

## 石油蛋白製造의 動向

朴 泰 源\*

### Latest Trends in Petroleum Proetain

#### 緒 言

最近 急速히 石油醱酵에 依한 食品製造의 問題가 各國에서 話題에 오르고있다. 元來 礦物性油는 大概 生物에는 不適當한 培養基인데 細菌이나 酵母中에는 石油中에도 잘 繁殖하는 것이있고 이와같은 單細胞生物은 石油産業에 많은 障害를 주고있다. 例를 들면 貯藏 Tank 內에서 沈積物이 되고 pipe 나 pump 를 閉塞시키는 일이 있으며 또한 이들은 航空機의 Tank 內에서도 繁殖하고 燃料油에 有毒添加劑를 混入해서 그 成育을 抑制 안하면 jet engine 은 停止시키는 일도 있다. 그러나 이와같은 微生物은 또한 過失로 海中에 投棄된 原油나 河川에 廢棄된 合成洗劑의 거품을 分解하는 것을 보면 반드시 害로운 作用을 하는것만은 아닌것으로 生覺된다.

一便 石油를 直接 生物에 먹여 各種 有用한 製品을 얻는 研究가 進行되어 Söhngen, Taggart, Beerstrecher 등은 石油나 天然 gas 에 微生物을 作用시켜 脂肪酸, ester, alcohol 등을 얻었고 또한 石油로부터 食品을 工業의으로 製造한 것에 着目하였다.

1963年 西獨 Frankfurt 에서 開催된 第6回 世界石油會議에서 BP의 傍系會社인 Societé Francaise des Pétrole BP의 Champagnat<sup>1)</sup>가 發表한「濃縮蛋白質 및 Vitamine 製造를 隨伴하는 微生物에 依한 脫蠟法」이라는 論題는 原料 gas oil 로 부터 蛋白質과 流動點이 低下된 重油를 얻을수있다는 可能性을 證明한것으로 石油醱酵의 빛나는 業績이라 生覺된다.

1966년에는 Shell 社에서 Methane 을 原料로하여 蛋

白質을 醱酵로 얻었고<sup>2)</sup> 今年부터 佛蘭西 Lavera 에는 年產 16,000%의 石油蛋白工場이 BP 社에 依해 建設中이라 하며 이 分野의 展望이 꽤 좋은것으로 生覺되고 있다.

이와같은 石油蛋白의 製造가 可能하게 된 裏面에는 오래前부터 石油精製業者들이 이런 石油微生物을 計劃的으로 어떤 形態든지 有用한 目的으로 利用하려는 不斷의 努力이 있었던것이다.

前記한 BP 社는 이와같은 着想을 다른 會社보다 앞서 具體化에 着手한 會社의 하나이다. 卽 1957年에 Lavera 製油所內에 微生物研究所를 設置하고 微生物의 作用을 利用하여 輕油中の 蠟分을 除去하는 研究를 開始하였다. 이것이 研究課題로된 理由는 輕油중에 溶解蠟分이 寒冷時에 凝固해서 pipe 는 閉塞시키는데 있었다. 嚴冬時期에 英國鐵道에서는 實際로 이것이 原因으로 新造 Diesel 車가 始動못한 일이 있었던 것이다.

Lavera 의 研究者들은 酵母가 輕油中の 溶解蠟分에 依해 繁殖하고 實驗室規模에서는 有效한 脫蠟手段임을 發見했다. 또 이들은 이 方法이 酵母를 培養하는데 效率的인 것을 알았다.

그리고 이들 酵母는 現在 製紙工場이나 糖蜜工場의 廢物等많은 工業廢物을 利用하여 商業的으로 培養되는 것과 같은 種族의 菌이다. 酵母는 이들의 澱粉質 또는 糖質의 廢棄物로 培養, 乾燥되어 動物의 飼料 또는 人間の 食糧으로 使用되고 높은 營養價를 갖고있다. 따라서 石油로 培養되는 酵母도 같은 立場을 갖게 될 것이라고 豫想하였던 것이다.

