Korean J Food Cook Sci
Vol. 32, No. 6, pp. 665~676 (2016)

pISSN 2287-1780
eISSN 2287-1772
https://doi.org/10.9724/kfcs.2016.32.6.665

냉동조건에 따른 대파의 냉동저장 중 품질변화

김석영 · 김희선 · 김진세[1] · 한귀정[†]
농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 가공이용과, [1]농촌진흥청 국립농업과학원 수확후관리공학과

Changes in Quality of Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.) during the Freezing Storage Period under Different Freezing Conditions

Seok-Young Kim · Hee-Sun Kim · Jin-Se Kim[1] · Gwi-Jung Han[†]
Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
[1]Division of Postharvest Engineering, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 54875, Korea

Abstract

Purpose: This study was conducted to find the optimal freezing method and storage conditions for welsh onion. **Methods:** Cut welsh onions (0.3 cm) were packed in nylon/linear low density polyethylene (LLDPE) film bags, and frozen utilizing still-air freezing at -20°C (SAF20) and -40°C (SAF40), and immersed-liquid freezing at -40°C (ILF40); they were then stored at -20°C for 7 months. During storage, quality characteristics were measured monthly. **Results:** Drip loss was the lowest in the ILF40 packaging. Color difference in the stem (white part) did not differ significantly according to freezing conditions and storage time. Color difference in the leaf (green part) and stem was the lowest in SAF20. pH remained unchanged, while total aerobic bacterial count, pyruvic acid and moisture content decreased during storage. Pyruvic acid content of ILF40 was the highest among the freezing treatments. Fructose and glucose contents increased gradually during storage. Citric acid, malic acid, succinic acid and fumaric acid contents were unaffected, regardless of the freezing conditions. **Conclusion:** The optimal freezing method for welsh onions with the least quality changes was determined to be immersed liquid freezing, following by preservation up to 7 months by freeze-storing.

Key words: welsh onion, freezing conditions, storage, immersed liquid-freezing

Ⅰ. 서 론

대파(*Allium fistulosum* L.)는 고추, 마늘과 더불어 조미채소로서 백합과에 속하는 다년생 초본식물이며 내한성, 내서성이 강하고 생육적온은 15-25°C로 서늘한 기후에서 잘 자라 단작형태로 재배되고 있다. 특히 중국, 일본과 한국에서 가장 많이 생산되고 소비되는 채소이며 일반적으로 이름은 독일의 Welshche에서 유래한 welsh onion으로 불리고 있다(Cha HS 등 2008).

대파는 전국적으로 생산되고 있으며 2015년 재배면적은 9,655 ha에 달하고 전년(11,286 ha)대비 14% 감소하였으며, 생산량은 2006년부터 조금씩 줄어드는 추세이다. 대파의 수확과 출하는 한파가 먼저 시작되는 중부지방에서 남부지방으로 확산되고 중부지방은 김장시기에 거의 완료되며 영호남 지방은 익년 2-4월까지 월동하면서 출하되고 있다. 겨울에 이상 기온이 일어나는 해에는 대파의 작황이 좋아져 전국에서 공급되는 대파량이 소비량보다 증가되어 수급 불안정으로 인해 대파 가격이 폭락될 때도 있다. 따라서 가격 안정을 위해 대파 가격 폭락 시 가공원료로 확보하여 가공제품을 생산하고 부가가치를 향상시키기 위해서는 대파의 이용도 증진을 위한 저장성 연구가 필요한 실정이며 대파의 수급조절을 위한 저장기술의 연구가 필요하다(Lee BY 등 2003, Lee HO 등 2011).

냉동은 식품의 색과 질감, 향미 및 영양가를 장기간 보

[†]Corresponding author: Gwi-Jung Han, Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, 166 Nongsaengmyeong-ro, Wanju-gun, Jeonbuk 55365, Korea
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6565-4385
Tel: +82-63-238-3564, Fax: +82-63-238-3842, E-mail: hgjaz@korea.kr

http://www.ekfcs.org
© 2016 Korean Society of Food and Cookery Science
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creative-commons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

존할 수 있는 효과적인 저장방법으로서 다양한 종류의 식품에 이용되고 있다(Lee HO 등 2013). 식품의 냉동방식은 동결과정 중 최대얼음결정생성대를 통과하는 시간에 따라 급속냉동과 완만냉동으로 나눌 수 있는데 조직 외부에 얼음결정이 서서히 형성되는 완만냉동에 비해 급속냉동은 얼음결정이 조직내부에서 빠르게 형성됨으로써 조직 손상 발생을 감소시키고 품질저하를 감소시킨다는 장점이 있다(Chun HH 등 2016). 급속냉동은 동결방식에 따라 크게 송풍동결식, 접촉식 동결식, 침지식 동결식, 액화 가스동결식으로 구분할 수 있는데 그 중 침지식 동결법은 냉매로 냉각시킨 2차 냉매 중에 피동결물을 침지하여 동결시키는 방법이다. 단시간에 동결시킬 수 있고 모양이 일정하지 않은 식품도 냉동시킬 수 있는 장점도 있지만 낮은 온도에서 장시간 침지식 처리한 경우 표면에 금이 생기거나 부서지는 단점이 있다(Ban C & Choi YJ 2012).

냉동식품은 제조, 가공 또는 조리한 식품의 부패와 변질, 미생물 번식 및 효소작용을 억제시키기 위한 목적으로 급속냉동 처리하여 장기간 보존이 가능한 것으로 용기나 포장지에 넣은 식품을 말한다(Jang MY 등 2014). 최근 생활수준 향상, 식품시장 변화로 인해 소비자들이 식품의 안전성과 영양기능성 못지않게 편의성을 중요시하는 만큼 씻고 자를 필요 없이 바로 먹을 수 있는 냉동농산물에 대한 소비자들의 소비가 증가되고 있는 추세이다. 냉동대파의 국내 판매가격은 국내산 신선대파의 60-90% 수준으로 유지되고 있어 냉동대파의 수입량은 2003-2015년 사이 연평균 11% 증가하였고, 최근에도 지속적으로 증가하고 있는 추세이다(Lee S 등 2015, Song SH 등 2016).

대파의 저장성에 대한 연구로는 Hong SI 등(1993)의 절단 대파의 가공 후 세척 및 포장재 적용에 따른 저온저장 중 품질특성의 변화, Cha HS 등(2008)의 대파의 수확기간별 저장온도에 따른 품질특성, Lee HO 등(2013)의 동결채소(취나물, 콩나물, 얼갈이배추, 애호박 및 대파)의 동결저장 중 품질변화 등이다. 그러나 냉동 방법에 따른 저장 중 국내산 대파의 품질변화에 미치는 영향에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 냉동조건에 따른 대파의 저장 중 품질특성 변화 정도를 알아보고, 적절한 냉동 조건에 대해 검토하여 차후 절단, 세척된 냉동대파의 유통기한 설정 및 관리 방안으로 이용할 수 있는 기초자료로 활용하는 데에 목적을 두었다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 대파는 경기도 고양시에서 2015년 6월에 수확한 것으로 산지에서 구입하였으며, 신선하고 원형이 훼손되지 않은 것을 선별하여 시료로 사용하였다.

2. 시료의 처리 및 저장 방법

대파는 뿌리를 제거한 후 흐르는 물에 3회 세척하여 종이 타월로 표면을 건조한 다음 대파의 흰 줄기부분인 연백부와 푸른 잎 부분인 잎부로 이등분하여 길이방향으로 0.3 cm씩 절단하였다. 절단된 연백부와 잎부를 1:1로 혼합하여 총 100 g씩 7중 합성수지복합다층(nylon+linear low density polyethylene(LLDPE)) 필름(7 Layer Co-extrusion film, Seven L Pack Co. Ltd., Gwangju, Korea)에 넣고, 진공포장기(HFV 600 L, Hankookfuji Inc., Hwaseong, Korea)를 이용하여 밀봉한 후 냉동하였다. 냉동에 따른 냉동대파의 품질을 분석하기 위하여 각각 -20°C 정지공기식(Digital ez GC-124HGFP, LG electronics Co. Ltd., Changwon, Korea)과 -40°C 정지공기식(DSS-650TD080, Daesan ENG Co. Ltd., Hanam, Korea)의 완만냉동과 침지식 냉동기 전용 propylene glycol 냉매(Top Greentech, Seoul, Korea)를 이용한 침지식 급속냉동기(F-500, Top Greentech, Seoul, Korea)를 사용하여 -40°C 급속냉동 후 -20°C에서 보관하면서 210일간(0, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210일) 저장하였다.

