

# 주류 제조 및 품질관리용 센서 연구개발 동향



권 상 일

(국세 청기술연구소 소장)

주류제조에 있어서 발효상태를 체크하기 위해서는 일반적으로 술덧을 샘플링한 다음 부평법을 이용하기 때문에 시간과 노력이 많이 소요된다. 최근에는 제조관리와 품질평가에 신속하고 실시간(real time)으로 관리하는 방법으로서 각종 센서가 개발되어 이용되고 있다.

## 1. 서론

청주 등 주류제조시 미생물의 발효과정은 입국(쌀코지)에 의한 쌀의 주성분인 전분질의 당화과정과 효모에 의한 알코올발효 과정으로써 크게 2공정으로 구분된다.

보다 맛있는 술을 제조하기 위해서는 입국과 효모에 의한 발효상태를 신속하게 실시간으로 파악하여 제어할 필요가 있다. 발효과정에서 주로 모니터링이 필요한 성분은 당·알코올 농도이지만 술의 독특한 풍미를 만들어 내는 미량성분으로서 유기산 및 아미노산·올리고페타이드, 향기성분 등과 효모의 활성화에 크게 관여하는 비타민이나 미네랄성분에 대해서도 모니터링하여 발효를 제어할 필요가 있다. 이와 같은 성분을 개별적으로 측정하기 위한 방법으로서 GC나 LC 등을 이용하고 있지만 감도나 신속성, 비용측면에서 현실적이지

### ■ 目 次 ■

1. 서론
2. 각종 바이오센서에 의한 모니터링
3. 온라인 측정기술과 감성평가
4. 미각(맛) 센서에 의한 주류의 평가
5. 향기(냄새)센서의 주류제조 및 평가에 응용

못하다.

그래서 여기서는 입국과 효모의 발효성분에 대한 분석방법으로서 각종 효소를 고정시킨 효소센서, 즉 효모를 고정화하여 그 활성을 pH변화로서 검출하는 표면광전위(Surface Photovoltage : SPV)장치의 일종인 Light Addressable Potentiometric Sensor(LAPS)를 이용한 바이오센서, 향미(맛)센서 및 향기(냄새)센서 등 각종센서에 대해서 설명한다.

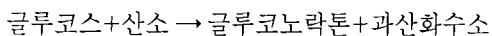
## 2. 각종 바이오센서에 의한 모니터링

### 가. 입국발효성분 분석을 위한 전처리 조작

효모의 알코올발효는 쌀·입국을 물에 현탁시킨 액체배양에서 실시되기 때문에 샘플링이 아주 용이하다. 그러나 입국은 증자한 쌀의 표층 및 내부에 균사가 부착되는 배양형태를 취하기 때문에 발효성분을 분석하기 위해서는 쌀 및 입국을 증류수에 현탁하여 발효성분을 추출하여야 한다. 당이나 기타 수용성분은 수분 내지 2시간정도에서 간단히 추출할 수가 있다. 그런 다음에 고형물을 여과하여 제거한다. 신속하게 측정하기 위해서는 쌀과 국을 믹샤로 파쇄하면 성분추출이 쉽다.

### 나. 당센서

발효공정에서 당류의 분석은 대단히 중요하다. 특히 글루코스는 효모에 의해서 알코올을 제조할 때 원재료로 되기 때문에 극히 중요하다.  $\beta$ -D-글루코스는 글루코스옥시다제(GOD)의 작용에 의해서 산소를 소비하여 글루코노락톤과 과산화수소로 된다.



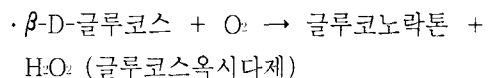
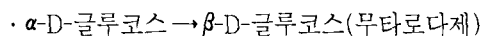
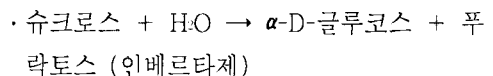
여기서 소비되는 산소를 측정하면 글루코스를 측정할 수가 있다. 이것은 Clark 등이 최초로 고안하였지만, Updike 등이 GOD를 폴리아크릴아미드겔 고정화산소전극에 장착한 글루코스 센서를 제작하였다. 또한 GOD를 알부민-글루탈 알데히드막에 고정화한 것과 콜라겐막에 고정화한 것도 개발되어 보고되고 있다.

한편, 과산화수소를 측정하는 방법도 있다. 이 센서는 백금 양극과 은 음극으로 된 폴라로그래프식 과산화수소전극과 GOD고정화 고분자막으로 구성되어 있다. 백금극에는 은극에 대해서 항상 0.6V의 전위를 인가한다. 이것에 의해 생성된 과산화수소는 산화되어 전류를 생성한다. 이 전류는 글루코스농도에 대응하고 있기 때문에 글루코스센서가 된다.

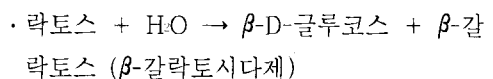
이와같이 과산화수소를 검지하는 방식에서는 식품중에 함유되어 있는 아스코르빈산 등의 환원물질이 전류응답의 오차가 될 수 있다고 생각된다. 그러므로 실제에 있어서는 아스코르빈산을 통과할 수 없도록 셀룰로오스아세테이트막을 사용하고 있다.

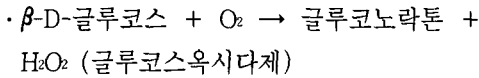
또한 다른 당류나 오리고당 등도 효모의 활성에 관여하기 때문에 측정하는 것이 중요하다. 갈락토스 측정에는 갈락토스옥시다제 고정화막이 사용된다. 그리고 슈크로스나 락토스 등의 이당류의 측정에는 복수의 효소를 동시에 고정화한 막이 이용된다.

즉 슈크로스의 경우는



락토스의 경우는





등의 효소를 이용하여 산소전극 또는 과산화전극에 의해서 측정되고 있다.

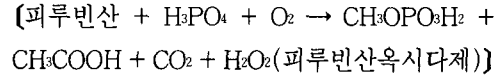
#### 다. 유기산 센서

입국·효모발효과정에서 측정되는 대표적인 유기산으로는 유산, 초산, 사과산, 피루빈산, 개미산, 수산, 아스코르빈산 등이 있다.

