

Conditioning에 의한 마늘의 녹변억제

황진봉* · 신동빈 · 박완수 · 이영춘¹

한국식품개발연구원, ¹중앙대학교 식품공학과

The Inhibition of Green Discoloration in Garlic by Conditioning

Jin-Bong Hwang*, Dong-Bin Shin and Young-Chun Lee¹

Korea Food Research Institute

¹Department of Food Science and Technology, Chungang University

Garlic was stored at 4, 8, and 12°C to investigate the development of green discoloration. Green discoloration developed after 7 day of storage at 4°C, while it developed after 15 day of storage at 8 and 12°C. The effect of maleic hydrazide fertilization on green discoloration of garlic was not observed. Green discoloration of garlic was accelerated by gamma-radiation treatment. The addition of cysteine did not prevent green discoloration, which decreased the commercial value of the garlic due to the presence of white specks on the surface. When 3% ascorbic acid was added to the garlic, green discoloration developed in 6 and 24 hr at room temperature and 4°C, respectively. The tendency of garlic to disolor was also investigated at various storage temperatures. Discolored garlic stored for 30 day at low temperatures was conditioned at 20~45°C for 20 day. The green discoloration of garlic conditioned at 20 and 25°C did not disappear in 20 day, but disappeared in 20 day when conditioned at 30°C. The L, a, and b values of garlic conditioned at 35, 40, and 45°C for 4 day were similar to those of normal garlic. Conclusively, our results indicated that the best method for suppressing green discoloration was conditioning discolored garlic at 35°C for 4 day.

Key words: garlic, conditioning, green discoloration

서 론

우리선조들은 오래전부터 마늘의 독특한 향미의 마늘을 이용 각종 식품에 향신료 및 절임류로 이용해왔다. 마늘 특유의 향미성분은 마늘조직이 분쇄될 때 발생하는 마늘 고유의 냄새성분과 마늘 중에 존재하는 유리당, 유리아미노산 및 유기산이 어우러져 발생한다. 즉, 마늘 중의 alliin이 alliinase에 의하여 allicin과 pyruvic acid로 분해되고 allicin이 다시 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulfide로 분해되어 이들이 pyruvic acid 와 서로 작용하여 저급 황화합물 및 carbonyl 화합물을 생성함으로서 발생하는 것으로 알려져 있다⁽¹⁻⁵⁾. 이러한 기작이 밝혀지면서 최근에는 마늘의 항미생물작용⁽⁶⁻¹⁰⁾, 항암작용⁽¹¹⁾, 항혈전성 및 항산화성^(12,13), 저혈당작용⁽¹⁴⁾, 동맥경화치료작용⁽¹⁵⁾ 등에 관한 연구가 광범위하게 여러 나라에서 시도되고 있다.

근래에 들어와서 경제활동에 힘입어 가공식품에 대한 소

비자들의 요구가 다양화되어 반가공 형태의 제품에서 즉석식품에 이르기까지 다양한 형태의 가공제품이 생산, 판매되고 있다. 그러나 마늘을 이용한 가공제품은 극히 저조한 실정인데 즉, 마늘 전체 생산량 중 약 98%가 생마늘 형태로 이용되고 있는 반면 가공제품은 매우 미미한 수준이다. 이와 같이 마늘을 이용한 가공제품이 저조한 이유는 우리의 식습관에도 기인하고 있으나, 소비자가 요구하는 마늘을 소재로 한 고품질의 가공제품을 생산하지 못하는데도 큰 원인이 있다고 할 수 있다. 현재 마늘을 이용한 가공제품은 신선냉장, 냉동, 초산조제, 일시저장 마늘절임류, 마늘다대기, 건조마늘 분말 등이 국내에서 시판되고 있다⁽¹⁶⁾. 마늘 건조제품은 마늘을 적당한 크기로 절단하여 열풍건조 혹은 냉동건조 방법에 의하여 생산하는데 이는 주로 즉석식품의 스프 및 가정용 조미료로 시판됨에 따라 복원성의 부족 및 용해성이 없어 식품의 소재로 사용하는데 많은 제약을 받고 있다. 마늘의 녹변현상은 1970년 이후 국민소득이 증가함에 따라 마늘과 같은 농산물도 장기저장을 위한 저온저장이 일반화되어 저온저장 마늘을 이용하여 다대기를 제조할 경우 마늘 녹변문제가 발생하여 소비자들로부터 기피를 받게 된 것은 물론 사회적 문제로까지 대두되게 되었다. 저온저장된 마늘을 분쇄하여 포장후 냉장 유통되고 있는 마늘 다대기의 경우 최근 마늘

*Corresponding author : Jin-Bong Hwang, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-746, Korea
 Tel: 82-31-780-9128
 Fax: 82-31-780-9280
 E-mail: hwangjb@kfri.re.kr

가공품중 소비자에게 긍정적인 호응을 얻고 있지만 유통가 능기간이 15일 정도에 불과하고 녹변현상이 발생하여 많은 소비자로부터 불만 및 외면을 당하기도 한다. 그리고 소비자들은 마늘에 녹변현상이 발생하는 것은 농약(maleic hydrazide, MH)에 의해서 발생하는 것으로 유추하고 있는 실정이다. Park 등⁽¹⁶⁾은 휴면기가 지난 저장마늘을 이용하여 다진 마늘을 제조할 경우 녹변현상이 일어나는데 이를 90°C에서 30분 정도 열처리하거나 마늘 중심부의 싹을 제거하면 방지할 수 있다 하였다. Kim 등⁽¹⁸⁾은 녹변현상 진행과 관련하여 몇 가지 인자를 조사한 결과, 마늘에 함유된 유기산 중 피르브산 및 숙신산, 아미노산 중 아르기닌, 지방산 중 리놀레산 및 리놀렌산은 녹변이 발생하는 마늘이 건전한 마늘에 비해 높은 값을 나타냈다고 하였으며, 마늘의 녹변반응은 온도, pH, 반응시간, 에탄올 농도에 의존성을 보였고, pH 5.5의 완충용액에 혼탁시켜 50°C에 30분간 열처리시 녹변도가 가장 높은 것으로 보고한 바 있다. Bae 등⁽¹⁹⁾은 다진마늘의 녹변에 관여하는 요인과 이의 방지를 위한 방법에서 녹변을 방지하기 위해서 기공시 citric acid와 soybean oil을 같이 처리했을 때 보다 단독으로 soybean oil을 처리했을 때 녹변을 억제하는데 효과적이라고 하였으며, 마늘의 향미성분과 녹색의 관계를 알아 본 결과 total pyruvic acid는 녹변이 발생한 citric acid 처리구가 높았고, soybean oil 단독처리구는 농도가 높을수록 낮았다고 하였다. Cho 등⁽²⁰⁾은 가열 및 pH, 유기산, 염류가 마쇄마늘 변색에 미치는 영향에서 식초산, 구연산, 젖산은 녹변을 촉진시켰으나 소금은 영향이 거의 없었으며, 마쇄 마늘의 pH를 4.0으로 감소시켰을 때 녹변은 현저히 감소하였으나 그 이상의 산성 pH에서는 녹변이 오히려 증가되었다고 보고하였다. 같은 Cho 등⁽²¹⁾은 마늘을 물로 추출하여 효소분해와 pH, 그리고 유기산, 유기 또는 무기염의 첨가가 추출액의 고형분 수율과 색에 미치는 영향을 조사한 결과, 상업적 다당류 분해효소에 의한 가수분해는 고형분 수율을 15~20% 증가시켰으나 녹변현상이 더 발생하였고, 노란색과 밝기가 감소되었다고 보고한 바 있다. 또한 마늘 변색방지법에 관련된 특허로서 Kwon 등⁽²²⁾과 Park 등⁽²³⁾은 마늘을 대기 형태로 제조한 후 여기에 L-cysteine, L-ascorbic acid, citric acid 등을 첨가하여 장기 보존할 수 있다고 출원하였고, Baik 등⁽²⁴⁾은 다진 마늘의 변색방지 방법을 출원하였다.

