

未來의 蛋白質資源 利用趨勢

朴 完 洙

〈農開公 食品研究所 研究員〉

1. 序 論

지난 20年 동안 새로운 蛋白質資源을 開發 할려는 研究努力은 그동안 그릇된 것으로 여겨지는 假定에서 出發하였다. 實際로 最小限의 生理的 蛋白質 要求가 充足될 수 없다는 점을 감안할 때, 당분간 世界的으로 實質的인 蛋白質 不足은 없다. 事實 日常生活에서 가난한 사람들은 蛋白質 必要量을 充足시키지 못하지만 이것은 一般的으로 食糧不足 때문이지 특히 蛋白質 不足 때문은 아니다. 主食으로 manioc과 같은 澱粉物質에 依存하는 사람들에 있어서도 Kwashiorkor 같은 典型的인 蛋白質 欠乏現狀은 一般的인 現狀이 아니라, 社會的으로 抑壓받는 地域의 乳兒와 젊은 出產婦에 잘 나타나는 現狀이다. 이것은 事實 人間의 蛋白質 要求가 成人의 最小 必要量이 매우 貧弱한 食糧으로도 充分히 먹는 한, 充足될 정도로 比較的 낮기 때문이다.

未來에 人間의 蛋白質 必要量은 生理的 蛋白質 要求量을 充足시킬 수 있는 量이 아니라 풍요로움의 增加와 직접 관련이 되는 “hedonistic 蛋白質 必要量”을 充足시킬 수 있을 정도의 많은 蛋白質量이어야 함을 銘心해야 한다. 實際로 생활수준이 향상됨에 따라 生理

的 蛋白質 要求量을 超過할 정도로 蛋白質 섭취량이 증가되며, 또한 값싼 植物性 蛋白質보다는 값비싼 動物性 蛋白質을 消費하려는 性向이 나타난다. 이러한 傾向에 따라 결국 더욱 더 많은 植物性 作物이 食糧보다는 家畜飼料로 使用하기 위해 재배된다.

미국의 예로 消費性 肉蛋白質 5.3%을 生産하기 위해 生産된 植物性 蛋白質의 91%가 家畜飼料로 사용된다. 더구나 植物性 蛋白質로부터 動物性 蛋白質의 생산은 표 1에서 알 수 있듯이 매우 비효율적이다. 그럼에도 불구하고 先進國에서의 이러한 肉類 嗜好性向은 穀物生産에 莫大한 影響을 끼쳐 世界的으로 穀物備蓄現狀이 사라지고 있다.

〈표 1〉 가축사료용 곡물단백질에 대한 동물성 단백질의 생산관계(×10⁶Tons)

식품형태	곡물소비량	조단백질합량	사료용곡물단백질(A)	동물성단백질(B)	A/B
젖소-우유	18.4	1.84	1.10	1.80	0.61
기타(축우, 양)-고기	61.0	6.10	3.66	1.71	2.14
돼지-고기	45.0	4.5	2.70	0.63	4.29
닭-계란	13.1	1.31	0.79	0.63	1.72
기타가금류-고기	14.3	1.43	0.86	0.67	1.28
합 계	151.8	15.18	9.11	5.27	1.73

穀物價格의 상승으로 開發途上國의 부유한 農民들은 高蛋白 豆類보다는 收率이 높은 穀物을 재배할 것이고 황폐한 땅을 가진 가난한

농민들은 最小한 그들의 에너지 必要量을 충분히 充足시킬 수 있는 食량을 얻기 위해 값싼 高에너지 作物(例, manioc)을 더 많이 지배할 것이다. 그러므로 비특권층의 사람들 가운데 평균 食卓에는 蛋白質 食品이 점점 줄어들 것이다.

一般的으로 少數人の 豊요로움 增加로 인한 結果, 大多數 사람에 있어서 食量狀況이 나빠진다. 왜냐하면 先進國에서 蛋白質의 “Luxus-consumption”을 減少시킬 수 있는 獨단적인 簡單한 길이 없고, 또한 大部分의 開發途上國에서는 人口增加의 壓迫때문이다.

未來의 人類에게 適當히 食糧을 供給할 수 있는 唯一한 길은 적당한 量의 蛋白質을 含有한 食糧을 더 많이 생산하는 것이다.

2. 먹이사슬의 概念

더 많은 食糧을 生産할 수 있는 方法은 本質적으로 두가지로 생각할 수 있다. 첫째, 더욱 効率적인 植物性 食糧의 利用에 의한 먹이사슬(food chain)의 短縮, 둘째 化學的 또는 微生物的 手段에 의한 營養素의 合成이다.

