

효소처리조건에 따른 혼합과채주스의 청징에 관한 연구

손경석* · 이준호 · 하영선

*대구대학교 식품공학과, 대구대학교 식품생명화학공학부

Clarification of Mixed Fruit and Vegetable Juices using Enzyme Treatment

Kyoung Suck Sohn*, Jun Ho Lee and Young Sun Ha

*Department of Food Science and Engineering, Daegu University
Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University

Abstract

Response surface methodology was used to investigate the effects of enzyme concentration (0.01-0.05%), temperature (20-40°C) and time (40-80 min) on turbidity, soluble solids, vitamin C, pH, total sugar and color characteristics of mixed fruit and vegetable juices clarified using pectinase. The lowest turbidity values, indicating the most efficient clarification process were obtained at different process conditions depending on the fruit and vegetable used. Mixing ratio was also found to have a considerable effect on the turbidity. Hunterlab a*, b* and total color difference (ΔE) values were positively correlated with the mixing ratio. Vitamin C of single juice samples considerably decreased after clarification. pH did not change much after enzyme treatment while soluble solids, total sugar and reducing sugar were considerably reduced after clarification using pectinase.

Key words: clarification, mixed fruit and vegetable juice, enzyme, pectinase, RSM

서 론

우리 나라에서 소비되고 있는 과일류는 대부분 생 과일 형태로 이용되고 있으며 일부분만이 통조림, 주스, 건조품으로 가공되어 상품화되고 있다. 채소류도 주스의 형태로 일부 제품화되고 있는데 그 종류는 유기산으로 산성화시킨 주스, 발효 채소를 이용한 고산성주스, 가열처리하지 않은 중성주스, 고온살균시킨 주스 등으로 구분된다(Lee *et al.*, 1995).

이러한 과일과 채소는 비타민, 미네랄, 섬유소, 효소 그 밖의 약리성분들을 다량으로 함유하고 있고 과일과 채소의 즙액은 장에 부담이 적어 건강식품으로 중요시되고 있다. 특히 한 종류의 즙액만을 단

독으로 섭취하는 것보다 여러 가지의 채소나 과일 즙을 혼합하여 섭취할 경우 효과가 큰 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2000).

주스는 크게 청징주스와 혼탁주스로 나눌 수 있는데 청징주스는 농축주스의 제조 및 그 외에 가공 제품 제조시 원료로 사용할 수 있어 혼탁주스에 비해 활용도가 높다. 청징주스의 제조 2에는 한외여과를 포함한 비효소적 청징방법 및 착즙 후 주스에 함유된 혼탁 부유물질을 제거하기 위한 효소처리 청징방법이 시도되고 있다(Ko *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 1989). 국내에서 효소를 이용한 연구로는 Hur 등(1989)의 Polygalacturonase와 Gelatin을 병용하여 과일주스를 청징한 예와 Jeong 등(1999)의 감식초 청징화에 Pectinase를 이용한 방법 등의 연구가 진행되었다.

요즘 들어 각광을 받고있는 퓨전 음료시장의 성장에 발맞추어 혼합과채주스의 품질고급화가 이루어진다면 첨단기술 활용을 통한 국산 농산물의 부

Corresponding author: Jun Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University, 15 Naeri, Jillyang, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea
Phone: +82-53-850-6535, Fax: +82-53-850-6539
E-mail: leejun@daegu.ac.kr

가가치를 증대시킬 뿐만 아니라 농산물 가공기술 및 생산제품 품질향상에 의한 국제 경쟁력을 제고하고 과실의 가공이용률을 2배 이상 높여 과수재배 농가의 소득증대를 이룰 수 있다. 또한 저이용 과실의 고급화로 농업 생산성을 증대시키고 국산 과실류의 부가가치 및 소비를 창출하여 결과적으로 농가·기업 그리고 소비자 모두에게 이로울 것이다.