대파의 냉·해동 소요 시간을 예측하기 위해 직경 1.7 cm의 온도계(DS1922, Maxim Integrated^{TM}, San Jose, CA, USA)를 대파 포장 시 중심 부위에 삽입한 후 대파와 함께 밀봉하였다. 냉해동 과정을 거친 후 꺼내어 인식 장치(DS1402D-DR8, Maxim Integrated^{TM})를 이용하여 냉동 곡선을 얻었다. 냉동방법별 냉동완료온도까지 소요 시간은 예비실험을 통해 -20°C 정지공기식(still-air freezing at -20°C, SAF20) 9,000분, -40°C 정지공기식(still-air freezing at -40°C, SAF40) 2,500분 및 -40°C 침지식(immersed-liquid freezing at -40°C, ILF40) 200분이 소요되었고 냉동속도는 Ban C 등(2016)의 방법에 따라 계산하여 산출하였다.

냉동대파의 해동은 20°C 항온기(B.O.D. Incubator VS-1203P1, Vision Scientific, Bucheon, Korea)에서 처리하였으며 시료의 중심부 온도가 1°C에 도달하는 때를 해동완료 시점으로 하였다. 시료의 중심부 온도가 예비실험을 통해 해동완료온도까지 소요된 시간은 SAF20은 120분, SAF40은 100분, ILF40은 140분으로 나타났다.

3. 해동감량

해동이 완료된 대파의 해동감량은 해동 후 대파로부터 유출된 드립량을 구한 다음, 해동 전 대파 채취량에 대한 백분율(%, w/w)로 나타내었다.

4. 색도

색도는 대파의 연백부와 잎부를 색차계용 petri dish에 담아 색차계(Color i7, X-rite Inc., Grand Rapids, MI, USA)로 15번 이상 반복하여 측정하여 평균값으로 나타

내었다. 이때 표준색판(white standard plate)은 L=94.54, a=-0.15, b=2.71이었다.

5. 일반세균

대파의 연백부와 잎부를 각각 5 g씩 멸균 stomacher bag (3M™ sample bag 1930, 3M Co., St. Paul, MN, USA)에 취한 뒤 멸균된 생리식염수 90 mL를 넣고 stomacher (Bagmixer400, Interscience, St. Nom, France)로 90초간 균질화시켰다. 균질화된 시료액을 멸균된 생리식염수로 단계희석하여 일반세균용 건조필름배지 3M petrifilm aerobic count plate(Petrifilm™ AC plate, 3M Co., St. Paul, MN, USA)에 접종하여 37°C incubator(Vision Scientific)에서 24-48시간 배양하여 생성되는 colony 수를 센 후 일반세균수를 산출하였다.

6. pH, 피루브산 및 수분함량

성분분석을 위한 대파의 추출액은 해동한 대파를 연백부와 잎부 각각 5 g씩 채취하여 증류수 40 mL를 가해 믹서기(Philips HR2860, Ya Horng Ele. Co. Ltd., Tainan, China)로 1분간 균질화한 후 30분간 sonicator(UC-20, Jeiotech, Seoul, Korea)로 추출하였다.

pH는 pH meter(Orion 4 Star, Thermo Scientific, Beverbe, MA, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였고, 피루브산 함량은 Schwimmer S & Weston WJ(1961)의 방법을 응용하여 측정하였다. 증류수로 9배 희석한 대파 추출액 2 g에 10% trichloroacetic acid용액(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 2 mL를 가하여 vortexing 후 1시간 동안 실온에서 방치하였다. 그 후 원심분리기(Himac CR21G II, Hitachi, Tokyo, Japan)로 15,696 ×g에서 5분간 원심분리한 후 상등액 1 mL를 취해 분석용 시료로 사용하였고 여기에 0.0125% 2,4-dinitrophenyl-hydrazine용액(Sigma-Aldrich Co.) 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 잘 섞은 후 37°C에서 10분간 반응시킨 다음 0.6 N NaOH용액(Daejung Chemicals & Materials Co. Ltd., Siheung, Korea) 5 mL를 가하여 420 nm에서 흡광도를 측정(UV-2500, Shimadzu, Kyoto, Japan)하였다. 동일한 방법으로 표준물질인 sodium pyruvate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 농도별로 표준검량곡선을 작성한 후 시료의 pyruvic acid를 정량하였다. 수분함량은 AOAC법(AOAC 1990)에 의해 105°C 상압가열건조법으로 측정하였다.

7. 유리당 함량

유리당 함량은 9배 희석한 대파 추출액을 다시 10배 희석하여 원심분리 후 상등액만을 취해 0.2 μm membrane filter(Millipore Corp., Billerica, MA, USA)로 여과한 후 Agilent Technologies 1260 infinity HPLC system (Palo Alto, CA, USA)으로 분석하였다. HPLC 분석조건은 column으로 Asahipak NH2P-50-4E column(5 μm 4.6×250 mm, Shodex, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 검출기는 evaporative light scattering detector(ELSD, Palo Alto, CA, USA)를 사용하였으며, 이동상은 acetonitrile:water(70:30, %(v/v), J.T. Baker®, Center Valley, PA, USA)를 1.2 mL/min의 속도로 흘려주었고 5 μL를 주입하여 분석하였다(Hwang IG 등 2012b). 표준물질은 fructose, glucose, sucrose(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 농도별로 표준검량곡선을 작성한 후 시료의 유리당 함량을 정량하였다.

8. 유기산 함량

유기산 함량은 9배 희석한 대파 추출액을 원심분리 후 상등액만을 취해 0.2 μm membrane filter(Millipore Corp.)로 여과 후 Agilent Technologies 1200 series HPLC system으로 분석하였다. 분석조건은 column으로 Aminex HPX-87H Ion Exclusion(7.8×300 mm, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)을 사용하였고, 검출기는 UV detector(Agilent 1200 series HPLC system, Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA)로 215 nm에서 검출하였으며, 이동상은 0.008 N sulfuric acid 용액(Sigma-Aldrich Co.)을 0.6 mL/min 유속으로 흘려주었고 10 μL를 주입하였다(Hwang CR 등 2013). 표준물질로는 citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 농도별로 표준검량곡선을 작성한 후 시료의 유기산 함량을 정량하였다.

9. 통계분석

통계분석은 SPSS Statistics(ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였으며 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 평가하였다. 측정값은 기술통계분석으로 평균과 표준편차를 산출하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 냉동곡선

동결속도는 냉동식품의 품질을 결정하는 중요한 요소이며, 일반적으로 최대얼음결정생성대(0~-5°C)를 빠르게 통과할수록 품질변화를 최소화할 수 있다고 보고하였다(Hwang IG 등 2012a). 냉동방법에 따른 대파의 냉동곡선은 Fig. 1과 같으며 최대얼음결정생성대를 통과하는 시간은 -20°C 정지공기식(SAF20, 360분), -40°C 정지공기식(SAF40, 220분), -40°C 냉매를 이용한 침지식(ILF40, 10분) 순으로 나타났다. 냉동방법에 따른 냉동속도를 계산한 결과 SAF20은 -0.030°C/min, SAF40은 -0.062°C/min,

