ISSN(Print) : 1738-7248, ISSN(Online) : 2287-7428
Korean J Food Preserv
20(2), 173-181 (2013)
http://dx.doi.org/10.11002/kjfp.2013.20.2.173

사단법인 한국식품저장유통학회
The Korean Society of Food Preservation

Browning Inhibition Effect of the *Atractylodis Rhizoma* Alba Extract and L-cysteine Combination on *Agaricus bisporus*

Da-Uhm Lee[1] and Gun-Hee Kim[2]
[1]*Department of Health Functional Materials, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea*
[2]*Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul 132-714, Korea*

백출 추출물과 L-cysteine의 병용처리가 양송이버섯의 갈변억제에 미치는 영향

이다움[1] · 김건희[2]
[1]덕성여자대학교 건강기능신소재학과, [2]덕성여자대학교 식품영양학과

Abstract

This study investigated that anti-browning effects of *Atractylodis Rhizoma* Alba extract and L-cysteine combination. Mushrooms were dipped in solutions (0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine) for 3 min. The dipped mushrooms were packaged in a polystyrene (PS) tray and wrapped with a polyvinyl chloride (PVC) film, and stored for 14 days at 10℃. The browning inhibition activity (Hunter L, a, b color scale and tyrosinase inhibition activity) and quality changes (weight loss rate, gas composition, firmness and sensory evaluation) were analyzed during storage period. After 14 days, the Hunter L and ΔE value of mushrooms treated in 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine were 87.24 and 5.56, respectively. The mushrooms treated with 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine also showed higher firmness (13.31 N) and smaller weight loss rate (2.87%) than the untreated mushroom (11.42 N, 3.04%) on storage day 14. During storage period, the sensory evaluation showed that overall acceptability of mushrooms treated with 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine were higher than those of the untreated mushrooms, except those that were stored for five days. Overall, the mushrooms treated with 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine had a higher tyrosinase inhibition activity than the untreated mushrooms during storage period. This study suggests that the browning of the mushrooms treated with 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine solution were inhibited, and the that their shelf life was extended.

Key words : *Agaricus bisporus*, *Atractylodis Rhizoma* Alba, L-cysteine, Browning, Quality

서 론

최근 소비자의 건강에 대한 관심과 로가닉(rawganic) 푸드에 대한 인식이 증가하면서 필수아미노산과 vitamin B_2, niacin, folic acid, mineral (K, P, Zn, Cu), ß-glucan 등 영양소가 풍부한 버섯의 소비량이 꾸준히 증가하고 있다(1,2). 그 중 양송이버섯은 국내 버섯 총 생산량의 15%인 2만여 톤이 생산되었으며 그 수요는 계속 증가하고 있는 추세이다(3). 양송이버섯은 큐티클(cuticle)층이 없기 때문에 물리적, 미생물적 공격에 약하고 수분손실이 많으며, 가장 겉 표피가 얇고 다공성의 구조를 가지고 있기 때문에 생산 과정을 거치면서 조직이 손상되어 호흡이 빨라지고, 미생물의 침입에 대한 저항성이 약화되어 갈변이 일어나기 쉽다(4-6). 이와 같은 갈변현상은 색, 조직감, 이취 등에 영향을 미치므로 품질 손실에 중요한 요인이 된다(7,8). 특히, 효소적갈변은 식물 내에 들어 있는 polyphenol 화합물이 산소 존재하에 polyphenol oxidase (PPO)에 의해서 quinone 화합물로 산화된 후 일련의 산화반응을 거쳐 중합체인 갈색 색소가 형성되어 발생된다(9,10). 현재 효소적갈변을 억제하기 위

†Corresponding author. E-mail : ghkim@duksung.ac.kr
Phone : 82-02-901-8496, Fax : 82-02-901-8474

해 사용되는 화학물질로는 NatureSeal™ (calcium ascorbate)이라는 상업적 효소적갈변저해 및 연화억제제가 있으나(11), 미생물 증식 등의 저해력이 미약하여 부패나 식중독 발생 위험성이 높다(12). 그 외에도 pH와 구리 이온을 감소시켜 PPO의 활성을 저해시킴으로써 갈변을 억제시키는 citric acid, malic acid, phosphoric acid(13)와, 환원제 역할을 하는 ascorbic acid(14,15), cysteine, glutathione과 같은 함황아미노산이 연구되고 있다(16). 환원제 역할을 하는 함황아미노산인 L-cysteine은 quinone 중간물질과 반응하여 구리이온을 함유하는 무색의 안정적인 cys-quinone-adducts를 형성하여 갈변을 억제한다(17). 효과적인 갈변저해를 위해서는 thiol과 phenol의 비율이 중요하며 상대적으로 cysteine(thiol)의 농도가 충분히 높을수록 갈변저해 효과가 높아진다. 따라서 cysteine의 농도가 높을수록 갈변저해 효과 또한 증가하나 고농도의 cysteine 사용은 식품으로 하여금 좋지 못한 향미를 발생시킨다(18). 최근 이와 같은 화학적 갈변억제제 사용은 소비자의 건강에 대한 인식이 높아지면서 천연 갈변 억제제로 대체하려는 추세이며, 천연 갈변 저해제를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다(17-19). Oszmiansk 등(19)이 꿀을 caffeoyl tartrate와 epicatechin 용액에 섞어 시간 경과에 따른 갈변도 조사 결과 꿀의 농도가 높아질수록 갈변 진행속도가 늦춰진다고 보고하였으며, 포도주스에 꿀을 첨가 시 첨가 하지 않은 포도주스에 비하여 polyphenols의 함량이 높게 유지되었다고 보고하였다. 또한 Son 등(20)이 루바브 추출물을 사과슬라이스에 적용한 결과 20% 이상의 농도에서 갈변저해효과가 있는 것으로 보고하였으며, Kim 등(21)이 양파 추출물이 배의 PPO 활성을 저해시키며, 양파 추출물을 가열하여 사용할 시 PPO 저해활성이 더 높아 진다고 보고하였다.

