

## 서방출형 이산화염소 가스 젤팩의 미생물 살균 시험

†이 경 행 · 김 홍 길\*

한국교통대학교 식품영양학전공, \*세진이앤피(주)

### Sterilization Test of Microorganisms of Slow-released ClO<sub>2</sub> Gas Gel-Pack

†Kyung-Haeng Lee and Hong-Gil Kim\*

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

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

#### Abstract

Even though chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>) is utilized in a pre-treatment due to its effective sterilizing activity for microorganisms and its safety for food, it has a limitation in maintaining freshness of the food product. In this study, a low-concentration ClO<sub>2</sub> gas was produced in a packaging form of air-permeable gel pack so that it could be released continuously over several days. The amount of ClO<sub>2</sub> gas emission and microbial inactivation effect against foodborne pathogens were measured during the release of ClO<sub>2</sub> gas. As a result of measuring the change of color in order to confirm whether the chlorine dioxide gas was eluted in the form of a sustained release, the yellowness was significantly higher at higher gel pack concentration and higher value during storage periods. The slow-released ClO<sub>2</sub> gel-pack showed clear inactivation effect against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* with 99.9% inactivation efficiency. As a result of measuring the sterilization effect of *Listeria monocytogenes* by the concentration of chlorine dioxide gas, the sterilization effect was increased as the concentration was increased. Therefore, the slow-released ClO<sub>2</sub> gel-pack is feasible to apply for industry usages.

Key words: slow-release preparation, chlorine dioxide gas, sterilization of microorganisms

#### 서 론

소비자들은 안전하고 장기간 저장할 수 있는 고품질의 신선한 제품들을 선호하고 있다(Jeong 등 2006). 이와 같은 기대에 부응하기 위하여 식품산업은 지속적으로 새로운 저장 및 위생기술의 개발에 노력하고 있다(Trinetta 등 2010; Lee 등 2015).

위생화를 위하여 주로 사용되는 화학적 처리제로는 차아염소산, 염소, 요오드, 오존, 과산화수소, 과초산, 4급염화암모늄, peroxyacetic acid 및 quaternary ammonium chloride 등이 사용되어지고 있다(Grinstead D 2009). 이들 위생화 방법 중 이산화염소(ClO<sub>2</sub>) 가스처리는 유해한 물질의 생성이 없는 미생물 제어 방법 중 하나이다(White GC 1972; Kim 등 2009).

특히 이 물질은 유기물과의 반응성도 약해 트리할로메탄과 같은 발암물질 등이 생성되지 않고, pH 변화에 무관하게 살균력을 유지할 수 있다고 보고되어 있다(Dunnick & Melnick, 1993; Kim JM 2001).

Han 등(2001)은 3.0 mg/L의 이산화염소 가스를 피망에 처리하였을 때 30분 후 6 log CFU/5 g 이상의 *Listeria monocytogenes*가 감소하였다고 하였으며, Mahmoud 등(2007)은 딸기에 5 mg/L의 ClO<sub>2</sub> gas를 10분 동안 처리하고 나서 *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella enterica*가 5 log 정도 감소한다고 하여 미생물 제어가 가능하다고 하였다. 또한, Gomez-Lopes 등(2007; 2009)은 최소가공(minimally processed (MP))한 당근, 상추 및 양상추에 이산화염소 가스를 처리한 결과, 부패 미생물을 줄일 수 있었으며, 유통기한을 연장시킬

† 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

수 있다고 하여 이산화염소 가스가 가열처리할 수 없는 농식품의 저장에 유효할 것으로 판단된다.

그러나 대부분의 이산화염소 가스의 처리는 저장 초기에 처리하기 때문에 지속적으로 처리할 수 있는 시스템이 구축되어 있지 않아 지속적으로 가스를 처리할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서 농식품의 유통과정 중 신선도 및 품질의 변화를 최소화하기 위하여 서방출형의 이산화염소 가스 처리 기술이 필요하다(Choi 등 2013; Lee 등 2014).

