산학기술성공학회논문지
Vol. 3, No. 2, pp. 101-109, 2002

프리트, 점토 및 안료의 혼합에 따른 법랑 색상에 관한 연구

한두희* · 이정화**

A Study on the Colors of Enamel Wear by Changing the Ratio of Frit, Clay and Pigments

Doo Hee Han* and Jung-Hwa Lee**

요 약 법랑 재료인 프리트, 점토 및 안료의 배합비를 달리하여 법랑 시편을 제작하고, 시료들의 색상을 측색계(JS555)를 이용하여 분석하였다. 법랑의 색상 분석은 안료 외에도 프리트의 성질에 크게 좌우되며, 소성 전후의 법랑의 색깔이 확연히 변하므로 생산 표준화를 위하여 필요한 작업이다.

Abstract Samples of enamel wear for kitchen works were made at the Kordco Enamel Co. We analyzed the colors of enamel wears with Color Meter (JS555). The colors of enamel wears could be controled by mixing ratio of frits and pigments. Many kinds of frits and pigments were tested, and colors of enamel wears could be changed by variable frits. Colors were weakly changed by several mixing ratio of pigments.

Key Words : Enamel ware, Enamel color, Color standard, Color environment, Ceramic

1. 서 론

법랑은 철의 견고성과 점토 및 세라믹 재료의 유용성을 결합시킨 종합 재료이다. 법랑 재질의 이로운 점은 벗겨지지 않고 내열성이 좋아 반영구적으로 사용할 수 있고, 인체 생화학적인 원료인 바이오세라믹스에 금속을 치환 반응시켜 소성 성형시킨 무기화합물을 유기질인 프리트(frit)와 혼합하여 코팅 처리하여 항균 및 항곰팡이 기능을 가질 수 있고, 철판과의 밀착성이 우수하고 첨가된 세라믹 재료에 의하여 원적외선이 발생되어 인체에 좋은 효과를 줄 수 있다[1]. 한편, 주방용품에 사용되는 법랑은 색상 및 디자인에 따라 가치가 좌우될 만큼 색상에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 더욱이 법랑의 색상이 소성 전 후에 확연히 달라지므로 법랑재료의 배합에 따른 색상 변화를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 균일한 상품을 생산하기 위해 색상의 표준화는 절실히 요구되며, 제품에 표시하여 규격화된 색상 제품을 생산하는 것이 필요하다. 본 연구는 국내 최대 주방용 법랑 제조 공장인 코드코 법랑에서 색상 시편을 제작하여 측색계로 분석한 결과를 제시한다.

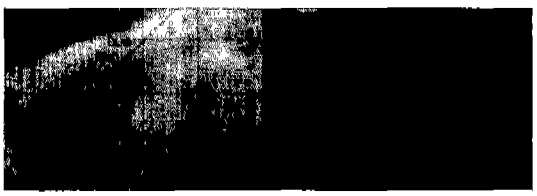

Figure 1. 소성 전(좌) 후(우)의 색상 차이

*청운대학교 건축공학과
**한밭대학교 교양학부
Tel: 041-630-3273

2. 법랑시료의 제작

2.1 유약(Slip)

유약은 크게 프리트, 첨가물, 안료 등 3가지로 구성되어 있다. 유약은 용도별로 하유약과 상유약으로 분류할 수 있으며, 하유약은 철판과 유약의 화학반응을 촉진시켜 소지금속과의 밀착을 증대시키기 위한 것이며, 상유약은 광택, 색상 및 내약품성 등 최종 제품에 요구되는 물리적 특성을 부여하기 위함이다.

1) 프리트

프리트는 유약의 주성분인 용융점이 낮은 일종의 유리질로서 규산화합물과 붕산화합물 등의 원료를 조합하여 1100~1300°C에서 가열 용융 후 급냉하여 분쇄한 것이다. 하유용 프리트와 상유용 프리트가 있다. 프리트는 투명유(04-1423, 1005), 반투명(1009), 불투명(1598T, 1008) 등으로 구분된다.

