

냉동팻콩의 저장조건에 따른 화학적 특성 변화

이준호

대구대학교 식품생명화학공학과

Chemical Changes of Frozen Immatured Soybeans as Influenced by Storage Conditions

Jun Ho Lee

Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University

Abstract

The effects of frozen storage conditions on the chemical changes of frozen immatured soybeans were investigated. Three different varieties (*Keunol*, *Miwon* and *Seoklyang*) of immatured soybeans were frozen in -40°C freezer and stored at -5°C for 7 weeks, at -10°C for 20 weeks and at -20°C for 44 weeks, respectively. The moisture contents of the sample did not change much during storage due to ice crystallization. The crude ash contents were remained relatively unchanged at lower storage temperatures regardless of longer storage time. Both crude fat and crude protein contents decreased as the storage time increased regardless of the variety of sample. At -20°C storage condition, reduction rates of crude protein contents were small despite extended period of storage time. Varietal differences in vitamin C content were found and at lower storage temperature, the vitamin C contents remained high for relatively long period of time. Unfortunately, no general trend to indicate the changes in lipoxigenase activities were found; however, they continuously decreased during storage in some cases.

Key words: crude ash, crude fat, crude protein, frozen storage, immatured soybean, lipoxigenase activities, vitamin C

서 론

콩은 우리 나라를 포함하여 만주지방을 원산지로서 우리 나라에서는 수 천년 동안 재배되어 왔으며, 옛날부터 우리민족의 식량자원으로 단백질과 무기질, 비타민 등이 많이 함유되어 있는 식품이다. 더욱이 콩에는 필수지방산이 풍부하고 필수아미노산의 조성도 함유아미노산을 제외하고는 매우 우수하므로 특히 곡류위주의 식습관을 지닌 우리 나라 사람들에게는 경제적이고도 매우 우수한 영양식품이라 할 수 있다(Chung *et al.*, 1999; Sul *et al.*, 1998).

수출전략농업 기술개발촉진에서 살펴보면, 일본의 팻콩수입량은 1995년에 56,000톤이었으며 대만에서

대부분 냉동용 팻콩형태로 수입하였고, 총 수입가격은 800억 원 이상이며 일본에서는 냉동용 팻콩의 소비가 전체식품으로 계속하여 증가하고 있다고 보고되고 있어 냉동저장조건에 따른 팻콩에 관한 연구가 필요한 실정이다(Lee *et al.*, 2000). 또한 한국의 콩 재배 환경은 기존의 콩 수출국들에 비해 월등하며 생산성과 품질 면에서도 충분한 경쟁력이 있으나, 지금까지는 지두용만 생산하였으며 냉동용 팻콩생산 및 가공 저장기술의 개발이 확립되어 있지 않은 실정이다(Lee *et al.*, 2001).

냉동팻콩의 경우 냉동저장으로 인한 얼음의 재결정화와 승화로 조직의 파괴, 식품 표면의 건조 및 갈색 반점 등이 나타나는 "freezer burn" 현상과 색소의 파괴, 비타민 손실(파괴), 단백질 변성, 지방의 산화, 해동 침출액의 증가 등의 물리화학적 변화가 일어나는 문제점들을 가지고 있다(Kang *et al.*, 1996). 최근 냉동팻콩의 물리적 특성에 관한 연구

Corresponding author : Jun Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University, 15, Naeri, Jillyang, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea. Phone: +82-53-850-6535, Fax: +82-53-850-6539, E-mail: leejun@daegu.ac.kr

(Lee et al., 1998; Lee et al., 1999; Lee et al., 2001) 및 blanching 조건에 의한 냉동꽃콩의 품질에 관한 연구(Hong et al., 1997; Ko et al., 1998)들이 이루어지고 있으나 냉동꽃콩에 대한 저장온도 및 저장기간에 따른 이화학적 변화에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 실험에서는 재래종인 큰을 꽃콩과 일본에서 도입된 미원, 석량 꽃콩의 품종별 수출에 적합한 냉동 온도와 저장기간을 파악하고 수분, 조회분, 조지방, 조단백질, 효소활성, 비타민 C 등의 화학적 특성을 조사하여 냉동꽃콩 육성을 위한 기초 자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 전처리

본 실험에서는 일본에서 도입된 미원과 석량품종 그리고 국내 재래종인 큰을품종의 꽃콩을 경북대학교 부속농장에서 재배한 후 수확하여 시료로 사용하였다. 수확 후 잎을 제거하고 수돗물로 세척한 시료를 2% 소금물에 1분간 침지시킨 다음 82°C 물로 1분간 데치기 하였다. 데치기된 시료를 다시 2% 소금물에 1분간 침지시키고 -40°C 급냉실에서 24시간 동안 냉동시킨 후 0°C 물로 ice coating 하고 400 g 단위로 진공포장하였다.

