

## 酵母 培養에 依한 石油蛋白質食品의 生産

李 陽 熙\*

### 1. 단백질 식품의 資源

세계 인구는 現在 선진국이 10억6천만, 후진국이 23억으로 되어 있고 年間的 인구 증가율은 先進國이 1.1%, 후진국이 2.6%로서 1985년에는 세계인구는 50億에 達한다고 하며 2000년에는 60億으로 增加될 것이 예상된다.

이와 같은 人口의 증가는 앞으로 人類의 食糧問題가 심각하게 대두될 것을 예고하고 있으며 그에 앞서 벌써 現在에 있어서도 大部分의 후진국가는 어느 程度의 食糧不足을 면하지 못하고 있는 형편이다. FAO의 조사에 의하면 現在에도 인구의 10~15%는 칼로리 不足이며 50%는 질적인 영양부족의 형편에 있다고 한다. 이러한 실정에 놓여 있는 우리들은 食糧의 生産問題에 큰 關心과 노력을 기울이고 있으며 그 중에서도 가장 問題가 되는 것이 단백질 食品으로 그 理由는 表 1에서 보는 바와 같이 그의 人體生理上의 重要性 및 要求量과 그의 資源이 比較的 제한되어 있다는 것이다.

表 1. 人體에 필요한 단백질의 量

個 體	年 齡	體重(kg)	필요한 단백질의 量(g/일)
남 자	25~65	70	65
여 자	25~65	60	65
유 모			100
갓 난 이	0~1		체중 kg×3.5
어 린 이	1~3	12	40
소년·소녀	10~12	35	70
	16~20		100

단백질 식품의 生産은 과학기술의 발달에 따라 더욱 새롭고 경제적인 方法으로 개척되고 있는데 그 方法들을 특징에 따라 크게 나누어 본다

#### (1) 재래식 농수산업에 의한 方法

- (2) 半 재래식 方法
  - (3) 조류나 미생물에 의한 새로운 方法
- 등 3가지로 나눌 수 있다.

첫째, 재래식 方法은 농·수산업에 依해서 生産된 農산물·축산물·수산물에 함유된 단백질을 우리가 그대로 食用하는 것으로 그 代表的인 例와 단백질 함량을 살펴 본다면 表2와 같다.

表 2. 재래의 단백질 資源

식 품 명	단백질 함량(%)
곡 류	
쌀	6.7
밀	12.2
옥수수	9.5
호밀	9.0
조·수수	9.7
동물성 단백질	
고기	14.7
우유	3.5
달걀	11.0
생선	10.9
豆 類	
대두	23.4
완두	22.5
녹두	23.0

둘째로 半 재래식 方法은 농·수산물의 加工時 副産되는 低級食品, 주로 各種 油種粕으로 종래에는 동물의 사료나 비료로 利用되던 副産物로부터 고급의 단백질 食品을 生産하는 方法이다.

이와 같은 方法으로 生産될 수 있는 단백질의 量도 상당한 것으로 表 3에 나타난 전 세계의 대표적인 油種의 生産量 및 그 단백질 함량을 살펴 본다면 잘 알 수 있을 것이다.

\* 理學博士, 韓國科學技術研究所 農産物加工研究室長

表 3. 지역별 주요 油種의 生産量(1966年度 FAO 발표)

(단위 : 1000M/T)

지 역 별	대 두	낙 화 생	면 실	코 코 날	해 바 라 기 씨	참 개	Total
구라과 및 소련	422	22	4,058	—	6,713	6.2	11,221.2
북·중부 아메리카	23,297	1,248	7,061	216	13	187.7	32,022.7
남아메리카	608	1,299	1,942	24	842	131.6	4,846.6
아세아	12,278	9,519	6,728	2,657	230	978.3	32,390.3
아프리카	36	5,364	2,025	91	131	316.5	7,963.5
대양주	—	13	37	281	2	—	333
	36,641	17,465	21,851	3,269	7,931	1,629.3	83,777.3

이를 단백질로 환산하면 아래 표와 같다.