따라서 본 연구에서는 이산화염소 가스가 일정시간 동안 지속적으로 방출될 수 있도록 이산화염소 발생 원료물질의 양, 농도 및 점도 등을 조절하여 일정 제형의 통기성 film 등을 고려하여 방출팩을 제조하였으며, 방출팩에서의 이산화염소 가스의 방출정도를 확인하고, 식중독 세균의 살균 효과를 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 이산화염소 가스 처리 젤팩 제조

이산화염소 가스의 발생은 아염소산염과 pH를 일정 상태로 유지시킨 완충용액과의 반응으로 생성되도록 하였으며, 유통 중 지속적으로 방출할 수 있도록 젤화제를 첨가하였다. 젤화제를 첨가한 용액은 산소투과도가 5,000 cc/m<sup>2</sup>/day에서 10,000 cc/m<sup>2</sup>/day가 되게 미세 마이크로 천공한 PE/PET, PE/PA film(LG Chemical, Lutene LB5000/7500, LDPE, Daesan, Korea)에 밀봉하여 제조(8.8×2.3 cm)하였다. 이때 젤팩에서의 방출되는 이산화염소 가스의 농도는 각각 12일 동안 3, 5, 7, 10 및 15 ppm 정도의 양이 방출될 수 있도록 제조하였다. 이산화염소 가스의 방출량 확인은 한국 상하수도협회 수도용 약품 평가시험방법 A 110(KWWA 2008)에 의해 측정하였으며, 그 결과는 전보(Yoon 등 2016; Lee 등 2017)와 같다.

### 2. 이산화염소 가스 용출 확인

제조한 이산화염소 가스 젤팩에서 실제로 서방출형의 형태로 가스가 용출되는 지를 확인하기 위하여 PCA 배지에 3~10 ppm의 농도별로 제조한 젤팩을 첨가하여 para film으로 가스가 새어나오지 않도록 한 후 저장기간별로 배지에 흡수된 황색의 이산화염소 가스의 정도를 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc, Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정하였으며, 각 시료당 5회 측정된 뒤 평균값을 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L\*, a\* 및 b\* 값은 각각 95.02, 0.04 및 0.26이었다.

### 3. 미생물 살균 시험

본 연구에서 사용한 세균은 *Escherichia coli* ATCC 25922,

*Staphylococcus aureus* ATCC 6538을 ATCC에서 분양받아 사용하였다. 각각의 균주는 tryptic soy broth(TSB, Difco, USA)에서 활성화시키고 배양액을 tryptic soy agar(Difco)에 분주한 다음 도말하였으며, 5 ppm의 이산화염소 가스 젤팩을 petri dish 뚜껑에 밀착한 다음 37°C에서 48시간 동안 배양하여 균수 변화를 측정하였다.

농도별 이산화염소 가스 젤팩의 미생물 사멸효과를 측정하기 위하여 *Listeria monocytogenes* KCTC 3569를 균주로 사용하였고, tryptic soy agar(Difco)에 활성화시킨 *Listeria monocytogenes* 배양액을 분주한 다음 도말하였으며, 5~15 ppm의 이산화염소 가스 젤팩을 각각의 petri dish 뚜껑에 밀착시켜 37°C에서 48시간 동안 배양하여 균수 변화를 측정하였다.

## 4. 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 실험구간의 차이를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 이산화염소 가스 용출 확인

살균효과를 가진 이산화염소 가스가 서방출형의 형태로 용출되어지는 지를 확인하기 위하여 PCA 배지에 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하여 5일 동안 저장하면서 저장기간에 따른 색도 변화를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

명도의 경우, 대조군에서는 초기에는 42.78이었으며, 저장 중에는 42.77~44.77 범위로 증감의 경향을 보이는 하였지만, 초기보다는 약간 증가하는 경향으로 나타났다. 이산화염소 가스 젤팩 첨가군의 경우에는 3 및 5 ppm은 각각 42.98~45.22, 42.06~44.27로 저장 중 증감은 있지만 초기보다는 다소 증가하는 경향으로 대조군과 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 7 및 10 ppm 처리군은 저장 중 각각 42.06~43.12 및 40.61~42.84로 낮은 값을 보여 대조군에 비하여 이산화염소 가스 젤팩에서 나오는 이산화염소 가스 때문에 다소 어두워지는 것으로 나타났다.

적색도의 경우, 초기의 값은 -0.17이었으며, 대조군은 저장 3, 4일차를 제외하고는 대체적으로 -0.19~-0.16의 범위를 나타내었다. 3 ppm 처리군의 경우에는 대조군과 저장 3일차를 제외하고는 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않아, 저장기간 동안 용출되는 이산화염소 가스의 양이 적은 것으로 판단되었다. 그러나 저장 중 5 ppm 이상의 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 적색도의 값이 서서히 증가하는 경향으

Table 1. Changes in Hunter's color values of PCA medium stored during storage 5 days after chlorine dioxide gas treatment

