

물엿농도와 열처리 조건에 따른 팥앙금 호화액의 당 및 아미노산의 변화 모니터링

노민환^{1†} · 이태규²

우석대학교 생명공학과, ¹(주)대두식품, ²우석대학교 외식산업조리학과

Monitoring of Free Sugar and Amino Acid of Red Bean Paste by Corn Syrup Concentration and Heating Treatment Conditions

Min-Whan Rho^{1†} and Tae-Kyoo Lee²

Department of Food Biotechnology, Woosuk University, Chonbuk 565-701, Korea

¹Daedoo Food Co., LTD, Chonbuk 573-941, Korea

²Department of Food Industry and Management, Woosuk University, Chonbuk 565-701, Korea

Abstract

Dynamic changes of free sugar and amino acid in the mixture of red bean paste sediment by corn syrup concentration and heating conditions were monitored. Glucose and fructose contents of red bean paste increased with an increasing brown color intensity. Amino acid content was affected by the heating temperature, increased with an increase in browning color intensity. Browning color intensity of each samples increased up to 95°C, but decreased above 95°C. This result was the same trend as changes of glucose and amino acid. The results of correlation coefficients among free sugar, amino acid and browning color intensity show that increase in browning color intensity was not correlated directly with changes of free sugar and amino acid contents. It seems that the contents of free sugar and amino acid resolved from saccharides and protein were much more than contents used for browning reaction.

Key words : red bean paste, sugar, amino acid, browning, heating condition

서 론

당류를 고온에서 가열할 때 용점이상에서 갈색화가 일어나는 것을 caramelization이라하며, 이에 비하여 당류 이외에 단백질과 같은 질소화합물이 공존하여 갈색화가 일어나는 것을 Maillard 반응이라고 한다(1). 비효소적 갈변반응인 Maillard 반응은 아미노산, 아민, 펩타이드, 단백질 등이 당류, 알데하이드, 케톤 등의 환원 당류와 일련의 화학반응을 거쳐 최종적으로 melanoidine을 형성하는 것이다. Maillard 반응은 저온에서도 발생이 가능하므로 caramelization과는 달리 식품에서 흔하게 볼 수 있는 반응이다. 예를 들면 빵 껍질, 간장, 된장, 불고기, 참기름, 볶은 땅콩, 오래된 꿀

등의 색은 이 반응에 의한 것이다(1). 이러한 Maillard 반응은 색상과 향미에 영향을 주어 많은 연구가 진행되어 왔으며 반응속도는 온도, pH, 기질의 종류 및 농도 그리고 여러 가지 염과 이온에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다(2,3). Ryu 등(4)은 tagatose와 glycine을 혼합한 모델용액을 대상으로 반응표면분석을 응용하여 반응 pH, 반응온도, 반응시간에 따른 흡광도, 황색도, 색차 및 관능평점의 변화에 대하여 보고하였다. Lee 등(5)은 amino acid와 당원료를 사용하여 탈지대두박 및 옥수수 산분해산물을 중심합성계획법에 의해 반응온도, 반응시간 및 용매의 pH를 변화시키면서 Maillard 반응을 진행시켜 amino acid 및 유리당 함량의 변화에 대한 회귀분석 결과를 보고하였다. Kim 등(6)은 당과 아미노산의 model system을 사용하여 반응온도에 따른 갈색화 현상을 Hunter's color값으로 측정하여 반응시간과 Hunter's color값들 간의 상호관계에 대하여 보고하였다.

[†]Corresponding author. E-mail : alsghkssh@hanmail.net,
Phone : 82-63-450-3540, Fax : 82-63-450-3549

팥(小豆·赤豆 ; small red bean, adzuki bean, *Vigna angularis* W.F. Wight)은 찹떡잎식물 장미목 콩과의 한해살이풀이며 콩과로 분류된다(7). 우리나라에서 콩 다음으로 수요가 많은 팥은 지방질 함량이 낮고 탄수화물 함량이 높은 두류로서, 그 구성성분의 대부분은 전분으로 이루어져 있다(8). 팥에는 쌀밥에서 부족하기 쉬운 비타민 B₁이 다량 함유되어 있어 밥밑콩의 형태로 많이 이용되고 있으며, 팥죽이나, 떡, 빵, 과자 등의 속재료로서 뿐만 아니라 최근에는 앙금과 양갱, 빙과 제조용으로도 많이 이용되고 있다(9). 양갱의 제조과정을 보면 팥앙금에 물을 가하여 설탕, 한천, 소금 등을 넣고 가열하고 성형하는 과정을 거치는데, 이때 사용되는 설탕은 제품에 감미를 부여할 목적으로 이용되어진다(10,11). 설탕은 단맛의 지표이며 오래전부터 애용된 감미료이나, 최근 저열량 식품의 개발에 대한 관심이 높아지면서 설탕의 단점을 보완하는 여러 가지 대체 감미료들이 식품소재로 사용되고 있다(12-14). 물엿은 설탕 및 포도당에 비하여 저감미이므로 식품의 감미 조절이 가능하며, 제품에 사용 시 설탕과 함께 사용할 경우 설탕이나 포도당의 결정 석출을 억제하고 윤기를 부여할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 팥앙금과 설탕, 물엿을 혼합한 모델 용액을 대상으로 반응표면분석법을 이용하여 물엿농도, 가열온도 및 가열시간에 따른 팥앙금 호화액의 당 및 아미노산 함량의 변화를 모니터링 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 팥앙금은 농수산물 유통공사에서 확인하여 수입한 중국산 팥을 (주)대두식품에서 가공한 것을 사용하였다. 즉, 95℃에서 30분, 85℃에서 30분 및 100℃에서 60분간 가열한 후 그라인더로 분쇄하여 수분함량 65%의 팥앙금을 제조하여 사용하였으며, 설탕(순도 99.9%, CJ (주)) 및 물엿(DE 22, 70 °Brix, (주)대상)을 사용하였다.