한편 녹변에 관련하여 국외 연구결과를 살펴보면, Lukes⁽²⁵⁾은 녹변현상의 주요 원인물질은 S-(1-propenyl)-cysteine sulfoxide라고 하였으며 Joslyn⁽²⁶⁾은 마늘의 pH를 4.0으로 하여 70°C에서 3분간 유지하면 녹변이 가장 잘 발생하며 녹변된 것은 점차 공기와 접촉하는 부위부터 황색으로 변한다고 하였다. Imai 등⁽²⁷⁾은 녹변색소의 유발에 관여하는 화합물은 alliin(S-allyl-L-cysteine sulfoxide, ACSO)이며 이에 효소인 alliinase와 아미노산이 작용하여 녹변이 유발되는 것으로 알려지고 있다. 즉 녹변현상은 4단계로 구별되는데 (1) ACSO와 alliinase의 작용에 의한 color developer(CD)의 형성되며, (2) CD와 아미노산의 작용에 의한 pigment precursor(PP)의 형성, (3) ACSO와 alliinase의 작용에 의한 allicin의 형성, (4) PP와 allicin의 작용에 의한 녹변색소의 형성으로 알려지고 있다. 이상과 같이 마늘에 관련한 외국 연구자들의 녹변이나 갈변에 대한 연구가 국내에 비해 저조한 것은 식생활과 매

우 밀접한 관계가 있기 때문으로 판단된다. 즉, 우리 식생활 문화는 주로 생마늘을 섭취하거나 또는 마늘다대기로 조제하여 각종 요리나 김치 등에 이용하는 반면, 외국의 경우 향미료나 향신료로서 극히 제한적으로 이용하는 관계로 향미 성분에 관련된 연구가 많이 이루어진 반면, 녹변이나 청변에 관련된 연구는 매우 희박한 것이 아닌가 생각된다. 지금까지 연구한 결과를 종합하여 볼 때 마늘의 녹변현상은 휴면기가 지난 마늘에서 물리적인 영향(저온저장)으로 인해 대사작용이 억제되었다가 갑작스런 외부의 영향(온도상승, 빛, 금속)에 의해 alliin에 alliinase가 작용하여 PP가 마늘에 함유된 탄수화물과 작용하여 녹변현상이 발생하는 것으로 추정하고 있을 뿐 녹변억제 방법에는 미진한 점이 많다.

따라서 본 연구에서는 저온 저장 중 생리적 장해(chilling injury)에 의하여 정상적인 대사가 억제되어 발현되지 못했던 녹변 전구물질들을 conditioning을 이용 CD와 PP 등과 같은 녹변 유발물질 소진을 촉진시킴으로서 녹변마늘을 억제시킬 수 있는 conditioning에 의한 물리적인 방법과 기존의 녹변억제 방법을 비교 연구하였기에 이를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

공시료로 2000년 6월 단양마늘시험장에서 수확한 마늘의 줄기를 절단한 후 각 5 kg씩 망사(40×70 cm)에 넣어 이를 실온에 준비된 6단 높이의 선반(170×170 cm, 철제선반)에 놓고 대조구로 보관하였으며, 인위적인 녹변을 유발시키기 위해 대조구와 동량의 마늘을 저온저장고(4, 8, 12°C)내의 선반에 놓고 완전히 녹변이 발생하도록 30일 동안 보관하였다.

색도 측정

녹변된 마늘은 전기녹즙기[(주), 엔젤라이프]를 사용, 마쇄한 다음 이를 일정량씩 0.1 mm PE 필름에 넣고 색차계로 L, a, b값을 조사하였다. 이때 사용한 color difference meter(CR-200, Minolta, Japan)로 10회 측정하였고, 사용한 표준판은 L = 92.68, a = -0.81, b = 0.86의 값을 가진 백색판이었다.

녹변마늘의 감마선 조사

감마선 조사는 녹변된 마늘을 각각 약 4 kg씩 포장하여 선원 85만 Ci의 조사시설[그린피아기술(주), 경기도 여주소재]에서 실시하였고, 1 kGy/hr의 선량률로 각각 1 kGy, 10 kGy, 30 kGy의 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 흡수선량 측정은 PMMA dosimeter(Hawell Co., England)를 선택하여 1 kGy와 10 kGy 구간은 Hawell Amber Perspex Dosimeter Batch N type 3042, 30 kGy는 Hawell Red Perspex Dosimeter Batch FL type 4034로 사용하였다. 흡광도는 UV-spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Japan)로 측정하였고, dosimeter의 두께 측정은 Micrometer(0~25 mm, Mitutoyo, Japan)로 계측하였다.

Maleic hydrazide에 따른 녹변 발생

생장조절제의 하나인 씨엠액제[choline salt maleic hydrazide, 미성(주)]를 물 20 L당 200 mL로 회석하여 200평에 53 L를 마늘 옆면에 살포하였다. MH 처리구와 대조구를

구별하여 수확한 후 이를 그늘진 곳에서 10일 간 예건 후 잎 부분을 절단하여 건조기(40°C)에 넣고 각각 12시간씩 2회 건조하여 시료로 사용하였다.

Cysteine 및 ascorbic acid 처리에 따른 영향

저온저장고에 30일동안 저장한 녹변된 마늘을 박피하여 전기녹즙기를 이용, 마쇄하여 pulp로 된 마늘 100 g당 0.25, 0.5, 0.75, 1.0% cysteine과 0.2, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0% ascorbic acid를 첨가한 후 즉시 균일하게 섞은 다음 실온에 방치하면서 녹변억제 유무를 경시적으로 관찰하였다.

