

## 수확 전 염화칼슘 및 알카리환원수 처리가 느타리버섯 저장에 미치는 영향

최윤수<sup>1</sup>·이경민<sup>1</sup>·서건식<sup>2</sup>·김민경<sup>2</sup>·황용수<sup>1\*</sup>

### Effect of Preharvest Treatment of CaCl<sub>2</sub> and Alkaline-Reduced Water on the Quality of Oyster Mushroom during Storage

Yun-Soo Choi<sup>1</sup>·Kyoung-Min Lee<sup>1</sup>·Geon-Sik Seo<sup>2</sup>·Min-Kyung Kim<sup>2</sup>·Yong-Soo Hwang<sup>1\*</sup>

#### ABSTRACT

This experiment was focused to determine the effect of preharvest treatment of alkaline-reduced water (ARW) and CaCl<sub>2</sub> on the storage of oyster mushroom. ARW was prepared through electrolysis of water with CaCl<sub>2</sub> (0.1%) as salts and CaCl<sub>2</sub> (0.1%) was dissolved in deionized water. Mushrooms were harvested after two sprays of each solutions and quality factors including firmness and browning was determined during storage. The severity of browning was more greater when stored 20 days. Unlike CaCl<sub>2</sub>, ARW containing 139 ug/L calcium was positive on maintaining freshness in terms of delay of firmness loss and respiration drop, keeping soluble carbohydrate content such as trehalose, and inhibiting the occurrence of browning. Browning, however, seemed to be more influenced by the developmental stage of mushroom at harvest. Even no significant difference was found, the level of β-glucan was low in ARW treatment compared to that of control. Further research including application and preparation methods of ARW is required to clarify the potential of ARW on keeping freshness of oyster mushroom through inhibiting tissue browning.

**Key words:** Firmness, Browning, Soluble carbohydrate, β-glucan

#### 1. 서론

느타리버섯은 기능성이 우수한 식용버섯자원으로 우리나라에서 가장 널리 소비되는 있는 버섯에 속한다. 버섯은 담자균의 자실체로 조직이 약하고 저장기간이 짧아 건조하여 소비되는 경우가 많았지만 주년생산기술이 정착된 이후 신선한 버섯 공급이 년중 이루어지고 있어 신선한 버섯 소비가 일반화되었고 근래 신선 버섯의 수출도 시도되고 있다. 그러나 저장성이 약하여 짧은 유통기간 중에도 품질이 악화되는 경우가 흔한데 품질저하의 중요한 원인으로 조직 갈변과 연화가 포함되며(Ares 등, 2007), 갈변은 polyphenol oxidase 작용에 따른 페놀의 산화와 산화물의 연속적인 반응에 의하여 발생하며(Rajaratnam 등, 1983) 연화는 수분 상실에 따른 팽압상실, 세포막 변화에 의한 투과성 증진, 다당류 분해 등이 관여된 것으로 보고되었다. 이러한 변화를 제어하기 위해 필름 포장(Burton과 Twynning, 1989; Villaescusa와 Gil, 2003; An과 Shin, 1991; Ahn 등, 2000;

Lee 등, 1991; Lee 등, 2003; Cho 등, 2001; Choi와 Kim, 2003), 예냉(Beik 등, 2009), 살균(Ku 등, 2006) 처리 효과가 검토되었다. 특히 필름 포장에서는 필름 종류에 따른 가스투과성(Beik 등, 2009)과 포장내부 공기조성(Park 등, 2009; Lee 등, 2003.)에 따른 저장성 증진 효과를 검토하여 버섯포장에 적합한 포장소재를 발굴하거나 최적의 가스 환경조성을 위한 조건을 찾는 연구가 진행되었다. 버섯의 필름 포장 유통과정 중에 발생하는 문제점으로 이취(Cho 등, 2008; Ahn 등, 2000), 연화(Han 등, 1992), 발육억제(Burton과 Twynning, 1989), 변색(An과 Shin, 1991) 등이 제시되었으며 또한 포장내부의 과습 환경을 조절하기 위한 흡습제 처리(Villaescusa과 Gil, 2003) 방안도 시도되었다.

