

펙틴분해효소를 이용한 마늘, 고추와 오이의 단세포화물의 제조

백구현 · 김성수 · 이영춘^{1,*}

한국식품연구원, ¹중앙대학교 식품공학과

Characteristics of Single Cell Suspension of Garlic, Red Pepper and Cucumber Prepared by Protopectin Hydrolytic Enzymes

Ku-Hyoun Baek, Sung-Soo Kim, and Young-Chun Lee^{1,*}

Korea Food Research Institute

¹Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

Abstract Protopectinase (PPase) from *Bacillus subtilis* was used to investigate enzymatic maceration of vegetable tissues. Optimum concentration and pH of PPase were 0.75, 0.75, and 0.5%, and 5.0, 8.0, 7.0 for red pepper, garlic, and cucumber, respectively. Optimum shaking-rate, reaction time, and temperature of PPase were 250 rpm, 150 min, and 37°C, respectively. Yields of mechanically macerated red pepper, garlic, and cucumber were 45.8, 47.5, and 82.1%, whereas those treated with PPase were 81.8, 84, and 98%. Over 40% Vitamin C, the most unstable component during mechanical maceration, remained intact for 12 days after enzymatic treatment. Color differences (ΔE) of mechanically macerated red pepper, garlic, and cucumber were 1.16, 2.86, and 3.27, whereas those of PPase-treated ones were 2.87, 7.68, and 5.22 after heat treatment at 100°C for 20 min. Capsaicin content of mechanically macerated red pepper was 0.4 mg/100 g, whereas that treated with PPase was 1.32 mg/100 g. Viscosity of PPase-treated vegetable decreased slowly with increasing storage period, whereas that of mechanically macerated vegetable sharply decreased. These results indicate PPase treatment of vegetable could be better choice for preparation of high-values and functionally processed food and for extending preservation period.

Key words: protopectinase, maceration, red pepper, capsaicin, single cell

서 론

오늘날 1인당 GDP 1만\$ 돌파 등 국민 소득의 증가에 따른 맛별이 부부증가, 학교나 회사에서의 단체급식 증가, 피자나 햄버거 등 패스트푸드의 소비량 증가에 대해 Yang 등(1)과 Jung 등(2)은 식품의 간편성과 기능성을 갖춘 가공된 제품을 선호하는 경향을 잘 보여준다고 언급하였다. 또한 삶의 질 향상을 위한 끊임없는 소비자들의 욕구로 단순 가공만이 아닌 건강과 자연의 개념을 선호하며 well-being이라는 새로운 개념과 이를 반영하듯 2000년대 이후 지속적인 녹즙과 생식, 유기농 채소 등의 시장이 확대되고 있다. 이에 따라 Jang(3)은 식품을 가공하는데 있어 소비자들의 욕구를 고려해 천연에 가까운 상태로서의 식품을 공급하여야 할 것이며, 현재 소비자들이 선호하고 있는 측면도 가열 처리 식품 보다는 비가열 자연식품, 기계적 처리보다는 최소가공 건강지향의 식품 등이다. 이러한 소비자의 욕구변화에 부응하기 위한 새로운 식품가공기술의 개발과 관심이 활발히 이루어지고 있다. 예를 들어, Lee 등(4)은 여러 산화효소를 불활성화 시키거나 고유 색상, 향, 영양성분의 소실을 가져오는 열처리 가공공정에

대해 이를 극복할 수 있는 방법들에 대해 언급하였다. 최소한의 가열 또는 비(가)열 가공공법인 최소가공기술인 막여과(5), 전자파처리, 초고압 및 고전압 펄스 자기장(6), 방사선 조사기술(7) 등의 물리적인 처리방법과 오존(8), NaOCl, 유기산 및 방부제 등의 여러 화학적인 처리방법이 연구되고 있다. 또한 이러한 방법들이 식품가공 산업에서 각광을 받고 있다(9).

이와 같은 식품가공방법 이외에 식품은 여러 가지 가공목적에 따라 마쇄공정이 필요하며, 현재 주로 사용되는 과채류 마쇄기법은 기계적 마쇄 방법이다. 그러나 이 방법을 사용하면 최종 마쇄물의 크기가 작을수록 세포의 파괴가 심해진다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해 연구가 진행되어 오고 있는 것이 효소처리를 통한 식물조직의 단세포화이다. 식품의 조직을 마쇄할 때 세포와 세포를 연결하는 성분을 효소적으로 분해시켜 단세포로 만들 수 있는 기술이 개발되면 기계적 마쇄시 발생하는 여러 가지 품질손실을 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 보여진다. 앞서 언급한 것처럼 효소를 이용해 마쇄를 하는 경우 적용 가능한 효소는 그 종류가 다양하며 이와 관련된 연구들이 꾸준히 진행 중에 있고 채소류에 적용이 가능한 효소는 펙틴분해 효소이다. 따라서 기존의 이 펙틴분해효소에 대해 보고된 연구 결과들을 살펴보면 Rombonts 등(10)은 cellulase, pectinase 등은 즙스 가공 및 푸레와 같은 다량의 수용성 고형분 함유 식품제조에 있어 수율 향상과 더불어 가공공정의 효율성을 가져오고 있다고 언급하였다. Lee와 Hwang 등(11)은 ethanol 처리를 통한 효율적인 PPase의 정제회수에 대해 연구하였다. PPase 회수를 위한 최적 배지조성으로 활성도 상승에 대한 연구가 보고(12)되는 등 그 중

*Corresponding author: Young-Chun Lee, Professor, Dept. Food Sci. & Tech. Chung-Ang University, Naeri san 72-1, Daeduk-myun, Ansung, Kyungki-do 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-3022
Fax: 82-31-675-4853
E-mail: leeyc@post.cau.ac.kr

Received February 1, 2006; accepted March 22, 2006

요성과 산업적 응용을 위한 활발한 연구들이 진행 중이며, 중요성 또한 더욱 증가하고 있다. 그리고 Park 등(13)은 당근과 무의 단세포화물을 제조해 실험동물에게 투여한 결과 식이섬유 흡수율의 증가, 체중의 유의적인 증가 등의 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

본 연구의 목적은 마늘과 고추, 오이를 효소적으로 분해시킬 수 있는 최적 조건을 찾아내는 것이다. 또한 단세포화물이 기계 처리물에 비해 저장시에 보다 안정적인 결과를 나타낸다는 것을 capsaicin 등의 유효성분과 일반성분의 함량을 통해 구체적으로 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에서 사용한 채소류는 붉은 홍고추(*Capsicum annuum* L., 충남 금산産), 마늘(*Allium sativum* L., 충남 서산産), 그리고 오이(*Cucumis sativas* L., 경기 양성産)를 2004년 5월 시중에서 구입하였다. 효소의 활성을 pH별로 확인하기 위해 pH meter(Hanna pH 209, Hanna Instruments Co., Ltd., Portugal) 각 pH별 buffer와 효소의 활성 측정시 기질로 CaCl₂를(C 4901, Sigma, St. louis, USA) 이용하였다. HPLC(Gilson 305, Gilson Co. Ltd., Muskegon, Mo, France) 분석시 capsaicin을 표준품 시약이었고, 용매는 모두 HPLC용 용매를 사용하였으며, 기타 시약은 특급이나 1급 시약이었다. 효소는 일본 IGA社에서 정제한 PPase 건조 분말효소(*Bacillus subtilis* 함량 70%)를 사용하였다.