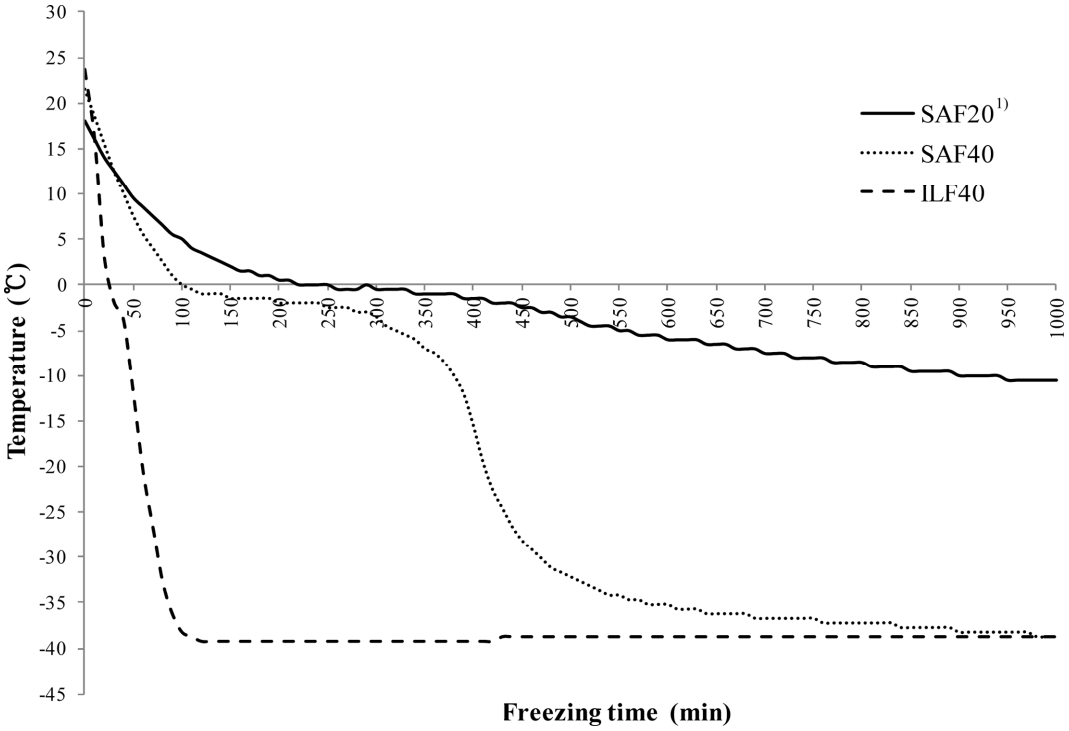

Fig. 1. Freezing curve of welsh onion with different freezing conditions. [1)] SAF20: still-air freezing at -20°C; SAF40: still-air freezing at -40°C; ILF40: immersed liquid freezing at -40°C.

ILF40은 -0.524°C/min으로 나타났다.

Jang MY 등(2014)은 양파의 냉동속도를 측정한 결과, 자연대류식(0.1°C/min), 저속송풍(0.5°C/min) 및 고속송풍(0.7°C/min) 냉동의 경우 냉동시간은 각각 약 100분, 20분 및 10분으로 감소하였고 물이 얼음으로 변하는 상변이 구간이 자연대류식, 저속송풍 및 고속송풍 순으로 감소하였음을 보고하였다. Kim JH 등(2015)은 당근의 냉동속도를 측정한 결과, 극저온냉동(LNF), 급속강제송풍식냉동(ABF) 및 자연냉동(NF) 순으로 냉동시간이 약 2분, 10분 및 90분이였고 상변이 시간은 약 0.1초, 30초 및 20분이었음을 보고하였다. 일반적으로 냉동식품의 얼음결정 크기와 수, 분포 등은 냉동속도에 따라 결정되며, 상변이 시간이 짧을수록 작은 얼음결정이 많이 생기고 균일하게 분포한다(Kim CJ 등 1998, Jeong JW 등 1999).

2. 해동감량

식품을 냉동할 시에 생성된 얼음결정은 세포의 파괴, 영양분의 손실 등을 야기함으로써 해동 시에 해동감량이 발생하게 된다. 해동감량은 식품의 물성적, 영양학적 및 관능학적 특성에 나쁜 영향을 주기 때문에 품질이 좋은 냉동식품제조에 필요한 지표로 이용될 수 있다(Lee HO 등 2013, Jung YK 등 2015).

냉동방법에 따른 냉동대파의 냉동저장 중 해동감량을 측정한 결과는 Table 1과 같으며 냉동저장 기간에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 해동감량은 11.57-22.43%, 1.35-9.85% 및 0.35-3.43% 범위로 나타났다. 저장기간이 경과함에 따라 냉동방법에 따른 냉동대파의 모든 처리구 중에서 ILF40의 경우 유의적으로($p<0.05$) 가장 낮은 해동감량을 보였다. Kim BY & Lee KH(2009)는 반건조 홍고추를 12개월 동안 -10°C와 -20°C에서 냉동한 경우에 비해 -40°C에서 냉동한 경우가 저장 후 해동 시 드립손실이 적게 나타내어 본 결과와 일치하였으며 이는 냉동속도가 빠를수록 미세한 얼음입자가 생성되어 세포의 손상이 적게 나타나 해동감량이 줄어드는 것으로 판단된다(Yang CY 1997, Holzwarth M 등 2012). 또한 사과, 배, 딸기, 메론 및 수박 등 5종 과채류에 대한 냉동속도에 따라 정지공기식, 송풍식 및 침지식의 동결방식에 의한 중량 감소율을 측정한 결과, 공기에 의한 동결방식보다는 침지식 동결방식이 냉동속도가 빠르므로 중량 감소율이 가장 적게 일어났다고 하였다(Jeong JW 등 2003).

냉동대파의 저장 15일의 SAF20, SAF40 및 ILF40의 해동감량은 22.43%, 2.28% 및 0.43%로 나타났으며 저장 210일의 SAF20, SAF40 및 ILF40의 해동감량은 13.64%, 9.85% 및 1.03%로 나타났다. 210일간 냉동 저장기간에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 해동감량은 냉동저장 기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였으며 저장기간 별 유의적인 차이($p<0.05$)를 보였다. Shin DB 등(2000)에 따르면 냉동저장온도와 저장기간에 따른 냉동저

Table 1. Changes in thawing loss of welsh onion with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C

(Unit: %)

Freezing condition[1)]	Storage period (day)							
	15	30	60	90	120	150	180	210
SAF20	22.43±3.44^{aA}	11.57±0.39^{aC}	17.46±3.00^{aB}	14.46±0.44^{aBC}	16.32±2.05^{aB}	16.26±2.71^{aB}	18.10±3.49^{aB}	13.64±0.45^{aBC}
SAF40	2.28±0.22^{bE}	1.35±0.28^{bE}	2.67±0.20^{bDE}	5.40±1.25^{bC}	3.98±0.34^{bCD}	7.31±0.95^{bB}	8.51±1.49^{bAB}	9.85±0.70^{bA}
ILF40	0.43±0.07^{bB}	0.35±0.10^{cB}	0.51±0.20^{bB}	1.03±0.38^{cB}	3.43±0.95^{bA}	0.56±0.23^{cB}	1.03±0.07^{cB}	1.03±0.71^{cB}

All values are mean±SD of three replicates.

1) SAF20: still-air freezing at -20°C; SAF40: still-air freezing at -40°C; ILF40: immersed liquid freezing at -40°C.

a-c Means with different superscripts in the same column (according to different freezing conditions) are significantly different at $p<0.05$.

A-E Means with different superscripts in the same row (according to different storage period) are significantly different at $p<0.05$.

장 마늘의 해동감량을 측정한 결과, -18°C 처리구의 경우 저장 6개월과 9개월의 해동감량은 0.2%와 0.7%로 저장기간이 길어질수록 해동감량도 증가하였다. 반면에 -40°C 처리구의 경우 저장 16개월의 해동감량은 0.4%에 불과하였다. 냉동 저장동안 얼음결정의 크기는 커지는 반면 얼음결정의 수는 줄어들며 장기간 냉동저장 시 얼음결정의 크기가 증가함으로써 드립도 증가된다고 보고한 바 있다(Kidmose U & Martens HJ 1999).

3. 색도

냉동방법에 따른 냉동대파의 냉동저장 중 색도변화는 Fig. 2에 나타내었다. 잎부의 대조구 L(Lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값은 각각 24.60, -5.63 및 8.42로 나타났다. 다양한 냉동방법으로 처리한 SAF20, SAF40 및 ILF40은 냉동저장 기간에 따라 L과 b값은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 냉동저장 30, 60, 90, 180일간 냉동대파 잎부의 L, a, b값이 SAF20, SAF40 및 ILF40의 처리군 간에 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내었다.

연백부의 대조구 L, a, b값은 모두 61.54, -5.68 및 18.14로 나타났다. 냉동저장 기간이 길어짐에 따라서 SAF20, SAF40 및 ILF40 처리군에서 모두 L값, a값은 감소한 반면에 b값은 증가하는 경향을 나타내었다. 저장기간 동안 냉동대파 연백부의 L, a, b값이 120일 째 a값을 제외하고 SAF20, SAF40 및 ILF40의 처리군 간에 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내지 않았다.

전체적인 색차를 ΔE값 수치로 나타내면 냉동대파 잎부의 경우 냉동저장 15-210일 동안 SAF20, SAF40 및 ILF40의 처리군은 각각 13.82-16.78, 15.10-17.21 및 13.87-16.53의 범위를 나타냈으며, 저장기간에 따라 SAF20의 ΔE값이 가장 작았다. 냉동저장 30, 60, 90, 180일간 SAF20, SAF40 및 ILF40의 처리군 간에 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내었다. 냉동대파 연백부의 경우 냉동저장 15-210일 동안 SAF20, SAF40 및 ILF40의 처리군은 각각 8.56-12.66, 6.47-12.64 및 4.55-13.57의 범위를 나타냈으며, 저장기간 동안 처리군 간에 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내지 않았다. 이는 자연대류냉동, 강제송풍냉동 및 극저온냉동에 따른 양파의 ΔE값의 변화를 비교한 결과 다양한 냉동방법에 따른 색의 변화가 거의 없었다는 보고와(Jung YK 등 2015) 홍고추를 -10°C, -20°C 및 -40°C에서 냉동 저장한 후 ΔE값의 변화에서 냉동온도가 큰 영향을 주지 않았다는 Kim BY & Lee KH(2009)의 결과와 유사하였다. 또한 연백부의 ΔE값은 ILF40에서 가장 낮은 것으로 나타났고 잎부에 비해 ΔE값이 낮아 색도 변화가 적음을 확인하였다.