냉동저장 및 해동

진공포장된 시료는 -5°C에서 7주, -10°C에서 20주 그리고 -20°C에서 44주간 저장하였다. -5°C에 저장된 시료는 0, 1, 2, 4, 7주 간격으로, -10°C 저장의 경우 0, 5, 10, 15, 20주 간격으로 그리고 -20°C 저장의 경우 0, 11, 22, 33, 44주 간격으로 시료를 채취하여 화학적 품질변화를 측정하였다. 채취된 시료는 검사 전 20°C 물에서 30분간 해동한 후 사용하였다.

수분함량

각 시료의 수분함량은 105°C에서 상압가열건조법(AOAC, 1990)에 의하여 함량에 도달할 때까지 3회 이상 반복 실험하여 측정하였다.

조회분, 조지방 및 조단백

시료를 회화용기에 넣고 직접 550~600°C의 온도

에서 완전히 회화처리하여 회분의 양을 측정하는 직접회화법(AOAC, 1990)을 사용하여 조회분 함량을 측정하였다. 세척된 회화용기를 전기로에서 550°C로 수 시간 강열시킨 다음 desiccator에 옮겨 실온에서 냉각시킨 후 칭량하였다. 함량이 될 때까지 가열(2시간), 방냉, 칭량의 조작을 반복하였다. 함량이 된 회화용기에 시료 2~5 g을 평취한 후 용기를 전기로 안에 옮겨 550°C에서 수 시간 방치하여 백색 또는 회백색의 재가 남을 때까지 회화를 계속하였다.

각 시료의 조지방함량은 Soxhlet 추출법(AOAC, 1990)을 사용하여 분석하였다. 시료를 건조기를 이용해서 120분간 건조시킨 후 Soxhlet 추출기에 넣어 약 10시간동안 ether를 증발시켜 시료에서 조지방을 추출한 후 남아있는 ether는 증발시키고 수기의 중량을 측정하여 조지방의 함량을 구하였다.

질소를 함유하고 있는 단백질의 특징을 이용한 Kjeldahl 질소 정량법(AOAC, 1990)으로 조단백을 추출하였다. 시료를 진한 황산 및 촉매로 강하게 가열하여 시료중의 유기물을 분해하고 질소를 황산암모니아[(NH₄)₂SO₄]로 바꾼 다음 과잉의 알칼리 [NaOH]를 가해 증류하고 유출된 암모니아를 일정량의 산에 흡수시킨 후 이의 양을 적정하여 조단백의 함량을 측정하였다.

비타민 C 함량 및 효소활성

비타민 C는 2, 4-dinitrophenyl hydrazine 비색법(AOAC, 1990)을 통해 분광광도계(UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)을 사용하여 540 nm에서 3회 반복하여 흡광도를 측정한 후 표준곡선으로부터 총 비타민 C 함량을 구하였다.

시료 100 g과 냉장 보관된 0.4 M sucrose (pH 6.5)와 0.05 M Na₂HPO₄ 200 mL 균질기(AM-7, Nissei Co., Japan)로 4분간 분쇄한 후 cheesecloth를 통해 여과시킨 다음 2.5%(v/v) Tween-20을 4°C에서 1시간 저어진 시료에 첨가하고 20분 동안 12,000 rpm에서 원심분리 하였다. 상등액은 여과지를 사용하여 여과한 다음 분광광도계(UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)를 사용하여 lipoxigenase 활성을 측정하였다. Lipoxigenase활성은 기질용액으로 사용되는 0.01 M linoleic acid를 0.2 M Na₂HPO₄ (pH 7.0)로 5배 희석한 후 234 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Table 1. Changes of moisture contents (% , w.b.) as related to the variety and frozen storage conditions

