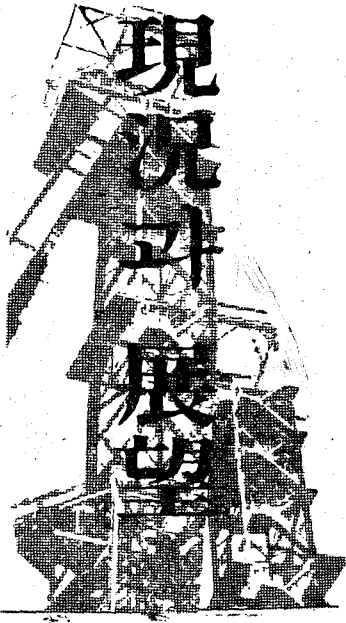


醱酵工業의 現況과 展望



李 鍾 珍
(韓國生化學會 會長)

서 론

세계의 발효공업은 그 옛날에 가내공업적인 양조식품공업으로서 탄생한 이래 오늘날에 이르기까지 오랜 역사를 가진 산업이지만 오랫동안 미생물 자체의 본질에 대한 인식이 결여되어 왔었기 때문에 그의 발전이 늦었었다. 이 공업이 근대공업으로서의 성격을 띠게 된 것은 일차세계대전 전후부터이다. 그 당시 화학의 제조원료인 아세톤의 수요가 아세톤과 부탄올발효의 탄생을 촉진하였으며 공업용 알코올의 제조가 시작되면서 부터 화학공업분야로의 진출 즉 비식품공업으로의 진출의 단서가 되었다. 이차세계대전 때는 페니실린의 재발견을 초래하였고 페니실린발효의 탄생을 계기로 일어난 여러 가지 항생물질발효의 출현은 그야말로 폭발적인 것이었다. 그때까지 합성화학의 독무대로 여겨지던 제약공업계를 석권하게 되었다.

더욱이 지난 몇 년 동안의 새로운 경향으로서 인류의 식량자원의 공업적 생산수단으로서의 가치가 발효공업에서 인식되기 시작한 것은 주목할만 한 일이라고 생각한다. 즉 미생물의 놀랄만한 번식속도와 그 균체의 높은 영양가를 다시 보아야 하게 되었다. 농업, 축산업, 수산업 등이 유사 이래 인류의 식량을 공급하는 영구불변한 수단이라고 생각되어 오던 것이 이제 바야흐로 발효공업이 그 주역을 맡게 될 가능성이 온 것이다. 이것은 식품공업에 있어서 혁명적인 사실이라고 볼 수 있다. 이러한 역할을 맡게 된다면 그 공업적 규모는 초대형화될 것이 예상되며 지금까지의 중화학 공업을 앞질러 대공업으로서 발전할 것으로

생각된다. 우리 나라에서도 소규모적이지만 발효공업이 발전하기 시작하였는데 이러한 발효공업이 크게 발전하리라고 생각하는 것은 꿈이 아닐 것이다.

한편 미생물체에서 일어나는 화학변화는 대단히 복잡한 것이지만 생화학의 발전에 의하여 이 복잡하게 생각되는 변화에 방향성을 주는 제어발효라는 새로운 기술이 발전되고 있다. 이러한 기술의 발전에 의하여 유용한 물질이 보다 더 효율적으로 생성되게 되면 종전에는 보잘것없이 여겨지던 미양물질이 경제적인 가치를 가지고 각광을 받게 될 것이다. 발효공업은 여러 분야에 걸친 생화학반응의 공업적 이용이라는 폭넓은 응용면을 발전시키는 한편 인류의 식량자원을 공급하는 전대미문의 새로운 분야를 개척하게 될 것이다.

발효의 역사

발효라는 현상은 유사이래 인류에 의하여 인식되어 왔겠지만 그 명확한 인식의 시초에 관하여는 설이 구구하여 확실하지 않다. 그 옛날에 과일이나 음식물의 찌꺼기가 자연적으로 발효를 일으켜서 원시시대의 술이 되었으니라는 것은 상상할 수 있는 일이다.

이와 같이 아마 지구상의 생명 탄생과 더불어 발생하였으리라고 생각되는 긴 역사를 가진 발효현상도 그 본질이 밝혀지기 시작한 것은 최근 200년 안의 일이다. 영어로 발효를 뜻하는 fermentation이라는 말은 라틴어의 *fervere*로부터 생긴 것으로 생각되며 그 뜻은 “솟는다”라는 말이다. 아마 발효할 때 생기는 이산화탄소가 거품이 되어 솟아 오르는 것을 가리킨 것으로 생각된다. 포도주 또는 맥주의

발효과정에서 거품을 일면서 “솟아 오르는” 현상은 우리가 흔히 관찰할 수 있는 일이다. 이와 같이 동서를 막론하고 발효현상이 “솟아 오르는” 현상으로서 옛날부터 잘 알려져 있었고 또 그것을 이용하여 왔지만 이 현상의 본질은 오랫동안 신비한 것으로 여기고 있었다.

