

박피연근의 갈변 방지에 관한
연구개발사업에 관한 연구

(최종보고서)

1995년 12월 20일

주관연구기관 : 전남대학교 농과대학

농림수산부



제 출 문

농림수산부장관 귀하

본 보고서를 “박피연근의 갈변방지에 관한 연구 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1995년 12월 20일

주관연구기관명 : 전남대학교 농과대학

총괄연구책임자 : 은 종 방

협동연구자 : 금 준 석

협동연구자 : 김 은 선

협동연구자 : 최 등

요 약 서

I . 제 목 (연구개발 사업목표 포함)

1) 제 목 : 박피 연근의 갈변 방지

2) 연구개발 사업목표

현재 이산화황은 박피연근 갈변 저해제로 가장 효과가 뛰어나
이 인정되고는 있으나, 사용이 금지되어 생산자들이 가끔 불법으로
이용하고 있어서 사회에 문제가 되고 있다. 따라서, 이산화황을
연근에 사용하는 것에 관한 자료 및 관련 연구가 전혀없기 때문에
이들의 해결을 위한 자료를 제공하기 위해 이의 적정 사용량 및
실제 사용량과 잔존량과의 관계 및 최종 조리후, 섭취전에 이산화
황의 잔존량등을 조사하는 것이 첫번째 본 기술 개발 사업의 목표
다.

또한, 항산화제나 항미생물제 등으로 사용되고 있는 유기산 등
여러가지 갈변 저해제에 의한 박피 연근의 갈변 억제 방법에 관한
시도는 있으나, 아직까지 이에 대한 연구 보고는 없는 실정이다.
이에 두번째 사업 목표는 유기산, Vitamin C 및 이산화황 대체물
질로 현재 각광 받고 있는 4-Hexylresorcinol 등 다른 식품의 갈변
방지에 사용되고 있는 갈변 저해제의 갈변 억제 효과와 이들의 사
용 농도를 결정, 이들을 이용하여 박피연근의 갈변을 방지하는 것
이다.

박피한 연근을 유연 포장재를 이용하여 포장함으로써 갈변을 억제하는 연구나 이의 시도가 되지 않고 있어서 생연근 자체를 진공 포장하는 방법과 데치기(Blanching)를 한 연근을 진공 포장하는 방법 및 여러 가지 갈변 저해제를 용액으로 제조해서 이들 연근과 함께 진공 포장하여 박피 연근의 갈변을 방지하는 방법을 개발하여 이들을 상품화하는 것이 세번째 이 사업의 목표이다.

따라서, 위와 같은 박피 연근의 갈변을 방지할 수 있는 방법들을 개발하고 이산화황 사용에 대한 문제에 보다 근본적인 해결책을 모색하도록 하기 위한 연구 결과를 제시하여 농민들의 연근 생산 및 가공에 도움을 주고 소비자들에게 안전한 식품을 마음놓고 먹을 수 있게 하는 것이 이 사업의 최종 목표이다.

II. 연구개발 사업의 목적 및 중요성

이 지역 광주시 광산구를 비롯하여 남평 등지에서 연근이 많이 생산되고 있어 농민들의 소득원으로 각광받고 있다. 최근 소비자들의 바빠진 생활과 편의성의 추구로 껍질을 벗긴, 박피한 연근의 수요가 늘어나는 실정이기 때문에 농민들이 직접 생산, 박피하여 출하 하고 있다. 그런데, 박피한 연근은 특히, 여름에는 하루만 지나도 갈변이 되어 외관상 품질이 떨어지므로 소비자들로 부터 외면되고, 또, 오랫동안 저장하지 못하는 저장성이 약하기 때문에 다량의 연근이 폐기 처분되고 있는 실정이여서, 이를 방지하려고 농민들이 자체적으로 여러가지 방법을 시도하고 있으나 뚜렷한 해결책을 찾지 못하고 있고, 또한 그 정확한 방법을 갖지 못해 어려움이 많다.

또한, 연근은 주로 생식하는 것이 아니라 당과 함께 졸여서 먹기때문에 이산화황을 사용하여도 많은 피해가 없을 것으로 사료된

다. 미국은 건포도나 포도주에, 그리고 우리와 같이 연근을 소비하는 일본도 박피 연근에 이산화황을 사용하고 있으나, 현재 우리나라 식품 공전에 과채류의 단순 가공품에는 이산화황을 쓸 수 없게 되어 있다. 이산화황이 갈변 방지에 아직까지 가장 효과가 있기 때문에 농민들이 한때 이를 사용하기도 했으나, 식품 공전에 위반된다 하여 입건되기도 하는 등의 많은 어려움에 봉착하고 있다. 농민들이 다른 화합물들을 이용하려고 노력하고 있으나 별다른 결과를 얻지 못하고 있어서 박피 연근의 판매에 어려움이 있고 소비자들도 법에 위배되는 물질을 썼다 하여 사는 것을 꺼려하고 있다. 또한 이곳 광주 보건 연구원에서도 여러 가지로 상부에 이를 해결하기 위해 건의하고 있으나 별다른 답을 얻지 못하고 있는 실정이다. 또한 함부로 화학약품을 사용하면 소비자들에게 위험을 줄 수 있어서 이에 대한 연구가 시급한 실정이다. 따라서, 이의 해결방안으로써 박피 연근의 갈변 방지책을 개발하는 것이 본 개발 사업의 목적이라고 할 수 있겠다.

또한, 이러한 농민들의 어려움을 해결하고 특히, UR 등에 어려운 농촌을 살리기 위해 이 지역의 연근 생산, 판매하는 농민들에게 박피 연근의 갈변을 지연시킬 수 있는 방법을 개발하여 보급하고자 하며, UR에 대비한 고부가가치의 박피 연근을 농민들이 직접 생산가능하게 함으로써 현지 농민의 소득증대에 크게 기여할 수 있다는 점이 본 사업에 있어서 그 중요성이 있다.

Ⅲ. 연구개발 사업의 내용 및 범위

박피 연근의 갈변 방지책을 개발하기 위해 현지에서 생산된 품질 좋은 연근을 시료로 사용하여 실험하였다.

이산화황에 의한 박피 연근의 갈변 억제효과는, 100 ppm 이하

농도 용액에 침지한 침지구는 10℃ 조건하에서 1일 경과 후부터 갈변 되었고, 1,000 ppm(0.1 %)용액 침지구는 4일 경과 후 갈변 되었고, 5,000 ppm(0.5 %)용액 처리구는 7일간 유효하였다. 고농도인 10,000 ppm(1 %)용액 침지구는 30일 이상 지속되었지만 개봉시 코를 찌르는 이산화황 자극취를 내었다. 20℃ 조건하에서는 100 ppm 이하의 저농도 처리구는 침지 후 24시간 이내에 갈변이 되기 시작하여 2일째에는 거의 모든 처리구가 상품성이 없을 정도로 갈변되었고, 1,000, 5,000 ppm 침지구는 시작일로부터 2일째부터 갈변되기 시작하였으며, 3일째에는 갈변이 상당히 진척된 상태였으며, 약간의 좁도 발생하였다. 10,000 ppm 처리구는 10일 경과 후 갈변되지는 않았으나, 연근의 가장 자리가 옅은 남색으로 변하고 곰팡이가 발생하였다. 고온인 30℃ 조건하에서 1,000 ppm 이하의 침지구는 1일째부터 갈변정도가 심하였고, 5,000 ppm 침지구는 1일째부터 갈변이 되기 시작하여 2일째에 갈변이 심화되었다. 10,000 ppm 침지구는 2일째부터 갈변이 아닌 옅은 남색으로 연근의 가장 자리가 변색되었고 3일째에는 곰팡이가 생성되는 처리구도 발생하였다. 또한, 30℃ 조건의 모든 처리구가 10℃나 20℃ 조건에 비해 갈변이 더 잘됨은 물론, 좁발생이 심하였으며, 조직이 연화 되어 모양이 변형된 처리구가 많았다.

위의 결과 고온에서는 저온에서 보다 미생물 및 효소의 활성이 높아 갈변이나 곰팡이 생성이 심하였고, 조직의 파괴도 심하였다.

침지시간에 따르는 갈변 저해도를 알아보기 위하여, 침지시간을 달리하여 이산화황용액에 침지하였다. 침지시간이 5시간 이하일 경우에는 박피 연근의 갈변 억제 효과가 거의 비슷하였고, 10시간 침지된 처리구도 박피 연근의 갈변 억제효과에 비해 시간이 많이 소요 되는 비교적 경제적이지 못한 것으로 나타났다. 이것은 물론, 장시간 동안 연근을 침지용액에 침지하면 연근내 이산화황의 잔류량이 침지시간이 짧은 처리구에 비해 더 많이 잔존 하겠지만, 그 차이가 근소하고 또한, 예비실험 결과 연근의 최대 함수율은 침

지시간 30분을 기준으로 완만한 증가를 보이기 때문으로 사료된다.

포장지 두께에 따르는 박피 연근의 갈변 진행도는, 포장지 두께에 비교적 무관하게 진행되었다.

이산화황 용액에 침지한 박피 연근의 잔류 이산화황의 양을 측정하였다.

30분 침지구는 약 80 ppm, 1시간은 약 88 ppm, 3시간은 약 100 ppm 5시간은 약 108 ppm이 검출되었으며, 10시간 침지한 처리구는 약 130 ppm이 검출되었다. 또한 이들 처리구를 폴리에틸렌 포장지 (두께 40 μ m)에 포장하여 20 $^{\circ}$ C 항온기에 1일 방치 후 그 잔류량을 측정하였다. 30분, 1시간, 3시간 침지한 처리구는 10-15 ppm의 잔류량이 측정되었고, 10시간 처리된 침지구는 약 25 ppm이 검출되었다.

같은 농도에서 처리한 시료라도 낮은 온도에 보관한 것의 잔류량 검출이 많았다. 또한 밀봉하지 않았을 경우에는 1,000 ppm에 침지한 처리구의 경우에도 10 $^{\circ}$ C에 1일 경과 후 이산화황 잔류량이 거의 검출되지 않았고 갈변 진행 속도도 밀봉된 처리구에 비해 빨리 진행되었다.

이상의 결과, 아황산 처리구는 그 잔류량에 있어서 온도에 상당히 민감하다는 것이 실험 결과 나왔는데 즉, 같은 농도라도 낮은 온도의 경우 그 잔류량이 많았고 갈변도 지연 되었는데, 이것은 높은 온도에서 이산화황의 휘발이 더 잘되기 때문으로 사료된다.

결론적으로, 저온인 10 $^{\circ}$ C에서는 박피연근 잔류 이산화황의 양이 20 ppm이상 잔류해야 갈변 억제 효과가 있었으며, 이 보다 효소활성이나 미생물의 생육이 활발한 20 $^{\circ}$ C에서는 최소 잔류 이산화황이 100 ppm 이상 잔류해야 박피연근의 갈변 억제 및 곰팡이의 증식을 억제할 수 있었다.

1 %의 아황산 용액에 침지한 연근을 끓는물에서 시간별(0, 10, 20, 30, 50, 60분)로 처리 후 그 잔류 이산화황의 양을 측정하였는데, 10분 데치기를 한 처리구는 최초 이산화황 잔류량의 약 75

%가 감소하였고, 20분 후에는 최초 잔류량의 98 %가 감소하였고, 30분 후에는 98.5 %가 감소하였다. 50분과 60분간 데치기한 처리구는 잔류 이산화황은 검출되지 않았다. 보통 소비자들은 대부분 연근을 조림으로 섭취하기 때문에 실제 연근에 이산화황을 처리했다하더라도 가열하여 조리후 이산화황의 잔류량이 줄어들 것으로 예상되어 실제 이산화황이 처리된 연근으로 연근조림을 한 요리책에 나와있는 방법대로 만든후 이산화황 잔류량을 측정하였다. 8분간 끓는물에 데치기한 처리구의 경우 데치기 전의 최초 잔류량에 비해 약 74 %가 감소하였고, 기름과 함께 볶은 연근은 85 %, 마지막으로 당, 간장 등과함께 조림을 한 처리구는 최초 잔류량에 비해 95 % 이상 감소하였다.

이상의 결과 박피 연근내에 100 ppm정도의 잔류 이산화황의 양은 갈변 및 미생물 증식을 억제 시킬 수 있고, 위와 같이 조림을 하여 섭취한다면, 잔류된 이산화황에 의해 야기 될 수 있는 피해는 거의 없을 것으로 생각된다.

이산화황 이외의 갈변 저해제에 의한 박피연근의 갈변 저해도를 관찰하였다. 처음 갈변저해효과가 기대되었던 4-hexylresorcinol 등의 갈변저해효과는 별로 없었으며, Acetic acid 처리구의 경우 1 % 침지구보다 0.5 % 침지구의 갈변 억제 효과가 더 좋았는데, 1 % 침지구는 3-4일째 갈변되었고, 0.5 % 침지구는 5일째부터 갈변되기 시작하였다. 0.5 % 처리구는 약간의 식초 냄새가 났고 맛은 약간 신맛을 띠었으나 거부감을 느낄 정도는 아니었고, 비교적 양호한 갈변 억제 효과를 나타냈다. Citric acid 처리구는 3 % 일 때가 가장 좋았는데, 신 맛을 나타내지는 않았고, Acetic acid 처리구보다 갈변 방지 효과가 더 좋았다. Ascorbic acid 와 MAA 및 SAA 용액에 침지한 처리구는 순수 Ascorbic acid와 그 염류간의 갈변 저해 정도는 서로 비슷하였고, 세 처리구 모두 3 % 일 때가 가장 갈변 저해 효과가 좋았으나, Citric acid 나 Erythorbic acid 및 그 염류 처리구 보다는 갈변 저해 효과가 적었다. Erythorbic

acid도 그 염류인 Sodium erythorbate 와 비슷한 갈변 저해 효과를 나타냈으며, Ascorbic acid 처리구 보다 갈변 억제 효과가 더 좋은 흥미로운 사실을 발견하였다. 또한, Acetic acid 처리구와는 비슷한 갈변 저해 효과를 보였으며, 두 처리구 모두 3 % 일 때 가장 갈변 저해 효과가 좋았다.

여러가지의 조합된 용액 중에서는 Vitamin C 류인 AA, EA 와 유기산인 CA 및 ACA를 조합한 용액에 침지한 처리구가 상당한 갈변 지연 효과가 있었으며, 지금까지 결과 Erythorbic acid 2 % 와 Citric acid 1 % 혼합용액과, Citric acid 대신 Acetic acid 0.5 % 의 혼합 용액, Erythorbic acid 대신에 2 % Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid와 혼합된 용액의 갈변 억제 효과가 좋았다.

따라서, 박피 세절된 생연근을 2 % Erythorbic acid 와 1 % Citric acid 혼합용액이나, Citric acid 대신 0.5 % Acetic acid 의 혼합 용액, Erythorbic acid 대신에 2 % Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid 와 혼합한 용액에 침지한 처리구는 용액간의 다소 차이는 있지만, 10℃ 저온에서는 6-8일간 유효하였으며, 20℃에서는 3일간, 30℃에서는 1-2일간 유효하였다.

포장 방법에 따른 박피 연근의 갈변 억제 효과를 측정하기 위해, 연근을 진공포장 하였다. 생연근을 진공 포장함으로써 효과적으로 연근의 갈변을 억제 할 수 있었으나, 연근 자체내 호흡에 의한 포장재가 부풀어 오르는 문제가 발생하였다. 10℃ 의 저온에서는 5일째부터 표면(박피된 부분)에 깨알 크기의 검은 반점이 생성되었고, 6일째에는 서서히 진공이 풀리기 시작했으며, 20℃에서는 1일째에 처리구의 1/2 정도가 검은 반점이 생성되었고, 2일째부터 진공이 풀리기 시작하여, 3-4일째에는 모든 처리구의 진공이 풀렸는데, 갈변은 거의 되지 않는 처음 색깔과 유사하였다. 30℃ 의 고온에서는 24시간 이내에 진공이 풀리기 시작하였고, 또한, 저온 처리구보다 검은 반점의 수가 많았고, 색깔도 훨씬 더 짙었다. 이

를 방지하고자 질소충전 포장을 하였는데, 질소 충전한 처리구도 질소 충전 없이 100 % 진공 처리한 처리구에 비해 30℃ 에서는 거의 유사하였지만, 10℃ 에서는 2-3일, 20℃ 에서는 1-2일간 포장재의 부풀림을 다소 지연시킬 수 있었으나, 완전히 방지할 수는 없었다.

포장지의 부풀림을 방지하고자 박피 연근을 1, 2, 3, 5, 7, 10분간 데치기하여 진공포장하였다. 20℃ 에서는 거의 모든 처리구가 10일째에 진공이 풀리기 시작하였고, 30℃ 에서는 4-5일째 진공이 풀리기 시작하였다. 20℃ 처리구 중 5분 미만 데치기한 처리구인 1, 2, 3분 처리구는 이 보다 2-3일 빠른 7-8일째에 진공이 풀리기 시작하였고, 30℃ 처리구는 3일째부터 진공이 풀리기 시작하였다.

데치기를 한 후, 진공 포장한 연근은 저장중 포장지의 부풀림을 상당히 지연시킬 수 있었으나, 연근을 데치기하는 도중에 연근의 색깔이 남색으로 변하였고, 특히, 박피하지 않은 연근을 데치기를 할 경우 껍질 부위에서 다량의 가용성 색소성분이 용출되어 연근의 색을 더 나쁘게 하였다. 이것은 연근의 개체차이와 상당한 관련이 있었는데 짧고 길이가 비교적 짧은 연근은 데치기 도중 색의 변화가 적었으나, 가늘고 긴 연근은 색의 변화가 더 심하였다.

때문에, 이를 방지하는 방법들로 여러가지 갈변 저해제 용액에 연근을 침지한 후 데치기를 실시하였다. 그 방법들 중에서 고농도(이산화황 농도로 환산하여 3-5 % 용액)의 이산화황 용액이나 0.5 % Acetic Acid 용액에 30분간 침지한 후 데치기를 하는 방법이 상당히 양호한 결과를 얻었는데, 이산화황용액에 침지한 후 데치기를 한 처리구는 데치기 후 자극적인 이산화황 냄새가 났다. 이외에 2 % Citric acid 와 1 % Calcium Chloride(CaCl_2), 2 % Erythorbic acid 와 1 % Calcium Chloride(CaCl_2) 혼합용액 침지구도 데치기 도중 연근의 변색을 비교적 막을 수 있었다.