Temp.	Sample	Initial	Week			
			1	2	4	7
-5°C	<i>Keunol</i>	69.97	69.04	70.30	65.60	68.03
	<i>Miwon</i>	72.13	72.02	68.37	70.38	69.90
	<i>Seoklyang</i>	71.34	71.31	70.03	71.99	71.61
-10°C			5	10	15	20
	<i>Keunol</i>	69.97	67.98	67.32	68.22	67.78
	<i>Miwon</i>	72.13	70.43	71.64	69.91	70.23
	<i>Seoklyang</i>	71.34	70.82	72.06	69.88	70.43
-20°C			11	22	33	44
	<i>Keunol</i>	69.97	68.98	68.81	68.99	67.51
	<i>Miwon</i>	72.13	70.27	70.03	70.83	70.59
	<i>Seoklyang</i>	71.34	69.79	69.31	70.80	71.85

결과 및 고찰

수분함량 변화

팥콩의 수분함량의 변화는 제품의 품질에 영향을 미치고 수분함량의 변화가 적으면 품질의 변화 또한 적다고 보고되어 있다(Ko *et al.*, 1998). 냉동팥콩의 품종별 저장온도 및 저장기간에 따른 수분함량의 변화는 Table 1에 나타내었다. 저장초기의 수분함량은 큰을, 미원, 석량의 품종에 따라 각각 69.97%, 72.13%, 71.34%로 나타났다. 저장기간이 길어짐에 따라 일부 수분함량이 감소하는 경향을 나타내어 냉동저장 시 수분이 손실된다는 Ko 등(1998) 및 Rodriguez-Saona 등(1995)의 연구와 유사한 결과를 나타내었으나 그 감소는 매우 적었다. 특히 냉동팥콩의 수분함량은 전체식품으로 소비 시 중요한 품질지표의 하나인데 -5°C에서 7주간, -10°C에서 20주간 그리고 -20°C에서 44주간 저장하여도 수분함량의 변화가 미미한 것으로 나타나 본 실험에서 사용된 저장온도 및 저장기간이 냉동팥콩의 수분함량에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

조회분, 조지방 및 조단백

식품분석에 있어서 회분(ash)이란 식품을 태우고 남은 재를 말하는 것으로 대체로 무기질의 양이라고 정의할 수 있다. 그러나 대다수의 식품에서 무기질인 염소는, 그 일부 또는 대부분이 회화될 때에 소실된다. 회분은 보통 식품을 태워서 남은 재를 말하며, 식품이 가진 무기질의 총량에 해당하나 반드시 일치하지 않으므로 조회분이라 한다. 또한 본 실험에서 사용한 팥콩과 같은 두류의 회분에는

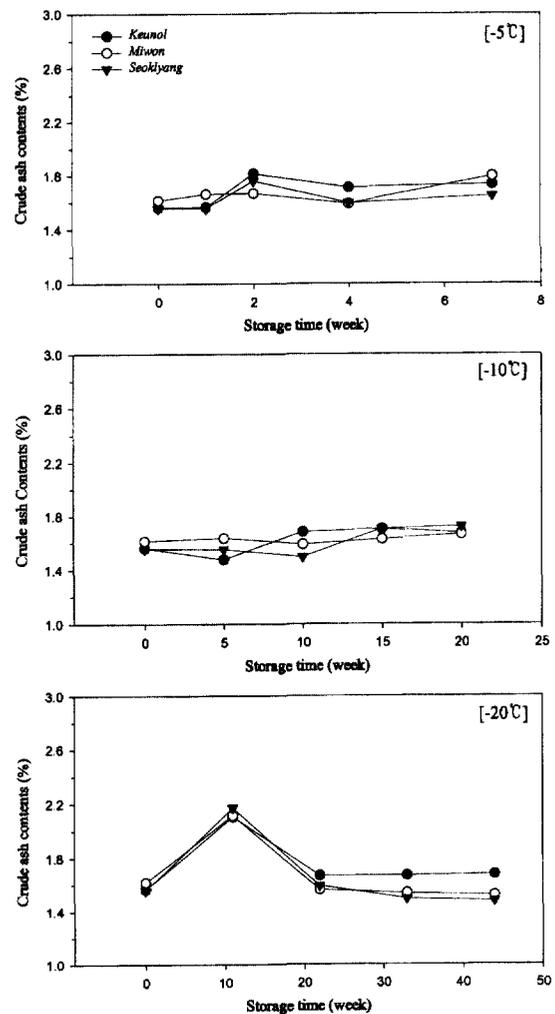


Fig. 1. Changes of crude ash contents depending on the variety and frozen storage conditions.

