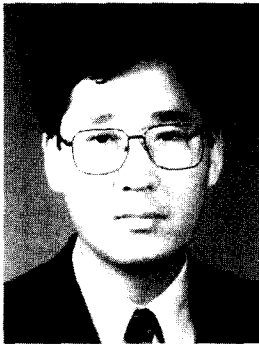


New Millenium 시대의 알콜 생산 기술개발 동향



남 기 두

(일산실업(주) 부산주정공장 생산이사)

I. 序言

International short-course alcohol school을 주관하고 있는 Alltech 社는 1980년에 설립되어 주로 사료 첨가제와 양조산업에 관련된 제품의 생산판매와 서비스 (양조학위 과정, 양조 미생물학, 양조 및 증류주의 관능평가, 품질관리, 화학공학, 정보시스템관리, 향취개발, 위생관리, 제조실습, 고객연수 등) 를 제공하고 있는데 전세계 10여 개국에 생산설비를 갖추고 800여 명의 직원이 근무하고 있는 다국적 기업체이다. 현재 미국, 캐나다, 아일랜드, 중국에 자체 연구소 (Bioscience centers)를 운영하며 100여 명의 학생들이 양조산업에 관련된 석, 박사학위 (Heriot-Watt University로부터 받음) 취득을 위하여 생산 및 연구 현장에서 운영하는 Intern 제도에 직접 참여하여 여러 가지 실질적인 연구 프로젝트를 수행하고 있었다. 본 내용은 2000년 10월 미국 Kentucky 州의 Lexington에서 개최되었던 국제단기알콜스쿨 과정에서 수강한 내용 중 일부를 정리한 것이다.

II. 세계의 알콜생산 현황

알콜산업은 지난 수년 동안 엄청난 성장 경험을 했는데 미국의 경우, 연간 알콜 생산량이 1.6 billion gal (6,056백만 L)에 달해 1998년에

■ 目 次 ■

- I. 序言
- II. 세계의 알콜생산 현황
- III. 알콜발효 신기술
 - 1. 발효공정의 운전 Parameters 요약
 - 2. 효모와 알콜발효
 - 3. 23% ethanol 발효
 - 4. 발효 system
 - 5. Ethanol 회수
 - 6. 알콜산업의 미래
 - 7. Labrot & Graham Distillery 견학
- IV. 맺음말

수확한 옥수수 10억 bushels의 5% 이상이 알콜로 전환된 셈이다. 이는 125 billion gal의 gasoline이 생산되었는데 반해 연료알콜은 1.5 billion gal이 MTBE 대체용으로 사용된 것으로 보고되었다. 이와 같이 MTBE 사용량이 줄어들고 있음에도 불구하고 미국 지하수의 약 8%에서 MTBE가 검출되었다는 매우 심각한 수준의 지하수 오염을 경고하고 있는데 반해 우리 나라에서는 이 부분이 관심의 대상이 되지 못하는 현실이 안타까운 실정이다.

2000년 10월 현재 미국의 gasoline 가격은 Self:145.9, Plus:155.9, Premium:165.9 USD/gal (평균 474원/l) 수준으로 1996년에 비하여 약 40%가 인상되는 등 미국에서도 고 유가가 지속되고 있는 추세로서 연료알콜의 경쟁력이 점점 증가되고 있다고 사료된다. 1980년 미국은 1.8~2.0 gal 알콜을 생산하였고, 2000년 10월 현재 1.6 billion gal (19개 주 58개 공장의 생산능력 : 1.9 billion gal)을 생산하였다. 연료알콜은 octane value enhancer (113)로서 중요하며 현재 전체 소비연료의 5.3%를 점하고 있으나 환경문제에 대한 인식의 보편화와 MTBE 사용 반대로 청정 합산소 연료로서 알

콜 사용이 크게 증가될 것으로 예상하고 있다. 특히 연료알콜은 미국 잉여 농산물의 경제성 제고와 에너지 안보문제 차원에서 다루고 있는데 최근 정치가 불안한 국가에서 61%의 원유를 수입하고 있는 실정으로서 연료알콜 증산 정책은 미국의 국익과 농산물 정책에서 백악관의 매우 중요한 정책 중 하나일 뿐 아니라 강력한 대체연료 정책과 함께 그 발전 전망이 매우 밝은 실정이다.

