

참외 농축액 제조를 위한 가열 및 효소 처리조건 모니터링

이기동^{1*} · 권승혁¹ · 이명희¹ · 김숙경² · 주길재³ · 권중호²

¹경북과학대학 발효건강식품과

²경북대학교 식품공학과

³경북대학교 농업과학기술연구소

Monitoring on Heating Condition and Enzyme Treatment Condition for Manufacture of Oriental Melon Concentrate

Gee-Dong Lee^{1*}, Seong-Hyek Kwon¹, Myung-Hee Lee¹, Suk-Kyung Kim²,
Gil-Jae Joo³ and Joong-Ho Kwon²

¹Dept. of Fermentation and Health Food, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 701-702, Korea

³Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 701-702, Korea

Abstract

This study was carried out to observe the change of oriental melon juice quality during manufacture by heating condition and enzyme treatment. To use over-production oriental melon effectively, oriental melon juice was prepared with change of heating temperature and heating time. The heating conditions for minimum filtration time were 98.57°C and 11.29 min. The optimum conditions predicted for separation ratio of clear solution, filtration time and browning color intensity of oriental melon juice were 98°C, 13 min. In the pectin-degrading enzyme treatment test, turbidity showed minimum value in 4.40 mg% (pectin-degrading enzyme content), 39.72 mg% (gelatin content) and 24.09 min (treatment time). Browning color intensity showed minimum value in 9.33 mg% (pectin-degrading enzyme content), 44.70 mg% (gelatin content) and 115.56 min (treatment time). The optimum conditions predicted for turbidity and browning color intensity of oriental melon concentration juice were 6.6 mg% (pectin-degrading enzyme content), 33.6 mg% (gelatin content) and 70 min (treatment time).

Key words: oriental melon, concentrate, heating condition, pectin-degrading enzyme treatment, monitoring

서 론

참외(*Cucumis melo* L.)는 박과에 속하는 1년생 식물로서 예로부터 널리 재배되어 이용되어 온 여름철의 대표적인 과채류로서 생산량 대부분이 생과로 소비되고 있다(1). 참외는 수확시기가 여름철이 집중되어 있으며, 여름철의 홍수출하로 인한 가격하락 및 유통체제의 미비 등이 문제점으로 지적되고 있다. 또한 생육적온이 22~28°C, 최저생육온도 10~12°C로 저온에서는 생육장애를 받는 과실로 저장이 어려운 과실이다(2). 현재 여름철 홍수출하로 인한 가격하락 방지 및 수급 조절을 위하여 참외를 이용한 적절한 가공식품 개발이 요구되고 있으며, 참외를 효율적으로 이용하기 위해서는 적절한 가공 방안의 모색이 필요하다. 지금까지 국내에서의 참외가공에 관한 연구로는 유산균을 이용한 참외 발효식품의 제조(3), 참외주스의 제조(4), 전처리 방법에 따른 건조참외의 품질조건 설정(5)에 관한 연구 등이 있다. 이와 같이 참외를 이용한 가공식품에 대한 연구가 다소 보고되어 있으나 앞

으로 다양한 가공제품의 개발을 위한 식품소재로의 활용도를 높이기 위해 농축제품에 대한 연구가 선행되어야 할 것이며, 좋은 식품소재로서 참외의 활용도를 높이기 위해 가공단계로 이용되는 고품질의 농축액을 제조하는 것이 필요하다. 과실주스의 농축제품은 포장, 수송 및 저장비용을 절감하는 경제적 측면과 취급의 편리성으로 인해 많은 식품소재로 개발되고 있으며, 최근에는 저장성은 물론 향기의 특성을 부여한 고품질의 제품이 요구되고 있다(6). 최근 식생활수준 향상에 따라 주류나 음료시장 등에서도 천연 과실제품에 대한 선호도가 증가하는 추세로, 참외를 가공하여 농축물로 가공할 경우 다양한 상품으로 이용이 기대된다. 농축공정에서 가열과 여과는 중요한 공정임과 동시에 수율 및 농축액의 품질을 결정하는 중요한 요소이다. 주스의 혼탁에 관여하는 주된 물질은 펙틴과 이에 결합한 소량의 단백질로 알려져 있으며(7), 천연과일 주스의 여과와 청징을 효과적으로 행하기 위해 효소처리로 혼탁물질을 가수분해하는 것은 오래전부터 널리 사용해온 기술이다(8). 과채류를 착즙하는 과정에서 무

