

# 술제조에 있어서 물의 기능성



김 창 목

〈산업기술정보원 부연구위원〉

동서고금을 통하여 좋은 물이 나는곳에 좋은 술이 빚어졌으며 그 독특한 향취로 우리들을 즐겁게 해 주고 있다. 술을 만드는데 있어 물의 역할에 대해서는 그동안 과학의 발달에 따라 물의 구조적인 해명과 함께 기능성이 어느정도 밝혀지고 있으며, 이와함께 양조용수의 처리기술도 매우 다양하게 개발되어 이용되고 있다. 특히 최근에는 환경오염에 대한 심각한 우려와 함께 건강에 대한 사람들의 관심이 증폭되면서 좋은 물, 깨끗한 물에 대한 욕구가 폭발하기에 이르렀다. 술의 제조와 제품개발에 있어서도 기본이 되는 물에 대하여 점점 더 세심한 배려와 연구가 이루어질 것으로 본다.

## 1. 물의 기본특성과 양조공정

### 1) 물의 특성

물은 지구상에 있는 모든 동식물의 생존에 기본이 되는 물질로, 그 구조적 해명에 대해서 아직 완전하지는 못하지만 다른 물질과는 크게 다른 여러가지 특징을 가지고 있는 것으로 밝혀지고 있다.

즉 다른 물질에는 없는 성질로써 통상의 온도와 압력조건하에서 액체, 고체, 기체라는 3상이 존재하는 유일한 물질이며, 다른 액체에 비해 비점이나 융점이 매우 높다. 또 수소결합을 하고 있어 물은 성긴 구조를 유지하므로 다른 분자를 받아들이기 쉬운 구조를 가지고 있다. 물의 분자간 결합은 보다 강한 결합력을 가진 수소결합과 Van der Waals결합이 공존하고 있

### ■ 目 次 ■

1. 물의 기본특성과 양조공정
2. 술의 제조와 수질
3. 청 주
4. 맥 주
5. 위스키

어서 물분자 단독으로도 매우 큰 클러스터(Cluster)를 이루어 구조화하기도 하면서 끊임 없이 움직이고 있다.

## 2) 양조공정

양조식품은 제조공정상, 원료-미생물-숙성-제품이라는 일련의 단계를 거치게 되며 각 공정마다 물과의 관계가 매우 밀접하다.

원료를 물에 침지하거나 찌기도 하면서 물을 사용하여 먼저 원료를 변성시킨다. 변성시킨 원료에 미생물을 작용시키는 단계에서는 이용미생물의 최적생육조건을 만들어주는 것이 중요한데 미생물의 증식과 수분활성과의 관계가 제품의 최종수율등에 큰 영향을 미친다. 그리고 발효공정 후에는 원료에서 나오는 여러가지 성분의 용출과 함께 물의 상호작용이 특히 중요하게 작용하는 숙성기간을 거치게 된다. 숙성공정에서는 미생물의 증식과 아울러 품질을 결정하는 맛과 향이 용출, 생성되어 양조식품으로서의 특성이 형성된다. 이처럼 원료에서 제품에 이르기까지 어떻게 물을 효과적으로 이용하는가가 관건이 되는 것이다.

## 2. 술의 제조와 수질

청주와 맥주는 80~90%가 물로 이루어져 있어 물의 성분이 품질에 큰 영향을 미치게 된다. 포도주는 과즙 이외에 물을 첨가하지 않으므로 양조용수의 문제는 거의 없지만 양조 후 증류하여 만드는 소주와 위스키의 경우는 발효공정후에 原酒에 물을 희석하게 되므로 물이 직접 제품에 영향을 주게 된다.

청주의 제조공정에서는 白米를 씻고, 침지하여 찌는 공정에서 우선 白米에 대해 30~40%의 수분이 흡수되며 이후 사입시에 사입수를 白米의 130%정도 사용하게 되며, 맥주양조에

서는 맥주보리 사입량에 대해 약 3배량 이상의 물이 사용되는 것이 보통이다.

청주제조용수는 청주의 착색성분인 철과 망간이 0.02ppm이하이고 살균하지 않더라도 아질산태질소, 암모니아태질소와 대장균이 검출되지 않아야 하는 것이 기본조건이다. 맥주용수도 청주와 마찬가지로 무색, 무미, 무취하고 오염이 없어야 하므로 유해물질이 함유되지 않아야 한다. 현재는 수처리기술의 발전으로 장소에 따라서는 염소살균, 여과, 이온교환수지처리, 활성탄처리 등을 행하고 있다.