팥앙금 호화액 제조

팥앙금 호화액은 팥앙금 20%(고형물 35%)에 물엿을 각각 5, 10, 15, 20 및 25%의 농도로 첨가하고, 설탕으로 최종 당도가 30 °Brix가 되도록 조절한 다음, 반응온도 및 시간을 달리하여 가열한 후 냉각하여 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 시료를 냉장보관하면서 사용하였다.

물엿농도 및 열처리 조건 최적화를 위한 실험계획

본 실험에서는 팥앙금 호화액의 물엿농도 및 열처리 조건을 최적화하기 위해 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 활용하였다(15). 실험계획은 중심합성계획법(16)에 의하여 설계하였으며, 반응표면회귀분석을 위해

SAS (statistical analysis system) program을 사용하였다(17). 중심합성계획에 의한 시료의 요인변수는 물엿농도(X₁), 가열온도(X₂) 및 가열시간(X₃)을 -2, -1, 0, 1, 2 다섯 단계로 부호화하였다. 실험계획에 의한 실험군의 수는 Table 1과 같이 16구로 설정하여 실험을 실시하였다. 또한 이들 요인변수에 의해 영향을 받는 반응변수(Y_n)는 팥앙금 호화액의 갈변반응에 영향을 미치는 주요 품질인자로서 유리당 함량, 아미노산 함량 및 갈색도의 변화를 분석하여 회귀분석에 사용하였다. 가당 및 가열조건에 따른 변수들의 특성은 Mathematica program을 이용하여 4차원 반응표면으로 나타내었다(18).

Table 1. Experimental data on free sugar contents and browning color intensity of red bean paste under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Independent variable ²⁾			Free sugar contents (mg/g)			Browning color intensity ³⁾
	X ₁	X ₂	X ₃	Glucose	Fructose	Maltose	
1	20 (1)	110 (1)	170 (1)	27.9	25.2	140.4	1.022
2	20 (1)	110 (1)	90 (-1)	20.1	16.2	159.3	0.747
3	20 (1)	90 (-1)	170 (1)	2.4	- ⁴⁾	195.0	0.183
4	20 (1)	90 (-1)	90 (-1)	3.3	-	195.3	0.143
5	10 (-1)	110 (1)	170 (1)	29.4	27.0	172.2	1.485
6	10 (-1)	110 (1)	90 (-1)	11.7	26.1	210.9	0.509
7	10 (-1)	90 (-1)	170 (1)	2.1	-	231.6	0.177
8	10 (-1)	90 (-1)	90 (-1)	1.5	-	231.9	0.140
9	15 (0)	100 (0)	130 (0)	3.9	-	194.1	0.206
10	15 (0)	100 (0)	130 (0)	3.0	-	193.5	0.210
11	5 (-2)	100 (0)	130 (0)	1.5	-	264.9	0.201
12	25 (2)	100 (0)	130 (0)	4.5	-	122.4	0.189
13	15 (0)	80 (-2)	130 (0)	3.0	-	195.0	0.165
14	15 (0)	120 (2)	130 (0)	75.9	58.2	18.3	3.787
15	15 (0)	100 (0)	50 (-2)	9.6	-	190.5	0.162
16	15 (0)	100 (0)	210 (2)	4.2	-	193.8	0.226

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

²⁾X₁: Corn syrup concentration (%), X₂: Heating temperature (°C), X₃: Heating time (min).

³⁾Optical density at 420 nm.

⁴⁾Trace are not detected.

유리당 함량 측정

각 조건별로 가당 및 가열처리한 팥앙금 호화액은 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 HPLC(HP 1100 series, Hewlett Packard, USA)로 분석하였다. 이때 분석조건은 column이 Aminex HPX-87C carbohydrate column, column temperature가 80℃, 이동상은 CH₃CN:H₂O = 75:25 (v/v), flow rate 0.6 mL/min 및 injection volume 10 μL로 하였다.