4. 일반세균

냉동방법에 따른 냉동대파의 냉동저장 중 일반세균 변화에 대한 연구결과는 Table 2와 같다. 식품공전 상 가열하지 않고 섭취하는 냉동식품의 세균수 및 대장균군은 각각 g 당 100,000 및 10 CFU 이하여야 하고(Ministry of Food and Drug Safety 2016), Pirovani ME 등(1997)의 보고에 의하면 일반적으로 신선 채소류 편의식품의 경우 최종 소비단계에서 중온 호기성 미생물수 7.7 log CFU/g까지를 최대 한계선으로 정하고 있다. 본 실험에서 사용된 시료는 이상의 기준을 만족하는 수치이었고 저장 말기까지 미생물 안전성이 유지됨을 확인할 수 있었다. 냉동대파의 저장 초기 일반세균은 4.22 log CFU/g으로 나타났으며 냉동방법에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파는 저장 15일을 제외하고는 냉동처리 방법에 따른 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내지 않았다.

냉동저장 기간에 따른 냉동한 대파의 일반세균은 저장 210일까지 전체적으로 3-4 log CFU/g정도이었으며 저장 210일의 SAF20과 ILF40 냉동대파의 일반세균은 각각 3.56과 3.89 log CFU/g으로 감소하였고 저장기간 동안 일반세균의 변화는 유의적인 차이($p<0.05$)를 보였다. 냉동저장에 의한 미생물학적 변화에 대한 다양한 결과들이

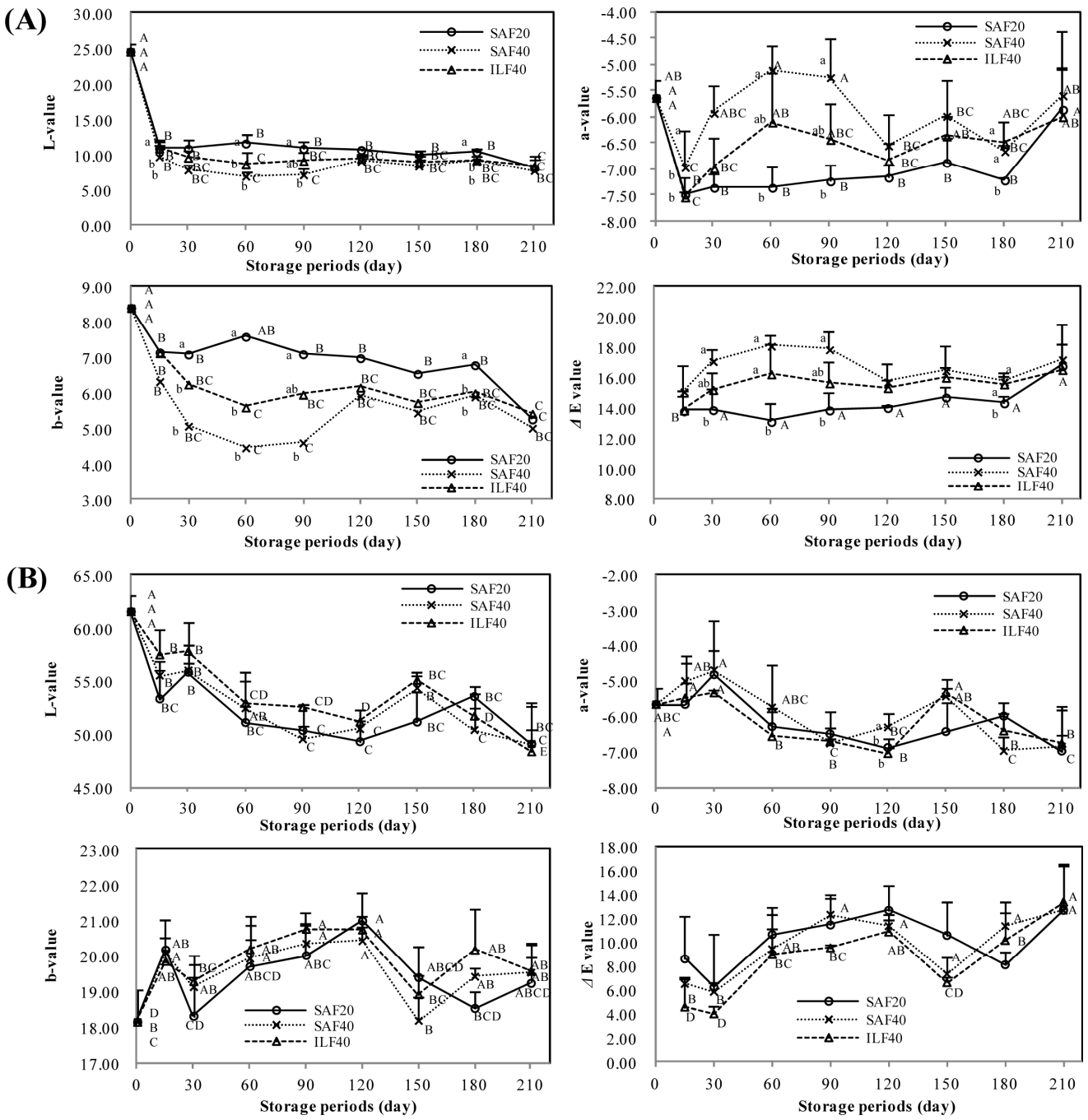

Fig. 2. Changes in Hunter's color value and delta E value of welsh onion (A-leaf part, B-white part) with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C.

[1)] SAF20: still-air freezing at -20°C; SAF40: still-air freezing at -40°C; ILF40: immersed liquid freezing at -40°C.

[A-D] Means different capital letters within different storage period are significantly different at duncan's multiple range test ($p<0.05$).

[a-c] Means different small letters within different freezing conditions are significantly different at duncan's multiple range test ($p<0.05$).

보고되고 있는데, Lee HO 등(2011)은 blanching 처리한 대파를 -20°C에서 냉동저장한 결과 총균수는 저장초기에서 12개월까지 102 CFU/g 수준을 유지하였으며, Ha JH 등(2007)은 -20°C에서 48주 동안 저장한 냉동감자의 총균수는 저장 초기 약 2 log CFU/g 수준이었으며 48주(12개월)동안 저장 초기와 비슷한 수준을 유지하면서 큰 변화를 보이지 않았다고 하였다. 또한 Lee HO 등(2011)의 보고에 의하면 동결한 후 해동된 대파 무처리구의 총균수는 동결 전후 비슷한 경향을 나타내었고, blanching 처리구는 동결 전보다 감소하는 경향을 나타내었으며 이는

동결 시 얼음결정 생성과 급격한 온도변화에 의한 영향으로 세포벽 손상에 의해 미생물이 감소된 것이라고 하였다. Park YH 등(2012)은 다진마늘과 깐마늘의 총균수는 저장 초기 6.3 log CFU/g이었으며 냉동저장 20일 5.7 log CFU/g으로 저장기간 경과에 따라 감소하여 냉동저장이 미생물의 증식을 억제하는 경향이 있다고 하였다.

