

키토산 첨가에 따른 김치의 숙성 중 이화학적 특성

박복희[†] · 조희숙 · 오봉윤

목포대학교 생활과학부 식품영양학전공

Physicochemical Characteristics of Kimchi treated with Chitosan during Fermentation

Bock-Hee Park[†], Hee-Sook Cho, Bong-Yun Oh

Department of Food and Nutrition, Mokpo National University

Abstract

This study was conducted to examine the effects of chitosan on the changes in physicochemical characteristics and hardness during Kimchi fermentation. The Kimchi samples were stored for 8 days at $20 \pm 1^\circ\text{C}$. The results were as follows : The pH value was decreased in order of Kimchi treated with 0.05% of 5% chitosan solution(chitosan 0.05%), Kimchi treated with 0.025% of 5% chitosan solution(chitosan 0.025%), Kimchi treated with 0.01% of 5% chitosan solution(chitosan 0.01%) and control, and the total acidity was increased in the opposed order. Volatile acid was increased like the total acidity, it was decreased after 6 days during fermentation, reducing sugar contents of Kimchi samples were decreased gradually. The ascorbic acid contents of Kimchi were increased rapidly in the early stage of fermentation and decreased in the late stage. Properties of hardness of Kimchi measured instrumentally were higher in the Kimchi treated with chitosan than control throughout the fermentation period.

Key Words : Kimchi, chitosan, physicochemical characteristics, hardness

[†] Corresponding author : Department of Food and Nutrition, Mokpo National University,
Dorim-ri, Chungkye-myon, Muan-gun, 534-729, Korea
Tel : 061-450-2522, Fax : 061-450-2529
E-mail : bhpark@chungkye.mokpo.ac.kr

I. 서론

김치는 배추를 주원료로 하여 발효시킨 우리나라 고유의 전통식품으로, 발효과정 중 생기는 산미로 인한 독특한 향미와 비타민 B군의 증가 등 영양적으로 우리의 식생활에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 김치는 오랫동안 각 가정에서 만들어 왔으나 최근에는 여성의 사회 진출과 핵가족화에 따라 공장김치에 대한 수요가 점차 늘어나고 있다. 또한 김치의 독특한 맛과 효능에 대해 외국인들의 관심이 고조되어 수출의 가능성이 검토되면서 김치의 산업화가 절실히 요구되고 있다. 따라서 김치의 보존성을 향상시키기 위한 연구들이 지속적으로 이루어졌으며 그 결과 gamma선 조사(Cha 등, 1989), 방부제 첨가(Park 등, 1988), 완충제 첨가(Kim, 1985), 열처리를 이용하는 방법(Kang 등, 1991) 및 염혼합물 첨가(Kim 등, 1991), 산초유, 계피유, 호프 추출물의 첨가(Moon 등, 1995) 등의 다양한 연구가 진행되어 왔으나 김치의 속도조절과 산패 방지에는 큰 효과를 얻지 못하고 있는 실정으로 김치의 보존성을 연장하는 방법에 대한 연구가 계속적으로 요구되고 있다.

Chitosan은 갑각류의 껍질, 곤충류의 cuticle 층 등에 함유되어 있는 chitin을 탈아세틸화하여 제조된 것으로 최근 관심이 고조되고 있는 기능성 다당류이며, 특히 미생물의 성장을 억제하는 기능은 주목되는 특성 중의 하나이다(Kendra 등, 1984). 또한 chitosan은 초산 등의 묽은 산 용액에 용해되며, 분자내 유리아미노기가 존재하여 화학, 의학 및 식품산업 분야 등에 다양한 용도로 이용될 수 있다(No 등, 1995). 특히 식품분야에서 키토산은 결합제, 안정제 및 식이섬유료써 이용할 수 있으며, 안정성 실험결과 인체에 무해하다고 보고되었다(Knorr, 1984 ; Kienzle-Sterzer 등, 1982; Bough 등, 1976). 김 등(1994)은 깍두기에 키토산을 첨가함으로써 보존성이 향상되었다고 하였으며, 이 등(1994)은 무의 염장과정 중에 키토산의 첨가로 조직감이 향상되었다고 하

였다. 또한 유 등(1998)은 김치의 숙성 및 보존기간 연장을 위해 키토산올리고당을 첨가했을 때 보존기간의 연장 효과가 크게 나타났다고 하였으며, 키토산의 첨가로 김치의 숙성 과정 중 압착 변형력의 증가 및 펙틴질의 분포에 영향을 주었다는 보고도 있다(Ahn 등, 1995). 조(1989)는 분자량이 큰 chitosan에 비해 분자량이 10,000~40,000인 chitosan의 항균력이 크다고 보고한 바 있고, 김 등(1995)은 저분자 chitosan을 다른 첨가제나 보조제 없이 단독으로 소금을 제외한 다른 조미료나 양념을 첨가하지 않은 배추김치의 모델시스템에 첨가하여 김치의 보존성이 향상되었다고 보고한 바 있다.

