials | Thawing methods ¹⁾ | Pre-treatment ²⁾ | pH |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|-----------|
| Potato | MT | Control | 6.57±0.06 |
| | | HB | 6.54±0.22 |
| | | SB | 6.58±0.08 |
| | RT | Control | 6.66±0.05 |
| | | HB | 6.55±0.07 |
| | | SB | 6.67±0.07 |
| | WT | Control | 6.60±0.08 |
| | | HB | 6.50±0.09 |
| | | SB | 6.53±0.19 |
| Carrot | MT | Control | 6.46±0.23 |
| | | HB | 6.49±0.22 |
| | | SB | 6.60±0.30 |
| | RT | Control | 6.47±0.37 |
| | | HB | 6.49±0.28 |
| | | SB | 6.31±0.27 |
| | WT | Control | 6.56±0.34 |
| | | HB | 6.43±0.20 |
| | | SB | 6.50±0.35 |

¹⁾MT: micro-wave thawing, RT: room temperature thawing, WT: running water thawing.

²⁾Control: non-pretreatment, HB: hot water blanching at 100°C, SB: steam blanching at 100°C.

Potato and carrot samples were not significantly different according to thawing or pre-treatment method ($P>0.05$).

으로 접근해 분석해야 하며(Wilkinson 등, 2000), 특히 가열 처리는 식물조직의 구조적인 변화를 발생시켜 물성에 많은 영향을 미치게 된다(Hwang 등, 2011). 전처리 및 해동 방법에 따른 감자와 당근의 조직감 변화는 Table 5와 같다. 조직감은 해동 방법에 따른 변화보다 전처리 방법에 영향을 받은 것으로 판단되는데, 감자의 경우 blanching 처리로 경도가 감소하고 탄성이 증가하였으며, 특히 HB 처리 시 부착성과 응집성이 증가하였다($P<0.05$). 당근의 경우 blanching 처리로 경도가 감소하는 경향을 나타내었지만, 부착성과 응집성, 탄성에서 처리구 간의 유의적인 변화를 확인할 수 없었다($P>0.05$). Préstamo 등(1998)은 당근을 blanching 처리 후 냉동했을 때 전처리하지 않은 것에 비해 세포벽 분해 현상이 심화된다고 보고하였으며, 본 연구에서도 blanching 처리로 인해 세포벽의 펙틴질 등이 분해되어 조직이 연화된 것으로 추측된다(Kim 등, 2021). 또한 HB 처리보다 SB 처리했을 때 경도가 감소하는 원인은 열처리 시 에너지 효율에 따른 것으로 추측되는데, 과일증기는 열수에 비하여 대류열 전달계수가 크기 때문에 에너지 효율이 높은 것으로 알려져 있다(Kosky 등, 2013). 이에 따라 본 연구에서도 SB 처리구의 조직연화 현상이 심화하여 더 낮은 경도값을 나타내었을 것으로 추측되며, 감자와 당근을 높은 열에너지로 blanching 처리했을 때 경도가 감소하였다는 Nisha 등(2006)과 Kim 등(2004)의 연구와도 유사한 경향을 나타내었다. 조직감에서 검성과 씹힘성은 기본 항목에 영향을 받는 이차적 특성으로 검성은 경도와 응집성에 영향을 받는 것으로 알려

Table 5. Effect of different pre-treatments and thawing methods on texture of potato and carrot

