

절임 배추 및 김치의 동결 저장에 따른 품질변화

고하영[†] · 이 현 · 양희천*

전주우석대학교 식품영양학과

*전주우석대학교 식품공학과

Quality Changes of Salted Chinese Cabbage and Kimchi during Freezing Storage

Ha-Young Koh[†], Hyun Lee and Hee-Cheon Yang*

Dept. of Food and Nutrition, Cheonju Woosuk Univ., Samnae 565-800, Korea

*Dept. of Food Technology, Cheonju Woosuk Univ., Samnae 565-800, Korea

Abstract

The effect of frozen storage on some physicochemical and sensory quality of salted Chinese cabbage and Kimchi were investigated. The texture of the fresh Chinese cabbage was preserved better by emersion quick freezing or predrying than by air slow freezing or no predrying while no effect was measured on the salted Chinese cabbage. The salted cabbage had less frozen damages than the fresh one and had the similiar texture characteristics of the fermented Kimchi. The frozen Kimchi had the similiar overall quality to the unfrozen fermented Kimchi in spite of a little higher chewness values. The color of the salted Chinese cabbage was a little changed to pinkish after 3 months frozen storage but Kimchi was maintained the good quality after 6 months.

Key words : Kimchi, salted Chinese cabbage, frozen storage

서 론

배추저장에 관한 연구로는 배추를 수확 후 땅에 거꾸로 묻어 저장하는 방법¹⁾과 냉장하는 방법²⁾과 공기조절(CA) 저장방법³⁾ 등이 있으나 이들 모두 3개월 이상 저장하면 손실율이 20~50%로 급격히 증가하여 그 이상의 저장은 불가능한 상태이다. 또한 김치 제조 후 저장 방법으로는 냉장^{4,5)}, 열처리^{6,7)}, 식품첨가제^{8,9)}, 방사선 조사^{10,11)} 등을 이용하고 있으나 품질, 위생안정 및 저장성 증진에 아직은 크게 효과를 거두지 못한 상태이다. 김치 제조시 식염에 의한 절임은 소금농도와 온도에 따라 2시간 내지 12시간^{12,13)} 걸리는 공정인데 김치 담기에 적당한 절임배추의 소금함량으로는 3%내외인 것으로 알려져 있다. 절임된 저장에 관한 연구로는 냉장 저장이 있으나 배추인 상태로 저장하는 것보다 저장기간이 오히려 짧아지는 것으로 보고된 바 있다^{1,14)}.

야채류의 경우 데친후나 예진후 동결하면 1년 정도의 장기간 저장해도 품질이 초기 상태에 비해 별 차이가 없을만큼 우수하게 유지할 수 있다는 보고가 있고¹⁵⁾, 배추의 경우 5% 이상의 소금용액에 8시간 이상 염장하면 중량감소가 22~27%까지 이루어지고¹⁷⁾, 동결 전 건조에 의해 수분 함량을 10~30%까지 줄이면 중량이 40~70%까지 줄어들며 동시에 부피도 감소된다는 보고를 참고하면¹⁵⁾ 동결에 의한 조직파괴 방지 효과도 얻을 수 있을 것으로 보인다. 또한 급속 냉동을 하여 얼음결정이 아주 작게 형성되면 세포가 파괴되지 않아 조직의 손상은 크지 않을 것으로 보인다.

따라서, 본 연구에서는 김치 원료가 되는 염장배추와 김치의 장기 보관을 위해 여러 냉동저장 방법을 통해서 품질을 우수하게 유지할 수 있는 가능성을 확인하고자 하였다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

절임, 예건, 동결 및 해동

가을에 수확된 결구 배추(1포기당 1.5~2.2Kg)를 삼례시장에서 구매하여 밖으로부터 1~4번째의 잎은 제거하고 안쪽의 5~15번째 잎만을 취했다. 줄기와 잎 부분으로 분리해서 각각 4cm×4cm의 크기로 절단했는데, 무게는 각각 5.07g(range 4.70~6.74g) 및 1.23g(range 1.01~1.99g)이었다. 15%식염수에서 6시간 동안 10°C 내외의 온도에서 절인후 50°C를 유지하는 열풍건조기에 절인 배추를 넣고 3시간 건조하였다. 동결방법에 있어 급속동결은 23%의 소금액(동결점 -20.5°C)과 66.5%의 glycerol액(동결점 -45°C)¹⁸⁾의 2:1 혼합용액(-30°C)에 시료를 침지하여 동결시켰으며, 완만동결은 냉동고를 -25°C까지 냉각 시킨후 시료를 넣어 공기에 의해 냉동시킨후, -18°C를 유지하는 냉동고에 시료를 폴라스틱필름(polyethylene 0.08mm)에 포장하여 저장하였다. 해동은 10°C와 40°C의 물로 60분씩 하였다.

