

술의 색체 관리



오 경 철

〈전북산업대학교 식품공학과 교수〉

1. 서 론

70년대 자동차색은 검은색 일색이었으나, 오늘날은 파스텔 색조까지 등장할 만큼 밝아졌다. 자동차에서와 같이 술에서도 소비자들은 술 고유의 깨끗한 색을 요구하고 있다. 식생활이 고급화됨에 따라 소비자의 기호도 까다로와 졌으며, 술의 품질요소중 색이 차지하는 비중도 커졌다. 소비자는 병에 들어있는 술을 맛을 보고 사지 않는다. 다만 기억해둔 맛과향, 목넘김 감촉등을 기대하면서 술을 산다. 구매단계에서 색은 직접확인할 수 있는 품질요소라는데 그 중요성이 있다. 더구나 술색과 술맛은 고도의 유의성을 갖는 경우가 많다. 즉 색으로 맛등을 예측하는 것은 대부분의 경우 현명하다.

술은 각기 고유한 색상을 갖는다. 제조자들은 자기술의 색상특성을 잘 파악하고 관리해야한다.

본고에서는 객관적인 색의 평가방법, 포도주, 맥주, 청주의 색특성을 논하였으며, 가장 보편적인 색소성분인 멜라노이딘과 카라멜 용액을 활성탄으로 탈색시킬때 색소의 감소와 최대 탈색율을등을 예측할 수 있는 방법등에 대하여 논하였다.

2. 색의 객관적인 측정방법

2.1. 색도계의 원리

물리학적으로 색은 강도와 파장으로 측정할 수 있는 빛의 특성이다. 우리가 색을 느낄 수 있는 가시광선의 파장은 380~770nm이다.

빛이 전가시광선영역에서 물체에 의해 모두 반사되면 그 물체는 흰색으로 보인다. 반정도만 흡수되고 나머지가 반사되면 회색으로 보인다. 또 완전히 흡수되면 흑색으로 보인다. 파장에 관계없이 가시광선 영역에서의 전반적인 반사정도를 명도(lightness 또는 value)라고 한다.

400~500nm의 파장이 많이 반사되면 청색, 500~

目 次

1. 서 론
2. 색의 객관적인 측정방법
3. 술의 색
4. 갈색색소의 탈색

600nm의 파장이 많이 반사되면 녹색내지 황색으로 보이며, 600~700nm의 파장이 주로 반사되면 적색으로 보인다. 특정파장에서 반사되는 빛의 양을 물리학적으로 순도(purity)라 하고 심리학적으로는 강도(intensity) 또는 채도(chroma)라 한다. 또 특정파장의 빛을 선택적으로 반사할때, 특정색으로 보이게 되는데, 이것을 물리학적으로 지배파장(dominant wavelength)이라 하며 심리학적으로는 색상(hue)이라 한다.

우리눈의 망막에는 명암의 정도를 감지하는 막대형세포와 색을 감지하는 원추형세포가 있다. 원추형세포는 세종류가 있는데 이들은 각각 적색, 청색, 녹색을 감지할 수 있다.

그러므로 색을 측정하기 위한 색도계는 눈의 구조를 모방한 구조에서 반사 또는 투과광선의 강도를 측정하는 3자극 색도계(tristimulus colorimeter)가 좋다.

가시광선에 대하여 우리눈과 똑같이 반응하는

세가지 필터를 만들어 \bar{X} (적색), \bar{Y} (녹색), \bar{Z} (청색)로 하고 조사광선이 물질로부터 다시 반사되는 방사에너지 중에서 이들 필터를 투과하는 에너지의 크기를 측정하는 것이 3자극 색도계의 기본 원리이다.

2.2. CIE 표준색체계의 삼자극치와 채도계수의 계산

3자극색도의 표준은 국제조명위원회(international commission of illumination, CIE)의 CIE표준색체계로, X(적색), Y(녹색), Z(청색)의 3자극치로 색을 표현하는 것이다. 3자극치의 값은 조명의 세기에 따라 달라지므로 아래와 같이 세가지의 표준광원을 제정하였다.

illuminant A : 백열램프(2854 °k)

illuminant B : 정오의 태양광(5000 °k)

illuminant C : 흐린날의 밝기(6800 °k)

〈표 1〉 광선A(백열구) 밑에서 각 파장에 대한 표준눈의 \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} 값

파장(nm)	\bar{X}	\bar{Y}	\bar{Z}
380	1		6
90	5		23
400	19	1	93
10	71	2	340
20	262	8	1256
30	649	27	3167
40	926	61	4647
450	1031	117	5435
60	1019	210	5851
70	776	362	5116
80	428	622	3636
90	160	1039	2324
500	27	1792	1509
10	57	3080	969
20	425	4771	525
30	1214	6322	309
40	2313	7600	162
550	3732	8568	75
60	5510	9222	36
70	7571	9457	21
80	9719	9228	18

파장(nm)	\bar{X}	\bar{Y}	\bar{Z}
90	11579	8540	12
600	12704	7547	10
10	12669	6356	4
20	11373	5071	3
30	8980	3704	...
40	6558	2562	...
650	4336	1637	...
60	2628	972	...
70	1448	530	...
80	804	292	...
90	404	146	...
700	209	75	...
10	110	40	...
20	57	19	...
30	28	10	...
40	14	10	...
750	6	2	...
60	4	2	...
770	2	...	...
총계	109828	100000	35547

〈표 2〉 광원B(정오의 햇빛) 밑에서 각 파장에 대한 표준준의 \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} 값.