2) 밀첨가물 : 점토(clay)는 부유 물질의 혼탁제 역할을 하며, 규사(SiO_2)는 강도를 증가시키는 역할을 한다.

3) 안료

법랑에 색상을 부여하기 위해서는 착색 금속산화물을 프리트 중에 용해시켜 착색하는 접착색 유약과 밑바탕 유약에 무기질의 안료를 밀링시에 첨가하는 밀첨가물 유약이 있다.

이상의 프리트, 밀첨가물, 안료, 물 등을 혼합하여 분쇄기에서 갈아 입도가 2~6이 되도록 한다. 입도는 갈린 유약을 mesh #40의 굵은 체로 쳐서 이중 12.5cc를 취하여 mesh #200의 고운 체로 쳐서 물로 헹궈 보낸 후 남는 찌꺼기를 메스실린더로 측정한다.

2.2 제조 공정

① 법랑용 철판 성형 가공 : 철판을 절단하여 그릇 모양을 프레스로 찍어낸다.

② 전처리 : 철판 표면의 불순물을 제거하고 산처리로 표면에 요철을 만들어 유약의 밀착력을 향상시킨다.

③ 용접 : 몸체에 손잡이가 될 부속을 용접한다.

④ 초벌 코팅 : 철판에 밀착이 좋은 하유약으로 코팅-100~200°C 열로 건조 후 840°C에서 10분 정도 소성한다.

⑤ 내부 코팅 : 철판에 밀착이 좋은 하유약으로 코팅-100~200°C 열로 건조 후 820°C에서 8분 정도 소성한다.

⑥ 외부 코팅 : 철판에 밀착이 좋은 하유약으로 코팅-100~200°C 열로 건조 후 810°C에서 8분 정도 소성한다.

⑦ 전사지 부착 : 금속으로 그려진 전사지를 그릇 표면에 부착한다.

⑧ 림작업 : 몸체와 뚜껑의 테두리를 스테인레스 림으로 감아준다.

⑨ 조립 : 부속품 등을 조립한다.

⑩ 포장 : 최종 검사 후 박스에 포장한다.

2.3 시료 제작

주방용 법랑제품 전문업체인 코드코 법랑에서 50×100(mm) 정도의 철판에 색상이 서로 다른 시료를 법랑용기의 제조 공정에 맞추어 제작하였다. 여러 종류의 색상을 구현하였으나 유사 색상을 중심으로 데이터를 제시한다. 프리트는 1005, 1009, 41-209C, F-101, 04-1423, 1008 등을 사용하였다.

3. 색상 분석

3.1 색상 함수

색상함수는 파장의 함수로서 동일 에너지 스펙트럼

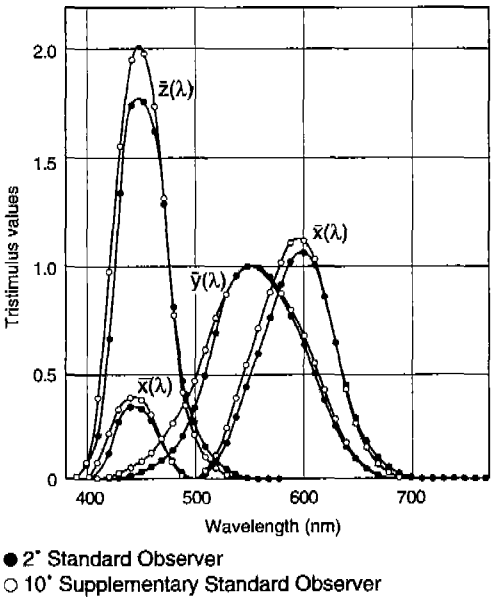

Figure 2. 색상함수

의 삼자극치를 말한다.

