한국산학기술학회논문지
Vol. 8, No. 1, pp. 151-155, 2007

천연 갈변방지제를 이용한 최소가공 사과 절편 개발

손석민[1*]

Natural antibrowning treatments on fresh-cut apple slices

Seok-Min Son[1*]

요 약 사과 절편에 레몬, 귤, 오렌지, 파인애플 그리고 루바브 주스로 전 처리한 후 4℃에서 저장하면서 갈변억제 효과를 측정한 결과 루바브 주스로 처리한 경우 L값 (0.47) 및 E값의(1.8) 변화가 매우 낮아 처리구 중에 가장 우수한 갈변 억제 효과를 보였다. 루바브 주스의 갈변 억제력은 원액을 2배 희석하더라도 저장 6일 정도까지 효과적으로 갈변이 억제되었다. 투과성 (4㎛ LDPE) 및 차단성 포장재(65㎛ Nylon/PE 복합필름)에 따른 사과 절편의 갈변 억제 효과는 최대 저장 기간 7일 동안 갈변 억제력의 유의성 차이를 볼 수 없었다. 기체조성을 달리하여 포장한 경우에는 진공감압 (0.1atm) 및 고산소(70% O_2) 포장보다는 질소 충진 (100% N_2) 포장의 경우가 갈변억제력이 뛰어났다.

Abstract A comprehensive study to evaluate the relative antibrowning activity of 5 known natural juices was conducted. Among the juices tested, rhubarb juice showed the highest inhibitory activity on apple browning (△L=0.47 & △E=1.8 after 6 storage days at 4℃). Even 50% diluted rhubarb juice was very effective in controlling apple discoloration, showing very limited change in Hunter's L and E values. No significant difference in apple slices browning was observed with respect to the packaging material (LDPE or Nylon/PE). However, gas composition inside package was closely related to apple browning.

Key words: apple browning, natural antibrowning agent, rhubarb, and gas composition

1. 서 론

우리나라 사과 전체 생산량은 2005년도 기준 약 35만 톤에 달하며 생산량은 중국 수입물에 밀려 해마다 줄어가고 있는 실정이다. 국내산 특·상품의 사과의 경우에는 생과로서 상대적으로 높은 가격으로 유통시킬 수 있으나 중·하품의 경우에는 그 수요처를 찾기가 쉽지 않다. 선진국의 경우에는 과실류 가공비율이 40% 이상 되지만 우리나라는 10%에도 못 미치고 있고 과일 가공기술 수준도 상당히 낮은 실정이다. 대표적인 국내산 과실류 가운데 생산량이 많은 사과를 이용하여 고품질의 최소 가공시 박피, 절단, 제심, 분할 등의 가공처리를 거치면서 조직의 손상에 따른 연화와 절단면의 공기 노출로 인한 미생물 오염 및 번식, 갈변 등을 겪게 됨으로 원재료 상태의 사과에 비해 저장성 및 안정성이 현저하게 떨어지는 단점이 있다. 이러한 사과 제품의 고품질 최소가공을 위해서는 우선적으로 해결되어야 할 가장 중요한 기술적 부분은 갈변의 억제이다. 이제까지 이러한 현상을 억제시키기 위해서는 주로 황화합물이 사용되어왔다. 그러나 기존에 사용해오던 황화합물이 미국 식품의약안전청으로부터 사용에 제한을 받게 됨에[1] 따라 현재 이를 대체할 물질이나 방법을 탐색하는 많은 연구가 이루어지고 있다. 이 중에는 비타민 C 및 천연 황화합물 등의 환원제를 이용하거나 pH를 낮추어 갈변반응을 지연시키는 구연산 등의 산미제 사용, 킬레이팅 약품의 사용, 인산염 등의 무기염을 사용하는 방법 등이 모색되고 있다[2,3,4,5]. 그러나 아직까지도 기존의 황화합물처럼 강력한 항갈변효과를 보이면서도 경제적 가치가 보장되는 대체물은 찾지 못하고 있는 실정이다. 특히, 아미노산[6], 무화과 추출물[7], 벌꿀[8], 파인애플 주스[9], 파파인 추출물[10], 마이얄 반응물[11], 캬라멜 반응물[12] 등과 같은 천연물들로부터

이 논문은 2004년 호서대학교 교내연구비(과제번호:20040117)의 지원에 의하여 연구되었음
[1]호서대학교 식품생물공학과
*교신저자: 손석민(sson@office.hoseo.ac.kr)

