

서방형 이산화염소 가스를 이용한 이슬송이버섯의 저장 중 품질 변화

윤영태 · 봉소정 · 강한솔 · 윤예지 · 김홍길* · 민경훈* · †이경행

한국교통대학교 식품영양학과, *세진이엔피(주)

Quality Changes of *Lentinula edodes* GNA01 Mushroom by Choline Dioxide Gas Treatment during Storage

Young-Tae Yoon, So-Jung Bong, Han-Sol Kang, Ye-Ji Yoon, Hong-Gil Kim*,

Kyung-Hun Min* and †Kyung-Haeng Lee

Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

*Sejin E & P Co., Ltd., Gyeonggi-do, 14057, Korea

Abstract

To improve the shelf-life of mushrooms, *Lentinula edodes* GNA01 mushrooms were treated with gel packs containing slow-released chlorine dioxide (ClO₂) gas at 5~10 ppm for 5 days at 20°C and the weight loss rate as well as the changes in pH, color and texture properties of the treated samples were investigated. The weight of the control and ClO₂ gas treated samples were decreased slightly, and there were no differences during the storage period. However, the weight of the control changed faster than those of the ClO₂ gas treated samples during storage period. The pH in the control and in the ClO₂ gas treated samples were decreased during storage period, but the samples treated with 5 and 7 ppm ClO₂ gas were the least changed. On the other hand, the samples treated with 10 ppm ClO₂ gas showed no difference from the other treatments during 4 days, but the pH was lower than that of the control on the fifth day. The lightness of inside and outside in mushroom were decreased whereas redness and yellowness were increased during storage period. However, color changes in the ClO₂ gas treated samples were lower than those of the control. Especially, the samples treated with 5 and 7 ppm ClO₂ gas were the least changed. The texture of the mushroom were decreased consistently during storage period. The texture of the control changed faster than those of the ClO₂ gas treatments during 5 days. Especially, the samples treated 5 ppm ClO₂ gas were the least changed.

Key words: slow-release preparation, chlorine dioxide gas, *Lentinula edodes* GNA01, mushroom, gel pack, physico-chemical property

서 론

최근 들어 현대인들은 웰빙 문화와 더불어 건강에 대한 관심의 증가(Lee 등 2015), 핵가족화 및 1인 가구의 증가로 신선하면서도 유통기한이 긴 식품원료들을 선호하고 있다.

한국의 대표적인 음식 재료 중의 하나인 버섯은 일반적으로 향미가 좋고, 독특한 질감과 다양한 영양성분을 함유하고

있어 영양학적으로 우수하고, 다양한 버섯들의 항산화, 항암, 항당뇨 및 항고혈압 등 건강지향적 효능이 입증되어 기능성 소재로서의 이용이 증가하고 있다(Seo 등 2011).

다양한 버섯 중 이슬송이버섯(*Lentinula edodes* GNA01)은 신제품의 표고버섯으로 갓과 자루의 구별이 없는 구형으로 표고버섯이 갖는 향뿐만 아니라, 달콤한 맛과 단단한 육질을 가지고 있어 주목받고 있지만(Jang 등 2015), 관련 연구가

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

전무하고 널리 알려져 있지 않아, 인지도가 낮아 수요가 부족한 실정이다.

이슬송이버섯을 비롯한 생버섯들은 미생물의 번식과 수분 손실을 막아주는 표피를 갖고 있지 않고(Seo 등 2011), 높은 호흡률과 수분함량으로 인해 미생물학적 요인에 의한 부패, 갈변, 조직감의 변화(Bae 등 2010)로 유통기한이 약 1~3일 정도로 다른 과채류와 비교할 때 매우 짧은 편이다(Kang 등 2004).

이와 같이 버섯은 저장성이 매우 짧아 저장성 향상을 위하여 MA 저장(Lim 등 2006; Taghizadeh 등 2010), 코팅처리(Hershko & Nussinovitch 1998), 예냉처리(Kim 등 2007), 방사선 조사(Beaulieu 등 2002) 및 저온저장(Leixuri 등 2008) 등의 방법들의 연구가 이루어졌으나, 버섯 농가에서의 활용은 잘 이루어지고 있지 않다.