단세포화물의 조제는 Sakai 등의 방법(14)을 수정하여 Fig. 1과 같이 실험하였다. 우선 각 채소별 최적 조건을 선정하기 위해 채소 slice(3-5 mm) 9g을 pH 5.0으로 맞춘 20mM sodium acetate buffer용액 13 mL과 효소용액 13 mL(증류수 대비 0.5% 효소액)을 혼합하여 100 mL 삼각플라스크에 넣은 후 shaking incubator (KMC-8480SF, vision scientific Co. Ltd., Pucheon, Korea) (200 rpm, 37°C)에서 90분 동안 활성화 시킨 후 20 mesh screen에 걸렸을 때 걸러져 나온 것을 단세포화물로 하였다. 시간과 효소농

도, pH, 반응시간은 각각 변경하면서 최적 조건을 찾았다. 한편 대조구는 효소를 첨가하지 않은 증류수 13 mL에 buffer 13 mL과 동량의 시료를 넣고 homogenizer(PT 10-35, Kinematica, Polytilin, Switzerland)로 7,000×g에서 약 30초간 마쇄하였다. 처리된 각 시료의 현미경 촬영을 실시하였다. 단세포화물의 채소류에 대한 최적 제조조건을 찾기 위해 몇가지 조건을 변경해가면서 제조하였다.

각 시료와 조건에서 30분마다 시료를 꺼내서 20 mesh screen으로 여과 후 50 mL falcon tube에 넣고 4°C, 2시간 보관 후 침전된 단세포화물의 부피를 측정하여 각 조건에서 최대 부피를 최적 조건으로 설정하였다.

회수율과 잔사율

회수율은 단세포화물 시료와 기계처리물 시료를 20 mesh screen을 통과시켜 통과하지 못한 것을 D2(insoluble residue)라 하여 최초 시료무게를 D₁이라 하였다. 그 다음 아래의 계산식에 따라 계산하였다.

$$\text{Yield rate (\%)} = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100$$

D₁: weight of the sample

D₂: weight of the insoluble residue

비타민 C 정량

식품공전 미량성분 분석법 2,6-dichlorophenyl indophenol법(15)에 의해 측정하였다. 시료 50 mL과 메타인산-초산용액 25 mL, 붉은 메타인산-초산 용액 50 mL을 혼합후 homogenizer로 균질화한 후 여과하였다. 이 여액 중 20 mL을 취해서 미리 만들어진 인도페놀용액을 표정 후 환원형 비타민 C를 구하였다. 계산은 검체 중 환원형 비타민 C는 다음 식에 따라 구해진다.

$$\text{환원형 비타민 C(mg/100 g)} = A \times \frac{S}{T} \times 10 \times \frac{\text{검체채취량} \times 2}{2} \times \frac{100}{\text{검체채취량}}$$

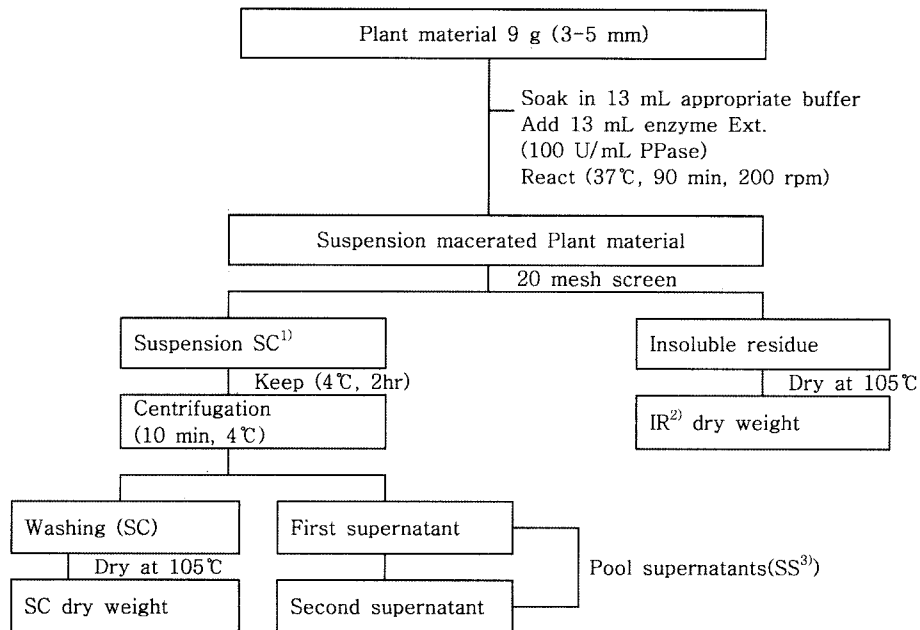


Fig. 1. Methodology used in maceration tests of different plant materials. ¹SC: Single cell, ²IR: Insoluble residue, ³SS: Soluble substrates.

- A: 인도페놀용액 T mL에 대응하는 아스코르빈산량(mg)
- T: 비타민 표준품(100 mg/500 mL)으로 적정된 인도페놀용액의 소비량(mL)
- S: 시험용액에 적정시 인도페놀용액의 소비량(mL)
- W: 환원형 비타민 C로서 1-5 mg 함유되도록 균등한 죽상태 시료의 일정량(g)

색변화와 열안정성

단세포화된 채소즙과 기계적으로 마쇄한 채소즙을 얻은 후 4°C chamber에서 3일 간격으로 sampling해서 4주간 계속적으로 측정하였다. 열안정성은 100°C에서 일정시간 간격으로 가열처리하여 열안정성을 colorquest II(E-230, Hunter lab., Co., Ltd, USA)관찰하였다. 값은 4회 반복 측정하여 식($\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)을 이용하여 초기 시료값과 색도차를 나타내었다. 결과를 mean ± S.D.로 나타내었다. Standard plate는 L=90.78, a=-0.90, b=0.52의 값을 가진 표준판을 사용하였다.

점도

냉해동 안정성 확인을 위한 점도는 48시간 동안 -18°C에서 냉동저장 후 실온에서 24시간 동안 해동한 것을 1 cycle이라 하고, 1 cycle후 brookfield viscometer(RVT-10, Brook-field Engineering Laboratory, Washington, USA)를 이용해서 점도를 측정하였다. 측정방법은 해동된 실온에서 100 mL beaker에 담아 마늘은 spindle

No. 3로 오이와 고추는 spindle No. 2로 10 rpm의 속도로 2분 후 측정하였다.

$$\text{Viscosity (centipoise)} = \text{dial reading} \times \text{spindle factor}$$

Capsaicin 함량

Capsaicin 시료의 전처리 과정 준비는 Fig. 2의 방법을 따랐으며, Ken과 Vincent의 방법(16)을 수정하여 측정하였다. 표준물질은 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 혼합물(M 2028, Sigma, Milwaukee, Japan)을 사용하였고 HPLC 분석조건은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

시료의 단세포화물 조제

우선 각 채소를 단세포화 하기 위한 최적 조건의 선정기준은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 단세포화물 제조 한 다음 20 mesh screen을 통과한 후 4°C, 2시간 정치 뒤에 단세포화물이 차지하고 있는 부피를 측정해 최적 제조 조건을 선정하였다. Fig. 3에서와 같이 최적 효소농도는 붉은 고추 0.75%, 마늘 0.75%, 오이 0.5%였다. 이 결과에서는 표준편차를 바탕으로 보면 유의적 차이는 없는 것으로 나타난다. 그러나 이 중 건조고형분 함량을 바탕으로 가장 효율성 있는 값들을 최적조건으로 설정하였다.

pH는 오이의 chlorophyll(녹색)이 산성 pH에서 색의 안정성이 떨어져(17,18) 최종 부피에서 큰 차이를 나타내지 않는 0.2 M tris-HCl buffer(pH 7.0)를 최적 pH로 정하였다. 마늘과 고추의 pH는 각각 pH 8.0과 pH 5.0에서 최적을 나타내었다.

