

## *Pleurotus sajor-caju*가 生産하는 纖維素 分解 酵素의 性質에 관한 研究

洪載植 · 李址烈\* · 金東翰 · 柳根錫  
全北大學校 食品加工學科 · \*全州教育大學

## Studies on Characteristics of the Cellulolytic Enzymes Produced by *Pleurotus sajor-caju*

Jai Sik Hong, Ji Yul Lee\*, Dong Han Kim and Gun Sok Lyu

Department of Food Science Technology, Chonbug National University, Chonju 520 and  
\*Chonju College of Education, Chonju 520, Korea

**Abstract:** Some properties of cellulolytic enzymes produced by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017 during its growth in synthetic medium were investigated. The optimum pH of avicelase, CMCCase, and  $\beta$ -glucosidase was pH 5.5, pH 4.5 and pH 6.0, respectively. Avicelase and CMCCase were stable within pH 5.0 to 6.0 and 4.0 to 6.0, respectively, and  $\beta$ -glucosidase was within pH 5.5 to 6.5. The optimum temperature of avicelase, CMCCase and  $\beta$ -glucosidase was the same of 40°C. The enzymes were stable below the optimum temperature, but the enzymes were unstable over the temperature of 50°C, and avicelase was losing about 91.7% of activity at 70°C for 10 min. The enzyme activity of avicelase and CMCCase was increased in proportion to the substrate concentration within 1% and 0.7%, respectively, and  $\beta$ -glucosidase was within 0.1%. The Michaelis constants (Km) of avicelase and CMCCase were 30.77mg avicel/ml and 14.64m Na-CMC/ml, respectively and  $\beta$ -glucosidase was 5.13mg salicin/ml. The reducing sugar production of avicelase was proportionally increased until 120 min. and CMCCase and  $\beta$ -glucosidase were until 60min. The activity of three cellulolytic enzymes were increased by  $\text{Ca}^{2+}$  at the concentration of  $10^{-2}\text{M}$ , but were inhibited by  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{+}$ .

**Keywords:** *Pleurotus sajor-caju*, Cellulolytic enzymes, Avicelase, CMCCase,  $\beta$ -Glucosidase.

纖維素는 地球上에 제일 많이 存在하는 有機物質로 太陽이 存在하는 한 每年 1,000億 ton以上이 生産된다고 하며 再生産이 可能한 資源으로 6,000~10,000개 정도의 無水 glucopyranose가 주로  $\beta$ -1.4結合에 의해 연결되고 약간의 cross-linkage로 축합된 高分子化合物이다. Cellulase (1.4- $\beta$ -D-glucan-4-glucanohydrolase)는 纖維素를 加水分解하는 酵素로 重合도에 따라 이에 作用하는 cellulase의 種類가 달라진다고 하며 Reese 등 (1950)은 cellulase는 天然纖維素 즉 어느정도 重合도를 가진  $\beta$ -1.4-glucan을 分解하는  $\text{C}_1$ -cellulase (exo- $\beta$ -1.4-cellobiohydrolase)와 부분적으로 分解된 glucan이

나 再生纖維素와 같이 結晶性을 잃은 纖維素에 作用하는  $\text{C}_x$ -cellulase (endo- $\beta$ -1.4-glucanase)와 최후에 glucose까지 分解하는  $\beta$ -glucosidase의 3種의 酵素가 연속적으로 作用한다고 報告한바 있다. 이러한 纖維素分解 酵素의 生産에 관한 研究는 無脊推動物의 cellulase (Yokoe, 1966)를 비롯하여 *Trametes sanguinea* (Katsuharu et al. 1966), *Aspergillus* sp. (李 등 1977), Thermophilic fungi (Jain et al. 1979), *Pyricularia oryzae* (Sirgh et al. 1980)에 대하여, Kawai (1973 a, b)는擔子菌類間·酵素生産의 比較와 分布에 관하여 報告한바 있다. 또한 이들 纖維素分解酵素의 性質에 대하여는

