

간절임중 깍뚜기용 무우 Cube의 이화학적인 변화

김중만 · 신미경* · 황호선

원광대학교 농과대학 농화학과, *가정대학 식품영양학과

Physico-chemical Changes of Radish Cubes for *Kakdugi* during Salting

Joong-Man Kim, Mi-Kyung Shin* and Ho-Sun Hwang

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture,

*Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Wonkwang University, Iri

Abstract

Physico-chemical changes caused by salting Korean radish cubes (for *Kakdugi*) with sodium chloride solution were investigated. Two-centimeter cubes of Korean radish were soaked in saline solution of 5, 10, 15, 20 and 25 percent concentration. Optimum salinity, 3% as determined by taste, was reached in six hours at 5% strength, two hours in 10%, one hour at 15% and within one hour at concentration of 15% plus. Radish cubes salted in 5, 10, 15, 20 and 25% sodium chloride solution in a cube/solution weight ratio of 1:1 decreased in volume from 7.6 to 11.2% after one hour, and from 11.2 to 17.9% after six hours. Decrease in moisture content was from 83.0 to 75.9% in one hour and from 74.5 to 68.5% after six hours. Potassium ion(K⁺), calcium ion(Ca²⁺) and magnesium ion(Mg²⁺) content was significantly decreased by salting, but sodium ion(Na⁺) content greatly increased. In addition, salting caused firmness of the cubes to decrease, and cell shapes to shrink by plasmolysis.

Key words: *Kakdugi*, radish salting, mineral loss, firmness

서 론

우리 고유의 전통식품인 김치는 그 종류가 다양하며⁽¹⁾, 독특한 맛과 향기 등⁽²⁻⁶⁾을 지닌 발효식품으로써 원료, 제조공정 및 보관조건 등에서 보면 과학성이 내재된 식품이라서 최근 김치가 국제적인 식품으로 관심이 빠른 속도로 높아가고 있다.

김치류에는 재료면에서 볼 때 배추를 주 원료로 한 배추김치, 무우를 주 원료로 한 무우김치와 깍뚜기, 그 외에 각종 채소와 산초 등을 원료로 한 김치가 있기도 하다. 이중 깍뚜기의 주 원료인 무우는 다른 야채류 보다 저장하기 쉽고 깍뚜기로 가공할 때 수세나 절단 등을 기계화⁽⁷⁾ 하기에 적합한 형태적 잇점이 있어서 무우의 가공적성은 배추보다 높다고 생각된다. 그리고 무우의 조직에는 섬유소와 펙틴질⁽⁸⁻¹⁰⁾, 각종 무기질과 소화효소⁽¹¹⁾ 및 셀레늄⁽¹²⁾ 등이 함유되어 있어 건강식품 재료로서 가치가

있다고 할 수 있으며 또한 methyl mercaptane이나 mustard oil과 같은 특유한 방향성분⁽¹¹⁾을 가지고 있다.

지금까지 깍뚜기나 이와 유사한 무우김치에 대한 연구로는 지⁽⁶⁾가 염도를 달리한 무우의 숙성기간에 따른 비휘발성 유기산의 함량변화를 정 등⁽⁸⁾이 무우김치의 숙성중에 일어나는 질감의 변화와 식이섬유의 함량변화를, 박⁽¹³⁾이 깍뚜기의 가공방법과 저장성에 관한 연구를, 김 등⁽¹⁴⁾이 깍뚜기 숙성에 미치는 감압 및 폴리에틸렌 필름 포장처리 효과에 관한 연구를, 그리고 서⁽¹⁵⁾는 깍뚜기의 성분변화를 보고한 바 있으나 간절임이 깍뚜기용 무우 cube의 이화학적 성질에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 무우 cube의 간절임 중에 일어나는 염도, 수분, 부피 및 무기물 함량과 조직변화 그리고 견고성 변화를 조사하여 그의 결과를 보고하는 바이다.

Corresponding author: Joong-Man Kim, Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Wonkwang University, Iri, Jeonbug, 570-749

재료 및 방법

재료

무우는 구고가 25~30cm, 구폭이 7~8cm, 구중이 1.0~1.5kg의 조선무우를 사용하였고, 소금은 (주) 한주제 99% 정제염을, 담금 용기는 살균한 표본병(1/들이)을 사용하였다.

