

과제구분	지역특화작목기술개발과제	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
버섯재배 부가가치 향상기술 개발		버섯	'16~	농업기술원 버섯연구소	백일선
유용미생물 첨가에 따른 느타리버섯 영양원 대체 배지개발		버섯	'16~'18	농업기술원 버섯연구소	백일선
색인용어	느타리버섯, 수확후배지, 질소원, 아미노산, 유용미생물				

## ABSTRACT

This study was conducted to re-use the spent mushroom substrate(SMS) increased T-N and reduce amount of cottonseed meal used as nutrient supplement in *pleurotus ostreatus*. The bacteria using to improvement of T-N content was GM20-4(*Bacillus* sp.) and *Rhodobacter sphaeroides*(RS). Two bacteria(GM20-4 and RS) were used to increase of total nitrogen content of SMS(spent mushroom substrate) In corncob, RS was used to increase of total nitrogen content. GM20-4 was isolated from SMS of *P. ostreatus* and RS was took from Gwangjusi agricultural technology center.

Amino acid contents were increased when 30% mixed microorganisms GM20-4 and RS were cultivated in SMS from three farms, especially aspartic acid, glutamic acid, valine, isoleucine and leucine were increased.

The optimum substrate composition for oyster mushroom is to mix microorganism treated SMS, poplar sawdust, beet pulp, cottonseed meal with volume ratio of 18: 52: 18: 12(T2). The primordia formation ratio of the selected medium was 97%, which was 16% higher than that of the control substrate, and the yield was 202 g/bottle, which was comparable to 208 g/bottle of the control medium. The selection of the substrate(T2) reduced the cost of purchasing the substrate material and the annual income was improved than the control substrate.

**Key words** : Amino acid, Effective Microorganism, *Pleurotus ostretus*, Spent mushroom substrate(SMS), Total nitrogen

### 1. 연구목표

느타리버섯은 병재배 농가비중이 높아 자동화 시스템 활용으로 지속적으로 생산량이 증가

하는 추세인 반면, 최저임금 상승, 배지 재료비 상승, 버섯가격 하락 등 버섯산업의 하락추세에 따라 농가 경영이 어려워지는 실정이다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 생산비를 줄일 수 있는 방법을 모색하고자 수확후배지 이용, 염가배지 개발 등 다양한 연구가 진행되고 있다.

버섯 수확후배지는 균사체가 분비한 여러 생리활성물질이 남아 있어 재활용 가치가 큰 부존자원이다(Williams *et al.*, 2001). 느타리버섯 수확후배지를 10~30% 수준으로 느타리버섯 재배에 재사용시 수량이 안정적이라고 하였고(Cheong *et al.*, 2012), 산느타리 수확후배지 재활용을 위한 첨가량은 20%가 적정하였으며(Lee *et al.*, 2015), 풀버섯 배지에 느타리버섯 수확후배지를 50% 첨가시 수량이 기본배지와 동등하다고 보고되었다(Lee *et al.*, 2011).

느타리버섯의 수확후배지는 톱밥 함량이 높아 팽이, 큰느타리의 수확후배지처럼 가축사료화 등으로 재활용이 어려우며 기온이 높은 여름철에는 높은 수분함량으로 부패가 쉬워 침출수로 인해 환경오염의 원인이 되기도 한다(Kwak *et al.*, 2008). 따라서 수확후배지를 버섯 배지 원료로 재활용함으로써 배지원료 절감 뿐 아니라 자원순환에 기여해 환경오염을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 수확후배지를 안전하게 자원화하기 위해서는 수분함량을 최소화하는 과정이 필요하며, 수분함량을 20% 이하로 낮추면 톱밥을 대체하여 사용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 수확후배지의 C/N비가 톱밥보다 낮아 영양원의 첨가량을 줄여 사용할 수 있으며, 그에 따라 배지 구입비용을 절감 할 수 있을 것으로 기대한다.

느타리버섯 재배에 영양원으로 가장 많이 사용되고 있는 면실박은 전량 수입되고 있으며, 수입의존적인 배지 원재료를 대체 할 수 있는 국내 생산 원료 탐색에 대한 연구가 필요한 실정이다. 느타리 재배에서 면실박을 대체하기 위한 배지 원료 선발로 야자박, 코코넛박을 활용시 수량이 관행과 비슷하며(Kim *et al.*, 2005), 만가닥버섯 수확후배지를 느타리 봉지재배 배지에 활용시 12~25% 첨가했을 때 수량 감소에 영향이 없다고 보고하였다(Wang *et al.*, 2015). 면실박의 50%를 홍삼박으로 대체시 자실체 수량 감소는 없었으며(Lee *et al.*, 2011), 면실박 50% 대체 케이폭박 사용시 수량이 대조와 비슷하였고(Kim *et al.*, 2011), 음식물부산물 건조박(Chang *et al.*, 2008) 등 다양한 농업부산물 배지화 연구가 수행되어 왔다. 큰느타리에서는 영양원을 대체하는 배지개발에 미강을 대체하기 위하여 은행잎박 10% 첨가시 균사생장은 느리지만 수량은 11% 증수된다고 보고하였다(Kim *et al.*, 2009), 농업부산물 활용에 대한 배지개발 및 수확후배지 활용에 대한 연구는 이처럼 꾸준히 수행되어 왔다.

