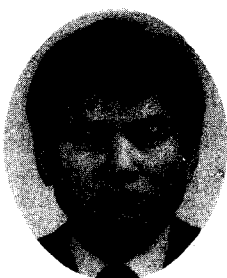


# 酒類工業 技術의 最近動向



曹 哉 銑

(경희대 식품가공과 교수·農博)

## ■ 目 次 ■

### 머리말

1. 주정원료의 이용현황
2. 원료의 전처리
3. 발효균주
4. 발효공정 개선
5. 각종 주류의 발효기술의 진보  
맺는말

## 머 리 말

有史 이전부터 전통적으로 만들어져온 각종 주류와 주정의 양조기술은 오랜기간을 거쳐 완성 단계에 접어든 듯 하였으나 최근의 석유파동 이후 대체에너지 개발의 일환으로 주정의 에너지화가 활발히 연구 되었다.

새로운 원료의 개발은 물론이고 전분질원료를 당화해야 하는데 새로운 전환기술, 전통적으로 사용되어온 효모대신에 세균을 이용하는 문제, 효모의 고정화에 의해서 연속식 배양가능성, 효모의 재회수 이용, 고농도 사입방법, 당화와 알콜발효를 동시에 함께 하는 등의 문제들이 연구 되었다. 이와같은 것을 계기로 응용하는 각종 주류의 품질개선에도 많은 연구가 이루어졌다.

### 1. 주정원료의 이용현황

주정 생산에 이용되는 원료는 당질과 전분질, 그리고 섬유질의 농산물 또는 그들의 가공부산물인바 기후, 농업의 형태, 그 나라의 주류행정 등에 영향을 받아 나라마다 각각 그 사정이 다르다.

미국의 경우 옥수수를 비롯한 곡류가 전체 알콜생산량의 85%를 차지하고 프랑스는 포도를 원료로 하는 포도주와 브랜드리를 대부분 생산하지만 사탕무우나 당밀도 사용된다. 서독은 전체 알콜의 52%를 발효에 의해서 생산하고 그 원료는 감자와 곡류가 거의 같은 양으로 가장 많고, 그 다음 과밀과 당밀이 쓰인다. 또 영국에서는 곡류, 일본에서는 당밀과 곡류, 그리고 고구마가 이용된다.

한편, 브라질의 경우 에너지 대체를 위해 거국적인 알콜생산계획을 세워 사탕수수과 사탕무우를 직접 이용하고 아르헨티나도 사탕무우로부터 주정을 직접 생산한 바 있다.

표 1. 世界 알콜 生産量 (79 / 80, kℓ)

	곡 류	과실류	당 밀	사탕무우	필 프 페 액	사탕수수	에틸렌	기 타	합 계
프 랑 스		230,000	60,000	153,000			127,000	20,000	590,000
서 독	52,000	25,000	24,000				144,000	56,000	301,000
영 국	333,000		17,000				184,000		534,000
그밖의 서구 소 련									659,000
그밖의 타동구									3,128,000
미 국	475,000	47,000	4,000		19,000		709,000	13,000	765,000
그밖의 북미									1,267,000
아 르헨티나			160,000						85,000
브 라 질			1,000,000			2,390,000			160,000
그밖의 남아메리카									3,390,000
필 리 핀			49,000						400,000
태 국			97,000						49,000
인 도 네 시 아			25,000						97,000
인 도			361,000						25,000
한 국	60,000		7,000						361,000
일 본	16,000		52,000					88,000	155,000
그밖의 아시아							83,000	254,000	405,000
호 주			95,000						26,000
									95,000

주정원료를 많이 쓰이는 당밀의 세계 생산량은 3,000만~3,500만톤으로 그중 20%가 주정원료로 쓰이고 나머지는 그밖의 발효 및 사료용으로 쓰인다. 가격은 국제설탕시장과 사탕무우의 작황 이외에도 사료곡물의 가격등에 영향을 받는다. 연료용으로 값싸게 주정을 생산하기 위해서는 사탕무우를 직접 사용하는 것이 경제적이다.

옥수수는 전세계 생산량 3억5천만톤중 미국에서 1억7천만~2억톤이 생산되며 주로 사료용으로 쓰이지만 식용으로도 일부 사용되고 발효용으로는 주로 증류주의 원료로 쓰이며 최근에는 에너지용으로 대량 사용한다. 미국에서는 옥수수로부터 주정을 생산하는데 가격, 안정공급, 부산물의 사료화등의 체계가 확립되어 경제적으로 관

리되고 있다.

고구마는 일본이나 우리나라에서 많이 이용되지만 가격면에서 불리하므로 감소추세에 있는 반면 아열대 지방에서 생산되는 카사바는 세계 생산량이 약1억톤이고 재배기술을 개선한다면 증산이 쉬워서 앞으로 유리한 원료가 될 수 있다.

섬유질 자원은 아주 풍부할 뿐만 아니라 폐기물의 처리라는 관점에서도 하루 빨리 활용할 수 있는 기술이 개발되어야 하겠다. 섬유질은 당화를 효과적으로 해야 하는 문제 이외에도 수집이나 수송등의 경제성도 문제이다. 목재당화에 의한 알콜생산은 제2차 세계대전 중 유럽의 일부에서 시도되었지만 그의 에너지 효율이 상당히 낮았다.