비가열의 살균 가공처리 방법 중의 하나인 이산화염소(ClO_2)는 기존에 널리 사용되어 왔던 염소보다 유기물질과의 반응성이 약하여 반응부산물도 적을 뿐만 아니라(Kim JM 2001), 트리할로메탄과 같은 암 유발물질 등을 생성하지 않고, pH 변화와 상관없이 살균력이 유지된다고 보고되어 있다(Kim 등 2009). 이와 같은 이산화염소는 액상의 이산화염소의 형태보다는 가스형태일 때 투과성이 높아 농산물 저장, 유통시 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Han 등 2001).

이산화염소의 생성기작은 일반적으로 chlorine dioxide generator system으로 제조하거나, 아염소산염과 물을 전기화학적으로 반응시켜 다공성 전기분해막(multi-porous membrane electrode assembly)을 통해 얻고, iodometry standard method의 방법(Korean Society of Food Science and Technology Dictionary 2008)에 따라 농도를 조절하여 사용하게 된다. 서방형 이산화염소 젤팩은 이산화염소 발생 원료물질의 양, 농도, 점도, pH 등을 조절하여 일정 제형의 통기성 film pack에 가두어 두고 일정시간에 일정농도의 이산화염소 가스가 방출될 수 있도록 한 것을 말한다.

본 연구에서는 이슬송이버섯의 저장성 향상을 위한 연구의 일환으로 버섯을 담은 용기에 5~10 ppm의 이산화염소 가스가 저장기간 동안에 지속적으로 용출되도록 젤팩을 제조하여 용기 내 부착시킨 후 저장기간에 따른 이화학적 품질변화를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 버섯은 개량표고버섯인 이슬송이버섯으로 경상남도 진주시 농가에서 2016년 7월 11일 수확한 것을 바로 구매하여 외관상 상처가 없고, 색상, 사이즈 및 형태가 유사한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

2. 이산화염소 가스 처리

버섯에 이산화염소 가스 처리는 (주)세진이앤피(Anyang, Korea)에서 제작한 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 이용하였다. 이때 서방형 이산화염소 젤팩의 이산화염소 가스 발생은 아염소산염과 pH를 일정상태로 유지시키기 위해 완충용액과 젤화제를 첨가하여 가스가 생성되도록 하였다. 이때 서방형 젤팩의 농도는 iodometry standard method의 방법에 따라 각각 5, 7, 10 mg/12 day이 되도록 제조하였고, 서방형의 이산화염소 가스의 양은 한국 상하수도협회 수도용 약품 평가시험방법 A 110(KWWA 2008)에 의거하여 측정하였다. 젤팩의 제형 필름은 이산화염소 서방형 젤형 조성물을 밀봉하기 위하여 산소투과도가 5,000 cc/m²/day에서 10,000 cc/m²/day가 되게 미세 마이크로 천공한 PE/PET, PE/PA film(LG Chemical, Lutene LB5000/7500, LDPE, Daesan, Korea)을 사용하였다.

이산화염소 젤팩의 이산화염소 발생량은 온도, 농도, pH, 점도 등으로 조절하였으며, 20℃에서의 이산화염소 발생량은 Table 1과 같았으며, 12일 이상 서서히 방출이 가능하나, 본 이슬송이버섯의 유의적인 실험을 위하여 8일까지 측정하였다.

각 농도의 이산화염소 가스 처리군은 처리군별로 9개의 버섯을 세 개의 군으로 하여 470 mL 용량의 사각 polypropylene 용기에 이산화염소 가스 젤팩과 함께 넣었으며, LDPE계 필름의 랩으로 버섯이 눌리지 않을 정도로 하여 용기 전체를 포장한 후, 20℃에서 5일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고, 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하지 않은 실험군을 대조군으로 하여 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. 중량 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 넣은 버섯 용기

Table 1. Release rate of chlorine dioxide gas in generating gel pack

Concentration of ClO_2 gas (ppm)	Storage period (day)								Total release content (ppm/8 day)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
5	0.53	0.46	0.40	0.35	0.33	0.38	0.43	0.36	3.24
7	0.76	0.91	0.66	0.76	0.56	0.51	0.46	0.43	5.05
10	2.05	1.87	1.01	1.26	0.86	0.83	0.61	0.57	9.06

를 저장하면서 저장 중 버섯의 중량변화를 측정하기 위하여 초기 1일차를 제외하고는 5일 동안 매일 측정하였다.

