

## 環境汚染源의 除去와 그 利用性에 關한 研究

報 I 第. 微生物에 依한 産業廢水의 淨化 및 飼料資源開發에 關하여

李啓瑚 · 李康洽\* · 朴性五\*\*

서울大學校 農科大學 · 仁荷大學校 工科大學\* · 서울女子大學\*\*

(1980. 2. 26. 수리)

## Elimination and Utilization of Pollutants

### Part I Microbiological Clarification of Industrial Waste and Its Utilization as Feed Resources

Ke-Ho Lee · Kang-Heup Lee\* · Sung-O Park\*\*

College of Agriculture, Seoul National University.

College of Engineering, In-Ha University.\* Seoul Woman's College.\*\*

#### Abstract

Industrial wastes from pulp and food plants were treated with microorganisms to clarify organic waste-water and to produce cells as animal feed, and results were summarized as follows.

(1) Waste-water from pulp, beer, bread yeast, and ethanol distillation plants contained 1.4~1.5% of total sugar, 0.25~0.35% nitrogen, and biological oxygen demand (BOD) was 400~25,000, chemical oxygen demand (COD), 500~28,000, and pH, 3.8~7.0. The BOD and COD were highest in waste-water from ethanol distillation plants among others. (2) Bacterial and yeast counts were  $4 \times 10^4$  -  $1 \times 10^9$ ,  $2 \times 10^2$  -  $7 \times 10^4$ /ml in waste-water. (3) Bacteria grew better in pulp waste and yeasts in beer, bread yeast, and ethanol distillation waste. (4) *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008 and *Candida curvata* SAFM 70 were the most suitable microorganisms for clarification of ethanol distillation waste. (5) When liquid and solid waste from ethanol distillation were treated with microbial cellulase, xylanase, and pectinase, solid waste was reduced by 36%, soluble waste was increased, and reducing sugar content was increased by 1.3 times which provided better medium than untreated waste for cultivation of yeasts. (6) Optimum growth conditions of the two species of yeast in ethanol distillation waste were pH 5.0, 30°C, and addition of 0.2% of urea, 0.1% of  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  and 0.02% of  $\text{MgSO}_4$ . (7) Minimum number of yeast for proper propagation was  $1.8 \times 10^6$ /ml. (8) *C. curvata* 70 was better than *cerevisiae* for the production of yeast cells from ethanol distillation waste treated with

본 연구는 1978년도 산학협동연구재단의 연구비로 수행한 것이며 재단에 사의를 표한다.

microbial enzymes. (9) *S. cerevisiae* produced 16 g of dried cell per 1,000ml of ethanol distillation waste and reduced BOD by 46%. *C. curvata* produced 17.6 g of dried cell and reduced BOD by 52% at the same condition. (10) Yeast cells produced from the ethanol distillation waste contained 46-52% protein indicating suitability as a protein source for animal feed.

## 緒 論

人間活動의 側面에서 近代까지는 모든 廢水가 自然放流되고 分解 酸化等 自然狀態下에서의 自淨能力에 따라서 廢水에 依한 自然의 破壞는 問題視 되지 않았다.

그러나 最近에 이르러 人口增加에 따른 消費增加와 이로인한 食糧難과 廢棄物排出, 産業化와 技術革新 그리고 消費水準의 向上으로 廢水等 汚染因子的 增大, 經濟社會의 急激한 發展에 따른 人間活動의 都市集中에 따른 資源의 集中的 使用으로 汚染增加等이 自淨能力의 量的不足現象을 招來하게 되어 自然의 調和를 깨뜨리기에 充分한 量的 廢水 및 汚染物이 放流되어 이로 인한 水質汚染은 生態系에 심각한 不均衡을 招來하였다.

이를 防止하기爲한 處理方法으로 여러가지가 있으나 食品産業廢水와 같은 有機物質은 그處理法이 再利用될수있는 有用物을 含有하고있다.

有機性廢水の 處理方法으로 理化學的 및 生物學的方法이 있으나 이中 生物學的方法이 經濟性이고 効果的이라고 잘 알려져 있다.

生物學的方法에서는 微生物特性에 따라 好氣的인 活性汚泥法, 散水濾床法, 酸化池法과 嫌氣的인 消化法, gas法이 있으나 이中 가장 効果的인 것이 活性汚泥法이다.

그러나 活性汚泥法은 長點이 많으나 改善되기 어려운 即 生成된 莫大한 量的 汚泥를 乾燥燒却, 海洋投棄에 要되는 費用, 많은 動力費 또한 高濃度廢水の 稀釋等 短點이 크다.

이러한 缺點을 除去하기 爲하여 廢水中 有機物을 營養源으로하는 特定微生物 또는 이들을 複合的으로 培養하여 菌體를 生産하고 廢水中 有機汚濁物을 輕減시켜 廢水淨化를 피하는同時에 生産된 菌體는 良質의 蛋白質源인 single cell protein이 됨으로 이를 飼料化하여 畜産業을 振興시켜 食糧生産을 圖謀케 할 수 있어 이러한 廢水處理方法을 開發하기에 이르렀다. whey, pulp廢液, 통조림工場等 廢水中 有機物質을 營養源으로 酵母를 培養하여 廢水淨화와 酵母菌體를 얻은 여러研究<sup>(1-13)</sup>가 報告된 바 있다.