지 역 별	대 두	낙 화 생	면 실	코 코 날	해 바 라 기 씨	참 개	Total
구라과 및 소련	139	4	691	—	907	1.2	1,742.2
북·중부아메리카	8,730	227	1,210	13	1.8	34	10,215.8
남 아메리카	231	236	333	4	114	23.8	941.8
아세아	4,660	1,732	1,164	159	31	177	7,923
아프리카	14	976	350	5.5	17.7	57.4	14,206
대양주	—	2	6	17	—	—	250
Total	13,774	3,754	3,754	198.5	1,071.5	293.4	22,268.4

단백질의 합량 : 대두—38%

낙화생(탈피한 것)—18.2%

면실—17.3%

코코날—6%

해바라기—13.5%

참깨—18.1%

세계의 방법은 가장 새로운 방법으로 세균이나 효모의 대양에 依해서 또는 *Chlorella*나 *Scenedesmus*와 같은 조류(algae)로부터 단백질을 生産하는 方法, 그리고 아미노산의 화학적 및 生化學的 合成, 누염으로부터의 단백질의 추출 및 그의 水草나 여러가지 해조류를 利用한 단백질식품의 生産 등이 이에 속한다. 먼저 달한 재래식 方法은 일정량의 단백질을 生産하기 위해서 상당한 토지의 면적과 長期間의 勞動을 要求하며 또 半 在來式 方法은 原料가 比較的 制限되어 있는데 比較하여 本 方法, 그 中에서도 特히 미생물을 利用하는 single cell protein의 生産은 미생물의 놀랄만한 生育 속도 및 증식율로 보아 未來의 가장 有望한 단백질 資源으로 豫測된다.

## 2. 석유를 利用한 효모단백질의 生産

효모는 옛날부터 여러가지 糖液의 酒精發酵에 主로 利用되어 왔으나 近來에 와서는 그 菌體의 vitamin 및

단백질의 풍부한 含量으로 因하여 하나의 營養食品으로 重要視되고 있다. 酵母의 營養的 價値를 좀 구체적으로 살펴 본다면 表4와 表5와 같다. 3가지 主要한 vitamin과 필수 아미노산의 含量에 對해서 食用酵母와 다른 食品間의 比較를 볼 수 있는데 그 結果를 종합해 본다면 酵母가 우량한 영양식품이라는 點은 누구나 인정할 수 있겠으나 表5에서 보는 바와 같이 酵母는 methionine이나 cystine과 같은 含硫黃 아미노酸의 含量이 比較的 적다는 것이 特徵이다.

表 4. 酵母와 다른 식품의 vitamin含量的 比較

(단위 : mg/kg)

식 품 명	Thiamin	Riboflavin	Niacin
효 모	20~80	30	450
현 미	3.6	1.0	55
밀	2.0	0.7~1.0	50
귀 리	6.5	1.2	60
옥수수	5.7	1.4	15
낙 화 생	7.5	3.5	250
대 두	7.5	4	55

酵母가 食用단백질의 資源으로 利用되기 始作한 것은

第2次 世界大戰中부터 이의 그의 用途는 주로 食品의 영양첨가제로 그리고 그의 大部分은 가축의 사료로 사용되어 왔다.

食用酵母의 工業的 規模의 培養을 爲한 배지로는 現在까지 당밀이나 製糖工場의 폐기물, lactoserum 및 製紙工場의 폐기액 등을 利用하여 있는데 이러한 培地의 生産量은 어느 程度 制限되어 있고 또 最近에 와서는 各種 微生物 工業에 急速한 發達로 因해서 培地의 用途가 확장되었으며 이와 같은 現象은 새로운 배지의 개발을 재촉하게 되었다.

새로 개발된 培地 中에서 석유의 탄화수소의 利用에 關해서는 methane이나 그와 다른 탄화수소에 關해서 보다 더 많이 研究되었으며 현재에도 數個의 석유회사에서 活潑히 研究를 하고는 있으나 大部分의 경우 그들의 실험결과를 發表하지 않고 있다. 그러나 프랑스의 British Petroleum會社와 프랑스 石油研究所(Institut Français du Pétrole)에서는 그들의 實驗結果 및 사업 進행을 發表함으로써 石油를 利用한 微生物 工業의 發達實況을 알게 되었다.