4. pH 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 버섯을 저장하면서 pH 변화 정도를 측정하기 위하여 버섯의 여러 부위에서 다량의 시료를 채취하고 마쇄한 후, 시료 5 g을 증류수로 10배 희석하여 homogenizer(T25 Ultra-turrax, IKA, Germany)를 이용하여 18,000 rpm으로 1분간 분쇄한 후, 4,000 rpm에서 20분 동안 원심분리시키고 여과하여 여과액을 pH meter(Orion 520A, Thermo Electron Co., MA, USA)로 측정하였다.

5. 색도 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 버섯을 저장하면서 저장기간에 따른 색도 변화는 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 반복 측정된 뒤 평균값으로 나타내었다. 측정부위는 버섯의 외면과 내면을 구분하여 측정하였으며, 내면의 경우, 버섯의 약 1/2이 되는 지점을 절단하여 절단된 면을 측정하였다.

6. 조직감 측정

서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하여 저장한 버섯의 조직감의 변화를 측정하기 위하여 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. 버섯 갓 가장 중앙 부분의 직경 20 mm를 자른 후 지름 10 mm의 probe로 80%까지 압착하는 texture profile analysis(TPA)를 이용하여(Bae 등 2010) 측정하였다. 각 처리군에서 시료 3개씩을 취하여 5회 이상의 반복 측정된 후 측정치의 평균값을 사용하였다.

7. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package

for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성($p<0.05$)을 ANOVA로 분석한 후, Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 중량 변화

버섯의 저장성 연장을 위하여 각 농도별로 제조한 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 버섯 용기에 부착시킨 후 저장하면서 중량변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

대조군의 경우, 저장 5일 동안 중량이 유의적으로 감소하여 초기의 중량에 비해 97.02%를 나타내었다. 그러나 5~10 ppm의 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 경우에는 실험에서의 저장기간 동안 대조군과 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 저장기간 동안 대조군이 가장 변화가 컸으며, 이산화염소 가스 처리군의 변화는 다소 적은 것으로 판단되었으나, 차후 연구에서는 본 실험에서보다 저장기간을 좀 더 오래 유지하여 중량 변화 정도의 차이를 확인하여야 할 것으로 사료되었다.

일반적으로 저장기간 중 신선농산물은 증산작용이 활발해지면서 중량이 감소하여 상품성이 떨어지게 된다(Kim 등 2003). Kang 등(2016)은 파프리카에 서방형 이산화염소 가스를 처리한 결과, 저장 초기부터 대조군보다는 중량 감소율이 적었다고 하여 본 결과와 비교해 볼 때, 시료, 저장일수 및 온도의 차이는 있지만 일치하는 경향으로 나타나, 버섯 저장 시에도 이산화염소 가스를 처리할 경우 품질변화가 적게 일어날 수 있을 것으로 사료되었다. Guo 등(2014)은 이산화염소 가스 처리에 의해 호흡량의 감소에 기인한 것이라 하여 이산화염소 가스는 호흡 억제를 통해 중량 감소를 낮출 수 있는 효과적인 처리 기술이라고 판단된다(Kang 등 2016)고 하였다.

2. pH 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 버섯 용기 내에 부착시켜 저장하면서 pH의 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. Changes in weight of mushroom stored during storage 5 days after chlorine dioxide gas treatment (Unit: %)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	3	4	5
Control	100.00±0.00 ^{a1)}	99.09±0.05 ^b	98.48±0.00 ^c	97.68±0.02 ^d	97.02±0.07 ^e
5	100.00±0.00 ^a	99.44±0.00 ^{ab}	99.12±0.08 ^{bc}	98.70±0.34 ^{cd}	98.48±0.38 ^d
7	100.00±0.00 ^a	99.41±0.08 ^b	99.05±0.06 ^c	98.65±0.03 ^d	98.36±0.00 ^e
10	100.00±0.00 ^a	99.12±0.39 ^{ab}	98.55±0.68 ^{ab}	97.89±1.01 ^{ab}	97.32±1.23 ^b

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) was significantly different ($p<0.05$)

Table 3. Changes in pH of mushroom stored during storage 5 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	3	4	5
Control	6.20±0.06 ^{aA1)}	5.93±0.13 ^{abAB}	5.91±0.33 ^{abA}	5.26±0.64 ^{bA}	5.33±0.27 ^{abB}
5	6.20±0.06 ^{aA}	5.86±0.02 ^{bAB}	6.19±0.08 ^{aA}	5.51±0.01 ^{cA}	6.00±0.11 ^{bA}
7	6.20±0.06 ^{aA}	6.10±0.03 ^{abA}	5.93±0.16 ^{bA}	5.47±0.04 ^{cA}	5.87±0.12 ^{bA}
10	6.20±0.06 ^{aA}	5.85±0.11 ^{bB}	5.93±0.02 ^{bA}	5.46±0.18 ^{cA}	5.04±0.04 ^{dB}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-d}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$)