本研究에서는 産業廢水中 有機成分이 많은 麥酒 啤酵母, 酒精工場 및 pulp工場廢水에 對하여 이들 有機成分을 利用하는 微生物을 選定하고 菌體生産을 爲한 培養最適條件을 確認하고 有機成分을 菌體內로 同化시킴으로써 廢水淨化處理의 條件을 確立하는 同時에 菌體를 回收하여 飼料로 利用하는데 目的을 두고 一連의 實驗을 通하여 얻은 結果를 報告하는 바이다.

## 實 驗

### 1. 實驗材料

#### 1) 試料廢水

- a) Pulp工場, b) 麥酒工場, c) 啤酵母工, d) 酒精工場

#### 2) 供試菌株

本研究에서 使用한 菌株는 各廢水中에서 BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD(Chemical Oxygen Demand)가 가장높은 酒精工場廢水만을 處理하여 BOD, COD값의 減少만을 求하고 酵母菌體를 얻고져 cassaba를 原料로 할때의 廢水를 使用하였고 廢水の 濾液部分은 그대로 使用하고 廢水殘渣는 cellulase, xylanase, pectinase로 酵素分解를 시켜 酵母를 培養하여 有機物을 菌體에 同化시키면서 酵母를 增殖시켰는데 다음의 서울大農大 食工科(SAFM) 所藏菌株를 利用하였다.

cellulase 生産菌株 : *Trichoderma viride* SAFM 10<sup>(15)</sup>

xylanase, pectinase 生産菌株 : *Aspergillus niger* SAFM 6<sup>(15)</sup>

廢水處理用 酵母菌株 : *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008, *Candida curvata* SAFM 70<sup>(14)</sup>

### 2. 實驗方法

#### 1) 成分分析 및 測定

廢水の 成分, pH, BOD, COD는 Standard method<sup>(16)</sup>에 依하여 各各 測定하였고 總糖分은 Somogie법<sup>(16)</sup>, 총질소는 micro Kijeldahl법, 脂質은 Soxhlet추출법<sup>(17)</sup>으로 분석하였다.

#### 2) 廢水中 微生物數測定

廢水中 總細菌數는 tryptone glucose yeast ext. agar에서, 酵母菌數는 malt agar에서 dilution pour plate法으로 그리고 autotrophic인 athiorhodaceae는 Carr method<sup>(18)</sup>로서 測定하였다.

### 3) 菌培養前 廢水處理

酒精工場の 蒸溜廢液을 濾別하여 濾液과 濾過殘渣로 分離하여 殘渣中에는 cellulose, hemicellulose 등이 主成分이기 때문에 이를 本研究室 所藏인 cellulase, xylanase, pectinase 強力生産菌株에서 生産한 酵素液<sup>(15)</sup>으로 酵素分解하여 可溶性物質을 增加시킨다음 酵母培養을 試圖하였다.

### 4) 種培養<sup>(17)</sup>

麥芽汁 50ml를 500ml容 三角 flask에 넣고 15분간 121°C에서 殺菌시킨다음 接種하고 30°C 항온실에서 2日間 振盪培養(stroke: 5 cm, 150 oscills/min)하였다. 接種用種菌液은 다른 flask에 Hayduck액을 넣고 위의 배양액 0.5ml를 接種한후 同一條件下에서 2日間 培養하는 過程을 2回 反復하여 種菌으로 사용하였다.

### 5) 主培養 및 生育度測定

500ml용 shaking flask에 廢水 50ml를 取하여 滅菌한후 中均 0.5ml씩 넣어 30°C에서 2日間 振盪培養하고 培養液을 5,000 rpm에서 15分間 원심분리 한뒤 沈沈물을 일정량의 滅菌생리식염수에 稀

탁시켜 560 nm에서 O.D.를 측정하여 菌體의 生育도를 比較하였다.

### 6) 菌體回收 및 BOD측정

主培養終了後 500 ml를 取하며 5000 rpm으로 15分間 원심분리한 上澄液에 對하여 BOD를 측정하고 원심분리 沈沈물은 40°C의 滅菌증류수 50 ml로 洗滌하여 다시 5000 rpm으로 15分間 원심분리하는 操作을 2回 反復한후 이것을 40°C, 40~60mmHg에서 2日間 眞空乾燥하여 乾燥菌體를 얻었고 이에 對하여 一般成分分析을 하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 各種 産業廢水의 特性

맥주, pulp, 빵효모 主정공장의 廢水中 주요성분 및 BOD, COD 및 pH를 조사한결과는 Table 1에서와 같다. Pulp 및 맥주공장 폐수는 BOD 400~600, COD 500~600정도이었다. 이것은 廢水試料採取가 廢水淨化後의 것이라 생각된다. 그러나 酵母공장, 주정공장 폐수는 총당 1.5%정도 총질소 0.25~0.35%이고 BOD 21,000~25,000, COD 16,000~28,000으로 매우 높은 값을 보이는 有機廢水이었고 pH는 4.8~5.4이었으므로 이공장 폐수로 효모배양에 따른 淨化가 좋을것이라 생각되어 主로 주정공장폐수에 대하여 실험을 進行하였다.