## 3. 청 주

청주의 주원료는 쌀과 물이지만 여기에 더하여 좋은 술을 만드는데 있어 중요한 역할을 하는 것이 미생물이다. 청주제조에 관계하는 대표적인 미생물은 국균과 효모균, 유산균으로 제조 각공정에서 미생물이 가진 다양한 능력에 의해 술이 만들어지지만 인위적으로 외부에서 미생물이 생육하는데 적절한 온도와 영양상태등을 조정하여 목적으로 하는 품질의 술을 만들게 되므로 미생물의 생육환경을 구성하는 요소의 하나로써 물이 중요하다.

세미, 침지공정에서 쌀에 흡수된 물의 특성은 증미시에도 남게되어 국공정에서 국균이 증미표면과 내부에 증식시 미묘한 영향을 주고, 증미자체에 함유된 물의 양이 국균의 생육에 큰 영향을 준다. 효모에 의한 주모공정, 주발효공정에서도 수질의 차이와 물과 쌀의 사용비율의 차이에 따라 효모균과 유산균의 생육에 영향을 미쳐 그 결과 맛과 향이 다양한 술이 만들어지게 된다.

### 1) 쌀과 물

쌀에 함유된 전분이나 단백질과 함께 硬度와

같은 물리적성상이 술의 품질에 영향을 주는 것은 당연하지만 쌀은 보존성이 우수하므로 각지역의 술제조공장에 있어 실제 쌀의 품질에 따른 격차는 없다고 보아야 무방할 것이다.

그러나 양조수로 쓰이는 원료수는 특정지역의 지하수를 이용하게 되므로 물의 특성에 따라 지역특유의 명주산지가 존재하게 되고 제품특유의 다양성이 풍부해지게 되므로 원료수가 지니고 있는 지역성이 크게 술제조에 영향을 미치게 된다.

## 2) 무기성분과 청주제조

예로부터 청주의 양조용수로 가장 중요시되었던 것이 물에 함유된 철의 함량으로, 철이 많으면 청주가 착색되어 버린다는 사실을 경험적으로 알고 있었다. 물에 다량의 철이 용해될 경우 황갈색으로 착색되어 청주의 품질이 나빠지게 된다. 이외에도 청주제조시 망간의 양이 많으면 광선에 의해 청주의 착색을 현저히 촉진하게 된다.

양조시 필요한 유효성분으로는 효모의 증식에 K 160ppm, Mg 10ppm PO<sub>4</sub> 30ppm정도가 필요하고, 발효시에는 절반정도가 필요하다. 일본에 있어 청주양조용수의 수질기준은 수도수의 수질기준을 충족하는 이상의 기준을 요구하고 있다.

〈표 1〉 일본의 청주양조용수 수질기준

성분	기준
성상	무색, 투명, 무미, 무취
pH	중성~약알칼리성
Fe, Mn	0.02ppm이하
유기물	10ppm이하
NO <sub>3</sub>	불검출
NH <sub>3</sub>	불검출
세균산도	0.5ml이하

## 3) 원료의 처리와 흡수

청주양조에 사용되는 백미는 정미비율이 70% 이하로 일반쌀에 비해 매우 낮은 것이 특징이다. 일본의 경우 최근 소비가 증가하고 있는 고급청주의 경우 정미비율을 60% 이하로 정하고 있어 정미율이 제품의 중요한 표시기준이 되고 있다.

쌀은 정미율이 낮아짐에 따라 전분 이외의 성분이 크게 감소하게 되는데 이에 따라 단백질 함량도 낮아져 국균의 프로테아제에 의해 생성되는 아미노산의 생성도 줄어들게 된다. 최근 고급청주에는 아미노산이 적은 청주가 선호되고 있으며 정미비율을 낮추면 지방의 조성이 변하여 향기성분이 많은 청주가 만들어진다. 이와함께 철, 망간등 유해성분도 정미비율이 낮아지면 감소하게 된다.

그러나 전체적으로 쌀중의 유효성분이 저하함에 따라 사입수에 있는 유효성분이 적은 경우에 발효시 무기성분의 부족이 나타나게 될 수도 있다.

백미를 물로 씻으면 미립에 부착된 糠이 제거되고 세미, 침지공정에서 20~40%의 수분이 흡수되고, 찌면서 다시 10%의 수분이 증가한다. 그러나 수분이 과하게 되면 효소력이 떨어지게 되므로 이 공정까지 백미 중량에 대해 약 40%의 수분이 흡수되도록 조절이 필요하다.

## 4) 탈기수의 이용과 정수

청주는 저장하여 숙성시킨후 제품화한다. 저장기간중에 가능한한 산화적조건을 피하기 위해 청주중의 용존산소를 탈기장치로 낮추기도 하고, 탈기장치로 용존산소를 제거한 물로 숙성을 조절하는 실험들이 이루어지고 있다. 청주의 양조용수를 수질기준에 맞도록 하기위해 이용되고 있는 정수법을 〈표2〉에 나타내었다.

