

[J. Ferment. Technol., Vol. 50, No. 10, p. 691~697, 1972]

## 担子菌による植物組織の崩壊

(第 2 報) 粗酵素の各種多糖類分解活性について

川合 正允

(協和醸酵工業株式会社, 東京研究所)

### Maceration of Plant Tissues by *Basidiomycetes*

#### (II) On Some Sorts of Polysaccharide Decomposing Activities of Crude Enzyme Preparations

Masanobu Kawai

(Kyowa Hakko Kogyo Co., Ltd., Tokyo Research Laboratory, Asahi-machi, Machida, Tokyo)

Two *Basidiomycetes* strains, *Fomitopsis cytisina* and *Irpex lacteus*, were cultivated in a 30 l jar fermenter and crude enzyme preparations were prepared from the culture broth.

Macerating, pectolytic, and cellulolytic activities of these two preparations were compared with those of some enzyme preparations on the market (Macerozyme and Cellulase "Onozuka" P-500). It was found that all activities tested of the two preparations per weight of crude enzyme powder were 2 to 5 times higher than those of commercial enzyme preparations.

Next, some enzymological properties of these two preparations were investigated.

The optimum pH value of the enzyme preparation of *F. cytisina* for the maceration of potato-tuber was about 5.0, whereas that of *I. lacteus* was more acidic (4.0-5.0).

The enzyme obtained from *F. cytisina* was almost stable within the pH range of 4.0-7.0, but that obtained from *I. lacteus* was stable within a wider pH range below 7.0.

The optimum temperatures for the potato-tuber maceration of these two preparations were around 45-50 °C. The macerating activity of these enzymes was reduced to almost nothing by heat treatment at 60 °C for 10 min.

From the investigation of the pectolytic activity of these two preparations, it was revealed that these preparations did not contain pectin esterase (PE) and pectin and/or pectic acid transesterase (PTE), but did contain polygalacturonase (PG) or polymethylgalacturonase (PMG). Moreover, these preparations were able to hydrolyze pectin more easily than pectic acid.

The enzyme preparation of *I. lacteus* is quite different from that of *F. cytisina* in the point that the former contained a cellulolytic enzyme with a high activity for the decomposition of filter paper, a  $\beta$ -1, 3-glucanase, and a xylanase. The latter showed much weaker  $C_2$ ,  $C_x$ ,  $\beta$ -1, 3-glucanase, and xylanase activities. The activities of the enzymes of the latter organism were one-twenty fifth to one-seventyth of those of the former.

Optimum pH values for the activity of all the enzymes mentioned above (except  $C_2$  activity, the optimum pH value of which was 4.0-4.5) were much the same, around pH 5.0.

The two enzyme preparations seemed to be almost free from any proteolytic enzymes.

From the result of a comparison of the macerating and polysaccharide decomposing activities of these two preparations with those of some commercial preparations, it was supposed that some sort of endo-PG with higher affinity to an esterified substance than to a non-esterified one has something to do with maceration. However, it is possible that a complicated reaction of a pectolytic enzyme with  $C_2$  activity or a xylanase activity has a part in maceration.

### 緒 論

前報<sup>1)</sup>に報告したように、*Fomitopsis cytisina* および *Irpex lacteus* (Z-82) より調製した酵素標品は、植物組織崩壊活性が強く、植物柔組織を容易に単細胞に解離させる。培養実験の結果から考えて、両株とも pectinase を誘導酵素として生成しているように思えるが、*I. lacteus* では cellulase の生成も著しい。

本報では、両酵素標品にみられる種々の多糖類分解活性を比較した結果を報告する。担子菌の植物組織崩壊作用に関しては、殆んど報告が無いことを考えると、ここで両株の酵素の特徴を明らかにしておくことは意味のあることであろう。

