

유색미 제조용 감귤과피 물추출 균질액의 제조조건 최적화

서성수 · 윤광섭 · 신승렬¹ · 김순동*

대구가톨릭대학교 식품공학과, ¹대구한의대학교 생명자원공학부

Optimal Condition for Manufacturing Water Extract from Mandarin Orange Peel for Colored Rice by Coating

Sung-Soo Seo, Kwang-Sup Youn, Seung-Ryeul Shin¹ and Soon-Dong Kim*

Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu

¹Faculty of Life Resource Engineering, Daegu Hanny University

This study was conducted to optimize the water homogenization process of mandarin orange peel for colored rice. Four variables were used to determine the optimum conditions for homogenization speed, time, temperature, and water volume with a five level central composite design and response surface methodology. The process was optimized using the combination of EI and b values of rice coated with water extract of the mandarin orange peel. The effect of water volume was the most significant compared to the other variables on the quality of water homogenate. The regression polynomial model was a suitable ($p > 0.05$) model by lack-of-fit analysis showing high significance. To optimize the process, based on surface response and contour plots, individual contour plots for the response variables were superimposed. The optimum conditions for manufacturing water extract from mandarin orange was with 8,500 rpm homogenization speed, 2.8 min time, 53°C temperature, and 42 mL water volume with the maximum of restricted variables of EI above 400 and b value above 24.

Key words: mandarin orange peel, homogenate, colored rice, RSM

서 론

최근 우리나라는 식생활의 서구화로 쌀 위주의 식생활에 많은 변화를 가져와 쌀 소비량은 해마다 줄어들고 있으며 1인당 쌀 소비량은 1970년에 136 kg이던 것이 1990년에는 120 kg, 2001년에는 94 kg으로 급속히 감소하였으며 재고량도 1995년 457만석, 2000년도에는 749만석, 2001년에는 1318만석으로 증가되었다⁽¹⁾. 이러한 재고량의 증가는 막대한 관리 비용이 들뿐만 아니라 수급상의 부담으로 작용하여 쌀값의 하락을 초래하고 있다. 쌀이 농가의 소득과 농업소득에서 차지하는 비중은 전체 농업소득의 52%로 쌀 가격의 하락은 농가소득의 감소와 경영불안으로 이어져 이에 대한 대비가 시급한 실정이다⁽¹⁾. 쌀은 단일 품목으로는 영양성분이 식품 중에서는 가장 균형있게 분포되어 있는 식재료로 최근 그 소비가 감소되면서 육류의 섭취량은 크게 증가되어 성인병의

발병률이 급증하고 있는 실정이다. 이러한 문제점에 대한 해결방안으로는 식생활에 쌀의 활용도를 높여 쌀의 소비량을 높이는 것이 유일하며, 다양한 기능성 가공미의 제조와 연구가 필요한 실정이다⁽²⁾. 이에 대한 한 대안으로 기능성 유색미를 들 수 있다. 유색미는 천연 유색미와 가공 유색미로 나눌 수 있는데 현재는 천연유색미가 생산되어 고가로 유통되고 있으나 가공 유색미는 생산되지 않을 뿐만 아니라 연구 사례도 거의 없는 실정이다.

한편, 우리나라 제주도에서 생산되는 감귤은 연간 생산량이 56만톤으로 전체 과실 생산량의 30% 이상을 차지하며, 20%가 과피로서 그 일부가 한약재로 쓰이나 대부분이 버려지고 있다⁽³⁾. 감귤의 과피에는 carotenoids, bioflavonoids, pectin 및 terpenes류가 풍부하게 함유되어 있으며^(4,6), 천연에서 발견되고 있는 약 300여종의 carotenoids계 색소 중 115종이 감귤에 존재한다⁽⁷⁾. 감귤과피의 주요 carotenoids로는 비타민 A의 역할을 하는 β -carotene과 cryptoxanthin을 비롯한 β -citraurin이며 천연 착색제로 활용되고 있다⁽⁷⁾. 감귤과피의 bioflavonoids는 약 60여종이 분리되어 그 구조가 밝혀져 있으나 90% 이상이 hesperidin과 naringin이다⁽⁸⁻¹⁰⁾. Hesperidin은 모세혈관의 수축을 촉진시켜 혈압을 강하하여 고혈압을 예방하며^(11,12), naringin은 혈액내 LDL 콜레스테롤의 함량을 줄이는 작용이 있다⁽⁹⁾. 그

*Corresponding author : Soon-Dong Kim, Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, 330 Kumrak 1-ri, Hayang-up, Gyungsan 712-702, Korea
 Tel: 82-53-850-3216
 Fax: 82-53-850-3216
 E-mail: kimsd@cu.ac.kr

Table 1. Levels of independent variables in experimental design for water homogenate process of mandarin orange peel

X _i	Independent variables	Level				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	Homogenization speed (rpm)	6,000	7,500	9,000	10,500	12,000
X ₂	Homogenization time (min)	1	2	3	4	5
X ₃	Homogenization temperature (°C)	30	40	50	60	70
X ₄	Water volume (mL)	10	20	30	40	50

외의 flavonoids도 항산화 또는 금속이온과 착염을 형성하여 자유 라디칼이나 electrophiles 및 과산화 지질의 생성을 막아 세포조직 및 기관의 손상억제, 노화방지, 순환계 질환의 예방 및 항암이 있는 것으로 밝혀지고 있다⁽¹²⁻¹⁸⁾.

