

## *Lyophyllum decastes*를 이용한 볏짚의 醱酵飼料에 관한 研究

### — I. Cellulase 生産條件 및 培養期間의 影響 —

洪載植·金東翰·金明坤·李克魯·金英秀·金明淑

全北大學校 食品加工學科

## Studies on Improving the nutritive value of Rice straw by Fermentation with *Lyophyllum decastes*

### — I. Cultural condition of cellulase production and feeding value under fermentation periods. —

Jae-Sik Hong, Dong-Han Kim, Myung-Kon Kim, Keug-Ro Lee,  
Young-Soo Kim and Myeong-Sook Kim

Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea

**ABSTRACT:** For the preparation of fermented feed with *Lyophyllum decastes*, optimum cultural conditions for the production of cellulase were 30°C, pH 6.0, 60-70% moisture content and the cultural of 15 days. Among the submaterial added, 30-40% of rice bran and 0.72% of  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  were effective for the cellulase production and its production increased when rice straw treated with 4% alkaline peroxides. Solid state fermentation of rice straw with *Lyophyllum decastes* for 40 days removed 19.9% of lignin, and increased the total nitrogen content to 1.6% from 1.1%. As the fermentation proceeded, the *in vitro* dry matter digestibility of fermented feed was increased and it increased 21.1% after 35 days.

**KEYWORDS:** *Lyophyllum decastes*, Cellulase production, Fermentation feed.

볏짚은 우리나라에서 연간 787만여톤(農水産部, 1985) 생산되며 풍부한 잠재열량을 함유하고 있어 枯草期에는 畜牛의 粗飼料중 대부분을 차지하고 있으나 lignin 및 silica 함량이 높아 섬유소의 분해가 어렵고 단백질 등 영양성분의 함량이 낮기 때문에 소화율 및 기호성이 낮아(金, 1983) 저질 조사료의 범주를 벗어나지 못하고 있다. 그러나 농후사료만 과다하게 급여하면 여러가지 비정상적인 병적상태를 야기시킴에 따라(辛과 朴, 1984) 조사료로서 볏짚의 이용 방안이 중요한 문제로 대두되고 있다.

볏짚 등 섬유질 자원의 사료가치를 향상시키기 위한 연구는 물리화학적인 처리 이외에도 농산부산물 을 첨가(李 등, 1980)하거나 사상균이나 세균을 이용하여 醱酵飼料를 제조(Eslyn 등, 1975; Reade

등, 1983; Reid, 1985; Saxena 등, 1985; 金, 1983; 李 등, 1982)하기도 하고 또는 NaOH등의 알칼리로 전처리한 후 醱酵를 병행(Detroy 등, 1980; Han, 1975; Hartley 등, 1974; Peitersen, 1975; Rao 등, 1983; 金 등, 1977)시켜 소화율이나 영양가치를 향상시키는 연구 보고등이 있다. 저자등(1985)도 알칼리 처리 볏짚을 *Lyophyllum decastes*를 이용하여 醱酵飼料를 제조한 바 있어 *Lyophyllum decastes*의 섬유소 분해효소 생산을 좀 더 세분하여 조사함으로써 발효조건을 구명함과 아울러 살균제인 동시에 lignin을 분해 제거하는(Gould, 1984) 과산화수소 제제를 볏짚에 처리하여 그 효과와 발효중 경시적으로 사료가치를 조사하여 보고하는 바이다.

본 논문은 동양화학 공업주식회사의 지원에 의하여 연구되었음.

材料 및 方法

사용균주

전북대학교 식품가공학과 발효미생물학 교실에서 보존중인 *Lyophyllum decastes*를 공시균주로 사용하였다.

볏짚의 처리

아끼바레 품종 볏짚을 cutting mill로 850 μm크기로 분쇄하여 1~12%의 2Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O와 pH를 11.5로 조정한 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 농도를 0~12%로 조정한 용액을 각각 볏짚에 4배량 가하고 실온에서 24시간 개방상태로 처리한 후 수세하였다.

