

새로운 食糧資源 開發

鄭 東 孝

〈中央大教授·農學博士〉

21세기 초엽에 세계의 인구는 현재의 34억2천만의 약 2배인 66억에 달한다고. UNESCO는 경종을 울리고 있다. 식량중 특히 동물성 단백질의 부족은 약 6,000만톤으로 추산된다. 이 식량부족을 해결시키는 방법으로는 ① 재래의 농수축산물의 증산 ② 식량의 세계적 유통의 개선 ③ 새로운 자원의 개발 등으로 생각된다.

인구증가와 식량생산

재래의 농수축산물의 증산은 그 가능성이 한도가 있으며 식량유통개선도 식량을 보다 효과적으로 분배하는데 그 역할이 되나 세계적인 식량부족을 근본적으로 해결을 못한다. 그렇지만 신자원의 개발은 중요한 의의를 가진다. 새로운 자원의 개발로서는 더욱 최근에 주목을 끄는 것은 미생물을 단백질 자원으로 이용하는 것이다. 이는 ①고등식물에 비하여 증식률이 아주 높으며 ②생산관리가 쉽고 ③체중당 단백질 함량이 많고 ④농업과 같이 기상조건과 유전에 지배받지 않고 ⑤입체적으로 대규모로 생산할 수 있는 잇점을 가지고 있다

단백질 자원으로서는 이용할 수 있는 미생물은 클로렐라, 효모, 세균 등이나 최근 석유중의 탄화수소를 탄소원으로 생육되는 미생물의 대량 배양의 문제가 해결되어 이들 미생물이 단백질의 새로운 자원으로서 서광을 받게 되고 이 균체에서 먹을 수 있는 단백질을 얻을 수 있어 이제 식탁에 오르게 되었다.

석유 단백질이란 ?

즉 석유단백(석유단세포 단백질, 탄화수소 효모) 공업이란 석유 성분중의 하나인 직쇄상 탄화수소 n-paraffin을 원료로 하여 이를 자화할 수 있는 미생물을 효과적으로 증식시켜 이 미생물 균체를 동물의 사료나 단백질 급원

으로 활용하는 사업을 말한다.

이 석유단백은 단백질의 사료급원으로써 막대한 수요를 갖고 있을 뿐만 아니라 부가가치가 높은 집착제, 인조피혁 및 세제의 원료로써 공업적 용도가 개발되고 있으며 또한 나아가서는 장기적으로 보면 직접 단백질 식품의 소재로써 활용될 수 있으므로 새로운 성장 산업으로 기대된다.

석유단백질 효모의 성분을 보면 조단백질 함량 보통 50~60% 정도이고 조지방이 8% 정도이다. 기타 미량성분으로 비타민 무기물 등의 동물 성장인자가 함유되어 있다. 단백질의 아미노산 조성에 있어서는 필수 아미노산을 다량으로 골고루 함유하고 있고 특히 식물성 단백질에 부족하기 쉬운 lysine 을 다량 함유한다. 이들의 성분표를 다른 것과 비교하면 다음과 같다.

표 1. 각종단백질의 비타민 및 무기물함량

	어박	대두박	건조효모	탄화수소효모
Vitamin B ₁ mg/kg	0.4	6.6	2.0	21.4
Vitamin B ₂ mg/kg	5.9	3.3	39.0	94.0
Vitamin B ₃ mg/kg	1.7	7.0	12.0	15.1
Vitamin B ₁₂ mg/kg	191.4	2.0	18.0	98.8
Pantoic acid mg/kg	9.2	14.5	31.0	234.0
Choline mg/kg	2,959	2,743	3,190	5,150
Nicotinic acid mg/kg	62.0	26.8	295.0	933
Biotin mg/kg	—	—	1.6	1.3
Folic acid mg/kg	—	0.7	4.0	1.7
Ca %	49.0	0.32	0.23	0.28
P %	2.77	0.67	1.66	2.62
K %	0.33	1.97	—	1.12
Mg %	0.10	0.27	0.11	0.24
Fe %	0.03	0.01	0.01	0.04

석유를 먹는 미생물

탄화수소(석유, n-paraffin)를 탄소원으로 자화하는 미생물은 세균, 효모등에서 상당수가 발견된다 일반적으로 적체탄화수소 특히 탄소수 10~18개의 것에 미생물이 잘 생육한다.