대조군의 경우, 초기에는 pH가 6.20에서 저장기간이 증가할수록 각각 5.93, 5.91, 5.26, 5.33으로 초기에 비하여 감소하는 경향을 보였다. 5 및 7 ppm의 서방형 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 저장 중 pH가 감소하는 경향을 보였으며, 대체적으로 저장 4일까지는 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 저장 5일차에는 대조군과 10 ppm 처리군에 비해 유의적으로 높은 pH를 유지하는 것으로 나타났다. 반면, 10 ppm 처리군은 5 및 7 ppm 처리군보다는 저장 5일째의 pH가 오히려 더 낮았으며, 대조군보다도 낮은 pH를 보여 pH의 결과를 보면, 버섯 저장기간 연장을 위하여 10 ppm의 젤팩 첨가보다는 5 또는 7 ppm의 젤팩이 효과적인 것으로 판단되었다. Oliveira 등(2012)은 버섯 저장 중 pH의 감소는 미생물에 의해 유기산의 생성으로 감소한다고 하여 본 결과와 일치하는 경향이였으며, pH의 감소를 억제하는 것이 품질변화를 최소화시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

3. 색도 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 버섯을 저장하면서 버섯의 외면과 내면의 색도 변화를 측정 한 결과는 Table 4, 5와 같다.

버섯 외면 색도의 경우(Table 4), 명도(lightness)는 초기에는 46.33이었지만, 저장 3일 이후부터는 감소하는 경향을 보여 버섯의 저장 중 색도 변화가 있음을 확인할 수 있었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우, 대조군에 비하여 변화 속도가 낮았고, 저장 5일차의 결과를 보면 5 및 7 ppm 처리군이 가장 변화가 적은 것으로 나타났다. 적색도(redness)의 변화에서는 초기 5.81에서 점차 저장기간이 길어질수록 증가하여 저장 5일에는 9.25를 나타내었다. 그러나 이산화염소 가스 처리군의 경우에는 5 및 7 ppm 처리군의 변화가 적었으며, 10 ppm 처리군은 저장 4일까지는 변화가 가장 적었으나, 저장 5일에는 대조군보다는 변화가 적었지만 5 및 7 ppm 처리군보다는 다소 변화가 있는 것으로 나타났다. 황색도(yellowness)는 초기에는 12.75이었으며, 저장기간 중의 변화에서는 황색도의 뚜렷한 증감을 보이지는 않았다. 이산화염소 가스 처리

Table 4. Changes in hunter color of surface of mushroom stored during storage 5 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	
L	Control	46.33±4.67 ^{aA1)}	46.77±8.27 ^{aA}	33.90±8.72 ^{bC}	31.61±9.42 ^{bC}	33.87±7.27 ^{bC}
	5	46.33±4.67 ^{abA}	47.80±6.93 ^{aA}	42.66±8.83 ^{bB}	36.48±11.15 ^{cB}	44.65±7.74 ^{abA}
	7	46.33±4.67 ^{abA}	49.03±4.40 ^{aA}	44.85±5.58 ^{abAB}	46.15±7.00 ^{abA}	43.71±9.85 ^{bA}
	10	46.33±4.67 ^{bA}	49.92±5.14 ^{aA}	46.75±6.26 ^{bA}	45.66±5.32 ^{bA}	38.41±10.63 ^{cB}
a	Control	5.81±0.58 ^{eA}	6.77±1.49 ^{dA}	8.37±2.18 ^{cbA}	7.54±1.59 ^{cA}	9.25±1.64 ^{aA}
	5	5.81±0.58 ^{cA}	6.31±0.93 ^{bcAB}	6.64±1.42 ^{abB}	6.81±1.98 ^{abAB}	7.07±1.93 ^{aB}
	7	5.81±0.58 ^{cdA}	5.58±0.75 ^{dC}	6.28±1.49 ^{bcB}	6.79±1.67 ^{abAB}	7.14±1.80 ^{aB}
	10	5.81±0.58 ^{cA}	5.91±1.15 ^{bcB}	6.69±1.55 ^{bB}	6.38±1.42 ^{bcB}	8.92±2.02 ^{aA}
b	Control	12.75±2.01 ^{bA}	14.39±1.45 ^{aAB}	12.07±1.84 ^{bC}	10.79±3.80 ^{cB}	11.63±2.84 ^{bcA}
	5	12.75±2.01 ^{bA}	14.56±1.39 ^{aAB}	12.82±2.53 ^{bC}	10.75±3.02 ^{cB}	13.05±2.82 ^{bA}
	7	12.75±2.01 ^{cA}	13.92±1.59 ^{abB}	14.04±1.89 ^{abB}	14.64±1.52 ^{aA}	13.08±3.77 ^{bcA}
	10	12.75±2.01 ^{bA}	14.84±1.88 ^{aA}	15.57±2.78 ^{aA}	14.39±2.01 ^{aA}	12.61±4.26 ^{bA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A-C}) were significantly different ($p < 0.05$)