항갈변 효과를 지니는 물질을 찾기 위한 많은 연구가 국·내외에서 진행되고 있다. 그러나 현실적으로 이들 역시 지나치게 낮은 항갈변 활성을 보임으로 신선 편이가공 농산물에 적용시키기에는 적합 치 못한 것으로 간주되고 있다. 그러나 유기산을 다량 함유하는 일부 과일 및 야채 주스들의 항갈변 효과가 우수할 뿐만 아니라 경제적으로도 저렴하여 그 실용적 가치가 매우 높다[13]. 그러므로 본 연구에서는 과채류 주스들로 전처리 후 포장 시 천연 항갈변제 및 기체조성에 의한 사과갈변 저해 효과를 검토하고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 사과 시료

원료인 사과(부사)는 예산지역에서 재배된 사과로서 예산 능금 협동 조합 판매장에서 구입하였다. 구입한 사과는 10kg 종이박스로 포장하여 5±2℃(85-90% RH)로 유지되는 저온창고에 보관하면서 시료로 사용하였다. 사과의 pH는 3.92±0.05였으며, 가용성 고형분 함량은 14.5±0.2 Brix였다.

2.2 갈변방지 전처리 및 갈변도 측정

균일한 크기(315±17g)의 사과를 선택하여 물로 깨끗이 세척한 후, 수동 사과 박피기로 박피하였다. 코아제거 및 분할은 과일 분할기로 ((주)화진정공, 한국) 분할하여 8개의 일정한 절편을 얻었다. 이렇게 절단한 절편들을 각각의 저해제 용액에 3분간 침지하였다. 종이타월로 흐르는 물기를 제거한 후 포장 하여 저온저장 시 절단면의 색 변화를 관찰하였다. 색도 변화는 색도계(Color Techno System, Model JC 801S, Japan)를 이용하여 시간에 따라 Hunter's 값인 L, a 및 b값을 측정하였다.

갈변도는 $\triangle L(L값_{at\ t=0} - L값_{at\ t=t})$과 $\triangle E(\sqrt{(L값_{at\ t=0} - L값_{at\ t=t})^2 + (a값_{at\ t=0} - a값_{at\ t=t})^2 + (b값_{at\ t=0} - b값_{at\ t=t})^2})$으로 나타내었다. L값 및 E값의 변화가 클수록 갈변이 진행되었음을 의미한다.

2.3 천연 갈변 방지제 탐색

천연 갈변 방지제 탐색실험은 5종의 과채류(파인애플, 레몬, 귤, 오렌지, 루바브)를 이용하여 100% 주스를 착즙하여 이를 전처리 침지 용액으로 사용하였다. 갈변도 및 색도측정은 4℃에서 7일간 저장하면서 색도계를 이용하여 △L값과 △E값을 측정하였다.

2.4 갈변 방지 포장재 선택

천연 갈변 방지제 탐색을 통해 갈변 방지 효과가 우수한 것으로 판단되는 천연물을 선택하여 3분간 침지한 후 각각 투과성(40㎛ LDPE, O_2 TR:1279±159mL/m^2 · day · atm @10℃) 또는 차단성(65㎛ Ny/PE, O_2 TR:54.8±0.7mL/m^2 · day · atm @22℃) 필름 포장재 (20×27cm)에 충진 밀봉하는 능동형 기체조절포장방법으로 포장하여 4℃ 에서 7일간 저장하면서 갈변화 정도를 측정하였다.

2.5 포장 방법에 따른 갈변화 측정

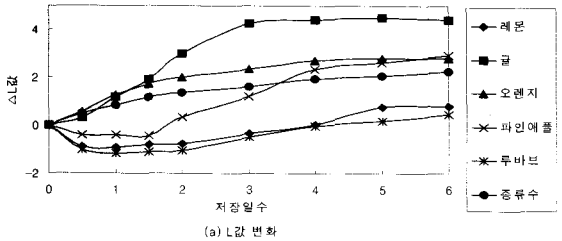
동일한 천연 갈변 방지제로 전처리한 후 포장재 내의 기체조성을 산소농도에 따라 4가지(무산소 : 100% N_2, 저산소 : 0.1atm 수준의 진공감압, 보통산소 : 20% O_2 / 80% N_2, 고산소 : 70% O_2 / 15% CO_2 / 15% N_2)로 달리하여 차단성(65㎛ Ny/PE, O_2 TR:54.8±0.7mL/m^2 · day · atm @22℃) 필름 포장재 포장한 후 4℃ 에서 7일간 저장하면서 갈변화 정도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

