

## 食糧工業における最近の話題

## 新 蛋 白 食 品

大阪大学工学部 芝 崎 勲\*

最近「人工肉」と称するものが新聞や雑誌などの紙面をにぎわしているが、従来われわれが食べて来た牛肉、豚肉などが人工的につくられるようになったものと錯覚におちいたり、またこのような人工肉の必要性に疑問をもつ人があるかもしれない。しかし人工肉に関する問題は最近の食糧工業の分野における1つの新しい話題であつて、わが国においても、また米国をはじめ諸外国においても取りあげられ、さらに世界的な問題として国連でも大きく取りあげられている。その背景として根本的には人口増加と食糧問題との関係に帰するものと考えてよい。

食糧問題を論ずる場合、栄養的には炭水化物、蛋白質、脂肪、ビタミン、ミネラルにわけられるが、資源的に最も重要なのは必須アミノ酸を含む蛋白質資源である。日本人の食生活において蛋白質摂取量は昭和42年で1人1日当り74gであり、その大部分を植物蛋白質に依存し、動物性蛋白質の占める割合はまだ少なく26gにすぎない。しかし今後の食生活の改善により10年後にはこの値も40gに達するものと予想されている。この動物性蛋白質の供給源となる家畜飼育頭数の増加は著しく、昭和52年にはブロイラーは約4.5倍、豚は約3倍、乳用牛、卵用鶏は1.5~2.0倍になると農林省：農産物の需要と生産の長期見通し(1968 Dec.)で予想し、使用する配合飼料も1000万トンより昭和52年には2000万トンに達するものと予測されている。

以上のように近年の食生活の変化にともなうところの動物性蛋白質の急激な消費に十分対応し、市場には何らの不安もなく豊富に食糧は出廻っていて、今後の予測にも十分応じて行けるようにも考えられ、人工肉のような新しい蛋白食品の開発の必要性があるのであろうか。

それは世界一流の水産国とは云いながら、近海における資源の減少、漁場の圧迫、遠洋漁業のためのコスト高などのため、次第に先行きが悪くなっているとみられる。また畜産の分野で昭和52年には飼育頭数が2~4倍にもなると予想しているが、国土の狭まいこと、飼料の不足(現在でも75%は輸入している)、高蛋白成分の魚粕、

大豆粕の供給不足も心配となってくる。

以上はわが国の蛋白食糧の実情とも云えるが、これを世界的な立場より考察するときにはなお一層深刻な問題と考えられている。1968年1月1日世界推定人口は34億4300万人といわれているが、現在世界で消費される蛋白質の約%がこの内の10億そこそこの人口によって消費され、残りの%が20数億の人口によつて消費されているもので、現在でも少なくとも蛋白食糧に関する限りではきわめて資源的に不均衡な状態にあると云える。さらに将来の人口増加の予想として、2000年には66~67億に達するとされ、人口が1億増加するとき食糧として穀物1500万、豆類300万、野菜800万、畜産物600万トンの増産が必要と見積られている。動物性蛋白質の総生産量は現在2520万トンであるが、1980年にはすでに4500万トンを必要とすると予想されている。このような予想に対する対策として考えられることは

農業畜産技術の改良、植物蛋白質の高度利用、水産漁業の開発、微生物蛋白質の利用

などであるが、ここにこれらに関係した話題について取り上げる訳であるが、本年4月の食品関係の学会でもそれぞれの立場よりこの問題をシンポジウムにとり上げて討論が行なわれた。しかもこのような観点に立つた新しいタイプの蛋白食糧の素材あるいは製品がすでに工業的に生産が開始されていることである。

## 1. 動物性蛋白食品

すでに述べたように日本人の蛋白質摂取は主に穀類よりとり、これを補うものとして魚介類があった。しかし近年食生活の欧風化に伴って穀類のウエイトは次第に低下し、畜産関係の生産は10年前に比べて、食肉加工品で約5倍、牛乳で2倍、チーズで10倍以上となっている。

	食肉加工品 (ハム、ソーセージ、 ベーコン)	牛乳	チーズ
1956年	34,700 トン	1,550,000 トン	1,900 トン
1966年	155,000	3,400,000	26,600

