

홍고추의 저장온도 및 해동조건에 따른 물리화학적 특성 변화

이혜은[†] · 임채일 · 도경란
원예연구소

Changes of Characteristics in Red Pepper by Various Freezing and Thawing Methods

Hye-Eun Lee[†], Chai-Il Lim and Kyung-Ran Do
National Horticultural Research Institute, Suwon 440-706, Korea

Abstract

The development of an effective long-term storage protocol for harvested fresh pepper is urgently required to increase the market for pepper products. The protocol must minimize quality loss, so that the product may be used either as a spice or as a raw material for processed pepper products, both in the home and in food processing plants. We investigated the optimum size of pepper fruits, freezing temperatures, storage periods, and thawing methods, to establish an optimum storage protocol. This study was conducted not only to develop freezing and thawing methods for long term storage of harvested red pepper, but also to develop processed pepper products utilizing the stored pepper. We aimed to expand the pepper products market and to increase the incomes of pepper growers. Whole red pepper, sliced red pepper, and crushed red pepper were frozen and stored at -5°C , -20°C , or -40°C . The soluble solid content and the vitamin C level showed maximal stability at -40°C , although total free sugars decreased on storage at all temperatures tested. Such changes were more marked at -5°C than at the other (lower) temperatures tested. The vitamin C content of whole red pepper was higher than that of sliced red pepper or crushed red pepper. Room-temperature thawing resulted in twice the drip loss seen on low temperature (5°C) thawing or microwave oven thawing. Brown discoloration was a serious problem with room temperature thawing. Total free sugars were higher in samples thawed at low temperature or in the microwave oven, compared to the level seen after room-temperature thawing. Pepper samples thawed at low temperature scored higher in sensory tests than samples thawed at room temperature.

Key words : red pepper, freezing, thawing, drip loss, quality

서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과(*Solanacea*)에 속하는 다년생 초본식물로 원산지는 남아메리카이며 열대에서 온대지방에 걸쳐 널리 재배되고 있으며, 우리나라의 대표적인 양념채소로서 전체 채소 생산액의 30%를 차지한다(1). 일반적으로 고추는 수확 후 저장·유통 과정에서의 연화, 건조, 병해 등에 대한 품질저하가 문제시되고 있어 대부분 햇빛에 글바로 건조하거나 열풍건조기를 이용하여 고춧가루의 상태로 사용되고 있다(2). 저장성이 약하여 연

중수급이 어려웠던 생홍고추를 냉동 저장함으로써 원료고추의 건조비용이 필요없게 되어 생산원가가 절감되고 건조 과정에서 발생하는 탈색, 변색 및 매운맛의 손실 등을 최소화할 수 있다(3). 또한 건조과정을 거치지 않고 바로 냉동 저장함으로써 에너지 절감 효과도 기대할 수 있다. 최근 일본 등 선진국에서 최근 냉동채소의 수요가 증가하고 있으며, 국내에서도 점차 증가할 것으로 예상되고 있다.

지금까지 수확한 고추는 가정에서 햇볕에 말리거나 화력으로 건조한 고추가 저장 유통되고 필요시에 분쇄하여 사용하는 관습이었으며, 근래에는 생산된 고추의 대부분은 건조과정을 거친 다음 다시 세척하여 분쇄하기 때문에 그 가공비용이 많이 소요된다. 그러나 천일건조는 건조기간이 길고 기후의 영향을 받아 변패되기 쉬우며, 화력건조는 부

[†]Corresponding author. E-mail : helee@rda.go.kr,
Phone : 82-31-240-3661, Fax : 82-31-240-3670