따라서 본 연구에서는 느타리버섯 수확후배지의 질소원 증진효과를 검토하여 그 결과를 생산현장에 적용하여 생산성을 검토코자 시험을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 미생물 종류 및 배양조건

배지 원재료에 혼합한 미생물은 느타리버섯 수확후배지로부터 분리한 균주 GM20-4(*Bacillus*

sp.)와 경기도 광주시농업기술센터로부터 분양 받은 *Lactobacillus plantanum*(LP), *Saccharomyces cerevisiae*(SC), *Rhodobacter sphaeroides*(RS), *Bacillus subtilis*(BS)를 사용하였다. GM20-4와 BS는 LB(Luria-Bertani) 또는 TSB(Tryptic soy broth)배지를 이용하여 30°C, 24시간 배양하였고 RS는 LB배지, 32°C에서 48시간 배양하였으며, pH6~7, 약 0.5vvm의 aeration과 500Lux의 광을 사용하여 배양하였다. LP는 MRS 배지에 32°C에서 48시간, SC는 PDB에 48시간 배양하였다. 생균수 측정을 위해서 희석평판법으로 도말하여 살아있는 균수를 측정하여 각각 BS와 GM20-4  $10^8$  cfu/ml, RS는  $10^9$  cfu/ml, LP는  $10^8$  cfu/ml, SC는  $10^8$  cfu/ml의 농도로 사용하였다.

#### 나. 배지원재료 미생물 처리조건

배지원재료 및 수확후배지를 미생물처리 농도별로 혼합 후 밀봉하여 상온( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 처리기간별로 배양하였다. 배지 내 미생물의 증식을 위하여 당밀을 무게비의 3% 농도로 혼합 첨가하였으며, 성분분석을 위하여 배양기간이 완료되면 100 g의 시료를 채취하여 121°C에서 15분 동안 고압 멸균하였으며, 80°C에서 2일간 건조하여 분석시료로 사용하였다.

#### 다. 배지분석

본 연구에 사용한 배지 원료는 미루나무톱밥, 비트펄프, 면실박, 콘코브, 느타리버섯 수확후배지이며, 수확후배지는 높은 수분을 함유하고 있어 3일 동안 자연건조 후 시험에 사용하였다. 분석을 위한 샘플은 121°C에서 20분간 고압 멸균하였고 살균 후 80°C에서 2일간 열풍 건조하여 분쇄기로 분쇄 후 분석 시료로 사용하였다. 배지의 T-N, T-C 분석을 위해 분쇄한 시료는 3 mg씩 정확하게 무게를 측정하여 CN elemental analyzer(Elementar) 자동분석기를 이용해 C와 N함량 및 조단백 함량을 정량 분석하였다. 수분함량은 건조 후 건조중량법으로 측정하였으며, pH는 건조배지 : 증류수를 1:10의 무게비로 혼합 후 1시간동안 정지 한 후 pH meter(Mettler toledo)로 측정하였다.

#### 라. 수확후배지 아미노산 분석

미생물 처리된 느타리 수확후배지의 아미노산 함량 분석을 위해 아미노산 자동분석기(Hitachi, L-8800)로 아미노산 함량을 구하였다(Daniel *et al.*, 1993). 건조시료 0.1 g를 6N HCl 용액 25 ml를 가한 후 시험관은 밀봉해 110°C에서 24시간 가수분해 시켰다. 가수분해로 얻은 여액을 원심분리 후 상등액에 증류수 10 ml를 가하여 60°C에서 20 mM HCl을 사용하여 25 ml로 정용하였다. 정용한 여액을 0.2  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과 후 여액을 취하여 구성아미노산 분석에 사용하였다.

#### 마. 시험품종, 배양 및 생육특성 조사

시험품종으로는 경기도농업기술원에서 육성한 '흑타리'를 사용하였다. 느타리버섯 배양 및 생육특성 조사는 농촌진흥청 표준조사법(2012)에 준하여 수행하였으며, 완전임의 배치하여 처리구별로 400병씩 입병하여 3회 반복시험을 수행하였다. 배지는 1,100 ml 병에 입병 후 121°C에서 90분간 고압 멸균 과정을 거쳐 배지 내 온도가 18°C 이하로 되게 냉각시킨 후 톱밥 종균을 접종하였다. 접종 후 배양은  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 30~35일간 배양하였고 균굽기 후 생

육실로 옮겨 생육온도 22±1℃, 상대습도 85~99%, CO<sub>2</sub> 농도 800~4,000 ppm에서 생육하였다. 발이와 자실체 발생 유도를 위해 CO<sub>2</sub> 농도 및 상대습도는 높였으며, 발이가 완료되면 자실체 생육에 따라 CO<sub>2</sub> 농도와 상대습도는 점차 낮춰주었다. 수확 적기가 되면 수확 후 자실체 무게, 갓 직경, 대 길이 등을 측정하였으며, 자실체의 물리적 특성과 색차계(CM-2600d, Konica minota)를 이용하여 명도 및 색도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 적합 미생물 및 처리조건 선발

미생물 처리를 위한 배지원재료로 미루나무톱밥, 비트펄프, 면실박, 콘코브, 수확후배지(SMS)를 사용하였으며, 처리 미생물로는 *Lactobacillus plantanum*(LP), *Saccharomyces cerevisiae*(SC), *Rhodobacter sphaeroides*(RS), *Bacillus subtilis*(BS), GM20-4(*Bacillus* sp.)를 사용하였다. *Bacillus* sp. 의 cellulase 활성이 높아 GM20-4균주도 처리 미생물에 포함시켜 실험을 진행하였다. 미생물 처리시간 처리량에 따라 미루나무톱밥, 비트펄프, 면실박, 맥주박의 질소원 증진 효과는 없었으며, 콘코브와 느타리버섯 수확후배지(SMS)에 의한 질소원 증진 효과는 표 1~표 4와 같다.