또한 브라질의 경우 알콜 생산 현황을 보면 무수알콜 6.1 billion liters, 함수알콜 6.7 billion liters 생산하고 있는데 이중 자동차 대체연료로서 24% gasohol과 11% ethanol diesel fuel이 사용되고 있다. 현재 440만대 자동차 중 65% 자동차는 24% gasohol, 나머지 35%는 함수알콜을 사용하고 있는 것으로 보고되었다. 브라질의 발효공정은 가장 효율적인 선택 (the most efficient option)으로서 원료 특성 등을 감안하여 회분식 system을 선호하고 있으며 상팔로우주에서는 브라질에서 생산되고 있는 알콜의 약 70%가 사탕수수에서 생산된다고 보고되었다. 현재 전세계에서는 6,000개 알콜 공장이 가동되고 있고 생산량은 [Table 1]과 같다.

[Table 1] Fuel, industrial and potable alcohol production in worldwide (1999)

Country	Production(billion liters)	Raw material
Brazil	14.0	Sugar cane, beets
USA	5.3	Cereal grains (mostly corn)
Europe	4.3	Cereal grains, beets
Russia	2.5	Cereal grains, beets
World production	8.0	1350 Distillris in Asia
Sum	34.1	

[Table 2] Typical yield depending upon screen sizes

분쇄입도	수율
미분쇄 옥수수 (3/16")	2.65 US gal/Bu, 무수알콜
조분쇄 옥수수 (5/16")	2.45 US gal/Bu, 무수알콜

III. 알콜발효 신기술

분쇄는 알콜발효 공정 중에서 기질의 전처리 공정으로서 매우 중요하다. 알콜발효 공정을 최적화 하기 위해서는 기본적으로 알콜발효 특성과 미생물의 생리학적 대사 mechanism을 잘 이해해야 한다. 분쇄는 분쇄 입도가 작을 수록 수율이 증가된다[Table 2]. 최근 알콜발효에 있어 당화공정이 불필요하다고 하

는 이유는 당에 의한 overloading 배제가 목적으로서 α -amylase를 함유한 고체 효소를 사용(Rhizozyme)함으로서 고농도 사입이 가능하다. 또한 발효 시작 단계에서 효모가 당에 의한 저해를 받지 않는 농도 수준을 유지할 수 있도록 발효성 당을 지속적으로 첨가하는 발효 기술이 고농도 알콜발효를 가능하게 하는 첨단 발효기술로서 관심의 대상이 되고 있다.

[Table 3] Cooking processes

단계와 기능	운전 요인 (신기술 접목 공정)
Slurry제조 ◎물과 원료 혼합 ◎함수전분 ◎pH조정	◎ α -amylase 0.03%의 1/3첨가 ◎60°C
예비증자 (pre-liquefaction) ◎항상 하지는 않음 (원료에 따라서) ◎원료 전분의 호화온도에 가까운 온도 ◎6분~2시간	◎50%의 α -amylase 첨가 ◎0.04% High TL120 ◎82°C/30 min
액화 (liquefaction) ◎전형적인 jet-cooker ◎감압하에서 고온순간 (HTST)	◎99°C/5min→88°C 감압줄임
주액화 (post-liquefaction) ◎감압해제 및 온도 drop ◎효소 1/3~1/2첨가 ◎180~190°C/1~2h	◎50% α -amylase 첨가 (0.04% High TL120) ◎냉각 60~65°C
당화 (saccharification) ◎당 생성이 필요한가? ◎57°C ◎Asp.기원인 당화효소 첨가(Rhizozyme은 아님)	◎당화효소 첨가(0.07% <i>Allcoholase</i> L300) ◎Rhizozyme을 사용 (SSF)
발효 (fermentation) ◎30°C ◎당화효소 첨가(Asp or Rhizopus)	◎32°C ◎Rhizozyme 0.01% 첨가

1. 발효공정의 운전 Parameters 요약

증자는 전분의 호화온도, 효소의 특성과 lock-key theory 등을 정확히 이해하는 것이 바람직하다. 또한 증자의 목적은 효모 성장에 필요한 당의 생성과 오염을 배제하는 수준에서 증자를 하는 것이 전분의 노화를 방지할 수 있을 뿐 아니라 고농도 사입이 가능하다. 진보된 신기술을 접목한 알콜발효 공정의 운전 요인을 [Table 3]에 요약하였다.

알콜발효 공정에 대한 빈번한 질문들을 요약하면;

①당화조가 필요한가 혹은 불필요한가?

불필요하다. 그 이유는 당화공정에서 생성된 당이 효모에 overloading 될 뿐 아니라 당화조를 운용함으로써 오염 기회가 더 많아진다. 따라서 당화조를 사용하지 않는 대신 발효조에 생전분 분해력이 강한 *Rhizopus* 기원인 당화효소(*Rhizozyme*)를 혼용하면 보다 높은 수율을 얻을 수 있다고 한다.

②연속 혹은 회분식 증자 중 어느 쪽이 유리한가?