백출(*Atractylodis Rhizoma* Alba)은 국화과(Compositae)에 속한 다년생 초본인 삽주(*A. japonica* Koidz) 또는 백출(A. macrocephala Koidz)의 근경으로, 삽주는 우리나라 각지에 분포하고 중국에서는 동북지구에 분포하며, 백출은 중국의 절강성에서 대량 재배되고 있다(22). 백출은 atractylol을 주성분으로 하는 정유와 atractylon, atractylenolide Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ 등과, 기타 acetaldehyde, polyacetylene, furfural, diacetylatractylodiol 등을 함유한다(23-25). 백출은 항염증(26)과 항암효과가 있는 것으로 보고되고 있으며(27), 최근 항산화효과 및 미백효과에 관한 연구가 진행된 바 있다(28,29).

따라서 본 연구에서는 천연식물자원인 백출 추출물과 천연유래물질인 L-cysteine을 이용하여 양송이버섯의 갈변억제에 미치는 효과를 살펴보고, 그 중 효과가 뛰어난 백출 추출물과 L-cysteine 병용처리를 적용한 양송이버섯의 저장 중 품질변화를 분석함으로써, 장기유통에 적합한 천연 갈변 억제제의 개발 가능성을 검토하고, 양송이버섯의 품질을 유지시키고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용된 양송이버섯(*Agaricus bisporus*)은 백색종(F58-599)으로 경기도 용인시 농가에서 재배하여 2012년 5월에 수확하였으며, 수확 직후 외관 상태와 모양이 전체적으로 균일한 것을 선별하여 2 kg 스티로폼 상자에 포장된 상태로 즉시 실험실로 운반하여 시료로 사용하였다. 갈변저해 목적으로 사용된 백출은 2011년 7월에 건조물 상태의 재료를 구입하여 미세 분쇄한 뒤, 시료 50 g과 5배의 80% ethanol을 혼합한 뒤 60℃에서 6시간씩 3회 반복 추출하였다. 추출액은 회전감압농축한 후 분말화하여 -20℃에 보관하며 사용하였다.

포장방법 및 저장조건

대조군으로 쓰인 양송이버섯은 운반되어 온 상태 그대로 사용하였으며, 실험군으로 사용된 양송이버섯은 0.1% 백출, 0.05% L-cysteine 그리고 0.1% 백출과 0.05% L-cysteine 병용하여 증류수에 녹인 3가지 갈변저해제에 각각 3분간 침지 후 1시간 동안 실온에서 건조시킨 것을 사용하였다. 준비된 양송이버섯은 polystyrene (PS) tray에 6개씩(약 123.65±5.95 g) 담은 후 polyvinyl chloride (PVC) film으로 포장하여 10℃에서 저장하였다.

색도측정

표준백판(L=97.40, a=-0.49, b=1.96)으로 보정된 chromameter (CR-400, Minolta Co., Tokkyo, Japan)를 사용하여 색도를 측정하였으며, 시료 갓의 상단 중심부위를 Hunter 색차계인 L, a 및 b 값을 측정하였다(n=12). 각 처리군간의 색도의 차이는 색차(color difference, △E)를 이용하여 나타냈으며 계산식은 다음과 같다.

$$\triangle E = (\triangle L^2 + \triangle a^2 + \triangle b^2)^{1/2}$$

Tyrosinase 저해 활성 측정

Oszmianski 와 Lee (17)의 방법을 변형하여 각 처리군별 양송이버섯의 갓 부분만 사용하였으며, 양송이버섯 갓 부분 중량의 2배에 해당하는 50 mM potassium phosphate buffer (pH 6.5)를 넣고 약 10초간 균질화하였다. 균질화된 양송이버섯을 여과지에 여과한 뒤 여과액 1 mL을 micro tube에 넣고 원심분리(8,000g, 0℃, 10분) 시킨 뒤 상등액 0.5 mL을 조효소액으로 사용하였다. 조효소액 0.5 mL은 100 mM catechol 2.5 mL과 혼합 후 ELISA microplate reader (Versa Max Molecular Devices., Sunny vale, CA, USA)를 이용하여 400 nm에서 5분 동안 1분 간격으로 총 6회 흡광도를 측정하였다. 측정한 흡광도는 효소액 0.1 mL이 1분간 0.001의 흡광도를 증가시킨 것을 1 unit으로 하였으며, 실험

은 3회 반복으로 진행되었다.

포장 내부의 기체 조성 변화 측정

양송이버섯 포장 내 head space 기체를 가스 기밀성 주사기로 취한 후 Oxygen/Carbon Dioxide Headspace Analyzer (6600, Illinois Instruments, Inc., Johnsberg, IL, USA)를 이용하여 분석하여 백분율(%)로 나타내었으며, 3회 반복 측정하였다.

중량감소율 측정

중량감소율은 처리군별 4회 반복으로 이루어졌으며 초기중량에 대한 저장 후 측정 된 시료의 중량 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

경도측정

경도측정은 양송이버섯 갓 부분의 가운데 지점을 직경 5 mm의 원형 probe가 부착된 Texture Analyser (LLOYD Instrument, Ametek, Inc, West Sussex, UK)를 이용하여 측정하였다. Firmness 측정조건은 depression limit 10 mm, test speed 50 mm/min, trigger 0.1 N이며, 조직의 저항값을 N으로 나타내었고 총 12회 반복 측정하였다.

