KOREAN J. FOOD COOKERY SCI.
Vol. 26, No. 1, pp. 104 ~109 (2010)

배추 절임조건에 따른 Myrosinase 활성 및 Total Glucosinolates 함량 변화

황은선
전주대학교 가정교육과

Changes in Myrosinase Activity and Total Glucosinolate Levels in Korean Chinese Cabbages by Salting Conditions

Eun-Sun Hwang
Department of Home Education, Jeonju University

Abstract

Korean Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) is one of the major cruciferous vegetables. Cruciferous vegetables contain a series of relatively unique secondary metabolites of amino acids called glucosinolates. Although glucosinolates do not appear to be bioactive, they are hydrolyzed by plant myrosinase when the cells in plants are damaged, and release biologically active compounds such as isothiocyanates, nitriles, and thiocyanates. The objective of this study was to determine the myrosinase activity and total glucosinolate levels of Korean Chinese cabbages by different salting times (0, 12, 18, and 24 h) and salt concentrations (6, 10, 14%). The total water content, salt content, and pH of brined cabbages decreased with increasing salting time. The myrosinase activity as determined by a glucose kit, decreased with increasing salting time and salt content. The total glucosinolates were purified using an anion exchange column and measured by UV-visible spectrophotometer. The fresh Korean Chinese cabbages contained 25.38±1.45 μmol/g dry weight of glucosinolates. However, the total glucosinolates of brined cabbages decreased with increasing salting time and salt concentration. After 24 h of salting time, the total glucosinolates of brined cabbages rapidly decreased by 16.12±11.09, 11.25±10.91, 9.29±10.73 μmol/g in 6%, 10%, and 14% salt solution, respectively. Overall, the total glucosinolate levels of Korean Chinese cabbages were found to vary inversely with salting time and salt concentration.

Key words: Korean Chinese cabbage, total glucosinolates, myrosinase, salting time, salt concentration

I. 서 론

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)는 십자화과(Cruciferae)에 속하는 두해살이 잎줄기채소로, 우리나라, 중국, 일본 등에서 널리 재배 및 소비되고 있다(McNaughton SA와 Marks GC 2003). 배추는 채소의 특성상 신선한 상태로 장기간 보관하기 어렵고 저장기간이 증가할수록 품질저하가 나타나므로 다양한 김치 형태로 가공하여 소비하고 있다(Jung JI 등 2009). 배추의 품질은 품종, 재배 및 저장조건 등에 의해 영향을 받으며, 이는 배추를 이용한 김치 제조 시 품질에도 크게 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Lee IS 등 1994, Kim MJ 등 1998). 김치의 주된 재료는 배추이고, 제조공정은 크게 절임과정, 세척과정과 탈수과정을 거쳐 별도의 공정에서 제조된 양념과 합쳐진 후 발효과정을 거치는데, 이러한 과정 중에서 절임공정이 김치의 품질에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로 보고되어 있다(Lee KH 등 1991, Jo JS 2000, Lee MH 등 2002). 배추를 소금에 절이는 과정에서 소금의 역할은 매우 중요하다. 배추와 소금물이 접촉하면 배추 표피의 세포막의 주성분인 펙틴이 펙틴분해효소에 의하여 가수분해 되면서 세포막이 파괴되는데, 이러한 작용을 통해 수용성 물질인 비타민C, 당, glucosinolates를 포함한 황(sulfur) 함유 물질, 유리아미노산 등이 배추의 섬유질로부터 빠져 나온다(Lee MH 등 2002, Shim YH 등 2003). 또한, 소금은 호기성 미생물의 생육을 막고 젖산균의 생육을 도와 김치가 숙성될 수 있도록 하여 김치의 독특한 맛을 형성하도록 한다. 그러나 소금 절임시간이 길면 배추 조직의 손상도가 높아져 수분의 용출이 많

†Corresponding author: Eun-Sun Hwang, Department of Home Education, Jeonju University
Tel: 063-220-2202
Fax: 063-220-2053
E-mail: ehwang@jj.ac.kr

아지고 손실되는 수용성 영양분도 많아지게 되므로 절임 시간보다는 절일 때 넣는 소금의 양으로 절임정도를 조절하는 것이 바람직한 것으로 보고되어 있다(Lee MH 등 2002, Shim YH 등 2003).