한편 알카리 환원수(Alkali-reduced water, ARW)는 알카리성 금속(예, Mg)을 물과 접촉시키거나 또는 염류를 첨가한 물을 전기분해하여 발생시키는데(Kosekia 등, 2004), 양극에서는 산성수가 음극에서는 ARW가 얻어지며 산성수는 살균작용이 있고 ARW는 항산화 효과를 지니므로 다양한 생리적 영향을 보이는 것으로 보고되었으며(Jin 등, 2006) 최소가공 원예산물의 저장성에서 부패억제 등 긍정적인 결과를 얻었다(Rahman 등, 2010). 칼슘은 다양한 기능을 지닌 필수원소로 고등식물에서는 세포벽의 견고성을 유지시키는 중요한 기능을 하지만 버섯은 펙틴을 함유하지 않아 고등식물과 차이가 있다. 그러나 수확한 버섯에 대한 칼슘 감압처리 결과 침투한 칼슘은 대부분은 세포간극에 분포하

<sup>1</sup> 충남대학교 원예학과(Dept. of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

<sup>2</sup> 한국농수산대학 특용작물과(Dept. of Industrial Crops, Korea National College Agriculture and Fisheries, Hwasung, Kyonggi 445-760, Korea)

\* Corresponding author: 황용수(Yong-Soo Hwang)

Tel.: +82-42-821-5738 Fax: +82-42-823-1382

E-mail: yshwang@cnu.ac.kr

2010년 11월 5일 투고

2010년 11월 21일 심사완료

2010년 12월 13일 게재확정

며(Gras 등, 2003) 당근이나 가지와 달리 세포벽에 현저한 영향을 주지 않는다. 그러나 버섯 저장 중 갈변은 폐놀물질의 산화에 의하며(Gras 등, 2003) 저장전 염화칼슘과 구연산 처리는 저장성 증진에 효과적인 것으로 보고되어(Jayathunge와 Illeperuma, 2005) 이를 검토할 필요가 있다. 특히 ARW는 활성산소와 같은 산화물을 제거하는 항산화작용을 나타내므로(Kosekia 등, 2004; Jin 등, 2006) 환원성을 지닌 물에 용해된 칼슘의 작용을 검토할 필요가 있다.

따라서 수확한 버섯의 저장성을 증진시키기 위하여 수확 전 처리한 ARW의 작용을 검토하여 저장성과 품질요인의 변화를 비교하여 느타리버섯의 저장성에 미치는 영향을 조사하고자 본 연구를 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

**버섯재료:** 실험에 이용한 버섯은 대전시 유성구 소재 버섯 재배농장에서 수확전처리를 실시하고(수확예정 3일, 1일전 2회 실시) 수확적기에 도달할 때까지 관행적으로 재배한 다음 수확당일에 수확하여 즉시 실험실로 수송한 다음 실험에 이용하였다. 버섯은 처리별로 구분하여 약 200g씩 스틸로폼 접시에 담아 랩핑한 다음 2°C에 저장하였고 저장 0(수확당일), 10일, 20일에 각각 조사하였다.

**알카리환원수(ARW) 조제:** 알카리 환원수는 염화칼슘 0.1% 용액(pH 7.3, ORP 250mV, Ca 농도 약 363ug/L)를 직접 살포하거나 전해수제조용으로 사용하였다. 전해수 제조는 2실 타입의 전해수 제조기(Super oxsees labo, FW-200, AMANO, Japan)로 만들었는데 생성된 ARW는 pH 10.8, ORP는 -40 mV, 칼슘 농도는 136ug/L이었다. 제조한 ARW 및 염화칼슘 용액은 소형 스프레이로 생육 중인 버섯에 충분히 젖도록 처리하였다. 무처리구를 대조구로 삼아 비교하였다.