배양 방법

볏짚을 2~2.5cm로 잘라 부원료, 수분, pH 비교 실험을 제외하고는 米糖 10%를 가하여 수분 70%, pH 6.0으로 조정한 후 500 ml용 광구배양병에 200g씩 넣고 1.2 kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서 30분간 살균한 후 일정량의 종균을 배양병 상면 중앙에 접종하여 25°C에서 20일간 배양하였다.

효소액 조제

전보(洪 등, 1985)와 동일하게 조제하였다.

효소 활성도 측정

1) Avicelase ; Berghem 등(1973)의 방법에 따라 0.1 M sodium acetate buffer(pH 5.0)에 용해시킨 1% avicel 현탁액 4 ml를 L형 시험관에 취하고 효소액 1 ml를 가하여 40°C 振盪水槽(120 rpm)에서 120분간 반응시킨 후 유리되는 還元糖을 dinitro salicylic acid(DNS)법(Miller, 1959)에 따라 比色定量하여 효소액 1 ml가 유리시킨 還元糖(glucose)의 μM을 1단위로 하였다.

2) CMCase ; Berghem 등(1973)의 방법에 따라 0.1 M sodium acetate buffer(pH 5.0)에 용해시킨 1% carboxymethyl cellulose(CMC)용액 2 ml에 효소액 1 ml를 가하여 40°C에서 60분간 반응시킨 후 유리되는 還元糖을 avicelase와 같은 방법으로 측정하였다.

3) β-Glucosidase ; Nisizawa 등(1971)의 방법에 따라 0.1 M sodium acetate buffer(pH 5.0)에 용해시킨 5 mM salicin용액 2 ml에 효소액 1 ml를 가하여 40°C에서 60분간 반응시킨 후 유리되는 還元糖을 avicelase와 같은 방법으로 측정하였다.

볏짚의 성분분석

볏짚의 회분과 총질소는 Association of official analytical chemists(AOAC)법(1980)으로 neutral

detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF) 및 lignin은 Goering과 Van Soest의 방법(1970), cellulose는 Crampton과 Maynard의 방법(1938)을 개량한 Matrone의 방법(1977)으로 정량하였고 hemicellulose는 NDF와 ADF의 차로 계산하였다.

In vitro 소화율

In vitro dry matter digestibility(IVDMD)는 Tilley와 Terry의 방법(1963)을 개량한 孟(1976)의 방법으로 전보(洪 등, 1985)에서와 같이 소화율을 구하였다.

結果 및 考察

배양조건에의 영향

배양온도를 20~35°C로 조절하여 cellulose 생산을 검토한 결과는 Fig.1과 같이 배양온도가 증가함에 따라 효소활성은 증가하여 30°C에서 avicelase, CMCase, β-glucosidase는 각각 17.11 μM/ml, 10.48 μM/ml로 제일 높았고 다음으로는 35°C에서 양호하였다. *Lyophyllum decastes*의 생육 최적온도가 25°C(洪 등, 1985)이었던 보고와 비교하여 볼때 균생육과 효소생산의 최적온도는 달랐으며 *Phanero-*

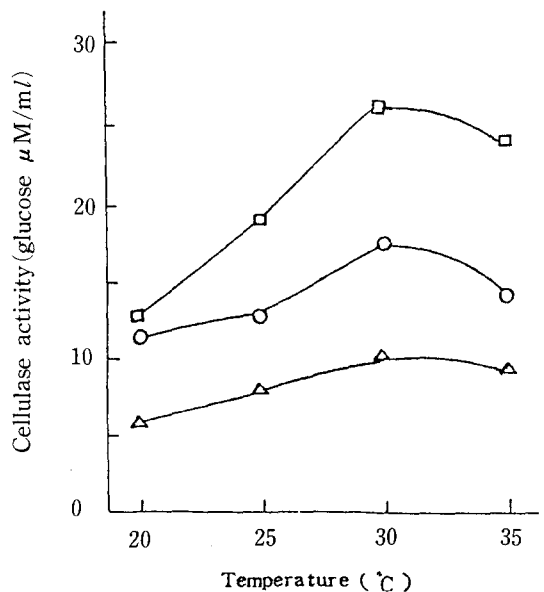


Fig.1. Influence of cultural temperature on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*. (○) : Avicelase, (□) : CMCase, (△) : β-Glucosidase