표 1. 콘코브에 미생물 처리기간 및 첨가량에 따른 이화학성 분석

처리 미생물 <sup>1)</sup>	첨가량 <sup>2)</sup> (%)	T-N(%/일)				T-C(%/일)				C/N(일)			
		0	7	10	14	0	7	10	14	0	7	10	14
무처리	-	0.32	0.33	0.34	0.32	54.6	54.6	54.6	54.4	172	164	161	170
RS (%)	1	0.34	0.37	0.29	0.26	54.2	54.4	54.4	54.4	160	147	190	209
	5	0.34	0.41	0.36	0.33	54.2	54.5	54.2	54.3	159	133	152	165
	10	0.35	0.42	0.36	0.32	54.3	54.4	54.4	54.3	157	130	154	170
	30	0.41	0.56	0.55	0.43	54.4	53.2	53.5	54.4	133	95	97	127
	50	0.45	0.54	0.50	0.47	54.3	53.0	52.1	54.2	121	98	104	115
BS (%)	1	0.36	0.35	0.34	0.32	54.1	54.4	54.2	54.3	152	158	159	171
	5	0.37	0.35	0.35	0.35	54.2	54.5	54.3	54.3	148	158	158	155
	10	0.38	0.40	0.38	0.35	54.0	54.4	54.5	54.4	142	136	144	156
	30	0.38	0.42	0.42	0.36	54.1	54.3	54.2	54.0	142	129	129	150
	50	0.40	0.42	0.40	0.35	54.4	54.2	54.3	54.8	136	129	136	157
GM20-4 (%)	1	0.32	0.34	0.35	0.31	54.5	54.5	54.2	54.4	174	161	154	176
	5	0.35	0.36	0.36	0.34	54.2	54.5	54.2	54.4	157	151	150	160
	10	0.34	0.37	0.34	0.32	54.4	54.6	54.4	54.4	161	149	160	171
	30	0.45	0.46	0.47	0.35	54.1	54.1	54.0	54.8	120	118	115	157
	50	0.47	0.50	0.42	0.37	54.0	54.0	54.2	54.8	115	108	129	148

<sup>1)</sup> RS : *Rhodobacter sphaeroides*, BS : *Bacillus subtilis*, GM20-4 : *Bacillus* sp.

<sup>2)</sup> 미생물을 배지량 무게비의 %별로 첨가

※ 처리온도 : 25℃, 미생물 농도 : 10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup> cfu/ml, pH변화 : 4.3~4.5, 당밀 : 배지량의 3%첨가

표 2. 콘코브에 미생물 혼합 처리시간 및 첨가량에 따른 이화학성 분석

처리내용	T-N(%/일)			T-C(%/일)			C/N(일)		
	0	5	7	0	5	7	0	5	7
무처리	0.22	0.28	0.29	54.1	54.2	54.2	246	194	187
GM20-4 10% + RS 10%	0.29	0.35	0.37	53.1	53.4	53.0	183	153	143
GM20-4 30% + RS 30%	0.39	0.50	0.44	53.5	52.0	52.4	137	104	119
GM20-4 50% + RS 50%	0.34	0.52	0.43	53.1	52.1	52.4	156	100	122

※ 당밀 : 모든 처리에 배지량의 3% 비율로 당밀첨가

표 3. 수확후배지에 미생물 처리시간 및 첨가량에 따른 이화학성 분석

처리 미생물	첨가량 (%)	T-N(%/일)				T-C(%/일)				C/N(일)			
		0	7	10	14	0	7	10	14	0	7	10	14
무처리	-	2.13	2.24	2.40	2.20	53.0	52.9	52.9	53.0	25	24	22	24
RS (%)	1	2.07	2.03	2.09	2.10	53.0	53.1	52.9	53.1	26	26	25	25
	5	2.18	2.14	2.04	2.01	53.0	53.0	52.9	53.1	24	25	26	26
	10	2.16	2.23	2.40	2.12	52.9	52.8	52.8	53.0	25	24	22	25
	30	2.18	2.48	2.45	2.19	53.0	52.5	52.7	53.1	24	21	22	24
	50	2.17	2.49	2.40	2.20	53.0	53.0	52.8	53.1	24	21	22	24
BS (%)	1	2.08	2.29	2.22	2.20	53.0	53.0	52.9	52.9	26	23	24	24
	5	2.22	2.30	2.35	2.16	52.9	52.9	52.8	53.0	24	23	23	25
	10	2.10	2.30	2.28	2.12	52.9	52.9	52.7	53.0	25	23	23	25
	30	2.20	2.36	2.36	2.18	53.0	52.7	52.8	53.0	24	22	22	24
	50	2.22	2.37	2.35	2.12	53.2	52.8	52.9	53.2	24	22	23	25
GM20-4 (%)	1	2.04	2.27	2.17	2.00	53.0	53.0	52.9	53.1	26	23	24	27
	5	2.07	2.05	2.30	1.98	53.0	53.0	52.8	53.2	26	26	23	27
	10	2.18	2.32	2.33	2.09	52.9	52.8	52.8	53.0	24	23	23	25
	30	2.20	2.47	2.30	2.24	52.7	52.2	52.3	52.7	24	21	23	24
	50	2.23	2.50	2.31	2.22	52.9	52.5	53.0	53.2	24	21	23	24