17세기에 네델란드의 Antonie van Leeuwenhoek(1632—1723)은 자기가 만든 현미경으로 미생물을 발견하였다. 그러나 미생물이 발효현상의 원인이 된다는 것은 아직 모르고 있었다. 이것을 밝힌 사람은 프랑스의 유명한 미생물학자인 Louis Pasteur(1822—1895)이었다. 그는 발효현상은 미생물체 내에서 일어나는 화학변화에 기인되는 현상이라는 것을 밝혀내었다. 그는 젖산발효, 포도당의 알코올발효, 포도주의 양조, 식초의 제조 등 그 당시에 이루어진 여러가지 현상을 하나하나씩 연구하였다. 그리고 이러한 여러 가지 다른 형태의 발효는 형태적으로 구별될 수 있는 특수한 미생물에 의하여 일어나는 것을 밝혔다.

그러나 Pasteur의 연구에 있어서는 오늘날 말하는 순수배양법을 이용하지 못하고 있었지만 그 후 얼마 안되어 Brefeld에 의한 곰팡이의 순수배양이 성공되고(1872년) Lister, Koch 등의 노력에 의하여 박테리아의 순수배양이 완성되었다(1881년). 같은 시기에 덴마크의 Hansen이 맥주효모의 순수배양법에 성공하였으며 1878년 Hansen의 회석법이라는 순수배양법의 원리를 정립하여 오늘날까지 이용하고 있다. 이러한 연구결과에 의하여 맥주공업에 있어서는 유해균의 오염을 막을 뿐아니라 우량한 맥주제조에 이용할 우량한 효모의 순수배양에 성공하였던 것이다. 그러므로 Pasteur, Koch, Hansen 들은 각각 프랑스, 독일, 덴마크

에 있어서의 그 당시의 미생물학에 있어서 거장일 뿐 아니라 현대의 발효공업을 발전시킨 공로자이기도 하다.

이러한 거장들의 배출에 의하여 발효현상의 본질이 밝혀졌고 미생물의 취급법도 크게 발전하였지만 발효의 본질을 화학적으로 취급하는 적당한 방법을 그 후의 다른 학자들에 의하여 연구되었다.

1897년 Buchner 형제는 효모의 추출액을 의학적 목적에 쓰기 위하여 그 추출액에 흥미를 가지고 있었는데 맥주효모를 오래로 갈아서 그 즙액을 짜내어서 이것을 부패되지 않게 하기 위하여 다량의 설탕을 가하였다. 그런데 뜻밖에도 효모추출액에서 발효가 일어나는 것을 관찰하였다. 이것이 생세포를 파괴한 무세포계에서 일어나는 발효의 최초의 예이다. 이 발견은 생세포의 파쇄물을 사용하여 여러 가지 생화학반응을 시험하는 연유가 되었다. 이것은 또한 반응을 촉매하고 있는 효소에 대한 개념을 발전시켰으며 곧 효소화학 탄생의 기회가 되었다.

위에서 말한 바와 같이 이러한 화학 반응들은 생물체 안에서의 반응을 무생물계로 바꾸어서 반응을 일으키는 것이며 발효 그 자체와는 별개의 것이다. 발효는 생명체가 일으키는 화학반응 또는 변화이다. 따라서 발효는 여러 가지 화학반응이 생명체 고유의 유전정보에 입각하여 복잡하고 정밀하게 조절되면서 일어나고 있는 동적인 일련의 화학반응의 집합인 것이다. 또한 이 발효생성물은 그 반응중간과정 또는 종결점에 있어서의 물질대사의 총체적인 결과로서 나타나는 물질을 말한다. 따라서 이러한 의미에 있어서는 Buchner의 무세포계의 발효를 흔히 말하는 발효라고 부르는

것은 적절하지 않다. 무생계에 있어서는 반응의 지속성을 볼 수 없다. 그 계에 함유되어 있는 보조효소 또는 에너지가 소비되면 즉시 반응은 정지하고 만다. 생명체의 경우는 에너지의 재생성계를 가지고 있기 때문에 반응은 원료가 다 이용될 때까지 계속적으로 일어나게 된다.