본래 유기질이라고 볼 수 있는 탄산이 다량 함유되어 있기 때문에 실제로 식품을 태워서 남은 재를 순전히 무기물 자체라고는 볼 수 없다. 다수의 식품에서는 무기질의 염소이온(Cl⁻) 등 휘발성 무기물은 휘산되기도 하고, 양이온의 일부는 공존하는 음이온과 반응하여 인산염, 황산염 등으로 되기도 하며, 유기물 기원의 탄산염으로 되기 때문에 조회분이라고 한다(채수규, 1998).

본 실험에서 대조구의 조회분 함량을 Fig. 1에서 살펴볼 수 있듯이 큰울이 1.56%, 미원 1.61%, 석량 1.56%로 나타났으며, 냉동저장온도가 -5°C와 -10°C 일 때 냉동저장기간이 길어질수록 조회분 함량이 다소 상승하는 경향을 나타내었다. 그러나 -20°C의 냉동저장에서는 11주에서의 상승을 제외하고는 변화가 거의 일어나지 않았다. 이는 저장온도가 낮을수록 조회분 함량의 변화가 줄어들어 함량을 유지시켜주는 것으로 나타났다.

지방질은 물에 녹지 않고 Ether, 석유 ether, chloroform, aceton 등의 유기용매에 녹는 일군의 화합물로 일반적으로 Soxhlet 지방추출기 또는 이와 유사한 연속식 지방추출기를 사용하여 ether로 추출하여 정량하는데, 본 실험에서는 ether를 수기에 넣어 가열하여 지질을 추출하는 Soxhlet 추출법을 사용하였기 때문에 순수한 지방만이 아니고 시료 중의 색소(chlorophyll, carotenoid 등), wax, alkaloid, 유기산, 지용성 vitamin 등의 구성도 포함하는 조지방의 함량을 구하였다(채수규, 1998).

Fig. 2에서 보는 바와 같이 조지방 함량은 품종에 관계없이 저장기간이 길어질수록 지속적으로 감소하는 경향을 보였고 특히 -5°C와 -10°C 저장조건에서는 저장기간이 다름에도 불구하고 유사한 조지방 함량의 감소율을 나타내고 있는데 이는 저장온도가 낮을수록 조지방 함량의 변화가 적어지는 것을 알 수 있다. 또한 저장온도가 -20°C인 경우 저장기간이 44주가 경과하여도 다른 저장온도에 비해 그 감소율이 작게 나타남을 알 수 있어 저장온도가 조지방의 함량에 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

조단백의 함량은 조지방의 함량과 마찬가지로 품종 또는 저장온도에 관계없이 저장기간이 경과할수록 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었으며 특히 저장온도가 낮을수록 저장기간이 길어도 불구하고 조단백 함량의 감소율은 낮게 나타났다(Fig. 3). 미원의 경우 -5°C에서 4.8%로 대조구가 되는 초기 조단백질 함량인 22.58%에 비해 78.74%나 감소해 이

저장온도에서는 조단백질의 손실이 크게 나타났다. 석량의 경우에는 -5°C의 4주째 저장조건에서 5.08%로 저장성이 떨어졌으며, 큰울은 -20°C에서는 44주째에서 8.96%로 조단백질의 함량이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 꽃콩의 저장에 있어서 냉동저장온도가 낮을수록 조단백질의 함량의 변화율이 줄어들어 장기 냉동저장 시에는 냉동온도가 낮은 조건이 저장성을 오랫동안 유지할 수 있을 것으로 나타났다.