石油로 培養할때 酵母는 糖 代身 Paraffine 에 寄生한다. Paraffine 은 酸素를 包含안하니가 空氣中の 酸素를 補給하여야 한다. 따라서 給氣裝置는 糖類부터 生産하

\* 서울大學 工大 化學工學科

는境遇에 비해生産工程으로는一個의追加費用이 되나 이것으로收率이向上한다.空氣로酸素를供給하면 1t의 paraffine부터 1t의酵母가 생기고 1t의酵母로 0.5t의蛋白質을 얻는다.一便世界人口의增加에 따라食糧不足은深刻的問題로 되었으며 특히蛋白質은現在도約 1,000%이不足하며蛋白質飢餓의現象을 볼수 있다. 이와같이蛋白質이不足한問題는農業,牧畜業,水產業이 아무리發展하더라도到底히解決할수 없다고 보는見解가有力하며石油蛋白質이第一有望한 것으로生覺되고 있다.

이分野는現在石油微生物學이란名稱으로取扱되며石油化學과微生物學의境界領域에 있어 아직整頓이안되고 있는形便이다. 1966年7月の第7回國際微生物學會議에는「炭化水素類의微生物學」이란Section이新設되고昨年4月の第7回世界石油會議에서는石油微生物學의panel討論이있었다. 또한昨年10月美國MIT에서開催된飢餓撲滅의會議에서도 이것을解決하는길은SCP(Single Cell Protein)의開發이외는없다고結論을내고있다.

SCP는單純한有機生物即酵母같은것으로各種아미노酸을多量包含하고 있는것이다.石油蛋白質도勿論이SCP이며石油가燃料로서의image가强하여石油로부터製造되는食品이란不利한印象을避하기爲해使用하기始作한새로운語彙이다.

石油蛋白質의製造過程이나特性은이미 많이알려져 있으나略述하면다음과같다.炭化水素基質로는 $C_{14}$ ~ $C_{19}$ 의것을 많이使用하고培養할微生物의選定에있어서는酵母는Lysine含量이 많고 다른雜菌의汚染이制限될만큼 낮은pH에서는成長이可能하고細菌보다 커서培養後多少回收가容易하다는長點이있고一便細菌은酵母보다蛋白質含量이 많으며成長률이크고比較的簡單한培地에서도培養이可能하며工程을若干變更시켜菌體의아미노酸含量을調整할수 있는것이長點이다<sup>3)</sup>.炭素源이 불용性인炭化水素인것과그分解反應의大部分이酸化인故로多量の酸素(空氣)를必要로 하는것이培養條件의特色이다.大概是燐酸鹽等を加한水溶液에암모니아를導入하는데이암모니아는窒素源이되는同時에溶液의pH를一定하게維持하는役割을아울러하게된다. 또한溫度를一定하게維持하고醱酵가 끝나면細胞를遠心分離하고水洗分은熱處理하는것이普通이다.

또한 이와같은石油蛋白質製品은約50%의蛋白質을 갖고 있으며Amino Acid組成을 보면Lysine, Threonine이 많고動物蛋白質의Pattern에가까우나Methionine, Cystine이 적으니까穀物蛋白質과混合함으로써人間

이나動物에對한均衡잡힌蛋白質源이 될수있다. 또한各種의水溶性Vitamine 특히 $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$ ,  $B_{12}$ , Nicotinic Acid, Pantothenic Acid 같은B群이 많아營養的으로優秀하다고 할수 있다.

여기서는昨年世界石油會議에서發表된것을中心으로石油蛋白質의製造에關한動向과生物化學工學的인問題點에對해記述하려고한다.

## 石油蛋白質開發狀況

이會議에서石油微生物學의分野에서는「炭化水素利用菌의檢出에依한油井, gas井의微生物探查」「油層의變成과崩壞에關聯되는微生物의役割」「石油燃料貯藏中の微生物生育의抑制」「jet燃料의微生物調査」「燃料Tank의金屬의微生物腐蝕」等<sup>4)</sup>이論議되었다.