〈표 2〉

청주제조용수의 정수방법

구 분	정 수 방 법	대 상
살균	자외선조사	미생물
산화·살균	염소처리	미생물, Fe, Mn
산화	기폭	Fe, Mn, 가스
	접촉산화	Fe
여과·흡착	모래여과	미생물, 협잡물
	석회석여과	Fe
	활성탄·조립탄여과	취기, Fe, 유기물, 암모니아
	망간제올라이트여과	Mn
	워터라이트여과	Fe, 암모니아, 유기물
	제올라이트여과	경도성분
	고정화탄닌여과	금속
	소효여과, 금속여과통여과	미생물, 협잡물
	메브레인필터여과	미생물, 협잡물
	세라이트여과	미생물, 협잡물
	필터프레스, 면여과기여과	협잡물
이온교환	이온교환수지처리	무기성분
	킬레이트수지처리	중금속
응집	폴리염화알루미늄, 황산알루미늄	Fe, Mn, 규산, 유기물
	전해법	Fe, Mn, 규산, 유기물
철박테리아	철박테리아	Fe, Mn

## 5) 일본의 청주산지와 물

지하수를 수원으로하는 일본의 경우 대표적인 청주산지의 물로서 “나다의 물”(灘水)이 있다.灘이라는 말은 명확한 지역의 명칭은 아니지만 六甲山系の 산들과 오사카만에 걸쳐진 西宮市에서 神戸市 灘區에 걸쳐 해안지대에 분포하는 청주의 제조지역을 통칭하는 말로 일반적으로는 灘五郷이라고 부른다.

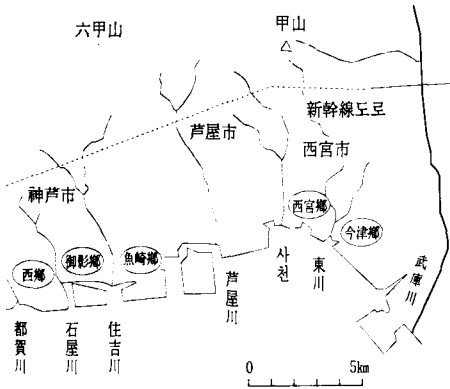
이곳이 17세기 이후 급속히 청주의 최대산지로 융성하게 된 원인은 오사카를 중심으로 한 풍부한 쌀시장과 술기술자들의 우수한 기술, 해군활동에 유리한 입지조건등 많은 요인

이 있으나, 이 가운데서도 수량이 풍부한 양질의 물을 가진것이 크게 영향을 미친 것으로 생각되고 있다.

이지역의 지하수를 六甲山の 지형과 지질에 강하게 영향을 받고 있는데 六甲山은 약 100만년전에 해저에 퇴적된 지층으로 지각변동에 의해 융기되어 이루어진 지대인데 지질학적으로는 흑운모화강암과 그 풍화된 사암으로 구성되어 있고 많은 단층이 종횡으로 이루어져 복잡한 지층을 형성하고 있다.

六甲山에서 흘러내리는 많은 하천에 의해 오랜세월에 걸쳐 화강암질의 점토, 모래, 돌등이 해안지대로 운반, 퇴적하여 현재의灘지역

을 형성하였다. 다행히 이 지역의 지층은 물흐름이 좋고, 토양성분이 녹아내리기 쉬우며 이 물질의 여과에 적합한 粒度를 가진 토양으로 형성된 층이 광범위하게 비교적 얇은 지층에 발달해 있다. 이처럼 이지역이 일본최대의 청주 명산지로 유명하게 된 주요인의 하나가 미야미즈(宮水)의 사용이라는 것은 오래전부터 잘 알려져 있는데 宮水지대는 독특한 지층구조에 의해 불과 지하 5~6m에 수층이 존재하고 있다.



[그림 1] 灘五郷의 위치

지표면에서 약 1m는 매우 치밀한 표토가 덮혀져 있어 비가 직접 수층대로의 침입을 막고 있으므로 호우가 오더라도 물이 탁해져서 성분이 변하는 일이 없다. 표층 밑으로 입경 2mm 이하의 모래층이 있으며 모래층 밑으로는 물을 통과하지 않는 점토층이 있다. 지표면에서 점토층까지의 깊이는 약 6m로 점토층보다 깊이 내려가면 수질이 나빠진다. 따라서 宮水の 우물들은 지표에서 약 5m에 위치하는 전형적인 표층지하수이다. 이들 수층의 경사가 다른지역에 비해 대단히 완만하기때문에 이 수층을 흐르는 물의 속도가 늦어져서 토양입자로부터 여러가지 화학성분이 용해되게 되고 또 토양입자의 흡착작용과 여과작용에 의해 이물질이 제거되기에 적당한 구조로 이루어져

있다.