본 연구에서는 저분자 chitosan이 배추김치의 보존성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 분자량 30,000인 chitosan을 농도별로 첨가하여 제조한 배추김치의 숙성과정 중 이화학적 특성과, 경도의 변화를 알아보았다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 배추는 전남 나주군 소재인 김치 제조 회사 삼진종합식품(주)에서 사용하고 있는 2000년 12월에 생산된 것이고(강원도 대관령, 중량 1.5~2kg/포기), 고춧가루, 실파, 생강, 마늘은 전남 무안 산이었으며, 멸치액젓은 시판되고 있는 청정원 제품을 구입하여 사용하였고, 찹쌀풀은 찹쌀가루와 물을 1:4의 비율로 섞어 만들었다. 키토산은 전남 목포시 소재(주)바이오테크에서 생산된 분자량 30,000, 탈아세틸도 92.8%로서 5% 수용액을 만들어 사용하였다.

2. 김치의 제조

본 실험에서의 재료 배합비는 조 등(1997)의 배추김치의 재료 배합비 표준화 연구를 참고로 하여 Table 1과 같이 조정하여 결정하였다. 배추는 다듬어

두 쪽으로 가른 다음 배추 무게의 3%에 해당하는 소금에 6시간 절인 후, 4% 소금물에 2시간 동안 절였으며, 맑은 물로 3번 헹구고, 물을 뺀 다음 3.5×3.5cm 길이로 자르고 양념으로 고추가루, 마늘, 생강, 실파, 참쌀풀, 멸치액젓을 넣고 키토산 5% 수용액을 농도별(0, 0.01, 0.025 및 0.05%)로 첨가하여 배추 김치를 제조하였다. 배추김치는 PT병에 400g씩 담아 뚜껑을 덮어 20±1℃의 항온기(HB vision scientific co, Korea)에서 8일 동안 숙성시키면서 실험을 하였다.

3. pH 및 총산도 측정

김치의 pH와 총산함량을 측정하기 위하여 제조한 김치 시료를 Waring blender로 마쇄한 후 20g을 취하여 증류수 180mL로 희석하고 여과지(Whatman No. 2)로 여과해서 그 여액을 사용하였다. 김치액의 pH는 pH meter(EA 920, Orion Research INC., U.S.A.)로 측정하였으며, 총산도는 여과한 김치액을 0.1% phenolphthalein 지시약을 사용하여 0.05N NaOH로 적정한 후 lactic acid(%)로 환산하여 표시하였다(Yoo 등, 1998).

Table 1. Ingredient of various Kimchi

Kimchi Ingredient	Composition(g)			
	Control ¹⁾	Chitosan 0.01% ²⁾	Chitosan 0.025% ³⁾	Chitosan 0.05% ⁴⁾
Salted chinese cabbage	4000	4000	4000	4000
Red pepper powder	140	140	140	140
Garlic	56	56	56	56
Ginger	24	24	24	24
Green onion	80	80	80	80
Fermented anchovy sauce	132	132	132	132
Glutinous rice paste	120	120	120	120
Chitosan	0	9.12	22.76	45.52

1) Control Kimchi

2) Chitosan 0.01% : Kimchi treated with 0.01% of 5% chitosan solution.

3) Chitosan 0.025% : Kimchi treated with 0.025% of 5% chitosan solution.

4) Chitosan 0.05% : Kimchi treated with 0.05% of 5% chitosan solution.

4. 염도 및 휘발성 산도 측정

염도는 Mohr(AOAC, 1990) 법으로 측정하였으며, 휘발성 유기산은 김치 50g을 Waring blender로 마쇄하고, 일정량의 증류수를 가한후 수증기 증류법으로 증류하여 증류액 100mL를 받아 0.1% phenolphthalein 지시약을 사용하여 0.05N NaOH로 적정하여 acetic acid(%)로 환산하여 표시하였다(양세식, 1986).