*Corresponding author. E-mail: kdlee@kbcs.ac.kr
Phone: 82-54-972-9583, Fax: 82-54-979-9210

기질, 비타민, 유기산 등의 저분자와 함께 고분자 성분으로서 주로 펙틴이 함께 용출된다. 따라서 착즙액은 수용성 펙틴으로 인하여 상당한 점성을 갖으며, 또한 펙틴 분자와 다른 성분간의 상호작용 등의 요인에 의하여 물성과 관능적인 특성이 큰 영향을 받는다(9).

따라서 본 연구에서는 우수한 품질의 참외과즙 농축액을 제조하기 위하여 가열처리 및 pectin 분해효소 처리조건에 따른 참외농축액의 농축전 최적 전처리 조건을 모니터링하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 참외는 2002년도 경북 성주에서 생산된 금싸라기 은천을 구입하여 사용하였다. 농축액의 제조시 여과의 효율성 증대 및 청징을 위해 pectin 분해효소(viscozyme-L, KTN02002, NOVO Nordisk)를 사용하였으며, 보조제로서 gelatin을 사용하였다.

농축액 제조를 위한 실험계획

시료의 전처리는 참외를 수세 후 마쇄하여 가열온도 및 가열시간을 달리하면서 참외주스를 제조하였으며, 가열한 참외주스에 펙틴분해효소를 처리한 후 여과, 농축하였고, 실험계획에 따라 제조된 농축액을 이화학적 품질평가를 행하는 시료로 사용하였다. 농축액 제조공정도는 Fig. 1에 나타내었다.

중심합성 실험계획에 따라 실험을 계획하였으며, 반응표면분석을 위해서 SAS(statistical analysis system)프로그램을 이용하였다. 농축을 위한 최적 전처리 조건을 모니터링하

기 위해 가열온도(60, 70, 80, 90, 100°C) 및 가열시간(5, 10, 15, 20, 25 min)을 달리한 각 실험조건을 -2, -1, 0, 1, 2로서 다섯 단계로 부호화하여 반응표면분석을 행하였다. 여과의 효율성 증대 및 고품질 농축물을 얻기 위해 효소처리의 최적 조건을 설정하고자 펙틴분해효소의 함량(1, 4, 7, 10, 13 mg%), gelatin의 함량(10, 20, 30, 40, 50 mg%) 및 효소처리시간(0, 50, 100, 150, 200 min)에 따른 실험조건을 다섯단계(-2, -1, 0, 1, 2)로 부호화하였으며, SAS를 이용하여 반응표면분석을 행하였다(10,11).

착즙수율 특성

참외를 수세, 마쇄한 후 착즙시 얻은 참외착즙액을 가열온도 및 가열시간에 따라 재생성된 부유물을 여과하여 제거하고 그 함량을 측정하였다. 착즙수율은 참외함량에 대한 주스의 함량에 100을 곱하여 % (w/v)로 환산하였다.

Separation ratio of clear solution (%) =

$$\frac{\text{Clear solution (mL)}}{\text{Oriental melon weight (g)}} \times 100$$

여과시간 측정

여과시간은 참외를 수세하여 가열처리조건에 따라 처리한 후 100 mL를 취해 규조토 10 g를 첨가하여 여과시간을 측정하였다. 여과에 사용된 여과지는 Wattman No. 1이었으며 감압여과를 하였다.