간절임 조건

소금용액은 5, 10, 15, 20, 25%의 농도로 무우 cube는 껍질부위를 제거한 무우를 2×2×2cm 크기로 절단하여 만들었다. 무우 cube와 소금용액과의 담금 비율(g/ml)은 1:1이었고, 30분 마다 교반하여 주며 간절임 하였다. 이 때의 온도는 20±2°C 이었다.

수분 및 염도측정

수분은 Kett 적외선 수분 측정기를 사용하였고, 염도는 간절임한 시료의 표면수를 gauze로 제거한 후 Niesei homogennizer로 균질화 하여 10배(w/w) 희석액으로 만들어 SM-10 salt analyzer(Presto-Tek Co.)로 측정하였다. 표층과 내층의 염도측정시 시료 채취는 크기가 2cm인 무우 cube의 각 면을 0.5cm씩 절단한 것을 10배 희석액으로 만들어 표층의 염도를 측정하였으며 그의 나머지 부분을 10배 희석액으로 만들어 염도를 측정할 것을 내층의 염도로 하였다.

부피측정

부피는 간절임한 시료를 일정량의 물이 있는 mess cylinder에 넣은 후 증가된 물의 양을 측정하여 부피의 변화로 나타냈다.

K⁺, Na⁺, Ca²⁺ 및 Mg²⁺ 정량

무기물은 원자흡광법⁽¹⁶⁾에 따라 즉 생무우와 간절임한 시료를 잘게 썰어서 열풍건조한 후 2g씩 취하여 습식분해⁽¹⁷⁾하고 증발 건조시킨 다음 6N-HCl로 용출하여 최종 농도가 약 1N이 되게 100ml로 정용하고 그 여액을 원자흡광분석기(Perkin-Elmer Model 2380)로 정량하였다.

세포변화 관찰

생무우와 15% 염도에서 6시간 간절임한 무우 cube의 횡단면을 acetocarmin 염색액으로 염색한 후 현미경(Olympus, 400배율)으로 관찰하였다.

견고성 측정

견고성은 Rheometer(Fudoh NRM-2002-J, Japan)를 사용하여 전보⁽¹⁸⁾와 같은 조건에서 측정하였다.

결과 및 고찰

무우 cube의 염도변화

무우 cube를 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에 각각 간절임 하여 경시적인 염분 함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 1시간 간절임한 무우 cube의 염도는 각각 1.1, 2.2, 3.4, 6.5, 7.0%로 6시간 후의 염도는 각각 2.5, 5.4, 8.1, 10.4, 12.5%로 증가하였다. 이상에서 볼 때 간절임한 무우 cube의 염도는 소금용액의 염도가 높을 수록 염도 상승속도가 빨랐으며, 일정한 염도에서의 간절임한 무우 cube의 염도는 시간이 길 수록 높은 염도를 나타냈다. 이상의 결과는 무우 cube의 전체적인 염도를 측정할 것이나 실제 무우 cube의 염도는 간절임 과정중에 표층부위와 내층부위에서 차이가 생길 것으로 판단된다.

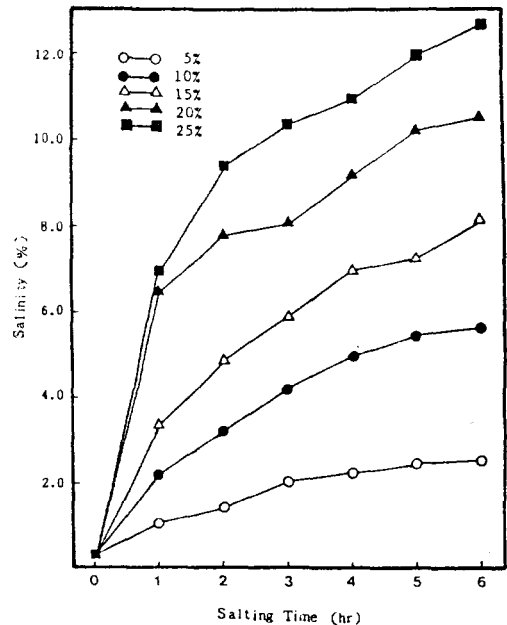


Fig. 1. Changes in salinity of Korean radish cubes during salting at various salinity.