5. 환원당 함량 측정

환원당 함량은 DNS 방법으로 540nm에서 흡광도

를 측정하였으며, 이 측정치를 glucose로 환산하여 표시하였다.(Millers, 1959).

6. Ascorbic acid 함량 측정

총 비타민 C는 혼합 분쇄한 김치 10g에 5% 메타인산용액 100ml를 가하여 교반하고, 원심분리(12,000 rpm, 4℃, 10분)한 후 상등액을 취하고 여과지(Whatman No.6)로 여과하여 100ml로 정용한 후 2, 4 - dinitrophenyl hydrazine 비색법으로 측정하였다(주현규 등, 1995).

7. Hardness 측정

김치 조직의 경도는 측정용 시료(배추의 중간 줄기 부분의 두께 0.5cm)를 3×2cm 크기로 일정하게 썰어서 Rheometer(Model CR-100D, Japan)로 배추의 절단변형력을 측정하여 maximum force로 경도를 나타냈다(Rhee, 1995).

III. 결과 및 고찰

1. pH 및 총산도

김치는 발효과정 중 배추에 함유된 각종 효소들과 미생물의 번식으로 인하여 주요 성분이 분해되고 또한 재합성이 이루어진다. 특히 배추 중 탄수화물의 분해로 각종 유기산들이 만들어져 김치 특유의 신선한 신맛을 주게 되므로 김치의 pH와 산도는 김치의 주요 품질 지표라 할 수 있다(Ku 등, 1988). 키토산 첨가에 따른 배추김치 숙성 중의 pH 및 총산도에 대한 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 제조 당일의 pH는 대조군이 5.80, 키토산 첨가 김치가 6.00~6.04였으며 숙성함에 따라 키토산 첨가 김치의 pH 감소율은 완만하여 숙성되는 동안 대조군에 비해 전반적으로 높게 나타났다. 대조군은 발효 4일 이후 pH가 크게 감소하여 pH 4.0 이하에 도달하였으나 키토산 첨가 김치는 발효 8일에도 pH 4.12~4.24의 범위에 속하여 대조군의 발효 4일에 해당하는 pH 값보다 더 높았다. 이는 chitosan 0.5%를 김치에 첨가하였을 때 pH 4.0~4.2에 도달하는 기간이 2배 정도 연장되었다고 한 보고(Kim 등, 1995)와 비교해보면 김치의 과숙현상 지연효과 면에서 비슷한 결과라 볼 수 있다. 유 등(1998)은 키토올리고당(0.02%, 20°C)을 김치에 첨가하였을 때 pH 4.0에 이르는 시간이 2배 연장되었고, 일반 김치에 비해 2~6배 정도 저장 기간을 연장할 수 있을 것이라고 보고하였다. 본 실험에서는 키토산 0.05%첨가 배추김치에서 pH 감소가 가장 완만하였는데, 이는 김치 숙성과정 중 pH의 감소 현상은 숙성이 진행됨에 따라 생성되는 여러 유기산들의 증가

에 의한 것이며, 숙성 후기 pH의 변화가 완만한 것은 숙성이 진행됨에 따라 김치 즙액 중의 유리 아미노산과 인산과 같은 무기이온들의 완충 작용에 기인한다고 한 결과와(Park 등, 2001) 유사하였다.

한편 김치의 숙성 기간에 따른 총산도 변화를 살펴보면 대조군과 키토산 첨가 김치가 모두 pH가 저하됨에 따라 비슷한 경향으로 증가하였다. 제조 당일 김치의 산도는 대조군이 0.17%, 키토산 0.01%, 0.025% 및 0.05% 첨가 김치가 각각 0.16%, 0.15% 그리고 0.13%로 나타났다. 숙성 1일부터 전 실험군들 간에 유의적인 차이를 보였으며, 대조군이 키토산 첨가 김치에 비해 더 높은 경향을 보였다. 숙성 6일 이후부터는 대조군과 키토산 첨가 김치간에 유의적인 차이가 없었으나 대조군이 키토산 첨가군들에 비해 더 높은 경향을 나타내었는데 이는 김 등(1995)의 연구결과와 비슷하였다. 김치의 적숙기로 보는 적정산도 0.60%(Mheen 등, 1984)를 기준으로 볼 때 본 실험에서는 숙성 4일에 해당되었으며, 대조군과 키토산 첨가 김치를 비교해보면 키토산 첨가 김치의 적숙기가 대조군보다 연장되어, 키토산 0.05% 첨가 김치는 2~3일 정도 적숙기를 연장하는 효과가 있을 것으로 생각된다. 또한 산도의 증가는 발효 중 유기산 생성에 의한 것으로 발효가 진행되면서 lactic acid와 acetic acid가 점차 증가되는 반면, 다른 유기산은 발효 이전이나 이후 별 차이가 없었다는 유 등(1998)의 결과를 참조할 때 산도의 증가는 주로 lactic acid나 acetic acid에 의해 좌우되었음을 추측할 수 있었다.