이상의 결과 0.5 % Acetic acid 용액에 침지하는 방법이 데치기 도중 발생하는 연근의 변색을 방지하는데 가장 효과적이었으며, 저

장기간도 다소 연장되어 30℃에서는 그냥 데치기를 한 처리구와 비슷하였지만, 20℃에서는 약 13일간 저장 가능하였다.

박피 연근의 갈변 방지 및 포장재의 부풀어 오름 방지책으로 위에서 사용하였던 여러가지 식품첨가물 중에서 갈변 억제 효과가 있었던, acetic acid, ascorbic acid, erythorbic acid 및 citric acid를 갈변 억제 효과가 있었던 농도로 서로 혼합한 용액을 박피한 생연근 및 데치기를 한 연근과 함께 진공포장하였다.

10℃의 저온하에서는 생연근은 12-13일째부터, 데치기한 연근은 약 30일째부터 진공 포장시 없었던 기포가 생성되었고, 생연근을 포장한 처리구에서는 발생하지 않았지만 데치기한 연근을 포장한 처리구는 15일째부터 연근 조직으로부터 가용분의 유출에 의해 용액이 혼탁해졌다.

20℃ 조건하에서는 생연근 포장구는 2-3일 경과후부터, 데치기한 연근을 포장한 처리구는 8-9일부터 기포가 생성되었고, 10℃ 조건과 마찬가지로 생연근 처리구는 없었지만 데치기한 연근을 포장한 처리구는 3-4일째부터 용액이 혼탁해졌다.

30℃에서는 생연근을 용액과 함께 진공 포장한 처리구는 1-2일부터 기포가 생성되었고, 데치기한 연근을 포장한 처리구는 4-5일째부터 기포가 생성되었다. 데치기한 연근 처리구는 2일째부터 용액이 혼탁해졌다. 또한, 모든 처리구에 있어서 연근의 갈변은 발생하지 않았고, 진공 포장내 기포의 생성은 생연근의 경우가 데치기한 연근을 포장한 처리구보다 훨씬 빠를뿐더러 기포의 성장속도도 빨랐다.

따라서, Acetic acid 등의 용액에 침지한 후 데치기한 연근을 앞서 설명했던 갈변 억제효과가 있는 2% Erythorbic acid 와 1% Citric acid 혼합용액이나, Citric acid 대신 0.5% Acetic acid 의 혼합 용액, Erythorbic acid 대신에 2% Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid 와 혼합한 용액과 함께 진공 포장한다면, 10℃ 저온하에서는 약 30일간 저장이 가능하고, 20℃에서는 약

8일간, 고온인 30℃ 에서는 약 4일간 기포의 생성 없이 저장이 가능하였다.

생연근의 pH 는 중성에 가까운 6.89 ± 0.05 이었고, 그 즙의 Brix는 7 ± 0.25 Brix 이었다. 데치기한 연근의 pH 는 생연근 보다는 약간 낮은 6.44 ± 0.03 이었고, 즙의 Brix는 생연근 보다는 다소 높은 8.7 ± 0.05 이었다.

IV. 연구 개발 사업 결과 및 활용에 대한 건의

연구 개발에서 얻은 결과를 특허 출원할 수 있도록 안내와 협조가 있으면 좋겠고 특허출원이 가능하면, 이에 필요한 모든 경비의 지원을 농수산부가 검토하는 것도 바람직할 것으로 생각된다. 또, 본 연구 개발 기술이 산업화가 쉽게 될 수 있도록 이를 이용하여 산업화하는 농민에게 정부의 지원이 있었으면 하는 바램이다. 또한 산업화를 할 때 공장설비 및 모든 관련된 사업의 시행을 위해 이의 지도사업으로 사업비를 책정해 연구자에게 지원해주는 것도 연구개발의 활용도를 높이는 또 한가지의 지원방법이 되겠다.

또한, 본 연구 개발 사업의 결과는 산업화가 될 것으로 판단되며 이를 산업화할 경우 제품의 생산은 얼마든지 가능하며, 기술 개발도 계속될 수 있으나 생산된 제품의 판매가 미지수이다.

현재의 국내여건으로 생산가공은 의지대로 해결할 수 있는데 특히, 농민들이 운영하는 가공공장들의 유통망이 좋지 않아 이를 해결하지 않는 한 산업화 성공으로 사업의 번창은 장담할 수 없다.

제 1 장 . 서 론

연근(*Nelumbo nucifera* Gaertner)은 수련과에 속하는 다년생 수초로서 못이나 늪에서 자라나며, 인공 재배는 논에서 더운 여름철을 제외한 사시사철 재배가 가능 하다. 연근은 북아메리카가 원산인 황하연과, 동양이 원산지인 연근으로 두 종으로 구분되며, 중국 품종에는 지방백화종(支邦白花種), 비중종(備中種)이 있는데, 비중종이 우리 나라에 널리 보급되어 재배되고 있다. 연근에는 당질이 약 13%, asparagine 등의 아미노산을 함유하고 있고, 생식하거나 기름에 튀겨 먹으며, 꿀 또는 설탕 등과 졸여 정과로써 이용되는 우리나라 전통적인 식품재료이다.

이 지역 광주시 광산구를 비롯하여 남평 등지에서 다량의 연근이 재배·출하 되고 있는데, 예전과는 달리, 급속히 변하는 현대사회와 더불어 소비자들의 편의성의 추구로 박피 연근의 수요가 늘어 현지 농민들이 직접 생산·박피하여 출하 하고 있다. 하지만, 박피한 연근은 더운 여름철에는 물론, 기온이 낮은 겨울철에도 하루나 이틀내에 갈변이 되어 외관상 상품성이 떨어지고 또, 저장성이 약하기 때문에 다량의 연근이 폐기 처분되고 있는 실정이다. 이를 방지하고자 농민들이 자체적으로 여러가지 방법을 모색해 시도하고 있으나, 별 다른 해결책을 찾지 못하고, 우리와 같이 연근을 소비하고 있는 일본에서는 박피 연근에 이산화황을 사용하고 있으나, 우리나라의 경우엔 이산화황의 사용이 식품공전에 위배되기 때문에 이를 사용하여 입건되는 등, 현지 농민의 어려움이 많다.

따라서, 본 연구팀은 현재 사용이 규제되어 있는 박피 연근에 있어서 이산화황의 적정 사용량을 결정하고, 주로 연근은 생식 보다는 당과 함께 조림을 해서 먹기 때문에 이산화황 처리된 연근을 실제 조림을 하여 그 잔류량을 측정함으로써 그 명확한 사용량을 규명하고자 한다.

또한, 이산화황 이외에 유기산, 항산화제, 항미생물제 등을 이용하여 박피 연근의 갈변 저해 효과를 알아보고, 박피 연근의 갈변 저해에 있어서, 이산화황 대체 물질로 이용가능성을 조사한다.

포장을 통해 박피 연근의 갈변을 방지하고자, Nylon/PE 복합 필름으로 진공포장하여 진공포장을 통해 박피연근의 갈변방지에 이용 가능성을 조사하고 또한, 불활성 가스인 질소를 충전하여 포장함으로서 그 이용 가능성을 조사하고자 한다.

연근 갈변의 주 원인인 Polyphenol oxidase(PPO)의 불활성화시키기 위해 여러 시간대별로 데치기를 하여 연근의 갈변도를 관찰하여 적절한 연근의 데치기 시간을 결정하고, 데치기한 연근을 진공 포장함으로써 그 상품화 가능성을 조사하고자 한다.

끝으로, 생연근 및 데치기한 연근을 여러가지 식품첨가제와 함께 진공포장함으로서 그 저장 안정성 및 연근의 갈변저해도를 관찰하여 이들 방법의 이용 가능성을 규명하고자 한다.

제 2 장 . 이산화황에 의한 박피연근의 갈변억제효과 및 그 잔류량의 측정

제 1 절 이산화황에 의한 박피연근의 갈변억제 효과

1. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

광주직할시 광산구 일대에서 생산된 품질이 좋은 연근 (*Nelumbo nucifera* Gaertner)을 냉장고($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)에서 보관하면서 시료로 사용하였다. 시료로 사용된 연근은 당일 현지에서 수확된 것이었으며, 연근의 박피는 연근을 먼저, 흐르는 물에서 2-3회 수세하여 흙 등의 불순물을 제거한 다음, 박피기로 박피하였다. 박피된 연근을 세절(1 Cm)하여 실험재료로 사용하였다.

나. 실험방법

(1) 침지시간의 결정

박피연근을 여러가지 갈변저해제 용액에 침지할 적절한 침지시간을 결정하기 위해, 박피연근을 증류수에 10, 20, 30분, 1, 2, 5, 10시간 침지하여 각각의 무게 변화를 측정하여 연근내 수분 흡수율을 결정하였다. 실험의 정확성을 위해 3회 반복실험을 통해 그 평균치를 연근의 최대 수분흡수율로 하였다.

(2) 이산화황 농도 및 저장 온도에 따른 박피연근의 갈변 방지 효과

이산화황 화합물인 Potassium metabisulfite(MW:222.33)를 이산화황으로 환산하여 10, 25, 50, 100, 500, 1,000, 5,000, 10,000 ppm의 이산화황 침지용액을 조제하였다. 이산화황으로 환산하는 계산식은 다음과 같다.

$$X \text{ ppm의 SO}_2 \text{ 용액 1L} = \frac{222.33}{64} \times X \times \frac{100}{P} \times \frac{1}{\text{당량}}$$

222.33 : Potassium metabisulfite의 분자량

64 : 이산화황 (SO₂)의 분자량

X : Potassium metabisulfite 의 양(그 농도에서의 양, mg)

P : 순도

예를 들어 당량이 2이고 순도가 95 %인 이산화황 화합물로 이산화황의 농도로 500 ppm의 용액 1 L를 조제하고자 한다면, 여기서 500 ppm은 1 L에 500 mg, 즉 0.5 g 이 된다. 따라서, 위의 계산식에 의거 계산해 보면,

$$222.33/64 \times 0.5 \times 100/95 \times 1/2 = 0.9142 \text{ g}$$

즉, Potassium metabisulfite 0.9142 g을 증류수 1 L에 용해시키면 된다.

제조된 10, 25, 50, 100, 500, 1,000, 5,000, 10,000 ppm의 이산화황 침지용액에 세절된 박피연근을 연근의 최대 함수율에 가까운 30분 동안 침지한 후, 폴리에틸렌(PE) 포장지 (두께 40 μm) 로 포장하여 10, 20, 30℃ 의 항온기에 저장하면서 연근의 갈변도 및 변화상황을 관찰하였다.

(3) 침지시간에 따른 이산화황의 갈변억제 효과

이산화황 용액에 대한 침지시간에 따른 박피 연근의 갈변 억제 효과를 알아보기 위하여, 위의 결과, 비교적 박피 연근에 갈변 억제 효과가 있었던 1,000 ppm의 이산화황 용액을 조제하였다. 용액의 제조는 위에 나타나 있는 방법으로 실시하였다. 조제된 이산화황 용액에 박피 세절된 연근을 30분, 1, 3, 5, 10 시간 동안 침지하였다. 실험의 정확성을 위해 5개 처리구 모두 용액에서 꺼내는 시간(침지를 완료한 시간)을 같도록 조절하였다. 침지 용액에서 꺼낸 즉시, 용액을 가볍게 털어내고 폴리에틸렌(PE) 포장지 (두께 40 μm) 로 포장 후 20 $^{\circ}\text{C}$ 에 보관 하면서 그 갈변 정도를 관찰하였다.

(4) 포장재인 PE의 두께에 따른 이산화황이 처리된 박피 연근의 갈변저해도

포장지 두께에 따른 갈변저해도를 알아보기 위해 비교적 갈변저해 효과가 있었던 1,000, 3,000, 5,000, 7,000 ppm의 이산화황 용액을 조제하여 세절된 박피 연근을 각각 30분간 침지한 후, 두께 40 μm , 120 μm 인 두 종류의 폴리에틸렌(PE) 포장지에 포장하여 20 $^{\circ}\text{C}$ 에 보관하면서 그 갈변정도를 측정하였다.

(5) 관능검사

연근의 갈변도는 전남대학교 식품공학과 대학원생 및 학부학생으로 구성된 15명의 미리 훈련된 패널 요원을 대상으로 실시했으며, 10점법(0-9)으로 하였다. 10점법에 있어서 갈변의 정도는 표 1에 나타난 바와 같다.

표 1. 최소가공된 박피연근의 갈변도 및 그 상태

갈 변 도	상 태
0	처음과 같은 상태
2	몇몇 처리구가 부분적으로 갈변을 나타낸 상태
4	대부분의 처리구가 부분적으로 갈변을 나타낸 상태
6	대부분의 처리구가 전체적으로 갈변을 일으킨 상태
8	대부분의 처리구가 전체적으로 심한 갈변을 일으킨 상태
9	아주 심하게 갈변되어 전체적으로 상품성이 없는 상태

2. 결과 및 고찰

가. 박피연근의 용액내 침지시간의 결정

갈변저해제 용액에 박피 연근을 침지할 적절한 침지시간을 결정하기 위해 침지 시간별 연근의 무게 변화는 표 2 와 같다

연근을 침지한 후 30분부터 무게변화는 근소하였으며, 이는 연근의 조직이 용액의 침투가 용이한 다공성 구조로 되어 있어 수분의 침투가 용이하여 침지 30분부터 연근의 최대 수분 흡수율에 근접함을 알 수 있었다. 침지시간이 길어질수록 연근내 함유율은 늘어나겠지만, 그 차이가 30분 침지구와 비교했을때 별 차이가 없었으며, 그 이상 침지한다는 것은 많은 시간을 요하기 때문에 경제성

을 고려해 볼때, 30분을 가장 이상적인 연근의 침지시간으로 결정하였다.

표 2. 침지시간에 따르는 연근의 무게변화

구분 \ 침지시간 (분)		10	20	30	60	120	300	600
무게 변화 (%)	sample 1	0.35	0.89	1.34	1.46	1.67	1.88	1.92
	sample 2	0.55	0.95	1.39	1.55	1.76	1.89	1.90
	sample 3	0.46	0.77	1.14	1.35	1.59	1.81	1.89
평 균		0.45±0.1	0.87± 0.09	1.29± 0.13	1.45± 0.1	1.67± 0.08	1.86± 0.04	1.90± 0.02

나. 이산화황 농도 및 저장 온도에 따른 박피 연근의 갈변 방지 효과

각각의 이산화황 농도 및 저장 온도에 따르는 박피연근의 갈변 정도에 대한 관능검사 결과를 그림 1, 2, 3에 나타내었다. 이산화황의 농도가 100 ppm 이하 처리구는 갈변도가 서로 유사하였기 때문에 100 ppm이하의 처리구는 100 ppm 처리구만을 그래프로 나타내었다.

100 ppm이하의 이산화황 용액에 침지한 처리구는 10℃ 조건하

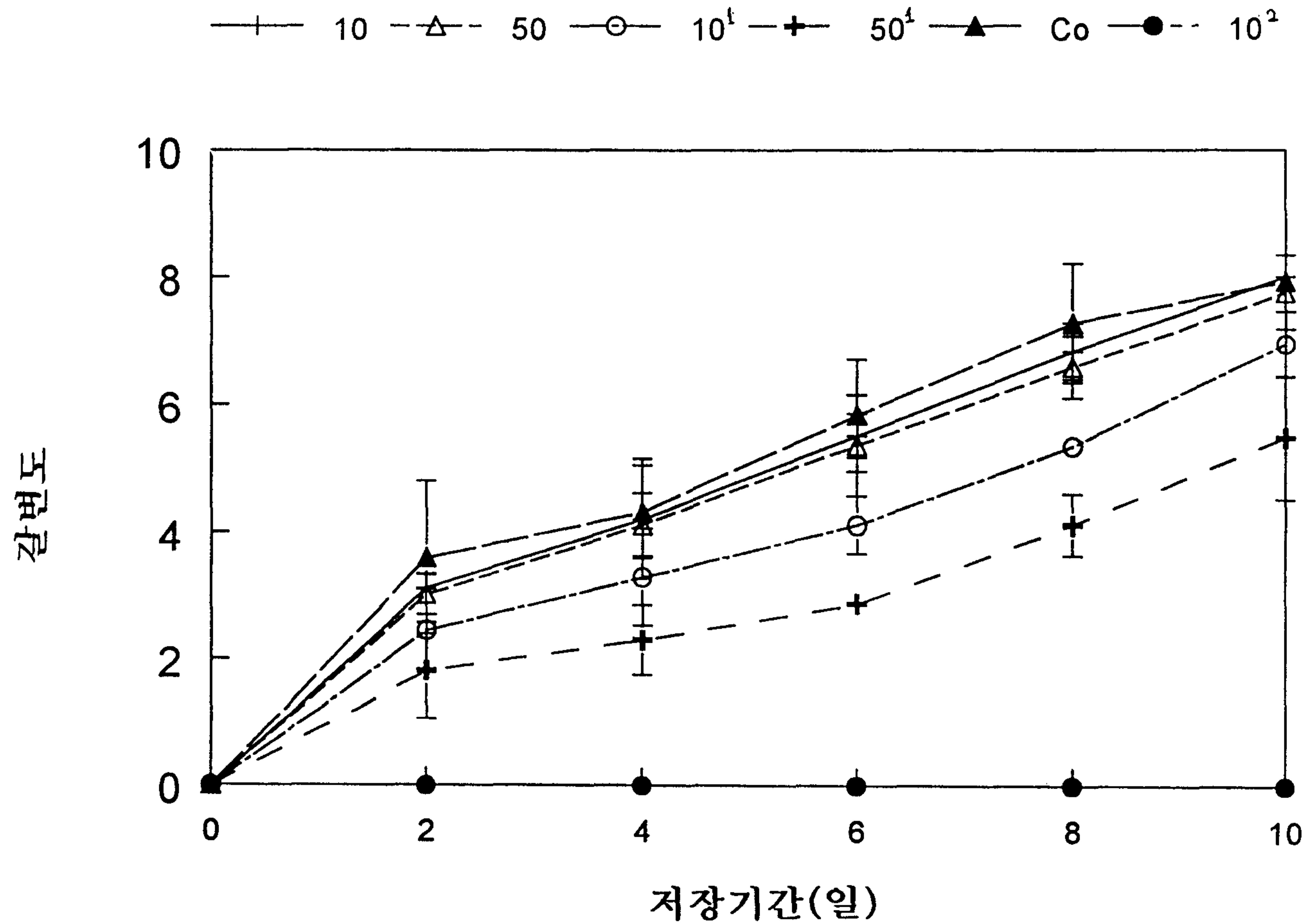


그림 1. 각각 다른 이산화황의 농도에 침지한 박피 연근의 10°C에서의 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)