발효공업의 분야

미생물이 일으키는 화학변화를 이용하는 공업 즉 발효공업의 산업분야에서 차지하는 응용범위에는 어떠한 것들이 있을지 알아보자. 편의상 다음과 같은 10개의 분야로 구분할 수 있을 것이다.

- 1) 알코올제조 및 주류제조공업(포도주, 맥주, 위스키, 소주, 공업용 알코올 등)
- 2) 발효식품공업(간장, 빵제조용 발효, 치즈, 식초 등)
- 3) 항생물질 및 항암물질의 발효공업
- 4) 유기산발효공업
- 5) 아미노산발효공업
- 6) 효소생산공업
- 7) 생리활성물질의 생산공업
- 8) 핵산관련물질의 생산공업
- 9) 균체제조공업
- 10) 미생물의 응용분야(메탄발효 폐액처리, 공해방지, 유허제거, 채광등에 응용)

이들 중에서 1)항 및 2)항에 속하는 양조, 식품공업이라고 불리우는 발효가 역사적으로 가장 오래전 부터 발달되어 왔다. 이들 발효는 각각 국토 또는 풍속에 따라서 오랜 세월 동안 서서히 발달하였고 그 지방의 풍습에 정착되어 있기 때문에 그 역사를 찾아보면 인류 문화사의 일면을 연구하는 결과가 될 것이다. 이와 같이 오랜 역사를 가지고 있기 때문에 이 많은 기술을 측정하였기 때문인지도 모

르나 발효분야의 기술적인 진보에 대하여, 완강한 부정적인 태도를 가지는 경향도 없지 않았다. 우리 나라와 같은 경우에 있어서는 발효공업은 아직 초창기에 있다고 하면서도 맥주양조나 간장제조와 같은 분야에 있어서는 발효기술이 비교적 발전된 분야라고 생각한다

3)항에서 8)항까지의 분야는 세계대전 후에 세계적으로 발전을 본 발효의 새로운 분야이며 세계 여러 나라에서 이 분야에 많은 힘을 경주하고 있다. 우리 나라와 같이 자원이 충분치 못한 조건에 있는 나라에서는 적은 자원과 비용을 들이고 큰 수익을 볼 수 있는 분야라고 믿는다. 앞으로 발효공업의 경제성장을 이 분야에서 크게 기대할 수 있을 것으로 생각한다. 9)항의 균체제조는 석유미생물의 연구에서 시작되어 최근에 갑자기 사람들의 주목을 받은 분야이다. 석유의 원유 중에 들어 있는 파라핀 구분을 미생물에 동화시켜서 균체 단백질질을 얻고자 하는 목적이다. 이것은 프랑스와 영국에서 소규모적인 실험으로 시험하던 것이었는데 1970년 여름 연산 4,000톤의 실험공장을 세우기까지 되었다. 소위 말하는 "석유에서 단백질"을 만들자는 기도인데 이 분야는 우리 나라와 같이 원유를 고가로 구입하여야 하는 불리한 조건에서는 발전시키기 어려운 것이다.

가축의 사료용효모의 생산도 중요한 발효공업분야라고 생각된다. 어분이나 콩으로 만드는 것 보다 비용이 덜 들 것으로 생각되기 때문이다.

10)항의 분야는 미생물의 응용범위가 얼마나 넓은가 하는 것을 보여주는 재미있는 분야 이기는 하지만 현재로서는 기초연구의 단계에 있으며 그 공업화 또는 경제성은 미지수이다.

발효공업의 특징

발효공업이 다른 화학공업들에 대하여 이질적이라면 과연 어떤 점들인가에 대하여 필자의 견해를 들어 보겠다. 한마디로 말하여 발효공업이 생명체가 일으키는 화학반응을 이용한다는 것에 대하여 다른 공업은 무생명체의 반응을 이용하는 것이어서 여러 가지 특징들이 모두 이것에 귀결되는 것이다.

1) 반응은 생화학반응이고 보통 상온상압에서 진행된다. 그러므로 폭발의 위험성은 거의 없고 각종 설비는 다목적으로 사용가능하다.

2) 원료는 보통 당밀, 녹말 등과 같은 탄수화물이 주체이고 여기에 소량의 유기질소 또는 무기질소를 첨가한다. 원료는 독성물질을 함유하지 않는 한 정제할 필요없이 사용하며 미생물은 자기 선택적으로 소요되는 것을 섭취하여 대사한다. 가까운 장래에 탄화수소 또는 그 유도체를 원료로 사용할 수 있는 원료 혁명이 일어날 가능성도 있다.