**버섯 분석:** 호흡은 약 200g의 시료를 취하여 2L의 밀폐 용기에 넣어 뚜껑을 덮고 20°C 항온실에 넣어 1시간동안 가스를 포집하였다. 그 후 용기 상단에 축적된 가스 표본을 1mL 주사기로 취하여 CO<sub>2</sub>는 TCD를 장착한 GC(Shimadzu 14B, Japan)로 조사하였다. 경도는 갓과 대(줄기)를 구분하여 조사하였다. 시료는 작은 블록(약 1×0.5cm)으로 만들어 고정시키고 Rheometer(CR-100, Sunscientific, Japan)에 2.8 mm 평면 probe를 장착하여 측정하였다. 저장기간에 따른 무게감량은 저장전(저장 0일) 무게에 대한 백분율로 표시하였다. 건물중은 시료 30g를 취하여 열풍건조기를 이용하여 70°C에서 3일간 건조한 다음 무게를 조사하여 백분율로 나타내었다. 버섯 관능조사는 육안으로 외관을 관찰하여 3(우수), 2(보통), 1(미흡), 0(불량)으로 구분하여 조사하였다. 탄수화물 분석은 2g의 냉동조직을 취하여 80% 알콜 10mL을 가하여 homogenizer(Brookfield Engineering,

USA)로 최대속도로 3분간 마쇄한 다음 끓는 수조에서 10분간 2회 추출하여 분석시료로 사용하였다. 총탄수화물은 phenol-sulphuric acid법으로 측정하여 무수 포도당 등량으로 나타내었다. 동일한 시료를 농축한 다음 membrane filter(0.45 μm, Whatman)로 여과한 후 NH<sub>2</sub>P-50 칼럼(Shodex, Japan)과 RI detector를 장착한 HPLC(Younglin Instrument, Korea)로 알콜용해성 탄수화물 조성을 조사하였다. 베타-글루칸은 분석키트(mixed-lineage beta-glucan kit, Megazyme, Ireland)를 이용해 분석하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

## III. 결과 및 고찰

군사체인 버섯은 호흡율이 매우 높아 수확한 이후 매우 짧은 시간에 호흡에 의한 저장한 물질이 급격히 소모되고 또한 식물과 달리 발달된 표피가 없어 수분상실을 제어하지 못하여 품질저하가 빠르게 진행된다(Ares 등, 2007). 수확 전 처리를 마친 버섯의 호흡을 수확당일(0일) 조사한 결과, 호흡은 저장 10일에 급격히 감소하였고 20일에는 더욱 감소하였으나 첫 10일에 비해 감소폭이 낮았다(Fig. 1). 처리간 비교에서 수확당일의 호흡은 ARW처리에서 대조구 또는 염화칼슘 처리구보다 높았으며 이러한 경향은 저장 20일까지 관찰되었는데 염화칼슘처리하는 저장기간이 길어질수록 비례적으로 감소하였고 대조구는 저장 10일까지 급속히 감소하고 그 후 완만한 변화를 보인 것으로 나타났다. 버섯은 수확이후에도 자실체의 성장과 노화가 동시에 진행되지만 수확한 버섯은 외부로부터 영양물질 공급이 차단되었으므로 호흡은 버섯품질 변화를 비교하는 중요한 요인이며 보구력과는 반비례, 품질 상실과는 정비례 관계를 보인다고 하였는데(Farber 등, 2003) 본 연구에서는 ARW 처리구의 호흡이 저장 20일까지 다른 처리에 비하여 다소 높게 나타난 것이 노화가 빨리 진행된 결과로 간주될 수 있는지는 명확하지 않다. 노화가 진행된 이후에는 호흡이 낮

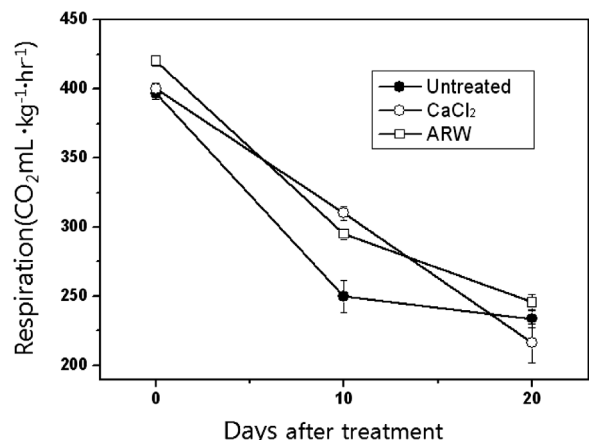


Fig. 1. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the respiration of oyster mushroom during storage (2°C). Bar indicates SD(n=3).