관능평가

관능검사는 Minamide 등(30)과 Kadder(4)의 방법을 응용하여 이취, 갈변도, 조직감, 갓 개열정도, 전체적인 기호도 등 총 5가지 항목을 5점 척도로 평가하였으며(n=12), 전체적인 기호도 3점까지를 저장수명의 한계로 설정하였다. 가장 높은 점수인 5점은 아주 신선한 상태(fresh)를 나타내며, 4점은 좋은 상태(good), 3점은 판매가능 한 상태(salable), 2점은 판매가능하지 않으나 섭취 가능한 상태(edible), 1점은 섭취 할 수 없는 상태(not edible), 0점은 상한 상태(rotten)를 나타내었다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS 통계분석 프로그램 (Version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균치와 표준오차를 산출하였으며, one-way ANOVA 중 Fisher's LSD (Least Significant Difference)와 Independent Samples t-test를 통하여 각 데이터 구간의 유의적인 차이를 분석하였다($p<0.05$).

결과 및 고찰

색 도

색도 측정 결과 모든 처리군에서 저장기간이 길어질수록 L 값은 감소하였으며 ΔE 값은 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1). L-cysteine의 경우 과채류에 적용하였을 시 백화현상(bleaching effect)이 일어나는 것으로 알려져 있다(15). 그러나 저장 5일 째까지 처리군별 L 값의 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 양송이버섯의 경우 L-cysteine에 의한 백화현상이 품질에 영향을 주지 않는 것으로 사료된다. 저장 5일에 L-cysteine 처리군에서 L 값이 유의적으로 감소하였으며, 나머지 처리군에선 저장 8일 처음으로 L 값이 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이후 저장 14일째 대조군과 0.1% 백출 처리군에서 L 값이 유의적으로 감소한 반면, 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군은 저장 8일을 제외한 모든 저장일 수에서 L 값의 유의적 감소를 보이지 않아 색도유지에 더 효과적이었다. 0.05% L-cysteine 처리군의 경우 모든 저장일수에서 L 값이 유의적으로 감소하였으며($p<0.05$), 저장 5일째 외관변화에 있어서 긁힘 등의 물리적 손상을 받은 부위에서 갈변 현상이 눈에 띄게 관찰되었다(Table 1). 저장 8일에 버섯이 부패하기 시작하였고, L 값 또한 80 이하로 감소하였다. Gormley 와 Sullivan(31)은 도매에서 양송이버섯의 상품성 상실 기준을 갓 표면 L 값을 80 이하(93 이상 excellent, 90~93 very good, 86~89 good, 80~85 reasonable, 69~79 poor)로 제시하였다.

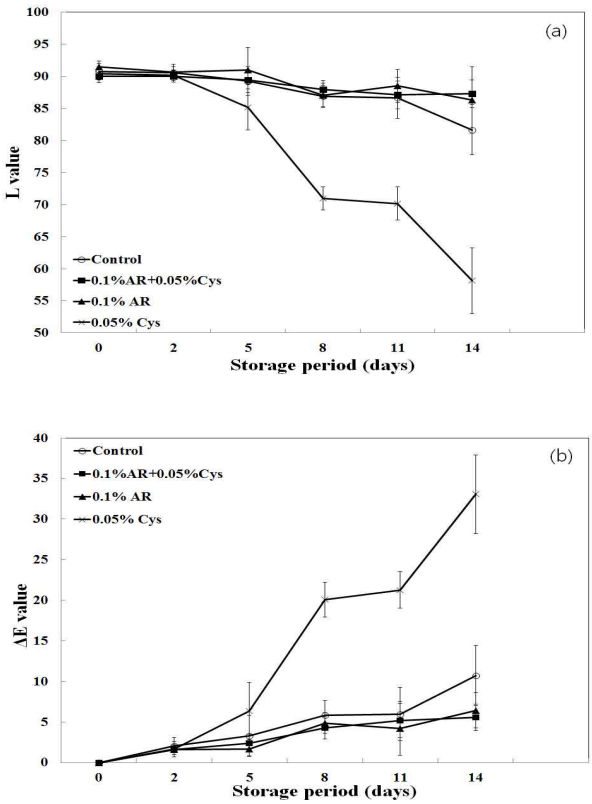

Fig. 1. Changes in the Hunter (a) L and (b) ΔE value of *Agaricus bisporus* added with various browning inhibitors during storage at 10℃.

AR: *Atractylodis Rizoma* Alba; Cys: L-cysteine; 0.1% AR+0.05% Cys: 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

Table 1. Changes in the appearance of *Agaricus bisporus* added with various browning inhibitors during storage at 10℃

Storage period (days)	Treatments[1)]			
	Control	0.1%AR +0.05%Cys	0.1%AR	0.05%Cys
0				
5				
11				
14				

[1)]AR: *Atractylodis Rizoma* Alba; Cys: L-cysteine; 0.1% AR+0.05% Cys: 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