60°C에서 [Fig.1]과 같이 연속증자 공정으로 slurry를 제조하는 것이 바람직하다.

③증자 조건은?

전분의 노화를 방지할 있는 고온 순간 증자 (HTST)를 위해 Jet cooking을 하며 증자 조건은 120°C/15~20 min하여 감압하에서 발효 최적온도까지 냉각한다.

④Backset 사용량은?

가능한 사용량을 감소시키는 것이 바람직하나 FAN (free amino nitrogen)의 공급원으로 소량의 backset 사용 검토는 고려할 수 있다.

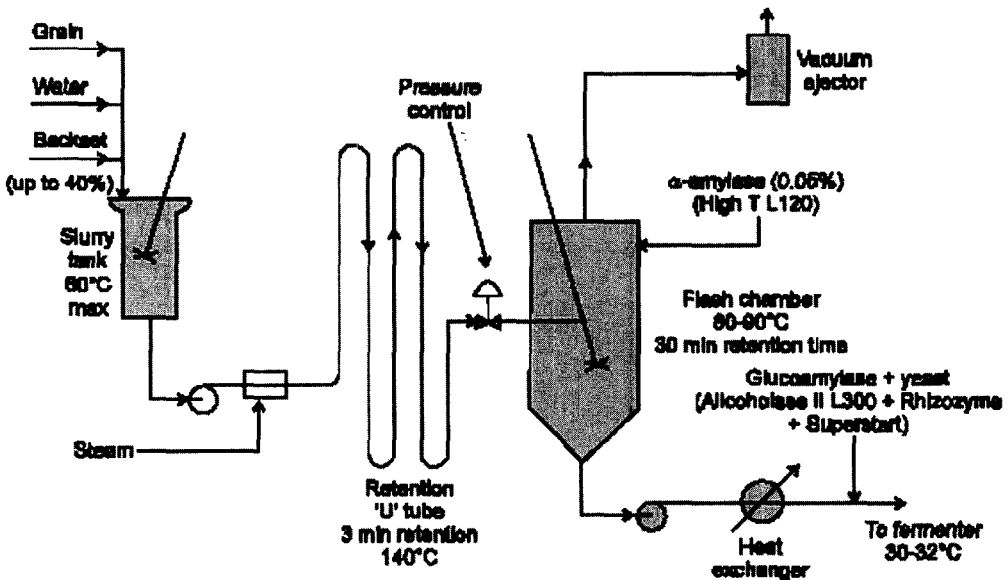
⑤Education?

관리자들의 정기적인 교육은 작업의 표준화에 꼭 필요하다.

⑥발효시간은?

Rhizozyme 사용으로 발효시간을 단축할 수 있다. 연속발효공정에서 설계기준은 45 hrs 이내 이나 11시간까지 단축이 가능하다.

[Fig. 1] Continuous U-tube cooking system



발효 수율 증가를 위한 관리 요인을 보면:

- ①매일 sieve 분체 입도를 측정한다.
- ②전분의 액화는 slurry가 pumpable 할 수 있을 정도만 한다.
- ③고농도 사입 (33~35% DS) 지향한다.
- ④고농도 사입은 오염방지와 품질의 안정성에 기여한다.
- ⑤효모 성장에 필요한 최소한의 당만 생성시켜 효모의 overloading을 방지한다.
- ⑥오염 방지를 들 수 있다.

2. 효모와 알콜발효

후 발효에서 sterol이나 산소는 효모 생육에 큰 영향을 미치는데 이것은 모세포 (mother cells)가 낭세포(daughter cells)의 세포막을 분담하기 때문이다. 또한 산소는 sterol과 불포화 지방산류의 합성에 이용된다. 효모는 증식을 할 때가 하지 않을 때보다 33배 빠른 속도로 알콜을 생산한다는 것이 확인되었다. 따라서 효모의 증식 조건을 유지함으로써 알콜발효를 촉진할 수 있는데 효모

의 증식에 필요한 두 가지 중요한 영양원은 아미노 질소와 산소공급이다. 아미노 질소는 효모 성장에 100~850mg/L이 정상적으로 필요하다. 미국에서는 풍부한 옥수수 원료로부터 부산물로 나오는 CSL (옥수수 침출액)을 FAN 공급원으로 사용한다[Table 4]. 따라서 효모가 이용 가능한 모든 발효성 당을 알콜로 전환할 때까지 발효력을 효과적으로 유지하기 위한 영양조건은 :

- ①충분한 질소원 공급
- ②FAN을 140ppm(100~850mg/L) 이상 공급
- ③필수 미량원소와 vitamin을 충분히 공급 (Zn, Mn, biotin과 pantothenic acid는 이 점에서 중요한 성분이다.)
- ④발효온도는 over-stress가 되지 않도록 조절
- ⑤새로운 세포 성장 및 유지에 필요한 內細胞 불포화 지방산 (inter-cellular unsaturated acids)을 공급한다.