유산(乳酸)은 유산발효중에서 얻어지는 유제품중에 함유되어 있지만, 한편 식품의 산미 성분으로서도 이용되고 있다. 유산디히드로게나제 중에는  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 과 공존하면서 유산을 산화하여 피루빈산이 생성하는 수가 있다. 여기서 생성된 반응생성물인  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ 를 전극을 이용하여 측정하면 유산을 측정할 수가 있다. 또한 유산옥시다제를 이용하면 유산은 산소와 반응하여 피루빈산과 과산화수소로 되기 때문에 이것을 전극을 이용하여 측정하면 유산을 정량할 수가 있다. 산소전극을 검지장치로서 이용한 경우  $0.05 \sim 0.8 \times 10^{-4} \text{g/mL}$ 의 범위에서 측정할 수가 있다.

초산은 식품공업프로세스 및 발효프로세스 등에서 계측이 요망되고 있다. 효모의 *Tricosporon brassiae*는 초산을 자화하기 때문에 이것을 이용하면 초산센서가 구성된다. 이 센서는 *T. brassiae*를 아세틸셀룰로오스막 위에 고정시킨 후 산소전극 표면에 가스투과성막으로 피복하여 제작한다. 이 센서에 약산성용액(pH 3.4)과 공기를 이송하고 여기에 초산을 주입하면 미생물의 호흡활성에 따라 막중의 산소농도가 초산농도에 비례하여 감소한다. 즉 이 전류의 감소치와 초산농도사이에는  $10 \sim 200 \text{mg/mL}$ 에서 좋은 상관관계가 얻어졌다. 그리고 응답속도는 약 10분정도 소요되었다.

피루빈산은 피루빈산옥시다제의 작용에 의해서 다음과 같은 반응을 촉매한다.



이 산소를 다공성 아세틸셀룰로오스막에 흡착시켜 산소전극에 부착하여 제작한 피루빈산센서는  $0.06 \sim 0.8 \text{mM}$ 의 범위에서 측정할 수 있으며 응답시간은 2~3분이다.

아스코르빈산 센서는 아스코르빈산옥시다제·콜라겐막과 산소전극으로 구성된 것이 있다. 이 센서의 측정범위는  $5 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-4} \text{mM}$ 이며 3주간은 안정하다.

개미산(의산)의 측정용센서로서 수소를 생산하는 *Clostridium butyricum*이 주목되고 있다. 이 미생물의 하이드로게나제의 작용에 의해서 개미산으로부터 수소가 발생한다. 여기서 연료전지형전극과 고정화수소생산균으로 이루어진 개미산 미생물센서가 구성되었다. 이 센서는  $1 \sim 1,000 \text{mg/L}$ 의 범위에서 개미산을 측정할 수가 있고, 응답시간은 약 10분이다.

기타 유기산에 대해서도 동일한 방법으로 측정하는 것이 가능하다.

#### 라. 아미노산·페타이드 센서

아미노산은 정미(呈味)성분으로서 식품의 품질관리상 극히 중요하다. L-아미노산옥시다제는 L-아미노산을 산화하는 효소로서 알려져 있고, 이 반응에서 산소가 소비되어 과산화수소와 암모니아음이온이 생성된다. 따라서 L-아미노산옥시다제 고정화막과 산소전극, 과산화수소전극, 암모니아전극을 조합하면 L-아미노산 센서를 제작할 수가 있다. 실제로 이 원리를 바탕으로 해서 L-아미노산 센서가 개발되고 있지만, L-아미노산옥시다제가 여러종류의 아미노산을 산화하기 때문에 이 센서에서는

특정의 아미노산만을 선택적으로는 측정할 수가 없다. 따라서 특정 아미노산을 측정하는 경우에는 각종 아미노산의 데아미나제, 암모니아리아제, 데카복시라제가 이용되고 있다.

예를 들면, 고정화 L-아미노산데카복시라제와 이산화탄소전극을 조합한 L-티로신 센서, L-라이신 센서, L-히스티딘 센서 등이 보고되고 있다. 또한 L-메치오닌리아제와 암모니아전극을 조합한 L-글루타민 센서, D-아미노산 센서 등도 알려지고 있다.

한편 단백질의 정량도 식품분야에서 대단히 중요한 부분이다. 그래서 고정화 프로테아제, 고정화 L-아미노산옥시다제와 암모니아전극을 이용한 단백질 센서 시스템이 제작되고 있다. 이 시스템에서는 단백질을 고정화 프로테아제로 충전한 반응기에서 가수분해하여 생성하는 아미노산을 고정화 L-아미노산옥시다제 반응기에서 산화하고, 이 반응에서 생성하는 암모니아를 암모니아가스 전극으로 측정함으로써 단백질을 정량하는 원리가 되고 있다. 또한 단백질의 부분 분해물인 펩타이드를 정량하는 센서 시스템도 개발되고 있다. 이 시스템은 과산화수소전극-과산화수소선택막-엔도아미노페티다제, L-아미노산옥시다제 고정화 산소막-펩타이드분해막으로 구성되어 있다. 이것으로 유단백 카제인의 프로테아제 부분분해 펩타이드를 측정할 수가 있다.

#### 마. 맛 센서

맛은 산(酸), 염(鹽), 감(甘), 고(苦)味の 4 가지 기본맛으로 구분된다. 이들 중 산미는 프로톤이, 염미는 양·음이온의 미관구 맛수용막에 흡착되어서 발생하는 계면전위의 변위에서 검지되는 것으로 설명하고 있다. 또한 고미는 고미물질의 소수성기가 맛수용막의 소수부분

에 흡착하여 수용막이 구조변화를 일으켜 계면전위가 변화된다고 생각하고 있다. 생체계에 있어서 과학물질의 식별기구에 대한 해명은 지금까지 측정할 수 없었던 화합물의 고감도 과학센서의 개발에 유용한 식견을 준다고 생각된다. 인공막 센서를 응용할 때 특정물질의 인식에는 체내 수용기의 특성이, 또한 여러 종류의 물질의 측정에는 미각기관이나 취각기관의 수용기구가 참고가 된다.