파장(nm)	\bar{X}	\bar{Y}	\bar{Z}
380	1	...	4
90	3	...	15
400	14	1	67
10	57	2	257
20	203	6	972
30	494	21	2410
40	669	44	3360
450	684	78	3516
60	612	126	2819
70	428	199	1843
80	217	315	1069
90	74	478	610
500	11	724	342
10	20	1087	166
20	135	1512	93
30	364	1897	47
40	671	2204	21
550	1041	2390	10
60	1455	2435	5
70	1862	2326	4
80	2206	2095	3
90	2420	1785	2
600	2477	1472	1
10	2356	1182	1
20	2024	903	...
30	1545	637	...
40	1089	425	...
650	702	265	...
60	413	153	...
70	219	80	...
80	116	42	...
90	55	20	...
700	27	10	...
10	13	5	...
20	6	2	...
30	3	1	...
40	1	1	...
750	1	...	...
60	...	...	...
770	...	...	...
총 계	24685	24923	21240

〈표 3〉 광원C(보통일광) 밑에서 각 파장에 대한 표준준의 \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} 값.

파장(nm)	\bar{X}	\bar{Y}	\bar{Z}
380	4	...	20
90	19	...	89
400	85	2	404
10	329	9	1570
20	1238	37	5949
30	2997	122	14628
40	3975	262	19938
450	3915	443	20638
60	3362	694	19299
70	2272	1058	14972
80	1112	1618	9461
90	363	2358	5274
500	52	3401	2864
10	89	4833	1520
20	576	6462	712
30	1523	7934	388
40	2785	9149	195
550	4284	9832	86
60	5880	9841	39
70	7322	9147	20
80	8417	7992	16
90	8984	6627	10
600	8949	5316	7
10	9325	4176	2
20	7070	3153	2
30	5209	2190	...
40	3693	1443	...
650	2349	886	...
60	1361	504	...
70	708	259	...
80	369	134	...
90	171	62	...
700	82	29	...
10	39	14	...
20	19	6	...
30	8	3	...
40	4	2	...
750	2	1	...
60	1	1	...
770	1	...	...
총 계	98041	10000	118103

각 광원에 대하여 3자극치를 구하는 방법은 아래와 같다.

- (1) 시료의 반사율을 380nm에서 770nm까지 매 10nm마다 분광기로 측정한다.
- (2) 측정 반사율에 동일한 광량에서 측정된 표준준의 해당파장에서의 \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} 를 곱하여, 각 파장에서 X, Y, Z값을 구한다.
- (3) $\sum x$, $\sum y$, $\sum z$ 를 구하고, 각 값을 1000으로 나눈값을 삼자극치(tristimulus value)라고 한다.

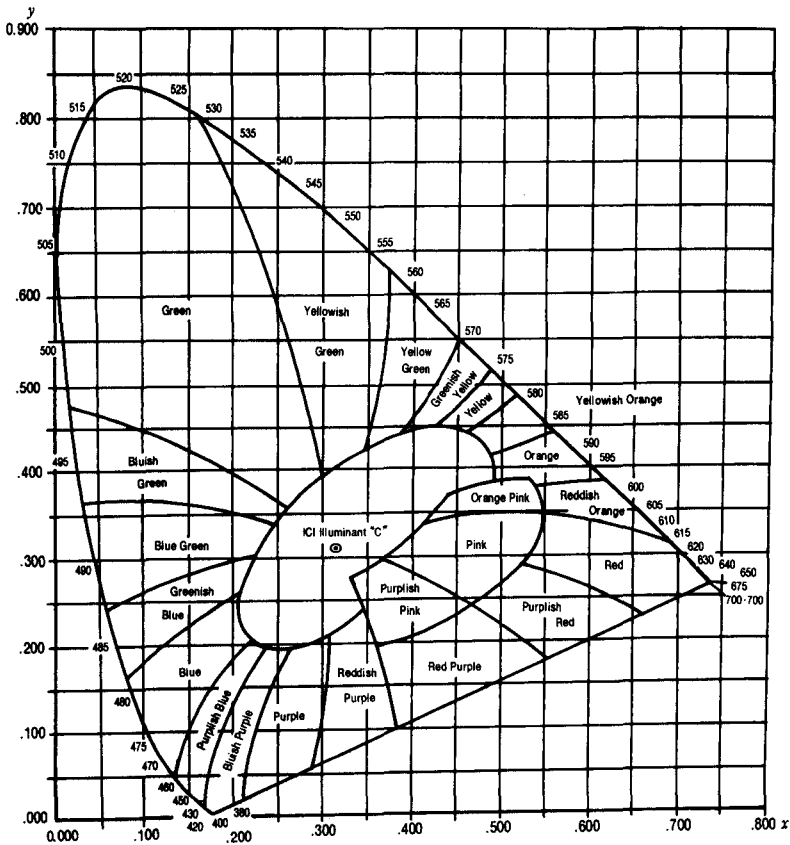
(4) 각 채도계수 x, y, z는

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad \text{같이 구한다.}$$

또 xy를 좌표로 하여 일정광량에서의 색채범위를 나타낸것을 맥아담의 한계(Macadanis limit)라 하고, 이 한계는 광도가 증가될수록 감소된다. [그림 1]은 CIE 색체계의 xy색채도표(광원 c)이다.

[그림 1] CIE 색체계의 xy 색채도표



2.3. 기타색체계

CIE 표준색체계가 가장 완벽한 색체계라고 하는데에는 이론의 여지가 없지만, 그 외에 Munsell색체계, Hunter색체계 등도 쓰이고 있다.

또 술의 색특성에는 3자극의 어느 부분을 생략해도 무난한 경우가 많으므로 품질관리나 신제품 개발등을 위한 색 측정시 각 제조사마다 제품의 특성에 맞고, 편리한 측정법을 확립하여 관리할 필요가 있다.

