

마이아르 반응에 의한 당과 글리신 혼합물의 색변화의 평가와 예측

김우정 · 전영혜 · 성현순*

세종대학 식품과학과, *한국인삼연초연구소 인삼제품연구소

Evaluation and Prediction of Color Changes of Sugar-Glycine Mixtures by Maillard Reaction

Woo-Jung Kim, Young-Hye Chun and Hyun-Soon Sung*

Department of Food Science, King Sejong University, Seoul

*Laboratory of Ginseng Products, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Daejeon

Abstract

Color changes of a mixture of 0.8 M glucose, fructose or sucrose and 0.8 M glycine were evaluated by Hunter 'L', 'a', 'b' values during Maillard reaction at the temperature range of 70°-100°C. The results suggested the reaction to be divided into three stages. In initial reaction the 'L' and 'a' values decreased slowly, and 'b' rapidly increased to maximum, which were followed by a rapid decrease in 'L' and 'b' and rapid increase in 'a' values at intermediate stage. At final reaction period the both 'L' and 'b' were slowed down in their reduction rate while 'a' decreased rapidly from its maximum point. All of the Hunter values were reached to near zero. Linear equations, which can be used for prediction of color change in Maillard reaction, of $1/\sqrt{(L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2} = a(1/t) + b$ for Hunter values and $1/\sqrt{X+Y+Z} = a(1/t) + b$ for CIE tristimulus values were found to have a very high correlation coefficient. Relationships between 'L' and 'a', 'L' and 'b' and 'a' and 'b' were also graphically compared.

서 론

열처리가 관여된 식품의 가공 및 장기간의 저장 중에 일어나는 非酵素的 褐色化 현상인 마이아르 반응은 식품의 색과 냄새를 변질시킬 뿐만 아니라 영양가의 손실을 일으켜 대부분의 식품에서 품질을 저하시키는 주요 원인으로 알려져 있다⁽¹⁾. 그리하여 마이아르 반응에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으며 그 중 반응에 미치는 영향 인자와 반응 속도에 관한 보고는 식품의 갈색화 현상을 예측하는데 도움이 되어 왔다.

Song 등⁽²⁾은 글리신과 글루코스의 혼합물에 대하여 基質의 농도, pH 및 온도가 반응 속도에 미치는 영향을 고찰하였고, Stamp 등⁽³⁾은 aspartame 과 글리신이 글루코스과 반응하였을 때 반응 온도와 수분 활성도가 이들 간의 반응 속도에 미치는 영향에 대해 보고한 바 있다. 최근 슈 등⁽⁴⁾은 글루코스, 프럭토스, 슈크로스 및 락토스가 글리신과 반응하였을 때 반응 온도 및 pH가 반응 속도, 활성화 에너지 그리고 Z-값에 미치는 영향을 당종류별로 비교한 바 있다. 이러한 마이아르 반응의 반응 속도론적 연구는 주로 380nm와 490nm 사이의 가시광선 범위에서 측정하여 고찰하여 왔다.

이와 같이 분광비색계의 흡광도에 의한 측정 방법은 단일 파장에서의 색의 강도를 비교하는 방법으로서 마이아르 반응 중 생성되는 여러 가지 색의 변화를 이해하는 데에는 충분치 못한 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 식품의 가공 중 색변화를 삼자극색체계나 Hunter 색체계를 이용한 연구 보고가 최근 발표되고 있다.

Wrolstad 등⁽⁷⁾은 microwave의 열처리가 농축 딸기 주스의 색상에 미치는 영향을 Hunter 값들로 보고한 바 있으며 Reyes 등⁽⁸⁾은 글루코스, 프럭토스 및 슈크로스가 글리신과 반응할 때 일어나는 갈색화 현상에 대해 보고한 바 있다⁽⁹⁾. 이외에도 Hunter 색체계나 삼자극색체계를 활용하여 식품의 색을 연구한 발표⁽¹⁰⁻¹³⁾가 있으며 마이아르 반응에 대해서도 색변화의 경향을 비교한 바 있으나⁽¹⁰⁾ Hunter 값으로 비효소적 갈색화 현상을 속도론적으로 고찰한 바 없다.