이에 따라 본 연구에서는 아름다운 색상과 기능성 성분을 지닌 유색미 제조용의 감귤과피 추출액의 제조조건을 검토하였다. 감귤과피에 함유하는 carotenoid와 flavonoid는 에테르 등의 유기용매와 알코올에는 용해되나 물에는 쉽게 용해되지 않을 뿐 아니라 유색미 제조에 따라 발생할 수 있는 위생상의 여러 가지 문제를 고려하여 물 균질액의 이용이 바람직할 것이라 판단되어 반응표면 분석법에 의한 물추출 균질액의 제조조건 최적화를 연구하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 감귤의 품종은 하귤(*Citrus natsudaidai*)로 2001년 12월에 수확한 것을 서귀포시 토평동에서 구입하였으며, 과피를 분리하여 실온의 암소에서 건조시킨 후 40 mesh의 입도로 분쇄하여 재료로 공시하였다. 쌀은 경북 의성에서 재배된 쌀(일품벼)을 농협에서 구입하여 사용하였다.

감귤과피 물 균질액의 제조

건조 감귤껍질 분말에 20배 량의 증류수를 가하여 10분간 팽윤시킨 후 homogenizer(Nihonseiki, Kaisha Ltd, Japan)로 6,000에서 12,000 rpm, 1분에서 5분간, 온도는 30에서 70°C, 물의 첨가량은 10에서 50 mL로 달리하여 균질화 하였으며 cheese cloth(Calbiochem, USA)를 4겹으로 하여 여과한 여액을 사용하였다.

유색미 제조

유색미의 제조는 백미 100 g에 감귤과피 물 균질액 20 mL의 비율로 가하고 나무주걱을 이용하여 페트리디쉬 상에서 고루 섞은 다음 1 cm의 두께로 얇게 펼쳐 실온의 암소에서 2일간 자연 건조시켰다. 이 때 유색미의 수분함량은 14.5±0.06%이었다. 코팅에 사용된 물 균질액의 농도는 백미에 대한 건조 감귤과피 양이 1%(w/w)가 되도록 조정하였다.

Total carotenoid의 함량

감귤과피 물 균질액의 total carotenoid 함량은 Umeda와 Kawashima⁽¹⁹⁾의 방법을 일부 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 즉, 감귤과피 물 균질액의 경우는 cheese cloth(Calbiochem, USA)로 여과한 여액에 10배 량의 acetone을 가하여

추출한 후 glass filter로 여과하였으며, 이 여액에 동일 량의 ether를 가하여 재 추출하였다. Ether 추출액은 451 nm에서 흡광도를 측정하였으며 β-carotene의 extinction coefficient 2500을 적용하여 구한 계산식(mg% = 0.4×O.D.₄₅₁)에 의하여 함량을 산출하였다.

Hesperidin과 naringin의 함량

Hesperidin과 naringin은 Song 등⁽²⁰⁾의 방법에 따라 감귤과피 물 균질액의 경우는 cheese cloth(Calbiochem, USA)로 여과한 여액을 각각 시액으로 사용하였다. 이 시액 1 mL에 diethyleneglycol 10 mL과 1 N NaOH 1 mL을 혼합하여 30°C에서 10분간 방치한 후 naringin은 420 nm에서 흡광도를 측정하고, hesperidin은 30분간 방치한 후 360 nm에서 흡광도를 측정하였다. 함량은 naringin과 hesperidin(Sigma, GR)의 검량선에 의하여 산출하였다.

색상

유색미의 색상은 색차계(Chromameter, CR-200, Minolta, Japan)로 L*(lightness), a*(redness), b*(yellowness) value를 측정하였다.

반응표면 분석을 위한 실험계획

반응표면분석법을 이용하여 물 균질화 공정의 최적화를 실시하였다. 즉, 물 균질화시 균질화 속도와 균질화 시간, 균질화 온도와 물첨가량을 요인변수로 하여 Table 1과 같이 -2, -1, 0, +1, +2의 다섯 단계로 부호화하였다. 또 균질액의 품질특성에 관련된 반응변수(Y_p)로는 균질액의 carotenoid, hesperidin, naringin함량과 유색미의 색도를 나타내는 L, a, b value와 b/a로 하여 4개의 요인변수를 5수준으로 하는 실험 영역으로 27개의 선정된 조건에서 실험을 실시하였다. SAS (Statistical Analysis System)의 RSREG procedure를 사용하여 감귤과피 물균질액의 품질특성이 최대가 되게 하는 최적조건을 설정하는 최적화를 시도하였다.

결과 및 고찰

감귤과피 물균질액 제조조건 최적화

감귤과피를 이용한 물 균질액 제조공정의 최적조건을 찾기 위하여 균질화 속도와 시간, 그리고 온도, 물 첨가량 등 4개의 실험변수에 대하여 중심합성 계획법⁽²¹⁾으로 실험을 설계하여 얻어진 실험 결과를 Table 2에 나타내었다. 물 균질액의 품질특성을 나타내는 carotenoid, hesperidin 및 naringin의 함량을 하나의 값으로 나타내기 위하여 추출효율지수로

Table 2. Effect of preparing conditions of mandarin orange peel for water homogenate on the yields, color of coated rice and content of carotenoid, hesperidin and naringin