Table 5. Changes in Hunter color of inter of mushroom stored during storage 5 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)		Storage period (day)				
		0	2	3	4	5
L	Control	88.20±2.05 ^{aA}	85.17±2.71 ^{bC}	81.77±4.85 ^{cC}	76.14±8.59 ^{dB}	79.92±8.31 ^{cB}
	5	88.20±2.05 ^{aA}	86.50±2.78 ^{bB}	84.60±5.27 ^{cB}	83.79±2.46 ^{cA}	84.63±2.55 ^{cA}
	7	88.20±2.05 ^{aA}	85.92±2.52 ^{bBC}	87.45±2.06 ^{aA}	83.87±3.99 ^{cA}	83.43±3.09 ^{cA}
	10	88.20±2.05 ^{aA}	87.94±2.50 ^{aA}	86.64±2.84 ^{aA}	81.93±5.55 ^{bA}	80.66±7.44 ^{bB}
a	Control	0.67±0.32 ^{bA}	0.68±0.32 ^{bA}	0.91±0.65 ^{bA}	2.07±1.69 ^{aA}	1.81±1.19 ^{aA}
	5	0.67±0.32 ^{aA}	0.29±0.34 ^{bB}	0.56±0.70 ^{aB}	0.56±0.35 ^{aB}	0.60±0.36 ^{aC}
	7	0.67±0.32 ^{aA}	0.40±0.31 ^{bB}	0.08±0.31 ^{cD}	0.73±0.65 ^{aB}	0.73±0.41 ^{aC}
	10	0.67±0.32 ^{bA}	0.11±0.27 ^{cC}	0.30±0.28 ^{cC}	0.62±0.62 ^{bB}	1.37±1.28 ^{aB}
b	Control	8.76±0.80 ^{dA}	11.05±1.14 ^{eA}	12.17±1.00 ^{bA}	13.22±1.81 ^{aA}	12.93±1.47 ^{aA}
	5	8.76±0.80 ^{dA}	10.30±1.18 ^{bB}	11.20±1.57 ^{bB}	12.42±1.15 ^{aB}	10.74±1.22 ^{bCD}
	7	8.76±0.80 ^{cA}	10.25±0.96 ^{bB}	10.04±1.10 ^{bC}	11.10±1.92 ^{aC}	11.42±1.10 ^{aC}
	10	8.76±0.80 ^{cA}	9.67±0.87 ^{bC}	9.33±0.90 ^{bD}	11.68±1.28 ^{aC}	12.13±1.43 ^{aB}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-d}) and a column (^{A-D}) were significantly different ($p < 0.05$)

군의 경우도 대조군과 마찬가지로 증감의 경향을 보이지는 않아, 저장 중 버섯 외면의 황색도의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

