

청징방법에 따른 당근주스의 품질변화에 관한 연구

손경석 · 석은주* · 이준호*

(주)일동후디스식품연구소, *대구대학교 식품공학과

Quality Changes of Carrot Juice as Influenced by Clarification Methods

Kyoung Suck Sohn, Eun Ju Seog* and Jun Ho Lee*

Ildongfoodis Food Research Lab., Yongin, Gyeonggi 449-915, Korea

**Dept. of Food Science and Engineering, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea*

Abstract

Clarified carrot juice was prepared using different clarification methods including centrifugation, ultrafiltration (UF), and combined treatment. Effect of clarification methods as well as other quality parameters were investigated. Clarification was improved with increase in centrifugation speed and lowering temperature. Also increasing temperature leads to increase in turbidities in general. Ultrafiltration process was very effective to produce clarified carrot juice. Combined treatment did not significantly improve the clarification efficiency since most clarification was already achieved during ultrafiltration process. L* and b* values were increased while a* value was decreased significantly after clarification regardless of the methods (P<0.05). Vitamin C was most retained in the clarified samples using ultrafiltration.

Key words: clarification, carrot, juice, turbidity, color, RSM

서 론

과실과 채소는 비타민, 미네랄, 섬유소, 효소, 그 밖의 약리성분들을 다량으로 함유하고 있어 건강식품으로 매우 중요하며 이들의즙액은 장에 부담을 적게 주고 다량의 유효성분을 쉽게 섭취할 수 있는 이점을 가지고 있다(Kim *et al.*, 2000). 최근 소비자들의 건강과 천연 과즙에 대한 관심이 증가함에 따라 야채주스에 대한 선호도도 급격히 증가하는 추세이며(Krinsky, 1988), 우리나라의 경우 당근을 대부분 생식용이나 라면 수프 등의 재료로 이용하였으나 당근의 주스 가공 및 개발에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다.

당근에는 당질 7.6%, 섬유질 0.9%가 함유되어 있

고, 비타민 A, B₁, B₂가 많이 함유되어 병후의 체력증강, 검버섯이나 거친 살결을 예방하는 효과가 있다. 한방에서는 당근이 홍역, 빈혈, 저혈압, 야맹증 등에 좋다고 알려져 있다(Shin *et al.*, 2002). 당근을 이용한 주스 제조 시 당근의 pH가 중성범위(pH 6.1~6.5)에 위치하기 때문에 일반적으로 매우 높은 온도에서 처리하여야만 적절한 살균 효과를 기대할 수 있다고 보고 된 바 있다(Ogunlesi *et al.*, 1979; Panalaks *et al.*, 1970). 이러한 열처리 공정단계를 거치게 되면 당근주스 자체의 영양성분, 풍미 및 품질저하를 초래하며, 또한 유통과정과 저장 중에 유해미생물의 증식을 방지하기 위하여 pH를 4.0 이하로 인위적인 조절 후 시판하기 때문에 초기 유효성분의 손실이 많은 편이다. 이러한 가열처리 문제점들을 해결하기 위한 여러 신기술들이 연구되고 있으며, 현재 식품산업에서 고전압 펄스전기장 (high voltage pulsed electric fields), 진동자기장, 초고압, 광펄스, 마이크로웨이브, 이온화조사, 초음파, 막분리 등 물리적인 방법과 antimicrobials, bacteriocins,

Corresponding author: Jun Ho Lee, School of Engineering, Dept. of Food Science and Engineering, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea
Phone: +82-53-850-6535, Fax: +82-53-850-6539
E-mail: leejun@daegu.ac.kr

이산화탄소, 양이온 다중고분자와 같은 화학 물질 및 세포벽 분해효소 등을 이용한 최신기술들이 각광을 받고 있다(Ha *et al.*, 1999).

