限外濾過法のタンパク質食品製造への利用と問題点

野村 男 次

九州大学農学部 〒812 福岡市東区箱崎六丁目
昭和56年8月31日(月) 第28回膜研究会 学会赤門分館にて講演

Application of Ultrafiltration to Producing Protein Food and the Problems Therein

Danji Nomura

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, 6-Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka, 812

Work is in progress in Japan on the utilization of ultrafiltration technique for the recovery of protein from milk and soy wheys, crushed potato and minced fish meat drain waters, and so on.

Any significant break through is not yet achieved in this field on the industrial scale application of this technique due to the adsorption of the protein on the membrane surface, resulting in a decrease of permeability and membrane efficiency. This problem needs to be handled on the top priority to popularize industrial scale application of this technique.

Ultrafiltration was applied in a fish soluble manufacturing plant, and indicated that a typical phenomenon of selected affinity exists between membrane surface and some of the components of fish protein soluble.

This finding led to the selection of suitable membranes showing minimum adsorption of protein on the surface, which led to the concentration of fish protein solution with high degree of efficiency through ultrafiltration.

Key words: Adsorption of the protein, Fish soluble, Selected affinity, Minimum adsorption, Membrane surface

今日は“限外濾過法のタンパク質食品製造への利用と問題点”についてお話をいたします。この場合、あとで説明申し上げますが、洗浄の問題が一番大きい問題ですので、この問題についてはとくに時間をかけてお話したいと思います。

先に、私は会誌“膜”の5巻4号に“食品工業、とくにタンパク質の濃縮、分離における膜分離技術の応用”という主題のもと、限外濾過法のタンパク質食品製造への応用を紹介しておきましたから、皆さん、お読みになった方もあるかと思います。今日、タンパク質食品製造領域において、実際に工業的規模で、限外濾過が利用されているのは、乳業の領域でありまして、乳漿の回収に利用されております。その他の部分におきましては、だいたいにおいて、研究、あるいは中間試験中というよ

うな段階にあると言ってよいのではないかと思います。現在、この領域にあるものの中において、最も成果が望まれているのは、大豆タンパク質の製造への利用でありまして、これは、日本でも関係者が真剣に取り組んでおります。しかし、まだ工業的規模においての利用というものには、お目にかかっておりません。その他において、注目されていますのは、お承知と思いますが、馬鈴薯澱粉の製造における馬鈴薯水溶性タンパク質の回収ということであります。また、後で説明いたしますが、魚肉すり身、あるいは、魚肉タンパク質製造に対する応用というような領域も、非常に望まれるところではないかと思えます。特に、馬鈴薯タンパク質の回収ということにつきましては、馬鈴薯澱粉の生産が、お承知のように、北海道で主に行われております関係、河川の汚染の問題と

Fig. 1 大豆タンパク質抽出液を膜法で処理したときの固形物および窒素分の収支

共に、非常に注目を引いております（鮭の産卵期との関係において）。そこで、この大豆タンパク質の製造と馬鈴薯タンパク質の製造および回収、それから今ひとつ、魚肉タンパク質の製造に対する限外濾過の利用が最初申しましたように研究の対象となっていますが、これらを工業化するには、いろいろと問題点があります。その問題点の主体は洗浄の問題であります。この問題についても多少の実験を行っていますから、これをも含めて、特に膜の研究の専門の皆さんに、解決策について何かのサデションがいただければと思ってお話を申し上げます。

まず第1に、大豆タンパク質工業への利用についてお話を申し上げます。

大豆タンパク質工業において膜分離法が利用できるとすると、その可能性は、この分離法が開発されました初め頃は、主にホエーの回収を対象においたものでありましたが、現在は、むしろ大豆タンパク質の品質の向上といったものに目的をおいた製造への利用が考えられております。ご承知のように、大豆のホエーは、大豆タンパク質を水やアルカリで抽出しまして、あとでこれを沈澱させる、いわゆる“タンパク質の等電点沈澱法”を利用して製造しているとき生まれるわけでありまして、このときに出てくるホエーを限外濾過で濃縮するわけでありまして、限外濾過によって、大体において20～40倍位に濃縮しますと、濃縮液中のタンパク質含量は、大体において0.3%くらいのものが、8%くらいまで濃縮されてまい