Matsumura 등 (1963, a, b, c, d)은 *Aspergillussaitoi*가 생산하는 cellulase의 성질에 대하여 보고한바 있고 *Trichoderma* sp.의 cellulase중 濾紙崩壞活性에 대한 Koaze 등(1964)과 Ogawa 등(1964)의 報告, avicelase에 대한 Yoshimi 등 (1974)의 研究, *Trametes sanguinea*에 대한 Nara 등(1965)의 研究와 *Aspergillus aculeatus*에 관한 Jinshu 등(1979)과 Sakamoto 등(1982)의 研究를 비롯하여 盧 등(1982)등은 *Rhizopus* sp. 鄭(1971)은 *Myriococcum albomyces*가 생산하는 cellulase의 생산과 성질에 대하여, Wakabayashi 등(1966)과 Kanda 등(1970)은 *Irpex lacteus*가 생산하는 cellulase에 관하여 報告한 바 있다. 한편 Toyama 등(1966)은 이러한 cellulase를 이용한 綠茶成分의 抽出에 관하여, Imai 등(1966)은 擔子菌을 이용한 植物細胞膜의 分解에 대하여 研究 報告한 바 있다. 著者는 느타리버섯중에서 纖維素分解力이 높고 비교적 高溫에서 cellulase를 생산하는 *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017(李 1984)을 合成培地에서 振盪培養하고 纖維素 分解酵素를 抽出하여 이의 作用 最適 pH, pH安定性, 作用 最適 溫度, 熱安定性, 이의 活性에 미치는 基質濃度, 反應時間 및 金屬 ion의 影響을 檢討하여 그 結果를 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 供試 菌株

全北大學校 農科大學 醱酵微生物學 研究室에서 保管하고 있는 *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017을 供驗菌株로 使用하였다.

### 培地의 組成

Cellulose powder 1.0g, urea 0.2g,  $KH_2PO_4$  0.2g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.04g,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  0.03mg, folic acid 3 $\mu$ g, thiamine-HCl 0.05mg을 蒸溜水 100ml에 녹인다음 pH5.5로 調整하여 使用하였다.

### 培養 方法

상기 培養液 50ml을 250ml삼각 flask에 넣어, 25°C에서 7日間 前培養한 供驗菌株를 Waring blender (15,000rpm)로 1分間 磨碎한 懸濁液을 3ml씩 接種하여 shaking incubator를 使用하여 250°C에서 100rpm의 속도로 10日間 培養하였다.

### 酵素液의 調製

10日間 培養한 培養液을 遠心分離(6,000rpm 20min)한 후 上澄液에  $(NH_4)_2SO_4$ 를 0.8飽和度가 되게 加한 다음 遠心分離하였다. 生成된 沈澱을 소량의 Mcllvaine

buffer (pH 5.5)로 溶解시킨후 동일한 緩衝液으로 3°C에서 8時間마다 緩衝液을 갈아주면서 24時間 半透性膜 (Fisher Co, U.S.A.)을 使用하여 透析하고 粗酵素液으로 使用하였다.

### 酵素의 活性度 測定

#### 1) Avicel 糖化 活性(Avicelase)

1% avicel 懸濁液 2ml에 Mcllvaine 緩衝液(pH 5.5) 2ml를 往復振盪器用 L형 시험관에 취하고 粗酵素液 1ml를 가하여 40°C 水槽에서 2時間 反應시킨후 離離된 還元糖을 Somogyi-Nelson法 (Nelson, 1944; Somogyi, 1952)에 의하여 比色定量하고 酵素液 1ml로 生成된 還元糖(glucose)의  $\mu$ g을 活性의 比較單位로 하였다(Matsumura et al., 1963 a; 鄭 1971, Wakabayashi et al., 1966)

#### 2) CMC 糖化 活性(CMCCase)

0.5% Na-CMC 溶液 2ml에 Mcllvaine 緩衝液(pH 4.5) 2ml, 粗酵素液 1ml를 가하고 40°C水槽에서 60分間 反應시켜 離離하는 還元糖을 avicelase 活性測定에 서와 同一하게 測定하였다.

#### 3) $\beta$ -Glucosidase

0.1% salicin溶液을 基質로 하여 pH 6.0에서 CMCase 活性測定方法과 同一하게 測定하였다(李, 1984).