10;100 ppm의 이산화황, 50;500 ppm의 이산화황, 10¹;1,000 ppm의 이산화황, 50¹;500 ppm의 이산화황, 10²;10,000 ppm의 이산화황, Co; 대조구

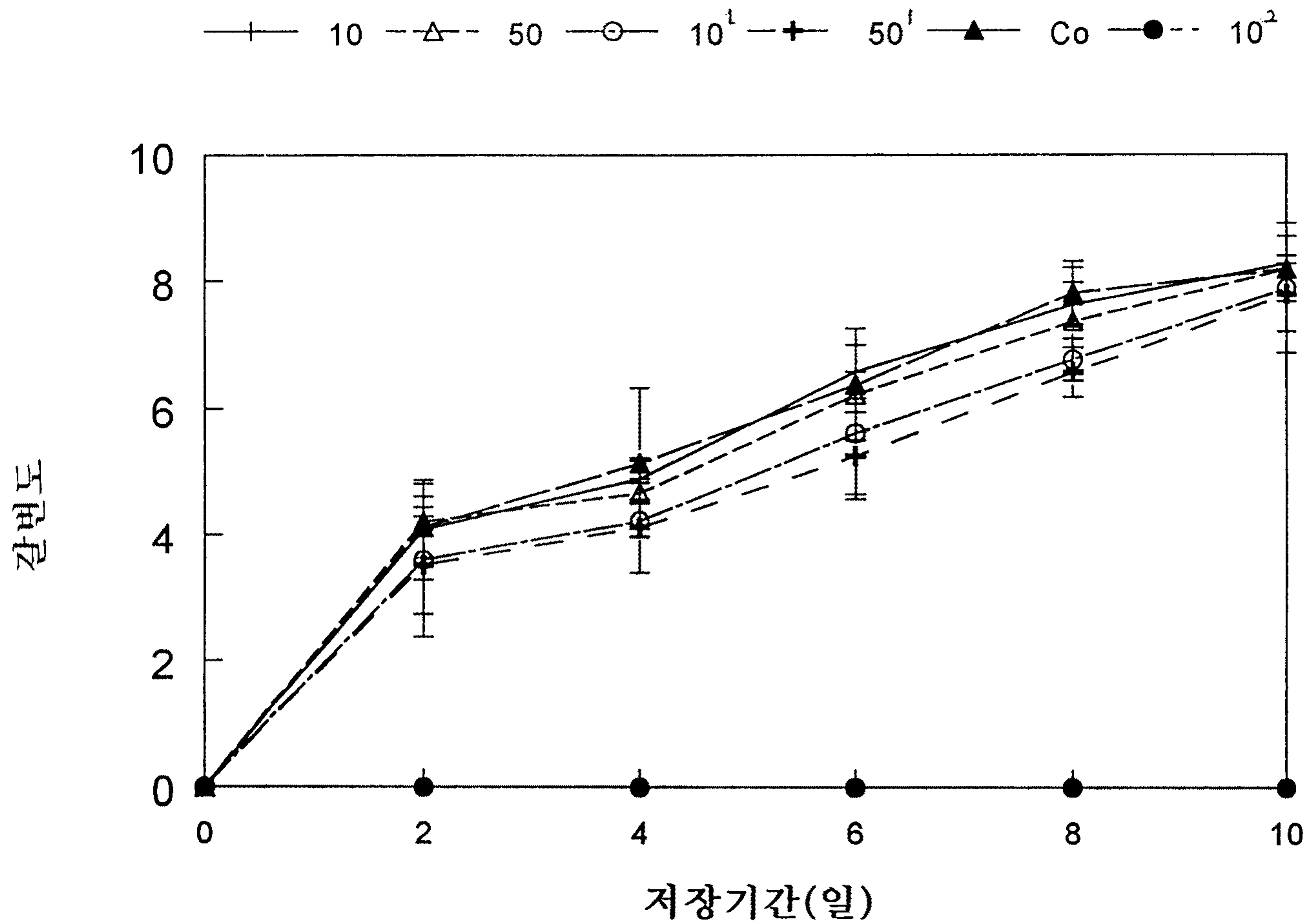


그림 2. 각각 다른 이산화황의 농도에 침지한 박피 연근의 20℃에서의 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)
 10;100 ppm의 이산화황, 50;500 ppm의 이산화황, 10¹; 1,000 ppm의 이산화황, 50¹;500 ppm의 이산화황, 10²;10,000 ppm의 이산화황, Co; 대조구

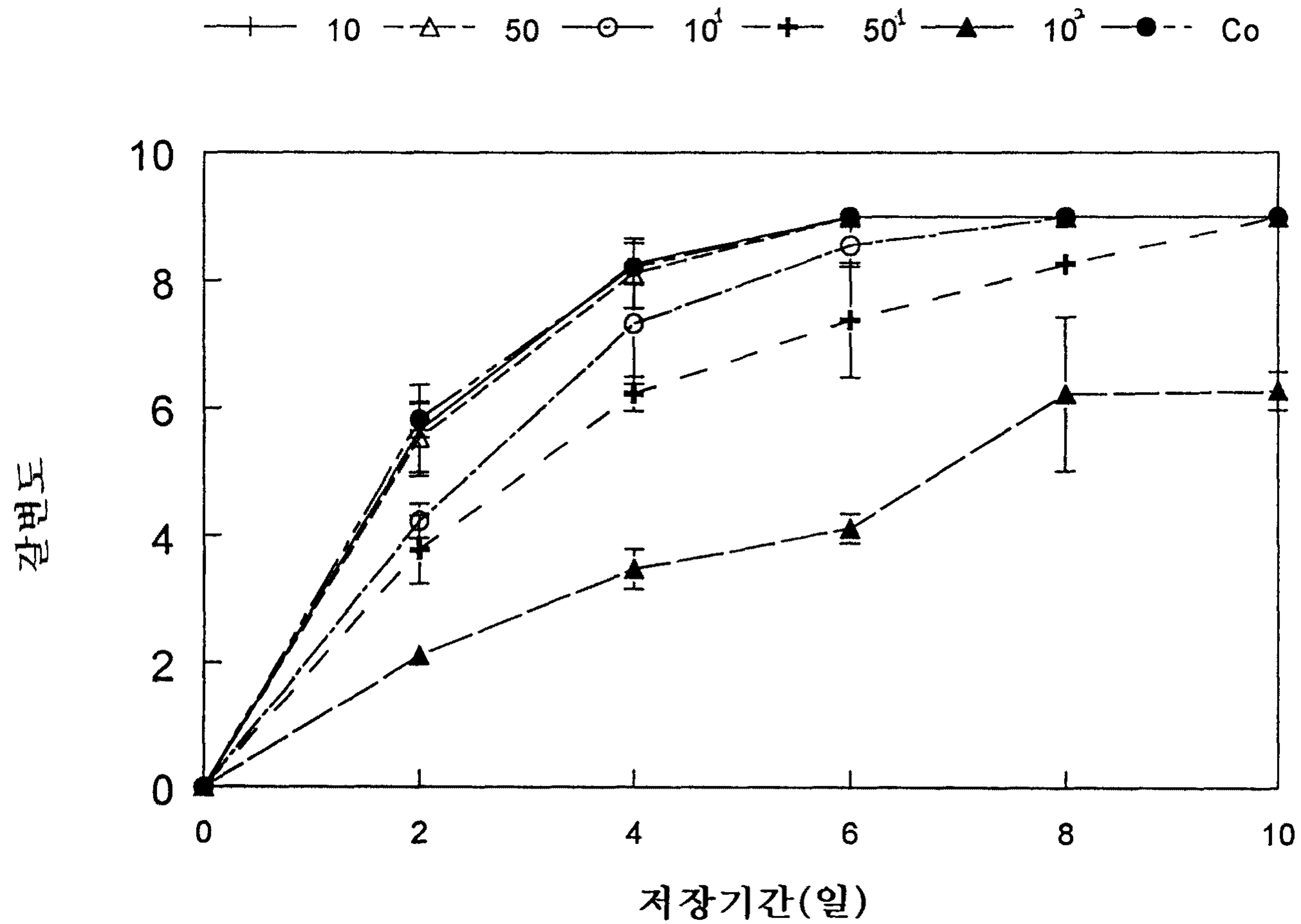


그림 3. 각각 다른 이산화황의 농도에 침지한 박피 연근의 30°C에서의 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)

10;100 ppm의 이산화황, 50;500 ppm의 이산화황, 10¹; 1,000 ppm의 이산화황, 50¹;500 ppm의 이산화황, 10²;10,000 ppm의 이산화황, Co; 대조구

에서 처리 후 1일째부터 갈변되기 시작하였고, 3일 경과 후에는 전체적으로 갈변이 발생한 상태였다. 500 ppm 침지구도 100 ppm 침지구와 유사하게 처리 2일째부터 갈변이 되기 시작하여, 4일째에는 역시 전체적으로 갈변 되었다. 1,000 ppm 침지구는 비교적 양호하여, 4일째부터 약간씩 갈변되기 시작하여 5일째에는 전체적으로 갈변되었다. 5,000 ppm 침지구는 6일째부터 갈변되기 시작하였고, 7일 경과 후에는 전체적으로 갈변되었다. 고농도 처리구인 10,000 ppm(1 %) 처리구는 관찰 기간 동안 갈변 현상 및 기타 변화 상황은 없었으며, 오히려 약간 탈색되었다. 하지만, 포장지를 개봉시 강한 이산화황 자극취를 내었다.

따라서, 10,000 ppm(1 %) 와 같은 고농도 처리구는 갈변을 방지할 수 있었지만, 포장지 개봉시 강한 이산화황 자극취를 내기 때문에 상품화 하기에는 문제가 있을 것으로 생각되며, 1,000 ppm 처리구는 3-4일간 갈변 없이 저장이 가능하였다. 하지만 1,000 ppm 미만의 처리구는 10℃ 저온하에서도 1-2일 이내에 갈변이 되기 때문에 갈변 방지를 위한 적절한 방법이 아님을 알 수 있었다.

20℃ 조건하에서는 모든 처리구의 갈변 진행도가 10℃에서 보다 빨랐는데, 1,000 ppm 미만의 저농도 처리구는 24시간 이내에 갈변 되기 시작하여 2일째에는 거의 모든 처리구가 전체적으로 갈변되어 상품성이 떨어졌다. 1,000 ppm과 5,000 ppm 처리구는 저장 기간 중 변화정도가 서로 유사하였는데 시작일로부터 2일째에 갈변 되기 시작하여 3-4일째에는 전체적인 갈변현상을 나타냈으며, 연근 자체 내에서 생성된 것으로 보이는 약간의 즙 발생도 있었다. 고농도인 10,000 ppm(1 %) 처리구는 관찰기간 동안 갈변 현상은 없었으나, 5일째부터는 연근의 가장 자리가 옅은 남색으로 변하였으며, 9일째에는 곰팡이가 생성된 처리구도 발생하였다.

따라서, 20℃ 조건하에서는 10℃ 조건하에서 보다 박피 연근의 갈변 진행이 더 빨랐고, 1,000 ppm, 5,000 ppm 처리구는 1-2일 저장 가능한 것으로 나타났다. 고농도인 1 % 처리구는 관찰기간 중

갈변 현상은 없었지만, 10℃ 조건과 마찬가지로 개봉시 이산화황 자극취를 내었다. 1,000 ppm미만 처리구는 갈변 지연 효과가 없음을 알 수 있었다.

고온인 30℃ 조건하에서는 1,000 ppm미만의 처리구는 1일째부터 전체적으로 갈변되었으며, 조직이 상당히 물러지고 약간의 즙 발생도 있었다. 1,000 ppm처리구도 약간의 차이는 있었지만, 이들 처리구와 거의 유사하였다. 5,000 ppm 침지구도 1일째부터 갈변이 되기 시작하여 2일째에는 전체적으로 갈변되어 상품성이 떨어졌으며, 역시 다른 처리구들처럼 조직이 물러지고, 즙이 발생하였다. 고농도인 10,000 ppm(1 %) 처리구는 처리 후, 2일째부터 연근의 가장 잔리가 얇은 남색으로 변색 되었고, 3일째에는 곰팡이가 생성되는 처리구도 발생하였다.

따라서, 30℃ 조건의 모든 처리구가 10℃나 20℃ 조건에 비해 갈변이 더 잘 됨은 물론, 즙 발생이 심하였으며, 조직이 연화되어 약간의 충격에도 모양이 변형되는 처리구가 많았다.

위의 결과, 고온에서는 저온에서 보다 효소의 활성이 높아 갈변이 발생하였고, 미생물의 오염으로 곰팡이의 생성이 심하였으며, 그 외에 조직이 연화되어 조직의 변화도 심하였다.

다. 침지시간에 따른 이산화황의 갈변 억제 효과

침지시간에 따른 이산화황의 갈변 억제 효과에 대한 관능검사의 결과는 그림 4에 나타내었다. 처리 조건인 20℃에서 저장을 시작한 날로부터 1일 경과 후에는 침지시간 30분, 1, 3, 5, 10시간의 5개 처리구 모두 양호하였으나, 2일째에는 10시간 동안 침지한 처리구를 제외한 30분, 1, 3, 5시간 처리구는 약간 갈변 되기 시작하여 3일째에는 전체적으로 갈변이 일어났다. 10시간 침지한 처리구는 3일째부터 갈변되기 시작하였고, 4일째에는 처리구의 1/2이상 갈변되었고, 5일째에는 전체적으로 갈변되었다.

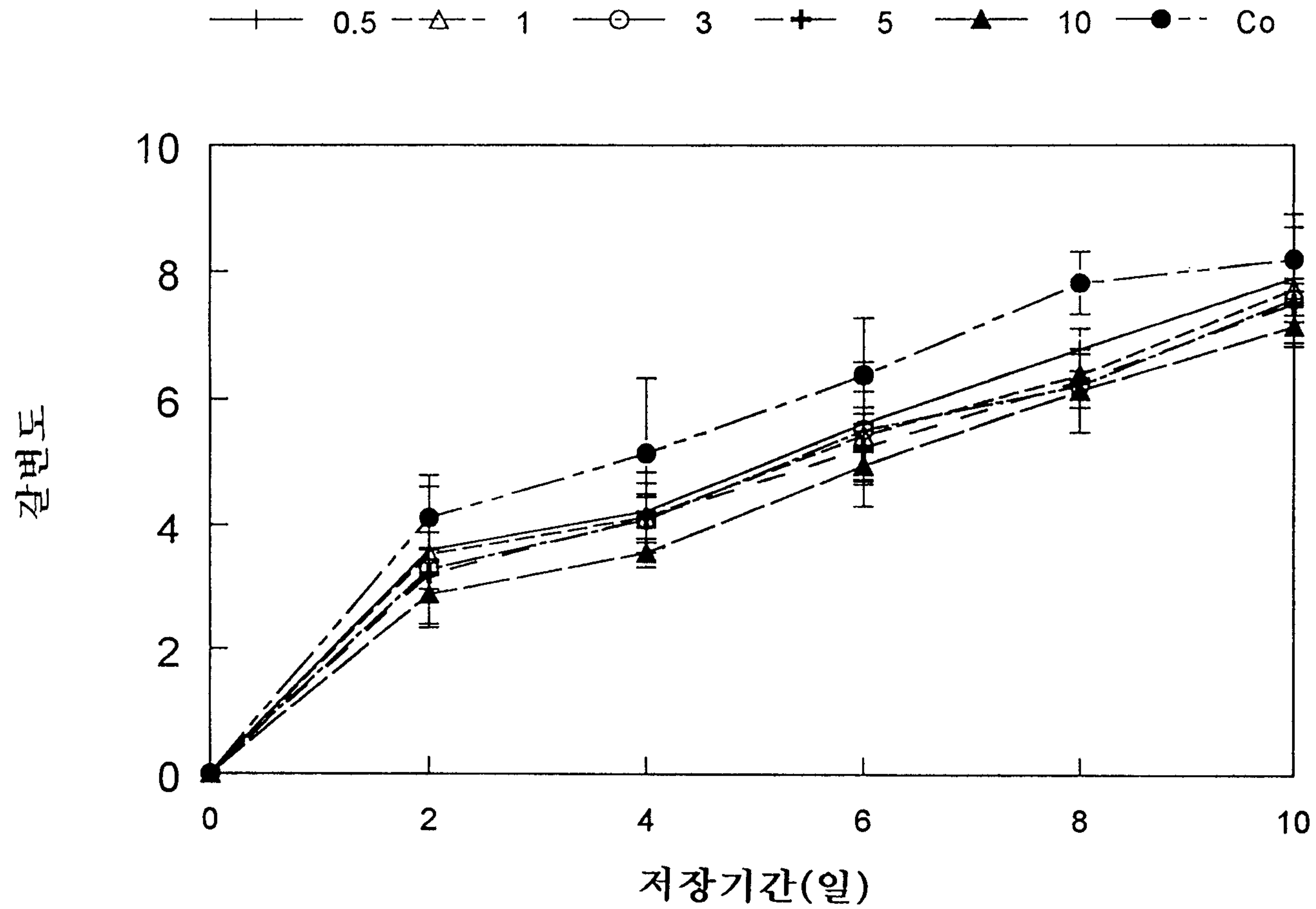


그림 4. 1,000 ppm 농도의 이산화황 용액에 침지 시간의 변화에 따른 박피
 연근의 20℃에서 갈변 정도의 변화
 0.5;30분 침지, 1;1시간 침지, 3;3시간 침지, 5;5시간 침지, 10;10시간
 침지, Co;대조구

이상의 결과, 침지시간이 5시간 이하일 경우에는 박피 연근의 갈변 억제 효과가 거의 비슷하였고, 10시간 침지된 처리구도 박피 연근의 갈변 억제효과에 비해 시간이 많이 소요되는 비교적 경제 적이지 못한 것으로 판단된다. 이것은 물론 장시간 동안 연근을 침지용액에 침지하면 연근내 이산화황의 잔류량이 침지시간이 짧은 처리구에 비해 더 많은 양이 잔존 하겠지만, 그 차이가 근소하고 또한, 예비실험 결과 연근의 최대 수분 흡수율은 침지시간 30분을 기준으로 완만한 증가를 하기 때문으로 생각된다.