한외여과는 초기에 사과, 배, 포도 주스에서 haze를 제거하기 위해 사용되었으나 현재는 상업적으로 오렌지와 자몽주스 제조 시 pulp를 제거하는데 이용되고 있다. 그 결과 쓴맛 제거용 resin column을 쉽게 통과 할 수 있는 이점이 있다. 특히 한외여과 공정은 원액의 회수율이 96% 이상이고 여타의 방식들과 달리 공정단축으로 인한 인건비와 운전비용(약 74%)이 절감되는 효과가 있으며 유통저장 과정에서 주스 침전을 일으키는 현탁 물질을 100% 분리제거하기 때문에 규조토 및 응집제 등의 폐기물 발생이 없다. 또한 상변화 없이 조작이 가능하므로 에너지 비용을 줄일 수 있으며, 가열하지 않으므로 가열취가 생기지 않고 색소 분해, 갈변 등이 일어나지 않는 장점이 있다(Hur *et al.*, 1993). 더욱이 여과 보조제 없이 청징이 가능하고 주스내의 pectin, 전분 기타 불순물이 한외여과막을 통과하지 못하므로 효소처리 없이 맑은 주스를 제조할 수 있다. 유해 미생물 또한 막을 통과하지 못하므로 한외여과 과정을 거친 주스는 유해 미생물이 존재하지 않는 상태이고 원액과즙에 들어있는 향미성분의 손실이 적어 다른 처리에 의해 제조된 주스의 경우보다 우수한 특성을 가지고 있다.

본 연구에서는 소비자들의 기호가 갈수록 고급화 다양화되는 것에 발맞추어 고차 가공된 당근 가공식품의 제조 및 최적가공 공정조건을 수립하고 다양한 가공기법을 비교·분석하였다. 원심분리, 한외여과 및 혼합처리 기법(원심분리, 효소처리 후 한외여과)을 이용해 청징주스를 제조한 후 이화학적 관능적 특성 분석을 통하여 공정의 차이점을 비교하고자 하였다. 또한 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 이용하여 최적 청징조건을 찾아내고 탁도·색도 및 일반성분을 분석하고 청징 당근주스 제조를 위한 실험적 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 주스 제조

본 실험에 사용된 당근은 일반적으로 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 것을 사용하였으며, 수세 정선과정을 거친 후 녹즙기(Model DO-9001, Donga osca, Co., Korea)로 마쇄·착즙하였다. 마쇄 전

끓는 물에서 30초간 데치기(blanching)를 실시하여 원료의 박피를 수월하게 하고 더불어 외피의 점착물과 왁스질을 제거하고 산화효소 불활성화 및 용액의 혼탁을 방지하였다. 200 mesh 나일론 포로 여과과정을 거친 시료에 항산화제(L(+)-ascorbic acid)를 1 L당 2 g을 가하여 변색을 방지하였다.

주스의 청징

수세·착즙과정을 마친 당근주스를 청징하기 위하여 원심분리, 한외여과, 혼합처리를 실시하였다. 원심분리기(Model VS-21SMT, Vision Co., Korea)의 회전속도를 5,000 rpm과 10,000 rpm, 온도를 저온(5°C)과 상온(25°C)으로 분리하여 원심분리를 이용한 청징주스를 제조하였다. 한외여과에 의한 청징의 경우 50 K Dalton의 분획분자량(molecular weight cut-off, MWCO)으로 유효막면적이 2.4 m²를 가지는 polysulfone재질의 막(Model high flux biomax polysulfone membrane, Millipore, U.S.A.)을 사용하여 막분리장치(Model 7523-20, Barnut Co., U.S.A.)에 이용하여 투과플럭스(Flux=L/m²·h, L: 투과유량, m²: 유효막면적, h: 공정시간)를 측정하였으며, ATP(average transmembrane pressure) 50 kPa, 100 kPa, 150 kPa 조건 하에서 5°C, 25°C, 45°C 각각의 온도에서 청징효과를 살펴보았다(Table 1). 혼합처리시의 한 단계인 효소처리는 Sohn 등(Sohn *et al.*, 2002)의 연구와 동일한 방법으로 실행했으며 Table 1에 나타내었다. 각 공정이 끝난 뒤 0.1% NaOH 용액으로 시스템 전체를 세척한 후 약 30분 동안 증류수로 다시 세척한 후 초기 증류수의 투과 유속과 비교하였다.