| Materials | Thawing methods ¹⁾ | Pre-treatment ²⁾ | Hardness (g) | Adhesiveness (mJ) | Cohesiveness | Springiness (mm) | Gumminess (g) | Chewiness (mJ) |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|
| Potato | MT | Control | 7,834±1,420 ^{A3)} | 0.97±0.41 ^B | 0.10±0.03 ^B | 1.52±0.42 ^B | 643±324 ^A | 10.45±6.21 ^{CD} |
| | | HB | 1,211±239 ^B | 2.59±1.61 ^A | 3.29±4.47 ^A | 2.18±0.68 ^A | 301±308 ^{CD} | 15.89±10.89 ^{BC} |
| | | SB | 865±316 ^B | 1.27±0.45 ^B | 0.20±0.09 ^B | 2.13±0.60 ^A | 165±177 ^D | 4.24±5.88 ^D |
| | RT | Control | 7,294±1,519 ^A | 1.14±0.41 ^B | 3.18±4.83 ^A | 1.56±0.19 ^B | 664±203 ^A | 10.40±3.91 ^{CD} |
| | | HB | 1,489±540 ^B | 2.43±1.72 ^A | 3.64±4.65 ^A | 2.47±0.96 ^A | 514±505 ^{ABC} | 25.04±14.06 ^A |
| | | SB | 894±289 ^B | 1.43±0.43 ^B | 0.26±0.13 ^B | 2.41±0.71 ^A | 259±258 ^D | 7.04±7.74 ^D |
| | WT | Control | 6,951±840 ^A | 1.07±0.34 ^B | 0.10±0.02 ^B | 1.48±0.20 ^B | 634±224 ^{AB} | 9.50±4.26 ^{CD} |
| | | HB | 1,244±503 ^B | 2.61±1.90 ^A | 4.02±4.99 ^A | 2.26±1.10 ^A | 374±446 ^{BCD} | 23.35±19.46 ^{AB} |
| | | SB | 896±485 ^B | 1.45±0.55 ^B | 0.27±0.16 ^B | 2.48±0.98 ^A | 342±323 ^{CD} | 10.63±11.62 ^{CD} |
| Carrot | MT | Control | 3,226±1,624 ^a | 1.08±0.50 ^b | 0.21±0.07 ^a | 1.94±0.78 ^a | 680±585 ^a | 11.30±6.71 ^a |
| | | HB | 2,145±677 ^{bc} | 1.52±0.47 ^a | 0.20±0.08 ^a | 1.61±0.55 ^{ab} | 488±241 ^{abc} | 8.08±5.64 ^{abc} |
| | | SB | 1,900±766 ^{bc} | 1.39±0.46 ^{ab} | 0.18±0.06 ^a | 1.49±0.35 ^b | 438±239 ^{bc} | 6.50±4.44 ^{bc} |
| | RT | Control | 2,762±1,400 ^{ab} | 1.04±0.60 ^b | 0.22±0.08 ^a | 1.66±0.47 ^{ab} | 555±262 ^{ab} | 9.73±5.79 ^{ab} |
| | | HB | 1,719±365 ^{bc} | 1.30±0.55 ^{ab} | 0.22±0.09 ^a | 1.77±0.43 ^{ab} | 478±247 ^{abc} | 8.57±5.52 ^{abc} |
| | | SB | 1,645±714 ^c | 1.33±0.58 ^{ab} | 0.17±0.09 ^a | 1.55±0.59 ^b | 300±165 ^c | 5.06±3.05 ^c |
| | WT | Control | 2,249±641 ^{abc} | 1.26±0.56 ^{ab} | 0.18±0.05 ^a | 1.70±0.61 ^{ab} | 556±243 ^{ab} | 9.92±8.06 ^{ab} |
| | | HB | 1,598±512 ^c | 1.35±0.51 ^{ab} | 0.21±0.07 ^a | 1.64±0.36 ^{ab} | 467±266 ^{abc} | 7.68±5.04 ^{abc} |
| | | SB | 1,633±651 ^c | 1.43±0.45 ^{ab} | 0.20±0.08 ^a | 1.58±0.35 ^{ab} | 358±175 ^{bc} | 5.62±3.02 ^c |

¹⁾MT: micro-wave thawing, RT: room temperature thawing, WT: running water thawing.

²⁾Control: non-pretreatment, HB: hot water blanching at 100°C, SB: steam blanching at 100°C.

³⁾Means within the same column with different letters (A-D, a-c) are significantly different ($P<0.05$).