3. 술의 색

3.1. 포도주의 색

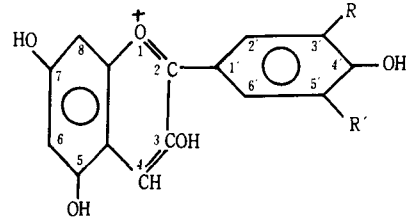
(1) 안토시아닌(anthocyanin)계 색소

포도의 적색색소인 안토시아닌계 색소는 대부분 포도과피층에 존재하며, 탄닌, 플라보노이드, 알카로이드, 철이온등의 금속이온, 산도, pH등에 영향을 받는다. 탄닌과 플라보노이드는 청색을 띄며, 철이온을 첨가하면 보라색이 된다. 산성에서는 적색이 짙어지지만, 중성에서는 자주색, 알칼리성에서는 청색으로 변색한다.

포도의 안토시아닌 함량은 숙성시의 온도에 크게 영향을 받는다. 낮은 기온 낮으면(15℃) 많이 생성되며, 높으면(35℃) 적게 생성된다.

안토시아닌계 색소는 안토시아닌, 아실화 안토시아닌(acylated anthocyanin)과 적색 탄닌색소(red tannin pigment)로 분류할 수 있다. 안토시아닌은 안토시아닌딘(anthocyanidin)의 배당체로 [그림 2]에서 보는 바와 같이 시아닌딘(cyanidin), 페오니딘(peonidin), 델피니딘(delphinidin), 말비딘(malvidin)등이 알려져 있다. 안토시아닌의 배당체로는 3-monoglucoside, 3,5-diglucoside가 대부분이며, 아실화안토시아닌은 acetic acid, p-coumaric acid, caffeic acid의 아실화화합물이 많다.

[그림 2] 안토시아닌딘



Cyanidin	R=OH, R'=H
Peonidin	R=OCH ₃ , R'=H
Delphinidin	R=R'=OH
Petunidin	R=OCH ₃ , R'=OH
Malvidin	R=R'=OH ₃

안토시아닌딘은 그 기본 구조식에서 2번위치 페닐기에 수산기가 한개있는 경우, 두개있는 경우, 세개있는 경우에 따라 분류된다. 이들중 pelargonidin이 가장 빨간색이 강하며, cyanidin, delphinidin의 순서로 청색이 짙어진다.

Nagel(1978)이 고속액체크로마토그래피를 이용하여 Cabernet sauvignon 포도의 과즙을 발효시키면서 안토시아닌 함량을 측정된 결과, malvidin-3-monoglucoside와 malvidin-3-monoglucoside-acetate가 전체 21종의 안토시아닌중 60%의 함량을 차지하였다. 또 malvidin-3-monoglucoside는 발효 3일후 165ppm에서 246일 후에는 10ppm으로 급속히 소실되었고, 이점은 다른 안토시아닌도 마찬가지였다. 그러므로 5-7년 저장된 포도주의 색은 이들의 화합물에 의한것이지 과즙에서 유래된 안토시아닌 자체의 색은 아니다.

(2) 황색색소

포도주의 황색, 녹색계 색소로는 엽록소(chlorophyll), 카로틴(carotene), 잔토피(xanthophyll), 플라본(flavone)등이 있다. 엽록소는 미숙된 포도에는 많으나 성숙되면 없어진다. 포도의 황색계 색소의 주성분은 플라본 유도체인 플라

보놀(flavonol)이다.

(3) 갈변

폴리페놀(polyphenol)성 물질의 산화가 주원인이다. 적포도주에서는 적색색소가 침강, 퇴색, 갈변되며, 백포도주의 경우는 갈변만 된다.

포도주의 갈변은 폴리페놀 함량, 온도, pH, 효소(polyphenol Oxidase) 함량에 영향을 받으며 그중 폴리페놀 함량에 가장 큰 영향을 받는다. 철, 구리이온은 갈변을 촉진하며 SO₂는 갈변을 저해한다.

(4) 색측정 방법

Amerine(1959)등은 Munsell 색체계를 이용하는 방법과 CIE 표준색체계를 이용하는 방법을 비교하였다. 14종의 포도주에 대한 실험결과 CIE 표준색체계를 이용하는 방법이 포도주의 색을 가장 잘 나타낼 수 있는 방법이라고 결론지었다.

하지만 현장에서는 아직도 여러 전통적인 색측정 방법들이 사용되고 있다.

3.2. 맥주의 색

맥주색의 대부분을 맥즙제조과정에서 생성되는 갈변물질이다. 갈변물질은 주로 아미노 카보닐반응(amino-carbonyl reaction)에 의해 생성되며 폴리페놀의 효소적산화 및 비효소적산화에 의해서도 생성된다. 아미노 카보닐반응에 의해 생긴 갈색색소인 멜라노이딘(melanoidin)은 안정하여 발효과정중 탈색되지 않고, 맥주색의 주류를 이룬다.

(1) 아미노 카보닐 반응

밀리아드(maillard)반응이라고도 하며 아미노기과 카보닐기가 결합하여 반응이 시작되고, α-D-carbonyl 화합물의 생성을 경유하여 갈색의 멜라노이딘 색소를 생성하는 복잡한 반응이다.

대맥이 발아를 시작하면 곡립의 단백질과 전분이 아미노산과 당분으로 분해되기 시작하면서 아

미노 카보닐반응이 시작된다.