1) XYZ 삼자극치

삼자극치는 1931년 CIE에 의해 정의된 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$의 색상함수에 의해 결정되며 2° XYZ 삼자극치로 여겨진다. XYZ 값은 4° 이하의 시야에 적합하며 다음 함수로 표현되는 반사체에 의해 정의된다.

$$X = K\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{x}(\lambda)R(\lambda)d\lambda$$

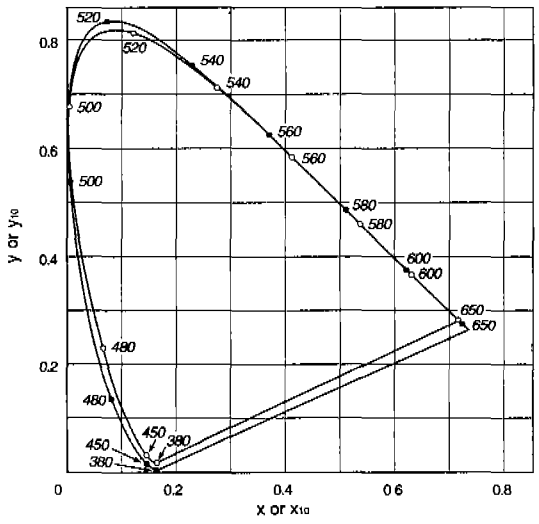

Figure 3. xy 색상도

$$X = K\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{y}(\lambda)R(\lambda)d\lambda$$

$$X = K\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{z}(\lambda)R(\lambda)d\lambda$$

$$K = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda}$$

이때 $S(\lambda)$는 발광체의 상대적인 스펙트럼 강도분포이고, $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$는 CIE 2° 표준관측기(1931)의 색상함수이며, 는 표본의 스펙트럼 반사이다. xyz 색상좌표계는 XYZ 삼자극치로부터 다음 식으로 구해진다.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} = 1 - x - y$$

2) Hunter의 Lab 색상공간

Lab 색채계는 광전자적인 칼로리메터에서 직접 읽을 수 있도록 1948년 R.H. Hunter에 의해서 개발되었다. 이 색채계의 값들은 다음 식으로 주어진다.

$$L = 100\sqrt{\frac{Y}{Y_0}}$$

$$a = 175\sqrt{\frac{0.0102x_0}{(Y/Y_0)}}\left[\frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0}\right]$$

$$b = 70\sqrt{\frac{0.00847z_0}{(Y/Y_0)}}\left[\frac{Y}{Y_0} - \frac{Z}{Z_0}\right]$$

2° 표준관측기와 표준 광원 C에 대하여 위의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L = 10\sqrt{Y}$$

$$a = \frac{17.5(1.02X - Y)}{\sqrt{Y}}$$

$$b = \frac{7.0(Y - 0.847Z)}{\sqrt{Y}}$$

Hunter Lab 색채계에서 색상차 ΔE_H는 $\Delta E_H = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$로 나타나며 이때 ΔL, Δa, Δb는 표본색과 목표색의 색상차이다[3, 4].

Table 1. 시편 데이터 #1

시료명	프리트	안료(pigment)	X	Y	Z	L	a	b
197B	1008 : 50 1597T : 50	M-5000 : 3.5 42-401A : 3	55.88	66.30	36.81	85.15	-14.16	38.85
297A+	1008 : 100	42-401A : 6 FK-7885 : 0.05	53.04	61.07	33.22	82.42	-16.83	38.70
297F+	1009 : 100	42-401A : 6 FK-7885 : 0.05	46.89	54.79	26.74	78.92	-18.16	41.81
297A	1008 : 100	42-401A : 6	43.32	48.73	26.11	75.29	-12.67	36.50
297F	1009 : 100	42-401A : 6 FK-7885 : 0.04	55.64	62.59	27.20	83.23	-13.77	48.53
297G	1009 : 100	42-401A : 6 4270 : 1 FK-7885 : 0.05	43.44	48.34	30.59	75.04	-11.25	29.52
297C	1008 : 100	42-401A : 6 4270 : 1 FK-7885 : 0.05	33.00	36.77	22.70	67.10	-10.41	27.91
297H	1009 : 100	42-401A : 4 4270 : 1.5 FK-7885 : 0.12	34.69	40.03	19.57	69.49	-14.85	37.58
297D	1008 : 100	42-401A : 6 FK-7885 : 0.1	52.19	61.71	39.39	82.76	-20.48	31.63
297E	1008 : 100	42-401A : 6 FK-7885 : 0.3	43.99	54.35	39.54	78.67	-25.30	24.39
202A	1008 : 100	42-401A : 6	63.66	71.27	39.41	87.61	-13.68	39.97