이를 통해 0.05% L-cysteine 처리군의 경우 저장 8일 이후 상품성을 상실한 것으로 사료된다. 다른 처리군의 경우 저장 14일 차까지 L 값이 80 이하로 감소하진 않았으나 버섯의 이취가 심하게 발생하여 더 이상의 상품가치가 없다고 판단하여 실험을 종료하였다. 처리군 별 Hunter L 값과 ⊿E 값 비교 결과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine > 0.1% 백출 > 대조군 > 0.05% L-cysteine 순으로 L 값 감소와 ⊿E 값 증가 폭이 적었다. 저장 14일에 ⊿E 값 측정 시 대조군(10.72±3.72)은 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군(5.56±1.65)과 0.1% 백출 처리군(6.43±2.20)에 비해 약 2배 가량 색변화가 많이 일어났다. 이를 통해 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 병용처리와 0.1% 백출 처리 시 무처리한 양송이버섯에 비해 색 변화를 최소화하여 유통 기간을 더 늘릴 수 있을 것으로 사료된다. 이와 같이 천연물 희석액에 침지시킨 처리군의 경우 무처리군에 비하여 색도유지에 효과적인 것은 다른 선행실험(17-19)에서 이미 보고된 바 있으며, 과채류의 품질유지에 효과가 있는 것으로 보고된 키토산(32)을 양송이버섯에 코팅한 Kim 등(33)의 실험결과 저장 마지막 날 무처리군에 비하여 키토산 처리군의 L 값이 더 높게 유지된 결과와 유사하다. 저장 14일에 0.1% 백출 처리군에서 긁힘 등의 물리적 손상을 받은 부위가 다른 부위에 비하여 갈변이 많이 진행된 반면, 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 경우 긁힘 등의 물리적 손상을 받은 부위의 특이적 갈변이 거의 관찰되지 않았다. 이에 0.1% 백출과 0.05% L-cysteine 병용처리 시 각각을 단독처리 하였을 때 관찰되는 부정적인 영향이 보완되는 것으로 판단되며, 양송이버섯의 갈변억제에 더 효과적인 것으로 사료된다.

Tyrosinase 저해 활성

Tyrosinase 저해 활성은 색도와 함께 저장 중 과일 및 채소의 품질변화를 나타내는 중요한 척도로 사용된다(34,35). 갈변저해제 처리가 버섯의 저장 중 tyrosinase 저해활성에 미치는 영향은 Fig. 2와 같다. 모든 처리군에서 저장 5일까지 효소저해활성이 증가하다가 그 이후 감소하는 경향을 보였다. Ryu 등(36)은 이러한 효소저해활성이 증가하

다가 감소하는 결과는 양송이버섯 조직 특성상 처리한 갈변저해제가 양송이버섯의 내부 조직까지 흡수되지 못하고 표면에만 작용하여 저장 중 polyphenol oxidase 활성이 증가하는 것으로 설명하였다. 저장초기 대조군과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군에 비하여 0.1% 백출과 0.05% L-cysteine 단독 처리군에서 더 높은 효소저해활성을 보였으나, 0.05% L-cysteine 처리군의 경우 저장 8일에 효소저해활성이 가장 낮게 측정 되었다. 이러한 결과는 색도 측정 결과 저장 8일에 0.05% L-cysteine 처리군에서 L 값이 급격히 감소한 경향과 유사하며, 이를 통해 0.05% L-cysteine 단독 처리는 양송이버섯의 장기간 선도유지에 부정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 0.1% 백출 처리군은 저장 11일까지 효소저해활성이 대조군과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군에 비하여 높게 유지되었으나 저장 14일에 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군보다 낮은 효소저해활성이 관찰되었다. 이러한 결과는 저장 14일에 0.1% 백출 처리군보다 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군이 더 높은 L 값이 측정된 결과와 유사하다. 이를 통해 0.1% 백출 추출물과 0.05% L-cysteine 병용처리는 백출 추출물과 L-cysteine 단독처리 및 갈변저해제 무처리보다 양송이버섯의 갈변억제에 더 효과적인 것으로 사료된다.

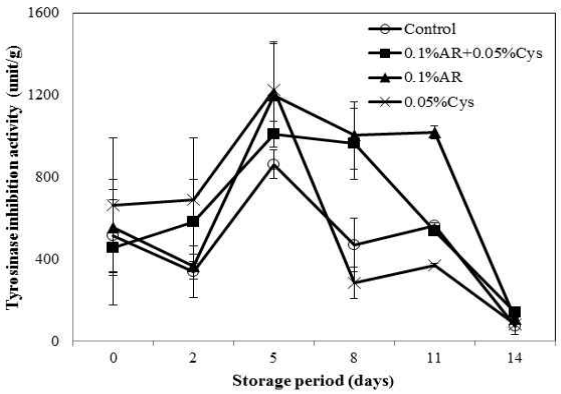

Fig. 2. Effects of tyrosinase inhibition activity in *Agaricus bisporus* added various with browning inhibitors during storage at 10℃.

AR: *Atractylodis Rizoma* Alba; Cys: L-cysteine; 0.1% AR+0.05% Cys: 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

포장 내부의 기체 조성 변화

색도 측정과 tyrosinase 저해활성측정 결과 갈변억제에 가장 효과적인 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리가 갈변억제 이외에 양송이버섯의 품질에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보기 위해 포장 내 기체조성을 측정하였으며 Fig. 3에 결과를 나타내었다. 저장 기간이 늘어남에 따라 모든 처리군에서 CO_2는 증가하고 O_2는 감소하는 경향을 보였다. 대조군의 경우 저장 14일에 CO_2는 2.85~3.85% 증가 하였으며 O_2는 0.01~0.24%로 감소하였다. 0.1% 백출+0.05% L-cysteine은 저장 14일에 CO_2는 3.97~6.69% 증가 하였으며 O_2는 0.01~0.15%로 감소하였다. 이러한 경향은 Kim 등(33)이 양송이버섯에 키토산과 $CaCl_2$를 각각 분사하여 polyolefin PD-941 film으로 포장한 후 포장 내 기체조성을 측정한 결과와 유사한 결과로 대조군에 비해 처리군의 포장 내 O_2 함량이 빠르게 감소하여 포장 내 양송이버섯의 호흡을 억제하였다. Sveine 등(37)은 버섯의 저장기간을 연장하기 위해서 포장 내 기체조성이 O_2의 경우 0.1% 이하, CO_2는 5% 이하가 좋다고 보고하였으며, 포장 내 O_2 함량이 낮을수록 버섯의 호흡률을 낮춰 버섯의 수확 후 길이성장과 중량감소를 억제하며, tyrosinase 활성을 감소시켜 효소적 갈변억제에 효과적이라고 보고하였다.