Treatment	Storage period (day)						
	0	1	2	3	4	5	
L	Control	42.78±0.15 <sup>aC1</sup>	43.56±0.13 <sup>bB</sup>	42.77±0.2 <sup>bC</sup>	43.39±0.64 <sup>aB</sup>	43.35±0.33 <sup>aB</sup>	44.77±0.62 <sup>abA</sup>
	3 ppm	42.78±0.15 <sup>aD</sup>	44.22±0.22 <sup>aB</sup>	43.68±0.49 <sup>aC</sup>	43.56±0.42 <sup>aC</sup>	42.98±0.2 <sup>abD</sup>	45.22±0.12 <sup>aA</sup>
	5 ppm	42.78±0.15 <sup>aC</sup>	43.71±0.33 <sup>bB</sup>	43.01±0.34 <sup>bC</sup>	43.67±0.56 <sup>aB</sup>	42.56±0.18 <sup>bcC</sup>	44.27±0.25 <sup>bA</sup>
	7 ppm	42.78±0.15 <sup>aAB</sup>	43.12±0.21 <sup>cA</sup>	42.62±0.32 <sup>bB</sup>	42.62±0.27 <sup>bB</sup>	42.06±0.39 <sup>cC</sup>	42.55±0.15 <sup>cB</sup>
	10 ppm	42.78±0.15 <sup>aA</sup>	41.36±0.09 <sup>dC</sup>	40.61±0.29 <sup>dD</sup>	41.74±0.37 <sup>bcBC</sup>	42.18±0.86 <sup>cAB</sup>	42.84±0.65 <sup>cA</sup>
a	Control	-0.17±0.02 <sup>aB</sup>	-0.16±0.03 <sup>bB</sup>	-0.18±0.02 <sup>dB</sup>	-0.07±0.04 <sup>cA</sup>	-0.06±0.03 <sup>cA</sup>	-0.19±0.02 <sup>cB</sup>
	3 ppm	-0.17±0.02 <sup>aA</sup>	-0.17±0.02 <sup>cA</sup>	-0.17±0.02 <sup>dA</sup>	-0.17±0.04 <sup>dA</sup>	-0.15±0.03 <sup>cA</sup>	-0.22±0.04 <sup>cB</sup>
	5 ppm	-0.17±0.02 <sup>aC</sup>	-0.16±0.03 <sup>bcB</sup>	-0.10±0.03 <sup>cABC</sup>	-0.08±0.08 <sup>cAB</sup>	-0.12±0.05 <sup>bcB</sup>	-0.02±0.09 <sup>bA</sup>
	7 ppm	-0.17±0.02 <sup>aC</sup>	0.06±0.04 <sup>bbB</sup>	0.24±0.05 <sup>bA</sup>	0.10±0.06 <sup>bbB</sup>	0.26±0.09 <sup>aA</sup>	0.29±0.06 <sup>aA</sup>
	10 ppm	-0.17±0.02 <sup>aD</sup>	0.75±0.04 <sup>aA</sup>	0.87±0.07 <sup>aA</sup>	0.26±0.05 <sup>aB</sup>	0.08±0.16 <sup>bcC</sup>	0.06±0.21 <sup>bcC</sup>
b	Control	2.62±0.04 <sup>aAB</sup>	2.71±0.09 <sup>cA</sup>	2.50±0.10 <sup>cBC</sup>	2.51±0.20 <sup>dB</sup>	2.44±0.10 <sup>dC</sup>	2.41±0.10 <sup>dC</sup>
	3 ppm	2.62±0.04 <sup>aA</sup>	2.11±0.27 <sup>bB</sup>	2.54±0.22 <sup>cA</sup>	2.57±0.09 <sup>dA</sup>	2.58±0.19 <sup>dA</sup>	2.16±0.14 <sup>dB</sup>
	5 ppm	2.62±0.04 <sup>aC</sup>	2.42±0.14 <sup>dC</sup>	2.51±0.07 <sup>cC</sup>	2.96±0.25 <sup>cB</sup>	3.61±0.41 <sup>cA</sup>	3.64±0.39 <sup>cA</sup>
	7 ppm	2.62±0.04 <sup>aE</sup>	3.48±0.23 <sup>bdD</sup>	4.52±0.37 <sup>bcC</sup>	5.03±0.48 <sup>bbB</sup>	5.39±0.13 <sup>bbB</sup>	5.79±0.23 <sup>bA</sup>
	10 ppm	2.62±0.04 <sup>aD</sup>	5.33±0.19 <sup>aC</sup>	6.39±0.14 <sup>aA</sup>	6.15±0.18 <sup>aA</sup>	5.75±0.25 <sup>aB</sup>	6.27±0.42 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-d</sup>) and a row (<sup>A-E</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

로 나타나, 저장기간 동안 이산화염소 가스 젤팩 내에서 방출됨을 알 수 있었다.