배추에는 비타민 A, 카로틴, 비타민 B1, 비타민 C, 섬유질 등의 영양성분 뿐 아니라 독특한 생리활성 물질인 glucosinolates 가 함유되어 있다(Shim KH 등 1992). Glucosinolates는 황(sulfur) 함유 β-D-glucoside로써 cabbage, broccoli, Brussels sprouts 및 cauliflower 등과 같은 십자화과 채소에서 100여종이 확인되었으며, 그 중 20여종이 생리적인 활성을 지닌 것으로 보고되고 있다(Fenwick GR과 Mullin WJ 1983, Shim KH 등 1992). Glucosinolates를 함유한 채소를 섭취하면 채소의 조직이 파괴되면서 조직 속에 존재하는 효소인 myrosinase(thioglucoside glucohydrolase, EC 3.2.1.147)의 작용에 의하여 isothiocyanate, nitrile 및 thiocyanate와 같은 분해산물을 형성하고, 이들 분해산물이 십자화과 채소 특유의 자극적인 냄새 및 쓴맛 등을 낸다고 보고되고 있다(Fenwick GR과 Mullin WJ 1983, Stoewsand GS 1995). 아울러, 배추를 비롯한 십자화과 채소인 cabbage, broccoli, kale에 존재하는 indole-3-carbinol, sulforaphane, phenylisothiocyanate와 같은 glucosinolates 분해물질들에 대한 암예방 효능도 보고되고 있다(Hwang ES과 Lee HJ 2006, Clarke JD 등 2008, Hayes JD 등 2008). 최근 십자화과 채소에 존재하는 glucosinolates의 분해물질들에 대한 여러 가지 약리적, 생리적 활성이 많은 관심과 연구가 집중되고 있다.

외국의 경우, 십자화과 채소의 다양한 섭취형태 및 다양한 가공방법(삶기, 찜, 볶기, 전자레인지 조리 등)에 따른 glucosinolates와 생리활성을 지닌 분해물질 함량변화에 대한 연구가 진행되고 있다(Gliszczyńska-Swigło A 등 2006, Rungapamestry V 등 2006, Fuller Z 등 2007, Song L 등 2007, Volden J 등 2008). Volden J 등(2008)은 white cabbage를 끓는 물에 2분간 삶을 경우 총 glucosinolates의 56%가 감소하고 8～12분간 장시간 삶을 경우에는 약 70%가 감소함을 보고하였다. 또한, Gliszczyńska-Swigło A 등(2006)은 전자레인지를 이용하여 브로콜리를 가열할 때, 조리시간이 길어지고 물의 함량이 많아질수록 glucosinolates의 손실이 많아짐을 보고하였다. Song L 등(2007)은 broccoli, Brussels sprouts, cauliflower와 cabbage 실온과 냉장온도에서 7일 동안 보관하면서 glucosinolates 함량을 조사하였는데, 시간이 경과함에 따라 9～26%의 glucosinolates가 손실된다고 보고하였다. 또한, cabbage를 작은 크기로 채를 썰어 보관할 경우 glucosinolate 손실은 6시간 이내에 75%까지 급격히 증가하였다. 스팀, 전자레인지, 기름을 넣고 조리할 경우, glucosinolates의 손실은 거의 나타나지 않았으나 물을 넣고 조리할 경우, 손실은 눈에 띄게 증가함을 확인하였다. 십자화과 채소의 조리 및 가공과정에서 수용성인 glucosinolates와 그 가수분해 산물들이 물속에 용출되어 채소내의 glucosinolates 함량이 감소하는 것으로 보고되고 있다.

반면 국내에서는 십자화과 채소(배추, 양배추, 무, 케일, 겨자)의 저장온도와 건조방법, 저장기간에 따른 총 glucosinolates 함량변화에 관한 연구(Shim KH 등 1992)와 배추김치의 저장조건에 따른 총 glucosinolates 함량변화에 관한 연구(Jung JI 등 2009) 등이 보고되고 있다. 그러나 국내외 모두 김치 제조에 있어 가장 중요한 과정인 절임조건에 따른 glucosinolates의 변화에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 배추의 절임조건(소금농도와 절임시간)에 따른 myrosinase 활성 및 total glucosinolates 함량의 변화를 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용된 배추는 여름 결구배추(품종 : '노랑여름배추')로서 강원도 태백에서 재배된 중량 2 kg 내외의 것을 선별하여 사용하였다. 소금은 천일염(염도 80% : (주)동양소금)을 사용하였다. 실험에 사용된 시약은 Juncei chemical Co., Ltd.(Japan)에서 구입하였고, resin(Dowex 1×2-100)은 Alfa Aesar, A Johnson Matthey company(England)에서, Glucose(HK) assay kit은 Sigma-Ardrich(USA)에서 구입하여 사용하였다.