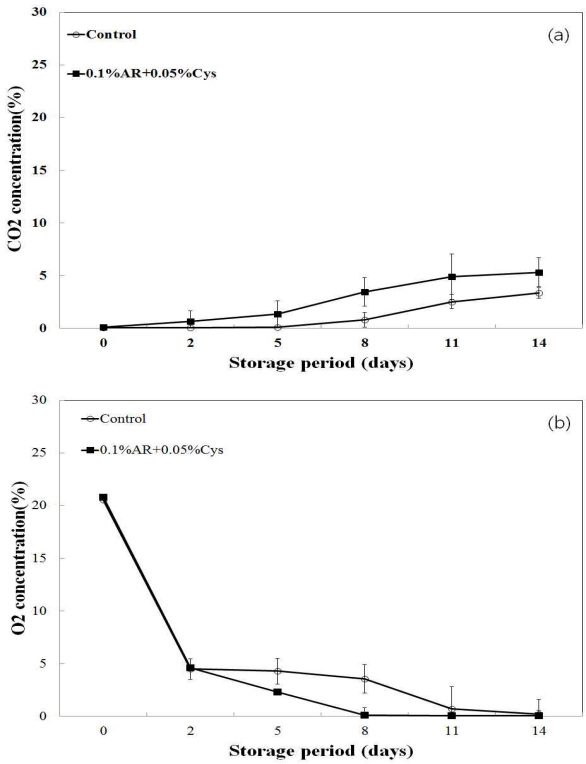

Fig. 3. Changes in (a) CO_2 and (b) O_2 concentration inside packages of *Agaricus bisporus* added with browning inhibitor during storage at 10℃.

0.1% AR+0.05% Cys: 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

중량감소율

갈변억제에 효과적인 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리가 갈변억제 이외에 양송이버섯의 품질에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보기 위해 중량감소율을 측정 하였으며 Fig. 4에 결과를 나타내었다. 저장 중 양송이버섯 중량감소의 주요 원인은 호흡에 의한 탄수화물 분해와 수분증발 등에 의한 것으로(38), 수분증발은 버섯과 저장환경의 온도 차이로 인해 버섯의 조직 내에서 수압 기울기가 발생하여 일어난다(39). 이러한 중량감소는 판매 가능한 물량의 감소라는 손실 이외에도 수축으로 인한 외관의 변형에 따른 상품가치

하락과 영양분의 감소 등 품질에 영향을 주는 중요한 요인이 되고 있다. 실험결과 모든 저장일 수에서 대조군과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 유의적 차이는 없었으나 ($p<0.05$) 전반적으로 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 중량감소율이 더 낮게 나타났다. Jiang 등(39)이 표고버섯을 키토산과 키토산+포도당 용액에 5분간 침지시켜 저장 중 중량감소율을 측정한 결과 무처리군에 비해 키토산과 키토산+포도당 처리군의 중량감소율이 더 낮다고 보고하였으며, 버섯을 키토산에 침지함으로서 버섯의 표면에 barrier가 형성되어 식품의 수분증발을 억제하는데 도움을 준 것이라 설명하였다. 이러한 결과는 본 실험과 유사한 결과로 0.1% 백출+0.05% L-cysteine에 침지시키는 것은 양송이버섯의 갈변저해 이외에도 식품의 수분증발을 억제하여 중량감소 억제에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 생각되며, 양송이 버섯의 품질유지에 잠재적 가능성이 있는 것으로 사료된다.

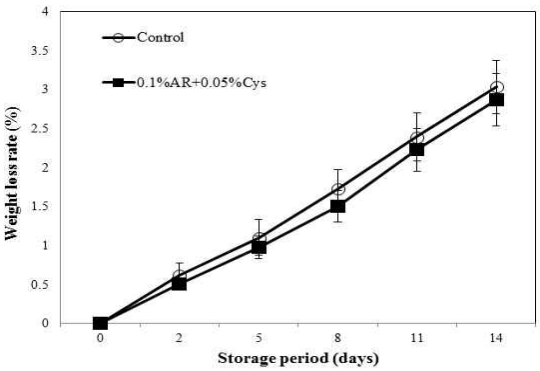

Fig. 4. Changes in weight loss rate of *Agaricus bisporus* added with browning inhibitor during storage at 10℃.

0.1% AR+0.05% Cys: 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

경 도

갈변억제 효과가 우수했던 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리가 갈변억제 이외에 양송이버섯의 품질에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보기 위해 경도를 측정 하였다(Fig. 5). 경도 측정 결과 처리군 별 경도변화의 유의적 차이는 없었으나 저장 5일을 제외한 나머지 저장 일 수에서 대조군보다는 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군에서 경도변화가 더 적은 것으로 나타났다. 대조군의 경우 저장 8일까지 경도가 19 N 이상으로 높게 유지되었으나 저장 11일에 경도가 11.84 N으로 급격하게 감소하였다. 반면 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 경우 저장 5일까지 20 N 이상으로 대조군에 비하여 높은 경도를 유지 하였으나 저장 8일에 경도가 17.08 N으로 유의적으로 감소하며 대조군보다 낮아졌다. 그러나 저장 11일에 16.10 N 그리고 저장 14일에는 13.31 N 으로 대조군에 비해 높은 경도를 유지하였다. 버섯의 경우 저장기간이 늘어날수록 조직 내 수분증발과 미생물에 의한 조직파괴 및 내적 자가분해 활성으로 인해 조직연화가 일어나 경도가 감소하게 된다(40). 양송이버섯의 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리는 edible coating으로서 버섯의 수분증발을 억제하여 연화되는 속도를 늦춘 것으로 사료된다. 이러한 결과를 바탕으로 0.1% 백출 추출물과 0.05% L-cysteine의 병용처리는 양송이버섯의 갈변저해 이외에도 조직연화 억제를 통한 경도유지에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