## 結果 및 考察

### 作用 最適 pH

Mcllvaine buffer를 使用하여 pH3.5~7.0에서 酵素 活性의 相對活性度를 比較 檢討한 結果는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서와 같이 酵素의 作用最適 pH는 avicelase는 pH5.5, CMCCase는 pH4.5,  $\beta$ -glucosidase는 pH6.0으로 이 pH범위를 벗어나면, 이들 酵素의 活性이 급격히 떨어졌다. 李(1984)의 *Pleurotus sajor-caju*의 酵素生産은  $C_1$ -cellulase에서 pH5.5,  $C_x$ -cellulase는 pH 5.0,  $\beta$ -glucosidase는 pH 6.5부근에서 제일 良好하였다는 報告와 比較하여 볼때 avicelase는 잘 一致하나, CMCCase와  $\beta$ -glucosidase는 다소 差異가 있으며, pH는 酵素生産보다 酵素活性에서 더 敏感하게 影響을 미칠 수 있었다. *Asp.saitoi*(Masumura et al. 1963a)가 生産하는 酵素의 作用最適 pH가 膨潤 cellulose分解酵素는 pH 3.0, CMCCase가 pH4.0,  $\beta$ -glucosidase는 pH 5.0이었으며 *Myriococcum albomyces*(鄭 1971)의 酵素인 경우 avicelase가 pH4.0~4.5, CMCCase는 pH 4.5로 報告된바 있는데 本 實試結果에서는 作用最適

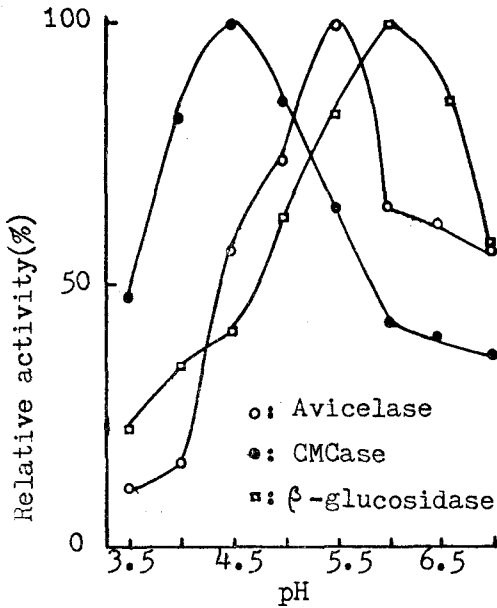


Fig. 1. Effect of pH on activity of cellulolytic enzymes by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

pH가 이보다 높았다.

**pH 安定性**

酵素液을 각 pH의 緩衝液 2倍量과 混和하여 소정의 pH로 한다음 30°C에서 120分間 방치한 후 다시 緩衝液으로 作用最適 pH로 再調整하여 一定量으로 하고 酵素의 殘存한 相對活性度를 測定한 結果는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서와 같이 avicelase는 pH 5.0~6.0, CMCase는 pH4.0~6.0,  $\beta$ -glucosidase는 pH 5.5~6.5의 범위에서 90%以上の 安定性を 維持하였으며 avicelase는 pH4.5~6.5, CMCase는 pH 4.5~7.0의 범위에서 80%以上の 安定性を 보였다. 그리고 CMCase가 avicelase와  $\beta$ -glucosidase보다 pH 安定범위가 약간 넓었으며 이들 범위를 벗어나면 酵素의 安定성은 급격히 減少하였다. 이는 *Asp. saitoi* (Masumura *et al.*, 1963a)의 膨潤 cellulose分解酵素가 pH 3.5~6.2, CMCase가 pH2.9~6.5,  $\beta$ -glucosidase가 3.0~6.0범위에서 定定하였고, *Myriococcum albomyces*(鄭, 1971)의 avicelase가 pH3.5~7.5, CMCase가 pH3.0~8.0, *Trametes sanguinea* (Nara *et al.*, 1965)의 hydrocellulose比濁活性이 pH3.0~9.0, *Fomitopsis cytisina*와 *Irpex lacteus* (kawai, 1972b)의 경우 각각 pH 4.0~7.0과 pH 2.6~8.2에서 macerating activity가 安定하다고 報告하였는

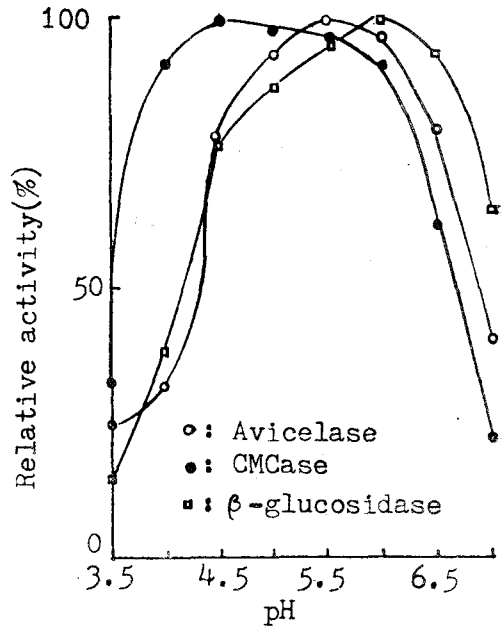


Fig. 2. Effect of pH on stability of cellulolytic enzymes by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

데, 이에 比하면 本 酵素는 좁은 범위에서 pH安定性を 보였다.