2. 배추의 절임공정

원료배추를 24시간 동안 4℃에서 예냉한 뒤 불가식 부위를 제거하고 절임에 사용하였다. 절임은 배추를 세로로 4등분하여 소금농도(6, 10, 14%) 및 절임시간(12, 18, 24시간)으로 달리하여 절임 한 뒤 배추무게와 동량의 물에 3회 세척하고, 절단면을 밑으로 채반에 얹어 18시간을 탈수하였다. 절임조건에 따라 절여진 배추를 채취하여 수분, 염도, pH, myrosinase 활성 및 total glucosinolate 함량을 측정하였다.

3. 수분, 염도 및 pH 측정

수분함량은 105℃ 상압건조법으로 2 g 정도의 시료를 취하여 105℃의 drying oven에서 수분을 제거한 후 칭량하여 수분 함량을 산출하였다. 염도 및 pH는 처리군별 시료 25 g을 분쇄한 뒤 4겹의 거즈로 여과한 후 여과액을 취하여 각각 염도계(SS-31A, SEKISUI, Japan)와 pH meter(Orion Model SA520, Japan)로 측정하였다.

4. 조효소 제조

Myrosinase는 아세톤 침전법(Kim YK와 Kim GH 2003)을 이용하여 십자화과 채소 중에서 다량 존재하고 추출

이 용이한 무에서 조효소를 추출하였다. 4℃에서 24시간 예냉시킨 무를 분쇄기(Buwon BW-3000, Korea)로 마쇄한 후 -20℃로 냉각시킨 60% 아세톤을 여과액의 1.5배가 되도록 가한 후 5분간 방치하여 crude myrosinase를 침전시켰다. 방치 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(4℃)를 한 후 상층액을 제거하고 침전물을 동결건조 하였다. 침전물은 동결건조 후 분말형태로 분쇄하였으며, -70℃에서 냉동보관 하면서 total glucosinolates 함량 분석에 사용하였다.

5. Myrosinase 활성 측정

Myrosinase activity는 Al-Turki AI와 Dick WA의 방법(2003)을 이용하여 측정하였다. 동결 건조된 시료와 증류수를 1:90의 비율로 혼합한 후 12,000 rpm에서 20분간 원심분리(4℃)하였다. 추출물의 상등액 100 μL, 1 M 인산완충액(pH 6.0) 50 μL, 45 mM sinigrin 100 μL, 증류수 350 μL을 각각 넣고 37℃에서 1시간 반응시킨 후, glucose(HK) kit을 사용하여 myrosinase 활성을 측정하였다. 효소의 활성은 기질인 sinigrin으로부터 방출되는 glucose의 양으로 나타내었다.

6. Total glucosinolates 시료 제조

처리군별 절임배추를 무작위로 50 g씩 채취한 후, 80~90℃로 가열한 80% 에탄올 100 mL를 첨가하였다. 15분 동안 95℃에서 환류 추출한 것을 여과하고, 80~90℃로 가열한 80% 에탄올 100 mL을 첨가하여 재추출 및 여과한 여액을 합하여 40℃에서 감압농축(EYELA, Tokyo, Japan)하였다. 약 50 mL 정도로 농축한 추출액을 3000 rpm에서 15분간 원심분리(4℃)하고, 25 mL의 상층액을 이온교환 컬럼(ion exchange column)에 통과시켜 glucosinolate를 분리하였다. 시료를 모두 통과시킨 뒤 시료 양의 3배 정도의 증류수를 통과시켜 glucosinolate 이외의 성분을 제거하였으며, H_2SO_4 1 mL와 5% Naphtol 한 방울을 반응시켜 확인하였다. Crude myrosinase 50 mg, 10 mM ascorbic acid 1 mL, 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0) 5 mL을 첨가하여 실온(20℃)에서 18시간 이상 교반하면서 반응시킨 후 혼합물은 3,000 rpm에서 15분간 원심분리(4℃)한 후, 상층액을 total glucosinolates 함량 분석에 사용하였다.