적절한 처리나 온도 때문에 색상을 비롯한 제품의 손상이 많아 이같은 문제점을 보완할 수 있는 적절한 처리와 저장법이 요구된다(4). 따라서 건조과정을 거치지 않은 생고추를 직접 마쇄하여 냉동 저장한다면 건조와 분쇄공정이 생략되고 폐기율도 적어서 경제적인 절감과 생산된 고추의 이용을 극대화시킬 수 있을 것이다. 또한 현재 고추 품종의 육종이 내병성이나 생력화를 목표로 실시하고 과피의 두께는 건조편의성이나 건조 후의 형태를 고려하여 제한하고 있는 실정이다(5). 만일 두께가 2배가 되도록 육성하면 생산량이 2배가 될 것이고 농가소득은 획기적으로 늘어날 뿐만 아니라 고추를 건조하지 않고 마쇄 저장한다면 종래의 고추 유통체계가 완전히 바뀌게 되고 고추에 색소를 쓰거나 무게를 나가게 납덩어리를 넣거나 그밖에 유통성의 변조 현상이 사라짐으로서 고추의 상품화 체계가 완전히 바뀌게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 고추를 건조하지 않고 세척, 마쇄 냉동 저장하여 김치 등에 이용할 수 있도록 하기 위하여 홍고추를 세척한 후 마쇄 처리하여 냉동 저장하는 방법을 확립함으로써 고추의 생산증진과 활용극대화를 위한 방법을 확립하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험은 충북 음성에서 2004년 9월 10일 수확한 홍고추 '왕대박'를 구입하여 공시재료로 사용하였다. 선별과정을 거친 홍고추는 물세척한 후 물기를 제거하여 원료 형태별로 원형 고추는 꼭지만 제거하고, 세절 고추는 소독된 가위로 두께 0.3 mm가 되도록 잘게 자르고, 분쇄 고추는 믹서기로 갈아서 각각 실험에 사용하였다.

냉동 및 해동처리

원료형태별(원형, 세절, 분쇄)로 처리된 고추는 각각 100 g씩 가로 21 cm, 세로 15 cm, 두께 0.05 mm 크기의 LDPE 필름으로 소포장하여 -5°C, -20°C, -40°C 저장고에 각각 1년간 저장하면서 품질 및 적정 저장가능일수를 설정하였다. 저장 후 품질변화는 한달 간격으로 색도(CR-300, Minolta), 유리당, 비타민 C 등을 분석하였다.

냉동 고추의 적정 해동방법을 설정하기 위해 100 g씩 소포장한 세절상태의 홍고추를 -20°C에서 3일간 저장하여 시험재료로 사용하였다. 해동조건은 중심부의 온도가 5°C에 도달하였을 때 해동이 완료되었다고 설정하여, 각각 냉장해동(5°C), 실온해동(25°C), 고온해동(60°C), microwave oven 해동으로 처리하였다. 그리고 각 처리간의 해동시간, 드립로스양(drip loss), 가용성 고형물 및 캡사이신 함량 등을 조사하였다.

색도 및 가용성 고형물 함량 측정

색도는 Chroma meter(CR-300, Minolta Corp., Japan)를 사용하여 Hunter scale에 의한 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값으로 나타내어 Hue angle[Hue=tan⁻¹(b/a)]로 변환하였다. Standard plate는 백색판(white calibration tile)을 사용하였고 그의 L, a, b 값은 98.36, 0.13, -0.48이었으며 이 백색판을 기준으로 하여 각 시료의 색깔을 10회 반복 측정하고 그 평균치를 나타내었다. 가용성 고형물 함량은 시료를 마쇄한 후 그 액을 digital refractometer(Model PR-101, Atago Co., Japan)를 사용하여 측정하였다.

유리당, 비타민 C 및 캡사이신 분석

냉동과 해동조건에 따른 홍고추의 품질을 분석하기 위해 유리당의 전처리는 시료 5 g에 증류수 50 mL를 가하여 추출한 후 HPLC(SDV30plus, 영인과학)로 Sugar Pak-1 column을 사용하였으며, 이동상은 물을 0.5 mL/min의 속도로 조정하였다(6).

비타민 C 함량은 시료 200 g에 6% m-HPO₃ 첨가하여 마쇄시키고 15,000 rpm으로 20분간 원심분리(VS1500SM, 비전과학)하여 Sep-Pak C₁₈로 여과한 후에 injection하였다. 비타민 C 분석은 HPLC(M930 pump, M720 detector, 영인과학)을 이용하여 Adsorbosil C₁₈ 10U column을 사용하여 이동상은 1.5% NH₄H₂PO₄에 1.0 mL/min의 속도로 UV detector 254 nm에서 측정하여 환산하였다.

캡사이신 분석은 시료 2 g을 95% ethanol 15 mL로 2시간 마다 교환해주면서 세 번 추출해 얻은 상등액을 원심분리한 후 30배 희석하여 HPLC를 이용하여 분석하였다(7). Column은 C₁₈ Column(4.6×250 mm, Beckman Ultrasphere)을 사용하였고, 이동상은 acetonitrile : water (50:50)로 20분간 1.5 mL/min의 속도로 분석하였다.

