

큰느타리버섯 배지 질소함량 및 온도조건별 선도연장효과

문지영¹ · 김정한¹ · 최종인¹ · 정구현¹ · 권희민² · 하태문^{1*}¹경기도농업기술원 버섯연구소²국립농업과학원 발효가공식품과The effect of nitrogen contents in media and cultivation temperature on freshness prolongation in *Pleurotus eryngii*Ji-Young Moon¹, Jeong-Han Kim¹, Jong-In Choi¹, Gu-Hyun Jeong¹, Hee-Min Gwon², and Tai-Moon Ha¹¹Mushroom Research Institute, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Gwangju 12805, Korea²Fermented and Processed Food Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT: This study aimed to optimize total nitrogen (TN) content in the medium and the growth temperature to improve the shelf life of *Pleurotus eryngii* Keneutari No. 2. We investigated the growth characteristics and changes in the O₂/CO₂ content in polypropylene film and performed sensory evaluations during cold storage under 1.5%, 1.8%, 2.1%, and 2.4% TN and at temperatures of 9°C, 12°C, and 15°C. The diameter and weight of the fruit bodies tended to increase with increasing nitrogen content, regardless of the growth temperature, and the highest weight per bottle (149.5 g) was obtained at 12°C and 2.4% TN. Regardless of the nitrogen content, leaf color deepened with decreasing temperature. The gas concentration in the film, which changes depending on storage time, was maintained for the longest period at 9°C and 2.1% TN. The sensory evaluation revealed no difference between the different nitrogen conditions tested, and the odor, discoloration, and decay were similar at 15°C and 9°C until day 28 of storage.

KEYWORDS: *Pleurotus eryngii*, Export, Freshness prolongation, Growth temperature, Total nitrogen

서 론

국내 버섯은 생산시설 자동화와 대량생산 시스템 구축 등으로 단위 생산량은 지속적으로 증가하고 있지만 국내 가격이 낮아 수익성이 떨어지고 있다. 최근 10년간 국내

큰느타리버섯 가격은 공급과잉으로 인해 하락추세이다. 국내 내수시장 약화에 대한 대안으로 수출시장이 확대되고 수출품목이 다양해지고 있으며, 2019년도 큰느타리버섯 수출량은 7,584톤으로 매년 큰느타리버섯 수출량은 증가하고 있다(한국농식품수출정보, 2019). 큰느타리버섯의 주요 수출국은 캐나다, 호주, 네덜란드, 미국 등으로 오랜 수송기간 이후에도 현지 시장에서 품질유지가 가능한 기술의 필요성이 커지고 있다. 원거리 지역의 경우 장기간 운송에 의한 버섯 품질 클레임이 빈번하게 발생하고 있으며, 이는 농가마다 재배환경과 품질 규격이 다르고 장기저장에 따른 변질문제가 발생하기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 안정적인 버섯 수출을 위해서는 표준 재배기술 개발, 장기간 버섯 저장기술 등의 기반연구가 필요하다. 버섯을 CA(controlled atmosphere) 저장 시 산소, 이산화탄소 농도가 버섯의 효소적 갈변 및 미생물 생장에 영향을 준다고 보고되었다(Lopez-Briones *et al.*, 1992). 감압예냉이 저장 중 중량감소율을 낮추고 저장초기의 호흡율을 낮추며 견고성, 경도, 씹힘성을 높인다고 보고된 바 있다(Beik *et al.*, 2009). 버섯 수확 후 선도유지를 위한 포장

J. Mushrooms 2020 September, 18(4):339-343
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2020.18.4.339>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Ji-Young Moon, Jeong-Han Kim, Jong-In Choi, Hee-Min Gwon(Researcher), Gu-Hyun Jeong(Manager), Tai-Moon Ha(Team leader)

*Corresponding author

E-mail : tmha@gg.go.kr

Tel : +82-31-229-6121, Fax : +82-31-229-6139

Received November 25, 2020

Revised December 14, 2020

Accepted December 22, 2020

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Physicochemical properties of raw materials for media

Materials	pH	T-C(%)	T-N(%)	C/N	Moisture content(%)
Douglas Fir	4.8	48.6	0.1	470.6	34
Corn cob	5.6	44.6	0.3	182.6	12
Mixed media	5.8	43.7	2.9	14.9	10
Oyster shell	8.8	12.1	0.2	51.5	4