저 있고, 씹힘성은 경도, 응집성, 탄성에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Koo 등, 2014). 전처리와 해동 방법을 달리한 감자와 당근의 겉섬은 응집성보다는 경도에 영향을 크게 받아 대조구, HB 처리구, SB 처리구 순으로 낮아지는 경향을 나타내었다. 이는 데치기 처리에 따른 마늘종의 조직감 변화에서도 겉섬이 경도의 영향을 받아 감소하였다는 Sim 등(2016)의 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 감자의 씹힘성은 경도와 응집성, 탄성의 영향을 받아 HB 처리구가 가장 높았으며 당근의 씹힘성은 경도와 탄성의 영향을 받아 대조구, HB 처리구, SB 처리구 순으로 낮아지는 경향을 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

전처리와 해동 방법을 달리한 감자와 당근의 총 페놀 함량은 Table 6에 나타내었다. 해동 후 감자의 총 페놀 함량은 유의적 차이가 나타나지 않았지만($P>0.05$), 전처리에 따라 비교하였을 때 대조구, HB, SB 처리 시 각각 2.07~2.09, 1.44~1.54, 1.59~1.72 $\mu\text{g GAE/mg}$ 으로 가열처리 시 대조구보다 총 페놀 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. Park 과 Song(2015)은 연근을 열수에서 blanching 처리했을 때 가열처리 시간이 길어짐에 따라 총 페놀 함량이 감소한다고 보고하고 있고, Beom 등(2015)은 참취를 5분 이상 데칠 경우 총 페놀 함량이 감소하기 때문에 5분 이내로 데치는 것이 영양성분을 유지할 수 있다고 보고하였다. 한편 동일한 전처리구 간의 총 페놀 함량의 차이는 0.02~0.13 $\mu\text{g GAE/}$

mg으로 해동 방법에 따른 유의미한 변화를 관찰할 수 없었다. 따라서 해동 후 감자의 총 페놀 함량은 해동 방법보다는 전처리 방법에 따른 변화가 나타나는 것으로 판단된다. 당근의 폴리페놀 함량은 전처리 방법과 해동 방법에 따른 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나, SB로 전처리하고 유수해동 했을 때 $1.45\pm0.21 \mu\text{g GAE/mg}$ 으로 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내었다. Dewanto 등(2002)은 토마토의 총 페놀 함량이 열처리에 따라 유의적 변화가 나타나지 않았다고 하였으며($P>0.05$), de Ancos 등(2000)은 생라즈베리와 냉동 라즈베리의 총 페놀 함량은 유의적인 차이가 없다고 하였고, Nadulski 등(2016)은 사과를 냉동과 해동 처리해 착즙주스를 제조했을 때 총 페놀 함량의 유의미한 변화가 없다고 보고하였다. 본 연구 또한 가열 전처리와 냉해동 공정이 복합적으로 작용하여 총 페놀 함량에 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 추측된다($P>0.05$).

DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 비교적 안정한 자유라디칼로 시료와의 환원반응을 통해 항산화 활성을 분석하는 데 주로 이용된다(Hyun 등, 2021). 전처리와 해동 방법을 달리한 감자와 당근의 DPPH 라디칼 소거능은 Table 6에 나타내었다. 감자의 경우 SB 처리 시 DPPH 라디칼 소거능이 53.83~58.19%로 대조구보다 유의적으로 높아졌으며($P<0.05$), Park 등(2018)은 복숭아를 전처리 없이 냉해동할 경우 원물에 비해 DPPH 라디칼 소거능이 20% 이상 감소하고 blanching 처리 후 냉

Table 6. Effect of different pre-treatments and thawing methods on total phenolic content, DPPH radical scavenging ability, and vitamin C content of potato and carrot