아지는데 본 연구에서 대조구의 경우 저장 10일에 호흡이 급격히 감소하였고 저장 20일에도 변화폭이 낮은 것은 이미 가용할 호흡기질이 부족하였기 때문이었을 것으로 추정된다.

갓의 경도는 수확당일에서 저장 10일까지 염화칼슘처리에서 높았는데 저장 20일에는 처리간 차이가 없었고 줄기의 경우도 유사하였지만 저장 20일에는 다른 처리보다 정도 저하폭이 컸다(Fig. 2). 반면에 ARW는 대조구보다는 다소 높게 유지되었고 저장기간에 따른 변화가 크지 않았다. 원예산물의 보구력에 있어 칼슘은 세포벽을 견고하게 유지시키므로 중요한 역할을 하지만 버섯은 펙틴을 포함하지 않고 있어 칼슘의 역할이 고등식물과 다를 것으로 판단된다. Gras 등(2003)은 버섯에 칼슘을 감압처리 하였을 때 균사체 사이의 간극에 주로 분포하는 것을 관찰하여 칼슘 처리는 세포벽의 건전성보다는 세포를 보호하는 피막형성에 관여할 가능성을 제시하였다.

본 연구에서도 칼슘용액을 살포할 때 갓 이면부보다 갓 표면에 용액이 더 많이 접촉하므로 처리한 염화칼슘이 표피세포를 일시적으로 보호하여 버섯의 갓조직 경도가 저장 10일까지 높았던 결과를 보인 것으로 추정된다. 그러나 저장 20일에는 처리간 차이가 크지 않으나 ARW 처리에서 오히려 높아 ARW 처리는 정도에 염화칼슘과 달리 작용하는 것으로 보인다. 그러나 전반적으로 정도변화를 비교하였을 때 ARW의 효과는 뚜렷하지 않았다.

저장기간에 따른 무게감량은(Fig. 3) 처리간 차이가 뚜렷하지 않았는데 이러한 결과는 수확전 처리가 세포막의 성상에는 영향을 주지 않아 수분상실속도를 제어하지 않기 때문으로 이해되었다. 또한 건물함량의 변화는 처리간 뚜렷한 차이없이 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여주었다.

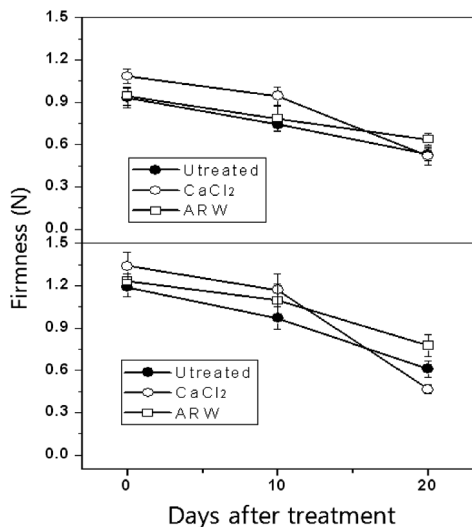


Fig. 2. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the firmness of oyster mushroom during storage(2°C). Bar indicates SD(n=3).

용해성 탄수화물의 경우 수확당일에는 처리간 차이가 명확하여 ARW는 탄수화물함량이 가장 높았고 다음이 염화칼슘, 대조구 순이었다(Fig. 4). 그러나 저장기간이 증가함에 따라서는 모든 처리에서 10일까지 증가하고 다시 감소하는 경향이었는데 ARW에서 저장 20일의 용해성 당함량이 가장 낮아 변화폭이 컸다. 염화칼슘과 대조구는 저장 10일까지 증가하고 변화없이 유지되었다.