2. 김치시료의 염도

본 실험에서 제조된 김치의 초기 염도는 대조군은 2.15%, 키토산 0.01%와 0.025% 첨가 김치는 각각 2.13%, 2.10%였으며, 키토산 0.05% 첨가 김치는 2.02%로 발효기간 중 약간 감소하였으나 다른 연구(Prak 등 2001, Choi 등 1990)와 같이 숙성기간 중 거의 변화지 않았다.

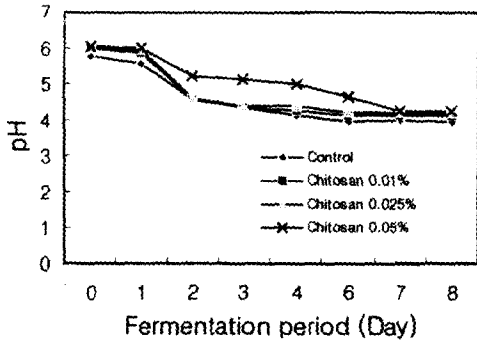


Fig. 1. Changes of pH in Kimchi samples during fermentation period. Symbols are same as in Table 1.

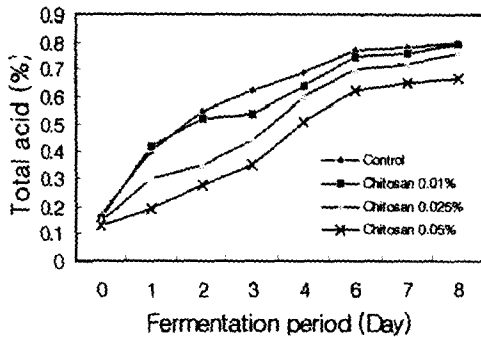


Fig. 2. Changes of content of total acid in Kimchi samples during fermentation period. Symbols are same as in Table 1.

3. 휘발성 산도 함량

키토산 첨가 농도에 따른 김치 발효 중 acetic acid %로 나타낸 휘발성 유기산 함량의 변화는 Fig. 3과 같았다. 김치 발효 숙성 초기에 휘발성 유기산 함량은 0.05~0.07%였고, 모든 시료에서 발효 숙성됨에 따라서 총산도 증가와 비례하여 0.11~0.16%로 계속 증가하다가 6일 이후에는 모든 시료에서 0.08~0.10%로 감소하였다. 김치 숙성시 생성되는 휘발성 유기산은 formic acid, acetic acid, propionic acid, iso-butyric acid, n-butyric acid, iso-valeric acid, n-valeric acid가 있지만 이러한 여러 종류의 유기산은 HPLC나 GC로 분석(Chyun 등, 1976)이

가능하며, 본 실험에서는 단지 acetic acid로만 환산하여 나타냈기 때문에 실제 함량에 있어서 오차가 있을 것으로 생각된다. 김치의 발효 숙성 초기에는 대조군과 키토산 0.01% 첨가 김치에서 다소 높은 값을 보였으나, 계속 숙성됨에 따라 대조군과 키토산 0.01% 첨가 김치보다 키토산 0.025% 첨가 김치에서 높은 함량을 보였다.

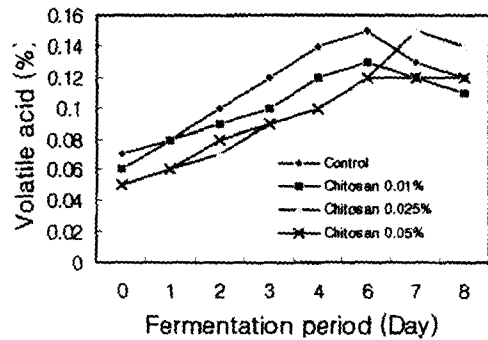


Fig. 3. Changes of content of volatile acid in Kimchi samples during fermentation period. Symbols are same as in Table 1.