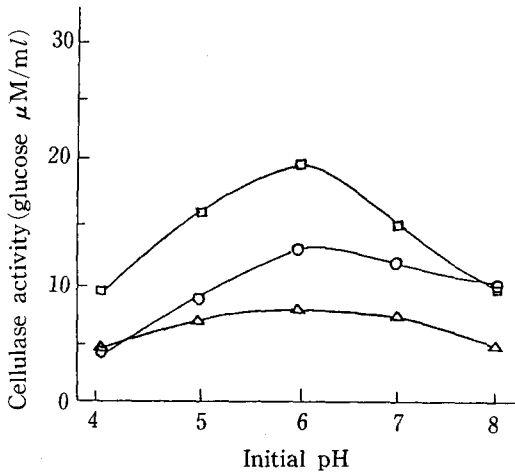


Fig. 2. Influence of initial pH to the rice straw media on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*.  
 (○) : Avicelase, (□) : CMCase, (△) : β-Glucosidase

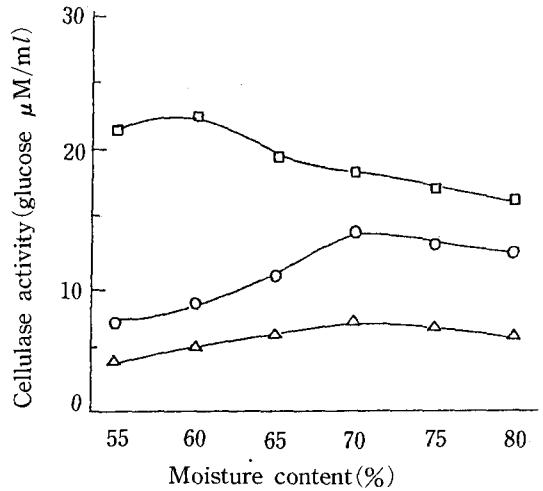


Fig. 3. Influence of moisture content to rice straw media on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*.  
 (○) : Avicelase, (□) : CMCase, (△) : β-Glucosidase

*chaete chrysosporium* (金, 1987)의 CMCase와 β-glucosidase는 30°C, avicelase는 35°C이었고 *Pleurotus sajor-caju* (李, 1984)의 C<sub>1</sub>-cellulase는 25°C, C<sub>x</sub>-cellulase와 β-glucosidase는 30°C에서 효소생산이 높았다고 보고하여 cellulase 생산온도는 대체적으로 유사하나 cellulase 종류에 따라 최적 생산온도가 달랐던 점에서 차이가 있었다.

배지의 pH에 의한 영향은 Fig. 2와 같이 세효소 모두 pH 6.0에서 효소의 활성이 제일 높았고 다음으로 avicelase와 β-glucosidase는 pH 7.0이었으나 CMCase는 pH 5.0으로 나타나 본 균주의 균생육이 pH 7.0, protease와 xylanase의 생산은 pH 6.0이었던 보고(洪 등, 1985)와 대체적으로 유사하였고 *Phanerochaete chrysosporium* (金, 1987)의 avicelase는 pH 4.5, CMCase는 pH 5.5, β-glucosidase는 pH 6.5로 효소에 따라 최적 생산 pH가 달랐던 보고와는 차이가 있었다.