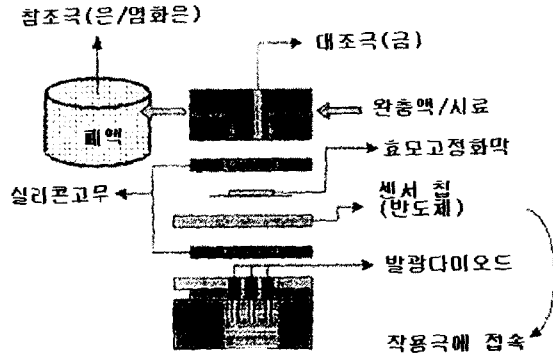
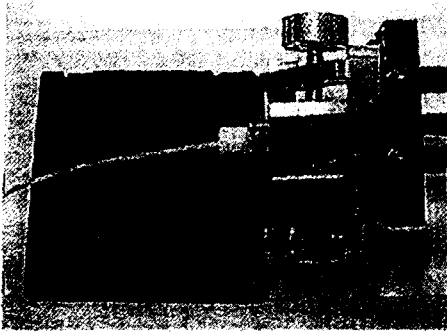
이와 같은 센서는 유독물질의 검지뿐만 아니라 식품화학공업이나 의학분야에서 많이 응용되고 있다. 이들 현상은 리보솜을 이용하는 모델실험 시스템에서 시뮬레이션되고 있다. 예를 들면 소혀바닥에서 추출한 인지질을 강도를 높이기 위해서 여과막(밀리포아 필터)에 흡착시켜 맛 센서용 인공막을 제작하고 있다. 이 막전위를 측정한 바 각종 맛성분에 대해서 특유한 응답을 나타내었다. 한편 감미에 대해서는 감미물질이 특이적으로 결합하는 단백질의 존재가 알려지고 있다.

대장균이나 효모에는 특정 당에 특이적으로 결합하는 단백질(결합단백질로서 당수송에 관여하고 있는 것으로 되어 있다)이 존재한다. 그래서 효모로부터 글루코스 결합단백질을 추출하여 지질로 되어 있는 리보솜에 이것을 삽입시키면 생체막에 결합단백질이 존재하고 있는 경우 유사한 상태를 만들어 낼 수 있다고 생각한다. 실제로 반도체의 감응막부분에 글루코스결합단백-지질막을 형성시킨 센서 시스템이 제작되고 있다.(자세한 내용은 5항을 참조)

#### 바. 표면광전위장치를 이용한 센서

입국이 생성하는 발효물질에 대한 효모활성의 영향을 검토·평가할 때, 효모활성을 직접 측정하는 것이 중요하다. 효모는 활성이 높으

<그림 1> 주조용 입국 평가센서 시스템의 후로셀



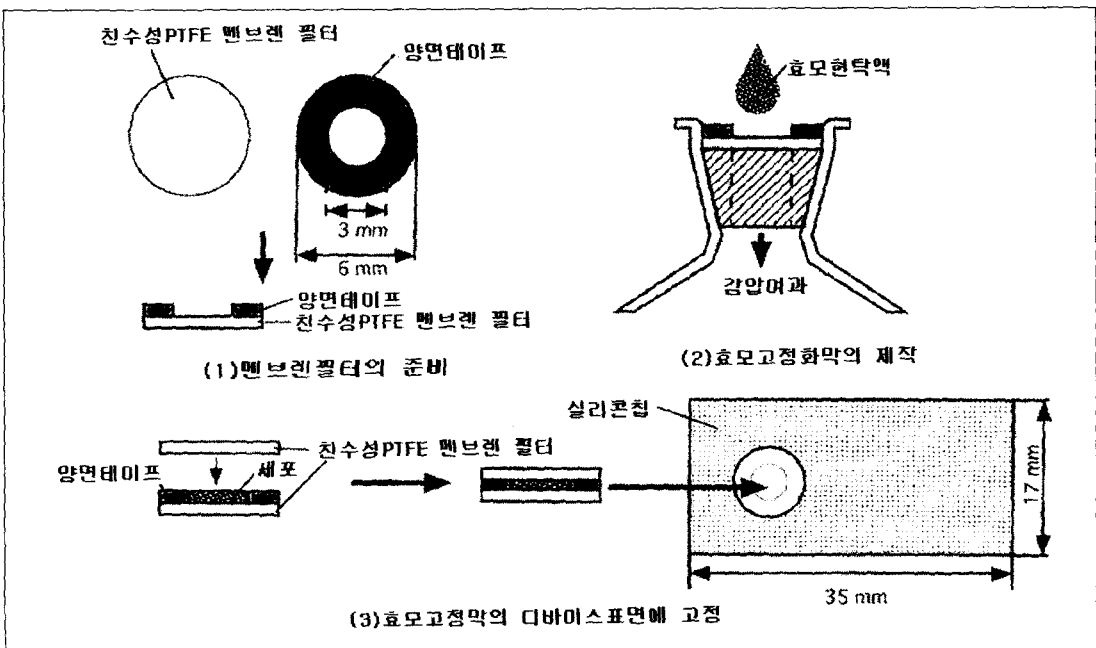
면 대사작용에 의해서 유기산 등의 산성물질  
을 활발하게 산출하기 때문에 미세한 pH변화  
를 모니터링함으로써 효모의 활성을 판단할  
수가 있다. 여기에서는 표면광전위장치의 일종  
인 LAPS를 이용한 바이오센서를 구축하고,  
이 센서의 글루코스에 대한 정량성여부 검토  
와 입국추출액에 대해서 나타낸 응답과 글루  
코스에 대한 응답을 비교하였다. 센서 시스템  
자체는 <그림1>에 나타낸 후로시스템으로서  
수송액으로는 0.15M-NaCl를 포함하는 0.5mM

인산완충액(pH5.0)을 사용하고, 참조전극은  
은·염화은전극을 이용하여 계측한다. 여기서  
사용한 미생물고정화막은 청주제조용 효모를,  
친수성 PTFE 멤브레인필터(공경 0.2 $\mu$ m)사이  
양면테이프를 이용하여 가운데에 끼워넣어서  
제작한다<그림2>.

시료를 복수로 측정할 때에는 값이 시료를  
흘러보내기 전의 값에 광전류가 되돌아올 때  
까지 기다렸다가 다음 시료를 주입한다.

이 센서의 글루코스에 대한 정량성을 평가

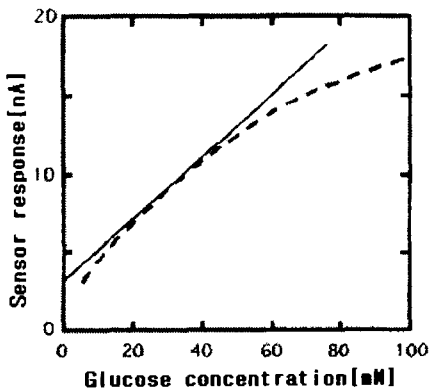
<그림 2> 효모고정화막의 제작순서



하기 위해서 10-100mM의 글루코스 시료액을 조제하여 센서의 응답을 측정할 바, 농도가 100mM에 근접할수록 정상치에 가까워지는 경향이 있다는 사실이 확인되었다. 그러나 60mM이하에서는 직선에 근접할 수 있다는 ( $r^2=0.981$ , 일본양조협회 효모 *Saccharo myces cerevisiae*) 것을 나타내었다<그림3>.