그리하여 본 연구에서는 糖과 아미노산의 model system을 사용하여 반응 온도에 따른 갈색화 현상을 Hunter 값인 L, a 및 b 값으로 측정하여 반응 시간과 Hunter 값들 간의 상관관계를 直線回歸方程式으로 산출함으로써, 마이아르 반응 중 색의 변화를 예측하고자 하는데 연구 목적으로 하였다.

실험재료 및 방법

마이아르 반응액의 조제

糖과 아미노산의 model system에 의한 마이아르 반응 시료는 0.8M의 글루코스, 프럭토스 또는 슈크로스과 0.8M글리신이 함유된 400 ml의 혼합용액을 500 ml 플라스크에 넣고 공기냉각관을 연결시킨 뒤 70, 80, 90 및 100°C에서 10시간 반응시켰다. 반응 중 경계적으로 40 ml의 반응액을 취하여 급속히 냉각시킨 뒤 4°C에서 저장하였다. 이때 사용된 糖과 아미노산은 一級試藥이었으며 물은 증류수를 사용하였다.

색의 측정

반응액의 색변화는 Hunter Color and Color Difference Meter, model D25P (Hunter Lab., In, Reston, VA)를 사용하여 Hunter 값인 L, a, b를 측정하였다. 이때 사용된 표준판은 L=92.23, a=-0.90, b=1.10의 값을 가진 백색판을 사용하였으며, 측정된 Hunter 값들로부터 다음 식에 의하여 ΔE 값⁽¹⁴⁾과 삼자극색체계⁽¹⁵⁾의 X, Y, Z값을 계산하였다.

$$\Delta E = (L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2$$

$$Y = (0.01 L_t)^2$$

$$X = 0.9804 \left(Y + \frac{0.01 a_t L_t}{175} \right)$$

$$Z = 1.181 \left(Y - \frac{0.01 b_t L_t}{70} \right)$$

여기서 L_t , a_t , b_t 는 t시간이 경과한 후 반응액의 Hunter 값이면 L_0 , a_0 , b_0 는 표준 백색판의 값, 그리고 X, Y, Z는 삼자극색체계의 값들이다.

반응시간과 색변화의 관계

糖종류와 반응온도에 따른 시료의 Hunter 값들과 반응 시간 간의 관계를 구하고자 Hunter 값들은 $\sqrt{\Delta E}$ 로, 삼자극색체계의 값은 X+Y+Z로 변형시켜 반응시간과의 相關關係를 구하였다.

결과 및 고찰

반응중 Hunter 값들의 변화

糖과 글리신이 각각 0.8M되게 혼합한 반응액을 70-100°C의 범위에서 마이아르 반응을 시켰을 때 반응시간에 따른 색의 변화를 Hunter 값으로 측정된 결과는 Table 1과 같다.

Hunter L값은 黑色의 0에서 白色의 100까지의 범위를 갖는 것으로 글루코스와 glycine의 혼합물을 100°C에서 반응시켰을 때 가열시간이 경과하면서 반응초기에는 완만한 L값의 감소를 보이다가 급격히 감소되었고 반응후

기에는 그 감소속도가 다시 완만해지는 것을 알 수 있었다. 한편 가열온도가 70°C에서 100°C로 증가되면서 L값의 감소속도는 현저히 증가되었으며 이러한 현상은 프럭토스 또는 슈크로스와 글루코스 혼합물에서도 비슷한 경향을 보여 주었다. 전반적인 L값의 감소속도에서 글루코스와 프럭토스는 많은 차이가 없었으나 슈크로스는 대단히 느려 100°C의 경우 6시간 후에야 L값의 감소가 현저히 나타났다.