食糧생산에 있어 가장 重要한 ‘non-renewable’ 자원’은 석유나 석탄과 같은 化石에너지이기 때문에, 가장 効率적인 方法으로 蛋白質을 生産하도록 努力해야 한다. 蛋白質 收率을 구하기 위해 에너지 要求量을 計算했을 때 植物性 作物이 가장 効率적이고 家畜生産이 가장 非効率的이며, 蛋白質 合成은 中間程度이다.

3. Oilseed와 豆類蛋白質

오랫 동안 植物性 蛋白質이 가장 經濟적인 蛋白質源이라고 認識되어 왔지만 實質적인 發

展은 매우 느렸다. 世界的인 주요 oilseed 作物은 콩, 목화씨, 땅콩 및 해바라기 등이다. 이러한 作物은 oil과 蛋白質이 豊富하며 oil 抽出 후 값싼 高蛋白食品을 얻을 수 있다.

언뜻 보기에 이것은 간단한 提案처럼 여겨 지지만, 實際로 oilseed를 人間이 食糧으로 利用하려면 아직 요원하다. 먼저 아미노산 組成과 蛋白質價가 推定되어야 하고, antitryptic factors, haemagglutinins, gossypol, aflatoxins 등과 같은 非營養적이고 毒物學的 要因들이 排除되어야 한다. 적당한 공정이 영양가의 손실없이 최대한의 oil抽出과 단백질농축을 위해 開發되어야 한다. 보다 중요한 사실은 이러한 高蛋白 成分은 전통적인 食品에 첨가되거나 새로운 食品(fabricated food)의 형태로 변형되어야 하고 또한 消費者의 呼應도 얻어야 한다.

여러가지 理由때문에 全般的으로 食品에 oilseed 蛋白質의 利用增加를 위한 모든 努力이 거의 成功하지 못했다.

첫째, oilseed meals은 一般 大衆에게 動物飼料의 인상을 주며 제조업자들은 더욱 정교한 공정을 개발하려는 실제적인 동기가 없었다.

둘째, Aflatoxin사건은 수년동안 땅콩 利用에 대한 모든 계획을 中斷시켰고 일반적으로 oilseed meals에 대한 의구심을 일으켰다.

셋째, 선진국의 동물성 단백질의 생산증가는 동물사료용으로 oilseed meals에 대한 需要가 증대되었다.

네째, oilseed meals과 그것의 유도품은 정확히 그 자체는 食糧이 아니고 단지 食糧의 成分이기 때문이다.

이러한 성분들의 食品으로의 변환은 단지 개발도상국에서 이용할 수 없는 정교한 기술

에 의해서만 이루어 질 수 있다. 앞으로 10年 동안 oilseed 蛋白質이 공업선진국에서만 食品에 많이 使用될 것이다. 工業先進國에서는 oilseed 蛋白質의 1인당 使用량은 점점히 그러나 일정하게 增加하며 거의 soya 蛋白質에 국한 될 것이다. 한편 開發途上國에서는 oilseed 蛋白質의 食品化는 느리고, 一般的으로 政府補助를 必要로 할 것이다.

Soya뿐만 아니라 그밖의 다른 oilseeds는 開發途上國에서 成功할 수 있을 지도 모른다.

예를 들면 印度의 땅콩, 필리핀의 Coconut, 라틴아메리카의 木花씨, 泰國의 Mung Bean 등이다. 現在 뉴기니아에서 栽培 중인 새로운 植物性 蛋白質源인 Winged Bean(*Psopocarpus tetragonolobus* L.)도 可能性이 있는 좋은 資源이다.

4. 葉蛋白質(Leaf Protein)

綠色葉은 식물에 있어 가장 큰 蛋白質 生産所이며 人間과 動物飼料로 使用되는 Seeds를 包含한 식물의 其他 組織에 단백질을 공급한다. 그러나 葉蛋白質은 많은 量의 構造物質(cellulose, lignin)을 包含하고 있다.

葉蛋白質 가운데 alfalfa와 같은 개선된 食糧作物은 많은 量의 葉蛋白質濃縮物(L.P.C.)의 資源으로서는 가장 좋은 것으로 생각하고 있다. 그 밖에 수천가지의 다른 葉蛋白質 植物이 있다.

蛋白質 資源으로서의 alfalfa 利用에는 毒性問題가 提起되는데 이것은 生理學的으로 有毒한 成分인 Saponins과 Oestrogen을 含有하고 있기 때문이다.