7. Total glucosinolates 함량 분석

Total glucosinolates 함량은 Thymol 방법(Brzezinski W와 Mendelewski P 1984)을 이용하여 분석하였다. 추출한 시료 50 μL, 1% thymol regent 1 mL와 77% H_2SO_4 7 mL를 혼합한 뒤 95℃에서 35분간 반응시킨 뒤 505 nm에서 UV-visible spectrophotometer(Genesis 10vis, USA)로 측정하였다. 정량분석을 위한 표준시약으로 glucose을 이용하였으며 0, 20, 40, 60, 80, 100 μg/mL의 농도로 제조하여 표준곡선을 작성하였다. Total glucosinolates 함량은 수분함량을 고려하여 계산하였으며, μmol/g dry weight으로 나타내었다.

8. 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 SPSS software package (Version 17.0)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 t-test를 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수분함량

원료배추 절임에 사용한 소금 농도에 따른 수분함량을 Fig. 1에 나타내었다. 절임시간이 경과함에 따라 수분함량은 감소하는 것으로 나타났다. 절임 전 배추의 수분함량은 94.4%로 측정되었으나, 절임시간이 경과함에 따라 93%까지 감소하였다. 또한, 절임 시 사용한 소금의 농도가 증가할수록 배추 내 수분함량의 감소도 증가하는 것으로 나타났다. 10%와 14%의 소금 농도에서 24시간이 경과한 후의 수분함량은 각각 91.2와 89.2%로 나타났다. 이는 삼투압에 의하여 조직액의 용출 및 소금의 침투로 나타나는 현상으로 절임배추 특유의 조직감과도 관련이 있는 것으로 판단된다. Lee MH 등(2002)은 배추를 절일 때 사용하는 소금의 농도가 증가할수록 세포 외

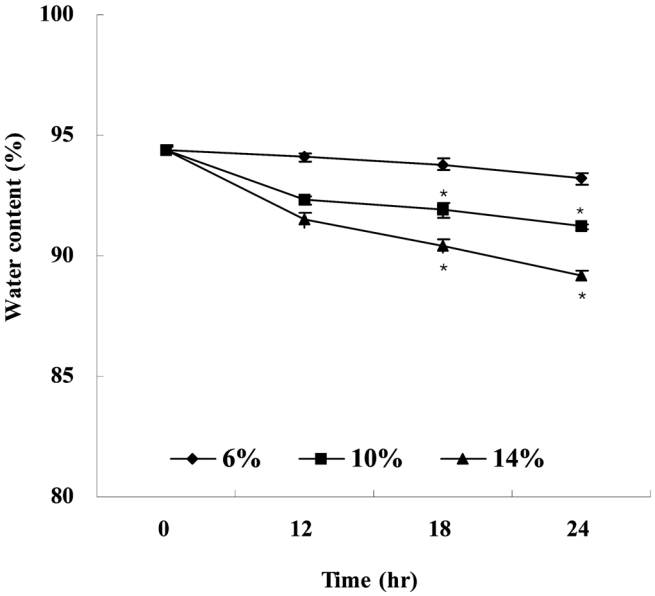

Fig. 1. Water content in brined Korean Chinese cabbage during salting time in 6, 10, and 14% salt solution. Each value is the mean in triplicate.

부의 삼투압이 높아 세포내의 수분이 탈수되면서 원형질 분리와 원형질막 파괴에 따라 세포내액이 용액 중으로 급속히 유실되므로 급격한 중량감소가 나타나는 것으로 보고하고 있다.

2. 염도의 변화

절임 소금의 농도별 시간에 따른 배추의 염분 함량의 변화는 Fig. 2와 같다. 절임 시간이 경과함에 따라 6% 소금 농도에서는 통계적으로 유의적인 변화는 관찰되지 않았으나, 소금 농도가 10% 14%에서는 절임에 사용했던 초기 염분 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 10% 소금 농도에서는 절임 24시간 경과 후에 8.8%까지 감소하였고, 14%의 소금을 사용한 경우에는 10.5%까지 감소하였다. 이는 염분 농도가 비교적 적은 6%에서는 삼투압의 변화가 적게 일어나 배추로 부터의 소금 유출이 그리 많지 않아 비교적 일정한 염분 농도를 유지하는 반면에, 소금의 농도를 증가시키면 절임과정 중에 배추의 삼투압에 변화가 일어나 배추에서 유출된 수분으로 초기에 사용한 소금의 염도보다 감소하는 것으로 판단되었다. Shim YH 등(2003)의 연구에서도 절임 시간에이 증가함에 따라 소금의 삼투작용으로 인하여 배추에서 수분이 빠져 나오고, 소금은 배추 세포 안으로 확산되어 염도가 낮아지는 것으로 보고되고 있다.