황색도의 경우, 초기에는 2.62이었으며, 저장 중 대조군의 변화는 2.41~2.71로 큰 차이를 보이지 않았으며, 3 ppm 처리군도 2.11~2.58 범위로 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 5 ppm 처리군은 저장 3일 이후부터는 저장기간이 증가할수록 황색도 값이 점차 증가하여 저장 5일차에는 3.64로 나타나, 이산화염소 가스가 방출됨을 확인할 수 있었다. 이산화염소 가스 젤팩 10 ppm 처리군은 저장 1일차부터 이산화염소 가스의 방출로 5.33의 황색도를 보였으며, 그 후부터는 서서히 증가하는 경향을 보여 실험에 사용한 젤팩은 이산화염소 가스가 서방출형으로 방출됨을 확인할 수 있었다. Lee 등(2014)은 이산화염소 가스 생성 조건 하에서 실리카겔을 반응시켜 노란색의 이산화염소 가스가

흡착된 실리카겔을 수득하였고, 시간이 지날수록 흡착한 가스를 방출한다고 하여 본 이산화염소 가스 젤팩에서 방출되는 것과 동일한 것으로 판단되었다.

## 2. 미생물 살균 시험

본 실험에 사용한 이산화염소 가스 젤팩의 미생물 살균 효과를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

*Escherichia coli*의 경우, 초기 균수는  $1.7 \times 10^4$  CFU/mL의 농도였으며, 48시간 동안 5 ppm의 젤팩을 처리하였을 때 10 CFU/mL 이하의 균수를 보여 본 실험에서 제조한 젤팩에서 용출되는 이산화염소 가스에 의해 사멸되는 것을 확인할 수 있었다. *Staphylococcus aureus*의 경우에도 *Escherichia coli*와 마찬가지로 동일한 사멸율을 보였으며, 제조한 이산화염소 가스 젤팩에서 살균력이 있는 이산화염소 가스가 방출됨을

Table 2. Sterilization test of chlorine dioxide gas gel packs of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*

		Early concentration (CFU/mL)	After 48 hr concentration (CFU/mL)	Reduction rate (%)
<i>Escherichia coli</i>	Blank	$1.7 \times 10^4$	$1.7 \times 10^4$	-
	ClO <sub>2</sub> gel pack	$1.7 \times 10^4$	< 10	99.94
<i>Staphylococcus aureus</i>	Blank	$1.4 \times 10^4$	$1.4 \times 10^4$	-
	ClO <sub>2</sub> gel pack	$1.4 \times 10^4$	< 10	99.93

확인할 수 있었다.

### 3. 농도별 이산화염소 가스 젤팩의 미생물 사멸효과

제조한 이산화염소 가스 젤팩의 농도별 미생물 사멸효과를 측정하기 위하여 저온성 식중독 세균인 *Listeria monocytogenes* 배양액을 분주하고 도달한 후 5~15 ppm의 이산화염소 가스 젤팩을 처리하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다.

대조군은 5.90 log CFU/mL의 균수를 보였으며, 각 농도별 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 각각 4.89, 3.93, 3.34 및 2.97 log CFU/mL로 처리 농도가 높을수록 사멸효과가 높음을 알 수 있었으며, 10 ppm 이상 처리시에는 2 log 이상의 살균효과를 볼 수 있을 것으로 판단되었으며, 실험에 사용한 젤팩은 이산화염소 가스가 지속적으로 방출되므로 계속되는 저장 중에도 남아있는 미생물들을 사멸시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

이상의 결과로 보아 제조한 서방출형의 이산화염소 가스 젤팩이 식품산업을 비롯한 위생과 관련된 여러 산업에 적용할 수 있을 것으로 기대되어진다.