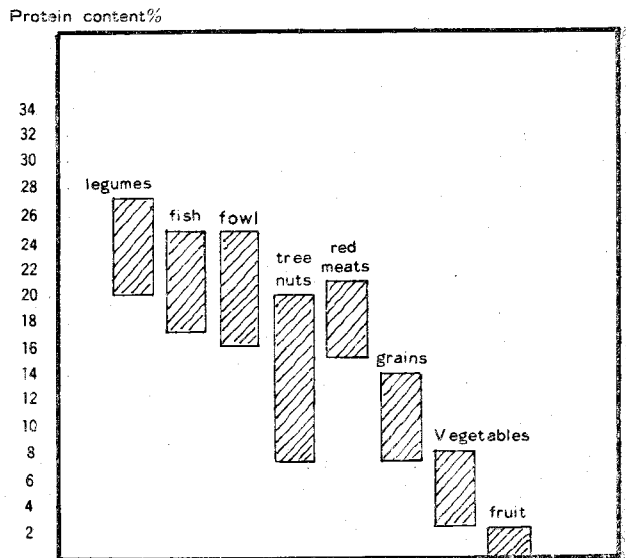
結論的으로, L.P.C.는 人間에게 있어

蛋白質 資源으로서 潜在力을 가지고 있지만 앞으로 10年 동안은 重要한 役割을 하지 않을 것이다. 왜냐하면 消費者의 呼應 뿐만 아니라 經濟的이고 安全한 生産이 아직 充分히 이루어져 있지 않기 때문이다. 그러나 어떤 開發途上國의 一部 地方에서는 장차 利用될 수 있을 지도 모른다.

5. 薯類(Potatoes)

1ha당 감자에 의한 蛋白質과 기타 營養素의 生産은 같은 기후조건 하에서 任意的 다른 食糧作物만큼 높다. 감자는 乾體量의 10~20%가 粗蛋白質로 되어 있다. 新鮮한 감자에는 이러한 粗蛋白質의 약 50%가 利用可能한 유리아미노산으로 存在한다. 그러므로 감자는 穀物의 蛋白質과 比較할 만한 蛋白質 含量을 가지고 있으며 蛋白質의 질은 훨씬 더 좋고 動物性 蛋白質과 비슷하다.

신선한 식량의 연속적 공급을 위해 온대지



<그림 1> 여러 食糧資源의 蛋白質 함량

방에서 성공적으로 재배되고 있지만 遺傳的으로 열대기후에 적응할 수 있고 蛋白質含量이 높은 여러 변종을 개발하는데 많은 노력을 해야 한다. 감자는 人口의 증가와 함께 우수하고 값싼 영양소원으로 그것의 가변성은 넓은 지역의 환경에 잘 적응할 수 있다.

6. 穀類(Cereal Crops)

穀物은 가장 큰 부분을 차지하는 食養供給源이며 人類의 가장 큰 蛋白質源이다. <그림 1>에서 보듯이 단백질 함량은 7~14% 정도로 낮은 편이며, 지난 10年 동안 고수율의 穀物種子를 개발한 것은 비록 약간의 차이점이 현재 분명하지만 확실히 食糧生産에 있어 가장 큰 유일한 진보였다. 그러나 蛋白質이 풍부한 곡물종자의 개발에 성공했지만 一般的으로 단백질의 질은 考慮하지 않았다. 現在 식물에서의 蛋白質合成의 生産物 貯藏의 조절에 관한 많은 기본적 정보가 不足함으로 進展이 매우 늦을지도 모른다.

結論的으로 未來의 植物作物은 人類의 가장 重要的한 食糧과 蛋白質源이 될 것이다.

7. 生物學的 窒素固定

窒素는 식량생산을 증가시키는데 매우 중요하다. 최근 질소비료의 생산비용 증가로 생물학적 질소고정에 대한 가능성에 관심이 높다. 이것은 이와 같은 능력을 가진 생물과 그기에 포함된 공정에 대한 더 큰 이해를 요구한다. 세균에 있어 *nitrrogenase*의 유전자는 성공적으로 한 종에서 다른 종으로 전환시킬 수 있었고 그 遺傳的 潜在力은 窒素固定 能力을 經濟的으로 重要的한 여러 生物에 확대할 수 있

게 한다. 그러나 이러한 研究는 아직 制限要素가 많고 潛在的이고 농경상의 重要的한 공정을 개발하는데 최소한 10년 이상이 소요될 것이다.