벼짚배지의 수분함량에 의한 영향은 Fig. 3과 같이 avicelase와 β-glucosidase의 활성은 수분 70%에서 가장 높았으나 CMCase는 수분량 60%에서 제일 높고 그 이상의 수분량에서는 오히려 감소하여 효소에 따라 다른 양상을 보였다. 균생육은 수분량 75%, xylanase는 수분 70%, protease는 수분 80%에서 제일 우수하였던 보고(洪 등, 1985)로 미루어 보아 배지의 수분량은 균생육 및 효소의 종류에 따라 다른 것으로 생각되나 *Phanerochaete chrysosporium*

(金, 1987)의 CMCase와 β-glucosidase는 수분량 70%, avicelase는 60%이었고 *Aspergillus phoenicis* (Deschamps 등, 1984)의 사탕수수 펄프 배양은 수분함량 70%에서 β-glucosidase의 생산이 높았으며, *Trichoderma harzianum* (Deschamps 등, 1985)의 밀짚배양시 filter paper 분해활성은 수분량 74%에서 좋았던 보고등으로 미루어 보아 발효 사료 제조시 수분량은 70% 전후가 양호한 것으로 사료된다.

배양기간중의 각 효소의 활성은 Fig. 4와 같이 세

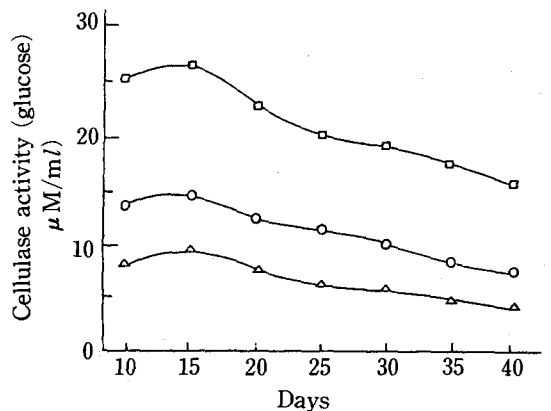


Fig. 4. Influence of cultural period on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*.  
 (○) : Avicelase, (□) : CMCase, (△) : β-Glucosidase

효소 모두 15일 배양하였을 때 가장 높았으며 그 이상 배양할 경우에는 이들 효소의 활성은 점점 감소하여 *Pleurotus sajor-caju* (Madan 등, 1983)의 filter paper 분해활성은 6일,  $\beta$ -glucosidase는 10일간 배양하였을 때 제일 높았던 보고에 비하여 효소의 생산은 늦으나 *Phanerochaete chrysosporium* (金, 1987)의 세효소는 모두 13일 배양시 제일 높았던 보고와는 유사하였다.

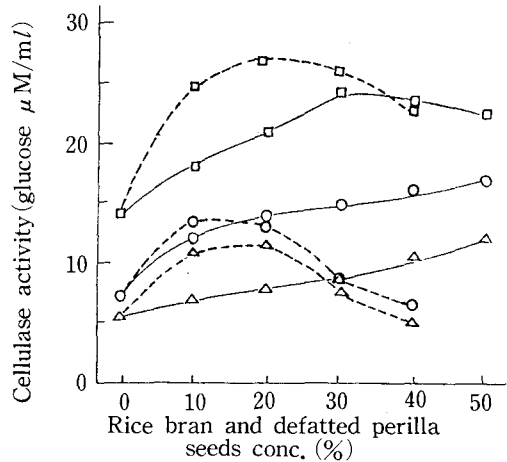
**부원료의 영향**

볏짚배지에 부원료를 10%씩 첨가하여 효소활성의 영향을 검토한 결과는 Table I과 같이 부원료의 첨가로 cellulase 생산은 전반적으로 상승되어 avicelase는 들깨묵, 미강, 밀기울 순이었고, CMCase는 들깨묵, 밀기울 미강 순이며  $\beta$ -glucosidase는 들깨묵, 미강 밀기울 순으로 효소 생산이 높아 *Pleurotus sajor-caju* (李, 1984)에서 avicelase와 CMCase 생산에 미강이 대두박보다 현저하게 효과적이었다는 보고와 차이가 있었다.