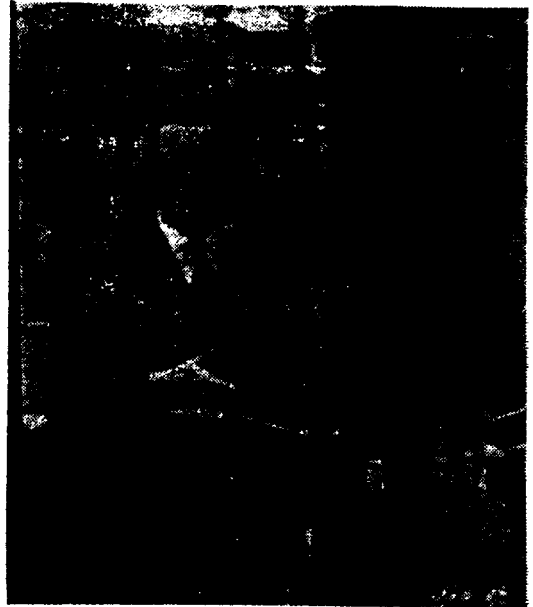


Photo 1. Lavéra 연구소 미생물연구실장, Bernard Lainé

表 5. 酵母와 다른 식품의 필수아미노산 성분 비교

(단위 : %)

아미노산	밀가루	우유	달걀	소고기	빵효모	B.P.효모	I.F.P.효모
Leucine	5.8	11.8	9.2	8.0	3.7	7.0	8.2
Isoleucine	3.3	6.5	8.0	6.0	2.1	3.05	4.8
Valine	3.6	6.2	7.3	5.5	2.9	8.4	6.3
Threonine	3.3	4.8	4.9	5.0	2.1	9.1	3.2
Methionine	2.0	72.2	4.1	3.2	0.6	1.20	0.7
Cystine	1.3	0.7	2.4	1.2	0.08	0.10	1.30
Lysine	2.7	8.1	7.2	10.0	4.5	11.6	10.7
Arginine	2.8	3.5	6.4	7.7	3.0	8.0	5.4
Histidine	1.2	2.4	2.1	3.3	1.0	8.1	2.7
Phenylalanine	5.7	4.6	6.3	5.0	2.1	7.90	4.35
Tryptophan	1.2	1.4	1.5	1.4	0.6	1.17	1.7

British Petroleum會社에서는 現在 Lavéra(프랑스)에 pilot plant 규모의 실험공장이 있어 기초실험을 爲한 相當量의 효모단백질을 생산하고 있으며 앞으로 1970년부터는 年間 16,000M/T의 단백질 생산할 수 있는 대규모의 工場이 역시 Lavéra에 設立 中에 있다. 그 외에도 본 會社에서는 Scotland의 Grangemouth에 研究所를 設置했고 Sunbary에는 工業的 生産工程에 關한 研究所를, 또 프랑스의 Esperton에는 微生物에 關한 研究所를 設置하고 活潑한 研究를 계속中에 있다. 이 글에서는 프랑스의 British Petroleum會社에서 발표된 참고재료를 中心으로 해서 석유배지를 利用한 효

모단백질의 生産方法의 要點을 說明해 보겠다.

이 British Petroleum會社에서는 석유단백질의 생산을 爲해서 처음에 2가지 方向의 研究를 始作하였는데 그 하나는 1960年 Lavéra의 研究所에서 효모의 배지로써 gas-oil을 直接 利用하는 方法에 關해서 研究를 始作했고 그 후 Scotland의 Grangemouth에서는 gas-oil로부터 n-paraffin을 추출, 정제해서 이를 배지로 효모를 배양하는 실험을 始作했다. 그리고 1963年 初에는 Lavéra에 月間 15%의 효모단백질의 生産과 工業的 生産의 모든 基礎實驗을 할 수 있는 pilot plant를 設立하였다. 그 후 數年間의 研究끝에 결국 2가지의