No	Speed (rpm)	Time (min)	Temp. (°C)	Water volume	Total carotenoid (µg/mL)	Hesperidin (mg/100 mL)	Naringin (mg/100 mL)	EI ¹⁾	Rice color ²⁾		
									a	b	b/a
1	10,500	4	60	40	0.26	321.6	83.2	405	5.63	5.24	0.93
2	10,500	4	60	20	0.13	129.0	38.8	168	5.31	19.14	3.61
3	10,500	4	40	40	0.24	294.4	74.0	369	5.84	25.78	4.41
4	10,500	4	40	20	0.17	142.8	56.4	199	5.22	19.32	3.70
5	10,500	2	60	40	0.26	305.6	69.2	375	5.53	23.78	4.32
6	10,500	2	60	20	0.16	146.4	35.4	182	5.50	20.11	3.66
7	10,500	2	40	40	0.26	258.0	90.8	349	5.68	26.53	4.67
8	10,500	2	40	20	0.18	124.6	52.0	177	5.91	18.92	3.20
9	7,500	4	60	40	0.26	252.8	121.6	375	5.98	23.02	3.85
10	7,500	4	60	20	0.17	154.6	45.4	200	5.63	19.88	3.53
11	7,500	4	40	40	0.18	274.4	72.4	347	6.73	24.78	3.68
12	7,500	4	40	20	0.17	161.0	36.2	197	5.99	20.11	3.36
13	7,500	2	60	40	0.30	287.2	96.8	384	6.90	26.24	3.80
14	7,500	2	60	20	0.16	129.0	65.8	195	5.62	19.61	3.49
15	7,500	2	40	40	0.28	218.0	97.6	316	5.62	25.11	4.47
16	7,500	2	40	20	0.19	145.4	50.0	196	6.07	18.70	3.08
17	12,000	3	50	30	0.24	230.4	71.4	302	6.35	27.29	4.30
18	6,000	3	50	30	0.24	215.4	67.5	283	6.18	20.97	3.39
19	9,000	5	50	30	0.23	204.6	80.1	285	6.21	20.87	3.36
20	9,000	1	50	30	0.20	160.8	87.0	248	6.25	21.88	3.50
21	9,000	3	70	30	0.20	215.4	125.7	341	6.15	21.19	3.44
22	9,000	3	30	30	0.20	214.2	128.1	343	5.84	20.52	3.51
23	9,000	3	50	50	0.35	284.0	134.5	419	5.79	20.64	3.56
24	9,000	3	50	10	0.11	83.2	23.5	107	5.29	17.17	3.25
25	9,000	3	50	30	0.21	226.5	108.9	336	7.44	32.88	4.42
26	9,000	3	50	30	0.21	317.7	69.3	387	6.26	20.41	3.26
27	9,000	3	50	30	0.21	226.5	106.2	333	6.39	19.57	3.06

¹⁾EI was the extraction index of water homogenate process(carotenoid+hesperidin+naringin content).

²⁾100 g of rice was coated with 20 mL of water homogenate of mandarin orange peel.

Table 3. Correlation coefficients between independent and response variables for water homogenate process of mandarin orange peel

	Total carotenoid (µg/mL)	Hesperidin (mg/100 mL)	Naringin (mg/100 mL)	EI	L	a	b	b/a
Speed (rpm)	-0.037*	0.077	-0.103	-0.022	-0.222	-0.282	-0.051	0.061
Time (min)	-0.112	0.121	-0.057	-0.011	0.157	-0.046	-0.200	-0.224
Temp (°C)	0.022	0.065	0.029	0.082	-0.054	-0.027	-0.176	-0.202
Water volume	0.891***	0.879***	0.719***	0.877***	-0.433**	0.288	0.267	0.179

*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01.

extraction index(EI)를 선정하여 균질액 내의 유효성분을 나타내고자 하였다. 이 EI 값은 물 균질액의 carotenoid, hesperidin, naringin 함량을 더하여 표시하였다. 독립변수와 반응변수들간의 상관관계는 Table 3에 나타내었으며 독립변수 중 첨가하는 물의 량이 반응 변수 중 carotenoid, hesperidin, naringin 함량과 높은 상관관계를 보였다. 물의 첨가량은 EI와 1% 이내의 높은 상관관계를 나타내었고 균질화 속도는 코팅미의 적색도를 나타내는 total carotenoid에 대하여 다소 높은 상관관계(p<0.1)를 보였다.

Table 2의 실험 결과를 이용하여 반응표면분석법에 의해 수립된 2차 회귀모형에 적용하여 얻은 회귀계수들을 Table 4

에 나타내었는데 이 계수를 이용하여 반응변수의 예측은 물론 실험기간 내에서의 반응표면을 형성할 수 있다⁽²²⁾. 회귀계수들을 살펴본 결과 일차항을 제외한 교차항과 이차항의 계수값이 작아 일차항만으로 회귀식을 단순화하여 예측식의 수립이 가능함을 보였다. 각 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 살펴본 결과(Table 5) EI는 추출온도를 제외한 균질화 속도(p<0.5)와 시간(p<0.05), 물 첨가량(p<0.01)에 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며 물 첨가량은 유색미의 적색도를 나타내는 a value에 5%내의 유의성이 있는 것으로 나타났으나 균질화 온도는 모든 종속변수에 유의적인 영향이 없으므로 나타냈다.

Table 4. Regression coefficients of second order polynomials¹⁾ representing relationships between indicated response variables (Y_n) and independent variables of homogenization speed (i or j=1), time (i or j=2), temperature (i or j=3) and water volume (i or j=4)

Coefficients	EI	a	b	b/a
βk0	-850.436585	-12.026767	-191.583377	-21.380866
βk1	0.147689	0.002264	0.016415	0.001541
βk2	126.705088	1.169590	21.506035	3.141468
βk3	2.206535	0.194418	2.887561	0.318828
βk4	9.312254	0.167126	2.790728	0.393397
βk11	-0.000009	-0.000000	-0.000000	-0.000000
βk12	0.001250	-0.000031	-0.000582	-0.000116
βk13	-0.000258	-0.000002	-0.000110	-0.000015
βk14	0.000575	-0.000005	-0.000054	-0.000009
βk22	-20.464868	-0.118334	-0.891031	-0.055245
βk23	-0.387500	-0.009375	-0.169813	-0.019250
βk24	0.362500	0.008750	-0.124563	-0.032250
βk33	-0.015899	-0.001771	-0.009403	-0.00440
βk34	0.113750	0.000813	-0.018494	-0.003300
βk44	-0.213399	-0.002908	-0.014278	-0.000615

$$Y_n = \beta_o + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon$$

Table 5. Analysis of variance showing significance of effects of processing variables on the color of coated rice and extraction index

Process variables	DF	F-Ratio			
		EI	a	b	b/a
Homogenization speed (rpm)	5	3.27**	1.95	0.70	0.70
Homogenization time (min)	5	5.17**	0.74	0.98	1.53
Homogenization temperature (°C)	5	1.51	1.14	1.63	1.63
Water volume (mL)	5	84.71***	3.28**	1.63	1.86