ります。この場合、ホエー固形物の中のタンパク質含量は18%から80%というように上昇してきます。このような方法によりますと、タンパク質は選択的に濃縮されるわけでありまして、この場合、透過液中には、かなりの量の低分子固形物が含まれておりますので、この処理の後に逆浸透を併用して処理するのが普通であります。大豆タンパク質液を直接この限外濾過で濃縮する、こういう事も考えられているわけでありまして、このときは、大体タンパク質濃度を1.5%から3.0%くらいに濃縮する過程において、透過性物質の50%が分離されるわけでありまして、ご承知のように、この中にトリプシンインヒビターというようなものも含まれております。大体、分画分子量15,000くらいの限外濾過膜を用いまして、大豆タンパク質液を固形物3%から13%くらいに濃縮いたしますと、この時タンパク質濃度は大体6倍となっているわけですが、このような操作におきまして、低分子の糖類とか、あるいは、低分子のその他の有機物質、あるいは灰分といったものは取り去られていくわけでありまして、その中には大豆タンパク質中の例えばフィチン酸というようなものも含まれているわけでありまして、これはご承知のように、単胃動物の我々にとりましては、栄養上あまりよろしくないものですから、このようなものは取り除く方がよく、私のところでは、アミコン社のPM 30膜を用いまして、“フィターゼ”という酵素を併用して取り去っております。非常に容易にこれは取り去ることができます。この外、限外濾過によりますと、スタキオースとか、あるいはラフィノースというような、ご承

Fig. 2 限外濾過法によって馬鈴薯圧搾汁を処理した場合の物質収支

知のように、我々の膜をふくらますような、いわゆる簡単に言いますと、ガス発生材料になるようなもの、こういう少糖類も取り除くことが出来ます。

Fig. 1 には、これは私の所の実験ではありませんけれども、大豆の抽出タンパク質を膜処理した場合の、固形物および窒素分の収支関係がよく示されています。ここで問題になるのは、タンパク質の収量が計算量より少ないということであり、このことから、膜に付着する問題が、先に申しましたように、非常に重要な問題を提供することになるわけですが、これについては後で説明いたします。

次に馬鈴薯澱粉の製造の場合ですが、ご承知のように、澱粉の製造では、非常に多くの水を使うわけですが、このような水を節約するという、同時に排水の中に含まれているところの可溶性タンパク質のようなものの河川汚染の問題が、非常に問題になるわけでありまして、このようなものの回収を、しかも回収することによって、いくらか資源の再利用ができるとなると、製造法全体の経費の節減にも役立つわけであり、そういうようなことで、馬鈴薯澱粉の製造時に生ずる排水、これをどうするかという問題は、先程申しましたように北海道を中心に非常な問題を提供しております。これを処理する方法として、2つの方法が考えられております。1つはご承知のように、馬鈴薯を前もって圧搾、搾汁しまして、特に塩類可溶性タンパク質というようなものを取り去っておくというゆき方、第2番目は、澱粉製造排水の中に溶けているものを回収するという方法がそれであり、馬鈴薯を前もって搾汁しまして、それから出てくる汁液

からタンパク質を回収するという場合は、主に限外濾過法で行われております。それから今ひとつ、排水中に溶けて棄てられておりますタンパク質を回収するには、逆浸透が主に用いられております。限外濾過の方は、今申しましたように、前もって馬鈴薯を圧搾して汁液を採取するもので、この方法は、その他、リーフプロテインなどの製法への利用に考えられているのと同じものであります。そこで、今日は限外濾過の話ということになっておりますから、限外濾過という面にしほってお話を申し上げます。膜誌のお世話をしていられる橋本さんがバイオエンジニアリング社時代に行なわれた実験がありますので、ここに示しておきます。