6) 宮水の 수질

<표3>은 宮水の 수질을 다른 일본 전국지역의 물과 비교한 것으로 K, Ca등 미네랄성분이 매우 많이 함유되어 있고 미생물의 활동에 중요성분인 인산이 풍부히 함유된 것이 특징이다.

<표 3> 청주용수의 성분비교 (단위 : ppm)

성분	宮水 평균치	타지방 평균치
Ca	3.72	27.0
Mg	5.6	6.9
K	19.7	11.9
Na	32.1	32.1
PO <sub>4</sub>	6.9	0.5
Fe	0.002	0.006

이외에도 특수한 성분으로 붕산과 바나륨이 많은것이 특징인데 이들 성분은 미량이지만 생체조직에서 중요한 생화학적작용을 하는 것으로 효모균등 양조미생물의 활동에 좋은 영향을 주는 것으로 생각되고 있다. 한편 청주를 착색시키는 철분은 매우 적기 때문에 어떤 수처리도 필요치 않아 그대로 사용하기 때문에 처리코스트가 매우 낮은 물이라 할 수 있다.

4. 맥주

1) 제조공정과 물

맥주의 제조에는 먼저 맥아가 필수적으로 맥아는 맥주보리를 침지하여 제조한다. 제맥중의 물사용량은 설비에 따라 다르지만 맥아 1

〈표 4〉

맥주제조공정중 물의 용도와 사용량

공 정		사용하는 물의 용도	물사용량 <sup>1)</sup>
사 입	분쇄		2.0~3.0
	당화	맥아, 부원료용해·용기세척	
	맥즙여과	맥층 엑기스, 용기세척	
	맥즙자비	맥즙농도조정, 용기세척	
	맥즙냉각	용기·배관세척살균	
발효, 저장		탱크·배관세척살균	1.0~1.5
맥주여과		탱크, 여과기, 배관세척살균	1.0~1.5
병 입		용기, 배관세척살균	2.0~2.5

1) 물사용량은 맥주 1kl당 물사용량(m)

톤에 6~12m<sup>2</sup>정도 사용한다. 제맥용수의 품질이 맥주양조에 있어서 중요한 것은 아니고 보리의 흡수와 발아를 위하여 사용하는 물의 온도관리가 중요하다. 이후 맥주의 제조공정은 크게 양조공정과 포장공정으로 나눌때 각공정에서 사용되는 물의 양을 〈표4〉에 나타내었다. 보통 맥주 1l를 제조하기 위해서 6~8l의 물이 필요하고 이가운데 사입공정에서 사용한 물이 맥즙이 되고 이후에는 원칙적으로 물의 혼입이 없으므로 사입용수가 맥주의 품질에 큰 의미를 가지게 된다. 따라서 일반적으로 맥주양조용수라고 하면 사입용수를 말하게 된다.

## 2) 좋은 물의 조건

맥주양조용수는 무미, 무취, 무색투명하여 적어도 음료수로 적합하지 않으면 안되지만 맥주공장에서는 보다 엄격한 수질기준을 설정하고 있는 것이 일반적이다(표5).

맥주양조용수는 특히 물중의 칼슘과 마그네

슘이온 함유량을 나타내는 경도가 중요한데, 일반적으로 물 1l 중의 CaCO<sub>3</sub>의 mg(ppm)으로 나타내며 맥주업계에서는 1l 중 CaO 10mg을 1단위로 하는 독일경도(°dH)가 널리 사용된다.

$$\begin{aligned} 1^{\circ}\text{dH} &= 10\text{mg CaO} / \text{l} = 7.1\text{mgCa}^{2+} / \text{l} \\ &= 17.9\text{mgCaCO}_3 / \text{l} \\ &= 7.2\text{mgMgO} / \text{l} = 4.3\text{mgMg}^{2+} / \text{l} \end{aligned}$$

일반적으로 산뜻한 담색맥주의 양초에는 연수가 적합하고 농순한 농색맥주에는 탄산염경도가 높은 경수가 쓰이고 있다. 세계적인 맥주생산지의 수질을 보면 〈표6〉과 같이 뮌헨의 물은 경수로, 탄산염경도가 높아 전통적인 농색맥주의 양조에 적합한 것을 알 수 있다. 이와는 반대로 담색으로 호프의 향이 특징인 필젠의 수질은 연수에 속한다.