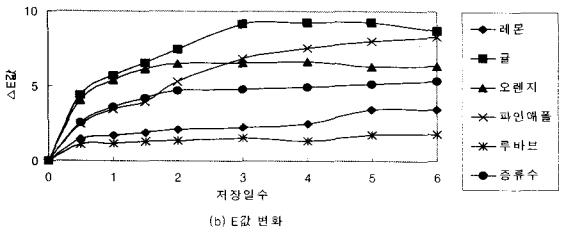
3.1 천연 갈변 방지제 탐색

사과의 갈색화 반응은 효소적 갈색화 반응으로 이를 방지하는 방법으로는 크게 비타민 C 및 천연 황화화합물 등의 환원제를 이용하거나 pH를 낮추어 갈변반응을 지연시키는 구연산 등의 산미제 사용, 킬레이팅(chelating) 약품의 사용, 인산염등의 무기염을 사용하는 방법 등이 사용될 수 있다. 일반적으로 유기산들은 환원제, 산미제 그리고 킬레이팅(chelating)제의 역할을 담당할 수 있다. 이러한 유기산들은 자연에서 과채류에 많이 존재하므로 본 실험에서는 5종의 과채류(레몬, 귤, 오렌지, 파인애플, 루바브)주스를 이용하여 갈변 저해 효과를 조사하였다. 착즙한 5종의 과채류 주스에 사과 절편을 3분간 침지하여 건져낸 후 흐르는 수분을 제거하였다. 그 후 사과 표면의 색깔변화를 색도계 (L값, a값 및 b값)로 측정하여 △L값 및 △E값을 구하여 그림 1에 나타내었다. 그림 1a에서 알 수 있듯이 △L값(흑·백을 표시)의 경우에는 저장 초기 4일까지는 루바브와 레몬주스의 항갈변 효과가 매우 우수하였으나 저장 4일 이후에는 루바브의 항갈변 효과가 제일 우수함을 알 수 있었다. 결국 저장 6일후에 L값의 변화는 루바브 주스의 경우에는 0.47, 레몬주스의 경우에는 0.8, 증류수 침지의 경우에는 1.9값의 변화를 보였다. 전체 색깔 변화를 나타내는 △E 값에 있어서도 초기에는 레몬과 루바브 주스의 항갈변 효과가 우수하였으나 저장

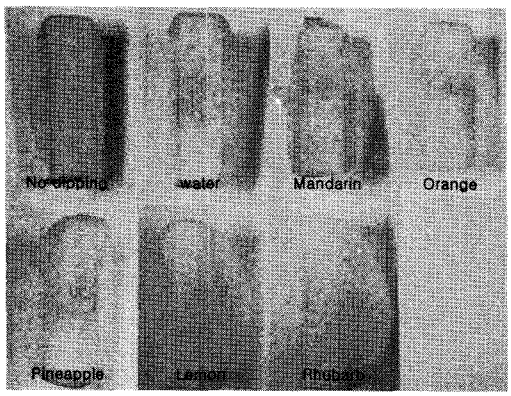
말기에는 루바브 주스가 처리구 중에 가장 우수한 항갈변 효과를 보였다(그림 1b). 결국 루바브 주스의 E값의 변화는 최고 1.8을 보였으며 증류수 침지의 경우에는 5, 파인애플 주스 침지의 경우에는 8.3까지의 변화를 보였다. 저장 2일 후 결과를 사진으로 찍어 그림 1c에 나타내었다. 색도계로 측정한 결과와 유사하게 저장 초기에는 레몬 주스와 루바브 주스가 갈변 억제 효과가 뛰어남을 눈으로 확인 할 수 있다.