아미노산 함량 측정

각 시료의 아미노산 함량은 아미노산 자동분석기(L8800 amino acid auto analyzer, Hitachi, Japan)를 사용하여 측정하였다.

갈색도 측정

갈색도의 측정은 일정량의 시료를 취하여 각각 UV-spectrophotometer(U-3010, Hitach, Japan)를 이용하여 420nm에서 흡광도를 측정하였다(19).

결과 및 고찰

유리당 함량의 변화

팔랑금 호화액의 제조에서 감미료로 사용되는 설탕의 대체제로 저감미의 물엿을 사용하고, 물엿의 농도와 가열조건에 따른 유리당 함량의 변화를 조사하였다. 각 조건 별로 물엿 첨가 및 열처리한 팔랑금 호화액의 유리당 함량을 측정한 결과는 Table 1에 나타내었으며, 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 3에 나타내었다.

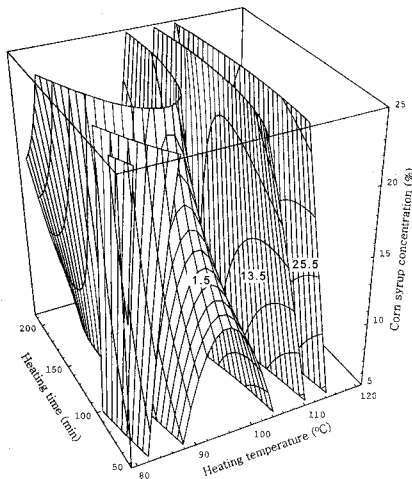


Fig. 1. Response surface for glucose content in red bean paste at constant values (glucose content: 0.5~4.5~8.5%) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

중심합성계획에 의한 각각의 실험구간의 유리당 함량을 측정한 결과 glucose 1.5~75.9 mg/g, fructose 0~58.2 mg/g 및 maltose 18.3~264.9 mg/g으로 나타났으며, 팔랑금 호화액의 유리당 함량에 대한 회귀식의 R²는 glucose, fructose 및 maltose에서 각각 0.9388, 0.9548 및 0.8899로 유의성은 각각 1%, 1% 및 5%이내의 유의수준에서 인정되었다. Glucose 함량은 물엿농도 11.28%, 가열온도 91.65°C 및 가열시간 146.95분일 때 68.39 mg/g으로 최대값을 나타내었다(Table 4). 실험조건별로 측정된 glucose 함량을 반응표면

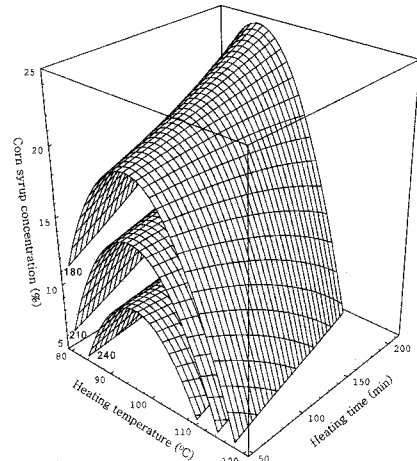


Fig. 2. Response surface for maltose content in red bean paste at constant values (maltose content: 60~70~80%) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

분석하여 4차원으로 나타낸 결과 Fig. 1과 같이 안장점의 형태로 나타났으며, glucose 함량은 가열온도에 가장 많은 영향을 받고 있었다(Table 5). 가열온도가 95°C까지 증가하는 동안 glucose 함량은 감소하였으며, 그 이상의 범위에서는 가열온도가 높아질수록 그 함량이 증가하였다. Fructose 함량은 갈색도가 0.5 이상으로 높게 나타난 5개의 실험구에서만 측정되었으며, 최대값은 물엿농도 15.30%, 가열온도 119.61°C 및 가열시간 145.55분일 때로 예측되었다(Table 4). 능선분석에 의한 maltose 함량의 최대값은 물엿농도 5.41%, 가열온도 95.13°C 및 가열시간 118.16분일 때 267.73 mg/g으로 예측되었으며, 최소값은 물엿농도 17.38%, 가열온도 119.25°C 및 가열시간 140.33분일 때 41.78 mg/g이었다(Table 4). Maltose 함량은 glucose 및 fructose 함량의 측정 결과와 같이 가열온도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다(Fig. 2). 이상의 결과로 갈변반응이 심하게 발생한 실험구에서 glucose와 fructose 함량이 높고, maltose 함량이 낮게 나타남을 볼 수 있었다. Kwon 등(20)은 볶음조건에 따른 등굴레의 유리당 함량 측정결과, 온도와 시간이 경과함에 따라 glucose 함량이 계속 증가하다가 온도가 150°C부터는 줄어들기 시작하였다고 보고하였다. 또한 Lee 등(5)은 반응시간이 짧고 반응온도가 높을수록 glucose 함량의 감소가 심하게 나타났으며, fructose의 함량의 변화는 반응온도, 시간 및 용매의 pH가 각각 낮은 조건에서는 이들의 값이 증가할수록 감소하였다고 한 보고하였는데, 본 실험 결과와는 다소 차이가 있었다. 이러한 결과는 미루어 볼 때 본 실험에 사용된 팔랑금 호화액의 유리당은 갈변반응의 기질로 사용되어 감소하는 양에 비해, 고온의 열처리로 인해 감미료로 첨가되어진 maltose와 sucrose로부터 생성되는 glucose 및 fructose의 함량이 더 많은 것으로 여겨진다.