5. pH, 피루브산 및 수분함량

냉동방법에 따른 냉동대파의 냉동저장 중 pH, 피루브산 및 수분함량 변화는 Table 2에 나타내었다. 냉동대파의 저장 초기 pH는 5.32로 나타났으며 냉동방법에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 경우 저장 15, 60, 150일을 제외하고는 냉동방법별로 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었다. 냉동저장 기간에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 pH값은 4.83-4.68, 4.86-4.70 및 4.90-4.62 범위로 냉동온도가 낮을수록 pH 변화가 적은 것을 확인할 수 있다. ILF40 냉동대파가 저장 180과 210일을 제외하고는 저장기간이 길어짐에 따른 pH의 변화는 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었다. 냉동저장 0-60일까지는 모든 시료의 pH는 감소하였고, 90일에는 다시 증가하였다가 120일에는 다시 감소하였다. 이는 Seo JH 등(2015)의 보고에 의하면 표고를 열수 침지와 과열 증기 처리 후 냉동저장온도(-12°C, -18°C 및 -24°C)에서 24주간 pH를 측정하였는데 0-12주까지 pH는 감소하였고, 12-24주 동안에는 다시 증가하는 경향을 보이면 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

파, 양파 및 마늘 등 *Allium*속 식물들의 향미성분은 주로 휘발성 황화합물에 기인하는 것으로, 이는 그 전구물질인 alliin의 분해과정에서 형성된 것으로 알려지고 있으며, 무색, 무취인 alliin은 cysteine-sulfoxide lyase(alliinase, EC. 4.4.1.4)의 작용으로 생성된 allicin과 2개의 분자의 pyruvate 및 ammonia로 분해되는 과정에서 생성된다. 즉 diallyl thiosulfinate는 매우 불안정하기 때문에 곧 비효소적 반응으로 thiosulfonate와 diallyl disulfide등으로 분해되면서 마늘 특유의 flavor를 생성하게 된다(Lee HY 등 2008). Allicin은 독특한 향미 성분으로서 파, 양파 및 마늘 등의 저장이나 가공 중 중요한 품질지표로 사용되지만 불안정한 상태로 존재하여 측정이 어렵기 때문에 allicin의 구조상 결합물질인 유황성분 혹은 최종분해물질인 암모니아 혹은 피루브산 함량을 측정하고 있다(Oh HR 등 2012). 따라서 피루브산 함량은 마늘 및 양파의 향미성분과 높은 상관관계가 있어 *Allium*속 식물의 향미성분을 측정하는 간접적인 척도로서 많이 이용되고 있다(Kim JH 등 2002).

저장 초기 냉동대파의 피루브산 함량은 9.21 μmole/g에서 냉동저장 15일의 냉동방법별 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 경우 1.36, 1.35 및 1.86 μmole/g으로 급격히 감소하였다. 냉동저장 15, 60, 90 및 150일의 냉동방법에 따른 처리구는 다양한 냉동방법별로 유의적인 차이

Table 2. Changes in total aerobic bacterial counts, pH, pyruvic acid and moisture content of welsh onion with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C

Freezing condition[1)]		Storage period (day)								
		0	15	30	60	90	120	150	180	210
Total aerobic bacteria count (log CFU/g)	SAF20	4.22±0.23^{AB}	4.18±0.29^{bAB}	4.48±0.21^{A}	3.62±0.42^{BC}	3.28±0.09^{C}	3.98±0.46^{ABC}	4.12±0.17^{AB}	3.53±0.44^{BC}	3.56±0.16^{BC}
	SAF40	4.22±0.23	4.03±0.17^{b}	4.46±0.64	4.41±0.81	3.43±0.20	3.70±0.14	3.98±0.05	3.93±0.30	4.26±0.27
	ILF40	4.22±0.23^{AB}	4.71±0.22^{aA}	3.87±0.13^{B}	3.82±0.01^{B}	4.01±0.32^{B}	3.89±0.39^{B}	3.66±0.32^{B}	3.92±0.02^{B}	3.89±0.53^{B}
pH	SAF20	5.32±0.09^{A}	4.83±0.05^{B}	4.80±0.05^{abBC}	4.71±0.06^{CD}	4.81±0.06^{aB}	4.71±0.03^{aCD}	4.71±0.08^{CD}	4.68±0.04^{bD}	4.71±0.03^{bCD}
	SAF40	5.32±0.09^{A}	4.86±0.07^{B}	4.86±0.04^{aB}	4.74±0.04^{C}	4.84±0.02^{aB}	4.73±0.01^{aC}	4.70±0.03^{C}	4.71±0.02^{bC}	4.71±0.03^{bC}
	ILF40	5.32±0.09^{A}	4.84±0.06^{B}	4.73±0.04^{bC}	4.65±0.03^{CD}	4.71±0.02^{bCD}	4.62±0.03^{bD}	4.69±0.07^{CD}	4.90±0.06^{aB}	4.87±0.04^{aB}
Pyruvic acid (μmole/g)	SAF20	9.21±0.51^{A}	1.36±0.06^{bB}	1.59±0.35^{B}	1.32±0.03^{bB}	1.31±0.12^{bB}	1.20±0.02^{B}	1.39±0.09^{aB}	1.18±0.06^{B}	1.35±0.13^{B}
	SAF40	9.21±0.51^{A}	1.35±0.22^{bB}	1.26±0.10^{B}	1.08±0.09^{cB}	1.02±0.09^{cB}	1.11±0.13^{B}	1.18±0.09^{bB}	1.01±0.07^{B}	1.33±0.18^{B}
	ILF40	9.21±0.51^{A}	1.86±0.21^{aB}	1.93±0.25^{B}	1.80±0.17^{aB}	1.81±0.12^{aB}	1.32±0.05^{C}	1.12±0.12^{bC}	1.11±0.08^{C}	1.37±0.03^{C}
Moisture (%)	SAF20	91.56±0.46^{A}	91.35±0.14^{AB}	91.62±0.23^{aA}	90.95±0.30^{BCD}	91.19±0.22^{ABC}	91.06±0.27^{ABC}	90.68±0.15^{CD}	90.80±0.39^{BCD}	90.47±0.39^{D}
	SAF40	91.56±0.46^{AB}	91.83±0.30^{A}	90.56±0.31^{bD}	91.35±0.25^{AB}	91.14±0.21^{BC}	91.39±0.04^{AB}	90.60±0.31^{CD}	90.33±0.25^{D}	90.56±0.49^{D}
	ILF40	91.56±0.46^{AB}	91.66±0.43^{A}	91.47±0.48^{aABC}	91.38±0.12^{ABC}	91.13±0.11^{ABC}	90.93±0.34^{BC}	91.03±0.27^{ABC}	91.06±0.38^{ABC}	90.87±0.12^{C}

All values are mean±SD of three replicates.

[1)] SAF20: still-air freezing at -20°C; SAF40: still-air freezing at -40°C; ILF40: immersed liquid freezing at -40°C.

[a-c] Means with different superscripts in the same column (according to different freezing conditions) are significantly different at duncan's multiple range test (p<0.05).

[A-D] Means with different superscripts in the same row (according to different storage periods) are significantly different at duncan's multiple range test (p<0.05).

(p<0.05)를 나타내었지만 냉동저장 30, 120, 180 및 210일의 냉동방법에 따른 처리구는 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내지 않았다. 냉동저장 기간에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 피루브산 함량은 저장 210일까지 전체적으로 1.59-1.18, 1.35-1.01, 1.93-1.11 μmole/g 정도로 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었고 저장기간이 길어짐에 따라 SAF20와 SAF40 냉동대파 피루브산 함량의 변화는 저장초기를 제외한 저장 210일 동안 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내지 않았으며, ILF40 냉동대파 피루브산 함량의 변화는 15-90일과 120-210일간에 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었다. Shin DB 등(2000)은 박피한 마늘을 -18°C 및 -40°C에서 장기저장하면서 피루브산 함량을 측정한 결과, 저장초기 192.7 mg%에서 -18°C에서 6개월간 저장한 마늘이 189.2 mg%, -40°C에서 8개월간 저장한 마늘이 190.4 mg%라고 밝혀, 냉동저장기간 동안 약간 감소함을 확인하였다. 또한 향기성분 측정 결과, 냉동저장동안 향기성분의 함량이 증감되었다고 하였는데 이 증감현상은 -40°C에서 저장한 시료보다 -18°C에서 저장한 시료에서 더욱 크게 나타났다고 보고하였다.