Conditioning(온도조절)에 따른 영향

저온 저장고에서 30일간 저장하여 완전하게 녹변된 마늘 약 20 kg을 20, 25, 30, 35, 40, 45°C에 넣어 4일 간격으로 20일 동안 conditioning에 따른 녹변 억제 효과를 경시적으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

저장온도별 영향

온도에 의한 마늘녹변에 영향을 주는 인자탐색으로 마늘에 인위적인 녹변을 유발시키기 위해 대조구와 동량의 마늘을 저온저장고(4°C , 8°C , 12°C)내의 선반에 넣고 완전히 녹변이 발생하도록 28일 동안 보관하면서 색차계로 녹변발생 유무를 조사한 결과 Table 1과 같았다. 실온에서 방치한 대조구의 경우 L, a, b값은 각각 53.1~55.6, -3.4~-3.8, 10.2~11.9로 기간이 경과하여도 일정한 수준을 유지하고 있었는데 비하여 4°C 에서 저장한 마늘은 7일만에 a 값이 -7.18로서 급격하게 감소되었으며 또한 b 값도 같은 현상을 보여주었다. 또한 8°C , 12°C 에서 저장한 마늘도 4°C 에서 저장한 마늘과 다소 차이는 있지만 녹변현상은 서서히 발생됨을 목격할 수 있었다. Park 등⁽¹⁷⁾, Kim 등⁽¹⁸⁾ 및 Bae 등⁽¹⁹⁾은 저온저장시 발생한다고 하였으나 본 연구 결과로부터 온도가 녹변인자로서 매우 중요함을 알 수 있었다. 따라서 저장온도에 따른 녹변생성은 4°C 는 7일, 8°C 및 12°C 에 저장한 마늘은 약 15일 후에 녹변마늘로 전이됨을 확인할 수 있었다.

감마선조사에 따른 영향

녹변마늘의 영향을 주는 인자를 알아보기 위하여 물리적인 방법의 하나인 감마선조사에 따른 마늘의 색도 변화를 경시적으로 관찰한 결과 Table 2와 같았다. L값의 경우 대조구, 저온저장, 감마선 처리구인 0.3, 0.5, 0.7, 1.2 kGy 등은 큰 차이를 나타내지 않았으나 녹변과 깊은 관련이 있는 a값과 b값에서 a값은 대조구에서 40일간 저장했을 때 일정한 수준을 유지하였으나 저온저장, 감마선 처리구인 0.3, 0.5, 0.7, 1.2 kGy 등은 대조구에 비해 녹색쪽으로 더 이동되었다. 또한 b값도 a값과 비슷한 경향을 보였는데, 대조구에 비해 녹색쪽으로 더 옮겨졌다. 또한 감마선 고선량에 따른 대조구 (4°C), 1, 10, 30 kGy 등의 마늘 녹변억제는 Fig. 1과 같았다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이 30 kGy를 제외하곤 실온에서 1시간이내 전부 녹변현상이 발현되었고, 이러한 현상은 12시간이 경과된 마늘에서도 같은 결과를 보여 주었다. 따라서 감

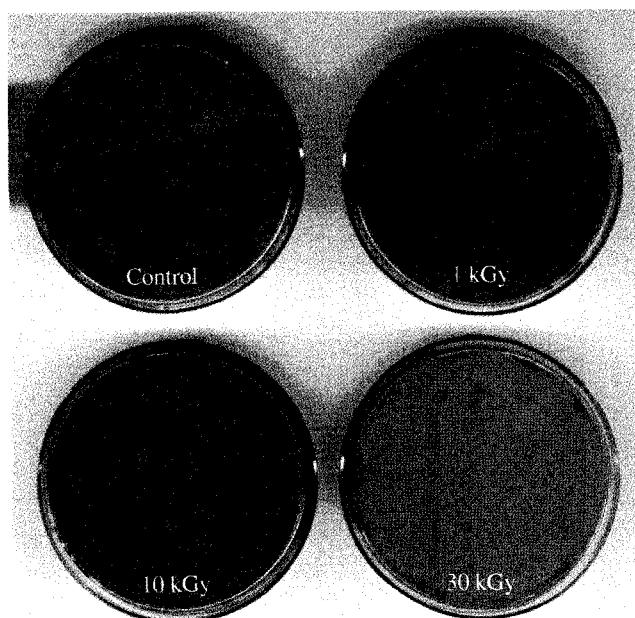


Fig. 1. Changes in garlic color as affected by γ -ray irradiation.

마선조사에 의한 녹변억제는 30 kGy에서 억제되었으나 갈변이 진행되었고 악취와 마늘조직이 연화되었다. 한편, Kwon 등⁽²⁸⁾은 감마선조사(50, 100 및 500 Gy)마늘의 생리적 특성을 조사한 결과 호흡량은 일시적으로 자극되었고, 저온에서 저장할 경우 10개월까지 발아가 억제되었다 발표하였다. 또한 같은 Kwon 등⁽²⁹⁾도 발아억제 선량의 전리에너지에 의한 마늘의 성분변화를 조사한 결과 0.1 kGy 감마선조사는 수분함량 감소, 총당, 아스코르브산과 지방산 함량에는 거의 영향을 미치지 않았으나 아미노산 중 글루탐산과 아스파르트산 함량에 영향을 미친다고 발표한 바 있다. 또한 Cho 등⁽³⁰⁾은 방사선조사와 자연저장에 의한 마늘의 저장은 방사선처리구가 대조구에 비해 수분감소는 별다른 차이는 없었으나 종량감소에 변화가 있었고, 아스코르브산은 발아가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 보였다고 발표하였다. 세계적으로 감마선 조사는 마늘, 양파, 감자 및 생강의 발아억제 목적의 경우 0.05~0.15 kGy를 조사하는 것으로 알려져 있으며 국내의 경우 마늘, 감자 및 양파의 경우 최고 0.15 kGy 조사를 허용하고 있다⁽³¹⁾. 이상과 같이 냉장저장된 마늘에 감마선을 조사한 후 일정기간 동안 저장하면서 색의 변화를 살펴본 결과 감마선을 이용한 방법이 마늘 녹변방지에는 부적합함을 알 수 있었다.

발아억제제 처리에 따른 영향

녹변마늘에 영향을 주는 인자를 알아보기 위하여 농약이나 방부제로 알려져 있는 발아억제제의 하나인 생장조절제 MH를 처리하여 녹변발생 유무를 조사한 결과 Table 3과 같다. Table 3에 나타낸 바와 같이 실온에서 보관된 대조구와 MH처리한 마늘에서는 a 값의 경우 일정한 크기로서 큰 차이를 보이지 않았으나, 저온저장에서 저장된 대조구와 MH 처리한 마늘은 모두 a 값이 -4 이하로 측정되어 녹변현상은 MH처리와 무관하게 발생함이 목격되었고, 육안으로도 녹변

Table 1. Changes in garlic surface color as affected by various storage temperature

Day	Control			4°C			8°C			12°C		
	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	55.60±1.05	-3.80±0.02	11.90±0.45	55.60±1.12	-3.80±0.12	11.90±0.50	55.60±2.02	-3.80±0.30	11.90±0.76	55.60±2.21	-3.80±0.31	11.90±0.76
7	54.10±1.04	-3.40±0.10	10.20±0.31	50.35±1.52	-7.18±0.24	4.31±0.34	50.23±1.48	-4.17±0.11	7.91±0.67	49.59±1.34	-4.61±0.29	8.81±0.34
14	54.50±2.01	-3.60±0.08	10.80±0.28	51.07±2.16	-7.12±0.29	5.00±0.33	53.28±1.68	-6.85±0.73	5.98±0.45	53.90±0.99	-6.11±0.10	5.78±0.50
21	53.90±1.07	-3.70±0.11	10.70±0.18	52.91±1.87	-7.82±0.17	6.02±0.21	52.12±1.54	-7.48±0.60	6.86±0.38	52.46±1.00	-6.30±0.38	7.14±0.41
28	53.10±1.99	-3.80±0.09	11.60±0.14	54.20±1.52	-7.18±0.10	6.04±0.30	54.19±2.04	-7.14±1.11	7.88±0.31	53.62±1.76	-6.93±0.40	8.03±0.22

¹⁾L: Lightness, ²⁾a: greeness, ³⁾b: yellowness.