4. 환원당 함량

숙성 과정에 따른 김치의 환원당 함량은 당근 직후에는 Fig. 4와 같이 시험구간에 큰 차이를 보이지 않았다. 발효 1일에는 가장 높았으나 그 이후 발효 숙성 기간이 경과함에 따라 차츰 감소하였으며, 1일과 2일 사이의 감소 폭이 가장 컸다. 김치는 발효 중 젖산균에 의해 김치 재료 중 당분이 분해되어 유리당을 생성한다고 하며 잔류당이 50%일 때 적숙기로 본다 고 한다. 주된 유리당으로는 mannose, fructose, glucose, galactose 등이 있으며, 이들은 발효가 진행됨에 따라 점차 감소된다는 보고도 있다(Ryu 등, 1996). 대조군과 키토산 첨가 김치 모두 발효 2일까지 급격하게 감소하였고, 그 이후부터 완만한 감소를 나타냈는데 발효 숙성 4일 이후부터 키토산 첨가 김치가 대조군보다 오히려 환원당 함량이 더 빨리 감소되었다. 유 등(1998)은 키토산올리고당 첨가 김치의 환원당은 대조군(0%)에 비해서 0.005%의 키토산올리고당 첨가시 오�히려 환원당 함량이 더 빨리 감소

하였다고 보고하였는데 이는 대조군의 pH가 급격히 감소하는 것과는 달리 키토산올리고당 첨가 김치에서는 키토산올리고당의 buffer작용에 의해 pH의 감소가 둔화되어 산에 약한 균의 사멸이 대조군(0%)에 비해 적었고, 항균효과를 나타낼 정도로 많은 농도의 키토산올리고당이 첨가되지 않았기 때문인 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서도 키토산 첨가 김치가 대조군보다 환원당 함량이 더 빨리 감소하였는데 유 등(1998)의 연구와 비슷한 결과로 사료되었다.

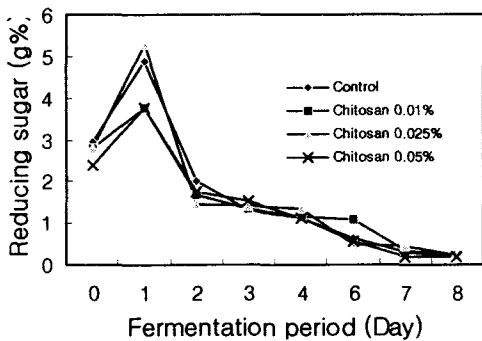


Fig. 4. Changes of content of reducing sugar in Kimchi samples during fermentation period. Symbols are same as in Table 1.

5. 총 비타민 C 함량 변화

배추김치의 숙성 기간에 따른 총 비타민 C의 함량 변화는 Fig. 5와 같았다. 제조 당일에 대조군은 16.5mg%, 키토산 0.01%, 0.025% 및 0.05% 첨가 김치가 각각 27.1mg%, 25.2mg%, 그리고 28.3mg%였으며, 발효 1일에는 대조군 20.2mg%, 키토산 0.01%, 0.025% 및 0.05% 첨가 김치가 각각 30.1mg%, 29.5mg% 및 32.5mg%로 모든 김치가 급격하게 증가하였다. 발효 초기에는 대조군보다 키토산 첨가 김치가 비타민 C 함량이 더 높았으나 발효 3일 이후부터는 큰 차이를 보이지 않았다. 발효 8일에는 크게 감소하여 대조군이 9.3mg%, 키토산 첨가 김치가 10~14.3mg%로 키토산 첨가 김치가 대조군보다 더 높게 나타났다. 최 등(1996)은 솔잎즙을 첨가하여 4°C와 15°C에서 발효시킨 김치의 경우 숙성 온도에 관계없이 모든 처리구에서 숙성 1일에 크게

증가한 후 감소하였다고 보고하였다. 노 등(1992)은 김치 재료 중의 효소작용에 의해 비타민 C가 생합성된다고 보고하였는데 본 결과의 발효 1일 까지 비타민 C의 급격한 증가도 이와 같은 경향으로 생각된다. 대개 김치는 동절기 과채류의 공급이 부족할 때 비타민 C의 중요한 공급원으로 이용해왔고, 김치의 발효 과정에서 나타나는 비타민 C의 변화는 여러 가지 영향을 받는 것으로 알려지고 있는데 조미료나 향신료가 미치는 영향, 김치 담금 용기의 영향, 전분, 당류 및 아미노산의 첨가가 미치는 영향, 발효 조건에 따른 영향 등의 많은 연구가 수행되어졌다(양세식, 1986).