Table 1. Composition and characteristics of industrial waste water

Waste water	Total sugar(%)	Total nitrogen(%)	BOD(ppm)	COD(ppm)	pH
Beer	1.40	0.25	600	520	3.8
Pulp	—	—	400	600	7.0
Yeast plant	1.54	0.35	21,500	16,500	5.4
Alcohol distillery	1.43	0.25	25,000	28,000	4.8

Table 2. Microbial numbers of industrial waste water (cells/ml)

Waste water	Autotrophs	Heterotrophs	Total bacterial counts	Yeast counts
Beer	—	4×10 <sup>6</sup>	4×10 <sup>6</sup>	6×10 <sup>3</sup>
Pulp	—	6×10 <sup>4</sup>	6×10 <sup>4</sup>	2×10 <sup>2</sup>
Yeast plant	—	7×10 <sup>7</sup>	7×10 <sup>7</sup>	7×10 <sup>4</sup>
Alcohol distillery	6×10 <sup>2</sup>	4×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>9</sup>	5×10 <sup>4</sup>

### 2. 各産業廢水中 微生物分布相

各工場廢水中 汚染되어있는 微生物分布相을보면 Table 2에서와 같다. Pulp, 맥주공장폐수에서 보

다 효모공장 주정공장폐수에서가 총세균수 효모수는 두드러지게 높았음을 보여주었다. 이로서 주정공장폐수에 對하여 집중적으로 微生物 培養과더부

러 BOD減少實驗을 試圖하였다.

### 3. 酒精工場廢水中 有機固形物의 酵素分解

酒精工場의 蒸溜廢物이 cassaba, 切甘고구마를 原料로 使用할때는 糖蜜을 原料로 한때보다 蒸溜廢物中 濾過殘渣가 더욱 많았다.

이 濾過殘渣들은 主成分이 cellulose, hemicellulose인것이므로 cellulase나 xylanase, pectinase

등으로 加水分解하여 효모배양에 이용하고자 *Trichoderma viride* SAFM 10<sup>(15)</sup>와 *Aspergillus niger* SAFM 6<sup>(15)</sup>을 利用 밀기울배양에서 생산한 cellulase, pectinase xylanase을 주정증류잔사에 처리하여 효소분해시킴으로서 여과잔사에서 오는 분해산물에 의한 可溶性物質의 增加를 圖謀한 결과는 Table 3에서와 같다.

Table 3. Composition of alcohol waste water by treated microbial enzymes

Components	Untreated		Enzyme treated	
	Filtrate	Residue	Filtrate	Residue
Sugars	1.43	10.01	3.45	6.55
Crude Protein	0.25	2.10	0.29	1.90
pH	4.7	—	4.8	—

주정공장 증류액중에 환원당이 1.43%, 유기 고형분이 10.01%이었던것이 cellulase, pectinase, xylanase등 미생물성인 복합효소 처리후 환원당이 3.45%로 증가한 반면 유기고형분이 6.55%로 감소하였다. 이같이 효소처리에 따라서 환원당은 1.3 배로 증가되었고 고형분은 36%이상이 감소되면서 可溶性物質로 轉換되었으므로 이를 基質로하여 효모배양의 條件이 向上되었음을 알수있다.

### 4. 培地 pH가 효모생육에 미치는 영향

일반적으로 효모생육에서 적정 pH범위는 5.0~7.0이며 본실험에서는배지의 pH를 2~9범위내의 각로 조정하고 *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008와 *Candida curvata* SAFM 70을 배양한 결과는 Fig. 1에서와 같다. 2군주 같이 optimum pH

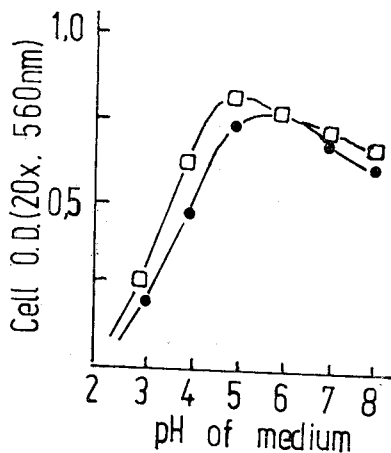


Fig. 1. Effect of pH on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008(—□—□—), *C. curvata* SAFM 70(—●—●—) for 48hrs. at 30°C.

는 5.0이었다. 이것은 다른 효모보다 비교적 낮은 pH영역으로서 잡균번식의 우려가 적은 有利한 조건을 구비하는 현상이라 하겠다. 이는 고구마 전분공장폐수에서 *Candida utilis*<sup>(25)</sup>를 배양하여 효모균체를 생산하는 결과와 비슷한 결과를 보였다.