다음은 글루코스옥시다제를 고정화한 글루코스센서(GLU-11, 동아전파)에서 글루코스농

<그림3> 효모고정화전극의 글루코스에 대한 검량선



고정화균체: 협회 701호

(OD<sub>600</sub> = 2.0의 현탁액을 100mL 고정화)

완충액: 0.15M NaCl, 1mM H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>-Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (pH5.0)

글루코스 표준액: 글루코스/완충액 (pH5.0), 주입액량 1mL

점선: 센서 응답곡선

실선: 글루코스농도 10~60mM의 범위에서의 검량선

$$y = 0.20x + 3.1 \quad (r = 0.981)$$

도가 30mM이 되도록 입국추출액을 희석하고 그 시료에 협회 701호 효모를 고정화한 본 센서의 응답을 조사한 바, 글루코스농도가 41mM일 때 응답을 나타내었고, 또한 협회 9호 효모를 고정화한 것은 51mM의 글루코스 농도에 필적하는 측정치가 얻어졌다<표1>.

<표1> 글루코스센서와 효모고정화바이오센서와의 응답치 비교

※ 글루코스센서는 GLU-11(일본 동아전파 제작)를 사용

고정화 효모	시 료	글루코스 농도 [mM]	
		글루코스 센서*	효모고정화 바이오 센서
협회 701호	글루코스용액	30	30
	입국추출액	30	41
협회 9호	글루코스용액	30	30
	입국추출액	30	51

글루코스 이상의 응답은 입국추출액내의 효모대사를 촉진시키는 성분의 영향을 나타내고 있다. 더욱이 동일한 입국시료를 측정했음에도 불구하고 협회 9호가 협회 701호보다도 대사가 촉진되고 있다는 사실을 알 수가 있었다. 이 결과는 별도로 실시한 성질실험에서 pH의 차가 없었음에도 불구하고 협회 701호의 총 산도가 협회 9호보다도 적었다는 점과, 일반적인 성질에서도 협회 701호를 이용하여 양조된 청주의 총 산도가 낮아진다고 하는 점과 일치하였다<표2>.

<표2> 성질시험에 의한 협회 효모 701호와 9호의 비교

※ 입국의 당화액(보메 5.0, pH5.0) 22mL에 입국 8g을 가하여 15℃에서 3주간 발효

	효 모	
	협회 701호	협회 9호
입분주도	+8.2	+9.0
pH	4.46	4.44
산도 [mL]	3.92	4.11
아미노산도 [mL]	3.72	3.79
알코올% [v/v]	19.9	19.2
글루코스% [w/v]	0.82	0.55
Brix [%]	2.6	12.0

이상의 결과로부터 여기서 구축한 센서가 입국시료중의 글루코스농도와 그 시료액에 대

한 센서의 응답을 비교함으로써 효모의 성질 차이를 비교할 수가 있고, 그 차이로부터 입국의 품질을 측정할 수가 있다. 또한 미생물의 대사를 촉진하는 구조의 센서이기 때문에 미생물고정화막이 검토 되는대로 이 센서는 주류제조뿐 아니라 기타 발효식품 제조공정도 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 3. 온라인 측정기술과 감성평가

#### 가. 개요

주류제조업체에서 숙련된 기술자의 부족을 해소하기 위해서 비숙련 직원에 의한 주류제조가 많이 이루어지고 있다. 또한 청주제조 프로세스의 자동화문제에서는 성력화 및 생산성의 향상이라고 하는 목적외에 구조에 있어서의 엄격한 노동환경과 노동조건을 없애고 고용을 안정시킨다고 하는 목적이 있다. 술덧관리 문제를 예로 들면 일반주류의 관리수준은 온도·알코올·일본주도(보메도)의 경과를 정리하여 표준경과표를 작성하고, 이것을 표준으로 하여 사입을 한 결과 많은 가능성을 제시하고 있다.

그런데 본래 관리메뉴얼 작성이 어려운 금양주나 소비자의 요구에 맞춘 새로운 형태의 술에 대해서 품질을 설계하는 등과 같은 품질관리를 동반하는 고도의 관리가 필요한 경우에는 반복적인 시행착오에서 좀처럼 벗어나기 어렵기 때문에 결국은 경험을 축적할 때까지 기다리는 수밖에 없다고 하는 것이 현실적이다. 이것은 술의 품질관리를 위한 환경조건으로서 ① 알코올이나 일본주도와 같은 기준이 되는 성분이 정해져 있지 않다는 점, ② 술덧을 사입하기 전의 요인(원료미·국·밑술 등)이 기여하는 비율이 크다는 점, ③ 술덧을 사

입한 후에는 온도 이외에는 품질을 관리할 수 있는 요인을 발견할 수 없다는 점 등의 문제를 해결할 수 없기 때문이라고 생각된다. 이와 같은 고도의 술덧관리를 위해서는 주질과 관련해서 알코올 및 일본주도와 같은 기준이 되는 몇 가지의 요인을 탐색해내는 것이 필요하지만, 지금까지는 물질로서 무엇인가를 동정하는 데까지는 이르지 못하고 있다.

한편, 술을 평가하는 측면에서는 종래부터 인간의 코·혀·눈·귀·피부 등의 오감에 의존하고 있기 때문에 평가자의 심리상태나 생리상태에 영향을 받을 수 있어 평가결과에 대해서 충분히 재현성을 가지기가 어렵다는 문제가 있다. 따라서 원래 기호품인 술의 평가결과에 대해서 몇 가지의 객관성을 부여해야 할 필요가 있고, 아울러 소비자의 기호변화에 민감하게 대응할 수 있는 어떤 평가시스템을 구축하는 것이 바람직하다.

그래서 (1) 청주의 술덧에서 실시간으로 발효상태를 검출할 수 있는 계측시스템, (2) 청주술덧과 청주의 품질평가방법을 재검토하는 등의 문제점에 대해서 연구한 바를 소개한다.