Table 2. Total nitrogen contents by composition of media

T-N(%)	Composition of media(w/w, %)
1.5	Douglas Fir(67)+Mixed media(27)+Corn cob(4)+Oyster shell(2)
1.8	Douglas Fir(58)+Mixed media(35)+Corn cob(5)+Oyster shell(2)
2.1	Douglas Fir(48)+Mixed media(43)+Corn cob(7)+Oyster shell(2)
2.4	Douglas Fir(39)+Mixed media(52)+Corn cob(7)+Oyster shell(2)

재 MA 필름 개발 및 기능성 MA 필름이 개발중에 있으며, MA 포장은 호흡률, 에틸렌 민감도, 버섯의 생리적 변화를 감소시켜 저장성을 향상시킨다(Choi *et al.*, 2018). 느타리버섯을 13°C, 상대습도 95±5%에서 생육시 저장 21일차에 갓신장율이 가장 높았다고 보고되었다(Lee *et al.*, 2011). 버섯은 수분손실, 효소(tyrosinase)적 갈변, 미생물에 의한 오염이 주요 선도 저하 요인으로 알려져 있다. 본 연구에서는 큰느타리버섯 배지의 질소 함량 및 생육단계에서 온도조절을 통한 선도 연장 효과를 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

시험품종

본 시험에서 큰느타리버섯 품종은 큰느타리 2호를 사용하였다.

배지 조성

시험배지 재료는 미송톱밥, 콘코브, 혼합배지(영양원), 패화석분을 사용하였다. 혼합배지는 조성(w/w, %)이 소맥피(27)+비트펄프(15)+옥수수(12)+배아박(16)+대두박(10)+대두피(13)+해바라기박(7)인 것을 사용하였다. 배지의 질소함량을 조절하기 위해 재료 각각의 이화학적 특성(pH, T-C, T-N, C/N, 수분율)을 분석하였고 조성비에 따라 배지의 총 질소 함량이 1.5%, 1.8%, 2.1%, 2.4%가 되도록 하였다.

종균 접종 및 배양

PDA 배지에 큰느타리2호 원균을 배양 후 코르크보러(직경 8 mm) 조각을 PDB 배지에 넣고 25±1°C, 7일간 배양하여 접종용 액체종균을 제조하였다. 배지는 병(1,100 mL, 입구 직경 75 mm)당 680 g 내외로 입병 후 121°C(1.2 kg/cm²)에서 90분간 멸균하고 20°C이하로 냉각하였다. 액

Table 3. Combinations of growth temperature and media T-N conditions for experiment

No.	Growth temperature(°C)	Media T-N(%)	Others
1	15	1.5	
2	15	1.8	
3	15	2.1	
4	15	2.4	
5	12	1.5	* Temperature : Before primordia formation(17°C)→Primordia formation periods(16°C)
6	12	1.8	
7	12	2.1	* Relative humidity : 85~90%
8	12	2.4	* CO ₂ concentration : 800~1,500 ppm
9	9	1.5	
10	9	1.8	
11	9	2.1	
12	9	2.4	

체종균 접종기를 사용하여 클린부스 내에서 접종하고 20~22°C, 습도 65%, CO₂ 3,000 ppm 내외 조건에서 45일간 배양 후 균검기 하였다.

생육온도 처리

버섯의 생육 온도는 발이 유도기는 17°C, 원기 신장기는 16°C를 유지하다가 자실체 신장기부터 수확까지 각각 15°C, 12°C, 9°C로 온도를 떨어뜨려 온도가 버섯 생육 및 저장성에 미치는 영향을 조사하였다. 이때 상대습도는 85~90%를 유지하였고 CO₂ 농도는 800~1,500 ppm을 유지하였다.