Table 2. Experimental data on amino acid contents of red bean paste under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Amino acid contents (µg/mL)								
	Aspartic acid	Serine	Glutamic acid	Glycine	Alanine	Tyrosine	Histidine	Arginine	Total amino acid
1	11.68	3.13	4.55	0.98	1.46	15.00	0.00	8.28	49.20
2	7.65	1.77	2.84	0.47	1.01	9.33	2.34	8.88	34.29
3	1.09	0.41	1.49	²⁾	0.26	0.84	0.46	10.28	14.83
4	0.79	-	1.26	-	-	-	0.49	9.83	12.37
5	11.68	2.52	3.15	1.02	1.48	14.19	5.15	8.73	48.33
6	4.91	1.44	2.24	0.59	0.72	5.86	1.49	11.56	28.81
7	1.15	0.43	1.43	0.24	0.3	0.84	0.51	11.29	16.19
8	0.84	0.31	1.32	0.24	0.25	0.66	0.45	9.60	13.67
9	1.33	0.43	1.48	0.24	0.29	0.81	0.62	10.33	15.53
10	1.10	0.33	1.17	0.22	0.22	-	0.31	4.35	12.50
11	1.59	-	1.32	-	-	-	0.62	10.32	13.85
12	1.19	-	1.34	-	-	0.74	0.48	9.16	12.91
13	1.00	-	1.62	-	0.27	-	0.76	9.91	13.56
14	13.21	4.76	10.00	4.91	8.25	71.91	-	-	113.50
15	0.90	-	1.37	-	-	-	0.49	9.88	12.64
16	1.96	0.68	1.55	0.31	0.34	-	0.48	10.77	16.09

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.
²⁾Trace are not detected.

Amino acid 함량의 변화

중심합성계획에 의해 설계된 실험조건으로 물엿을 첨가하고 가열처리한 팥앙금 호화액의 amino acid 함량을 분석한 결과(Table 2)를 바탕으로 대표적인 몇 가지 아미노산의 동적변화를 반응표면으로 나타내었다(Fig. 3~Fig. 6). 팥앙금 호화액의 아미노산 함량은 Table 2에서 보는 바와 같이

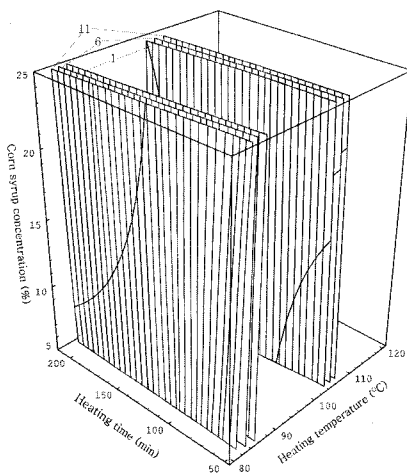


Fig. 3. Response surface for aspartic acid content in red bean paste at constant values (aspartic acid content: 1-6-11 ppm) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

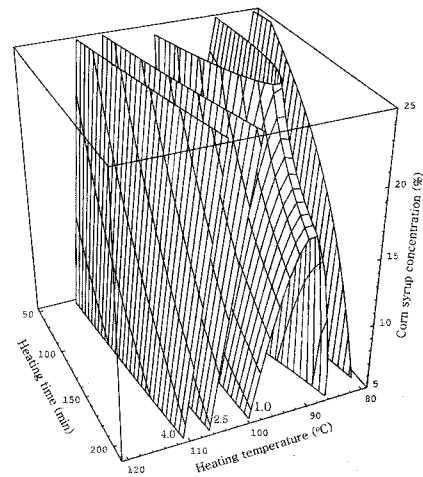


Fig. 4. Response surface for glutamic acid content in red bean paste at constant values (glutamic acid content: 1.0-2.5-4.0 ppm) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

aspartic acid, glutamic acid 및 arginine 등이 많이 함유되어 있는 것으로 나타났으며, Koh 등(8)이 팥의 아미노산에 대해 보고한 결과와도 일치하였다. 팥앙금 호화액의 갈변반응에서 세 가지 요인변수인 물엿농도(5~25%), 가열온도(80~120°C) 및 가열시간(50~210분)의 변화에 따른 각각의 아미노산 함량에 대한 회귀식의 R²는 Table 3에 나타난