탄화수소를 잘 자화하는 미생물의 보기로써는 Pseudomonase 속이나 Corynebacterium 속 및 Nocardia 속의 세균이나, Candida 속과 같은 효모이다. 그러나 특히 균체수율, 증식속도 등의 관점에서 가장 중요시 되는 균은 Candida 속으로 *Candida lipolytica*, *Candida tropicalis*, *Candida intermedia*, *Candida petrophilum* 등이며 다른 효모로는 *Torulopsis*, *Phiclia*, *Bretanomyces* 속 등이 우수한 것들이다.

이들 미생물을 배양하는 방법은 탄소원으로

표 2. 각종단백원의 아미노산 조성

아미노산 (%)	어박	대두박	건조효모	탄화수소효모
Arginine	3.86	4.70	2.27	3.42
Lysine	4.28	2.75	2.09	7.14
Histidine	1.52	1.18	0.77	2.04
Isoleucine	2.38	2.12	1.50	3.06
Leucine	3.74	3.30	2.38	5.64
methionine	1.22	0.52	0.36	1.02
Cystine	0.46	0.76	0.33	0.66
Phenylalanine	2.05	1.94	1.71	2.76
Tyrosine	1.75	1.53	1.42	3.24
Threonine	2.41	1.62	1.80	3.24
Tryptophane	1.31	0.47	0.34	0.60
Valine	2.27	2.26	1.91	3.42
Glycine	3.23	1.82	1.60	0.82

써 탄화수소에 질소원으로 암모늄염(또는 요소나 질산염)을 가하고 여기에 다시 소량 인산염과 다른 무기염류와 미량의 유기 영양원

을 가하여 간단히 살균한 후에 상기의 효모를 접종하고 심한 통기와 교반을 계속하면서 일정한 pH와 온도에서 균을 배양하는 것이다. 배양된 균은 원심분리 법으로 균을 농축회수하고 세정, 건조한 균체를 제품으로 한다.

탄소원으로 탄소수 10-20개의 n-paraffin을 사용한 경우라면 1kg paraffin에서 건조중량으로 1kg의 미생물 균체가 얻어진다. 생산량은 아주 좋아 종래 탄수화물(녹말당밀 등)은 탄소원으로 사용한 경우보다 약 2배에 상당되는 수물이다. 그러나 산소의 이용률이 나빠 1kg의 균체를 얻는데 2kg의 산소가 필요하다. 이는 탄수화물을 탄소원으로 배양하는 때 보다 약 3배에 상당된다. 고로 다량의 산소를 공급시키고, 물에 녹지 않는 탄화수소를 분산시키기 위하여 통기교반을 해야 하며 발효조도 크게하는 등의 번거로운 일도 있다.

또한 다른 한 문제는 탄화수소를 사용하는 경우는 배양중 발열량이 많아 탄수화물은 사용할 때 보다 약 2~3배가 된다. 배양온도 30°C를 유지하기 위하여는 큰 냉각장치가 필요하다. 즉 탄소원으로써 n-paraffin이 탄수화물보다 균체 생산량이 좋으며 또한 대량으로 일정한 장소에서 공급될 수 있으므로 당밀이나 사료원료와는 달리 수요공급이 안정한 것이 잇점이다.

그러나 탄화수소를 자화하는 미생물 배양공학의 큰 과제로서는 내열성의 n-paraffin 자화성미생물이 발견이다. 이러한 내열성 균을 이용한다면 발효조의 냉각 장치도 간단할 것이고 또 냉각 코스트도 낮아질 수가 있다. 한편으로 고온배양을 하게되면 다른 중온 내지 저온미생물들의 오염을 방지할 수 있는 잇점을 가진다.

이외에도 투석배양과 다른 2가지 종류의 미

생물은 동시에 배양하는 혼합배양법은 효모생산에서 볼 수 있는 특이적인 방법인 것이다.

