

Changes in quality characteristics of sliced garlic with different freezing conditions during storage

Seok-Young Kim, Hee-Sun Kim, Jin-Se Kim, Gwi-Jung Han*

Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration,
Wanju 55365, Korea

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 품질변화

김석영 · 김희선 · 김진세 · 한귀정*

농촌진흥청 국립농업과학원

Abstract

This study was performed to evaluate the effect of different freezing conditions and storage periods on physicochemical and microbial characteristics of garlic. Garlics were washed, dried, sliced to 0.3 cm then packed in LDPE+LLDPE film bags. They were treated with still-air freezing at -20°C (SAF20), -40°C (SAF40) and immersed-liquid freezing at -40°C (ILF40). Frozen garlics were stored under frozen storage conditions for 7 months at -20°C and quality characteristics were measured monthly during the frozen storage. Freezing rate of garlic was the fastest in ILF40 (10 min), SAF40 (40 min) and SAF20 (1,600 min) sequentially. In ILF40, drip loss, cutting force, total aerobic bacteria count and pH were the lowest, whereas pyruvic acid and allicin content were the highest ($p<0.05$) during frozen storage, these results were the most similar characteristics with the fresh garlic. During frozen storage, drip loss, color difference and total organic acid content were significantly fluctuated in SAF20 ($p<0.05$), while they were not changed in ILF40. Overall, total aerobic bacteria count and pH decreased, cutting force, pyruvic acid and allicin content remained unchanged in all groups. In conclusion, the optimal freezing conditions for garlic with the least quality changes was considered to be ILF40 (immersed liquid freezing), keeping quality characteristics up to 7 months by freezing storage.

Key words : garlic, freezing conditions, storage, immersed-liquid freezing, quality analysis

서 론

마늘은 독특한 향미와 노화방지, 항균작용, 항혈전, 콜레스테롤 저하, 항암 및 항산화작용 등의 다양한 생리활성을 지닌 전 세계적인 식의약 재료로서, 최근 마늘의 이러한 효능에 따라 기능성 식품소재로 사용되고 있고 의약품 소재로도 그 활용범위가 확대되고 있다(1). 특히 마늘은 우리나라 농업 총 생산액의 1.1%를 차지하는 한국인의 식생활에

서 필수불가결한 양념채소로서 고추, 배추, 무에 이어 다량 생산되며 식자재에서 차지하는 비중이 큰 채소이다(2). 또한 마늘은 우리나라 양념채소 재배면적 중 21.6%를 차지하는 만큼 대표적인 양념채소이지만 기상변화로 인해 일정하지 않은 공급량에 따라 가격변동과 물가안정이 불안정한 문제점이 있다(3). 따라서 가격이 저렴한 수확기에 바로 전처리한 후 냉동 저장을 하면 수급조절이 원활히 되고 수요를 증대시킴으로써 마늘의 연중 생산과 가격 안정화를 통해 농가 소득을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있다(4). 또한 냉동 마늘은 연중 이용할 수 있으며 저장 중 영양소 손실이 적게 나타나고 유통 중 발생하는 갈변과 이취 및 미생물에 의한 오염 증가를 감소시켜 줄 수 있는 장점을 지닌 최적의 가공방법이다(5).

냉동식품은 원료를 전처리, 가공, 조리한 반조리 혹은

*Corresponding author. E-mail : hgjaz@korea.kr
Phone : 82-63-238-3564, Fax : 82-63-238-3842
Received 18 July 2017; Revised 18 October 2017; Accepted 20 October 2017.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

완전조리 식품을 -18°C 이하에서 냉동시킨 후 포장, 유통한 것으로서 냉동 공정은 식품 보존하는데 있어서 가장 우수한 방법이며 본래의 향미, 영양성분 및 조직감 등을 원물과 가깝게 유지할 수 있는 방법이다(6). 최근 기술발전과 현대 사회화가 됨에 따라 국민 소득수준 향상, 핵가족화, 여성의 사회진출 및 노인인구 증가 등의 사회적 환경변화로 인해 간편성, 편리성, 품질, 신선도, 안전성이 소비의 핵심변수로 작용하고 있으며 특히 편리성을 강조한 제품에 대한 소비자의 수요가 증가됨에 따라 깎 마늘, 다진 마늘, 편 마늘 등의 다양한 제품으로 가공되어 냉장 및 냉동 상태로 판매되고 있다(7). 웰빙 식생활의 변화로 계절에 상관없이 판매중인 냉동채소, 냉동조리제품 등의 전처리 농산물, 신선 편이 농산물은 조리하기 쉽고 섭취가 용이한 상태로 가공하여 보관, 유통하는 형태가 증가하고 있는 추세이다(8).

마늘의 냉동에 관한 연구로는 마늘의 냉동저장 중 품질 변화(9), 해동조건에 따른 냉동마늘의 품질특성(10), 냉동 다진 마늘에 대한 전자선 살균효과와 생리활성 성분의 안정성(11), 국내산 및 중국산 냉동 다진 마늘의 품질특성(2), 시판 유통 중인 냉동 다진 마늘의 사전 살균 및 조사처리 여부 판별 모니터링(12) 등 주로 깎 마늘과 다진 마늘 형태의 냉동연구가 주를 이루었다. 이는 통마늘은 저장 공간, 보관비용, 껍질을 벗기는 번거로움과 쓰레기 발생 등의 단점이 있고 편리성과 간편성을 요구하는 소비자 트렌드 변화에 맞춰 급식·외식업체와 마트에서는 깎 마늘·다진 마늘과 같은 가공품의 소비가 증가되었기 때문이라고 판단된다(11). 일반적으로 마늘 냉동제품형태에 대한 소비자 구매 선호도 조사에 따르면 다진 마늘(49.2%), 통마늘(19.8%), 슬라이스 마늘(12.8%) 순으로 사용하는 것으로 나타났다(13). 또한 소비자 구매 유형 변화에 따라 수량이 많고 상대적으로 가공이 쉬운 난지형 마늘의 재배면적이 늘어났으며 통계청자료에 따르면 난지형 재배면적 비중은 2012년 77.8%에서 2016년 79.5%로 높아졌지만 같은 기간 동안 한지형은 22.2%에서 20.5%로 떨어졌다. 특히 난지형 중 대서품종의 선도호가 높아짐에 따라 대서품종의 2015-2016년 재배면적이 난지형 중 40%를 넘어섰다.

향후 냉동식품의 판매가 증대됨에 따라 깎마늘 외에도

가공용 냉동 다진 마늘이나 편마늘의 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되며 특히 편마늘을 이용한 냉동연구 및 품질특성과 관련된 연구는 아직 보고된 바 없다. 따라서 본 연구는 다양한 냉동방법에 따른 편마늘의 이화학적 특성을 비교함으로써 최적의 냉동조건을 설정하였다. 또한 냉동저장기간에 따른 편마늘의 품질변화 분석을 통해 품질저하가 일어나는 시점을 확인하여 냉동편마늘의 냉동가공품으로써 활용가능성을 알아보기 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 마늘은 2015년 7월에 난지형 대서품종 마늘의 산지인 경남 남해에서 탈피하지 않은 통마늘 상태로 망에 포장·유통되는 것을 구입하였다.