炭化水素의微生物代謝에關한分野에서는「炭化水素의微生物酸化」「芳香族炭化水素의微生物利用」「芳香族炭化水素의微生物酸化」「脂肪族炭化水素의微生物酸化機構」「Candida rugosa에依한炭化水素부터多糖類의生成」等<sup>5)</sup>의論題가注目을받고있었으며基礎的인研究와直接工業과結付되는問題는아직 없으나將來의石油·天然gas를原料로한生物化學工業을考慮할때이分野는매우重要하다고生覺된다.

石油蛋白質의分野는微生物學이나生物化學에緣이 적은사람들도關心을 갖는課題로서研究는 많이進行되고 있으나産業的인考慮로特許만 얻고秘密로하는傾向이 있어 다른分野와 달리情報蒐集에 많은支障이 있는데現在까지發表된것 중에서그간의새로운開發狀況을 보면 다음과 같다.

### 1) Champagnat (B P)

前述한바와 같이Frakfurt會議에서第一번지發表를하였는데Mexico會議에서發表한內容이Frakfurt會議의 것과別로 다른內容이 없고 이것은後에記述하는生物化學工學的인問題가未決狀態로 있는가답이라推測된다.

### 2) Johnson(Wisconsin大學)

炭化水素로부터의微生物을利用한蛋白質收量에對해Pseudomonas屬細菌을使用하고原料로서Methane, Naphthalene, Octadecane其他를比較하고細胞收量の比는Methane: Naphthalene: Octadecane=0.87: 0.60: 1.20. 本菌은炭素源을Methane, Methanol, Glucose로하였을때의收量の比는0.87: 0.92: 0.93<sup>4), 5)</sup>이다.

### 3) Chepigo

石油炭化水素에 生育하는 食飼料酵母의 製造와 利用에 對해 報告하였는데 收率이 높은 酵母로서 다음과 같은 것을 들고있다.

	酵母乾燥收量	乾燥菌體中の蛋白
Candida Arborea	109.5%	47.9%
Candida Pelliculosa	103.0%	55.0%
Candida Lipolytica	101.7%	47.6%
Candida Rugosa	98.5%	47.2%

이 方法으로 製造된 石油炭化水素부터의 酵母는 酵母特有의 味와 臭을 갖는 淡黃色粉末로

蛋白質	50—55%
脂質	1—2%
炭水化物	12—20%
核酸	6—12%
無機物	6—10%

를 包含하고 있음이 報告되어있다<sup>4)</sup>.

### 4) Gulf 法

Mellon 研究所內에서 實施하고 있는 研究로 Gulf 開發研究所의 group 가 最近 發表한것으로 24時間의 運轉에 依해 1 gal 의 炭化水素부터 數 lb의 粗製蛋白을 얻었다고 한다. 그리고 이 製品은 現在 動物實驗中이고 用途로는 家畜飼料에 添加해서 더 좋은 完全飼料로 한 것을 考慮中이다. 그리고 人類用으로 各種型의 食品製造는 研究中이다.

### 5) Shell 法

Shell 法은 Methane 으로부터 蛋白質을 얻는 方法으로서 그 工程을 要約하면 于先 Methane 酸化菌에 HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>의 Ammonian 鹽 및 K 鹽의 水溶液에 空氣를 吹入해서 Suspend 시켜 Methane 은 Bombe 로부터 氣泡로서 吹入하고 其他 必要한 營養劑를 附與한다. 이렇게 하면 高收率로 微生物의 增殖이 이어나니까 이것을 遠心分離로 濃縮해서 冷凍乾燥한다. 이 方法은 아직 初期의 段階이나 大略 約 40 t의 天然 gas 부터 10 t의 蛋白質을 製造할 수 있다고 生覺된다. 이 Shell-Methane 法은 液相에 依한 BP 나 Esso 法과 달라서 液相에서 菌體를 分離하는 工程을 略할 수 있어 裝置가 單純化되는 것이 確實하다<sup>2)</sup>.