저장 초기 냉동대파의 수분함량은 91.56%로 나타났으며 냉동방법에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 경우 저장 30일을 제외하고는 다양한 냉동방법별로 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내지 않았다. 이는 자연대류냉동, 강제송풍식냉동 및 극저온냉동으로 처리한 양파의 수분함량에서 강제송풍식냉동과 극저온냉동 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다는 Jung YK 등(2015)의 결과와 냉동 메기 살코기의 경우 냉동속도에 따른 수분함량에 유의적인 차이가 없었다는 Rodezno LAE 등(2013)의 결과와는 일치하였다. 한편, Kidmose U & Martens HJ(1999)는 당근의 블랜칭 및 냉동처리 후 질감 및 미세구조를 분석한 결과 송풍냉동 및 -30°C 극저온 냉동법은 -50°C와 -70°C 극저온 냉동법보다 얼음결정에 의한 세포벽 파괴와 수분손실이 크며 극저온 냉동법이 냉동당근의 질감특성을 향상시키는 데 효과적이라고 보고하였다. 보통 채소와 같은 식물성 식품은 동물성 식품에 비해 조직이 부드럽고 유연성이 적어 냉동과정 및 저장 중 기계적 스트레스에 세포벽이 쉽게 파괴되고 해동 시 조직의 변화와 다량의 드립(drip)이 더 크게 발생하게 된다(Kidmose U & Martens HJ 1999). 본 연구결과에서는 냉동조건에 따른 해동대파의 수분함량차이를 확인할 수 없었고 얼음결정형성, 수분손실 및 드립 발생을 최소화할 수 있는 냉동조건을 확인하기 위해선 냉동조건에 따른 대파의 미세구조에 미치는 영향을 알아보는 광학현미경 분석이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 냉동저장 기간에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 수분함량은 저장 210일까지 전체적으로 91.62-90.47%, 91.83-90.33%, 91.66-90.93%의 범위를 나타내었고, 저장기간이 길어질수록 작은 값을 나타냈으며 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내었다. Ha JH 등(2007)은 상온, 냉장, 냉동저장 감자를 6개월간 저장하였는데 2개월간 수분함량은 다소 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의차는 없었으며, 냉동저장 감자는 상온·냉장 저장 감자(80% 전후)에 비해 수분함량이 다소 낮고(60% 전후) 저장 시 변화는 보이지 않았다고 보고하였는데, 본 연구에서는 저장기간에 따른 냉동대파의 수분함량은 감소하였다.

6. 유리당

냉동방법에 따른 냉동대파의 냉동저장 중 유리당 함량(fructose, glucose 및 sucrose)을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 생 대파의 fructose, glucose 및 sucrose 함량은 각각 1.20%, 1.31% 및 0.48%로 나타났으며, 냉·해동 처리 후의 sucrose 함량은 검출되지 않았다. 냉동방법에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 경우 저장 30일의 glucose를 제외하고는 다양한 냉동방법별로 fructose와 glucose 함량은 유의적인 차이(p<0.05)를 나타내지 않았다.

Kidmose U & Martens HJ(1999)의 연구에서는 -30°C, -50°C 및 -70°C 극저온냉동과 -24°C 송풍냉동의 냉동 조건을 달리하여 블랜칭한 슬라이스 당근의 유리당 함량을 측정한 결과, 극저온냉동의 온도조건과 냉동방법에 따른 유리당의 함량 변화는 유의적으로 나타나지 않았다(p<0.05)고 하였다. 반면에 Jung YK 등(2015)은 다양한 냉·해동 방법에 따른 양파의 유리당 함량을 측정한 결과, 냉동 시 수분이 감소하여 유리당의 농도가 증가하였다고 하였다.

냉동저장 기간에 따른 냉동한 대파의 fructose와 glucose 함량은 저장기간이 길어질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(p<0.05). 반면 sucrose 함량은 저장 전에는 0.48%였지만 냉·해동 처리 후에는 검출되지 않아 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 냉동저장 중 세포벽 파괴 및 효소작용으로 sucrose가 분해되어 감소하였고 환원당인 fructose와 glucose의 증가는 sucrose의 분해에 의하여 증가한 것으로 판단된다(Cano MP 등 1993).

Barhi dates를 냉동방법별로(극저온냉동, 개별급속냉동 및 완만냉동) 9개월간 냉동 저장하였을 때 fructose와 glucose는 저장 3개월까지는 증가하다가 그 이후에는 감소한 반면 과일속의 효소 작용에 의해 sucrose는 저장 9개월 동안 극소량이거나 검출되지 않았다는 Alhamdan A 등(2016)의 결과가 있다. 또한, -40°C 냉동한 파파야를 12개월간 냉동저장한 후 fructose와 glucose는 저장기간이 경과함에 따라 증가한 반면 sucrose는 감소하였다는 Torija E 등(1998)의 결과와 본 연구는 유사하였다. Shin DB 등(2000)에 따르면 마늘을 -18°C에서 15개월간 저장한 경우 fructose와 glucose는 저장 3개월 이후부터는 증

Table 3. Changes in free sugar contents of welsh onion with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C

Free sugar (%)	Freezing condition[1)]	Storage period (day)								
		0	15	30	60	90	120	150	180	210
Fructose	SAF20	1.20±0.07^{D}	1.50±0.01^{BC}	1.37±0.08^{CD}	1.42±0.02^{C}	1.34±0.05^{CD}	1.66±0.24^{AB}	1.73±0.01^{A}	1.83±0.06^{A}	1.72±0.06^{A}
	SAF40	1.20±0.07^{D}	1.37±0.10^{CD}	1.26±0.07^{CD}	1.37±0.05^{CD}	1.39±0.01^{C}	1.58±0.12^{B}	1.71±0.15^{AB}	1.81±0.06^{A}	1.79±0.10^{A}
	ILF40	1.20±0.07^{C}	1.43±0.10^{B}	1.35±0.02^{BC}	1.36±0.10^{BC}	1.39±0.09^{B}	1.65±0.13^{A}	1.72±0.04^{A}	1.67±0.12^{A}	1.71±0.10^{A}
Glucose	SAF20	1.31±0.05^{E}	1.58±0.02^{C}	1.46±0.08^{aD}	1.48±0.03^{CD}	1.39±0.05^{DE}	1.76±0.15^{AB}	1.78±0.02^{AB}	1.86±0.05^{A}	1.74±0.05^{B}
	SAF40	1.31±0.05^{C}	1.45±0.10^{B}	1.32±0.05^{bBC}	1.44±0.05^{BC}	1.44±0.01^{BC}	1.74±0.03^{A}	1.75±0.13^{A}	1.87±0.06^{A}	1.83±0.11^{A}
	ILF40	1.31±0.05^{C}	1.52±0.14^{B}	1.47±0.05^{aBC}	1.44±0.11^{BC}	1.49±0.11^{B}	1.83±0.08^{A}	1.76±0.04^{A}	1.73±0.13^{A}	1.84±0.11^{A}
Sucrose	SAF20	0.48±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	SAF40	0.48±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ILF40	0.48±0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total free sugars	SAF20	3.16±0.20^{BC}	3.08±0.03^{CD}	2.83±0.16^{DE}	2.90±0.06^{CDE}	2.73±0.11^{E}	3.41±0.39^{AB}	3.50±0.03^{A}	3.69±0.10^{A}	3.46±0.11^{AB}
	SAF40	3.16±0.20^{C}	2.82±0.21^{D}	2.58±0.12^{D}	2.81±0.10^{D}	2.84±0.01^{D}	3.32±0.14^{BC}	3.46±0.29^{ABC}	3.68±0.12^{A}	3.62±0.21^{AB}
	ILF40	3.16±0.20^{BC}	2.94±0.24^{CD}	2.83±0.06^{CD}	2.81±0.22^{D}	2.88±0.19^{CD}	3.48±0.21^{AB}	3.47±0.09^{AB}	3.40±0.24^{AB}	3.55±0.02^{A}

All values are mean±SD of three replicates.
[1)] SAF20: still-air freezing at -20°C; SAF40: still-air freezing at -40°C; ILF40: immersed liquid freezing at -40°C.
[a-b] Means with different superscripts in the same column (according to different freezing conditions) are significantly different at $p<0.05$.
[A-E] Means with different superscripts in the same row (according to different storage periods) are significantly different at $p<0.05$.
[ND] Means not detected.

가하는 경향을 나타낸 반면 sucrose는 감소하였다고 보고하였다. 이처럼 본 연구결과를 포함하여 과채류의 냉동저장 중 유리당 함량 변화는 냉동저장 중에도 과일 및 채소의 invertase 효소작용에 의한 sucrose 감소, 펙틴 물질조성 변화 및 총 당 함량이 증가함으로서 나타난 결과라고 판단된다. 반면 Kim BY & Lee KH(2009)는 홍고추와 전처리 공정을 거친 처리구를 -10°C, -20°C 및 -40°C에서 12개월간 냉동한 경우 fructose와 glucose는 저장기간이 경과함에 따라 감소하였다고 보고하여 본 연구와 상반된 결과였다.

7. 유기산

녹색채소 중 유기산의 함량은 매우 미미하지만 조직의 산성화와 단맛에 영향을 주어 천연항균제와 향미 증진제로서의 중요한 역할을 지니며 실제 채소 속 당 함량 대비 유기산 함량의 비율은 채소 숙성의 지표로서 이용된다(González-Castro MJ 등 1997). 냉동방법에 따른 냉동대파의 냉동저장 중 유기산 함량 변화는 Table 4에 나타내었다. 생 대파의 유기산을 측정한 결과, citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid가 검출되었고 각각 59.35, 239.04, 545.45, 3.45 mg%로 succinic acid와 malic acid가 주된 유기산 성분으로 나타났다.