갈색도 및 탁도 측정

갈색도 및 탁도는 일정량의 시료를 취하여 각각 UV-Spectrophotometer(Shimadzu UV-1601 PC, Japan)를 이용하여 각각 420 nm와 660 nm에서 흡광도를 측정하였다(12).

결과 및 고찰

가열 조건에 따른 물리적 품질 변화

참외 농축액을 제조하기 위한 참외주스에서 가열시간과 가열온도는 수율과 여과효율을 높이는 중요한 공정이므로 가열시간(60~100°C) 및 가열온도(5~25 min)에 따른 착즙수율, 여과시간 및 갈색도를 측정하였다(Table 1). 각 조건별로 농축액을 제조한 결과를 이용하여 반응표면분석을 행한 결과 Table 2와 같은 회귀식을 나타내었다. 참외의 착즙수율에 대한 R²는 0.8025이었으나 유의성은 10% 이내에서 인정되지 않았다. 여과시간 및 갈색도에 대한 R²는 각각 0.8452, 0.8664이었고 유의성은 10% 이내에서 인정되었다(Table 2). 참외의 착즙수율에 크게 영향을 주는 조건은 가열시간이었으나 여과시간 및 갈색도에 영향을 많이 주는 조건은 가열온도로 나타났다(Table 3). 참외의 착즙수율은 가열온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 최대수율을 나타낸 조건은 가열온도가 65.11°C일 때, 가열시간이 8.32 min일 때였다. 가열온도 및 가열시간에 따른 여과시간을 측정할 결과 가열온도가 98.57°C일 때, 가열시간이 11.29 min일 때

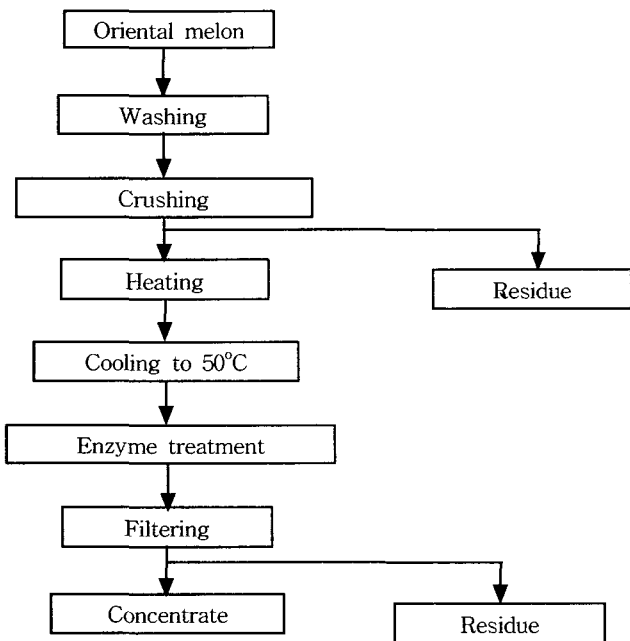


Fig. 1. Schematic diagram of oriental melon concentrate processing.

Table 1. Experimental data on separation ratio of clear solution, filtration time and browning color intensity of oriental melon juice after heating and filtration solution under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. ¹⁾ No.	Heating conditions		Dependent variables		
	Temp. (°C)	Time (min)	Separation ratio of clear solution (%)	Filtration time (sec)	Browning color intensity (O.D. at 420 nm)
1	90 (1)	20 (1)	57.82	72	0.407
2	90 (1)	10 (-1)	67.18	68	0.499
3	70 (-1)	20 (1)	51.03	71	0.618
4	70 (-1)	10 (-1)	73.08	80	0.340
5	80 (0)	15 (0)	65.51	70	0.495
6	80 (0)	15 (0)	66.01	65	0.493
7	100 (2)	15 (0)	73.59	54	0.406
8	60 (-2)	15 (0)	76.67	91	0.557
9	80 (0)	25 (2)	58.59	85	0.549
10	80 (0)	5 (-2)	74.36	77	0.496