이들 원료들이 갖추어야 할 조건은 값이 싸야

한다. 알콜 생산비의 60~70%는 원료비가 차지하고 있으므로 원료의 단가와 이용효율이 경제성 평가에 중요하다. 다음 품질이 일정해야 하는데 원래 biomass는 재배·수확의 계절변동에 따라 품질이 달라지고 저장성이 문제된다. 당질 원료는 전처리의 필요성이 적지만 전분질 원료의 경우는 세척·분쇄후 증자 당화가 필요하고 섬유소의 경우 원료의 전처리가 문제여서 현재의 사정으로는 이용이 어렵다. 그밖에 부산물이 효과적으로 이용되어야 한다. 알콜발효에서는 탄수화물만 소비되어 균체와 탄산가스가 생성되며 아직도 이용되지 않은 단백질, 회분, 조섬유 및 gum질이 남는다. 탄산가스를 제외하고 이들은 증류폐액에 들어가므로 이들의 활용이 경제성에 영향을 준다.

**2. 원료의 전처리**

곡류를 비롯한 전분질 원료는 발효에 앞서 140~180℃의 높은 온도로 증자하는 것이 수율증진에 필수적이다. 고온증자는 전분의 액화 및 당화효율의 증진과 유해미생물의 살균등 발효성을 증진시키기는 하지만 고온과 고압에 견디는 값비싼 설비가 필요하고 고농도의 사업을 하는 경우 발효덧의 점도를 높여 원활한 발효가 되지 못하는 결점이 있다. 생산비를 줄이기 위해서는 저온증자법이나 아예 증자하지 않고 당화와 주정발효를 해야 한다.

그래서 저온증자와 고온증자의 경우 물성과 발효효율을 조사한 바 있다. 즉 각종 곡류 분쇄물을 물에 현탁시켜 가온하면서 점도상승 양상을 살펴본 결과 라이맥이나 참쌀은 점도상승이 크지 않았으나 기타 곡류는 85~95℃의 가열과정에서 점도가 높았다. 만일 점도가 급상승하는 온도보다 약간 낮게 가열하여 사입이 가능하다면 고농도 사입이 가능하고 연료비도 줄일 수 있다.

한편, 옥수수 분쇄물을 원료로 하여 고온증자와 저온증자시 발효성적을 조사한 결과는 표2에서 보는바와 같이 큰 차이가 없다.

**表2. 증자온도가 발효성에 미치는 영향**

증자온도(℃)	최 종 pH	최종산도(ml)	발효효율(%)
50	4.1	4.0	82.0
60	4.5	3.5	83.9
70	4.7	2.4	84.8
75	4.8	2.3	85.3
80	4.7	2.3	85.5
120	4.7	2.3	85.1

※ 10ml의 여액을 중화하는데 필요한 N / 10 NaOHml

그림1은 옥수수를 원료로 한 저온 증자법의 공정도로서 옥수수를 840nm로 분쇄한 것을 액화효소제를 함유한 현탁액으로 하여 예열기에서 약 70℃로 5~10분 교반하면서 가열후 80℃로 온도를 올려 약5분간 유지한 다음 냉각도중에 당화효소를 첨가하여 약28℃로 냉각하여 발효탱크에 투입한다.

종래의 고온증자시는 냉각과정에서 발효덧의 점도가 급상승하는 것을 피하기 위해서 냉각도중에 다시 액화효소를 첨가하였으나 저온증자시에는 증자전에 첨가한 액화효소가 거의 실활되지 않고 증자·냉각 및 발효의 전 공정에 걸쳐 작용한다.

**표3. 공장규모에서 저온과 고온증자 처리한 원료의 발효효율 비교**

	H. T. C <sup>a</sup>	L. T. C <sup>b</sup>
pH	4.4	4.6
총산(ml)	3.0	2.8
알콜함량(%)	10.8	11.0
잔류총당(%)	1.08	1.11
발효효율(%)	88.0	87.5

a. 고온증자(140℃)      b. 저온증자( 80℃)

