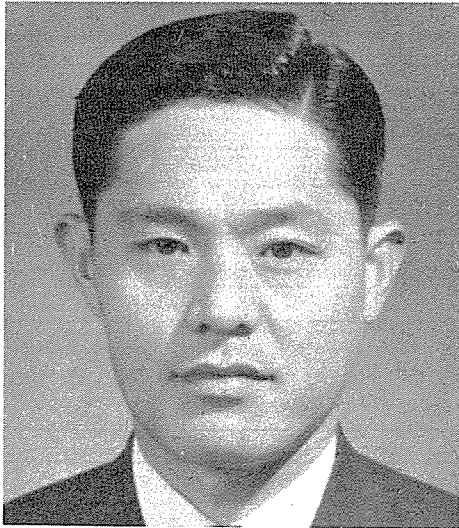


# 미래 식량

李 啓 瑚

(서울大農大 食品工學科 教授)



1970년대에 36억이던 세계 인구는 1986년에 44억, 2000년에는 65억이 되리라고 한다. 이와 같은 세계 인구의 급격한 증가는 세계의 식량 사정을 날로 악화시키고 있다. 특히 인간의 성장과 가장 관계가 깊은 Amino산이나 단백질 함량이 높은 식량의 부족은 가장 심각한 문제로 대두되고 있다. FAO에 의하면 2000년의 단백질 수요량은 6,500만톤이 될 것이라고 예상하고 있으며 그 부족량은 2,200만톤에 달할 것이라고 한다.

UN Protein Advisory Group(PAG)은 인류의 단백질 위기를 해결할 방법으로 곡류의 amino산 강화, 油糧種子의 식용화, 농축 어류 단백질의 이용, ·염록단백질의 개발을 제안한 바 있지만 재래의 농·축·수산물에 의해 단백질 생산은 한계점에 도달하였으며 이러한 한계점을 탈피할 수 있는 방법 중의 하나가 토지나 기후의 제약성을 받지 않고 공장내에서 연중 무휴로 생산할 수 있는 단세포 단백질의 개발이라고 할 수 있다.

단세포 단백질(Single-Cell Protein, SCP)이란 1967년 MIT에서 개최된 제1회국제SCP회의에서 채택된 용어로 먹을 수 있는 모든 미생물단백질을 총칭한 것이다.

이미 미생물을 배양하여 이의 이용에 대한 기초적인 기술은 세계 각국에서 확립되어 있다. SCP의 생산은 다른 작물과 달라서 4계절을 통하여 주야를 가리지 않고 탱크내에서 대량 생산이 가능하며 또한 SCP 생산에 사용하는 원료인 탄소원은 식량자원인 전분이나 당류를 사용하지 않더라도 廢糖蜜이나 아황산 Pulp폐액, 통조림 폐액, 치즈제조 폐액 등 농·축·수산물의 폐액등을 이용 할 수 있을 뿐만 아니라 Methane, Ethane과 같은 gas상의 탄화 수소, 탄소수가 20 정도인 normal paraffin과 같은 액상탄화수소, 또한 탄소수가 더 큰 Wax같은 고형탄화수소를 탄소원으로 이용 가능하다. 더우기 질소원은 유안이나 요소와 같은 것으로 값싸게 얻어질 수

### n-paraffin 酵母의 아미노酸 組成

Table1 (對酵母乾燥菌體量%)

아미노酸	含有量	아미노酸	含有量
Aspartic acid	5.85	Valine	3.21
Threonine	3.13	Methionine	0.57
Serine	2.71	Isoleucine	2.76
Glutamic acid	8.16	Leucine	4.26
Proline	2.43	Tyrosine	1.42
Glycine	2.68	Phenylalanine	2.35
Alanine	3.48	Tryptophan	0.86
Cystine	0.83	Lysine	4.36
Histidine	0.96	Arginine	2.79

있으며 Mg, P와 같은 영양소는 지구상에서 충분히 공급 가능하다.