따라서 국내의 생산량이 많은 과실 및 채소를 이용하여 고품질의 주스 제조를 위한 가공 공정의 최적화는 시급한 연구 과제라 사료되며, 더욱이 소비자들의 기호가 갈수록 고급화 다양화되는 것에 발맞추어 고차 가공된 우수한 품질의 청징 주스 최적 가공공정 조건을 수립하고 다양한 청징 기법을 도입해 비교·분석할 필요성이 있다. 또한 최근 농산물의 부가가치 향상을 위한 노력이 다각도로 진행되고 있는 과정에서 세계시장 경쟁력을 갖추기 위해서는 기능성의 부여나 품질고급화를 위한 노력이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 여러 가지 혼합비율의 혼합과채주스를 효소처리하여 청징주스를 제조하였다. 처리온도, 처리시간, 효소첨가 농도를 공정변수로 하여 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 이용해 청징조건을 찾아내고 각 조건에 따른 탁도·색도 및 일반성분을 분석하여 관련연구의 실험적 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 주스 제조

본 실험에 사용된 당근은 일반적으로 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 것을 사용하였고 오렌지는 미국 캘리포니아산을 사용하였다. 사과와 배는 경북 군위 지역에서 2000년도에 수확한 부사 품종을 사용하였으며 각 시료는 수세과정을 거쳐 사과와 당근은 박피하지 않고 오렌지는 박피하여 사용하였다.

구체적인 실험순서는 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 각각의 과실·채소를 수세 정선한 다음 녹즙기(Model DO-9001, Dongaosca, Co., Korea)로 마쇄·착즙하였다. 마쇄 전 당근의 경우는 원료의 박피를 수월하게 하고, 외피의 점착물과 왁스질을 제거하고, 원료를 수축시켜 담기에 수월토록 하며, 조직이 연약한 것을 강하게 하고 산화효소 불활성화 및 용액의 혼탁을 방지하기 위해 끓는 물에서 30초간 데치기(blanching)를 실시하였으며, 200 mesh 나일론

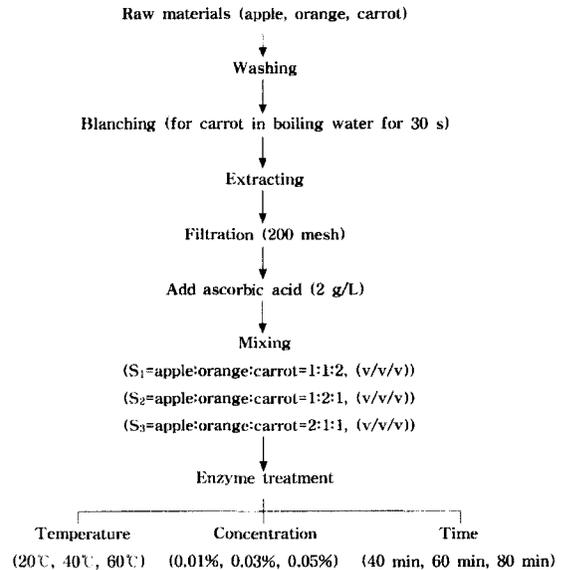


Fig. 1. Preparation procedure of clarified mixed fruit and vegetable juices.

포로 여과과정을 거친 시료에 항산화제(L(+)-ascorbic acid)를 1L당 2g을 가하여 변색을 방지하였다. 각각의 단일주스를 일정한 혼합비로 혼합하여 시료(S₁, S₂, S₃; 혼합비율 Fig. 1 참조)로 사용하였으며, 각 단일시료 및 혼합시료에 처리농도, 처리온도, 처리시간의 공정변수를 적용하여 효소처리에 대한 청징효과를 살펴보았다.

효소처리

효소처리에 의한 청징은 당근, 오렌지, 사과의 단일시료와 혼합비를 달리한 혼합시료(S₁, S₂, S₃)를 대상으로 pectinase (Model 76290, Fluka, Switzerland)를 사용하여, 0.01%, 0.03%, 0.05%의 처리농도(w/v), 20, 40, 60°C의 처리온도 그리고 40 min, 60 min, 80 min의 처리시간에서 청징효과를 살펴보았다. 각 공정변수들에 대한 구간 및 범위는 예비실험을 3회 실시하여 결정하였다.