## 요약 및 결론

이산화염소는 효과적인 살균력과 식품에 대한 안전성 때문에 제품의 유통과정 전에 전처리(pre-treatment) 형태로 처리되고 있으나, 지속적인 선도유지 효과를 유지하는데 한계가 있어 본 연구에서는 유통기간 중 저 농도의 이산화염소 가스가 지속적으로 방출될 수 있도록 통기성을 갖는 젤팩의 포장형태로 제조하였으며, 유통 중 이산화염소 가스의 방출 확인 및 식중독 세균의 살균 효과를 측정하였다. 이산화염소 가스가 서방출형의 형태로 용출되어지는 지를 확인하기 위하여 색도 변화를 측정된 결과, 황색도는 젤팩의 농도가 높을수록 유의적으로 높은 값을 보였으며, 저장 중에도 높은 값을 유지하는 것으로 나타나, 이산화염소 가스가 방출됨을 알 수 있었다. 이산화염소 가스 젤팩에 의한 *E. coli* 및 *Staphylococcus aureus*의 사멸효과를 측정된 결과, 초기 균수가  $1.7 \times 10^4$  CFU/mL이었으나, 48시간 처리하였을 때 이산화염소 가스 젤팩 처리군은  $1.0 \times 10^1$  CFU/mL 이하의 균수를 나타내어 99.9%의 사멸효과를 나타내었으며, *Staphylococcus aureus*의 경우도 유사하였다. 농도별 이산화염소 가스 젤팩

에 의한 *Listeria monocytogenes* 사멸효과를 측정된 결과에서 는 처리 농도가 높아질수록 살균효과가 증가하는 것으로 나타나 제조한 서방출형의 이산화염소 가스 젤팩이 식품산업을 비롯한 위생과 관련된 여러 산업에 적용할 수 있을 것으로 기대되어진다.

## 감사의 글

본 연구는 2016년도 농림수산식품기술기획평가원의 농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업과제(IPET, Project No. 116146-01)의 지원을 받아 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

## References

- Choi WS, Ahn BJ, Kim YS, Kang HM, Lee JS, Lee YS. 2013. Quality changes of cherry tomato with different chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>) gas treatments during storage. *Korean J Packaging Sci & Technol* 19:17-27
- Dunnick JK, Melnick RL. 1993. Assessment of the carcinogenic potential of chlorinated water: Experimental studies of chlorine, chloramines, and trihalomethanes. *J National Cancer Institute* 85:817-822
- Gómez-López VM, Devlieghere F, Ragaert P, Debevere J. 2007. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *International J Food Microbiology* 116: 221-227
- Gómez-López VM, Rajkovic A, Ragaert P, Smigic N, Devlieghere F. 2009. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: A review. *Trends in Food Sci & Technol* 20:17-26
- Grinstead D. 2009. Cleaning and sanitation in food processing environments for the prevention of biofilm formation, and biofilm removal. In P. M. Fratamico, B. A. Annous, & N. W. Gunther (Eds.), *Biofilms in the Food and Beverage Industries* (pp. 343-347). Boca Raton, FL: CRC Press, Woodhead publishing
- Han Y, Floros JD, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001.

**Table 3. Sterilization test of chlorine dioxide gas gel packs of *Listeria monocytogenes***

	ClO <sub>2</sub> concentration(ppm)				
	0	5	7	10	15
<i>Listeria monocytogenes</i> (Log CFU/mL)	5.90±0.02	4.89±0.03	3.93±0.03	3.34±0.02	2.97±0.01
Reduction rate (%)	-	90.45	98.97	99.73	99.89

- Response surface modeling for the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on green peppers (*Capsicum annuum* L.) by chlorine dioxide gas treatments. *J. Food Prot* 64:1128-1133
- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ. 2006. Disinfection effects of electrolyzed water strawberry and quality changes during storage. *Korean J Food Preserv* 13:316-321
- 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
- Lee KH, Bong SJ, Yoon YJ, Lee B, Kwak IH, Min KH, Kim HG. 2017. Quality changes of strawberry by slow-released ClO<sub>2</sub> gas gel-pack during storage. *Korean J Food Nutr* 30:591-598
- 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
- Lee YS, Ahn BJ, Kim YS. 2014. Chlorine dioxide(ClO<sub>2</sub>) gas release pack. Korea patent 10-1443455
- Mahmoud BSM, Bhagat AR, Linton RH. 2007. Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* on strawberries by chlorine dioxide gas. *Food Microbiol* 24:736-744
- Trinetta V, Morgan MT, Linton RH. 2010. Use of high-concentration-short-time chlorine dioxide gas treatments for the inactivation of *Salmonella enterica* spp. inoculated onto Roma tomatoes. *Food Microbiol* 27:1009-1015
- White GC. 1972. Handbook of Chlorination. Van Nostrand Reinhold Co., New York
- Yoon YT, Bong SJ, Kang HS, Yoon YJ, Kim HG, Min KH, Lee KH. 2016. Quality changes of *Lentinula edodes* GNA01 mushroom by chlorine dioxide gas treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 29:499-505

---

Received 06 December, 2017

Revised 12 December, 2017

Accepted 20 December, 2017