동결방법에 따른 김치의 품질 비교

배추 10통을 반 혹은 4등분하여 약 10°C의 15% 소금용액 20L중에서 6시간 절인 것을 동결, 해동 후 김치를 제조, 숙성한 것과 같은 방법으로 절임, 수세 후 바로 김치를 제조 숙성 후 동결, 해동하는 2가지 방법을 비교하였다. 김치 숙성은 20°C에서 3일간 실시하였으며, 해동은 10°C의 물로 2시간 수행하였다. 김치의 재료는 배추 33.4Kg당 무우 7.1Kg, 마늘 1.0Kg, 생강 0.5Kg, 고추 2.6Kg, 동태 1.5Kg, 미나리 0.3Kg, 젓갈 0.2Kg과 약간의 밀가루풀이었다.

품질조사

화학적 분석

시료 약 100g을 믹서로 마쇄 후 염도는 염도계(Takemura전기, TM-30D)로, pH는 pH meter로, 적정산도는 0.1N NaOH로 적정하여 lactic acid %로 환산측정하였으며, vitamin C는 2,4-DNP비색법에 준하여 측정하였다¹⁹⁾.

무게감소율

초기무게에 대한 절임, 예건 및 해동에 의해 감소되는 무게를 계측 후 감소된 무게를 초기무게에 대한 백분율로 환산하였다.

조직특성²⁰⁾

Instron(Instron 1000, U.K.)를 이용하여 뿌리에서 위로 5~10cm 부분을 직경 0.5mm인 plunger로 clearance가 0.3mm로 될때까지 4Kg으로 puncturing하였다. 이때 table speed와 chart speed는 각각 50mm/min 및 120mm/min 이었다.

관능검사

Texture의 견고성(hardness), 아삭아삭함(crispiness), 씹힘성(chewiness), 그리고 냄새 및 맛, 외관 및 색과 전체적 기호도에 대해서는 훈련된 관능검사요원 6명으로 하여금 5점법의 기호도척도법²¹⁾에 의하여 조사하였다. 체점기준은 1점 - 아주나쁘다, 2점 - 나쁘다, 3점 - 보통이다, 4점 - 좋다, 5점 - 매우 좋다고 하였다. 결과는 Minitab통계 프로그램²¹⁾에 의해 ANOVA test 후 Duncan의 다중검정²²⁾을 하였다.

결과 및 고찰

예건 및 해동에 의한 절임배추의 소금함량 및 무게감소율의 변화

절단된 배추를 줄기와 잎으로 분리하여 15% 소금용액에 6시간 절이고 50°C에서 3시간 예비건조한 것을 완만동결 후 해동하여 소금함량 및 무게변화를 조사한 결과는 Table 1과 같았다.

소금함량은 줄기의 무처리기가 0.3%에서 절임후 2.7%로 되었고, 예건 후 3.0%로 약간 증가하였다가 해동후에는 무처리기가 0.2%로 큰 변화가 없었고, 절임구 및 예건구는 각각 1.8% 및 2.1%로 감소하여 해동에 의해 0.9%가 줄었으며, 잎도 무처리기는 줄기와 비슷한 수준에서 변함이 없었고, 절임 후 3.6%에서 예건 후 3.9%로 되었다가 해동 후 2.5% 및 2.8%로 되어 1.1%가 줄었다. 이는 김 등¹³⁾이 제시한 1시간 세척시 줄기에서의 약 2%, 잎에서의 약 5%감소에 비해서는 작은 양인데, 본 시험에서는 6시간 절임후 소금농도가 2.7~3.6%로 김 등¹³⁾의 10시간 절인 것의 6.8~7.9%에 비해서 작은데에 원인이 있는 것으로 생각되었다.