### 実験材料と方法

1. 供試菌株 前報<sup>1)</sup>に報告した *Fomitopsis cytisina* および *Irpex lacteus* (Z-82) の2株である。
2. 培地組成 seed 培地としては両株に共通して、しょ糖 4%, distillers soluble 3%, 粉末酵母エキス 0.3%,  $KH_2PO_4$  0.1%,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.02%の組成のものを用いた。初発 pH は *F. cytisina* では pH6.0, *I. lacteus* では pH 4.0とした。
3. 粗酵素の調製 粗酵素を得るための培養には 30 l jar fermenter を使用した。まず 250 ml 容エルレンマイヤー・フラスコ (seed 培地 30ml を含む) に保存培養より菌糸片を接種し、30°C で 4~5 日振盪培養する。ついで 2 l 容フロレンス・フラスコ (seed 培地 300ml を含む) に移して更に 2 日間培養したものを seed とした。これを jar fermenter に植菌し、28°C, 400rpm, 15 l/min の通気量で 3~4 日培養する。一般に、*F. cytisina* の場合は 96 時間で培養液 1ml 当りの ma-

cerating 活性 (以後 MA と略する) は 35~40 (%) に、*I. lacteus* では 72 時間で MA 75~80 (%),  $C_2$  活性は 1500 単位に達する。

得られた培養液に 2 倍量の冷アセトン低温下で添加し、生じた沈澱を冷アセトンおよび冷エーテルで洗滌後、低温にて乾燥して粗酵素粉末を得た。いずれの場合も液 10 l から約 150 g の粗酵素を得ることができた。

### 4. 多糖類分解活性の測定

**a. Macerating activity (MA)** 前報<sup>1)</sup>に準ずるが、酵素は終濃度が 1% になるように 0.1M citrate-phosphate buffer に溶解して用いた。pH は、特別の場合以外は *F. cytisina* には 5.0, *I. lacteus* には 4.0 とした。

**b. 沱紙崩壊活性 ( $C_2$  活性)** 北御門・外山の方法<sup>2)</sup>によった。反応温度は 45°C である。

**c. CMC 糖化活性 ( $C_x$  活性)** 松葉等の方法<sup>3)</sup>によった。40°C で 60 分間反応させ、反応液 5ml 中に生成した還元糖を Nelson-Somogyi 法<sup>4)</sup>で測定し、活性は反応 1 時間で酵素 mg 当りの生成 glucose 量 ( $\mu\text{g}/\text{mg}/\text{hr}$ ) として表示した。

**d.  $\beta$ -1,3-Glucanase 活性および xylanase 活性** 上述の緩衝液 3ml に 2.5% 基質溶液 1ml および酵素溶液 1ml を加えたものを 40°C で 60 分間反応させる。活性は  $C_x$  活性の場合と同様であるが、 $\beta$ -1,3-glucanase の場合は glucose に、xylanase の場合は xylose に換算した。基質として、 $\beta$ -1,3-glucanase 測定には laminarin を、xylanase 測定には市販 xylan (トウモロコシの xylan) を用いた。

**e. Pectolytic activity** ペクチン質の液化活性は、前記緩衝液 2ml および基質溶液 2ml に酵素溶液 1ml を加えて 40°C で 5 分間反応させた後、オストワルド粘度計を用いて粘度減少率を測定して求めた。基質として市販の pectin を用いた場合を PMG, 市販の pectic acid を用いた場合を PG' で表わすことにする。粘度減少率は次式より求めた。

$$\frac{V_o - V_t}{V_o - V_E} \times 100$$

$V_o$  : 反応 0 時間目の反応液の粘度

$V_t$  : 反応 t 時間目の反応液の粘度

$V_E$  : 水の粘度

Pectin esterase 活性 (PE) は 2% pectin 10ml に前記緩衝液 8ml, 酵素溶液 2ml を加えて 40°C で 30 分反応させたもの 10ml を, 0.02N NaOH で pH8.0 まで滴定して求めた。

Pectin transeliminase (PTE) は 1% pectin 1ml に前記緩衝液 3ml, 酵素溶液 1ml を加えて 40°C で 30 分から 90 分にわたって反応させ, その 0.5ml を脱イオン水で 5ml にし, OD<sub>235</sub> の増加を測定して求めた。

**f. Proteolytic activity (PU)** 萩原-Anson法<sup>5)</sup>により測定した。1 分間に tyrosine 1 μg に相当する三塩化醋酸 (TCA) 可溶性 N を遊離させる酵素量を 1 単位として活性を表示した。

**5. 供試酵素標品** 比較のために用いた市販酵素標品は次の通りである。Macerozyme (近畿ヤクルト K. K.), Cellulase "Onozuka" P-500 (近畿ヤクルト K. K.), Cellulase AP (天野製薬 K. K.), Cellulase 4000 (Miles Co. Ltd.), Hemicellulase (東京化成 K. K.), Pectinase (東京化成 K. K.)。