용해성 탄수화물의 조성을 비교한 결과(Fig. 5) trehalose가 가장 많았으며 다음이 mannitol이었고 자당과 과당은 매우 낮은 수준으로 검출되었다. Hammond(1980)는 저장 중 버섯의 용해성 탄수화물을 조사한 연구에서 trehalose와 mannitol이 각각 6.5%, 1.8% 비율로 검출되며 trehalose는 저장 중 증가하였다고 하였는데 본 연구에서도 유사한 결과를 얻었는데 trehalose가 가장 높아 총 용해성 탄수화물의 60~70% 이상을 점유하였으며 다음이 mannitol이었다.

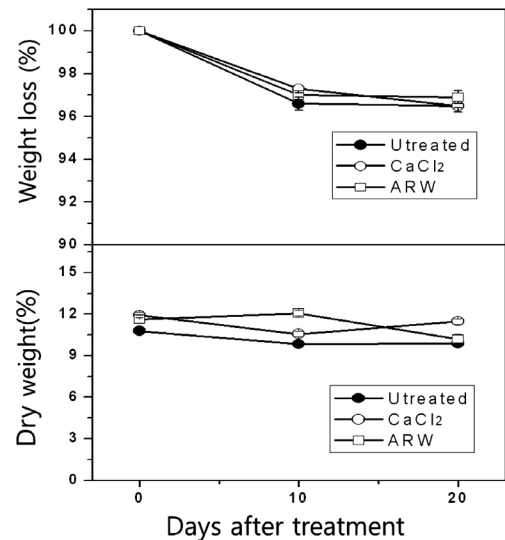


Fig. 3. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the changes of fresh weight loss and dry matter of oyster mushroom during storage (2°C). Bar indicates SD(n=3).

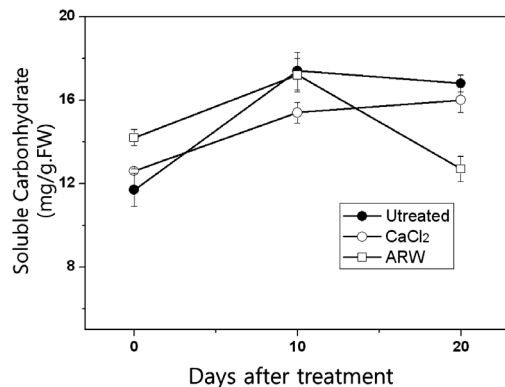


Fig. 4. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the soluble carbohydrates of oyster mushroom during storage(2°C). Bar indicates SD(n=3).

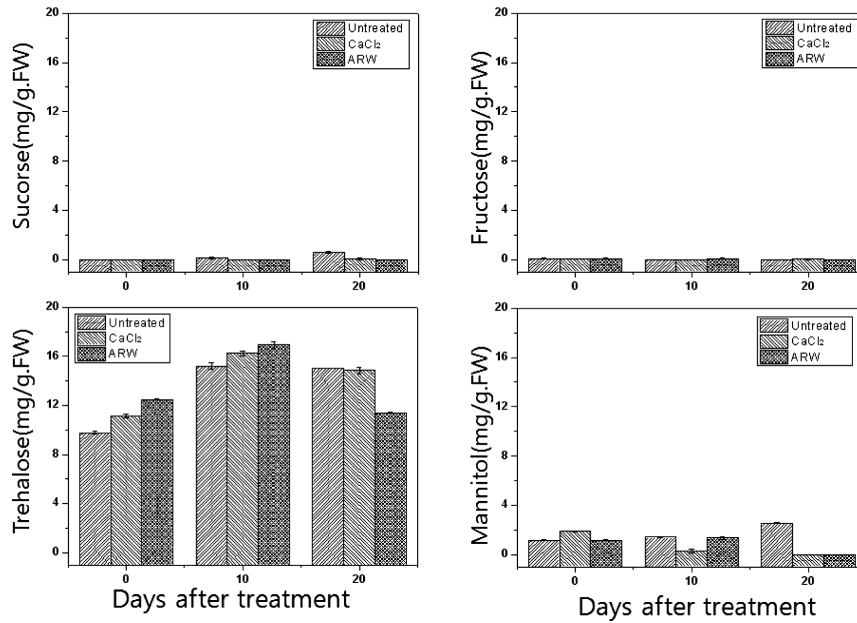


Fig. 5. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the composition of soluble carbohydrates of oyster mushroom during storage(2°C). Bar indicates SD(n=3).