한편, 버섯 내면의 색도의 경우(Table 5), 명도(lightness)는 초기에는 88.20으로 외면과 비교할 때 아주 밝은 색상이었다. 그러나 저장기간이 증가할수록 명도는 점차 감소하는 경향을 보여 저장 4일과 5일에는 각각 76.14 및 79.92를 나타내었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 대조군에 비해 감소의 폭이 적었으며, 특히 5 및 7 ppm 처리군의 변화가 가장 적었고, 외면과 함께 버섯의 내면의 명도 변화를 억제하는 것으로 나타났다. 적색도(redness)에서는 초기에는 0.67이었고, 저장 3일에는 0.91로 증가하였지만 초기와 비교할 때 유의적인 차이는 없었다. 그러나 저장 4일 이후에는 적색도 값이 급격히 변화하는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 처리군의 경우에는 외면의 색도와 마찬가지로 5 및 7 ppm 처리군의 변화가 가장 적었으며, 10 ppm 처리군은 저장 4일까지는 변화가 가장 적었으나, 저장 5일에는 5 및 7 ppm 처리군보다는 다소 변화가 있는 것으로 나타났다. 황색도(yellowness)는 초기에는 8.76이었고, 저장기간이 증가할수록 황색도의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 처리군의 경우에는 대조군과 마찬가지로 증가하는 경향을 보였다. 그러나 변화의 폭이 대조군보다는 적었으며, 저장 4일까지는 10 ppm 처리군이, 5일차에는 5 및 7 ppm 처리군이 가장 변화가 적은 것으로 나타났다.

이상의 색도에 대한 결과를 종합하여 보면 버섯 저장기간이 증가할수록 많이 변화되었으며, 이산화염소 가스 처리시

에는 버섯의 외면과 내면 모두 색도 변화를 억제할 수 있는 것으로 판단되었다.

Cliffe-Bymes & O'Beime(2008)은 버섯의 내부 및 외부의 명도가 저장 중 감소하지만, 50 ppm의 이산화염소수로 처리하였을 때의 명도가 대조군과 비교하여 더 높았으며, brown index (BI) 값은 저장 중 증가하지만 60초 동안 50 ppm의 이산화염소수를 처리한 경우, 가장 낮은 변화를 보였다고 하여 본 결과와 비교할 때 상(phase)의 차이는 있지만 일치하는 결과를 보였으며, Kang 등(2016)은 서방형 이산화염소 가스를 파프리카에 처리하였을 때 색상의 변화를 측정된 결과, 저장 중 처리 유무에 따른 차이를 보이지 않는다고 하여 본 결과와 비교할 때 상이한 결과였지만, 실험에 사용한 원료의 차이에 기인하는 것으로 판단되며, 다양한 식품에 이산화염소 가스의 적용을 통한 색도 변화 연구가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

4. 조직감 측정

버섯 저장 시 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고, 저장기간에 따른 조직감을 측정된 결과는 Table 6과 같다.

Hardness의 경우, 대조군은 초기에 7.72 kg이었으나, 저장기간이 증가할수록 감소하여 저장 5일에는 4.18 kg으로 감소하였다. 그러나 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 저장 2일차부터 대조군과는 유의적인 차이를 보였으며, 저장 5일되었을 때에는 5 ppm 처리군이 가장 높은 hardness를 유지하였고, 다음으로는 7 ppm, 10 ppm의 순이었다. Springiness를 비롯한 cohesiveness, gumminess 및 chewiness의 경우에도 대조군은 저장 중 지속적으로 감소하였지만, 이산화염소 가스 젤팩 처리군은