### 実験結果

**1. 担子菌酵素標品の活性** 前報<sup>1)</sup>の結果より考えて *F. cytisina* および *I. lacteus* の酵素は macerating 活性, pectinase 活性, cellulase 活性の高いものだろうと充分に予想できる。ではそれを市販酵素標品と比較した場合, どの程度のものだろうか。そこでまず macerating 酵素および cellulase の代表として Macerozyme と Cellulase "Onozuka" を選び, 上記活性の比較を行なった。結果は Table 1 に示した通りである。

酵素重量当りの活性は担子菌のものが著しく高い。MA では Macerozyme の 2~3 倍, PG では 4~5 倍, PMG で約 5 倍である。Cellulase "Onozuka" には MA が殆んどなく, pectinase 活性も弱い。

*F. cytisina* の酵素は, cellulase 活性があまり高くなく, Macerozyme のそれに近いが, *I. lacteus* の酵素は cellulase 活性も著しく高い, Cellulase "Onozuka" と比べた場合 C<sub>2</sub> 活性で 3 倍以上, C<sub>x</sub> 活性で約 2 倍である。酵素重量当りのみかけの諸活性は, 担子菌のものの方が高く, いずれも市販品の 2~5 倍であった。

**2. Macerating activity** ジャガイモ塊茎に対する崩壊活性について粗酵素の酵素学的性質を比較した。(Fig. 1)。

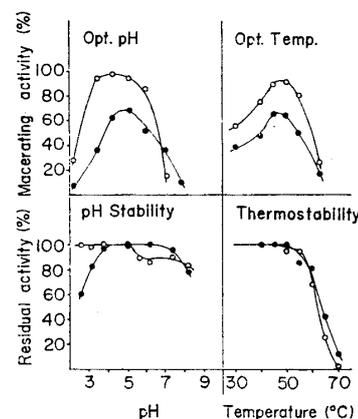


Fig. 1 Some enzymological properties of macerating enzymes produced by *F. cytisina* (●—●) and by *I. lacteus* (○—○). An optimum pH value was determined making use of 1% solutions of the enzyme preparations dissolved in buffers of 0.1 M glycine-HCl (pH 2.2-3.1), 0.1 M citrate-phosphate (pH 3.4-6.1), and 0.1 M phosphate (pH 6.1-8.2). pH-Stability curves were obtained as follows. After 5% solutions in the buffers were incubated at 30°C for 20 hr, an aliquot of each solution was diluted with 0.1 M citrate-phosphate buffer (pH 5.0 for *F. cytisina* and pH 4.0 for *I. lacteus*) and the remaining enzyme activity was measured. The effect of temperature on the enzyme activity was determined in 0.1 M citrate-phosphate buffer (pH 5.0 for *F. cytisina* and pH 4.0 for *I. lacteus*). Thermostability curves were obtained as follows. After 1% solutions of enzyme preparations in the above buffer were treated at various temperatures for 10 min, the solutions were immediately cooled to 0°C and the residual enzyme activity was determined.

Table 1. A comparison of macerating, cellulolytic, and pectolytic activities among enzyme preparations,

	Macerating activity (1% Enz. sol'n.)	Cellulolytic activity		Pectolytic activity	
		C <sub>2</sub> (U/mg)	C <sub>x</sub> (μg/mg/hr)	PG (Enz. 1 mg)	PMG (Enz. 0.5 mg)
<i>F. cytisina</i>	52	85	320	33	83
<i>I. lacteus</i>	63	714	5510	24	84
Macerozyme	24	77	550	6	16
Cellulase "Onozuka"	7	190	2650	0	17

至適 pH の測定は酵素を, 0.1M glycine-HCl buffer (pH 2.2~3.1), 0.1M citrate-phosphate buffer (pH 3.4~6.1) および 0.1M phosphate buffer (pH 6.1~8.2) からなる一連の緩衝液系に溶解し, 45°C で 2 時間反応させて行なった。 *F. cytisina* の酵素では, 至適 pH は約 5.0 であったが, *I. lacteus* では至適範囲が広く (pH 4.0~5.0)。 *F. cytisina* のものよりやや酸性側にずれていた。

pH 安定範囲も両酵素でかなり違っている。この場合は粗酵素を上述の緩衝液系に最終濃度が 5% になるように溶解し, 30°C で 20 時間処理した後で, *F. cytisina* に対しては pH 5.0 の *I. lacteus* に対しては pH 4.0 の 0.1M citrate-phosphate buffer で希釈し, 残存活性を測定した。 *I. lacteus* の酵素は安定範囲が広く, 検討した範囲 (pH 2.6~8.2) では目立った失活はない。これに反し, *F. cytisina* のものは pH 4.0~7.0 で安定であり, pH 4.0 以下で容易に失活する点, *I. lacteus* の酵素と比較して対照的である。