표 4. 수확후배지에 미생물 혼합 처리시간 및 첨가량에 따른 이화학성 분석

처리내용	T-N(%/일)			T-C(%/일)			C/N(일)		
	0	5	7	0	5	7	0	5	7
무처리	2.13	2.24	2.12	53.8	53.9	53.9	25	24	26
GM20-4 10% + RS 10%	2.13	2.14	1.64	53.7	53.5	53.5	25	23	33
GM20-4 30% + RS 30%	2.16	2.57	2.50	53.5	52.4	52.0	25	20	21
GM20-4 50% + RS 50%	2.15	2.50	2.43	53.5	52.4	52.2	25	21	22

※ 당밀 : 모든 처리에 배지량의 3% 비율로 당밀첨가

콘코브에 RS처리는 배지량의 30%첨가 후 7일 처리하였을 때 T-N 함량이 0.32에서 0.56으로 증가하여 C/N의 변화는 172에서 95로 낮아졌으며, GM20-4 50% 처리로 T-N 0.32에

서 0.5로 증가하여 C/N 108로 낮아졌으나 RS처리 보다는 증진 효과가 낮았다(표 1). 따라서 콘코브에 적합한 미생물로는 RS를 30% 첨가하여 7일 배양하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 미생물 단종처리에서 T-N 증진효과를 보인 2종의 미생물을 혼합처리한 결과는 RS 단종처리와 비슷한 결과를 보여 콘코브 질소증진에는 RS 30% 처리가 적합하였다(표 2). 느타리버섯 수확후배지에 의한 미생물 처리에 의한 질소원 증진효과는 RS 30% 처리시 7일차에서 2.13에서 2.48로 증가 되었으며 C/N은 25에서 21로 감소되었다. GM20-4 30% 처리 7일차에서도 T-N 2.47로 증가되어 RS처리구와 비슷한 결과를 보였다(표 3). 질소증진 효과를 보인 2종의 미생물 RS와 GM20-4를 혼합 사용시에는 30% 처리구 5일차에서 T-N함량이 2.57로 가장 크게 증가하여 RS 30% + GM20-4 30% 혼합사용이 적합하였으며, 그에 따라 C/N도 25에서 20으로 감소되었다(표 4). 따라서 콘코브에 미생물 처리시에는 RS 30% 7일 처리, 수확후배지에 미생물 처리 활용시에는 RS 30% + GM20-4 30% 혼합 5일 처리 사용이 T-N 증진에 적합하였다.

#### 나. 농가 수확후배지 미생물 처리에 따른 질소 및 아미노산 함량변화

느타리버섯 재배 세 농가에서 수집한 수확후배지를 건조한 후 GM20-4 와 RS를 각각 30% 첨가하고 당밀을 3% 첨가하여 상온에서 5일간 처리 후 T-N함량의 변화를 조사한 결과는 표 5와 같다. 농가 A는 1.85%에서 2.16%로 17%증가하였고 농가 B는 1.43%에서 1.72%, 농가 C는 1.63%에서 1.82%로 각각 20%, 12% 증가되었다. 그로 인해 C/N비가 13%~19% 감소하였다.

표 5. 농가 수확후배지의 미생물 처리에 의한 C/N 변화

농가 <sup>1)</sup>	처리내용 <sup>2)</sup>	T-C(%)	T-N(%)	C/N
A	무처리구	47.7	1.85	25.8
	처리구	46.4	2.16	21.5
B	무처리구	47.7	1.43	33.4
	처리구	46.2	1.72	26.9
C	무처리구	48.2	1.63	29.6
	처리구	46.9	1.82	25.8

<sup>1)</sup> A, B 배지조성 : 미루나무톱밥+비트펄프+케이폭박+면실박

C : 미루나무톱밥+비트펄프+면실박+면실피

<sup>2)</sup> 무처리구: 건조 수확후배지 + 당밀 3%

처리구: 건조 수확후배지 + GM20-4 30% + RS 30% + 당밀 3%

미생물 처리에 따른 농가 수확후배지의 총질소 함량 증가(표 5)에 따라 아미노산 변화를 분석한 결과는 그림 1과 같다. 총 16종의 아미노산의 검출되었으며, 수집한 농가 A의 수확후배지에서는 처리구의 aspartic acid가 무처리구 25.6 ppm 보다 30% 증가하여 33.2 ppm으로 조사되었으며, glutamic acid도 처리구에서 무처리구 보다 32%증가하여 37.1 ppm에서 49 ppm으로 조사되었다. valine도 처리구에서 무처리구보다 31% 증가하였으며,

isoleucine과 leucine 역시 처리구에서 각각 26%, 21% 증가하였다. 농가 B의 수확후배지는 미생물 처리구에서 무처리구보다 전체적으로 아미노산 함량이 크게 증가하였는데, 이는 수확후배지의 원재료 종류와 첨가량에 따른 결과라고 생각된다. aspartic acid는 처리구의 경우 28.9 ppm으로 무처리구 10.2 ppm보다 2.9배 증가하였다. glutamic acid도 무처리구 17.3 ppm에서 처리구 49.5 ppm으로 2.9배 증가하였다. 다른 나머지 아미노산들도 각각 처리구에서 2배 이상 증가하였다. 농가 C의 수확후배지의 결과도 A, B와 같은 경향치를 보이며 처리구에 의한 aspartic acid 34%, glutamic acid 40%가 증가되었다.