표층과 내층의 염도변화

소금용액의 농도에 따른 경시적인 표층과 내층의 염도 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 1시간 간절임한 표층의 염도는 각각 1.4, 3.2, 4.7, 7.6, 9.8%로 내층은 각각 0.6, 0.9, 1.2, 2.6, 4.2%이었으며, 6시간 후에 표층의 염도는 각각 3.7, 6.5, 9.1, 12.0, 14.6%로, 내층은 각각 1.1, 2.8, 4.1, 5.5, 8.5%로 증가하였는데 소금용액의 농도가 높을 수록 표층과 내부층의 염도차는 컸다. 간절임 과정에서 무우 cube의 표층과 내부층의 염도가 균일하도록 조절하기란 어려운 일이기 때문에 cube의 전체적인 염도가 최적 염도인 3%⁽¹⁹⁾일 때 기준으로 판단하는 것이 좋을 것 같다. Fig. 1에서는 15%에서 1시간 일 때 약 3% 염도를 나타냈는데 실제로 이때 무우 cube의 표층과 내층의 염도는 각각 4.7%와 1.2%로써 이를 평균하였을 때 2.95%로 이 수치는 취식하기에 적당한 3% 염도와 거의 일치하였다.

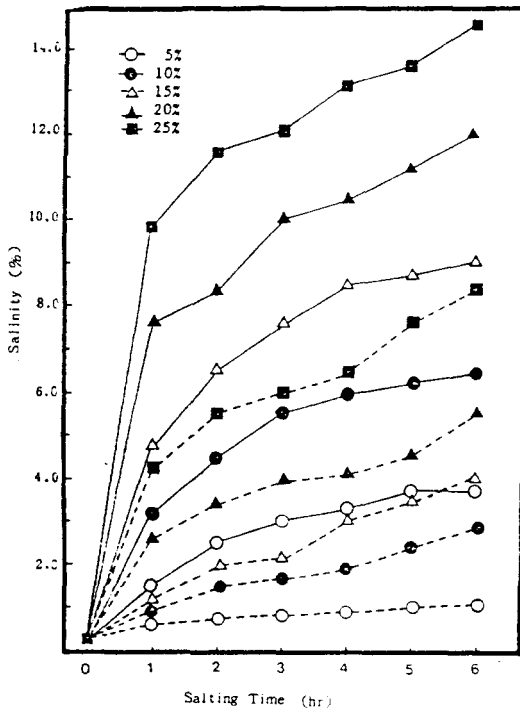


Fig. 2. Changes in salinity of surface layer and interior layer of Korean radish cubes during salting at various salinity(—: Surface layer,: Interior layer).

수분함량 변화

무우 cube를 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에 간절임 하면서 수분함량 변화를 조사한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 생무우의 경우에는 95%이었는데 간절임 1시간 후에 각각 83.0, 81.4, 79.0, 77.8, 75.9%로 급격히 감소되어 원래 수분함량 보다 각각 11.7, 15.4, 16.9, 18.2, 20.2% 감소하여 소금용액의 농도가 높을 수록 탈수량은 많았다. 또한 6시간 후에는 그 함량이 각 염도에서 각각 74.5, 72.3, 70.9, 70.0, 68.5%로 감소되어 원래 수분함량 보다 각각 21.6, 23.9, 25.4, 26.4, 27.9%가 감소하였다. 6시간 간절임 하는 동안 수분 감소량은 간절임 1시간 사이에 가장 많았다. 이상의 결과로 볼 때 간절임 공정은 무우 cube의 수분함량 감소에 분명한 영향을 주는 공정이라 할 수 있고, 이 결과는 무우 cube의 부피 감소화 형태변화 및 물성 등에 영향을 줄 것으로 예측된다.