반응표면분석 및 실험설계

반응표면분석법을 이용한 주스 청징 공정의 최적화를 위하여 이차식 형태의 반응모형을 얻을 수 있도록 중심합성계획법(central composite experimental design)을 사용하였으며, 반응표면 회귀분석을 위해 SAS(statistical analysis system) program을 사용하였다. 아래의 모델식에 최소자승법을 적용하여 계산하였다(SAS, 2000).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 \beta_{ij} x_i x_j$$

여기서, Y 는 response이고, x_i 는 coded 독립변수들이며, β_0 , β_i , β_{ii} , 및 β_{ij} 는 회귀계수들이다.

이화학적 성분분석

(1) 탁도 및 색도 측정

탁도는 일정량의 시료 3 mL를 취하여 분광광도계(Model UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 660 nm에서 3회 반복하여 흡광도를 이용하여 측정하였다. 색도는 색차계(Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L*(lightness, 명도), a*(redness, 적색도), b*(yellowness, 황색도) 값을 각각 3회 반복 측정하고 아래 식을 이용하여 초기 시료와의 색도차(ΔE)를 나타내었다.

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

(2) 가용성 고형분 및 비타민 C 측정

비타민 C는 2, 4-dinitrophenyl hydrazine 비색법을 통해 분광광도계(Model UV-1201 PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 540 nm 에서 3회 반복하여 흡광도를 측정하였고, 일정량의 시료를 취하여 굴절당도계(Model Type 1, Atago Co., Japan)로 3회 반복 후 가용성 고형분의 함량을 측정하고 oBrix로 표시하였다(AOAC, 1990).

(3) 수소이온농도 및 비중측정

시료 10 mL를 pH meter(Model 340, Mettler Delta Co., U.K.)로 수소이온농도를 측정하였으며 비중병을 이용하여 부피에 대한 질량의 비로 비중을 측정하여 3회 반복 후 평균값을 사용하였다(AOAC, 1990).

통계처리

이화학적 성분분석 결과는 Duncan's multiple range test를 이용하여 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다($\alpha=0.05$).

결과 및 고찰

청징방법에 따른 탁도 변화

(1) 원심분리효과

청징전 당근주스의 초기 탁도는 7.517이었으며, 원심분리 시 회전속도와 온도에 따른 청징도(즉, turbidity)의 변화는 Fig. 1에 나타나 있다. 원심분리기의 회전속도가 5,000 rpm에서 10,000 rpm으로 증가함에 따라 청징효과가 약 30% 개선되는 것을 알 수 있다. 이는 Kim et al.(1992)의 연구결과와 일치하는 경향을 보였고, 온도에 따른 청징효과

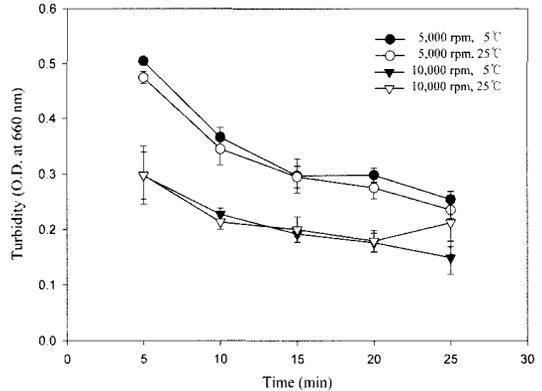


Fig. 1. Changes in turbidity of clarified carrot juice depending on centrifugation conditions.

변화는 뚜렷이 확인할 수 없었다. 원심분리에 의한 청징의 경우 초기 10분까지의 청징율이 높고, 그 이후의 시간영역에서의 청징율은 현저하게 저하되어 공정비용에 비해 청징개선율이 둔화되어 시간의 연장을 통한 청징효과를 얻기는 어려운 것으로 나타났다.