Table 6. Changes in texture of mushroom stored during storage 5 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)		Storage period (day)				
		0	2	3	4	5
Hardness (kg)	Control	7.72±0.41 ^{aA}	6.35±0.85 ^{aB}	6.16±1.65 ^{aB}	4.79±1.01 ^{bC}	4.18±1.63 ^{bC}
	5	7.72±0.41 ^{aA}	7.40±1.63 ^{aA}	7.41±2.08 ^{aA}	6.99±1.85 ^{aA}	6.53±1.62 ^{aA}
	7	7.72±0.41 ^{aA}	7.15±1.15 ^{aAB}	6.97±1.40 ^{aAB}	6.41±1.02 ^{aB}	6.02±0.86 ^{aB}
	10	7.72±0.41 ^{aA}	7.13±1.40 ^{aAB}	6.89±1.86 ^{aAB}	5.77±2.24 ^{abBC}	4.97±1.91 ^{abC}
Springiness	Control	0.78±0.09 ^{aA}	0.78±0.05 ^{aA}	0.70±0.06 ^{bB}	0.73±0.05 ^{abAB}	0.52±0.06 ^{cC}
	5	0.78±0.09 ^{aA}	0.83±0.04 ^{abA}	0.79±0.06 ^{aA}	0.68±0.10 ^{bB}	0.70±0.07 ^{aB}
	7	0.78±0.09 ^{aA}	0.80±0.03 ^{bcA}	0.80±0.03 ^{aA}	0.77±0.08 ^{abAB}	0.71±0.11 ^{aB}
	10	0.78±0.09 ^{aB}	0.85±0.03 ^{aA}	0.81±0.04 ^{aAB}	0.76±0.04 ^{aB}	0.61±0.07 ^{bC}
Cohesiveness	Control	5.56±0.28 ^{aA}	4.55±0.56 ^{aB}	4.16±1.12 ^{bB}	3.35±0.68 ^{bC}	2.44±0.93 ^{cD}
	5	5.56±0.28 ^{aA}	5.54±1.37 ^{aA}	5.47±1.55 ^{aA}	4.62±1.19 ^{aA}	4.48±1.14 ^{aA}
	7	5.56±0.28 ^{aA}	5.17±0.83 ^{aAB}	5.01±0.98 ^{abAB}	4.52±0.75 ^{abBC}	4.09±0.87 ^{abC}
	10	5.56±0.28 ^{aA}	5.37±1.14 ^{aAB}	5.00±1.29 ^{abAB}	4.21±1.69 ^{abBC}	3.21±1.21 ^{bC}
Gumminess	Control	5.56±0.28 ^{aA}	4.55±0.56 ^{aB}	4.16±1.12 ^{bB}	3.35±0.68 ^{bC}	2.44±0.93 ^{cD}
	5	5.56±0.28 ^{aA}	5.54±1.37 ^{aA}	5.47±1.55 ^{aA}	4.62±1.19 ^{aA}	4.48±1.14 ^{aA}
	7	5.56±0.28 ^{aA}	5.17±0.83 ^{aAB}	5.01±0.98 ^{abAB}	4.52±0.75 ^{abBC}	4.09±0.87 ^{abC}
	10	5.56±0.28 ^{aA}	5.37±1.14 ^{aAB}	5.00±1.29 ^{abAB}	4.21±1.69 ^{abBC}	3.21±1.21 ^{bC}
Chewiness	Control	4.38±0.59 ^{aA}	3.57±0.46 ^{bB}	2.91±0.81 ^{bC}	2.46±0.60 ^{bC}	1.31±0.55 ^{bD}
	5	4.38±0.59 ^{aA}	4.59±1.27 ^{aA}	4.31±1.23 ^{aA}	3.21±1.09 ^{abB}	3.17±1.06 ^{aB}
	7	4.38±0.59 ^{aA}	4.15±0.69 ^{abA}	4.00±0.84 ^{aA}	3.52±0.85 ^{aAB}	2.96±0.96 ^{aB}
	10	4.38±0.59 ^{aA}	4.56±1.02 ^{aA}	4.07±1.01 ^{aAB}	3.20±1.31 ^{abB}	2.00±0.85 ^{bC}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A-D}) were significantly different ($p < 0.05$)

감소는 되지만 대조군에 비해 서서히 감소하는 것으로 나타났으며, 5 ppm 처리군이 가장 변화가 적은 것으로 나타났다. Han 등(1992)은 저장 중 호흡에 의한 이화작용에 의해 버섯 내 조직이 연화되는 현상이 발생한다고 하였으며, Kang 등(2016)은 서방형 이산화염소 가스 처리로 호흡률이 낮아진다고 하여 버섯에의 서방형의 이산화염소 가스를 처리하였을 때 저장 중 조직감의 변화를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

버섯의 저장성 향상을 위한 연구의 일환으로 이슬송이버섯에 5~10 ppm의 이산화염소 가스가 지속적으로 용출되어지도록 제조한 서방형의 젤팩을 버섯 용기에 부착시킨 후 20℃에서 5일 동안 저장하면서 저장기간에 따른 중량감소율, pH, 색도, 조직감 등의 이화학적 품질변화를 측정하였다. 중량감소율의 경우, 실험군 간에 큰 차이를 보이지는 않았지만, 저장기간 내내 대조군이 가장 변화가 많았으며, 이산화염소 가스 처리군의 변화는 대조군보다는 적었다. pH의 변화에서는

대조군 및 이산화염소 가스 처리군 모두 저장 중 감소하였지만 5 및 7 ppm 처리군이 가장 적게 변화하였다. 반면, 10 ppm 처리군은 저장 4일까지는 다른 처리군과 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 5일째에는 대조군보다도 낮은 pH를 보였다. 색도 변화에서는 외면 및 내면 모두 저장 중 명도는 급속하게 감소하고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향이었으나, 이산화염소 가스 처리군은 변화의 폭이 대조군보다 적었으며, 특히 5 및 7 ppm 처리군의 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 조직감의 경우, 대조군은 저장 중 hardness, springiness, cohesiveness, gumminess 및 chewiness 모두 지속적으로 감소하였지만, 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 대조군에 비해 서서히 감소하는 것으로 나타났으며, 5 ppm 처리군이 가장 변화가 가장 적은 것으로 나타났다.