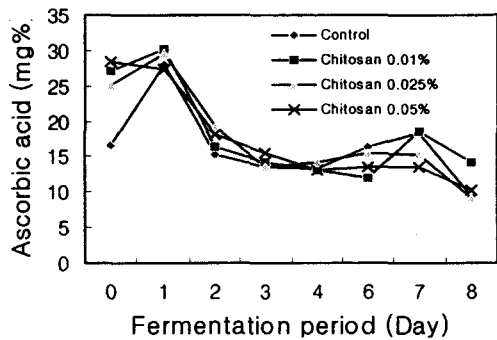


Fig. 5. Changes of content of ascorbic acid in Kimchi samples during fermentation period. Symbols are same as in Table 1.

6. Hardness

김치의 숙성과정 중 조직감의 변화를 기계적으로 측정된 결과는 Fig. 6과 같았다. 배추 잎의 조직감은 배추의 품종, 잎의 부위, 재배시기 등에 따라 크게 달라지므로(Lee 등, 1988) 일정한 배추의 중간 잎의 줄기부분을 시료로 사용하였다. 김치는 발효 숙성이 경과함에 따라 조직이 변화되어 hardness가 점차 감소하는데 이러한 연화 현상은 protopectinase, polygalacturonase, pectin methyl esterase 등의 효소의 작용에 의해 펙틴질의 성상변화가 주요인으로 알려져 있다(Lee 등, 1986). 김치 조직의 경도는 전 발효기간 동안 키토산 첨가 김치가 대조군보다 높았으며, 키토산 첨가 김치는 발효 3일까지는 첨가량이 증가함에 따라 경도가 증가하는 경향이었으나 그 이

후에는 첨가량에 따른 차이가 거의 없었다.

그러나 김치 발효숙성 전 기간동안 키토산 첨가 김치가 대조군보다 조직이 덜 물러지는 것을 알 수 있었다. 노 등(1995)은 소금절임시 키토산 첨가 김치의 조직감이 발효 초기에는 대조군에 비해 정도의 향상은 뚜렷하였으며 그 효과는 발효기간을 통해 점차 감소하였다고 보고하였으며, 이 등(1994)은 염장과정중 키토산의 첨가가 무의 조직감을 향상시켰다고 보고한 바있다. 또한 Kuwahara 등(1994)은 키토산이 오이 피클의 조직감을 향상시킴을 발견하였으며 이것은 -NH₃⁺ 존재로 polycationic한 키토산 분자와 polyanionic한 펙틴 분자가 복합체를 형성하기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서도 키토산 성분들이 김치 발효 중 김치조직의 연화를 대조군보다 더 지연시켜 경도가 향상됨을 보여주고 있다.

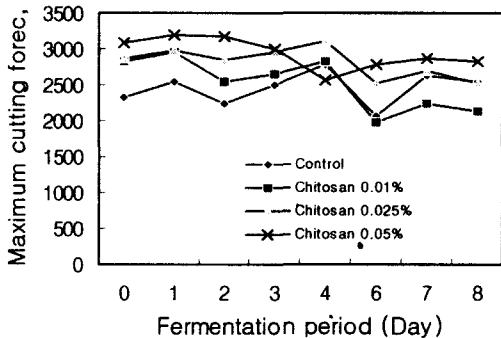


Fig. 6. Changes of maximum cutting force of texture in Kimchi samples during fermentation period.

Symbols are same as in Table 1.

N. 요약

본 연구는 키토산을 농도별로 배추김치에 첨가하여 제조한 후 배추김치의 발효 숙성 중 이화학적 특성 및 경도의 변화를 살펴보았다. 김치의 발효 숙성 중 pH 변화는 제조 당일에는 대조군이 5.80, 키토산 첨가 김치는 6.00~6.04였으며, 발효 숙성함에 따라 키토산 첨가 배추 김치의 pH 감소율은 완만하여 숙성되는 동안 전반적으로 높게 나타났고, 키토산 첨가 김치들이 대조군에 비해 더 높은 값을 나타내었다. 총산