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

Table 6. Analysis of variance showing effects of treatment variables as linear or quadratic terms and interaction (cross product) effects on the color of coated rice and extraction index

Source	DF	EI		a		b		b/a	
		Sum of squares	Prob>F	Sum of squares	Prob>F	Sum of squares	Prob>F	Sum of squares	Prob>F
Model	14	197,992	<.0001	7.25	0.4091	4.65	0.1328	354.18	0.4515
Linear	4	173,537	<.0001	1.56	0.5136	1.39	0.1573	99.41	0.4172
Quadratic	4	20,448	0.0004	0.16	0.9885	2.76	0.0280	63.08	0.6230
Cross product	6	4,007.50	0.2518	5.56	0.1357	0.50	0.8108	191.69	0.3039
Residual	12	5264.31		5.41		2.08		281.00	
Lack of fit	10	3,422.31	0.8839	1.08	0.6708	1.2	0.9236	169.88	0.9192
Pure error	2	1,842.00		4.33		0.84		111.12	
Variability explained (R ²)		0.9741		0.5727		0.6909		0.5576	

회귀식에 대한 분산분석에 대한 결과는 Table 6에 나타내었는데 물 균질액의 추출효율을 나타내는 EI의 결정계수는 0.9741, 유의 수준은 0.001이하로 높은 유의성을 나타내어 수립된 회귀식으로 반응 변수의 값을 예측할 수 있을 것으로 생각되며 일차항과 이차항만으로도 회귀식의 사용이 가능하였다⁽²³⁾. 유색미의 품질 특성을 나타내는 품질 특성 중 중요한 품질인자라고 할 수 있는 색도 중에서는 b value의 결정계수가 그 중 높은 것으로 나타나 제한변수로의 적용가능성

을 검토하였다. 수립된 회귀식에 대한 적합성 결여 분석결과 EI와 b value에 대하여 수립한 반응표면 모형이 적절하다고 ($p>0.05$) 할 수 있었다. 균질화 후 EI는 물의 량과 높은 상관성을 보이고 수립된 모델식으로는 높은 결정계수를 보여 주어진 독립변수로 EI의 예측이 가능하며, 본 실험의 목적인 유색미의 제조에 있어 품질지표가 되는 유색미의 색상 중 b value가 모델식에 대하여 가장 높은 적합도($R^2=0.69$)를 보여 EI와 b value를 제한 변수로 하여 최적화를 수행하였다. Table

Table 7. Predicted levels of process variables yielding optimum response of the color of coated rice and extraction index

Process variables	Levels for optimum response			
	EI	a	b	b/a
Homogenization speed (rpm)	22,570.00 (8819.04) ²⁾	8,187.86 (7546.81)	7,502.94 (9137.00)	9,408.80 (8628.59)
Homogenization time (min)	17.02 (3.13)	3.12 (4.67)	0.69 (3.00)	3.41 (2.11)
Homogenization temperature (°C)	-1,779.54 (60.99)	50.49 (45.79)	67.19 (35.94)	52.27 (40.95)
Water volume (mL)	-407.60 (45.87)	33.55 (37.95)	36.97 (41.84)	20.74 (45.08)
Predicted value	-1,966.47 (446.80)	6.78 (6.50)	26.05 (27.66)	3.64 (4.69)
Morphology	S.P. ¹⁾ (Max)	S.P. (Max)	S.P. (Max)	S.P. (Max)

¹⁾S.P.=Saddle point.

²⁾Values in parenthesis are gained by ridge analysis.