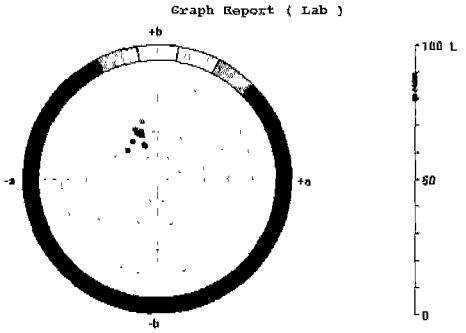

Figure 4. 시편 데이터 #1의 Lab 도표

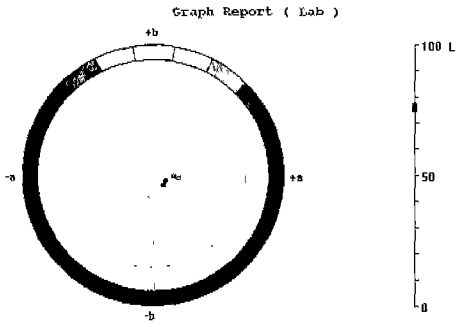

Figure 5. 시편 데이터 #2의 Lab 도표

3) 눈과 측색계의 색채 감지에 대한 비교

① 눈 : 물체에 햇빛이 비추면 반사된 빛이 눈에 들어가 망막에 있는 세 종류의 원추세포에서 빨강, 녹색, 파랑을 각각 읽어 뇌에서 조합된 색상을 감지한다.

② 측색계 : 표준광에서 나온 빛이 물체에 반사되어 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$의 세 가지의 감지기(sensor)가 X, Y, Z 또는 Lab 값을 나타내어 숫자로 표시해 준다[3].

3.2 시료 데이터

측색계를 이용하여 제작된 시료의 색상을 XYZ, Lab

Table 2. 시편 데이터 #2

시료명	프리트	pig	X	Y	Z	L	a	b
236	1167 : 100	FK2372 : 4.5	33.64	28.25	35.52	60.11	21.96	-2.72
237	1167 : 100	FK2375 : 4.5	28.20	26.44	38.09	58.45	9.12	-8.74
238	1167 : 100	FK2372 : 4 42-401A : 1	33.47	29.25	35.67	61.00	17.54	-1.38
239	1167 : 100	FK2375 : 4 42-401A : 1	26.27	24.18	32.49	56.27	10.80	-5.42

Table 3. 시편 데이터 #3

시료명	프리트	안료(pigment)	X	Y	Z	L	a	b
248	TW2110 : 100	42-401A : 6 chr-ox : 0.05	58.07	64.47	34.12	84.21	-12.05	40.61
272W	W3000 : 100	42-401A : 6 chr-ox : 0.05	70.26	77.40	49.67	90.51	-11.67	33.85
110	1598T : 100	42-401A : 6 chr-ox : 0.05	67.24	75.30	38.14	89.53	-13.96	44.79
269C	1005 : 100	4690 : 3.4 4270 : 0.6	46.36	46.39	4.58	73.80	2.43	87.18
269D	T5005 : 100	4690 : 3.4 4270 : 0.6	48.50	50.31	4.76	76.26	-2.26	90.52
247	TW2110 : 100	42-401A : 6	39.64	41.64	5.02	70.62	-3.69	79.57
Y1005 2fly	1005 : 100	4270 : 3.3	39.18	41.74	5.23	70.69	-5.41	78.76
Y1005 1fly	1005 : 100	4270 : 3.3	22.97	25.29	4.06	57.35	-7.95	61.46