무우 cube의 형태변화

간절임중 무우 cube의 형태를 육안적으로 관찰한 결과 Fig. 4와 같은 형태적 변화를 볼 수 있었다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 간절임 공정이 진행됨에 따라서 무우 cube 6면의 중심부위가 모두 오목(B)하게 수축되었다. 이와 같이 절단면 중심부가 오목하게 되는 경향은 무

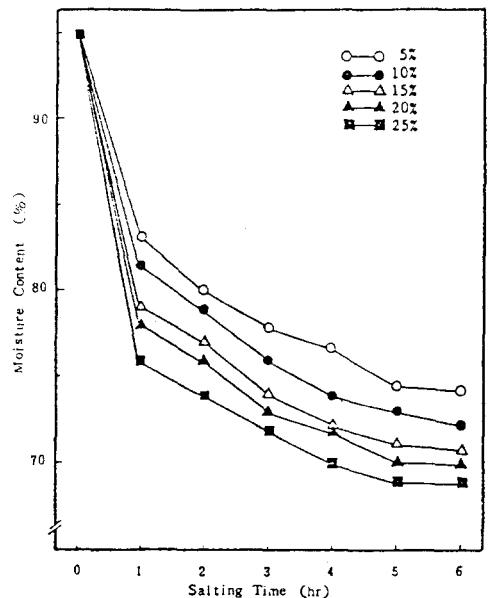


Fig. 3. Changes in moisture content of Korean radish cubes during salting at various salinity.

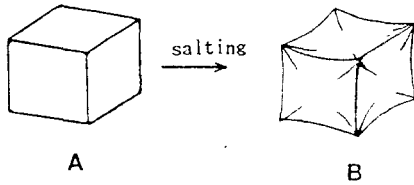


Fig. 4. Changes in Korean radish cubes shape during salting(A: Raw radish cube, B: Salted radish cube).

무우 cube가 기하학적인 중심점에서 각 표면에서의 거리가 다르고, 염분의 침투는 먼저, 표면에서부터 일어난 다음 점차 내부로 확산되어 가기 때문에 표면의 염도 증가와 수분 감소 속도는 빠른 반면 내층으로 갈수록 늦어져 표층과 내층의 수분함량 사이에 slope가 역시 있게 되는 등의 원인에 의해서 절단면 중심부가 오목하게 되는 경향을 나타낸다고 본다.

부피의 변화

무우 cube가 간절입 되는 동안 일어나는 중요한 변화는 탈수현상으로 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 무우 cube를 각각 간절입 하면서 경시적 용적 감소율을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서 보는 바와 같이 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 1시간 간절입한 경우 생무우 cube에 대한 부피는 각각 7.6, 8.5, 9.0, 9.8, 11.2%가 감소되었고 그 이후에도 점점 감소하여 6시간 후에는 각각 11.2, 12.4, 13.8, 14.0, 17.9%가 감소되었다. 이상의 결과에서 볼 때 부피의 감소는 같은 시간 조건에서 소금농도가 높을수록 빨랐고, 농도가 같은 경우 시간이 길어짐에 따라서 감소량이 컸다.

Table 1. Comparison in volume reduction rate of Korean radish cubes during salting at various salinity

Salting time(hr)	Salinity (%)				
	5	10	15	20	25
1	7.6	8.5	9.0	9.8	11.2
2	8.1	9.1	9.5	10.6	12.5
3	9.5	10.4	10.9	11.7	13.4
4	10.2	10.9	11.2	12.3	14.6
5	11.0	11.9	12.0	13.2	16.0
6	11.2	12.4	13.8	14.0	17.9

K⁺, Na⁺, Ca²⁺ 및 Mg²⁺ 함량변화

간절입 중에 상당량의 수분이 무우 cube로부터 탈수 (Fig. 3)되기 때문에 이 탈수 과정에서 무기물 함량변화가 일어날 것으로 보아 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 간절입 하면서 무우 cube중의 K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 함량을 경시적으로 조사한 결과는 각각 Fig. 5와 같다.

간절입 전 무우 cube의 K⁺ 함량은 235mg% 이었는데 5, 10, 15, 20, 25%에서 1시간 간절입한 후 각각 131, 120, 108, 98, 87mg%로 감소하였고 6시간 후에는 각각 105, 93, 76, 68, 63mg%로 감소하였다.

간절입 전 무우 cube의 Na⁺ 함량은 약 73mg% 이었으나 5, 10, 15, 20, 25%에서 1시간 간절입한 후에는 각각 815, 1084, 1110, 1182, 1207mg%로 증가하였고, 6시간 후에는 각각 1204, 1260, 1291, 1307, 1322mg%로 증가하였는데 소금용액의 농도가 높을수록 간절입한 무우 cube의 Na⁺ 함량은 빨리 증가하였다.