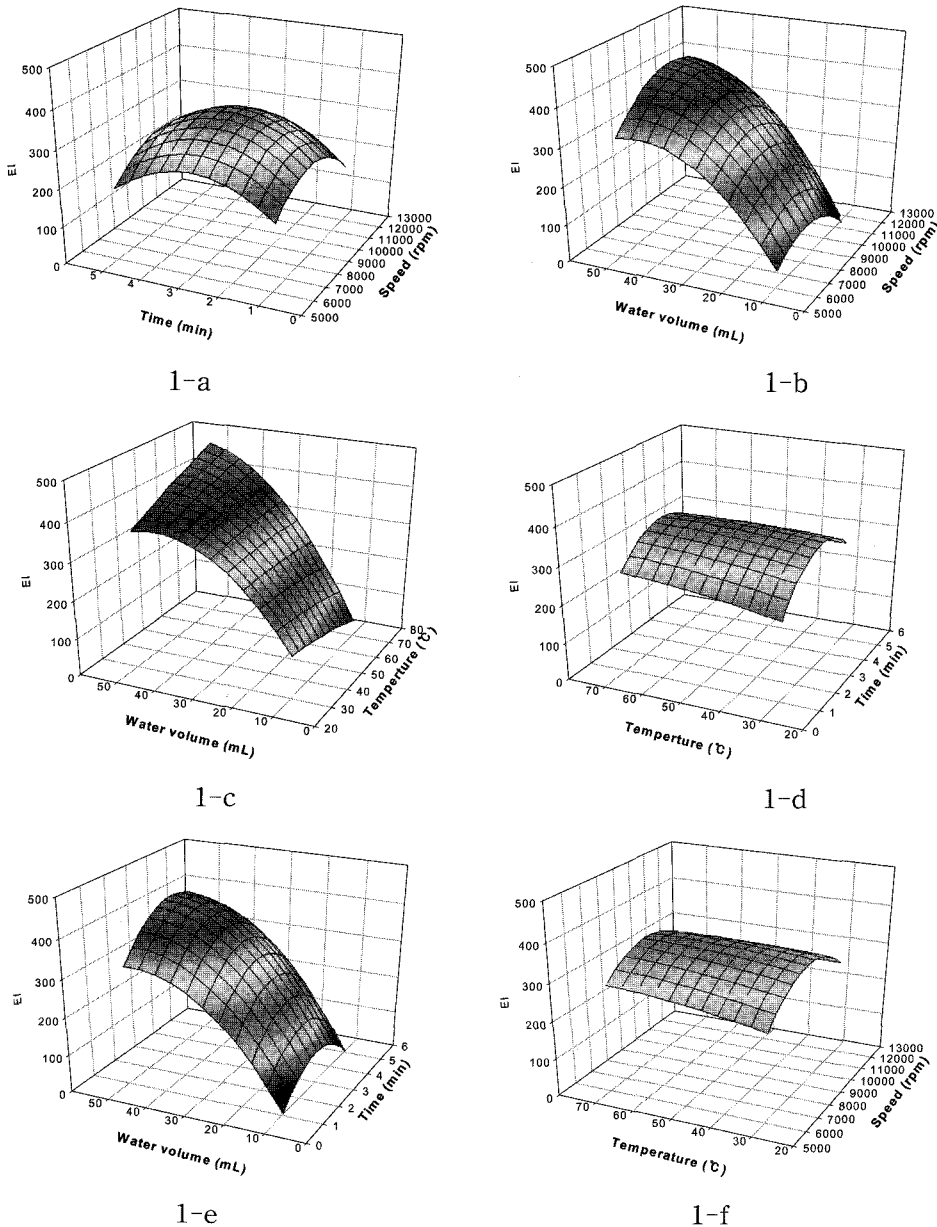


Fig. 1. Response surface on EI for water homogenization process with speed, temperature, time and water volume as independent variables.

7에서는 각 종속변수의 최적점의 형태와 예측 값 그리고 이 정상점에서의 독립변수의 조건을 나타내었다. 각 종속변수는

주어진 실험 구간내에서 최대 최소점을 갖지 않는 안장점 형태로 나타나 능선 분석을 실시하여 다시 얻어진 결과를 팔

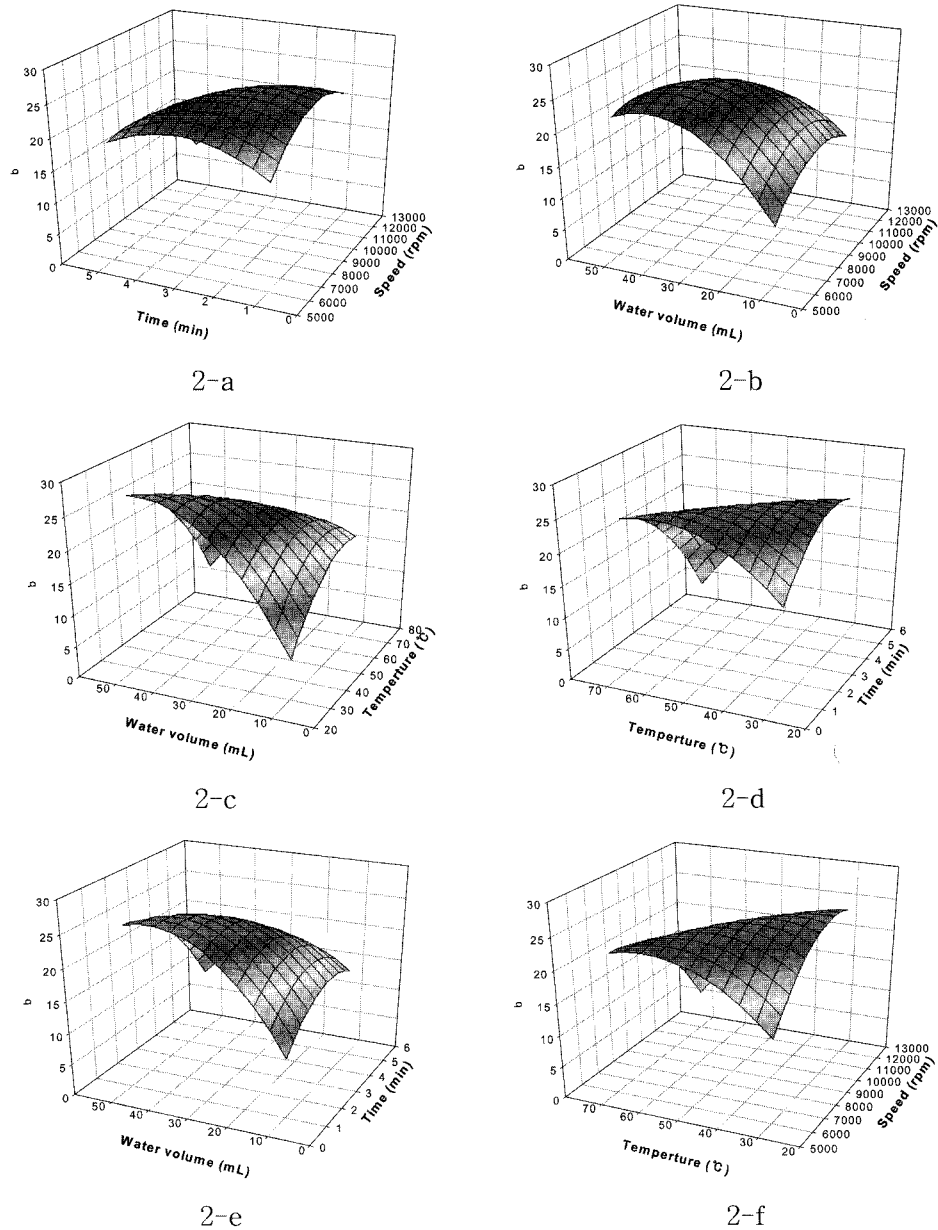


Fig. 2. Response surface on b value of coated rice for water homogenization process with speed, temperature, time and water volume as independent variables.

호내에 표시하였으며 이 때 EI는 446.80, b value는 27.66으로 하는 실험조건을 나타내었다.