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

Table 2. Polynomial equations calculated by RSM program for heating conditions of oriental melon juice

Responses	Polynomial equations ¹⁾	R ²	Significance
Separation ratio of clear solution	$Y_1 = 340.554137 - 5.429810X_1 - 6.854274X_2 + 0.027713X_1^2 + 0.063450X_1X_2 + 0.024034X_2^2$	0.8025	0.1382
Filtration time	$Y_2 = 306.889881 - 3.611905X_1 - 9.013095X_2 + 0.012054X_1^2 + 0.065000X_1X_2 + 0.133214X_2^2$	0.8452	0.0891
Browning color intensity	$Y_3 = -1.550304 + 0.026143X_1 + 0.141574X_2 - 0.000008393X_1^2 - 0.001850X_1X_2 + 0.000376X_2^2$	0.8664	0.0504

¹⁾X₁: Temperature (°C), X₂: Time (min).

Table 3. Analysis of variables for regression model of dependent variables in preparation conditions of oriental melon juice

Heating conditions	F-Ratio		
	Separation ratio of clear solution	Filtration time	Browning color intensity
Temperature	1.800	5.779*	8.604**
Time	3.988*	2.043	8.242**

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

가장 낮은 여과시간인 55.53 sec를 나타내었다(Table 4). 여과시간은 가열시간보다 가열온도에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 3). 여과시간은 가열온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 가열온도간 높은 조건에서 참외착즙 이후 성분들이 서로 결합하여 응집현상을 일으키기 때문인 것으로 여겨진다. 참외주스의 갈색도가 가장 낮게 나타난 실험조건은 참외주스의 가열온도가 66.45°C 일 때, 가열시간이 22.36 min일 때였으며, 가열온도 및 가열시간이 거의 동일하게 영향을 미치는 실험조건으로 나타났다(Table 3, 4). 참외주스의 갈색도는 가열온도가 증가함에

따라 색도가 진해지다가 15 min 이상 가열시 다시 짙어지는 경향을 나타내었다. 농축액의 갈색도는 가열온도가 낮고 짧은 시간으로 가열할 때 낮은 값을 나타내었다. SAS 프로그램을 통해 가열시간 및 가열온도에 대한 등고선도를 나타낸 결과 Fig. 2와 같았다. 고품질의 참외 농축액 제조를 위하여 품질에 큰 영향인자로 작용하는 가열온도 및 가열시간에 따른 성분변화에 대한 실험값을 측정하고 SAS를 통해 물리적 품질변화를 모니터링한 결과 가열온도 98°C, 가열시간이 13 min으로 처리하는 것이 가장 우수함을 알 수 있었다. 본 연구는 참외 농축액의 제조시 농축조건을 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

효소처리에 따른 품질 변화

농축액의 제조공정에서 여과는 단시간에 효과적으로 이루어질 때 고품질의 농축액을 얻을 수 있는 방안임과 동시에 효소처리로 여과율을 높이는 것은 오래전부터 연구되어 왔다. 이에 농축액의 제조를 위한 효소처리 청징법을 모색하였으며, 최적의 효소청징조건을 모니터링하고자 하였다. 청징시 사용된 pectin분해효소는 viscozyme이었으며 청징 보조

Table 4. Predicted levels of optimum conditions for preparation of oriental melon juice by the ridge analysis

Responses	Temperature (°C)	Time (min)	Estimated response	Morphology
Separation ratio of clear solution	65.11	8.32	83.52% (max)	Saddle point
Filtration time	98.57	11.29	55.53 sec (min)	Minimum
Browning color intensity	66.45	22.36	0.755 (min)	Saddle point