시료의 처리 및 저장 방법

마늘은 껍질을 제거하고 흐르는 물에 2회 수세 후 물기를 없앤 다음, 마늘용 슬라이서기(Garlic slicer, Topslice, Seoul, Korea)를 이용하여 편으로 썬 후(0.3 cm) 300 ± 10 g씩 측량하여 식품 포장용 더블지퍼백(Ziploc, S.C. Johnson & Son, Inc. Racine, Wisconsin, USA)에 담아 밀봉한 후 냉동하였다. 냉동조건은 -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 propylene glycol 냉매(Top Greentech)를 이용한 침지식 급속냉동기(F-500, Top Greentech)로 -40°C 급속냉동 후 -20°C 에서 보관하면서 210일간(0, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210일) 저장하였다. 냉동 마늘의 해동은 20°C 항온기(B.O.D. Incubator VS-1203P1, Vision Scientific, Bucheon, Korea)에서 실시하였으며 시료의 중심부 온도가 1°C 에 도달하는 때를 해동완료 시점으로 하였다. 예비실험을 통해 냉동마늘의 해동완료온도까지 소요된 시간은 -20°C 정지공기식(SAF20)은 2시간 10분, -40°C 정지공기식(SAF40)은 3

Table 1. Information of sample treatment and instrument

Sample	SAF20	SAF40	ILF40
Freezing conditions	-20°C still-air	-40°C still-air	-40°C immersed-liquid
Thawing conditions and instrument	- Room temperature (20°C) - Incubator (B.O.D. Incubator VS-1203P1, Vision Scientific, Bucheon, Korea)		
Freezing storage conditions	at -20°C for 210 days (0, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 days)		
Freezing time (min)	4,410	1,920	80
Freezer information	Digital ez GC-124HGFP (LG electronics Co., Ltd., Changwon, Korea)	DSS-650TD080 (Daesan ENG Co., Ltd., Hanam, Korea)	F-500 (Top Greentech, Seoul, Korea)

시간 10분, -40°C 침지식(ILF40)은 1시간 15분으로 나타났다.

마늘의 냉해동 시 소요시간을 예측하기 위해 마늘 포장 시 직경 1.7 cm의 버튼식 온도계(DS1402D-DR8, Maxim Integrated™, San Jose, CA, USA)를 중심 부위에 삽입한 후 마늘과 함께 포장하였다. 냉해동 과정을 거친 후 온도계를 꺼내어 인식 장치(DS1402D-DR8, Maxim Integrated™)를 이용하여 냉동 곡선을 그렸다. 예비실험을 통해 냉동조건별 냉동완료온도까지 소요된 시간을 측정한 결과, SAF20은 4,410분, SAF40은 1,080분, ILF40은 70분으로 소요되었고 냉동속도는 Yoon(14)의 방법에 따라 아래 계산식에 대입하여 계산하였다. 시료처리 및 저장방법은 Table 1에 요약하여 나타내었다.

$$\text{Freezing rate} (^{\circ}\text{C}/\text{min}) = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$$

T_1 =초기 냉동온도, T_2 = 최종 냉동온도, $t_2 - t_1$ =냉동 시작과 끝 사이에 소요된 시간

드립로스

해동이 완료된 마늘의 드립로스는 해동 후 유출된 드립량을 구하여 이를 해동 전 시료채취량에 대한 백분율(% w/w)로 나타내었다.

색 도

마늘의 색도는 색차계(Color i7, X-rite Inc., Grand Rapids, MI, USA)를 이용하여 15회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때 표준색판(white standard plate)은 $L=94.54$, $a=-0.15$, $b=2.71$ 이었다.

절단강도

마늘의 절단강도는 rheometer(Sun rheometer compac-100 II, Sun scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 15회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때 측정조건은 adaptor type; No. 10, adaptor area; 0.01 cm², sample type; 원통형(눌힘), sample size; 10×20×5 mm, Load cell; 10 kg, Table speed; 120 mm/min로 설정하였다.

일반세균수

마늘 10 g을 채취하여 stomacher bag(3M™ sample bag 1930, 3M Co., St. Paul, MN, USA)에 담아 멸균 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.)에 접종하여 37°C 배양기(B.O.D. incubator VS-

1203P1, Vision Scientific)에서 24-48시간 배양하여 생성되는 colony수를 센 후 일반세균수를 산출하였다.

pH 및 피루브산 함량

성분분석을 위한 마늘 추출액 제조는 해동한 마늘의 7배에 상당하는 증류수를 넣고 믹서기(Philips HR2860, Ya Horng Ele. Co., Ltd., Tainan, China)를 이용하여 1분 30초간 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 Schwimmer와 Weston(15)의 방법을 응용하여 측정하였다. 증류수로 7배 희석한 마늘 추출액 2 g에 10% trichloroacetic acid용액(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 2 mL를 가하여 vortexing한 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 Chemical & Materials Co., Ltd., Siheung, Korea) 5 mL를 가하여 420 nm에서 흡광도(UV-2500, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 측정하였다. 동일한 방법으로 표준물질인 sodium pyruvate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 농도별로 표준검량곡선을 작성한 후 시료의 pyruvic acid를 정량하였다.

알리신 함량

마늘의 알리신 함량측정은 Jeong 등(16)과 Rybak 등(17)의 방법을 변형하여 사용하였다. 믹서기(Philips HR2860, Ya Horng Ele. Co., Ltd.)로 분쇄한 마늘 400 mg에 증류수 10 mL를 넣고 30초간 vortexing 한 후 10분간 방치하였다. 이것을 원심분리 후 상등액만 취해 0.2 μm syringe filter로 여과 후 Agilent Technologies 1260 infinity HPLC system(Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)으로 분석하였다. 분석조건은 column으로 Mightysil RP-18GP column(4.6×250 mm, 5 μm, Kanto Chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 검출기는 UV detector로 245 nm에서 검출하였으며, 이동상은 acetonitrile(A)과 water(B, 0.1% acetic acid)를 이용하였고, A:B=30:70에서 시작하여 순차적으로 8분간 A:B=60:40, 13분간 A:B=80:20으로 조절한 후 다시 15분간 A:B=60:40, 20분간 A:B=30:70으로 조절하였으며 컬럼 온도는 30°C, 유속은 0.6 mL/min으로 흘려주었다. 표준물질인 알리신(LKT Laboratories, St. Paul, MN, USA)을 동일한 조건에서 분석하여 표준곡선을 작성하여 정량하였고 모든 항목은 3회 반복하여 분석을 진행하였다.

유기산 함량

마늘의 유기산 함량은 7배 희석한 마늘 추출액을 원심분리 후 상등액만 취해 0.2 μm syringe filter로 여과 후 Agilent Technologies 1200 series HPLC system(Agilent Technologies) 분석하였다. 분석조건은 column으로 Aminex HPX-87H Ion Exclusion(7.8 \times 300 mm, 9 μm , BIO-RAD, Hercules, CA, USA)을 사용하였고, 검출기는 UV detector로 215 nm에서 검출하였으며, 이동상은 0.008 N sulfuric acid 용액을 0.6 mL/min 유속으로 흘려주었고 샘플은 10 μL 를 주입하였다(18). 표준물질로는 citric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 농도별로 표준 검량곡선을 작성한 후 시료의 유기산 함량을 정량하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA test)을 실시하였으며 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 평균 간의 다중비교를 실시하였다. 측정값은 기술통계분석으로 평균과 표준편차를 산출하였다.

결과 및 고찰

냉동곡선

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동곡선은 Fig. 1에 나타내었다. 최대빙결정생성대(0 \sim 5 $^{\circ}\text{C}$)를 통과하는 시간이 SAF20은 1,600분, SAF40은 40분, ILF40은 10분 이내로 나타나 ILF40의 경우 SAF20에 비해 약 1/160수준으로 냉동시간이 감축되는 것을 확인하였다. 또한 Yoon(14)의 방법에 따라

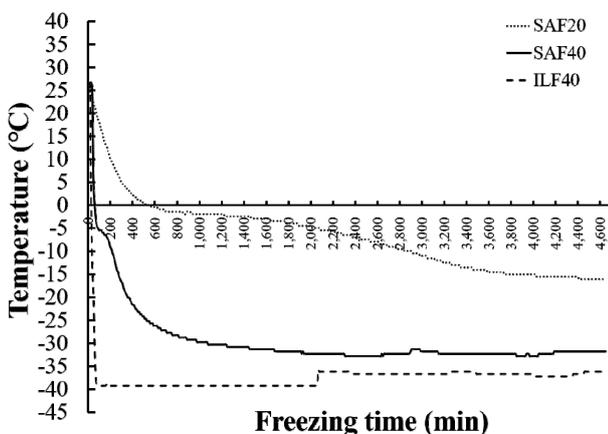


Fig. 1. Freezing curve of sliced garlic with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C .