Table 2. Changes in garlic color as affected by gamma irradiation

Day	Control			4°C			0.3 kGy			0.5 kGy		
	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	52.55±2.01	-3.53±0.10	13.24±0.41	48.51±1.98	-8.18±0.45	5.74±0.11	48.51±2.00	-8.18±0.24	5.74±0.18	48.51±1.58	-8.18±0.11	5.74±0.18
7	53.52±1.00	-3.32±0.12	10.76±0.22	50.35±1.75	-7.18±0.17	4.31±0.07	50.23±1.82	-7.67±0.29	3.91±0.06	50.23±1.82	-7.67±0.29	3.91±0.06
14	57.21±1.44	-3.03±0.07	10.27±0.18	51.07±1.05	-6.12±0.09	5.00±0.27	53.28±2.27	-5.85±0.09	4.98±0.04	53.28±2.27	-5.85±0.09	4.98±0.04
30	54.79±1.18	-3.02±0.07	11.29±0.10	52.91±1.69	-7.82±0.25	8.02±0.44	52.12±1.49	-5.48±0.17	6.86±0.21	52.12±1.49	-5.48±0.17	6.86±0.21
45	55.76±1.45	-3.8±0.04	16.28±0.59	54.2±1.88	-6.18±0.14	13.04±0.49	54.19±1.86	-6.14±0.20	10.88±0.45	54.19±1.86	-6.14±0.20	10.88±0.45
Day	0.5 kGy			0.7 kGy			1.2 kGy			1.2 kGy		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	48.51±1.59	-8.18±0.24	5.74±0.17	48.51±1.85	-8.18±0.27	5.74±0.14	48.51±1.58	-8.18±0.11	5.74±0.18	48.51±1.58	-8.18±0.11	5.74±0.18
7	49.59±1.94	-7.61±0.15	3.81±0.07	48.95±1.76	-7.36±0.18	3.60±0.08	48.35±1.29	-7.77±0.24	2.83±0.04	48.35±1.29	-7.77±0.24	2.83±0.04
14	53.90±2.27	-6.11±0.14	4.78±0.05	54.09±2.25	-5.71±0.07	5.34±0.03	52.79±2.45	-6.29±0.15	4.15±0.09	52.79±2.45	-6.29±0.15	4.15±0.09
30	52.46±1.82	-5.3±0.09	7.14±0.14	51.94±2.14	-5.51±0.18	7.04±0.21	52.85±1.82	-5.51±0.16	7.17±0.07	52.85±1.82	-5.51±0.16	7.17±0.07
45	53.62±1.77	-5.93±0.11	11.03±0.29	54.81±1.94	-5.75±0.24	11.31±0.28	54.21±2.22	-6.00±0.17	10.35±0.21	54.21±2.22	-6.00±0.17	10.35±0.21

¹⁾L: Lightness, ²⁾a: greeness, ³⁾b: yellowness.

Table 3. Changes in garlic color as affected by maleic hydrazide treatment

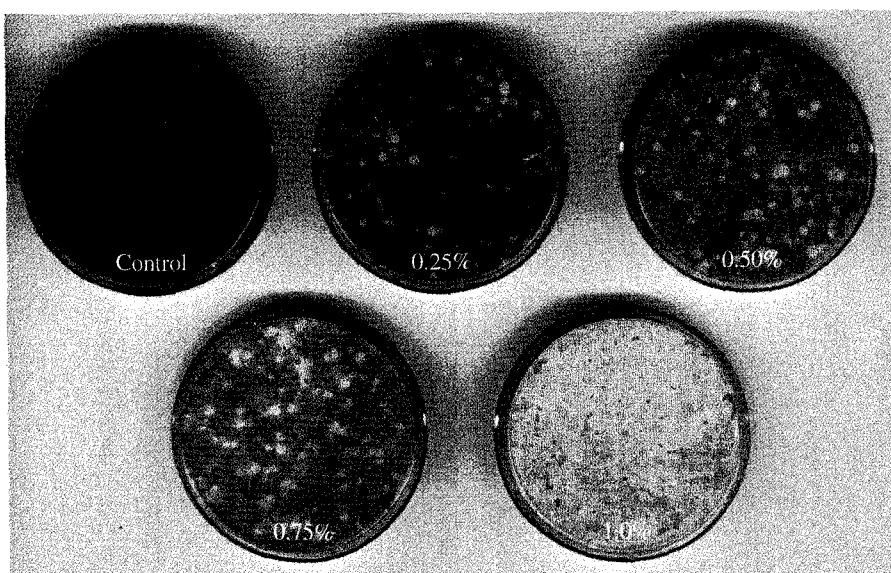
Day	Control			4°C			room temperature			Maleic hydrazide treatment		
	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	53.6±2.10	-2.0±0.01	11.4±0.89	53.6±1.46	-2.0±0.02	11.4±0.22	54.7±1.84	-2.5±0.05	10.1±0.12	54.7±2.54	-2.5±0.07	10.1±0.26
15	51.1±1.87	-3.7±0.04	11.2±0.47	53.9±1.59	-4.9±0.08	11.2±0.18	50.5±1.66	-3.5±0.11	10.6±0.08	55.0±2.17	-5.7±0.12	11.5±0.18
30	50.0±1.59	-1.6±0.02	10.9±0.59	51.4±1.84	-6.2±0.10	10.2±0.23	50.5±1.57	-3.5±0.08	10.6±0.24	55.0±1.95	-6.5±0.14	10.5±0.27
45	52.8±1.80	-3.3±0.08	11.4±0.88	48.2±1.09	-8.9±0.21	6.5±0.09	52.0±1.68	-3.6±0.02	10.7±0.27	49.1±1.42	-8.9±0.20	6.4±0.11
60	51.9±2.11	-2.8±0.07	13.6±0.62	46.8±1.86	-9.0±0.15	5.5±0.11	51.6±2.18	-3.5±0.01	12.0±0.14	50.0±2.00	-8.0±0.15	5.6±0.09
75	51.3±1.48	-4.2±0.10	13.8±0.85	47.5±1.97	-8.3±0.14	6.7±0.14	52.1±2.24	-3.9±0.11	13.4±0.20	47.8±1.88	-8.1±0.21	6.3±0.10

¹⁾L: Lightness, ²⁾a: greeness, ³⁾b: yellowness.