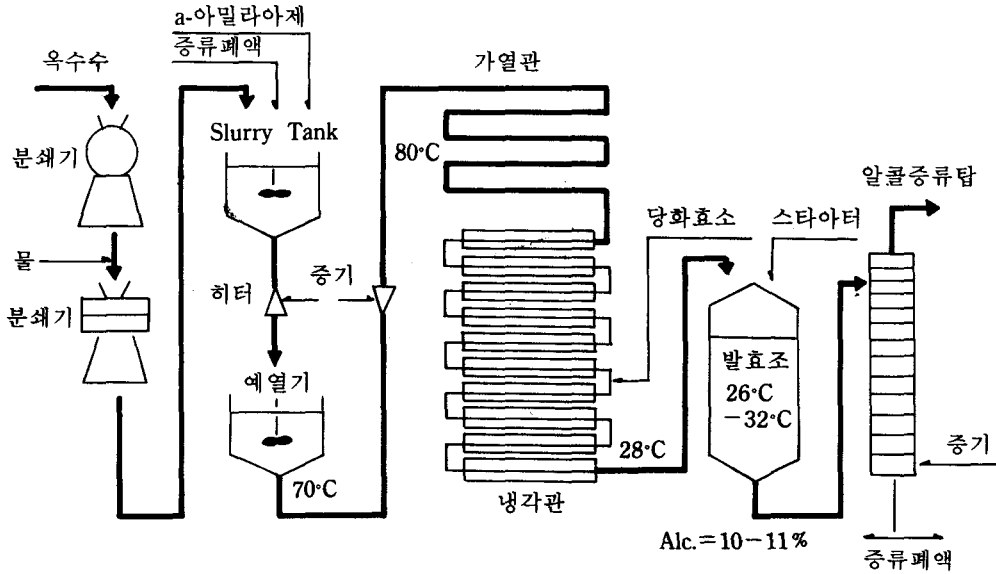


그림1. 옥수수를 원료로한 저온증자법으로 알콜을 생산하는 공정도

술덧 용량 240kl/day의 공장규모 생산시험 결과 수율은 87~88%, pH는 4.5~4.7로서 양호하였으며 고온증자한 원료와 비교한 것은 표3에서 보는바와 같이 pH와 총산은 차이가 없고 80°C로 증자시에도 잡균이 오염되지 않았으며 발효수율은 저온이 87.5%, 고온이 88%로 거의 비슷하였다. 반면에 연료비는 40% 가량 절약되고 고온 고압의 설비나 특수한 당화 효소제가 필요없어 유리하다고 하였다.

한편 전분질 원료를 증자하지 않고 직접 당화하여 발효하는 無蒸煮 발효법의 연구도 석유파동 이후 활발하게 연구되었는바 각종효소제의 직

접당화능은 표4와 같다.

몇가지 중 *Rhizopus* 기원의 효소제를 사용한 경우가 생성알콜 14.3%(v/v) 발효수율을 87.8%로 가장 좋았다.

공업화할 때 무증자 발효법의 사립조건은 *Rhizopus* 당화효소제를 주정발효속도와 비슷하게 당화할 수 있는 양을 첨가하고 효소는 발효초기부터 최대효소가 되도록 첨가하였던 바 잡균이 오염되지 않고 발효가 순조로웠다고 한다.

그래서 1981년에 120kl/day 규모로 무증자 발효법을 공업화하였다. 그림2는 240kl/day 규모의 무증자 당화 공정도 이다. 즉 옥수수를 건식 분

표 4. 각종 효소의 직접당화능 비교

효소의 종류	첨 가 량	최 중			발효효율
		pH	T. A.** (ml)	Alc (%)	
<i>Rhizopus</i> sp	4.0	4.83	3.0	14.3	87.8
<i>Aspergillus</i> sp	4.2	4.78	3.2	12.5	76.7
<i>Bacillus</i> sp	5.3	4.27	6.2	9.8	61.4
<i>Endomycopsis</i> sp	3.9	4.25	5.7	8.6	51.4

\* : 당화력단위 (JIS K7001에 의한 측정단위 /g 옥수수)

\*\* : 총산

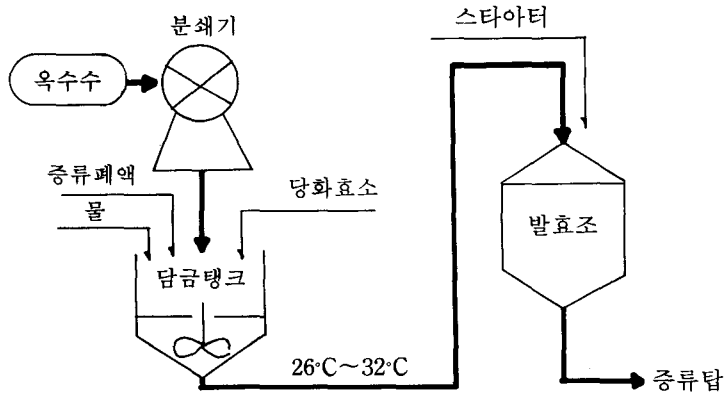


그림2. 무증자 당화 공정도 (분쇄기 6t/hr, 담금탱크 5kl 발효조 140kl)

쇄후 물과 효소제를 첨가하여 교반하면서 당화시킨다. 이것을 미리 주모를 넣은 탱크에 투입하여 26°C~32°C에서 96시간 발효시킨다.

그림3은 공업규모로 시험한 무증자 발효덧증 알콜생성, 유리당 효모 및 세균수의 경시적 변화를 표시한 것이다. 즉, 발효 24시간 후에 생성된 알콜은 약 8 v/v%, 48시간 후에는 90%에 상당하는 12.9 v/v%였다. 유리당은 발효초기 1.4%였

생전분에서 유리되는 glucose가 즉시 효모에 의해서 알콜로 전환되는 것을 의미한다. 효모수는 발효개시후 약 10시간에 최고치에 달했고 그후에도 거의 이 수준을 유지하여 발효가 순조로웠다. 세균수는 발효 개시후 10<sup>8</sup> cells/ml였지만 24시간까지 증가하여 10<sup>7</sup>에 달했다가 그 이후에는 다시 감소하여 발효종료시에는 10<sup>5</sup>이었다. 이러한 경향은 발효 24시간에서 이미 8% (v/v)의 알콜이 존재하고 특히 세균의 증식에 필요한 유리당이 거의 존재하지 않기 때문인 것으로 생각된다.