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

냉동속도를 계산한 결과 SAF20이 $-0.0096^{\circ}\text{C}/\text{min}$, SAF40이 $-0.0522^{\circ}\text{C}/\text{min}$, ILF40이 $-0.8175^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 으로 나타나 최대빙결정생성대 통과순서와 동일하게 ILF40의 냉동속도가 SAF20에 비해 약 85배, SAF40에 비해 약 15배정도 빠른 것으로 나타났다. 식품의 동결방식은 동결과정 중에 최대빙결정생성대를 통과하는 시간에 따라 급속동결과 완만동결로 구분되고, 냉동 방식에 따라 얼음결정이 생성되는 기작이 다르며 이로 인해 식품의 영양상태, 세포파괴, 보존기간 등이 달라지게 된다(19). 또한 일반적으로 대부분의 식품은 동결속도가 빠른 급속동결법을 이용하는 것이 품질저하를 최소화 할 수 있는 것으로 알려져 있다(19). 본 연구에서도 동결속도가 가장 빨랐던 침지식 냉동을 적용했을 때 마늘의 영양소 및 세포의 파괴가 적게 일어나므로 품질을 가장 잘 유지했던 것으로 생각된다.

드립로스 측정

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 드립로스를 측정 한 결과는 Table 2와 같으며 저장기간 동안 SAF20은 0.80-2.53%, SAF40은 0.50-1.17%, ILF40은 0.00-0.23%로 나타나 ILF40에서 드립로스가 다른 냉동조건에 비해 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 동결방법에 따른 냉동 과일의 중량 감소측정 결과, 수박의 경우 각각 정지공기식 2.43%, 송풍식 1.12% 및 침지식 0.79%로 나타내어 침지식 냉동은 공기에 의한 동결방식보다 동결속도가 빠르므로 과일류의 동결에 의한 중량 감소율이 0.44-1.38%수준으로 가장 적게 나타났다고 한 보고(20)와 일치하였다. 또한 아스파라거스 줄기를 송풍식과 극저온 냉동을 한 결과, 송풍식 냉동보다 극저온 냉동 시 중량과 드립로스가 유의적으

Table 2. Changes in drip loss of sliced garlic with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C

(unit: %)

Storage period (day)	Freezing conditions ¹⁾		
	SAF20	SAF40	ILF40
15	0.80 \pm 0.10 ^{a2D3)}	0.60 \pm 0.26 ^c	0.08 \pm 0.04 ^{bB}
30	1.33 \pm 0.23 ^{aBCD}	0.50 \pm 0.17 ^{bC}	0.00 \pm 0.00 ^c
60	1.50 \pm 0.50 ^{aBC}	1.10 \pm 0.30 ^{aAB}	0.00 \pm 0.00 ^{bC}
90	2.53 \pm 0.46 ^{4A}	0.57 \pm 0.21 ^{bC}	0.00 \pm 0.00 ^{bC}
120	1.07 \pm 0.15 ^{aCD}	0.70 \pm 0.40 ^{aBC}	0.03 \pm 0.06 ^{bBC}
150	1.20 \pm 0.20 ^{aBCD}	0.57 \pm 0.06 ^{bC}	0.00 \pm 0.00 ^c
180	1.77 \pm 0.25 ^{aB}	1.17 \pm 0.23 ^a	0.23 \pm 0.06 ^a
210	1.03 \pm 0.40 ^{aCD}	0.47 \pm 0.21 ^{bC}	0.03 \pm 0.06 ^{bBC}

¹⁾SAF20; Still-air freezing at -20°C , SAF40; Still-air freezing at -40°C , ILF40; Immersed-liquid freezing at -40°C .

²⁾Means with different small letters in the freezing conditions are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

³⁾Means with different capital letters in the storage period are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Values are presented as means \pm SD (n=3).

로 낮았다는 보고(21)도 일치하였다. 드립로스는 냉동이나 저장 과정에서 발생하는 세포 손상의 정도에 따라 다르게 나타나는데, 냉동속도가 빠를수록 크기가 작은 얼음 결정이 많이 생기게 되고, 반면에 냉동속도가 느릴수록 적은 수의 큰 얼음결정이 생겨 세포벽의 파괴 정도에 영향을 크게 미쳐 드립로스가 증가하게 된다(22,23). 또한 드립의 발생은 중량 감소와 영양분 손실을 일으켜 품질을 저하시키는 원인이 된다(24). 본 연구에서도 냉동속도가 $-0.8175^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 로 가장 빨랐던 침지식 냉동에서 마늘의 세포 손상정도가 적어 드립발생이 가장 낮았던 것으로 판단된다.

냉동저장기간에 따른 편마늘의 드립로스변화는 모든 냉동조건에서 유의적인 차이가 있었고($p<0.05$), SAF20에서 90일에는 2.53%로 급격하게 증가 후 120일에는 1.07%로 감소하다가 다시 180일까지 1.77%로 증가한 후에 210일에는 1.03%로 감소하였으며, SAF40 역시 증감을 반복하며 최소 0.47%, 최대 1.17%의 드립로스를 보였으나 SAF20에 비하면 드립로스변화가 적었다. 한편 ILF40은 저장 180일에는 0.23%의 최대값을 보였으나 210일에는 0.03%로 다시 감소하는 등 저장기간 동안 드립로스의 변화가 적어 다른 냉동조건 대비 일정하게 유지되는 것을 확인하였다. Shin 등(9)은 마늘을 -18°C 와 -40°C 에서 냉동저장한 후 드립로스변화를 측정된 결과, -18°C 처리구의 경우 저장 6개월까지 0.2%에서 9개월부터 0.7%였고 -40°C 처리구의 경우 저장기간 증가와 함께 완만하게 증가하여 저장 16개월 후에는 약 0.4%의 드립로스가 발생하였다는 결과와 유사하였다. 따라서 본 연구에서는 ILF40 냉동이 완만냉동보다 마늘의 세포파괴가 적어 최대 0.23%의 낮은 드립로스가 발생함을 확인하였고 이를 통해 침지식 냉동이 마늘의 중량감소와 영양분 손실을 최소화 할 수 있는 효과적인 냉동방법이라 판단된다.

색도측정

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 색도변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 냉동조건에 따른 편마늘의 L(명도) 값은 냉동저장 60, 90, 120 및 180일에는 SAF40과 ILF40은 SAF20보다 유의적으로 높았고, a(적색도) 값은 냉동저장 30, 60, 120일에는 SAF20에서 가장 유의적으로 높았으며 b(황색도) 값은 냉동저장 15, 60일에는 ILF40이 가장 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($p<0.05$). 대조구와의 색도변화를 나타내는 ΔE 값은 SAF40이 냉동저장 90, 120, 150 및 180일에는 각각 21.42, 21.97, 22.32 및 20.85으로 가장 낮아 다른 냉동조건에 비해 색도변화가 적음을 확인하였다. 결론적으로 신선마늘에 비해 색도변화가 적은 냉동조건은 SAF20에 비해 냉동속도가 빨랐던 SAF40과 ILF40임을 확인할 수 있었다. 이는 냉동속도가 증가함에 따라 식품 세포조직의 파괴가 적어 색소성분의 유출이 적게 나타났기 때문인 것으로 판단된다(25).