8. 蛋白質 合成

單細胞蛋白質(S.C.P)는 효모, 세균, 또는 곰팡이 같은 단세포 생물에 의해 석유 유도체나 有機廢棄物의 발효를 통해 생산된 단백질에 대한 일반적인 용어다. 어떤 형태의 S.C.P는 수백년 동안 인간의 식량으로 이용되어 왔다. 어떤 발효식품은 세균, 효모 또는 곰팡이와 같은 여러가지 미생물의 상당한 양을 함유할 것이다. 그러므로 食糧으로써 이러한 미생물을 먹는 일에 대해 기본적인 嫌惡感은 없어야만 한다.

(1) 효모와 세균

단세포단백질의 가장 훌륭한 개발은 화석물질인 *n-alkanes*을 이용한 효모와 세균의 공업적 배양이었다(<표 2>). 처음에 *British Petroleum*의 프랑스 지점에서 약 25年 전에 시작되었다. *Candida lipolitica*을 사용하여 2개의 연속배양공정이 개발되었다. 생산물의 단백질價가 *Soya* 경우와 매우 비슷했다. 몇년 후에 *Exon*과 *Nestlé社*의 合作팀에 의해 *Acinetobacteria*을 가지고 研究되었다. 기질로서 처음에 *n-alkanes*이 사용되고 후에 *ethanol*이 사용되었다. 개발된 一次 生産物은 전조세균이며 二次 生産物은 대부분의 핵산이 除去된 精製세균이었다. 이것의 단백질가는 *casein*과 비슷하다.

비슷한 영양가를 갖는 다른 세균(*Pseudomonas*) 생산물은 基質로서 *methanol*을 사용하

<표 2> 단세포단백질의 아미노산조성 및 영양적평가

	Yeast	Bacteria			
	Candida lipolytica On paraffins	Acinetobacter anitratus			Pseudomonas On methanol
		On paraffins	On ethanol	On ethanol processed	
Conventional protein(%) (N×6.25)	65.0	67.0	77.5	79.5	76.0
True protein(%)	58.5	51.5	61.0	76.5	71.5
Nucleic acid(%)	6.5	15.5	16.5	3.0	4.5
Essential amino acids(g/16gN)	43.3	35.5	36.3	48.0	43.6
Essential amino acids/total amino acids(%)	46.0	44.0	44.0	45.0	46.0
Sulphur-amino acids(g/16gN)	2.7	2.7	2.7	3.6	3.5
Lysine(g/16gN)	7.7	5.3	5.1	6.7	7.0
PER(casein=3.0)	2.5	2.0	1.9	2.9	2.6

여 영국의 Imperial Chemical Industries (ICI)에 의해 개발되었다. S.C.P생산에 대한 연구 개발이 10년 이상 활발했으나 이탈리아와 일본에서 동물사료의 한 성분으로서 S.C.P의 일시적인 規制가 이것의 개발에 중대한 퇴보를 하게 했다.

현재 에너지危機 등으로 原油價가上昇하고 있기 때문에, 기질로서 농산폐기물이나 공장 폐액, 섬유소원 등을 이용하여 S.C.P을 생산하는 것이 바람직할 것이다. 앞으로 10년 동안 Soya가 이용되지 않은 국가에서 사료용 효모생산의 상당한 증가를 예측할 수 있으며, 이러한 현상은 經濟, 規制, 政治의 어려움에도 불구하고 일어날 것이다. 결국 S.C.P생산은 使用耕作地의 증가없이 충분한 동물성 단백질생산을 유지하는데 도움이 될 것이다.

예를 들면 世界 食糧供給의 10%를 증가할려면 단지 지구표면의 약 1.5km²에 해당하는 면적을 차지하는 S.C.P생산 발효조가 필요하다. 그러나 이러한 S.C.P생산은 비교적 많은 에너지를 必要로 하나 동물성 단백질 생산보다는 더 작다.

이러한 에너지결점을 光合微生物의 사용에 의해 克服할 수 있을 지도 모른다.

(2) 藻類(Algae)

Algae의 장점은 無機物을 이용할 수 있고 최소한의 배지를 이용하여 직접 태양에너지로 식량으로 변화시킬 수 있다는 점이다. Algae의 1평방야아드는 실제로 연간 한 人間에 대한 에너지와 영양소 필요량을 충족시킬 수 있다. 전통적 농업에 의해 똑같은 결과를 얻기 위해 0.4ha가 必要하다.