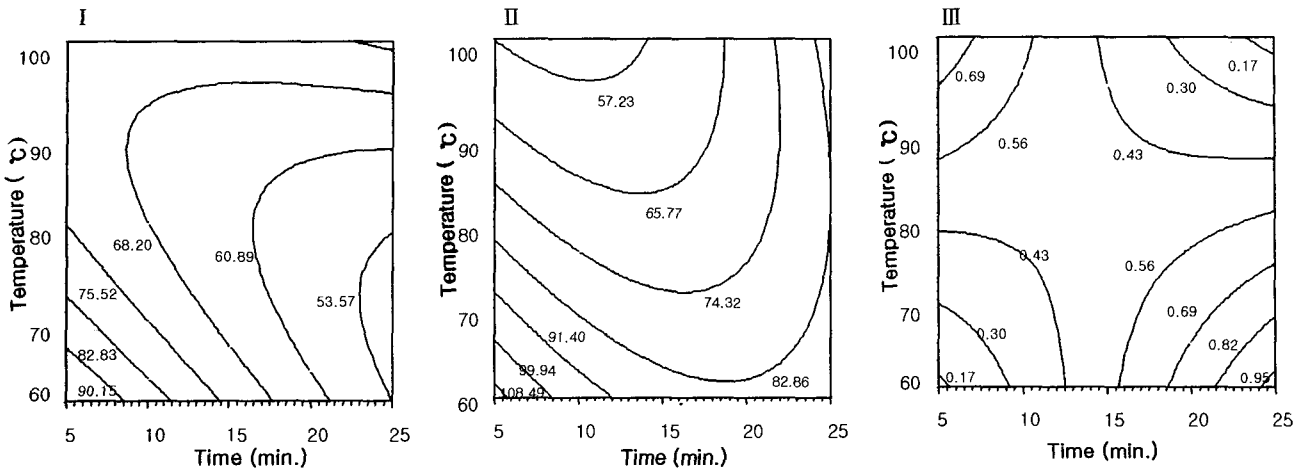


Fig. 2. Contour maps for physicochemical properties of oriental melon juice as a function of the temperature and time. I: separation ratio of clear solution (%), II: filtration time (min), III: browning color intensity (O.D. at 420 nm).

제로 gelatin을 함께 사용하였다. 농축액의 탁도 및 갈색도가 pectin 분해효소(1~13 mg%)의 함량, gelatin(10~50 mg%)의 함량 및 효소 반응시간(0~200 min)의 세가지 조건에 따라 변화는 실험값을 측정하고 반응표면분석을 행하였다 (Table 5). 각 실험조건별로 측정된 실험값으로 반응표면분

석을 행한 결과 Table 6과 같은 회귀식을 나타내었다. 각 실험조건에 따라서 탁도 및 갈색도의 R²는 각각 0.7606, 0.8043을 나타내었으며, 유의성은 10%이내에서 인정되지 않았다. 탁도가 가장 낮은 조건은 pectin분해효소의 함량 4.40 mg%, gelatin 함량 39.72 mg% 및 효소 반응시간이 24.09 min일

Table 5. Experimental data on turbidity and browning color intensity of oriental melon juice under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No.	Pectin-degrading enzyme treatment conditions			Dependent variables	
	Pectin-degrading enzyme (mg%)	Time (min)	Gelatin (mg%)	Turbidity (O.D. at 620 nm)	Browning color intensity (O.D. at 420 nm)
1	10 (1)	150 (1)	40 (1)	0.173	2.960
2	10 (1)	150 (1)	20 (-1)	0.119	2.533
3	10 (1)	50 (-1)	40 (1)	0.125	2.466
4	10 (1)	50 (-1)	20 (-1)	0.125	2.466
5	4 (-1)	150 (1)	40 (1)	0.193	2.683
6	4 (-1)	150 (1)	20 (-1)	0.187	2.613
7	4 (-1)	50 (-1)	40 (1)	0.116	2.395
8	4 (-1)	50 (-1)	20 (-1)	0.168	2.552
9	7 (0)	100 (0)	30 (0)	0.132	2.613
10	7 (0)	100 (0)	30 (0)	0.133	2.613
11	13 (2)	100 (0)	30 (0)	0.113	2.515
12	1 (-2)	100 (0)	30 (0)	0.133	2.683
13	7 (0)	200 (2)	30 (0)	0.129	2.657
14	7 (0)	0 (-2)	30 (0)	0.133	2.223
15	7 (0)	100 (0)	50 (2)	0.149	2.552
16	7 (0)	100 (0)	10 (-2)	0.193	2.919