냉동저장기간에 따른 편마늘의 색도변화는 신선마늘의 L, a 및 b 값인 72.90, -2.42 및 15.10에서 모든 냉동조건에서 15일간 냉동 후 해동 시 L 값은 감소, a 값은 증가 및 b 값은 약간 증가하는 것으로 나타났다. 냉동저장 210일 동안 L, a, b 및 ΔE 값 모두 SAF40과 ILF40에서는 큰 변화 없이 일정하게 유지되는 것으로 나타났으나 SAF20은 다른 냉동조건에 비해 냉동저장 90일까지는 색도값 변화가 컸고, 그 이후로는 일정하게 유지하는 것으로 나타났다. 즉, SAF20은 냉동 편마늘의 냉동저장 중 색도유지에는 부적합한 냉동조건이라 생각된다. 본 연구의 결과는 Ha 등(26)이 감자를 상온(20°C), 냉장(10°C) 및 냉동(-20°C)저장 시에 색도변화가 없었다는 결과와 유사하였다. 하지만 깎마늘 및 다진 마늘을 30일 간 냉장(2°C)과 냉동(-18°C)저장 시 저장온도에 관계없이 저장기간이 길어질수록 L 값은 감소하여 어둡게 변하고, a, b 값은 증가하여 적색도가 증가하고 갈변이 진행되었다는 보고(5)와 원료형태를 달리한 생강을 -5°C , -20°C 및 -70°C 에서 각각 4개월, 12개월 및 16개월간 냉동저장했을 때 L, a 및 b 값이 증가하였다는 보고(27)와는 차이가 있었다. 이는 Park 등(5)의 연구에서 사용한 마늘이 황색을 띄는 한지형인 반면 본 연구에서 사용한 마늘은 백색을 띄는 난지형이었던 점을 고려해 볼 때, 마늘의 냉동저장 중 한지형에 비해 난지형에서 갈색화 정도가 적었기 때문인 것으로 판단된다.

절단강도 측정

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 절단강도를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 냉동저장 중 ILF40이 2,254.17-2,812.01 g/cm^2 으로 가장 낮아 침지식 냉동을 적용할 경우 신선편마늘의 절단강도와 가장 유사한 것을 확인하였다($p<0.05$). 아스파라거스 줄기를 송풍식과 극저온 냉동 후 해동 시 shear force가 냉동방법에 따른 차이는 없었지만 극저온 냉동 시 냉동온도가 감소함에 따라 shear force가 감소했다고 보고(21)는 본 연구와 유사하였다. Lee 등(28)에 따르면 blanching조건을 달리한 대파를 -40°C 급속동결 후 해동 시 경도를 측정된 결과 무처리구와 blanching 처리구는 동결 전보다 동결 후의 경도가 감소했는데 이는 대파조직의 세포 간 응집력과 결합력이 약해지면서 조직의 유연성과 질긴 정도(toughness)는 증가하는 반면 뻣뻣한 정도(stiffness)와 아삭한 정도(crispiness)는 감소하기 때문이라고 보고하였다. 따라서 본 연구의 냉동마늘 해동 시 절단강도의 증가는 해동 시 발생하는 드립에 의한 수분제거로 세포조직의 질긴 정도가 증가됨으로써 절단 시 신선마늘에 비해 더욱 많은 힘이 필요했던 것으로 판단된다.

냉동저장기간에 따른 편마늘의 절단강도 변화는 신선마늘의 절단강도 1,805.56 g/cm^2 에서 15일 냉동 후 해동 시 SAF20, SAF40 및 ILF40에서 각각 2,842.12 g/cm^2 , 3,930.09 g/cm^2 및 2,328.57 g/cm^2 으로 절단강도가 증가하는 것으로

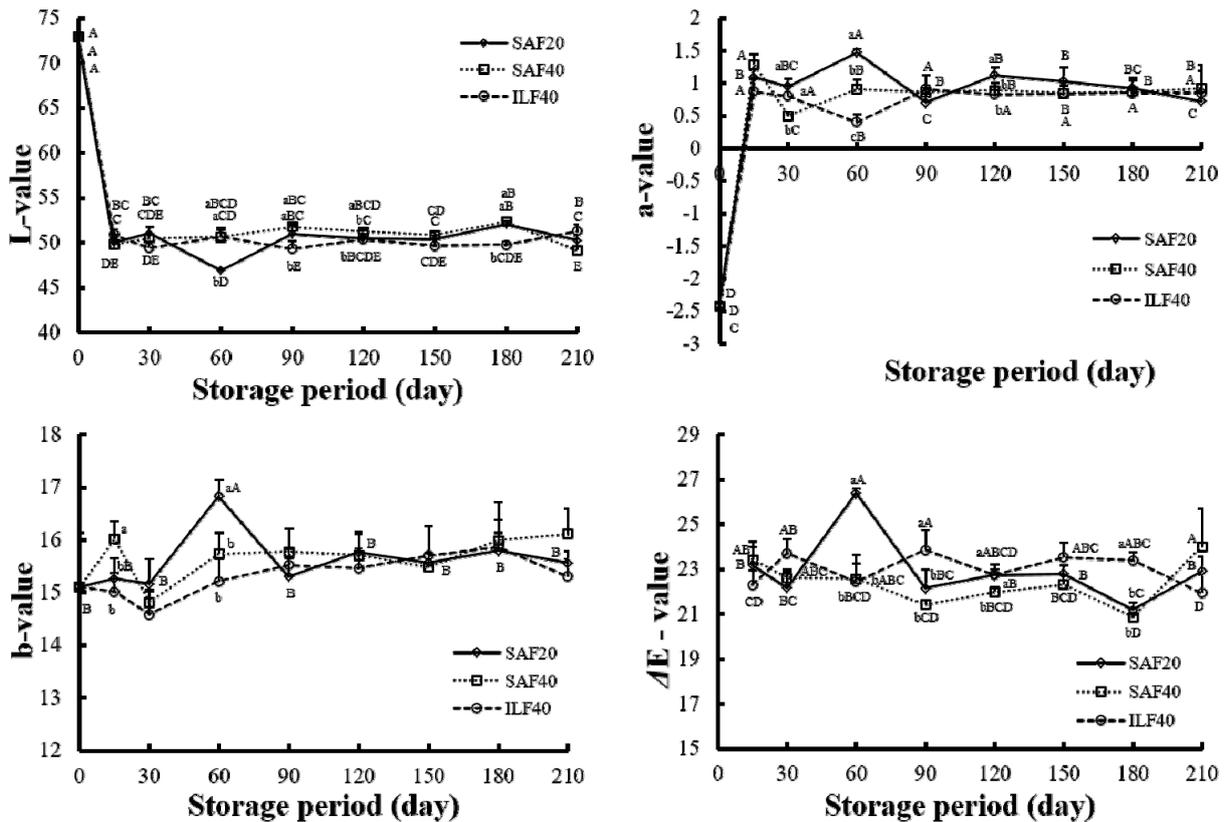


Fig. 2. Hunter's color value of sliced garlic with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C .

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

Means with different small letters in the freezing conditions are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Means with different capital letters in the storage period are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

나타났다($p < 0.05$). ILF40은 저장 30일에 $2,812.01\text{g}/\text{cm}^2$ 로 증가한 후 210일에는 $2,741.99\text{g}/\text{cm}^2$ 로 나타났고, SAF40은 저장 60일까지 $4,602.50\text{g}/\text{cm}^2$ 로 증가한 후 210일에는 $3,782.41\text{g}/\text{cm}^2$ 로 나타나 SAF40과 ILF40에서 냉동편마늘의 조직강도가 일정하게 유지되는 것으로 나타났다. 반면 SAF20은 저장 90일까지 $3,372.69\text{g}/\text{cm}^2$ 로 증가한 후 210일에는 $3,388.66\text{g}/\text{cm}^2$ 로 지속적으로 감소하여 냉동편마늘의 조직강도가 감소됨을 확인하였다. 이는 Park 등(5)이 냉장·냉동한 마늘의 경도가 저장기간에 따른 차이가 없었다고 보고와 -18°C 와 -40°C 에서 16개월간 저장한 마늘의 puncture force가 저장기간 동안 유의적인 변화가 없었다는 보고(9)와 유사한 결과였다. 보통 마늘은 크고 단단하고 매울수록 품질이 좋은 것으로 판단되기에 경도는 마늘의 상품성 평가하는데 있어 중요한 판단척도의 하나로 간주된다(5). 따라서 ILF40의 경우 신선마늘의 절단강도와 가장 유사했으며 저장기간 동안 초기수준을 그대로 유지했던 것이 확인된 바 ILF40이 신선 편마늘의 질감을 유지할 수 있는 가장 효과적인 냉동방법이라 판단된다.