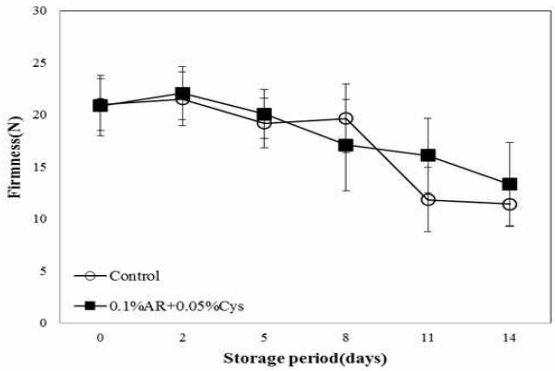

Fig. 5. Changes in firmness of *Agaricus bisprous* added with browning inhibitor during storage at 10℃.

0.1% AR+0.05% Cys: 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

관능평가

버섯의 신선도는 외관, 색택, 경도 등 복합적 요인에 의하여 판단되며 신선한 형태의 버섯 즉, 판매 가능한 버섯의 신선도를 5점 척도를 기준으로 조사한 결과는 Table 2와 같다. 버섯의 품질은 앞서 언급한 색도 측정, 포장 내 기체조성 측정, 경도 측정 등 여러 가지 특성에 의하여 객관적으로 비교가 가능하지만, 실제 유통 과정 중에는 객관적인 분석 자료에 의한 품질비교는 어렵기 때문에 주로 관능적 특성에 의하여 주관적으로 평가하게 된다. 버섯의 신선도는 외관적으로 보이는 표면 색택, 갓의 개열 정도 이외에 이취, 조직감 등이 주요한 지표로 사용되며, 갓이 개열 되지 않고, 고유색을 유지하며 이취가 나지 않는 경우 상품으로 평가된다(41). 이취발생 측정에서 대조군과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군 모두 저장 5일에 유의적 차이를 나타냈으며 저장 기간이 늘어날수록 더 많은 이취를 발생시켰다 ($p<0.05$). 대조군은 저장 11일(2.75±0.45), 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군은 14일(2.25±0.87)에 관능점수가 3점 이하로 떨어졌다. 신선편이식품의 이취는 포장 내 기체조성과 밀접한 관계가 있으며, 포장 내 낮은 O_2 농도와 높은 CO_2 농도 조건은 혐기대사로의 전환을 유발하고(42), 이러한 혐기호흡에 의해 버섯 내에 존재하는 당이 젖산 또는 acetaldehyde와 에탄올로 대사되며 알콜 발효취 등이 생성되어 이취가 발생한다(43). 그러나 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리구의 경우 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 대조군에 비하여 포장 내 O_2 농도가 낮게 유지되었음에도 불구하

Table 2. The sensory evaluation of *Agaricus bisporus* added with browning inhibitor during storage at 10℃(n=12)

Treatment	Sensory characteristics	Storage period (days)					
		0	2	5	8	11	14
Control	Off-odor	5.00±0.00[1)a2)]	4.75±0.45[a]	4.00±0.00[b]	3.25±0.45[c]	2.75±0.45[d]	1.33±0.49[e]
	Color	5.00±0.00[a]	4.17±0.39[b]	3.67±0.49[c]	3.50±0.52[c]	2.92±0.51[d]	1.42±0.51[e]
	Texture	5.00±0.00[a]	5.00±0.00[a]	4.75±0.45[a]	3.75±0.45[b]	2.25±0.45[c]	2.58±0.79[c]
	Cap opening	5.00±0.00[a]	5.00±0.00[a]	4.83±0.39[a]	4.00±0.00[b]	3.42±0.51[c]	3.00±0.60[d]
	Overall acceptability	5.00±0.00[a]	4.73±0.17[b]	4.31±0.19[c]	3.63±0.17[d]	2.83±0.19[e]	2.08±0.25[f]
0.1% AR +0.05% Cys[3)]	Off-odor	5.00±0.00[a]	5.00±0.00[a]	3.75±0.45[b]	3.50±0.52[b]	3.00±0.00[c]	2.25±0.87[d]
	Color	5.00±0.00[a]	4.25±0.45[b]	3.75±0.45[c]	3.42±0.51[c]	3.00±0.43[d]	1.67±0.49[e]
	Texture	5.00±0.00[a]	5.00±0.00[a]	5.00±0.00[a]	4.00±0.00[b]	3.83±0.39[bc]	3.67±0.49[c]
	Cap opening	5.00±0.00[a]	5.00±0.00[a]	4.67±0.49[a]	4.67±0.49[a]	3.83±0.39[b]	3.25±0.87[c]
	Overall acceptability	5.00±0.00[a]	4.81±0.11[b]	4.29±0.14[c]	3.90±0.27[d]	3.42±0.19[e]	2.71±0.32[f]

[1)]Each value represents the means ± standard deviation (5, Fresh; 4, Good; 3, Salable; 2, Edible; 1, Not edible; 0, Rotten)
[2)]Means with same letters in each row are not significantly difference (p<0.05)
[3)]0.1% AR+0.05% Cys is 0.1% *Atractylodis Rhizoma* Alba extract containing 0.05% L-cysteine