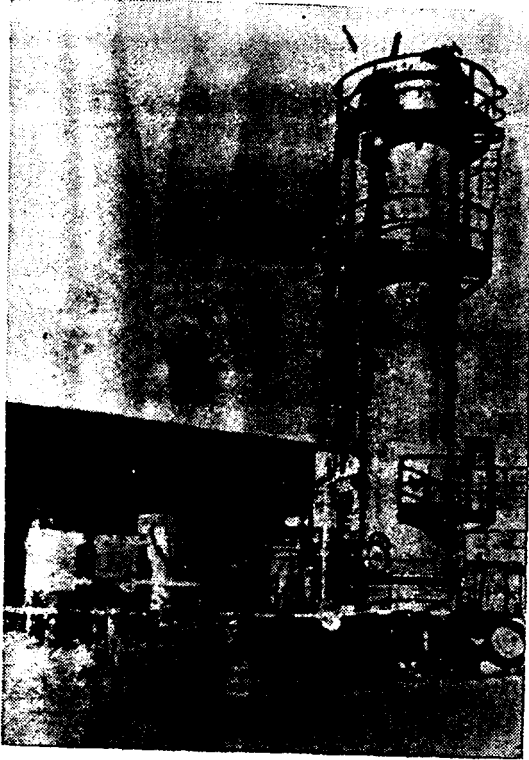


Photo 2. Lavéra 연구소에 설치된 "Le Francois" 발효 tank

石油를 이용한 효모단백질의 생산 방법을 완성시키게 되었는데 그 내용을說明해보면; 첫째 방법은 대端히 간단한 방법으로 在來의 당밀을 사용하던 방법과 비슷한 것이다. 그러나 이 방법은 정제된 n-paraffin을 培地로 사용하는 방법으로 難點은 paraffin의 分離이며 이를 爲해서는 굉장히 큰 施設의 工場과 高度의 技術을 要하므로 단지 工業技術이 高度로 발달한 先進國에서만 그의 적용이 可能하다. 다음으로 둘째 방법은 좀 복잡한 것으로 paraffin의 分離는 필요없으나 효모의 培養後 불순물의 제거가 어려운 것이다. 그러나 이 방법은 相當히 경제적이고 또 정유공장시설이 있는 곳에서는 어디서나 적용이 가능한 방법으로 대端히 흥미있다고 생각된다. Lavéra의 研究所에서는 이 방법을 이용한 대규모의 공장을 현재 設립중에 있으며 본 방법은 장차 우리나라에도 적용시킬 수 있는 것으로 그의 내용을 좀說明해 보고자 한다.

### 1) 발효과정

효모배양을 爲한 容器는 효모생육에 필요한 모든 조건을 부여할 수 있는 장치를 가지고 있어야 하며 여기에 gas-oil과 外 영양소(암모니아염 · 인산염 · 유황 · 칼륨염 · 마그네슘염과 같은 무기염류와 아연 · 망간 ·

철 · 구리 · 코발트 등의 광물질 外에 生長素·vitamin等)로 구성된 배지를 넣고 선택된 균종의 효모(Candida) 혼탁액을 접종해서 강한 통풍을 하면서 배양한다. 배양溫度는 30°C 外이며 培地의 pH는 3.5~6의 범위 內에서 배양하고자 하는 菌株의 増殖率이 가장 높은 點을 선정한다.

Gas-oil을 배지로 할 때에 在來式 탄소源을 사용할 경우와 다른 點은 효모가 糖(CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> 代身에 n-paraffin ((CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>)을 同化한다는 것으로 paraffin은 酸素를 함유하고 있지 않아서 自然 배양時에는 在來式보다 約3 倍의 통풍을 필요로 한다는 것이다. 대신에 효모의 收率에 있어서는 糖 1kg을 사용했을 경우에 0.5~0.6kg의 효모를 얻을 수 있는데 比하여 탄화수소 1kg을 消費해서는 1kg의 효모를 얻을 수 있다. 그러나 代謝過程중 심한 發熱이 일어나 배양시 이를 생각하지 않으면 안되며 배지내의 gas-oil은 효모가 쉽게 소비할 수 있도록 完全히 分散시키지 않으면 안된다.

효모의 배양은 在來式과 같이 batch式으로 할 수도 있고 연속식으로 할 수도 있는데 batch式의 경우에는 배양된 효모의 分離를 될 수 있는 限 빨리 行하는 것이 收率을 높일 수 있다. 연속식 배양을 爲해서는 stainless steel의 발효 tank에 배지를 연속적으로 pump 하면서 여기에 공기를 강하게 注入시켜서 배양하며 배양액의 냉각은 배양액의 一部를 냉각기에 通過시킴으로써 行한다. 酸度의 조절은 암모니아水를 注入해서 行하는데 이는 直接 효모의 영양소로도 利用된다. 이 방법은 잡균오염의 防止를 爲해서 가장 簡便하고도 경제적인 방법인 것이다.