반응표면분석 및 실험설계

반응표면분석법을 이용하여 주스청징의 최적화를 이루기 위하여 이차식 형태의 반응모형을 얻을 수 있도록 중심합성계획법(central composite experiment design)을 사용하였으며, 반응표면 회귀분석을 위해 SAS(statistical analysis system) program을 사용하였다. 중심합성계획은 Table 1에 나타냈으며 세 개의

Table 1. Coding of levels of independent variables used

Treatment number	Independent variables					
	Coded	Ration (%)	Coded	Temp. (°C)	Coded	Time (min)
		x_1		x_2		x_3
1	1	0.05	1	60	1	80
2	1	0.05	1	60	-1	40
3	1	0.05	-1	20	1	80
4	-1	0.01	1	60	1	80
5	-1	0.01	-1	20	1	80
6	1	0.05	-1	20	-1	40
7	-1	0.01	1	60	-1	40
8	-1	0.01	-1	20	-1	40
9	0	0.03	0	40	0	60
10	0	0.03	0	40	0	60
11	0	0.03	0	40	1	80
12	0	0.03	1	60	0	60
13	1	0.05	0	40	0	60
14	0	0.03	0	40	-1	40
15	0	0.03	-1	20	0	60
16	-1	0.01	0	40	0	60

요인(독립)변수를 처리농도 3수준(x_1 ; 0.01, 0.03 and 0.05%), 처리온도 3수준(x_2 ; 20, 40 and 60°C), 처리 시간 3수준(x_3 ; 40, 60 and 80 min)으로 다음의 모델 식에 최소자승법을 적용하여 계산하였다(SAS, 2000).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{i < j}^3 \beta_{ij} X_i X_j$$

여기서, Y는 response이고, x_{ij} 는 coded 독립변수 들이며 $\beta_0, \beta_i, \beta_{ii}$ 및 β_{ij} 는 회귀계수들이다.

성분분석

1) 색도 및 탁도 측정

색도는 색차계(Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L*(lightness, 명도), a*(redness, 적색도), b*(yellowness, 황색도) 값을 각각 3회 반복 측정하고 아래식을 이용하여 초기 시료과의 색도차(ΔE)를 나타내었다(AOAC, 1990).

혼합과채주스의 탁도는 일정량의 시료 3 mL를 취하여 분광광도계(Model UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)을 사용하여 660 nm에서 3회 반복하여 transmittance를 측정하였다(AOAC, 1990).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$$

2) 가용성 고형분, 비타민 C 및 수소이온농도 측정
일정량의 시료를 취하여 굴절당도계(Model Type 1, Atago Co., Japan)로 3회 반복 후 가용성 고형분

의 함량을 측정하고 °Brix로 표시하였고, 비타민 C 는 2, 4-dinitrophenyl hydrazine 비색법을 통해 분광 광도계(Model UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)을 사용하여 540 nm에서 3회 반복하여 흡광도를 측정하였다. 시료 10 mL를 pH meter(Model 340, Mettler Delta Co., U.K.)로 수소이온농도를 3회 반복 측정하였다(AOAC, 1990).

3) 총당 및 환원당 측정

총당의 경우 phenol-H₂SO₄법에 의한 전당의 정량을 하였는데, 시료 1 mL을 취해 5% phenol 1 mL를 가한 다음 H₂SO₄를 5 mL 가하여 상온에서 20분간 반응 냉각 후 480 nm에서 3회 반복하여 측정 하였으며, 환원당은 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid)가 환원 되어 생성된 3-amino-5-nitrosalicylic acid의 흡광도를 측정하여 당을 정량 분석하는 DNS법을 사용하여 환원당을 3회 반복 측정하여 정량하였다(AOAC, 1990). 즉 시료 1 mL에 3 mL의 DNS를 첨가한후 5 분간 100°C에서 끓인 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 glucose를 농도별로 반응시킨 후 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