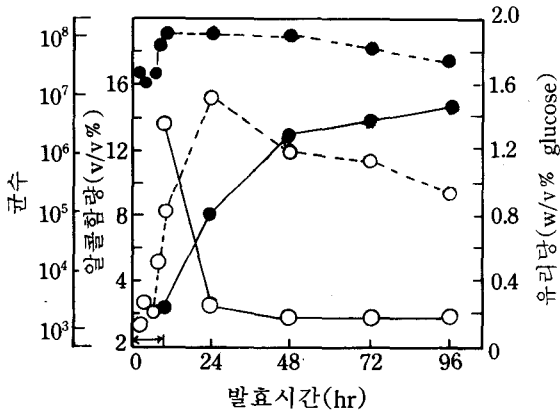


그림 3. 무증자 당화 발효중 알콜과 환원당 함량 및 균수의 변화

- 알콜      ○...○ 세균
- ...● 효모      ○—○ 유리당
- 알콜      ○...○ 세균
- ...● 효모      ○—○ 유리당
- 발효조 충전시간

으나 그후 급격히 감소하여 24시간 후에는 0.2%로 되고 그 이후에도 같은 수준이었다. 이것은

### 3. 발효균주

Biomass를 알콜로 전환하는 미생물은 일반적으로 효소이지만 표5에서 보는바와 같이 몇몇 세균도 알콜을 생성하는 것이 밝혀졌다. 그중 *Saccharomyces*속 효모가 당으로 부터 알콜을 생성하는 전환율이 높고 고농도의 당과 알콜에 대해서 내성이 있어서 10%이상 고농도의 에타놀을 축적하며 따라서 공업적으로 쓰인다. 이균주의 배양최적 pH 4.5, 최적온도는 30~35°C이다. 이밖에 *Schizosaccaromyces*속이나 *Kluyveromyces*속 균도 생산성이 높은 효모로 알려져 있다. 그러나 효모는 資化하는 당의 종류가 한정되고 40°C이상의 고온에서는 알콜을 거의 생산하지 않는다. 따라서 최근 세포융합에 의한 고온효모의 육종 개량에 관해서 활발히 연구되고 있다.

한편 세균중에서는 멕시코 토속주 생산균인 *Zymomonas*속균이 대표적이며 단위세포수에 대한 발효속도는 효모보다 빠르고 온도 내성도 커서 유리하다. 그러나 효모에 비하여 알콜내성이 떨어지고 부산물인 levan과 초산이 많으며 배양안정성에도 어려운 점이 있는듯 하다. 이들의 문제점을 해결하기 위해서 이미 균주육종이 시도되고 있다.

표 5. 알콜발효성 미생물

菌 株	資 化 性 糖 類	최적생육 온도(°C)	에타놀 생성량*(mol)
Saccharomyces속 및 Schizosaccharomyces	6 탄당, 5 탄당	30~38	1.9
<i>Zymomonas mobilis</i>	6 탄당	30~50	1.9
<i>Clostridium thermo- serum</i>	6 탄당, 5 탄당, 세루로오스 에미세루로오스	60~65	0.7
<i>Clostridium thermo- sulfuricum</i>	6 탄당, 5 탄당	60~68	0.5~1.6
<i>Thermoanaerobacter ethanolicum</i>	6 탄당, 5 탄당, 세루로오스 천분	65~70	1.8

\* Glucose 1 mol로부터 생성되는 에타놀량.

그밖의 세균중 호혈성, 혐기성 세균의 연구가 활발하다. 이들은 60°C이상의 고온에서 알콜을 생산하는 것으로 발효조에서 직접 에타놀을 회

수하고 또 냉각장치도 필요치 않은 이점이 있으나 현재로서는 축적 알콜농도가 대략2%로 효모등에 당하지 못하는 것이 문제이다.

이상 알콜 생산균으로 세균의 고온발효나 biomass(전분질이나 섬유질)로부터 직접 발효가능성에 매력이 있으나 당분간은 효모를 중심으로 이용될 것이다.

미생물을 고정화하여 발효에 이용하는 것은 고농도 균체 이용이 가능하고 연속 배양이 가능하며 균체를 장기간 사용할 수 있고 반응후 생성물의 분리, 효모의 회수등이 용이하여 유리하다.

미생물의 고정화는 다공성 유리, 실리카겔, ce-lite등의 담체에 휴착하는 방법등이 있지만 일반적으로 包括법이 많이 쓰인다. 고분자 겔을 담체로 하는 포괄고정화법에서는 대상으로 하는 반응계에 따라서 담체의 종류도 다양하지만 통상 에타놀 발효에서는 K-카라기란, cellulose, 한천, calcium alginate등의 다당류, Collagen등의 단백질 및 polyvinyl alcohol, polyacrylamide, 광경화성 수지등의 합성고분자 물질들이 쓰인다.

그림3은 효모균체를 光硬化性 수지에 포괄 고정화한 *Saccharomyces* 속계 효모의 模式圖이다.

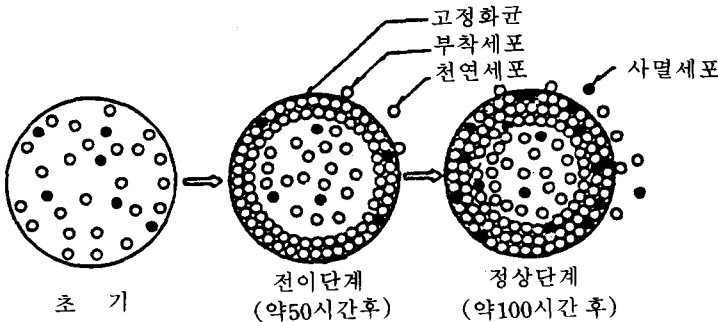


그림3. 고정화 효모세포 행동에 대한 모형도.