(a) L값 변화



(b) E값 변화

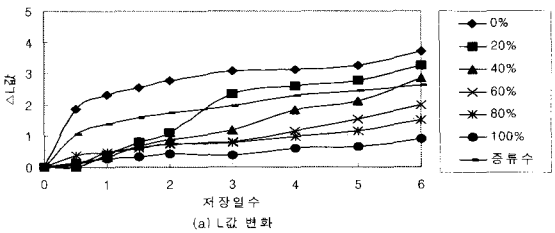


(c) 24시간 후 사과 절편의 색깔

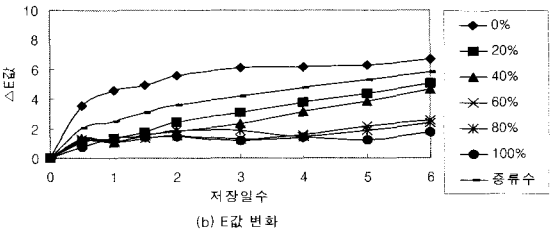
그림 1. 천연 주스 처리에 의한 사과절편의 색깔변화

3.2 루바브 주스의 농도별 갈변저해 효과

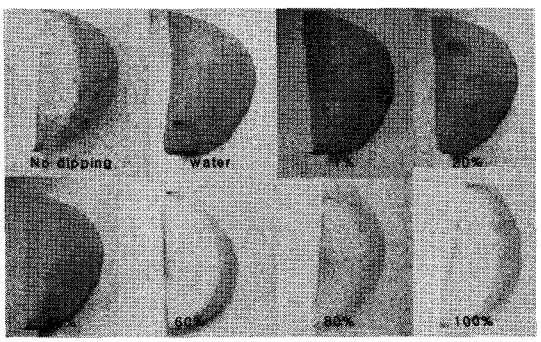
천연 갈변 방지제로 선택된 루바브 주스의 항갈변 효과를 알아보기 위해 루바브 주스를 연속적으로 증류수로 희석하여 농도별(100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0%, & No dipping) 갈변 저해 정도를 측정하였다. 그림 2에서 알 수 있듯이 루바브 주스가 희석되어 농도가 낮아질수록 갈변 저해 효과가 감소하여 0% 루바브 주스의 경우에는 No dipping 처리구와 비슷하였다. 특히 저장 초기 24시간 이내 동안은 루바브 주스의 농도에 상관없이 갈변 방지 효과가 나타났다. 저장 말기에 갈수록 갈변 저해 효과가 감소하였다. 특히, 60% 농도까지는 항갈변력이 서서히 감소하였으나, 40% 이하에서는 급속히 감소함을 알 수 있다. E값의 변화를 기준으로 갈변 저해 효과를 평가한 경우에도 60% 이상의 농도에서 항갈변력이 6일정도 유지됨을 알 수 있었다 (그림 2b). 루바브 주스를 단독 항갈변제로 전처리 하였을 경우 최소 50% 희석 주스에 3분간 침지 전처리하면 약 6일 정도 효과적으로 갈변이 억제됨을 알 수 있다. 루바브 농도별 사과절편의 색깔 변화를 저장 6일 후 사진을 찍어 그림 2c에서 나타내었다. 사진에서 볼 수 있듯이 루바브 농도가 높을 수 록 갈변이 현저히 저하됨을 알 수 있다.