温度に対する挙動は両者良く似ている。 *F. cytisina* を pH 5.0 の, *I. lacteus* を pH 4.0 の 0.1M citrate-phosphate buffer に溶解し, 2 時間反応させた場合のジャガイモ塊茎に対する MA の至適温度は, いずれも 45~50°C であった。熱安定性をみるには, 各酵素をそれぞれ上述の緩衝液に溶解して各温度で 10 分間処理し, 直ちに 0°C に冷却して残存活性を測定した。いずれの場合も 50°C までは安定, 60°C 以上で急激に失活している。

両株の酵素は作用機作に違いがあるらしい。濃度活性曲線 (Fig. 2) をみると, *F. cytisina* の酵素は, 低濃度での活性は大きい。0.5mg/5ml 以上の濃度で活性の増加は著しく抑制されている。ところが, *I. lacteus* の酵素は酵素濃度の増加につれて活性も増大しており, Macerozyme の場合と同じ傾向を示していた。

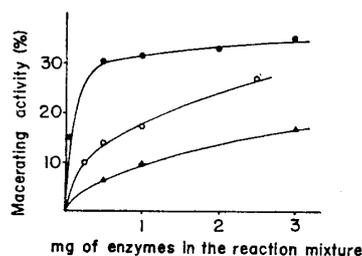


Fig. 2 A relationship between the activity for the maceration of plant tissues and concentrations of enzyme preparations.

- : enzyme from *F. cytisina*
- : enzyme from *I. lacteus*
- △—△ : Macerozyme.

**3. Pectolytic activity** つぎに MA と関連が深いと思われる pectinase 活性を検討した。両株の酵素はみるべき PE および PTE 活性を持っていない。従って担子菌酵素によるペクチン質の分解は endo 型あるいは exo 型加水分解酵素によるものである。PG および PMG と至適 pH の関係を, Fig. 3 に示す。

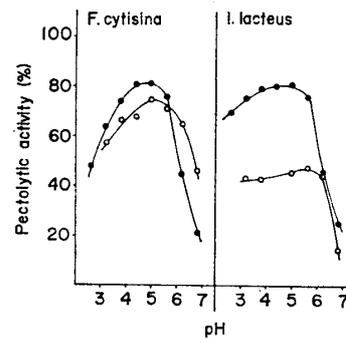


Fig. 3 pH-Activity curves of macerating enzyme preparations.

- : activity for the liquefaction of pectin
- : activity for the liquefaction of pectin acid.

いずれの酵素も PG より PMG が高く, この傾向は *I. lacteus* の場合特に著しい。至適 pH はいずれも pH 5.0 前後にあり, *F. cytisina* では MA の至適 pH に一致している。 *I. lacteus* の場合, 至適 pH は MA のそれと一致しないが, 酸性での活性が高いため maceration への関与を否定する材料にはならないであろう。PMG についてみると pH 3.0 前後の活性は至適 pH での値の 90% 以上あり, PG では pH 3~6 にかけて活性にほとんど差がないといえる。

酸性側に至るほど組織の非酵素的崩壊も大きいこと<sup>6,7)</sup> が知られているが, このことは酸性域では酵素作用が強調されることを意味しているとも考えられる。もし崩壊に pectinase が関与しており, その酸性側での活性が至適 pH での値とあまり変わらない場合は, MA の至適 pH が pectinase のそれより酸性側にずれることがあり得ることであろう。

特に活性の高かった PMG について濃度活性曲線を調べてみた (Fig. 4)。 *F. cytisina* の酵素は活性が強く, 約 0.3 mg/5ml の濃度で pectin の粘度減少率は 90% に達する。しかし, *I. lacteus* のものでは 60% 位が限度であり, MA の場合 (Fig. 2) と対照的である。このことは, maceration には pectinase のみではなく, pectinase と他の要因との複合作用が重要であることを意味しているのかも知れない。