(2) 한외여과효과

반응표면분석을 통한 최적청징효과를 살펴보기 위하여 Table 1에서 나타낸 것과 같이 독립변수를 온도(5, 25, 45°C) 및 압력(50, 100, 150 kPa)을 각각 3수준으로 설정하고 종속변수 즉 탁도값을 변화를 살펴보았다. 그 결과 모든 조건에서 탁도값이 0.001~0.003으로 대조구 보다 매우 우수한 청징효과를 나타내었다. 이는 본 실험에서 사용한 막의 분획분자량의 크기(50 K dalton)에 기인하며 한외여과의 경우 투과플렉스를 대상으로 최적공정온도와 압력의 상관관계를 살펴보았을 때(Fig. 2) 압력의 증

Table 1. Clarification methods used in this study

Methods	Variable	Conditions
Centrifugation	Speed (rpm)	5,000, 10,000
	Temperature (°C)	5, 25
Enzyme treatment	Concentration (%)	0.01, 0.03, 0.05
	Temperature (°C)	20, 40, 60
	Time (min)	40, 60, 80
Ultrafiltration	ATP (kPa)	50, 100, 150
	Temperature (°C)	5, 25, 45

$$ATP^* = (Pin + Pout) \times 1/2$$

Where, ATP : average transmembrane pressure (kPa)

Pin : inlet pressure of membrane module (kPa)

Pout : outlet pressure of membrane module (kPa)

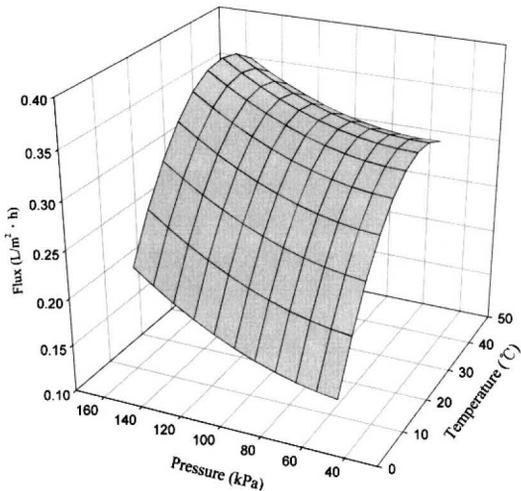


Fig. 2. Changes in flux during clarification of carrot juice using ultrafiltration.

가에 비례하여 투과플럭스가 증가하였다. 이는 일반적으로 공정압력을 증가시키면 투과플럭스의 증가를 가져오게 되고 압력의 증가에 대한 플럭스의 증가폭은 직선적인 증가 경향을 나타낸다는 Lee et al. (1998)과 Zarate-Rodriguez et al.(2001)의 연구결과와 일치한다. 그러나 압력은 초기 투과플럭스에 영향을 미치고 시간 경과에 따라 막 표면에서 용질의 가역적 및 비가역적 침지에 기인하여 압력에 관계없이 플럭스가 감소하였다. 공정온도 역시 공정압력과 마찬가지로 온도의 증가에 비례하여 투과플럭스의 증가를 가져왔는데 이는 온도가 높을수록 유체의 점성이 낮아져 투과플럭스가 증가한 것으로 사료된다(Lee et al., 1998; Ko et al., 1999).

그러나 한외여과공정에 있어서 문제점은 분리된 거대분자들이 막표면에 가역적으로 누적되는 농도분극(concentration polarization) 현상과 누적된 거대분자가 막과의 상호작용에 의하여 막표면 또는 막세공내에 비가역적으로 침착되는 막오염(fouling)으로 인한 투과플럭스의 감소가 급속하게 일어난다는 것이다. 또한 시간에 따른 투과플럭스의 경우 모든 공정조건에서 투과플럭스의 급속한 감소를 관찰할 수 있었으며, 시간이 경과함에 따라 점차적으로 감소폭이 둔화되었는데 이는 Padilla-zakour et al. (1993)의 연구와 일치하였다.