효모는 생식능력이 없을 때 발효력이 떨어진다는 것이 입증되었다. 또한 혐기성 및 호기성 조건에서 효모의 증식 및 발효 특성을 요약하면 [Table 5]와 같다.

[Table 4] Functions of FAN as nitrogen and oxygen

	영향/기능	결과
질소	효모는 아미노산이 아닌 FAN으로 peptides를 선호	고농도 효모, 생존율 증가, 출아증가, 속성 발효(24h 이하), 고농도 알콜 획득
산소	Sterol과 UFA의 생산에 있어 산소는 효모에 결정적인 도움을 준다. 그러나 너무 과하면 알콜 생성이 오히려 중지된다.	

[Table 5] Characteristics of yeast

	혐기성 조건	호기성 조건
Cell yield (%)	25	50
ATP	-2ATP/glucose	38ATP/glucose
Ethanol (%)	51	0
Sterol and UFA	No	OK

3. 23% ethanol 발효

효모는 잘 관리하면 23%까지 알콜농도 증가가 가능하며, 고농도 및 속성발효를 위해서는 전 발효조(prefermentor)를 운용하면서 교반 과 aeration을 발효 초기 12 시간까지는 계속하고 효모 성장을 강화하기 위하여 sterol source와 FAN으로서 아미노 산류가 없는 이상적인 Peptide 류(200mg/L 정도) 공급을 Dr. M. W. Ingledew는 추천하였다.

Rhizozyme (Solid state fermentation, SSF)과 superstart(건조 효모) 사용량은 AMG@0.06% v/w에서 AMG@0.03% +Rhizozyme@0.01% v/w으로 Rhizozyme [Fig. 2]을 병용하면 발효 시간은 11시간 정도 짧아지고, 알콜은 2.5% 더 생산할 수 있었다고 보고하였다. 23% 알콜을 달성키 위해서는 효모에 영향을 미치는 stress 요인들과 발효 설비에 대하여

이해하는 것이 매우 중요하다. 이들 생리학적 stress 요인 [Fig. 3] 중에서 몇 가지는 온도, 오염, 알콜농도 수준 및 mycotoxin이다. 고농도 알콜발효를 위해서는 고농도 사입을 하되 효모가 stress를 덜 받을 수 있도록 당을 'spoon-fed' 하고 질소원 (FAN), vitamin (Inositol 포함), 미량의 무기물 (Co, Ni etc)을 공급하고, 오염 배제와 더불어 화학, 물리, 생물학적 stress를 최소화하는 것이 매우 중요한 관리 요인이다.

[Fig. 3]과 같이 효모에 stress로 작용하는 각종 물질들의 농도를 보면 젖산 0.8%, 당농도 38%, 알콜농도 23%, sulfite 100mg/L 이상, sodium ion 500mg/L 이상, 온도 36°C, 초산 0.05% 이상에서는 사멸하거나 심각한 stress를 받는다고 보고하였다. 따라서 stress 요인을 하나씩 제거하면 현재의 알콜농도보다 증가시킬 수가 있다.

[Fig. 2] Advantages of Rhizozyme uses

RHIZOZYME

Why does it give:



- **0.2 gallons more alcohol per bushel?**
- **Higher percentage alcohol in fermenter?**
- **Faster fermentation?**
- **Reduction in glucoamylase usage by 30%?**

3-1 온도와 phytic acid

최상의 발효온도 조절은 어떻게 할 것인가? 가장 쉬운 방법은 당농도를 낮추면 되나 알콜 생성농도가 감소하므로 알콜 회수 비용이 증가하는 단점이 있다. 효모는 높은 glucose 농도에서 세포성장에 저해를 받지만 빠르게 성장하고는 중지해 버린다. Glucoamylase인 Rhizozyme™은 발효조건에 가장 민감한 온도와 pH가 유지되는 동안에 발효를 계속할 수 있도록 mash로부터 발효성 당인 glucose를 천천히 유리시켜 효모에 제공함으로써 효모에 의하여 알콜 생성이 지속되는 환경이 제공되어 결국 고농도알콜의 mash를 얻을 수가 있다. 일반적으로 알콜발효 온도는 32°C 이하로 유지해야 하나 알콜농도를 12% 이상 올리려면 발효온도는 29°C 이하로 유지해야 한다.