### 2) 수 확

배양된 효모의 분리작업은 一般的으로 원심분리기를 사용하고 있는데 현재 제작되고 있는 大部分의 工場用 기계는 석유발효공업을 爲해서는 그의 성능이 不充分하다. 그리고 석유배지로부터 효모분리의 근본적인 해결방법은 기계적인 조건 外에도 化學技士의 高度의 숙련으로 技術을 完成시켜야 하며 그 理由는 배지가 完全한 emulsion 狀態에 있고 또 발효과정중 배지가 더욱 복잡한 物理化學의 구성을 갖게 되기 때문이다. Lavéra의 研究所에서는 오랜 연구 끝에 배지에 잔류하고 있는 탄화수소를 거의 完全히 제거할 수 있는 技術을 完成하였다. 이와 같이 分離한 효모는 물로써 충분히 씻은 후에 원통식 건조기나 분무건조기에 依해서 건조한다.

### 3) 정 제

정제처리는 효모에 잔류하고 있는 微量의 탄화수소를 제거하는 作業으로 이는 適當한 용매의 처리로써

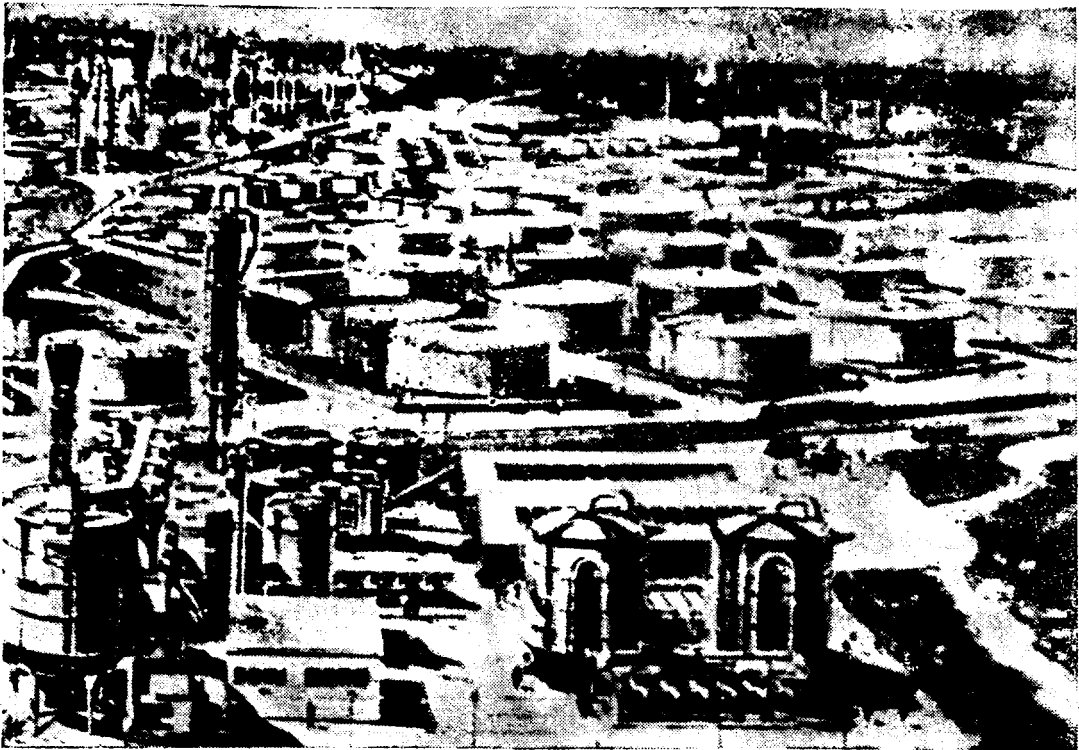


Photo 3. Lavéra에 건립중에 있는 1970年末부터 年産 16,000%의 효모 단백질을 생산하게 될 공장의 모형도 이 공장은 30,000,000 프랑, 약 6,000,000弗의 예산을 들여 건설중에 있다.

행해지며 이 作業은 탄화수소를 제거하는 동시에 脂肪質의 거의 大部分이 또한 제거된다.