魚介類も総漁獲高は700万トンに達し、そのうち練製品は90万トン以上の生産額に達している。

\* 工学部醸酵工学科教授

しかし今後の需要を満すためには必ずしも楽観を許さない問題が多多存在する。このことを如実に示す例として、現状であっても原料事情に大きな変動があつて、畜肉加工品に魚肉や植物蛋白が加えられたり、魚肉ねり製品に植物蛋白が混合されたりして、今後この傾向が大きくなると云う予測もたてることできる。

動物性蛋白食品の分野で、とくに畜肉加工品関係では資源的には大した話題はないので、水産関係での話題を次に述べることにする。従来多獲魚類よりつくられて飼料の蛋白源としていた Fish meal を、より高度に加工して人間の蛋白食糧としての利用が試みられ、とくに FAO ではかなり積極的にこの問題を推進し、Edible fish flour (最近は Fish protein concentrate と称している) と呼び、酸敗しない、魚臭のない、しかも食味の良い安定な粉末を得て、これを低開発国における蛋白資源を補うものにしようと考えている。これは Fish meal を製造後脱脂する方法を用いたり、あるいは鮮魚をすり身としてエタノール-エチレンクロライド共沸混合物またはイソプロパノールで抽出処理する方法が試みられたりしている (アメリカ、カナダ)。

わが国での新技術開発の 1 例としては冷凍すり身を挙げることができるが、すでに 8, 9 年を経過して、本年度の生産高は 20 万トンを越すと予想されている。これは北海道など北方でとれるスケソウタラの有効利用と云う問題に端を発したものであるが、ねり製品の原料のうちで大きな地位を確立しつつあり、工場における省力にも大いに貢献をしている。これは陸上と共に洋上でもすり身の加工が行なわれているが、魚種としてスケソウタラ以外にホッケ、ワラズカ、カレイ、アジ、タチ、グチ、エソなども原料として利用されている。冷凍すり身は原料魚より採肉し、水晒、肉挽、凍結、包装、冷蔵と云う工程を経てつくられるもので、魚肉の結着性 (かまぼこなどの弾力の形成能) を保持するように処理をほどこすものである。水洗によって魚肉中の水溶性物質を抽出することによって、塩溶性蛋白質の変性を少なくすると共に、重合磷酸塩や糖を加えて蛋白質の冷凍変性を防止したものである。

## 2. 植物性蛋白食品

動物性蛋白に比べて栄養的には劣るとは云え、穀類蛋白質以外の植物性蛋白資源としては油糧種子蛋白質が注目されるのは当然である。従来は油脂の製造が主体であつて、油粕は食糧としては全くかえりみられず、主に飼料として利用されてきた。家畜、家禽に与えられる場合はその蛋白の利用率は 20~30% にすぎず、より高度な加工によって、消化や食味のよい蛋白食品として人間の食糧にする研究が行なわれるようになった。油糧種子の世界

的な資源としては大豆、落花生、棉実、ゴマ、ヒマワリなどであるが、この有効蛋白質質量だけでも 2000 万トンに達するとされている (肉類に換算すればこの数値の数倍となる)。この中で古くから畑の肉と云われてきた大豆がとくに注目される訳であつて、その世界生産額 (1966) は 3930 万トン (日本 29 万、中国 1100 万、ブラジル 90 万、ソ連 40 万、米国 2535 万トン) にも達している。

大豆の利用に関してはわが国では従来その技術においてとくにすぐれ、蛋白食品および調味食品として、消化酵素阻害剤、臭気など大豆特有の欠点をたくみに排除しながら利用してきている。しかしながら資源的には年間消費の僅か 15% そこそこの生産しかない状態である。最近の消費実績は表 1 に示したが、製油用にまわる 70% 以上の大豆から油をしぼつたあとの脱脂大豆の用途が、飼料としてまだ 70% 近い比率をしめていることに注目すべきである。

表 1. わが国の大豆の用途別消費実績 (1000 トン)

	昭和 40 年	昭和 43 年 (見込)
製油用	1460 (72.7)	1739 (72.7)
豆腐油揚用	274 (13.6)	294 (12.3)
味噌用	149 (7.4)	170 (7.1)
納豆用	33	50
凍豆腐用	24	40
醬油用	16	15
その他	57	83
合計	2013	2391