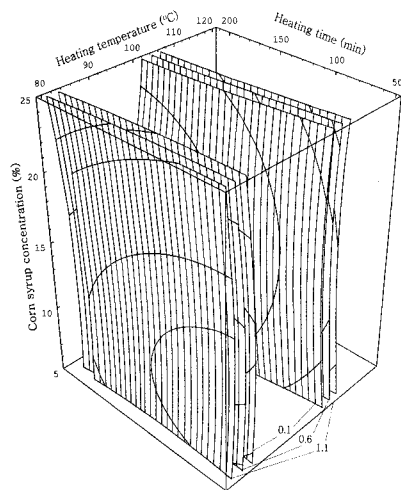


Fig. 5. Response surface for alanine content in red bean paste at constant values (alanine content: 0.1-0.6-1.1 ppm) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

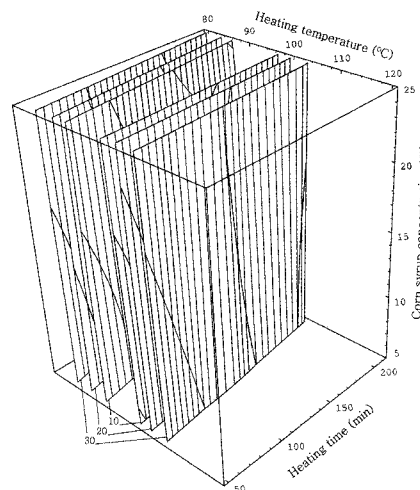


Fig. 6. Response surface for total amino acid content in red bean paste at constant values (amino acid: 10-20-30 ppm) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

Table 3. Polynomial equations calculated by RSM program for heating conditions and corn syrup concentration of red bean paste

Responses	Second order polynomials	R ²	Significance
Glucose	$Y_1=873.278906+0.048750X_1-17.818125X_2-0.817031X_3+0.012000X_1X_2-0.007125X_1X_3+0.008062X_2X_3-0.004500X_1^2+0.090000X_2^2+0.000539X_3^2$	0.9338	0.0065
Fructose	$Y_2=722.076563-0.598125X_1-14.663438X_2-0.723281X_3+0.014250X_1X_2-0.005813X_1X_3+0.008531X_2X_3+0.072750X_2^2$	0.9548	0.0022
Maltose	$Y_3=-1804.038281-4.533750X_1+42.995625X_2+1.582031X_3+0.025500X_1X_2+0.012375X_1X_3-0.017812X_2X_3-0.001500X_1^2-0.217875X_2^2-0.000258X_3^2$	0.8899	0.0265
Aspartic acid	$Y_4=160.756641-0.518687X_1-3.110531X_2-0.280250X_3+0.007125X_1X_2-0.001719X_1X_3+0.003184X_2X_3+0.001750X_1^2+0.014713X_2^2+0.000033594X_3^2$	0.9020	0.0194
Serine	$Y_5=51.111406-0.242188X_1-1.017531X_2-0.056641X_3+0.003175X_1X_2+0.000356X_1X_3+0.000597X_2X_3-0.003800X_1^2+0.005000X_2^2-0.00000625X_3^2$	0.9548	0.0022
Glutamic acid	$Y_6=115.521484-0.550750X_1-2.259875X_2-0.080172X_3+0.005000X_1X_2+0.000575X_1X_3+0.000712X_2X_3+0.000050000X_1^2+0.011213X_2^2+0.000021904X_3^2$	0.9121	0.0143
Glycine	$Y_7=52.175078-0.025500X_1-1.085188X_2-0.024641X_3+0.000800X_1X_2+0.000050000X_1X_3+0.000294X_2X_3-0.002300X_1^2+0.005563X_2^2-0.000011719X_3^2$	0.8342	0.0773
Alanine	$Y_8=92.142422-0.055625X_1-1.936188X_2-0.020297X_3+0.001400X_1X_2-0.0000625000X_1X_3+0.000281X_2X_3-0.0025500X_1^2+0.010013X_2^2-0.000013281X_3^2$	0.8323	0.0795
Tyrosine	$Y_9=834.984609-0.998250X_1-17.325938X_2-0.346953X_3+0.012350X_1X_2-0.001250X_1X_3+0.004056X_2X_3-0.0003500X_1^2+0.088875X_2^2-0.000063281X_3^2$	0.8530	0.0568
Histidine	$Y_{10}=-22.117656+1.484438X_1+0.185656X_2+0.018047X_3-0.010725X_1X_2-0.003806X_1X_3+0.000403X_2X_3+0.000850X_1^2-0.000213X_2^2+0.000003125X_3^2$	0.4411	0.8144
Arginine	$Y_{11}=-52.703828-0.290812X_1+1.360844X_2+0.044281X_3-0.005875X_1X_2+0.00619X_1X_3-0.001741X_2X_3+0.024000X_1^2-0.005963X_2^2+0.000466X_3^2$	0.6152	0.4872
Total amino acid	$Y_{12}=1235.170156-1.216500X_1-25.223625X_2-0.773312X_3+0.013400X_1X_2-0.005200X_1X_3+0.008062X_2X_3+0.017650X_1^2+0.129213X_2^2+0.000430X_3^2$	0.9311	0.0073
Browning color intensity	$Y_{13}=40.608500+0.116100X_1-0.858100X_2-0.027300X_3-0.000585X_1X_2-0.000436X_1X_3+0.000300X_2X_3-0.000130X_1^2+0.004420X_2^2-0.00002188X_3^2$	0.9043	0.0181

¹⁾X₁: Corn syrup concentration (%), X₂: Heating temperature (°C), X₃: Heating time (min).