Fig. 2 がそれであり、これで1番問題になるのは、やはり膜汚染ということであり、なお、このような操作を行いました時、今1つ成分的に問題になるのは、灰分が割合多く残ってくること、これをどのようにするか、例えば、逆浸透で処理しますと、灰分の含量がだいたい1/3の30%台に入ってきます。この外の場合でも同じように、限外濾過器を透して、後に残った濾過液を濃縮しますと、そのようになります。一方、限外濾過で濃縮された部分においても、やはり灰分は、ここにみられるように10%以上とたくさん入ってきます。このように灰分が多く入ってくると、あと製品の利用において多少の問題を生ずるわけであり、この方法は、いろいろな本にいろいろと示されていますので、皆様ご承知だと思いますから、製法、装置、その他は略させていただきます。

次に、私達が最近行っておりますフィッシュ・ソルブ

Fig. 3 多目的プラントフローシート

ルの製造について説明いたしておきます。

これは最近、ご承知のように、魚がだんだんと取れなくなるという事実、しかも日本近海で捕れる魚は、青いもの、いわゆる鰯とか、鯖といったものが増えること、さらに、深海魚といったものが問題を提供しておりますから、これらの利用対策として行っているものであります。さらに、いま、南氷洋のオキアミといったものの取扱問題、それから北海道、あるいは沖縄でとれる大きいヒトデの問題などの処理対策にも役立つものと考えています。

これらをどうかして利用しようということでありまして、ここでは下関に下瀬食品という会社がありまして、実際に工業化ということを志して、今やっておりますので、その実態を少して説明させていただきます。

まず、装置、その他につきまして、スライドを通して説明いたします。Fig. 3 が製造法のフローシートであります。この製造ですが、ここでは直接関係はありませんが、順序としてお話しておきます。魚は特種な蒸煮釜を使いまして蒸煮されます。この蒸煮は、ここに示されておりますが、釜は下瀬食品が特別に考案して特許にしているようでありまして、その機構については、私充分にまだ研究しておりませんが、非常に興味ある構造をもっております。これを基本にして製造を行っているわけでありまして、Fig. 4 がその特種な蒸煮釜であります。これでおわかりのように、1つの蒸煮釜には2つのチャンバーがありまして、その中に魚を入れ、あるいは蒸煮しようとするオキアミやその他、そのようなものを入れるわけでありまして。これは密封タンクになっておりまして、大体1気圧～2気圧くらいの圧力を、温

Fig. 4 魚蒸煮釜の構造図

度からいいますと、120～130℃ が加えられることになるわけでありまして。

今日、この工場では1回、だいたい15 t くらいの魚を処理いたしております。これ(蒸煮釜)には、大体50%相当ぐらいの水を入れまして、例えば1 t の魚に対して1 t の水という割合です。そして、その中に蒸気を吹き込み、回転させながら分解を進めるわけでございます。このとき、蒸煮と共に、圧搾抽出が行われます。このようなプ

Fig. 5 原料導入口

Fig. 7 精密濾過装置

Fig. 6 原料蒸煮釜

Fig. 8 限外濾過装置

レートが両方についているわけですが、ここから液が出てきます。粕の方は逆方向に押し出されまして、ここから採取されるような様式になっており、連続的に運転が行われます。会社では、これを今、4基ずつしております、全部で15tの魚を1回で処理しております。

Fig. 5は魚を入れる導入口であります。今申上げた蒸煮釜がFig. 6でございまして、ここにはこれが基4ありまして、分解液を作っております。これは後で申上げます限外濾過、あるいは逆浸透装置の能力に合せてあるわけでした、大体15t処理に4時間をかけております。製造は1日大体2回行っております。このようにして、蒸煮が終わり、搾出された残渣は、今一度スクリュープレスで処理いたしております。抽出液は、ついでデカンターにかけられ、ついで3相遠心分離機にかけられ、油分を分離いたします。この油を分離した液は、いわゆるエキスですが、これはつづいて、ミニポアフィルターで精密濾過を行います。Fig. 7がその装置であります。これ