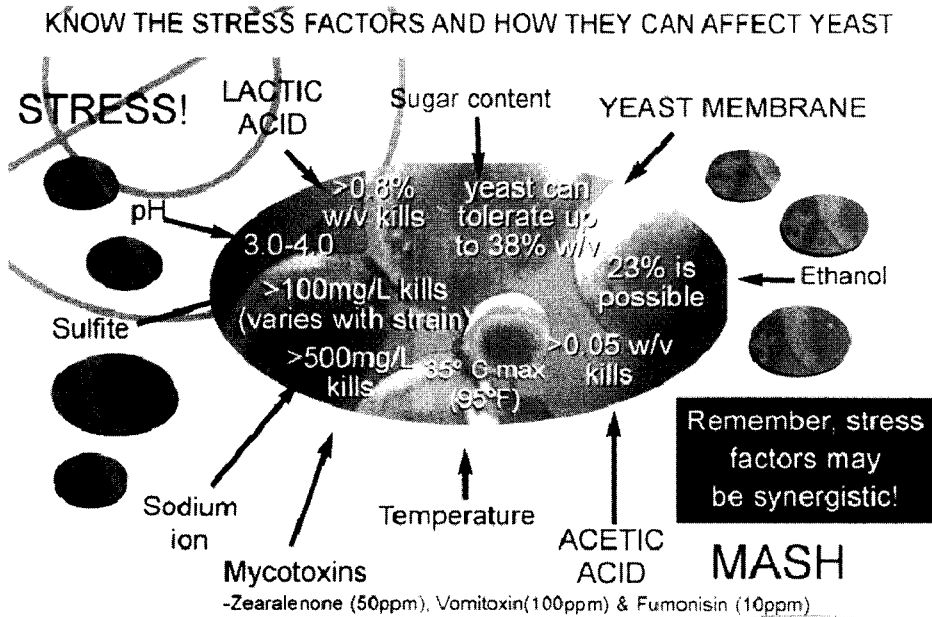
Phytic acid는 식물계 특히 종자와 곡류 등 주정제조 원료에 포함되어 있다. 발효에서 phytic acid는 vitamin, 아미노산 및 무기물의 강도(robber)로서 “항영양원”으로 알려져 있는

데 그 이유는 vitamin, 아미노산 및 무기물과 먼저 결합하여 효모가 이용할 수 없게 되기 때문이다. 즉, Phytase는 phytin을 vitamin인 inositol과 yeast food로써 phosphate로 전환시켜 실질적으로 효모의 성장과 수율 증가를 촉진시킨다. 실지로 lab scale에서 Rhizozyme™을 사용하여 얻은 발효실험 결과를 보면 [Table 6]과 같이 증가된다고 보고하였다

3-2 오염 (Infection)과 방지 대책

세균 오염방지는 가장 기본적인 관리 요인으로 일단 오염이 되면, 2~17%의 수율 감소가 초래되고 산도 증가, toxic by-products 및 off-flavors 등 문제점 등이 야기된다. 따라서 오염 배제를 위한 관리요인을 들면, 배관의 deadlegs (支柱)와 발효조 열교환기의 공유를 피하고, 적절한 세정 프로그램 (CIP)을 운용하고, 발효온도 조절과 약품 scaling을 주기적으로 실시하고, 효모 성장(budding)을 최대화하기 위해 효모의 food로써 peptide나 sterol

[Fig 3] Stress factors affecting yeasts



[Table 6] Overall data used for Rhizozyme

구분	Alcohol (%)	Yield per bushel	Cellmass	Lactobacillus count	발효시간(h)
Control	12.5	2.70	100×10^6	1×10^5	48
RhizozymeTM	13.1	2.85	140×10^6	1×10^4	43

donor 사용을 고려할 수 있다.

오염균 중 젖산 생성세균이 대부분의 알콜 공장에서 문제가 되는데 이 세균의 특징은 Gram+, 간상세균, 발효대사 관여, 미호기성, 복합 영양원 요구, pH 5.5~6.2 범위이나 이 보다 낮은 pH에서도 성장하는 것으로 알려져 있으며, 온도는 30~40°C에서 생육을 잘 한다. 오염 균은 유기산류인 초산, 젖산 등을 생성하는데 이들 酸類는 종류에 따라서 어느 농도 이상으로 축적이 되면 효모를 사멸시킬 뿐 아니라 off-flavor 생성 원인이 된다. 또한 젖산균은 homo-fermentive strains와 hetero-fermentive strains에 따라서 젖산과 알콜이 생성되므로 알콜수율이 낮아지는 결과를 초래하기도 한다.