비타민 C 함량

비타민 C는 과일 또는 채소의 저장 중 상당히 많

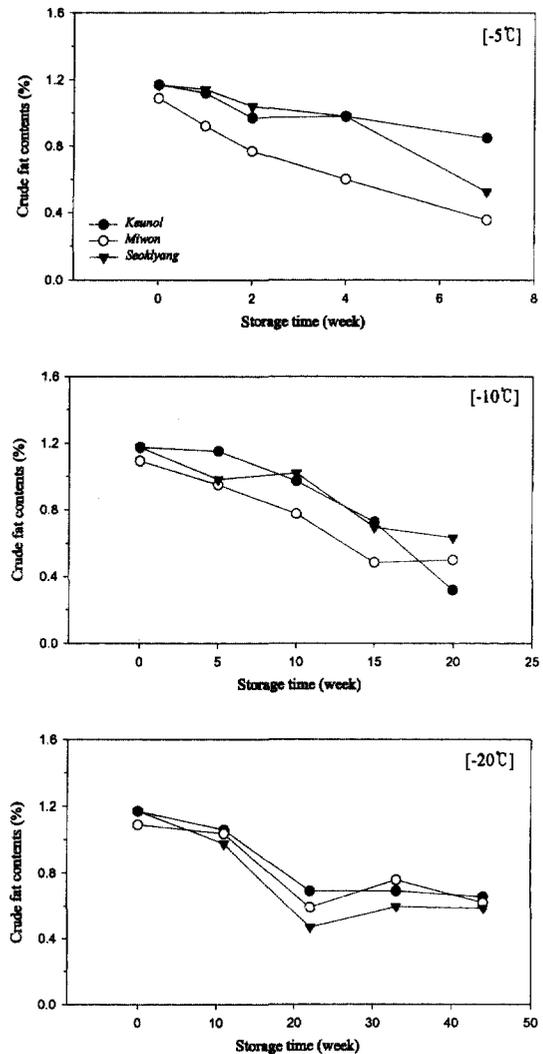


Fig. 2. Changes of crude fat contents depending on the variety and frozen storage conditions.

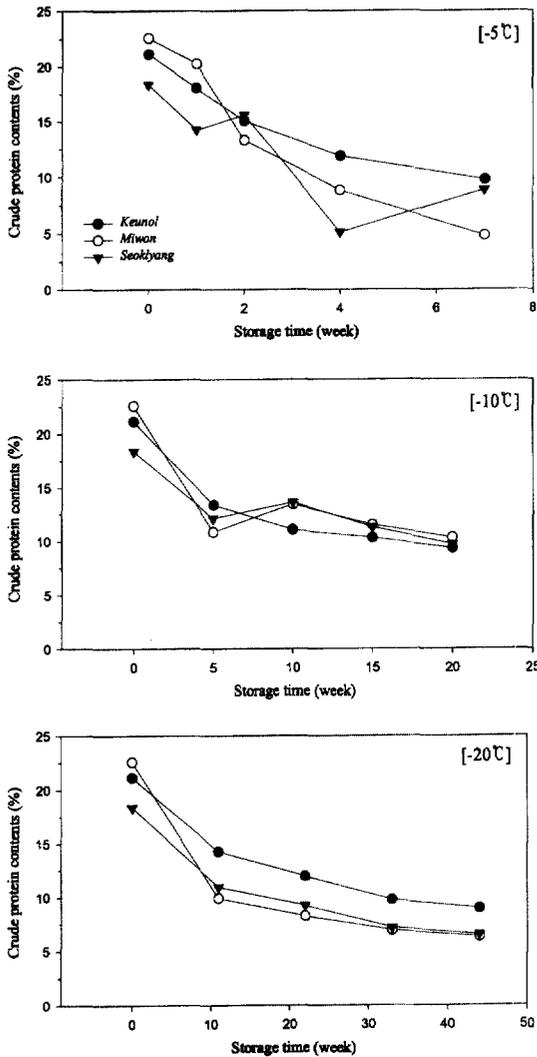


Fig. 3. Changes of crude protein contents depending on the variety and frozen storage conditions.