단백질이 많은 맥아, 지베렐린산을 사용하여 발아를 촉진시킨 맥아를 사용하는 경우에는 가용성 질소성분과 당류가 많아지게 되고, 배조온도가 높게되면 아미노 카보닐반응이 촉진되어 맥아와 맥즙의 색이 짙어진다. 또 맥아 배조시 아황산훈증을 실시하면 일시적으로는 옅은색의 맥아가 되지만, 맥즙 당화단계에서 갈색화반응이 촉진되어 색이 다시 짙어진다.

맥즙제조와 담금과정에서는 맥아중에 생성된 당, 아미노산과 멜라노이딘의 중간생성물등이 당화액에 첨가되고, 새로 공급된 전분과 단백질이 다량분해되어 갈색화 속도가 빨라지게 되며 맥즙 살균 공정에서 최고속도가 된다.

(2) 폴리페놀류의 산화

맥아에서 유래된 폴리페놀류는 효소등에 의해 산화되고, 중합 또는 축합되어 멜라닌(melanin) 색소를 형성하는데, 그 내용은 포도주 갈변의 경우와 같다.

(3) 발효에 의한 맥즙색소의 감소

발효시 맥즙의 색도는 대폭 감소되는데, 원인은 pH 저하에 따른 착색물질의 탈색, 알코올 생성과 냉각에 의한 색소 성분의 응고, 효모세포나 거품표면에 흡착등으로 인한 갈색물질의 제거다. 그런데 이 경우에도 아미노 카보닐반응에 의해 생긴 멜라노이딘은 제거되지 않고 polyphenol류의 산화에 의한 멜라닌등이 제거되는 것으로 알려져 있다.

(4) 병입맥주의 갈변

병입맥주를 장기간 보존하면 갈변된다. 보존온도가 높거나, 병안에 공기가 많이 있거나 하면 갈변정도가 심해지고 향미도 나빠지게 된다. 철이나 구리이온은 변색을 촉진시키며 아스코빈산등의 항산화제는 갈변을 억제한다. 병입맥주의 갈변은 새로운 아미노산과 카보닐기 사이에서 일어나는 것이 아니고, 미리 생성된 멜라노이딘이 고

분자화 되면서 갈색이 짙어지고 향미가 나빠지는 것이다.

(5) 맥주색의 측정

유럽에서는 Hellige사의 Comparator를 이용하는 방법이 사용되었는데, 이는 맥주색에 가까운 27단계의 표준색유리와 맥주의 색을 비교하여 EBC단위로 표시한 것이다.

미국에서는 Lovibond사의 tintometer를 이용하여 비슷한 방법으로 색을 측정하여 왔다. 또 0.5inch cell을 이용하여 430nm에서 흡광도를 구해 10을 곱해 주는 SRM 단위가 사용된다. 이 이전에는 0.1N 요오드를 물에 가한 것과 맥주의 색을 비교하여 담색맥주의 색을 측정하는 방법이 있었다. 이 요오드 방법도 오랫동안 사용되어 왔다.

3.3. 청주의 색

(1) 원료로부터 유래되는 색

플라빈계 황색색소가 원료로부터 유래되는데 저장기간과 활성탄 처리여부에 따라 다르지만 전체 청주색에 기여도는 1~6%로 추정된다.

(2) 3가철과 페리크롬(ferrichrome)류의 화합물

양조공정에 3가철이 혼입되면 청주의 색이 적갈색으로 짙어진다. 이때 페리글리신(ferrichrysin)이라는 cyclic hexapeptide가 형성되고 이 화합물이 적갈색을 띄는 것이며 전체 청주색에 기여도는 10~50%로 추정된다.

(3) 멜라노이딘

아미노 카보닐 반응의 중간물질인 3DG(3-deoxyglucosonol)이 청주에서 분리되었고, pH가 높을수록, 온도가 높을수록, 아미노산이 많을수록 갈색물질이 많은 것으로 판단하여 아미노 카보닐 반응에서 생성된 멜라노이딘이 갈변의 주원인으로 판단된다. 청주색에 기여하는 정도는 40~80%로 추정된다.

(4) 일광착색

청주를 만나질 정도 햇빛에 쬐이면 색이 몇배로 진해지며 맛도 변하게 된다. 일광착색의 기구는 확실히 밝혀지지 않았는데, 온도증가와 자외선의 에너지로 인해 멜라노이딘계 색소가 증가하는 것으로 알려져 있다. 청주색에 기여하는 정도는 일단 일광변색이 일어나면 불과 몇시간 동안에 색이 몇백 퍼센트 증가되므로 기여도를 따지는 것이 무의미하다.

(5) 청주색의 측정

일본 국세청의 분석법에 따르면 청주의 색은 10nm의 cell을 써서 430nm에서의 흡광도로 나타낸다.

4. 갈색색소의 탈색

4.1. 실험내용

멜라노이딘과 카라멜 및 그 혼합물을 활성탄 탈색시키는 조건을 검토하였으며 그 결과를 이용하여 최대흡착율 등을 예측할 수 있도록 여러 등온흡착식들의 이용가능성을 검토하였다.

4.2. 재료 및 방법

(1) 실험재료

melanoidin은 일본에서 시판되는 tryptophan-melanoidin(이하 T.M.으로 표기)을 caramel은 국내에서 시판되는 것을 czapec-Dox medium은 <표 5>와 같이 조제하였고, 활성탄은 수증기 활성화법으로 제조된 일본 Minobe 화공의 분말탄을 구입 사용하였으며 그 물성을 <표 4>에 표기하였다.