Table 4. Changes in garlic color as affected by addition of cysteine

Time		control	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%
0 hr	L ¹⁾	68.12±2.11	68.12±2.11	68.12±2.11	68.12±2.11	68.12±2.11
	a ²⁾	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10
	b ³⁾	21.49±0.48	21.49±0.48	21.49±0.48	21.49±0.48	21.49±0.48
3 hr	L	50.28±1.21	55.6±2.21	60.87±2.59	65.68±3.01	71.84±2.57
	a	-8.14±0.35	-7.42±0.24	-5.97±0.39	-5.14±0.51	-3.29±0.18
	b	7.1±0.27	10.62±0.55	13.86±0.84	16.45±1.02	20.29±0.97
6 hr	L	39.4±1.02	42.58±1.78	49.42±1.44	59.27±1.55	69.33±1.88
	a	-10.3±0.24	-11.83±0.57	-12.02±0.70	-9.81±0.67	-4.78±0.27
	b	-0.64±0.04	1.64±0.11	4.35±0.13	9.33±0.40	17.26±0.81
9 hr	L	36.17±1.19	40.28±1.60	46.61±1.80	54.97±1.27	68.85±1.84
	a	-8.64±0.21	-11.2±0.38	-13.19±0.85	-12.04±0.81	-5.42±0.42
	b	0.24±0.02	2.25±0.10	4.12±0.11	7.08±0.57	16.49±1.02
12 hr	L	36.27±1.03	39.7±1.04	44.79±1.60	54.7±1.03	67.79±2.27
	a	-8.33±0.31	-10.71±0.44	-13.51±0.41	-12.87±0.59	-5.85±0.26
	b	0.48±0.03	2.33±0.09	4.37±0.17	6.85±0.24	16.12±0.78
24 hr	L	35.66±1.22	39.04±0.99	42.73±0.89	50.53±1.07	67.39±2.04
	a	-7.71±0.33	-10.13±0.37	-12.43±0.67	-14.68±0.77	-6.07±0.31
	b	2.46±0.10	4.81±0.15	5.53±0.20	6.95±0.24	17.37±0.85

¹⁾Lightness, ²⁾a: greeness, ³⁾b: yellowness.

**Fig. 2.** Discoloration of garlic pastes treated with different cysteine concentration and stored for 6 hr.

현상을 관찰할 수 있었다. 따라서 이상과 같은 결과를 볼 때 많은 소비자들은 마늘의 녹변은 농약으로 알려진 생장조절제인 maleic hydrazide에 의하여 발생하고 있는 것으로 알고 있으나⁽³²⁾ 본 연구 결과 전혀 무관함을 알 수 있었다.

Cysteine 및 ascorbic acid 첨가에 따른 영향

마늘의 녹변에 영향을 주는 인자를 알아보기 위하여 저온저장고에서 30일 동안 저장된 마늘을 이용, 박피하여 전기녹즙기로 마쇄한 다음 0.25, 0.5, 0.75, 1.0% cysteine을 첨가한 후 실온에 방치하면서 색차계로 조사한 결과 Table 4와 Fig 2와 같다. Table 4에 기술한 바와 같이 대조구는 전기녹즙기

로 마쇄한 마늘다테기는 약 30분이 경과한 후부터 녹변현상이 급속도록 발생하는 것이 목격되었다. 다테기에 0.25, 0.5, 0.75% 처리한 cysteine도 대조구에 비해 강도는 미약하나 Table 4에 나타낸 것과 같이 L, a, b값중 b값이 급격하게 떨어지면서 약 2시간이내에 녹변이 발견되었다. 그리고 Fig. 4에 나타난 바와 같이 cysteine 처리구에서는 흰반점들이 목격되었으며 이는 완전하게 혼합되지 않은 cysteine 입자로 생각되며 12, 24시간 동안 이들을 관찰한 결과 1.0% 처리구에서는 녹변현상이 다소 지연하는 듯 보였으나 갈변현상으로 전이됨을 확인할 수 있었다. 한편 대조구를 비롯한 0.25, 0.5, 0.75, 1.0% cysteine 처리구를 저온에서 24시간 동안 살펴본

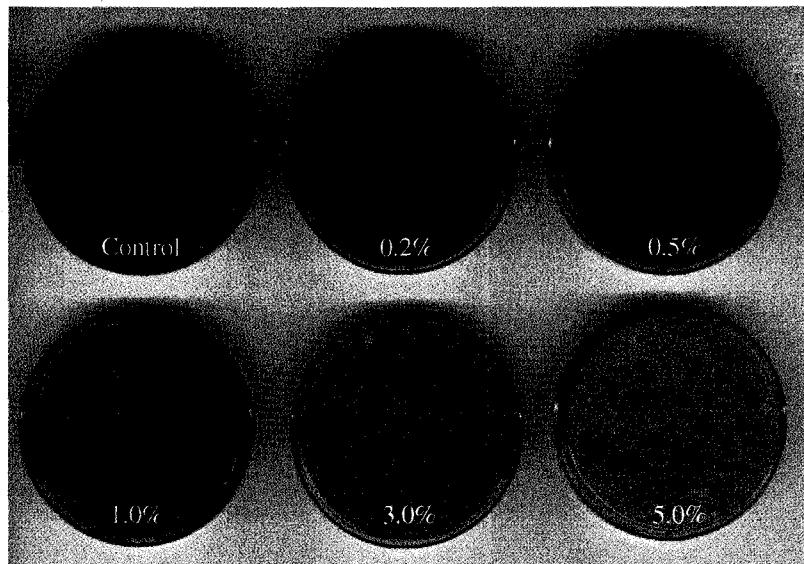


Fig. 3. Discoloration of garlic pastes treated with different ascorbic acid concentration and stored for 6 hr.

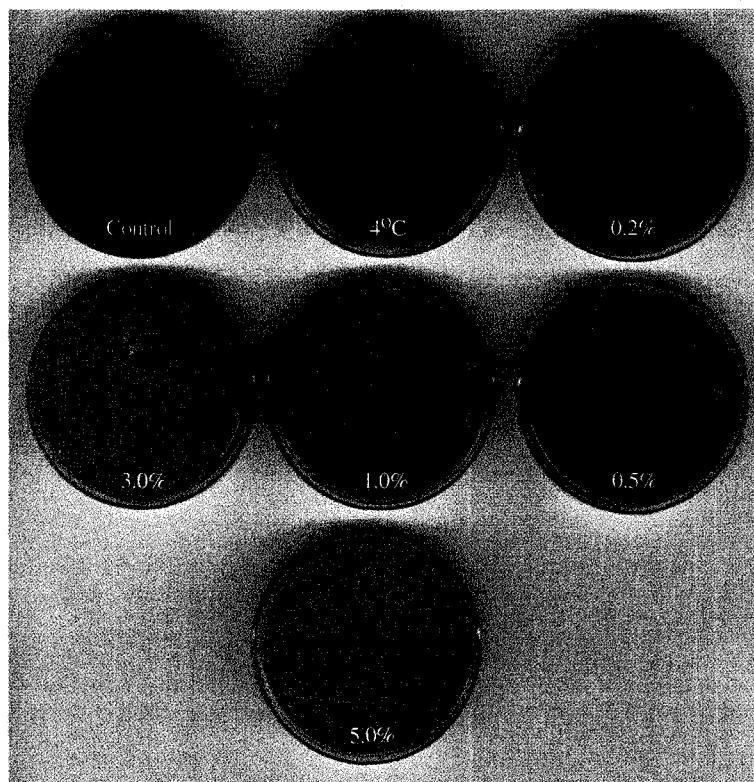


Fig. 4. Discoloration of garlic pastes treated with different ascorbic acid concentration and stored for 12 hr.