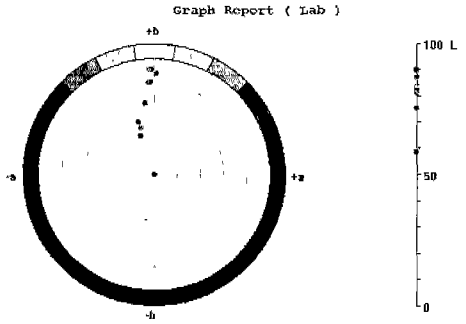

Figure 6. 시편 데이터 #3의 Lab 도표

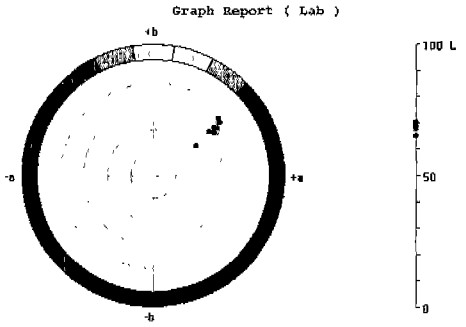

Figure 7. 시편 데이터 #4의 Lab 도표

수치로 조사하였다. 측색계는 JS-555을 사용하였고, 색상 데이터 분석은 Color Reader Version 1.01을 사용하였다. 유사 색상을 중심으로 조사하였다. 데이터의 숫자는 프리트를 100으로 하였을 때의 중량비이다.

3.3 시료 데이터 분석

1) 프리트에 따른 색상 변화

같은 종류, 같은 양의 안료를 사용하였을 경우에도 프리트의 종류를 바꾸면 소성 후의 색상이 다르게 나타난다. Figure 11의 경우는 같은 계열의 색상이지만 채도변화가 나타난다. Figure 12의 경우에 272W와 248 시료의 경우는 유사 색상에 채도만 변하지만 110 시료의 경우는 황색 계열이 강해지는 색상 변화를 보인다.

2) 안료의 배합에 따른 색상 변화

Figure 13과 같이 특정 안료(FK7885)가 소량으로도 특정 부위의 스펙트럼을 많이 변화시키는 경우도 있지만, Figures 14, 15, 16과 같이 유사 색상의 안료를

Table 4. 시편 데이터 #4

시료명	프리트	안료(pigment)	X	Y	Z	L	a	b
5	1005 : 100	4690 : 7.2×0.7 4270 : 3.3×0.3	27.10	15.69	2.98	45.56	56.03	49.21
4	1005 : 100	4690 : 7.2×0.75 4270 : 3.3×0.25	26.62	15.38	3.59	46.15	55.89	44.76
3	1005 : 100	4690 : 7.2×0.8 4270 : 3.3×0.2	26.51	15.05	3.33	45.71	57.34	45.57
2	1005 : 100	4690 : 7.2×0.9 4270 : 3.3×0.1	23.11	13.00	3.51	42.77	55.51	39.41
1	1005 : 100	4690 : 7.2×0.9 4270 : 3.3×0.1	16.69	10.81	2.90	39.26	54.61	37.18
21	1005 : 100	4690 : 4.81 c.d.s : 1.32 or-410 : 0.28	25.77	15.35	4.13	46.11	52.53	42.70
23(240)	1005 : 100	4690 : 4 42-401A : 1	26.66	15.54	4.43	46.36	55.12	40.59
기존	1005 : 100	4690 : 4.5 4270 : 2	22.24	12.91	3.84	42.63	52.20	37.29
242	1005 : 100	2375 : 2.5 4270 : 1.5	12.93	8.22	3.47	34.44	37.06	25.26
241	1005 : 100	2373 : 3.0 4270 : 1.0	19.42	11.59	3.16	40.56	47.63	37.73