간절입 전 무우 cube의 Ca²⁺ 함량은 195mg% 이었으나 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 1시간 간절입한 후에는 각각 75, 63, 50, 45, 35mg%로 감소하였고, 6시간 후에는 각각 49, 40, 31, 28, 20mg%로 감소하였다.

간절입 전 무우 cube의 Mg²⁺ 함량은 45mg% 이었으나 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 1시간 간절입한 후에는 각각 32, 24, 21, 18, 17mg% 수준으로 감소하였고, 6시간 후에는 각각 10, 9, 8, 7, 6mg% 수준으로 감소하였다.

이상의 결과로 볼 때 무우 cube의 K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 함량은 Na⁺를 제외하고는 5%~25%의 소금용액에서 6시간 간절입 하는 동안 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺은 각각 63~105mg%, 20~49mg%, 6~10mg%로 감소하게 되었다. 이와 같이 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺의 감소와 Na⁺의 증가는 주로 간절입 1시간 이내에 일어났고, 그 이후부터는 완만하게 감소하였다. 이러한 경향은 Fig. 3에서 볼 수 있는 탈수경향과 비례적인 유관성을 볼 수 있다.

한편, Na⁺의 증가 역시 간절입 1시간내에 크게 일어났고 이후부터는 완만하게 증가하였는데 단위 시간내 염도 증가는 소금용액의 농도가 높을수록 컸다. 이와 같이 무우 cube가 간절입 됨으로써 무우 cube중의 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 함량은 감소한데 반하여 Na⁺ 함량이 증가되는 것은 Fig. 6의 pectin 구조 model에서 설명할 수 있다. Pectin의 carboxyl기에 결합된 K⁺이나 pectin chain 사이에 가교결합(cross-linkage)을 하고 있는 Ca²⁺과