라. PE 포장재 두께에 따른 이산화황이 처리된 박피 연근의 갈 변 저해도

PE 포장재 두께에 따른 이산화황이 처리된 박피 연근의 갈변 저해에 대한 관능검사 결과는 그림 5 에 나타내었다. 이들의 처리 조건인 20℃ 에서 갈변 진행도는 포장재 두께에 의한 효과가 차이 없이 진행되었으며, 1,000 ppm 침지구는 40 μ m와 120 μ m 두 처리구 모두 2일째부터 갈변되기 시작하였고 3,000, 5,000 ppm 침지구들은 포장재의 두께 및 농도간의 갈변 진행도가 서로 비슷하여, 두 침지구 모두 4일째부터 갈변이 되기 시작하였다. 7,000 ppm 침 지구는 3일째부터 연근이 다소 옅은 남색으로 변색되었고, 6일째부터 갈변되기 시작하였다.

따라서, PE 포장재 두께에 의해서 연근의 갈변 억제 효과는 별로 없으므로, 경제성을 고려해 볼때 얇은 포장재를 박피 연근의 포장 을 위해 더 이용하는 것이 바람직할 것으로 여겨진다.

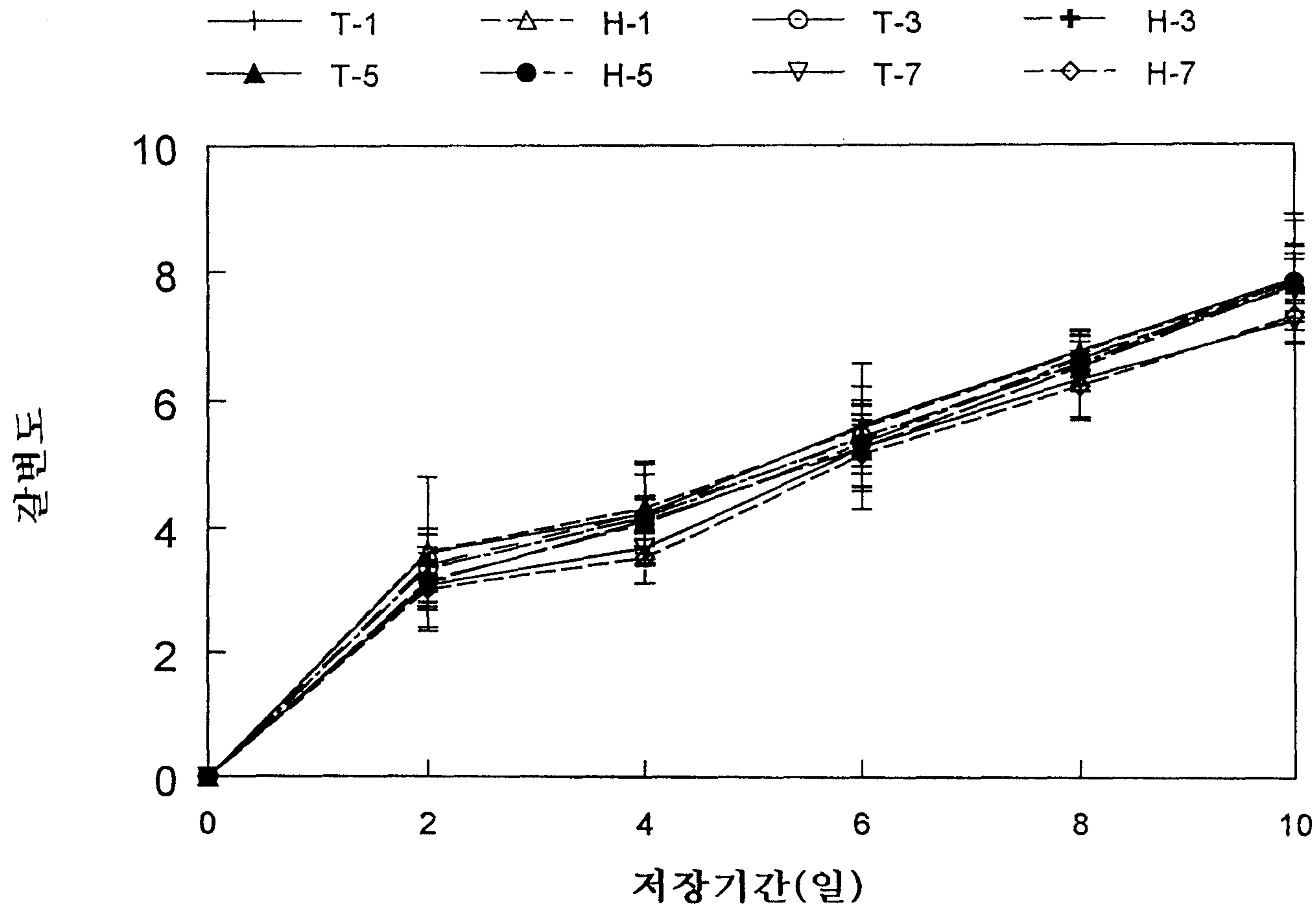


그림 5. 이산화황 농도 및 포장지 두께의 변화에 따른 박피 연근의 20℃에서 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)

T-1;두께 40 μ m, 1,000 ppm, H-1;두께 120 μ m, 1,000 ppm, T-3;두께 40 μ m, 3,000 ppm, H-3;두께 120 μ m, 3,000 ppm, T-5;두께 40 μ m, 5,000 ppm, H-5;두께 120 μ m, 5,000 ppm, T-7;두께 120 μ m, 7,000 ppm, H-7;두께 120 μ m, 7,000 ppm,

제 2 절 이산화황 용액에 침지된 박피 연근의 잔류 이산화황 측정

1. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

앞에서와 같은 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

(1) 침지시간에 따른 잔류이산화황의 측정

침지시간에 따른 잔류 이산화황의 양을 측정하기 위해 1,000ppm의 이산화황 용액에 30분, 1, 3, 5, 10시간 침지한 박피연근을 모니어-윌리암스변법으로 그 잔류량을 측정하였다. 또한 이들 각각의 처리구를 20℃에 1일 방치 후 잔류량을 측정하였다. 잔류 이산화황 측정 방법은 다음과 같다.

미리 가온된 60℃ 항온 수조에 증류수 200 mL를 넣은 환저플라스크를 분당 0.2 L의 속도로 불활성 가스인 질소가스를 공급하면서 15분간 가열하였다. 가열 하는 동안, 적당량(이산화황으로 500~1,500 μ g 상당량)의 시료를 거품 발생을 억제 하기 위해 5% ethanol 100 mL를 첨가하여 균질화 하였다. 균질화된 시료를 환저플라스크에 옮기고, 시료가 있던 수기를 증류수 200 mL로 2-3회 수세하여 함께 더한 후, 4N-HCl 을 약 90 mL를 첨가하였다. 60℃ 항온 수조에서 1시간 45분 동안 가열해 이산화황 가스를 알카리성 3% 과산화수소(H_2O_2)에 포집하였다. 포집된 이산화황 가스를 0.01N-NaOH로 적정하였다. 종말점은 옅은 황색을 나타낼 때로 하였으며, 다음 계산식에 의거 잔류 이산화황의 양을 계산하였다.

$$\text{이산화황 양 (mg/Kg)} = \frac{320 \times f \times N}{S}$$

320 : 0.01N-NaOH 1ml에 대응하는 SO₂양 = 320mg SO₂

f : 0.01N-NaOH의 factor

N : 0.01N-NaOH 소요 ml 수

S : sample 무게

(2) 이산화황 농도와 저장 온도에 따른 이산화황 잔류량 측정

이산화황의 농도와 저장 온도에 따른 이산화황 잔류량을 알아보기 위해 100 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm의 용액에 각각 30분간 침지하여 그 잔류량을 측정하였다. 각각의 용액에 침지한 박피 세절된 연근을 두께 40 μm 폴리에틸렌 포장지로 포장하여 각각의 처리구를 10, 20, 30℃에 보관하면서 그 잔류량을 측정하였다. 측정법은 위에서와 같이 모니어-윌리암스변법으로 측정하였다.

(3) 이산화황 용액에 침지된 박피연근의 데치기 및 조림 중의 잔류 이산화황의 양 측정

박피연근을 데치기하면 옅은 남색을 부분적으로 나타내 상품성이 떨어지므로 이를 막기 위해 이산화황을 박피 연근을 침지한 후 데치기를 다음과 같이 실시하였다. 고농도인 1% 이산화황 용액에 30분간 침지한 연근을 끓는물에서 0, 10, 20, 30, 50, 60분간 처리 후 각 처리 시간별 잔류 이산화황 양을 측정하였다. 보통, 소비자들은 대부분 연근을 조림으로 섭취하기 때문에 실제 연근에 이산화황을 처리했다 하더라도, 가열하여 조리 후에는 이산화황의 잔류량이 줄어들 것으로 예상되어 실제 이산화황이 처리된 연근을 요리책을 참조하여 연근조림을 만들었다. 즉, 연근을 수세·박피하여 세절한 다음, 식초를 넣은 끓는 물에서 8분간 데치기 하였다. 데치

기된 연근을 5분간 기름과 함께 볶았다. 볶은 연근을 다시 간장, 설탕, 물 등을 가하여 10분간 조림을 하여 연근 조림을 완성하였다. 연근 조림의 각 단계인 데치기, 볶음, 조림 등에 대하여 각각의 잔류 이산화황의 양을 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 침지시간에 따르는 잔류 이산화황의 측정

침지시간에 따르는 잔류 이산화황 양의 측정 결과 및 20℃ 에서 하루 방치 후 잔류량은 다음 표 3 에 나타내었다..

잔류 이산화황의 양은 침지시간에 따라 크게 차이가 없었는데, 10시간 침지구만이 다른 침 지구에 비해 다소 높은 값을 나타냈다. 30분 침 지구는 약 80 ppm이, 1시간 침 지구는 약 88 ppm, 3시간 침 지구는 약 100 ppm이 검출 되었으며, 5시간 침 지구는 약 108 ppm 이 검출 되었다. 10시간 침 지구는 이들 보다 다소 높은 130 ppm 이 잔류 이산화황으로 검출 되었다. 특히, 이들을 20℃ 에서 1일 방치 후, 그 잔류량을 측정한 결과, 5시간 이하 침 지구에서는 12-15 ppm 정도가 검출 되어, 침 지구간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났고, 10시간 침 지구만이 다소 높은 25 ppm 정도가 검출 되었다. 이것은 앞선 침지시간에 따른 갈변 억제효과의 실험결과에서도 갈변 현상이 침지시간에 크게 차이 없이 진행되기 때문에 이산화황 잔류량에 있어서도 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 침지시간을 10시간 이상으로 하는 것은 경제성을 고려할 때 적절한 방법이 아니라고 생각되며, 박피 연근의 최대 수분 흡수율에 근접한 침지시간 30분 정도가 적절한 침지시간 이라고 생각된다.

표 3. 침지시간에 따른 잔류 이산화황의 양과 20℃ 에서 1일 방치 후 이산화황의 잔류량

침지시간	잔류 이산화황의 양(ppm)	20℃ 에서 1일 방치 후 이산화황의 잔류량(ppm)
30 분	79.6 ± 3.39	11.9 ± 0.57
1 시간	88.4 ± 1.31	12.0 ± 0.42
3 시간	100 ± 1.75	12.6 ± 0.70
5 시간	107.8 ± 1.57	15.3 ± 0.49
10 시간	130.3 ± 2.15	25.0 ± 1.67

나. 이산화황 농도와 저장 온도에 따르는 이산화황 잔류량 측정

이산화황 농도와 저장 온도에 따르는 이산화황 잔류량 측정 결과는 다음 표 4 에 나타내었다.

100, 500, 1,000 ppm의 이산화황 용액에 30분간 침지한 박피 연근의 잔류 이산화황의 양은 최초 100 ppm 침지구는 약 8 ppm, 500 ppm 침지구는 43 ppm이 검출 되었으며, 1,000 ppm 침 지구는 약 80 ppm의 잔류 이산화황이 검출되었다. 100 ppm 에 침지한 연근을 폴리에틸렌(PE) 포장지(두께 40 μm)로 포장하여 10℃ 에서 1일 방치한 시료의 경우 잔류 이산화황은 거의 검출되지 않았고(2 ppm이하), 갈변 억제 효과도 없었다.

표 4. 이산화황 농도와 저장 온도에 따르는 이산화황 잔류량

처 리 조 건		초기 이산화황의 량 (ppm)	1일 방치 후 이산화황의 잔류량 (ppm)
10℃	100 ppm	8.3 ± 1.53	2 이하
	500 ppm	42.5 ± 3.85	8.1 ± 0.54
	1,000ppm	79.9 ± 2.68	19.0 ± 0.07
20℃	100 ppm	8.3 ± 1.53	검출안됨
	500 ppm	42.5 ± 3.85	5.1 ± 0.12
	1,000 ppm	79.9 ± 2.68	12.8 ± 0.62
30℃	100 ppm	8.3 ± 1.53	검출안됨
	500 ppm	42.5 ± 3.85	검출안됨
	1,000 ppm	79.9 ± 2.68	3.3 ± 0.5

20℃ 이상의 고온에서는 갈변이 더욱 잘 되었고, 잔류 이산화황은 검출 되지 않았다. 500 ppm 처리구는 PE 포장 후 10℃에서 1일 경과 후 약 8 ppm 이, 20℃에서는 약 5 ppm이 검출되었다. 고온인 30℃에서는 검출 되지 않았다. 1,000 ppm 의 침지구는 PE 포장 후, 10℃에서는 1일 경과 후 19 ppm 이, 20℃에서 1일 방치한 결과, 약 13 ppm 이 검출 되었다. 고온인 30℃에서는 3 ppm 정도 검출되었고, 갈변된 상태였다. 같은 농도에서 처리한 시료라도 낮은 온도에 보관한 것의 잔류량 검출이 많았다. 또한 밀봉하지 않았을 경우에는 1,000ppm에 침지한 처리구의 경우에도 10℃에

1일 경과 후 이산화황 잔류량이 거의 검출되지 않았고 갈변 진행 속도도 밀봉된 처리구에 비해 빨리 진행되었다.

이상의 결과, 아황산 처리구는 그 잔류량에 있어서 온도에 상당히 민감하다는 것이 실험 결과 나왔는데 같은 농도라도 낮은 온도의 경우 그 잔류량이 많았고 갈변도 지연 되었는데, 이것은 높은 온도에서 이산화황의 휘발이 더 잘되기 때문에 잔류량이 적어 갈변을 억제 시키지 못한 것으로 사료된다.

1,000 ppm 침지한 경우 20℃ 에서는 1일 후에 갈변 되었으나, 이 보다 저온인 10℃ 에서는 3-4일간 유효하였고, 갈변 되기 직전의 잔류 이산화황의 양은 약 20 ppm 이었다. 이로써 연근내에 최소 이산화황으로 환산한 농도가 20 ppm 이상 존재시 갈변이 지연됨을 알 수 있었다. 또한, 고농도인 1% 이산화황 용액에 침지한 처리구를 평균기온 20℃, 평균 상대습도 80% 조건하에서 10일 경과 후 곰팡이가 발생 되었는데 곰팡이 발생 부위의 이산화황 잔류량은 약 100 ppm 이 검출되었다. 같은 처리구의 깨끗한 부위는 약 400 ppm이 검출되었는데, 이로써 고온 다습한 조건에서 곰팡이 생육을 억제하는데는 박피 연근내 이산화황이 약 400 ppm 정도 잔류해야 억제할 수 있음을 알 수 있었다.

따라서 저온인 10℃ 에서는 박피연근 잔류 이산화황의 양이 20 ppm 이상 잔류해야 갈변 억제 효과가 있었으며, 이보다 효소활성이 나 미생물의 생육이 활발한 20℃ 에서는 최소 잔류 이산화황이 100 ppm 이상 잔류해야 박피연근의 갈변 억제 및 곰팡이의 증식을 억제할 수 있었다.

다. 이산화황 용액에 침지된 박피 연근의 데치기 및 조림 중의 잔류이산화황 양의 측정

1% 의 아황산 용액에 침지한 연근을 끓는물에서 시간별(0, 10, 20, 30, 50, 60분)로 데치기한 후 그 잔류 이산화황의 양을 측정한 결과는 다음 표 5와 같다.

10분 데치기를 한 처리구는 최초 이산화황 잔류량의 약 75%가 감소하였고, 20분 후에는 최초 잔류량의 98%가 감소하였으며, 30분 후에는 98.5%가 감소하였다. 50분과 60분간 데치기한 처리구는 잔류 이산화황은 검출되지 않았다. 따라서, 연근내의 이산화황이 대부분은 데치기 10분 이내에 거의 휘발되어 사라지는 것을 알 수 있었다.

또한, 연근조림 중의 잔류 이산화황의 측정 결과는 다음 표 6과 같다. 이산화황 용액에 침지된 박피한 연근을 당과 함께 조림하기 위해 끓는 물에 8분간 데치기 한 후, 5분간 기름과 함께 볶았다. 볶은 연근을 다시 간장, 설탕, 물 등을 가하여 10분간 조림을 하여 데치기, 볶음, 조림 등 각각에 대하여 잔류 이산화황의 양을 측정하였다.

표 5. 이산화황 처리된 연근의 데치기 시간의 변화에 따른 이산화황의 잔류량

처리시간 (분)	감 소 량 (%)			평균감소량(%)
	sample 1	sample 2	sample 3	
0	0	0	0	0
10	74.5	76.2	74.1	74.9 ± 1.12
20	97.5	98.6	97.9	97.9 ± 0.61
30	98.7	98.7	98.1	98.5 ± 0.35
50	100	99.8	99.9	99.9 ± 0.1
60	100	100	100	100

표 6. 이산화황 용액에 침지된 박피 연근의 조림 중 잔류 이산화황의 양

처리조건	감 소 량 (%)			평균 감소량(%)
	sample 1	sample 2	sample 3	
끓는물에서 데치기한 후 (8분간)	73.2	73.8	73.6	73.5 ± 0.31
데친연근을 기름과 함께 볶음 (5분간)	84.5	86.2	84.1	84.9 ± 1.12
볶은 연근을 당, 간장 등과 함께 조림한 후 (10분간)	95.5	95.6	95.9	95.6 ± 0.21

8분간 끓는 물에 데치기한 처리구의 경우 데치기 전의 최초 잔류량이 120 ppm에 비해 약 74 %가 감소한 30 ppm이 잔류하였고, 기름과 함께 볶은 연근은 85 %가 감소한 18 ppm이 잔류하였다. 마지막으로 당, 간장과 함께 조림을 한 처리구는 최초 잔류량에 비해 95 % 이상 감소한 5 ppm 정도가 검출되었다.