균체에서 단백질 분리

이와 같이 얻어진 미생물은 그대로의 상태로나 혹은 간단히 건조시킨 상태만으로는 사료나 식량으로서 사용될 수 없다. 세포벽에 싸여진 미생물 균체는 동물 체내에서 소화가 잘 되지 않으므로 세포벽을 파괴하여야 한다. 더우기 미생물은 특유한 색이나 냄새를 가지는 경우가 많고 또한 균체내에 어떤 알려지지 않은 인체에 대한 유독물질이 있을지도 모르므로 당연히 제거, 정제해야 할 것이다. 고로 새로운 자원을 식용으로 개발할 때는 소비자에게 불쾌감을 주어서는 안될 것이다.

이상의 점으로 이들 미생물·세포벽에 균체 싸여진 단백질을 가능한 한 순수한 상태로 추출한다는 것은 아주 중요한 과제이며 배양에 못지 않게 어려운 일이다. 미생물의 종류에 따라 단백질의 추출 최적조건이 각각 달라 세포벽이 아주 단단한 글로텔라는 균체를 일 단동결시킨 후 급속히 온도를 상승하면 세포벽이 부분적으로 파괴된다. 이를 진한 요소용액에 침지하면 단백질은 체외로 추출된다. 또 펄프폐약으로 배양한 *Torula* 효모의 경우는 산이나 알칼리 처리와 요소처리를 하므로써 역시 단백질을 쉽게 추출할 수 있다.

또 n-paraffin 자화미생물(석유미생물)의 경우는 균체를 알칼리나 요소중에 교반하면 전 단백질의 약 75%까지 추출된다. 이상의 화학적인 방법 이외에 기계적인 방법으로 동결가압법, 마쇄법 등이 보고되고 있다. 이 현탁액에서 불용물을 원심기로 분리하고 수출액을 모은다. 이 추출액을 셀로판 주머니에 넣고 물속에 담가 투석한다. 셀로판은 반투막임

으로 물이나 분자량이 작은 화합물은 자유로 통과되지만 단백질과 같은 큰 분자는 막을 통과할 수 없다. 고로 셀로판 주머니에 넣은 추출액을 물에 충분히 담가두면 추출할 목적으로 첨가한 알칼리나 요소 또는 균체에서 추출된 물질중 분자량이 작은 것은 제거되고 셀로판내에는 단백질과 같이 분자량이 큰 물질만 순순히 남게 된다. 이와 같은 조작을 하므로써 균체가 가진 특이한 냄새나는 것을 제거할 수가 있다. 셀로판 주머니에 남은 용액을 다시 처리하여 최종적으로 단백질을 침전시켜 이를 건조한다. 이런 단백질 농축건조물은 85~95%의 조단백질을 함유하며 백색 내지 유백색의 무미, 무취 분말이다.

표 3. 석유산화성균 분리 단백질의 영양가 (A/E¹⁾비)

Amino 산	분리 단백질			배 두진 단백질	진 난 단백질
	A	B	C		
Isoleucine	126	126	208	123	129
Leucine	189	196	184	179	172
Lysine	155	138	136	150	125
합 황 Amino 산	80	81	56	55	107
방향족 Amino 산	185	203	242	236	195
Threonine	106	106	82	93	99
Tryptophan	34	33	42	33	31
Valine	149	149	125	109	141
E/T 비 ²⁾	2.72	2.75	2.51	2.46	3.22
단 백 가	63	65	41	39	100

- 1) 총필수 아미노산량(g)에 대한 개개 아미노산 양(mg)의 비
- 2) 단백질 중의 질속 1g에 대한 총필수 아미노산 양(g)의 비

측 위의 표는 n-paraffin에서 배양한 3종의 미생물의 건조균체에서 추출된 단백질의 영양가를 나타낸 것이다. 상기와 같이 이상적

인 단백질은 실제적으로 존재하지 않으나 여기에서 가장 영양가가 높은 전단단백질 이외의 4개의 단백질은 유향을 가진 아미노산이 제한 아미노산으로 된 것이 결점이나 고래로 발의 쇠고기라 불리운 대두단백질에 비하여 석유단백질은 뒤떨어지지 않음을 알 수 있다.