은 파괴가 일어나며 동결 시 약 26% 정도이고 평균할 경우에는 약 51%로 보고되며 특히 열에도 민감한 영양소이다(홍윤호, 1998). 다른 성분과 달리 품종별 초기 비타민 C의 함량의 차이가 크게 나타나 미원품종이 7.51 mg/100 mL로 비타민 C의 함량이 가장 높았으며, 다음 큰을, 석랑품종은 각각 4.30, 5.12 mg/100 mL로 나타났다(Table 2). 저장온도가 높을수록 품종에 따라 약간의 차이는 있었지만 비타민 C함량 감소가 현저하게 나타났으며 -5°C 저장 조건에서 미원품종의 경우 저장 2주째, 큰을 및 석랑품종의 경우 7주째 현저한 감소를 나타냈다. 저장온도가 낮아질수록 감소율도 저하되어 오렌기간 동안 비타민 C의 함량을 유지하였으며 -20°C에 저장된 석랑품종을 예를 들어보면 저장 44주째 비타민 C의 함량이 -5°C에서 7주간 저장된 시료의 함량과 유사함을 알 수 있다.

미원품종의 경우 저장온도에 관계없이 저장기간이 경과함에 따라 비타민 C의 함량이 상대적으로 급격히 감소하였고 큰을과 석랑품종의 경우 미원의 그것보다는 감소폭이 크지 않았는데 이는 미원품종의 초기 비타민 C 함량이 다른 품종에 비해 월등히 높은 것이 기인한 것으로 사료된다. 각 조건에 따른 비타민 C 함량 감소율을 살펴보면 -5°C 저장조건에서는 미원품종의 감소율이 44.07%로 가장 높았고 다른 저장온도에서도 미원품종의 감소율이 상대적으로 높게 나타났다. 이 또한 초기 함량의 차이에 기인한 것으로 사료된다. 석랑품종의 경우 -20°C에서 23.83%로 감소율(%)이 가장 낮았으며 전체적으로 저장온도가 낮을수록 저장기간이 연장되어도 비타민 C의 파괴가 지연됨을 알 수 있다.

Table 2. Changes of vitamin C (mg/100 mL) as related to the variety and frozen storage conditions

Temp.	Sample	Initial	Week				Reduction rate (%)
			1	2	4	7	
-5°C	Keunol	4.30	3.70	3.90	3.40	2.90	32.56
	Miwon	7.51	6.95	4.85	4.30	4.2	44.07
	Seokkyang	5.12	6.29	5.30	5.00	3.80	25.78
-10°C	Keunol	4.30	5	10	15	20	37.21
			4.01	4.10	2.80	2.70	
	Miwon	7.51	5	10	15	20	61.38
			2.70	3.40	3.40	2.90	
	Seokkyang	5.12	5	10	15	20	61.91
			4.10	3.50	3.70	1.95	
-20°C	Keunol	4.30	11	22	33	44	37.21
			3.36	2.90	2.80	2.70	
	Miwon	7.51	11	22	33	44	50.73
			8.10	6.06	4.30	3.70	
	Seokkyang	5.12	11	22	33	44	23.83
			4.90	4.20	4.10	3.90	

효소활성

Lipoxygenase는 monohydroperoxide 형태의 불포화 지방산의 산화를 촉진시키고 카로티노이드 색소를 파괴하며, 이미취와 과산화물을 생성하고 효소적으로 carbonyl 기를 가수분해한다. 이런 반응에서 생성된 hexanal과 (trans)-2-hexenal이 향미와 맛의 변화를 주는데 아주 적은 양의 C6-aldehyde는 맛과 향을 변화시키고 hexanal, (trans)-2-hexenal이 생성되면 그 다음 산물인 (cis)-3-hexenal도 풀 냄새 같은 냄새를 가지게 된다. 콩비린 냄새는 aldehyde, hexanal, hexenal에서 기인하는데, 이것은 13-hydroperoxide linoleic acid와 13-hydroperoxide linolenic acid가

hydroperoxide lyase의 작용으로 이중결합이 형성되면서 생성된다고 하였다(Kim and Hwang, 1998).

콩은 브랜칭한 후에 효소의 활성 여부를 보통 peroxidase 또는 lipoxygenase의 활성으로 알아보는데 이는 식물에서 열에 가장 안정한 효소이기 때문이며 이들 효소가 파괴되면 다른 효소도 모두 파괴된 것으로 받아들여져 왔다. 하지만 peroxidase는 냉동저장기간동안 품질 악화에 직접적인 영향은 주지 않기 때문에 본 실험에서는 lipoxydase의 활성을 중심으로 실험하였다.