Table 5. 시편 데이터 #5

시료명	프리트	안료(pigment)	X	Y	Z	L	a	b
297E5	1009 : 80 1167 : 20	41-106C : 0.4 41-407C : 1.2 F-101 : 2 01-400M : 1 # 50-200	46.62	46.93	35.08	74.15	1.66	22.03
297E4	1009 : 80 1167 : 20	41-106C : 0.4 41-407C : 1.2 F-101 : 2 01-400M : 0 # 50-200	49.42	50.13	38.19	76.15	0.70	21.66
297E3	1009 : 80 1167 : 20	41-126C : 0.3 41-401A : 1.0 F-101 : 5.0 01-400M : 1.2 # 50-200	50.55	51.91	41.89	77.23	-0.92	19,21
297E2	1009 : 80 1167 : 20	41-126C : 0.3 41-407C : 1.0 F-101 : 5.0 01-400M : 1.2 # 50-200	52.16	53.07	42.73	77.91	0.31	19.45
297E1	1009 : 80 1167 : 20	41-126C : 0.3 41-407C : 1.0 F-101 : 2.0 01-400M : 1.2 # 50-200	51.08	51.60	39.92	77.04	1.26	21.16
277D3	1009 : 50 1167 : 50	41-126C : 0.3 41-407C : 1.0 F-101 : 2.0 01-400M : 1.5 # 80-140	55.84	57.26	46.09	80.33	-0.76	19.98
277D2	1009 : 70 1167 : 30	41-126C : 0.3 41-407C : 1.0 F-101 : 2.0 01-400M : 1.5 # 80-140	56.21	57.51	47.39	80.47	-0.45	18.86
276B3	1009 : 100	41-126C : 0.4 41-407C : 0.9 F-101 : 2.0 01-400M : 2 # 80-140	40.25	40.39	29.68	69.74	2.01	21.67
277D1	1009 : 85 1167 : 15	41-126C : 0.3 41-407C : 1.0 F-101 : 2.0 01-400M : 2 # 80-140	49.38	50.23	37.22	76.21	0.33	22.93
276C6	1009 : 100	41-126C : 1.3 41-407C : 1.0 F-101 : 2.0 04-400M : 1.5 # 80-140	43.55	43.92	32.68	72.17	1.42	21.74

Table 5. 계속

시료명	프리트	안료(pigment)	X	Y	Z	L	a	b
276B4	1009 : 100	41-126C : 0.5 41-407C : 0.9 F-101 : 2.0 04-400M : 1.5 # 80-140	38.96	40.08	32.93	69.53	-1.07	16.85
279A1	1009 : 100	41-126C : 0.5 41-407C : 0.8 F-101 : 2.0 04-400M : 2 # 80-140	41.23	41.67	33.25	70.64	1.13	18.35
276A2	1009 : 100	41-126C : 0.5 41-407C : 0.8 F-101 : 2.0 01-400M : 2 # 80-140	43.03	43.55	34.65	71.93	0.93	18.75