바와 같이 histidine과 arginine을 제외하고는 모두 0.8300 이상의 높은 R² 값을 나타내었다. Fig. 3~Fig. 6에서 보는 바와 같이 아미노산 함량은 가열온도에 가장 많은 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 85~100°C의 온도에서 가장 낮은 함량을 나타내었고, 갈변반응이 많이 일어난 시료에서 아미노산 함량이 크게 증가하였다. 또한 유리당 분석결

과와 유사하게 가열온도가 95°C까지 증가하는 동안 아미노산 함량이 감소하였으나, 그 이상의 범위에서는 가열온도가 높아질수록 아미노산 함량이 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Maillard 반응에 관여하는 아미노산 함량 보다는 시료 속의 단백질이 변성 및 열분해 됨으로써 생성되는 유리 아미노산의 양이 더 많아지기 때문으로 생각된다

(21). 유리당 분석 결과와 마찬가지로 갈변이 심하게 나타난 시료의 아미노산 함량이 높게 측정된 것으로 미루어 볼 때, 본 실험에서의 팔랑금 호화액 제조에서는 유리당과 아미노산의 상호작용으로 인한 갈변물질의 생성과 더불어, 첨가되어진 당과 팔랑금 자체의 높은 탄수화물 및 단백질로부터 분해되어 생성되는 유리당과 아미노산이 상당히 많은 것으로 여겨진다. Total amino acid 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 Table 3과 같이 0.9311이고, 유의성은 0.0073로서 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 각 실험구간별 total amino acid 함량은 가열온도에 의해서 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시한 결과 최대값은 물엿농도 15.13%, 가열온도 119.82°C 및 가열시간 140.52분일 때 102.43 $\mu\text{g/mL}$ 으로 예측되었다 (Table 4, Fig. 6).

Table 4. Predicted levels of optimum conditions for the maximized and minimized responses of variables by the ridge analysis of their response surface

Responses	Operating conditions			Estimated responses	Morphology
	Corn syrup concentration (%)	Heating temperature (°C)	Heating time (min)		
Glucose	14.92	98.01	129.79	0.53 (min.)	Saddle point
	15.32	119.76	142.01	68.39 (max.)	
Fructose	15.00	100.00	130.00	1.18 (min.)	Saddle point
	15.30	119.61	145.55	56.21 (max.)	
Maltose	17.38	119.25	140.33	41.78 (min.)	Saddle point
	5.41	95.13	118.16	267.73 (max.)	
Aspartic acid	16.12	90.69	141.59	0.14 (min.)	Saddle point
	15.56	118.96	155.08	16.42 (max.)	
Serine	16.43	92.96	119.95	0.05 (min.)	Saddle point
	16.04	119.36	148.14	4.98 (max.)	
Glutamic acid	22.63	93.32	85.74	0.49 (min.)	Saddle point
	16.06	119.71	140.57	8.89 (max.)	
Glycine	15.00	100.00	130.00	0.10 (min.)	Saddle point
	15.13	119.88	138.54	3.91(max.)	
Alanine	15.00	100.00	130.00	0.01 (min.)	Saddle point
	15.25	119.95	135.40	6.52 (max.)	
Tyrosine	15.00	100.00	130.00	0.00 (min.)	Saddle point
	15.31	119.91	136.93	57.92 (max.)	
Histidine	19.78	100.59	158.94	0.19 (min.)	Saddle point
	8.12	109.91	172.47	3.77 (max.)	
Arginine	16.39	119.48	144.33	2.50 (min.)	Saddle point
	15.70	91.04	201.30	12.59 (max.)	
Total amino acid	22.41	91.22	170.63	4.62 (min.)	Saddle point
	15.13	119.82	140.52	102.43 (max.)	
Browning color intensity	15.01	98.02	128.95	0.049 (min.)	Saddle point
	14.60	119.74	142.47	3.289 (max.)	