Drip loss 측정

드립로스(drip loss)는 냉동고추 약 100 g을 취하여 비이커에 넣고 해동조건별로 해동하여 유출된 수분량을 구한 후 이를 해동전 시료 채취량에 대한 백분율(% w/w)로 나타내었다.

세포조직학적 변화

세포조직학적 변화를 관찰하기 위해 홍고추의 과피와 태좌 조직 절편을 채취하여 1차 고정액 2.5% glutaraldehyde에 넣은 즉시 모든 과정은 4°C에서 진행되었으며 1차 고정 90분간 처리, 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)로 15분 간격 4-5회 세척, 2차 고정 1% osmium tetroxide 90분간 처리, 위와 동일한 세척 과정 후 하룻밤을 침지시켰다. 탈수는 상온에서 40, 60, 80, 90 및 95% ethanol로 각각 5분씩, 100% ethanol로 5, 15, 15 및 30분간 처리로 이루어졌으며 propylene oxide로 치환 후, 최종적으로 epon에 포매

(embedding)하여 60℃의 오븐에서 4일간 중합시켰다. 중합된 epon block을 초미세절편기(Ultracut R, Leica Co, Austria)를 이용하여 1,500 nm의 두께로 시료를 절단하여 PAS(periodic acid schiff) 염색법으로 염색한 후 광학현미경(Axioskop 2, Carl Zeiss Co.)으로 검경하였다(8).

결과 및 고찰

저장온도에 따른 홍고추 품질변화

홍고추의 적정 냉동조건 및 저장가능일수를 설정하기 위해서 원료형태별 및 저장온도에 따른 품질특성을 조사하였다. 식품에 있어서 색은 맛과 향, 외관 등과 함께 소비자의

식품 평가기준으로서 결정적인 영향을 미치는 요소 중의 하나이다. 따라서 저장기간별 냉동저장온도 조건에 따른고추의 색도 변화를 Hunter's color value인 L(lightness), a(redness), b(yellowness)로 나타낸 값을 Fig. 1에 나타내었다.

온도조건에 따른 원료 형태별로 저장기간이 경과함에 따라 고추의 색도는 L값과 a값의 경우 저장 3개월부터 약간 감소하는 경향을 보였다. 저장 초기와 비교하여 L값은 33.29에서 30.56-28.11로 다소 감소하였으며, a값은 24.38에서 20.88-17.65까지, b값은 9.84에서 8.89-6.21까지 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 이는 -20℃에서 저장한 생강의 표면색도가 저장기간이 길어질수록 갈변도가 증가하여 외관색도가 급격히 저하됨을 보고한 결과와 일치하였다(9). 즉 고추의 표면 색도는 저장온도 조건에 따라 저장일수가 증가할수록 저장 초기와 비교하여 갈색화 경향을 나타냈으며, -40℃ 저장군에서 가장 안정적이었고, -5℃ 저장군이 -20℃, -40℃ 저장군보다 감소의 폭이 크게 나타났다. 또한 분쇄처리구가 원형 처리구나 세철처리구에 비해 보다 높은 갈색화를 나타내었다.

일반적으로 색질로 표현되는 $a \times L$ 값은 고추의 품질평가에 적당한 요소로 제안되는데, $a \times L$ 값이 500이상이면 외관적으로 적색으로 평가되며 300-500 사이는 중간적색, 300