| Materials | Thawing methods ¹⁾ | Pre-treatments ²⁾ | Total phenolic content ($\mu\text{g GAE/mg}$) | DPPH radical scavenging ability (%) | Vitamin C (mg/100 g) |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|
| Potato | MT | Control | 2.09 \pm 0.18 | 35.59 \pm 51.33 ^{C3)} | 56.61 \pm 5.86 ^A |
| | | HB | 1.48 \pm 0.25 | 40.47 \pm 81.40 ^{BC} | 50.00 \pm 9.10 ^{ABC} |
| | | SB | 1.67 \pm 0.25 | 53.83 \pm 20.71 ^{AB} | 57.78 \pm 2.32 ^A |
| | RT | Control | 2.08 \pm 0.13 | 35.65 \pm 1.49 ^C | 42.33 \pm 3.61 ^C |
| | | HB | 1.44 \pm 0.24 | 35.05 \pm 7.83 ^C | 43.56 \pm 6.40 ^C |
| | | SB | 1.59 \pm 0.29 | 55.50 \pm 1.52 ^A | 50.56 \pm 6.32 ^{ABC} |
| | WT | Control | 2.07 \pm 0.30 | 37.25 \pm 0.82 ^C | 50.78 \pm 6.46 ^{ABC} |
| | | HB | 1.54 \pm 0.22 | 38.32 \pm 6.88 ^C | 46.22 \pm 7.55 ^{BC} |
| | | SB | 1.72 \pm 0.29 | 58.19 \pm 2.23 ^A | 55.67 \pm 6.91 ^{AB} |
| Carrot | MT | Control | 1.43 \pm 0.34 | 34.82 \pm 2.57 ^d | 23.28 \pm 5.37 ^b |
| | | HB | 1.44 \pm 0.38 | 61.21 \pm 9.82 ^c | 38.22 \pm 7.97 ^a |
| | | SB | 1.38 \pm 0.17 | 82.92 \pm 0.12 ^{ab} | 44.72 \pm 10.02 ^a |
| | RT | Control | 1.38 \pm 0.29 | 35.56 \pm 5.41 ^d | 21.56 \pm 3.98 ^b |
| | | HB | 1.40 \pm 0.27 | 62.24 \pm 10.66 ^{bc} | 36.11 \pm 9.74 ^a |
| | | SB | 1.34 \pm 0.29 | 84.89 \pm 0.66 ^a | 40.56 \pm 6.35 ^a |
| | WT | Control | 1.38 \pm 0.32 | 34.86 \pm 4.09 ^d | 23.72 \pm 5.58 ^b |
| | | HB | 1.38 \pm 0.31 | 77.42 \pm 1.69 ^{abc} | 38.33 \pm 6.12 ^a |
| | | SB | 1.45 \pm 0.21 | 83.71 \pm 0.31 ^{ab} | 40.83 \pm 7.88 ^a |

¹⁾MT: micro-wave thawing, RT: room temperature thawing, WT: running water thawing.

²⁾Control: non-pretreatment, HB: hot water blanching at 100°C, SB: steam blanching at 100°C.

³⁾Means within the same column with different letters (A-C, a-e) are significantly different ($P<0.05$) and total phenolic content of potato and carrot samples are not significantly different according to thawing or pre-treatment method ($P>0.05$).

해동했을 때 유의적으로 증가하며, 특히 steam을 이용해 blanching 처리했을 때 DPPH 라디칼 소거능이 큰 폭으로 증가한다고 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성은 대조구 34.82~35.56%, HB 처리구 61.21~77.42%, SB 처리구 82.92~84.89% 순으로 증가하는 경향을 보였으며, 대조구에 비해 blanching 처리 후 DPPH 라디칼 소거능이 증가하는 것을 유의적으로 확인하였다($P<0.05$). 전처리에 따른 참나물의 DPPH 라디칼 소거 활성은 원물 8.90%, 열수와 스팀을 이용한 blanching 처리 참나물은 각각 38.71%, 38.70%로 가열처리 시 원물보다 4.3배 높아진다고 보고되어 당근의 DPPH 라디칼 소거 활성과 유사한 경향을 나타내었다(Chae 등, 2013). 본 연구에서도 당근을 blanching 처리 후 냉해동했을 때 DPPH 라디칼 소거능이 대조구보다 약 2.4배 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 감자와 당근을 냉동하기 전 SB로 전처리하는 것이 냉해동 후 항산화 활성을 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