특히 영양가 면에서 보면 단백질 함량이 약 60%정도의 고단백질이며 아미노산 조성면에서도 우수한 단백질임을 알 수 있다. <Table1>

그러나 SCP의 생산에는 몇가지 문제점이 있다. 여러 미생물 중에서 algae, bacteria, actinomycetes는 소화율과 식미성도 문제될뿐 아니라 병원균에 의한 오염이 쉽고 회수도 힘들다. 기술적인 면에서는 n-paraffin을 기질로 쓰는 경우 水不溶性이므로 배지 중에 유화 분산시켜야 하고 또한 발효 도중에 발생하는 발효열을 효과적으로 냉각시켜 주어야 하는 어려움이 있다. 또한 균체의 많은 부분을 차지하는 핵산이 痛風이나 결석의 원인이 된다. 이러한 문제점에

대한 개선책들이 개발되고 있으며 특히 핵산의 제거에는 여러 방법이 고안되었다. 그 방법으로 0.125N NaOH에서 처리하는 방법과 5%NaCl 용액으로 처리하는 방법이 있다.

SCP생산에 쓰이는 미생물을 열거해보면 Yeast 종류에는 **Candida, Endomycopsis, Kluyveromyces**, mold에는 **Paecitomyces, Trichoclerna**, bacteria에는 **Methylococcus**등이 이용되고 있다.

참고로 세계 각국의 SCP개발현황을 보면<Table2>와 같다.

단백질 이외에 유지는 식품중 중요한 영양성분으로 여러가지 기능을 하고있다. 현재 식품에 사용하는 유지의 대부분은 대두유·야자유·낙하생유 등 주로 식물성 유지이다.

Table 2. 世界 各國의 SCP 開發 現況

Country	Company	Microorganisms	Substrate	Estimated capacity 75 ~80, ton /year	Product name	Technical corporation
프 랑 스	British Petroleum (Lavera)	<i>Candida lipolytica</i>	Gas oil	1,000,000 (14,000)		
프 랑 스	Group Francais des Proteines (Solaise)	Yeast	n-Paraffins	40,000 (500)		
일 본	Mitsubishi Gas Sumimoto	Yeast	Methanol	100,000		
	Kyowahakko	Bacteria	Methanol	100,000		
		Yeast	n-Paraffins	10,000		
한 국	KIST	<i>Candida tropicalis</i>	n-Paraffins	Pilot scale		KISTEIN
대 만	Chinese Petroleum	Yeast	n-Paraffine	100,000		
영 국	British Petroleum (Brange mouth) G	<i>Candida lipolntica</i>	n-Paraffins	4,000		Toprina
	British Petroleum (Kinneil)	<i>Candida lipolytica</i>	n-Paraffins	100,000		
	Imperial Chemical Industry (Billingham)	<i>Pseudomonas methylotropha</i>	Methanol	100,000 (1978)		Pruteen
	Shell Chem. Co. (Sittingbourne)	Bacteria(Mixed Methane culture)		1,000		
	Rank Hovis Mcdougal Foods	<i>Fusarium</i> sp.	Carbohydrates	10,000		
	Tate and Lyle	<i>Aspergillus niger, Fusarium</i> sp	Carbohydrates	4,000		
소 련		Yeast	n-Paraffins	200,000 500,000		BVK BP
미 국	Amoco Food Co.	<i>Candida utilis</i>	Ethanol	5,000		Torutein
	LUS/Bechtel	<i>Cellulomonas</i>	Cellulose	100,000		
	General Electric	Thermophilic <i>Actinomyces</i>	Cellulose	Pilot scale		

미생물이 유지를 생산한다는 것은 오랜 옛날 부터 알려진 사실이었지만 1950년대 이전까지는 유지분석에 관한 기술이 발달되지 못하여 크게 진전을 보지 못 하였다. 이것을 식용화하려는 시도는 2차세계대전에 앞서 독일에서 공업적인 규모로 시도 된바 있지만 현재는 중단 상태에 있으며 앞으로의 자원부족에 대비하여 세계 각국에서 탄화수소를 원료로한 유지 생산에 대해서 활발한 연구가 진행되고 있다. 현재 식물성 지방류가 미생물에 의한 지방류의 경제성을 없 게 하고 있지마는 향후 유지에 대한 수요는 점차 증가 되고 있는 반면에 식물성 유지를 생산 할 수 있는 공간은 한정되어 있는 까닭에 점차 경제성이 회복되리라 여겨진다.