고 관능평가 결과 선도유지가 더 오래 유지되었다. 이를 통해 0.1% 백출+0.05% L-cysteine의 처리가 혐기호흡에 의한 이취 발생 억제에 도움을 준 것으로 사료된다. 관능적인 색도 평가 결과 대조군과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군 모두 저장기간이 늘어남에 따라 유의적으로 관능점수가 감소하였다(p<0.05). 대조군의 경우 저장 11일(2.92±0.51), 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군은 14일(1.67±0.49)에 관능점수가 3점 이하로 떨어져 앞서 실험한 색도 측정 결과와 유사하게 육안을 통한 색도 측정에서도 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리가 갈변억제 및 선도연장에 더 효과적이었다. 조직감 평가 결과 대조군과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군 모두 저장 8일에 유의적으로 관능점수가 감소하였으며 저장기간이 늘어남에 따라 유의적으로 관능점수가 감소하였다(p<0.05). 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 경우 저장 마지막 날인 14일에 조직감 관능점수가 3.67±0.49로 상품성을 상실하지 않은데 반해, 대조군의 경우 저장 11일에 2.25±0.45로 관능점수가 3점 이하로 감소하여 상품성을 상실하였다. 이를 통해 앞서 실험한 경도 측정 결과와 유사하게 조직감 측정에서도 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리가 대조군에 비해 더 긍정적인 효과를 보이는 것으로 나타났다. 양송이버섯은 호흡이 증가할수록 갓이 개열하며 대의 길이가 자라나 상품가치가 낮아진다. 이에 갓 개열정도를 평가하였으며 그 결과 대조군은 저장 8일에 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군은 11일에 유의적인 관능점수 감소하여, 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군이 양송이버섯의 초기 형태유지에 더 효과적인 것으로 나타났다(p<0.05). 전체적인 기호도 평가에서 모든 처리군에서 저장기간이 늘어남에 따라 유의적인 관능점수 감소를 보였으며(p<0.05), 대조군의 경우 저장 11일(2.83±0.19)에, 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 경우 저장 14일(2.71±0.32)에 관능점수가 3점 이하로 상품성을 상실하는 것으로 나타났다. 이는 향미, 육안을 통한 색도 검사, 조직감 및 갓 개열정도 측정에서 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군이 대조군에 비해 선도유지에 더 효과적으로 측정된 것과 유사한 결과이다. 따라서 관능검사 결과 대조군에 비해 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리가 양송이버섯의 갈변저해 이외에도 품질 유지 및 선도연장에 도움을 줄 수 있는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 0.1% 백출 추출물과 0.05% L-cysteine이 양송이버섯의 저장 및 유통 시 갈변억제에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각각의 갈변저해제에 양송이버섯을 3분 간 침지 시킨 후 실온에서 1시간 동안 건조시켜 6개씩 PS tray에 담아 PVC랩으로 포장 한 후 저장 기간 별 갈변억제능을 측정하였다. 실험결과 저장 마지막 날 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 Hunter L 값이 87.24로 가장 높게 유지되었으며, ΔE 값은 5.56으로 색 변화가 적었다. Tyrosinase 저해활성 측정결과 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군의 효소저해활성이 높게 측정되어 0.1% 백출 추출물과 0.05% L-cysteine 처리가 갈변억제에 효과적이었다. 또한 0.1% 백출 추출물과 0.05% L-cysteine 병용처리가 양송이버섯의 갈변억제 이외에 품질유지에 어떠한 영향을 끼치는지 조사하기 위하여 품질평가를 시행하였다. 중량감소율과 경도 측정 결과 모든 저장일 수에서 대조군보다 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군이 중량감소가 적었으며 높은 경도를 유지하였다. 관능평가 결과 전체 기호도 항목에서 대조군이 저장 11일, 0.1% 백출+0.05% L-cysteine 처리군은

14일에 상품성이 상실되어 대조군에 비해 약 3일 가량 상품성이 오래 유지되었다. 본 실험결과를 바탕으로 0.1% 백출 추출물과 0.05% L-cysteine 병용처리는 양송이버섯의 갈변억제에 효과적이며, 중량 및 경도 감소, 이취 발생 등 품질감소를 지연시켜 선도연장에 도움을 줄 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업의 연구비 지원(PJ 906939042012)을 받아 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee JS (1999) Effects of modified atmosphere packaging on the quality of chitosan and $CaCl_2$ coated mushroom (*Agaricus bisporus*). Korean J Food Sci Technol, 131, 1308-1314
2. Fei T, Min Z, Yu H, Sun J (2006) Effect of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling. J Food Eng, 77, 545-549
3. Ministry of agriculture and forestry (2005) Agriculture and Forestry Statistical yearbook. Korea
4. Kadder AA (1985) Postharvest biology and technology an overview. In: Postharvest technology of horticultural crops, The reagent of the University of California, Division of agricultural and nutritional resource, CA, USA, p 3-8
5. Wiley RC (1994) Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Chapman & Hall, Inc. New York, USA, p 1-14
6. Warwick MG, Tsuneda A (1997) The interaction of the soft rot bacterium *Pseudomonas gladroli* pv. agaricia with Japanese cultivated mushroom. Can J Micobial, 43, 639-648
7. Vamos L (1981) Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. Crit Rev Food Sci Nutr, 15, 49-127
8. Hur J (2007) Effect of citrate and phosphate on the inhibition of browning in minimally processed potatoes. Korean J Culinary Research, 13, 254-259
9. Kim KP (1998) Kinds of cultivated mushrooms and prospect. Mushroom Sci, 2, 4-11
10. Hwang TY, Sohn KH, Lim JH, Moon KD (2010) Antibrowning effects of Licorice extracts on chopped garlic. Korean J Food Preserv, 17, 160-164
11. Rupasinghe HPV, Murr DP, Dell JR, Odumeru J (2005) Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and NatureSeal™ on the quality of fresh-cut apples. J Food Quality, 28, 289-307
12. Nguyen C, Carlin F (1994) The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Crit Rev Food Sci Nutr, 34, 371-401
13. Arzu A, Vural G (2009) Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*L. sativa*). Food Chem, 117, 122-126
14. Gacche RN, Zore GB, Ghole VS (2003) Kinetics of inhibition of polyphenol oxidase mediated browning in apple juice by β-cyclodextrin and L-ascorbate-2-triphosphate. J Enzym Inhib Med Chem, 18, 1–5.
15. O¨zoglu H, Bayindirli A (2002) Inhibition of enzymatic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. Food Control, 13, 213–221
16. Ding CK, Chachin K, Ueda Y, Wang CY (2002) Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. Food Chem, 76, 213-403
17. Nicolas JJ, Richard FC, Goupy PM, Amiot MJ, Aubert SY (1994) Enzymatic browning reactions in apple and apple products. CRC Crit Rev Food Sci, 34, 104-157
18. Iyidogan NF, Bayindirli A (2004) Effect of L-cysteine, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya apple juice. J Food Eng, 62, 299-304
19. Oszmianski J, Lee CY (1990) Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey. J Agric Food Chem, 38, 1892-1895
20. Son SM, Moon KD, Lee CY (2000) Rhubarb juice as a natural antibrowning agent. J Food Sci, 65, 1288-1289
21. Kim MJ, Kim CY, Park IS (2005) Prevention of enzymatic browning of pear by onion extract. Food Chem, 89, 181-184
22. Nationwide College of Oriental Medicine Co-Textbook Compilation Committee (2011) Herbalogy, Younglimsa Publishing Co, Korea, p 579-581
23. Yosioka I, Tani T, Hirose M, Kitagawa I (1974) Diaetyl-atractylodiol, a new acetylenic compound from *Atractylodes japonica* Koidzumi. Chem Phatm Bull, 22, 1943-1945
24. Katsuya E, Takashi T, Fumiko T, Hiroshi H, Johji Y, Hajime F (1979) Principles of *Atractylodes Rhizomes*. Chem Pharm Bull, 27, 2954-2958
25. Yim DS, Yu SC, Chi HJ (1988) Phytochemical study on the Rhizome of *Atractylodes japonica* from Korea.