이상의 결과 박피연근내에 100 ppm정도의 잔류 이산화황의 양은 갈변 및 미생물 증식을 억제 시킬 수 있고, 위와 같이 조림을 하여 섭취한다면, 잔류된 이산화황에 의해 야기 될 수 있는 피해는 거의 없을 것으로 생각된다.

제 3 장 . 이산화황 외의 갈변저해제 에 의한 박피연근의 갈변 억제

제 1 절 이산화황 외의 갈변저해제 중 단일물 질의 갈변저해 효과

1. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

상법에서와 같은 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

(1)이산화황 외의 갈변저해제 중 단일물질의 갈변저해 효과
유기산, 항산화제, 항미생물제 등으로 이용되고 있는 식품첨가
물들을 박피연근의 갈변저해 효과를 조사하기 위하여, 여러가지
농도로 용액을 조제하여 침지 후 갈변정도를 조사했다. 이에 사용
된 식품첨가물로 및 그 사용 농도는 다음과 같다.

듀오존(ClO ₂) :	0.03 - 0.12%(v/v)
Sodium Chloride (NaCl) :	1 - 10%(w/v)
Calcium Chloride(CaCl ₂) :	1 - 2%(w/v)
Sodium acid pyrophosphate(SAPP) :	0.5 - 3%(w/v)
Sodium acetate :	0.5 - 3%(w/v)

Potassium sorbate :	0.1	-	0.2% (w/v)
Hydrogen Peroxide(H ₂ O ₂) :	2	-	10% (v/v)
β -cyclodextrin :	0.5	-	1% (w/v)
4-Hexylresorcinol :	10	-	100 ppm
Potassium phosphate :	0.5	-	3% (w/v)
명반 :	1	-	3% (w/v)
Triton X-100 :	0.1	-	0.2% (v/v)
Citric acid :	0.5	-	3% (w/v)
Ascorbic acid :	0.5	-	3% (w/v)
Erythorbic acid :	0.5	-	3% (w/v)
Sodium Erythorbte :	0.5	-	3% (w/v)
Lactic acid :	0.5	-	3% (w/v)
Acetic acid :	0.1	-	0.5% (v/v)
Malicacid :	0.5	-	3% (w/v)
Benzoic acid	0.5	-	3% (v/v)
Magnesium Ascorbyl-2-Phosphate :	0.5	-	3% (w/v)
Sodium Ascorbyl-2-phosphate :	0.5	-	3% (w/v)
Sporix(Acidic Sodium Metaphosphate) :	0.3	-	1% (w/v)
Multiphos(Acidic Sodium Polyphosphate) :	0.3	-	1% (w/v)

위와같은 식품첨가물들을 이용하여 각각의 농도에 침지용액을 조제하였다. 제조된 침지용액에 박피·세절된 연근을 30분간 침지한 후, 40 μ m 두께의 폴리에틸렌 포장재에 포장하여 20℃의 항온기에 보관하면서 각각의 갈변도 및 변화정도를 관찰하였다.

(2) 관능검사

앞에서와 같이 15명의 훈련된 패널요원으로 실시하였으며, 저장 온도 및 기간에 따른 연근의 갈변 정도를 10점법(0-9점)으로 하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 이산화황 외의 갈변저해제 중 단일 물질의 갈변 저해 효과
사용된 갈변 저해제들 중에서 주요한 갈변 저해제들인 4-Hexylresorcinol(4-HR), Erythorbic acid(EA), Ascorbic acid(AA), Citric acid(CA) 및 Acetic acid(ACA) 등에 침지된 박피 연근의 관능검사 결과를 그림 6, 7, 8, 9, 10에 나타내었다. 듀오존은 0.03-0.12% (v/v) 범위로 사용하였는데, 원액(3%)의 50배 희석한 농도인 0.06% 일때 가장 효과적이었으나, 20℃ 에서 2일째부터 갈변이 되기 시작하여, 3일째에는 처리구 대부분이 곰팡이가 발생되었다. NaCl 과 H₂O₂ 처리 방법이 최초 기대되었으나 NaCl 의 경우 1-10% (w/v) 농도 범위에서 사용하였는데, 5% 이하의 농도에서는 갈변 억제 효과가 없었으며, 고농도인 10% 에서는 갈변은 아니지만, 박피연근의 가장자리 부분의 색깔이 옅은 남색으로 변하는 문제가 발생하였고, H₂O₂ 처리구의 경우 2% (v/v)에서 10% (v/v) 까지 다양한 농도로 시도해 보았으나, 갈변 억제 효과는 없었다. H₂O₂ 원액(30%)을 사용한 처리구는 갈변은 되지 않았지만, 누런색으로 변색되었다.

새로운 갈변 저해제로 이용할 수 있을 것으로 기대됐던 β -cyclodextrin과 요즈음, 이산화황 대체물질로 각광 받고 있는 4-Hexylresorcinol 처리구에서 β -cyclodextrin는 0.5-1% (w/v) 농도로 사용하였으나 갈변 억제 효과는 별로 없었으며, 4-Hexylresorcinol는 10 ppm - 100 ppm의 농도로 사용하였지만, 당초 예상과는 달리 박피 연근의 갈변 억제 효과는 그리 기대할 만하지 못한 것으로 나타났다. 또한, 4-Hexylresorcinol를 50 ppm 이상의 농도로 사용할 경우, 침지후, 박피 연근에서 자극취를 발생하였다.

과일, 야채 음료 및 과일, 야채 가공품에 아황산염의 대체 효과를 나타낼 수 있는 Multiphos (Acidic Sodium Polyphosphate)와,

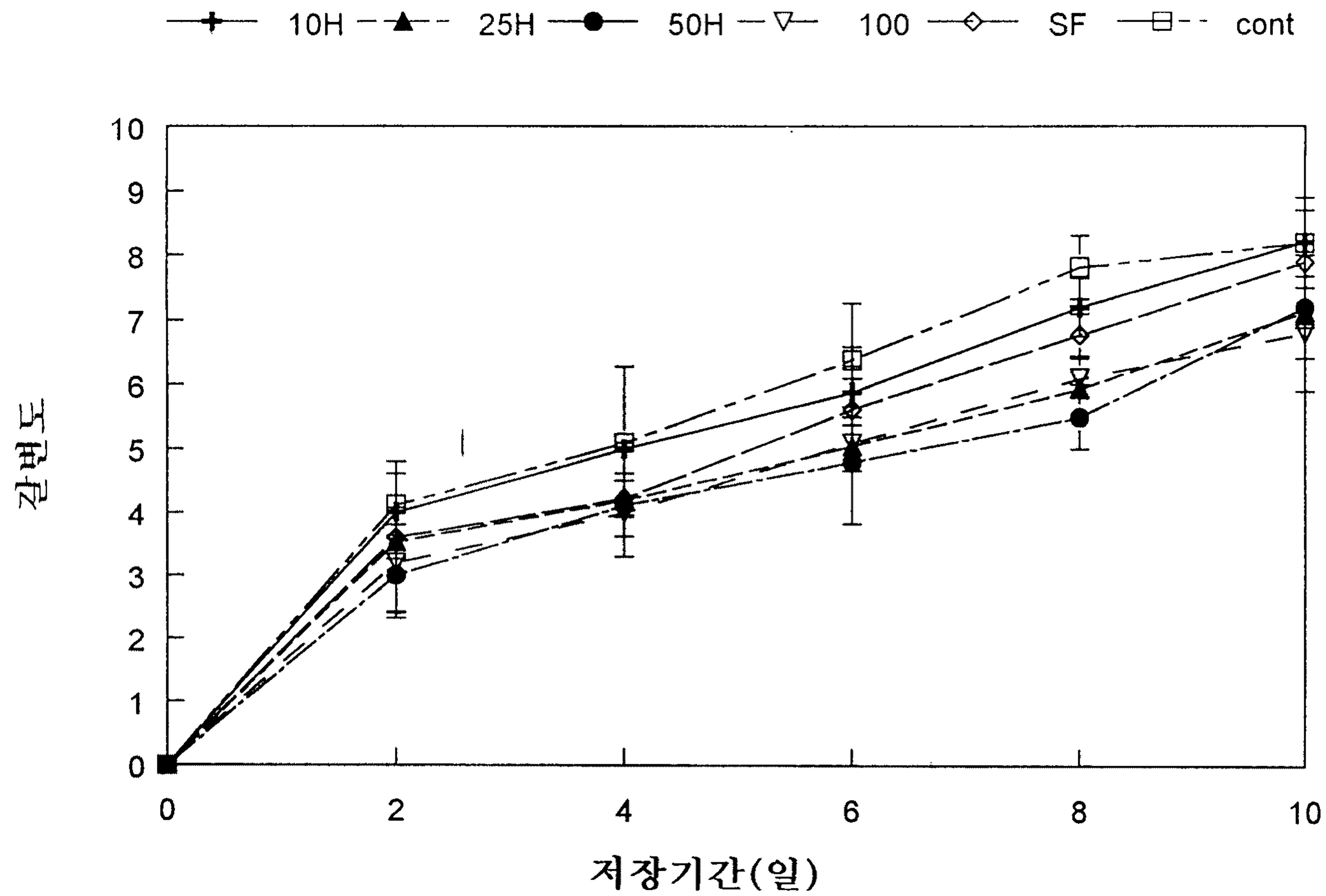


그림 6. 각각 다른 4-hexylresorcinol(4-HR)에 침지한 박피 연근의 20°C에서의 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)
 10H;4-HR 10 ppm, 25H;4-HR 25 ppm, 50H;4-HR 50 ppm, 100;4-HR 100 ppm, SF;0.1% 이산화황용액(potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

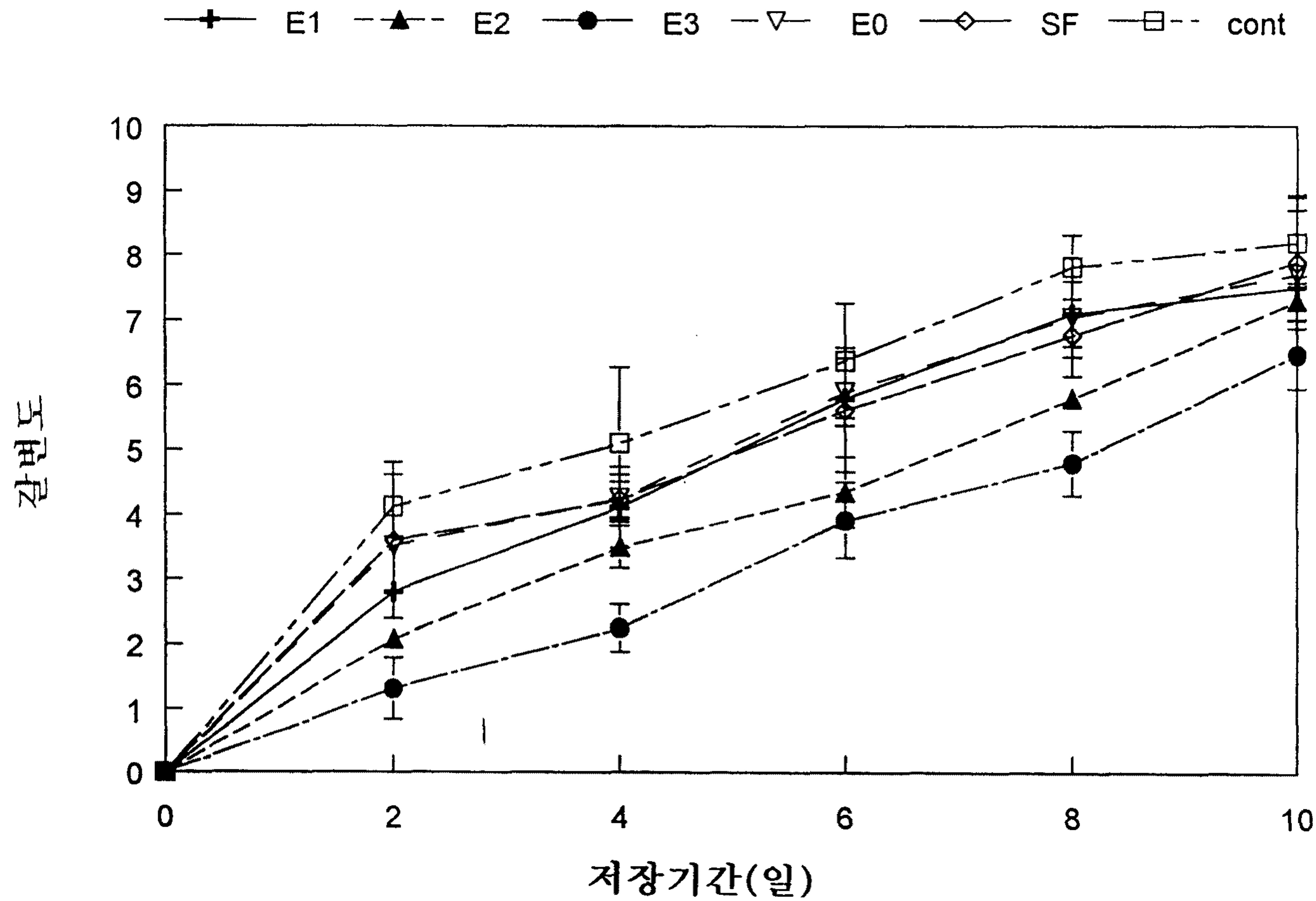


그림 7. 각각 다른 erythorbic acid(EA)의 농도에 침지한 박피 연근의 20℃에서 의 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)
 E1;1% EA, E2;2% EA, E3;3% EA, E0;0.5% EA, SF;0.1% 이산화황용액 (potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

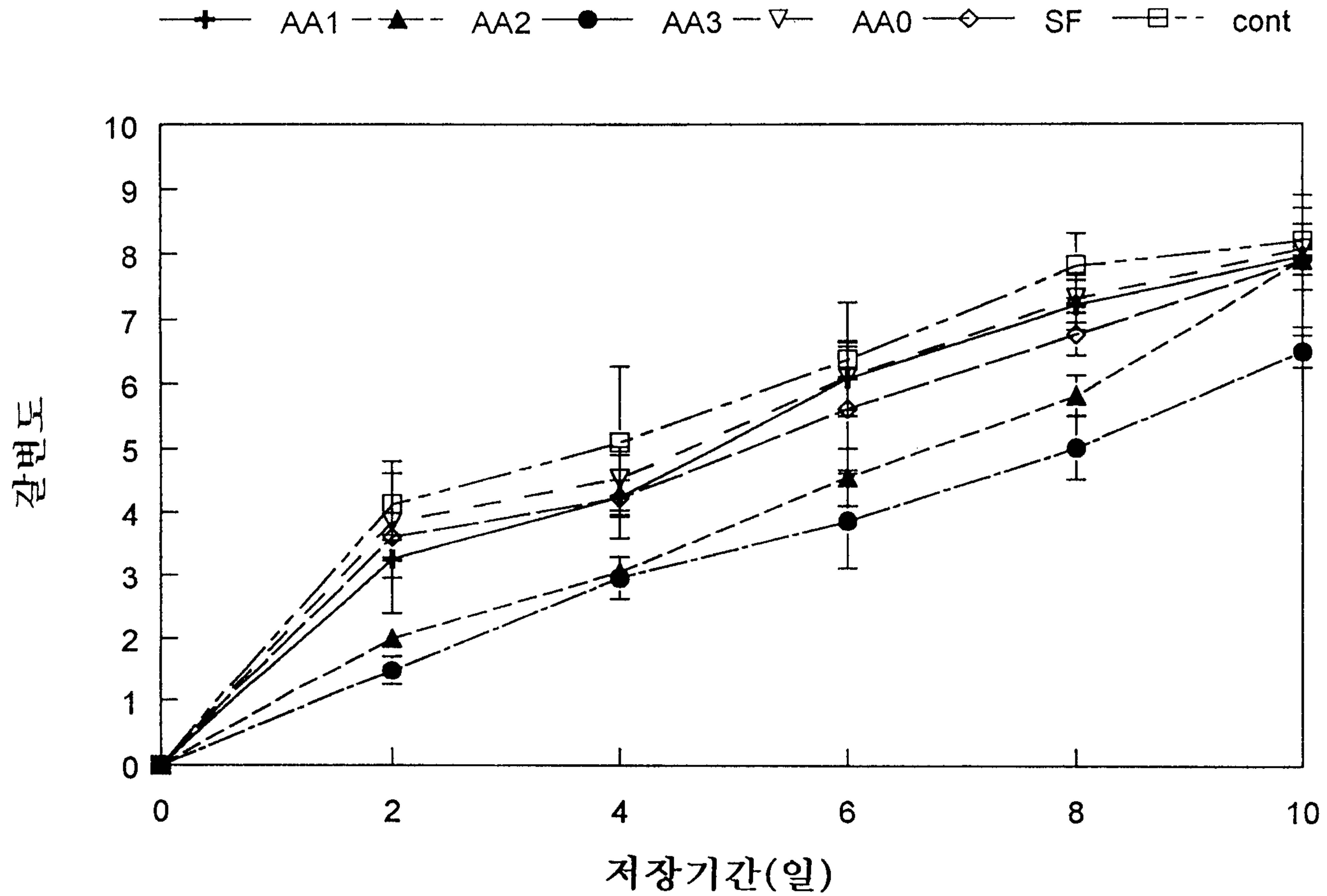


그림 8. 각각 다른 ascorbic acid(AA)의 농도에 침지한 박피 연근의 20℃에서 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)
 AA1;1% AA, AA2;2% AA, AA3;3% AA, AA0;0.5% AA, SF;0.1% 이산화황용액(potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