무게감소율은 줄기의 경우 절임시 27.2%으로 김 등¹³⁾의 10% NaCl액에 3~6시간, 그리고 김 등¹³⁾의 5% 이상 소금액에 8시간 이상 염지시의 무게감소율 25%내외와 비슷한 결과였는데, 예건시는 36.6%로 절임에 비해 9.4%의 무게의 감소가 더 일어났으며, 해동후에는 무처리기가 51.7%의 많은 무게감소율을 보인반면 절

Table 1. Changes in salt contents of salted¹ and predried² Chinese cabbage after air freezing and thawing³

Measured items	Measured parts	Thawing	Pretreatments		
			Raw	Salted	Predried
Salt contents (%)	Petiole	Before	0.3±0.02 ^c	2.7±0.18 ^b	3.0±0.17 ^b
		After	0.2±0.02 ^c	1.8±0.07 ^d	2.1±0.05 ^{cd}
	Leaf	Before	0.2±0.02 ^c	3.6±0.13 ^a	3.9±0.03 ^a
		After	0.3±0.02 ^c	2.5±0.07 ^{bc}	2.8±0.13 ^b
Weight loss (%) ⁴	Petiole	Before	0.0±0.0 ^f	27.2±1.9 ^{bcde}	36.6±3.7 ^b
		After	51.7±5.3 ^a	24.2±4.8 ^{cde}	22.6±5.6 ^{de}
	Leaf	Before	0.0±0.0 ^f	19.6±1.4 ^c	31.1±3.6 ^{cd}
		After	26.5±1.4 ^{bcde}	25.0±2.0 ^{de}	34.7±4.4 ^{bc}

¹ Salted in 15% NaCl solution for 6 hours, ² predried at 50°C air for 3 hours before freezing, ³ thawed in water of 10°C for 1 hour after freezing, ⁴ the percentage of (initial weight-weight after treatment)/initial weight

^{cd} Means±SE within the same item with different superscripts are significantly different from each other (p<0.05)

Table 2. Effects of freezing and thawing methods on sensory and mechanical textures of salted Chinese cabbage's petiole

Freezing methods	Thawing temperature (°C)	Pretreatment	Sensory scores ¹			Mechanical hardness (Kg)
			Hardness	Crypsiness	Chewiness	
Non	10	Salted	4.0 ^a	4.0 ^a	4.0 ^a	1.22±0.08 ^a (0.91±0.05) ¹
Air	10	Salted	2.7 ^{bc}	2.8 ^{bc}	2.3 ^{bc}	0.79±0.14 ^b
		Non	1.6 ^d	1.4 ^d	1.9 ^c	0.52±0.05 ^d
	40	SP ²	2.7 ^{bc}	2.7 ^{bc}	2.4 ^{bc}	1.01±0.06 ^{cd}
		Salted	2.5 ^c	2.5 ^c	2.0 ^c	0.72±0.11 ^b
Emersion	10	Salted	3.2 ^b	3.2 ^b	2.7 ^b	0.95±0.14 ^{ab}
		Non	2.3 ^c	2.3 ^c	2.0 ^c	0.62±0.09 ^{cd}
	40	SP	3.1 ^b	2.9 ^{bc}	2.5 ^{bc}	1.08±0.04 ^{ab}
		Salted	2.7 ^{bc}	2.7 ^{bc}	2.4 ^{bc}	0.92±0.12 ^{ab}

¹ A 5-point Hedonic scale was used (5=like extremely ; 3=neutrality ; 1=dislike extremely), ² SP ; salted and predried, ³ Values in parenthesis was 2nd yield point

^{cd} Means or means±SE within the same column with different superscripts are significantly different from each other (p<0.05)

인 것은 24.2%로 무처리외의 1/2수준에 머물러 절입에 의해 동결 손상이 크게 억제 됨을 알 수 있었다. 그러나 절입 예건구는 22.6%로 절입구와 비슷한 수치를 보여 예건이 동결손상에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다. 잎의 경우는 절입시 19.6%, 예건시 31.1%로 줄기와 비슷한 무게감소율의 경향을 보였으나 해동후에는 무처리가 26.5%로 줄기에 비해 약 1/2 수준으로 작아 잎의 동결손상은 줄기에 비해 크지 않았는데, 절입구는 잎과 줄기가 비슷하여 잎은 절입에 의한 동결손상 방지 효과가 크지 않음을 알 수 있었다. 절입예건구는 34.7%로 줄기보다 많이 감량되었는데 이는 잎이 줄기에 비해 유세포의 형태와 절단부위의 면적 등이 달라²³⁾ 해동시 수분흡수가 덜 일어났기 때문인 것으로 생각되었다.