#### 나. 각종 센서를 이용한 자동계측 시스템의 개발에 대해서

(1) 청주술덧의 연속샘플링 자동분석시스템  
발효도중의 술덧을 분석하기 위하여 다공성 초저 또는 세라믹제 여과장치를 회전시킴으로서 연속적으로 샘플링을 하는 방법을 개발하였다. 이 방법은 회전에 따른 선단응력에 의해서 여과표면에 주박이 부착하는 것을 방지할 수 있기 때문에 여과저항이 큰 발효술덧을 샘플링하는 데 적합하다. 청주의 술덧에 응용한 결과 무회전시의 약 10배의 여과박편이 얻어졌고, 또한 전발효기

간중에 있어서 무세정상상태로 안정하게 연속 여과 샘플링을 할 수가 있어서 술덧 성분의 온라인 연속분석이 가능하였다. 이 장치는 세정하지 않고 장기간에 걸쳐 높은 여과박편을 유지할 수 있고, 또한 소주 술덧 등 각종 발효 술덧의 자동분석에 이용할 수 있다.

이 장치를 이용하여 밀도계, 바이오센서 이용분석계 등과 분석시스템을 조합하면 일본주도(보메도), 알코올, 글루코스, 피루빈산 등의 성분을 자동분석할 수 있다.

### (2) 효모균체중의 ATP의 자동측정

ATP는 생체내의 중요한 에너지물질로서 단백질이나 DNA의 합성, 세포막을 비롯한 물질이동에 관여하여 미생물의 증식 및 균체의 유지대사에 직접 관여하고 있다. 효모에 의한 알코올 발효과정에서는 균체내의 ATP 레벨은 글루코스의 도입에서 해당계를 거쳐 피루빈산에 이르는 ATP의 생성속도와 상기 생체내 반응에 의한 소비속도의 균형에 의해서 결정되는 것으로 추정된다. 따라서 균체내의 ATP는 효모의 알코올생성속도 내지는 생체활성의 지표가 된다고 생각된다. 다만, ATP는 극히 빠른 속도로 생성/분해를 받을 수 있다고 생각되기 때문에 신속한 분석이 요구된다.

그래서 청주의 술덧중에서 효모균체내 ATP를 온라인으로 측정하는 방법을 개발하였다. 술덧중의 ATP는 효모의 증식과 함께 증가되고, 알코올농도가 15%를 넘으면 감소하였다. 또한 알코올첨가에 의해서 급격히 감소하였다. 이와 같은 경향은 술덧중의 피루빈산의 거동과 아주 유사하다는 점에서 양자의 관련성이 흥미가 깊다.

### (3) 청주술덧의 발효음 측정

발효중 술덧탱크에서 알코올발효시에 동반되는 소리를 들을 수 있다. 이것은 발생하는 탄산가스의 기포가 터지는 소리이고, 술덧의 발효진행과 함께 변화한다는 사실이 경험적으로 알려지고 있다. 그래서 술덧의 성분 및 발효의 진행비율에 따라 발효음이 어떻게 변화되는가를 조사하여 공정관리의 지표로서 활용할 수 있는 지에 대해서 검토하였다. 발효음의 측정은 청주술덧중에 방수가 되는 마이크로폰을 투입하고, DAT를 이용하여 녹음한 데이터에 대해서 파형·주파수·강도의 특징을 조사했다. 또한 간의 시그널 어널라이저(Signal analyzer)로 특정 주파수 구간의 특징을 알아보았다.

측정 결과 술덧의 발효일수에 따라 특히 2kHz까지의 주파수대역에 특징적인 소리의 변화가 관찰되었지만, 그 이상의 주파수영역에서는 발생음의 차이가 발견되지 않았다.

## 다. 청주관련 감성평가모델의 재검토에 대해서

### (1) 이주(唼酒) 데이터의 해석방법

인간의 감성응답은 복잡하고 비선형적인 요소가 강하다. 기호품인 주류의 평가에 있어서도 인간의 미각이나 취각을 주체로 한 많은 감각적인 요소에 따라 판단이 이루어지지만, 더욱이 음주의 경험정도나 평가패널의 성별 및 연령 등의 육체적, 심리적 또는 사회적 요소도 영향을 미친다고 생각된다. 따라서 일반적으로 관능평가의 결과는 평가패널의 개인적인 오차가 크기 때문에 평가결과의 객관성을 유지하기 위해서 많은 평가패널에 의한 평균적인 평가를 하는 것이 통례이다. 이와 같이 주류의 관능평가는 인간의 고도한 감성구조에



바탕을 두고 있기 때문에 그 응답결과는 복잡하며, 예를 들면 주류의 관능평가 데이터를 다차원선형모델로서 시뮬레이션한 경우에도 충분한 정밀도를 얻을 수 없다는 결론이 대부분 관찰되었다.

Neural Network는 본래 인간뇌의 신경세포의 네트워크를 모방한 것이고, 학습한 후에 얻어지는 응답모델은 소위 비선형다변량모델에 유사하게 되어 선형모델을 이용한 경우보다도 높은 정밀도가 얻어지는 경우가 있다.

그래서 시판청주의 이주결과를 입력으로 하고, 청주카테고리를 출력으로 하여 뉴럴 네트워크에 의한 패널 학습·인식모델을 만든 다음 학습에 의한 카테고리 인식성적의 변화를 조사했다. 또한 학습후의 네트워크의 입출력 응답을 조사하므로써 청주카테고리의 특징을 추출하였다.

#### (2) 평가패널간의 감성 차이

젊은 여성·젊은 남성·이주전문가의 3개 그룹으로 구성된 평가패널에 의해서 5가지 범주(category)의 청주 이주시험을 하였다. Neural network를 이용하여 이주데이터를 해석하고, 이들 패널·그룹간의 평가차이를 추출하였다. 또한 이주에 의한 학습과 감성기억에 관한 실험을 하고 그 특징에 대해서 아래와 같이 고찰하였다.

그 결과 ① 그룹간에 거의 공통적으로 숙성에 의한 향미의 변화를 기준으로 하여 평가되었다는 점 ② 젊은 여성과 이주전문가와와의 평가차이가 가장 컸다. ③ 카테고리내의 이주에 있어서의 시험결과에 의하면 카테고리 판별에 대한 기억은 경험과 연령에 따라 차이가 인정되었다. ④ 이주에 관한 정보는 반복에 의한 학습효과는 적지만, 짧은 시간에서는 망각되기 어렵다고 하는 등의 특성을 알 수가 있었다.

사고나 기억에 관한 인간뇌의 정보처리 메카니즘의 해명을 목적으로 심리학, 대뇌생리학의 정보처리공학, 인지과학 등 여러 영역에서 폭넓게 연구가 진행되고 있다. 냄새 및 맛 등의 감각정보처리에 대해서는 뇌파나 NMR을 이용한 무침습계획의 수법에 의해 인간의 감각측을 시도할 수 있도록 되었지만, 아직 인간의 심리학적·생리학적 거동을 직접 설명할 수 있는 결과는 얻어지지 않았다. 주류에 대해서는 음주와 관계가 있는 인간의 생리적·심리적 정보처리의 메카니즘에 입각한 새로운 평가수법의 개발이 요망되고 있는 바이다.