### 6) Esso 法

昨年 Washington 에서 開催된 第 133 回 世界食品供給 Symposium 에서 Esso Research 는 50 gal의 pilot plant

로 700時間以上の 連續運轉에 成功했으나 酵母가 좋은 지 細菌이 좋은지 아직 結論을 못내고 있다<sup>3)</sup>.

### 7) 印度

Indian Petroleum Institute 가 Institut Francais du pétrole 와 提携하여 pilot plant 의 試驗中이다<sup>5)</sup>.

### 8) 臺灣

Chinese Petroleum Corporation 의 Chia Yee Solvent Works 의 pilot plant 段階의 試驗中인것으로 알려져 있다.

### 9) 日本

大日本 Ink 가 石油飼料를 目的으로 1970 年末까지 年產 1~2 萬 %의 設備를 完成시킬 計劃으로 있다. 이 外에도 協和醱酵, 鏡淵化學, 味の素 등이 類似한 計劃을 갖고있다.

## 生物化學工學的問題點

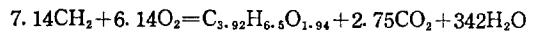
이 分野는 草創期에 있는만큼 研究者에 따라 特色이나 새로운 報告가 發表되어 새로운 微生物醱酵의 領域을 形成하고 있으나 아무래도 實用化에는 準備期間이 많이 必要할것으로 생각된다.

石油食品이라는 印象으로 因한 習慣上에서 오는 不利點이 市場性에 疑問을 갖게하나 그 外에 根本적으로 生物化學工學的인 問題에 對해 記述하려고 한다.

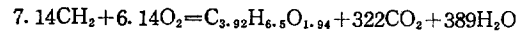
### 1) 酸素要求量

炭化水素의 酸化에 必要한 酸素量은 普通 炭水化物的 約 3 倍를 必要로 함이 報告되어 있다. Darlington<sup>6)</sup>의 理論式으로 比較하여 보면

炭水化物(glucose)의 境遇



炭化水素(n-paraffine)의 境遇



上式에서 炭水化物(糖蜜)부터의 菌體收率을 50%로 하고 炭化水素(n-paraffine)로부터의 菌體收率을 100%로 假定하여 計算하면 同一量의 菌體를 生産하는데 必要한 酸素量은 n-paraffine 에서는 炭水化物에 比해 約 3 倍인것은 容易하게 推測할수있다. 一便 Guenther<sup>6)</sup>는 이것을 燃燒熱의 見地에서 論하고 있으나 이들은 n-paraffine 의 燃燒熱 1. 143 kcal/100 g 와 炭水化物的 燃燒熱 373 kcal/100 g 을 比較해서 菌體收率의 增加에 따르는 酸素必要量을 計算하고있다.

菌體收率(%)	100	130	150
酸素必要量 (mol/100g 酵母)	6. 14	3. 66	2. 58

이것은 生産物의 收率에 따라 그 酸素量도 顯著하게 相異함을 表示하고있다. 이것은 酸化反應에서 菌體만을 生産하는 境遇이나 其他의 酸化生成物도 생기거나 酸素의 必要量도 自然的으로 달라진다고 생각하여야 한다.

一般的으로 炭化水素를 基質로하는 酵醉에서는 炭水化合物을 基質로 하는 것보다 多量의 酸素를 必要로 하는 것은 明白하나 이것은 培養裝置의 設計如何에 따라 반드시 炭水化合物의 境遇에 비해 더 많은 酸素를 供給하지 않으면 안된다고는 決定할수없다. 卽 炭化水素資化性菌의 Generation Time 은 4~6時間程度이고 炭水化合物의 境遇는 1~2時間이라고 생각되고 있다. 20 g/l의 菌體濃度로 連續培養하였을 때를 생각하면 必要酸素量과 Generation Time 과의 關係는,

基 質	Generation time (hr)	菌體收量 (g/l hr)	必要酸素量 (g/l hr)
n-paraffine	6	33	6.5
"	4	5	9.8
glucose	3	6.7	4.5
"	1	20	13.4

이 表에서 明示한바와 같이 炭化水素의 培養에 要求되는 酸素必要量은 Generation Time 을 短縮하는 必要를 認定안하는 限 그 炭水化合物의 酵醉에 必要한 量과 大差 없게된다.