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

Table 6. Polynomial equations calculated by RSM program for pectin-degrading enzyme treatment of oriental melon juice

Responses	Polynomial equations ¹⁾	R ²	Significance
Turbidity (O.D. at 620 nm)	$Y_6 = 0.372757 - 0.007681X_1 - 0.000333X_2 - 0.011992X_3 - 0.000045X_1X_2 + 0.000417X_1X_3 + 0.000028X_2X_3 - 0.000264X_1^2 - 0.00000015X_2^2 + 0.00009625X_3^2$	0.7606	0.1867
Browning color intensity (O.D. at 420 nm)	$Y_7 = 3.627882 - 0.079681X_1 - 0.000459X_2 - 0.052179X_3 + 0.000177X_1X_2 + 0.002142X_1X_3 + 0.000164X_2X_3 - 0.000389X_1^2 - 0.0000173X_2^2 + 0.000306X_3^2$	0.8043	0.1164

¹⁾X₁: Pectin-degrading enzyme (mg%), X₂: Treatment time (min), X₃: Gelatin (mg%).

때였으며, 농축시간과 동일하게 gelatin이 가장 많이 영향을 주는 실험조건으로 나타났다(Table 7, 8). 탁도에 대한 실험 조건별에 대한 값을 3차원으로 분석한 결과 Fig. 3과 같았으며, 효소처리 시간이 증가하고 gelatin함량이 증가할수록 탁도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 gelatin이 효소처리 시간에 따라 펙틴질과 결합하여 침전함으로 탁도가 감소된 것으로 여겨진다. 갈색도가 가장 낮은 조건은 pectin분해효소의 함량 9.33 mg%, gelatin의 함량 44.70 mg% 및 효소 반응시간이 115.56 min일 때였다(Table 8). 갈색도에 영향을 주는 실험조건은 효소 반응시간, gelatin의 함량 및 pectin분해효소의 함량 순으로 나타났으며(Table 7), 이는 Jeong 등

Table 7. Analysis of variables for regression model of dependent variables in preparation conditions of oriental melon juice

Treatment conditions	F-Ratio	
	Turbidity	Browning color intensity
Pectin-degrading enzyme	1.761	0.639
Treatment time	1.575	4.540**
Gelatin	2.475	1.762