(3) 혼합처리효과

원심분리, 한외여과 각각의 최적 청징 조건하에서 당근주스를 대상으로 혼합처리(combined treatment)

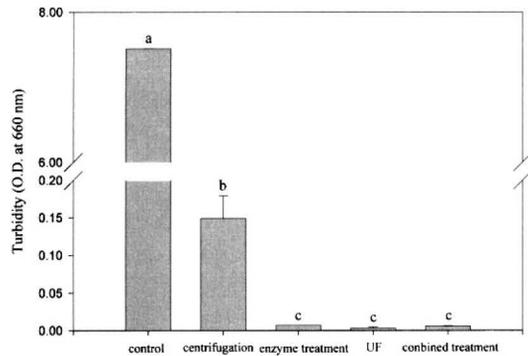


Fig. 3. Clarification effectiveness in terms of turbidity depending on clarification methods. Data for enzyme treatment were from Sohn et al. (2002) for comparison purpose.

를 한 경우 Fig. 3에서 보는 것과 같이 대조구에 대한 청징개선효과는 원심분리, 혼합처리, 한외여과법의 순서로 탁도가 개선되는 것을 알 수 있으며 모든 청징방법에서 초기탁도의 98% 이상의 청징 개선효과를 가져왔다.

청징방법에 따른 색도 변화

청징방법에 따른 색도변화는 Fig. 4에 나타나 있다. 밝기 정도를 나타내는 L*(lightness) 값의 경우 (Fig. 4[A]) UF처리된 시료의 L*값이 가장 높고 그 다음은 혼합처리된 시료로 나타났으며 원심분리 또는 효소처리(Sohn et al., 2002)된 시료간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(P<0.05). 한편 처리된 모든 시료는 청징방법에 관계없이 대조구와 비교하여 상당한 증가를 보였는데 이는 탁도의 관점에서 보았던 청징개선 효과와 일치하는 경향을 나타내었다. 한외여과 처리된 시료의 L* 값은 본 실험에서 사용한 청징방법 중 가장 우수한 값을 나타내었는데 이는 여과공정을 통해 시료에 있는 부유물질들이 대부분 효과적으로 제거되었기 때문인 것으로 사료된다(Youn et al., 2000).

청징방법에 따른 적색도의 변화는 Fig. 4[B]에 비교된 바와 같이 모든 청징공정을 거치면서 a*값이 감소하여 색이 옅어졌음을 알 수 있다(P<0.05). 황색도는 청징공정 후 높아졌으며 이러한 색의 변화는 filtering에 의해 찌꺼기들이 제거되어 나타난 현상으로 사료된다. 색도차인 ΔE의 변화를 비교하여 보면(Fig. 4[D]), 한외여과된 시료의 색차 변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 이 결과는 다른 청징방식과 비교하였을 때 청징효과가 우수하기 때문이며,