세가지 시료 최적 rpm은 250 rpm과 300 rpm에서 그 값의 차이가 크지 않고 효율성의 측면을 고려하여 250 rpm을 최적의 rpm으로 선정하였다. 모든 시료에서 최적 반응시간은 150분이며, 37°C 이상의 온도가 되면 오이와 마늘 시료는 갈변에 의한 변색(17,18)으로 인해 제품의 품질이 저하되어 37°C를 최적 온도조건으로 선정하였다.

Fig. 4-a는 PPase 건조분말을 고추 조직에 처리하여 현미경으로 관찰하였다. PPase가 처리된 단세포화물은 조직세포가 개개의 세포로서 유리되어져 넓게 분포하고 있으며 동일한 크기의 세포로 분리되어 액상에서의 균일성을 보여주고 있다. 반면 대조군인 기계처리물 고추의 경우 세포가 기계 작용에 의해 파괴되어 불규칙적인 형태로 세포구조가 확인되지 않았다(Fig. 4-b). PPase에 의한 처리는 고추의 주색소인 carotenoids가 주황색으로 관찰되며, 이 역시 세포벽내에서 안정하게 단세포화물로 존재하는 것으로 확인되었다. 이 결과는 참다래의 단세포화물 제조시 색소체인 chlorophyll이 두터운 세포벽과 세포막에 둘러쌓여 보호된다고 보고한 Lee 등(4)의 연구와도 일치한다.

회수율 · 잔사율 측정

단세포화물과 기계처리물 두가지의 잔사율과 착즙율을 비교하였다(Table 2). 일반적으로 기계적 마쇄에 의한 가공시 잔사량이 많아져 활용면에서 비효율적이고 폐수처리도 문제가 되었다. Lee와 Hwang 등(19)의 연구에서는 감과 참다래에 대한 연구에서 단세포화물이 기계처리물에 비해 착즙율을 높이고 잔사율을 낮추는 데에 바람직하다고 보고하였다.

기계처리물의 회수율과 잔사율은 붉은 고추 45.8%, 54.2%인 반면 단세포화물은 81.8%의 높은 회수율과 18.2%의 잔사율을 보였다. 마늘 단세포화물 역시 회수율에서 84%로 기계처리물서 47.5%에 비해 36% 정도의 높은 회수율을 가져 왔으며, 오이 기

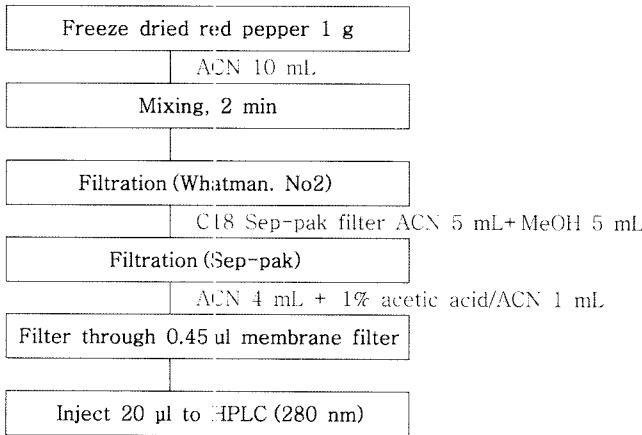


Fig. 2. Procedure of sample preparation for analysis of capsaicin and dihydrocapsaicin by HPLC.

Table 1. Operating conditions of HPLC for capsaicinoids analysis

Apparatus	: Gilson 305 system	
Detector	: Gilson UV/VIS 119	
Wave length	: 280 nm	
Column	: nucleosil 100-5 C ₁₈ (25 cm)	
Injection volume	: 20 µL	
Flow rate	: 0.8 mL/min	
Mobile phase		
A solvent : B solvent	: Water	: MeOH
Gradient table time (min)	A (%)	B (%)
0 - 5	30	70
6 - 20	45	55
21 - 35	30	70
35 - 55	45	55