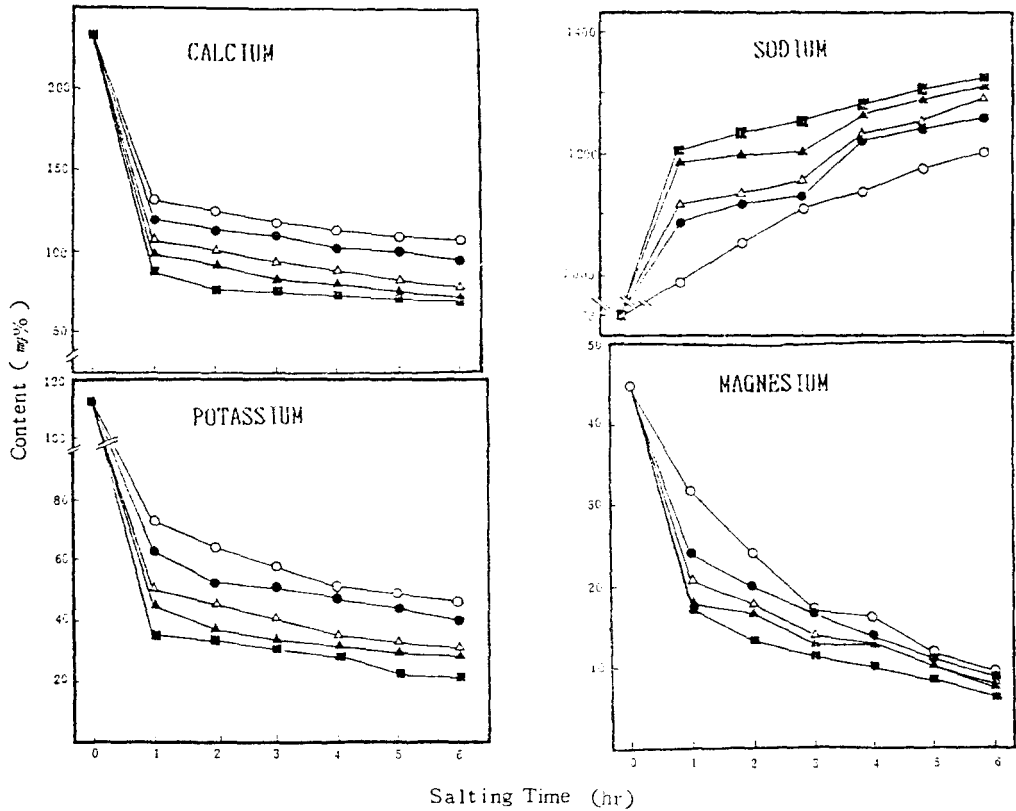


Fig. 5. Changes in content of potassium(K⁺), sodium(Na⁺), calcium(Ca²⁺) and magnesium(Mg²⁺) of Korean radish cubes during salting at various salinity. (○—○: 5%, ●—●: 10%, △—△: 15%, ▲—▲: 20%, ■—■: 25%)

Mg²⁺(A)은 간절임 용액의 강한 Na⁺ 강도로 인하여 Na⁺으로 치환되거나 Na⁺이 조직 내부로 침투되어 무우 cube 조직내의 K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 함량은 감소되는 반면에 Na⁺ 함량 변화(B)가 일어나기 때문으로 보인다. 이와 같은 추측은 과채류의 견고성과 관계가 있는 pectin 분자 내에 있는 Ca²⁺과 Mg²⁺은 소금용액중의 Na⁺과 치환된다는 사실^(20,21)과 일치하는 경향으로 본다. 이와 같은 결과로 무우 조직의 견고성은 감소하여 간절임 무우 cube는 생무우 cube 보다 유연성이 증가하고 이런 유연성은 탈수에도 유관하게 된다. 따라서 간절임 공정은 무우 cube 내의 유용한 무기물(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ 등)의 손실이 있긴 하나 무우 cube의 바람직한 물성 변화와 부피감소 및 쓴맛 제거 등과도 유관한 공정이라 생각된다.

세포의 형태변화

무우 cube가 간절임 되는 동안 Fig. 3에서 보는 바와

같이 탈수되고 또한 Fig. 4에서 보는 바와 같이 무우 cube 각 면의 중심부가 오목한 형태로 수축, 변형됨을 육안으로 확인할 수 있었다. 생무우 cube와 15%의 소금 용액에 6시간 간절임한 무우 cube의 조직을 검경하여 비교해 보았다.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 생무우(A)는 세포 내부의 수분이 충만되어 세포가 충실한 원형을 나타내지만 간절임한 무우 cube(B)는 세포 전체가 주그러져 있고, 세포 사이의 간격이 벌어져 있음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 간절임 하는 동안 소금용액의 높은 삼투압에 의해서 다량의 수분이 탈수되기 때문으로 생각된다.

경도변화

간절임 공정이 무우 cube의 물성변화에 영향을 주는 결과를 측정할 경우 여러 관점에서 평가될 수 있으나 본 실험에서는 무우 cube의 견고성(firmness)을 기계적으

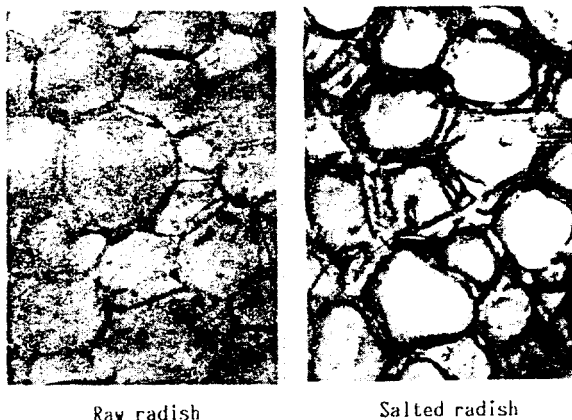
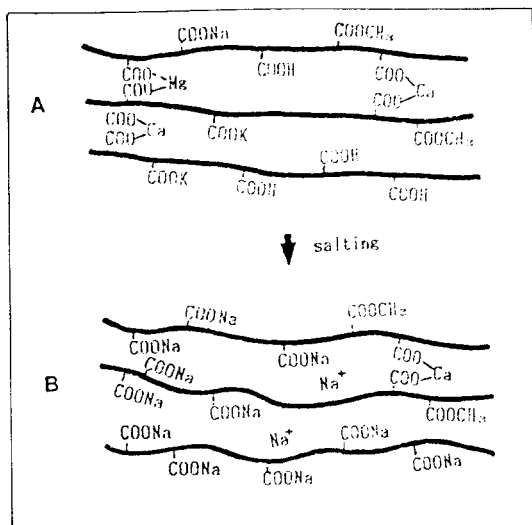


Fig. 7. Photomicrographs of the raw radish cube and the radish salted in sodium chloride solution(15%) for 6hr.