赤色과 綠色을 나타내는 a값은 -80(綠色)과 +100(赤色)의 범위를 갖는 것으로 반응초기에 a값은 0이하로 약간 감소하다가 다시 상승함을 알 수 있었다. 이러한 경향은 반응온도가 높아질수록 빠르게 나타났으며 모든 糖이 -5이하로 감소하여 마이아르 반응의 초기에는 연한 綠色化현상을 보여 주었다. 초기반응 후 a값은 +30까지 급속히 증가하여 최고점에 도달한 뒤 감소하였는데 이는 마이아르 반응과정중 綠色化현상이 일어난 후 赤色物質이 급격히 생성되고 있음을 의미한다고 하겠다. 이러한 a값의 변화는 반응액의 糖종류에 따라 그 변화속도에는 차이가 있으나 변화경향은 대체로 비슷하였다. 한편 슈크로스는 가장 완만한 변화를 보여주어 슈크로스혼합물은 다른 糖에 비하여 훨씬 긴 반응초기의 기간을 갖고 있음을 알 수 있었다.

Hunter b값은 黃色이 진해질 수록 0에 +70으로 증가하며 靑色이 증가할수록 0이하로 감소하는 것으로 a값과는 달리 반응액의 색은 0이하로 감소하지 않고 반응초기부터 증가하여 최고치를 나타내었다. 최고치에 도달하는 시간은 100°C에서 글루코스와 프럭토스가 2시간 이내로서 a의 최고값에 도달하는 시간보다 비교적 빨랐다.

전반적으로 글루코스와 프럭토스의 Hunter 값의 변화속도는 큰 차이가 없었으나 슈크로스는 현저히 느렸다. 이러한 결과는 슈크로스가 분해되어 환원당인 글루코스와 프럭토스로 분해되어 마이아르 반응에 관여하고 있음을 의미한다고 하겠다. 최근 손등⁽⁶⁾과 Reyes등⁽⁸⁾도 糖의 종류에 따른 마이아르 반응속도를 흡광도로 측정하였을 때 같은 결론을 보고한 바 있다.

Hunter 값들 간의 관계

마이아르 반응과정중 변화하는 L, a, b 간의 相關關係를 이해하고자 L-a, L-b, b-a의 관계를 도시한 것은 Fig. 1-3과 같다.

Fig. 1은 본 실험에서 사용된 모든 糖과 glycine 반응용액의 L값과 a값을 비교한 것으로 L값이 90에서 80으로 감소하면서 a값은 綠色을 띠는 -값을 나타내었고 L값이 더욱 감소함에 따라 a값은 점차 증가함을 보여 주었다. L값이 30에 이르렀을 때 증가된 a값은 다시 감소하게 되어 L값과 a값 간의 관계는 두개의 변곡점을 가진

Table 1. Changes in Hunter color measurements of sugar-glycine solution during Maillard reaction at various temperatures