3-3 Mycotoxin

세계 곡물 시장에 공급되고 곡물 중 약 25%가 mycotoxin에 오염되어 있는 것으로 추정하고 있다. Mycotoxin은 효모 성장을 저해하므로 결국 알콜 생산을 감소시킨다. Ester화한 glucomannans은 mycotoxin과 결합하므로 효모성장에 저해가 되는 mycotoxin을 배제시킬 수 있으며, 성장저해 농도는 mycotoxin 중

류 (fumonisin 10, zearalenone 50, vomitoxin 100 ppm)에 따라 다르다.

4. 발효 system

알콜 공장의 공정 및 품질관리 프로그램은 표준관리 사양, 시료 채취 계획과 개발 및 실험방법, 결과의 기록과 보고, 고장 수리 문제 등을 포함시켜야 한다. 통상 낮은 pH는 요 제조에 있어 액화 등 효소의 작용 실패 원인이 되므로 빨리 검출하여 낮은 pH를 교정함으로써 수율 감소를 최소화할 수 있다. 발효조에서 낮은 pH는 세균수의 감소를 위해 제안되고 있으나 조정하지 않고 두면 효소의 역가와 효모 성장 양쪽에 저해를 줄 수 있다. 발효조에서 酸 농도의 측정과 기록은 발효조 품질관리에 중요한 지표이며 생산공정에서 발생하는 제 문제점의 진단에 중요하다. 물론 전분의 당 전환을 실험도 전분 분해 능력 (발효성 당으로의 전환되는 비율)의 지표로서 사용된다.

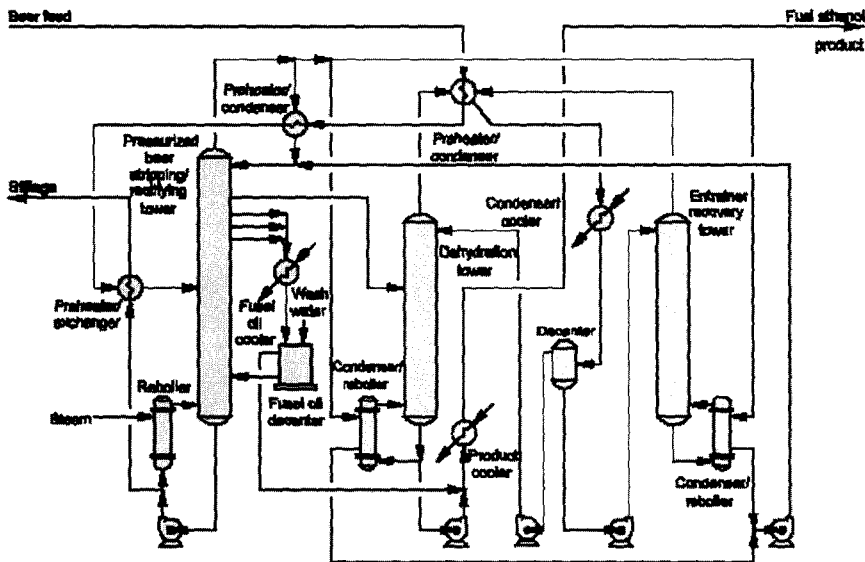
5. Ethanol 회수

Homo-fermentive strains, L. plantarum	Hetero-fermentive strains, L. fermentum
Glucose ----- 2 lactic acid	Glucose ----- 1 CO ₂ +1 lactic acid + 1 C ₂ H ₅ OH or acetic acid

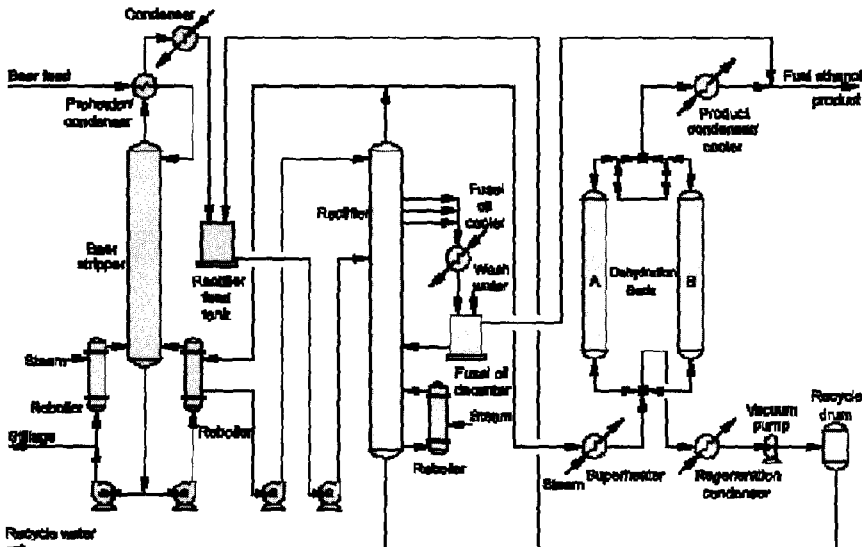
연료용 무수알콜 회수를 위한 증래의 용제 (pentane, benzene, cycle-hexane 등) 추출 증류 공정 [Fig. 4]은 날로 강화되는 환경문제로 인하여 생산원가 절감과 시설의 유지관리가 용이한 MSD공정 [Fig. 5]으로 1985년 이후부터 본격적으로 대체되고 있는 실정이다. 연료용