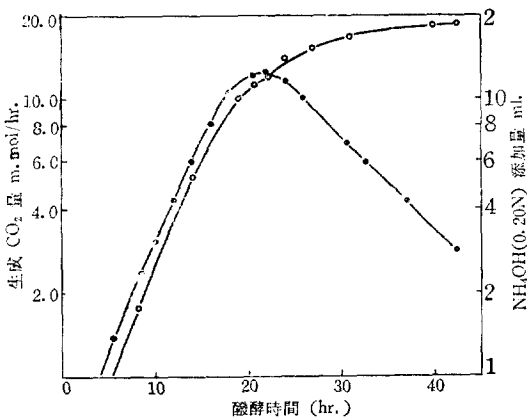


Fig. 1 gas oil 酵醉時  $\text{NH}_4\text{OH}$  添加量과  $\text{CO}_2$  發生 時間과의 關係

Johnson 은 Gas oil 를 基質로하여 酵母의 培養系 (Candida Intermedia 와 Candida Lipolytica)에 對해 一酸化炭素의 生成量을 培養時間에 따라 測定하였다(fig. 1, fig 2). 結果를 보면 最終 cell 濃度가 8.12g/l 일 때 酸素의 必要量을 求하면 1.72g/l 이고 前表에서 期待되는 酸素必要量の 約 半 밖에 안된다는 報告를 내고있다.

## 2) 炭化水素의 分散

다음에 考慮할것은 石油酵醉가 炭水化合物의 酵醉와 크게 相違한點은 n-paraffin 이 물에 難溶인것이다(fig. 3). fig. 3 에서 알수있는 바와같이 最近 McAu-liffe 는  $\text{C}_5 \sim \text{C}_8$ 의 炭化水素의 溶解度를 測定하였다. 이研究는

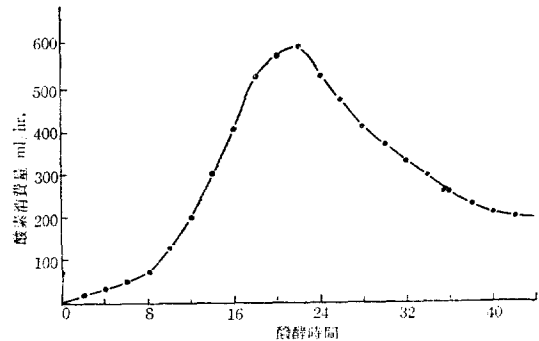


Fig. 2 gas oil 酵醉時의 酸素消費量

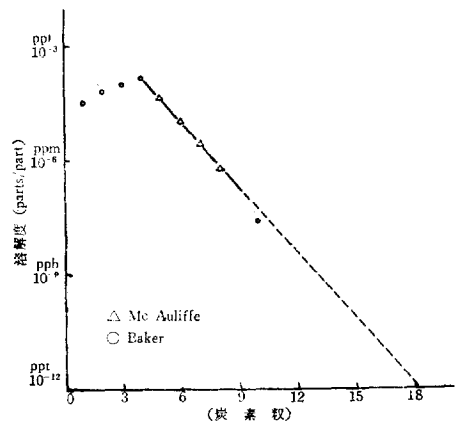


Fig. 3 n-paraffin 의 溶解度

n-Hexadecane 이나 n-Octadecane 까지 實施되고 그 結果 이들의 炭化水素는 極히 少量만 물에 溶解하므로 물에 溶解하고 있는 n-paraffin 이 基質의 役割을 하고있다고 생각할 수 있다.