3. pH 측정

절임 소금 농도별 절임시간에 따른 배추의 pH 변화는 Fig. 3과 같다. 절임 전 신선한 배추의 pH는 약 알칼리(pH 7.8～8.2)에서 절임시간이 경과할수록 점차로 낮아지는 것으로 나타났다. 6%의 소금 농도에서는 12, 18, 24시간이 경과함에 따라 pH는 각각 5.9, 5.6, 5.5까지 감소하였다. 또한, 14%의 소금 농도에서는 초기 pH가 8.2에서 24시간이 경과함에 따라 pH가 5.7까지 감소하였다. 이는 절임 과정 중에 배추에 존재하는 유기산이 용출 및 초기 발효에 의해 pH가 감소했을 것으로 판단된다. 본 실험의 결과는 선행 연구(Choi MY 등 1996, Shim YH 등 2003)에서 김치 제조시 절임배추의 pH가 저장 4시간째부터 급격한 감소를 보이며, 저장 시간이 경과함에 따라 pH 6.0 이하로 감소하는 것과 유사한 것으로 나타났다.

4. Myrosinase 활성

절임 소금의 농도와 시간에 따른 myrosinase 활성의 변화는 Fig. 4와 같다. 절임 전 신선한 배추에 함유된 myrosinase 활성을 측정한 결과 10.17±10.30 mg glucose/mL을 나타냈다. 절임시간이 경과할수록 myrosinase 활성이 점차로 감소하여 6% 소금 농도에서 12, 18, 24시간 경과함에 따라 효소활성은 7.05±0.52, 5.60±0.83, 2.87±0.30 mg glucose/mL까지 감소하였다. 또한 절임에 사용한 소금의 농도가 증가할수록 효소활성은 더 많이 감소하여 24시간 경과 후 10%, 14%의 소금 농도에서 각각 1.72±0.50, 1.61±0.54 mg glucose/mL의 효소활성을 나타냈다.

Kang KS 등(1995)은 배추에서 정제한 myrosinase가 pH 6.5～7.0에서 최적 활성을 나타내고, pH가 이보다 감소하거나 증가할 경우, 효소활성이 급격히 감소함을 확인하였다. 따라서 배추의 절임시간이 길어지고 사용한 소금의 농도가 증가할수록 pH가 감소하여(Fig. 3) myrosinase의 최적 활성을 나타내는 pH 범위를 벗어나게 되어 효소활성이 급격히 감소하는 것으로 판단된다. 한편, 소금

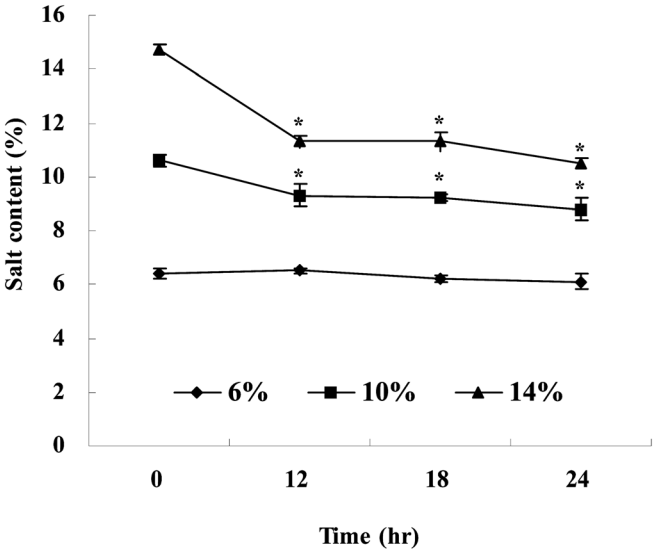

Fig. 2. Salt content in brined Korean Chinese cabbage during salting time in 6, 10, and 14% salt solution. Each value is the mean in triplicate.