무수알콜의 생산은 5~25% alcohol vapor를 MSD에 공급하여, 수분 함량이 0.25~20 ppm의 무수 연료알콜을 생산할 수 있는 system이다. MSD의 재생에 필요한 건조 시간은 3~10분 정도 소요되며, 소비 에너지는 4,000 BTU/gal에 불과하다. 따라서 증래 entrainer를 사용

[Fig. 4] MFGE distillation and dehydration by binary azeotrope



[Fig. 5] Dehydration system by pressure swing adsorption molecular sieve



[Table 7] Equipments of Bourbon whisky

원료	옥수수, 보리, 수수	증자시설	1식 [Fig. 7]
발효조	재질 나무, 3 조 [Fig. 8] (1단사입→ 발효→ 숙성) 개방 발효	Pot still	3식 재질 동
숙정용 시설	지상 건물로 96년 산 이후 숙성 중	용 수	석회석 지하수 사용

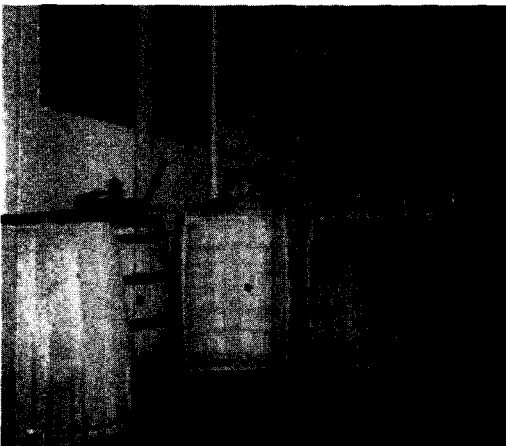
한 무수 알콜제조 공정보다 생산원가를 더 낮출 수가 있는 진보된 공정이다.

6. 알콜산업의 미래

G. Stewart 교수는 맥주 거품의 안정성은 polypeptide와 관련이 있다는 것을 발견하였으며, W. M. Ingledew 박사는 고농도 발효의 필요성과 23% 알콜발효의 가능성은 밝다고 제시하였다. 이는 유한한 석유 연료를 대체할 수 있는 가장 가능성이 큰 bioenergy는 역시 알콜산업의 활성화이다. 따라서 생산원가 절감을 위한 공정 개발 필요성이 특히 강조되었다. 그러므로 경제성 있는 공정이 개발되고, 환경오염문제의 심각성 대두, 석유 위기 상존 등이 대체연료의 전망을 더욱 밝게 하는 요인들이다.

7. Labrot & Graham Distillery 견학

[Fig. 6] Burned oak barrel for Bourbon whisky aging



Bourbon whisky는 1789년 미국 조지 워싱턴 초대 대통령이 취임했을 때부터 공식 제조를 시작했던 것으로 알려져 있는데 이번 교육 기간 동안에 Kentucky Bourbon county에 있는 공장을 방문할 기회가 있었다.

Bourbon whisky는 주원료 [Table 7]인 옥수수 (51%) 외 수수와 보리를 사용하고, 발효효는 단증류기로서 알콜을 회수한다. 회수한 원액의 숙성은 탄화시킨 오크통[Fig. 6]에서 저온 숙성 과정을 통해 제조된다. 이렇게 탄생된 Bourbon whisky는 Jim beam과 같이 현재 미국에서 가장 오래된 whisky 가운데 하나로서 세계 10대 증류주에 포함된다. 그런데 우리나라는 미국보다 긴 역사를 가지고 있으나 한국을 대표하고 국제화된 술을 불행하게도 가지고 있지 못하는 것이 안타까웠다.

IV. 맺음말

이번 알콜스쿨과정을 통해 우리 나라에서는 학문에 유행(?)이 있는 추세인데 반하여 미국, 영국과 캐나다 등 연구소 종사자 중에는 알콜 연구에 일생을 거는가 하면 대체에너지 생산에 일익을 담당하고 있다는 대단한 자부심을 가지고 있었다. 이는 곧 자신의 업무 능력 발휘로 연결되는 밑거름이 될 것이라고 생각된다.