냉동방법에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 경우 citric acid, malic acid 함량은 저장 15일부터, fumaric acid 함량은 저장 30일 이후 급격히 감소하였지만 succinic acid 함량은 저장 30일까지 약간 감소하다가 90일 이후로는 급격히 증가하였다. Citric acid, malic acid, succinic acid 및 fumaric acid 함량은 대부분 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내지 않았으며, Lim JH 등(2008)에 따르면 -70°C와 -10°C에서 냉동한 후 해동한 마쇄 홍고추의 총 유기산 함량을 측정한 경우, -70°C 냉동 후 해동한 처리구는 112.66-122.49 mg/100 g 수준, -10°C 냉동 후 해동한 처리구는 111.11-127.75 mg/100 g 수준을 나타내어 동결온도에 따른 유의적인 차이가 없었다는 보고와 유사하였다.

생 대파의 총 유기산함량은 871.05 mg%이었고, 냉동방법에 따른 SAF20, SAF40 및 ILF40 냉동대파의 총 유기산함량은 각각 677.1-891.91 mg%, 714.28-903.95 mg%, 667.06-933.35 mg%로 ILF40 냉동이 높게 나타났다. Jang MY 등(2014)의 보고에 의하면 자연대류식(0.1°C/min), 저속송풍(0.5°C/min) 및 고속송풍(0.7°C/min)으로 냉동속도에 따른 양파의 citric acid, succinic acid 및 fumaric acid 함량을 측정한 결과, 냉동속도에 따른 차이는 없었고($p<0.05$), malic acid 함량은 고속송풍 시 유의적으로 높은 값을 보였다하여 본 연구결과와 비슷한 경향을 보였다. 냉동저장기간에 따른 냉동한 대파의 citric acid, malic acid 및

Table 4. Changes in organic acid contents of welsh onion with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C

Organic acid (mg%)	Freezing condition[1)]	Storage period (day)								
		0	15	30	60	90	120	150	180	210
Citric acid	SAF20	59.35±2.77^{A}	12.54±6.94^{BC}	6.81±1.19^{C}	15.93±5.92^{D}	18.34±1.40^{aB}	17.22±3.19^{B}	17.32±0.98^{B}	18.88±3.13^{B}	14.50±2.03^{B}
	SAF40	59.35±2.77^{A}	17.57±7.36^{BC}	12.03±7.02^{CD}	10.07±0.87^{D}	15.07±1.38^{bBCD}	19.13±1.03^{B}	18.00±1.71^{BC}	14.84±0.80^{BCD}	20.80±1.32^{B}
	ILF40	59.35±2.77^{A}	13.83±8.35^{C}	11.68±4.05^{C}	21.37±6.59^{BC}	19.14±1.44^{aBC}	19.30±4.04^{BC}	18.00±1.85^{BC}	17.40±2.26^{BC}	27.74±10.48^{BC}
Malic acid	SAF20	239.04±0.32^{A}	160.19±3.48^{E}	154.26±4.39^{bE}	196.88±8.05^{CD}	198.41±11.85^{CD}	218.90±0.14^{aB}	207.57±5.46^{aBC}	207.99±12.29^{BC}	190.19±7.50^{D}
	SAF40	239.04±0.32^{A}	159.79±3.48^{D}	153.22±4.57^{bD}	196.23±7.79^{BC}	206.30±12.15^{B}	192.41±3.25^{bC}	207.65±6.30^{aB}	208.09±10.66^{B}	205.16±1.74^{B}
	ILF40	239.04±0.32^{A}	159.63±10.11^{E}	164.58±1.87^{aE}	197.06±3.30^{CD}	212.55±5.61^{B}	204.22±11.72^{bBC}	193.42±4.14^{bCD}	184.89±11.53^{D}	201.13±9.54^{BC}
Succinic acid	SAF20	545.45±10.50^{D}	519.47±9.00^{bE}	525.83±8.28^{bDE}	648.37±13.03^{aBC}	681.33±29.23^{A}	640.42±12.62^{C}	633.01±2.52^{cC}	670.74±9.22^{aAB}	673.37±0.54^{aA}
	SAF40	545.45±10.50^{F}	540.93±2.62^{aF}	561.75±7.29^{aE}	626.98±8.18^{bC}	675.59±10.01^{A}	609.99±6.45^{D}	660.74±3.64^{aB}	630.68±7.07^{bC}	626.91±11.60^{bC}
	ILF40	545.45±10.50^{C}	554.17±7.92^{aC}	488.20±9.80^{cD}	623.26±5.31^{bB}	653.05±3.65^{A}	649.81±23.93^{A}	648.35±4.52^{bA}	621.17±5.94^{bB}	636.78±14.38^{bAB}
Fumaric acid	SAF20	3.45±0.52^{AB}	4.14±0.92^{A}	1.94±0.24^{D}	2.21±0.32^{D}	3.12±0.73^{BC}	2.42±0.46^{CD}	1.85±0.20^{bD}	1.62±0.01^{cD}	1.85±0.31^{D}
	SAF40	3.45±0.52^{AB}	4.26±1.21^{A}	2.42±0.27^{BC}	2.87±0.44^{BC}	3.94±0.25^{A}	3.43±0.70^{AB}	2.08±0.08^{bC}	1.91±0.07^{bC}	2.18±0.50^{C}
	ILF40	3.45±0.52^{B}	4.82±0.62^{A}	2.61±0.48^{CD}	2.73±0.04^{BCD}	3.33±0.13^{BC}	2.92±0.45^{BCD}	3.02±0.15^{aBCD}	2.33±0.11^{aD}	2.96±0.54^{BCD}
Total organic acids	SAF20	871.05±45.53^{A}	706.91±25.96^{B}	677.1±24.83^{B}	891.91±59.72^{A}	867.27±77.53^{A}	883.53±54.19^{A}	874.27±27.69^{A}	881.86±46.80^{A}	873.17±15.28^{A}
	SAF40	871.05±45.53^{AB}	714.28±22.87^{C}	729.42±11.02^{C}	847.00±20.07^{AB}	880.78±40.00^{AB}	824.96±5.98^{B}	903.95±34.76^{A}	863.91±27.58^{AB}	883.53±52.44^{AB}
	ILF40	871.05±45.53^{AB}	724.13±31.49^{C}	667.06±15.68^{C}	828.16±25.58^{B}	898.18±22.10^{AB}	933.35±89.60^{A}	855.99±1343^{AB}	868.33±74.57^{AB}	891.93±37.40^{AB}

All values are mean±SD of three replicates.
[1)] SAF20: still-air freezing at -20°C; SAF40: still-air freezing at -40°C; ILF40: immersed liquid freezing at -40°C.
[a-c] Means with different superscripts in the same column (according to different freezing conditions) are significantly different at $p<0.05$.
[A-E] Means with different superscripts in the same row (according to different storage periods) are significantly different at $p<0.05$.

fumaric acid 함량은 저장기간이 길어짐에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였지만 succinic acid 함량은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 또한 총 유기산 함량 역시 냉동저장 기간에 따라 유의적으로 증가하였는데($p<0.05$) 이는 열처리 방법을 달리한 표고버섯의 냉동저장 중에 냉·해동 후 유기산 함량이 증가하였다는 보고(Seo JH 등 2015)와 일치하였다. 이는 Table 1에서 알 수 있듯 대파의 냉동저장 중 냉·해동 과정에서 드립 손실이 증가함으로써 수분감소가 발생하기 때문에 상대적으로 유기산 함량이 증가한 것으로 생각된다(Seo JH 등 2015). 한편, 냉동 완두콩과 고추의 경우 malic, oxalic, citric acid 함량은 저장 초기에서 저장 1개월까지는 감소하였지만 그 이후 12개월 동안 증감을 반복해 나타났다는 보고(González-Castro MJ 등 1997)는 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