は湯浅電池が施工したものです。この装置そのものはアミコン社のものではないかと思えます。この部分は、私、直接タッチしていませんので、よく知りません。透過液はここから出てゆきます。膜の孔径は 0.3μ 、1日2回洗浄を行っております。洗浄には1回2時間を要しております。1日2回運転を行っておりますので、2回洗浄ということになります。そこで洗浄時間は2回で4時間ということになります。これは現在8ヵ月間運転しているそうですが、別に問題はないようです。25本宛、4列に配して用いております。つぎに液は限外濾過装置に送られます。Fig. 8はアミコン社のホロー・ファイバー式のものでありまして、膜にはアミコンのGM-80というのをを用いております。これはお承知のように、分子量分画8万のものです。30個宛を4列に配列して、現在120本使用しております。運転温度はだいたい 45°C 位で行われております。と言いますのは、先に申上げましたように、この部分はクローズド・システムで実施しており、

Fig. 9 逆浸透装置

1番はじめの煮沸に120~130°Cを用いておりますから、ここで殺菌が行われ、その後の操作は割合スムーズに、うまくいっているわけでありす。このあたりにきますと、先にも申しましたように、大体45°C位に温度が下がってくるのであります。ここで圧力は1.3~2.8kg/cm²でした。これも今申上げましたように、始めから最後まで4時間の運転時間内で操作を行っていますから、このように変化をきたしているわけでありす。それから、洗浄は1日2回洗浄となるわけす。1回の洗浄時間は2時間くらいであります。この場合、先の図面からおわかりのように、未透過の部分は集めまして、今1回前にかえし、操作を反覆しております。透過部はつぎに逆浸透にかけ、濃縮を行います。

Fig. 9が逆浸透の部分であります。大体分子量分画500, Du pontのB-9膜を使用しております。食塩の阻止率95%, 芳香族ポリアミド系の“Permasep”という膜であります。モジュールは3本を1系列とし、18本で装置を組立てております。ここにきますと運転温度は大体20~30°Cというところまで下がってまいります。運転圧力は、28kg/cm²というところで、運転を行っております。大体ここで固形物含量30~35%にまで濃縮しております。なお先に申しましように、全工程は4時間で終わるようにしており、洗浄は2回、ここの洗浄は1回3時間を必要としております。そこで1回の運転ははじめから最後まで、7時間で、その中洗浄は3時間ということになっております。これは工場経営上の問題もあり、このようにやっているわけでありす。洗浄には多量の水を必要とします。初期においては、100tぐらいの水を用いていましたが、組合わせをよくし、順序よく処理することによって現在では大体10tぐらいの水で洗浄ができるようになりました。なお、逆浸透の部分の洗浄

Fig. 10 大豆乳漿の限外濾過処理におけるタンパク質、炭水化物、灰分の変化

には、時に酵素剤洗浄を行っており、ライオン油脂の製品を使用しております。

このような方法で実際に運転してみますと、一番大きい問題は洗浄の問題であります。洗浄には多くの費用もかかりますし、しかも切角、膜法が省エネルギー操作といわれながら、洗浄に非常に多くの時間と水と、その他の要件を必要としますと、ここでのエネルギーの損失が大きくなります。そこで、洗浄の問題を考えて装置を組立てることが必要となります。まず、膜を組込むに当り、膜質を選ぶことが大切になります。この工場では、現在市場にでているほとんどの膜を試験しており、結局、さきに示した膜に落ちついたようです。これが現在のところ一番よい結果を示したということでありまして、それらについては、今から説明申し上げます。

この場合、膜とタンパク質との相互関係が一番大きい問題になるわけでありすが、このようなタンパク質と膜との関係は、皆様お承知のように、医用高分子膜においては非常に多くの研究が行われているようですが、食品については研究がほとんどありません。それでこれについて少しくお話申し上げます。

Table 1 限外濾過時のタンパク質の含量と収率

Membrane	Mode of operation	VCR	Protein content	Protein yield ^c
			(% dry basis)	(%)
XM50(45)	UF	5	81.2	85.2
XM50(45)	UF	10	84.0	83.6
XM50(20)	UF	5	79.5	77.1
	re-UF I ^a	5	83.9	73.8
	re-UF II ^a	5	86.2	73.1
PM50(43)	UF	5	82.1	92.4
	re-UF I ^a	5	84.1	75.1
	re-UF II ^a	5	86.4	73.3
PM50(43)	UF	5	83.9	95.0
	re-UF I ^b	5	87.0	90.6
PM50(43)	UF-CD-UF	—	90.6	93.3

^a Fibers were cleaned by backflushing between stages.^b Fibers were not cleaned between stages.^c Based on protein in original feed to UF unit.