※ C: 무처리구, T : 처리구

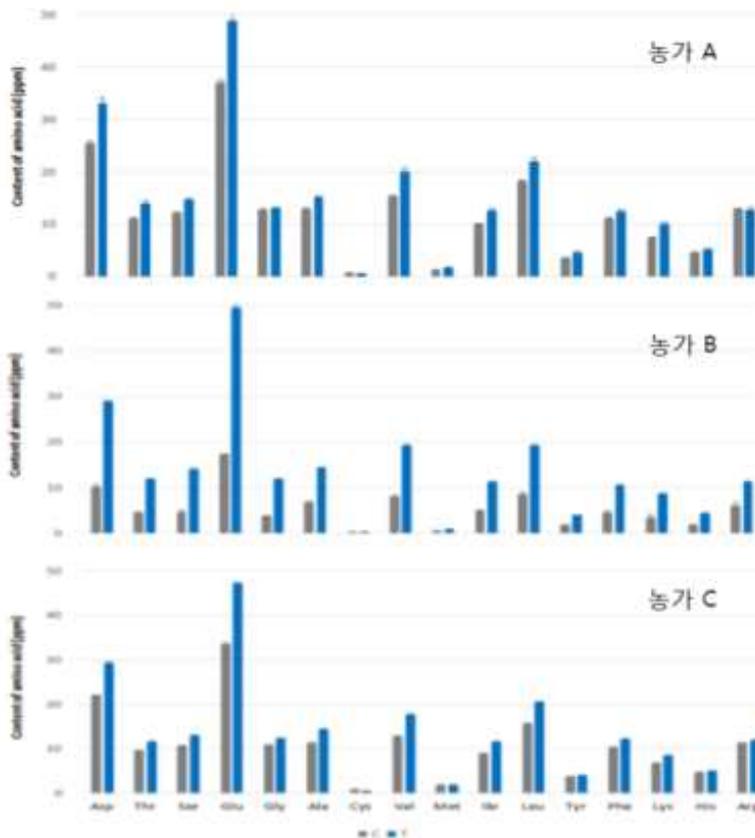


그림 1. GM20-4와 RS 혼합 처리에 따른 수확후배지 아미노산 함량 변화

이상의 결과 수집된 3종류의 수확후배지의 아미노산분석 결과는 GM20-4와 RS균주를 각각 30%씩 혼합 첨가한 처리구에서 아미노산이 함량이 증가하였고, 그 중 aspartic acid, glutamic acid, valine, isoleucine, leucine 함량의 증가량이 많았다. 미생물 발효에 의한 아미노산 증진 효과는 많이 알려져 있으며 청국장 콩에서 *Bacillus* sp.에 의해 발효 후 필수아미노산이 증가되었으며(Lee *et al.*, 2012), 볏짚에 존재하는 *Bacillus* sp.에 의해 청국장 발효 제품의 유리아미노산 함량은 원료콩의 것보다 증가되었고(Kim *et al.*, 1982), *Bacillus subtilis*에 의한 죽순발효액의 구성아미노산을 분석한 결과 역시 발효 후 시료의 총 구성아

미노산이 발효 전 시료보다 2배 이상 증가하였다고 보고하였다(Baeg *et al.*, 2015). 이러한 연구결과와 같이 GM20-4(*Bacillus sp.*)와 *Rhodobacter sphaeroides*에 의한 수확후배지의 아미노산 증진 효과는 미생물의 발효에 기인한 것으로 추측되며. 수확후배지에 GM20-4, RS 처리로 감칠맛을 좌우하며 당의 대사 및 해독작용을 돕는다고 알려진 glutamic acid와 중금속 제거 효과가 있는 aspartic acid(Hong *et al.*, 1989)의 함량 변화는 다른 아미노산보다 증가율이 높아 이들 성분이 버섯으로 전이되는지 여부를 분석하여 느타리버섯 수확후배지 자원으로 가치를 높이는 연구가 필요하다.

#### 다. 느타리버섯 적합 미생물 처리 주배지 혼합비 구명

미생물 처리 주배지로는 건조된 수확후배지와 콘코브를 사용하였으며, 수확후배지는 GM20-4와 RS 2종을 혼합 처리(표 4의 결과 적용), 콘코브는 RS을 처리한(표 1의 결과 적용) 배지 혼합비에 적용하였으며 그 결과는 표 6과 같다.