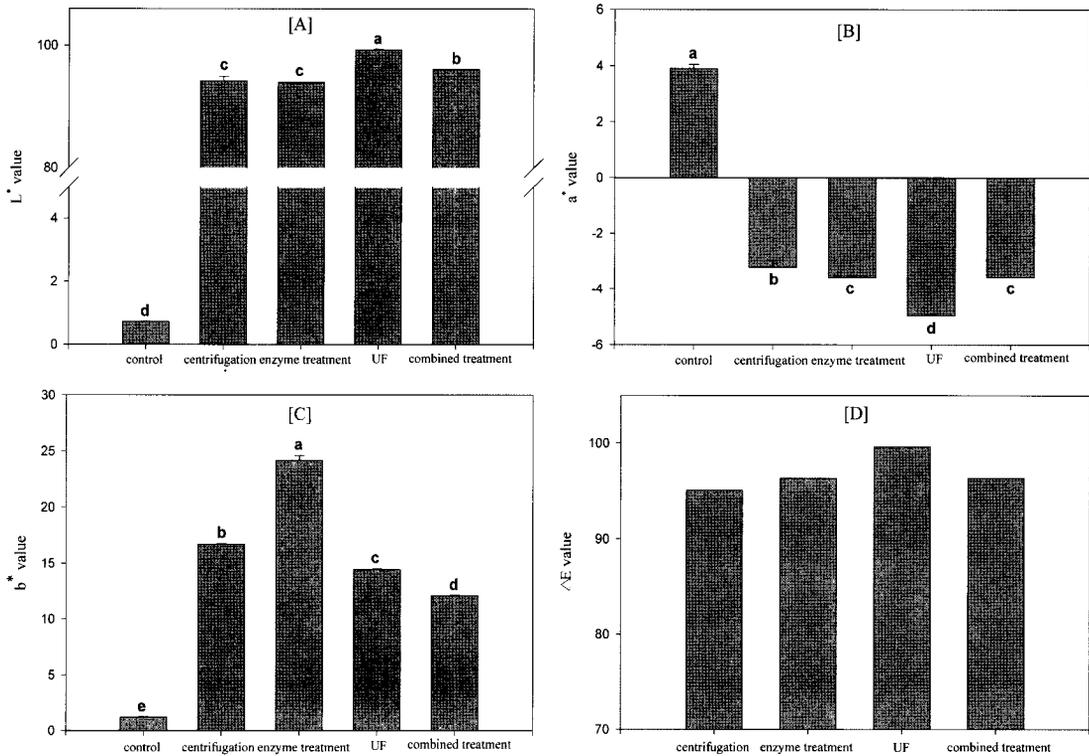


Fig. 4. Color characteristics depending on clarification methods. Data for enzyme treatment were from Sohn *et al.* (2002) for comparison purpose.

Table 2. Physicochemical properties of clarified carrot juice as influenced by clarification methods

Property	Clarification method				
	Control	Centrifugation	Enzyme treatment*	Ultrafiltration	Combined treatment
Vitamin C (mg%)	45.43a	7.08e	22.36c	23.20b	9.46d
pH	6.30c	6.41b	6.41b	6.37b	7.20a
Soluble solids (°Brix)	8.83a	8.37b	6.80c	7.20c	5.83d

a-e: Means in the same row with the same letter are not significantly different (P<0.05).

*Data were obtained from Sohn *et al.* (2002) for comparison purpose.

비교적 낮은 공정온도에서 청징이 이루어져 가열에 의한 일반적인 갈변현상이 적어 전체적으로 색도차가 크게 나타난 것 같다(Song *et al.*, 2002). ΔE에 가장 큰 영향을 미치는 L*값의 변화에 영향을 받은 것으로 사료되며, 또한 색도변화와 탁도변화가 유사한 관계가 있음을 알 수 있다.

청징방법에 따른 성분 변화

청징방법에 따른 성분변화를 Table 2에 나타내었다. Vitamin C의 함량은 한외여과방법을 이용한 시료에서 가장 많이 보존되었으며, 원심분리 또는 혼합처리된 시료에서 현저한 감소를 보였다(P<0.05).

효소처리 시료(Sohn *et al.*, 2002)의 Vitamin C 함량과 비교해 보면 원심분리 과정을 거치면서 현저히 감소됨을 확인 할 수 있었다. 모든 시료에서 pH의 범위는 6.30~7.20으로 중성을 나타냈다. 가용성 고형분은 예측한 바와 같이 청징공정 후 감소하였으며 특히 공정이 많은 혼합공정 후 현저히 낮은 값을 나타내었다(P<0.05). 이는 Kim *et al.*(1992)의 연구에서와 같이 당 성분이 한외여과막을 통과하면서 일부가 제거되어 감소한 것으로 생각된다. 그러나 한외여과공정에서는 열에 의한 변성이 없었기 때문에 전체적으로 일반성분들의 변화가 적게 나타나는 경향을 나타내었다(Kang *et al.*, 1998).