Fig. 10は大豆タンパク質を膜処理したときの結果であります。タンパク質には、膜付着といいますが、吸着といいますが、そういうものがありまして、それが示されているわけです。限外濾過で処理した残存液中のタンパク質、炭水化物、灰分の量を示した図ですが、限外濾過処理によって、タンパク質の損失があることがみられます。これは膜への吸着によるものと思われます。タンパク質は膜に付着しやすく、付着によって損失いたします。つぎに大豆タンパク質を PM-50 膜と XM-50 膜で処理したときの結果を示します (Table 1)。

Fig. 11 は大豆タンパク質を PM-50 膜、XM-50 膜で処理したとき、膜へタンパク質が吸着する状態を示したものであります。これでおわかりかと思いますが、2つの膜、PM-50 膜と XM-50 膜とでは、タンパク質の濃縮に対する対応の状態が違ふこと、いわゆる膜への吸着の状況が異なることであります。XM-50 膜は、先に申上げましたように、ポリオレフィン系の膜であります。これでは 4.5 倍、PM-50 という膜は、ポリスルホン系の膜であります。これでは 4.7 倍というように、計算上は 5 倍に濃縮したときの結果が現われました。ここに差がでてきました。このような差が膜の性質の差によって現われてきます。この関係は、Fig. 11 によく現われています。

PM-50 膜では、タンパク質濃度が 8% になりまして、ほとんど吸着はみられませんが、XM-50 膜では、タンパク質濃度がこの付近になりますと、大きい吸着がみられます。この場合、次亜塩素酸液 (100ppm) 洗浄を行いますと、PM 膜では変化が現われ、だんだんと吸着が大きくなってまいります。洗浄 1 回目よりも、洗浄 2 回目の方がより大きい吸着性を示しました。この関係は、

Fig. 11 大豆タンパク質を PM-50 膜 XM-50 膜で処理したときの吸着量

先にごらんに入れました魚タンパク質をいろいろな膜で処理した場合にもみられました。やはり膜材料とタンパク質の吸着とは非常に関係があること、吸着の少ない膜を選び出して使用すれば、洗浄は非常に容易になることがわかりました。この問題はこれから膜を開発する上において、非常に重要なことではないかと思ひます。この図で、2つの膜が全然異なった吸着現象をみていることは注目すべきと思ひます。また、例えば、PM 膜は普通の状態では吸着現象をみせませんが、次亜塩素酸液で、殺菌兼洗浄操作を行いますと、だんだんとタンパク質を吸着しやすくなり、XM-50 膜と同じような性質に変わってくること、これは膜面が何か変化するのではないかと考えられます。そして、タンパク質が非常に膜面に付きやすくなるということでもあります。そこで、タンパク質が付かない膜を選び出すことができると、食品のこの種濃縮、あるいは分離では非常に都合がよいのではないかと考えるわけであります。今、申上げましたように、膜の性質によって、タンパク質の吸着性が非常に異なるということは、タンパク質の回収とか、濃縮といったような操作において、モジュール膜の開発、さらに膜面に生成するゲル層、あるいは濃度分極層の洗浄とか、あるいは機能回復というようなものにおいて、新しい示唆を与えるものではないかと考えています。この種の件につ

きましては、まだ食品面におきましては、はじめに申しましたように、はっきりした結果を出したものは、私まだ眼にとめることができない状態にあります。しかし先にも申しましたように、医用高分子の研究領域では、研究が非常に多くありますので、参考になるのではないかと思います。最近いろいろとしらべております。さきに紹介しました魚のエキスを、抽出液の濃縮におきましては、この考え方は大変参考になりました。