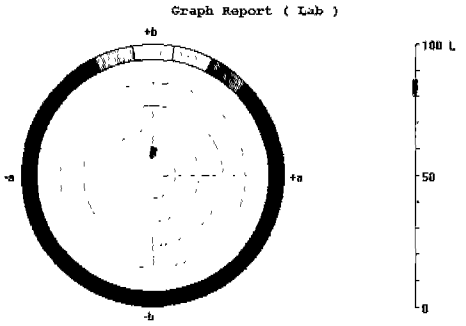

Figure 8. 시편 데이터 #5의 Lab 도표

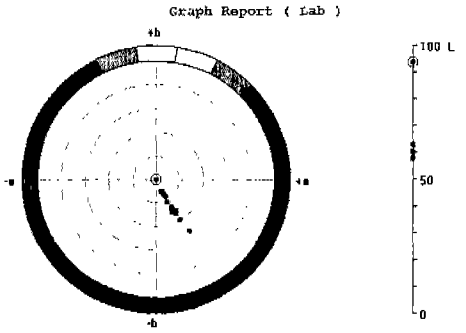

Figure 10. 시편 데이터(#6)의 Lab 도표

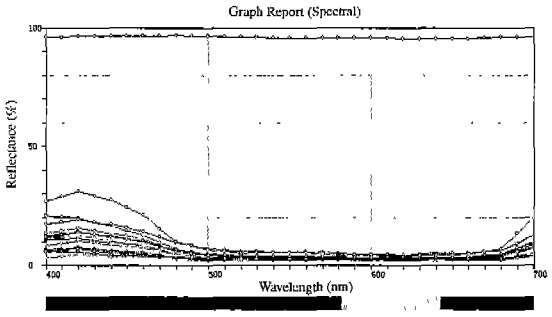

Figure 9. 시편 데이터(#6)의 스펙트럼

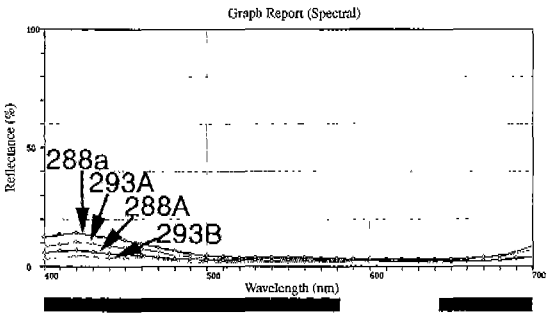

Figure 11. 프리트에 따른 색상 변화(1)

배합하여 사용할 경우는 배합비를 바꾸더라도 색상 변화는 적게 나타나며 채도만 변화하는 것을 볼 수 있다. 이것은 프리트의 양에 비하여 안료의 비율이 매우 작기 때문에 색상 변화가 둔하게 나타나는 것이라 여겨진다.

4. 토 의

여러 가지 색상의 법랑 시료를 만들어 색상의 변화를 살펴 본 바, 소성 전의 색깔과 소성후의 색깔이 표면 반사 및 성분 변화에 의하여 많이 변하므로 유약

Table 6. 시편 데이터 #6

시료명	프리트	안료(pigment)	X	Y	Z	L	a	b
293E	1005 : 100	41-209C : 3 M-5000 : 2	4.12	3.32	9.93	21.26	13.19	-23.34
293D	1009 : 40 1005 : 60	41-209C : 5	3.32	2.89	6.53	19.58	8.35	-14.84
293C	1005 : 100	F-101 : 2 41-209C : 5	5.57	4.02	15.88	23.73	20.95	33.93
293B	1009 : 100	41-209C : 5	2.41	2.18	4.22	16.40	5.71	-10.00
293A	04-1423 : 40 1008 : 60	41-209C : 5	4.16	3.54	9.06	22.10	10.15	-19.26
288A	04-1423 : 100	41-209C : 5	3.16	2.81	5.94	19.28	7.06	-12.99
288a	04-1423 : 80 1598T : 20	41-209C : 5	5.00	4.08	12.29	23.95	13.24	-25.15
291B	04-1423 : 100	41-209C : 5	2.80	2.59	5.02	18.30	4.89	-10.63
288-5	04-1423 : 80 1598T : 20	41-209C : 3 1667(W) : 1.0	7.13	5.93	17.43	29.22	13.79	-27.68
285-4	1598T : 100	42-401A : 0.5 41-304C : 0.1	8.40	5.66	25.68	28.55	28.43	-43.42
285-3	1598T : 100	42-401A : 0.4 41-304C : 0.2	4.11	3.09	10.21	20.41	16.72	-25.61
285-2	1598T : 100	42-401A : 0.2 41-304C : 0.4	5.16	3.97	13.36	23.57	16.78	-28.46
285A	1598T : 100	42-401A : 0.3 41-304C : 0.3	5.05	4.06	12.38	23.87	14.20	-25.51

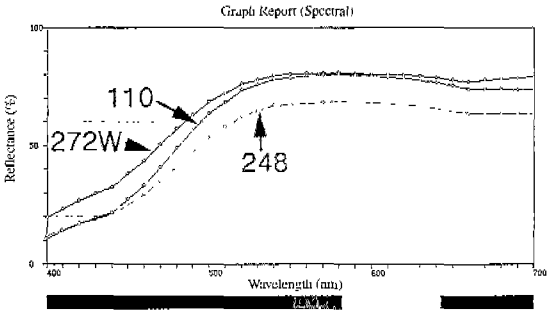

Figure 12. 프리트에 따른 색상 변화(2)