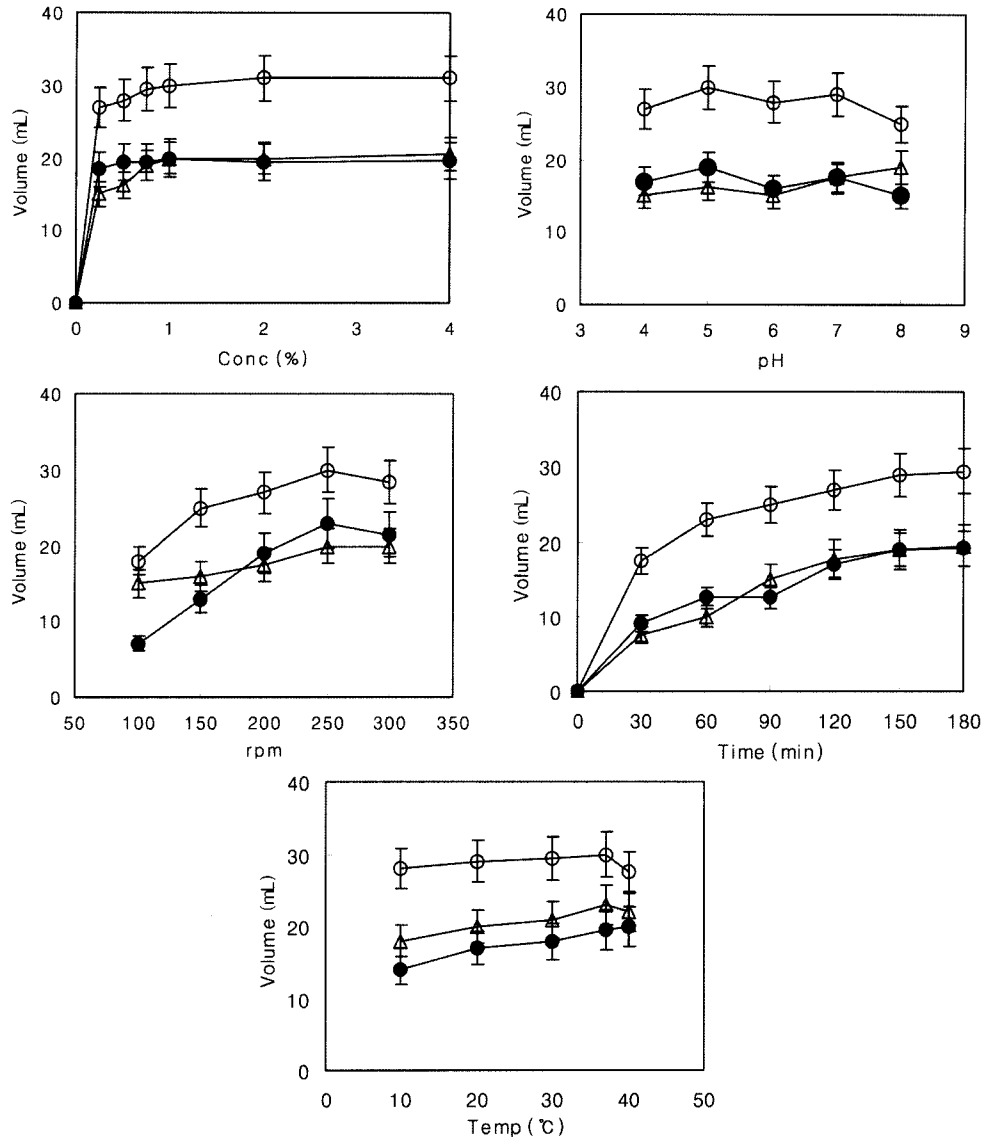


Fig. 3. Effect of individual conditions on preparation of single cells from selected vegetable tissues with PPase. ●: red pepper, △: garlic, ○: cucumber.

계처리물은 82.1%의 회수율과 17.9% 잔사율에서 단세포화물의 회수율은 약 98%로 16% 정도 수율향상을 나타냈다. 이 결과는 Lee와 Hwang 등(19)의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 위의 결과로 기계적 마쇄시 나오던 폐기물량이 약 30% 정도 감소되면서 단세포화물이 수율향상과 폐기물 감소의 효과를 나타내었다.

비타민 C 함량

Table 3은 마늘, 오이, 고추를 각각 PPase를 이용해 얻은 단세포화물과 기계처리물의 시간 경과에 따른 비타민 C의 양을 나타낸 것이다. 고추 조직은 기계적 처리시 세포벽이나 세포막이 파괴되고 구성성분이 용출되며 열이나 광선, 알칼리, 산에 의해 변성된다. 특히 비타민 C의 경우 열, 산에 가장 민감하고 불안정하므로 일반적 성분변화의 척도로 삼으므로 비타민 C를 대상으로 조사하였다.

Table 3에서와 같이 단세포화 효소를 이용하여 얻어진 단세포화물은 4°C chamber 내에서 6일이 지날 때 까지 최초의 값의 거의 93% 이상 유지하였으나 기계적 마쇄의 경우 6일 경과시 최초 값에 대해 약 65% 정도의 비타민 C를 보유하고 있었다. 이것으로

단세포 처리시 여러 성분의 안전성을 보여 주는 이점을 얻을 수 있었다. 기계처리물 착즙액보다는 비타민 C의 함량이 같은 온도에서 저장하거나 유통시 상대적으로 안정하게 오래 유지되는 것으로 나타났으며 이러한 결과는 Lee와 Hwang 등(19)의 연구와 Park과 Kang등의 연구(20)에서도 유사한 결과를 보였다. 또한 전체적인 경향을 보았을 때 오이에서 비타민 C의 감소폭이 가장 큰 것은 오이에는 비타민 C 산화분해효소인 ascorbinase가 다량 함유되어 있어(21) 조직이 파괴됨에 따라 산화효소가 작용하여 비타민 C가 빨리 산화되기 때문으로 보인다. Table 3의 통계처리 결과에서도 알 수 있는 것처럼 저장기간이 지남에 따라 각 시료별로 유의적 차이가 발생하였다. 저장기간별 붉은 고추는 기계처리물이 3일 이후에 비타민 C가 60%를 유지하나, 단세포화물은 9일까지도 84% 정도를 유지하면서 0일째 시료와도 비타민 C에서 특별한 차이를 확인할 수 없었다. 마늘의 기계처리물은 6일, 단세포화물은 9일 정도까지 비타민 C가 약 70% 정도로 유지되어 0일째 값과 큰 차이가 유지되는 것을 실험결과 확인하였다. 전반적으로 보았을 때 비타민 C의 함량은 고추, 오이, 마늘 효소처리물이 기계처리물에 비해 보다 안정적이라는 결과를 얻었다.

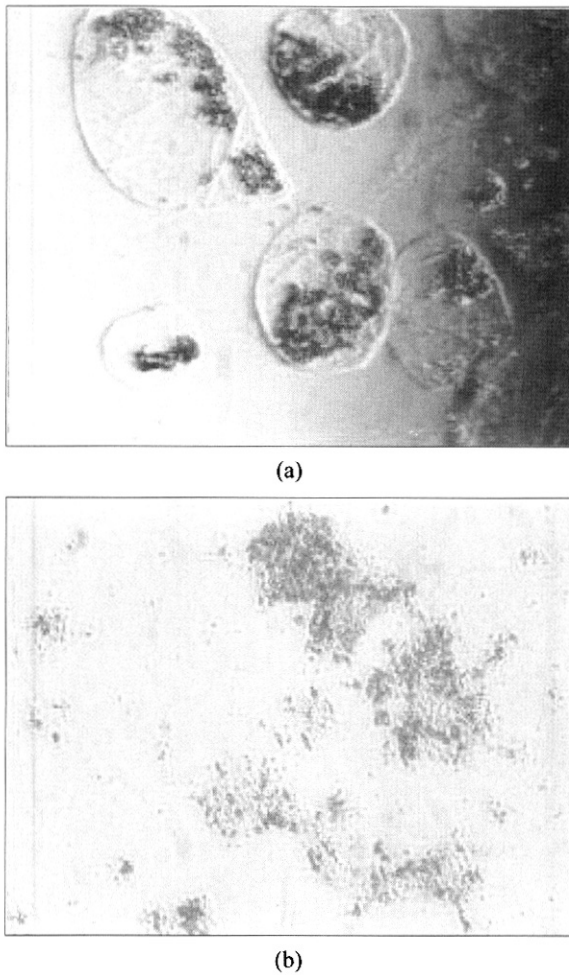


Fig. 4. Microphotographs of red pepper suspensions. (a) treated with PPase (b) mechanically macerated with homogenizer.

색 변화 관찰

Fig. 5에서는 기계처리물과 단세포화물의 시간 경과에 따른 색도 변화를 나타내었다. 고추시료의 경우 저장기간이 길어질수록 기계처리물(mechanically homogenize; 이하 MH라 함)은 L, a 값에서 약 1 정도의 차이를 각각 내면서 감소하였지만, 단세포화물의 경우 붉은 고추는 거의 큰 변화 없는 L, a, b 값을 나타냈다. L, a, b를 이용한 색상의 측정은 고추의 숙성도와 chlorophyll 보유 품종의 선별에 대해 활용될 수 있다.

하지만 Fig. 5(a)에서 고추 -18°C 저장은, ΔE값이 4°C에서 저장 시 보다 약 2배 정도로 높는데 이 ΔE가 색도의 차이를 나타내는 값이므로, 효소처리와 기계처리가 4°C 저장에서 큰 차이를 나타내고 있지 않지만 -18°C에서 저장 시 약 0.8 정도의 큰 차이를 나타내는 결과를 보였다. 위의 결과에서 색상의 차이를 구체적으로 살펴보기 위해 ΔE 값을 계산하였으나 고추의 결과에서 약간의 차이가 발생하나 그 정도가 크지 않은 것을 보여주었다.