**4. その他の多糖類分解活性と至適 pH** 複合作用を

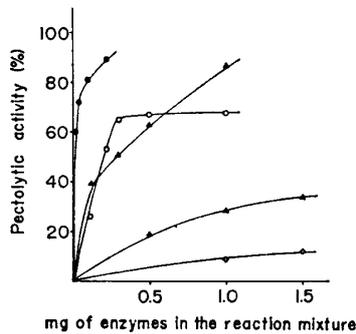


Fig. 4 A relationship between the viscosity reduction of pectin and concentrations of some enzyme preparations.

- : Enzyme from *F. cytisina*
- : Enzyme from *I. lacteus*
- ▲—▲ : Cellulase AP,
- △—△ : Macerozyme,
- ×—× : Cellulase 4000.

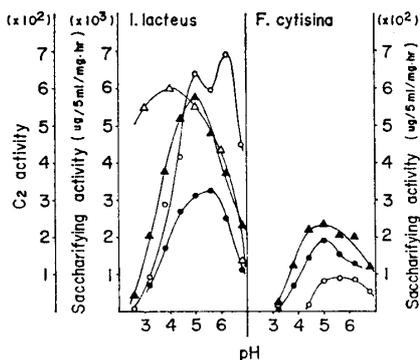


Fig. 5 pH-Activity curves of some polysaccharide decomposing activities detected in the preparations of a macerating enzyme produced by *Basidiomycetes*.

- :  $\beta$ -1, 3-glucanase,
- : xylanase,
- ▲—▲ :  $C_x$  activity,
- △—△ :  $C_2$  activity.

問題とするには、まず pectinase 以外にどのような活性が含まれているか検討することが必要である (Fig. 5). *I. lacteus* の酵素は cellulase,  $\beta$ -1, 3-glucanase, xylanase 等いずれの活性も高い。だが  $C_2$  活性の至適 pH は 4.0 前後にあるが他の活性はいずれも 5.0~6.0 にあり、MA の至適 pH とずれている。これに対し、*F. cytisina* の酵素ではいずれの活性も至適 pH は 5.0 前後にあるものと思われ、MA に一致している。しかし、いずれの活性も弱く、*I. lacteus* のものの 1/25~1/70 にすぎない。

**5. Proteolytic activity** 前報<sup>8)</sup> に述べたように、*F. cytisina* も *I. lacteus* も protease 生産菌であり、

前者は中性プロテアーゼを後者は酸性プロテアーゼを生成する。飼料添加用酵素として cellulase, glucanase 等が検討されているが、酵素を消化力の補助剤として用いる場合は、酸性プロテアーゼとの複合酵素として添加する方が望ましい。しかし、Table 2 にみられるように、いずれの酵素標品も protease 活性が極めて弱い。

Table 2. Proteolytic activity of enzyme preparations prepared from *F. cytisina* and *I. lacteus*.

pH	Proteolytic activity cas. FR (PU) $\mu$ g tyr.	
	<i>F. cytisina</i>	<i>I. lacteus</i>
2.6	0.7	0.3
3.2	1.1	0.4
3.8	1.7	1.5
5.6	9.2	7.3
6.2	10.0	7.8
6.8	11.1	6.2

尾崎ら<sup>9)</sup> は *I. lacteus* を種々の培地に培養して、cellulase 活性を比較しているが、その際至適 pH 6.4 の protease が併産されると報告している。この点、量的な問題を別にすれば、今回の結果は尾崎らの結果に近い。*I. lacteus* はプロテアーゼ生産条件下では多量の酸性プロテアーゼを生成するが、セルラーゼ生産条件下ではそれより至適 pH の高い protease を少量しか生成しないらしい。

**6. 各種多糖類分解活性の比較** 最後に担子菌酵素の特徴を明らかにする目的で、種々の多糖類分解活性を市販酵素のそれと比較した (Table 3)。

単位蛋白当りの MA は *F. cytisina* > Macerozyme > Cellulase AP  $\approx$  *I. lacteus* であり、 $C_2$  活性は Cellulase "Onozuka" > *I. lacteus* > Macerozyme > *F. cytisina* の順である。 $C_x$  活性は Cellulase "Onozuka" が高く、*I. lacteus* と Cellulase AP もかなり高い。 $\beta$ -1, 3-glucanase には特に活性の高いものはないが、xylanase 活性は Cellulase AP と *I. lacteus* で高い。pectinase についてみると、担子菌の酵素は PMG が高く、*F. cytisina* にあっては PG。PMG とともに供試標品中一番強い。