<표 4> 활성탄의 특성

volatile matter(%)	5.60
Bulk Density(g / l)	100
pH	10.5
Specific Surface Area(m / g)	1140

(표 5) Tryptophan첨가 Czapec-Dox배지의 조성

Sucrose	30g
NaNO ₃	2g
K ₂ HPO ₄	1g
KCl	0.5g
FeSO ₄	0.01g
Tryptophan	0.1g
D. W.	1L

(2) 시료전처리

활성탄은 증류수로 5회 수세후 110℃에서 48시간 건조하였고, caramel은 용액 500ml에 0.4M citric acid buffer(PH 7.0)가 150ml첨가되도록 조제하여 사용하였으며 Czapec-Dox medium은 1.2기압의 수증기로 2시간 갈변시킨다음, 30℃의 항온조에서 30일 처리한 후 사용하였다. T.M은 산에는 불용성이라 0.1N NaOH 6ml에 소량을 녹이고 0.04M citric acid buffer 150ml가 첨가되도록하여 조제하였으며 각 용액의 pH는 1N NaOH와 1N HCl을 사용하여 조절하였다.

(3) 색도분석

spectrophotometer(일본 shinmazu상사, UV-02)를 사용하여 420μm에서 10mm cell에서의 흡광도(OD)를 측정하였다.

(4) 활성탄의 탈색실험

각 용액에 대해 활성탄 투입량, 흡착 pH, 흡착 온도, 흡착시간, 용액의 색도등을 변화시키면서 탈색 전후의 흡광도를 측정하였으며 활성탄 첨가 후에는 Shaking Water bath 상에서 흡착시간 만큼 진탕한 후 Advantec Filter No.5c로 활성탄을 1차 여과후 0.45μ glass Filter로 2차 여과하여 시료로 사용하였다.

4.3. 결과 및 고찰

(1) 탈색실험 결과

그림3은 시료용액의 탈색전 흡광도 변화에 따른 탈색후의 색소 감소율(%,

$$\frac{\text{탈색전용액의 } OD_{420}^{20} - \text{탈색후 용액의 } OD_{420}^{20}}{\text{탈색전 용액의 } OD_{420}^{20}} \times 100$$

을 구한 구한 결과로 탈색은 T.M>Czapec-Dox medium>Caramel의 순서로 용이하였으며 탈색전 용액의 색도가 높을 때의 탈색율이 높은 것으로 나타났다.

그림4는 탈색시간에 따른 색도의 감소율(탈색율%)을 구한 결과로 20℃에서 40분이면 약 80%의 탈색을 보였으며 20℃에서 60분이면 탈색이 완료되었는데 이는 용액의 온도와 진탕조건에 따라 변할 수 있는 수치로 생각된다.

그림5는 첨가 활성탄의 양에 따른 탈색율의 변화를 구한 결과인데, 첨가되는 활성탄의 양이 많을수록 탈색율은 증가하지만 활성탄 단위 무게당의 탈색율은 줄어드는 경향을 보였다.

그림6은 용액의 온도에 따른 탈색율을 구한 결과인데 온도가 증가 할수록 색소 감소율이 직선적으로 증가하는 경향을 보였다.

이상의 결과들은 효소가 불활성화되는 높은 온도에서의 결과를 제외하며는, 효소반응의 결과와 유사하여 shin sato들의 Micalis-Menten의 효소반응 속도식과 유사한 등온흡착식을 사용할 수 있는 가능성을 보여준다.

그림7은 pH에 따른 각 용액의 탈색율을 조사한 결과로 T.M.은 pH의 영향을 강하게 받고, Czapec-Dox medium은 melanoidin과 caramel이 혼재되어 있는 용액으로 pH의 영향을 받지 않았는데, 이는 활성탄의 흡착성의 차이에 기인되었다기 보다는 T.M이 pH 7이하에서는 난용성이 있어 색소가 녹지 못하고 침전한데 기인된 것이다. 또한 이런점이 흡착의 최적조건을 설정하는데 일반적인 등온흡착식의 이해 만으로 접근하기 어려운 점으로 생각된다.

(2) Freundlich의 등온흡착식

〈표 6〉은 [그림 5]의 data로 Freundlich의 등온흡착식의 상수들을 구할 수 있도록 가공한 것이다.

표6에서 M은 활성탄의 첨가량, C는 처리 전후의 색도 측정치이며 X는 처리전후의 색도차(즉 Co-C)이고 X/M은 계산치로서 단위 활성탄에 의한 색도 감소를 나타낸 수치이다. 먼저 log C와 log(X/M)의 직선관계를 조사하기 위해 상관계수 r을 구한 결과 T.M., Czapec-Dox-medium, caramel 순으로 0.99, 0.97, 0.96으로 고도의 직선관계가 입증되어 아래의 Freundlich의 등온흡착식이 성립되었다.

$$\text{즉 } \text{Log}\left(\frac{X}{M}\right) = \log k + \frac{1}{n} \log C \text{ 이므로}$$

$$\text{ Freundlich식 } \frac{X}{M} = k C^{\frac{1}{n}} \text{ 이 성립}$$

k, n은 상수

또한 등온조건(20℃)에서 구한 Freundlich의 상수값은 다음과 같다.

$$\text{T.M. : } n=0.894 \quad k=7.3 \times 10^{-3}$$

$$\text{Czapec-Dox medium: } n=0.262 \quad k=3.3 \times 10^{-2}$$

$$\text{Caramel : } n=0.286 \quad k=3.3 \times 10^{-2}$$

세용액 모두 n값이 1보다 작으므로 $\frac{1}{n}$ 이 1보다 크게되어 처리전 색도(Co)가 클수록 단위 활성탄당 색소의 흡착량이 많아지는 그림3의 결과를 식으로서 설명하는 것이된다. 반대로 $n > 1$ 이면 처리전 색도가 높을수록 단위 활성탄당 색소의 흡착이 작음을 나타낸다.