## 4. 미각(맛) 센서에 의한 주류의 평가

### 가. 개요

현재 청주의 알코올분, 산도, 아미노산도 등의 주류에 관계가 있는 성분은 분석기기에 의해서 측정하고 있지만, 종합적인 품질은 인간의 후각 및 미각 등의 관능에 의해서 평가되고 있다. 관능에 의한 평가법은 주류뿐만 아니라 식품 전반의 품질평가에 이용되고 있고, 식품의 종합적인 평가에 있어서 아주 좋은 방법이다. 그러나 평가결과에 대해서 높은 객관성·재현성을 얻기 위해서는 상당히 숙련된 패널이 필요하다. 또한 패널러가 인간이기 때문에 그날 그날의 컨디션, 심사환경에 따라 판정감도도 미묘하게 다르고 또한 신경을 집중하므로써 피로도도 커진다는 문제가 있다. 그래서 식품의 제조관리 및 신제품개발에 있어서 사람대신에 간편하고 객관적으로 품질을 평가할 수 있는 시스템의 개발이 요구되고 있다.

최근 인간 혀의 맛인식 시스템에 관한 연구에서 지질이중막을 모델로 하여 개발된 인공

지질막을 이용한 맛인식 센서가 각종 식품의 평가에 이용되고 있다. 주류에 대해서도 시판 맥주의 판정, 청주의 품질평가에 응용이 검토되고 있다. 이 미각센서를 이용하여 우선 청주의 맛에 대한 기본구조를 객관적으로 분명히 하고 전국 신주감평회 출품주류를 측정하여 센서의 응답에 의한 주질의 종류별 판별 가능성, 품질평가의 적부 등에 대해서 검토하였다.

#### 나. 미각 센서에 의한 측정

이용한 미각 센서는 생체의 맛수용기구를 모방하여 맛세포막의 주요 구성성분인 지질을 이용한 것이다. 맛센서는 서로 성질이 다른 복수의 지질고분자막에서 얻어진 신호를 패턴인식하는 것으로서 맛을 식별하는 것이다. <그림4>에 센서의 구조를, <그림5>에 맛인식 시스템의 개념도를 나타내었다. 안릿츠(주)제 맛인식 장치 SA-401을 이용하고, 서로 특성이 다른 복수의 인공지질막 센서를 사용하여 측정하였다.

센서의 측정치는 측정전위와 후미(後味) 측정전위를 이용했다. 여기서 후미측정전위라고 하는 것은 시료의 전위를 측정할 후, 막으로

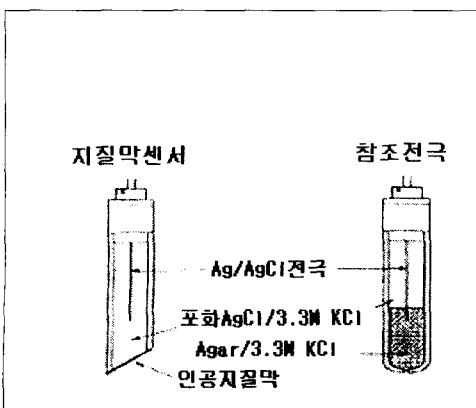
흡착물질의 영향을 고려한 것으로서 관능검사 시 인간의 혀에 남아 있는 후미(잔맛)로 간주한 측정치이다.

#### 다. 청주맛의 기본구조와 이것에 관여하는 성분

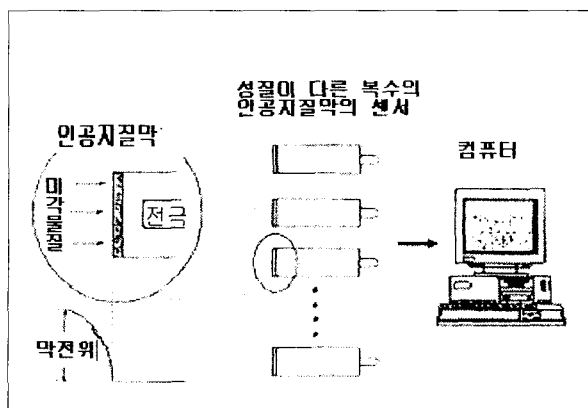
청주의 맛은 동일한 양조주의 맥주나 와인 등과 비교했을 때, 지미(旨味, 아주 좋은 맛)를 주제로 하는 5가지의 기본맛(지미, 감미, 산미, 고미, 염미)의 조화가 큰 특징이라고 말할 수가 있다. 한편 청주 맛의 기본구조는 「감신(甘辛, 달고 쓴맛)」, 「진함」, 및 「깨끗함」을 3차원공간에 표시하고, 그중에서 「감신」에는 당류와 산류가 관여하고 있는 것으로 보고되고 있다. 그리고 청주의 「지미」 및 「진함」, 「깨끗함」에 관여하고 있는 성분을 미각센서를 이용하여 객관적으로 분명하게 밝혔다.

(1) 「지미」에 관여하는 성분 : 청주를 이온교환수지로 분획한 다음 각 구분을 15%에탄올로 원래의 농도로 하여 센서로 측정하고 그 응답을 보았다. 그 결과 염기성 구분(R)의 응답이 「지미」의 기본맛의 응답과 아주 유사하

<그림4> 인공지질막 센서의 구조



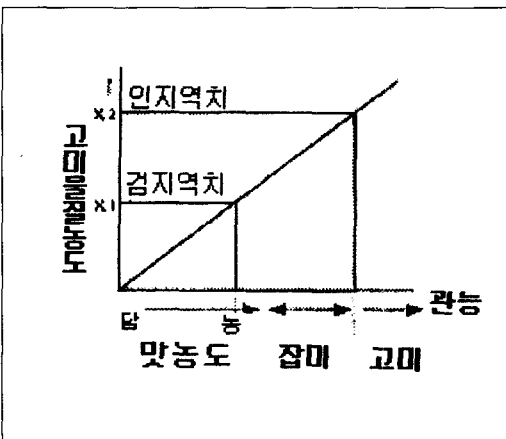
<그림5> 인공지질막센서에 의한 맛인식 시스템



여 청주의 지미는 염기성 구분(질소성분)에 의존한다고 생각되었다. 산성구분(A)는 산미의 기본맛과 동일한 응답을, 또한 중성구분(N)은 고미 및 에탄올과 유사한 응답을 나타내었다. 청주에서 R구분을 제외한 경우는 산미와 동일한 패턴을 나타내고 지미가 없어지면 산미가 나타나는 점이 인정되었다. 또한 분획한 각 구분은 양측(±측)에 큰 응답을 나타내고 있지만, 이들을 혼합하면 중심(0 부근)으로 수축(收束: 집속)하는 경향이 보이며 각 기본맛이 상호간에 사라져서 맛의 조화가 생긴 것이라고 추정된다.