도는 pH와는 반대로 증가하는 경향을 나타내었고, 대조군이 키토산 첨가 김치에 비해 더 높은 경향을 보였다. 담금 초기 김치의 염도는 2.02~2.15%로 발효 기간 중 약간 감소하였으나 숙성 기간 중 거의 변화가 없었다. 휘발성 산도는 김치 숙성 초기에 0.05~0.07%였고, 모든 시료에서 숙성됨에 따라 0.11~0.16%로 증가하다가 6일 이후에는 0.08~0.10%로 감소하였다. 환원당의 함량은 발효 숙성 1일에 가장 높았으며 발효 숙성함에 따라 감소하였고, 발효 4일부터 키토산 0.05% 첨가 김치가 대조군보다 오히려 더 빨리 환원당 함량이 감소하였다. 비타민 C는 발효 숙성 1일에 모든 김치가 급격하게 증가하여 가장 높았으며, 발효 초기에는 대조군보다 키토산 첨가 김치가 비타민 C 함량이 더 높았으나 숙성 3일 이후부터는 큰 차이를 보이지 않았다. 발효 8일에는 대조군이 9.3mg%, 키토산 첨가 김치가 10~14.3mg%로 더 높았다. 김치의 발효 숙성 중 조직 변화를 기계적으로 측정된 경도를 살펴보면 키토산 첨가 김치가 대조군보다 발효기간 동안 높았으며, 발효 3일까지는 키토산 첨가량에 따라 경도가 증가하는 경향이었으나 그 이후에는 첨가량에 따른 차이가 거의 없었으나 발효 숙성 전 기간동안 키토산 첨가 김치가 대조군보다 조직이 덜 물러지는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

양세식 (1986). 방사선 조사에 의한 김치 저장에 관한 연구. 원광대학교 대학원 석사학위논문
 주현규, 조광행, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조 (1995). 식품분석법, pp. 355-357, 유림출판사, 서울
 Ahn, S.C., Lee, G.J.(1995). Effects of Salt-Fermented Fish and Chitosan Addition on the Pectic Substance and the Texture Changes of Kimchi during Fermentation, *Korean J. Soc. Food Sci.*, 11(3) : 309-315
 AOAC. (1990). Official Method of Analysis, 15th ed. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC, USA
 Bough, W.A., Landes, D.R.(1976). Recovery and

- nutritional evaluation of proteinaceous solids separated from whey by coagulation with chitosan, *J. Dairy Sci.*, 59 : 874
- Cha, B.S., Kim, W.J., Byun, M.W., Kwon, J.H., Cho, H.O.(1989). Evaluation of Gamma Irradiation for Extending the Shelf Life of Kimchi, *Korean J. Sci. Technol.*, 21(1) : 109-119
- Cho, E.J., Park, K.Y., Rhee, S.H.(1997). Standardization of Ingredient Ratios of Chinese Cabbage Kimchi, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29(6) : 1228-1235
- Cho, H.R. : Antimicrobial activity and food preservative function of a low molecular weight chitosan (in Korean). *Ph. D. Thesis*, Pukyong National Fisheries Univ. Pusan, Korea (1989)
- Choi, M.Y., Choi, E.J., Lee, E., Cha, B.C., Park, H.J., Rhim, T.J.(1996). Effect of Pine Needle(*Pinus densiflora* Seib. et Zucc) Sap on Kimchi Fermentation, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 25(6) : 899-906
- Choi, S.Y., Kim, Y.B., Yoo, J.Y., Lee, I.S., Chung, K.S., Koo, Y.J.(1990). Effect of temperature and salts concentration of Kimchi manufacturing on storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22(6) : 707-710
- Chyun, J.H., Rhee, H.S.(1976). Studies on the Volatile Fatty Acids and Carbon Dioxide Productive in Different Kimchis, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 8(2) : 90-94
- Kang, K.O., Ku, K.H., Lee, H.J., Kim, W.J.(1991). Effect of Enzyme and Inorganic Salts Addition and Heat Treatment on Kimchi Fermentation, *Korean J. Sci. Technol.*, 23(2) : 183-187
- Kendra, D.F., Haewiger, L.A.(1984). Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisatin formation in *Pisum sativum*. *Exp. Mycol.*, 8 : 276
- Kienzle-Sterzer, C.A., Rodriguea-Sanchez, D., Rha, C.K.(1982). Mechanical properties of chitosan films : Effect of solvent acid, *Makromol. Chem.*, 183 : 1353
- Kim, K.O., Kang, H.J.(1994). Physicochemical properties of chitosans produced from shrimp shell under the different conditions and their influences on the properties of Kakdugi during storage. *Korean J. Dietary Culture*, 9(1) : 71-77
- Kim, K.O., Kim, W.H.(1994). Changes in Properties of Kimchi Prepared with Different Kinds and Levels of Salted and Fermented Seafoods during Fermentation, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26(3) : 324-330
- Kim, K.O., Moon, H.A., Jeon, D.W.(1995). The Effect of Low Molecular Weight Chitosans on the Characteristics of Kimchi during Fermentation, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 27(3) : 420-427
- Kim, S.D.(1985). Effect of pH Adjuster on the Fermentation of Kimchi, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 14(3) : 259-261
- Kim, W.J., Kang, K.O., Kyung, K.H., Shin, J.I.(1991). Addition of Salts and Their Mixtures for Improvement of Storage Stability of Kimchi. *Korean J. Sci. Technol.*, 23(2) : 188-191
- Knorr, D.(1984). Use of chitinous polymers in food - A challenge for food research and development. *Food Technol.*, 38 : 85
- Ku, K.H., Kang, K.O., Kim, W.J.(1988). Some quality changes during fermentation of Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 20(4) : 476-482
- Kuwahara Yuji, Nobuyuki Otsuka, Masatoshi Nanabe.(1988). Effects of Pectin, Pullulan, chitosan on Texture and Pectin components of Cucumber Pickles. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 35(11) : 776-782
- Lee, C.H., Hwang, I.J., Kim, J.K.(1988). Macro-and