(3) Langmuir의 등온흡착식

표7은 그림5의 Data를 Langmuir의 등온 흡착식의 상수를 구할 수 있도록 가공한 것이다.

$$\text{Langmuir의 등온흡착식은 } \frac{1}{X/M} = \frac{1}{\alpha C} + \frac{\beta}{\alpha}$$

α, β 는 상수

로 표현되며 〈표 7〉의 data를 적용하면 T.M.의 흡착식은 $\frac{1}{X/M} = \frac{18.03}{C} = 178.2$ 가 되어 $\alpha=0.055, \beta=9.884$ 이었으며, 상관계수 $r=0.96$

이었다.

Czapec-Dox medium에서는 같은 방법으로 $\alpha=0.002, \beta=-1.412, r=0.92$ 이었으며 caramel에서는 $\alpha=0.002, \beta=-1.689, r=0.97$ 로 세 용액 모두 상관계수(r)가 Freundlich의 식보다 낮다. 즉 “고체표면에는 기체분자를 잡아다니는 충분한 분자인력을 갖는 흡착점에 부딪히는 기체분자들 중에 일정한 비율의 분자가 고체표면에 흡착되고, 일단 흡착된 분자들 중에서도 일정 비율의 분자들은 고체 표면으로 부쳐 기체상태로 이탈된다”는 가정에서 출발한 Langmuir의 등온흡착식은 기체에서는 정도가 높으나 액체상의 갈변물질 탈색의 경우에는 Freundlich 등온흡착식에 비해 정도가 떨어진다.

(4) Shin sato들의 등온흡착식

Shin sato들은 활성탄 사용량의 역수($\frac{1}{M}$)와 흡착율의 역수($\frac{1}{W}$)사이의 관계를 나타낸, 마치 Micalelis-Menten의 효소반응 속도식과 비슷한 모양의 등온흡착식을 제안하였으며 아래와 같이 표현된다.

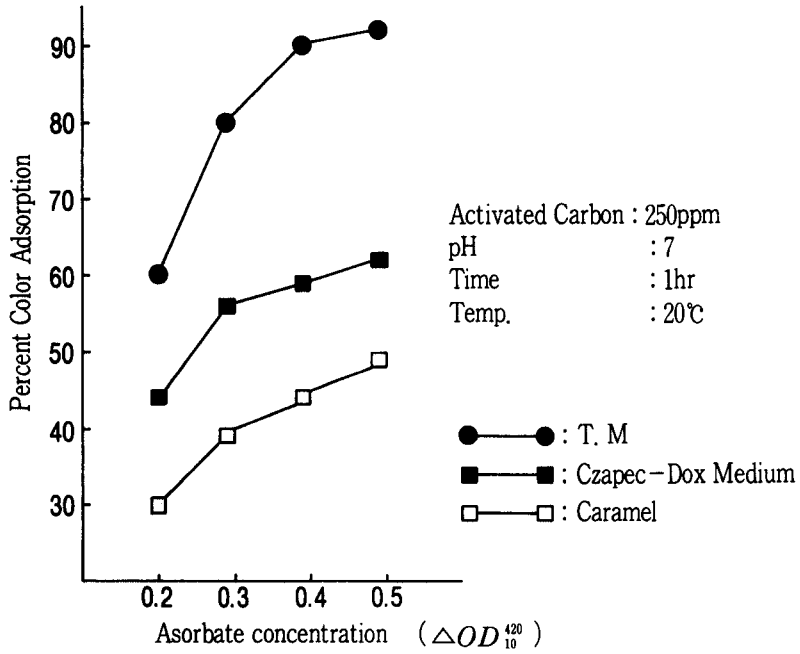
$$\frac{1}{w} = \frac{K}{W_{max} M} + \frac{1}{W_{max}}$$