어떤 새로운 식품을 개발하기 爲해서 우선적으로 연구되어야 할 點은 그 식품의 위생적인 價値인데 현재 이 석유를 利用한 효모단백질의 경우도 이 문제가 선결문제인 것이다. 이 문제를 해결하기 爲해서 프랑스 British Petroleum 會社에서는 Lavéra에서 生産된 효모 단백질을 Holland의 유명한 두 연구소에 依해서 동물 사육실험을 행하였다. Holland의 Zeist에 있는 중앙식품영양연구소(Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek—C.I.V.O.)에서는 長期間 사육실험으로 효모단백질의 毒性에 關해서 실험하고 있는데 그의 지금까지의 실험결과를 종합해 보면 정제처리의 약간의 差異와 化學的 分析値가 거의 비슷한 효모단백질간에도 동물체에 미치는 影響의 差異는 大端히 크다고 하며 그럼으로써 Lavéra 研究所에서는 정제처리와 제품의 化學的 分析 또 動物사육실험을 有機的으로 關連시켜 長期間 研究함으로써 現在는 均일하고도 大量한 제품을 生産하는 技術을 完成하였다고 자랑하고 있다.

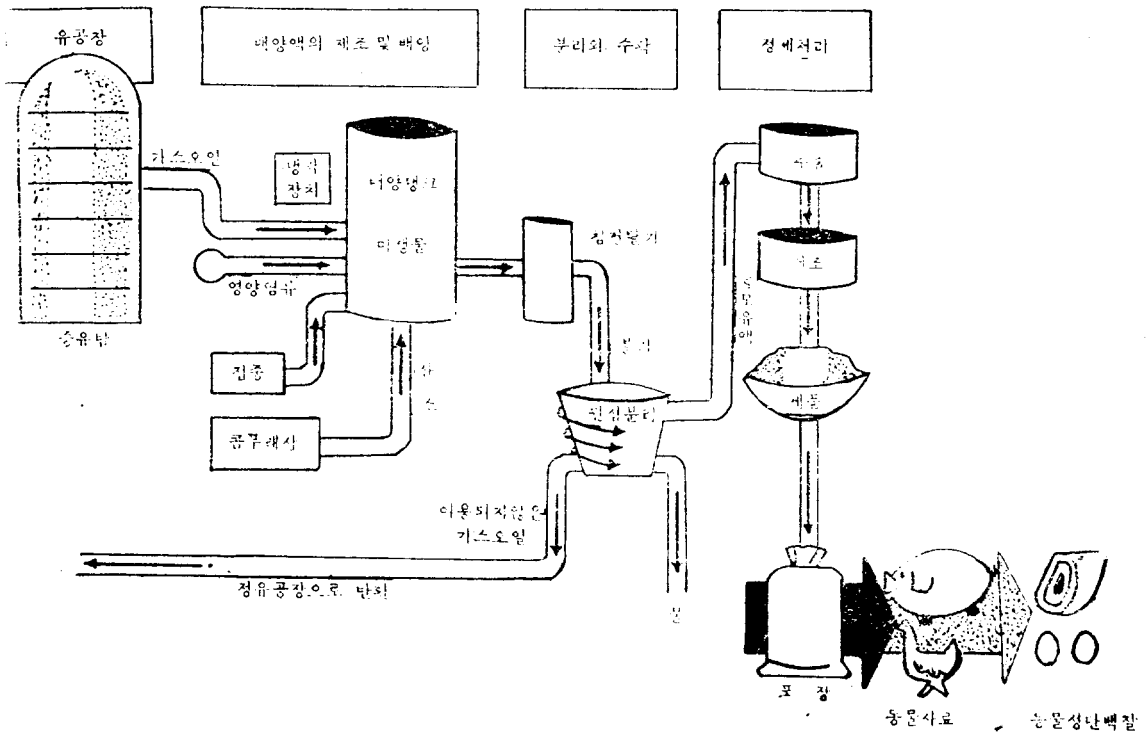
효모단백질의 毒性實驗을 爲해서는 主로 백쥐를 사

용하였고 그의 메추리·닭·물고기 等도 사용하였다. 아직까지 3년반 동안의 이 實驗은 사료배합에 利用되는 단백질원료의 2/3까지를 효모단백질로 代置하여 실험하였고 現在까지 실험대상으로 사용된 동물數는 30,000마리가 넘는다고 한다. 그리고 한편으로 병리실험도 같이 행하여 왔는데 現在까지는 동물의 생육이나 體質에 아무런 기현상도 발견하지 못하였다. 또 다른 연구소인 농업생화학연구소(Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek van Biochemische Producten-I.L.O.B.)에서는 병아리·닭·돼지를 가지고 같은 실험을 행하여 거의 동일한 결과를 얻었다.