### 5. 효모생육에 질소원의 종류가 미치는 영향

효모균체 培養의 basal media 에 urea, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 그리고 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO 등 질소원을 질소함량이 0.1%가 되게 첨가한다음 初期 pH를 5.0으로 조정하여 30°C에서 48시간 배양하면서 경시적으로 생육도와 pH를 측정한 결과는 Table 4에서와 같다.

질소원종류중 가장효모증식률이 우수한 것은 *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008, *Candida curvata* SAFM 70 다같이 urea인것을 알수있었고 또한면 최종 pH를 볼때 2.5~3.9 범위인 것을 알수있다. 효모증식도가 우수한 urea첨가구가 최종 pH 3.9로서 가장높았고 그외는 보다낮은 pH로서 효모증식이 억제되는 결과를 보였다. 이런 까닭은 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl등은 효모증식에 NH<sub>4</sub>는 同化되고 그利用殘基인 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>등에 의하여 pH降下要因이 되는것이라 생각되며 이것은 炭化水素利用酵母의 질소종류에 따라서 최종 pH가 降下되는 現象이란 報告<sup>(14)</sup>와 一致되는 경향이였다.

질소원종류로는 이상의 결과에서 같이 urea가 가장 좋았으므로 이것을 첨가 하는데 있어 그適正濃度를 알고저 질소함량으로서 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7%로 첨가하여 30°C에서 48시간

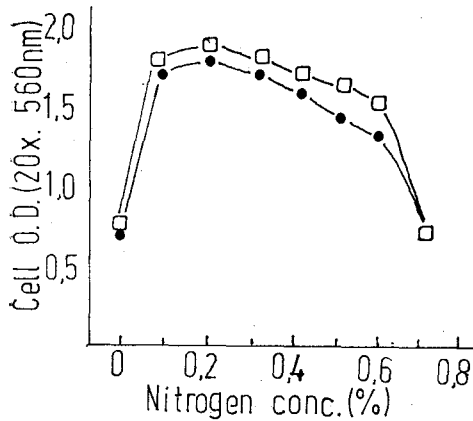
**Table 4.** Effect of different nitrogen sources on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008 and *C. curvata* SAFM 70

Nitrogen sources*	OD(at 560nm)		pH**	
	SAFM 1008	SAFM 70	SAFM 1008	SAFM 70
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1.12	0.89	3.8	2.4
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	1.72	1.70	3.9	2.9
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.68	1.42	2.5	2.5
NH <sub>4</sub> Cl	1.65	0.98	2.5	2.5
Control	0.72	0.78	3.8	3.8
(NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.81	0.80	3.7	3.7
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.12	0.98	3.7	3.6
(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.98	0.82	3.6	3.5
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO+(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.70	1.54	3.0	3.2

\*: nitrogen concentration which added in the medium was 0.1% respectively.

\*\* : final pH in shaking cultured for 48 hrs at 30°C.

배양한 결과는 Fig. 2에서와 같이 最適濃度는 0.2 %가되게 첨가하였을때 菌生育도는 최고에 이르렀고 그이상의 농도에서는 生育저해 현상이 나타 났다.



**Fig. 2.** Effect of nitrogen concentration on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008(—●—●—), *C. Curvata* SAFM 70(—□—□—) for 48hrs. at 30°C.

#### 6. 인산, 카리의 영향

효모균체생육에 미치는 P.K.원으로서 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 및 그들의 농도를 검토한 결과는 Fig.3 과 같다. 2가지 효모균 다같이 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 를 P 함량을 0.1% 水準으로 첨가하였을때 높은 生育도를 나타냈다. 그 이상의 농도로 첨가된구에서는 生育저해현상이 일어났고 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>를 P 원으로 0.1% 농도로 첨가함이 최적조건임을 결정하게 되었다.

#### 7. 마그네슘의 영향

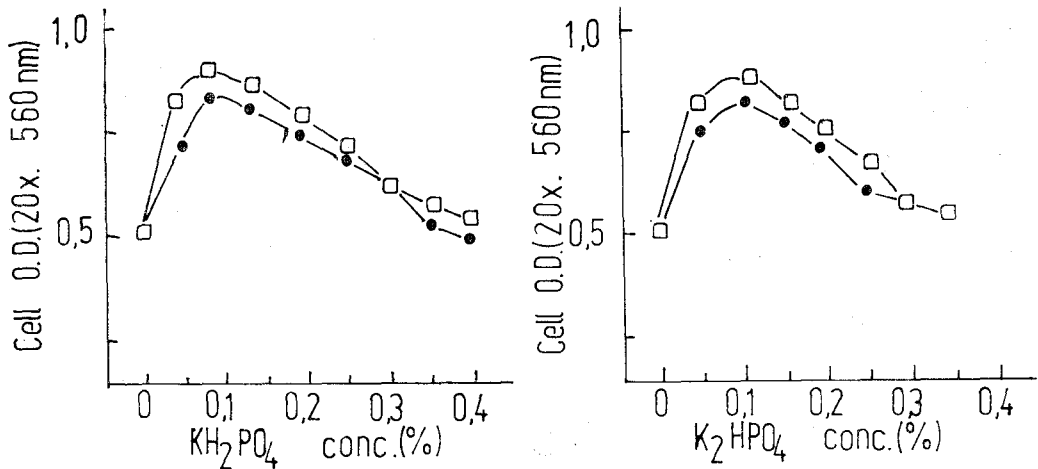
Basal media에 MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O와 MgCl<sub>2</sub>를 첨가하여 효모의 生育도에 미치는 영향을 검토한 결과는 Fig. 4에서와 같다. MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O첨가구가 MgCl<sub>2</sub> 첨가구보다 生育도에 있어서 약간 높은 경향을 보였으며 그 농도는 0.02%첨가구가 最低농도이었음을 알았으며 그 이상의 농도에서는 生育저해현상을 보였다.