동결 및 해동방법에 따른 절입배추의 texture 변화 절입배추를 예건 및 동결후 10°C 및 40°C의 물에서

1시간 해동하여 조직감을 5점법의 Hedonic scale에 의해 관능검사한 것과 인스트론에 의해 기계적으로 측정 한 결과는 Table 2와 같았다.

공기동결후 10°C에서 해동한 것은 조직감중 견고성인 hardness와 아삭아삭한 성질인 crypsiness의 점수가 2.7점 및 2.8점으로 동결하지 않은 것의 4점에 비해 나빠졌고, 씹히는 성질인 chewiness는 2.3점으로 가장 나빴다. 예건에 의한 조직감 개선효과는 보이지 않았고, 침지동결이 기호도가 약간 높았으나 그 효과가 뚜렷하지 않았으며, 해동온도는 40°C가 10°C에 비해 약간 떨어지는 현상을 보였다. 절입지 않은 것은 절입 것에 비해 조직감이 상당히 나빴다.

기계적 측정치인 hardness는 절입만 하고 동결하지 않은 것이 1번째 yield point가 1.22Kg으로 2번째 peak가 0.91Kg으로 나타났다. 동결하면 모든 처리구에서 미세구조 파괴를 나타내는 항복응력간의 거리가 좁혀지고 항복력은 하나만 나타났는데 이는 이 등²³⁾이 배추

Table 3. pH and salt contents* of Kimchi in different freezing and processing methods

(Unit : scores)

Freezing methods	pH			Salt contents (%)		
	Seasoned	Fermented	Thawed	Seasoned	Fermented	Thawed
Non	6.46±0.01	4.29±0.01 ^b	-	2.4±0.09 ^b	2.9±0.22 ^b	-
Air ¹	6.55±0.03	4.37±0.02 ^b	6.57±0.22 ^a	2.5±0.13 ^b	2.9±0.07 ^b	2.0±0.93 ^b
Emersion ¹	6.49±0.04	4.53±0.03 ^a	6.50±0.03 ^a	3.3±0.16 ^a	4.2±0.20 ^a	3.7±0.47 ^a
Air ²	6.46±0.01	4.35±0.01 ^b	4.47±0.02 ^b	2.4±0.09 ^b	2.8±0.12 ^b	2.5±0.10 ^b

¹ Salting, freezing (air or emersion), thawing, seasoning, and fermentation

² Salting, washing, seasoning, fermentation, freezing, and thawing were the orders in Kimchi processing, respectively

* Initial pH and salt contents of salted Chinese cabbage were 6.57±0.03 and 2.9±0.09, respectively

^{a,b} Means ±SE within the same column with different superscripts are significantly different from each other at the same item (p<0.05)

Table 4. Sensory scores of Kimchi after freezing

(Unit : scores)

Freezing methods	Texture			Color and appearance	Flavor and taste	Overall quality
	Hardness	Crispiness	Chewiness			
Non	3.5	3.5	3.5 ^a	3.9	3.5	3.5
Air ¹	3.0	3.1	1.8 ^b	3.1	3.2	3.1
Emersion ¹	2.8	3.0	2.0 ^b	3.0	3.2	3.0
Air ²	3.2	3.3	1.9 ^b	3.4	3.2	3.2

^{1,2} The legends are the same as those in Table 3

^{a,b} Means within the same column with different superscripts are significantly different from each other at the same item (p<0.05)

의 블렌칭시 그리고 김 등^{2a)}이 김치의 숙성에 따라 pH가 4부근에 접근함에 따라 2번째 피크가 없어지는 것과 유사한 것이었다. 동결이나 해동방법에 따른 차이는 기호도와 비슷하여 관능검사에서의 hardness, crispiness 및 chewiness와 기계적측정치와의 상관계수는 각각 0.923, 0.913 및 0.877로 매우 높게 나타났는데 특히 hardness와의 상관계수가 가장 높았다.