자실체 특성 조사

수확 후 자실체의 병당 유효 경수, 중량(수량), 갓 직경, 대 굵기, 자실체 길이, 갓 색을 측정하였다. 갓 직경은 갓

Table 4. Fruit body characteristics upon growth temperature and media T-N conditions

Temp. (°C)	T-N (%)	Pileus diameter (mm)	Stipe diameter (mm)	Stipe length (mm)	Stipe ratio	Yields (g/bottle)	No. of available stipes(/bottle)	L	a	b
15	1.5	49.2±9.1	35.1±4.8	126.6±5.0	3.7	128.7±16.9	1.8±0.3	54.7	3.6	11.1
	1.8	47.7±5.8	35.4±4.9	129.7±8.3	3.8	141.3±18.1	1.9±0.1	55.3	3.7	11.4
	2.1	50.1±9.5	35.9±1.3	129.9±11.5	3.7	134.7±27.6	1.9±0.1	57.7 ^{A2)}	3.6	11.7
	2.4	50.0±6.3	38.3±2.7	126.1±16.4	3.3	139.6±15.9	1.9±0.0	57.1 ^A	3.6	11.3
12	1.5	54.1±1.5	32.5±3.0	112.7±12.7	3.5	121.1±14.6 ^{b1)}	1.9±0.1	50.4	3.6	10.2
	1.8	55.8±5.3	34.8±2.4	119.8±12.6	3.5	132.0±10.1 ^{ab}	1.9±0.1	51.2	3.6	10.5
	2.1	57.4±4.4	35.3±3.7	127.1±20.1	3.6	133.5±14.5 ^{ab}	1.8±0.3	53.4 ^{AB}	3.7	11.2
	2.4	56.3±5.6	36.8±3.2	132.1±14.6	3.7	149.5±15.6 ^a	1.9±0.1	55.0 ^{AB}	3.7	11.4
9	1.5	51.7±9.0	34.9±6.0	115.6±7.9	3.4	122.8±7.5	1.8±0.1	51.4	3.9	11.2
	1.8	51.8±9.7	35.4±1.2	122.3±2.2	3.5	132.2±8.6	1.8±0.1	50.1	4.0	11.3
	2.1	55.9±7.8	35.7±3.7	124.2±11.0	3.5	134.8±7.1	1.8±0.2	52.1 ^B	3.8	11.3
	2.4	53.6±9.6	37.4±1.1	122.4±5.8	3.3	136.7±8.7	1.8±0.1	50.5 ^B	3.9	11.1

1) Values with different small letters a-b are significantly different among the samples in the same temperature.

2) Values with different capital letters A-B are significantly different among the samples in the same T-N contents.

의 지름이 가장 긴 부위, 대 굵기는 대의 직경이 가장 굵은 부위, 자실체 길이는 갓 최상단에서 대 최하단부 까지를 디지털 캘리퍼스(Mitutoyo CD-15CPX, Japan)로 측정하였다. 중량은 배지가 없도록 밑등을 절단하여 무게를 측정하였다. 갓 색은 색차계(Chroma meter CR-400, Japan)를 사용하여 Hunter 색채값으로 표기하였다.

자실체 선도 조사

수확한 버섯을 1~2°C에서 24시간 예냉 후, 유통용 포장지(폴리프로필렌필름 0.03 mm)와 플라스틱트레이에 300 g씩 포장하여 1~2°C에 저장하였다. 7일 간격으로 42일까지 포장지 내부의 산소, 이산화탄소 농도 변화를 가스측정기를 사용하여 측정하였다. 달관조사로 이취, 변색(갈변), 부패 여부를 5점 척도로 판단하였고, 전체 품질은 Minamide법에 따라 10점; 매우신선, 8점; 신선, 6점; 판매가능, 4점; 식용가능, 2점; 식용불가, 0점; 변질의 기준으로 평가하였다.

통계분석

통계처리는 IBM SPSS Statistics를 이용하여 분산분석을 수행하였고, 유의성 비교는 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

배지 질소함량 및 온도처리별 자실체 생육특성

질소함량 및 온도조건별 자실체 생육특성 조사 결과를 Table 4에 나타내었다. 온도별로는 갓 직경이 12°C에서 가장 길고 15°C에서 가장 짧았으며 대 길이는 15°C에서