탁도변화

주스의 청징화 방법으로 널리 사용되고 있는 pectinase는 주스의 여과 수율을 높이고 청징화에 효

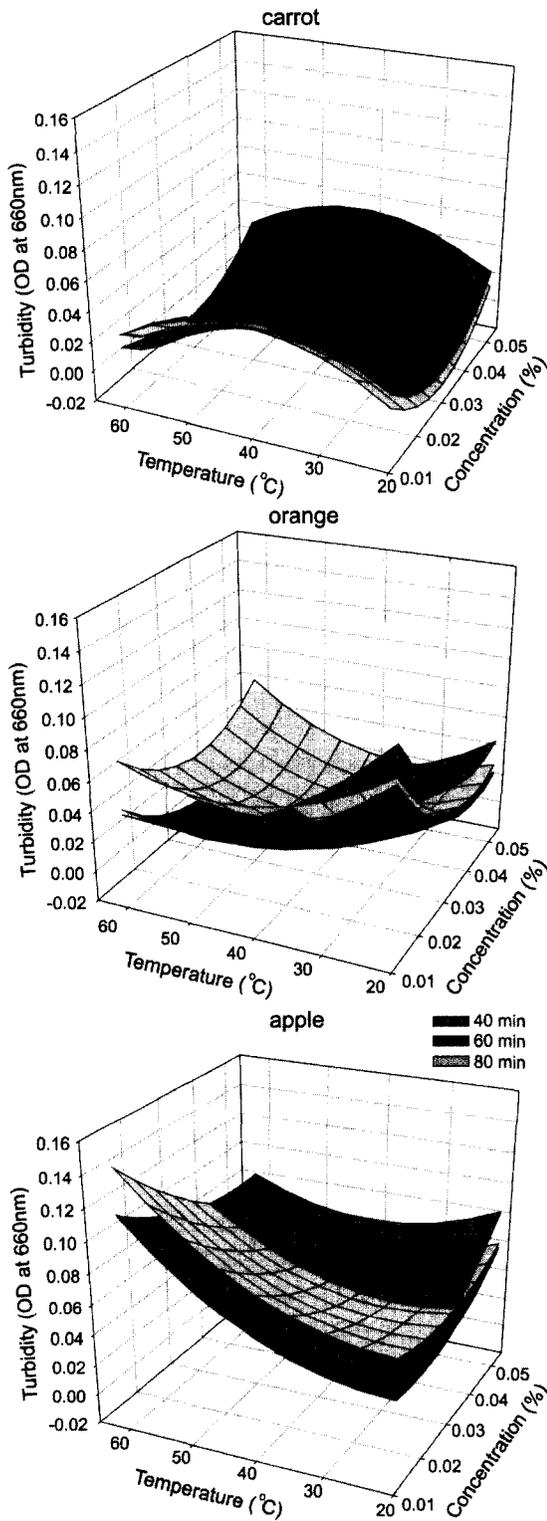


Fig. 2. Changes in turbidity of clarified carrot, orange, and apple juices.