효소생산이 양호하였던 들깨묵과 미강을 농도별로 첨가한 결과는 Fig. 5와 같이 미강 첨가의 경우 avicelase와  $\beta$ -glucosidase는 미강 첨가량이 증가할수록 효소들의 활성도 증가하여 50% 첨가에서 각각 16.60  $\mu$ M/ml, 12.46  $\mu$ M/ml로 최고의 생산을 보였고 CMCase는 30%에서 24.11  $\mu$ M/ml로 최고의 생산을 보였다. 들깨묵의 경우 avicelase는 10% 첨가에서 13.77  $\mu$ M/ml, CMCase와  $\beta$ -glucosidase는 20%에서 각각 26.37  $\mu$ M/ml, 11.13  $\mu$ M/ml의 생산을 보여 CMCase는 들깨묵 20% 첨가가, avicelase와  $\beta$ -glucosidase는 미강 50% 첨가에서

**Table I.** Effect of sub-materials added to rice straw media on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*.

Materials	Cellulase activity (glucose $\mu$ M/ml)		
	Avicelase	CMCase	$\beta$ -Glucosidase
None	7.45	13.90	5.66
Rice bran	12.40	19.50	6.64
Defatted rape seeds	11.96	19.00	6.53
Defatted perilla seeds	12.86	23.60	11.17
Wheat bran	12.23	20.10	6.08
Starch sludge (sweet potato)	8.68	14.25	5.28



**Fig. 5.** Effect of the amount of rice bran and defatted perilla seeds added to rice straw media on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*. (○) : Avicelase, (□) : CMCase, (Δ) :  $\beta$ -Glucosidase, — : Rice bran, --- : Defatted perilla seeds

제일 효과적이었다. 그러나 *Lyophyllum decastes*의 생육 (洪 등, 1985)은 들깨묵의 농도가 증가함에 따라 현저히 감소하였던 보고를 고려할 때 들깨묵 10~20% 첨가보다는 균생육도 양호하였고 농가에서 쉽게 구입할 수 있다는 면에서 미강 20~30% 첨가가 발효사료 제조에는 바람직하다고 사료된다.

**무기물의 영향**

볏짚에 각종 무기물을 첨가한 결과는 Table II와 같이 cellulase 생산은 부원료 첨가 효과보다 현저하지는 않으나 무기물의 첨가로 증가하였으며, avicelase는  $(NH_4)_2HPO_4$ 와  $CaSO_4$ , CMCase는  $(NH_4)_2HPO_4$ 와  $KH_2PO_4$ ,  $\beta$ -glucosidase는  $(NH_4)_2HPO_4$ 와  $CaSO_4$ 에서 좋아 세효소 모두  $(NH_4)_2HPO_4$  첨가가 가장 효과적이었는데 이는 볏짚의 조성상 탄소원에 비하여 질소원이나 인산함량이 부족한 관계로 생각된다.

**볏짚 전처리(과산화수소 및 과탄산소다 처리)의 영향**

볏짚을  $H_2O_2$ 와  $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$ 의 농도별로 전처리하여 효소생산에 미치는 영향을 검토한 결과는 Table III과 같이 볏짚의 전처리로 효소활성은 증가되어  $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$  처리구의  $\beta$ -glucosidase를 제외하고는  $H_2O_2$ 나  $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$  모두 4% 처리에서 효소생산은 가장 높았고 그 이상의 농도에서는 점차 감소하였으며  $H_2O_2$  처리보다  $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$  처리가 효소생산에는 효과적이었다. 효소생산

**Table II.** Effect of inorganic salts added to rice straw media on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*.