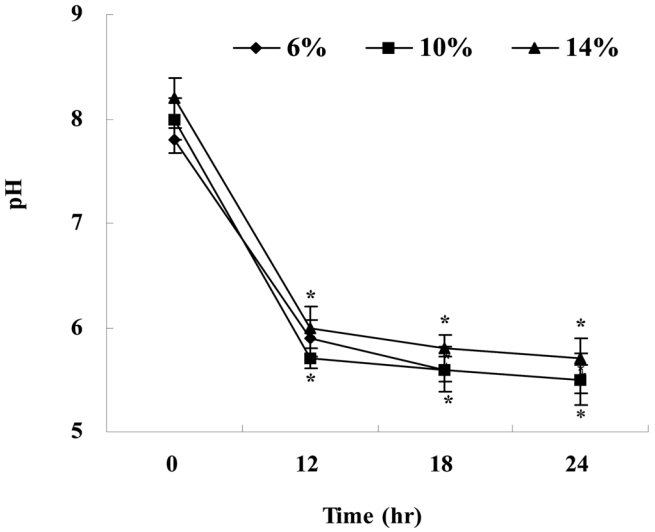

Fig. 3. pH in brined Korean Chinese cabbage during salting time in 6, 10, and 14% salt solution. Each value is the mean in triplicate.

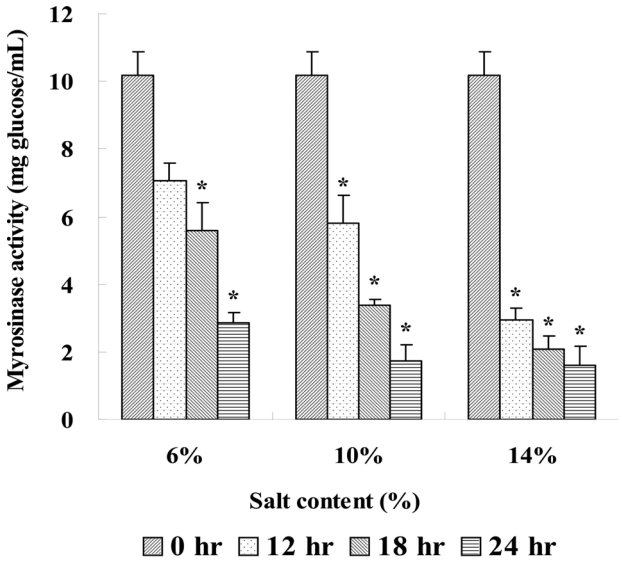

Fig. 4. Myrosinase activity in brined Korean Chinese cabbage during salting time in 6, 10 and 14% salt solution. Each value is the mean in triplicate.

이 효소활성을 저해시킬 가능성도 배제할 수는 없으나, Kang KS 등(1995)은 배추에 존재하는 myrosinase에 대한 무기염의 영향을 측정한 결과, 나트륨 이온은 대조구에 비해 myrosinase의 상대활성을 높였으며, myrosinase 정제과정에 용출액으로 사용한 염화나트륨은 효소활성에 큰 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 따라서 소금이 myrosinase 활성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 좀 더 심도 있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

5. Total glucosinolates 분석

절임 소금의 농도와 시간에 따른 total glucosinolates 함량의 변화는 Fig. 5와 같다. 절임 전 배추의 total glucosinolates 함량은 건조 중량으로 환산하여 25.38±1.45 μmol/g을 보였다. 절임 시간이 경과함에 따라 total glucosinolates 함량은 감소하여 6%, 10%, 14%의 소금 농도에서 24시간 경과 후에는 16.12±11.09, 11.25±10.91, 9.29±10.73 μmol/g까지 급격히 감소하였다. 또한, 절임에 사용한 소금의 농도가 증가함에 따라 total glucosinolates의 함량도 더 많이 감소함을 확인하였다. 염도가 높을수록, 절임시간이 증가할수록 glucosinolates 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 배추와 소금물이 접촉하면서 배추의 세포막이 파괴되고 세포 내에 있는 myrosinase의 작용에 의해 glucosinolates가 가수분해 되어 다양한 분해산물을 형성하는 것으로 판단된다. 이러한 변화는 절임공정에서 물리적 절단, 삼투압 현상으로 인한 조직의 손상, pH 변화 등에 의하여 glucosinolates가 가수분해 과정을 거쳐 분해산물을 생산하는 것으로 판단된다.