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

(9)이 감식초 청정화를 위한 pectin분해효소 처리조건에서 갈색도는 효소의 반응시간에 가장 영향을 많이 받았다는 결과

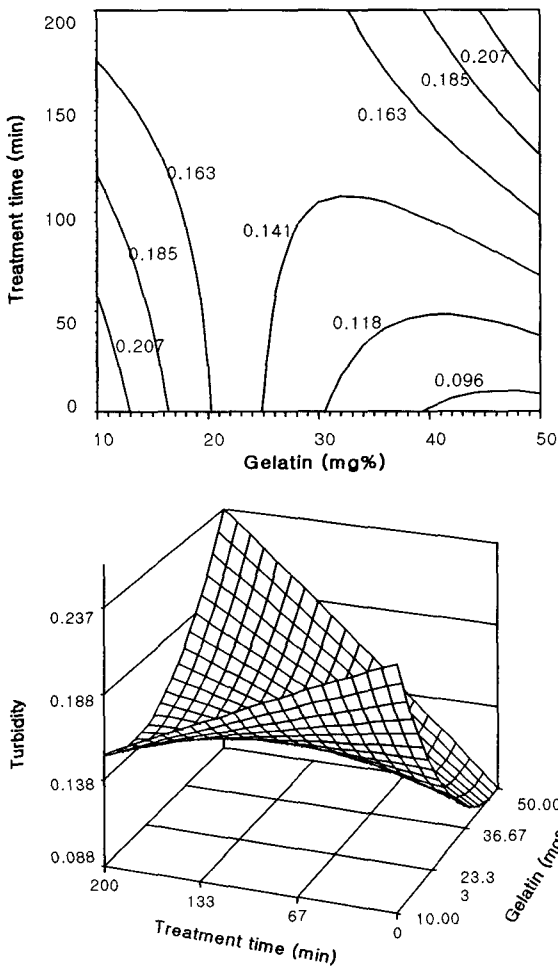


Fig. 3. Contour map (top) and response surface (bottom) for turbidity (O.D. at 620 nm) of pectin-degrading enzyme-treated oriental melon juice at constant values as a function of treatment time and gelatin content at pectin-degrading enzyme 6.56 mg%.

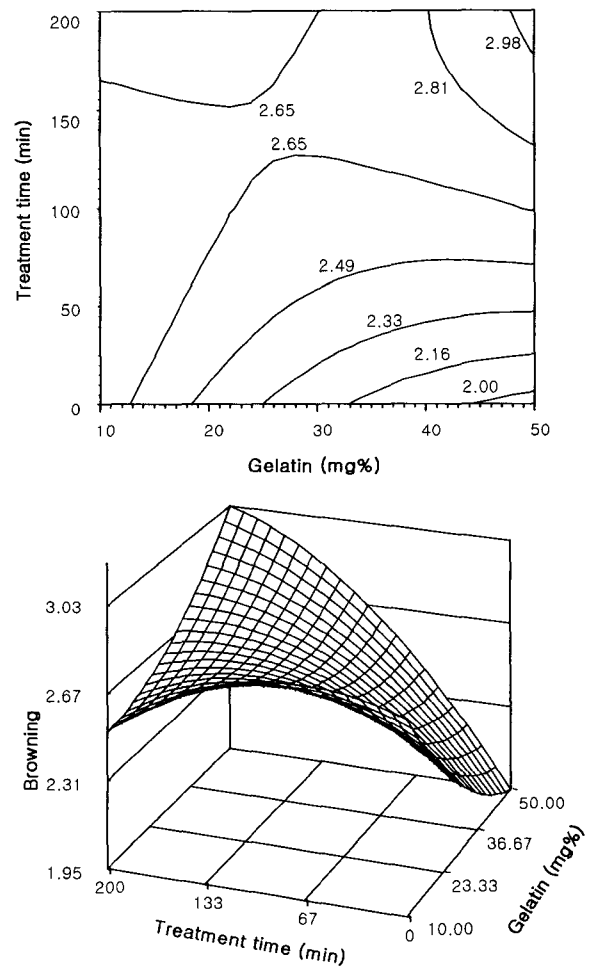


Fig. 4. Contour map (top) and response surface (bottom) for browning color intensity (O.D. at 420 nm) of pectin-degrading enzyme-treated oriental melon juice at constant values as a function of treatment time and gelatin content at pectin-degrading enzyme 6.56 mg%.

Table 8. Predicted levels of optimum conditions for preparation of oriental melon juice by the ridge analysis

Responses	Pectin-degrading enzyme (mg%)	Treatment time (min)	Gelatin (mg%)	Estimated response	Morphology
Turbidity	4.40	24.09	39.72	0.10 (min)	Saddle point
Browning color intensity	9.33	155.56	44.70	2.93 (min)	Saddle point

와 일치한다. Fig. 4는 효소처리시 갈색도의 변화를 3차원으로 나타낸 것이며, 효소 반응시간이 증가할수록 갈색도가 증가하는 경향을 나타내었으며, gelatin의 함량이 증가할수록 갈색도는 낮아지는 경향을 나타내었다. 참외 농축액 제조를 위해서는 pectin분해효소 6.6 mg%와 gelatin 33.6 mg% 첨가하여 70 min 처리하는 것이 바람직함을 알 수 있었다. 이와 같이 pectin 분해 공정을 농축액의 제조 전처리 공정에 적용함으로써 농축액의 색상 향상 및 농축시간의 단축효과를 얻을 수 있었다.