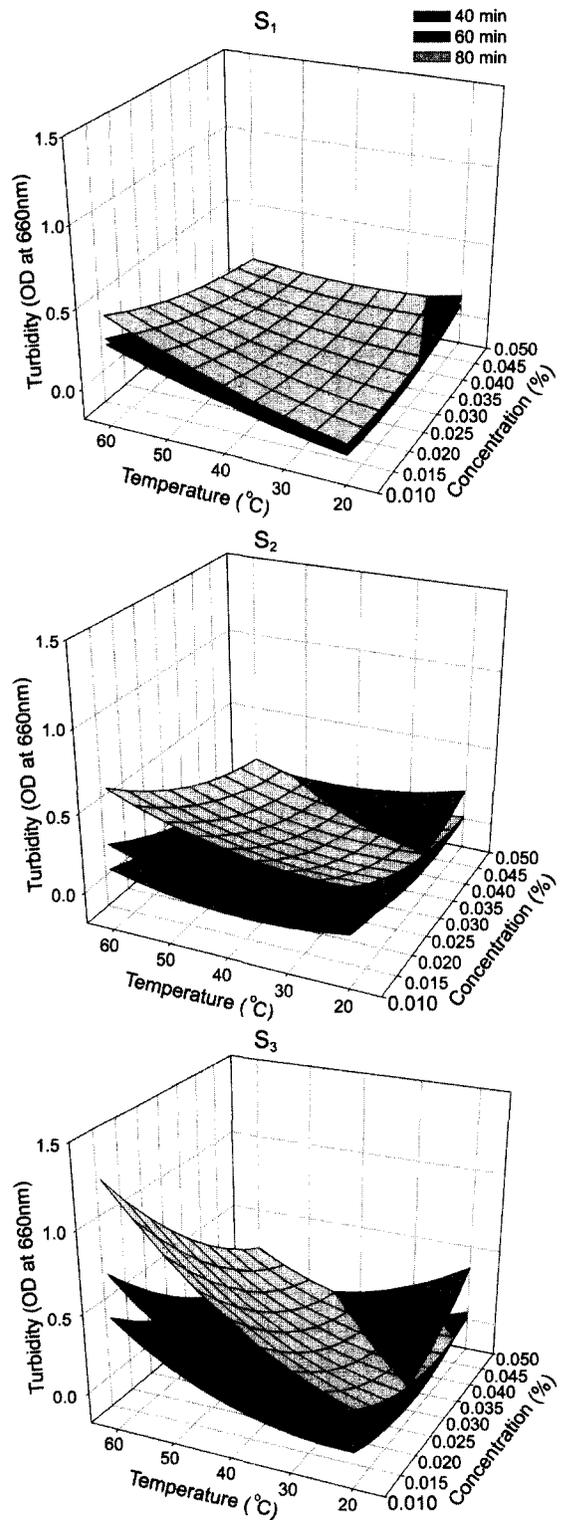


Fig. 3. Changes in turbidity of clarified mixed juicesamples.

과적인 것으로 보고되고 있다(Lee *et al.*, 2001). 따라서 본 실험에서 pectinase를 이용하여 농도(0.01, 0.03, 0.05%), 온도(20, 40, 60°C), 시간(40, 60, 80 min)의 3가지 요인을 독립 변수로 설정하고 660 nm에서 탁도를 측정하여 반응표면분석을 수행한 결과는 Fig. 2과 Fig. 3에 나타나 있다.

단일시료 중 당근의 경우는 0.05%, 20°C, 80 min에서 0.007로 가장 낮은 탁도값을 나타냈다. 오렌지의 경우는 0.03%, 40°C, 40 min에서 0.006이고, 사과와 사과 주스의 경우 0.03%, 40°C, 60 min에서 탁도의 값이 0.037으로 청징효과가 가장 뛰어났다. 혼합시료 S₁은 0.05%, 60°C, 40 min, S₂는 0.03%, 20°C, 60 min, S₃의 경우는 0.03%, 40°C, 40 min에서 각각 0.012, 0.026, 0.013으로 나타났다. 또한 사과 및 사과의 함량이 높은 주스의 경우에는 Fig. 2과 Fig. 3에서 나타난 것과 같이 탁도의 변화폭이 상대적으로 다른 시료의 경우 보다 크게 나타났다. 특히 당근의 청징에 이용된 pectinase의 첨가량이 다른 시료에 비해 높았으며, 당근의 함량이 많은 혼합시료인 S₁의 경우 역시 최적청징조건에 소비된 pectinase의 첨가량이 나머지 혼합시료에 비해 높게 나타났다. 그러나 나머지 단일시료 및 혼합시료의 경우 pectinase의 첨가량이 0.03%에서 최적의 청징효과를 나타내며 pectinase의 양이 증가하여도 청징율이 개선되지 않고 오히려 탁도가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Kim 등(1992)이 보고한 좁쌀약주의 청징에서 단백분해효소에 의한 청징을 개선효과를 알아보는 과정에서 효소 처리량에 따른 탁도의 변화가 적정 효소농도 이상의 상황에선 오히려 청징도가 떨어진다는 보고와 유사하였다.