비타민 C 함량

비타민 C는 과채류에 다량 존재하는 대표적인 항산화 성분으로 수용성이며 가공 및 저장 과정에서 쉽게 파괴되어 영양성분 변화의 지표로 널리 사용된다(Jang 등, 2014c). 전처리와 해동 방법을 달리한 감자와 당근의 비타민 C 변화는 Table 6에 나타내었다. 감자의 해동 방법에 따른 비타민 C 함량을 비교한 결과 해동시간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었고, 전처리하지 않은 대조구는 blanching 처리구에 비해 해동시간에 따른 비타민 C의 감소 폭이 커지는 경향을 나타내었다. 이는 해동시간이 길어짐에 따라 방출되는 Drip의 양이 많아져 수용성인 비타민 C가 함께 용출되었기 때문으로 생각되며, 전처리를 하지 않은 대조구의 해동감량이 높았기 때문에 해동속도에 따른 비타민 C의 변화가 급격했을 것으로 추측된다(Lee 등, 2007). 특히 SB 처리 시 비타민 C 함량이 50.56~57.78%로 HB 처리구와 대조구에 비해 모든 해동 방법에서 높은 값을 나타내었다. 당근의 경우 blanching 처리 시 대조구에 비해 비타민 C 함량이 유의적으로 높아지는 것을 확인할 수 있었으며($P<0.05$), 또한 SB 처리 시 40.56~44.72%로 같은 해동 방법으로 HB 처리했을 때보다 높은 함량을 나타내었다. 이는 열수에 침지시키는 과정에서 수용성인 비타민 C가 용출되었기 때문으로 추측된다(Hwang 등, 2012; Kim 등, 2014b). 일반적으로 가열처리는 비타민 C와 같은 영양소를 파괴한다고 알려졌지만(Lim 등, 2008; Kim 등, 2012a; 2012b), 본 연구 결과 blanching 처리는 해동 시 drip 발생을 억제해 영양성분이 용출되지 않도록 도와주며, 특히 SB 처리는 HB 처리보다 해동 후 비타민 C 함량을 높게 유지할 수 있을 것으로 판단된다(Cheigh 등, 2011).

요 약

본 연구에서는 냉동 감자와 당근의 전처리 및 해동 방법에 따른 변화를 관찰하기 위해 hot water blanching 및 steam blanching 처리한 것과 전처리하지 않은 대조구를 개별 급속냉동 하였고, 이후 상온해동, 유수해동, 전자레인지 해동을 진행하여 이화학적, 물리적, 영양학적 변화를 분석하였다. 해동속도는 상온해동, 유수해동, 전자레인지 해동 순으로 빨라졌으며, 전자레인지 해동 방법이 약 24~70배 정도 빠르게 해동되었다. Blanching 처리구의 경우 낮은 해동감량을 나타내었으며 이에 따라 수분함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 감자의 색도는 가열 전처리하였을 때 대조구에 비하여 L^* 값과 a^* 값이 유의적으로 차이를 나타내어 blanching 처리가 감자의 갈변현상을 억제하는 것으로 판단된다. 조직감은 전처리의 영향을 받아 blanching 처리를 함에 따라 조직이 연화되어 경도가 감소하는 경향을 나타내었다. pH와 총 페놀 함량은 전처리와 해동 공정에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았다. DPPH 라디칼 소거능과 비타민 C 함량은 steam blanching 처리했을 때 모든 해동 방법에서 높은 수치를 나타냈기 때문에 해동 후 감자와 당근의 항산화 효과를 높게 유지하기 위해서는 steam blanching 처리가 적절한 것으로 판단된다. 이상의 결과를 종합했을 때 감자와 당근의 해동 후 품질 변화는 해동 방법보다 blanching 처리에 따른 것으로 추측되며, 냉동 전 blanching 처리는 해동 시 발생하는 품질 변화를 억제할 수 있고, 특히 steam blanching 처리 후 유수해동 하는 것이 영양성분을 높게 유지해 주는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01496201)의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Beom SW, Jiang GH, Eun JB. Effect of blanching time on physicochemical characteristics and sensory evaluation of *Aster scaber*. Korean J Food Preserv. 2015. 22:51-55.
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 1958. 181:1199-1200.
- Chae HS, Lee SH, Jeong HS, Kim WJ. Antioxidant activity and physicochemical characteristics of *Pimpinella brachycarpa* Nakai with treatments methods. Korean J Food Nutr. 2013. 26:125-131.
- Chang MS, Park M, Jeong MC, Kim D, Kim GH. Antioxidative activities and antibrowning effects of green tea extracts and propolis. Korean J Food Cook Sci. 2012. 28:319-326.
- Cheigh CI, Lee JH, Chung MS. Effects of soft steam treatments on quality characteristics of potatoes. Korean J Food Nutr. 2012. 25:50-56.
- Cheigh CI, Lee JH, Chung MS. Quality characteristics of vegetables by different steam treatments. Korean J Food Nutr. 2011. 24:464-470.