제조조건에 따른 물균질액의 품질특성

반응변수 중 유의성이 인정된다고 판단된 EI와 b value를 제한 변수로 하여 실험구간에서의 변화 특성을 알아보고자 하였다. 먼저 균질화 속도와 균질화 시간에 따른 EI의 변화 정도(Fig. 1-a)를 살펴본 결과, EI는 균질화 속도가 8,500~9,500 rpm, 균질화 시간은 3.0~3.5분일 때 최대점을 나타내어 실험구간내에서 최대점이 존재하였으며 균질화 속도와 물의 첨가량을 변수로 하였을 경우(Fig. 1-b)에 EI는 균질화 속도의 증가에 따라서는 큰 증가가 없었으나 물의 첨가량을 증가시키수록 급격히 증가하는 경향을 보여 추출에 있어 물의 첨가량이 중요한 변수로 작용함을 알 수 있었다. 균질화 온

도와 물 첨가량에 따른 EI의 변화(Fig. 1-c)는 첨가되는 물의 양을 증가시키수록 급격히 증가하는 경향을 나타내었으나 균질화 온도에는 그다지 영향을 받지 않는 것으로 나타났지만 정외의 보고(24)에 의하면 호박의 열수 추출시 추출온도가 증가함에 따라 수율이 증가한다고 하여 본 결과와는 다른 것으로 나타났다. Fig. 1-d는 균질화 온도와 시간에 따른 EI의 변화를 나타낸 결과로 균질화 온도에 대해서는 거의 영향이 없었으나 균질화 시간에 따라서는 3.0~3.5분에서 최대 값을 나타내었으나 큰 차이는 보이지 않았다. 그러나 감귤과피에서 펙틴의 추출시 추출시간의 증가에 따라 증가한다고 보고한 김외의 보고(25)와는 다소 차이가 있었다. 물의 첨가량과 균질화 시간의 변화에 따른 유효성분 추출수율의 변화(Fig. 1-e)를 살펴보면 균질화 시간은 큰 영향을 나타내지 않는데 비하여 물의 첨가량을 증가시키수록 증가하여 40-50 mL에서 최대가

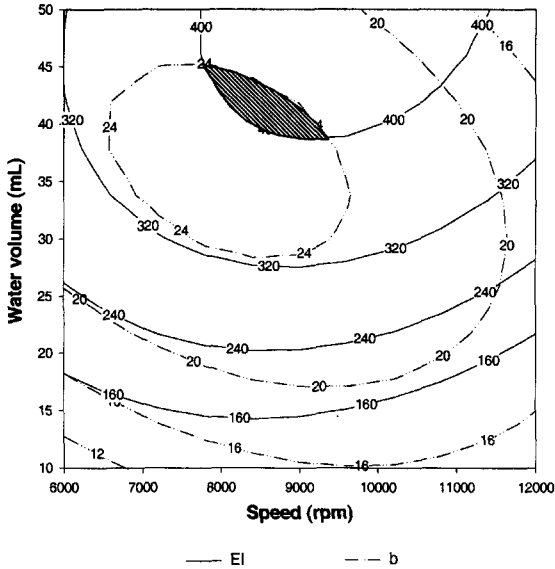


Fig. 3. Contour plots on water volume and speed for water homogenization process of citrus natsudaidai peel under EI>400 and b value>24 at 3 min of time and 50°C of temperature.

되었는데 김 등⁽²⁶⁾은 식초를 이용하여 감귤과피의 hesperidin 과 naringin을 추출할 경우, 감귤과피의 농도가 높을수록 추출 용매비가 낮을수록 추출 양이 많다고 보고하였으나 본 실험 결과에서는 첨가되는 물의 양이 증가할수록 EI가 높아지는 결과를 보임으로서 균질화 공정시 적정 용매비의 결정이 필요한 것으로 판단된다. Fig. 1-f에서는 균질화 온도와 균질화 속도에 따른 EI의 변화 정도를 나타내었는데 균질화 속도가 8,000~9,500 rpm일 때 최대점을 나타내었으며 균질화 온도에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 감귤과피 유효추출 지수인 EI에 대한 독립변수의 영향을 알아본 결과, 물의 양이 큰 영향을 줌으로서 상대적으로 다른 변수들의 영향이 작은 것으로 나타났으며, 또한 균질화전 10분간의 팽윤으로 감귤과피 조직이 연화됨으로서 물의 양을 제외한 온도와 속도, 시간의 변화에 따른 영향이 작아 다른 실험 결과와는 다른 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

반면 감귤과피의 기능성 성분을 함유하고 있는 물균질액을 이용하여 제조한 유색미의 황색도를 나타내는 b value의 변화를 각 독립변수를 달리하여 그 변화정도를 알아보았다. 먼저 균질화 속도와 균질화 시간에 따른 변화(Fig. 2-a)는 낮은 균질화 속도에서는 균질화 시간에 따라서는 큰 변화가 없었으나 높은 균질화 속도에서는 균질화 시간을 증가시킬수록 감소하는 경향을 나타내었다. 균질화 속도와 물의 첨가량에 따른 b value의 변화(Fig. 2-b)는 물 첨가량이 30~45 mL, 균질화 속도가 7,000~9,500 rpm일 때 최대치를 나타내었다. b value에 대한 균질화 온도와 물의 첨가량의 영향(Fig. 2-c)은 낮은 균질화 온도에서 물의 첨가량을 증가시킬수록 증가하는 경향을 나타내어 색소의 추출이 많았다고 할 수 있으나 반면 높은 균질화 온도에서 가수량을 증가시킬수록 감소하는 경향을 나타내었다. Fig. 2-d에서는 균질화 온도와 시간에 따른 b value의 변화를 나타낸 결과로 낮은 온도에서는 균질화 시간을 증가시킬수록 증가하는 경향을 나타내었고 높