효소처리조건에 따른 온도의 영향을 살펴보면, 단일시료의 종류에 따라 온도의 영향이 서로 다른 것을 알 수 있다(Fig. 2). 예를 들면, 사과주스의 경우 처리시간에 관계없이 온도가 증가함에 따라 탁도가 증가하였고 당근주스의 경우 40°C 처리조건에서 처리시간에 관계없이 탁도의 값이 가장 높음을 알 수 있다. 또한 오렌지주스의 경우 처리온도가 감소함에 따라 탁도가 증가하는 경향을 나타내었다.

혼합주스 역시 혼합비율에 따라 온도의 탁도에 대한 영향을 서로 다르게 나타냈다. 특히 사과가 많이 함유된 S₃의 경우 사과단일주스에서 나타났던 온도 증가에 따른 탁도 증가의 경향을 나타낸 반면 당근이나 오렌지를 많이 함유한 시료(S₁ 및 S₂)는 각각의 특성을 유지하기 보다는 사과주스의 특성이 보다 강하게 작용하는 것으로 나타났다. 이는 혼합

주스의 청징시 혼합시료의 종류나 비율에 따라 탁도가 변할 수 있다는 중요한 자료를 제공한다.

색도변화

액상식품의 색도는 소비자의 구매욕구를 자극하므로 매우 중요한 성분이라고 할 수 있으며(Youn *et al.*, 2000) 효소처리에 의한 색도변화는 Table 2에 요약되어 있다. 밝기를 나타내는 L*(lightness) 값의 경우 단일시료 및 혼합시료에서 모두 대조구에 대해 명도가 현저해 높아졌다. 이는 탁도의 개선효과와 일치하는 경향을 나타내는 것으로 탁도와 L* 값이 비례적인 관계에 있다는 것을 알 수 있다. 효소처리를 하지 않은 대조구인 단일시료의 경우 당근의 명도가 가장 낮았으며 혼합시료에서는 당근의 혼합량이 높은 S₁에서 낮은 명도를 나타냈다. 또한 당근의 효소처리 후 측정값 역시 단일 시료에서 당근의 명도가 오렌지와 사과 주스에 비해 낮게 나타났는데 이는 다른 시료들에 비해 당근에 pectin 물질이 적게 함유되어 있어서 L* 값이 낮은 것으로 사료된다. 그러나 효소처리한 혼합시료의 경우에는 혼합비에 따른 명도의 변화가 크게 나타나지 않았다.

적색도를 나타내는 a*(redness) 값은 대조구 및 효소처리구 전반에서 당근의 함량이 높을수록 적색도가 낮았으며 특히 대조구에 비해 효소처리구의 경우 a* 값의 감소폭이 크게 낮아졌다. 황색도를 나타내는 b*(yellowness) 값 역시 대조구 및 효소처리구에서 적색도와 마찬가지로 당근함량과 비례적인 관계를 나타내었고 대조구에 비해 효소처리구의 황색도 변화 또한 전체적으로 높게 나타났다. 색도차인 ΔE의 변화는 당근의 함량이 큰 시료에서 높은 값을 나타내었으며 혼합시료구에서 단일시료의 변화폭보다 비교적 ΔE값이 높게 측정되었다. 이는 단일시료구 보다 혼합시료구에서 L* 값이 높게 측정되어 ΔE에 가장 큰 영향을 미치는 L* 값의 변화에 영향을 받아 전체적으로 명도가 크게 개선된 것을 확인할 수 있었다. 또한 탁도값이 높게 측정되는 시료에서 색도변화 역시 큰 값을 나타내어 색도변화와 탁도변화가 유사한 관계가 있음을 알 수 있다.