사입공정에서 맥즙의 pH는 5.5~6.0이지만 보다 산성측으로 가게되면 당화, 단백질분해등 효소작용을 촉진하여 결과적으로 맥주의 발효도를 높이고 또 맥즙을 끓일때 단백질의 응고

〈표 5〉

맥주양조용수의 일반적 수질기준

항 목	기 준 치	항 목	기 준 치
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	≤ 1 ppm	Pb	불검출
Cl <sup>-</sup>	≤ 20 ppm	Cr <sup>6+</sup>	"
KMnO <sub>4</sub> 소비량	≤ 2 ppm	Cd	"
일반세균	0	As	"
대장균군	불검출	F	"
CN <sup>-</sup>	"	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	≤ 100 ppm
Hg	"	페놀류	≤ 5 ppm
유기인	"	음이온계면활성제	≤ 0.54 ppm
Cu	≤ 0.1 ppm	잔류염소	0~0.1 ppm
Fe	≤ 0.1 ppm	증발잔사	≤ 200 ppm
Mn	≤ 0.05 ppm	pH	6.5~7.2 ppm
Zn	불검출	용존실리카	≤ 10 ppm

〈표 6〉

주요맥주생산지의 수질

항 목	단 위	민 헨	필 젠
총경도	°dH	14.80	1.15
칼슘경도	°dH	10.60	0.98
마그네슘경도	°dH	4.20	0.17
탄산염경도	°dH	14.20	0.85
비탄산염경도	°dH	0.60	0.30
알칼리도	°dH	10.57	0.55
증발잔사	ppm	284	51
Cl <sup>-</sup>	ppm	1.6	5.0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ppm	7.5	4.3

를 좋게하여 맥즙의 광택을 좋게한다. 역으로 pH가 상승하면 맥즙점도의 상승에 따라 엑기스수율의 감소, 맥아각피로 부터 폴리테놀의 용출에 따라 맥주향미, 내구성의 저하등이 발생하게 된다. 이때문에 담색맥주의 양조에 있어서는 맥즙의 산도를 높이는 것이 맥주의 품

질향상에 관련이 있다. 반대로 농순맥주에 있어서는 이러한 작용이 마이너스가 된다.

### 3) 양조용수의 처리법

일반적으로 연수가 담색맥주양조에 적합하

지만 목적에 따라 특별히 처리하는 경우도 있고, 유럽과 같이 경도가 높은 물을 쓰는 지방에서 담색맥주를 양조할 때는 수처리시설이 필수적이다.

맥주양조용수처리법으로는 a. 석고, 염화칼슘의 첨가, b. 자비에 의한 경도의 저하, c. 석회수첨가에 의한 경도의 저하, d. 이온교환수지처리법등이 이용되고 있고 이외 역침투법, 전기투석법등도 실용화되어 있다.

최근에는 맥주양조기술, 수처리기술의 발달에 따라 같은 공장에서도 여러가지의 고품질 맥주양조가 가능해졌고 세계 어느곳에서 생산하더라도 같은 맛을 내는 맥주의 생산도 가능해졌다. 그러나 전통적으로 그 지방의 물이 맥주품질에 미치는 영향이 크기 때문에 그 지방의 물과 풍토가 독자적인 품질의 맥주를 만들어왔다. 따라서 최근 선진국에서 확대되고 있는 지역특산맥주의 생산과 아울러 맥주회사의 신제품개발에 있어서 물이 가진 의미가 앞으로 더욱 중요시 될 것으로 생각된다.

## 5. 위스키

### 1) 위스키통과 수분

위스키제조는 기본은 원주(原酒)를 수년에 걸쳐 통에 저장, 숙성시키는 것이므로 저장통에 대한 주의가 무엇보다 중요하다. 통을 용기라는 측면에서 볼때 무엇보다 적합한 재질을 선택하여야만 하므로 목재는 완전히 성장한 화이트오크를 사용하고 있다.

통을 조립하기까지 물과의 관계에 대하여 세심한 주의를 기울여야 하는데 우선 벌채직 후에는 목재의 함수율이 80% 이상이 되기때문에 벌채후 자연건조에 의해 서서히 평형함수율에 이르도록 한다.

자연건조과정에서 자유수는 바로 제거되지

만 세포벽내에 흡착된 결합수를 제거하는데는 오랜시간이 필요한데 보통 목재가 1인치 두께 일때 1년이 소요된다고 한다. 목재의 함수율이 저장소의 습도와 평형을 이루지 못할때 통을 만든후에도 건조가 진행되는 경우가 있다. 자유수가 존재하지 않는 함수율 즉 섬유포화점 이하의 함수율영역에서는 목재의 건조도와 압축강도가 비례하여, 함수율 12%에서의 압축강도는 생목재의 2배에 달하게 된다. 자유수가 제거된 함수율 20% 영역에서는 거의 수축이 일어나지 않지만 목재의 수축률은 목재의 제재방향, 연령에 따라 다르므로 강도와 건조도가 다른 목재로 통을 만들 경우 변형이 일어날 가능성이 있어 자연건조에서도 많은 주의가 필요하다. 관능이 중요한 기호품을 장기간 통속에 저장하는 것이므로 철제못이나 접착제를 일절 사용하지 못하므로 통의 제조에도 여러가지 배려가 필요하다.