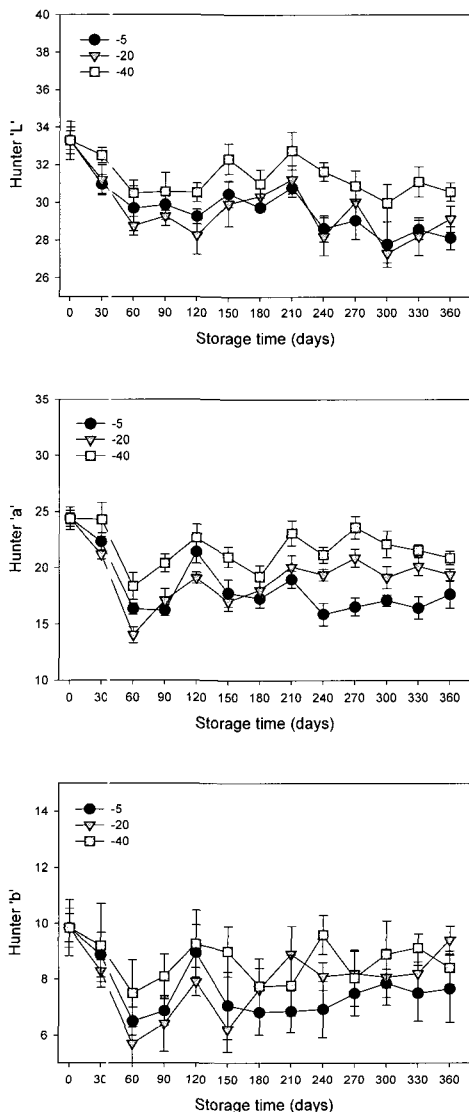


Fig. 1. Changes in color of the whole red pepper during storage at -5℃, -20℃, -40℃.

Values are means ± standard errors of ten independent experiment.

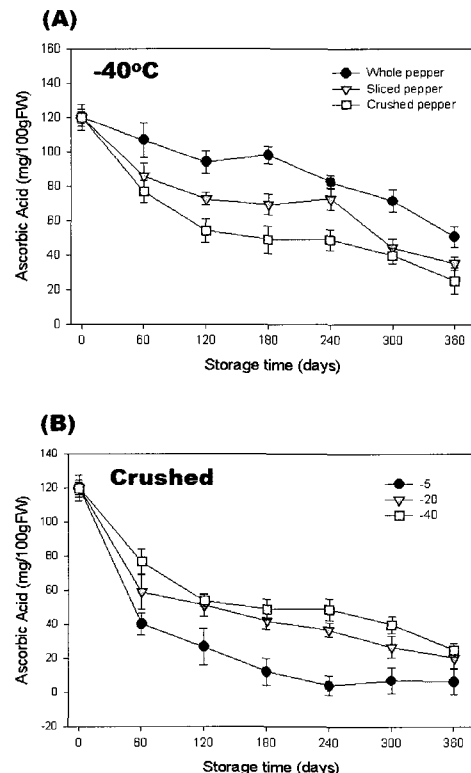


Fig. 2. Changes in ascorbic acid contents of the red pepper during frozen storage.

Values are means ± standard errors of five independent experiment.

이하이면 어두운 적색(dark)으로 평가된다(10). $a \times L$ 값이 700이상이면 매우 밝은 적색으로 표현되는데, 냉동 초기에는 811.61로 비교적 밝은 적색을 나타내다가 저장기간이 길어질수록 496.14로 점차적으로 중간 적색을 나타내었다.

일반적으로 채소와 과일에 함유된 영양성분 중에서 비타민 C가 가장 쉽게 파괴되므로 영양분 손실의 지표로 사용되는데, 본 실험에서는 비타민 C 함량은 저장온도와 원료형태에 따라 차이를 나타냈으며 저장온도가 낮을수록 변화폭이 적었고 원형처리구가 세절이나 분쇄처리구보다 높은 함량을 유지하였다. -40°C 저장군의 경우 12개월째 분쇄처리구의 비타민 C 함량이 24.98 mg/100 g로 원형 처리구에 비해 급격히 감소하였다. 또한 분쇄 처리구를 -5°C 저장한 경우에 저장 2개월째 급격하게 비타민 C 함량이 감소하여 50% 이하로 손실되는 반면 -40°C 저장군에서는 비교적 완만하게 감소하였다(Fig. 2).

고추에 포함되어 있는 유리당의 종류로는 fructose, glucose, sucrose, maltose 등이 있으나 fructose, glucose의 함량이 월등히 높은 것으로 보고되어 있으며(11), 일반적으로 고추의 맛은 매운맛과 단맛 및 다른 맛 성분과 혼합되어 나타난다. 그 중에서 환원당인 glucose와 fructose는 특히 고춧가루의 단맛에 관여하여 전반적인 기호도에 유의적인 상관관계를 가진다고 한다(12).