Reaction temp. (°C)	Hunter value	Reaction time (hours)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	10
glucose-glycine											
70	L	89.2	88.8	88.5	88.5	88.5	88.2	87.9	87.6	87.4	87.1
	a	-1.9	-1.9	-1.9	-2.1	-2.2	-2.7	-2.8	-3.2	-3.6	-3.7
	b	1.5	1.6	1.7	2.0	2.3	2.6	4.2	4.8	6.3	7.9
80	L	89.2	88.8	88.4	88.4	85.3	82.9	79.9	74.8	71.3	60.7
	a	-1.9	-2.1	-2.8	-4.1	-5.4	-6.0	-5.5	-2.0	0.4	10.5
	b	1.5	2.2	4.5	9.4	16.7	23.4	29.9	35.5	37.7	37.8
90	L	89.2	88.7	86.1	64.8	52.2	47.8	34.5	28.5	21.9	11.9
	a	-1.9	-2.4	-5.8	6.3	19.4	22.6	28.7	30.5	29.1	20.7
	b	1.5	2.1	14.9	39.3	35.0	32.6	23.8	19.8	14.6	8.2
100	L	89.2	79.0	54.3	30.1	20.4	13.4	6.6	4.9	2.7	1.9
	a	-1.9	-4.8	16.5	30.1	28.4	23.4	13.1	10.2	5.8	4.0
	b	1.5	29.7	35.9	20.9	14.2	9.3	4.6	3.4	1.9	1.3
fructose-glycine											
70	L	89.2	88.5	87.8	87.3	86.9	85.5	84.3	83.4	82.2	79.8
	a	-1.9	-2.3	-3.1	-3.8	4.8	-5.6	-6.3	-6.7	-6.8	-6.9
	b	1.5	3.1	5.8	8.4	11.3	15.3	19.7	23.2	27.0	31.5
80	L	89.2	88.5	87.5	83.7	80.5	76.5	72.8	68.3	63.9	55.0
	a	-1.9	-3.5	-5.8	-7.6	-7.4	-5.1	-2.7	1.4	7.1	16.2
	b	1.5	7.5	14.0	23.8	32.1	36.7	39.8	40.5	40.0	36.6
90	L	89.2	85.0	78.7	69.1	60.3	51.0	46.0	40.5	38.5	28.5
	a	-1.9	-6.7	-7.4	0.3	9.7	18.3	27.0	26.3	25.8	25.3
	b	1.5	17.0	31.0	40.8	39.2	34.4	31.6	27.8	26.4	19.4
100	L	89.2	79.5	57.4	28.5	21.5	13.3	9.4	7.8	6.3	3.3
	a	-1.9	-7.3	13.0	30.5	29.3	24.3	17.5	15.1	9.8	6.5
	b	1.5	31.8	36.8	21.8	14.8	9.0	6.4	5.3	2.7	2.2
sucrose-glycine											
70	L	89.2	88.9	88.8	88.6	88.6	88.4	88.4	88.2	86.2	86.3
	a	-1.9	-1.9	-1.9	-2.0	-1.9	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.6
	b	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.6	2.2	2.4	2.6	2.7
80	L	89.2	88.9	88.8	88.7	88.5	88.5	88.5	88.4	88.3	88.0
	a	-1.9	-1.9	-1.6	-2.1	-2.0	-2.2	-2.4	-2.7	-2.9	-2.9
	b	1.5	1.8	2.0	2.3	2.7	2.8	3.3	4.0	4.5	5.8
90	L	89.2	88.9	88.5	88.2	87.9	87.4	85.4	84.2	82.9	79.5
	a	-1.9	-2.3	-2.6	-2.8	-3.8	-4.3	-5.1	-5.8	-6.2	-5.0
	b	1.5	1.8	2.8	3.8	6.4	8.9	13.0	19.1	22.7	28.4
100	L	89.2	87.7	87.3	85.3	83.1	82.2	80.2	73.1	64.0	55.4
	a	-1.9	-2.7	-3.3	-4.4	-5.3	-6.3	-5.8	-2.5	3.2	13.9
	b	1.5	3.2	7.3	13.1	17.9	23.3	30.6	36.6	38.6	36.1

'S'자 형태를 나타내었다. 또한 L값과 b값을 비교한 결과(Fig. 2)에서는 L값이 70까지 감소하였을 때 b값은 증가하여 黄色의 강도가 진행됨을 보여 주었고 그 후 L값이 더욱 감소함에 따라 b값도 서서히 감소하여 L값과 a값은 한개의 변곡점이 있는 'D'자 형을 나타내었다. 한편 Fig. 3은 Hunter a값과 b값을 비교한 결과로서 b값이 증가하면서 a값은 -값으로 약간 감소하였으며 최고수치

에 도달한 b값이 다시 감소할 때 a값이 최고점에 이른 후 b와 a값이 동시에 감소하는 'O'자 형태를 보여 주었다.