### 2) 위스키의 성질

오크통에 증류한 위스키를 수년간 저장하면 매우 부드러운 향미의 품질로 변하게 되며 이것을 숙성이라 한다. 이러한 숙성현상에는 위스키의 주성분인 물과 에타놀이 상호관여하여 특이한 화학적성질을 가진 두 성분에 의해 위스키가 만들어지게 된다.

#### 가. 물

물은 다른 유기용매와는 달리 a. 분자량에 비해 비점이 매우 높다. b. 증발열, 증발의 엔트로피가 매우 높다. c. 비열이 크다. d. 밀도의 감소가 온도의 상승에 비례하지 않고 4°C에서 가장 큰 밀도를 가진다는 등의 특별한 성질을 가지고 있다. 이러한 성질은 물의 분자구조와 무관하지 않은데 수소결합을 하고 있는 물분자는 주위와 특이한 상호작용을 가지



고 있어, 이것이 물이 자연계에서 다면적인 관계를 가지도록 하는 것으로 생각된다. 위스키의 경우에도 마찬가지로 물은 에타놀과 또 다른 성분과 특이한 상호작용을 가짐에 따라 위스키의 성질을 부여하는데 관여하고 있다.

나. 에타놀

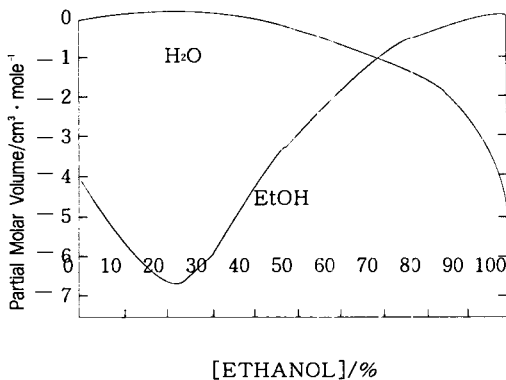
에타놀은 사람이 물이외에 섭취할 수 있는 용매이지만 물과 같이 극성이 강한 액체로, 두 용매가 함께 어우러져 오묘한 화학작용을 만들어내게 된다.

예를들어 위스키에 물을 가하면 체적의 수축이 일어나고 발열하게 되는데 이와함께 에타놀과 물의 특이한 화학작용이 일어나게 된다.

물과 에타놀의 혼합시, 에타놀농도 40% 부근에서 최대발열량이 나타나고, 혼합후 에타놀농도 60% 부근에서 체적의 감소량이 최대가 된다고 한다. 이와같은 에타놀수용액의 특성에서와 같이 농도에 따라 여러가지 상호작용이 이루어진다는 것을 시사하고 있다.

에타놀과 물이 각각의 농도변화에 따라 어떠한 거동을 나타내는지 검토한 것이 [그림 2]이다. 에타놀과 물분자 각각이 접히는 체적과 에타놀농도와의 관계를 나타낸 것이다.

물분자와 에타놀분자는 일정한 체적을 가지

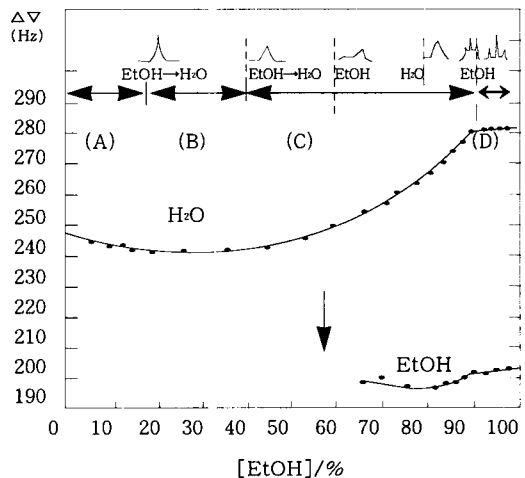


[그림 2] 에타놀수용액의 부분몰체적과 주정농도(0°C)

고 있는것이 아니고 에타놀농도의 변화에 따라 커지거나 줄어들고 있다. 물분자는 에타놀농도가 증가함에 따라 약간 커져 에타놀농도 20%에서 최대체적을 나타낸다. 40% 부근에서 純水와 거의같은 체적을 보이고 농도가 더 증가하면 체적이 감소하여 90% 이상에서는 급격히 수축된다. 한편 에타놀분자는 물분자의 체적변화와 밀접하게 신축하지만 변화는 전혀 다르게 나타나 에타놀농도가 증가함에 따라 감소하여 에타놀농도 20%에서 최소체적을 나타낸다.