갈색도의 변화

중심합성계획에 의한 16구간의 실험구간에 대한 갈색도의 측정 결과는 Table 1과 같고, 결과에 대한 회귀식은 Table 3에 나타내었다. 세 가지 반응조건인 물엿농도, 가열온도 및 가열시간의 변화에 따른 갈색도에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9043이었고 유의성은 0.0181로서 5%내의 유의수준에서 인정되었다. 갈색도는 가열온도에 의해서 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 갈색도의 변화는 Fig. 7과 같이 안장점(saddle point)의 형태를 나타내었다. 예측된 최대값은 3.289로 이때의 조건은 물엿농도 14.60%, 가열온도 119.74°C 및 가열시간 142.47분이었다(Table 5). 이러한 결과는 Park 등(22)의 반응온도가 높아질수록 가열처리한 시료의 갈색도가 증가한다는 보고와 일치하였다. 그러나 당과 아미노산이 갈색화가 심하게 나타난 시료에서 증가되는 경향을 나타내어 당과 아미노산의 증가가 갈색화와는 직접적인 관계가 없는 것으로 여겨진다. 이러한 결과는 열처리로 인해 당과 아미노산이 melanoidins를 생성함과 동시에, 팔랑금 호화액 제조에 사용되는 당과 팔랑금 자체의 높은 탄수화물과 단백질이 고온에서 변성 및 분해작용으로 인해 유리당 및 아미노산이 다량 생성되어 나타나는 것으로 사료된다.

Table 5. Analysis of variables for regression model of physicochemical properties in heating conditions and corn syrup concentration of red bean paste

Operating conditions	F-Ratio		
	Corn syrup concentration (%)	Heating temperature (°C)	Heating time (min)
Glucose	0.14	18.69***	0.51
Fructose	0.14	27.63***	1.27
Maltose	3.60*	7.41***	0.18
Aspartic acid	0.00	3.67*	0.01
Serine	0.47	26.74***	1.92
Glutamic acid	0.20	13.16***	0.34
Glycine	0.04	6.13**	0.11
Alanine	0.02	6.00**	0.06
Tyrosine	0.01	7.30***	0.08
Histidine	0.93	0.50	0.56
Arginine	0.28	1.37	0.40
Total amino acid	0.03	17.64***	0.45
Browning color intensity	0.09	12.01***	0.44

***Significant at 1% level, **Significant at 5% level, *Significant at 10% level.

기질농도 및 갈색도와 상관관계

팔랑금 호화액의 갈변반응에 있어서 기질인 유리당 함량과 반응생성물의 갈색도와 상관관계를 조사해 본 결과

요 약

Table 6. Correlation coefficients among browning color intensity, sugar and amino acids

Variables	Color ¹⁾	Glucose	Fructose	Maltose
Color	1.00000	0.98843***	0.97738***	-0.82325***
Aspartic acid	0.83683***	0.87422c	0.92919***	-0.67122***
Serine	0.91992***	0.94288c	0.97338***	-0.75356***
Glutamic acid	0.97741***	0.98208***	0.96836***	-0.84259***
Glycine	0.97982***	0.96020***	0.93265***	-0.81146***
Alanine	0.97802***	0.95869***	0.92778***	-0.82336***
Tyrosine	0.98641***	0.97391***	0.94766***	-0.83662***
Histidine	0.13796	0.13485	0.21523	0.05319
Arginine	-0.79793***	-0.77743***	-0.74038***	0.76830***
Total amino acids	0.99121***	0.99076***	0.98762***	-0.81386***

***Significant at 1% level.

¹⁾Color: browning color intensity (optical density at 420 nm).

Table 6과 같이 glucose 및 fructose 함량은 갈색도와 높은 양의 상관관계를 나타내었다. 또한 아미노산 함량과 반응 생성물의 갈색도와의 상관관계를 조사해본 결과 Table 6과 같이 serine, glutamic acid, glycine, alanine, tyrosine 등은 상관계수 0.90 이상의 높은 정의 상관관계를 나타내었으며, 유리당 함량과 total amino acids 함량과의 상관관계에서도 0.98 이상의 높은 양의 상관관계를 나타내었으며, 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 이와 같은 결과로부터 팔랑금 호화액의 갈변반응에 있어서 갈색도의 증가는 유리당과 아미노산의 증가와는 직접적으로 관계가 없음을 알 수 있었다.

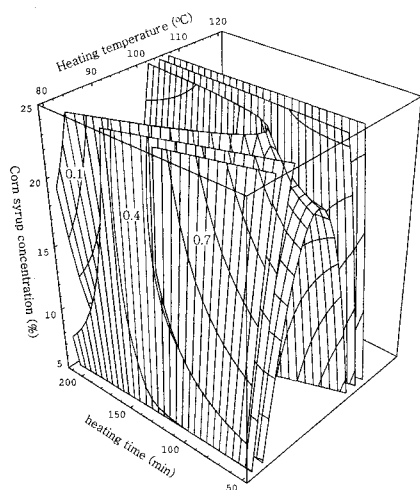


Fig. 7. Response surface for browning color intensity in red bean paste at constant values (browning color intensity: 0.1-0.4-0.7) as a function of heating temperature, heating time and corn syrup concentration.