(a) L값 변화

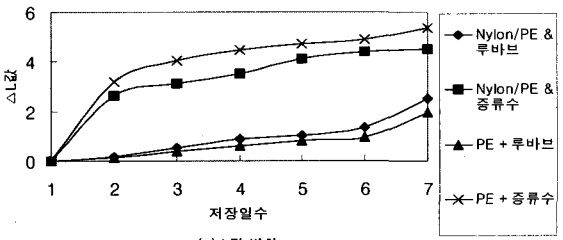


(b) E값 변화

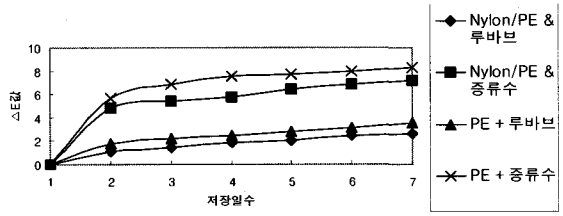


(c) 6일 후 사과 절편의 색깔

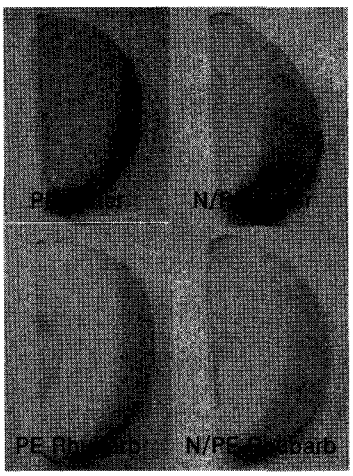
그림 2. 루바브 주스 농도에 따른 사과절편의 색깔변화



(a) L값 변화



(b)E값 변화



(c) 6일 후 사과 절편의 색깔

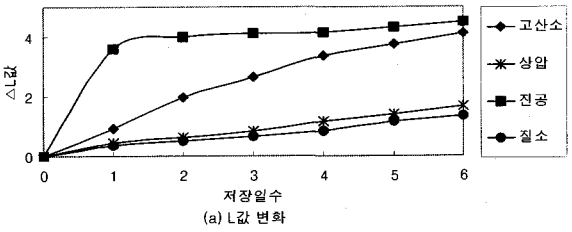
그림 3. 포장재에 따른 사과절편의 색깔변화

3.3 투과성 및 차단성 포장재에 따른 갈변 억제 효과

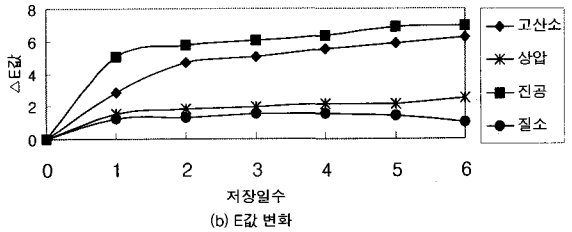
산소투과성이 약 23배 정도 차이를 보이는 투과성 포장재인 LDPE(40㎛)와 차단성 포장재인 Nylon/PE(65㎛) 복합필름을 이용하여 사과 절단 후 루바브 주스 처리군(100% 주스)과 미처리군(증류수)을 다른 두 포장재에 밀봉 포장하여 갈변화 정도를 측정하였다. 그림 3a에서 알 수 있듯이 포장재의 산소 투과성 정도에 상관없이 L값의 변화가 일정하였다. 단지 전처리 침지액의 종류에 따라 △L값의 차이가 매우 크게 나타났다. 저장기간 7일 동안에는 포장재의 산소투과성 차이에 따른 갈변화 정도가 전혀 영향을 받지 않았다. 이와 같은 결과는 △E값 변화에서도 동일한 결론을 내릴 수 있다(그림 3b). 상대적으로 짧은 저장 기간 동안에 포장재내의 산소농도는 포장재의 산소투과도에 영향을 받지 않으므로 갈변화 정도에 영향을 주지 못하는 것 같다. 저장 6일 후 사과절편의 색깔변화를 사진으로 찍어 그림 3c에 나타내었다. 앞의 색도계 결과와 마찬가지로 포장재에 따른 효과보다는 전처리 침지액의 종류에 따른 갈변 저하가 뚜렷이 나타났다.

3.4 기체조성을 달리한 포장 방법에 따른 갈변 억제 효과

루바브 주스로 전처리 한 후 포장재내의 산소기체 농도를 달리하여 (무산소 : 100% N_2, 저산소 : 0.1atm 수준의 진공감압, 보통산소 : 20% O_2 / 80% N_2, 고산소 : 70% O_2 / 15% CO_2 / 15% N_2) 충진, 밀봉한 후 갈변화 정도를 측정하였다 (그림 4). 루바브 전처리 후 공기 조성에 의한 갈변정도를 측정한 결과 그림 4a에서 알 수 있듯이 상압 및 질소 충전 포장이 갈변 억제력이 가장 뛰어났으나 저장후기에 갈수록 무산소 즉 100% N_2 충진 포장이 갈변억제력이 가장 뛰어났다. 그러나 고산소 포장이나 진공포장일 경우에는 갈변 억제력이 매우 떨어짐을 알 수 있다. 특히 진공포장의 경우에는 신선 절편 사과가 진공포장 중 물리적 상처를 입어 저장초기부터 갈변화가 심하게 진행되는 것 같다. E값의 변화에 의한 갈변 억제력을 검토한 결과(그림 4b) 앞에서의 결과처럼 무산소 즉 100% N_2 충진 포장이 갈변억제력이 가장 뛰어났다. 그러므로 천연 항갈변제인 루바브 주스와 질소 충전을 병행 처리할 경우 저장기간 7일동안 효과적으로 갈변을 방지할 수 있다.