이 농도에서 물분자는 가장 늘어난 상태로, 물분자에는 많은 공찰(cavity)이 있어 에타놀분자가 여기에 끼어들어간 상태이기 때문에 이러한 결과가 나타나는 것으로 해석된다. 이처럼 에타놀농도의 변화에 따라 복잡한 거동을 나타내는 에타놀수용액의 구조에 대해서 IR, NMR, 열분석등의 여러가지 장치에 의해 많은 검토가 이루어졌다.

[그림3]은 에타놀수용액의 농도에 따른 물과 에타놀의 OH프로톤의 시그널 위치와 함께 NMR의 Line Shape를 나타낸 것으로, 에타놀



[그림 3] 에타놀수용액의 OH시그널과 주정농도와의 관계

농도 20%에서 물의 프로톤시그널이 가장 낮은 자장으로 시프트하여 이때 물의 구조가 가장 견고한 상태에 있는 것으로 해석되며 이것은 [그림2]의 물분자가 커진상태에 있다는 해석과 일치하고 있다.

또 물의 시그널 Line Shape가 변화하지 않는 0~40%의 영역에서는 물의 구조가 유지되고 에타놀 시그널의 위치와 Line Shape가 변화하지 않는 96~100% 영역에서는 에타놀 본래의 구조가 유지되고 있는 것을 나타내고 있다.

이외에도 시차주사열량계(DSC)를 이용한 에타놀수용액의 용해개시온도(용점)에 대한 실험에서도 에타놀의 용점이 농도 40%를 경계로하여 -74°C에서 -63°C로 옮겨진다고 한다. 이러한 결과에서 볼때 에타놀농도 40%에서 에타놀과 물의 상호작용이 급격히 변화하여 40%이하에서는 에타놀의 용점이 저온측으로 옮겨지고, 40%이상 농도영역에서는 에타놀에 대한 물의 量比가 큼에도 불구하고 에타놀에 미치는 물의 영향이 약한 것으로 해석된다. NMR의 측정결과에서와 같이 에타놀농도 0~40%에서는 물의 구조가 유지되어 물분자가 에타놀에 미치는 영향이 비교적 약한 상태에 있다는 것을 알 수 있다. 위스키, 브랜디 등 많은 증류주의 에타놀농도가 40% 전후이고 대부분 물의 구조가 유지되고 있는 농도영역에서 증류주를 마시고 있다는 사실이 매우 흥미로운 점이다.

### 3) 위스키의 숙성

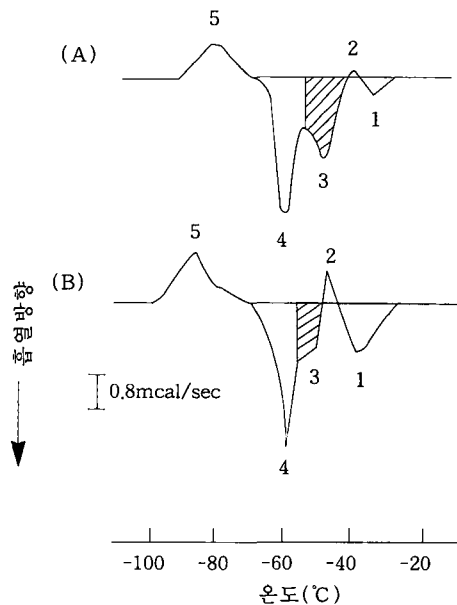
증류한 미숙성 위스키를 오크통에 저장하면 저장중에 향기성분이 증가하고 이것과 어우러져 에타놀이 가진 자극적인 맛이 감소하면서 불가사의한 향취를 내게된다.

숙성의 원인에 대해서도 많은 연구가 이루어

어져 왔고 특히 저장중에 일어나는 산화, 에스테르화, 아미노카보닐화, 아세탈화반응등을 통해 어떠한 향기성분이 생성되는지를 중심으로 이루어졌다.

위스키의 숙성에 따른 변화를 DSC에 의해 측정된 결과 [그림4] 저장전후의 말트위스키와 에타놀수용액간에 기본적인 패턴의 차이는 나타나지 않았으나 저장한 위스키와 저장하지 않은 위스키와는 피크에서 큰 차이가 나타나는데 저장위스키에서는 에타놀의 용해를 나타내는 피크1이 작고 물과 에타놀의 공용피크인 3이 크게 나타난다.