일반세균 측정

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 일반세균수를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 냉동저장 중 ILF40에서 $2.36\text{--}5.15\text{ log CFU/g}$ 으로 가장 낮게 나타났으나 저장 90, 120일을 제외하고는 냉동조건에 따른 유의적인 차이는 없었다. Ray(29)에 따르면 냉동속도와 냉동온도는 얼음결정으로 미생물의 저해정도에 영향을 주는데, -78°C 또는 -196°C 의 급속냉동보다 -20°C 의 완만냉동에서 미생물 저해와 사멸정도가 더 큰 것으로 알려져 있다. 하지만 본 연구에서는 급속냉동인 ILF40일 경우 일반세균수가 가장 낮아 상반된 결과를 보였다. 이러한 상반된 결과는 냉동속도와 냉동온도에 따른 차이보다 냉동속도 별 해동 시 소요되는 시간차이에 따른 결과라고 판단된다. 즉, 실제 본 실험에서 냉동조건에 따른 해동시간을 측정된 예비실험 결과 SAF20은 2시간 10분, SAF40은 3시간 10분, ILF40은 1시간 15분으로 침지식 급속냉동인 ILF40에서 해동시간이 가장 짧아 해동시간이 상대적으로 길었던 완만냉동의 SAF20과 SAF40에 비해 해동 시 미생물 생육시간이 짧아 실제 세균수가 적게 측정되었던 것으로 생각된다. Park 등(23)은 냉동식품의 해동과정에서 미생물은 농축된 세포 외액에 노출될 뿐만 아니라 삼투압차에 의해 탈수됨으로써 일부가 치사되

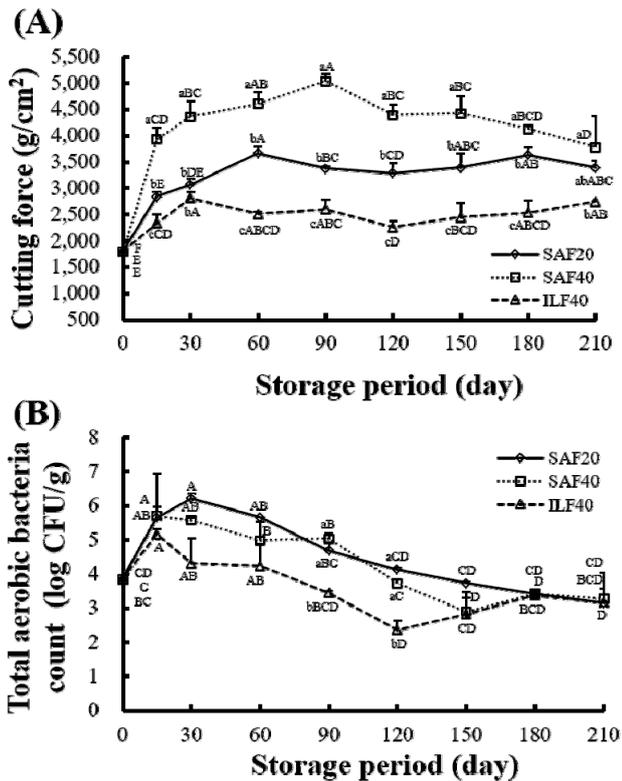


Fig. 3. Cutting force (A) and total aerobic bacteria counts (B) of sliced garlic with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C.

SAF20, still-air freezing at -20°C; SAF40, still-air freezing at -40°C; ILF40, immersed-liquid freezing at -40°C. Means with different small letters in the freezing conditions are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Means with different capital letters in the storage period are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

거나 세포손상이 발생하지만 외부에서 적당한 온도와 영양분이 제공되면 생육이 지속된다고 보고하였다.

냉동저장기간에 따른 편마늘의 일반세균수 변화는 신선마늘 3.84 log CFU/g에서 15일 냉동 후 SAF20, SAF40 및 ILF40에서 각각 5.65 log CFU/g, 5.70 log CFU/g 및 5.15 log CFU/g로 증가하였다($p < 0.05$). 그 후 SAF40과 ILF40은 210일에 각각 3.28, 3.16 log CFU/g으로 나타나 지속적으로 감소하였고, SAF20은 30일까지 6.20 log CFU/g으로 증가한 후 210일에 3.15 log CFU/g으로 나타나 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). Park 등(5)은 -18°C에서 냉동 저장한 깬 마늘의 일반세균 수가 저장기간 경과에 따라 서서히 감소하여 냉동저장이 미생물의 증식을 억제하는 경향을 보였다고 밝혀 본 연구와 같은 결과를 나타냈다. 또한 열처리 및 포장방법을 달리한 표고버섯을 -12°C 이하에서 4주 이상 냉동저장 했을 때 버섯의 일반세균 수는 점차 감소하였고 이는 냉동조건에서 균이 증식할 수 없었기 때문이라고 보고하였다(30). 일반적으로 비가열 조리 식품의 일반 세균 수 적정 기준은 6 log CFU/g 이하이며, 식품에서 일반 세균 수가 6-7 log CFU/g일 때부터 초기 부패가

시작되는데(31) 본 연구에서는 냉동저장기간 동안 6 log CFU/g 이하의 수치를 보여 편마늘의 냉동저장 시 미생물학적 안전성을 확인할 수 있었다. 하지만 냉동과정 중 일반세균이나 호냉성균이 증식 가능성이 있기 때문에 식품 안전성 확보를 위해 미생물 생육을 억제시킬 수 있는 포장연구가 필요할 것으로 생각된다.

pH 및 유기산 측정

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 pH 및 유기산 함량 측정결과는 Fig. 4와 같다. pH의 경우 냉동저장 중 ILF40에서 6.24-6.66으로 가장 낮아 신선마늘과 유사한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 Jang 등(32)과 Kim 등(33)이 각각 양파와 복분자를 냉동속도와 조건에 따라 냉동 후 해동 시 pH를 측정된 결과 냉동속도 및 조건에 따른 pH차이는 없다고 한 결과와 차이가 있었다. 냉동저장기간에 따른 pH변화는 신선마늘 6.30에서 15일 냉동 후 SAF20, SAF40 및 ILF40에서 각각 6.78, 6.87 및 6.66으로 증가하였다($p < 0.05$). 이는 냉동속도에 따른 양파냉동 시 pH변화가 대조구 5.95에 비해 냉동 및 해동 시 6.26-6.32로 증가한다는 결과(32)와 유사한 것으로 나타났다. 한편 Larsen과 Poll(34)은 딸기를 -20°C 냉동 후 5°C에서 24시간 해동 시 냉동 전 산도와 유의적인 차이가 없다고 보고하였다. 냉동저장 15일 이후 SAF20은 저장 30일에 다시 6.81로 증가하였고 저장 120일까지 6.55로 감소한 후 210일에 6.52를 나타내며 일정했고, SAF40은 저장 150일까지 6.45, 저장 210일에 6.44를 나타내며 일정하게 유지됐다. ILF40은 저장 90일까지 6.29로 감소하다가 저장 210일에 6.24를 나타내며 일정하게 유지되었다. 즉 모든 냉동조건에서 저장 15일 후 pH가 증가한 후 저장 90-120일까지 감소한 후 210일까지는 일정하게 유지하는 것으로 나타났다. 생마늘로 흑마늘 제조 시 pH는 감소하고 산도는 증가한 것은 생마늘의 알린이 분해되어 생성된 피루브산에 의해 발생한 현상(35)으로 본 연구에서도 냉동저장 중 마늘 속 알린이 효소작용에 의해 분해되어 생성된 피루브산에 의해 해동 시 pH가 점차 감소하는 것이라고 생각된다. 보통 식품을 냉동에서 장기간 저장 시 식품의 노화, 효소 및 화학적 변패, 그리고 미생물 증식과 같은 변질작용의 속도를 지연시키지만 효소 시스템이 영하의 온도에서도 활성화되기 때문에 냉동채소의 이취, 변색 및 조직감 변형은 막을 수 없는 것으로 알려져 있다(36).