고추시료 중 유리당 함량의 변화를 보기 위하여 HPLC를 이용하여 glucose, fructose를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 원형, 세절, 분쇄 처리한 홍고추를 -5°C , -20°C , -40°C 에 저장하면서 초기, 1개월, 2개월, 3개월, 6개월, 12개월 후의 유리당의 변화를 측정하였다. 유리당 중 fructose와 glucose가 주된 유리당으로 나타났으며 sucrose와 maltose의 양이 극히 적은 양으로 존재하는 것으로 나타난 이전의 실험 결과(13)와는 다르게 sucrose는 미량 검출되거나 검출되지 않아 glucose와 fructose만 정량하였다.

고추의 저장온도 및 원료형태에 따른 glucose와 fructose 함량의 범위는 각각 1.5-32.8%, 1.3-38.0%이었다. glucose의 저장기간별 함량 변화는 원형고추의 경우 1.5-32.8%, 세절고추는 2.5-31.3%, 분쇄고추는 3.5-25.5%로 나타났고, 저장온도별로는 모두 저장기간이 지남에 따라 glucose의 함량이 저장 2개월까지 증가하는 경향을 보였다. 또한 -5°C , -20°C , -40°C 저장온도에서 분쇄고추 처리구의 유리당 함량의 변화가 원형, 세절고추 처리구보다 크게 나타났다. 한편 fructose의 경우 원형고추에서는 4.7-35.4%, 세절고추는 1.8-38.0%, 분쇄고추는 1.3-30.1%로 나타났다. fructose 함량도 glucose 함량변화와 마찬가지로 저장 2개월까지 증가하다가 저장 12개월까지 전체적으로 감소하는 경향을 나타내었다(Table 1). 이러한 결과는 Wong 등(14)이 키위 농축물의 모형계에서 키위 구성성분이 갈색화에 미치는 영향을 조사한 결과 유리당 함량은 서서히 감소한다는 보고된 내용과 일치하였다.

Table 1. Changes in free sugar contents of the whole red pepper, sliced red pepper, crushed red pepper during storage at -5°C , -20°C , -40°C

Storage time	Shape	Free sugar	Storage time (days)								
			0	30	60	90	180	240	300	360	
-5°C	Whole red pepper	glucose	18.7	25.6	30.7	25.1	14.4	8.1	6.8	6.3	
		fructose	20.5	30.2	34.3	25.7	14.6	9.4	9.2	8.3	
	Sliced red pepper	glucose	18.7	21.8	18.9	22.7	8.4	8.1	2.8	2.7	
		fructose	20.5	30.6	32.3	27.5	12.7	11.2	2.9	2.8	
	Crushed red pepper	glucose	18.7	22.3	21.0	21.5	8.9	6.0	5.5	4.0	
		fructose	20.5	29.8	27.5	26.0	13.3	8.2	8.0	6.1	
-20°C	Whole red pepper	glucose	18.7	32.8	27.6	24.9	10.0	7.3	8.4	9.2	
		fructose	20.5	35.4	29.7	24.8	10.9	8.2	9.5	10.5	
	Sliced red pepper	glucose	18.7	18.3	18.3	16.3	6.8	5.7	7.6	6.3	
		fructose	20.5	29.3	31.1	21.5	10.0	7.6	10.4	9.2	
	Crushed red pepper	glucose	18.7	22.8	19.3	20.5	7.6	7.2	8.0	6.3	
		fructose	20.5	30.1	25.3	24.0	9.6	9.7	9.8	7.9	
-40°C	Whole red pepper	glucose	18.7	23.6	29.8	22.1	10.5	9.5	9.2	9.3	
		fructose	20.5	26.2	32.0	22.2	11.6	10.4	10.0	10.4	
	Sliced red pepper	glucose	18.7	26.4	31.3	25.4	10.5	7.5	9.9	6.3	
		fructose	20.5	32.7	38.0	27.4	12.4	9.7	11.2	10.0	
	Crushed red pepper	glucose	18.7	25.2	25.5	21.6	10.6	6.9	9.3	7.3	
		fructose	20.5	29.2	29.5	28.3	12.4	8.3	11.1	8.5	

홍고추의 저장온도와 원료 형태에 따른 품질변화는 우선 원료형태에 따라 원형, 세절, 분쇄 형태에 따라 품질의 큰 차이를 보이지는 않지만 저장온도에 따라서는 -5°C 저장군 보다는 -20°C , -40°C 저장군에서 품질의 변화폭이 적어 장기 저장에 유리할 것으로 보여진다.