이상의 결과에서 마이야르 반응과정의 초기과정중 L값 감소는 黄色의 증가와 연한綠色이 관여하고 있으며, 그 이상 L값의 빠른 감소는 즉 반응중반기의 暗褐色化는 黄色보다는 赤色이 기여하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 진한 暗色을 나타낸 반응후기에는 a값과 b값이 모

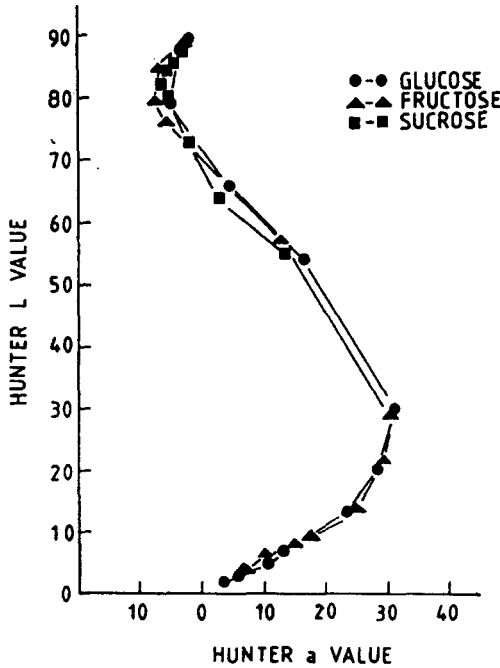


Fig. 1. Relationship between the changes in Hunter L and a values of various sugar-glycine mixture during Maillard reaction

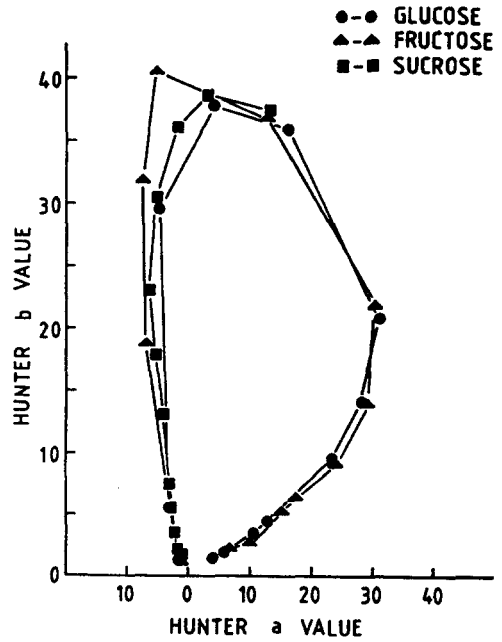


Fig. 3. Relationship between the changes in Hunter a and b values of various sugar-glycine mixture during Maillard reaction

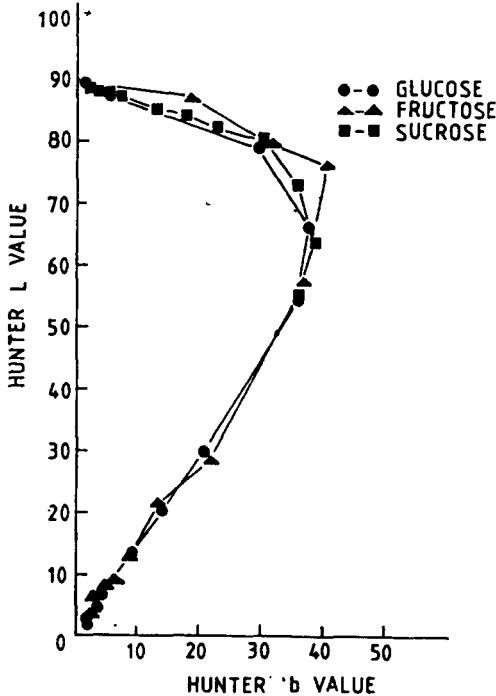


Fig. 2. Relationship between the changes in Hunter L and b values of various sugar-glycine mixture during Maillard reaction.