#### 8. 培養溫度의 영향

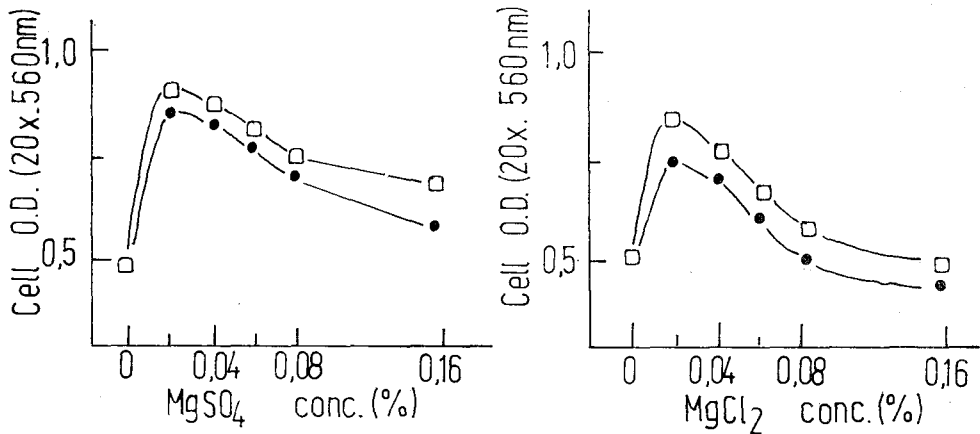
배지조성을 最適조건으로한 배지 100ml에 접종한 다음 25, 26, 28, 30, 32, 34, 35°C의 각온도에서 48시간 진탕배양한 결과는 Fig. 5에서와 같다. *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008, *Candida curvata* SAFM 70 두균주 다같이 30°C가 最適온도이었음을 알았고 배양안정온도범위는 28~32°C이었으며 그 이외의 온도에서는 급격한 生育저해현상이 나타났다.

#### 9. 효모증식에 미치는 통기의 영향

통기교반의 영향을 검토하기 위하여 500ml shaking flask에 배지량을 25, 50, 75, 100, 125, 150ml씩 각각 넣고 진탕배양하면서 통기교반 효과를 검토한 결과는 Fig. 6에서와 같다. 즉 25ml와 50ml씩 添加培한 養區에서 가장 우수하였으며 증식도에서 비슷한 결과를 보였는데 그이상의 배지량을 넣고 배양한 區에서는 증식율이 떨어졌음을 알 수 있다. 즉 배지성분과 균체가 공기중 산소에 의한 용존산소와의 접촉할 수 있는 빈도가 작아져서 증식감소현상이 보여졌다. 이로서 aeration, agitation효과는 증식도에 크게 영향끼침을 알았다.그러



**Fig. 3.** Effect of phosphorus concentration on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008, *C. curvata* SAFM 70 (for 48hrs. at 30°C)  
SAFM 1008: —□—□— SAFM 70: —●—●—



**Fig. 4.** Effect of Mg concentration on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008, ( $\square$ ) *C. curvata* SAFM 70 ( $\bullet$ ) for 48hrs. at 30°C.

므로 통기교반을 효과적으로 할 수 있는 jar fermentor에서의 발효공학적 최적조건 확립이 요구됨을 알 수 있다.

#### 10. 種菌液중 生細胞數의 영향

효모균체 증식에 있어서 種菌液중 생세포수의 영향을 살피기 위하여 세포농도를 달리하여 접종한 다음 30°C에서 16시간 진탕배양 한후 OD를 검토했던 결과는 Table 5에서와 같다. 種菌液중 viable cell농도가  $1.8 \times 10^5$ /ml인 때는 OD가 0.03~0.04이었는데  $2.4 \times 10^6$ /ml인 때는 OD가 0.28~0.30이었고  $5.2 \times 10^6$ /ml인 때는 OD가 0.49~0.54이었다. 그러므로 이 두균주의 starter로서의 viable cell농도는  $1.8 \times 10^5$ /ml이상으로 하여 접종해야 증식속도가 우수해짐을 알 수 있다.