표 6. 배지혼합비

처리내용	미생물 처리 주배지 <sup>1</sup> (w/w)		미루토포밥	영양원(w/w)		
	SMS(건조)	콘코브		비트펄프	면실박	어분
T1	8	-	60	17	15	-
T2	18	-	52	18	12	-
T3	21	-	47	26	-	6
T4	25	-	40	30	-	5
T5	17	-	51	20	8	4
T6	7	25	36	17	15	-
T7	18	25	30	17	10	-
C <sup>2</sup>	-	-	75	19	19	-

<sup>1</sup> SMS(건조) : GM20-4(*Bacillus sp.*) 30%, + RS(*Rhodobacter sphaeroides*) 30% + 당밀 3% 5일 처리

콘코브 : RS 30% + 당밀 3% 첨가후 상온에서 7일 처리

<sup>2</sup> 대조 : 미루나무토포밥+비트펄프+면실박(5:3:2(v/v), 75:19:19(w/w))

※ 배지량은 25T(400병) 기준

표 7. 배지혼합비에 따른 이화학성

처리내용	T-N(%)		T-C(%)		C/N		pH		수분(%)	
	무처리	처리	무처리	처리	무처리	처리	무처리	처리	무처리	처리
T1	1.93	1.92	46.7	45.3	24.2	23.5	5.2	5.1	68	66
T2	1.62	1.78	43.4	44.0	26.8	24.7	4.9	4.5	69	68
T3	1.04	1.03	45.3	44.9	43.4	43.5	4.5	4.5	71	68
T4	1.49	1.55	42.9	43.1	28.8	27.8	4.5	4.4	70	70
T5	2.03	2.03	45.2	44.3	22.3	22.0	4.9	4.6	67	67
T6	1.67	1.9	44.2	44.4	26.4	23.5	4.8	4.6	66	67
T7	1.55	1.62	44.6	44.0	28.8	27.1	4.8	4.5	67	67
C	1.80		46.4		25.9		5.1		66	

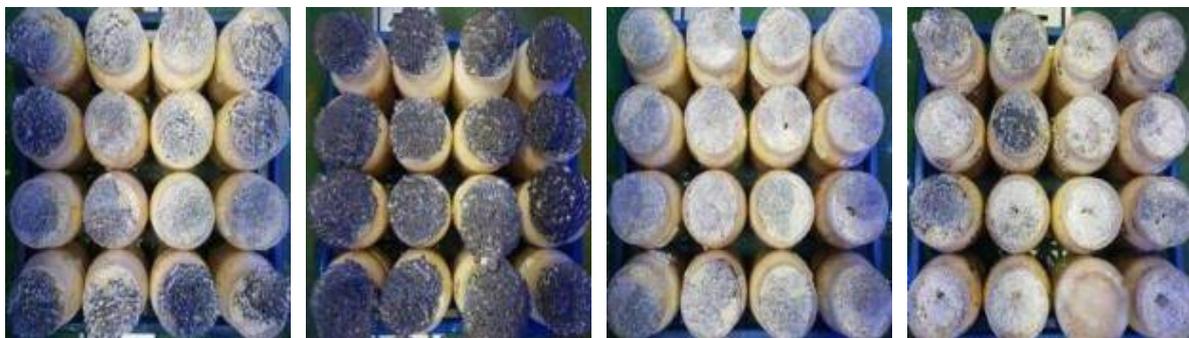
T1 ~ T7의 배지혼합비에 따른 미생물 무처리구와 처리구를 비교했을 때 T-N가 10% 이상 증진된 처리구는 T2와 T6이며, T2는 무처리구 1.62%에서 처리구 1.78%, T6는 무처리구 1.67%에서 처리구 1.9%로 각각 10%, 14% 증가하였고 그로 인해 C/N의 변화는 T2는 무처리구 26.8에서 처리구 24.7, T6는 무처리구 26.4에서 처리구 23.5로 낮아졌다(표 7).

#### 라. 미생물 활용 대체배지 생육특성 분석

표 8의 결과 배양기간, 초발이소요일수, 생육일수, 재배기간은 배지 처리구 간에 차이가 없었으며, T1, T2, T3, T6 처리구의 발이율이 97~99%로 대조의 발이율 81% 보다 20~22% 높은 결과를 보였다.

표 8. 배지혼합비에 따른 배양특성

	처리내용	배양기간(일)	초발이		재배기간(일)	발이율(%)
			소요일수(일)	생육일수(일)		
T1	무처리	35	4	4	43	97
	처리	35	4	4	43	99
T2	무처리	34	4	3	41	97
	처리	34	4	4	42	97
T3	무처리	34	4	3	41	97
	처리	34	4	4	42	97
T4	무처리	36	4	3	43	89
	처리	36	4	3	43	93
T5	무처리	26	4	4	34	65
	처리	26	4	3	33	69
T6	무처리	35	4	4	43	97
	처리	35	4	4	43	99
T7	무처리	35	4	3	42	84
	처리	35	4	4	43	91
	C	35	4	4	43	81



T1

T2

T6

C

그림 2. 처리구 T1, T2, T6와 대조구 C의 발이

표 9. 배지혼합비에 따른 자실체 특성 및 수량

처리내용	갓직경 (mm)	대굵기 (mm)	대길이 (mm)	유효경수 (개/병)	갓명도 (L)	수량 (g/병)	생물학적 효율(%)	
T1	무처리	28	8.7	83	57	45	201	102
	처리	30	8.8	93	53	46	230	114
T2	무처리	27	9.1	89	58	43	198	115
	처리	27	9.7	91	50	44	202	112
T3	무처리	27	8.8	85	37	50	167	88
	처리	27	8.9	88	43	50	163	86
T4	무처리	32	8.8	96	37	50	173	99
	처리	33	8.8	100	36	49	164	96
T5	무처리	25	9.9	99	30	42	130	65
	처리	27	10.0	91	37	40	137	69
T6	무처리	29	9.5	92	45	43	212	108
	처리	29	9.7	91	42	40	196	99
T7	무처리	30	9.5	101	38	47	200	104
	처리	28	10.3	91	42	43	191	102
C	26	9.8	95	52	40	208	110	