마늘은 Fig. 5(b)에서 보는 바와 같이 색도에서 기계처리물에 비해 단세포화물의 ΔE가 큰 것을 확인할 수 있는데 이것은 기계처리물의 처리 온도보다 약간 높은 온도인 37°C에서 활성을 시키기 때문에 이것이 마늘 갈변을 유발시켰기 때문이다.

오이는 Fig. 5(c)에서 보는 것처럼 12일이 경과후 급속한 색의 변화가 일어나서 ΔE값의 차이가 커지는 데 오이의 주색소인 chlorophyll이 pheophytin으로 바뀌어 전체적인 색의 경향이 옅은 갈색 계통으로 변하기 때문이라고 보여진다. -18°C에서의 결과 역시, ΔE값에서 그 차이가 3 cycle 이후로 계속적으로 증가하는 것을 볼 수 있으며, 기계적 마쇄는 냉해동 반복시 성분의 용출에 의한 색소변색이 이루어지나 단세포화물은 최초 파괴된 성분의 변화는 그대로 유지 된다. 그러나 더 이상 단일세포로 유지되고 있는 성분들은 그 값을 그대로 지니고 있어 ΔE값에서도 그 변화 폭이 점점 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 단세포화물과 기계처리물 착즙액의 색조를 관찰한 결과는 4°C에서 초반에는 기계처리물에서 큰 폭의 색차를 나타냈다. 기계처리물은 9일 이후 현저한 색의 차이를 보여주었다. -18°C의 온도에서 냉

Table 2. The ratio of yield and waste from vegetable suspensions with treatment of PPase and mechanical maceration

Treatment	Mechanical maceration		Treated with PPase ¹⁾	
	Yield (%)	Waste (%)	Yield (%)	Waste (%)
Red pepper	45.8 ± 0.19	54.2 ± 0.19	81.8 ± 0.15	18.2 ± 0.15
Garlic	47.5 ± 0.30	52.5 ± 0.30	84.0 ± 0.37	16.0 ± 0.37
Cucumber	82.1 ± 0.37	17.9 ± 0.37	98.0 ± 0.29	2.0 ± 0.29

¹⁾Suspensions treated with PPase and mechanical maceration were filtered by 20 mesh screen.

Table 3. The change of vitamin C in vegetable suspensions treated with PPase and mechanical maceration stored at 4°C (unit: mg/100 g)

Treatment		Storage period (days)									
		0	3	6	9	12	15	18	21	24	
Red pepper	MH ¹⁾	105.73 ^a ± 2.43	79.24 ^b ± 1.72	67.88 ^c ± 1.39	66.23 ^c ± 1.28	60.12 ^c ± 1.18	46.76 ^d ± 1.21	43.12 ^d ± 1.29	42.78 ^d ± 1.54	37.65 ^e ± 1.16	
	PPase ²⁾	100.21 ^a ± 1.42	95.71 ^a ± 1.76	85.64 ^{ab} ± 1.43	84.64 ^{ab} ± 1.22	73.68 ^c ± 1.34	70.26 ^c ± 1.44	66.26 ^{cd} ± 1.42	65.82 ^{cd} ± 1.09	40.01 ^d ± 1.10	
Garlic	MH	9.48 ^a ± 0.93	8.0 ^{ab} ± 0.59	7.0 ^b ± 0.0	6.02 ^c ± 0.0	6.04 ^c ± 0.0	5.83 ^c ± 0.24	4.85 ^d ± 0.47	4.38 ^d ± 0.21	3.6 ^e ± 0.33	
	PPase	9.48 ^a ± 0.60	7.6 ^b ± 0.82	7.59 ^b ± 0.41	6.94 ^c ± 0.0	6.49 ^{cd} ± 0.0	6.20 ^{cd} ± 0.41	5.54 ^d ± 0.22	5.21 ^d ± 0.22	4.03 ^e ± 0.25	
Cucumber	MH	10.84 ^a ± 0.22	7.27 ^b ± 0.43	6.55 ^{bc} ± 0.63	4.86 ^c ± 0.32	4.82 ^c ± 0.48	4.74 ^c ± 0.44	3.71 ^d ± 0.09	2.83 ^e ± 0.07	1.75 ^f ± 0.10	
	PPase	10.53 ^a ± 0.76	8.65 ^{ab} ± 0.77	8.63 ^{ab} ± 0.40	6.55 ^c ± 0.21	5.42 ^d ± 0.29	4.32 ^e ± 0.13	3.32 ^f ± 0.11	2.09 ^g ± 0.22	1.53 ^h ± 0.18	

*The values are mean ± SD of 4 replications.

¹⁾MH: mechanically macerated vegetable suspensions.

²⁾PPase: PPase treated vegetable suspensions.