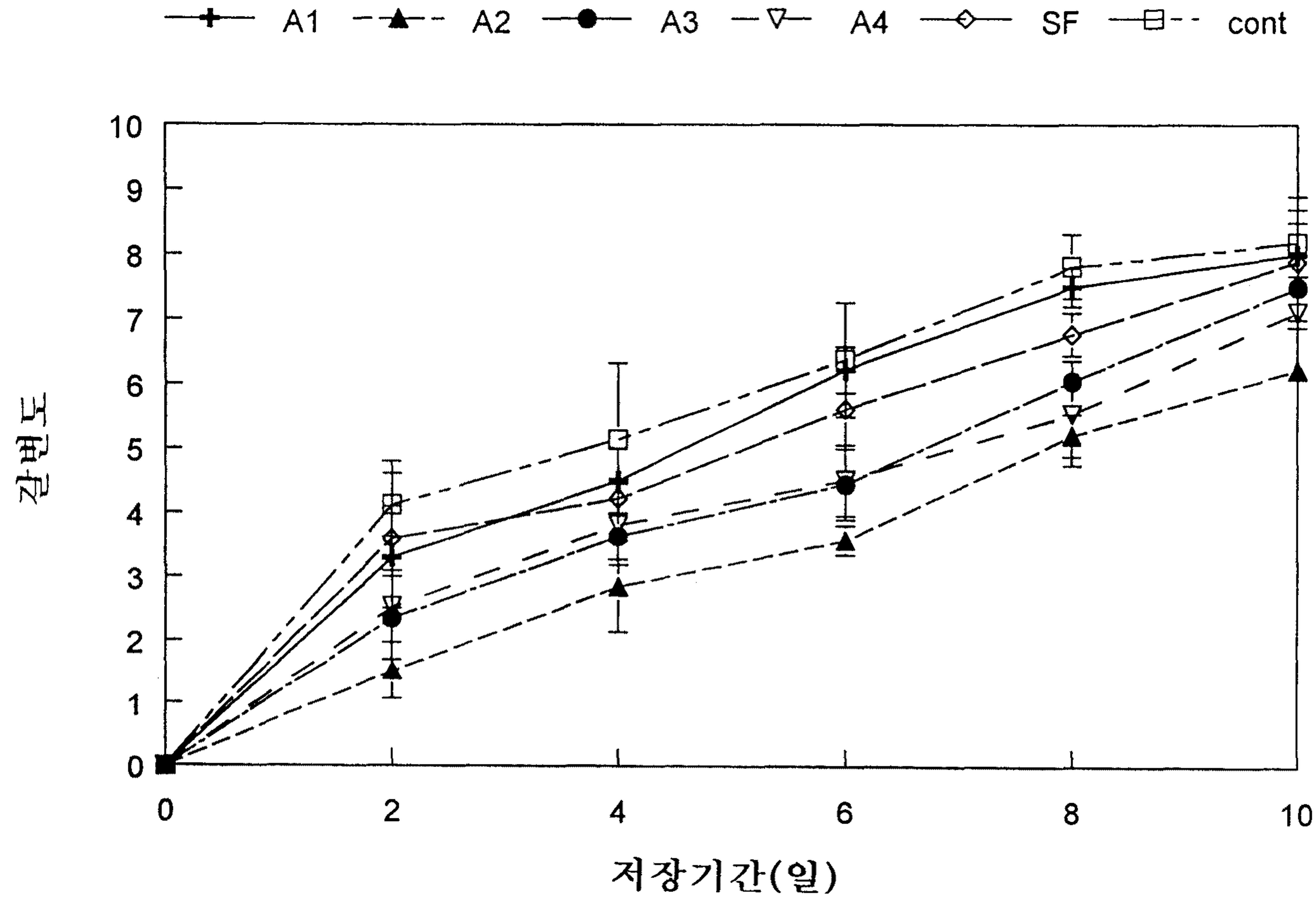


그림 9. 각각 다른 acetic acid(ACA)의 농도에 침지한 박피 연근의 20℃에서 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)

A1;0.1% ACA, A2;0.5% ACA, A3;1% ACA, A4;2% ACA, SF;0.1% 이산화황용액(potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

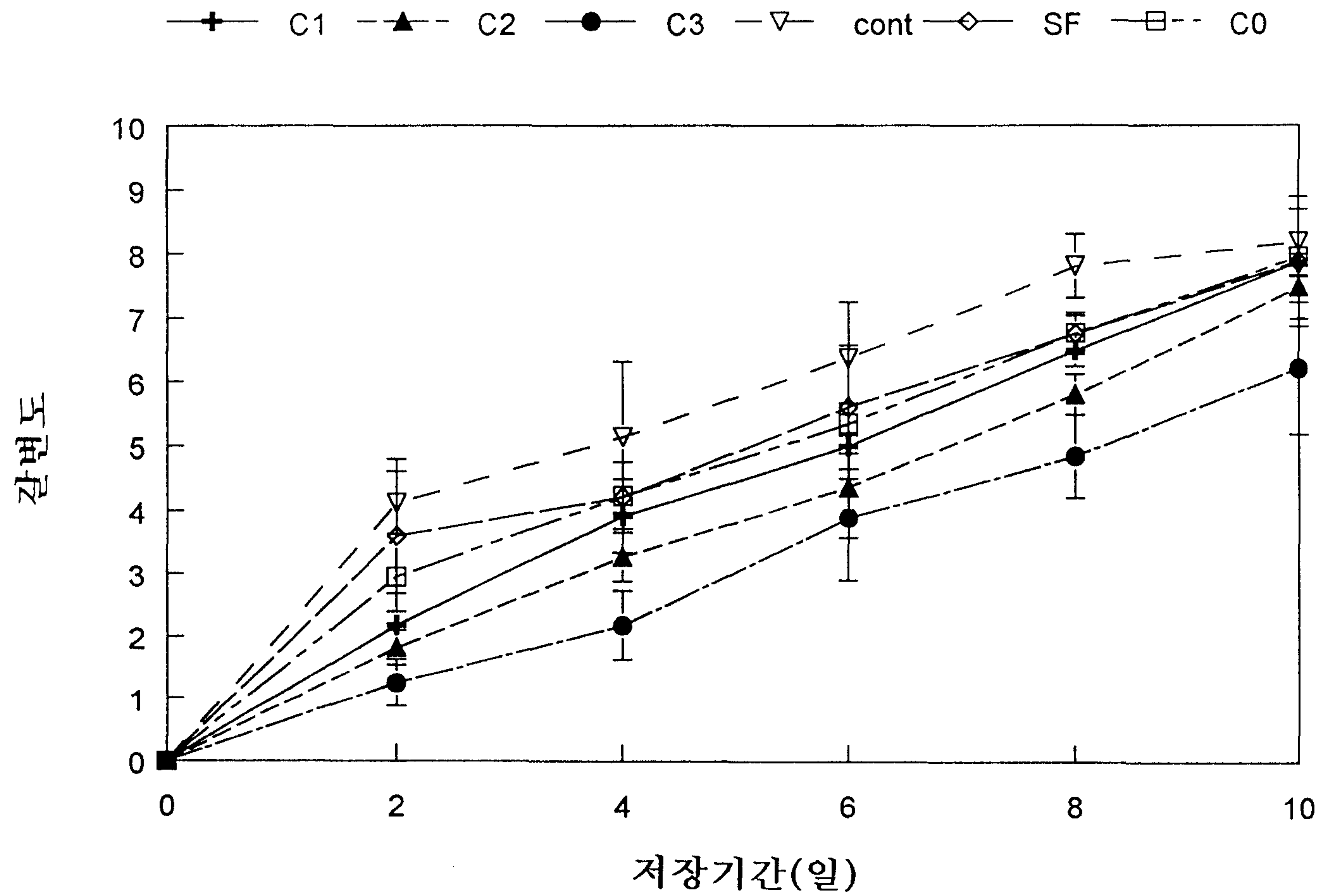


그림 10. 각각 다른 citric acid(CA)의 농도에 침지한 박피 연근의 20℃에서의 갈변 정도의 변화 (30분간 침지)

C1;1% CA, C2;2% CA, C3;3% CA, C0;0.5% CA, SF;0.1% 이산화황용액 (potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

Sporix (Acidic Sodium Metaphosphate)를 각각 0.3, 0.4, 0.5, 1% (w/v) 농도로 사용하였다. 두 처리구 모두 비슷한 효과를 보였지만, 효과적으로 박피 연근의 갈변을 억제시키지는 못하였다.

이외의 갈변저해제인 Sodium acid pyrophosphate(SAPP), Sodium acetate, Lactic acid, Potassium phosphate, Malic acid, Benzoic acid 등을 0.5-3% 의 농도로 사용하였으나, 갈변 저해 효과는 별로 크지 않았다.

Acetic acid(ACA) , Citric acid(CA), Ascorbic acid(AA) 와 Magnesium Ascorbyl-2-Phosphate (MAA), Sodium Ascorbyl-2-phosphate(SAA), Iso Vitamin C 라고 하는 Erythorbic acid(EA) 및 그 염류인 Sodium erythorbate(SEA)를 각각 단일 물질로 사용한 결과, Acetic acid 처리구의 경우 1% 침 지구보다 0.5% 침 지구의 갈변 억제 효과가 더 좋았는데, 1% 침 지구는 3-4일째 갈변되었고, 0.5% 침 지구는 5일째부터 갈변되기 시작하였다. 0.5% 처리구는 약간의 식초 냄새가 났고 맛은 약간 신 맛을 띠었으나 거부감을 느낄 정도는 아니었으며, 비교적 양호한 갈변 억제 효과를 나타냈다.

Citric acid 처리구는 3% 일 때가 가장 좋았는데, 신 맛을 나타 내지는 않았고, Acetic acid 처리구보다 갈변 방지 효과가 더 좋았다.

Ascorbic acid 와 MAA 및 SAA 용액에 침 지한 처리구는 순수 Ascorbic acid와 그 염류간의 갈변 저해 정도는 서로 비슷하였고, 세 처리구 모두 3% 일 때 가장 갈변 저해 효과가 좋았으나, Citric acid 나 Erythorbic acid 및 그 염류 처리구 보다는 갈변 저해 효과가 적었다.

Erythorbic acid도 그 염류인 Sodium erythorbate 와 비슷한 갈 변 저해 효과를 나타냈으며 Ascorbic acid 처리구 보다 갈변 억제 효과가 더 좋은 결과가 관찰되었다. 또한, Acetic acid 처리구와는 비슷한 갈변 저해 효과를 보였으며, 두 처리구 모두 3% 일 때 가

장 갈변 저해 효과가 좋았다.

이상의 ACA, CA, AA, MAA, SAA, EA, SEA 의 7개 처리구 중에서 3%의 CA처리구가 박피 연근의 갈변 저해 효과가 가장 좋았다.

따라서, 위의 7 종류의 갈변 저해제들이 박피 연근의 갈변을 방지하는데 있어서 요즈음, 건강상 등의 여러가지 문제시 되고 있는 이산화황 대체 물질로써 사용 가능하며, 갈변 저해효과도 좋을 것으로 생각된다.

제 2 절 이산화황 외의 갈변 저해제 중 혼합용액의 갈변 저해 효과

1. 실험재료 및 방법

가. 시험재료

앞에서와 같이 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

(1) 혼합용액의 갈변저해 효과.

단일 물질로 갈변저해 효과가 있었던 Acetic acid(ACA), Citric acid(CA), Ascorbic acid(AA) 와 Magnesium Ascorbyl-2-Phosphate (MAA), Sodium Ascorbyl-2-phosphate (SAA), Erythorbic acid(EA) 및 그 염류인 Sodium erythorbate(SEA)를 서로 2-3가지 혼용하여 혼합용액을 만들었다. 제조된 혼합용액에 박피 연근을 30분간 침지한 후, 두께 40 μ m의 폴리에틸렌(PE)로 포장하여 10, 20, 30 $^{\circ}$ C 에 보관하면서 갈변도 및

변화정도를 관찰하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 혼합용액의 갈변저해 효과

단일 첨가제로는 갈변 억제 효과에 비해 고농도의 침지 용액을 조제해야 하는 비경제적인 문제가 발생하기 때문에 단일 첨가제로 효과가 있는 첨가제와 다른 첨가제를 2-3가지 혼합함으로써 박피 연근의 갈변 억제 효과를 볼 수 있었다. 여러가지의 조합된 용액 중에서는 현재까지의 결과 Vitamin C 류인 AA, EA 와 유기산인 CA 및 ACA를 조합한 용액에 침지한 처리구가 상당한 갈변 지연 효과가 있었으며, 지금까지 결과 Erythorbic acid 2%와 Citric acid 1% 혼합용액과, Citric acid 대신 Acetic acid 0.5% 의 혼합 용액, Erythorbic acid 대신에 2% Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid와 혼합된 용액의 갈변 억제 효과가 좋았다. 이들의 관능검사 결과를 그림 11, 12, 13에 나타내었다.

이상의 결과, 박피 세절된 생연근을 2% Erythorbic acid 와 1% Citric acid 혼합용액이나, Citric acid 대신 0.5% Acetic acid 의 혼합 용액, Erythorbic acid 대신에 2% Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid 와 혼합한 용액에 침지한 처리구는 위의 조제된 혼합 용액간의 다소 차이는 있지만, 10℃ 저온에서는 6-8일간 유효하였으며, 20℃에서는 3일간, 30℃에서는 1-2일간 유효하였다.

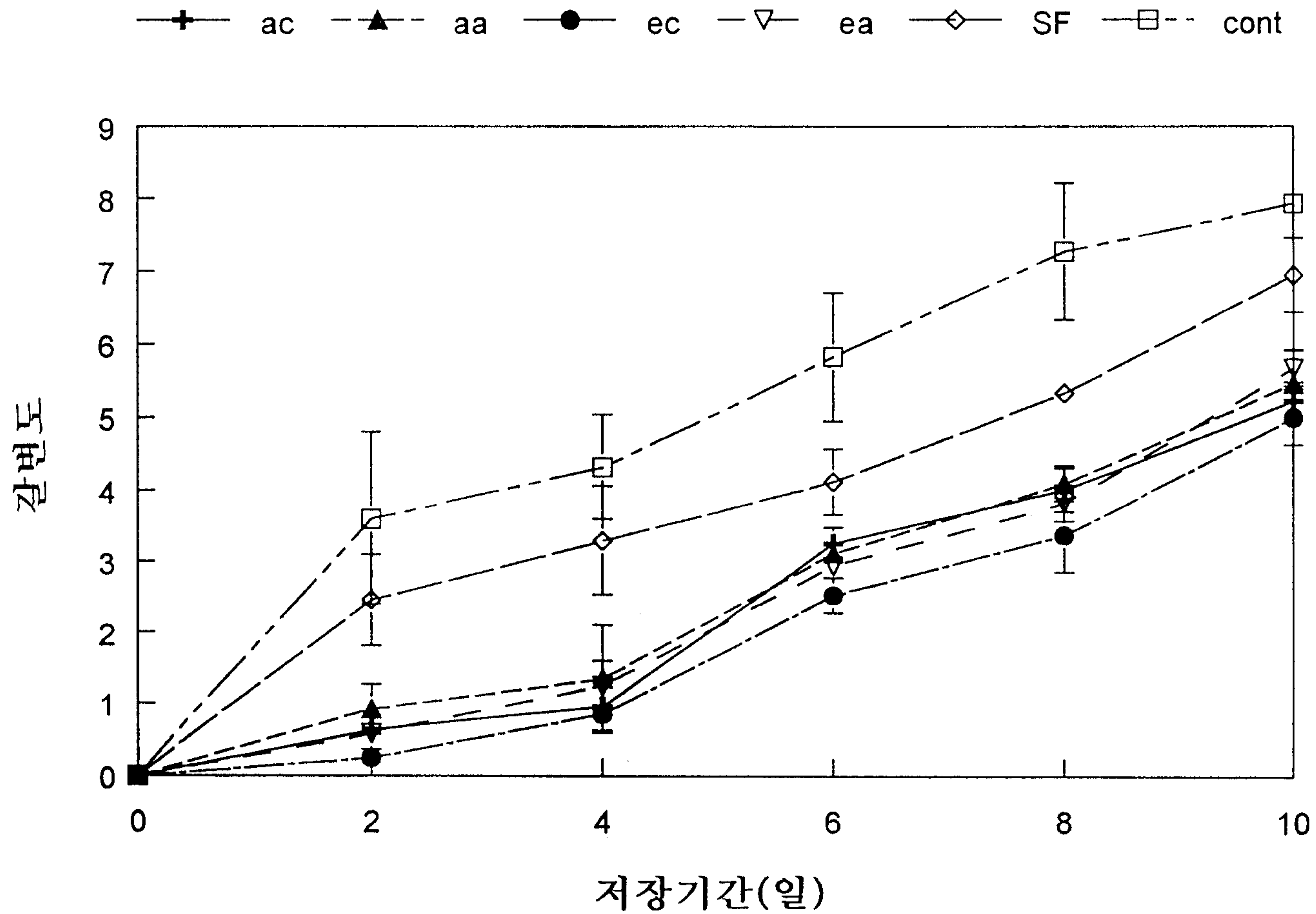


그림 11. ascorbic acid(AA) 와 citric acid(CA), ascorbic acid 와 acetic acid(ACA), erythorbic acid(EA) 와 citric acid, erythorbic acid 와 acetic acid 혼합용액에 침지한 박피 연근의 10°C에서 갈변정도의 변화 (30분간 침지)

ac;2% AA + 1% CA, aa;2% AA + 0.5% ACA, ec;2% EA + 1% CA, ea; 2% EA + 0.5% ACA, SF;0.1% 이산화황용액(potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