表 6. 석유로부터 얻은 효모와 재래의 효모와의 성분 비교

성분	석유효모(B.P.)	재래식효모(torula)
水分	5	5
질소	10.6	8.1
전단백질	66	50.5
지방	1	7
Pepsin소화율	83	80

곡유 단백질 식품의 생산과정



以上과 같은 모든 연구사업은 최종적으로 우량한 호모단백질을 얻을 수 있게 하였는데 그의 성분을 在來의 효모와 比較해 보면 表6과 같다.

또 석유효모(B.P.)의 아미노산 함량을 Bender 에 依해서 결정된 人體에 同化될 수 있는 理想的인 단백질과 比較하면 表 7과 같다.

表 7을 검토해 볼 때 석유효모(B.P.)를 直接 飼料로 사용한다면 재래식효모와 같이 含硫黃 아미노산, 卽, cystine이나 methionine의 含量이 微弱하다. 그러나 이 부족한 아미노산을 다른 原料의 혼합에 依해서 보충한다면 이는 大端히 우량한 영양사료를 만들 수 있을 것이다. 현재 Lavéra 에 설립중인 公장에서 1970년 에 생산되는 석유효모(B.P.)가 동물사료의 단백질 원료로 쓰일 수 있고 또 경제성이 타당하다면 프랑스British Petroleum 會社는 새로운 工業의 개척자가 될 것이며

表 7. 석유효모(B.P.)에 함유된 아미노산과 Bender 의 지수와의 比較

아미노산	석유효모(B.P.)의 질소 16g 에 함유된 아미노산의 量	Bender 지수
Isoleucine	5.3g	4.3
Leucine	7.8	7.5

Lysine	7.8	5.2
Phenylalanine	4.8	4.8
Tyrosine	4.0	—
Cystine	0.9	2.7
Methionine	1.6	2.0
Threonine	5.4	4.1
Tryptophan	1.3	0.8
Valine	5.8	5.0

또 앞으로 하나의 食品으로서 이 효모단백질이 利用될 수 있다면 이 研究事業은 人類의 飢아문제 해결에 크게 공헌하는 바가 될 것이다.

4) 우리 나라에서의 응용

우리나라에 있어서 石油를 利用한 효모단백질의 생산은 현재 대한석유공사와 호남정유공사가 있어 每日 約 175,000 barrel의 原油를 처리하고 있으므로 相當量의 原料를 확보할 수 있을 것이며 gas-oil을 직접 배지로 利用하는 方法으로 효모단백질의 생산을 시도해 볼 수 있을 것이다. 그러나 그에 앞서 技術的인 難點을 우선적으로 解決해야 할 것인데 문제점은 주로 석유 배지에서 旺盛하게 增殖하는 酵母의 선택·배양장치 및

배양기술과 수확 및 정제에 관한 문제 등이 있다. 그러나 무엇보다도 어렵고 長時日을 要하는 研究는 毒性 實驗을 減한 제품의 精製技術의 개발이라 생각된다.

이 點이 解決된다면 國內에서의 효모 단백질의 生産은 쉽게 이루어질 것이며 生産된 효모단백질은 우선 가축사료로 유용하게 利用될 수 있겠고 앞으로 人體에서 無毒性이 完全히 규명될 때 하나의 영양식품으로도 利用될 날이 올 것이다.