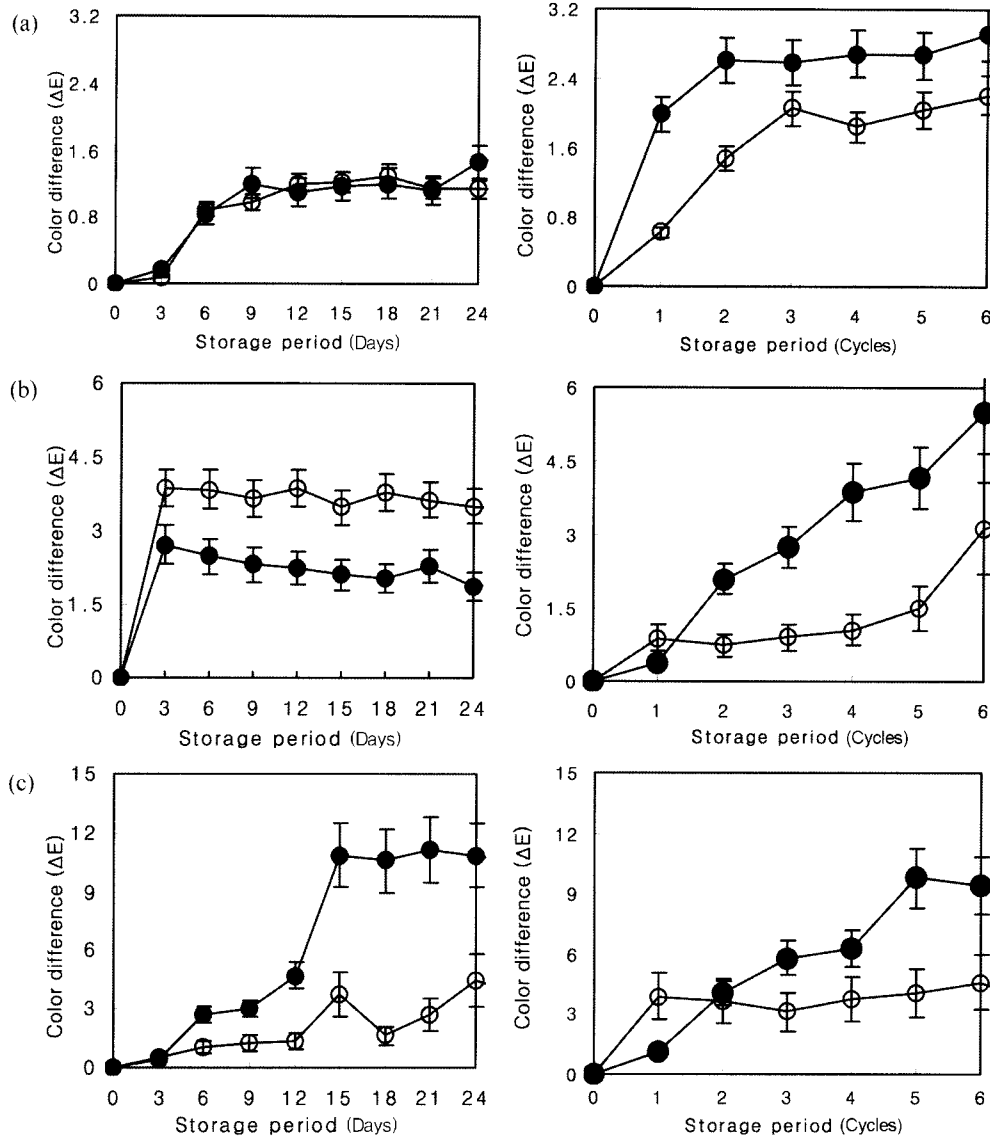


Fig. 5. The change of color difference (ΔE) in Vegetable suspensions treated with PPase and mechanical maceration stored at 4°C (Left) and -18°C (Right). ●: MH (mechanically macerated with homogenizer), ○: PPase (PPase-treated). (a) red pepper (b) garlic (c) cucumber.

동 저장 후 해동시 색변화 값을 보면 1 cycle 저장후에도 그 색도값에서는 큰 차이를 가져왔는데 이것은 냉동 후 해동시 이미 용출되어 세포벽 밖으로 나온 색이 냉동에 대한 직접적인 영향을 받아 색이 변한 것으로 보인다. PPase에 의한 처리는 세포 각각의 유리에 의한 세포벽과 세포막에 싸여 세포벽내의 성분들의 안정화로 색의 변화가 적은 것을 알 수 있었다.

열안정성

열처리과정은 식품 가공 공정중 유해균 살균을 위한 필수적인 공정이나 이 과정을 통해서 많은 영양성분의 손실 및 파괴를 가져오는 문제점들이 제기되어 왔다. 이를 해결할 수 있는 단세포화물과 기계처리물의 열안정성에 대해 비교하였다. Table 4는 단세포화물의 열안정성을 조사하기 위해 일반적인 살균조건인 100°C에서 20분까지 일정시간 간격으로 가열한 후, PPase에 의한 채소류의 단세포화물과 기계처리물에 대한 변화를 관찰한 결과이다. 열처리 후 색변화는 짧은 시간 경과 후에도 기계적 마쇄의 경우 그 값의 차이가 크게 나타났다. 붉은 고추의 기계처리물은 열

처리 공정 후, L(26.93-25.45), a(18.66-16.54), b(9.08-7.82)의 값의 변화를 가져 왔으나, 효소처리물의 열처리 공정은 L, b값에서는 거의 변화가 없고, a값이 약 14.83에서 13.75으로 1.1정도의 감소를 보여 주었다. 기계적 마쇄와 PPase 처리가 가열 시간이 경과할수록 색차는 더 커졌으며 20분까지의 열변성 결과 기계적 마쇄는 두 개의 층으로 극명한 분리가 일어났고 단세포화물은 열에 의한 가시적인 변화가 나타나지 않았다. 열처리 후 붉은 고추의 기계처리물의 L값에서는 1.4 정도의 색의 차이를 보인 반면, 단세포화물은 0.43 정도만 보여 열처리에도 색에 있어서는 큰 차이를 보이지 않다는 것을 확인하였다. 마늘은 열처리 후 기계처리물의 L값이 42에서 38로 감소하면서 전체적으로 어두워졌고, 단세포화물은 L값이 44에서 47로 상승하면서 전체적으로 색이 밝아지는 것을 확인하였다. Park과 Kang 등(23)의 연구결과에서도 열처리 후 효소처리한 마늘 L값은 증가한 것으로 보고하였다. 그러나 기계처리한 부분에 대하여는 특별한 언급이 없는 것으로 나타났다.

Table 4. The change of color in vegetable suspensions treated with PPase and mechanical maceration after boiling

Treatment	Hunter color value ¹⁾	Time (min)					
		0	0.5	1	10	20	
Red pepper	MH ²⁾	L	26.93 ± 0.02 ^a	26.01 ± 0.04 ^b	25.87 ± 0.01 ^{bc}	25.41 ± 0.03 ^c	25.45 ± 0.03 ^c
		a	18.66 ± 0.04 ^a	17.49 ± 0.02 ^b	17.37 ± 0.04 ^b	16.53 ± 0.04 ^c	16.54 ± 0.04 ^c
		b	9.08 ± 0.04 ^a	8.30 ± 0.07 ^b	8.22 ± 0.03 ^b	7.77 ± 0.02 ^c	7.82 ± 0.02 ^c
		ΔE	0	1.67 ± 0.06	1.87 ± 0.02	2.93 ± 0.03	2.87 ± 0.02
	PPase ³⁾	L	24.75 ± 0.03 ^a	24.34 ± 0.10 ^{ab}	24.32 ± 0.07 ^{ab}	24.44 ± 0.04 ^{ab}	24.48 ± 0.07 ^{ab}
		a	14.83 ± 0.02 ^a	13.96 ± 0.01 ^b	13.76 ± 0.03 ^b	13.71 ± 0.04 ^b	13.75 ± 0.05 ^b
		b	6.74 ± 0.03 ^a	6.31 ± 0.02 ^{bc}	6.22 ± 0.10 ^c	6.35 ± 0.12 ^b	6.39 ± 0.04 ^b
		ΔE	0	1.05 ± 0.04	1.27 ± 0.06	1.22 ± 0.03	1.16 ± 0.07
Garlic	MH	L	42.24 ± 0.04 ^b	44.41 ± 0.04 ^a	44.77 ± 0.01 ^a	39.91 ± 0.04 ^c	38.53 ± 0.04 ^d
		a	-2.22 ± 0.03 ^a	-2.66 ± 0.02 ^a	-2.27 ± 0.02 ^a	2.48 ± 0.09 ^b	3.94 ± 0.46 ^c
		b	5.35 ± 0.01 ^a	5.25 ± 0.02 ^a	5.95 ± 0.02 ^b	7.18 ± 0.08 ^c	8.04 ± 0.13 ^d
		ΔE	0	2.22 ± 0.04	2.61 ± 0.01	5.56 ± 0.11	7.68 ± 0.36
	PPase	L	44.96 ± 0.04 ^a	46.51 ± 0.01 ^b	47.83 ± 0.04 ^c	47.56 ± 0.07 ^c	47.76 ± 0.07 ^c
		a	-2.04 ± 0.01 ^c	-4.13 ± 0.01 ^a	-3.72 ± 0.02 ^{ab}	-2.25 ± 0.02 ^c	-1.46 ± 0.03 ^d
		b	6.63 ± 0.10 ^a	4.81 ± 1.01 ^d	5.8 ± 0.04 ^c	6.27 ± 0.05 ^{ab}	6.82 ± 0.09 ^a
		ΔE	0	3.18 ± 0.72	3.42 ± 0.03	2.63 ± 0.06	2.86 ± 0.09
Cucumber	MH	L	51.39 ± 0.11 ^b	49.81 ± 0.03 ^c	49.81 ± 0.09 ^c	51.44 ± 0.96 ^b	53.06 ± 1.07 ^a
		a	-4.91 ± 0.01 ^a	-4.2 ± 0.01 ^b	-3.95 ± 0.01 ^{bc}	-3.67 ± 0.04 ^c	-3.48 ± 0.04 ^{cd}
		b	12.74 ± 0.04 ^a	11.78 ± 0.01 ^b	10.75 ± 0.03 ^c	8.91 ± 0.20 ^d	8.00 ± 0.20 ^{de}
		ΔE	0	1.98 ± 0.02	2.72 ± 0.07	4.02 ± 0.19	5.22 ± 0.55
	PPase	L	46.79 ± 0.03 ^a	46.07 ± 0.03 ^{ab}	44.80 ± 0.07 ^b	44.12 ± 0.03 ^c	44.18 ± 0.55 ^c
		a	-4.08 ± 0.02 ^a	-3.79 ± 0.02 ^{ab}	-3.89 ± 0.02 ^{ab}	-3.13 ± 0.01 ^c	-2.86 ± 0.02 ^c
		b	11.99 ± 0.01 ^a	11.54 ± 0.02 ^b	11.35 ± 0.07 ^{bc}	10.31 ± 0.02 ^d	10.08 ± 2.10 ^d
		ΔE	0	0.91 ± 0.03	1.42 ± 0.07	1.93 ± 0.04	3.27 ± 0.02