**作用 最適 溫度**

本 酵素의 作用 最適 溫度를 알아 보기 위하여 反應液의 pH를 作用 最適 pH로 조절하여 30~70°C 범위의 各 溫度에서 酵素活性을 測定한 結果는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서와 같이 이들 cellulase 作用最適溫度가 모두 40°C이었으며 이 溫度를 벗어난 溫度 범위에서의 活性을 比較하여 보면  $\beta$ -glucosidase가 30~50°C의 溫度에서 83% 以上 酵素活性을 보인 반면, avicelase는 30°C에서 30.9%, 50°C에서는 71.5%로 현저히 減少하였으며, 50°C 이상의 溫度에서는 酵素活性이 현저히 減少함을 알수 있었다. 이러한 結果는 *Asp. saitoi* (Masumura *et al.*, 1963a)의 膨潤 cellulose分解酵素가 50°C, CMCase가 45°C,  $\beta$ -glucosidase가 60°C로 비교적 넓은 溫度범위에서 活性을 維持하였고, *Myriococcum albomyces*(鄭, 1971)의 avicelase가 55~60°C, CMCase와  $\beta$ -glucosidase가 65°C에서 最高의 活性을 보였다. 이 報告에 比하면 本 酵素의 最適溫度는 상당히 낮았다. 그리고 *Irpex lacteus*(Wakabayashi *et al.*, 1966)의 CMCase가 40~50°C였다는 報告와는 類似한 結果를 보였으며 李(1984)의 *Pleurotus sajor-caju*에서 酵素生産

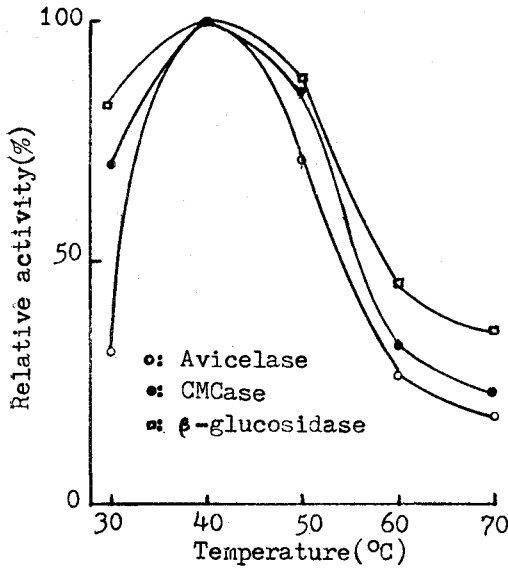


Fig. 3. Effect of temperature on activity of cellulolytic enzymes by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

이 C<sub>1</sub>-cellulase는 25°C C<sub>x</sub>-cellulase와 β-glucosidase가 30°C이었던 것으로 미루어 보아 酵素生産과 酵素의 作用溫度는 서로 相異함을 알 수 있었다.

熱 安定性

本 酵素의 熱 安定性을 보기 위하여 酵素液을 30~70°C의 溫度에서 10分間 放置한 후 殘存酵素 活性을 測定한 結果는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서와 같이 이들 酵素는 40°C 以下에서는 安定하였으나 그 以上의 溫度에서는 酵素活性을 잃었고 失活程度는 avicelase, CMCase, β-glucosidase順으로 줄어들었으며 50°C 以上에서는 급격한 減少를 보여 avicelase는 70°C, 10分에 거의 失活하여 8.3%程度의 殘存活性을 보였다. *Trametes sanguinea* (Nara et al., 1965)의 hydrocellulase 比濁活性과 *Asp. aculeatus* (Jinshu, 1979)의 CMCase는 40°C에서 별다른 영향이 없다가 70°C, 10分에 80% 程度 失活하였다는 報告와 類似 하나 *Rhizopus sp.* (盧 등, 1982)와 *Irpex lacteus* (Wakabayashi et al., 1966)의 CMC cellulose hydrolyzing enzyme이 70°C, 10分間의 熱處理로 60%程度 失活하였다는 報告와는 다소 差異가 있었다 그리고 *Asp.saitoi* (Matsumura et al. 1963 a)의 膨潤 cellulose分解 酵素가 60°C, 10分에 50%, CMCase가 20%까지 失活했다고 하였고, *Myriococcum albomyces* (鄭, 1971)의 경우 60°C, 2時間까지는 avicelase, CMCase가 거의 安