결과 저온대조구는 8시간이 경과한 후부터 녹변현상이 진행되었고, 0.25%구에서는 10시간 경과할 즈음 목격되었다. 또한 0.5, 0.75%구도 12시간이 지난 후부터 서서히 녹변현상을 관찰할 수 있었다.

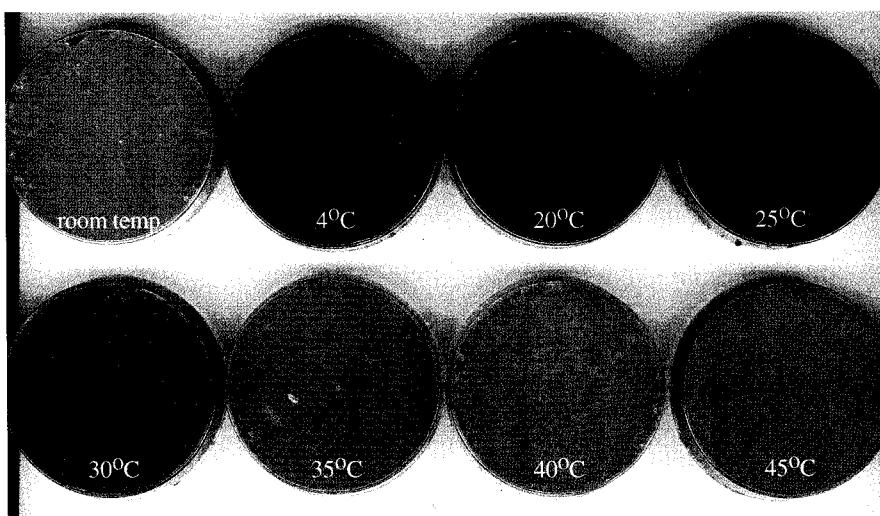
한편 마늘다테기 100 g당 0.2, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0% ascorbic acid를 첨가하여 균일하게 섞은 후 녹변억제 유무를 경시적으로 관찰한 결과는 Table 5와 Fig 3과 같다. Table 5와 Fig 3에 나타낸바와 같이 실온에서 3시간 경과후 대조구의 L, a,

b값은 각각 50.28, -8.14, 7.1로 급격하게 감소함에 따라 녹변현상의 육안으로 목격되었다. 또한 ascorbic acid의 농도가 높을수록 녹변는 느리게 진행되었으나 6시간 경과시에는 1.0% ascorbic acid 농도에서도 Fig 3과 같이 녹변이 발생하였고, 3.0%에서도 미약하게 확인할 수 있었다. 그리고 12시간이 진행되었을 때는 거의 모든 처리구에서 녹변이 발현되었고, 5.0% 처리구에서도 L, a, b값이 각각 62.82, -6.18, 8.88로 서서히 육안으로도 녹변현상이 관찰되었다. 마ಡ된 마늘에 각

Table 5. Changes in garlic color as affected by addition of ascorbic acid

Time		control	0.2%	0.5%	1.0%	3.0%	5.0%
0 hr	L ¹⁾	68.12±1.22	68.12±1.22	68.12±1.22	68.12±1.22	68.12±1.22	68.12±1.22
	a ²⁾	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10	-4.78±0.10
	b ³⁾	21.49±0.88	21.49±0.88	21.49±0.88	21.49±0.88	21.49±0.88	21.49±0.88
3 hr	L	50.28±1.59	55.44±1.41	59.42±2.01	62.11±2.10	65.44±2.21	66.31±1.33
	a	-8.14±0.49	-6.96±0.67	-5.64±0.28	-4.61±0.10	-4.12±0.22	-4.21±0.30
	b	7.1±0.24	12.05±0.89	15.53±0.83	18.04±1.03	17.9±0.82	16.15±0.64
6 hr	L	39.48±1.07	45.21±1.21	50.27±0.92	55.83±1.04	64.17±1.45	65.81±2.04
	a	-10.36±0.90	-12.16±0.74	-13.25±0.71	-11.62±0.79	-5.92±0.27	-4.81±0.45
	b	-0.64±0.16	1.48±0.09	3.1±0.08	6.76±0.88	13.56±0.16	11.36±0.31
9 hr	L	36.17±1.12	40.76±1.04	44.89±1.01	50.85±1.03	60.9±1.05	63.51±1.52
	a	-8.64±0.57	-11.36±0.84	-13.8±0.61	-14.57±0.47	-8.35±0.34	-5.73±0.18
	b	0.24±0.04	0.16±0.01	0.18±0.07	1.04±0.04	9.21±0.08	9.47±0.05
12 hr	L	36.27±0.97	40.27±1.00	43.32±0.99	48.25±1.08	58.99±1.54	62.82±1.73
	a	-8.33±0.50	-10.76±0.43	-13.3±0.54	-14.82±0.37	-9.41±0.98	-6.18±0.42
	b	0.48±0.03	0.07±0.02	-0.38±0.01	-0.21±0.01	7.38±0.27	8.88±0.18
24 hr	L	35.66±0.96	37.53±0.75	39.41±1.04	42.2±1.02	52.99±1.23	58.37±1.14
	a	-7.71±0.42	-9.39±0.41	-11.03±0.31	-13.32±0.42	-12.3±0.61	-8.31±0.37
	b	2.46±0.06	1.19±0.04	-2.18±0.08	-1.25±0.03	4.86±0.05	9.41±0.11

¹⁾Lightness, ²⁾a: greeness, ³⁾b: yellowness.

**Fig. 5. Color variation of garlic pastes with different conditioning temperatures.**

각 대조구, 1.0%, 1.5% ascorbic acid를 처리하여 실온에서 방치하면서 4주동안 경시적으로 관찰한 Bae 등⁽¹⁹⁾의 결과와 본 결과가 매우 흡사하였다. 한편 동일처리한 데이터를 저온에 저장하면서 경시적으로 살펴본 결과 12시간이 경과하였을 때 저온 대조구와 0.2% ascorbic acid 첨가구에서 약간 녹변현상이 발현되었으나 0.5% 및 1.0% 처리구 이상에서는 발생하지 않았다. 또한 저온에서 24시간 경과후의 마늘의 색도 변화는 Fig 4와 같으며 실온저장과는 달리 저온저장시 녹변이 억제되었다. 이와 같이 cysteine과 ascorbic acid가 완전하게 녹변을 억제시키지는 못하였으나 다소 억제시킬 수 있었던 것은 Kwon 등⁽²²⁾과 Park 등⁽²³⁾ 및 Baik 등⁽²⁴⁾의 보고와 본 연구결과를 비추어 볼 때 이들 물질이 항산화제의 역할에 의

한 것으로 사료된다.