동결 및 제조방법을 달리한 김치의 성분 및 기호도

동결 및 제조방법을 달리한 김치의 pH 및 소금함량의 차이를 조사한 결과는 Table 3과 같았다.

pH가 6.57인 절임배추를 양념한 것은 동결방법에 따른 차이없이 6.46~6.55이었으나 김치 숙성후에는 소금냉매침지한 것이 4.53으로 다른 처리구의 4.29~4.37에 비해서 약간 높아 숙성이 지연되었음을 알 수 있었다. 김치의 소금함량은 절임배추가 2.9%이었다가 침지해동하면 소금냉매로부터 소금의 침투에 의해 3.7%로 증가하였으나, 공기해동한 것은 2.0~2.5%로 감소하였다. 침지냉동은 양념후나 발효후에도 다른 처리구보다 약간씩 소금함량이 높았다.

제조방법 및 동결방법을 달리한 김치의 동결해동후 기호도를 조사한 결과는 Table 4와 같았다. 제조나 동결 방법에 따른 기호도 차이중 texture항에서는 씹힘성

인 chewiness만 대조구의 동결하지 않은 것에 비해 동결구가 나빠졌으나 다른 모든 항목에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 동결김치가 굳은 정도인 hardness나 아삭아삭한 성질인 crispiness는 동결하지 않은 것과 비슷하여 약간 덜질긴 것은 전체적인 품질에는 큰 영향을 주지않았는데, 그 이유는 절임배추로 김치를 담고 숙성시키면 숙성후에 김치 조직이 어느정도 물러지므로 최종적으로 우리가 먹는 시점에서는 거의 비슷한 상태를 나타냈기 때문인 것으로 보였다. 기타 색과 외관, 풍미 그리고 전체적인 품질에서도 대조구와 동결구가 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

절임배추와 김치의 동결저장중 품질 변화

6개월 동결저장기간 동안 절임배추와 김치의 품질 변화를 조사한 결과는 Table 5와 같았다.

절임배추의 경우 3개월 저장시 약간 핑크색을 띄어 색의 점수가 초기 보통인 3.3점에서 약간 나쁜 상태인 2.2점으로 되었으며 6개월후에는 3개월과 큰 차이가 없었다. 본 연구에서 절임배추 조직의 색이 동결저장중 약간의 핑크색을 띤 것은 Tressler 등¹⁵⁾의 보고에서와 같이 효소에 의한 것으로 보이는데, 김치를 담구어 동결저장할 때는 이런 현상이 나타나지 않았다. 이는 김치의 경우 숙성에 의해 김치가 산성화되고 미생물의

Table 5. Changes in qualities of salted Chinese cabbage and Kimchi during freezing storage

Items	Quality	Time (months)			
		0	3	6	
Salted	Vitamin C (mg%)	30.3 ^a	28.1 ^{ab}	26.6 ^b	
Chinese cabbage	Sensory scores	Color	3.3 ^a	2.2 ^b	2.0 ^b
		Texture	2.7	2.7	2.6
		Flavor & taste	3.5	3.5	3.3
	pH	6.57	6.53	6.50	
	Acidity (lactic acid %)	0.11	0.11	0.12	
Kimchi	Sensory scores	Vitamin C (mg%)	13.0 ^a	11.9 ^{ab}	11.7 ^b
		Color	3.1	3.1	2.9
		Texture	3.2	3.2	3.0
	Flavor & taste	3.2	3.2	3.0	
	pH	4.37	4.35	4.32	
	Acidity (lactic acid %)	0.61	0.62	0.63	

^{a,b}Means within the same row with different superscripts are significantly different from each other at the same item (p < 0.05)

집락이 달라졌기 때문이거나 고추가루 등의 양념에 의해 마스킹되어 저장중 색의 변화를 전혀 느끼지 못하는 것으로 생각되었다. 비타민 C는 절임배추나 김치 모두 초기 30.3mg% 및 13.0mg%에서 저장 6개월후 26.6mg% 및 11.7mg%로 약간 감소하였다. pH 및 산도 등은 6개월 저장동안 거의 초기 상태와 비슷하였다. 따라서 배추를 절임상태 혹은 숙성된 김치의 상태로 장기간 동결저장하면 잘 보존될 것으로 보여 이는 새로운 김치 장기저장방법으로 가능하리라 생각되었다.