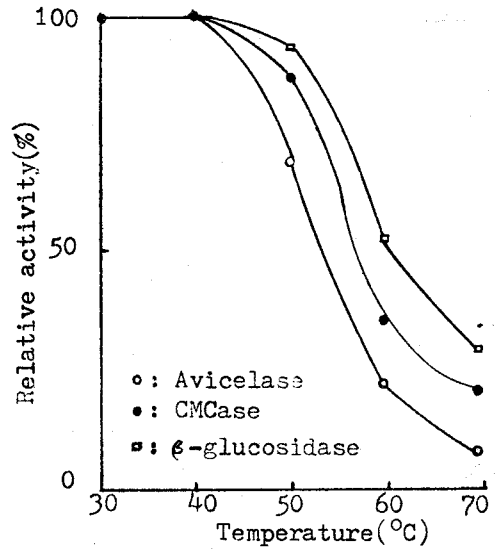


Fig. 4. Effect of temperature on stability of cellulolytic enzymes by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

定하였다는 報告와는 상당한 差異가 있었다.

基質 濃度의 影響

酵素의 濃度를 固定하고 基質의 濃度를 avicel은 0.2~1.4%, Na-CMC는 0.1~1.3%, salicin은 0.02~0.14%의 各 濃度別로 조절하여 酵素活性을 測定한 結果는 fig. 5와 같다.

Fig. 5에서와 같이 基質의 濃度가 높아질수록 還元

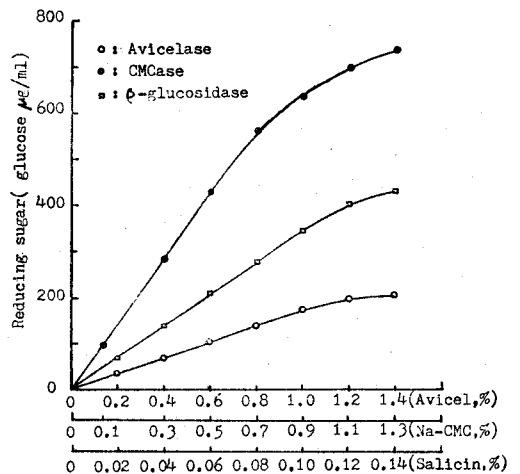


Fig. 5. Relationship between substrate concentration and enzymes activity by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

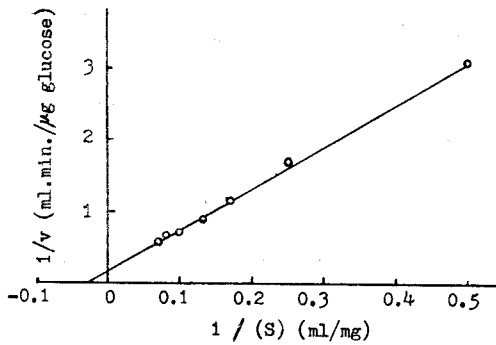


Fig. 5-1. Lineweaver-Burk plot for the action of Avicelase by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

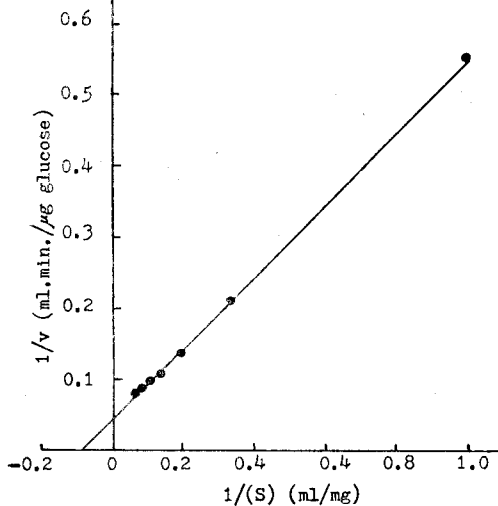


Fig. 5-2. Lineweaver-Burk plot for the action of CMCCase by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