따라서 이상과 같은 결과를 근거할 때 화학적 방법의 하나인 cysteine의 경우 실온 및 저온에서 저장할 경우 녹변억제에는 큰효과가 없었으나 ascorbic acid를 처리한 마늘다네기를 저온에서 저장할 경우 cysteine 처리에 비해 녹변억제 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

Conditioning 온도에 따른 녹변억제

저온저장고에서 30일 동안 저장한 후 녹변된 마늘을 꺼내어 5kg씩 각각 20, 25, 30, 35, 40, 45°C에서 conditioning하면서 4일 간격으로 20일까지 조사한 결과 Fig. 5와 Table 6과 같다. 대조구는 0일부터 20일까지 일정한 L, a, b값을 유

Table 6. Changes in garlic color as affected by various conditioning temperature

Day	Control			4°C			20°C			25°C		
	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	55.6±2.41	-3.8±0.12	11.9±0.34	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40
4	54.1±1.47	-3.4±0.09	10.2±0.28	53.2±1.44	-7.0±0.20	4.9±0.11	52.1±0.99	-6.8±0.10	4.2±0.20	52.8±1.59	-6.9±0.10	4.9±0.14
8	54.5±1.08	-3.6±0.10	10.8±0.22	52.0±1.31	-6.9±0.16	9.2±0.08	52.9±1.18	-6.9±0.09	5.2±0.18	53.1±1.80	-7.0±0.19	5.0±0.08
12	53.9±1.27	-3.7±0.08	10.7±0.18	52.1±1.47	-6.9±0.12	7.9±0.15	53.1±1.69	-6.8±0.11	5.9±0.24	53.2±0.89	-7.1±0.08	4.8±0.07
16	55.5±2.02	-3.9±0.07	11.4±0.17	50.6±1.32	-7.2±0.11	4.9±0.19	52.7±1.48	-6.3±0.18	5.5±0.17	52.1±1.61	-6.0±0.10	5.0±0.18
20	53.1±1.81	-3.8±0.11	11.6±0.30	50.8±1.21	-7.0±0.19	4.9±0.20	51.9±1.41	-6.9±0.08	4.7±0.09	50.9±1.55	-6.0±0.17	5.0±0.12
	30°C			35°C			40°C			45°C		
Day	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40	53.6±1.28	-3.2±0.14	12.6±0.40
4	53.2±1.62	-6.0±0.09	5.2±0.24	52.1±1.50	-3.6±0.04	12.1±0.51	51.1±1.44	-3.0±0.08	13.8±0.51	52.4±1.61	-3.0±0.09	14.0±0.54
8	52.0±1.33	-6.5±0.15	6.2±0.17	51.1±1.46	-3.4±0.10	11.3±0.48	50.1±1.61	-3.3±0.12	14.3±0.49	51.1±1.69	-3.0±0.11	14.1±0.61
12	52.1±1.20	-5.9±0.11	6.9±0.23	50.2±1.20	-3.2±0.05	10.0±0.37	51.2±1.47	-3.6±0.13	14.0±0.42	50.2±1.80	-3.2±0.22	14.5±0.49
16	50.6±1.16	-5.4±0.09	6.8±0.22	50.0±1.16	-3.5±0.12	9.8±0.26	51.1±1.50	-3.0±0.09	15.2±0.80	50.0±1.74	-2.9±0.07	15.9±0.38
20	50.8±1.41	-4.9±0.13	9.7±0.18	49.8±1.19	-3.6±0.11	9.7±0.44	49.4±1.69	-3.3±0.10	14.9±0.79	49.7±1.54	-2.8±0.07	16.0±0.41

¹⁾L: lightness, ²⁾a: greeness, ³⁾b: yellowness.

지하고 있었으며, 저온저장한 마늘은 20일이 경과된 후에도 녹변이 지속적으로 유지하였다. 20 및 25°C에서 conditioning하면서 4일 간격으로 20일까지 조사한 결과 저온저장한 마늘과 L, a, b값 모두 별다른 차이를 보이지 않고 녹변이 유지되었으며, 30°C에서 conditioning한 마늘은 4, 8, 16일 동안에는 녹변이 관찰되었으나, 20일이 경과하고부터 녹변이 억제되었다. 한편 35°C에서 conditioning한 마늘은 4일이 경과되었을 때 대조구와 비슷한 L, a, b값을 나타내고 있었으며 24시간동안 관찰한 결과 녹변이 발생하지 않아 녹변억제 효과가 매우 양호함을 알수 있었다. 그러나 40 및 45°C에서 conditioning한 마늘은 35°C에서 conditioning한 마늘과 같이 녹변억제 효과는 상당히 좋았으나 conditioning 온도가 상승함에 따라 마늘의 외피가 건조되고 그로 인해 마늘에 함유된 수분이 감소되었고 특히 45°C에서 conditioning한 마늘은 마늘다태기 제조시 부적합을 알 수 있었다. 따라서 35°C에서 conditioning한 마늘이 가장 녹변억제 효과가 좋아 마늘의 녹변이 재발하는지를 알아 보기 위하여 35°C에서 conditioning한 마늘은 20일 동안 재저온저장한 후 꺼내어 마늘다태기를 제조하여 24시간동안 실온에서 경시적으로 관찰한 결과 Fig. 6과 같이 녹변이 재발되지 않았으며 마늘의 상태도 양호하였다. 이와 같이 conditioning에 의한 마늘녹변 억제효과는 저온 저장 중 chilling injury에 의하여 정상적인 대사가 억제되어 발현되지 못했던 녹변 전구물질들을 conditioning에 의하여 color developer 및 pigment precursor 등과 같은 녹변 유발물질 소진을 촉진시킴으로서 녹변마늘을 억제시킬 수 있는 것으로 추정되었다. 따라서 상기의 결과에 근거하여 물리적인 방법에 의한 녹변억제기술은 Fig 5에 나타낸 바와 같이 녹변된 마늘을 35°C에서 4일간 conditioning하였을 때 가장 양호함을 알 수 있었다.