### 昭和 40 年脱脂大豆用途別消費割合 (%)

食品用	28.2	その他	71.8
味噌	1.2	肥料	2.8
醬油	16.2	飼料	68.6
豆腐油揚	6.1	その他	0.4
その他	4.7		

家畜、家禽の飼料には全く事欠かない米国ではこの油糧種子の蛋白質については、より高度な利用の途をひらくためここ 10 数年まえから大規模な研究開発を行ってきたが、大豆蛋白を飼料としてではなく食糧としての利用を考え (低開発国の蛋白食糧の不足を補う目的も含めて)、種々の形態のものを開発し、続々企業化しつつある。このような米国の研究に刺戟されたわが国の研究機関でも、また油糧種子を取扱うメーカーでも、これに追いついた開発検討を行ない、最近になって色々のタイプの製品が市場をにぎわしつつある。

大豆蛋白の高度利用と云う立場よりは、できるだけ蛋白質の変性を防ぎつつ油脂を抽出し、脱脂大豆を有効に利用できるように処理されている。このような脱脂大豆

から新蛋白食品としての利用形態の第1は大豆粉であって、これには用途に応じて脱脂大豆の外に脂肪量の種々ことなるもの、あるいは全脂肪大豆粉も利用されている。その用途としては製パンにおいて蛋白質含有量の向上の目的以外に、大豆粉の特殊な性質（例えば製パン性の向上、漂白作用など）の利用のためである。この外畜肉、魚肉ねり製品に増量材として、あるいはまたその特性を生かした利用面も多い。これら大豆粉より蛋白質以外の物質を除くための処理をした（例えば70~80%のアルコール、0.02N塩化カルシウム溶液、pH 4.3の酸溶液）、蛋白質含量70%以上の高蛋白大豆粉があり、より好ましい大豆蛋白の特性を生かした用途が拡大されつつある。

分離大豆蛋白は大豆より油脂を抽出し、これから蛋白質を抽出したものであって、分離のための処理方法より大体次の5つ位に区別することができる。

- ① 酸抽出、アルカリ調整したもの（プロテインート）
- ② 酸抽出したもの（等電点蛋白）
- ③ アルコール抽出蛋白
- ④ 酸抽出後モディファイしたものの  
アルカリ処理したもの  
酵素処理したもの
- ⑤ 塩類（二価の金属塩）で抽出したもの
- ⑥ 酸抽出、アルカリ調整後、繊維状にしたもの

この分離蛋白も発泡性、乳化性、分散性を利用した用途もあるが、畜肉や魚肉加工製品の増量材として、また所謂人工肉の形での利用が主体と考えてよい。人工肉を含めた分離蛋白の利用は今後の世界の人口増加に対処するところの作地面積当りの蛋白収率のたかい植物蛋白を飼料としてでなく積極的に人間の蛋白食糧としての利用の典型と云うべきものである。従って単に栄養価のみを考えるのではなく、食品としての感触、風味に富むスタイルとして登場したものである。表2には色々な食品蛋白の価格を比較した例であるが、肉蛋白の約半のコストの分離蛋白が利用される点が強調される。

人工肉 (Simulated meat, meat substitute, synthetic meat, artificial meat) の定義としては、大量にまた安価に利用できる豆類、麦類を蛋白質原料として用い、歯ざわり、香、味が畜肉様に造られた安価な食品と云えそうであるが、最近わが国では新蛋白食品と云う広義な言葉で統一されようとしている。米国ではこのような人工肉は工業生産が始められたのはここ2~3年である。人工肉は蛋白質、脂肪、などの含有量を調製し、牛肉タイプ、豚肉タイプ、鶏肉タイプなど色々な生肉相当製品、乾燥品がつくられているし、また香味を附与していない素材も市販され、工場などで自由に香味がつけられるようになっていく。

表2. 食品蛋白の価格の比較

蛋白質の種類	価格	
	円/kg	円/蛋白, kg
肉蛋白	590	3333
卵蛋白	590	675
ラクトアルブミン	516	650
酪母	238	530
カゼイン	437	450
固形ミルク	127	365
分離蛋白	278	317
小麦グルテン	238	302
70%蛋白大豆粉	167	238
小麦胚芽	63.5	214
50%蛋白大豆粉	55.6	111