膜によっては、非常に容易に魚タンパク液によって損傷をうけるものがあります。そこで、今申しましたような関係を是非膜の開発において皆さん考えていただきたいと思います。実際に半工業的に行った実験の段階において気が付いたわけですが、例えば、オキアミからのタンパク質の抽出製造、これは日本では最近燃料が高くなり、南氷洋でこれを捕獲してそのまま日本にもってこることが採算上不可能になりつつあり、現地で処理することが考えられております。この場合、膜装置を船につみ込み、南氷洋にゆき、そこで製品を作ることが計画されているようです。この場合、オキアミは赤色の色素をもっていますが、この色素タンパク質は酢酸セルロース膜で処理しますとよく吸着されます。そこでオキアミ処理には酢酸セルロース膜を用いることをむずかしくしてあります。

このようなことで、特種なタンパク質が非常によく吸着されるというような例が多々ありますので、もっと、このようなことは調べてみなければいけないと思います。

つぎに、このようなお話をしてきました段階においてできます洗浄の問題、これは今後、どうかして解決しなければならないと思います。これは、限外濾過、あるいは逆浸透といった膜装置を実際に運転してみた上において、最も問題を提供する領域であります。

先に申しましたように、エネルギー面からみても、切角、利点を持っているにもかかわらず、膜法が実用化において遅れをとっているのは、洗浄をどのようにするかという問題、あるいは、吸着の問題などがまだ解決していないためであります。

洗浄の目的は、膜のサニタリー・コンディションをよくすること、機能回復ということにあります。サニタリー・コンディションをよくすることでは、膜自身についてよりも、装置について考えることが必要となってきます。いろいろと洗浄しやすい装置を選び出すことが大切になります。なお、また膜の面から言いますと、

先に申しましたように、薬剤を使用した場合、膜の性質が変化する。とくにタンパク質をよく吸着するような膜面を形成する可能性が生まれるといったようなことについての十分な研究がまだない、といったようなことも大切なことであります。装置については、デッドスペースをどうするかということも問題になります。特に運転後、装置を休止すると、その段階において微生物の繁殖がデッドスペースから生じてくることがあります。膜装置にゲージやその他の付属物をつけると、どうしてもデッドスペースが多くなり、そこから微生物の繁殖がはじまります。そこで如何にしてこのデッドスペースを少なくするかということになります。これは微生物面から十分に考えてゆかねばなりません。装置中の微生物を少なくする方法としては、1) 増殖抑制物質を使用する 2) 低温で運転する。3) 高温で運転する。4) 滞留時間を非常に短くする。というようなことがいろいろと行われていますが、どれひとつ取りましても、食品工業においては、これらの導入はむづかしいことであります。例えば、薬剤を使用するということになりますと、食品中に薬剤が残るというようなことがおこります。温度を高くすれば、膜、その他、装置に対するいろいろな障害が生まれてきます。また低温にすれば、透過率が悪くなるというようなことで、いずれを取るとしましても、いろいろと問題を生じます。

つぎに、膜機能の維持、回復ということについてですが、食塩阻止率が15%、60%、80%、94%という酢酸セルロース膜を使用してペクチン液を処理しますと、阻止率が15%、60%といった膜がかえって機能回復率において劣ることを認めました。これは膜の孔の中に小さい分子のものが入りまして、目をつまらせるためではないかと思えます。このことは、実際に魚のタンパク質と処理した場合、孔に対して、砂のような小さい粒子をつめる場合と、小石のような少し大きい粒子のものををつめる場合とを考えてみました。孔径よりもはるかに大きいと考えられるタンパク質のゲルを処理した後で、分子の小さいタンパク質を処理するというようにしますと、割合に長く、孔をつまらせることなく、運転ができることについて先にのべましたが、実際に、それを装置運転において認めました。そこで装置の組立てに当っては、これを参考に、実施いたしておりますが、このような現象は、いつもはっきりとみることができました。小分子のものをはじめから処理しますと、孔が完全につまってしまう、回復率が非常に悪くなります。それに対して、少し分子の大きいものをはじめ処理して、孔をつめると、空間