팔랑금과 설탕 및 물엿을 혼합한 모델용액에서 물엿농도 및 가열조건에 따른 팔랑금 호화액의 당 및 아미노산 함량의 동적변화를 모니터링 하였다. 중심합성계획에 의해 유리당 함량을 측정된 결과, 갈변반응이 심하게 발생한 실험 구에서 glucose와 fructose의 함량이 높고, maltose의 함량이 낮게 나타났다. 또한 팔랑금 호화액의 amino acid 함량을 분석한 결과, total amino acid 함량은 가열온도에 가장 많은 영향을 받았고, 갈변반응이 많이 일어난 시료에서 그 함량이 크게 증가하였다. 각 시료의 갈색도 측정 결과 glucose 및 아미노산의 변화와 마찬가지로 95℃의 온도까지는 그 함량이 감소하다가 그 이상의 범위에서는 가열온도가 높아짐에 따라 증가하였다. 팔랑금 호화액의 유리당 및 아미노산 함량과 갈색도와의 상관관계를 조사해 본 결과, 양의 상관관계를 나타내어 갈색도의 증가로 인한 유리당 및 아미노산의 감소보다는 열분해에 의한 유리당 및 아미노산의 증가 속도가 더 빠른 것으로 여겨진다.

참고문헌

- Ahn, M.S. (2004) Food Chemistry. Shinkwang Publishing Co., Seoul, Korea, p.144-149
- Hong, M.J., Lee, G.D., Kim, H.G. and Kwon, J.H. (1998) Changes in browning characteristics of Chicory roots by roasting processes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 27, 591-595
- Kim, D.H. (1996) Food Chemistry. Tamgudang Publishing Co., Seoul, Korea, p.401-447
- Ryu, S.Y., Roh, H.J., Noh, B.S., Kim, S.Y., Oh, D.K., Lee, W.J., Yoon, J.R. and Kim, S.S. (2003) Optimization of Maillard reactions of tagatose and glycine model solution by applying response surface methodology, Korean J. Food Sci. Technol., 35, 914-917
- Lee, G.D., Kim, J.S. and Kwon, J.H. (1996) Monitoring of dynamic changes in Maillard reaction substrates by response surface methodology. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 212-219
- Kim, W.J., Chun, Y.H. and Sung, H.S. (1986) Evaluation and prediction of color changes of sugar-glycine mixtures by Maillard reaction. Korean J. Food Sci. Technol., 18, 306-312
- Cho, J.S. (1984) Food Materials. Munundang, Seoul, Korea, p.92-93
- Koh, K.J., Shin, D.B. and Lee, Y.C. (1997) Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung

- bean and black soybean. Korean J. Food Sci. Technol., 29, 854-859
9. Kim, C.K., Oh, B.H., Na, J.M. and Shin, D.H. (2003) Comparison of physicochemical properties of Korea and Chinese red bean starches. Korean J. Food Sci. Technol., 35, 551-555
 10. Park, S.H. and Cho, E.J. (1995) Instrumental and sensory characteristics of Yanggaeng mixed with kidney bean sediment. Korean J. Dietary Culture, 10, 247-253
 11. 片桐直彦. (1966) 最新の あんの 開発動向. 食品加工技術, 16, 154-159
 12. Oku, T., Tokunaga, T. and Hosoya, N. (1984) Nondigestibility of a new sweetener, 'Neo-sugar' in the rat. J. Nutr., 114, 1574-1575
 13. Hwang, C.S., Kim, Y.S. and Shin, D.H. (2006) Alternative sweetener of sucrose by using threshold value and effects of salt addition on the sweetness. J. Food Hyg. Safety, 21, 9-13
 14. Bornet, R.J. (1994) Undigestible sugars in food products. Am. J. Clin. Nutr., 59, 763-766
 15. Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L. (1992) Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. J. Food Sci., 57, 190-196
 16. Lee, G.D., Lee, J.E. and Kwon, J.H. (2000) Application of response surface methodology in food industry. Food and Industry., 33, 33-45
 17. SAS Institute, Inc. (1990) SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA
 18. Martha, L.A. and James, P.B. (1992) The Mathematica Handbook, Copatible with Mathematica, Version 2.0 Harcourt Brace, Massachusetts : An Imprint of a Division of Academic press.
 19. Park, M.H., Kim, K.C. and Kim, J.S. (1993) Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. Korean J. Ginseng Sci., 17, 228-231
 20. Kwon, J.H., Ryu, K.C. and Lee, G.D. (1997) Dynamic in browning reaction substrates of *Polygonatum odoratum* roots during roasting. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 26, 654-661
 21. Seog, H.M. (1987) The effects of the roasting temperature on the formation of volatile compounds in the malted naked barley. Ph. D. Thesis, Joongang University. Seoul. Korea.
 22. Park, N.Y., Jeong, Y.J., Lee, G.D. and Kwon, J.H. (2000) Monitoring of Maillard reaction characteristics under various roasting conditions of *Polygonatum odoratum* root. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 29, 647-654

(접수 2006년 6월 3일, 채택 2006년 9월 28일)