두 쪽에 근접한 값으로 감소하므로 이는 a 값과 b 값으로 측정되지 않는 暗色の 어떤 물질이 생성되고 있음을 제시한다고 하겠다.

반응시간과 색변화의 관계

마이야르 반응을 90°C 와 100°C 에서 반응시켰을 때 반응시간에 따른 Hunter L, a, b 값으로 부터 ΔE 값과 삼자극색체계의 X, Y, Z 값을 계산한 결과는 Table 2와 같다.

색의 전체적인 강도를 표시하는 ΔE 값과 X + Y + Z 값은 마이야르 반응시간이 진행될수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 글루코스와 프럭토스를 비교하면 90°C 와 100°C 에서 X + Y + Z 나 ΔE 값이 모두 초기반응에는 glucose 가 fructose 보다 낮게 나타났으나 중반반응 후에는 글루코스가 높은 값을 보이고 있다. 슈크로스는 글루코스나 프럭토스보다 반응성이 낮게 나타나기 때문에 전반적으로 낮은 값을 나타내었으며 이러한 결과는 흡광도로 측정된 前報의 반응속도의 결과^{4,6}와 같은 경향이었다.

이와같이 Hunter 값들로부터 계산된 ΔE 값과 X + Y + Z 값, 그리고 반응시간에 역수를 취하여 도시한 결과(Fig. 4) 직선관계가 있음이 밝혀졌다. 그리하여 색의 변화를 종속변수로 하고 반응시간을 독립변수로 하였을때 관계식을 다음과 같이 표시하였다. Hunter 색체계의 값들은

Table 2. Changes in CIE tristimulus values obtained from Hunter values of L, a, b during Maillard reaction of sugar-glycine at 90°C and 100°C

Reaction temp. (°C)	Reaction	Reaction time (hours)					
		0	1	2	4	6	10
90	glucose-glycine						
	X	0.0011	0.0015	0.0054	0.1116	0.2310	0.5354
	Y	0.0009	0.0012	0.0038	0.1602	0.3333	0.6453
	Z	0.0013	0.0021	0.0187	0.4194	0.6147	0.8583
	X+Y+Z ^a	0.0033	0.0048	0.2784	0.6912	0.1790	2.0390
	$\sqrt{\Delta E^b}$	3.2157	3.9637	15.8754	56.2468	68.7328	83.4856
100	X	0.0011	0.0201	0.1040	0.3880	0.6515	0.7744
	Y	0.0009	0.0175	0.1438	0.5161	0.7329	0.8152
	Z	0.0013	0.0843	0.3926	0.7680	0.8156	0.9652
	X+Y+Z	0.0033	0.1219	0.6404	1.6721	2.2000	2.5548
	$\sqrt{\Delta E}$	3.2157	31.7522	54.3368	78.6743	86.8375	90.4630
	fructose-glycine						
90	X	0.0011	0.0003	0.0228	0.0809	0.1372	0.3046
	Y	0.0009	0.0050	0.0183	0.1019	0.2137	0.4062
	Z	0.0013	0.0253	0.0898	0.3255	0.4902	0.6764
	X+Y+Z	0.0033	0.0200	0.1309	0.5083	0.8411	1.3872
	$\sqrt{\Delta E}$	3.2157	18.4044	33.4563	50.8281	62.0151	71.2941
	100	X	0.0011	0.0204	0.0918	0.3707	0.5871
Y		0.0009	0.0162	0.1213	0.5002	0.6860	0.7908
Z		0.0013	0.0850	0.3530	0.7542	0.8842	0.9504
X+Y+Z		0.0033	0.1216	0.5661	1.6251	2.1573	2.4796
$\sqrt{\Delta E}$		3.2157	33.8453	51.7767	78.1183	85.0145	89.2441
sucrose-glycine		X	0.0011	0.0013	0.0017	0.0025	0.0062
	Y	0.0009	0.0011	0.0014	0.0019	0.0047	0.0162
	Z	0.0013	0.0017	0.0027	0.0061	0.0192	0.0778
	X+Y+Z	0.0033	0.0042	0.0058	0.0105	0.0301	0.1128
	$\sqrt{\Delta E}$	3.2157	3.6792	4.4385	7.4330	14.3492	30.3999
	100	X	0.0011	0.0025	0.0030	0.0104	0.0175
Y		0.0009	0.0021	0.0024	0.0083	0.0145	0.1356
Z		0.0013	0.0040	0.0080	0.0357	0.0770	0.3776
X+Y+Z		0.0033	0.0085	0.0135	0.0545	0.1089	0.6156
$\sqrt{\Delta E}$		3.2157	5.3076	8.2768	19.6203	32.2332	52.9196