人工肉の製造法として現在採用されている方法は次の4つである。

- ① Spinning method ; 大豆蛋白について主として研究されて実用化された方法で、図1のごとく繊維状に紡糸してから図に示した種々の成分を含浸せしめている。この方法は General Mills Inc., 日清製油で採用しているものである。
- ② Extrusion method : 紡糸法によらない方法であって詳細はわからないが、Archer Dannil Midland Co. で工業化している。
- ③ Textured method ; 生グルテンにある条件のもとで shear stress を与えるとき、1種独特な網状構造を作り繊維性を感じさせる組織を形成する。紡糸法とことなり分離蛋白をつくる工程と紡糸工程がないので安価である。General Mills Inc., Swift Co., 日清製粉で採用している。図2には紡糸によらない人工肉の製造法の2例を示した。
- ④ Dispersion Method : 日清製粉で開発した方法であるが、グルテンを水溶液に一度分散させて、ある条件下で凝集させる際に、特殊処理して繊維性のあるものをつくる方法であって、この方法では一方向に繊維のなつたブロック状のものが得られる。  
人工肉は天然品と歯ざわり、香味などについて非常によく似たものがつくられると共に、種々のタイプにも加工できるものであるが、次に一般的な特性をまとめてみる。

利点 軽便、多種類、多目的の製品、低脂肪、無動物脂（コレステロールの問題はない）、酸敗起らず長期保存性、骨、皮、脂肪などの廃棄部分がない、細菌汚染少ない、組織が均一、肉としての検査不要、調理時の収縮はない

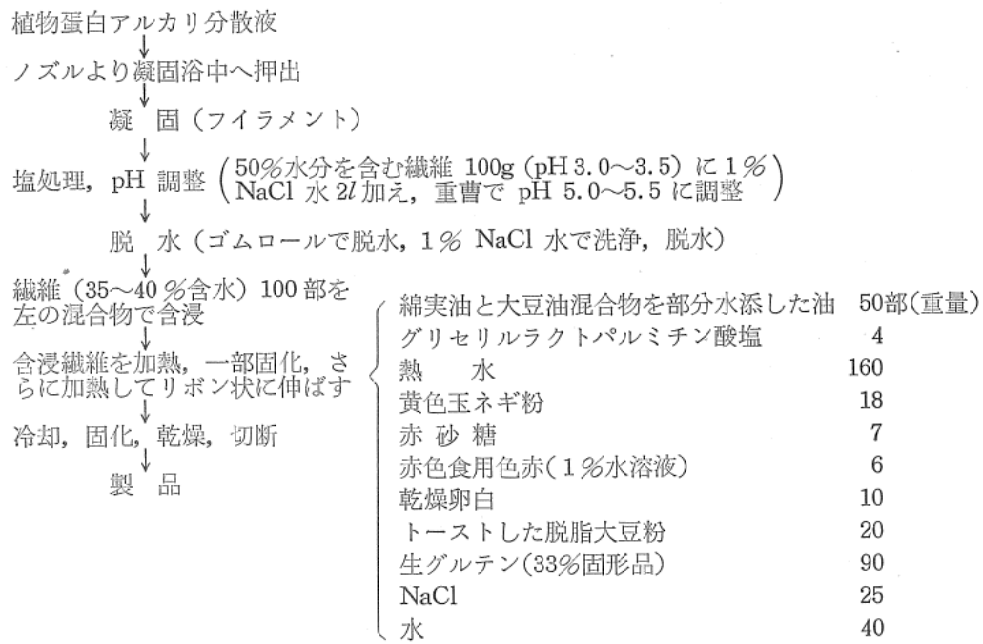


図1. 繊維状植物蛋白より人工肉の製造例 (General Mills Inc. の特許).