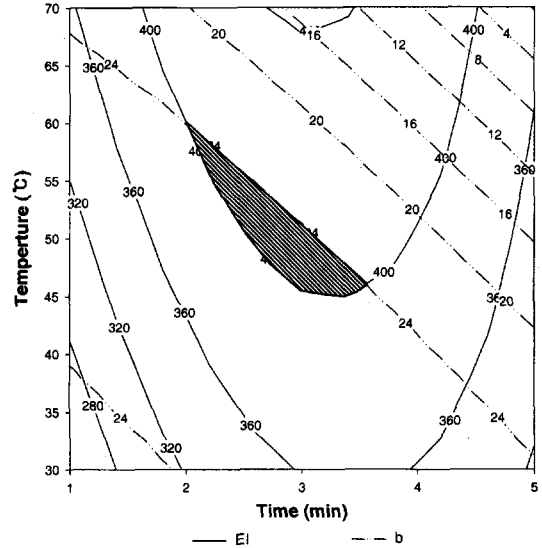


Fig. 4. Contour plots on temperature and time for water homogenization process of mandarin orange peel under EI>400 and b value>24 at 8500 rpm of speed and 42 mL of water volume.

은 온도에서는 이와 반대되는 경향을 나타내었다. 그러나 호박의 열수 추출의 경우 추출온도와 시간의 증가에 따라 b 값이 증가하였는데 이는 호박의 carotenoid 색소에 기인한다고 하였다⁽²⁴⁾. Fig. 2-e는 물의 첨가량과 균질화 시간을 변수로 하여 유색미의 b value 변화 정도를 나타낸 그림으로 균질화 시간이 1~2분, 가수량이 40~45 mL일 때 최대 값을 나타내었고 균질화 시간 4분까지는 가수량을 증가시킬수록 b value는 증가하는 경향을 나타내었으나 4분 이후부터는 가수량을 증가시킬수록 b value는 감소하는 경향을 나타내었다. 균질화 온도와 균질화 속도의 변화에 따른 유색미의 황색도 변화 (Fig. 2-f)는 낮은 속도에서 균질화 온도가 증가할수록 높은 수치를 나타내는 반면 높은 속도에서는 균질화 온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 열수추출시 상온보다는 고온에서의 추출이 수율을 향상한다는 김 등의 보고⁽²⁶⁾와는 다른 결과를 보였다. 따라서 EI와 b value는 전체적으로 첨가되는 물의 양에 따라 큰 영향을 받으며 그 다음이 균질화 속도와 처리시간 그리고 온도는 상대적으로 그 영향이 적은 것으로 나타났다.

최적조건의 선정

감귤과피 물균질액의 추출효율지수를 나타내는 EI와 유색미의 황색도를 나타내는 b value를 제한 변수로 하여 물균질화 공정을 최적화하고자 하였다. 최적화를 이루는 한 방법으로 graphical method를 사용할 수 있는데 이는 적절한 제한조건을 만족하는 영역을 그래프상에 중첩시킴으로서 최적조건을 얻을 수 있다⁽²⁷⁾. 먼저 네 가지의 독립변수 중 비교적 영향이 적은 것으로 판단되는 균질화 시간과 균질시 물의 온도를 중심점으로 고정하고 균질화 속도와 물 첨가량에 따른 변화를 중첩하여 Fig. 3에 나타내었다. 주어진 구간내에서 추출지수를 최대로 하는 영역인 EI를 420 이상으로 하고 유색미의 b value도 최대값인 24 이상을 만족하는 영역을 표시하였으며, 이 때의 균질화 속도와 물의 첨가량의 최적조건은 각각

Table 8. Optimum water homogenate process of mandarin orange peel for maximum responses of EI and b values by superimposing their contour maps

Water homogenate process	Range of optimum condition	Optimum condition
Homogenization speed (rpm)	7,800~9,400	8,500
Homogenization time (min)	2.0~3.5	2.8
Homogenization temperature (°C)	45~60	53
Water volume (mL)	38~45	42

7,800~9,400 rpm, 38~45 mL 이었다. 따라서 균질화 속도와 물의 첨가량을 8,500 rpm과 42 mL로 고정하고서 EI을 420 이상으로 하고 유색미의 b value도 24 이상으로 하는 영역을 표시하여 최적 균질화 시간과 온도를 결정하고자 하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 이 영역을 만족하는 균질화시간은 2~3.5 분 그리고 온도는 45~60°C로 나타났다. 따라서 감귤과피 물 균질액 제조의 최적조건은 Table 8에서 보는 바와 같이 추출 효율지수와 유색미의 황색도를 최대로 하는 조건으로 물의 첨가량은 42 mL, 균질화 속도는 8,500 rpm, 물의 온도는 53°C 및 균질화 시간은 2.8분으로 결정할 수 있었다.

요 약

균질화 속도와 시간, 그리고 온도, 물 첨가량에 따른 감귤과피 물균질액의 제조공정시 최적조건을 찾기 위하여 물균질액의 추출효율지수를 나타내는 EI와 감귤과피 물균질액으로 코팅한 유색미의 색도를 나타내는 b value를 변수로 하여 최적화를 시도하였다. 감귤과피를 이용한 물균질액 제조시 EI는 추출온도를 제외한 균질화 속도와 시간, 물 첨가량에 크게 영향을 받았다. 수렴된 회귀식에 대한 적합성 결여 분석결과 EI, b value에 대해 유의성이 없어 반응표면 모형이 통계적으로 유의하였다. 최적조건을 선정하기 위하여 비교적 영향이 적은 것으로 판단되는 균질화 시간과 온도를 중심점으로 고정하고 제한 변수를 최대로 하는(EI을 400이상, b value를 24이상) 물균질액 제조의 최적조건은 물 첨가량 42 mL, 균질화 속도 8,500 rpm이었다. 다음으로 첨가량과 균질화 속도를 이 조건으로 고정하고서 EI을 400이상, b value를 24이상으로 하는 감귤과피 물균질액의 제조조건으로는 물의 온도는 53°C 및 균질화 시간은 2.8분으로 결정할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 대구대학교 농산물 가공·저장 및 산업화 연구센터의 일부지원에 의한 것입니다.