*The values are mean ± SD of 3 replications.

¹⁾L: black (0) ↔ white (100) a; red (100-0) ↔ green (0-80) b; yellow (70-0) ↔ blue (0-70).

²⁾MH: mechanically macerated vegetable suspensions.

³⁾PPase: PPase treated vegetable suspensions.

점도

냉해동 안정성을 확인하기 위해 -18°C에서 2일간 냉동 저장후 실온에서 24시간 동안 해동한 것을 1 cycle이라 하였고, 1 cycle마다 점도를 측정된 것을 기록하였다. Park과 Kang 등(22)은 단세포함유 과일채소류와 이를 열수살균한 반응물의 점도변화를 물리적 특성 중 대표적 품질 변화로 언급하였다. Fig. 6에서 반응물의 점도는 단세포함유 반응물의 경우 분리된 개개 단세포와 미립자의 분산상태가 반응물 중에 균일하게 분포되어 있어 점도는 냉동전과 후의 차이가 거의 없었다. 점도의 측정 결과 효소처리 단세포화물은 평균입자의 크기가 균일하게 나타났다. 입자크기분포를 보았을 때, 분포 입자수가 많아 점도가 더 높게 나왔다는 Park과 Kang 등의 연구결과와 같이(23) 단세포화물 점도안정성을 확인할 수 있었다.

Capsaicinoids 함량 측정

Capsaicin의 함량을 HPLC를 통해 측정하였는데 우선 순품 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 2, 4, 6, 8, 10 ppm의 표준액으로 만들어 각각의 peak에 대한 검량곡선을 작성했다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 capsaicin의 R²는 0.9965이며 capsaicinoid의 정량분석을 하였다. Fig. 8의 결과는 시료를 분말화한 뒤 HPLC를 측정 한 값인데 최초 측정 단세포화 시료는 약 1.77 mg/100g로 기계적 처리물의 1.32 mg/100 g 보다 높은 수치를 나타냈으며 18일 경과시까지 약 1.4 mg/100 g 정도로 많은 양을 지니고 있다가 24일

이 경과한 시료는 두 값에서 큰 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 고추의 매운 맛을 대표적으로 나타내는 성분인 capsaicin 함량이 단일세포 속에서 상대적으로 높게 유지되고 있다는 것을 확인하였다.

요 약

채소류 가공 공정시 발생하는 영양성분의 손실, 색의 변화, 짧은 저장기간 등의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 식물조직의 단세포를 유리시킬 수 있는 최적조건을 연구하였다. 즉 효소처리를 위한 최적 조건은 오이, 마늘, 고추에서 250 rpm, 37°C, 150분으로 나타났다. 각 시료에 대한 효소 농도는 오이, 마늘, 고추 각각 0.5, 0.75, 0.75%를 보였으며, pH는 7.0, 8.0, 5.0이었다. 단세포화한 뒤 착즙율은 기계처리물에 비해 오이, 고추, 마늘, 각각 16, 36, 36.5% 이상의 수율 향상을 가져 왔다. 비타민 C 함량에서도 고추, 마늘 단세포화물이 약 9일 경과 후에도 80% 이상을 유지하고 있었으나, 기계처리물에서는 약 50% 정도를 감소하여, 저장기간이 지나도 비타민 C 감소폭이 적었다. 열처리 전후의 색도 변화에서도 ΔE 값이 1.16-3.27로 기계 처리물의 2.87-7.68보다 색도의 변화가 적어 외관상으로도 우수한 결과를 나타냈다.

고추의 capsaicin 최초 함량은 단세포화물이 1.77 mg/100 g로 기계처리물의 1.32 mg/100 g보다 높은 함량을 나타냈으며 저장 후에도 1.4 mg/100 g으로 기계처리물보다 높은 함량을 보였다. -18°C