Baker 는 放射性同位元素를 使用하여  $\text{C}_{10}$  과  $\text{C}_{18}$ 의 n-paraffin 의 炭化水素의 溶解度를 測定하여 같은 結果를 얻고있다. 이와같이 溶解도가 極히 낮은것은 微生物에 依한 炭化水素의 作用方式이 「一旦 물에 溶解된後 水溶液의 狀態로 作用되는 것」보다 오히려 「菌體와 炭化水素의 直接接觸보다 菌體表面의 Lipid 를 經由해서 이루어진다」고 생각할수있다. 이 現象의 解明은 石油酵醉 研究上的 課題로서 크게 注目할만하다.

以上 2 個中の 어느것이라도 基質인 n-paraffin 을水中에 分散시켜 培養液 또는 菌體와 炭化水素와의 接觸面積을 되도록 크게하는 것이 石油醱酵의 反應速度를 높이는 데 重要的 것이 明白하다. 다음에 그 方法을 記述한다.

### 3) 分散方法

#### i) 界面活性劑의 使用

界面活性劑로는 毒性이 弱한 非 Ion 活性劑를 0.05~0.5% 添加하는 것이 有効하다. 炭化水素資化菌의 大部分은 增殖에 따라 自然히 炭化水素를 乳化分散시킬 수 있으니 界面活性劑의 添加는 必要하지 않은 境遇가 많으나 Johnson<sup>2)</sup>等은 C<sub>20</sub>의 境遇에 2, 6, 10, 14 Tetra Methyl Pentadecane을 加해 實施하고 있다. 이 方法으로 分散을 容易하게 할수있다.

#### ii) 機械的分散

固體 微生物은 簡單한 Agitator 에 依해 容易하게 分散시킬 수가 있다. BP의 것은 이 Agitator 에 8個의 Blade 가 있고 그 直徑은 回轉反應塔의 1/3 程度이다.

그리고 BP의 方法은 이 Agitator Blade 의 下側에 毛細 Injection Nozzle 의 Ring 으로 水溶液을 通해 空氣를 吹入하여 攪拌하고 있다. BP 에서는 石油의 分散이 極히 重要하고 滴下하는 溶液의 크기는 30 micron 으로, 可能하면 10 micron 이 좋다고 있다.

炭化水素의 分散은 Agitator 의 速度만으로는 不充分하고 上記한바와같이 滴下液의 size 를 적게하기 爲해 (1) Nozzle type 의 Atomizer (2) "Fluid whistle"의 Sonic disperser 또는 (3) Colloid Mill 等の 併用이 좋다.

### 4) 基質添加量의 影響

基質이 glucose 인 境遇 添加量이 20% 以上에서는 顯著한 生育阻害現象을 볼수있는데 이것은 炭水化合物을 基質로 하는 醱酵에서는 一般的으로 觀察할수 있는 現象이고 이것은 滲透壓의 影響에 依한다고 생각할 수 있다. 一便 n-paraffin 의 境遇에는 添加量 50%까지는 거의 阻害現象이 일어나지 않고 특히 C<sub>12</sub>~C<sub>18</sub>의 n-paraffin 같이 毒性이 적은 炭化水素에서는 高濃度添加에 依한 阻害는 그리 認定되지 않으나 同時に 또 添加量의 增加에 따라 菌體의 生産量도 高작 添加量의 10%에 지나지 않는다고 생각된다.

### 5) 反應裝置

精製液狀 paraffin 으로부터의 酵母製造裝置는 普通酵母製造에 使用되는 裝置와 같다. 營養媒質의 製造에는

化學工業에서 많이 使用되는 Type 의 反應混合器, Tank耐酸 pump 가 使用되고 醱酵槽는 강한 物質移動과 aeration 이 可能한 特別한 空氣分散系를 備置하고 있다. 石油製品의 微生物學的脫蠟에 依한 乾燥酵母의 process 및 裝置도 精製 paraffin 의 境遇와 本質적으로 變化가 없다. 다만 이 境遇에는 다음과같은 操作이 若干 複雜하여진다. 「aeration 時의 揮發性石油物質의 凝縮」「排出培養液 및 脫蠟油부터 酵母 cell 의 分散」「殘留炭化水素와 脂質의 酵母 cell 로부터의 抽出」炭化水素로부터 酵母製造 process 의 改善點으로는

1. aeration 을 強하게하여 高 paraffin 濃度에서의 操業을 可能하게 하기 爲해 物質移動과 熱移動을 充分히 크게할것.