유기산 함량측정결과 citric acid, succinic acid, malic acid, fumaric acid가 검출되었고 냉동조건에 따라서 citric acid, succinic acid, fumaric acid 및 총유기산 함량이 ILF40에서 저장기간 동안 각각 687.06-781.10 mg%, 681.24-862.01 mg%, 2.37-4.74 mg% 및 1728.07-2268.47 mg%로 신선마늘과 가장 유사하여 침지식 냉동이 신선마늘의 유기산 함량유지에 효과적임을 확인하였다. 냉동저장기간에 따라서는 신선마늘의 citric acid, succinic acid, malic acid, fumaric acid

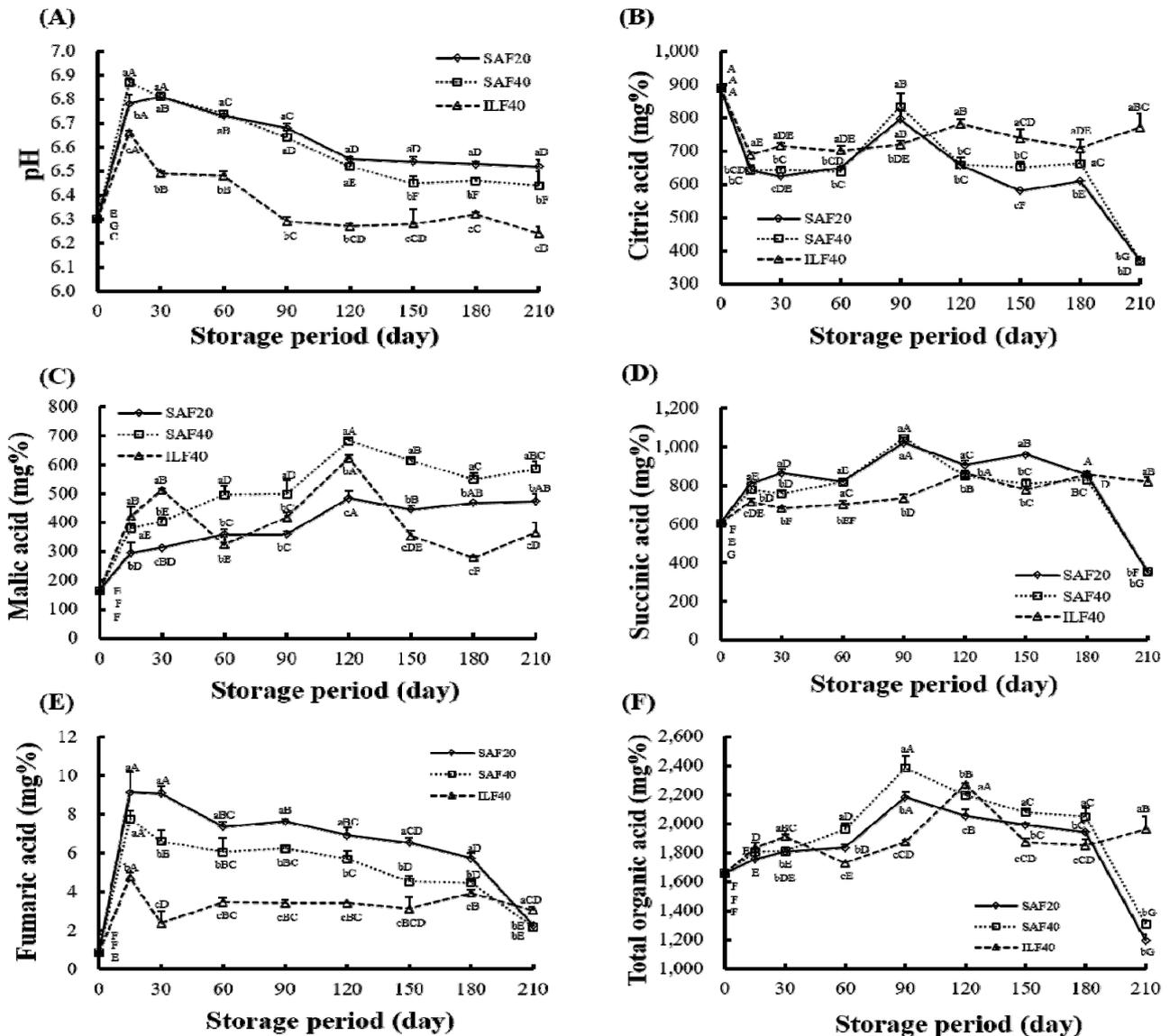


Fig. 4. pH (A), citric acid (B), malic acid (C), succinic acid (D), fumaric acid (E) and total organic acid (F) contents of sliced garlic with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C .

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

Means with different small letters in the freezing conditions are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Means with different capital letters in the storage period are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

및 총유기산 함량이 각각 888.94 mg%, 604.37 mg%, 164.65 mg%, 0.87 mg% 및 1,658.83 mg%에서 15일 냉동 후 모든 냉동조건에서 citric acid 함량은 감소, succinic acid, malic acid, fumaric acid 및 총유기산 함량은 증가하는 것으로 나타났다. 총유기산 함량의 경우 저장 15일 후 ILF40은 1,829.03 mg%에서 저장 210일에는 1,958.75 mg%로 일정하게 유지되는 반면 SAF20, SAF40은 저장 15일 후 각각 1,753.87 mg%, 1,805.80 mg%에서 저장 90일째 2,181.70 mg%, 2,383.07 mg%로 증가한 후 저장 210일에는 1,194.58 mg%, 1,308.66 mg%로 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 미루어볼 때, 정지공기식 냉동법인 SAF20과 SAF40에서는 냉동초기의 유기산 함량이 저장기간 동안 감소하는 반면 침지식 냉동인 ILF40에서는 일정하게 유지되는 것을 확인하였다. 이는 pH측정결과, ILF40이 신선마늘과 가장 유사한 pH로 저장기간 동안 일정한 수준을 유지했다는 결과와 동일하며 또한, 냉동저장기간 동안 모든 냉동조건에서 90-120일까지 총유기산 함량의 증가는 pH감소로 나타난 것과 일치하는 것으로 나타났다.

피루브산 측정

냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 피루브산 함량을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 냉동조건에 따라서는 ILF40에서 저장기간 동안 8.11 ± 0.23 - 11.30 ± 0.3 $\mu\text{mole/g}$ 으로 가장 높게 나타났는데($p < 0.05$) 이는 Table 2의 드립로스 결과와 유사한 것으로, 드립로스가 많았던 SAF20과 SAF40이 드립로스가 적었던 ILF40에 비해 해동 시 유출된 수분손실에 의해 피루브산 함량이 감소했던 것으로 생각된다. 따라서 침지식 냉동이 완만냉동보다 신선마늘의 피루브산 함량을 잘 유지할 수 있는 방법임을 확인하였다.

냉동저장기간에 따른 편마늘의 피루브산 함량 변화는 신선마늘 41.57 $\mu\text{mole/g}$ 에서 15일 냉동 후 SAF20, SAF40 및 ILF40에서 각각 2.72 $\mu\text{mole/g}$, 3.42 $\mu\text{mole/g}$ 및 8.94 $\mu\text{mole/g}$ 으로 나타나 10배 이상 감소되었다. 그 이후로는 210일에 SAF20, SAF40 및 ILF40에서 각각 7.10 $\mu\text{mole/g}$, 7.60 $\mu\text{mole/g}$ 및 9.55 $\mu\text{mole/g}$ 로 나타나 SAF20과 SAF40은 유의

적으로 증가한 반면 ILF40은 초기함량을 일정하게 유지하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). Shin 등(9)에 따르면 마늘을 -18°C 및 -40°C 에서 각각 15, 16개월 저장했을 때 피루브산 함량이 저장초기 192.7 mg%에서 저장말기 각각 209.5 mg%, 192.1 mg%를 나타내어 마늘의 냉동저장 중 alliin의 분해는 거의 일어나지 않는다고 하였다. 한편 Park 등(5)은 다진마늘을 실온, 냉장 및 냉동저장 했을 때 피루브산 함량이 저장 전 463.87 $\mu\text{mole/g}$ 에서 실온저장 시 72시간에 193.89 $\mu\text{mole/g}$, 냉장저장 시 10일에 312.97 $\mu\text{mole/g}$ 으로 현저히 감소하였고, 냉동저장 시에는 30일까지 완만하게 감소한다고 하였다.