해동조건에 따른 홍고추 품질변화

식물성 식품은 동물성 식품에 비하여 유연성이 적기 때문에 냉동과정 및 저장 중 기계적 스트레스(mechanical stress)에 의해 세포가 쉽게 파괴되므로 조직의 변화 및 드립 로스가 더 크게 발생한다. 식품의 냉동저장 중 기계적 스트레스는 저장온도의 변화에 따른 얼음입자의 재결정이 주요 원인이며, 얼음입자의 재결정은 저장온도의 변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(15).

본 실험에서는 세절상태로 소포장하여 -20°C 에서 3일간 저장된 냉동 홍고추를 중심부 온도가 5°C 에 도달하였을 때 해동이 완료되었다고 기준을 설정하여 냉동 홍고추를 냉장해동(5°C), 실온해동(20°C), 고온해동(60°C), microwave oven 해동방법으로 처리한 결과, 해동시간은 냉장해동이 62분으로, 실온해동이 25분, 고온해동이 17분, microwave oven 해동이 4분 30초로 해동이 완료되었다(Fig. 3A). 또한 냉동고추를 해동할 때 조직으로부터 빠져나오는 물을 드립 로스(drip loss)라고 하는데, 이 드립로스량은 고온해동에서 가장 많이 누출되었고 냉장해동과 microwave oven 해동에서 비교적 적게 누출되었다(Fig. 3B). 비타민 C, 유리당의

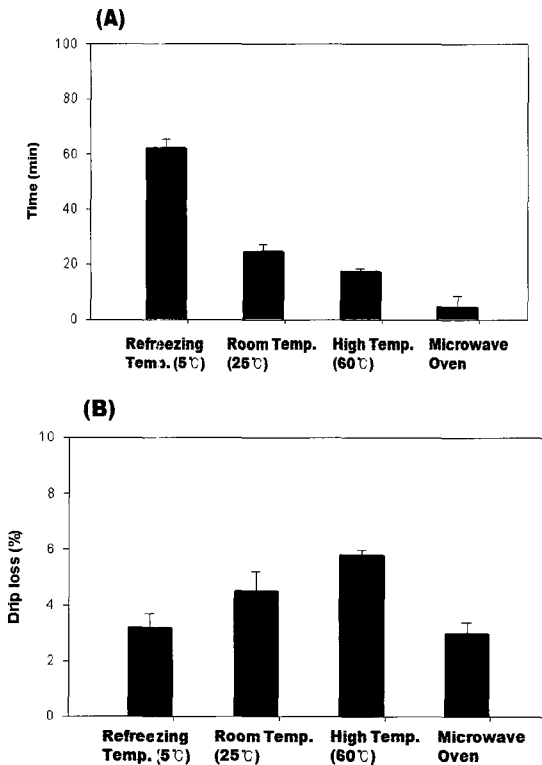


Fig. 3. Changes in rate of thawing (A) and drip loss (B) of sliced red pepper about thawing methods.

Significantly at P=0.01 level by DMRT.

분석에서도 냉장과 microwave oven 해동 시에 성분변화를 최소화하여 품질을 높게 유지시켰으며, 드립로스양이 많았던 고온해동에서 낮은 함량을 보였는데(data not shown), 이는 드립로스에 용해된 영양물질이 손실되었기 때문으로 여겨진다(16). 또한 해동방법에 따른 가용성 고형물 함량은 냉장해동에서 9.8로 비교적 높게 유지되었으며, 처리간 큰 차이를 볼 수 없었다(Fig. 4A). 고추의 매운맛 성분인 캡사이신 함량은 고온해동에서 14.9 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타냈으며, 냉장해동, 실온해동, microwave 해동에서는 약 21 mg/100 g 정도로 비슷한 함량을 나타내었다(Fig. 4B).

해동방법에 따른 고추의 표면색도의 경우 a값은 냉장해동, 실온해동, microwave oven 해동에 비해 고온해동에서 24.1로 낮은 값을 보였으며, L값의 경우도 다른 해동방법에 비해 고온해동에서 가장 낮게 나왔는데, 이는 고온에 의한 색소의 파괴현상으로 보여진다(Table 2). 일반적으로 냉동식품이 해동할 때 물리적·화학적·미생물적 변화가 발생하는데, 이로 인해 품질변화가 생기는 것은 확실하지만 해동이 단시간에 이루어지므로 해동 중에 생기는 품질의 파괴는 저장 중에 생기는 품질파괴보다 적다고 한다(16). 그러나 고온에 의해 해동시킬 경우 성분변화가 심하게 일어나므로 바람직한 해동방법이라고 결론지을 수 없다.