(2)「진한 맛」,「깨끗한 맛」에 관여하는 성분 : 청주를 활성탄으로 처리하면 맛이 「깨끗해진다」고 한다. 그 이유로서는 맛을 지저분하게 하는 「잡미」성분이 활성탄에 흡착된다고 생각할 수 있다. 한편 활성탄을 너무 많이 사용하면 맛은 물처럼 희박해진다. 즉 활성탄이 맛의 「진함」을 나타내는 물질을 흡착한 것이라고 생각된다. 활성탄에 흡착되는 성분은 주로 소수성 물질이고 고미(苦味)를 나타내는 물질이 많다. 청주의 활성탄 흡착물질과 클로로포름 추출구분에 대해서 미각센서에 의한 응답을 보면 이

<그림6> 고미물질의 기여

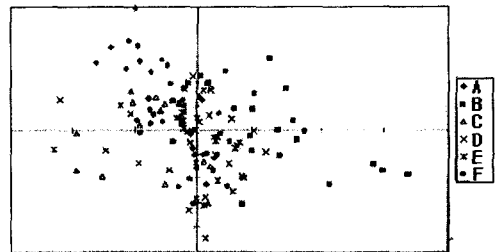


두가지는 아주 유사한 패턴을 나타낸다. 센서의 출력치를 이용하여 주성분 분석을 하면 활성탄 흡착물질은 고미성분과 극히 유사한 관계에 있고, 활성탄 흡착물질에는 대부분의 고미물질이 함유되어 있다고 하는 사실이 증명되었다. 이것으로부터 청주중의 고미성분의 역할로서 고미성분이 검지 역치(值, 역치란 생물체가 자극에 대한 반응을 일으키는데 필요한 최소한도의 자극의 세기를 나타내는 수치를 말함)에서는 「진함」에 관여하고 인지 역치에 가까운 농도에서는 「잡미」에 관여하고 있다고 하는 <그림6>의 가설은 타당하다고 시사된다.

라. 전국 신주 감평회 출품주의 측정

전국 신주 감평회 출품주 중에서 지역별, 사용효모별, 평가별로 시료를 추출하여 미각센서에 의한 측정과 성분을 분석하고 센서응답치에 의한 지역성, 효모의 종류, 품질에 대한 식별가능성을 검토하였다. 감평회에 출품된 술의 일반성분치와 예심의 관능평가치와의 상관을 보면, 사과산과 호박산이 종합평가와 유의점이 있었지만, 다른 성분에서는 유의점을 발견할

<그림7> 센서에 의한 지역별 산포



수가 없었다. 각 센서의 응답치와 일반성분치와의 관계를 살펴보면, 센서에 의해 각 감미, 고미계 아미노산, 특히 280nm의 흡수치와 또한 글루타민산 및 시스틴과, 더욱이 글루코스, 글리세롤, 에틸알코올 등과의 상관관계를 나타내고, 센서에 의해 청주중의 각 성분과 개별로 응답하고 있는 점을 확인했다. 센서와 관능평가치와의 관계에서는 일부 센서와 종합평가 사이에 위험율 5%로서 유의한 상관관계가 보였지만, 다른 관능평가 항목과의 상관관계는 보이지 않았다.

성분치에 의한 인자분석을 한 결과 지역별로 그룹을 구분할 수가 있었지만, D지역은 전체적으로 널리 플롯트되었고, 또한 센서의 응답치에 의한 인자분석에서도 지역별로 그룹을 나눌 수가 있었다(그림7). 종합평가에 의한 그룹 구분은 지난해 출품주는 가능했지만, 금년의 출품주에서는 충분한 결과를 얻을 수가 없었다.

## 5. 향기(냄새)센서의 주류제조 및 평가에 응용

### 가. 개요

주류는 대표적인 기호음료이며 최종적인 품질특성을 파악하기 위해서는 관능평가가 필수적이다. 종래부터 전해지고 있듯이 관능평가는 일반적인 계획수단으로서는 얻을 수 없는 귀중한 정보를 주는 반면에, 인간의 감각기관에 의한 판정이기 때문에 정량성·재현성·내구성(1회의 측정회수의 한도)·개인차·신체상태에 좌우되는 등의 문제가 있다. 그러므로 관능평가에 의해서 신뢰도가 높은 정보를 얻기 위해서는 면밀하게 계획된 번잡한 실험이 필요하고, 간편한 기기분석으로 관능평가 결과를 재현·예측할 수 있는 수법의 개발이 요망되고 있다.

관능평가는 일반적으로 미각·취각·시각·청각·촉각 등의 감각에 따라 이루어지고 있지만, 그 중에서 취각은 특히 고감도로 식별능력이 높아 기기분석의 능력을 증가하고 있다. 그러나 관능평가 특유의 문제점도 현저해서 향기 분석기기(향기센서)의 개발이 진행되고 있다.

향기센서는 일반적으로 시료의 향기성분을 개별적으로 정량하지 않고, 복수로 센서의 향기성분에 대한 응답차이를 통계적으로 처리하여 향기의 질적인 차이를 검출하고 직감적으로 향기를 판별한다. 센서로서는 금속산화물 반도체, 감응막 도포 수정진동자, 전도성폴리머, 표면플라즈몬공명 등 몇가지의 방법이 시도되고 있다. 지금까지 이러한 센서를 이용하여 많은 식품의 향기 또는 취기를 판별정량하는데 응용하고 있지만, 주류에 응용된 사례는 거의 없었다. 그래서 여기서는 비교적 동작이 안정되고, 내구성이 우수한 금속산화물반도체를 이용한 향기센서로서 주류 및 주류원료의 향기를 판별하고 제조관리에 응용하는 것을 검토하였다.

향기센서를 주류에 응용한 사례가 적은 이유로서는 주류의 주요성분인 에탄올은 관능적인 면에서 향기성분으로서 기여하는 면이 적고, 헤드스페이스 가스중의 농도가 너무 높아 일반적인 센서의 식별능력에서 에탄올의 신호가 다른 향기성분의 신호를 크게 상회하기 때문이다.