ができ、小さいものをはじめにおいて処理したものよりも、膜の孔をつまらせることが少ないことがみられます。このような装置運転に当たっての配慮は、先にごらんに入れました魚タンパク質の濃縮に当たりまして、3本のモジュールを1組に組合せる場合、その組合をどのようにするとよいか、決定するとき、参考にしていきます。なお、この他、度々申上げました膜面に対するタンパク質の付着、吸着といった問題、このようなものがくつくと、膜の劣化あるいは、透過率の低下というものが生じてくるわけですが、このようなトラブルが生ずる原因となる付着、吸着というものは、膜面そのものの性質、あるいは膜材料の性質というものと共に、いろいろなものが総合的に関係するものでありますから、これらのことを十分に考えに入れて、開発を実施することであり、また使用する場合においても、これを考えに入れて使用することが大切であります。そこで、ある領域においては、非常によくゆくものも、ある領ではよくゆかないということがあります。

私達はタンパク質の濃縮を主題に研究を行っています。タンパク質の付着、吸着の問題、あるいは膜汚染ということは、膜との関係をより一層深く追求してゆかないと、一律に市販されている膜をもってきて、実施するというようなことを行くと、洗浄に非常に多くの時間と経費を要するというのが現状であります。そこで今からの開発では、これを考えねばならないと思います。

膜の洗浄法としましては、いろいろな方法が示されております。ゲル層の形成を防止するには、例えば、スポンジボールを流して、スポンジボールの擦洗効果で、膜面付着層を洗い流す方法などが、大豆タンパク質処理において行われておりますが、日本では、先に申上げました馬鈴薯澱粉製造時の排水からのタンパク質回収において、日立プラントなどがこれを行っています。一般に流動洗浄法といわれているものも行われております。これは管内にプラスチックボールを入れ、下部より液を送り、乱流を作り、ゲル形成を防止するものであります。この外、間欠瞬間フラッシュ法というものも行われております。しかし、いずれもまだ十分な成果をあげ得ておりません。ただ先にも申上げましたように、この場合でも一番重要なことは、膜とタンパク質との間の吸着、または付着ということについて、今少しく研究を進めないと、また、その面から考えてゆかないと、この問題は解決しないのではないかと思います。とくに膜面とタンパク質の性質との関係については、今から、膜を開発される皆様に是非考えてみていただきたいと思います。これが解

Fig. 12 フィッシュ・ソルブル製造装置

決しない限り、食品工業において、膜を用いて成果をあげようとするのは非常に困難ではないか、切角、よい方法として注目されているながら、このあたりが処理されないと、省エネルギー法として注目されながら、洗浄などにエネルギーを要することになり、十分な成果があげられないことになります。さらに、これが汚染膜の微生物の原因につながっていますので、これらのことを総合して考えていただきたいものであります。

つぎに、以下のべることは付録的なことでありますが、さきにご覧に入れました魚タンパク質、フィッシュ・ソルブルの製造についてですが、これは既に製品を市場に出すまでになっています。なお、最近ヒトデの問題が北海道でおこっており、また沖縄でも生じております。このようなヒトデをさきに示しました蒸煮釜に入れてたきますと、タンパク質が抽出されてきます。これを濃縮いたしますと、立派なフィッシュ・ソルブルが得られます。残渣物はカルシウムの豊かな物質であります。また、はじめにふれましたオキアミの問題につきましても、この装置を船に積んで、南氷洋にゆき、現地でこの種のものを作ろうという計画もあるようです。このような計画を進めてゆくためには、やはり今まで申上げました膜へのタンパク質の吸着、付着の問題を今少しく、はっきりさせないと、いけないのではないかと思います。さきにごらんに入れました装置 (Fig. 12) は、現在、だいたい8ヵ月くらい運転しています。1単位を先にも申しましたように、運転4時間、洗浄3時間とし、1日7時間を2回実施しています。この状態での運転、非常によくいっ