저장 중 trehalose는 저장 10일까지 증가하고 감소하는 추세를 보여주었는데 저장 20일의 ARW처리는 trehalose 함량이 크게 감소하여 가장 낮았고 다른 두 처리는 처리간 차이가 없었다. Hammond(1980)은 버섯의 다당류는 glycogen과 유사한 작용을 하는 것으로 추정하였는데, 즉 저장탄수화물로 기능하여 대사작용의 기질이 부족할 때 이들이 분해되어 이용되는데 세포벽 성분까지 포함되는 것으로 보고하였다. 본 실험에서 자당과 과당은 매우 낮은 수준으로 검출되었는데 이들 당류는 호흡기질로 곧바로 이용될 수 있기 때문에 조직에 잔류된 양이 비교적 낮게 그리고 일정하게 유지된 것으로 보인다. Zivanovic 등(2000)은 양송이버섯 저장 중 연화현상과 구조적 및 성분변화를 조사한 연구에서 연화와 더불어 관찰되는 미세구조적 변화로 세포간극 팽창, 균사수축, 액포붕괴를 지적하였고 또한 단백질 및 다당류 감소가 수반되며 반면에 키틴은 증가한다고 하여 버섯 조직의 노화는 저장물질(탄수화물 및 단백질) 소모와 관련이 있음을 시사하였다. 버섯의 기능성 물질로 거론되는 β-glucan의 변화를 조사하였는데 저장당일은 처리가 차이가 없었으나(Fig. 6) 저장일수가 증가할수록 처리구의 함량이 다소 높았지만 저장 20일에는 처리간 차이가 뚜렷하지 않았다.

버섯의 가시적 품질 저하의 중요한 원인으로 갈변이 포함되는데(Ares 등, 2007), 갈변은 페놀의 산화 반응에 의하여 발생한다(Rajaratnam 등, 1983). 저장 20일에 버섯의 외관을 비교한 결과(Fig. 7) 대조구의 색택이 가장 우수하였는데 이는 처리의 영향이기보다는 20일에 조사한 버섯의 발육상태가 적은 어린 버섯이어서 얻어진 결과로 보인다. 수확기의 버섯 갓 크기에 따른 저장 중 갈변 발생을 조사한

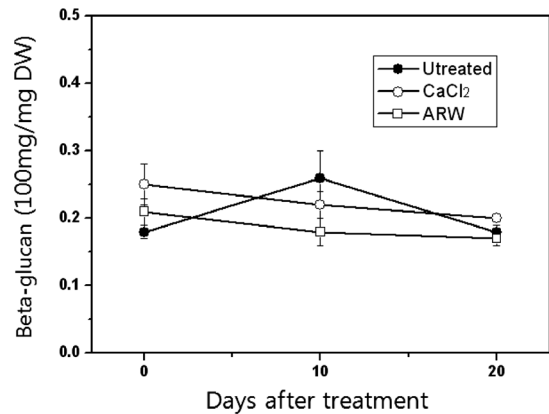


Fig. 6. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the β-glucan of oyster mushroom during storage(2°C). Bar indicates SD(n=3).