요 약

고품질 청징주스의 제조를 위한 실험적 기초자료를 제시하기 위하여 원심분리, 한외여과 및 혼합처리를 통한 청징 당근주스를 제조하고 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 이용하여 최적 청징조건을 찾아내어 탁도, 색도 및 일반성분을 비교하였다. 원심분리를 이용한 청징보다는 한외여과 또는 혼합처리에 의하여 효율적인 청징 당근주스를 제조할 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 원심분리를 이용할 경우, 회전속도가 높고 저온에서 공정을 행할수록 청징효과가 개선되었다. 특히 한외여과 공정이 공정조건에 관계없이 청징효과가 매우 우수한 것으로 나타났다. 혼합공정 후에도 청징효과가 뚜렷하게 개선되지 않았는데 이는 한외여과 공정을 거치면서 이미 일정 수준의 청징이 이루어 졌음을 의미한다. 한외여과 공정의 효율성은 색도의 변화에서도 간접적으로 측정할 수 있었는데 한외여과 처리된 시료의 L*값과 ΔE는 가장 높고 반면 a*값은 가장 낮은 것으로 나타났다. 각각의 시료는 중성을 나타내었으며 Vitamin C의 함량은 한외여과 방법을 이용한 시료에서 가장 많이 보존되었으며, 전반적으로 한외여과 방법이 고품질의 청징 당근주스를 제조하는데 가장 우수한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부가 지정한 지역협력연구센터(RRC)인 대구대학교 농산물 저장·가공 및 산업화 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA

Ha, K.Y., J.K. Shin, S.H. Lee, H.Y. Cho and Y.R. Pyun. 1999. Non-thermal pasteurization of carrot juice by high voltage pulsed electric fields with exponential decay pulse. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**: 1577-1582.

Hur, S.S. and Y.H. Choi. 1993. Studies on the efficient concentration process of apple juice with reverse osmosis process. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**: 321-326.

Kang, H.A., K.S. Chang, Y.K. Min and Y.H. Choi. 1998.

Value addition of jujube wine using microfiltration and ultrafiltration. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**: 1146-1151.

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**: 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**: 1271-1277.

Ko, E.J., J.B. Lee, J.H. Lee and Y.H. Choi. 1999. The effect of gel layer formation on fouling characteristics in ultrafiltration of peach juice. *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* **6**: 424-428.

Krinsky, N.I. 1988. The evidence for the role of carotenes in preventative health. *Clin. Nutr.* **7**: 107-110.

Lee, E.M., H.A. Kang, K.S. Chang and Y.H. Choi. 1998. Clarification of sand lance Joetkal using ultrafiltration. *Food Eng. Prog.* **2**: 96-101.

Lee, E.Y. and G.J. Woo. 1998. Optimization of separation process of bioflavonoids and dietary fibers from tangerine peels using hollow fiber membrane. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**: 151-160.

Ogunlesi, A.T. and C.Y. Lee. 1979. Effect of thermal processing on the stereo-isomerization of major carotenoids and vitamin A value of carrots. *Food Chem.* **4**: 311-320.

Padilla-zakour O. and M.R. McLellan. 1993. Optimization and modeling of apple juice cross-flow microfiltration with a ceramic membrane. *J. Food Sci.* **58**: 369-388.

Panalaks, T. and Y.K. Murray. 1970. Effect of processing on the content of carotenoids isomers in vegetables and peaches. *J. Ins. Can. Technol.* **3**: 145-152.

SAS Institute, Inc. 2000. Statistical Analysis System. SAS User's Guide, version 6.12. SAS Institute, Cary, NC, USA.

Shin, J.H., C.H. Ryu and S.H. Cho. 2002. Development of vinegar and vinegar-containing beverage from carrots. *J. Agri. Life Sci.* **36**: 39-46.

Sohn, K.S., J.H. Lee and Y.S. Ha. 2002. Clarification of mixed fruit and vegetable juices using enzyme treatment. *Food Eng. Prog.* **6**: 241-247.

Song, J.C., E.K. Cho and H.J. Park. 2002. Studies on manufacture of mixed beverage drinks using chinese quince and apple. *Food Eng. Prog.* **6**: 38-45.

Youn, K.S., S.D. Kim, H.D. Chung and Y.H. Choi. 2000. Clarification of apple vinegar by ultrafiltration and flux characteristics. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **43**: 24-28.

Zarate-Rodriguez E., E. Ortega-Rivas and G.V. Barbosa-Canovas. 2001. Effect of membrane pore size on quality of ultrafiltered apple juice. *Int. J. Food Sci. Technol.* **36**: 663-667.