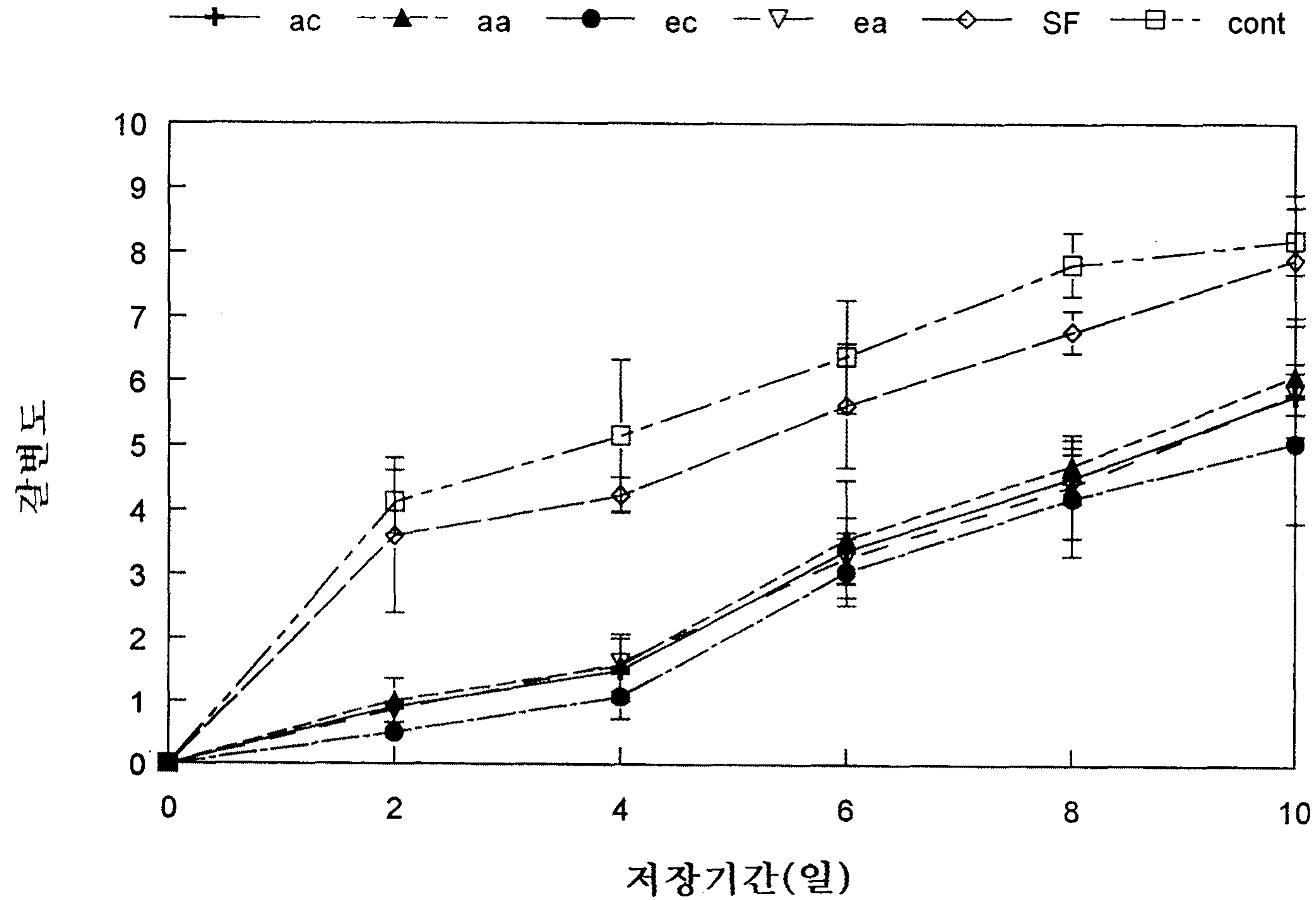


그림 12. ascorbic acid 와 citric acid, ascorbic acid 와 acetic acid, erythorbic acid 와 citric acid, erythorbic acid 와 acetic acid 혼합용액에 침지한 박피 연근의 20℃에서 갈변정도의 변화 (30분간 침지)
 ac;2% AA + 1% CA, aa;2% AA + 0.5% ACA, ec;2% EA + 1% CA, ea; 2% EA + 0.5% ACA, SF;0.1% 이산화황용액(potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조규

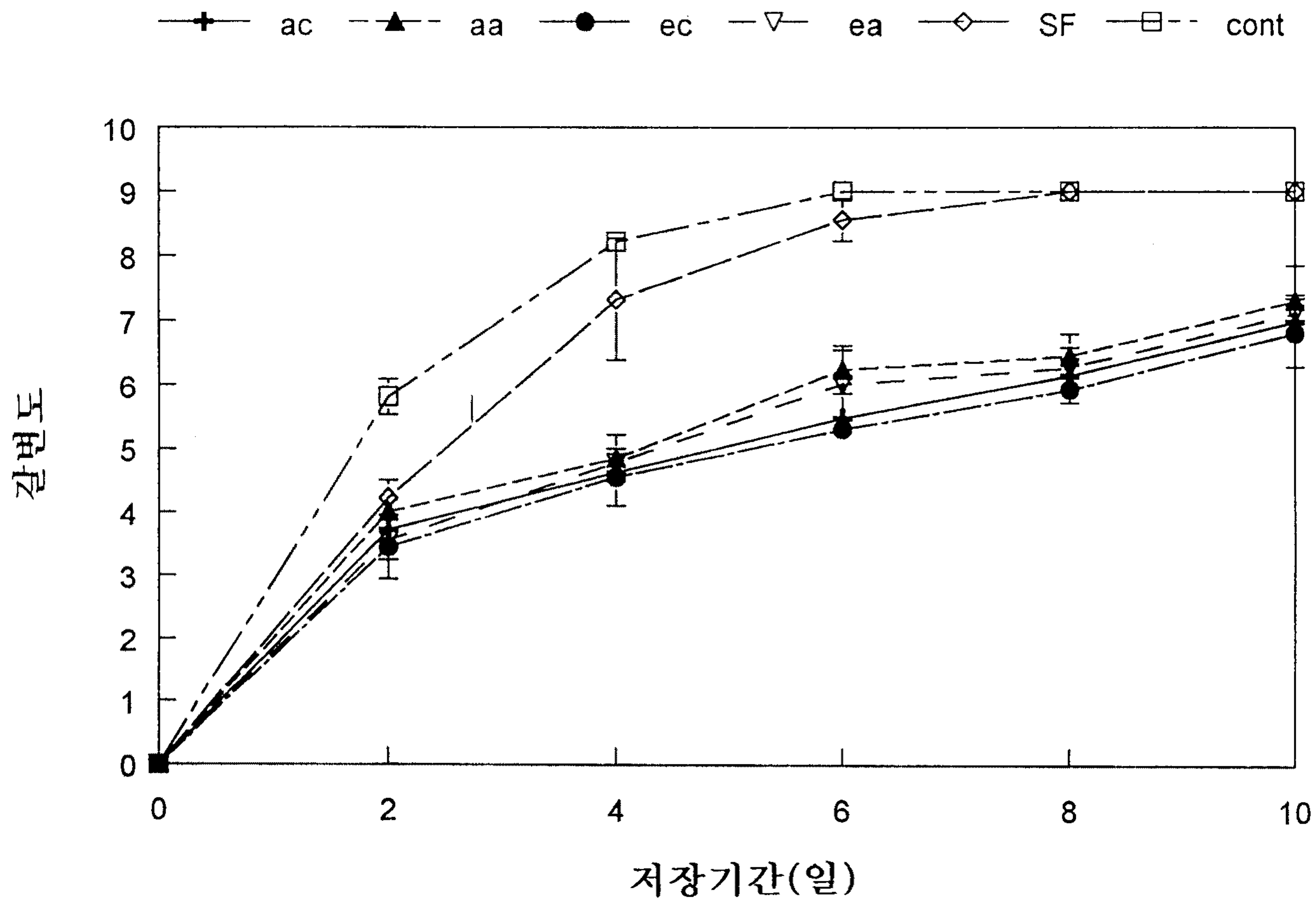


그림 13. ascorbic acid 와 citric acid, ascorbic acid 와 acetic acid, erythorbic acid 와 citric acid, erythorbic acid 와 acetic acid 혼합용액에 침지한 박피 연근의 30°C에서 갈변정도의 변화 (30분간 침지)
 ac;2% AA + 1% CA, aa;2% AA + 0.5% ACA, ec;2% EA + 1% CA, ea; 2% EA + 0.5% ACA, SF;0.1% 이산화황용액(potassium metabisulfite 18g/100mL), cont; 대조구

제 4 장 . 포장방법에 따른 박피 연근 의 갈변 억제 효과

제 1 절 진공포장 및 질소충전 포장에 의한 박피 연근의 갈변억제 효과

1. 실험재료 및 방법

가. 실험재료

앞에서와 같이 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

- (1) 생연근의 진공포장 및 질소충전 포장에 의한 박피 연근의 갈변 억제 효과와 데치기한 연근의 진공포장에 의한 갈변 억제 효과

박피한 생연근을 아무 처리 없이 Nylon/PE (두께 85 μ m, 이하 동일) 복합필름으로 100% 진공포장하여 10 $^{\circ}$ C, 20 $^{\circ}$ C, 30 $^{\circ}$ C 항온기에 보관하면서, 연근의 갈변도 및 변화상황을 관찰하였다. 또한, 불활성 가스인 질소를 10, 20, 30, 40% 비율로 충전하여 진공 포장하였고, 공기를 완전히 제거시키지 않고 20%의 공기를 함유하도록, 80%만을 진공 처리한 처리구를 대조구로 사용하였다.

연근내 세포 활성을 억제시키고, 박피연근의 갈변을 일으키는 원인이 되는 polyphenol oxidase(PPO)를 억제시켜 저장성을 늘리

기 위해 박피 세절된 연근을 95℃ 이상의 끓는 물에서 1, 2, 3, 5, 7, 10분간 데치기 하였다. 각 처리된 연근을 Nylon/PE 복합필름으로 진공포장 후, 저온에서는 각 처리구의 변화 속도가 늦을 것으로 생각되어, 20℃, 30℃ 항온기에 보관하면서 연근의 갈변 및 외적인 변화상황을 관찰하였다.

(2) 관능검사

생연근을 진공포장하거나 질소충전 포장했을때 연근의 갈변 상태는 상법에서와 같은 방법으로 행하였고, 갈변이외의 특이한 상황, 예를 들면 포장지가 부풀어 오랐는지 혹은 곰팡이가 발생했다는 등의 상태를 기록하였다. 또한, 데치기한 처리구도 동일한 동일한 방법으로 행하였으며, 갈변보다는 조직의 변화 상황, 예를 들어 조직이 물러졌다는 등에 중점을 두었다. 그 상태가 아주 심할 경우에는 "++++", 심한 경우에는 "+++", 보통인 경우에는 "++", 비교적 양호한 경우에는 "+", 처음과 같은 상태에는 "-"로 표현하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 생연근의 진공포장 및 질소충전 포장에 의한 박피 연근의 갈변 억제 효과와 데치기한 연근의 진공포장에 의한 갈변 억제 효과

생연근을 진공포장 및 질소충전 포장 후, 10, 20, 30℃ 에서 관찰한 결과는 표 7과 같다.

표 7. 온도에 따른 생연근 진공포장 및 질소충전 포장한 처리구의 부패 정도

구 분		처 리 조 건	부패 정도			
			1-2일	3-4일	5-6일	7-8일
박피 세절된 생연근	10℃	80% 진공	- ^{a)}	+ ^{c)}	++ ^{d)}	+++ ^{e)}
		100% 진공	-	-/+ ^{b)}	+	+++
		질소 10% 충전	-	-	+	++
		질소 20% 충전	-	-	-	+
		질소 30% 충전	-	-	-	++
		질소 40% 충전	-	-	-	++
	20℃	80% 진공	+	++	+++	++++ ^{f)}
		100% 진공	-/+	+	++	++++
		질소 10% 충전	-	-/+	+++	++++
		질소 20% 충전	-	-/+	++	++++
		질소 30% 충전	-	-/+	+++	++++
		질소 40% 충전	-	-/+	+++	++++
	30℃	80% 진공	++	++++	++++	++++
		100% 진공	+/>++	+++	++++	++++
		질소 10% 충전	+/>++	+++	++++	++++
		질소 20% 충전	+	+++	++++	++++
		질소 30% 충전	+/>++	+++	++++	++++
		질소 40% 충전	+/>++	+++	++++	++++

a),b),c),d) : “-” : 처음과 같은 상태, 변화없음., “-/+” : 처리구의 1/2 이 약간 변한상태, “+” : 약간부패, “++” : 보통, “+++” : 그 상태가 심함, “++++” : 매우심함

생연근을 진공 포장하여 10, 20, 30℃ 항온기에서 변화정도를 관찰한 결과, 10℃ 의 저온에서는 5일째부터 표면(박피된 부분)에 아주 작은 검은 반점이 생성되었고, 6일째에는 서서히 진공이 풀리기 시작했으며, 20℃ 에서는 1일째에 처리구의 1/2 정도가 검은 반점이 생성 되었고, 2일째부터 진공이 풀리기 시작하여, 3-4일째에는 모든 처리구의 진공이 풀렸는데, 갈변은 거의 되지 않는 처음 색깔과 유사하였다. 30℃ 의 고온에서는 24시간 이내에 진공이 풀리기 시작하였고, 또한, 저온 처리구보다 검은 반점의 수가 많았고, 색깔도 훨씬 더 짙었다. 생연근을 진공 포장함으로써 효과적으로 연근의 갈변을 억제 할 수 있었으나, 연근 자체내 호흡에 의한 포장재가 부풀어 오르는 문제가 발생하였다.

따라서, 포장지의 부풀림이 호흡에 의한 것으로 생각되어 호흡을 억제시키기 위해 질소 충전을 시도하였다. 포장지의 부풀림을 방지하기 위해서 10, 20, 30, 40% 의 질소를 함께 충전하여 포장하였고, 공기를 완전히 제거시키지 않고 20%의 공기를 함유하도록 80%만을 진공 처리한 처리구를 대조구로 사용하였다. 10-40% 질소 충전 처리구중 포장지의 부풀림이나 연근의 갈변 지연 효과는 질소를 20% 충전했던 처리구였으며, 20% 공기를 함유한 80%만을 진공 처리된 대조구는 2-3일 이내에 갈변이 일어났고, 포장지의 부풀림 정도도 질소 충전한 처리구 보다 더 많았다. 하지만, 이처럼 질소 충전한 처리구도 질소 충전 없이 100% 진공 처리한 처리구에 비해 30℃ 에서는 거의 유사하였지만, 10℃ 에서는 2-3일, 20℃ 에서는 1-2일간 포장재의 부풀림을 다소 지연시킬 수 있었으나, 완전히 방지할 수는 없었다.

1, 2, 3, 5, 7, 10분간 끓는 물에서 데치기한 박피 세절된 연근을 진공 포장하여 20, 30℃ 에서 관찰한 관능검사 결과를 다음 표 8에 나타내었다.

표 8. 박피 연근의 데치기 시간과 저장온도에 따르는 포장지의 부풀림 정도

저장 온도	데친 시간(분)	저장 기간 중 부풀림 정도				
		1-2일	3-4일	5-6일	7-8일	9-10일
20℃	1	- ^{a)}	-	-/+ ^{b)}	++ ^{d)}	+++ ^{e)}
	2	-	-	-/+	+ ^{c)}	+++
	3	-	-	-/+	+	+++
	5	-	-	-	-/+	++
	7	-	-	-	-/+	++
	10	-	-	-	-	+
30℃	1	-	+	++	+++	++++ ^{f)}
	2	-	+	++	+++	++++
	3	-	+	++	+++	+++
	5	-	-/+	+	++	+++
	7	-	-/+	+	++	++
	10	-	-	-/+	++	+++

a),b),c),d) : “-” : 처음과 같은 상태, 변화없음., “-/+” : 처리구의 1/2 이 약간 변한상태, “+” : 약간부품, “++” : 보통, “+++” : 그 상태가 심함, “++++” : 매우심함

20℃에서는 거의 모든 처리구가 10일째에 진공이 풀리기 시작하였고, 30℃에서는 4-5일째 진공이 풀리기 시작하였다. 20℃ 처리

구 중 5분 미만 데치기 처리구인 1, 2, 3분 처리구는 이 보다 2-3일 빠른 7-8일째에 진공이 풀리기 시작하였고, 9-10일째에는 대부분의 처리구가 상당히 부풀어 올랐다. 가장 양호한 처리구는 10분간 데치기한 처리구였는데, 20℃ 조건하에서 9-10일째에 부풀기 시작하였다. 또한, 1, 2, 3분 동안 데치기한 처리구는 30℃에서 3일째부터 대부분의 처리구가 진공이 풀리기 시작하였으며, 5-6일째에는 전체적으로 부풀어 오른 상태였다. 5분, 7분 데치기한 처리구는 4-5일째 부풀기 시작하여 7-8일째에는 전체적으로 부풀어 올랐다. 10분간 데치기한 처리구는 5-6일째 부풀기 시작하여 7-8일째 전체적으로 부풀어 올랐다. 하지만, 10분 데치기한 처리구가 가장 부풀림 없이 저장기간을 늘릴 수 있었지만, 데치기한 시간이 길어 조직이 물러졌기 때문에 저장 기간 중 가벼운 충격에도 조직이 손상되었다. 따라서, 5분 정도 데치기 가장 적절한 처리 시간으로 생각되며, 20℃에서는 약 7일 정도 저장 가능하였고, 30℃에서는 3-4일 정도 저장 가능하였다.

제 2 절 데치기 시 연근의 변색방지

1. 실험재료 및 방법

가. 시험재료

앞에서와 같이 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

(1) 데치기 시 연근의 변색방지

박피 연근을 데치기하면 데치기 도중에 연근의 색깔이 남색으로 변하였다. 이것은 연근의 개체차이와 상당한 관련이 있었는데 굵고 길이가 비교적 짧은 연근은 데치기 도중 색의 변화가 적었으나, 가늘고 긴 연근은 색의 변화가 더 심하였다. 때문에, 이를 방지하는 방법들로 여러가지 갈변 저해제 중에서 비교적 박피 연근의 갈변 방지에 효과적이었던, 0.5% Acetic acid, 2% Citric acid 와 1% Calcium Chloride(CaCl_2), 2% Erythorbic acid 와 1% Calcium Chloride(CaCl_2) 혼합용액에 30분간 침지 후, 데치기하였다. 또한, 고농도(이산화황 농도로 환산하여 3 - 5% 용액)의 이산화황 용액에 30분간 침지 후, 적절한 데치기 시간인 5분간 데치기 하였다. 박피하지 않은 연근 그대로를 데치기 하여 데치기 도중의 변화정도를 관찰하였다.

(2) 관능검사

5분간 데치기한 연근을 상법에서와 같이 15명의 훈련된 패널 요원으로 하였으며, 변색이 심할 경우에는 “++++”, 심한 경우에는 “+++”, 보통인 경우는 “++”, 비교적 양호한 경우에는 “+”, 변화가 없을 때는 “-”로 표현 하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 데치기 시 연근의 변색방지

갈변 방지에 효과가 있었던 혼합 용액외중 0.5% acetic acid, 2% citric acid 와 1% CaCl_2 , 2% erythorbic acid 와 1% CaCl_2 용액에 30분간 침지 후, 데치기하였을 때, 데치기 도중 연근의 변색에 대한 관능검사 결과는 다음 표 9 와 같다.

고농도(이산화황 농도로 환산하여 3-5% 용액)의 이산화황 용액이나 0.5% Acetic Acid 용액에 30분간 침지한 후 데치기 하는 방

법이 상당히 양호한 결과를 얻었는데, 이산화황용액에 침지한 후 데치기한 처리구는 데치기 후 자극적인 이산화황 냄새가 났다. 이외에 2% Citric acid 와 1% Calcium Chloride(CaCl₂), 2% Erythorbic acid 와 1% Calcium Chloride(CaCl₂) 혼합용액 침지구도 데치기 도중 연근의 변색을 비교적 막을 수 있었다.