마늘의 향미는 마늘세포의 물리적 손상에 의해 향미 전구체인 S-alk(en)yl-L-cysteine sulphoxide가 alliinase 효소에 의한 빠른 분해과정으로 생성되는 피루브산, 암모니아, 다양한 휘발성 및 비휘발성 황화합물에 의해 생성된다(37). 따라서 마늘의 품질지표로서 피루브산 및 암모니아를 측정하고 있으며 특히 피루브산 함량은 마늘, 양파의 풍미성분과 매우 높은 상관관계를 보이므로 allium속 식물의 풍미성분을 측정하는 간접적으로 많이 이용되고 있다(38). 따라서 본 연구를 통해 냉동저장 중 마늘의 풍미성분을 가장 잘 유지할 수 있는 냉동조건은 침지식 냉동임을 확인하였다. 또한 냉동 편마늘의 상품성을 검토하기 위해서는 Shin 등(9)의 연구와 같이 저장기간을 1년 이상 설정하는 것이 바람직하기에 추후 1년 이상 냉동기간을 설정한 냉동 편마늘의 품질특성연구가 필요할 것으로 판단된다.

알리신

알리신은 마늘의 조직이 파괴될 때 마늘에 함유되어 있는 함황아미노산의 일종인 alliin이 allinase 효소의 촉매작용에 의해 분해될 때 피루브산과 함께 생성되는 매우 불안정한 화합물로서 피루브산과 서로 작용하여 저급 황화합물과 카보닐 화합물을 생성하는 자극적인 매운맛 성분으로 알려져 있다(39). 냉동조건에 따른 편마늘의 냉동저장 중 알리신 함량을 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 냉동조건에 따라서는 저장 중 ILF40에서 63.69 ± 3.34 - 104.50 ± 0.92 mg%으로 다른 냉동조건 대비 알리신 함량이 높은 것으로 나타났는데($p < 0.05$) 이는 피루브산 함량과 같은 결과로서 Table 2에서 알 수 있듯이 급속냉동에 비해 드립로스가 많았던 완만냉동의 경우 수분손실에 의해 알리신 함량감소가 된 것이라 생각된다.

냉동저장기간에 따른 편마늘의 알리신 함량변화는 신선마늘 430.19 mg%에서 15일 냉동 후 SAF20, SAF40 및 ILF40에서 각각 73.29 mg%, 92.66 mg% 및 99.05 mg%로 나타나 4-5배 가량 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이후 210일까지 SAF20, SAF40 및 ILF40 각각 63.40 mg%, 69.19 mg% 및 82.81 mg%를 나타내어 모든 냉동조건에서 약간 감소하였지만 큰 변화 없이 일정하게 유지하였고 이는

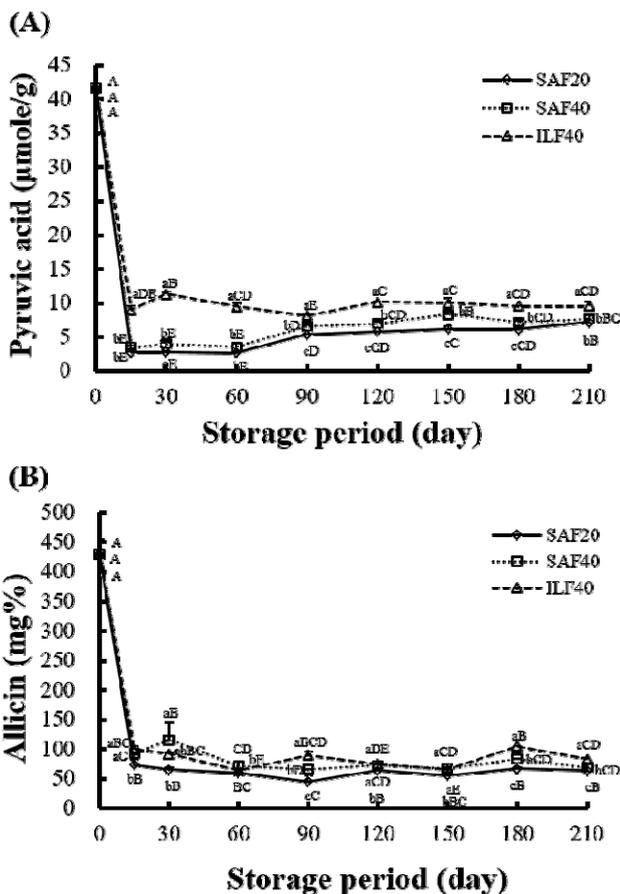


Fig. 5. Pyruvic acid (A) and alliin (B) contents of sliced garlic with different freezing conditions during storage for 7 months at -20°C .

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

Means with different small letters in the freezing conditions are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Means with different capital letters in the storage period are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

피루브산 함량변화와 동일하였다. Rejano 등(40)에 따르면 젓산과 초산 혼합물에서 침지한 피클마늘을 실온에서 저장했을 때 4개월 이후 알리신이 검출되지 않았다고 보고하였고, Kim(41)은 2% 소금을 포함한 2% 젓산용액에 침지한 마늘장아찌를 20℃에서 60일간 숙성시켰을 때 저장기간 동안 알리신 함량이 지속적으로 감소하여 60일 이후 검출되지 않았다고 보고하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 비록 본 연구에서는 저장초기 냉해동 후 마늘의 알리신 함량이 신선마늘에 비해 상당량 감소하였지만 저장기간 동안 동일한 수준으로 일정하게 유지되기에 마늘의 향미성분을 장기간 안정적으로 보존하기 위해서는 Rejano 등(40)과 Kim(41)의 연구와 동일한 결과로 저장 중 알리신 함량이 지속적으로 감소하여 검출되지 않는 수준까지 도달하는 가공방법인 피클과 장아찌 처리보다는 냉동방법이 더 효과적일 것이라고 생각된다. 편마늘의 냉해동 후 매운맛 품질 지표가 되는 알리신 및 피루브산 함량감소를 최소화 하며 냉동저장기간 동안 초기함량을 유지할 수 있는 냉동조건은 침지식 냉동임을 확인하였고, 냉동 편마늘을 침지식 냉동으로 7개월간 냉동저장 시 저장초기의 품질수준을 일정하게 유지할 수 있음을 확인하였다.