#### 11. Starter量과 생육곡선

Starter중 viable cell농도가 (a)  $0.5 \times 10^6$ 인 경우 (b)  $1.0 \times 10^6$ 인 경우 (c)  $2.0 \times 10^6$ 인 경우의

**Table 5.** Effect of viable cell concentration in starter, on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008 and *C. curvata* SAFM 70

Cell concentration in cultured media	Optical density (20×560nm)	
	SAFM 1008	SAFM 70
$1.8 \times 10^5$ Cells/ml	0.03	0.04
$2.4 \times 10^6$ Cells/ml	0.28	0.30
$5.2 \times 10^6$ Cells/ml	0.49	0.54

Cultivation 16 hrs, at 30°C

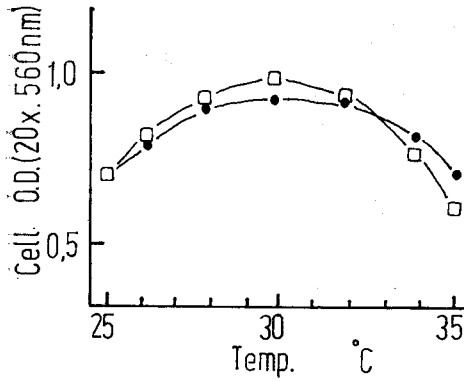


Fig. 5. Effect of temperature on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008(—□—□—), *C. curvata* SAFM 70(—●—●—) for 48hrs. at 30°C.

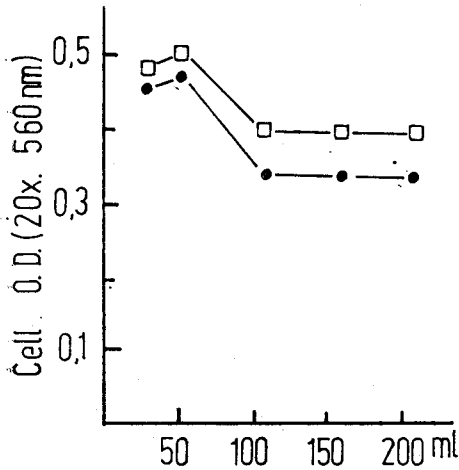


Fig. 6. Effect of aeration on the growth of *S. cerevisiae* SAFM 1008(—□—□—), *C. curvata* SAFM 70(—●—●—) for 48hrs. at 30°C.

starter 1ml씩을 각 shaking flask에 접종하여 30°C에서 진탕배양하면서 경시적으로 생육도를 검토한 결과는 *S. cerevisiae* SAFM 1008은 Fig. 7. 에 *C. curvata* SAFM 70은 Fig. 8. 에서와 같다. 어느 경우나 24시간까지 대수기 이었고 그 이후에 정지기, 사멸기임을 보였다. 배양개시후 24시간일 때 *S. cerevisiae* SAFM 1008의 배양액 50ml를 원심분리(5000rpm, 15분)하고 40°C증류수로 세척한후 이를 2회반복하고 이를 40°C, 40~60mm Hg하에서 48시간 진공건조한 개조효모 균체는 (a) 경우에 610mg, (b) 경우에 750mg, (c) 경우에 806mg로서 (c)경우가 최고값을 보였다. *C. curvata* SAFM 70의 24시간일때 (a)경우는 620mg, (b)경우는 790mg, (c)경우는 880mg로서 이

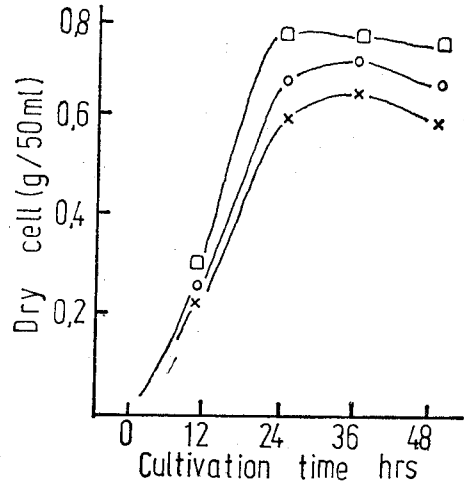


Fig. 7. Effect of cell concentration on the growth curve of *S. cerevisiae* SAFM 1008 (at 30°C).

Cell concentration of starter  
 (a)  $0.5 \times 10^6$  cells: —x—x—  
 (b)  $1.0 \times 10^6$  cells: —○—○—  
 (c)  $2.0 \times 10^6$  cells: —□—□—

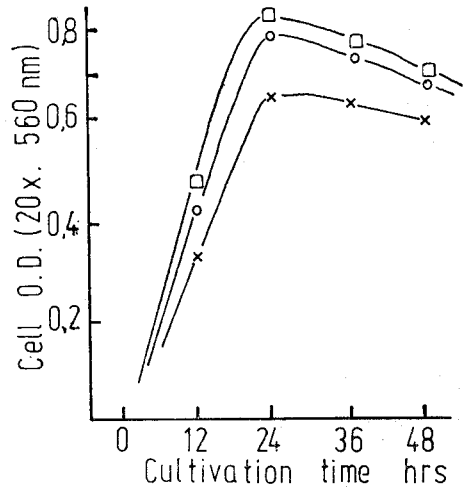


Fig. 8. Effect of cell concentration of growth curve of *C. curvata* SAFM 70 (at 30°C).