요 약

마늘의 녹변 유도기간과 저온저장 마늘의 녹변억제 방법을 살펴 보기위하여 수확된 마늘을 4, 8, 12°C에서 저장하면서 녹변생성 시점을 조사한 결과 4°C에서는 7일만에 녹변이 발현되었고, 8 및 12°C에서 저장할 때는 약 15일후에 녹변이 발생하였다. 감마선을 조사한 마늘은 대조구에 비해 녹변이 촉진되었으며, 생장조절제인 maleic hydrazide는 마늘 녹변발생과는 무관하였다. 녹변방지를 위해 마늘에 cysteine을 첨가한 결과 녹변현상과 흰반점이 발생하여 상품으로서 부적합하였다. 마늘에 3% ascorbic acid를 첨가하여 녹변 생성을 경시적으로 관찰한 결과 대조구는 약 30분만 실온에서 녹변이 발현된데 비하여 ascorbic acid 첨가구는 6시간이 지난 후 발현되었으나 저온에 저장하였을 때는 24시간 안정하였다. 한편, 수확한 마늘을 일정기간 저온저장시 생리적 냉해(chilling injury)현상으로 정상적인 대사가 억제되어 녹변현상이 발생한다는 가설하에 온도조절에 의한 녹변억제 경향을 조사하였다. 30일 동안 저온 저장한 마늘을 20, 25, 30, 35, 40, 45°C에서 관찰한 결과, 대조구, 20, 25°C에서 온도조절한 마늘은 20일이 경과한 후에도 지속적으로 녹변이 유지되었고, 30°C에서 온도조절한 마늘은 20일이 되어서야 녹변이 억제되었다. 또한 35, 40, 45°C에서 온도조절한 마늘은 4일이

경과되었을 때 비녹변 마늘과 비슷한 L, a, b값을 나타내고 있었으며 육안으로도 녹변현상이 억제되었음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 실험결과로부터 물리적인 방법에 의한 녹변억제는 35°C에서 4일간 온도조절하였을 때 가장 양호하였다.

감사의 글

본 연구는 국무조정실 산하 산업기술연구회 정책과제로 수행된 연구 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Rundqvist, C. Pharmacological Investigation of Allium bulbs, Pharm, Notisblad. 18-21 (1909)
2. Stoll, A. and Seebeck, E. Chemical investigation on alliin, the specific principle of garlic. Adv. Enzymol. 11: 377-380 (1951)
3. Stoll, A. and Seebeck, E. Über den enzymatischen Abbau des alliins und die Eigenschaften der alliinase. Helv. Chim. Acta 32: 197-198 (1949)
4. Cavallito, C.J. and Bailey J.H. Alliin the antibacterial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. J. Am. Chem. Soc. 66: 1950-1951 (1944)
5. Boelens, M., de Valosis, P.J., Wobben, H.J. and Van der Gen, A. Volatile flavor compounds from onions. J. Agric. Food Chem. 19: 984-991 (1971)
6. Carson, J.F. Chemistry and biological properties of onions and garlic. Food Rev. Int. 3: 71-103 (1987)
7. Dababneh, B.F.A. and Al-Aelaimy, K.S. Inhibition of *Staphylococcus aureus* by garlic extract. Lebens. Wiss. Technol. 17: 29-35 (1984)
8. Kim, Y.S., Park, K.S., Kyung, K.H., Shim, S.T. and Kim, H.K. Antibacterial activity of garlic extract against *Escherichia coli*. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 730-735 (1996)
9. Mantas, A.J., Koidis, P.A., Karaioannoglou, P.G. and Panetsos, A.G. Effect of garlic extract on food poisoning bacteria *Clostridium perfringens*. Lebens. Wiss. Technol. 12: 330-335 (1979)
10. Karaioannoglou, P.G., Mantas, A.J. and Panetsos, A.G. The effect of garlic extract on lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*) in culture media. Lebens. Wiss. Technol. 10: 148-152 (1977)
11. Nakata, T. Effect of fresh garlic extract on tumor growth. Japan. J. Hyg. 27: 538-543 (1973)
12. Kamanna, V.S. and Chandrasekhara, N. Biochemical and physiological effects of garlic (*Allium sativum* Linn.) J. Sci. Ind. Res. 42: 353-357 (1983)
13. Watanabe, T. Utilization of principles of garlic (in Japan). Up-to-date Food Process 23: 40-42 (1988)
14. Jain, R.C. and Vyas, C.R. Garlic in alloxan induced diabetic rabbits. Am. J. Clin. Nutr. 28: 684-690 (1975)
15. Jain, R.C. Effect of garlic on serum lipids, coagulability and fibrinolytic activity of blood. Am. J. Clin. Nutr. 39: 1380-1384 (1977)
16. Rural Development Administration. Present of the Garlic Industry and Improvement of Plans, 62th (11-1390000-001075-01), p. 3. Rural Development Administration, Suwon, Korea (2001)
17. Park, M.H., Kim, H.K., Park, N.H., Jo, K.S., Kim, B.S., Park, H.W., Kwon, D.J. and Lee, D.S. Long Period Preservation and Development of Product in Spicy Foods. KFRI report, Seongnam, Korea (1990)
18. Kim, D.M. and Kim, K.H. On the development of flesh greening of the stored garlic. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 50-56 (1990)
19. Bae, R.N. and Lee, S.K. Factors affecting greening and its control methods in chopped garlic, J. Korean Soc. Hort. Sci. 31: 358-365 (1990)
20. Cho, J.S., Ku, K.H. and Kim, W.J. Effects of heating, pH, salts

- and organic acids on color changes of ground garlic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 399-404 (1999)
21. Cho, J.S., Kim, D.H. and Kim, W.J. Effects of salts, pH, acidulants and carbohydrolase on extraction yield and color change of garlic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1211-1217 (1999)
22. Kwon, T.W., Kim, B.S., Park, N.H. and Park, M.H. Inhibition of discoloration in chopped garlic. *Korea Patent* 90-0008827 (1990)
23. Park, J.Y., Kim, B.S., Park, N.H., Park, M.H. and Kim, S.S. Long period preservation of chopped garlic. *Korea Patent* 1995-0012617 (1995)
24. Baek, Y.H., Jang, T.J., Shin, J.K., Kim, K.H. and Kim, M.O. Method of production of chopped garlic in inhibited greening and browning. *Korea Patent* 1996-0040190 (1996)
25. Lukes, T.M. Factors governing the greening of garlic puree. *J. Food Sci.* 51: 1577-1580 (1986)
26. Joslyn, M.A. and Sano, T. The formation and decomposition of green pigment in crushed garlic tissue. *J. Food Sci.* 21: 170-173 (1956)
27. Imai, S., Akita, K., Tomorake, M. and Sauad, H. Blue pigment formation from onion and garlic. Presented at IFT Annual Meeting (1996)
28. Kwon, J.H., Yoon, H.S., Sohn, T.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. Effect of gamma irradiation on the physiological characteristics of garlic bulbs during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 408-412 (1984)
29. Kwon, J.H., Yoon, H.S., Byun, M.W. and Cho, H.O. Chemical changes in garlic bulbs from ionizing energy treatment at sprout-inhibition dose. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 31: 147-153 (1988)
30. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W. and Yoon, H.S. Batch scale storage of garlic by irradiation combined with natural low temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 16: 66-70 (1984)
31. Yang, K.H. What Is the Radiation Food?, p. 20. KFDA, Seoul, Korea (2001)
32. The Chosun Ilbo. April 27 (1999)

(2002년 9월 19일 접수; 2003년 11월 21일 채택)