감사의 글

2016년 한국교통대학교 지원을 받아 수행한 연구로 이에 감사드립니다.

References

- Bae IY, LeeYJ, Kim ES, Lee S, Park HG, Lee HG. 2010. Effect of coating material and storage temperature on the quality characteristics of *Lentinus edodes* mushroom (Chamgsongi). *Korean J Food Sci Technol* 42:682-687
- Beaulieu M, D'Arano G, Lacroix M. 2002. Effect of dose rate of gamma irradiation on biochemical quality and browning of mushrooms *Agaricus bisporus*. *Radiat Phys Chem* 63:311-315
- Cliffe-Byrnes V, O'Beirne D. 2008. Effects of washing treatment on microbial and sensory quality of modified atmosphere (MA) packaged fresh sliced mushroom (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biol Technol* 48:283-294
- Guo Q, Wu B, Peng X, Wang J, Li Q, Jin J, Ha Y. 2014. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. *Postharvest Biol Tec* 93:9-14
- Han D, Ahn BH, Shin HK. 1992. Modified atmosphere storage for extending shelf life of oyster mushroom and shitake. *Korean J Food Sci Technol* 24:376-381
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64:1730-1738
- Hershko V, Nussinovitch A. 1998. Relationships between hydro-colloid coating and mushroom structure. *J Agric Food Chem* 46:2988-2997
- Jang HL, Lee JH, Hwang MJ, Choi YM, Kim HR, Hwang JB, Nam JS. 2015. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activities between *Lentinula edodes* and new cultivar *Lentinula edodes* GNA01. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1484-1491
- Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Song KJ, Cho M, Kim JR, Lee JY, Song KB. 2016. Effects of combined chlorine dioxide gas treatment using low-concentration generating sticks on the microbiological safety and quality of paprika during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:619-624
- Kang MY, Kim S, Yun HJ, Nam SH. 2004. Antioxidative activity of the extracts from browned oak mushroom (*Lentinus edodes*) with unmarketable quality. *Korean J Food Sci Technol* 36:648-654
- Kim BS, Lee HJ, Park HW, Cha HS. 2003. Effect of respiration and transpiration rates on the weight loss of various fruit (peach, apple, pear, persimon, mandarin). *Korean J Food Preserv* 10:142-146
- Kim BS, Park SY, Chang MS, Kwon AS. 2007. Effect of prolongation by precooling treatment and improved packing of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Korean J Food Preserv* 14:109-112
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Indust & Nutr* 6:33-39
- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control* 20:1002-1005
- Korea Water and Wastewater Works Association. 2008. Evaluation and analysis method of chemicals for drinking water treatment A 110. Seoul
- Korean Society of Food Science and Technology. 2008. Food Science and Technology Dictionary. Kwangil Publishing Co. Ltd.
- Lee KH, Yoon YT, Ra SJ. 2015. Quality changes of cherry tomato by aqueous chlorine dioxide treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 28:396-403
- Leixuri A, Jesus MF, Catherine BR, Helen G. 2008. Assessing the effect of product variability on the management of the quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biol and Technol* 49:247-254
- Lim JH, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim DM. 2006. Effects of packaging treatment on quality of fresh-cut mushrooms (*Agaricus bisporus* Sing.) during storage. *Korean J Food Preserv* 13:1-7
- Oliveira F, Sousa-Gallagher MJ, Mahajan PV, Teixeira JA. 2012. Evaluation of MAP engineering design parameters on quality of fresh-sliced mushrooms. *J Food Eng* 108:507-514
- Seo SY, Ahn MS, Choi SR, Song EJ, Choi MK, Kim YS. 2011. Analysis of nutritional compositions and biological activity of *Agrocybe aegerita*. *J Mushroom Sci Prod* 9:116-122
- Taghizadeh M, Gowen A, Ward P, O'Donnell CP. 2010. Use of hyperspectral imaging for evaluation of the shelf-life of fresh white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) stored in different packaging films. *Innov Food Sci Emerg Technol* 11:423-431