Fig. 6. Schematic diagram of changes of cross-linkage bonds between pectin chains during salting(A: Raw radish cube, B: Salted radish cube)

로 측정 비교하였다.

Fig 8에서 볼 수 있는 바와 같이 최고 견고성은 생무우 cube가 0.32kg이었으나 5, 10, 15, 20, 25% 소금용액에서 6시간 간절임한 경우 각각 0.38, 0.28, 0.23, 0.21, 0.20kg으로 5% 경우를 제외하고는 최고 peak 치가 생무우에 비하여 현저하게 낮아졌고 간절임한 무우 cube 중에서도 간절임시 소금용액의 농도에 비례적으로 낮아지는 경향을 볼 수 있

다. 한편, 생무우 cube의 경우는 peak 가 비교적 잔잔하게 나타났으나 간절임한 무우 cube의 경우는 plunger 진입 초기에 최고 peak를 나타냈다.

이와 같은 기계적인 경도변화는 간절임 무우 cube를 씹었을 때 생무우를 씹었을 때와는 달리 비교적 식감이 좋게 느껴지는 것과 관련한 것으로 볼 수 있다.

요 약

간절임 공정이 깎뚜기용 무우 cube의 이화학적인 성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 무우 cube(2cm³)

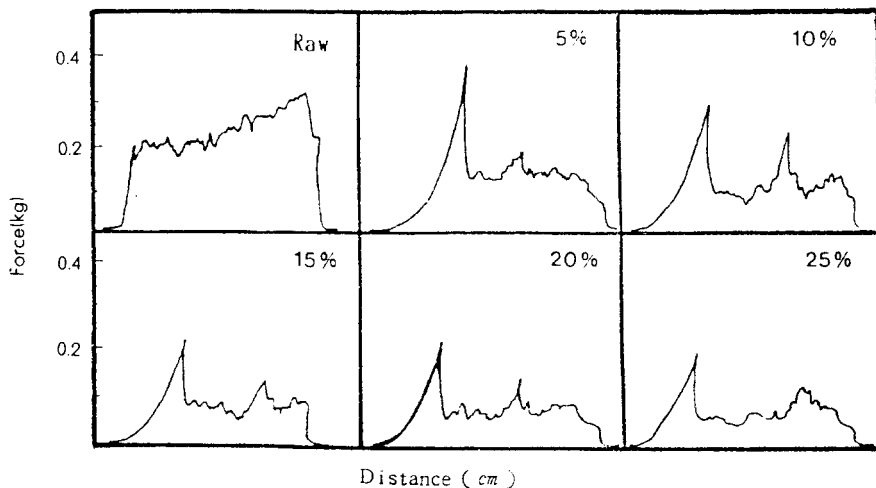


Fig. 8. Comparison in firmness curve of the Korean radish cubes salted at various salinity for 6hr.

를 5, 10, 15, 20, 25%의 소금용액에서 간절임(무우 cube : 소금용액=1:1w/w) 하는 동안 일어나는 염도, 수분함량, 형태, 부피, 무기물함량, 조직 및 경도변화를 조사하였다. 깎두기의 간에 맞는 최적 염도(3%)는 5%에서 6시간, 10%에서 2시간, 15%에서 1시간 그리고 15% 이상에서는 1시간 이내에 도달되었으나 표층의 염도와 내층의 염도에 차이가 있었다. 5~25%의 소금용액에서 간절임 된 무우 cube의 부피는 간절임 1시간 동안 원래 부피의 7.6~11.2%가, 6시간 동안에는 11.2~17.9%가 줄었다. 그리고 수분함량은 간절임 1시간 동안에 83.0~75.9% 수준으로, 6시간 후에는 74.5~68.5% 수준으로 감소되었다. 간절임중 무우 cube의 K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 함량은 소금용액의 농도(5~25%)에 따라서 간절임 1시간 내에 각각 87~131mg%, 35~75mg%, 17~32mg%로, 6시간 내에 각각 63~105mg%, 20~49mg%, 6~10mg% 정도로 감소한 반면 Na^+ 함량은 1시간 내에 815~1207mg%로, 6시간 이내에 1204~1307mg%로 증가되었다. 간절임에 의한 무우 cube의 세포는 수축되었고, 물성(견고성을 기준)은 무우 세포로부터 탈수와 가교결합형 Ca^{2+} 와 Mg^{2+} 용출로 인하여 전체적으로 크게 감소하였다.