즉, 고정화 초기의 효모는 배양초기에 고분자겔 내에서 증식하여 거의 50~100시간 후에는 일정한 효모농도(100~200dry cell/l · resin), 소위

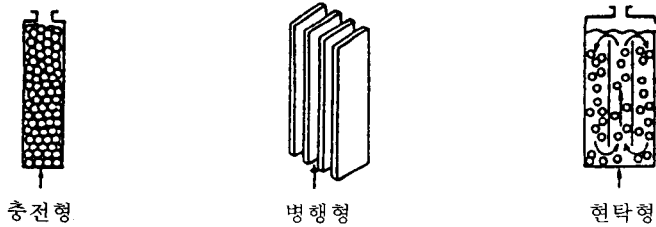
고정화 증식효모로 되어 에타놀의 정상적인 생산활성을 갖는다. 고정된 효모의 일부는 밖으로 나가고 외부에서 증식된 효모가 내부로 들어가

결국 일정한 농도로 유지된다.

일반적인 촉매반응 또는 효소반응을 고체 擔體에 고정한 경우와 마찬가지로 고정화 효모를 사용한 bioreactor의 설계도 擔體에 고정화된 효모를 100% 유효하게 하기 위해서도 기질인 당액이나 생성된 에타놀, 탄산가스의 담체내 확산을 고려한 소위 촉매유효계수(catalyst effectiveness factor)의 개념을 써서 reactor의 형태를 결정한다.

담체가 소정의 두께 이상에서는 고정화담체내의 효모가 작용하지 못할 뿐만 아니라 기질당액 및 영양원의 공급부족 때문에 증식활성도 저하되어 결국 사멸한다. 반응기의 형식을 선정함에 있어서 단위시간, 단위발효조당 에타놀 생산량,

즉 반응용적 효율의 형상 및 장기안전 운전달성의 관점에서 검토되어야 한다. 특히 원료당액에 다량의 현탁고형물이 공존하고 있는 당밀등을 사용하는 경우에는 이들 고정화 효모 표면의 부착, 막히는 것에 대한 문제, 부생하는 탄산가스의 系外배출이 양호한 형태를 선정해야 한다. 이들을 감안하여 3단 상하 원추형 bioreactor 혹은 球狀 담체를 사용한 일종의 유동상방식 bioreactor를 고안한 바 있다. 각종 형식의 반응기에 대해서 용적효율의 지배인자가 되는 고정화 효모의 충전율·조작성을 지배하는 탄산가스 및 sludge 배제성, 유량변동에 대한 안정성 등을 검토한 결과는 그림4와 같다. 즉 병행형이 우수하다.



반응기의 종류	Packed bed	Parallel flow	Suspended bed
고정화균의 충전율	< 50%	10~70%	10~30%
배출가능한 CO <sup>2</sup>	곤 난	용 이	용 이
슬러지 배제성	축 적	쉽게제거	쉽게제거

그림4. 각종 발효장치의 비교

효모의 고정화용 담체를 선정함에 있어서 효모용액과 소재의 분산성이 양호하여 이들이 균일하게 혼합되고 고정화된 효모의 에타놀발효특성이 양호하며 특히 장기간에 걸쳐서 쓸수 있도록 기계적 강도를 가져야 한다. 각종 재료를 시험한 결과 Polyethylene glycol系 화합물인 광경화성 수지가 좋았다고 한다.

에타놀 발효능이 있는 *Saccharomyces*속 효모와 전술한 Prepolymer를 혼합하여 300~400nm 파

장의 저압수은등을 2~3분간 쬐이면 고정화가 완료된다. 표6은 이렇게 고정화된 효모의 특성을 나타낸 것으로서 친수성 겔인 일련의 ENT수지(광경화성 수지의 총칭으로 포괄고정화, entrapment)는 소재에 따라 3차원구조의 matrix의 크기가 달라서 흡수율, 기계적 강도 및 에타놀 발효특성도 각각 다르다. 본 반응계에서 에타놀 발효특성이 우수한 ENTC-3800은 Polyethylene glycol 65%, Polypropylene glycol 35%이고 그의

평균 사슬 길이는 약 310 Å이다. 현재 상용되는 Polyacrylamide, Carrageenan 등에 비해서 압축강

도가 30~50배 크고 공업 장치에서도 충분히 실용조건에 견딜 수 있다.

표6. 광경화성 수지로 고정화한 효모의 성질

광 경 화 성 수 지			흡수도 (%)	인장강도 (kg / cm <sup>2</sup> )	압축강도 (kg / cm <sup>2</sup> )	상대적인 발효성 (-)
	사슬길이 (Å)	Polyethylene-glycol 합량				
ENT-1000	100	60	130	15	54	1.0
ENT-2000	200	75	305	10	28	1.8
ENT-3400	340	82	540	6	28	0.9
ENTG-2000	200	58	240	10	28	2.3
ENTG-3800	310	65	350	7	34	3.5
Polyacrylamide					0.85	
$\alpha$ -Carrageenan					0.91	

한편 액투과형 reactor는 가압하에 안정하며 배지는 통과하면서 높은 균체밀도를 유지하는 것이 필요하다. 나일론 섬유등 각종 재료를 가지고 시험한 결과 나일론 섬유, glass wool등은 극히 낮은 조작압력으로 안정된 투과를 하고 발효종료후의 효모균체 농도는 각각  $6 \times 10^8$ ,  $8 \times 10^8$ , 및  $4.2 \times 10^9$  cells/ml · bed였고 carrageenan, locust bean은 800mmHg의 압력을 요하며 광경화성 수지는 액투과형 담체로는 부적당하였다.