일반성분변화

효소처리에 의한 주스의 청징 후 일반성분변화에 대한 비교는 Table 3에 나타나 있다. Vitamin C의 함량은 혼합된 시료에서 감소가 크게 일어났으며, 대조구에 대한 효소처리구의 경우 단일 및 혼합시

Table 2. Comparison of color parameters among control and samples treated by enzyme

Color	Control						Enzyme treated					
	carrot	orange	apple	S ₁	S ₂	S ₃	carrot	orange	apple	S ₁	S ₂	S ₃
L*	0.71	5.47	7.27	1.23	2.04	2.11	93.96	96.46	95.38	96.28	97.39	96.08
a*	3.90	4.90	5.00	5.50	7.12	7.39	-3.59	-1.20	-1.31	-3.34	-1.80	-1.95
b*	1.21	9.38	12.44	2.04	3.41	3.56	24.19	22.59	21.05	20.71	19.35	18.33
ΔE	-	-	-	-	-	-	96.33	92.15	88.75	97.27	97.08	95.58

Table 3. Comparison of vitamin C, pH, soluble solids, total sugar and reducing sugar among control and samples treated by enzyme

Component	Control						Enzyme treatment					
	carrot	orange	apple	S ₁	S ₂	S ₃	carrot	orange	apple	S ₁	S ₂	S ₃
Vitamin C (mg%)	45.43	36.72	53.83	22.79	22.85	24.42	21.94	22.05	23.11	21.64	22.81	27.85
pH	6.30	4.91	5.11	5.54	5.39	5.43	6.41	5.03	5.39	5.43	5.29	5.60
Soluble solids (°Brix)	8.80	12.80	14.70	11.20	12.80	12.90	6.80	9.90	10.40	7.90	7.80	7.20
Total sugar (mg/mL)	6.27	18.74	25.61	12.82	19.06	17.03	5.38	17.40	20.37	11.67	12.55	10.40
Reducing sugar (mg/mL)	485.65	362.65	280.65	322.85	300.95	300.62	359.37	262.94	234.43	239.98	243.51	259.87

료에서 전체적으로 감소의 경향을 나타내어 효소처리에 의한 Vitamin C의 감소를 알 수 있다. pH의 경우는 당근이 사과 및 오렌지보다 수소이온농도가 비교적 높아 혼합하였을 때 중화과정이 이루어져 비교적 단일시료보다 높은 값이 나타났고 혼합시료의 경우 당근의 함량이 높은 S₁에서 대조구 및 효소처리구에서 pH가 높게 측정되었다. 그러나 대조구에 대한 효소처리구의 pH변화는 나타나지 않았다. 가용성 고형분은 일반적으로 단일시료에 비해 혼합시료에서 낮게 측정되었는데 단일시료인 당근에서 가용성 고형분이 낮게 측정되어 이를 혼합한 시료에서도 같은 효과를 나타낸 것으로 사료되며, 효소처리를 하였을 경우 더욱더 큰 감소를 나타내어 pectinase의 처리가 전체적으로 가용성 고형분의 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

총당 및 환원당 역시 혼합과정을 거치면서 함량이 크게 줄어드는 경향을 나타냈으며, 대조구에 대한 효소처리구 값 역시 낮게 측정되는 것을 알 수 있었다. pH를 제외하고 전체적으로 혼합과정을 통해 함량의 손실이 크게 이루어졌으며, 또한 효소처리과정을 거치면서 전반적으로 일반성분의 손실이 나타나는 것을 알 수 있다.