신선한 배추에는 함황 화합물인 glucosinolates로 인하여 특유의 맵고 아린 맛 성분을 가지고 있는데, 소금에 배추를 절임으로써 배추 특유의 아린 맛을 감소시키고 삼투압에 의한 수분 감소로 저장성을 향상시키기 위한 목적으로 사용된다(Jung JI 등 2009). 아울러, total glucosinolates 함량 감소는 절임에 따른 pH 저하로 인한 myrosinase 활성도 감소와 깊은 연관성이 있는 것으로 사료된다. 절임 시간이 경과함에 따라 배추에 함유된 total glucosinolates가 감소하는 반면, myrosinase 작용에 의해 생성된 가수분해 물질인 isothiocyanates는 증가할 것으로 판단된다. 향후에는 배추를 소금에 절임에 따라 glucosinolate가 어떤 물질로 분해되는지에 관한 좀 더 세밀한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

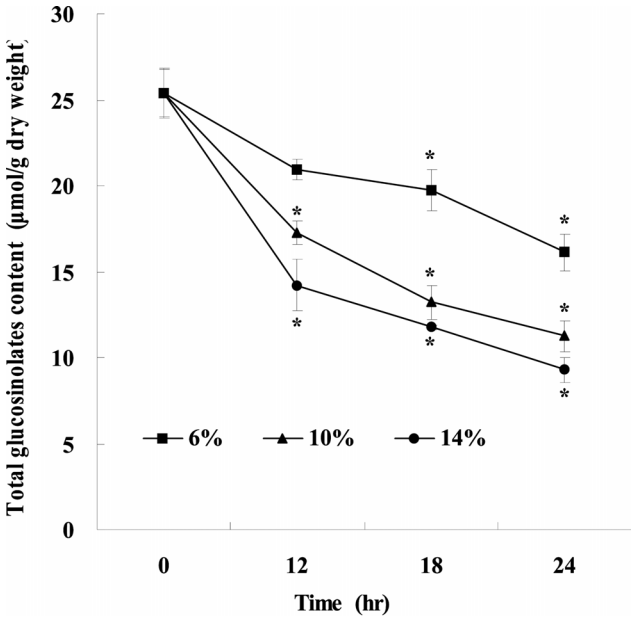

Fig. 5. Total glucosinolate levels in brined Korean Chinese cabbage during salting time in 6, 10 and 14% salt solution. Each value is the mean in triplicate.

IV. 요 약

배추의 절임조건에 따른 수분함량, 염도 및 pH 변화를 측정하였다. 절임에 사용한 소금의 농도가 높고 절임시간이 증가할수록 배추의 수분 함량은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 삼투압에 의하여 조직액의 용출 및 소금의 침투로 나타나는 현상으로 절임배추 특유의 조직감과 관련이 있는 것으로 판단된다. 염분 농도가 비교적 적은 6%에서는 삼투압의 변화가 비교적 적게 일어나 비교적 일정한 염분 농도를 유지하는 반면에, 소금의 농도를 증가시키면 절임과정 중에 배추의 삼투압에 변화가 일어나 배추에서 유출된 수분으로 초기에 사용한 소금의 염도보다 감소하였다. 절임 전 신선한 배추의 pH는 약알칼리(pH 7.8~8.2)에서 절임시간이 경과할수록 점차로

낮아지는 것으로 나타났다. 이는 절임 과정 중에 배추에 존재하는 유기산이 용출 및 초기 발효에 의해 pH가 감소했을 것으로 판단된다. 절임시간이 경과할수록, 절임에 사용한 소금의 농도가 증가할수록 myrosinase 활성이 점차로 감소하였다. 배추의 절임시간이 길어지고 사용한 소금의 농도가 증가할수록 pH가 감소하는 것은 myrosinase의 최적 활성을 나타내는 pH 범위를 벗어나게 되어 효소활성이 급격히 감소하는 것으로 판단된다. 절임에 사용한 소금의 농도와 절임시간이 증가함에 따라 total glucosinolates의 함량도 더 많이 감소함을 확인하였다. 이는 배추와 소금물이 접촉하면서 배추의 세포막이 파괴되고 세포 내에 있는 myrosinase의 작용에 의해 glucosinolates가 가수분해 되어 다양한 분해산물을 형성하는 것으로 판단된다. 이러한 변화는 절임공정에서 물리적 절단, 삼투압 현상으로 인한 조직의 손상, pH 변화 등에 의하여 glucosinolates가 가수분해 과정을 거쳐 분해산물을 생산하는 것으로 판단된다.