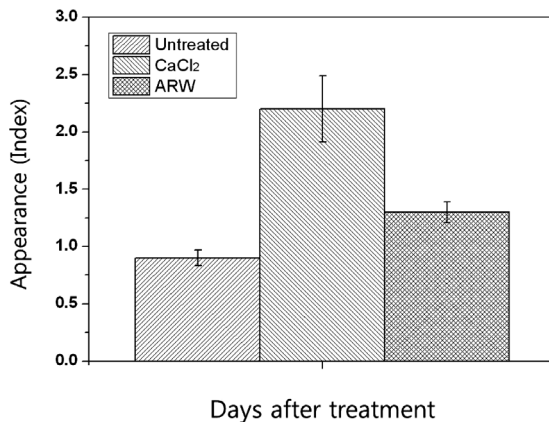
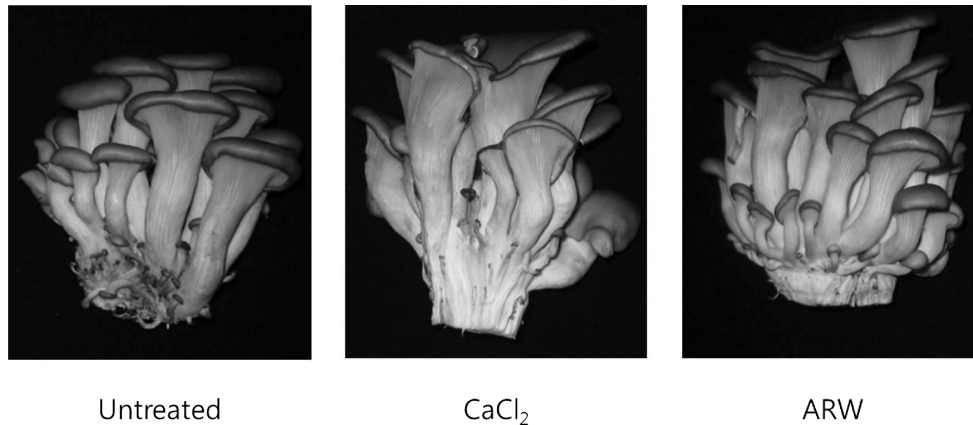


Fig. 7. Effect of preharvest treatment of CaCl<sub>2</sub> and alkaline-reduced water on the appearance of oyster mushroom during storage(2°C). Bar indicates SD(n=3).



**Fig. 8.** Comparison of oyster mushroom appearance between preharvest treatments. Photo was taken 20 days after storage at 2°C.

결과에서 발육이 더욱 진행된 버섯을 수확할 때 저장 중 갈변에 의한 품질 저하가 빠르게 진행된 것으로 나타났다(미 발표자료). ARW와 염화칼슘 처리간에는 뚜렷한 차이가 관찰되었는데 특히 갈변 진행의 차이가 현저하였다(Fig. 8). 수확전 ARW 처리에 의한 갈변발생의 완화는 ARW의 항산화 작용에 기인하였을 가능성이 있어 금후 ARW 처리방법 및 제조방법에 따른 구체적인 연구가 필요하다.

#### IV. 결론

느타리버섯 저장품질을 감소시키는 중요한 요인은 연화, 갈변이 포함되는데 염화칼슘은 식물조직의 저장성 향상에 많은 긍정적 영향을 미치지만 버섯에 대한 영향을 뚜렷하지 않았다. 반면에 칼슘염으로 조제한 알카리환원수는 호흡과 경도 저하를 완만하게 변화시키며 저장10일까지 trehalose 함량을 높게 유지시켜 주었고 특히 갈변을 억제하는 효과가 관찰되었다. 그러나 β-glucan 함량은 낮았다. 따라서 재배 중 알카리환원수 제조조건, 처리방법 등에 구체적인 연구가 필요하다.

본 연구는 2010년 농촌진흥청 지역특화사업의 연구지원으로 수행된 결과의 일부임.