T1 무처리



T1 처리



T2 무처리



T2 처리



T3 무처리



T3 처리



T4 무처리



T4 처리



T5 무처리



T5 처리



T6 무처리



T6 처리



T7 무처리



T7 처리



대조(무처리)

그림 3. T1 ~ T7 처리별 생육상

수확후배지 8%가 첨가된 T1과 18%가 첨가된 T2 처리구의 배양기간은 34~35일로 조사되었고 초발이요소일수 및 총재배기간도 42~43일로 대조와 차이가 없었다. 발이율은 대조 81%, T1 처리구 99%, T2 처리구 97%, T3처리구 97%, T6처리구 99%로 대조보다 높았다. 자실체 특성을 조사한 결과는 표 9와 같이 건조 수확후배지 8%가 함유된 T1 처리구가 병당 수량 230 g으로 대조보다 11% 높았으며, 건조 수확후배지 18%가 함유된 T2 처리구는 202 g으로 대조와 비슷하였다. 또한 건조 수확후배지 7%와 콘코브가 25% 첨가된 T6 처리구의 병당 수량은 196 g으로 조사되었다. 생물학적 효율을 조사한 결과 T1, T2, 대조 간에 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 T1과 T2 처리구에 사용한 8~18% 범위의 건조 수확후배지 사용이 적합한 것으로 보였으며, 건조 전 배지량으로 환산한다면 24~54%를 사용한 것으로 이는 느타리버섯 수확후배지 10~30% 재활용시 수량이 안정적이었다(Cheong *et al.*, 2012)는 보고와 산느타리버섯 수확후배지 재활용시 20% 첨가가 적합하다고(Lee *et al.*, 2015) 보고한 연구 결과보다 재활용도가 높게 나타났다. 이는 미생물에 의한 수확후배지의 아미노산 함량 증가가 영향을 준 것으로 추측된다(그림 1). 배지혼합비에 따른 처리별 자실체 생육은 그림 3과 같다.

표 10. 배지혼합비에 따른 배지원재료 단가 및 비용 분석

처리내용	SMS (kg)	미루톱밥 (kg)	비트펄프 (kg)	면실박 (kg)	콘코브 (kg)	배지구입단가 (원/만병)	배지구입비 Ⓜ (천원,만병/300일/년)
T1	200	1500	425	375	-	632,250	189,675
T2	450	1300	450	300	-	565,750	169,725
T6	175	900	425	375	625	637,750	191,325
C	-	1875	475	475	-	773,500	232,050
단가(원)	-	220	345	415	220	-	-

자실체 수량이 높았던 처리구 T1, T2, T6의 배지 비용 산출 분석 결과 1일 1만병 규모로 재배할 경우 대조배지의 원료비는 773,500원이며, 건조 수확후배지가 8% 첨가된 T1 처리구의 배지원료비는 632,250원, 건조 수확후배지가 18% 첨가된 T2처리구의 원재료 비용은 565,750원, 건조 수확후배지 7%와 콘코브가 25% 첨가된 T6 처리구의 원재료 비용은 637,750원으로 T1배지 사용시 대조 배지보다 약 14만원 절감되며, T2 배지 사용으로 대조 배지보다 약 20만원, T6배지 사용시 약 13만원 절감 될 것으로 기대한다. 연간 300일 재배하는 경우 대조배지 사용시 232,050천원, 배지비용이 가장 적게 드는 T2배지 사용으로 169,725천원이 소요되어 약 62,000천원을 절감할 수 있을 것으로 보인다(표 10).

표 9의 생물학적 효율, 그림 3의 처리별 생육, 표 10의 수확후배지 재활용에 따른 배지원재료의 경제적 비용 절감을 고려해 볼 때 T2 배지 비율로 느타리 수확후배지를 활용한다면 수량에 감소 없이 배지 구입비용을 절감하여 농가소득에 기여할 것으로 판단된다. T2배지에 사용된 건조 수확후배지는 건조전 수확후배지의 1/3로 약 54 kg에 해당한다. 따라서 전체배지량의 약 40%를 대체 할 수 있는 양이며, 이는 기존에 보고된 느타리버섯 수확후배지

10~30% 재활용시 수량이 안정적이었다(Cheong *et al.*, 2012)는 보고와 산느타리버섯 수확 후배지 재활용시 20% 첨가가 적합하다고(Lee *et al.*, 2015) 보고한 연구 결과와 다른 결과를 보인 것은 미생물에 의한 수확후배지의 아미노산 변화(그림 1)가 버섯 생장을 촉진하는데 영향을 준 것으로 보이며 보다 명확한 요인분석을 위한 연구가 필요하다.

#### 4. 적 요

느타리버섯 배지 질소원 증진을 위한 유용미생물을 활용한 배지 개발에 대한 결과는 다음과 같다.