Cell concentration of starter  
 (a)  $0.5 \times 10^6$  cells: —x—x—  
 (b)  $1.0 \times 10^6$  cells: —○—○—  
 (c)  $2.0 \times 10^6$  cells: —□—□—

경우것도 (c)경우가 가장 높았다. 그러므로 폐수 1000ml당 *S. cerevisiae* SAFM 1008 경우는 16g, *C. curvata* SAFM 70 경우는 17.6g의 건조균체를 얻을수 있었다.

### 12. 菌體收量 및 BOD除去率

건조모균체의 수율을 보면 Fig. 7, 8. 에서와 같이 *S. cerevisiae* SAFM 1008은 폐수 1000 ml당 16 g 을 얻을수 있었고 균체를 회수한 원심분리 上澄液의 BOD는 800ppm이었는데 BOD감소율은 46%이었다. 한편 *C. curvata* SAFM 70은 폐수 1000ml 당 건조균체 17.6g을 얻을수 있었으며 균체회수한 원심분리 上澄液의 BOD는 700ppm이었고 BOD 감소율은 52%이었다.

### 13. *C. curvata* SAFM 70의 증식경과

우수효모 균주인 *C. curvata* SAFM 70 의 배양 최적조건으로하여 세포증식 경과를 살핀 결과는

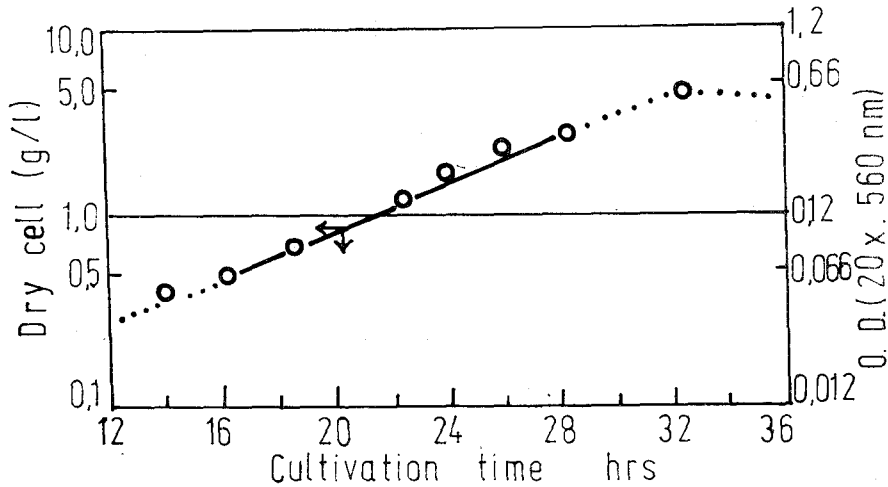


Fig. 9. Timecourse of cell propagation of *C. curvata* SAFM 70 (at 30°C)

Table 6. Composition of dry yeast

Strain	Protein	Lipid	N. free exts.	Ash
<i>C. curvata</i> SAFM 70	51.8	10.4	27.0	10.2
<i>S. cerevisiae</i> SAFM 1008	46.5	8.6	35.1	9.8

건조효모균체에서 조단백질 52% 지방 10.4% 가용성무질소물 27%인 본효모균체의 조성은 Ingram<sup>(19)</sup>, Dunn<sup>(20)</sup>, Grey<sup>(21)</sup>, 柳<sup>(22)</sup> 등과 비슷한 결과를 나타내고 있다. 효모균체에 대한 영양가 평가에서 단백질 50%이상 그리고 필수 amino산과 vitamin B complex가 다량 함유되었으리라 믿어진다. 이런 관점에서 사료용효모로서의 가치는 충분하다고 본다.

### 摘 要

본 연구에서는 산업폐수중 유기성분이 많은 식품, 펄프 공장폐수에 대하여 유기물을 영양원으로

Fig. 9. 에서와 같다. 즉 lag phase는 대체로 16시간까지이고 16~18시간까지가 logarithmic growth phase임을 알 수 있다. 대수기의 비증식속도(specific growth rate)  $\mu_x$ 는 약 0.22hr<sup>-1</sup>정도이며 이때 세포의 doubling time은 3.2시간임을 확인하였다.

### 14. 효모균체의 일반성분

배양최적조건하에서 48시간 진탕배양한 배양액을 원심분리(5000rpm, 15min)하고 40°C 증류수로 세척한후 이조작을 2회반복하고 40°C에서 40~60mmHg하에서 48시간 진공건조한 건조효모균체의 일반성분 분석결과는 Table 6에서와 같다.

하는 미생물을 배양시켜 유기성분을 경감시켜 폐수 정화를 목적으로 하였다.