요 약

본 연구는 냉동 편마늘의 냉동 조건과 냉동 저장기간에 따른 품질특성변화를 분석하였다. -20℃ 완만냉동(SAF20), -40℃ 완만냉동(SAF40) 및 -40℃ 침지식 냉동(ILF40)으로 마늘을 동결한 후 -20℃에서 7개월간 저장하면서 이화학적 및 미생물학적 특성을 분석하였다. 냉동곡선결과 최대빙결 정생성대를 통과한 시간이 SAF20은 1,600분, SAF40은 40분, ILF40은 10분 이내로 나타나 ILF40의 냉동속도가 가장 빨랐다. 드립로스 역시 ILF40에서 저장기간 동안 최소 0.00%, 최대 0.23%를 나타내어 다른 냉동조건에 비해 가장 낮게 나타났고(p<0.05) 저장기간 동안 일정한 수준으로 유지되었다. 모든 냉동조건에서 15일 냉동 후 해동 시 신선마늘 대비 L 값은 감소, a 값은 증가, b 값은 변화가 없었으며 색차값의 변화는 SAF40에서 가장 작게 나타난 반면 SAF20에서 크게 나타났다. 절단강도는 모든 냉동조건에서 15일 냉동 후 해동 시 신선마늘 대비 증가하였고(p<0.05) ILF40에서 신선마늘의 절단강도와 가장 유사했으며 저장기간 동안 일정한 수준으로 유지되었다. 일반세균은 모든 냉동조건에서 15일 냉동 후 해동 시 신선마늘 대비 증가하였지만(p<0.05) ILF40에서 일반세균수가 가장 적었으며 저장기간 동안 모든 냉동조건에서 감소하였다(p<0.05). pH는 모든 냉동조건에서 15일 냉동 후 해동 시 신선마늘 대비 증가하였고(p<0.05) ILF40에서 신선마늘과 가장 유사하였으며 저

장기간 동안 모든 냉동조건에서 감소하는 것으로 나타났다(p<0.05). 총 유기산 함량은 모든 냉동조건에서 15일 냉동 후 해동 시 신선마늘 대비 증가하였으며(p<0.05) 저장기간 동안 ILF40에서 다른 냉동조건 대비 함량변화가 일정했다. 피루브산과 알리신 함량은 모든 냉동조건에서 15일 냉동 후 해동 시 신선마늘 대비 급격히 감소하였지만(p<0.05) ILF40에서 그 함량이 가장 높았으며 저장기간 동안 모든 냉동조건에서 큰 변화 없이 일정했다. 이상의 결과 냉동 편마늘의 품질변화에 영향을 주는 요인은 냉동저장기간보다 냉동조건임을 확인하였고 신선마늘의 품질을 장기간 안정하게 유지할 수 있는 냉동방법으로 침지식 냉동이 가장 효과적일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다사업(과제번호: PJ101083602)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

References

1. Jang EK, Seo JH, Lee SP (2008) Physiological activity and antioxidative effects of aged black garlic (*Allium sativum* L.) extract. Korean J Food Sci Technol, 40, 443-448
2. 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, 111-117
3. Choi SC, Baek JS (2016) Garlic yields estimation using climate data. J Korean data Inf Sci Soc, 27, 969-977
4. Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry. http://www.ipet.re.kr/Material/StudyLV.asp?Cate=&STAN_YR=&qtype=KOR_PJT_NM&query=%EB%A7%88%EB%8A%98%EC%9D%84+%EC%9D%B4%EC%9A%A9%ED%95%9C. (accessed July 2017)
5. 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, 994-1001
6. Jeon GC (2002) Trends in frozen food industry in Korea. The meat J, 25, 36-43
7. Hwang TY, Sohn KH, Lim JH, Moon KD (2010) Antibrowning effect of Licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extracts on chopped garlic. Korean J Food Preserve, 17, 160-164

8. Lee YJ (2016) Trends and perspectives in distribution of frozen food. Korean J air-cond refrig eng, 45, 26-33
9. Shin DB, Lee YC, Kim JH (2000) Changes in quality of garlic during frozen storage. Korean J Food Sci Technol, 32, 102-110
10. Park JW, Kim JS, Park SH, Choi DS, Choi SR, Kim YH, Lee SJ, Kim HY (2015) Effects of various thawing conditions on the quality characteristics of frozen garlic. J East Asian Soc Dietary Life, 25, 893-901
11. Lee HG, Jo YH, Kwon JH (2016) Cold pasteurization of frozen crushed garlics using electron beam irradiation and the stability of bioactive components. Korean J Food Sci Technol, 48, 9-14
12. Kim HY, Ahn JJ, Kim GR, Jeong JH, Park KH, Kwon JH (2013) Identification of pre-pasteurization or pre-irradiation treatment in frozen crushed garlic commercially available in Korean market. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 1673-1681
13. Han GJ (2016) Technology for freezing, storage and utilization of garlic and welsh onion as frozen food materials. Final report of NAAS, PJ009975
14. Yoon SE (2015) Effects of freezing rate and terminal freezing temperature on frozen croissant dough. MS Thesis, Seoul National University, Korea, p 10
15. 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, 301-304
16. Jeong H, Lee SH, Yun HS, Choi SR (2013) Changes in allicin contents of garlic via light irradiation. Korean J Food Preserv, 20, 81-87
17. Rybak ME, Calvey EM, Harnly JM (2004) Quantitative determination of allicin in garlic: supercritical fluid extraction and standard addition of alliin. J Agric Food Chem, 52, 682-687
18. Hwang CR, Joung EM, Lee SH, Hwang IG, Kim YB, Jeong JH, Lee JS, 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, 911-916
19. Ban CJ, Choi YJ (2012) Innovative techniques and trends in freezing technology of bakery products. Food Science and Industry, 45, 9-15
20. Jeong JW, Jeong SW, Park KJ (2003) Changes in internal pressure of frozen fruits by freezing methods. Korean J Food Preserv, 10, 459-465
21. Kidmose U, Kaack K (1999) Changes in texture and nutritional quality of green asparagus spears (*Asparagus officinalis* L.) during microwave blanching and cryogenic freezing. Acta Agric Scand Sect B, 49, 110-116
22. Yang JH, Park SH, Yoo JH, Lim HS, Jo JS, Hwang SY (2003) Effects of freezing methods for Kimchi storage stability on physical properties of Chinese cabbage. Korean J Food Culture, 18, 105-110
23. Park MH, Kwon JE, Kim SR, Won JH, Ji JY, Hwang IK, Kim MR (2012) Physicochemical and microbiological properties of pork by various thawing methods. J East Asian Soc Dietary Life, 22, 298-304
24. Kwon DJ, Kim MH, Lee NH, Kwon OJ, Son DH, Choi UK (2006) Quality characteristics of frozen Maesil (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) according to thawing method. Korean J Food Culture, 21, 426-432
25. 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, 241-248
26. 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, 663-668
27. Kim DH (2004) Optimum conditions for frozen storage of ginger and quality changes in minced ginger during storage. Ph D Thesis, Chungang University, Korea, p 18-19
28. 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, 426-431
29. Ray B (2008) Fundamental food microbiology. 3rd ed, CRC Press, Washington DC, USA, p 470
30. Seo JH, Kim KI, 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, 350-358
31. Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'Neill K, McDowell J, Post LS, Boderck M (1990) Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. Food Technol, 44, 68-73
32. 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, 1055-1061

33. Kim JE, Jo HJ, Yu MJ, Song KB, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, Han GJ, Park JT (2014) Freeze-thawing conditions to produce high quality *Bokbunja* (*Rubus occidentalis*). Korean J Food Sci Technol, 46, 710-715
34. Larsen M, Poll L (1995) Changes in the composition of aromatic compounds and other quality parameters of strawberries during freezing and thawing. Z Lebensm Unters F A, 201, 275-277
35. You BR, Kim HR, Kim MJ, Kim MR (2011) Comparison of the quality characteristics and antioxidant activities of the commercial black garlic and lab-prepared fermented and aged black garlic. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 366-371
36. Bahceci KS, Serpen A, Gökmen V, Acar J (2005) Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: changes of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. J Food Eng, 66, 187-192
37. Abedi M, Biat F, Nosrati AE (2013) Evaluation of agronomical traits and pyruvic acid content in Hamedan garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. Euro J exp biol, 3, 541-544
38. Nahmgung B, Jeong MC, Kim DC, Kim BS, Lee SE (1995) Quality changes and freshness prolongation of garlic by predrying treatments. Agric Chem Biotechnol, 38, 334-339
39. Hyun SH, Kim MB, Lim SB (2008) Physiological activities of garlic extracts from Daejeong Jeju and major cultivating areas in Korea. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 1542-1547
40. Rejano L, Sanchez AH, De Castro A, Montano A (1997) Chemical characteristics and storage stability of pickled garlic prepared using different processes. J Food Sci, 62, 1120-1123
41. Kim MR, Yun JH, Sok DE (1994) Correlation between pungency and allicin content of pickled garlic during aging. J Korean Soc Food Nutr, 23, 805-810