공정에 문제가 발생하거나 통상적인 알콜 발효 공정의 관리에 있어 너무나 기본적인 업무에 고루할 정도로 충실하다는 것을 느꼈다. 또한 모든 실험방법은 표준화하여 실험대나 벽에 게시해 두어 언제나 표준화된 일정

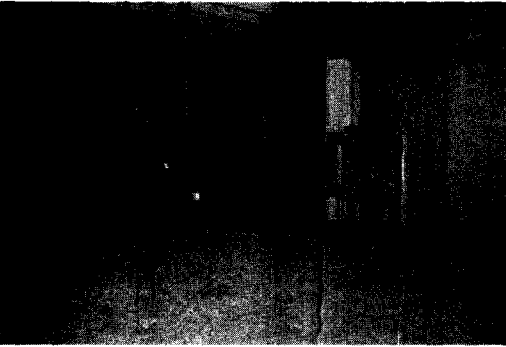
[Table 8] Program for International short-course alcohol school (2000.10/22-27)

1일차	환영리셉션	
	오전 : 이론강의	오후 : 실험실습
2일차	<원료의 전처리> -당과 糖原의 이해 -증자 공정 -브라질의 알콜 프로그램 -미국의 알콜 시장성	-품질관리시스템의 기초 -맥주의 향기분석 -발효 요인변화에 따른 경제성 평가
3일차	<발효공정> -알콜발효의 기초 -효모학 -23% 알콜 발효 -세균오염의 이해	-회분식 발효와 평가 (23% 알콜발효 실험실습) -오염균주의 분리 배양 -알콜제품 중의 향기 개발과 조향
4일차	<음용알콜의 생산과 제품> -Scotch whisky story -Tequila 제조법 -Rum 제조 -Bourbon whisky 제조 기술	-TQM 예시 교육 -NIR에 의한 원료, 품질, 발효 mash 관리 요령 demo -Computer model에 의한 발효와 생산분석법 실습
5일차	<알콜회수> -발효에서 알콜 회수 공정으로서의 증류 이론 강의 -알콜공장의 발효부산물 회수 -폐수처리 (BOD/COD) -MSD(분자체를 이용한 연료용 무수 알콜 제조) 공정의 개요	-회분식 발효 실험결과 분석 (23% 알콜발효) -오염균의 배양 시료로부터 동정 실습 -효모 균주의 동정과 mycotoxin의 검출방법 demo
6일차	<주정공업의 미래> -DDGS 생산과 품질향상 -New workplace (공장방문시 준비사항, 견학할 때 견학을 시킬 때 지침, Interview요령등) -양조 공장을 알콜 공장으로 전환 사례 발표 -2차 연례 알콜 "Medal of Excellence" 수상자의 특강 : 알콜산업의 지난 25년 평가	

[Fig. 7] Cooking system of Bourbon Whisky



[Fig. 8] Whisky fermenter



한 실험순서를 통해 얻은 자료를 바탕으로 문제점을 나열하고는 가장 가능성이 있는 문제점을 찾아가는 이 technique은 너무나 쉽지만 평소에 잘 활용하지 못하는 경우가 많은 실정이다. 특히 견학한 공장이나 Alltech Biotechnology Center의 생산 및 연구환경이 매우 부러웠다.

알콜스쿨의 프로그램 [Table 8] 중에서 관심사는 수율향상을 통한 원가절감 과 23% 알콜발효였다. 미국은 원료가 풍부하고 농축 산업이 발달하여 DDGS 가격이 원료보다 고가인 톤당 80~100 USD으로 DDGS가 알콜 다음으로 상품 부가가치가 높기 때문에 다소 발효비율이 감소하더라도 경제성이 있다. 그 이유는 고농도 알콜 mash로부터 알콜 회수 에너지의 절감과 더불어 DDGS 판매 수익금으로 전체 경상 이익을 낼 수 있는 알콜 산업구조를 가지고 있기 때문이다. 그러므로 알콜 생산원가 중 원료 원가가 차지하는 비중이 가장 큰 우리 현실과는 원가 개념 자체가 다르다는 점을 간과해서는 안 된다고 생각한다.

〈참고문헌〉

1. K. Jacques, T. P. Lyons, D. R. Kelsall, 1999, The Alcohol Textbook 3rd Edition
2. Alltech laboratories, Brewing and Distilling Division, Laboratory Procedures-Fermentation and Alcohol Methods, Microbiology Methods, Brewing Distilling Methods
3. Alltech laboratories, Brewing and Distilling Division, Laboratory Exercises, Alltech's 20th Annual Alcohol School