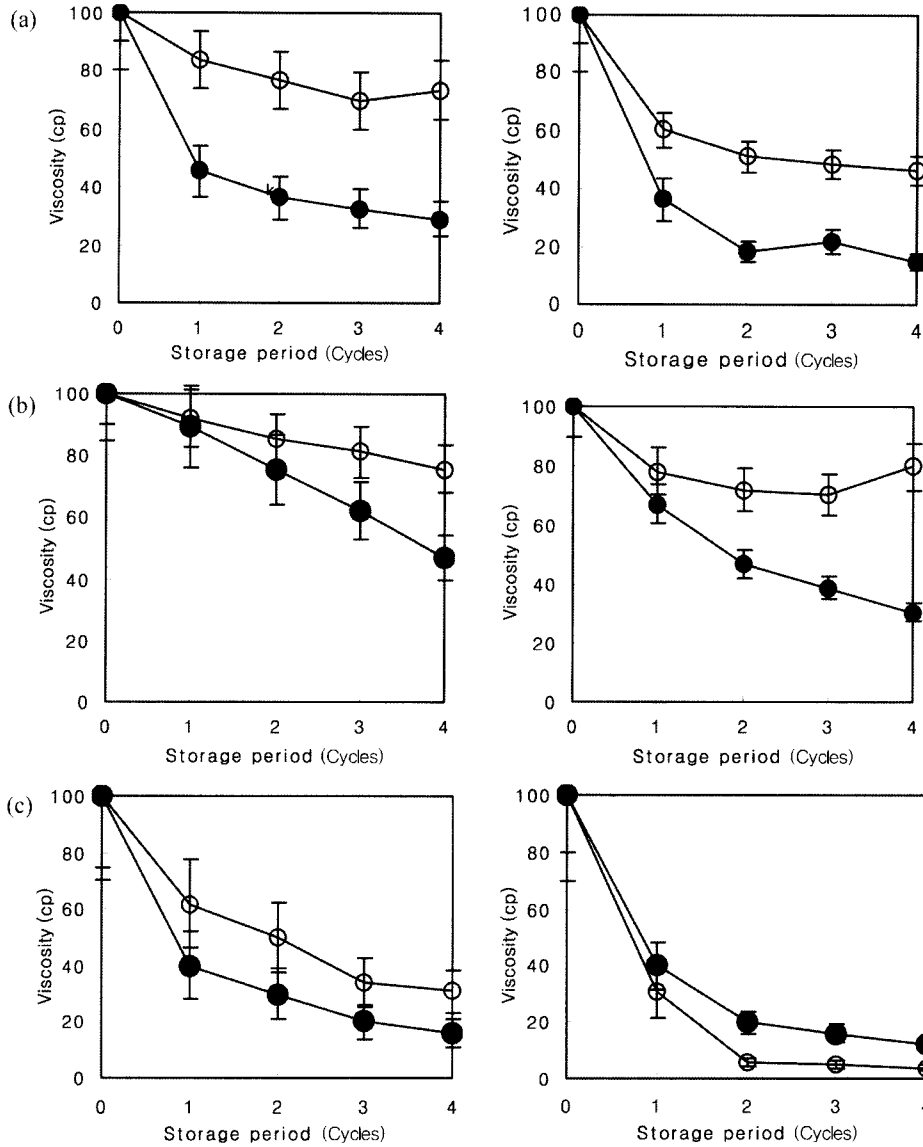


Fig. 6. The change of Viscosity in vegetable suspensions treated with PPase and mechanical maceration stored at 4°C (Left) and -18°C (Right). ●: MH (mechanically macerated with homogenizer), ○: PPase (PPase-treated). (a) red pepper (b) garlic (c) cucumber.

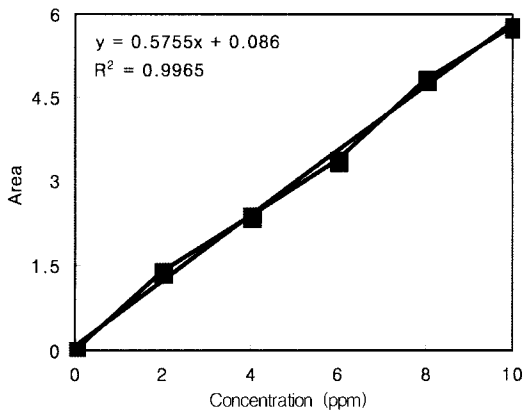


Fig. 7. Standard calibration curve for capsaicin.

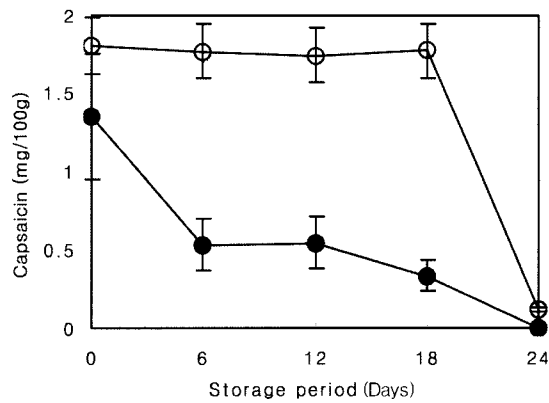


Fig. 8. The change of capsaicin in red pepper powder prepared with PPase and mechanical size reduction stored at 4°C. ●: MH (mechanically macerated with homogenizer), ○: PPase (PPase-treated).

에서 저장시 냉해동 안정성은 4 cycle 경과 후 단세포화물은 약 70%, 기계처리물은 약 20%의 점도를 유지하고 있었다.

문 헌

1. Yang IS, Lee JM, Lee YE, Yoon S. Trends and feasibility of health-oriented convenience foods of Korean food industry. Korean J. Dietary Culture 13: 215-225 (1998)
2. Jung EY, Lim YH, Park MS, Kim MW. A survey of the consumption of convenience foods. Korean J. Community Nutr. 7: 149-155 (2002)
3. Jang GS. Development of food processing technology. Food Technol. Ind. 30: 87-94 (1997)
4. Lee DH, Lee SC, Hwang YI. Processing properties of kiwifruit treated with protopectinase. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 410-416 (2000)
5. Biological active substances of food industry new processing technology - Focused on the membrane separation process. Food Technol. Ind. 31: 18-29 (1998)
6. Shin HH, Pyun YR. Inactivation of lactobacillus plantarum by high voltage pulsed electronic fields treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1175-1183 (1997)
7. Kim DH, Beun MW. New processing technology of traditional fermented food using radical. Food Ind. Nutr. 6: 38-44 (2001)
8. Byun MW, Lee SH. Effect of ozone treatment and gamma irradiation on the quality properties of dried-spirulina and dried-sea, tangle powders. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 764-770 (1997)
9. Shin JK, Byeon YL. Pasteurization of food by high intensity light pulse. Food Technol. Ind. 33: 27-35 (2000)
10. Rombouts FM, Pilnik W. Utilization of pectic enzymes in food production. Dev. Food Sci. 2: 264-268 (1979)
11. Lee SC, Hwang YI. Recovery yields of protopectinase depending on treatments of organic solvents. Agr. Chem. Biotechnol. 40: 107-111 (1997)
12. Lee SC, Hwang YI. Effect of medium composition on protopectinase production from *Bacillus subtilis* EKII. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 27: 378-384 (1999)
13. Park YK, Kang YH. Effect of single cells of carrot and radish on the fecal excretion properties, mineral absorption rate and structure of small intestine and colon in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 505-511 (2004)
14. Takashi N, Roque AH, Takuo S. Enzymatic maceration of vegetables with protopectinases. J. Food Sci. 60: 468-472 (1995)
15. KFDA. Food Index. Munyoung press. Korea. pp. 869-872 (2002)
16. Vincent KA, Ken AB. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in capsaicum fruits and oleoresins. J. Agric. Food Chem. 35: 777-779 (1987)
17. Cheigh HS, Song ES, Jeon YS. Changes of chemical and antioxidative characteristics of chlorophylls in the model system of mustard leaf kimchi during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 520-525 (1999)
18. Jung SJ, Kim GE, Kim SH. The changes of ascorbic acid and chlorophylls content in gochu-jangachi during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 814-818 (2001)
19. Lee SC, Hwang YI. Cell separation of vegetable tissue by protopectinase. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 430-435 (1997)
20. Park YK, Kang YH. Enzymatic maceration of vegetables with cell separating enzymes. Korean J. Postharvest. Sci. Technol. 7: 184-188 (2000)
21. Chae SK, Oh MH. Standard Food Analysis. Ji-gu Publishing. Co., Seoul, Korea pp. 536-540 (2000)
22. Park YK, Kang YH. Characteristics of suspension containing single cells from watermelon and muskmelon treated with cell separating enzymes. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 58-63 (2004)
23. Park YK, Kang YH. Macerating properties of fruits and vegetables for suspensions containing single cells. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 64-68 (2004)