#### 참고문헌

1. Ahn, Y.S., D.H. Shin, C.H. Kang, S.W. Oh. 2000. Studies on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packed in various environmental friendly trays. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 85-92.
2. An, B.H., H.K. Shin. 1991. Investigation on extension of shelf life of mushrooms and preparation of processed products. Research Report. Ministry of Science and Technology.
3. Ares, G., C. Lareo, P. Lema. 2007. Modified atmosphere packaging for postharvest storage of mushrooms. A review. *Fresh Produce* 1: 32-40.
4. Beik, K.Y., Y.K. Lee, J.W. Kim, I.S. Park, S.D. Kim. 2009. Effects of vacuum precooling on shelf life of *Pleurotus eryngii* during PE packaging storage. *Korean J. Food Preserv.* 16: 166-171.
5. Burton, K.S., R.V. Twynning. 1989. Extending mushroom storage-life by combining modified atmosphere packaging and cooling. *ISHS Acta Hort.* 258: International Symposium on Postharvest Handling of Fruit and Vegetables.
6. Cho, S.D., S.K. Lee, G.H. Kim. 2008. Quality maintenance of oak mushroom during modified atmosphere storage as affected by packaging materials under various temperatures. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26: 393-399.
7. Cho, S.H., S.D. Lee, J.S. Ryu, N.G. Kim, D.S. Lee. 2001. Changes in quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) during modified atmosphere storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 367-373.
8. Choi, M.H., G.H. Kim. 2003. Quality changes in oyster mushrooms during modified atmosphere storage as affected by temperatures and packaging materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 1079-1085.
9. Farber, J.N., L.J. Harris, M.E. Parish, L.R. Beuchat, T.V. Susiow, J.R. Gorney, E.H. Garrett, F.F. Busta. 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety* 60: 1078-1083.
10. Gras, M.L., D. Vidal, N. Betoret, A. Chiralt, P. Fito. 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation interactions with cellular matrix. *Journal of Food Engineering* 56: 279-284.
11. Hammond, J.B.W. 1980. The composition of fresh and stored oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*).

- Phytochemistry 19: 2565-2568.
12. Han, D., B.H. Ahn, H.K. Shin. 1992. Modified atmosphere storage for extending shelf life of oyster mushroom and shiitake. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 376-381.
  13. Jayathunge, L. C. Illeperuma. 2005. Extension of postharvest life of oyster mushroom by modified atmosphere packaging technique. Journal of Food Science 70: 573-578.
  14. Jin, D., S.H. Ryu, H.W. Kim, E.J. Yang, S.J. Lim, Y.S. Ryang, C.H. Chung, S.K. Park, K.R. Lee. 2006. Anti-diabetic effect of alkaline-reduced water on OLETF rats. Biosci. Biotechnol. Biochem. 70: 31-37.
  15. Kosekia, S., K. Yoshidab, Y. Kamitanib, S. Isobe, K. Itohc. 2004. Effect of mild heat pre-treatment with alkaline electrolyzed water on the efficacy of acidic electrolyzed water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on Lettuce. Food Microbiology 21: 559-566.
  16. Ku, K., Y. Ma, H. Shin, S. Lee, J. Park, L. Kim, K.B. Song. 2006. Effects of Chlorine Dioxide Treatment on Quality and Microbial Change of *Agaricus bisporus* Sing during Storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 955-959.
  17. Lee, H.D., H.S. Yoon, W.O. Lee, H. Jeong, K.H. Cho, W.K. Park. 2003. Estimated gas concentrations of MA (modified atmosphere) and changes of quality characteristics during the MA storage on the oyster mushrooms. Korean J. Food Preserv. 10: 16-22.
  18. Lee, S.E, D.M. Kim, K.H. Kim. 1991. Changes of quality of shiitake mushroom (*Letinus edoules*) during modified atmosphere storage. J. Korean Soc. Food. Nutri. 20: 133-138.
  19. Park, Y.M., C.J. Lee, C.S. Jhune. 2009. Marketability of *Agaricus bisporus* mushrooms influenced by controlled atmosphere storage and shelf temperature condition. Hort. Environ. Biotechnol. 50: 127-131.
  20. Rahman, S.M.E., Y.G. Jin, D.H. Oh. 2010. Combination treatment of alkaline electrolyzed water and citric acid with mild heat to ensue microbial safety, shelf-life and sensory quality of shredded carrots. Food Microbiology doi:10.1016/j.fm.2010.10.006.
  21. Rajarathnam, S. Bano, Z., Patwardhan, M.V. 1983. Post-harvest physiology and storage of the white oyster mushroom *Pleurotus flabellatus*. Journal of Food Technology 18: 153-162.
  22. Villaescusa, R., M.I. Gil. 2003. Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. Postharvest Biology and Technology 28: 169-179.
  23. Zivanovic, S., R.W. Buescher, and K.S. Kim. 2000. Textural changes in mushrooms (*Agaricus bisporus*) associated with tissue ultrastructure and composition. J. Food Sci. 65: 1404-1408.