2. 生産性向上을 爲한 醱酵槽 design 의 改善

3. 高酵母濃度에서의 操業과 排出液의 循環을 可能하게 하는 鹽媒質의 選擇

4. process 의 安定性を 좋게하고 또한 原料의 完全利用을 圖謀하기 爲한 process 의 自動化

## 結 論

以上 現在까지의 몇가지 問題에 對해 言及했으나 結論으로 적어도 다음 2個의 點이 問題가 된다.

1) 基質이 n-paraffin 의 물에 對한 溶解度가 적은것.

2) 多量의 酸素를 必要로하는것. 卽 發熱量의 消費도 同時に 考慮하여야 한다는것.

이와같은 問題는 더 많은 費用을 要하게되고 또한 裝置에도 特別한 配慮를 要求하게 된다.

以上の 問題外에 工業의 生産에서 當然히 考慮하여야 할 生産價格에 對해 생각해보면 다음과 같다.

Esso 와 Nestlé 社에서 發表한것을 보면 pure protein bare 로 해서 石油蛋白은 1 lb 當 35 cent 로 推定하고있고 脫脂粉乳는 1 lb 當 41 cent 로 石油蛋白이 安價이지만 大豆粉이나 落花生粉末은 1 lb 當 12 cent 인데 比하면 아직 高價이다.

BP 社에서 目標을 歐羅巴의 食肉市價의 1/15~1/30 로해서 推定한 것을 보면 다음과 같다(單位: cent/lb 生成菌體)

原料費 0.25~5, 運轉費 0.5~1, 固定費 1~2, 合計 1.75~8

炭水化合物中에서 第一 低 Cost 의 process 에서는 運轉費 1/2 cent/lb, 固定費 1 cent/lb 니까 萬一 製品을 4 cent/lb 로 할수있으면 原料費로서 支拂할 수 있는 金額은 2.5 cent/lb 가 된다. 그러나 炭化水素의 境遇 收率이 50%이니 原料費로는 1.25 cent/lb 밖에 낼수가

없다. 그리고 炭化水素에서는 固定費가 2 倍이고 運轉費도 50% 高價인 것을 생각할 때 2.75 cent/lb 를 製品原價에 넣어야 하고 原料費로서 使用할 수 있는 것은 1.25 cent 가 된다.

炭化水素부터의 收率을 100%로 생각하여도 原料費로서 使用할 수 있는 金額은 炭水化合物과 같이 1.25 cent/lb 로 된다. 그러면 어떤 原料가 이 요구를 滿足시킬수 있는지 그 可能性을 보면 다음과 같다(Cost單位: cent/lb)

精製炭水化合物 4~8, 精製炭化水素 2~4, 粗製炭化水素 1~2, 穀物粒 1.5~2.5, 粗雜穀物粒 1, 原油 1, 石炭 0.5~1, 天然 Gas 0.25, 廢塵 0.04,

따라서 現狀으로 利用可能한 것은 粗製炭化水素, 石油, 天然 Gas 이나 生産技術이 進歩하고 大量生産이 되면 이와같은 問題를 克服해서 새로운 成果를 얻을수 있을 것으로 期待된다.

## 引用文獻

- 1) A. Champagnat et al, 6th World Petroleum Congress(Section IV-paper 4-PD10) 19th-29th June 1963(Frankfurt)
- 2) Shell : Chem & Eng, News June 20, 20 1966
- 3) Esso : ibid Jan 9, 46 1967
- 4) Petroleum of Microbiology, (special Reference to the edible materials), 7th World petroleum Congress Proceedings vol 8 2nd-8th April 1967(Mexico city,
- 5) W. Darlington : Biotechnology of Bioengineering 6, 241. 1964
- 6) K. Guenther : ibid, 7, 445. 1965
- 7) M. Johnson : ibid, 8, 459. 1966