문 헌

1. Yoon, J.B. Direction for the development of rice industry. Presented at the International Symposium and Expo on Rice. The Korean Soc. Food Preservation. Dusan Resort, Chuncheon, Korea (2002)
2. Choi, H.C. Production of brand rice and utilization in Korea. Pre-

- sented at the International Symposium and Expo on Rice. The Korean Soc. Food Preservation. Dusan Resort, Chuncheon, Korea (2002)
3. Lee, H.Y., Seog, H.M., Nam, Y.J. and Chung, D.H. Physico-chemical properties of Korean mandarin (*Citrus reticula*) orange juice. Korean J. Food Sci. Technol. 19: 338-345 (1987)
4. Kim, Y.K., Lee, M.K. and Lee, S.R. Elimination of fenitrothion residues during dietary fiber and bioflavonoid preparations from mandarin orange peels. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 223-229 (1997)
5. Moresi, M., Clementi, F., Rossi, J., Medici, R. and Vinti, L. Production of biomass from untreated orange peel by *Fusarium avenaceum*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 27: 37-45 (1987)
6. Kamiya, S. and Esaki, S. Recent advances in the chemistry of the citrus flavonoids. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 18: 38-48 (1971)
7. Crandall, P.G., Kesterson, J.W. and Dennis, S. Storage stability of carotenoids in orange peel oil. J. Food Sci. 48: 924-927 (1983)
8. Monforte, M.T., Trovato, A., Kirjavaninen, S., Forestieri, A.M., Galati, E.M.L. and Cutro, R.B. Biological effects of hesperidin, a citrus flavonoid: hypolipidemic activity on experimental hypercholesterolemia in rat. Farmaco. 50: 595-599 (1995)
9. Bok, S.H., Lee, S.H., Park, Y.B., Bae, K.H., Son, K.H., Jeong, T.S. and Choi, M.S. Plasma and hepatic cholesterol and hepatic activities of 3-hydroxy-3-methyl- glutaryl CoA reductase and acyl CoA: cholesterol transferase are lower in rat fed citrus peel extract or a mixture of citrus bioflavonoids. J. Nutr. 129: 1182-1185 (1999)
10. Kawaji, S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K. and Yano, M. Quantization of flavonoid constituents in citrus fruits. J. Agric. Food Chem. 47: 3565-3571 (1999)
11. Son, H.S., Kim, H.S., Kwon, T.B. and Ju, J.S. Isolation, purification and hypotensive effects of bioflavonoids in citrus sinensis. J. Korean Soc. Food Nutr. 21: 136-142 (1992)
12. Lee, Y., Howare, L.R. and Villalon, B. Flavonoids and antioxidant activity of fresh peppers (*Capsicum annuaum*) cultivars. J. Food Sci. 60: 473-476 (1995)
13. Isabelle, M., Cerard, L., Pascale, C., Odile, S., Nicole, P., Pierre, B., Pierre, C. and Josiane, C. Antioxidant and iron-chelating activities of the flavonoids catechin, quercetin and diosmetin on iron-loaded rat hepatocytocultures. Biochem. Pharmacol. 45: 13-19 (1993)
14. Isabelle, M., Gerad, L., Pierre, C. and Josiane, C. Role of flavonoids and iron chelation in antioxidant action. Meth. Enzymol. 234: 437-443 (1994)
15. Igor, B.A., Anatolii, I.D., Aleksander, V.B., Vladimir, A.K. and Alla, I.P. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. Biochem. Pharmacol. 38: 1763-1769 (1989)
16. Kana, I., Tojiro, T., Yoko, T., Nobuji, N. and Junji, T. Antioxidative activity of quercetin and quercetin monoglucosides in solution and phospholipid bilayers. Biochem. Biophys. Acta. 1234: 99-104 (1995)
17. Miranda, J.L., Patricia, J.E., Micheale, A.M., Hoult, J.R.S. and Barry, H. Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives. Biochem. Pharmacol. 42: 2673-1681 (1991)
18. Marie, H.S., Jole, L., Marie, C., Canivenc, L., Pateick, R. and Mare, S. Heterogeneous effects of natural flavonoids on monooxygenase activities in human and rat liver microsomes. Toxicol. Appl. Pharmacol. 130: 73-78 (1995)
19. Umeda, K. and Kawashima. Studies on citrus carotenoids. Part I. Systematic separation of carotenoid groups by thin layer chromatography. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 18: 147-154 (1971)
20. Song, E.Y., Choi, Y.H., Kang, K.H. and Koh, J.S. Free sugar, organic acid, hesperidin, naringin and inorganic elements changes of Cheju citrus fruits according to harvest date. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 306-312 (1998)

21. Lee, G.D., Kee, J.E. and Kwon, J.H. Application of response surface methodology in food chemistry. *Food Ind.* 33: 33-45 (2000)
22. Kim, S.D., Ku, Y.S., Lee, I.Z., Park, I.K. and Youn, K.S. Optimization for hot water extraction condition of *Liriope spicata* tuber using response surface methodology. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 157-163 (2001)
23. Hong, J.H., Youn, K.S. and Choi, Y.H. Optimization for the process of osmotic dehydration for the manufacturing of dried kiwi-fruit. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 348-355 (1998)
24. Jeong, Y.J. Monitoring on extraction conditions of old pumpkin using response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30:466-470 (2001)
25. Kim, K.E. Optimization of pectin extraction process from citrus (*Citrus unshiu*). *J. Inst. Ind. Technol. Seokyeong Univ.* 6: 1-14 (1999)
26. Kim, M.K., Kim, M.Y., Youn, E.K. and Kim, S.D. Extraction of citrus bioflavonoid with vinegars and effect on blood pressure. *Korean J. Food Preserv.* 9: 411-417 (2002)
27. Park, S.H. Design of Experiments, pp. 575-618. Minyoung Co., Seoul, Korea (1991)

(2003년 5월 29일 접수; 2003년 10월 1일 채택)