- Microstructure of Chinese Cabbage Leaves and Their Texture Measurements, *Korean J. Sci. Technol.*, 20(6) : 742-750
- Lee, Y. H., Rhee, H.S.(1986). The Changes of Pectic Substances During the Fermentation of Kimchis, *Korean J. Soc. Food Sci.*, 2(1) : 54-59
- Mheen, T.I., Kwon, T.W.(1984). Effect of temperature and salt concentration of Kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 16(4) : 443-450
- Millers, G.L.(1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 31(3) : 426-431
- Moon, K.D., Byun, J.A., Kim, S.J., Han, D.S.(1995). Screening of Natural Preservatives to Inhibit Kimchi Fermentation. *Korean J. Sci. Technol.*, 27(2) : 257-263
- No, H.K., Lee, M.Y.(1995). Isolation of Chitin from Crab Shell Waste. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24(1) : 105-113
- No, H.K., Lee, M.H., Lee, M.S., Kim, S.D.(1992). Quality Evaluation of Korean Cabbage Kimchi by Instrumentally Measured Color Values of Kimchi Juice, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 21(2) : 163-170
- No, H.K., Park, I.K., Kim, S.D.(1995). Extension of Shelf-Life of Kimchi by Addition of Chitosan during Salting, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24(6) : 932-936
- Park, K.J., Woo, S.J.(1988). Effect of Na-Acetate, Na-Malate and K-Sorbate on the pH, Acidity and Sourness during Kimchi Fermentation, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 20(1) : 40-44
- Park, K.Y., Lee, K.I., Rhee, S.H.(1992). Inhibitory Effect of Green-Yellow Vegetables on the Mutagenicity in Salmonella Assay System and on the Growth of AZ-521. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 21(2): 149-153
- Park, B.H., Oh, B.Y., Cho, H.S.(2001). The Quality Characteristics of Kimchi Prepared with Salt-fermented Toha Jeot Juice, *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 17(6):625-633
- Rhee, H.S.(1995). The Measurement Methods of the Textural Characteristics of Fermented vegetables, *Korean J. Soc. Food Sci.*, 11(1) : 83-91
- Rhee, H.S., Lee, G.J.(1994). Effects of Preheating Treatment and Chitosan Addition on the Textural Properties of Korean Radish during Salting, *Koran J. Dietary Culture*, 9(1) : 53-59
- Ryu, B.M., Jeon, Y.S., Song, Y.S., Moon, G.S.(1996). Physicochemical and sensory characteristics of anchovy added Kimchi *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 25(4) : 460-469
- Yoo, E.J., Lim, H.S., Kim, J.M., Song, S.H., Choi, M.R.(1998). The Investigation of chitosanoligo-saccharide for Prolongating Fermentation Period of Kimchi, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27(5) : 869-874