ております。なお、出来上がった製品はかなり分解が進んでいまし

て、タンパク質というより、むしろアミノ酸に近いものであります。製品は天然調味料といったような型で市販されております。なお、製品を今一度タンパク体にかえして利用することを考えています。例えば、カマボコの中に入れておかし、し、この方の研究はまだ十分にいておりません。

膜を使った新しい方法をもって、フィッシュ・ソルブルの製造が、このようにできることが明らかになりましたので、この方法は、順次各地でフィッシュ・ソルブルの製造へ利用されてゆくではないかと思ひます。

北海道や韓国などにおいて、この方法を導入してフィッシュ・ソルブルの製造を行いたいという紹介もあります。新しい方法として、この方法は非常に興味のあるも

のであります。実際に、この方法を行ってみますと、今まで度々申し上げましたように、膜とタンパク質との結合、あるいは付着というようなことについて、もっと、はっきりしたことがわからないと運転がうまくゆかないこと、また、膜をいろいろと選んで実験を行ってみると、確かにそのような現象がはっきりと認められます。

そこで皆様も今後、いろいろな領域において、このような方法を利用されるとき、このことを何かの参考にしていただけたらと思ひます。

以上、これといったお話にはなりませんでしたが、これで終らせていただきます。どうも、有難う御座いました。

蛙皮膚細胞内のイオン活動度

Intracellular Ionic Activities in Frog Skin

W. Nagel, J. F. Garcia-Diaz, and W. McD. Armstrong: Department of Physiology, Indiana

University School of Medicine, Indianapolis, Indiana 46223, USA

J. Membrane Biol., **61**, 127—134, 1981

微小電極を用いて細胞内電位等を測定する時に artifacts を除去することが困難なことはよく知られている。著自らの考案する方法で、カエル皮膚を短絡電流を行った状態で細胞内穿刺を行ない、膜内外電位差 (V_o)、細胞内 Na^+ , K^+ , Cl^- 活動度 (a^i_{Na} , a^i_{K} , a^i_{Cl}) を測定した。まず方法論的に得られた数値の正確さを強調している。

定常状態で a^i_{Na} $14 \pm 3 \text{ mM}$, は $132 \pm 10 \text{ mM}$, a^i_{Cl} は $18 \pm 3 \text{ mM}$ であった。また、短絡電流 (I_{sc}) とコンダクタンス (gt) は平均 $43 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ および $1.3 \text{ mS}/\text{cm}^2$ であった。Amiloride を $5 \mu\text{M}$ で粘膜側より投与すると I_{sc} と Gt は低下する。この時の V_o は -87 mV であるのに対し、 Cl^- 感受性微小電極によって測定した細胞内電位は -65 mV であった。amiloride 投与前後で a^i_{Cl} は変化はなかった。しかし、この間を通じ、 a^i_{Cl} は、細胞膜内外の電気化学的平衡を越える値を示しており、 Cl^- の細胞外への driving force を示している。amiloride

を長時間 (30分以上) 入れていると Cl^- の driving force は約 1.4 倍に増加する。もともと、Nernst の式から計算した a^i_{Cl} は 4 mM で、実測では 18 mM であるので、受動輸送の 4.4 倍の動きがあることになり、amiloride は更にそれを増加させている。 Cl^- の能動輸送系の存在を考えなければならない。

K^+ 感受性電極による a^i_{K} は電気化学的平衡状態 (28 mM) より高いのは当然で、外向きの driving force を認める。表皮側から amiloride を投与し、次いでそれを除去すると V_o は -88 から -74 mV へ、 V_{Na} は -146 から -126 mV に減少する。 a^i_{Na} は 6.3 から 8.3 mM に増加する。Amiloride により Na^+ の細胞内への driving force は増加し、 K^+ のそれは変化なく、 Cl^- の外方への driving force が増加すると思われた。一方、 a^i_{Na} は強い減少を示し、 I_{sc} は低下することから、 Na^+ の流入と能動輸送との関係を見ると Na^+ -pool の存在を想定しないわけにはいかない。(中村瑞穂・丸茂文昭)