참고문헌

Al-Turki AI, Dick WA. 2003. Myrosinase activity in soil. Soil Sci Soc Am J 67(1):139-145

Brzezinski W, Medelewski P. 1984. Determination of total glucosinolate content in rapeseed meal with thymol reagent. Z Pflanzenzuchtg 93:177-183

Choi MY, Choi EJ, Cha BC, Park HJ, Rhim TJ. 1996. Effect of pine needle (pinus densiflora Seib et Zucc) sap on kimchi fermentation. J Korean Soc Food Nutr 25(6):899-906

Clarke JD, Dashwood RH, Ho E. 2008. Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane. Cancer Lett 269(2):291-304

Fenwick, GR, Mullin WJ. 1983. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. Food Sci Nutr 18(2):123-201

Fuller Z, Louis P, Mihajlovski A, Rungapamestry V, Ratcliffe B, Duncan AJ. 2007. Influence of cabbage processing methods and prebiotic manipulation of colonic microflora on glucosinolate breakdown in man. Br J Nutr 98(2):364-372

Gliszczyńska-Swigło A, Ciska E, Pawlak-Lemańska K, Chmielewski J, Borkowski T, Tyrakowska B. 2006. Changes in the content of health-promoting compounds and antioxidant activity of broccoli after domestic processing. Food Addit Contam 23(11):1088-1098

Hayes JD, Kelleher MO, Eggleston IM. 2008. The cancer chemopreventive actions of phytochemicals derived from glucosinolates. Eur J Nutr 47(suppl 2):73-88

Hwang ES, Lee HJ. 2006. Phenylethyl isothiocyanate and its N-acetylcysteine conjugate suppress the metastasis of SK-Hep1 human hepatoma cells. J Nutr Biochem 17(12):837-846

Jo JS. 2000. The study of kimchi. Yurim Munhwasa, Seoul, Korea.

Jung JI, Hong EY, Kim MK, Jung JW, Oh, JY, Kwon MS, Lee KP, Kim GH. 2009. Changes in total glucosinolates levels and physico-chemical properties of Kimchi using Korean Chinese cabbage of harvest time according to various storage condition. Korean J Food Preserv 16(5):612-617

Kang KS, Seo KI, Shim KH. 1995. Purification and enzymatic characteristics of myrosinase from Korean cabbage. J Korean Soc Food Nutr 24(4):563-569

Kim MJ, Hong GH, Chung DS, Kim YB. 1998. Quality comparison of Kimchi made from different cultivars of Chinese cabbage. Kor J Food Sci Technol 39(5):528-532

Kim YK, Kim GH. 2003. Changes in 3-butenyl isothiocyanate and total glucosinolates of seeds and young seedlings during growth of Korean Chinese cabbages. Korean J Food Preserv 10(3):365-369

Lee KH, Cho HY, Pyun YR. 1991. Kinetic modelling for the prediction of shelf-life of Kimchi based on total acidity as a quality index. Korean J Food Sci Technol 23:306-310

Lee MH, Lee GD, Son KJ, Yoon SR, Kim JS, Kwon JH. 2002. Changes in organoleptic and rheological properties of Chinese cabbage with salting condition. J Korean Soc Food Sci Nutr 31(3):417-422

Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH. 1994. Change in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. Kor J Food Sci Technol 26(3):239-245

McNaughton SA, Marks GC. 2003. Development of food composition database for the estimation of dietary intakes of glucosinolates, the biologically active constituents of cruciferous vegetables. Br J Nurt 90(3):687-697

Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B. 2006. Changes in glucosinolate concentrations, myrosinase activity, and production of metabolites of glucosinolates in cabbage (Brassica oleracea Var. capitata) cooked for different durations. J Agric Food Chem 54(2):7628-7634

Shim YH, Ahn GJ, Yoo CH. 2003. Characterization of salted Chinese cabbage in relation to salt content, temperature and time. Korean J Soc Food Cookery Sci 19(2):210-215

Shim KH, Sung NK, Kang KS, Ahn CW, Seo KI. 1992. Analysis of glucosinolates and the change of contents during processing and storage in cruciferous vegetables. J Korean Soc Food Nutr 21(1):43-48

Song L, Thornalley PJ. 2007. Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. Food Chem Toxicol 45(2):216-224

Stoewsand GS. 1995. Bioactive organosulfur phytochemicals in Brassica oleracea vegetables: a review. Food Chem Toxicol 33(6):537-543

Volden J, Wicklund T, Verkerk R, Dekker M. 2008. Kinetics of changes in glucosinolate concentrations during long-term cooking of white cabbage (Brassica oleracea L. ssp. capitata f. alba). J Agric Food Chem 56(6):2068-2073

2009년 12월 8일 접수; 2010년 2월 10일 심사(수정); 2010년 2월 10일 채택