- Cheigh CI. Pretreatment characteristics of potatoes by soft steam treatment. *Korean J Food Sci Technol*. 2014. 46:660-664.
- Cho KH, Park SH. The development of high efficiency tempering system using microwave. *J Korean Inst Illum Electr Install Eng*. 2009. 23(10):69-74.
- Choi EJ, Park HW, Chung YB, Kim JS, Park SH, Chun HH. Effect of supercooling on the storage stability of rapidly frozen-thawed pork loins. *Korean J Food Preserv*. 2017. 24:168-180.
- Choi HJ, Lee SY, Lee J, Kim S, Seo JH, Lee JG, et al. Effect of packaging, freezing, and thawing methods on the quality properties of sweet potato stem. *Food Eng Prog*. 2016. 20:111-119.
- Choi SY, Lee SY, Davaatseren M, Yoo SM, Choi MJ, Han HM. Effect of blanching conditions and thawing methods on quality properties of *Platycodon grandiflorum*. *Korean J Culinary Res*. 2014. 20:211-222.
- Chun HH, Choi EJ, Han AR, Chung YB, Kim JS, Park SH. Changes in quality of Hanwoo bottom round under different freezing and thawing conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2016. 45:230-238.
- Chung L, Lee HY, Yang IS. The structural correlation between consumer's attitudes and intention of repurchase of home meal replacement (HMR) according to the product categories. *Korean J Community Nutr*. 2007. 12:344-351.
- de Ancos B, González EM, Cano MP. Ellagic acid, vitamin C, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. *J Agric Food Chem*. 2000. 48:4565-4570.
- De Corcuera JIR, Cavalieri RP, Powers JR. Blanching of foods. In: Heldman DR, editor. *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*. Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA. 2004. p 1-5.
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*. 2002. 50:3010-3014.
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*. 1912. 12:239-243.
- Hong GP, Park SH, Jo YJ, Chun JY, Choi MJ. Food freezing technology. Soohaksa, Seoul, Korea. 2018. p 71-88.
- Hong SJ, Boo CG, Heo SU, Jo SM, Yoon S, Jeong H, et al. Physicochemical characteristics of wintering radish produced in Jeju island by different processing methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2021. 50:748-755.
- Hwang IG, Shin YJ, Lee SG, Lee JS, Yoo SM. Effects of different cooking methods on the antioxidant properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Prev Nutr Food Sci*. 2012. 17:286-292.
- Hwang IG, Woo KS, Jeong HS. Biological activity and heat treatment processing of foods. *Food Sci Ind*. 2011. 44:56-65.
- Hyun JY, Nam JH, Kim D, Chun JY. Quality characteristics of emulsion chicken breast sausages with *Protaetia brevitaris* larvae powder. *Food Eng Prog*. 2021. 25:428-435.
- Icier F, Cokgezme OF, Sabanci S. Alternative thawing methods for the blanched/non-blanched potato cubes: microwave, ohmic, and carbon fiber plate assisted cabin thawing. *J Food Process Eng*. 2017. 40:e12403. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12403>
- Jang MY, Jo YJ, Hwang IG, Yoo SM, Choi MJ, Min SG. Physicochemical characterization and changes in nutritional composition of onions depending on type of freezing process. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014a. 43:1055-1061.
- Jang MY, Jung YK, Min SG, Cho EK, Lee MY. Effect of freezing and thawing condition on the physical characteristics of blanched bean sprouts as home meal replacement. *Korean J Culinary Res*. 2014b. 20:235-244.