한편 이와같은 단백질이 체내에서 잘 소화되는가는 중요한 문제이다. 전술한 바와 같이 소화율을 좋게하기 위하여 단백질을 균체에서 분리하는 것은 그 목적이다.

분리한 단백질은 원 균체에 비하여 보다 잘 분해되어 소화율은 우유 카제인에 가깝다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 n-paraffin을 탄소원으로써 배양하여 균체에서 추출한 단백질은 영양화학적 인 입장에서 보아도 유망하다는 것을 알 수 있다.

분리단백질의 이용

이와 같이 분리된 단백질은 어떤 형태로 우리들의 식탁에 오를 것일까? 먼저 밀가루에 혼합하여 빵을 구울 수 있다. 이들 분리단백질은 lysine의 함량이 높으므로 lysine이 제한 아미노산으로 된 밀가루 단백질의 영양가는 올릴 수 있다. 이외에도 비스킷, 크랙카등에도 영양강화를 위하여 첨가할 수 있다. 또 분리된 단백질을 주체로 한 것으로는 적당한 성형제(成型劑)를 가하면 어묵 같은 것도 만들 수 있고 두부, 모조소시지도 만들 수 있을 것이다.

한편 적당한 맛과 냄새를 첨가하여 단백질 음료도 만들 수 있을 것이다. 현재 대두에서 분리된 단백질을 섬유상으로 뿔 수가 있으므로 미생물에서 분리한 단백질도 역시 섬유상이 가능하므로 이를 적당히 성형하면 쇠고기

모양으로 될 수 있다.

환영 받을 새로운 단백질

미생물에서 분리된 단백질은 종래 이용해온 단백질자원의 대용품으로 생각할 것이 아니라 새로운 시대의 요구에 응하여 개발한 독자적인 성질을 가진 새로운 자원으로 인식되는 것이다. 옛날 화학섬유하면 조악품의 대명사가 된 때가 있었다. 그러나 나이론을 위시하여 우수한 화학섬유가 나오게 되어 오늘날의 젊은이는 화학섬유에 대하여 나쁜 인상을 가진 자는 없을 것이다. 인공식량도 우수한 제품이 나오게 되면 개개인의 편견은 시정될 것은 확실하다. 식품과학자는 적극적으로 새로운 식량자원의 개발, 인공식량의 개발에 주력을 하여야 할 것이다.

최근 미생물 단백질의 이용을 논하는 사이 인공육, 인조최고기 등의 말로 표현하나 “석유단백” “Petrofood” “Neoprotein New-protein” “mipron” 등의 이름이 제안되고도 있다. Margarin은 개발한 불국의 학자 “무에리”는 그의 신제품을 인공버터로 부르는 것은 싫어하여 제품의 질단표면이 아름을 보고 휘랍어로 진주의 뜻이 있는 Margarate부터 margarin의 이름을 부친 것과 같이 차라리 새로운 이름인 Mipron으로 부르는 것이 좋을지 모르겠다.

석유단백의 안정성

석유단백질을 동물사료로나 식량으로 이용하려면 안정성이 확보되어야 한다. 석유단백질의 안정성으로 문제되는 점은 ① 석유단백의 주원료인 n-paraffin과 기타 부원료에 탄산탄화수소계의 발암성물 (3,4-benzyphyrene

등)과 중금속(납, 구리, 아연, 카드뮴, 안치몬, 수은, 비소) ② 또 n-paraffin속에 들어 있을지 모르는 지미의 독성물질 ③ 배양되는 동안 발생할 수 있는 mycotoxin 등이다. 그러나 각국의 저명학자의 연구실에서 조사한 바에 의하면 ① 원료인 n-paraffin은 그 순도가 높아(98이상) 발암성물질은 용량 1ppb 이하이고 ② 효모에는 감염성이나 병원성을 갖지 않고 또 mycotoxin도 검출되지 않으며 ③ 균체나 배양액의 급성, 약급성, 독성시험, 또한 제품의 발암성을 포함한 만성독성시험과 제 2세대에 미치는 영향 검토에서 이상이 없다고 하였고 ④ 중금속 등의 유해물질이 가축의 체내에 농축되지 않았다고 자신있게 말하고 있으니 안심하는 바이다.