지방질의 대량생산을 위해서는 일반적으로 세 균은 배양도 간편하고 증식에 필요한 시간도 적 지마는 균체회수량이 작을 뿐아니라 지방질의 함량도 적당하지 못하고 일부 균종에는 독성까지 있다고 하여 적당하지 못하다. 반면에 효모와 곰팡이는 증식속도가 비교적 빠르며, 생산되는 균체량도 많을 뿐만아니라 균체에 함유되어 있는 지방질 함유량도 많고, 유지 중 불포화도가 높은 장점도 있으며, 독성을 나타내는 균종이 비교적 적기 때문에 일부 추출의 문제는 있지만 미생물을 이용한 지방질생산 연구는 이들 효모 및 곰팡이에 집중되고 있다. 유지생산에 사용되는 미생물의 예는 <Table3>에서 볼 수 있다.

Table 3 油脂生産微生物

미 생 물	배 지	지방함량 (W/W)	지 방 생성물
<i>candida</i>	nalkane	42	22
<i>Rhodo torula gracilis</i>	포도당	64	15~21
<i>Aspergillus ferreus</i>	포도당	57	13
<i>Aspergillus nidulans</i>	설탕	51	17.2
<i>mucorcircinelloides</i>	포도당	46~56	10~14
<i>Chaetomium globosum</i>	-	54	-
<i>Crypto cocus tericohus</i>	포도당	65	21
<i>nocardia</i>	n-paraffin	78	57
<i>Chlorella pyrenoides</i>	탄산가스	85	-

\* fat coefficient(지방생산량 g/사용된 기질량 100g)×100

또한 유지의 품질을 평가하여 보면 각종 발효 유지의 지방산조성은 <Table4> 및 <Figure1> 과 같다. 미생물유지의 지방산 종류와 그 비율은 식물성유지와 유사하며 결코 그 품질이 떨어지 지 않는다.

醱酵油脂의 脂肪酸組織

Table 4 (단위: %)

미 생 물	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
<i>Candia 107</i>	37	1	14	36	8	
<i>Lipomyces lipofer</i>	17	4	10	48	16	3
<i>Lipomyces starkeyi</i>	40	6	5	44	4	
<i>Rhodotorula gracilis</i>	20	2	1	42	21	8
<i>Aspergillus terreus</i>	23	tr	tr	14	40	21
<i>Chaetomium globosum</i>	58	3	8	27		
<i>Pythium ultimum</i>	23	9	7	22	15	2

또한 <Figure1>에서 보는 바와 같이 glyceride 중 이들 지방산의 분포도 식물성 유지와 비슷하 여 1-aleyl(또는 palmityl)-2-oleyl-3-palmityl

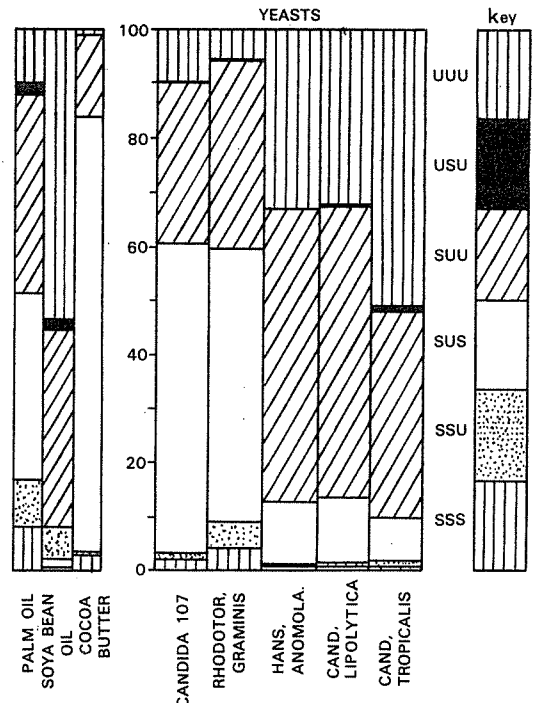


Figure 1. 각종 효모지방으로부터 추출된 글리세라이트 중 지방산의 분포  
 S : 포화지방산(주로 palmitic acid, stearic acid)  
 U : 불포화지방산(주로 oleic acid, linolenic acid)