- Jang MY, Min SG, Cho EK, Lee MY. Effects of microwave thawing conditions on the physicochemical characteristics of frozen rice. *Food Eng Prog*. 2014c. 18:366-373.
- Jung KH, Jo YJ, Hwang IG, Yoo SM, Choi MJ, Min SG. Effects of air blast freezing and microwave thawing on physicochemical and nutritional properties of carrots. *Food Eng Prog*. 2014. 18:293-299.
- Jung YK, Jang MY, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Jo YJ, et al. Combination effect of various freezing and thawing techniques on quality and nutritional attributes of onions. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2015. 44:1492-1503.
- Kang BS, Kim DH, Lee OS. A study on the changes of pork quality by freezing and thawing methods. *Korean J Culinary Res*. 2008. 14:286-292.
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, et al. Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Korean J Culinary Res*. 2012a. 18:40-53.
- Kim GR, Lee SH, Park J, Shin JK. Effect of superheated steam treatment on the rancidity of brown rice. *Food Eng Prog*. 2016. 20:411-415.
- Kim J, Baik W, Yoon G, Lee S, Jung JY, Xu W, et al. Effects of the size and fractions based on molecular weight on sensory characteristics of Jeju winter radish. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2021. 50:54-60.
- Kim JC, Kim SC, Park KJ, Jeong JW, Jeong SW. Development of dipping solution to extend a shelf-life of fresh-cut apples. *Korean J Food Sci Technol*. 2006. 38:35-41.
- Kim JE, Jo HJ, Yu MJ, Song KB, Kim HY, Hwang IG, et al. Freeze-thawing conditions to produce high quality *Bokbunja* (*Rubus occidentalis*). *Korean J Food Sci Technol*. 2014a. 46:710-715.
- Kim JH, Min SG, Choi MJ, Yoo SM, Jo YJ, Chun JY. Effect of various freezing and thawing methods on physicochemical characterization of carrot. *Food Eng Prog*. 2015a. 19:306-312.
- Kim JS. Effect of thawing temperature on the properties of the danish pastry made from frozen dough. *Korean J Food Nutr*. 2003. 16:359-364.
- Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014b. 43:1881-1888.
- Kim MH, Jang HL, Yoon KY. Changes in physicochemical properties of *Haetsun* vegetables by blanching. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2012b. 41:647-654.
- Kim MH, Park SY, Jeong YJ, Yoon KY. Sensory properties of *Kalopanax pictus* and *Cedrela sinensis* shoots under different blanching conditions and with different thawing methods. *Korean J Food Preserv*. 2012c. 19:201-208.
- Kim SJ, Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Jo YJ, Min SG, et al. Changes in physicochemical and nutritional properties of carrots according to thermal treatments and freezing storage duration. *Food Eng Prog*. 2015b. 19:122-131.
- Kim YH, Lee DS, Kim JC. Effect of blanching on textural properties of refrigerated and reheated vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2004. 33:911-916.
- Kim YH. Freezing and defrosting in the food refrigeration. *Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*. 1987. 16:34-43.
- Koo NS, Kim HS, Lee KA, Kim MJ. Sensory evaluation: theory and experiment. Gyomoonsa, Paju, Korea. 2014. p 34-35.
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2021 Processed food segmentation market status: ready-to-eat foods. 2021 [cited 2022 Jan 25]. Available from: <https://www.atfis>