각국의 기업화 계획

석유단백의 생산계획은 영국, 일본, 프랑스 이외에 미국, 인도, 대만, 알제던, 루마니아, 소련, 중공, 이탈리아, 케코 등 세계각국에서 큰 관심을 가지고 이를 검토중이다.

이 중에서도 본격인 생산체제 또는 준비단계에 있는 나라는 영국·프랑스 그곳에서 중간 공장을 운전하고 있는 British petroleum 회사와 일본의 鍾淵化學과 大日本인크의 두 회사이며 또 協和발효, 三井東壓化學, 旭化學등 세 회사역시 중간시험단계를 마무리 하고 있다.

국가적인 대사업

석유단백은 단백질 함량이 높을 뿐만아니라 그 질도 우수하여 비타민과 무기물 등의 동물의 성장에 필요한 영양분을 많이 함유하므로 우선 사료용 단백질자원으로 개발해야 하며

표 4. 각국의 석유단백 생산 계획

회 사 명	원 료	사 용 준 구	생 산 규 모	생 산 년 도	비 고
日 本 鐘 淵 化 學	n-paraffin	효모	6만톤/년	1974	
大 日 本 英 科	"	효모	12만톤/년	1974	
協 和 釀 酵	"	효모	1,200ton/년		BP 와 기술제휴
三 井 東 亞	"	효모	200kg/일		쓰련과 기술제휴
旭 化 學	"		25톤/년	미정	
영 국 Britsch petroleum	"	효모	4,000tos/year	1969	
프랑프 Britsch petroleum	gasoil	효소	16,000ton/year	1790	100,000ton/year 추가생산
쓰 련	n-paraffin	효모	1,600ton/year	?	5년이내에 160만톤 생산계획
인 도	"	효모	100kg/day		25만ton/year 생산계획
한 국 KIST	경 유	효모	500kg/월	1973	중간 공업시험

더욱 연구를 거듭하여 우리의 식량자원으로 대체되게 할 때가 왔다.


더욱 우리나라와 같은 인구의 밀도가 높고 농토가 작아 식량이 부족하여 수입하는 나라에서는 석유단백질의 생산은 다른 나라에 비하여 더 큰 의의를 갖는다.

1972년도 배합사료의 주요 단백질자원인 대두박과 어분의 수입은 약 7만톤이나 되었으며 이의 소요 외화는 1000만불이나 된다. 더욱 배합사료의 단백질원은 부족하여 1976년에는 13

만톤을 수입할 계획이라 한다. 그러나 앞으로 더 수입해야 되는 것은 당연하다. 더우기 어분과 대두박은 금후 식량으로 전용되면 국제시세는 상승을 막을 길이 없을 것이고 수입하기도 어려울 때가 눈앞에 있다. 고로 정부당국에서도 석유단백질의 국내생산을 위하여 조성책을 강구하여야 할 것이고 종래의 농업적인 방법으로 사료나 식량의 증산에만 의존하게 되면 식량사료수급에 큰 차질이 있을 것으로 간주된다.

~~~~~

**美國 國民所得 세계1位**  
**1人當 3千2百 30弗**  
 미국 국민들은 달러貨의 평가절하에도 불구하고 여전히 세계 최고의 생활수준을 향유하고 있다.  
 최근 OECD(경제협력개발기구)가 발표한 보고서에 의하면 71년도 개인별 국민소득은 3천2백30弗로 세계1위이며 캐나다가 2천4백50弗로 2위, 스웨덴이 2천3백90弗로 3위를 차지 하였다.



자동차 TV 전화기 소유면에서도 미국인이 세계 제 1위 이탈리아가 1.79명으로 2위, 미국은 1.65명으로 3위이다.  
 전화기 소유는 미국이 1천명당 5백87명으로 역시 세계 1위이며, 다음은 캐나다 4백52명, 아이슬랜드 3백47명, 덴마크 3백39명, 룩셈부르크 3백28명, 호주 3백12명, 노르웨이 2백94명, 영국 2백67명, 일본 2백5명, 프랑스 1백72명순으로 나타났다.

이머 의사는 오스트리아가 1천 명당 1.89명으로 세계 1위이고

~~~~~