가장 길었다. 팽이버섯 생육온도가 낮아질수록 갓 직경이 작아지고 대 길이가 짧아지는 경향(Jhune *et al.*, 2010)이 보고된 바 있으나, 본 연구에서 큰느타리버섯은 온도에 비례하는 결과는 나타나지 않았다. 배지 질소함량 2.1%, 2.4%에서 온도가 낮아질수록 갓 색이 더 짙어져 색도 L 값이 유의적으로($p < 0.05$) 낮아졌으며, 이는 느타리버섯 병재배에서 성장한 버섯을 변온처리 하였을 때 갓 색이 변화하였다는 결과와 유사하였다(Jhune *et al.*, 2006). 생육온도 12°C에서는 질소함량이 높아질수록 병당 수량이 유의적으로($p < 0.05$) 증가하였으나, 15°C, 9°C에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 배지 질소함량에 따른 느타리버섯의 상품성 분석 결과 T-N 1.8%일 때 가장 우수하였고 품종에 따라 1.3% 이하 또는 2.3% 이상일 때 상품성이 떨어진다는 보고가 있으며(Park *et al.*, 2019), 본 연구에서 큰느타리버섯은 T-N 2.1%, 2.4%일 때 생육특성이 우수하였다.

배지 질소함량 및 온도처리별 저장기간에 따른 포장지 내부 가스농도 변화

저장기간에 따른 봉지 내 가스농도 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 대체로 저장 후 18~21일에 산소 농도가 처음 농도의 절반 이하로 감소하였으나, 질소함량 2.1%, 생육온도 9°C 조건에서는 다른 조건들에 비해 산소 농도가 완만하게 감소하여 저장 후 27일까지 산소 농도가 10% 이상 유지되었다. 이산화탄소 농도는 대체로 저장 후 6~12일 이후부터 급격하게 증가하는 경향을 나타내었으나, 질소함량 2.1%, 생육온도 9°C 조건에서는 다른 조건들에 비해 이산화탄소 농도가 완만하게 증가하여 저장 후 21일까지 이산화탄소 농도가 5% 이하를 나타내었다. 큰느타리