이를 위해서 이번실험에서는 신호측정의 정밀도를 향상시켜 에탄올신호에 은폐된 향기성분의 미세한 신호를 검출할 수 있도록 시도하였다.

### 나. 장치 및 해석방법

향기센서는 특성을 달리하는 금속산화물반

도체 센서를 12개 사용한 alpha M.O.S회사 제품Fox3000을 이용하고, 센서표면에는 일정 온 습도로 유지한 합성공기를 carrier gas로서 통 기하였다. 가열한 시료(액체시료는 100배로 희 석후 100 $\mu$ 를, 고체시료는 0.5g을 10ml용 샘플 관에 채취)에서 휘발한 향기성분을 헤드스페이스 자동샘플러(head space auto sampler)로 연속통기 carrier gas중에 도입하여 각 센서의 저항치변화에 대한 시간응답신호를 얻었다. 얻 어진 시간응답신호는 센서의 검출원리를 고려 하여 저항의 역수인 콘다턴스(conductance)로 변환하고 이것으로부터 12개의 센서마다 응답 의 강도를 나타내는 강도변수와 시간변화를 특징화한 복수의 형상변수를 특성치로서 얻었다. 동일 시료에 대한 특성치의 오차와 센서의 초기 저항치·캐리어가스 유량의 변동과의 관 계를 고려하여 필요에 따라 보정을 했다. 이 특성치를 표준판별분석 또는 뉴럴 네트워크(Neural Network)로 처리하여 향기를 판별하 였다. 데이터는 윈도우즈상의 비주얼베이직(Visual Basic)으로 작성한 프로그램으로 처리 하고, 뉴럴 네트워크에 의한 해석은 Neural Computer Sciences회사 제품 Neural Desk로 처 리하였다.

#### 다. 시 료

1) 센서의 판별능력을 검토하기 위해서 에탄 올 수용액(1~40%) 및 18% 에탄올 수용액중 에 이소아밀알코올(100ppm)·초산이소아밀 (6ppm)·카프론산에틸(8ppm)의 3종류의 향 기성분을 조합하여 교대로 첨가한 시료(합성 시료)를 사용하였다.

2) 주류는 전국 신주감평회의 출품주로부터 무작위로 추출한 100점의 주류를 사용 하였다.

3) 주류원료는 15종류의 시판 맥아를 사용하 였다.

#### 라. 결 과

1) 에탄올농도와 센서출력과의 관계는 일반적 으로 금속산화물 반도체센서의 신호로서 사용 되고 있는 저항치에서는 고농도측에서 출력이 포화하는 경향이 있지만, 콘다턴스치로 변환하 면 양호한 직선성을 나타내어 오차요인을 감 소할 수가 있다는 사실을 알았다. 합성시료의 판별은 동일농도의 에탄올용액과 향기성분을 첨가한 시료간의 판별은 가능했지만, 향기성분 첨가시료간의 판별은 어려웠다.

2) 감평회 출품주의 측정결과에 의한 향기의 평가특점의 판별은 명료하지는 않았지만, 3구 분의 평가특점은 어느 정도 판별할 수가 있었 다.

3) 맥아원료의 판별은 다른 시험일의 측정을 포함해서 90%정도의 개별시료에 대해서는 판 별할 수 있었다. 또한 정준변량의 평균판별득 점을 이용하여 각 시료간의 유사정도를 구하 고 클러스터분석을 실시하였다. 이것에 의한 분류와 성분분석치(수분, 엑스분, 맥아색도, 디 아스타제역가, 조단백질)로부터 같은 방법으로 얻어진 분류는 양자모두 농색맥아와 타 맥아 가 명백하게 구분이 되었고, 동일계통의 맥아 의 유사정도는 높았다. 그러나 향기센서의 결 과와 성분분석치의 결과는 세부적으로는 차이 가 있어 맥아품질에 관해서 성분분석과 다른 내용을 얻을 수 있는 가능성이 있다.

4) 결과적으로 향기센서에 의한 주류의 판별 은 주류에 함유되어 있는 에탄올에 의한 판별 에 미치는 영향이 크기 때문에 향기성분에 의 한 명백한 판별은 할 수 없지만, 관능평가 득 점은 어느정도 판별할 수가 있었다. 한편, 에

탄올을 함유하고 있지 않는 주류원료에 있어서, 예를 들면 맥아에 대해서는 판별이 용이하였다.

따라서 앞으로는 시료채취기술 등의 개량을 통해서 주류에 대한 판별능력을 향상시키는 것이 필요하다. 또한 주류 및 주조원료의 판별능력을 주류제조관리에 활용할 수 있도록 응용측면에서의 개발이 기대된다.

#### 〈참고 문헌〉

- 1) 民谷榮一 (共著), 各種「バイオセンサー, フーズテクノロジー-事典」, 産業調査會事典出版センター, p256-260, (1988)
- 2) 民谷榮一 (共著), 바이오センサー, 「尖端材料應用事典」 産業調査會事典出版センター, p596-600, (1990)
- 3) 民谷榮一, 輕部政夫編, 「バイオエレクトロニクス・バイオセンサー・バイオチップ」, 尖端 科學技術シリーズC2, 朝倉書店, (1994)
- 4) 民谷榮一, 바이오センサーの 展開, 「アドバンスドセンサー-ハンドブック」(高橋清, 佐木昭夫編), p192-203, 培風館, (1994)
- 5) 民谷榮一, 日本分析化學編, 「機器分析ガイドブック」, 3.2a項, 丸善 (東京), (1996)
- 6) Y. Murakami et al., Sensors & Actuators B 53, p 163-172, (1998)
- 7) 清酒酵母研究會編・發行, 「改訂清酒酵母の研究」, (1980)
- 8) 山村 晃, 民俗 榮一ら, 日本醸造協會誌 95 (11), p785-790, (2000)
- 9) 都甲 潔: 味覺センサ, 朝倉書店 (1993)
- 10) 日本醸造協會誌, 「第35回國稅廳醸造研究所講演會要旨」 第95卷, 第1 p53-60, (2000)

The smallest patch of green to arrest the monotony of asphalt and concrete is as important to the value of real estate as streets, sewers and convenient shopping.

아스팔트와 콘크리트의 단조로움을 제거하기 위해 조그마한 공간의 녹지 조성은 거리나 하수도 시설 및 편리한 쇼핑 시설에 못지 않을 정도로 부동산 가치에 중요한 역할을 한다.

-James Felt-