Table 2. Changes in Hunter's value of sliced red pepper about thawing methods

Methods of thawing	Color (Hunter's value)		
	L value	a value	b value
Refreezing Temp. (5°C)	29.3	28.8	12.4
Room Temp. (25°C)	28.6	29.2	12.0
High Temp. (60°C)	27.3	24.1	11.3
Microwave oven	28.5	28.7	12.2

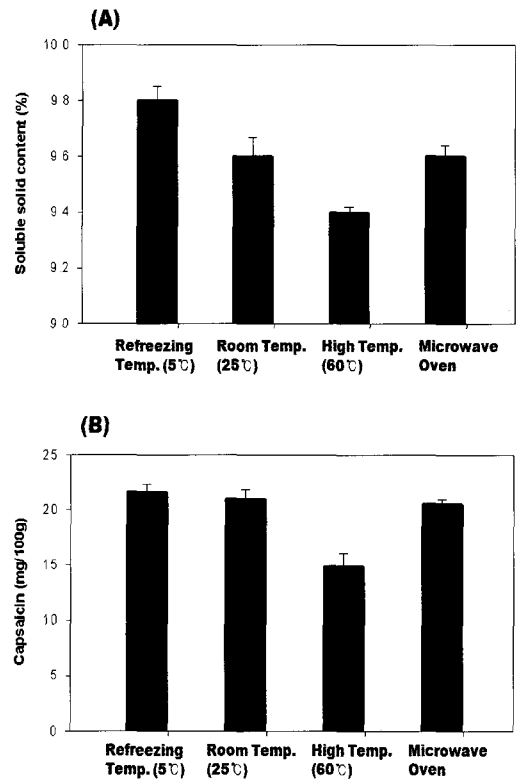


Fig. 4. Changes in soluble solid content (A) and capsaicin (B) of sliced red pepper about thawing methods.

Significantly at P=0.01 level by DMRT.

냉동 및 해동 처리별 세포조직학적 변화

일반적으로 식물조직의 현탁액을 서서히 냉동하면 얼음 입자가 거의 모두 세포 밖으로 형성된다고 알려져 있다. 식품을 냉동시켰을 때 생기는 물리적 변화로는 체적의 증가, 수분의 이동, 조직의 기계적 손상 등을 들 수 있다. 식품에 존재하는 수분이 얼음입자로 전환되면 용적이 팽창하게 된다(17).

냉동과 해동처리에 따른 홍고추의 세포조직을 관찰한 결과, 해동에 의해 고추 과피와 내과피의 경우 세포벽이 붕괴되었고 형태적인 변화와 성분상의 변화가 발생하였다. 또한 고추 태좌의 경우 해동 후 세포간의 간격이 줄어들었고 전분이 대조구에 비해 많이 생성되었는데(Fig. 5), 이는 저온 스트레스에 의해 발생된 것으로 여겨진다.

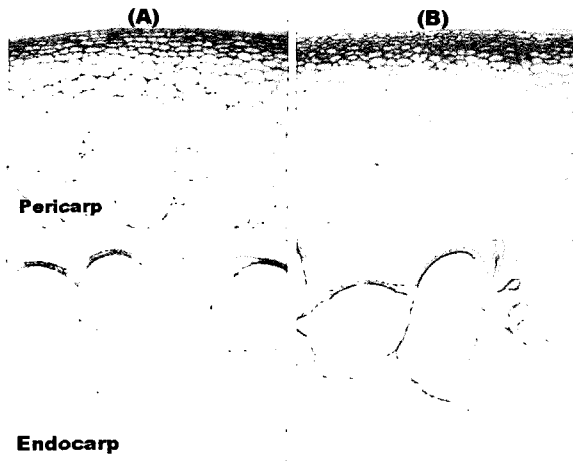


Fig. 5. Light microscope photographs(X100) of red pepper tissue at freezing (A) and thawing (B).