* Values of X, Y and Z are tristimulus values in CIE Color System.

^b $\Delta E = (L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2$ where L_t , a_t and b_t represent the color of the samples and L_0 , a_0 and b_0 represent the color of the standard plates.

$$\frac{1}{\sqrt{(L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2}} = a\left(\frac{1}{t}\right) + b$$

의 식이며 여기서 L_t , a_t 및 b_t 는 t시간이 경과한 후 반응액의 Hunter 값이고 L_0 , a_0 및 b_0 는 백색 표준판의 값이다. 또한 CIE 삼자극색체계에서는

$$\frac{1}{\sqrt{X+Y+Z}} = a\left(\frac{1}{t}\right) + b$$

의 식으로 나타낼 수 있으며 여기서 X, Y, Z는 삼자극 색체계의 값들이고 a는 절편, b는 기울기를 의미한다.

위 식들을 이용하여 본 실험에서 색의 변화가 현저하였던 90°C와 100°C의 반응온도에 대하여 세가지 당에 대한 기울기(a)와 절편(b) 그리고 상관관계(γ)를 계산한 것은

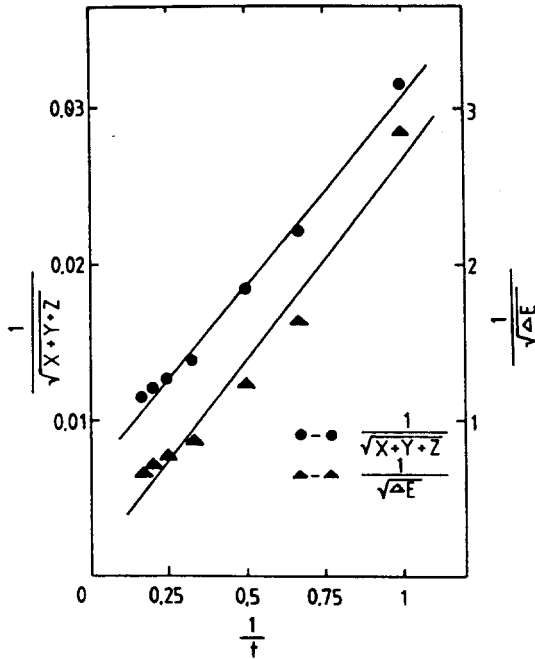


Fig. 4. Relationship between changes in color values and reaction time during Maillard reaction of glucose-glucine solution at 100°C

Table 3과 같다. 이 결과에서 두개의 식이 모두 대단히 높은 상관관계를 보여 높은 온도에서의 마이아르 반응중 일어나는 색의 변화를 예측하는데 효과적으로 응용될 수 있다고 사료된다.