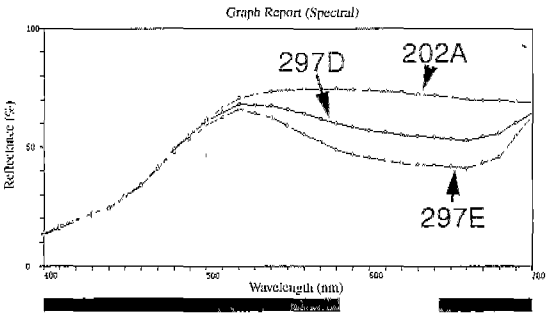

Figure 13. 안료의 배합에 따른 색상 변화(1)

성분의 배합에 따른 체계적인 색상 변화연구가 필요함을 알았다. 시료의 제한으로 성분 변화에 따른 색상 변화를 함수화하지는 못했지만 프리트와 안료의 특정 비율에 따른 색상의 수치화된 데이터를 얻을 수 있었으며, 이런 자료가 앞으로 법랑 주방기기를 만들 경우 원하는 색상을 구현하기 위한 좋은 기초자료가 될 수 있다.

시장에서 제품의 가격은 색상과 디자인에 의해 크게 좌우된다. 국내외에서 만들어지는 법랑 주방 용품의 판매율을 비교해 보면 색상과 전사지의 디자인의 차이가 현격한 판매율로 이어지며, 따라서 색상의 감성적인 면과 함께 수치적인 디지털 칼러의 체계적인 연구는 제품의 색상 표준화에 크게 기여하며, 수출에도 큰 역할을 할 것이다.

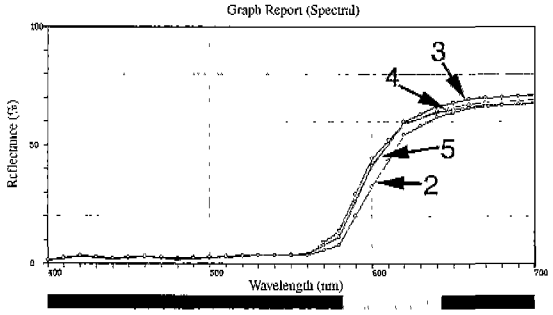

Figure 14. 안료의 배합에 따른 색상 변화(2)

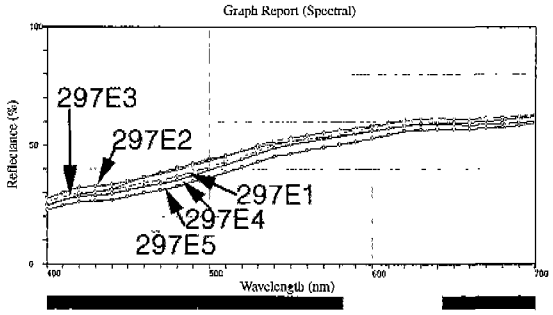

Figure 15. 안료의 배합에 따른 색상 변화(3)

감사의 글

본 논문은 2001년도 청운대학교 학술연구조성비 및 2001~2002년도 충남환경기술개발센터의 일부지원으로 이루어졌으며, 그 핵심 내용은 법랑 재료의 배합에 따른 색상의 변화에 관한 것이다.

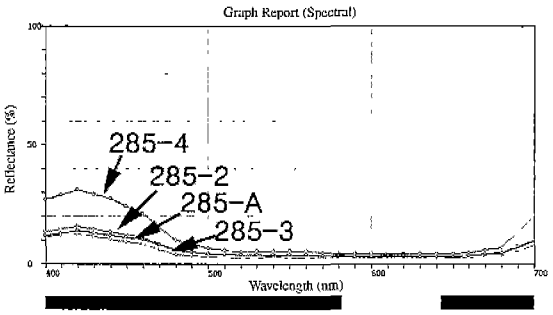

Figure 16. 안료의 배합에 따른 색상 변화(4)

참고문헌

[1] 일본법랑공업협회, "법랑기술 가이드 북", 동경 법랑협회, 동경, 1987.

[2] 권오연, "제조공정최적화에 관한 실험적 연구-법랑제품 가공공정을 중심으로-", 연세대학교 산업대학원 석사학위 논문, 1990.

[3] C.T.S, "Precise Color Communication - color control from feeling to instrument", 1990.

[4] S. Shinoya, "Phosphor handbook", CRC Press, 1999.