(또는 oleyl)-glycerol이 가장 많다. 한편 유지 중의 triglyceride 함량은 균주에 따라 30~90%로 다양하나 가능하면 식물성 유지처럼 그 함량이 높은 것이 바람직 하다. 그밖에 인지질, sterol 및 ester 등은 약간 들어 있을 뿐이다.

일반적으로 균체중 지질함량이 증가하면 지방산 함량의 증가, 불검화물의 상대적인 감소, 포화지방산의 증가등의 경향을 보이며 이와같은 양상은 pH, 온도등의 배양조건에 따라 달라진다.

유지의 품질은 일반적으로 linoleic acid(18:2)의 함량이 중요한 지표가 되는데<Table 4>에서 보는 바와 같이 *Aspergillus terreus*의 유지는 야자유와 비슷하여 *Candida*나 *Lipomyces starkeyi*의 유지보다 우수한 편이다.

미생물에 의한 유지생산의 장점은 태양에너지가 필요하지 않고 일기에 관계 없이 공장에서 연중 생산이 가능하며 유지의 품질에 가장 중요한 지방산의 조성은 사용하는 배지 조성 및 통기량, 온도 및 pH 등의 조건에 따라 변화되는바 온도에 따른 변화를 보면 <Table 5>와 같다.

미생물에 대한 유지의 생산은 먼저 우수한 균주를 선발하여 값싼 원료로부터 지방질 함량이 높은 균체를 단시간 내에 많이 생산할 수 있어야 하고 배양 및 추출방법이 간단하며, 독성이 없어야 하고 생산된 부산물의 활용으로 생산가를 낮추어 동식물성유지 가격에 비하여 경제성이 있도록 점차 유도 되어진다면 식량으로 이용할 수 있는 가능성은 커진다고 볼 수 있겠다.

단세포 단백질이나 단세포유지 이외에도 미래의 식량은 유전자 조작에 의해서 개발되리라 기대된다. 그 실례로 최근에 미국의 캘리포니아 대학에서는 식물이 햇빛이나 소금기에도 오래 견딜 수 있게 만든 유전자를 다른 박테리아에 이식하는데 성공함으로써 건조한 땅이나 염분이 많은 땅에서도 식물을 재배할 수 있는 가능성을 보였으며 특히 1978년 독일의 막스·플랑크 생물학 연구소에서 감자와 토마토가 함께 열리는 신품종이 개발되었다. 이 신품종은 감자와 토마토가 모두 작아서 현재로서는 실용성이 없으나 미래의 식량자원 개발에 대한 무한한 가능성을 시사해 주는 것이라고 볼 수 있겠다.

미생물 유지의 지방산 조성에 미치는 온도의 영향

Table 5

온도 %	주요지방산의 비율					불포화지방	% Poly-unsaturated			
	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3					
<i>Candida utilis</i>										
30°	12	1	34	48	3	88	51			
20°	11	0	27	43	12	89	55			
15°	16	0	26	33	17	84	50			
<i>Penicillium soppii</i>										
34°	18	4	18	43	14	77	57			
25°	20	5	8	48	15	73	63			
15°	21	5	4	51	16	73	67			
<i>Rhodotorula gracilis</i>										
35°	21	10	45	18	2	66	20			
27°	14	12	53	12	4	71	16			
20°	22	8	53	10	3	68	13			
<i>Candida tropicalis on n-alkanes</i>										
	10:0	13:0	15:0	16:0	16:1	17:0	17:1	18:0	18:1	% Unsaturated
40°	—	1	16	31	7	12	15	4	3	25
30°	3	8	10	22	10	12	14	10	3	27