糖이 增加되었으나 avicelase는 1%, CMCCase는 0.7%,  $\beta$ -glucosidase는 0.1% 이상의 濃度에서는 直線的으로 增加하지는 않았다. *Myriococcum albomyces*(鄭, 1971)의 경우 avicelase는 12時間의 作用에서는 0.5%, CMCCase 10分間에 0.5% CMC가 7ml 될때까지는 直線的으로 增加하였다는 報告와 比較하여 볼때 *Pleurotus sajor-caju*에서 生産하는 cellulase가 *Myriococcum albomyces*에 비해 avicelase活性은 높으나 CMCCase는 낮음을 알 수 있었고 以上の 結果로 酵素의 活性度 測定時 基質의 濃度는 avicelase는 avicel 1%, CMCCase는 Na-CMC 0.5%,  $\beta$ -glucosidase는 0.1% salicin 濃度에서 行하였다. 또한 基質濃도와 活性度の 關係를 Lineweaver-Burk의 方法으로 plot한 結果 Fig. 5-1, 2, 3에서

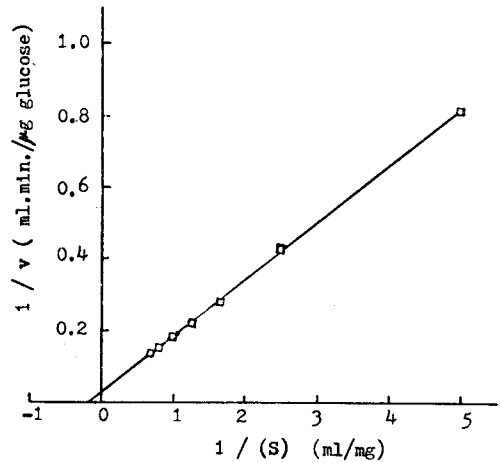


Fig. 5-3. Lineweaver-Burk plot for the action of  $\beta$ -gucosidase by *Pleurotus sajor-ju* JAFM 1017.

와 같이 avicelase의  $k_m$ 値는 30.77mg avicel/ml,  $V_{max}$ 値는 5.46 $\mu$ g g/ml·min이었고, CMCCase는  $K_m$ 値가 14.64mg CMC/ml,  $V_{max}$ 値는 26.95 $\mu$ g/ml, min이며,  $\beta$ -glucosidase는  $K_m$ 値 5.13mg salicin/ml( $1.179 \times 10^{-2}$  Mol),  $V_{max}$ 値는 33.33 $\mu$ g/ml·min이었으며 *Asp. saitoi*(Matsumura et al., 1963 d)의 CMCCase에서  $K_m$ 値가 6,575mg/ml였다는 報告보다는  $k_m$ 値가 큰 값을 나타내었으나 *Pellicularia filamentosa* (Tanaka et al., 1979)의 cellulase가 crystalline cellulose를 分解할 때의  $K_m$ 値가 33mg/ml이었다는 報告와는 本 實試의 avicelase에서 類似的한 結果를 보였다.

#### 反應 時間의 影響

酵素活性에 미치는 反應時間의 影響을 檢討하기 위하여 反應時間을 10~120分間으로 하여 經時的으로 反應시킨 結果는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서와 같이 反應時間의 경과에 따라 糖의 生成은 점진적으로 增加되었고 avicelase는 120分, CMCCase와  $\beta$ -glucosidase는 60分까지는 比例的인 關係를 나타내었으나 그 이후부터는 比例的인 關係를 볼 수가 없었는데 이는 酵素反應時 分解產物인 glucose에 의해서 feed back inhibition作用을 받는 것이 아닌가 생각 된다.

#### 金屬 이온의 影響

酵素反應液에 各 鹽類의 最終濃度를  $10^{-2}$ M되게 加하여 이들 ion이 酵素의 活性에 미치는 影響을 檢討한 結果는 Table I과 같다.

Table I에서와 같이  $Ca^{2+}$ 은 3가지 酵素 모두에서

摘 要

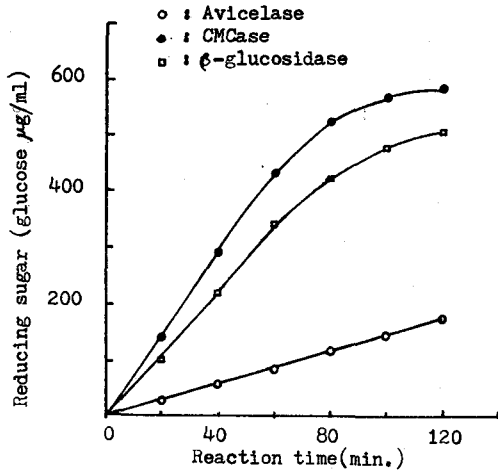


Fig. 6. Relationship between reaction time and enzymes activity by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

Table I. Effect of on relative activity of cellulolytic enzymes by *Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017.