감사의 글

이 연구는 1988년도 문교부 학술연구조성비 지원에 의해서 이루어진 연구로 저자들은 문교부에 심심한 사의를 표하는 바이다.

문 헌

- 조재선·황성연 : 김치류 및 절임류의 표준화에 관한 조사연구 (2), 한국식품과학회지, 3(3), 301(1988)
- 유재현·이해성·이해수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향기성분의 변화, 한국식품과학회지, 13(2), 134(1984)
- 이승교·김화자 : 절임 조건별 배추에 의한 김치의 숙성중 Riboflavin과 Ascorbic Acid의 함량변화, 한국영양식품과학회지, 13(2), 313(1984)
- 구경형·강근옥·김우정 : 김치 발효과정중 품질변화, 한국식품과학회지, 20(4), 476(1988)
- 허우덕·하재호·석호문·남영중·신동화 : 김치의 저장중 항미성분의 변화, 한국식품과학회지, 20(4), 511(1988)
- 지옥화 : 염도를 달리한 무우김치의 숙성기간에 따른 비휘발성 유기산의 변화, 충남대학교 석사학위논문, (1988)
- 박재영 : 깎두기 절단기, 실용신안공보, 제 419호(1979)
- 정귀화·이해수 : 숙성기간에 따른 무우김치의 텍스처와 섬유소, 헤미셀룰로스, 펙틴질의 함량변화, 한국조리과학회, 2(2), 68(1986)
- Kentaro, K., Mitsue, K. and Yaushiro, M. : Studies on the mechanism of petic substances changes in the salted radish root, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 29(8), 443(1982)
- Fuchigami, M. : Relationship between petic compositions and the softening of the texture of Japanese radish roots during cooking, *J. Food Science*, 52(5) 1317(1987)
- 조재선 : 신고식품 재료학, 문운당, 150(1987)
- Snook, J.T., Donna K., Palmquist, D.L., Delamy, J.P., Vivian, V.M., Maxon, A.L. : Selenium content of food purchased or produced in Ohio, *J. American Diabetic Association*, 87(6), 744(1987)
- 박상현 : 깎두기의 가공방법과 저장성에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문(1986)
- 김순봉·윤수홍·강명수·박남숙 : 깎두기의 숙성에 미치는 갑압 및 Polyethylene Film 포장처리효과, 한국식품과학회지, 15(1), 34(1986)
- 서정숙 : 깎두기의 성분변화에 대한 연구, 성신여자사범대학, 살림갈, 6, 150(1977)
- Jones, J.B. Jr. and Isaac, R.A. : Comparative elemental analysis of plant tissue by spark emission and atomic absorption spectroscopy, *Agron. J.*, 61, 393(1969)
- 정동효·장현기 : 식품분석, 진로연구소, 189(1979)
- 김중만·김인숙·양희천 : 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구, 한국영양식품과학회지, 16(2), 75(1987)
- 김단조 : Fermentation and preservation of Korean kimchi, Leeds 대학교 석사학위논문, 9(1967)
- Kentaro, K., Mitsue, K. and Yasuhiro, M. : Studies on the mechanism of changes in content of inorganic cations in crude cell wall polysaccharides and of increase of hot water soluble pectin during salting of radish root, *Nippon Shokuhin Gakkaishi*, 30(2), 94(1983)
- Kentaro, K., Mitsue, K. and Yasuhiro, M. : Changes of Na, Ca and Mg content in pectin fractions of radish root during soaking in sodium chloride solution, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 30(9), 483(1983)