요 약

마이아르 반응의 색변화를 이해하고자 0.8M의 당과 0.8M의 글리신반응액을 70-100°C의 범위에서 반응시

킬때 색의 변화를 Hunter값인 L, a 및 b값으로 측정하였다. 측정된 Hunter 값들의 전반적인 변화경향은 유사하였으나 당의 종류 및 반응온도에 의해 변화속도가 크게 영향을 받았다. 색의 변화를 3단계로 구분하면 초기에는 L값이 서서히 감소함과 동시에 a값은 감소하여 -값을 나타내었고 b값은 급격히 증가하여 최고치에 도달하였다. 중기에서는 L값과 b값은 급속히 감소하면서 a값은 급속히 증가하였으며 최종기에서는 L값과 b값의 감소속도가 완만하게 되었고 a값은 급격하게 감소하였다. 반응시간에 따른 색의 변화를 예측하고자 Hunter 값

$$\frac{1}{\sqrt{(L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2}} = a\left(\frac{1}{t}\right) + b$$

$$\frac{1}{\sqrt{X+Y+Z}} = a\left(\frac{1}{t}\right) + b$$

관계식으로 계산하였을때 이들은 반응시간과 변화된 색 사이에 높은 상관관계가 변화된 색 사이에 높은 상관관계가 있음이 밝혀졌다. 또한 Hunter 값들 간의 관계, 즉 L과a, L과b 그리고 a와b 값들간의 관계도 그림으로써 비교하였다.

문 헌

1. Schnickels, R.A., Warmbier, H.C. and Labuza, T.P.: *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 815 (1976)
2. 李瑞來, 辛孝善: 最新食品化學, 新光出版社, P. 254 (1977)
3. Hodge, J.E.: *J. Agric. Food Chem.*, **1**, 928 (1953)
4. Song, P.S., Chichester, C.O. and Stadman, F.H.: *J. Food Sci.*, **31**, 906 (1966)

Table 3. Linear regression parameters of Maillard reaction at 90°C and 100°C between reaction time and color changes expressed by Hunter values and CIE tristimulus values

Reaction temp. (°C)	$\frac{1}{\sqrt{X+Y+Z}}$ ^a			$\frac{1}{\sqrt{\Delta E}}$ ^b		
	slope a	intercept b	correlation coefficient r	slope a	intercept b	correlation coefficient r
Glucose	16.6332	-3.1403	0.9532	0.2662	-0.0529	0.9377
90 Fructose	5.3424	0.0267	0.9779	0.0459	0.0078	0.9986
Sucrose	6.8889	9.0165	0.9473	0.1169	0.1632	0.9465
Glucose	2.5774	0.1088	0.9842	0.0240	0.0068	0.9960
100 Fructose	2.8399	0.0913	0.9818	0.0226	0.0074	0.9937
Sucrose	8.5898	3.1088	0.9336	0.1860	0.0146	0.9733

^a Values of X, Y and Z are tristimulus values in CIE Color System.

^b $\Delta E = (L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2$.

5. Stamp, J.A. and Labuza, T.P.: *J. Food Sci.*, **48**, 543 (1983)
6. 全英惠, 金鍾君, 金友政: 韓國食品科學會誌, **18**(1), 55(1986)
7. Wrolstad, R.E., Lee, D.D. and Poesi, M.S.: *J. Food Sci.*, **45**, 1573 (1980).
8. Reyes, F.G.R., Poocharoen, B. and Wrolstad, R.E.: *J. Food Sci.*, **47**, 1376 (1982)
9. Blouin, F.A. and Cherry, J.P.: *J. Food Sci.*, **45**, 953 (1980)
10. Plahar, W.A. and Leung, H.K.: *J. Food Sci.*, **50**, 182 (1985)
11. Skrede, G.: *J. Food Sci.*, **50**, 514 (1985)
12. Anthony, K., Ennis, D. and Cook, P.: *J. Food Sci.*, **49**, 1435 (1984).
13. Song, I.S. and Cunningham, F.E.: *J. Food Sci.*, **50**, 841 (1985)
14. Francis, F.J.: *J. Food Sci.*, **50**, 754 (1985)
15. 李哲鎭, 蔡洙圭, 李農權, 朴奉相: 食品工業品質管理論, 裕林文化社, p. 35(1982)

(1986년 7월 7일 접수)