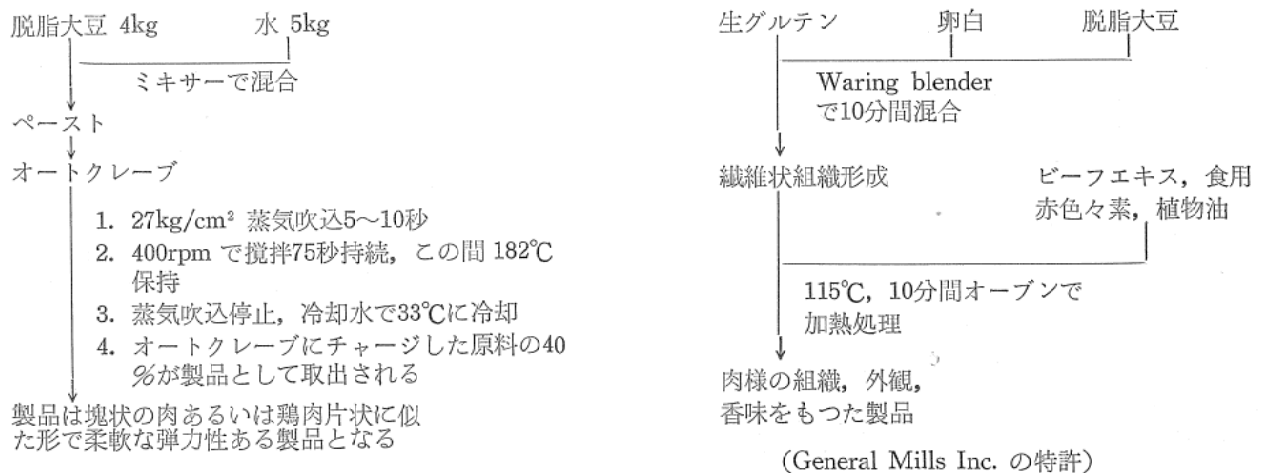


図2. 紡糸によらない人工肉の製造例

欠点 製造中アミノ酸バランスのくずれることがある, 設備費がかかる, 分離蛋白よりコストはかかる (生肉より安価, 大量生産により安くなる)

表3は新蛋白食品の市販されているものの一覧表であって, 形態, 主用途などを詳しく示してある.

### 3. 微生物菌体の食糧化

蛋白食糧資源として今日まで注目されてきた主な微生物は, クロレラ, 食用酵母 (トルラ酵母), 醸酵生産菌であって, 食糧資源として有利な点は

- ① 生産効率のたかいこと, すなわち短時間に狭い面積で多量の蛋白質の生産ができる
  - ② 蛋白質含有量たかく, 栄養的にすぐれた製品がえられる
  - ③ 生産管理が容易である.
  - ④ 土壌を使用しないこと, 原料が一定で価格変動が少ない
- などであって, 今後の進展如何では将来の世界の人口増加による蛋白質資源の不足を補うところの大きな給源と

表3. 新蛋白質食品一覧表

会社名	商品名	主原料	形態	価格 (kg/円)	主用途
味の素株	S.P.P.	大豆	蛋白質60%, 水分6%, 粉末	240円	増量用
江崎グリコ栄食株	A-グル	グルテン	蛋白質70~75%, 水分7%, 炭水化物5~10%, 脂肪8~13%, 灰分1.5%	280円	増量用
大阪有機合成 (東洋クリプトン)	ニーク・ブロック	植物性 蛋白質	塊状(生肉状)	200円	ハンバーク, シューマイ ビスケット, パン つくだ煮, スープ カレー, つくだ煮 珍味, つくだ煮 かまぼこ, ソーセージ ミートソース
	ニーク・フレーク		薄片状(乾燥品)	700円	
	ニーク・パウダー		粉末物	700円	
	ニーク・キューブ		サイの目状(乾燥品)	600円	
	ニーク・シート		板状	700円	
	ニーク・ファイバー		繊維状	120円	
ニーク・グラニュー	粒状(乾燥品)	700円			
シュリロ貿易株 (米国ADM社) 輸入品	T.V.P. (テクスチュアード ベジタブルプロ テイン)	大豆	蛋白質50%, 水分8%以下 灰分6%, 繊維質3% 炭水化物32%, 脂質1%	425円	畜肉様加工及び料理向
株 食 研	ライクミート	グルテン	蛋白質29.3%, 灰分1.2%, 水分66± 1%, 粗脂肪1.0%, 炭水化物2.6%	120円	食品加工原料, 畜肉 様料理向 食品加工増量用
	ハイグルP	グルテン	粉体	230円	
新進食料工業株	ハイプロP	グルテン	粉末	300円	増量用
帝人株		大豆	固型物		
東洋グルゲン	タンミー	大豆	粒状 蛋白質8% 水分10%	700円	パン充填剤, 珍味
日華油脂株	イソプロン	大豆	蛋白質90% 水分7%	480円	増量用
日清製粉株	サンミート	グルテン	蛋白質28.4%, 灰分1.7%, 水分 68.0%, 糖質1.3%, 脂質0.3%, 粗繊維0.3%	180円	畜肉様調理向
日清製油株	ソイミー	大豆	蛋白質25%, 水分75% 紡糸状蛋白質の冷凍品	120円	畜肉, 魚肉練製品向 畜肉様料理向
日本曹達株 (米国スイフト 社輸入品)	テクスグラン	大豆	蛋白質52%, 水分8%	600円	畜肉様料理向 増量用
	S.F.P. (スイフトフード プロテイン)	大豆	蛋白質70%, 水分5%	450円	
日本タンパク工業 (株)	プロトン	大豆	蛋白質60%, 水分4% 粉状		増量用
不二製油株	フジプロ	大豆	蛋白質90%以上 水分7%の分離蛋白	700円	畜肉, 魚肉練製品向 畜肉様料理向
プロテイン通商株	ミートン	大豆および グルテン	蛋白質44.56% 水分6.8%の粒状		畜肉様料理向 惣菜原料その他
豊年製油株	ソイミルクA	大豆	蛋白質46~7%	180円	乳製品用 製菓, 製パン用 ねり製品用
	ソイミルクB	大豆	蛋白質47~8%	140円	
	HOCカード	大豆	蛋白質20~25%, 水分75~80%	50円	
森永製菓株		植物及び 動物蛋白	固型の小片		畜肉様料理向
吉原製油株 (武田薬品工業)	ベジティンF	大豆	蛋白質55%, 可溶性無窒素物30% 油分0.3%, 水分8%粉状	250円	水産ねり製品用改良補強 用植物性たんぱく加工品 "
	ベジティンR	大豆	蛋白質53%, 可溶性無窒素物30% 油分0.3%, 水分8%	210円	