액체투과정 고정화균체 Process에서는 가압조건하에서도 장기간 안정해야 하므로 균체 보지성과 발효능을 고려하여 Carrageenan, locust bean, celite 혼합계에 대해서 실용성을 고려하여

시험한 결과 Carrageenan은 겔강도를 증가시키지만 균체고정화 단계에서 높은 온도를 요구하는 것이 문제이다.

#### 4. 발효공정 개선

현재 주정공업은 회분배양법이 널리 채용되고 있다. 그 특징은 배지가 최초부터 발효조에 투입되고 생산균을 접종후 배양경과에 따라 배지 성분이 감소하여 균체의 증식에 따라 알콜생산이 진행된다. 즉, 균체주변의 환경이 시간적으로 변화하는 조작법이다. 이 배양법은 대형 발효조를 필요로 하는것에 비해서는 제어공정에 부대설비가 적어도 되고 배양중 다른 미생물의 오염을

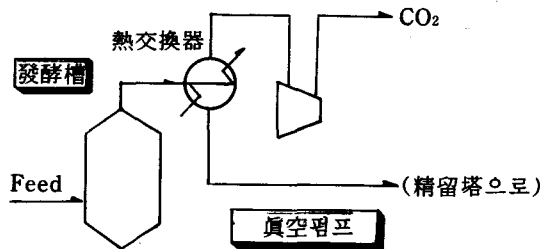


그림5. 감압발효



피하는데는 유리하지만 생산성을 향상시키는 것은 어렵다.

근래 발효공정 개선이 여러 각도에서 검토되고 있는바 이들을 소개하면 다음과 같다.

1) 생성물에 의한 저해를 줄이는 방법

주정발효는 균체의 증식에 따라 생성물인 에타놀이 축적되어 균의 증식과 반응을 억제한다. 따라서 생성되는 에타놀을 배양액중에서 제거하여 그 농도를 낮추면 반응속도가 높아질 것이다.

1977년 코넬대학의 Finn교수가 제안한 감압발효는 그림5에서 보는 바와 같이 배양액중에 생성되는 에타놀을 감압조작에 의해서 증발시키고 발효조밖으로 연속적으로 배출하는 방법이다. 이렇게 하므로써 생산성이 향상되고 또 고농도 주정액을 회수할 수 있는 잇점이 있다. 그러나 대량 발생하는 탄산가스의 처리, 산소부족에 의한 발효균의 사멸, 그리고 진공상태로 하는데 요구되는 비용등이 해결되어야 할 문제이다.

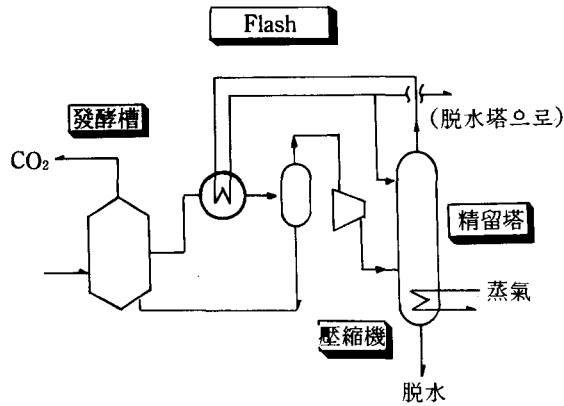


그림6. Flash 발효

그후 감압발효원리를 바탕으로 한 에너지 절약형으로 개량한 “Flash” 발효법이 검토되고 있다.(그림6), 즉 발효조에서 배양액의 일부를 퍼내고 감압조작으로 에타놀을 증발시킨 다음 떠낸 배양액을 다시 돌려 보내는 방법이다. 따라서

균체에의 영향과 감압에 요하는 비용이 단순한 감압보다 경감된다.

알과라발사가 개발한 Biostil법(그림7)은 발효덧의 일부를 연속적으로 제거하여 원심분리하고 효모는 발효조로 보내며 남은 맑은 발효덧은 증

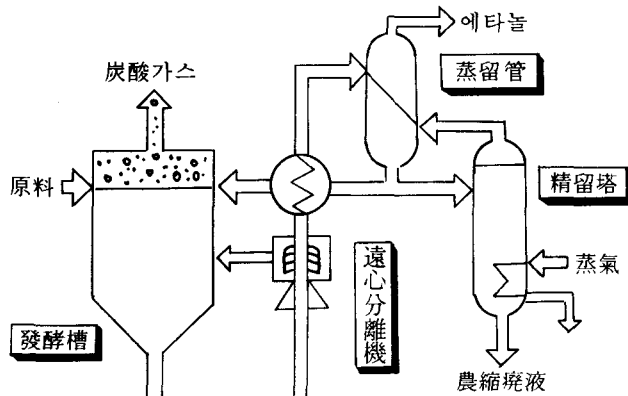


그림7. Biostil 법

발기에서 에타놀을 증발시킨다. 이 증발잔액의 일부는 원료액과 함께 발효조에 되돌려 보내서 연속발효를 행하는 방법이다.

현재 호주의 CSR사에서는 발효용적 45kl 규모의 전시용 공장이 주정 생산능력 12kl/day 규모로 가동중이다. 이 방법은 종래의 방법에 비해서 원료사입농도를 높일 수 있고 시설비의 절감을 기할 수 있다.