-5°C에서의 냉동저장의 경우 대조구에 대하여 큰 율과 석량은 4주째에 43.02와 6.44로 효소의 활성이 가장 낮아졌고, 미원은 2주째에 30.34로 효소의 활성이 떨어졌다. -10°C에서 큰율의 경우는 49.84로 효소의 활성이 낮아졌으나, 20주째 다시 51.74로 상승했다. 미원의 경우 10주에서 47.15로 활성이 억제되었으며, 15주, 20주의 72.43, 81.09로 증가하는 경향을 나타냈다. 석량은 -10°C냉동저장에서 저장기간에 대해서 감소를 거듭해 20주째 26.19로 lipoxygenase의 활성이 현저하게 떨어졌다. -20°C에서는 22주째 석량을 제외하고 큰율과 미원의 10.04, 11.61로 가장 낮은 활성을 보였으며, 33주로 저장기간이 길어짐에 따라 다시 활성이 증가하였다. 석량은 11주에서 20.80로 가장 큰 감소를 보이고 22주에서 65.89로 증가하였으며 33주에서 11주의 최저치에 대하여 소폭의 증가를 나타냈다. 이는 저장기간이 경과할수록 lipoxygenase의 활성이 줄어들기는 하나 감소폭의 현저히 줄어들고 일부 저장구간에서는 소폭 증가하기도 하는 Rodriguez-Saona 등(1995)의 연구와 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 전반적으로 효소활성의 변화를 살펴볼 때, 꽃콩의 냉동저장으로 lipoxygenase의 활성이 대조구보다는 감소하였는데 이는 Ko 등(1998)의 연구와 같이 lipoxygenase의 경우 냉동 저장만으로도 활성을 억제시킬 수 있다는 보고와 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

요 약

냉동꽃콩을 저장조건에 따라 화학적 특성을 비교 검토하고자 수분, 조희분, 조지방, 조단백질, 효소활성, 비타민C의 함량변화를 조사하였다. 본 실험에서 사용된 시료는 큰율, 미원, 석량 3품종으로 수확 후 -35°C prestorage, 해동, 세척, 침지, blanching, 침지, 냉동, ice coating을 순서대로 진행시킨 후 진공

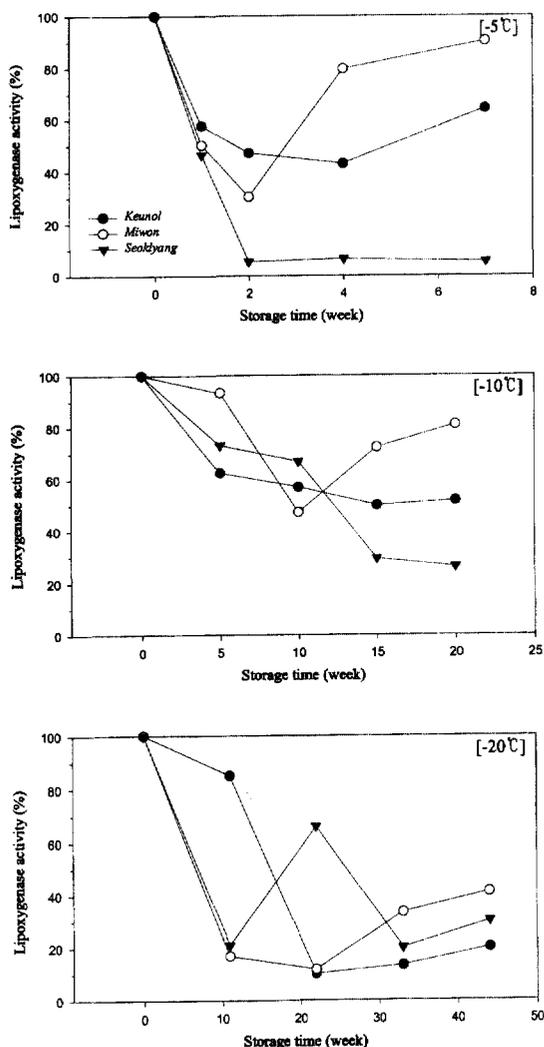


Fig. 4. Changes of lipoxygenase activity depending on the variety and frozen storage conditions.