한편 폐수정화에서 회수되는 균체는 단백질자원으로서의 사료화를 또 다른 목적으로 하고 일련의 실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 펄프, 맥주, 빵효모, 주정공장폐수의 총당은 1.4~1.54%, 총 질소는 0.25~0.35%, BOD는 400~25,000, COD는 500~28,000, pH는 3.8~7.0이었고 주정공장 폐수가 BOD, COD는 가장 높았다.

2. 각 폐수중 세균총수는 4×10<sup>4</sup>~1×10<sup>9</sup>, 효모총수는 2×10<sup>2</sup>~7×10<sup>4</sup>이었다.



3. 폐수별도가 성장속도 우수한 균주로는 펄프공장폐수에서는 세균을, 맥주, 빵효모, 주정공장폐수에서는 효모를 선정하였다.

4. 주정공장폐수정화에 최적인균주로서는 *Candida curvata* SAFM 70, *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008을 선정하였다.

5. 주정증류폐액 및 증류잔사에 미생물성 cellulase, xylanase, pectinase를 처리함으로써 처리전보다 잔사량을 36% 감소키면서 가용성화율을 높여서 환원당량을 1.3배 증가시켰으므로 효모배양에 좋은 조건임을 확인하였다.

6. 효소처리한 주정증류폐액에 선정된 효모를 배양하면서 배양최적조건을 확인하였다.

a. *Candida curvata* SAFM 70 및 *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008 2균주 모두 최적 pH는 5.0이었다.

b. 2균주 모두 질소원으로는 요소, 질소농도로는 0.2%가 최적조건이었고 인삼염으로서는  $KH_2PO_4$ , 그의 농도는 0.1% 그리고 Mg원으로서는  $MgSO_4$ , 그의 농도는 0.02% 이었다.

c. 2균주 모두 최적온도는 30°C이었고 통기, 교반효과는 증식도에 크게 영향키침을 알았다.

7. 종효모의 생포수는 적어도  $1.8 \times 10^5/ml$  이상이어야 증식이 순조로움을 알았다.

8. 미생물 효소를 처리한 주정증류폐액에 선정된 효모를 배양하여 건조균체를 생산하는데는 *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008 보다 *Candida curvata* SAFM 70이 우수하였다.

9. 미생물성효소를 처리한 주정증류폐액 1000ml 당 *Saccharomyces cerevisiae* SAFM 1008은 16g, *Candida curvata* SAFM 70은 17.6g의 건조균체를 해수할 수 있었다. 주정증류공장폐수의 BOD 제거율은 전자의 효모에서 46%, 후자의 효모에서 52%이었다.

10. 주정증류공장폐수에서 생산된 효모균체는 단백질 함량이 46~52%임으로 사료용효모로서 적당함을 확인하였다.

### 參 考 文 獻

1. Thatcher, F.S.: Ann. Rev. Microbiol., 8: 449(1954)
2. Champagnat, A.C.: Nature. 197: 13(1963).

3. Miller, T.L. and Johnson, M.J.: Biotechnol. Bioeng. 6: 299(1965).
4. Takahashi, J. Kawabata, Y. and Yamada, K.: Agri. Biol. Chem., 29: 292(1969).
5. Takeda, I.: Agri. Biol. Chem., 29: 796(1969)
6. Wasserman, A.E.: J. Dairy Sci., 44: 379(1961)
7. Wasserman, A.E.: Sewage Ind. Waste, 30: 917(1958)
8. Arima, K.: Agri. Biol. Chem., 29: 1004(1965)
9. Porges, N., Pepinsky, J.B. and Joseunicz, L.: J.Dairy Sci., 34: 615(1951)
10. Wasserman, A.E.: Dairy Eng., 77: 274(1960)
11. Wasserman, A.E.: J. Dairy Sci., 43: 1231(1960)
12. Wasserman, A.E., Hampson, J.W. and Alvarez, N.F.: J. Water Pollution Control Federation, 33: 1094(1961)
13. Mickle, J.B., S.M. Dodey and Smith, W.: Animal Sci. and Industry, 162(1976)
14. 李啓瑚, 申鉉炯: 韓農化., 14: 9(1971)
15. 李啓瑚, 高正三, 李康洽: 韓農化., 19: 139(1976)
16. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water: 13th Ed. APHA (1971)
17. 食品工學實驗書: 日本京都大學 農學部 食品工學教室編, 養賢堂(1971)
18. 土壤微生物 實驗法: 日本土壤微生物研究會編 養賢堂. p.207(1977)
19. Ingram, M.: An Introduction to the Biology & Yeasts Sir Issac Pitman and Sons Ltd. (1955)
20. Dunn. C.G.: Wallerstein Lab. Commun., 15: 61(1952)
21. Grey, P.P.: Wallerstein Lab. Commun., 6: 50(1943)
22. 유주현, 오두환, 양용: 韓產微誌 2: 83(1974).
23. Reister, C.O.: J. Agri. Food Chem., 2: 70(1954)