- 가. 질소원 증진을 위한 적합 배지 원재료로는 콘코브와 느타리버섯 수확후배지이며 콘코브는 *Rhodobacter Sphaeroides*(RS), 수확후배지는 GM20-4 *Bacillus* sp. 와 *Rhodobacter Sphaeroides*(RS) 혼합 처리가 적합하였다.
- 나. 수확후배지에 GM20-4 *Bacillus* sp. 와 RS 각각 30% 혼합 첨가후 5일간 상온에서 처리시 T-N 함량이 2.24%에서 2.57%로 15%증가되었고 콘코브에 RS 30% 첨가 후 7일간 상온 처리시 T-N 함량이 0.33%에서 0.56%로 70% 증가되었다.
- 다. 농가 수확후배지에 GM20-4 *Bacillus* sp.와 RS처리로 아미노산 중 aspartic acid, glutamic acid, valine, isoleucine, leucine의 함량이 크게 증진되었다.
- 라. 적합배지 조성은 미생물 처리된 수확후배지+미루나무톱밥+비트펄프+면실박(18:52:18:12, w/w)로 수량이 202g/병으로 대조배지(미루톱밥+비트펄프+면실박(75:19:19, w/w) 208g/병과 수량은 대등하였으나 발이율이 20% 향상되었고 생산비 절감율이 높았다.
- 마. 수확후배지 재사용 및 면실박 사용량 절감에 따라 수확후배지+미루나무톱밥+비트펄프+면실박(18:52:18:12, w/w) 적용시 연간 300일 1만병씩 재배할 경우 대조배지(미루톱밥+비트펄프+면실박(75:19:19, w/w))보다 약 6,200만원 배지 비용 절감 효과를 나타냈다.

#### 5. 인용문헌

- Chang HY, Park HS, Yoon JS. 2008. Substitute cheap supplements development for *Pleurotus ostreatus* cultivation using food by-product dried wastes. *J Mushrooms Sci Prod* 6: 126-130.
- Cheong JC, Lee CJ, Shin PG, Suh JS. 2012. Recycling Post-harvest Medium from Bottle Cultivation for Oyster mushroom(*Pleurotus ostreatus*). *J Mushrooms Sci Prod* 10: 167-173.
- Daniel JS, Steven AC. 1993. Sensitive analysis of cystine/cysteine using 6-aminoquinoly1-N-hydroxysuccinimidy carbamate(AQC) derivatives. *Tech in protein Chem* 4: 299-306.
- Kim HK, Kim YG, Lee BJ, Lee BC, Yang ES, Kwon KH, Kim HG. 2009. Studies on the development of mushroom mediums of *Pleurotus eryngii* using ginko leaf pomace. *J Mushrooms Sci Prod* 7: 105-109.
- Kim JH, Ha TM, Ju YC. 2005. Selection of substitute medium of cotton seed pomace

on the oyster mushroom for bottle cultivation. *J Mushrooms Sci Prod* 3: 105-108.

Kim JH, Lee YH, Choi JI, Moon YW, Ju YC. 2011. Screening of optimum nutrient supplement of corncob as a main substrate for bottle culture of Oyster mushrooms. *J Mushrooms Sci Prod* 9: 166-196.

Kwak WS, Jung SH, Kim YI. 2008. Broiler litter supplementation improves storage and feed-nutritional value of sawdust-based spent mushroom substrate. *Biores Technol* 99: 2947-2955.

Lee CJ, Han HS, Jhune CS, Cheong JC, Oh JA, Kong WS, Park GC, Park CG, Shin YS. 2011. Development of new substrate using redginseng marc for bottle culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *J Mushrooms Sci Prod* 9: 139-144.

Lee HB, Jang MJ, Lee YH, Ju YC. 2011. Development of medium for *Volvariella volvacea* cultivation using spent oyster mushroom medium. *J Mushrooms Sci Prod* 9: 44-47.

Lee NG, Lee JH, Mun YG, Jeong TS, Kwon SB. 2015. Yield characteristics according to use of post-harvest substrate of *pleurotus pulmonarius*. *J Mushrooms Sci Prod* 13: 310-313.

Wang S, Xu F, Li S, Shao S, Song s, Rong C, Geng S, Liu yu. 2015. The spent mushroom substrates of *Hipsizigus marmoreus* can be an effective component for growing the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Scientia Horticulturae* 186: 217-222.

Williams BC, McMullan JT, McCahey S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Biores Technol* 79: 227-230.

## 6. 연구결과 활용제목

- 질소원이 증진 느타리 수확후배지 재활용 방법(영농활용, 2018)
- 세균을 이용한 수확후배지의 총질소 및 아미노산 증진효과(한국버섯학회지, 2018)
- 질소원이 증진된 수확후배지를 이용한 느타리버섯 수량 특성(한국버섯학회지, 2018)

## 7. 연구원 편성표

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
						'16~'18
유용미생물 첨가에 따른 느타리버섯 영양원 대체배지 개발	책 임 자	농업기술원 버섯연구소	농업연구사	백일선	시험수행총괄	'16~'18
	공동연구자	"	농업연구사	김정한	시험분석	'16~'18
	"	"	농업연구관	이용선	자료분석	'17~'18
	"	"	농업연구사	신복음	배지분석	'18
	"	"	농업연구사	이윤희	자료분석	'18
	"	"	농업연구관	이영순	시험자문	'18