この結果から macerating enzyme の特徴を明白にすることは困難なのであるが、つぎのように述べることはできるだろう。MA の高いものはいずれも pectinase 活性と  $C_2$  活性が高い点共通している。しかし、 $C_2$  活性は極めて高いにも拘らず PG 活性のない Cellulase "Onozuka" や、PG は高いが  $C_2$  活性のない

Table 3. A comparison of polysaccharide decomposing activities among some enzyme preparations.

	A	B	C	D	E	F	G
Breaking down of plant tissues (reduction %/mg-N)							
potato	9.9	2.7	6.7	1.6	3.7	1.3	1.7
carrot	15.4	6.0	10.5	0	4.8	0.8	5.7
filter paper (U/mg-N)	805	1518	1075	2085	280	0	0
Saccharification ( $\mu\text{g}/\text{mg-N}/5 \text{ ml} : \times 10^2$ ) of							
CMC	30	117	76	288	112	69	85
laminarin	23	87	62	86	50	67	86
xylan	31	152	60	98	173	69	95
Viscosity reduction (%/10 $\mu\text{g-N}$ ) of							
pectic acid	3.1	0.5	0.9	0	0	...	2.7
pectin	15.7	3.6	4.5	3.7	6.0	...	1.8

A: The enzyme of *F. cytisina*, B: The enzyme of *I. lacteus*,  
C: Macerozyme, D: Cellulase "Onozuka" P-500, E: Cellulase AP (Amano),  
F: Hemicellulase (Tokyo Kasei), and G: Pectinase (Tokyo Kasei).

Pectinase (東京化成) はいずれも MA が低く, MA と pectinase 活性および  $C_2$  活性は必ずしも平行していない。

*F. cytisina* の酵素は Macerozyme に似ていて, 主体は pectinase と考えられる。しかも PG, PMG のいずれもが Macerozyme のそれよりも 3 倍位高い。 *I. lacteus* の酵素は Cellulase "Onozuka" に似ていて cellulase が主体と考えられる。  $C_2$  活性も  $C_x$  活性も Cellulase "Onozuka" にやや劣っているが, MA ではるかに優れているのは PG の存否が関係しているのかも知れない。

### 考 察

担子菌酵素の諸活性を比較した結果, *F. cytisina* の酵素も *I. lacteus* の酵素とともに pectinase 活性が高く, 特に前者にあっては pectinase が主体と考えられた。後者は cellulase 活性, xylanase 活性等も高く, 主体は cellulase と考えられる。

一般に maceration は pectinase により起されるものと考えられているが, 大池ら<sup>10)</sup>も述べているように, pectinase 活性と MA の間には必ずしも平行関係がない。今回の場合も, 例えば Table 1 にみられるように Macerozyme の pectinase は担子菌酵素の 1/5 位であるが MA は 1/2~1/3 である。もっとも, 単位蛋白当りの活性で比較すると, MA の高い株はいずれも pectinase 活性が高いといえる。しかし, この逆は成立しない。

MA の高い酵素は  $C_2$  活性もかなり高いが, Cellul-

ase "Onozuka" の例は,  $C_2$  活性のみでは maceration に不十分であることを示している。一方 Cellulase AP の場合を見てみると,  $C_2$  活性, PG 活性ともに低いが MA は高い。この場合は PMG と xylanase 活性が高い。 *I. lacteus* の場合も, Cellulase "Onozuka" と比べた場合, MA が高いのは PG 活性と xylanase 活性に原因があるようにみえる。 maceration に hemicellulase が関与する可能性は十分に考えられる<sup>11,12)</sup> のであるが, xylanase の至適 pH は MA それとは違っていて, あまり大きい意味を持たすことはできない。  $C_2$  活性や xylanase 活性が関与するにしても 2 次的なものにすぎないであろう。 pH のごとき物理的条件が maceration を修飾している可能性も考えられてよいであろう。