여기서 w=흡착율($\frac{X}{Co}$) W_{max} =최대흡착율

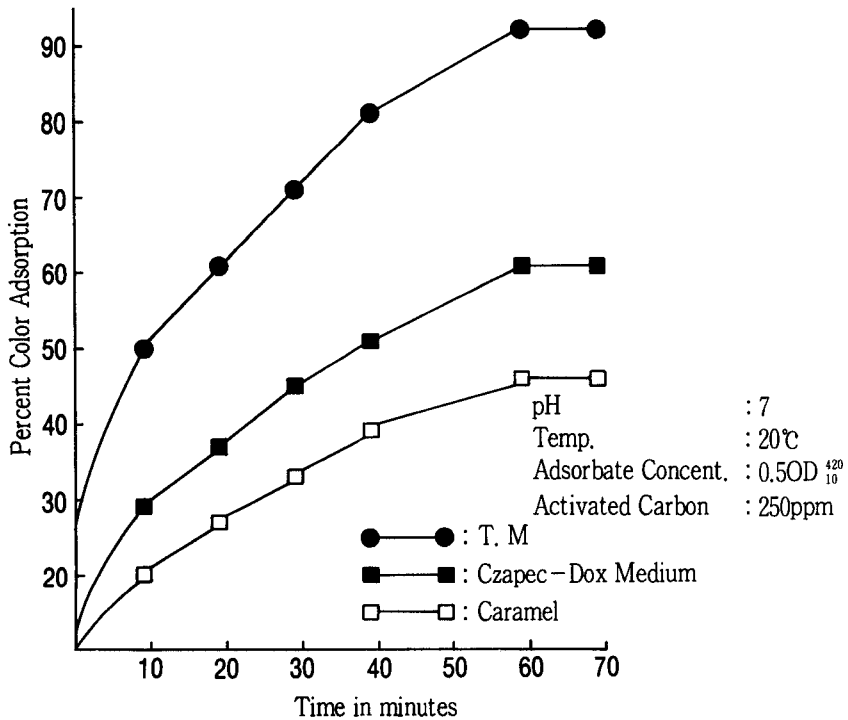
M=환성탄사용량 K=상수

표8은 그림5의 data를 이용하여 Shin sato들의 등온흡착식 상수를 구할 수 있도록 가공한 data이며 T.M.의 경우 $W=1.196 \quad K=87.656$ $\frac{1}{w}$ 과 M간의 직선상관계수 $r=0.99$ 이고, Czapec-Dox medium은 $W=0.754 \quad K=140.023$ $r=0.99$ caramel은 $W=0.632 \quad K=86.368 \quad r=0.97$ 이다. shin sato들의 등온흡착식은 W_{max} 를 쉽게 구할 수 있도록 되어있어 경제적인 활성탄 첨가량, 즉 최고 효율의 흡착에 필요한 활성탄 양을 예측하는데 가장 알맞는 식으로 $\frac{1}{w}$ 과 $\frac{1}{M}$ 사이의 직선상관계수 r도 0.97~0.99로 높은 상관율을 이루므로 실용 가능한 식이라 할 수 있다.

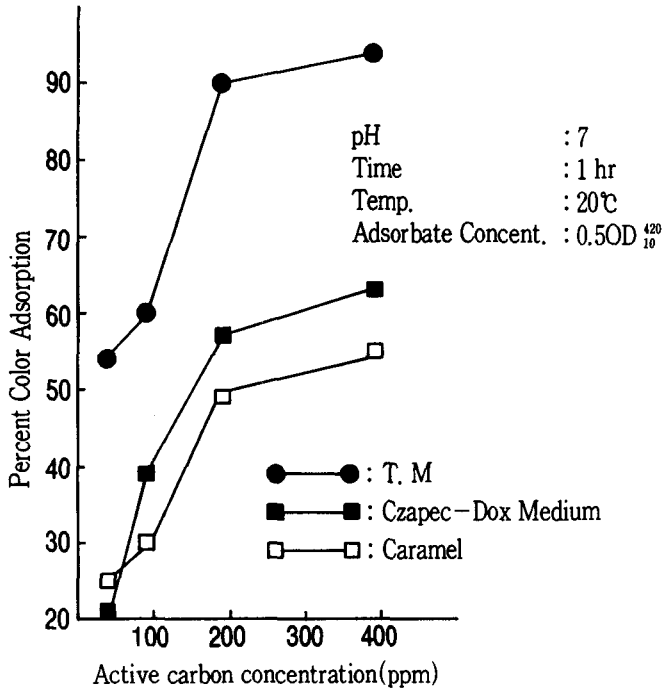
[그림 3] 탈색전 흡광도에 따른 색소감소



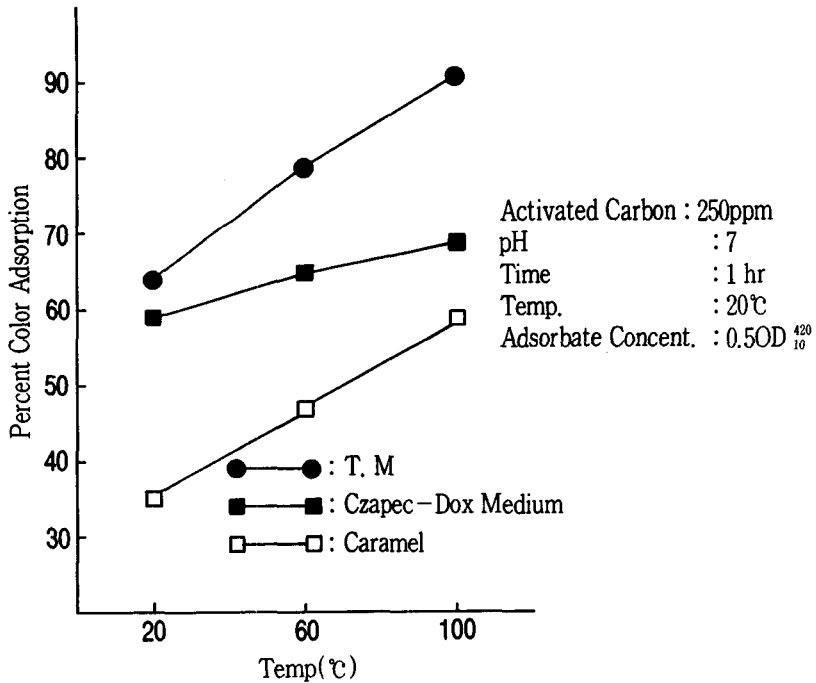
[그림 4] 탈색과 탈색시간



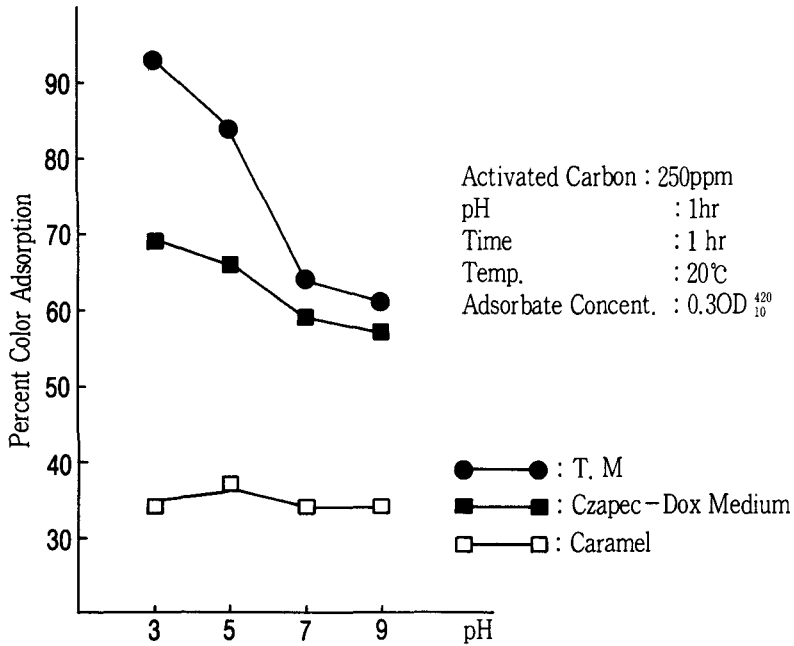
[그림 5] 탈색과 활성탄 농도



[그림 6] 탈색과 탈색온도



[그림 7] 탈색과 pH.