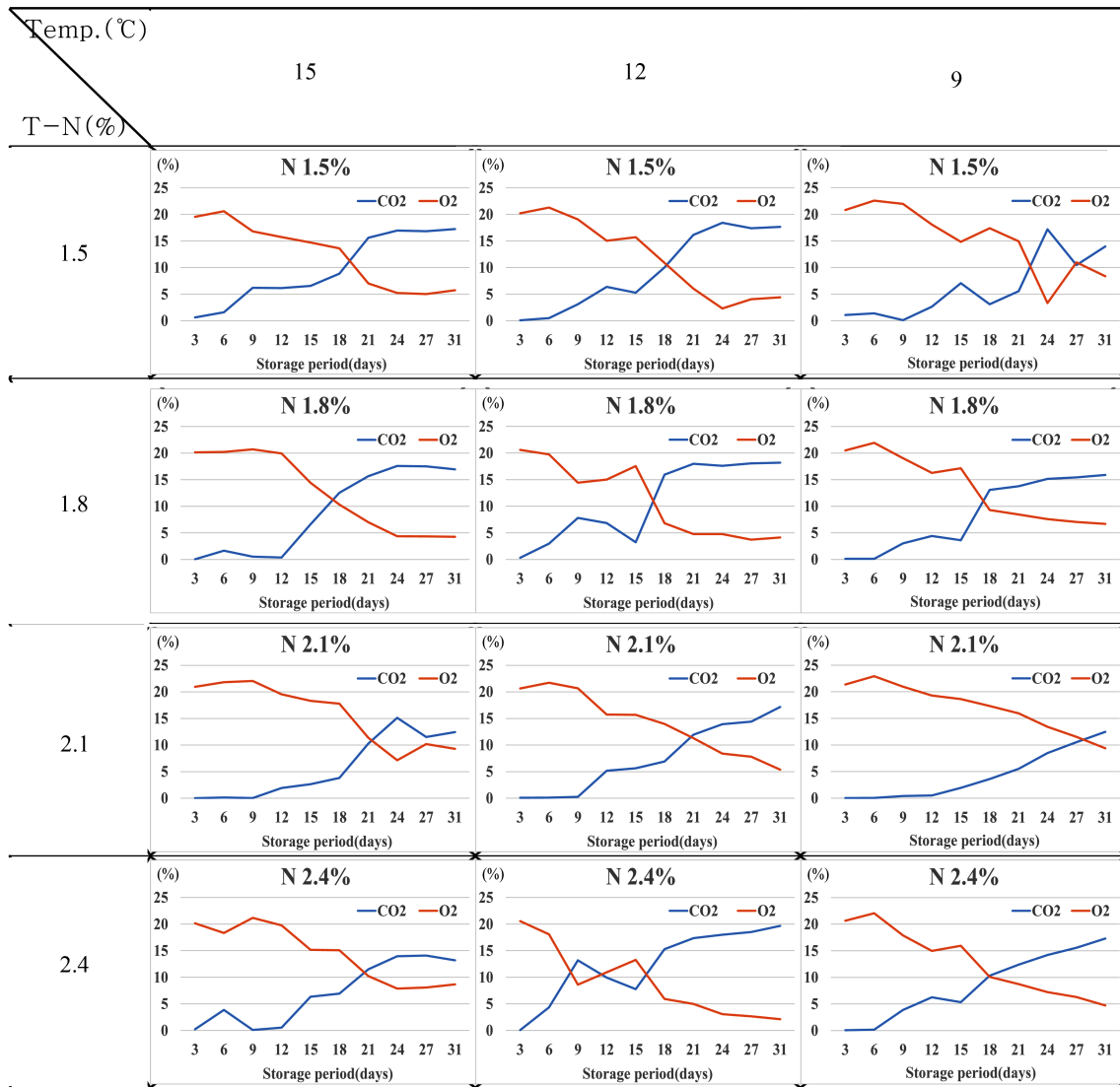


Fig. 1. Changes of O₂/CO₂ concentration in film upon growth temperature and media T-N conditions

버섯은 포장재 재질에 따라 PVC wrap에서는 5°C에서 28일, polyolefin에서는 32일 정도 저장이 가능하다고 보고되었다(Cho *et al.*, 2001). 버섯 수확 후 저장 온도 및 포장 조건에 따른 품질변화, 영양학적 특성 등이 주로 연구되어 있으며(Lee *et al.*, 2013, Kim *et al.*, 1995), 팽이버섯의 경우 저장 온도가 높아질수록 유리당과 유리아미노산 methionine 함량이 증가하였다고 보고되었다(Kim *et al.*, 2016). 본 연구에서는 생육조건에 따른 선도 유지 기간을 확인하였고 이에 대한 추가적인 인과관계 구명이 필요할 것으로 생각된다.

배지 질소함량 및 온도처리별 저장기간에 따른 품질검사

저장기간에 따른 자실체 품질 변화는 Table 5에 나타내었다. 판매가능 점수인 6점을 기준으로 품질을 평가하였을 때 저장 28일까지는 생육온도 15°C의 전체품질 점수

가 가장 높았고 12°C가 가장 낮았다. 이취, 맛과 대의 변색, 부패 척도를 비교하였을 때 생육온도 15°C와 9°C의 신선도가 유사하게 유지되었으나, 질소함량에 따른 경향이나 차이는 나타나지 않았다.

적 요

본 연구는 수출용 큰느타리버섯의 선도 유지 및 저장성 증대를 위한 배지 적합 질소함량과 생육온도 조건을 설정하고자 하였다. 배지 질소함량 1.5%, 1.8%, 2.1%, 2.4% 및 생육온도 15°C, 12°C, 9°C 조건별로 자실체의 생육특성, 수확 후 냉장저장기간 동안의 가스농도, 자실체 품질 변화를 조사하였다. 대 직경과 중량은 생육온도와 관계없이 질소함량이 높아질수록 증가하는 경향을 보였으며 병당 중량은 12°C, T-N 2.4% 조건에서 149.5 g으로 가장