이러한 감압발효법은 원료사입 농도를 높일 수 있고 발효 속도를 증대시키므로 설비가 적게되어 감압에 소요되는 비용을 보상할 수 있다. 이 방법은 발효액중에 증발이 어려운 연료나 유기산 등이 축전되기 때문에 발효효모는 내염성이 커야 한다. 원료 사입농도의 한계는 염함량에 지배된다. 예를 들면 당밀을 원료로 하는 경우는 종래 방법에 비해서 3배이지만 사탕수수 착즙의 경우는 20~30배까지 높일 수 있으므로 앞으로 이 방법을 이용하기 위해서는 고온에 견디는 것 이외에도 내염성이 강화된 균주의 육종이 요망된다.

2) 균체 농도를 높이는 방법

주정발효는 혐기 조건하에서 행하기 때문에 균체농도는 극히 낮아서 발효가 더디다. 한번 발효가 끝난 효모를 재이용하는 방법으로서는 me-

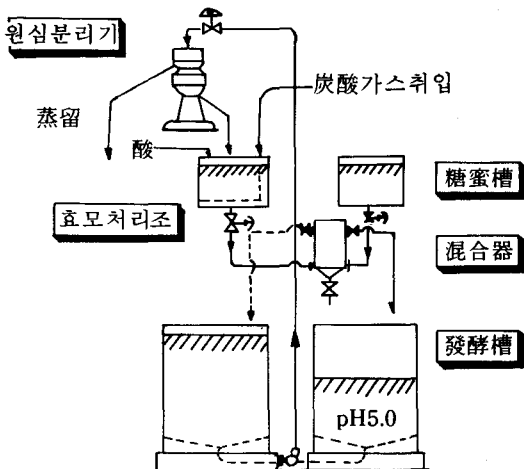


그림8. 효모를 재이용하는 melle-Boinet법

lle-Boinet법이 (그림8) 있는바 현재 브라질의 주정공장에서 많이 채용하고 있다. 원심분리된 효모를 써서 초기부터 재래의 회분배양보다 수배의 균체농도를 발효하기 때문에 8~15시간에 반응이 완료된다. 효모는 배양시 마다 산처리(pH 2.5~2.8, 6시간)되어 반년 정도는 계속해서 사용할 수 있다. 그러나 대형의 集菌장치의 설비 투자와 운전관리가 번잡한 것이 단점이다.

원심분리법 이외에 응집성 효모의 침강성을 이용하거나 막에 의한 여과방식으로 균을 모으기도 한다. 전자는 직경의 수배에 달하는 높이를 갖는 원탑형 발효조(그림9)에 응집성 효모를 사용하여 탑끝에서 유출하는 효모양을 적재하여 고농도의 효모를 탱크내에 고정하는 연속발효법이다. 원효를 glucose로 하는 경우 3개월이상 운전이 가능하지만 sludge가 많은 당밀 배지에서는 문제가 된다.

후자의 경우는 균체보다 孔徑이 작은 cellulose acetate막(0.2~0.6 $\mu$ m)에 발효덧중의 균체를 여과하여 재순환하므로써 생산성을 향상시키는 방법이다.

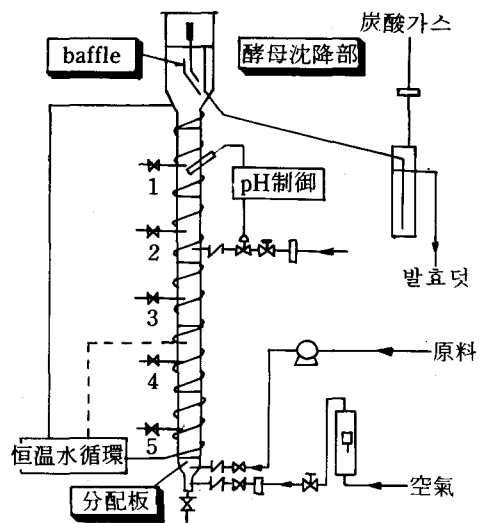


그림9. 효모침강성탑형 발효권

## 5. 각종 주류의 발효기술의 진보

### 1) 포도주

근래에 세계적으로 신선하고 과실향이 풍부한 백포도주의 수요가 늘고 이에 대응하기 위해서 과즙의 청정에 의한 주질의 개량, 저온 발효 및 발효온도의 조절, 삽입방법의 개량 등 기술개발이 이루어지고 있다.

과즙을 청정화시키므로써 발효속도를 억제함과 동시에 향미에 나쁜 영향을 주는 물질을 고형물에서 제거할 수 있어 과실향이 나는 백포도주를 만들 수 있다.

발효속도를 억제하는 방법으로써 과즙의 청정화 이외에 저온 발효법이 검토되고 여기에 적합한 효모가 선발되었다. 또 온도관리를 간편하게 하기 위해서 탱크를 개선하였다. 즉 옛날부터 사용해온 목통을 금속으로 바꾸고 횡형으로 부터 종형으로 바꾸어 가고 있다. 이와 같은 것을 위해서는 특히 발효분야에서는 우량 미생물의 이용, 연속발효, SO<sub>2</sub>절감등이 주요과제이다.

먼저 균주선발에서 Killer 효모를 이용하므로써 살균하지 않고 포도 과실 덩에서도 순수배양이 가능하고 야생효모의 번식에 의한 발효불순 내지는 품질의 저하를 막는다. 또 SO<sub>2</sub>가 적은 포도주에서도 産膜, 재발효를 방지하여 SO<sub>2</sub>절감에 효과적이다.

최근에는 Protoplast의 융합기술이 Killer 효모 육종에도 이용되어 Killer 효모와 産膜 효모간의 세포융합에 의한 새로운 효모를 얻었다고 한다.