Inorganic salt	conc. (%)	Cellulase activity (glucose $\mu\text{M}/\text{ml}$ )		
		Avicelase	CMCase	$\beta$ -Glucosidase
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.72%	12.57	19.36	7.14
$\text{NaNO}_3$	0.72%	11.36	19.75	7.55
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	0.72%	14.90	23.35	10.14
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	1 %	13.86	21.67	8.59
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	1 %	13.52	21.25	7.55
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1 %	13.69	18.53	7.55
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.5 %	14.21	20.72	8.71
$\text{CaCO}_3$	1 %	12.02	19.08	7.45
None	-	12.02	18.02	6.90

이 alkaline peroxide 처리로 증가되었던 것은 벚짚 중의 lignin이 일부 제거되고 섬유소가 팽윤화되기 때문에 (Gould, 1984) *Lyophyllum decastes*에 의해서 쉽게 이용될 수 있는 형태로 전환되나 고농도 처리에서는 분해가 지나치게 되어 처리후 수세에 의하여 단백질 등 영양성분이 유실되기 때문에 효소생산은 감소하였던 것으로 사료되며 알칼리 처리로 벚짚에서의 *Phanerochaete chrysosporium* (金, 1987) 및 보리짚에서의 *Trichoderma viride* (Peitersen, 1975)와 bagasse에서의 *Trichoderma reesei* (Lille-

hoy 등, 1983)의 cellulase 생산이 증가하였던 보고와 유사하였다.

#### 배양기간중의 성분변화와 소화율

벚짚의 배양기간중 성분변화는 Table IV와 같이 배양기간이 경과함에 따라 NDF, hemicellulose, cellulose, lignin은 감소하여 40일 발효후 그 함량은 대조구에 비하여 cellulose는 92.7%, hemicellulose는 68.3%, lignin은 80.1%로 줄었고 총질소와 회분은 증가하였으며 ADF는 약간 증가하다가 감소하였다. 발효중의 lignin 감소는 섬유소 자원의

**Table III.** Influence of alkaline peroxide treatment of rice straw on the enzyme production by *Lyophyllum decastes*.

Pretreatment	Conc. (%)	Cellulase activity (glucose $\mu\text{M}/\text{ml}$ )		
		Avicelase	CMCase	$\beta$ -Glucosidase
Control	0	12.52	25.04	7.85
$\text{H}_2\text{O}_2$	1	13.08	26.20	8.24
(pH 11.5 adjusted with NaOH)	2	13.71	30.65	9.43
	4	15.53	33.82	11.21
	6	14.65	23.21	9.06
	8	12.67	18.60	7.18
$2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$	12	10.39	17.12	5.63
	1	14.63	29.28	8.47
	2	15.28	32.56	9.33
	4	17.04	35.19	10.32
	6	15.45	33.84	11.92
	8	13.36	25.56	10.86
	12	11.68	24.32	8.28

**Table IV.** Changes in chemical composition and IVDMD of rice straw under fermentation periods by *Lyophyllum decastes*.

Days	NDF	ADF	Hemi-cellulose	Cellulose	Lignin	Total nitrogen	Ash	IVDMD
0	76.08	53.33	22.85	36.84	16.97	1.10	12.86	33.94
15	71.16	54.82	16.34	36.72	16.02	1.18	13.66	37.74
20	70.69	54.49	16.20	36.70	15.61	1.32	14.20	44.21
25	68.80	52.57	16.23	35.25	15.28	1.33	14.29	46.88
30	66.05	50.37	15.68	35.03	14.91	1.48	14.81	51.12
35	61.92	46.56	15.36	34.91	14.58	1.58	15.27	54.95
40	59.87	46.26	15.61	34.16	13.59	1.62	15.59	53.87