3) 반응은 생체의 자기조절작용에 의하여 진행되므로 수십 가지의 반응공정을 마치 단일반응과 같이 쉽게 진행시킬 수 있다. 또 이러한 모든 반응이 발효조라는 단일 장치 안에서 진행된다.

4) 복잡한 고분자물질을 쉽게 생산할 수 있다. 효소의 생산 및 광학이성질체의 선택적인 생산은 발효공업의 가장 큰 특색이다.

5) 생체에 특유한 반응메카니즘에 의하여 복잡한 화합물의 어떤 특정한 자리를 선택적으로 산화 또는 환원시킬 수 있고 작용기를 특정한 자리에 결합시킬 수 있다.

6) 발효생성물을 만들어 내기 위하여 사용한 미생물균체 자체도 발효생산물이고 비타

민, 단백질, 효소 등을 풍부하게 포함하는 유용한 생산물이다. 그러므로 반응폐액도 특수한 경우를 제외하고는 생물체에 유해한 것이라고 생각할 수 없다.

7) 발효공업에 있어서 작업상 가장 주의하여야 할 것은 잡균 오염을 방지하는 문제이다. 장치의 세척, 살균, 공기의 거름 등 전공정을 무균상태 밑에서 운전하는 것이 대단히 중요하다. 이 점에 실패하면 중대한 손해를 초래하게 된다. 특히 비루스가 발효에 끼치는 피해는 대단히 크며 발효공업의 치명상으로 된다. 미생물의 품종개량에 의하여 같은 생산설비를 가지고 비약적인 생산성을 향상시킬 수 있다.

발효공업의 발전과 더불어 생산체계의 대규모화의 경향이 나타나기 시작하였다. 이것은 필연적으로 생물공학의 발전을 요구하게 되었다. 특히 공기의 거름에 있어서의 거름법의 효율에 관한 문제, 공기배출기의 설계, 효율이 좋은 교반기의 설계, 발효과정의 자동화 등등 공학적 요소들을 해결하는 것이 절실히 요구되고 있다.

앞으로의 전망

스트렙토마이신의 발견자인 Waksman은 21세기는 미생물공업시대가 되리라고 예언한 적이 있다. 오늘날의 발효공업의 높은 수준의 발전과 응용면에서의 광범위성으로 볼 때 그 예언은 맞아들어갈 것이라고 생각된다. 앞으로 미생물학의 발달과 더불어 발효공업은 중요한 산업으로 발전할 것으로 생각된다.

필자가 예상하는 발전방향을 몇 가지 국면에서 논의하여 보겠다.

첫째로 종래의 미생물산업을 확장하는 것이

다. 미생물의 생산물에 착안하여 이것을 보다 경제적으로 생산하는 기술개발이 시급히 요구된다. 새로운 미생물을 찾아내는 것 또는 배양의 자동화와 같은 순수생물학적 및 공학적인 발전이 기대된다. 또 미량물질의 분석법과 분리법을 향상시켜 이전에는 모르고 버리던 유용한 물질들을 발견하여야 할 것이다.

둘째로 효소산업의 발전 및 확대가 기대된다. 효소는 단백질이므로 일종의 고분자물질이다. 최근에는 그 정제법 및 정제기들이 많이 발달되어 있기 때문에 특수한 효소를 정제하기가 꽤 용이하게 되었다. 이러한 배경에서 효소의 대량생산에 박차를 가하게 되어 최근에 와서는 세척용 알칼리성 단백질분해효소를 연간 1만톤까지 생산하게 되었다. 그밖에 녹말가수분해효소, 지방질가수분해효소 등이 대량생산되고 있다.

효소의 생산에 있어서 앞으로 큰 중요성을 가지게 되리라고 생각되는 것은 의약품 효소의 생산이다. 이미 암의 효소치료법으로서 아스파린긴분해효소를 개발하여 큰 효과를 견우고 있다. 미생물에는 여러 가지 효소들이 함유되어 있기 때문에 개발의 여지가 많다고 생각한다.

셋째로 공해처리법으로서의 미생물의 응용이다. 도시폐수의 배터발효는 벌써 널리 이용되고 있는데 더 나아가서 농약의 약해제거, 석유의 유황제거 등 앞으로의 연구결과에 크게 기대한다.

넷째로 미생물균체 그 자체를 이용하는 방향인데 동물사료 뿐아니라 인간의 식량으로서의 이용 등 중요한 과제가 될 것이다.

발효공업은 우리 나라에서도 우리의 힘으로 충분히 개발할 수 있는 분야로서 노력을 경주하여야 할 분야이다.