〈표 6〉 Freundlich식의 값들.

a. T-M

M	C	Log C	X	X/M	Log(X/M)
A.C. (ppm)	M.V. (OD ₁₀ ⁴²⁰)	C.V.	total color adsorption (Δ OD ₁₀ ⁴²⁰)	C.V.	C.V.
0					
50	0.50	-0.30	0.22	0.0044	-2.36
100	0.28	-0.55	0.08	0.0016	-2.80
200	0.20	-0.70	0.15	0.0015	-2.82
400	0.05	-1.30	0.02	0.0025	-3.60

* M.V : measured values * C.V : calculated values

b. Czapec-Dox medium

M	C	Log C	X	X/M	Log(X/M)
A.C. (ppm)	M.V. (OD ₁₀ ⁴²⁰)	C.V.	total color adsorption (Δ OD ₁₀ ⁴²⁰)	C.V.	C.V.
0					
50	0.50	-0.301	0.10	0.002	-2.70
100	0.40	-0.40	0.05	0.001	-3.00
200	0.35	-0.46	0.09	0.0009	-3.05
400	0.26	-0.59	0.03	0.00015	-3.82

c. caramel

M	C	Log C	X	X/M	Log(X/M)
A.C. (ppm)	M.V. (OD_{10}^{420})	C.V.	total color adsorption (ΔOD_{10}^{420})	C.V.	C.V.
0					
50	0.50	-0.30	0.12	0.0024	-2.62
100	0.38	-0.42	0.03	0.006	-3.22
200	0.35	-0.46	0.08	0.0008	-3.10
400	0.27	-0.57	0.05	0.00025	-3.60

〈표 7〉 Langmuir식의 값들.

a. T.M.

1/c	1/X/M
3.57	227.27
5.00	333.33
20.00	434.78
33.33	833.33

b. Czapec-Dox medium

1/c	1/X/M
2.50	500.00
2.86	666.66
3.85	833.33
4.35	1428.57

c. caramel

1/c	1/X/M
2.63	416.67
2.86	666.66
3.70	833.33
4.54	1428.57

〈표 8〉 Shim Sato들의 식의 값들.

a. T.M.

1/m	1/W=C/X
0.02	2.273
0.01	1.667
0.005	1.111
0.0025	1.042

b. Czapec-Dox medium

1/m	1/W=C/X
0.02	5.000
0.01	3.333
0.005	2.083
0.0025	1.852

c. caramel

1/m	1/W=C/X
0.02	4.167
0.01	3.333
0.005	2.174
0.0025	1.786

4.4. 결론

1. 탈색율은 온도가 높을수록, 활성탄의 양이 많을수록, 탈색전색이 짙을수록 높았다.
2. pH에 의한 탈색효과 차이는 pH에 따라서 변한 색소의 용해도 차이에 기인되었다.
3. 탈색시간은 20℃에서 60분 진탕으로 충분하였다.
4. 탈색은 melanoidin, caramel과 melanoidin의 혼합물, caramel의 순서로 용이하였다.
5. 직선화 시킨 Freundlich, Langmuir와 Shin-sato들의 등온흡착식의 직선상관계수는 melanoidin의 경우 순서대로, 0.99, 0.96, 0.99이었다.
6. 탈색예측에는 Freundlich식이 가장 적당하였다.
7. Shin-sato들의 식은 최대탈색을 예측하는데 적당하였다.

참고문헌

1. F. J. Francis & F. M. Clydesdale : Food Colorimetry, Avl, (1975)
2. 이영춘 ; 식품공업의 품질관리, 학연사, (1992)
3. 이철호의 3인 ; 식품공업의 품질관리론, 유림문화사, (1988)
4. S. Brunauer, P. M. Emmett, E. Teller ; J. Am. chem. Soc, 60(2), 309(1938)
5. Y. S. Ishen ; J. AWWA, 65(8), 543 (1973)
6. Hunter R. S. ; The measvrement of appearance, Jhon wiley and sons, (1975)
7. 김동훈 ; 식품화학, 탐구당, (1985)
8. D. W. Herbert ; Activated carbon, Ferdinand Pub., 5, 50 (1962)
9. 炭素材料學會 ; 活性炭, 構談社, 21 (1978)
10. Shin sato et al ; J. soc. Brew. Japan, 70 (11), 829 (1975)
11. C. L. mantell ; Adsorption, Avl, 100 (1951)
12. Liebmann ; Ind. Eng. chem., 41 (3), 534 (1949)
13. Shin sato et al ; J. Soc. Brew. Japan, 69 (6), 388 (1974)
14. Shin sato et al ; J. Soc. Brew. Japan, 69 (2), 114 (1974)

It is more shameful to distrust one's friends than to be deceived by them.

친구들을 불신한다는 것은 그들에게 속은 것보다 더 수치스러운 일이다.

—Duc De La Rochefoucauld—