발효종료후의 새로운 술에 어떤 젖산균을 번식시켜 포도주중의 말산이 젖산과 탄산가스로 변화하는 반응, 즉 Malolactic 발효(MLF)는 적포도주나 비교적 산도가 높은 포도주의 경우 산도와 향미 개선에 중요하다. 한편 산도가 낮은 포도주나 독일포도주 등에서는 MLF는 품질을 저하시키는 요인의 하나로서 MLF의 발생을 억제하기 위해서 인위적으로 조절할 필요가 있다. 포도주

저장중에 젖산균의 생육은 SO<sub>2</sub>, pH, 온도, 알콜 등의 영향등을 받기 쉽고 그의 조절이 곤란하다.

젖산균대신 말산을 분해하는 *Schizosaccharomyces Pombe*를 사용하면 풍미를 개선할 수 있다고 한다.

1960년대부터 연구가 시작된 포도주의 연속발효는 발포주 및 적포도주의 대량생산을 위해 검토되어 현재 450kl에 달하는 대규모의 적포도주용 연속발효 탱크가 가동되기에 이르렀다. 연속발효에 의해서 발효조의 축소, 주모 배양의 생략, 산화방지등의 효과가 있고 반대로 발효기간이 장기화하므로써 생성되는 잡균 오염의 위험성과 1년 내내 과즙의 공급과 저장설비가 요구되는 것이 문제점이다.

현재 적포도주는 주로 수확기에만 가동하지만 각종 연속발효탱크가 개발되어 있다. 그밖에 포도과피의 자동제거 및 발효탱크 내의 덩의 자동순환에 대해서 연구되고 있다.

한편 소련을 중심으로 CO<sub>2</sub>가압하에 발포주의 연속발효에 관한 연구가 실시되어 발효탱크의 설계, 다단발효의 최적단수의 결정, 연속발효의 제어방법과 그들에 적합한 효모선택에 대해서 연구되고 있다.

포도주 양조에서는 포도착즙 및 산화방지와 잡균생육방지를 위해서 SO<sub>2</sub>가 옛날부터 사용되어 왔지만 근년 세계적으로 SO<sub>2</sub>의 사용량을 절감하는 추세에 있다. SO<sub>2</sub>절감에 관한 연구는 과즙의 전처리 조건, 삽입방법의 개량에 의한 새로운 제조방법이 검토되어 왔다. 그중에서 SO<sub>2</sub>를 전혀 첨가하지 않은 포도착즙으로 만든 포도주에서도 SO<sub>2</sub>가 검출되어 효모에 의한 SO<sub>2</sub>생성의 연구가 활발히 진행되었다. 효모에 의한 SO<sub>2</sub> 생성능은 균주의 특유한 성질이고 또 SO<sub>2</sub> 생성기구에 관한 연구보다 효모의 SO<sub>2</sub> 생성억제 인자로서 비타민의 일종인 thiamin이 유효한 것이 보고되었다.

### 2) 맥아 위스키

맥아 위스키는 지금도 전통적인 방법을 답습하고 있고 기술혁신으로 소개할 만한 것은 거의 없고 발효공정에서 탱크의 대형화의 재질을 나무에서 금속으로 교체한 것에 불과하다. 이것은 오랜동안 경험에 의해서 이미 종래 형태의 제조방법이 확립되어 있기 때문이다. 또한 맥아 위스키의 발효에서는 효소작용에 의한 덱스트린의 분해와 복잡한 미생물상에 의한 발효가 동시에 일어나기 때문이다. 즉, 맥주와 같이 맥아를 원료로 함에도 불구하고 맥주의 煮沸공정을 거치지 않으므로 효소활성과 함께 어떤 박테리아도 작용한다. 따라서 발효중에도 일부의 당화가 진행되고 미생물상도 변화한다. 이 점이 효모의 순수배양체인 맥주제조와의 결정적 차이점이고 특히 맥아 위스키의 향미형성의 특색이다.

이와같이 맥아위스키는 복잡한 발효계이고 현재의 제조방법의 완성도가 높은 점등이 새로운 발효 system의 도입을 하지 않는 이유이다. 따라서 당분간은 현상태가 유지될 것으로 생각된다.

## 맺 는 말

최근 과학기술의 진보는 주류공업에도 예외는

아니다. 기업체는 물론 제품간에도 경쟁이 치열한 오늘날 품질향상과 동시에 경제성을 추구하는 과제를 해결하기 위한 기술개발이 점점 중요하게 되었다. 이상 몇가지 주류와 주정에 대하여 최근의 연구 동향을 살펴 본바와 같이 그 형태는 다르지만 공통적인 목표는 설비의 대형화와 생산효율의 향상에 의한 설비투자비의 경감, 에너지 절약 및 품질개선 등이다.

양조공업은 Biotechnology의 적용분야이며 유용미생물의 육종이나 연속발효기술의 개발에 이용이 되지만 기호품이라는 주류의 특성을 고려할 때 양조방법의 혁신은 쉽게 이루어 질 수 없다고 생각한다.

우리나라의 대중주인 소주는 희석식이기 때문에 제조공정의 개선보다도 풍미조절과 포장개선은 극히 제한된 것에 불과하다. 앞으로 양조식 소주가 이용된다면 많은 개선점이 대두되리라 믿는다.

또한 주정의 음료로서의 소비가 한정되므로 주정공업을 보다 활성화하기 위해서는 에너지로 이용하는 방법을 모색해야 할 것이다.