### 참고 문헌

- (1) ARIMA, K. *et al.* (1965)—Studies on utilization of hydrocarbons by yeasts. *Agri. Biol. Chem.*, **29**, 1004~1008
- (2) BLAKEBROUGH, N. *et al.* (1967)—Equipment for hydrocarbon fermentations. *Biotechnol. Bioeng.* **9**(1), 77~87
- (3) CHAMPAGNAT, A. (1962)—Biosynthèse de concentrés protéines vitamines à partir du pétrole. *Rev. Inst. Fr. du Pétrole*, **17**, 1372~1381
- (4) CHAMPAGNAT, A. (1964)—Proteins from petroleum fermentation new source of food. *Impact*, **14**, 119~133
- (5) CHAMPAGNAT, A. (1967)—Proteins from petroleum. *World Petal*, **38**(4) 64~68
- (6) CHTEPCHEKOV, K. A., RAKITIN, V. (1967)—Microbiologisch synthetisiertes Eiweiss *Lebensmittelind.* **14**, 365~368
- (7) FRITSCH, W. (1965)—Utilization of aliphatic hydrocarbons by *Candida guilliermondii*. *Abh. Dent. Akad. Wiss. Berlin. Kl. Chem. Geol. Biol.* (2) 109~117.
- (8) GATELLIER, C. (1964)—Proteins from oil. *Comm. Spec. de LiInst. Fr. du Pétrole. Ref.* **11**, 128
- (9) GATELLIER, C. (1967)—Application de la microbiologie du pétrole à la fabrication de nouvelles sources alimentaires. *Rev. de la Soc. Roy. Belg des Ing. et Ind.*, No. 9~10, 463~469
- (10) GOSWAMI, K.P. and LAHIRI A. (1967)—Hydrocarbons hold promise for microbial synthesis of proteins. *Chem. Age India*, **18**(5), 345~350
- (11) GUETHER, K. R. (1965)—Aerobic hydrocarbon fermentation. *Biotechn. Bioeng.* **7**(3), 445~448
- (12) GRIVE, J. (1963)—En déparaffinant le pétrole, des levures le valorisent et fournissent des protéines  
*Sci. Progr. la Nat.*, No. 3335, 108~113
- (13) HALASZ, A. *et al.* (1966)—Kísérlete ktakarmanyélesztő előállítására szénhidrogén alapanyaggon. *Keki Kozl.*, No. 3, 19~22
- (14) HUMPHREY, E. E. (1967)—A critical review of hydrocarbon fermentations and their industrial utilization. *Biotechn. Bioeng.*, **9**, 1~22
- (15) IIZUKA, H., IIDAM., UNAMI, J. (1966)—Microbiological studies on petroleum and natural gas. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 119~128
- (16) IIZUKA, H., IIDAM., TOYODA, Sh. (1966)—Diterminal oxidation of n-decan by a strain of *Candida rugosa* isolated from aircraft fuel. *Z. Allgemein Mikrobiol.*, **6**, 335~338
- (17) IMADA, Y. *et al.* (1966)—Utilization of hydrocarbons by microorganisms. *Vi. Agri. Biol. Chem.*, **30**, 487~495
- (18) IYENGAR, M.S. (1967)—Production of protein from petroleum hydrocarbons. *Chem. Age India*, **18**(3), 216~220
- (19) JOHNSON, M. J. (1964)—Utilization of hydrocarbons by microorganisms. *Chem. Ind.* 1532~1937
- (20) JOHNSON, M.J. (1967)—Growth of microbial cells on hydrocarbon. *Science*, **155**, 1518~1522
- (21) LIROVA, S.A., Ierusalimskil, N.D. (1967)—Growth and oxygen consumption by *Candida* cultures on different substrates. *Mikrologiya*, **35**(6), 937 943
- (22) MILAN, D. (1968)—Cultivation of the yeast *Candida lipolytica* on hydrocarbons. *Biotechnol. Bioeng.*, **10**(6), 865~875
- (23) MILLER, T.H., Johnson, M.J. (1966)—Utilization of normal alkanes by yeast. *Biotechnol. Bioeng.*, **8**, 549~567
- (24) MILLER, T.H., Johnson M. J. (1966)—Utilization of gas-oil by a yeasts culture. *Biotechnol. Bioeng.* **8**, 567~579
- (25) NYNS, E.J. *et al.* (1967)—Comparative growth of *Candida lipolytica* on glucose and n-hexadecane. *Nature*, **215**, 177~178
- (26) NYNS, E.J. (1967)—Microorganismes et hydrocarbures. *Rev. Quest. Sci. (Belg.—Fr.)* **28**(2), 189~200