요 약

절임배추와 숙성된 김치의 동결저장 가능성을 조사하였다. 생배추의 조직은 급속침지동결이나 예비건조하면 완만공기동결이나 건조하지 않은 것에 비해 우수하였다. 절임배추는 생배추에 비해 동결손상이 적었고 급속동결이나 예비건조에 의해 조직이 개선되지 않아 조직특성은 숙성된 김치와 비슷하였다. 김치는 동결시 동결하지 않은 것에 비해 약간 질겼으나 전체적인 품질에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 동결저장시 절임배추는 3개월후 약간의 핑크색을 띄었으나 김치는 6개월 저장동안 이런 현상이 나타나지 않았고 품질도 거의 변화가 없었다.

감사의 글

이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었으며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. 송정춘, 장창문, 박용환 : 무우, 배추의 저장 및 절임 시험. 농연-농이-4, p.889 (1982)
2. Hansen, H. and Bohling, H. : Long-term storage of Chinese cabbage. *Acta Horticulturae*, **116**, 31 (1981)
3. Weichmann, J. : CA storage of Chinese cabbage. *Acta Horticulturae*, **62**, 119 (1977)
4. 최신양 : 김치발효와 보존성. *식품과학*, **21**, 19 (1988)
5. 최신양, 김영봉, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조 : 김치 제조시의 온도 및 염농도에 따른 저장 효과. *한국식품과학회지*, **22**, 707 (1990)
6. 이춘영, 김호식, 전재근 : 김치 통조림에 관한 연구. *한국농화학회지*, **9**, 35 (1968)
7. 이남진, 전재근 : 배추의 순간살균방법. *한국농화학회지*, **25**, 197 (1984)
8. 송석훈, 조재선, 김관 : 김치보존에 관한 연구 (제1보)-김치발효에 미치는 방부제의 영향에 관하여. *기술연구보고*, **5**, 5 (1966)
9. 김우정, 강근옥, 경규향, 신재익 : 김치 저장성 향상을 위한 염혼합물의 첨가. *한국식품과학회지*, **23**, 188 (1991)
10. 김창식 : Co의 감마선 조사에 의한 한국김치의 저장. *원자력논문집*, **5**, 139 (1962)
11. 차보숙, 김우정, 변명우, 권중호, 조한옥 : 김치의 저장성 연장을 위한 gamma선 조사. *한국식품과학회지*, **21**, 119 (1989)
12. 이혜수 : 김치에 대한 조리과학적 연구 (배추를 절이는 소금의 농도와 시간). *가정학회지*, **10**, 35 (1972)
13. 김중만, 김인숙, 양희천 : 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구. I. 배추의 간절임시 일어나는 이화학적 및 미생물학적 변화. *한국영양식량학회지*, **16**, 75 (1987)
14. 小泉幸道, 柳田藤治, 佐藤秀樹 : 一夜漬白菜の保存試験に關する研究. *月刊食品*, **22**, 57 (1978)
15. Tressler, D. K. and Van Arsdel, W. B. : *Commercial food freezing operations-fresh foods in the freezing preservation of foods*. AVI. Vol. 3, p.347 (1986)
16. Tressler, D. K. and Van Arsdel, W. B. : Freezing of precooked and prepared foods in *The freezing preservation of foods*. AVI., Vol. 4, p.231 (1986)
17. 김주봉, 유명식, 조형용, 최동원, 변유량 : 염절임 및 blanching시 배추의 물리적 특성변화. *한국식품과학회지*, **22**, 445 (1990)
18. Windholz, M. : *The Merck Index*. 13th ed., Merck & Co., Inc., p.4347, 8430 (1983)
19. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. Association of official analytical chemists, Washington, D. C., p.366, 746 (1980)

20. Pelleg, M. and Bagley, E. B. : *Physical properties of foods*. AVI., Chicago, p.28 (1983)
21. 전용진 : Minitab을 활용한 현대통계학. 크라운사 (1989)
22. 조재형, 장권열 : 실험통계분석법. 향문사, p.97(1987)
23. 이철호, 황인주, 김정교 : 절단시험과 압착시험에 의한 배추잎의 조직감 측정 비교. 한국식품과학회지, **20**, 749 (1988)
24. 김우정, 구경형, 조한옥 : 김치의 절임 및 숙성 과정에서 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, **20**, 483 (1988)

(1992년 10월 20일 접수)