Salts	Avicelase	CMCase	β-glucosidase
None	100	100	100
AgNO <sub>3</sub>	—	22.5	32.5
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	111.3	113.6	112.1
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	89.7	94.0	92.3
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	86.0	94.6	90.4
HgCl <sub>2</sub>	—	7.2	—
KCl	99.5	102.3	100.0
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	98.0	99.0	97.2
Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	102.4	102.2	103.1

약간의 효소 활성을 증가시켰으나, Hg<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup> 등은 이들 효소의 활성을 크게 저해하였다. *Asp. Saitoi* (Matsumura *et al.*, 1963 d)는 CMCase에서 Cu<sup>2+</sup>는 10<sup>-3</sup>M에서 1.7 배, Co<sup>2+</sup>는 10<sup>-4</sup>M에서 1.6배賦活시켰고 Cd<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>도賦活效果가 있었으나, Hg<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>은 저해의이라고報告하였는데 이는 Hg<sup>2+</sup> Ag<sup>+</sup>을 제외하고는 큰 차이가 있었으나 *Myriococcum albomoces* (鄭, 1971)의 CMCase를 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>는 10<sup>-3</sup>M濃度에서賦活시켰으나, Hg<sup>2+</sup>, Hg<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>는 강하게 저해하였다는報告와는 Mg<sup>2+</sup>을 제외하고는本實驗結果와類似點이 많았다.

*Pleurotus sajor-caju* JAFM 1017을合成培地に培養하여培養中に生成된纖維素分解酵素의性質을檢討한結果,作用最適pH는avicelase가pH5.5,CMCase는pH4.5,β-glucosidase는pH6.0이었고,pH安定범위는avicelase는pH5.0~6.0,CMCase는pH4.0~6.0,β-glucosidase는pH5.5~6.5이었다.最適溫度는avicelase,CMCaseβ-glucosidase모두40°C이었고熱安定性은最適溫度以下에서安定性を보였으나50°C以上에서는不安定하여avicelase는70°C,10분에8.3%程度의殘存活性을보였다.酵素의活性은基質濃度가增加함에따라增加하여avicelase는1%,CMCase는0.7%,β-glucosidase0.1%까지比例의으로增加하였으며 이들의Km値는avicelase가30.77mg·avicel/ml,CMCase는14.64mgCMC/ml,β-glucosidase는5.13mg salicin/ml이었다.反應時間에따른還元糖의生成은Avicelase는120분CMCase와β-glucosidase는60분까지比例의으로增加하였다.金屬ion의影響은Ca<sup>2+</sup>은10<sup>-2</sup>M濃度에서酵素의活性을增加시켰으나Hg<sup>2+</sup>,Ag<sup>+</sup>은크게저해하였다.

文 獻

Imai, T. and Kuroda, A. (1966): Decomposition of plant cell membrane with cellulase. *J. Ferment. Technol.* 44:854-857.

Jain, M.K., Kapoor, K.K., Mishra, M.M. (1979): Cellulase activity, degradation of cellulase and lignin, and humus formation by thermophilic fungi. *Trans. B. Mycol. Soc.* 73:85-89.

Kanamoto, J., Sakamoto, R., Arai, M. (1979): Enzymatic properties of two carboxymethyl cellulose hydrolyzing enzymes from *Aspergillus aculeatus*. *J. Ferment. Technol.* 57:163-168

Kanda, T., Wakabayashi, K. and Nisizawa, K. (1970): Purification and properties of two cellulase components obtained from *Irpex lacteus* (*Polyporus tulipiferae*) (1970): *J. Ferment. Technol.* 48:830-834.

Katsuharu, Y., Maszhiro, O., Masayohi, T. (1966): Studies on the enzymes produced by *Trametes sanguinea* (III) Solubilization of yeast and soybean meal by the enzymes from *Trametes sanguinea*. *J.*