担子菌酵素には PE や PTE が認められないので, pectinase として加水分解活性のみを考えれば良い。 PE が認められないことは, 担子菌酵素の MA が NaCl 濃度に影響されないこと<sup>13)</sup>からも推察できる。また, PG は  $\text{Ca}^{++}$  で阻害される例が多いが<sup>6,7)</sup>,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  は担子菌酵素による maceration に何の影響も与えない<sup>13)</sup>。この点, 担子菌酵素のペクチン質液化活性に  $\text{PMG} > \text{PG}$  の関係のみられたことに関係するのかも知れない。

maceration には PE と endo 型 PG の協同作用が必要なこともあるが<sup>14)</sup>, endo 型 PG のみでも maceration は可能とされるし, pectin の液化活性を endo 型 PG で説明することもできるので<sup>7)</sup>, 担子菌酵素にいわゆる PMG が存在すると考える必要はない。担子菌

の pectinase は, エステル化度の高い基質に親和性の強い一種の endo型 PG と考えておいても良いだろう。糸状菌の PG は, 細菌や酵母の場合とは異なり, 多成分からなることが知られている<sup>7)</sup>。また, 遠藤<sup>14)</sup>も maceration に関与する PG は, いくつかある PG 分画中の一成分だけであることを示している。担子菌の場合も, つぎに pectinase の分画を行ない, どの成分が maceration に関与しているか検討することが必要である。

### 総 括

*F. cytisina* および *I. lacteus* を 30 l jar fermenter で培養し, 培養液より粗酵素を調製した。

粗酵素の macerating 活性, pectinase 活性, cellulase 活性を市販酵素標品と比較したところ, 酵素重量当りの活性では, いずれの活性も担子菌酵素の方が 2~5 倍高いものであった。

*F. cytisina* の酵素の MA は, 至適 pH は約 5.0, pH4.0~7.0 で安定であり, 至適温度は 45~50°C, 60°C に 10 分間処理することで失活する。この酵素には C<sub>2</sub> 活性や C<sub>x</sub> 活性も認められるが, *I. lacteus* のものに比べはるかに弱い。pectinase 活性をみると, pectin 液化活性が pectic acid 液化活性より強く, PE や PTE は認められなかった。

*I. lacteus* の酵素の MA は, 至適 pH は 4.0~5.0 であり, pH7.0 以下では極めて安定である。至適温度や熱安定性は *F. cytisina* のものと変らない。この場合も PE や PTE は認められず, pectinase 活性としては加水分解活性のみが認められた。この酵素は, pectinase 以外にも cellulase,  $\beta$ -1,3-glucanase, xylanase 等の諸活性が高く, 特に C<sub>2</sub> 活性の高いのが特徴

である。

担子菌酵素はいずれのものも, protease は含んでいないと考えられる。すなわち, *F. cytisina* の酵素は pectinase が主体であり, *I. lacteus* の酵素は cellulase が主体であるが pectinase 活性も高いものである。

担子菌酵素の macerating 活性と各種多糖類分解活性を市販酵素標品のそれらと比較し, maceration にはエステル化度の高い基質に親和性の強い一種の endo型 PG が関与している可能性が強いことを述べた。もっとも, 例えば *I. lacteus* の場合には, pectinase と C<sub>2</sub> 活性や xylanase 活性等との複合作用を考えた方が良いかも知れない。

### 文 献

- 1) 川合:本誌, **50**, 685 (1972).
- 2) 北御門・外山:本誌, **40**, 85 (1962).
- 3) 松葉・若松・岡本・小巻:本誌, **41**, 154 (1963).
- 4) Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, **195**, 19 (1952).
- 5) 萩原:酵素研究法(赤堀編), **2**, 237 (1962).
- 6) 梶:醸協誌, **24**, 391 (1966).
- 7) 遠藤:醸協誌, **21**, 91, 135 (1963).
- 8) 川合・大塚:日菌報, **10**, 29 (1969).
- 9) 尾崎・西沢・田崎:本誌, **42**, 415 (1964).
- 10) 大池・小林:醸協誌, **26**, 527 (1968).
- 11) Wood, R. K. S.: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **11**, 299 (1960).
- 12) Byrde, R. J. W., Fielding, A. H.: *Nature*, **205**, 390 (1965).
- 13) 志村:私信
- 14) 遠藤:農化, **40**, R 39 (1966).

(昭47.6.26 受付)