표 9. 갈변저해제 용액에 침지한 연근의 데치기하였을 때, 데치기 후의 연근 변색에 대한 관능검사 결과

데치기 시간(분)	처리용액(30분침지)	데치기한 후 연근의 변색 정도
5분	0.5%ACA ^{a)}	+ ^{e)}
	2%CA ^{b)} +1%CaCl ₂	+/ ^{++f)}
	2%EA ^{c)} +1%CaCl ₂	+/ ⁺⁺
	3%SF ^{d)}	+
	5%SF	-/ ^{+g)}

a) : acetic acid(0.5mL/1000mL, V/V)

b) : citric acid(20g/1000mL, W/V)

c) : erythorbic acid(20g/1000ml, W/V)

d) : sulfites(54.9, 91.4g/1000mL, W/V)

e),f),g) : “+” 는 변색정도가 약한 경우, “+/⁺⁺” 는 변색정도가 처리구의 1/2는 약하고 나머지는 보통일때, “-/⁺” 는 변색정도가 처리구의 1/2는 약하고 나머지는 변화가 없을 경우.

이상의 결과 0.5% Acetic acid 용액에 침지하는 방법이 데치기

도중 발생하는 연근의 변색을 방지하는데 가장 효과적이었으며, 저장기간도 다소 연장되어 30℃에서는 그냥 데치기한 처리구와 비슷하였지만, 20℃에서는 약 13일간 저장 가능하였다.

제 3 절 진공포장내 갈변 방지제 용액의 주입에 의한 갈변 억제 효과

1. 실험재료 및 방법

가. 시험재료

앞에서와 같이 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

(1) 진공포장내 갈변 방지제 용액의 주입에 의한 생연근 및 데치기한 연근의 갈변 억제 효과

위에서 사용되었던 여러가지 식품첨가물 중에서 갈변 억제 효과가 있었던 Acetic acid, Vitamin C인 Ascorbic acid 와 Iso Vitamin C 인 Erythorbic acid, 유기산인 Citric acid를 갈변 방지 효과가 있는 농도로 서로 혼합한 용액을 박피한 생연근 및 5분간 데치기된 연근과 함께 진공 포장 후, 10, 20, 30℃ 항온기에 보관하면서 연근의 갈변도 및 변화정도를 조사하였다. 이때 대조구로써 증류수를 생연근 및 데치기된 연근과 함께 진공포장하여 관찰하였다.

(2) 관능검사.

위의 처리구는 갈변 보다는 포장지가 부풀어 오르거나, 갈변저해제 용액내에 기포의 생성 및 연근내 가용성분에 의한 용액이 탁해지는 것에 정도를 측정하였는데, 그 상태가 아주 심할 경우에는 "++++", 심한 경우에는 "+++", 보통인 경우에는 "++", 비교적 양호한 경우에는 "+", 처음과 같은 상태에는 "-"로 표현하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 진공포장내 갈변 방지제 용액의 주입에 의한 생연근 및 데치기한 연근의 갈변 억제 효과

진공포장내 갈변 방지제 용액의 주입에 의한 생연근 및 데치기한 연근의 갈변 정도에 대한 관능검사 결과는 표 10, 11, 12에 나타내었다.

10℃의 저온하에서는 생연근은 12-13일째부터, 데치기된 연근은 약 30일째부터 진공 포장시 없었던 기포가 생성되었고, 생연근을 포장한 처리구에서는 발생하지 않았지만 데치기된 연근을 포장한 처리구는 15일째부터 연근 조직으로부터 가용분의 유출에 의해 용액이 혼탁해졌다.

20℃ 조건하에서는 생연근 포장구는 2-3일 경과후부터, 데치기된 연근을 포장한 처리구는 8-9일부터 기포가 생성되었고, 10℃ 조건과 마찬가지로 생연근 처리구는 없었지만 데치기된 연근을 포장한 처리구는 3-4일째부터 용액이 혼탁해졌다.

표 10. 10℃에서의 갈변방지제 용액을 주입한 생연근 및 데치기한 연근의 갈변정도에 관한 관능검사 결과

처리조건		기포생성정도			용액혼탁정도		
		5-6일	9-10일	14-15일	5-6일	9-10일	14-15일
생연근	AA-ACA ^{a)}	- ^{e)}	-	+ ^{f)}	-	-	-
	AA-CA ^{b)}	-	-	+	-	-	-
	EA-ACA ^{c)}	-	-	+	-	-	-
	EA-CA ^{d)}	-	-	+	-	-	-
	증류수	-	+	++ ^{g)}	-	+	++
5분 데치기한 연근	AA-ACA	-	-	-	-	-/+	+
	AA-CA	-	-	-	-	-/+	+
	EA-ACA	-	-	-	-	-/+	+
	EA-CA	-	-	-	-	-/+	+
	증류수	-	-	+	-/+ ^{h)}	++	+++ ⁱ⁾

a) : 2% ascorbic acid + 0.5% acetic acid 혼합용액

b) : 2% ascorbic acid + 1% citric acid 혼합용액

c) : 2% erythorbic acid + 0.5% acetic acid 혼합용액

d) : 2% erythorbic acid + 1% citric acid 혼합용액

e),f),g),h),i) : “-” 처음과 같은 상태, “+” 변화정도가 약할때, “++” 변화정도가 보통일때, “-/+” 처리구의 1/2가 변화정도가 약하고 나머지는 변화가 없을때, “+++” 변화정도가 심할때.

표 11. 20℃에서의 갈변방지제 용액을 주입한 생연근 및 데치기한 연근의 갈변정도에 관한 관능검사 결과

처리조건		기포생성정도			용액혼탁정도		
		1-3일	5-6일	8-9일	1-3일	5-6일	8-9일
생연근	AA-ACA ^{a)}	-/+ ^{h)}	++ ^{g)}	+++ ⁱ⁾	-	-	-/+
	AA-CA ^{b)}	-/+	++	+++	-	-	-/+
	EA-ACA ^{c)}	- ^{e)}	+ ^{f)}	+++	-	-	-
	EA-CA ^{d)}	-/+	++	+++	-	-	-
	증류수	-/+	+++	++++ ^{j)}	-	-/+	+
5분 데치기한 연근	AA-ACA	-	-	-/+	-	+	++
	AA-CA	-	-	+	-	+	++
	EA-ACA	-	-	-/+	-	+	++
	EA-CA	-	-	-/+	-	+	++
	증류수	-	-/+	++	-/+	++	+++

a) : 2% ascorbic acid + 0.5% acetic acid 혼합용액

b) : 2% ascorbic acid + 1% citric acid 혼합용액

c) : 2% erythorbic acid + 0.5% acetic acid 혼합용액

d) : 2% erythorbic acid + 1% citric acid 혼합용액

e),f),g),h),i),j) : “-” 처음과 같은 상태, “+” 변화정도가 약할때, “++” 변화정도가 보통일때, “-/+” 처리구의 1/2가 변화정도가 약하고 나머지는 변화가 없을때, “+++” 변화정도가 심할때, “++++” 변화정도가 매우심할때

표 12. 30℃에서의 갈변방지제 용액을 주입한 생연근 및 데치기한 연근의 갈변정도에 관한 관능검사 결과

처리조건		기포생성정도			용액혼탁정도		
		1-2일	3-4일	5-6일	1-2일	3-4일	5-6일
생연근	AA-ACA ^{a)}	+ ^{f)}	++ ^{g)}	+++ ⁱ⁾	- ^{e)}	+	++
	AA-CA ^{b)}	+	++	+++	-	+	++
	EA-ACA ^{c)}	-/+ ^{h)}	++	+++	-	+	++
	EA-CA ^{d)}	+	++	+++	-	+	++
	증류수	++	+++	++++ ^{j)}	-/+	++	+++
5분 데치기한 연근	AA-ACA	-	+	++	-/+	++	+++
	AA-CA	-	-/+	++	-/+	++	+++
	EA-ACA	-	-/+	++	-/+	++	+++
	EA-CA	-	-/+	++	-/+	++	+++
	증류수	+	++	++++	+	++	++++

a) : 2% ascorbic acid + 0.5% acetic acid 혼합용액

b) : 2% ascorbic acid + 1% citric acid 혼합용액

c) : 2% erythorbic acid + 0.5% acetic acid 혼합용액

d) : 2% erythorbic acid + 1% citric acid 혼합용액

e),f),g),h),i),j) : “-” 처음과 같은 상태, “+” 변화정도가 약할때, “++” 변화정도가 보통일때, “-/+” 처리구의 1/2가 변화정도가 약하고 나머지는 변화가 없을때, “+++” 변화정도가 심할때, “++++” 변화정도가 매우 심할때

30℃ 에서는 생연근을 용액과 함께 진공 포장한 처리구는 1-2일부터 기포가 생성되었고, 데치기된 연근을 포장한 처리구는 4-5일째부터 기포가 생성되었다. 데치기된 연근 처리구는 2일째부터 용액이 혼탁해졌다. 또한, 모든 처리구에 있어서 연근의 갈변은 발생하지 않았고, 진공 포장내 기포의 생성은 생연근의 경우가 데치기된 연근을 포장한 처리구보다 훨씬 빠를 뿐만아니라 기포의 성장속도도 빨랐다.

따라서, Acetic acid 등의 용액에 침지한 후 데치기된 연근을 앞서 설명했던 갈변 억제효과가 있는 2% Erythorbic acid 와 1% Citric acid 혼합용액이나, Citric acid 대신 0.5% Acetic acid 의 혼합 용액, Erythorbic acid 대신에 2% Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid 와 혼합한 용액과 함께 진공 포장한다면, 10℃ 저온하에서는 약 30일간 저장이 가능하고, 20℃ 에서는 약 8일간, 고온인 30℃ 에서는 약 4일간 기포의 생성 없이 저장이 가능하였다.

제 4 절 . 연근의 가용성 고형물 및 pH 측정

1. 재료 및 방법

가. 실험재료

앞에서와 같이 품질 좋은 연근을 사용하였다.

나. 실험방법

(1) pH 측정

생연근의 pH 측정은 박피연근 10g을 증류수 100mL를 가하여 균질화한 다음, cheese cloth 및 여과지를 이용하여 여과하여 그 여액의 pH를 측정하였다. 또한, 5분간 데치기한 연근을 위의 방법으로 전처리하여 그 여액의 pH를 측정하였다. pH는 pH meter(ATI Orion, model 420A, USA)로 측정하였다.

(2) 가용성 고형물(Brix도)

박피연근 및 5분간 데치기한 연근을 압착기(rack and cloth press, Apex, England)로 착즙하여 그 시료액의 가용성 고형물을 굴절당도계(ATAGO Abbe refractometer, model NAR-1T, Japan)를 사용하여 측정하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 가용성 고형물 및 pH 측정결과

생연근 및 데치기한 연근의 가용성 고형물 및 pH 측정 결과는 다음 표 13 과 같다.

표 13. 생연근 및 5분간 데치기한 연근의 가용성 고형물 및 pH 측정 결과

구분	pH	Brix 도
생연근	6.89 ± 0.05	7.0 ± 0.25
5분 데치기한 연근	6.44 ± 0.03	8.7 ± 0.05

생연근 및 데치기한 연근의 pH는 거의 중성에 가까운 pH이었고, 가용성 고형물인 Brix도는 생연근이 7.0 ± 0.25 에 비해 데치기한 연근의 Brix도는 8.7 ± 0.05 로 데치기한 연근이 다소 높게 나왔는데, 조직이 생연근에 비해 다소 연화되어 착즙시 보다 많은 고형물이 용출되었기 때문으로 사료된다.

제 5 장 결 론

박피연근의 갈변 방지 목적으로 이산화황을 사용시, 1,000 ppm(이산화황으로 환산한 농도의 용액, 이하동일) 미만의 농도에서는 갈변저해 효과가 거의 없었으며, 이산화황 농도가 1% 정도로 고농도에서는 갈변이 전혀 되지는 않았지만 이산화황 자극취를 내기 때문에, 이산화황을 사용한다면 20℃ 에서 2-3일간 유효한 이산화황 농도가 1,000 ppm 이 적절할 것으로 생각된다. 또한, 이산화황의 잔류량에 있어서 10℃ 에서는 박피 연근내 잔류 이산화황의 양이 20 ppm 이상 잔류해야 갈변억제 효과가 있었으며, 이 보다 효소 활성이나 미생물의 생육이 활발한 20℃ 이상에서는 박피 연근내 최소 잔류량이 100 ppm 이상 잔류해야 박피 연근의 갈변 억제 및 곰팡이 증식을 억제할 수 있었다.

보통 소비자들이 연근을 생식 보다는 조림으로 섭취하기 때문에 실제 이산화황이 처리된 연근으로 조림하여 그 잔류량을 측정 한 결과, 8분 데치기한 후에는 약 74 %, 데친 연근을 기름과 볶았을 경우에는 85 % 가 감소하였고, 마지막으로 설탕 등과 조림을 하였을 때는 95 % 이상 감소하였다. 때문에 이와 같이 조림을 하여 섭취한다면, 잔류된 이산화황에 의해 야기될 수 있는 피해는 거의 없을 것으로 사료된다.

이산화황 이외의 식품 첨가물들로 박피 연근의 갈변저해 효과를 조사해 본 결과, 당초 기대되었던 4-Hexylresorcinol 의 갈변저해 효과는 거의 없는 것으로 나타났고, Vitamin C인 Ascorbic acid 와 Erythorbic acid 유기산인 Citric acid 및 Acetic acid의 갈변저해 효과가 좋은 것으로 나타났다. 단일첨가제로는 갈변억제 효과에 비해 고농도를 필요로하기 때문에 이들 첨가제를 2-3가지 혼용함으로써 박피 연근의 갈변 억제 효과를 볼 수 있었다. 따라서, 박피 세절된 생연근을 2 % Erythorbic acid 와 1 % Citric acid 혼

합용액이나, Citric acid 대신 0.5 % Acetic acid의 혼합용액, Erythorbic acid 대신에 2 % Ascorbic acid 를 Citric acid 나 Acetic acid 와 혼합한 용액에 침지한 처리구는 위의 혼합용액간의 다소 차이는 있었지만, 10℃에서는 6-8일간 유효하였고, 20℃에서는 3일간, 30℃에서는 1-2일간 갈변지연 효과가 있는 것으로 나타났다.

생연근을 진공포장함으로써 효과적으로 연근의 갈변을 억제할 수 있었지만, 포장지가 부풀어 올랐으며, 질소충전을 했을 경우 다소 포장지의 부풀림을 방지할 수는 있었지만, 완전히 방지할 수는 없었다. 5분간 데치기한 연근을 진공포장하면 연근의 갈변 없이, 효과적으로 포장지의 부풀림을 방지할 수 있었는데 20℃에서는 10일, 30℃에서는 5일간 유효하였다. 하지만, 데치기 도중에 연근이 변색되기 때문에 이를 방지하는 방법들로 여러가지 갈변저해제 용액에 침지 후 데치기한 결과, 3-5 %의 고농도 이산화황 용액이나, 0.5 % Acetic acid를 처리한 경우가 가장 좋았는데, 고농도의 이산화황 처리구는 데치기 후 이산화황 자극취를 내기 때문에 0.5 % Acetic acid 용액에 침지하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다. 이외에 2 % Citric acid 와 1 % CaCl₂ 혼합용액, Erythorbic acid 와 1 % CaCl₂ 혼합용액도 데치기 중의 연근의 변색을 비교적 막을 수 있었다.

박피 연근의 갈변 방지에 효과가 있었던 0.5 % Acetic acid, 2 % Ascorbic acid, 2 % Citric acid를 서로 혼합한 용액과 함께 진공 포장한 결과, 10℃에서는 생연근은 13일, 5분간 데치기한 연근은 30일간 유효하였다. 20℃에서는 생연근은 3일, 데치기한 연근은 9일간 유효하였고, 30℃에서는 생연근은 2일, 데치기한 연근은 5일간 유효하였다.

따라서, 연근을 가장 효과적으로 갈변을 방지할 수 있는 방법은 5분간 데치기하여 위의 혼합용액과 함께 진공포장 후, 10℃이하로 저장하는 것이다.

이와 같이 혼합용액과 함께 진공포장한 연근을 제품화한다면, 외고나이 수려하고 저장성이 우수하여 생산 농가의 소득증대와 더불어 UR을 극복할 수 있는데 커다란 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

제 6 장 참 고 문 헌

1. 황혜성, 왕준련, 한정혜, 한복려 : 우리집반찬(조림, 볶음, 무침) 주부카드요리 15. (주)학원사, (1988)
2. 식품공전(일반시험법). 보건사회부, 684-686 (1994)
3. 문범수, 이갑상 : 식품재료학. 수학사, 88-89 (1993)
4. 김광옥, 이영춘 : 식품의 관능검사. 학연사, 182 (1993)
5. 김동연, 양희천, 김우정, 이영춘, 김성곤 : 농산가공학. 영지문화사, (1990)
6. 김동연, 권성주, 양희천, 윤형식 : 식품화학, 영지문화사, 303-306 (1991)
7. Sapers, G. M. and Miller, R. L. : Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes, J. Food Sci., 60(4), 762-776 (1995)
8. Adelmo, M. G., Gustavo, B. C., Arthur, J. M. and Rada, I. : Inhibition of enzymatic browning in apple products by 4-hexylresorcinol, Food Tech., April, 110-118 (1995)
9. Sapers, G. M. and Miller, R. L. : Control of enzymatic brownig in pre-peeled potatoes by surface Digestion, J. Food Sci., 58(5), 1076-1078 (1993)
10. Joslyn, M. A. and Braverman, J. B. S. : The chemistry and technology of the pretreatment and preservation of fruit and vegetable products with sulfur dioxide and sulfites, Advances in Food Res., Vol. 5 , 97-160 (1954)

11. Sapers, G. M. and Miller, R. L. : Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-2-phosphate, J. Food Sci., 57(5), 1132-1135 (1992)
12. John, R. L. Walker and Peter, H. R. : The control of enzymic browning in foods. Chemistry & Industry, 16 October, 836-839 (1995)
13. Sapers, G. M., Phillips, J. G., Garzarella, L., Pondish, D. L., Matulaitis, R. M., McCormack, T. J., Sondey, S. M., Seib, P. A., and Ei-Atawy, Y. S. : Control of enzymatic browning in apple with ascorbic acid derivatives, polyphenol oxidase inhibitors, and complexing agents. J. Food Sci., 54(4), 997-1002 & 1012 (1989)