- Ferment. Technol.* 44:849-853.
- Kawai, M. (1973a): A comparison of the productivity of some hydrolases among systematic groups of the *Basidiomycetes*. *J. Agri. Chem. Soc. Japan* 47:633-637.
- Kawai, M. (1973b): Productivity of amylolytic, cellulolytic and xylolytic enzyme among the *Basidiomycetes*. *J. Agri. Chem. Soc. Japan* 47:529-534.
- Kawai, M. and Abe, S. (1972a): Maceration of plant tissues by *Basidiomycetes*. (1) Screening tests of *Basidiomycetes* on the production of macerating enzymes. *J. Ferment. Technol.* 50:685-690.
- Kawai, M. (1972b): Maceration of plant tissues by *Basidiomycetes*. (2) On some sorts of polysaccharide decomposing activities of crude enzyme preparations. *J. Ferment. Technol.* 50:691-697.
- Kawai, M. (1972c): Maceration of plant tissues by *Basidiomycetes*. (3) Fractionation of crude enzyme preparations. *J. Ferment. Technol.* 50:698-703.
- Matsumura, C., Maejima, K. (1963a): Studies on cellulolytic enzymes produced by *Aspergillus saitoi*. Action of partially purified cellulase (I). *J. Ferment. Technol.* 41:154-158.
- Matsumura, C., Maejima, K. (1963b): Studies on cellulolytic enzymes produced by *Aspergillus saitoi*. Purification of *Aspergillus saitoi* cellulase (II). *J. Ferment. Technol.* 41:158-163.
- Matsumura, C., Maejima, K. (1963c): Studies on cellulolytic enzymes produced by *Aspergillus saitoi*. A few properties of the purified carboxymethyl cellulase (III). *J. Ferment. Technol.* 41:164-168.
- Matsumura, C., Maejima, K. (1963d): Studies on cellulolytic enzymes produced by *Aspergillus saitoi*. Inhibition and activation of carboxymethyl cellulase (IV). *J. Ferment. Technol.* 41:168-173.
- Nara, K., Fugono, T. and Yoshino, H. (1965): Studies on the enzymes produced by *Trametes sanguinea*. (V) Partial purification and fractionation of the cellulolytic enzyme system of *Trametes sanguinea*. *J. Ferment. Technol.* 43:653-660.
- Nelson, H.A., (1964): Photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153:375-380.
- Ogawa, K., Toyama, N., (1964): Resolution of *Trichoderma viride* cellulolytic complex. (1) Isolation of cellulolytic component capable of degrading filter paper. *J. Ferment. Technol.* 42:199-206.
- Reese, E.T., Siu, R.G.H., and Levinson, H.S. (1950): The biological degradation of soluble cellulose derivatives and its relationship to the mechanism of cellulase hydrolysis. *J. Bacteriol.* 59:485-497.
- Sakamoto, R., Hayashi, H., Moriyama, K., Arai, M. and Muraio, S. (1982): Enzymatic hydrolysis of cellulose substances by the cellulase from *Aspergillus aculeatus*. *Soc. Ferment. Technol Japan, Osaka* 60:333-341.
- Sirgh, N. and Kumene, I.S. (1980): Cellulose decomposition by four isolates of *Pyricularia oryzae*. *Mycologia* 72:182-190.
- Somogyi, M. (1952): Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 159:12-23.
- Tanaka, M., Taniguchi, M., Morita, T., Matsuno, R., and Kamikubo, T. (1979): Effect of chemical treatment of solubilization of crystalline cellulose and cellulosic wastes with *Pellicularia filamentosa* cellulase. *J. Ferment. Technol.* 57:186-190.
- Tomita, Y., Suguki, Y. and Nisizawa, K. (1974): Further purification and properties of "Avicelase" a cellulase component of less-random type. *J. Ferment. Technol.* 52:233-246.
- Toyama, N. and Owatashi, H. (1966): Extraction of green tea components from manufactured tea leaves using cellulase and cell separating enzyme. *J. Ferment. Technol.* 44:830-834.
- Wakabayashi, K., Kanda, T., Nisizawa, K. (1966): Separation of two cellulase components from a culture filtrate of *Irpex lacteus* and some of their properties. *J. Ferment. Technol.* 44:669-681.
- Yokoe, Y. (1966): Cellulase in *Invertebrates*. *J. Ferment. Technol.* 59:858-867.
- 盧惠媛, 金相達, 都在浩, 姜成浩 (1982): 人蔘腐敗菌中 *Rhizopus* Sp. G-211이 生産하는 cellulase에 관한 研究. 韓産微誌 10:1-7.
- 李永祿, 朴龍根 (1977): 한국산 *Aspergillus*의 cellulase 활성에 관한 研究 (第二報) 菌株의 系統과 酵素活性. 韓産微誌. 15:113-121.
- 李種培 (1984): 合成培地에서 *pleurotus sp.*가 生産하는 纖維素 分解酵素에 관한 研究 全北大學校 大學院

碩士學位論文

cellulase에 관한 研究. 韓農化誌 14:59-97.

鄭東孝(1971): *Myriococcum albomyces*가 生産하는

(Received August 31, 1984)