Korean J Pharmacogn, 19, 228-232
26. Li CQ, He LC, Dong HY, Jin JQ (2007) Screening for the anti-inflammatory activity of fractions and compounds from *Atractylodes macrocephala* koidz. J Ethnopharmacol, 114, 212-217
27. Park KH, Kim SY, Chae HJ (2007) Selection of oriental medicinal plants for screening of anticancer agents. Kor ean J Biotechnol Bioeng, 22, 139-45
28. Lee JT, Jung SH, Jo WA, Kang BY, Choi EY, Jung YS, Son AR (2005) A study on the materials of functional korea herb cosmetics using *Atractylodis Rhizoma* alba and *Saururi Herba Seu* radix. J Appl Oriental Medicine 5, 7-14
29. Kim IC, Hur SS (2009) Antioxidative properties and whitening effects of the *Astragali* radix, *Atractylodis Rhizoma* alba and *Acanthopanacis* cortex. J Korean Oil Chemists' Soc, 26, 110-116
30. Minamide T, Iwata T, Habu T (1985) Studies on physiological, chemical properties and post-harvest keeping quality of mushrooms IX. changes in soluble carbohydrates and keeping the freshness of mushrooms(Agaricus bisporus SING.) after harvest. Bull Univ. Osaka Pref. B. 37, 5-11
31. Gormley TR, Sullivan LO (1975) Use of a simple reflectometer to test mushroom quality. J Food Eng, 34, 344-348
32. Zhang D, Quantick PC (1997) Antifugal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. J Hort Sci and Biotech, 73, 763-767
33. Kim KM, Ko JA, Lee JS, Park HJ, Miford A (2006) Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushroom. LWT-Food Sci Technol, 39, 364-371
34. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lerici CR (2001) Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. Trends in Food Sci & Technol 11:340-346
35. Park WP, Cho SH, Lee DS (1998) Effect of minimal processing operations on the quailty of garlic, green onion, soybeen sprouts and watercress. J Sci Food Agric, 77, 282-286
36. Rhy JM, Park YJ, Choi SY, Hwang TY, Oh DH and Moon KD (2003) Browning inhibition and quality characteristics of minimally process mushroom(*Agaricus bisporus* Sing) using extracts from natural materials during storage. Korean J Food Preserv, 10, 11-15
37. Sveine E, Klougart A, Rasmussen CR (1967) Growth potential of Clostridium botulinum in fresh mushroom packaged in semi-permealable plastic film. J Appl Microbiol, 30, 964-969
38. Hammond JBW (1979) Change in composition of harvested mushroom (*Agaricus bisporus*). Phytochem, 18, 415-422
39. Jiang T, Feng L, Li J (2012) Chang in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex coating under cold storage. Food Chem, 131, 780-786
40. Zivanovic S, Buescher RW, Kim KS (2000) Textural changes in mushroom (*Agaricus bisporus*) associated tissue ultrastructure and composition. J Food Sci, 65, 1404-1408
41. Burton KS, Frost CE, Nichols R (1987) A combination plastic permeable film system for controlling postharvest mushroom quality. Biotechnol Let, 9, 529-534
42. Joles WD, Cameron AC, Shirazi A, Petracek PD, Beaudry RM (1994) Modified atmosphere packaging of heritage red raspberry fruit: Respiratory response to reduces oxygen, enhanced carbon dioxide and temperature. J Am Soc Hort Sci, 119, 540-545
43. Wills RBH, Lee TH, Graham D, Mcglasson WB, Hall EG (1981) Physiology and biochemistry, In: Postharvest, Avi, USA, p 17-37

(접수 2013년 1월 7일 수정 2013년 2월 4일 채택 2013년 3월 21일)