요 약

과잉생산된 참외를 효율적으로 이용하기 위해 참외주스 제조공정에서 중요한 변수로 작용하는 가열온도 및 가열시간을 달리하면서 제조한 참외 착즙액에 대한 이화학적 품질 변화를 측정하였다. 착즙액을 가열 후 여과시간을 측정된 결과 가열온도가 98.57°C일 때, 가열시간이 11.29 min일 때 가장 낮은 여과시간인 55.53 sec를 나타내었다. 참외 농축액 제조를 위한 최적 열처리 조건은 가열온도 98°C로, 가열시간 13 min으로 처리하는 것이 우수하였다. Pectin분해효소 처리를 하면서 청징화 실험을 행한 결과 탁도가 가장 낮은 조건은 pectin분해효소의 함량 4.40 mg%, gelatin 함량 39.72 mg% 및 효소반응시간이 24.09 min일 때였으며, 갈색도가 가장 낮은 조건은 pectin분해효소의 함량 9.33 mg%, gelatin의 함량 44.70 mg% 및 효소반응시간이 115.56 min일 때였다. 참외 농축액 제조를 위해서는 pectin분해효소는 6.6 mg%, gelatin은 33.6 mg% 첨가하여 70 min 처리하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 2001년도 농림부 농림기술

개발사업(관리번호, 101003-2)의 지원에 의한 연구결과와 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yoon HS, Oh MJ, Choi C. 1983. Studies on the development of food resources from waste seeds. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 26: 163-168.
2. Park JD, Hong SI, Park HW, Kim DM. 2000. Extending shelf-life of oriental melon (*Cucumis melon* L.) by modified atmosphere packaging. *Korean J Food Sci Technol* 32: 481-490.
3. Cha SK, Chun HI, Hong SS, Kim WJ, Koo YJ. 1993. Manufacture of fermented cantaloupe melon with lactic starter culture. *Korean J Food Sci Technol* 25: 386-390.
4. Shin DH, Koo YJ, Kim CO, Min BY, Suh KB. 1978. Studies on the production of watermelon and cantaloupe melon juice. *Korean J Food Sci Technol* 10: 215-223.
5. Kim JG, Jeong ST, Jang HS, Kim YB. 1997. Quality properties of dried melon with different pretreatments. *Korean J Post-harvest Sci Technol Agri Products* 4: 147-153.
6. Lee KH, Lee YC. 1996. Volatile flavor components in concentrated peach pulp. *Korean J Food Sci Technol* 28: 226-231.
7. Kim DM, Lee SE, Kim KH. 1989. Clarification of the juice extracted from stored apples by pH adjustment. *Korean J Food Sci Technol* 21: 180-184.
8. Chun YK, Choi HS, Cha BS. 1997. Effect of enzymatic hydrolysis on the physicochemical properties of persimmon juice. *Korean J Food Sci Technol* 29: 198-203.
9. Jeong YJ, Lee GD, Lee MH, Yea MJ, Lee GH, Choi SY. 1999. Monitoring on pectinase treatment conditions for clarification of persimmon vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 810-815.
10. Park SH. 1991. *Modern experimental design*. Minyoungsa, Seoul, Korea. p 547.
11. Lee GD, Kim HG, Kim JG, Kwon JH. 1997. Optimization for the preparation conditions of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 29: 737-744.
12. Kim MB, Lee GD, Jeong YJ, Lee MH, Lee ST, Kwon JH. 1998. Prediction of extraction conditions for the optimized organoleptic quality of *Eucommia ulmoides* leaf-tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 914-919.

(2004년 2월 9일 접수; 2004년 4월 23일 채택)