cellulase에 의한 분해를 용이하게 하며 hemicellulose와 cellulose의 감소는 *Lyophyllum decastes*에 의해 일부는 이용되고 일부는 중합도가 낮은 소당류 등으로의 분해를 의미하며 총질소 47.3%의 증가는 섬유소 자원의 사료제조시 부족되기 쉬운 단백질의 증가라고 생각할 때 그 의의가 크다고 보며 *Pleurotus ostreatus* (Detroy 등, 1980)의 밀짚발효와 white rot fungi (Reade 등, 1983; Reid, 1985)를 이용한 톱밥의 발효에서와 유사한 경향을 보였다. *In vitro* 소화율은 발효기간이 경과함에 따라 소화율도 점진적으로 증가하여 대조구의 33.9%에 비하여 35일 발효시킨 후에는 55.5%로 21.1% 증가하였고 그 이후에는 감소하였다. 발효 사료제조시 소화율의 증가는 소화에 저해를 주는 lignin을 분해하여 벚짚은 쉽게 소화될 수 있는 상태로 전환되나 (Millett 등, 1976) 발효후기에는 비교적 분해되기 어려운 결정성 cellulose 함량이 상대적으로 증가하여 소화율은 감소되었던 것으로 사료되며 *Phanerochaete chrysosporium*을 (金, 1987) 벚짚에 30일 발효시킬 때 소화율은 13% 증가되었으나 Reade 등 (1983)은 포플라 톱밥에 28일 발효시켰을 때 31%의 소화율 증가를 가져왔다고 보고한 바 있으며 동일품종 벚짚에 동일균주인 *Lyophyllum decastes*의 처리인데도 전보 (洪 등, 1985)의 소화율과 차이가 있었는데 소화율은 측정시 벚짚이나 소의 위액 채취조건에 따라서 차이가 날수 있는 것으로 생각된다.

**摘 要**

*Lyophyllum decastes*의 발효사료 제조를 위한 cellulase 생산은 30°C, pH 6.0, 수분 60~70% 범위에서 15일간 배양하는 것이 좋았다. 부원료로 미

강 30~40%와 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.72%를 첨가하고 벚짚을 4% alkaline peroxide로 전처리하면 cellulase 생산은 증가하였다. 벚짚에 *Lyophyllum decastes*를 40일간 발효시켰을 때 lignin은 19.9% 분해되었고 총질소는 대조구의 1.1%에서 1.6%로 증가되었다. 발효가 진행됨에 따라 벚짚의 *in vitro* 소화율은 증가하여 35일 발효 후에는 대조구에 비하여 21.1% 증가하였다.

**參考文獻**

AOAC.(1980): Official methods of analysis. 13thed., Washington, D.C.  
 Berghem, L.E.R. and Pettersson, L.G.(1973): The mechanism of enzymatic cellulose degradation; Purification of a cellulolytic enzyme from *Trichoderma viride* active on highly ordered cellulose. *Eur. J. Biochem.* **37**: 21-30.  
 Crampton, E.W. and Maynard, L.A.(1938): The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value of animal feeds. *J. Nutrition.* **15**: 385-395.  
 Deschamps, F. and Huet, M.C.(1984):  $\beta$ -Glucosidase production by *Aspergillus phoenicis* in solid state fermentation. *Biotechnol. Lett.* **6**: 55-60.  
 Deschamps, Giuliano, F.C., Huet, M.C. and Rousos, S.(1985): Cellulase production by *Trichoderma harzianum* in static and mixed solid-state fermentation reactors unders nonaspetic condition. *Biotechnol. Bioeng.* **27**: 1385-1388.  
 Detroy, R.W., Lindenfelser, L.A., Julian, JR., G. ST. and Orton, W.L.(1980): Saccharification of wheat-straw cellulose by enzymatic hydrolysis following fermentative and chemical pretreat-