요 약

효소처리를 이용한 고품질 청징주스 제조의 실험

적 기초자료를 제공하기 위하여 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 이용하여 각 공정조건에 따른 탁도, 색도 및 일반성분 변화를 분석하였다. 효소에 의한 청징의 경우, 단일시료 중 사과는 0.03%, 40°C, 60 min에서 0.037으로 청징 효과가 가장 뛰어났으며, 오렌지의 경우는 0.03%, 40°C, 40 min에서 0.006이고, 당근의 경우는 0.05%, 20°C, 80 min에서 0.007로 가장 낮은 탁도값을 나타냈다. 혼합시료 S₁은 0.05%, 60°C, 40 min, S₂는 0.03%, 20°C, 60 min, S₃의 경우는 0.03%, 40°C, 40 min에서 각각 0.012, 0.026, 0.013으로 나타났다. 또한 사과 및 사과의 함량이 높은 주스의 경우 탁도의 변화폭이 상대적으로 다른 시료의 경우 보다 크게 나타났으며 효소 처리량에 따른 탁도의 변화가 적정 효소농도 이상의 상황에선 오히려 청징도가 떨어졌다.

효소처리에 의한 색도변화에서 밝기 정도를 나타내는 L*(lightness) 값의 경우 단일시료 및 혼합시료에서 모두 대조구에 대해 명도가 현저해 높아졌다. 효소처리를 하지 않은 대조구인 단일시료의 경우 당근의 명도가 가장 낮았으며 혼합시료에서는 당근의 혼합량이 높은 S₁에서 낮은 명도를 나타냈다. 그러나 효소처리한 혼합시료의 경우에는 혼합비에 따른 명도의 변화가 크게 나타나지 않았다. 적색도를 나타내는 a*(redness) 값 및 황색도를 나타내는 b*(yellowness) 값의 변화는 대조구에 비해 효소처

리구에서 큰 변화를 나타냈다. 색도차인 ΔE 의 변화는 당근의 함량이 큰 시료에서 높은 값을 나타내었으며 전체적으로 혼합비와 비례적인 값을 나타내었다. 또한 혼합시료구에서 단일시료의 변화폭보다 비교적 ΔE 값이 높게 측정되었다.

효소처리에 의한 성분변화는 pH를 제외하고 전체적으로 혼합과정을 통해 함량의 손실이 크게 이루어졌으며, 또한 효소처리과정을 거치면서 전반적으로 일반성분의 손실이 나타나는 것을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2001학년도 대구대학교 학술연구비지원(일부지원)에 의해 이루어 졌으며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA.
- Hur, B.S. and Z.U. Kim. 1989. Clarification of fruit juice by the use of polygalacturonase and gelatin. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **32**(4): 367-373.
- Jeong, Y.J., G.D. Lee, M.H. Lee, M.J. Yea, G.H. Lee and S.Y. Choi. 1999. Monitoring on pectinase treatment conditions for clarification of persimmon vinegar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28**(4): 810-815.
- Kim, D.M., S.E. Lee and K.H. Kim. 1989. Clarification of the juice extracted from stored apples by pH adjustment. *Korean J. Food Sci. Technol.* **21**(2): 180-184.
- Kim, H.S., Y.T. Yang, Y.H. Jung, J.S. Koh and Y.S. Kang. 1992. Clarification of foxtail millet wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**(1): 101-106.
- Kim, S.Y., Y.B. Yoon and E.H. Choi. 2000. Change in quality of mixed juice of fruits and vegetables by aseptic treatment and packing with nitrogen gas during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**(6): 1271-1277.
- Ko, E.J. and Y.H. Choi. 1999. Clarification of grape juice by ultrafiltration and membrane fouling characteristics. *Food Eng. Prog.* **3**(2): 57-63.
- Lee, K.H., H.S. Choi and W.H. Kim. 1995. Effect of several factors on the characteristics of six-vegetable and fruit juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**(4): 439-444.
- Lee, M.H. and H.K. No. 2001. Clarification of persimmon vinegar using chitosan. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**(2): 277-282.
- SAS Institute, Inc. 2000. Statistical Analysis System. SAS User's Guide, version 6.12. SAS Institute, Cary, NC, USA
- Youn, K.S., H.D. Kim and Y.H. Choi. 2000. Clarification of apple vinegar by ultrafiltration and flux characteristics. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Bioechnol.* **43**(1): 24-28.