- or.kr/home/board/FB0027.do?act=read&bpoId=4136&bcaId=0&pageIndex=1
- Kosky P, Balmer R, Keat W, Wise G. Mechanical engineering. In: Exploring Engineering. 3rd ed. Academic Press, Cambridge, UK. 2013. p 259-281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415891-7.00012-1>
- Ku SK, Choi HW, Choi HD, Park JD, Sung JM, Hong JS, et al. Study on quality changes according to thawing conditions of frozen *Sulgidduk*. Korean J Food Cook Sci. 2018. 34:272-278.
- Kum JS, Lee CH, Han O. Effects of height for microwave defrosting on frozen food. J Korean Soc Food Sci Nutr. 1998. 27:109-114.
- Lee DH, Park SJ, Park J. Effects of freezing and thawing methods on the quality of *Dongchimi*. Korean J Food Sci Technol. 1999. 31:1596-1603.
- Lee HE, Lim CI, Do KR. Changes of characteristics in red pepper by various freezing and thawing methods. Korean J Food Preserv. 2007. 14:227-232.
- Lee KY, Park KT. Effects of selection attributes of HMR's meal kit products on the purchasing behavior and consumer satisfaction by the COVID-19. FoodService Industry Journal. 2021. 17:277-289.
- Lee SY, Choi SY, Han HM, Yoo SM, Choi MJ. Effect of blanching conditions and thawing methods on the quality properties of butterbur stem. Food Eng Prog. 2015. 19:226-234.
- Lim JH, Seong JM, Park KJ, Jeong JW. Effects of freezing and/or thawing conditions on the quality of mashed red pepper. Korean J Food Preserv. 2008. 15:675-681.
- Lin TM, Durance TD, Scaman CH. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Res Int. 1998. 31:111-117.
- Nadulski R, Kobus Z, Wilczyński K, Zawislak K, Grochowicz J, Guz T. Application of freezing and thawing in apple (*Malus domestica*) juice extraction. J Food Sci. 2016. 81:E2718-E2725.
- Nisha P, Singhal RS, Pandit AB. Kinetic modelling of texture development in potato cubes (*Solanum tuberosum* L.), green gram whole (*Vigna radiate* L.) and red gram splits (*Cajanus cajan* L.). J Food Eng. 2006. 76:524-530.
- Oh MH, Ji ES, Cha WS, Whang SY. Food preservation. Jinro, Seoul, Korea. 2007. p 55-57.
- Park JH, Kim HY. Changes of the quality characteristics of Chinese cabbage Kimchi with various freezing and thawing conditions. FoodService Industry Journal. 2016. 12:203-215.
- Park JJ, Park JH, Kim KM, Cho YS, Kim HY. Effects of various pretreatments on quality attributes of frozen and thawed peaches. Food Eng Prog. 2018. 22:328-336.
- Park JW, Kim J, Park SH, Choi DS, Choi SR, Oh S, et al. Effects of freezing temperature on the physiological activities of garlic extracts. Korean J Food Preserv. 2015. 22:520-527.
- Park SJ, Song KB. Quality changes in the lotus root frozen under different conditions. Korean J Food Preserv. 2015. 22:44-50.
- Préstamo G, Fuster C, Risueño MC. Effects of blanching and freezing on the structure of carrots cells and their implications for food processing. J Sci Food Agric. 1998. 77:223-229.
- Rahman MS, Velez-Ruiz JF. Food preservation by freezing. In: Rahman MS, editor. Handbook of Food Preservation. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 2007. p 635-665.
- Seo JH, Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Jo YJ, Min SG, et al. Effects of thermal treatment and freezing storage period on physicochemical and nutritional characteristics of shiitake mushrooms. Korean J Food Sci Technol. 2015. 47:350-358.
- Shin HR, Park JH, Lee SY, Park BR, Han GJ, Choi MJ, et al. The difference of the quality characteristics of shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris*) with the pre-treatment, freezing and thawing methods. Food Eng Prog. 2016. 20:269-277.
- Sim HJ, Kang MJ, Shin JH. Changes in the quality characteristics and chemical compounds of garlic shoots for blanching. Korean J Food Preserv. 2016. 23:310-318.
- Song JC, Jo WD. Processed food and food coloring. Bulletin of Food Technology. 1997. 10(2):62-80.
- Song K, Ko E, Kim C, Shim W, Kim J. Effect of treating and blanching on qualities preservation of packaged fresh-cut yam. Korean J Packag Sci Tech. 2015. 21:115-120.
- Wilkinson C, Dijksterhuis GB, Minekus M. From food structure to texture. Trends Food Sci Technol. 2000. 11:442-450.
- Xu B, Chen J, Yuan J, Azam SMR, Zhang M. Effect of different thawing methods on the efficiency and quality attributes of frozen red radish. J Sci Food Agric. 2021. 101:3237-3245.
- Yoo S, Kwon S, Park SI. Status of packaging materials for frozen foods and analysis of temperature changes inside packaging materials during frozen process. Korean J Packag Sci Tech. 2019. 25:11-16.
- Yoon SE. Effects of freezing rate and terminal freezing temperature on frozen croissant dough. Master's thesis. Seoul National University, Seoul, Korea. 2015.