여러가지 形態의 Algae가 食糧으로 使用하기 위해 培養되었다. 역사적으로, *Spirulina maxima*는 멕시코의 Aztecs人 뿐만아니라 Chad호수의 原住民에 의해 主食糧으로 사용되었음을 記憶해야 한다. 이것의 公業적 培養은 1972년 멕시코의 Sosa Texcoco 會社와 Institute Fransais du Petrole의 合作에 의해 이루어 졌다. 생산량은 하루에 2톤이었으며 일부는 비스킷의 成分으로 사용되고 일부는 계란 노른자에 진한 노랑색을 주기 때문에 가금류의 飼料成分으로 사용된다. *Spirulina*의 장점은 窒素源으로 窒酸鹽을 사용하여 알카리배지에서 배양된다는 점이다. 그러므로 汚染에 매우 저항성이 있으며, 알카리배지에 CO₂의 높은 용해성 때문에 광합성 속도가 매우 높

다. 그러나 이러한 조건 하에서 *Spirulina* 배양은 경제적으로 불명확하다.

그 밖에 독일 도르트문트의 Max Plank 연구소에서 개발한 *Scenedesmus*의 새로운 종이 있으며, 1960년대 미국에서 처음으로 우주여행용 식량을 연구하기 위해 *Chlorella*가 강력하게 연구되었다. 그러나 *Chlorella*는 낮은 소화성과 비교적 나쁜 영양가 때문에 별로 관심이 없다.

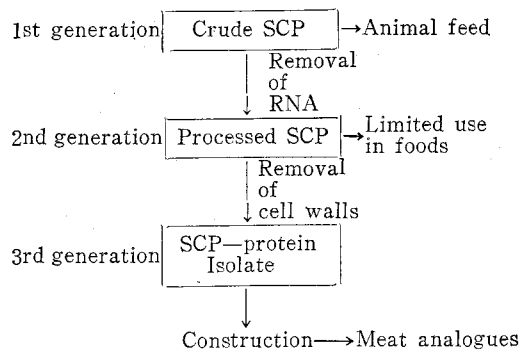
일반적으로 *Algae*는 우리의 에너지자원을 많이 사용하지 않으나 태양에너지를 직접 식량으로 변화시킨다는 점에서 흥미롭다고 말할 수 있다. 제한아미노산은 Sulfur 아미노산들로서 대부분의 미생물 경우와 같다. 식량자원으로서 *Spirulina*가 가장 좋다. 왜냐하면 그것은 전통적으로 수세기동안 사람들에 의해 사용되었기 때문이다. 그러나 다른 *Algae*에 대한 식량자원으로서의 평가는 여전히 불확실하다. 왜냐하면 대량으로 소비했을 때 위장장애를 일으키기 때문이다.

(3) 人類食糧으로서 單細胞蛋白質의 評價

食糧으로서 S.C.P의 사용계획은 비교적 적은 편이다. *Spirulina*와 같은 *algae*나, 일반적 基質에서 자랄 수 있는 *Saccharomyces*와 *Candida* 같은 효모는 제외하고, 研究중인 어떠한 S.C.P생산물은 人間에게 절대적으로 안전하고 위생적이라고 생각될 수 없다. 확실히 어떤 S.C.P생산물은 이미 성공적으로 동물에 대한 만성 독성실험을 했으나 단지 人間에 대한 대규모의 급식실험만이 최종적인 안전성을 부여할 수 있다. 실제로 규칙적으로 人間에게 투여했던 여러가지 S.C.P는 알레르기성 피부 증세 뿐만 아니라 때때로 구역질, 구토 및 구토와 같은 위장의 불쾌증세를 유발한 것으로

관찰되었다.

그러나 예비실험 결과는 정제세균, 소위 2次生産物은 이러한 알레르기 반응을 일으키지 않는데, 이것은 人間の消費를 위해 전체 乾燥微生物은 적당하지 않으나 핵산과 다른 새로운 물질을 제거해야 함을 의미한다. 未來에 그림 2과 같은 최소한 3가지 生産物이 예상된다. 1次生産物은 食糧으로 적당치 않으나 動物飼料로만 사용될 수 있다. 2次生産物은 결국 食糧으로 사용될 전망이다. 그러나 당분간 人間에 있어 안전과 내성실험은 식량



<그림 2> 단세포단백질의 단계적 식량생산

으로 사용할 수 있을 정도로 광범위하지는 않는다. 3次生産物은 食糧成分으로 예상되나 사용이 許容되기 전에 안전과 내성실험의 모든 것을 통과해야 하기 때문에 가까운 미래에는 사용되기 어렵다.

結論적으로 다음 10年 동안 食糧으로서의 S.C.P에 대한 계획은 실제로 매우 희박하다.

9. 化學的 合成

蛋白質 資源이 증가될 수 있는 古典的 方法의 하나는 그 단백질의 제한아미노산으로 補充함으로써 低質 蛋白質을 改善하는 것이다.

<67面에서 계속>