なりうる可能性がある。

クロレラは無機質培地中で光と炭酸ガス、25°C前後の温度条件で容易に培養できる。大量培養には開放循環式による屋外大量培養法が用いられ、気候のよいところでは年中培養可能であり、最も条件のよいときには1日、1m<sup>2</sup>当り20~28gの最高収率がえられ、これは二毛作の農作物に比べて数10倍の値である。乾物の50%以上が蛋白質であり、アミノ酸組成もすぐれているし、葉緑素、ビタミン、その他有用成分も多く含まれている。細胞壁が強いため消化吸収されにくいので、そのまま食糧化は困難であるが、この細胞壁を破壊して、無味、無臭、白色の蛋白質を抽出単離する方法はすでに確立されている。

食糧酵母は木材加水分解液、パルプ廃液、糖蜜などを培地として大量生産され、食用として、また最近では核酸系調味料の原料として脚光をおびている。

微生物菌体蛋白質は何れもアミノ酸組成がすぐれ、含硫アミノ酸以外のほとんどの必須アミノ酸は十分量含まれている。

従来のはちまき工業では、酵母でも、細菌でも、培地原料はすべて炭水化物が中心であって、主として農産廃資源や余剰農産物が利用されて来た。これら農産物を主原料とするときは価格の変動が大きく、かつまた微生物菌体を食糧や飼料に利用するためには高価にすぎる。表2で明かなように卵蛋白とは対抗できても、穀類や豆類とは現状では太刀打ちできない。

しかし1963年 British Petroleum の Champagnat らが発表したガスオイルからの酵母菌体の生産に始まった、所謂石油蛋白の製造は、米国、イギリス、ソ連、中国、チエコ、日本、印度などに研究開発がひろがりつつあり、吾国では数年後数万トンの規模の工場の建設が企画されている。炭化水素を資化する微生物としては酵母、細菌が多数分離されているが、原料炭化水素としては飽和直鎖状アルカンが多く、ガス状のもの(天然ガス、メタン)、液状のもの(ガスオイル、精製 *n*-パラフィン)、固形のものに大別できる。製造工程に関しては、基質を乳化、分散さす方法、発熱に対する温度制御、通気、連続培養法などの培養工学的な問題が重要であるし、菌体分離法とか、基質の除去(溶剤で抽出、洗浄)を含む菌体精製工程にも問題が多い。得られる菌体の利用に関しては、目下のところ飼料、餌料としての飼育試験が行なわれ、濃厚蛋白源として魚粉や大豆蛋白などとの対比試験が行なわれている。しかし将来は食品への添加、とくに大豆蛋白の様な利用の途を進んで行くであろう。

以上最近の食糧工業の話題の1つとして、新蛋白食品(人工肉その他)の動向の概要を述べてきた。将来の蛋白食糧問題については種々危ぐされる点もあるが、すべての分野にわたる総合的な施策の樹立、強力な推進によって醸酵、食糧その他の分野の優秀な技術者、研究者の力が結集すれば、21世紀をむかえても現在以上に豊富な食生活を全人類が一様に楽しめるものと信ずるものである。