Ⅵ. 요약 및 결론

-20°C 정지공기식(SAF20), -40°C 정지공기식(SAF40), -40°C 냉매를 이용한 침지식(ILF40) 냉동방법으로 대파를 동결한 후 -20°C에서 210일간 냉동저장 중 품질특성 변화를 조사하였다. 최대얼음결정생성대를 통과하는 시간이 SAF20는 360분, SAF40는 220분, ILF40는 10분으로 나타났다. ILF40 처리조건이 저장기간 내내 가장 낮은 해동감량을 보였다. 저장초기 냉동대파 잎부와 연백부의 ΔE값은 각각 SAF20과 ILF40일 경우 가장 작은 값으로 나타났다. 일반세균은 냉동방법에 따른 변화는 유의적인 차이를 보이지 않았으며 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 냉동대파의 pH는 다양한 냉동방법별로 유의적인 차이($p<0.05$)를 나타내었으며 동결온도가 낮을수록 pH 변화가 적은 것을 확인할 수 있다. 냉동방법에 따른 피루브산은 저장 초기대비 저장 15일 이후 급격히 감소하였다. 수분함량은 냉동방법별 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 저장기간이 경과할수록 작은 값을 나타내었다. 냉동방법에 따른 냉동대파의 fructose와 glucose 함량은 유의적인 차이를 나타내지 않았고 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며 sucrose 함량은 냉·해동 처리 후에는 검출되지 않았다. 생 대파의 유기산 주성분은 succinic acid와 malic acid이며, 냉동방법에 따른 citric acid, malic acid, succinic acid 및 fumaric acid 함량은 일부를 제외한 대부분 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, ILF40 냉동대파의 총 유기산함량이 높게 나타났다. 저장기간이 경과함에 따라 citric acid, malic acid 및 fumaric acid 함량은 유의적으로 감소하는 경향이었지만 succinic acid 함량은 유의적으로 증가는 경향을 보였다. 이상의 결과 냉동대파의 품질변화에 영향을 주는 인자는 냉동방법보다는 저장기간에 따른 영향이 크게 나타났으며, 대파의 동결방법으로 ILF40 처리

가 효과적인 방법이라고 사료된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was supported.

Acknowledgments

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ010836022016)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Alhamdan A, Hassan B, Alkahtani H, Abdelkarim D, Younis M. 2016. Freezing of fresh *Barhi* dates for quality preservation during frozen storage. Saudi J Biol Sci (Online) https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.02.003.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. p 788.

Ban C, Choi YJ. 2012. Innovative techniques and trends in freezing technology of bakery products. Food Sci Ind 45(4):9-15.

Ban C, Yoon S, Han J, Kim SO, Han JS, Lim S, Choi YJ. 2016. Effects of freezing rate and terminal temperature on frozen croissant dough quality. LTW-Food Sci Technol 73:219-225.

Cano MP, Fuster C, Marín MA. 1993. Freezing preservation of four Spanish kiwi fruit cultivars (*Actinidia chinensis*, Planch): Chemical aspects. Z Lebensm-Unters Forsch 196(2):142-146.

Cha HS, Youn AR, Kim SH, Jeong JW, Kim BS. 2008. Quality analysis of Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) as influenced by storage temperature and harvesting period. Korean J Food Sci Technol 40(1):1-7.

Chun HH, Choi EJ, Han AR, Chung YB, Kim JS, Park SH. 2016. Changes in quality of Hanwoo bottom round under different freezing and thawing conditions. J Korean Soc Food Sci Nutr 45(2):230-238.

González-Castro MJ, Oruña-Concha MJ, López-Hernández J, Simal-Lozano J. 1997. Effects of freezing on the organic acid content of frozen green beans and Padron peppers. Z Lebensm Unters Forsch A 204(5):365-368.

Ha JH, Ha SD, Kang YS, Hong KP, Bae DH. 2007. Microbiological, nutritional, and rheological quality changes in frozen potatoes during storage. Korean J Food Sci Technol 39(6):663-668.

Holzwarth M, 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(1):241-248.

Hong SI, Kim YJ, Park NH. 1993. Modified atmosphere packaging of leaf lettuce. Korean J Food Sci Technol 25(3):270-276.

Hwang CR, Jeong EM, Lee SH, Hwang IG, Kim YB, Jeong JH, Lee J, Jeong HS. 2013. Chemical components and enzyme activity of hydroponic-cultured ginseng roots and leaves under different heating temperatures. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(6):911-916.

Hwang IG, Jeong HS, Lee JS, Kim HY, Yoo SM. 2012a. Influences of freezing and thawing temperature on the quality characteristics of mashed red pepper. Korean J Food Nutr 25(3):691-696.

Hwang IG, Shin YG, Lee JS, Jeong HS, Kim HY, Yoo SM. 2012b. Quality characteristics of red pepper paste (*Capsicum annuum* L.) added with garlic during aging. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(12):1778-1784.

Jang MY, Jo YJ, Hwang IG, 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 43(7):1055-1061.

Jeong JW, Jeong SW, Park KJ. 2003. Changes in internal pressure of frozen fruits by freezing methods. Korean J Food Preserv 10(4):459-465.

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(3):688-696.

Jung YK, Jang MY, Hwang IG, Yoo SM, Min SK, Jo YJ, Chun JY, Choi MJ. 2015. Combination effect of various freezing and thawing techniques on quality and nutritional attributes of onions. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(10):1492-1503.

Kidmose U, Martens HJ. 1999. Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. J Sci Food Agric 79(12):1747-1753.

Kim BY, Lee KH. 2009. Effect of freezing on the physicochemical properties of semi-dried red pepper. Korean J Food Preserv 16(3):362-370.

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 Anim Resour 18(2):142-148.

Kim JH, Kim JJ, Jeong JW, Lee HJ, Kim JN. 2002. Quality change of garlic during storage by stem and root cutting treatments. Korean J Food Preserv 9(4):362-368.

Kim JH, Min SG, Choi MJ, Yoo SM, Jo YJ, Chun JY. 2015. Effect of various freezing and thawing methods on physicochemical characterization of carrot. Food Eng Prog 19(4):306-312.

Lee BY, Yoon KM, Seo JW, Kim SH. 2003. Studies on the characteristics of noodles using *Allium fitstulosum* L. flour. 2003. Korean J Community Living Sci 14(3):47-57.

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(3):296-303.

Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Yoon DH, Kim BS. 2011. Quality characteristics of frozen Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) according to various blanching treatment conditions. Korean J Food Sci Technol 43(4):426-431.

Lee HY, Jeong EJ, Jeon SY, Cho MS, Cho WJ, Kim HD, Cha YJ. 2008. Comparison of volatile flavor compounds of domestic onions harvested in various regions. J Korean Soc Food Sci Nutr 37(12):1609-1614.

Lee S, Kim SY, Hwang IG, Yoo SM. 2015. Evaluation of quality characteristics of Korean and Chinese frozen chopped garlic. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(1):111-117.

Lim JH, Seong JM, Park KJ, Jeong JW. 2008. Effects of freezing and/or thawing conditions on the quality of mashed red pepper. Korean J Food Preserv 15(5):675-681.

Ministry of Food and Drug Safety. 2016. Korean food standard codex. Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/popup/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlvDetail.do?rvlv_no=17. Accessed November 18, 2016.

Oh HL, Kim NY, Sohn CW, Ryu BR, Yoon JH, Kim MR. 2012. Analyses of pungency-related factors of field and rice paddy garlic. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(5):655-660.

Park YH, Park SJ, Han GJ, Choe JS, Lee JY, Kang MS. 2012. Quality characteristics of pre-processed garlic during storage according to storage temperature. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(7):994-1001.

Pirovani ME, Piagentini AM, Güemes DR, DI Pentima JH. 1997. Quality of minimally processed lettuce as influenced by packaging and chemical treatment. J Food Qual 21(6):475-484.

Rodezno LAE, Sundararajan S, Solval KM, Chotiko A, Li J, Zhang J, Alfaro L, David Bankston J, Sathivel S. 2013. Cryogenic and air blast freezing techniques and their effect on the quality on catfish fillets. LWT-Food Sci Technol 54(2):377-382.

Schwimmer S, Weston WJ. 1961. Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. J Agric Food Chem 9(4):301-304.

Seo JH, Kim GI, Hwang IG, Yoo SM, Jo YJ, Min SG, Choi MJ. 2015. Effects of thermal treatment and freezing storage period on physicochemical and nutritional characteristics of shiitake mushrooms. Korean J Food Sci Technol 47(3):350-358.

Shin DB, Lee YC, Kim JH. 2000. Changes in quality of garlic during frozen storage. Korean J Food Sci Technol 32(1):102-110.

Song SH, Noh SJ, Lee HY, Han ES, Kim RI. 2016. Tendency and outlook in demand and supply of spice vegetables. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea. p 748.

Torija E, Díez C, Matallana C, Camara M, Camacho E, Mazarío P. 1998. Influence of freezing process of free sugars content of papaya and banana fruits. J Sci Food Agric 76(3):315-319.

Yang CY. 1997. Fundamentals and application of food freezing. Sejinsa, Seoul, Korea. pp 230-239.

Received on Oct.14, 2016/ Revised on Nov.14, 2016/ Accepted on Nov.16, 2016