Table 5. Sensory evaluation of fruit body during storage period

Storage period(days)		14						28						42					
Temp. (°C)	T-N (%)	Odor	Discolor		Decay		Total score	Odor	Discolor		Decay		Total score	Odor	Discolor		Decay		Total score
			Pileus	Stipe	Pileus	Stipe			Pileus	Stipe	Pileus	Stipe			Pileus	Stipe			
15	1.5	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.7	1.0	4.1	5.0	4.1	5.0	6.1	1.0	3.0	4.1	3.0	3.0	3.0
	1.8	0.7	5.0	4.3	5.0	5.0	7.7	1.0	4.3	4.7	4.3	4.8	6.3	1.0	3.0	4.1	3.0	3.4	3.0
	2.1	0.3	5.0	4.6	5.0	5.0	7.7	1.0	3.9	4.6	4.3	5.0	5.9	1.0	3.0	3.9	3.0	3.2	3.0
	2.4	0.0	5.0	4.3	5.0	5.0	7.7	1.0	4.1	4.8	4.3	4.8	6.3	1.0	3.0	4.1	3.0	3.4	3.0
12	1.5	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.7	1.0	3.2	5.0	3.2	5.0	5.2	1.0	3.0	4.3	3.0	4.3	3.7
	1.8	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	1.0	3.2	5.0	3.4	4.8	5.4	1.0	3.0	3.7	3.0	3.7	3.7
	2.1	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	1.0	3.0	5.0	3.0	5.0	5.4	1.0	3.0	3.9	3.0	3.9	3.7
	2.4	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	1.0	3.2	5.0	3.2	4.8	5.2	1.0	3.0	3.9	3.0	3.9	3.7
9	1.5	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	0.0	4.1	4.8	4.1	5.0	5.7	1.0	3.0	4.3	3.0	4.3	3.7
	1.8	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	0.3	4.3	5.0	4.3	4.8	5.9	1.0	3.0	4.3	3.0	4.3	3.7
	2.1	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	1.0	4.1	4.6	3.9	5.0	5.4	1.0	3.0	3.7	3.0	3.7	3.0
	2.4	0.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	1.0	4.1	4.8	4.3	4.8	5.7	1.0	3.0	4.3	3.0	4.3	3.7

높았다. 갓 색은 배지 질소함량과 관계없이 온도가 낮아 질수록 색도(L)가 낮아져 갓 색이 진해졌다. 저장기간에 따른 봉지 내 가스농도 변화는 9°C, T-N 2.1% 조건에서 산도 농도가 가장 오래 유지되었다. 달관조사에 의한 자실체 품질평가에서 배지 질소함량에 따른 차이는 나타나지 않았고 저장기간 28일까지 이취, 변색, 부패 정도는 15°C와 9°C가 유사하게 나타났다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 농업과학기술개발사업(과제번호 PJ01391703)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

Korea Agricultural Trade Information <https://www.kati.net/kati/lgin.do>
 Beik KY, Lee YK, Kim JW, Park IS, Kim SD. 2009. Effects of vacuum precooling on shelf life of *Pleurotus eryngii* during PE packaging storage. *Korean J Food Preserv* 16: 166-171.
 Cho SH, Lee SD, Ryu JS, Kim NG, Lee DS. 2001. Changes in quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) during modified atmosphere storage. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8: 367-373.
 Choi JW, Yoon YJ, Lee JH, Kim CK, Hong YP, Shin IS. 2018. Recent research trends of post-harvest technology for king

oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *J Mushrooms* 16: 131-139.
 Jhune CS, Kong WS, Yoo YB, Jang KY, Paik SB, Chun SC. 2006. Initiation and growth of fruitbody of oyster mushroom as affected by cultivation temperature. *J Mushroom Sci Prod* 4: 33-38.
 Jhune CS, Yun HS, Kong WS, Lee CJ, Chung JC, Yoo YB. 2010. The change on characterizations of fruiting body according to the growing temperature in *Flammulina velutipes*. *J Mushroom Sci Prod* 8: 51-58.
 Kim BS, Bae NG, Kim OW, Kim DC. 1995. Freshness keeping of shiitake mushroom by vacuum cooling. *Korea J Food Sci Technol* 27: 852-859.
 Kim KJ, Jin SW, Choi BS, Kim JK, Koh YW, Ban SE, Seo KS. 2016. Evaluation of the nutrition properties of *Flammulina velutipes*. *J Mushrooms* 14: 44-50.
 Lee DU, Chang MS, Cho SD, Jhune CS, Kim GH. 2013. Quality changes in mushrooms (*Agaricus bisporus*) due to their packaging materials during their storage. *Korean J Food Preserv* 20: 7-13.
 Lee YH, Lee HB, Ju YC. 2011. Changes of quality in *Pleurotus ostreatus* during low-temperature storage as affected by cultivation temperature and relative humidity. *J Mushroom Sci Prod* 9: 34-38.
 Lopez-Briones G, Varoquaux P, Chambroy Y, Bouquant J, Bureau G, Pascat B. 1992. Storage of common mushroom under controlled atmospheres. *Int J Food Sci Technol* 27: 493-505.
 Park HS, Min GJ, Lee EJ, Lee CJ, Kong WS. 2019. Changes in the characteristics of the fruiting body of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) according to the nitrogen content in sawdust media. *J Mushrooms* 17: 205-210.