포장 시키고 -5°C , -10°C , -20°C 의 조건에 각각 저장하여 -5°C 의 경우 0, 1, 2, 4, 7주, -10°C 의 경우 0, 5, 10, 15, 20주, -20°C 의 경우 0, 11, 22, 33, 44주의 기간을 두고 실험하였다. 수분의 경우 냉동 저장으로 인한 얼음 결정화로 인해 특이적인 변화를 나타내지 않았고, 조회분의 경우는 저장온도가 낮을수록 저장기간이 길어도 조회분 함량을 일정하게 유지시켜주는 것으로 관찰되었다. 조지방은 모든 저장온도와 기간이 흐름에 따라 조지방 함량이 줄어드는 것으로 나타났고 특히 -20°C 에서의 조지방 함량은 22주를 기점으로 변화가 둔화되었다. 조단백질은 저장온도가 낮을수록 함량의 변화율이 줄어들어 장기 냉동저장 시에는 온도가 낮은 조건이 저장성을 오랫동안 유지할 수 있을 것으로 나타났다. 냉동저장으로 인한 lipoxygenase의 활성은 대조구보다는 전체적으로 감소하는 경향을 보였고, -10°C 의 석량을 제외한 나머지 시료는 저장기간이 경과함에 따라 감소에 이어 소폭의 증가를 나타내었다. 비타민C의 냉동저장 시 최적합 온도는 큰올과 미원이 -5°C , 석량이 -20°C 로 나타났으나 미원과 석량의 경우는 -10°C 에서 감소율(%)이 현저히 크게 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2001학년도 대구대학교 학술연구비지원(일부지원)에 의해 이루어 졌으며 이에 감사 드립니다.

문 헌

채수규. 1998. 식품분석학. 지구문화사
 홍윤호. 1998. 식품의 이화학적 특성과 품질 평가. 전남대학교 출판부
 AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA

Chung, H.D., J.G. Yoo and Y.H. Choi. 1999. Effect of microwave blanching on the improvement of the qualities of immatured soybean. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* **28**(6): 1298-1303
 Hong, J.H., D.G. Bae and Y.H. Choi. 1997. Effects of blanching conditions on the quality of immatured soybeans during frozen storage. *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* **4**(2): 189-196
 Kang, G.J., J.H. Auh, M.J. Kim, K.Y. Cho, Y.H. Choi, D.S. Jung, S.U. Kook and K.H. Park. 1996. Influence of thermal oscillation on quality of frozen foods stored in domestic refrigerator. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**(4): 624-631
 Kim, S.H. and I.K. Hwang. 1998. Physicochemical characteristics of lipoxygenase-deficient soybeans. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**(4): 751-758
 Ko, J.W., H.S. Chung, J.H. Lee and Y.H. Choi. 1998. Effects of blanching and salting on the quality of immatured soybeans during frozen storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* **5**(4): 320-325
 Lee, J.H., E.J. Seog and Y.H. Choi. 1998. Color characteristics of soybeans as influenced by freezing and cooking conditions. *J. Food Sci. Nutr.* **3**(2): 105-110
 Lee, J.H., E.J. Seog and Y.H. Choi. 1999. Effects of freezing and following heat treatments on hardness of soybeans. *Food Sci. Biotechnol.* **8**(1): 34-37
 Lee, J.H. E.J. Seog, J.G. Yoo and Y.H. Choi. 2000. Physicochemical properties of frozen immatured soybean as influenced by thawing conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **29**(1): 15-19
 Lee, J.H., E.J. Seog and Y.H. Choi. 2001. Physical changes of immatured soybeans as related to frozen storage. *Food Eng. Prog.* **5**(1): 37-42
 Rhim, K.S. 1991. Effect of deep-freezing and frozen storage on the milk protein fractions. *Korean J. Dairy Sci.* **13**(3): 211-216
 Rodriguez-Saona, L.E., D.M. Barrett and D.P. Selivonchick. 1995. Peroxidase and lipoxygenase influence on stability of polyunsaturated fatty acids in sweet corn (*Zea mays* L.) during frozen storage. *J. Food Sci.* **60**(5): 1041-1044
 Sul, M.S., H.J. Lee and H.S. Yook. 1998. Physicochemical properties of soybeans as influenced by storage temperatures. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**(5): 827-832