(a) L값 변화



(b) E값 변화

그림 4. 포장재 내의 기체조성에 따른 사과절편의 색깔변화

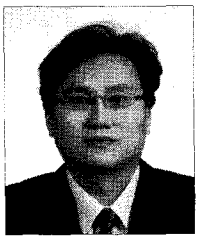
4. 결론

사과의 최소가공 시 갈변을 억제시킬 수 있는 천연 항갈변제를 찾아본 결과 특히, 루바브 주스의 항갈변 효과는 매우 강력하였으며 경제적으로도 저렴할 뿐만 아니라 흔히 식용하는 채소에서 간단한 처리로도 얻을 수 있으므로 그 실용적 가치는 매우 높게 평가된다. 루바브 주스에서 항갈변효과를 지니는 주요 성분은 옥살산인 것으로 밝혀졌다. 옥살산의 폴리페놀옥시데이즈(PPO, 갈변의 주원인 효소) 저해기전은 효소의 활성부분에 존재하는 +2가의 구리이온에 옥살산이 비가역적으로 결합함으로 효소를 불활성화 시키는 것으로 밝혀졌다. 특히 루바브 주스의 갈변 억제력은 원액을 2배 희석하더라도 저장 6일 정도까지 효과적으로 갈변이 억제되었다. 또한 1% 구연산과 병행하여 사용 시 루바브 원액의 농도를 상당히 낮출 수 있다. 투과성(4㎛ LDPE) 및 차단성 포장재에(65㎛ Nylon/PE 복합필름) 따른 사과 절편의 갈변 억제 효과는 최대 저장 기간 7일 동안 산소투과성 포장재에 따른 갈변 억제에 대한 유의성의 차이가 없었다. 기체조성을 달리하여 포장한 경우에는 진공감압(0.1atm) 및 고산소(70% O_2) 포장보다는 질소 충진(100% N_2)포장의 경우가 갈변억제력이 매우 뛰어났다.

참고문헌

1. FDA. Chemical preservatives, "Food and Drug Administration. Code of Federal Regulation ", Title 21. Part 182; U.S. GPO, Washington, D.C., 1987.
2. G.M. Sapers, and R.L. Miller, "Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphates", J. Food Sic. Vol. 57(5), pp. 1132-1135, 1992.
3. B.S. Kim, and A. Klieber, "Quality maintenance of minimally processed chinese cabbage with low temperature and citric acid dip", J. Sci. Food Agric. Vol. 75, pp. 31-36, 1997.
4. M. Adelmo, V. Gustavo, P. Ralph, J. Arthur, and I. Rhada, "Control of browning during storage of apple slices preserved by combined methods. 4-hexylresorcinol as anti-browning agent", J. Food Sci. Vol. 58(4), pp. 797-800, 1993.
5. K. Varda, L. Pinchas, and Z. Varda, "Effect of kojic acid on the oxidation of o-dihydroxyphenols by mushroom tyrosinase", J. Food Biochemistry, Vol. 18, pp. 253-271, 1995.
6. V. Kahn, "Effects of proteins, protein hydrozates and amino acids on o-dihydroxyphenolase activity of polyphenol oxidase of mushroom, avocado, and banana" J. Food Sci., Vol. 50, pp. 111-115, 1985.
7. A.J. McEvily, "Method of preventing browning in foods utilizing protease free latex extracts particularly from figs", U.S. patent 4,981,708, 1991.
8. J. Oszmianski, and C.Y. Lee, "Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey", J. Agric. Food Chem., Vol. 38, pp. 1892-1895, 1990.
9. P.G. Lozano-De-Gonzalez, D.M. Barrett, R.E. Wrolstad, and R.W. Durst, "Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice", J. Food Sci., Vol. 58, pp. 399-404, 1993.
10. F.C. Richard-Forget, M.G. Cerny, D.P. De-Richard, N.N. Fayad-Eldahouk, and P.J. Varoquaux, "Antibrowning efficiency of papaine extracts", Presented at 19th International Conference on Polyphenols, Lille, France, pp. 1-4, 1998.
11. M.C. Nicoli, B.E. Elizalde, A. Pitotti, and C.R. Lerici, "Effect of sugars and Maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food", J. Food Biochem., Vol. 15, pp. 169-184, 1991.
12. G.C. Lee, and C.Y. Lee, "Inhibitory effect of caramelization products on enzymic browning", Food Chem. Vol. 60 pp. 231-235, 1997.
13. S.M. Son, K.D. Moon, and C.Y. Lee, "Rhubarb juice as a natural antibrowning agent", J. Food Sci., Vol. 65(7), pp. 1288-1289, 2000.
14. S.M. Son, K.D. Moon, and C.Y. Lee, "Kinetic of Oxalic acid inhibition on enzymatic browning", J. Agric. Food Chem. Vol. 48, pp. 2071-2074, 2000.

손 석 민(Seok-Min Son) **[정회원]**



- 1990년 2월 : 연세대학교 식품공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 연세대학교 식품공학과 (공학석사)
- 1998년 8월 : 미국 퍼듀대학교 식품공학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 식품생물공학과 조교수

<관심분야>
과채류 최소가공, 식품위생, 유해미생물 신속검지