요 약

홍고추를 원료형태에 따라 원형, 세절, 분쇄로 제조하여 -5℃, -20℃ 및 -40℃ 저장고에 보관하였다. 고추의 표면색도는 저장온도 조건에 따라 저장일수가 증가할수록 약간 감소하는 경향을 보였으며, 비타민 C 함량은 원형 홍고추가 세절고추나 분쇄고추보다 저장기간 동안 완만하게 감소하는 경향을 보였다. 저장온도별로는 -40℃ 저장군에서 비타민 C 함량이 가장 높게 유지되었으며, -5℃ 저장군에서 저장 2개월째 50%이하로 급격히 감소하였다. 유리당 함량은 저장일수가 증가할수록 모든 처리구에서 저장 2개월까지 약간 증가하다가 점차적으로 감소하였으며 -5℃ 저장온도 처리군에서의 감소변화가 -20℃, -40℃ 저장온도 처리군보다 심하게 나타났다. 냉동고추를 실온 해동시 드립로스의 양이 냉장 해동, microwave oven 해동시보다 약 2배 가까이 드립로스양이 발생하였으며, 표면색도는 고온 해동시 갈색화가 심하게 나타났다. 해동조건에 따른 냉동고추의 성분 변화는 냉장 해동과 microwave oven 해동시 가장 적게 나타났으며, 해동 시간을 고려한다면 microwave oven 해동이 가장 실용적인 방법이라고 여겨진다.

참고문헌

1. Andrews, J. (1995) Peppers: The domesticated capsicums. University of Texas, Austin, p.1-10
2. Govindarajan, V.S. (1985) Capsicum-production, technology, chemistry and quality. Part I. History, botany, cultivation and primary processing. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 22, 109-176
3. Kim, D.Y., Lee, J.W. and Shin, S.C. (1982) Color changes

- of red pepper by drying and milling methods. J. Korean Agri. Chem. Soc., 25, 1-7
4. Cho, Y.S., Cho, M.C. and Suh, H.D. (2000) Current status and projects of national hot pepper industry in Korea. J. Korean Capsicum Res. Coop., 6, 1-27
5. Chung, B.S. and Kang, K.O. (1985) The changes of capsaicin contents in fresh and processed red pepper. J. Kor. Soc. Food Nutr., 14, 409-418
6. Hurst, W.J., Martin, J.R. and Zoumas, B.L. (1979) Application of HPLC to characterization of individual carbohydrates in foods. J. Food Sci., 44, 892-895
7. Weaver, K.M. and Awde, D.B. (1986) Rapid high-performance liquid chromatographic method for the determination of very low capsaicin levels. J. Chromatogr. A, 367, 438-442
8. Luft, J.H. (1961) Improvements in epoxy resin embedding methods. J. Biophys. Biochem. Cytol., 9, 409-414
9. Kim, D.H. and Lee, Y.C. (2004) Quality changes in minced ginger prepared with frozen ginger during storage. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 943-951
10. Govindarajan, V.S. (1987) Capsicum-production, technology, chemistry and quality. Part IV. Evaluation of quality. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 29, 185-282
11. Polacsek-Pacz, M., Pauli, M.P., Horvath, G. and Vamosvgyazo, L. (1981) Enzymatic determination of sugars in red pepper. Forsch., 172, 115-117
12. Lee, H.D., Kim, M.H. and Lee, C.H. (1992) Relationships between the taste components and sensory preference of korean red peppers. Korean J. Food Sci. Technol., 24, 266-271
13. Lee, S.W. (1979) Gas liquid chromatographic studies on sugars and organic acids in different portions of hot pepper fruit(*Capsicum annum* L.). Korean J. Food Sci. Technol., 11, 278-282
14. Wong, M. and Stanton, D.W. (1989) Nonenzymic browning in kiwifruit juice concentrate systems during storage. J. Food Sci., 54, 669-673
15. Fennema, O.R., Powrie, W.D. and E.H. Marth. (1973) Low temperature preservation of food and living matter. Marcel-Dekker, New York, p.151-221
16. Desrosier, N.W. and Tressler, D.K. (1985) Fundamentals of food freezing. Dae-han Textbooks Co., p.81-124
17. Thorne, S. (1989) Developments in food preservation. vol. 5. London, Elsevier Applied Science, p.1-50