[그림 4] 저장후 말트위스키(A)와



저장전(B)의 용해 서모그램

각피크면적에서 구해진 열량은 각상변화의 양적크기에 대응하고 있다.<표 7> 이 결과로 저장위스키는 저장전에 비해 단독으로 용해하는 상태에 있는 에타놀과 물은 적고 공용상태에 있는 에타놀과 물이 많다는 것을 보여준다.

위스키를 저장함에 따라 에타놀과 물의 상호작용이 진전된 상태로 이행하는 것을 알 수 있다.

위스키는 에타놀농도 60% 부근에서 수년간 오크통에 저장되어 43% 정도로 제품화된다. 이때 블랜딩조작에 의해서도 저장위스키에서 관찰된 에타놀과 물의 상호작용이 진행된 상태는 소멸되지 않는다. 그리고 에타놀과 물의 상호작용은 저장년수에 비례하여 진행되며 재증류하면 저장전의 상태로 되돌아가 버린다.

무엇이 에타놀과 물의 상호작용을 촉진시키는 것인가에 대한 답은 아직까지 “시간”이라는 설이 공감을 얻고 있다. 시간이 경과함에 따라 물과 에타놀의 프로톤이 대단히 빠르게 치환되면서 회합이 진행된다는 것이다.

〈표 7〉 저장전후 말트위스키의 융해과정에서 관찰된 흡·발열피크의 열량비교(J/g)

	저장전위스키	저장후 위스키
피크 1	24.5	10.1
피크 2	-3.3	-2.2
피크 3	3.3	26.7
피크 4	43.2	34.0
피크 5	-30.0	-23.4

한편 저장위스키중 오크통에서 유래한 불휘발성분 가운데 에타놀과 물의 상호작용에 영향을 미치는 것에 대해서도 검토되었다. 저분자량의 성분으로는 무기염류가, 고분자량의 성분으로는 리그닌과 그 분해물이 기여하는 것으로 알려져 있으며, 저장중에 관찰된 에타놀과 물의 회합현상에 하나의 요인으로 무기염류와 리그닌의 분해물이 중심이 되어 영향을 미치고 클러스터를 형성하는 것이 시사되고 있다.

우주공간에서와 같이 진공상태에서 분자간

클러스터를 측정하기 위해 개발된 고속액체크로마토그래피·젯트식 질량분석장치를 이용한 실험에서, 에타놀농도 43%의 말트위스키를 측정하였을때 물분자만으로 이루어진 일련의 클러스터는 거의 관찰되지 않았고 에타놀분자의 2량체, 3량체의 순으로 클러스터를 형성한 것과 각 에타놀 클러스터가 일련의 물 클러스터와 회합한 것이 혼합상태로 존재하고 있다는 것이 밝혀졌다. 이 경우 물분자와 에타놀분자의 몰비는 약 4 : 1로 약 80%는 물분자이면서 물분자만의 클러스터는 거의 관찰되지 않았다.(순수한 물을 측정하면 물만의 다량체가 관찰된다.)

에타놀분자가 가진 친수성과 소수성과의 균형이 에타놀·물 클러스터의 안정성에 기여하고 그 결과 물 클러스터보다 안정하다는 것이 이유로 추정된다.

또 위스키중에 존재하는 향기성분도 각각 물, 에타놀 혹은 향기성분끼리 클러스터를 형성하고 있는 것으로 밝혀졌다. 예를들면 이소아밀알코올과 물, 에타놀과의 클러스터, 이량체등의 존재가 확인되었다. 이처럼 위스키는 물, 에타놀, 수많은 미량성분들의 클러스터 사이의 평형상태에 의해 형성되는 것으로 추측되고 있다.

#### 【 참고문헌 】

1. “おいしい水, 健康によい水”, 食品加工技術, vol. 11, no. 2, p. 61-71, 1991
2. “醸造食品と水(1)”, 調理科學, vol. 26, no. 2, p. 178-185, 1993
3. “醸造食品と水(2)”, 調理科學, vol. 26, no. 3, p. 253-260, 1993
4. “醸造に合た製造水について”, 食品加工技術, vol. 15, no. 1, p. 55-59, 1995
5. “ビールヒ”, 冷凍, vol. 70, no. 807, p. 50-53, 1995

6. “最近の機能水について”, 食品加工技術,  
vol. 13, no. 1, p. 51-59, 1993

7. “ウイスキーと”, 食品加工技術, vol. 13, no.  
1, p. 60-67, 1993

雨餘觀山色, 景象便覺新妍. 夜靜聽鍾聲, 音響尤爲清越.

비 개인 뒤에 산빛을 보면 더욱 청신하고 고우며, 고요한 밤  
에 종소리를 들으면 그 소리가 더욱 맑고 높으니라.

- 菜根譚 중에서 -