- ment. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* **10**: 135-148.
- Eslyn, W.E., Kirk, T.K. and Effland, M.J.(1975): Changes in the chemical composition of wood caused by six soft rot fungi. *Phytopathology.* **65**: 473-476.
- Goering, H.K., Van Soest, D.J.(1970): Forage fiber analysis(apparatus, reagents, procedures, and some application) *USDA. Agr. Hand Book No* 379.
- Gould, J.M.(1984): Alkaline peroxide delignification of agricultural residues to enhance enzymatic saccharification. *Biotechnol. Bioeng.* **26**: 46-52.
- Han, Y.W.(1975): Microbial fermentation of rice straw; Nutritive composition and in vitro digestibility of the fermentation products. *Appl. Microbiol.* **29**: 510-514.
- Hartly, R.D., Jones, E.C. King, N.J. and Smith, G. A.(1974): Modified wood waste and straw as potential components of animal feeds. *J. Sci, Fd. Agric.* **25**: 433-437.
- Lillehoj, E.B. and Han, Y.W.(1983): Chemical and gamma-ray modified bagasse as substrates for bioproduction of cellulases and protein. *Biotechnol. Bioeng.* **25**: 2077-2084.
- Matrone, G.(1944): A study of lignin cellulose methods for the chemical evaluation of feeds. M. S. thesis, *Cornell University. Ithaca, N.Y.*
- Miller, G.L.(1959): Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* **31**: 426-428.
- Millett, M.A., Baker, A.J. and Satter, L.D.(1976): Physical and chemical pretreatment for enhancing cellulose saccharification. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* **6**: 125-153.
- Nisizawa, T., Suzuki, H. and Nisizawa, K.(1971): De novo synthesis of cellulase induced by sophorose in *Trichoderma viride* cells. *J. Biochem.* **70**: 387-392.
- Peiterson, N.(1975): Production of cellulase and protein from barley straw by *Trichoderma viride*. *Biotechnol Bioeng.* **17**: 361-374.
- Rao, M., Mishra, C., Seeta, R., Srinivasan, M.C. and Deshpande, V.V.(1983): *Penicillium janthinellum* as a source of fungal biomass protein from lignocellulosic waste. *Biotechnol. Lett.* **5**: 301-304.
- Reade, A.E., McQueen, R.E.(1983): Investigation of white-rot fungi for the conversion of poplar into a potential feedstuff for ruminants. *Can. J. Microbiol.* **29**: 459-463.
- Reid, I.D.(1985): Biological delignification of aspen wood by solid-state fermentation with the white-rot fungus *Merulius tremellosus*. *Appl. Environ. Microiol.* **50**: 133-139.
- Saxena, S.K., Bisaria, V.S., Verma, J. and Gopalkrishnan, K.S.(1985): Lignin degrading potential of new isolate of *Coriolus hirsutus*, *J. Ferment. Technol.* **63**: 307-310.
- Tilley, J.M.A. and Terry, R.A.(1963): A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland. Soc.* **18**: 104-111.
- 金東翰(1987) : *Phacerochaete chrysosporium*에 의한 cellulase 생산 및 이용에 관한 연구. 전북대학교 대학원 박사학위논문 : 1 - 110.
- 金範泰(1983) : 醱酵處理 볏짚과 alkali處理 볏짚의 in vitro 消化率에 관한 試驗. 韓畜誌. **25**: 90 - 94.
- 金春洙, 裴武, 李南珩(1977) : 볏짚의 飼料價値 增進에 관한 연구. 韓畜誌 **19**: 356 - 362.
- 農水産部(1985) : 農林水産統計年報.
- 孟元在(1976) : 低質粗飼料의 飼料價値 改善에 관한 研究. 1. 알칼리 處理에 依한 藪子짚의 消化率 改善과 化學的 成分의 變化. 韓畜誌 **18**: 499 - 504.
- 辛炯泰, 朴允昌(1980) : 化學的 處理에 依한 藪子짚의 飼料價値 增進 연구. 韓畜誌 **22**: 51 - 68.
- 李澤遠, 金法會(1982) : 느타리버섯 種菌의 接種에 依한 藪子짚의 飼料價値 개선에 관한 연구. 韓畜誌 **24**: 476 - 481.
- 李種培(1984) : 合成培地에서 *Pleurotus sp.*가 生産하는 纖維素分解酵素에 관한 연구. 전북대학교 대학원 석사학위논문 : 1 - 32.
- 洪載植, 金中晚, 鄭鎮澈, 李泰圭, 金東翰, 金明坤, 李克魯(1985) : 擔子菌을 利用한 醱酵飼料에 관한 연구. 韓畜誌. **13**: 157 - 168.