

당근의 펙틴 분해효소 특성 및 예비열처리 조건

이현규[†] · 이경숙* · 이상화** · 최은옥*** · 박관화*

한양대학교 식품영양학과

*서울대학교 식품공학과, 농업생물신소재센터

서원대학교 식품영양학과, *인하대학교 식품영양학과

Characterization of Pectinolytic Enzyme and Blanching Condition of Raw Carrots

Hyeon Gyu Lee[†], Kyoung Sook Lee*, Sang-Hwa Lee**, Eun-Ok Choe*** and Kwan Hwa Park*

Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

**Dept. of Food Science and Technology & Research Center for New Bio-Materials in Agriculture,
Seoul National University, Suwon 441-744, Korea*

***Dept. of Food and Nutrition, Seowon University, Chungju 361-742, Korea*

****Dept. of Food and Nutrition, Inha University, Incheon 402-751, Korea*

Abstract

This study was carried out to characterize the enzymatic properties and effectiveness on the firmness of pectinesterase (PE) and polygalacturonase (PG) which are present in carrot cell wall, and to determine the blanching condition of raw carrot. Crude enzyme was extracted from carrots and used as PE and PG. The optimum pH of PE and PG activity were 7.0 and 5.0, respectively. NaCl enhanced PE and PG activities, particularly at 0.15 M and 0.10 M, respectively. Although the optimum temperature of PG (70°C) was higher than that of PE (50°C), PE (Z-value=8.76°C) was more heat-stable than PG (Z-value=6.67°C). Blanching condition was determined as at 55°C for 60 min in 0.03 M CaCl₂, 0.1 M NaCl and pH 7.0 from measuring firmness after blanching at various temperature (50~70°C) and time (5~60 min).

Key words: carrot, firmness, pectinesterase, polygalacturonase, blanching

서 론

채소 및 과일류의 저장 및 가공 시 가장 문제가 되는 것 중 한가지가 연화 현상이다. 식물체의 연화현상은 식물세포벽 구성물질인 펙틴질의 분해에 기인하며 이에 주로 관여하는 효소는 크게 두 가지로 pectinesterase(PE)와 polygalacturonase (PG)를 들 수 있다. PE는 펙틴에서 메틸기를 떼어냄으로써 유리 카르복실기를 만들어 Ca²⁺ 첨가를 통해 펙틴물질들 사이에 가교를 형성하여 식물체의 연화를 방지할 수 있으며(1), PG는 펙틴의 기본단위인 galacturonic acid 단위로 가수분해하여 연화현상을 가속시킨다고 알려져 있다 PE와 PG는 오렌지 주스에서의 저장 안정성, 열 안정성 그리고 혼탁도 및 전반적인 제품의 품질(2)과 과일이 익고 연해지는 현상에도 영향을 미치며(3,4), 특히 우리나라의 전통 식품인 김치의 숙성 및 조직의 연화에도 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다(5) 그 밖에 사과(6), 망고(3), 토마토(7,8), 오렌지(2), 강남콩(9) 등 여러 과채류에서 PE 및 PG 연구로 가공 및 저장 시

조건에 대해 많은 보고들이 있었다. PE와 PG의 효소 역가에 영향을 주는 요인으로 온도, pH, 염의 첨가 등을 들 수 있는데, Baek 등(5)은 배추에 들어있는 이들 효소의 반응온도, pH, NaCl, CaCl₂ 등의 효과를 연구하여 김치 제조 시 예비열처리조건을 만들었으며, Chun 등(10)은 오이에 포함되어 있는 PE와 PG의 반응온도, NaCl, CaCl₂ 및 열에 대한 안정성을 연구하여 오이지 제조 시 예비 열처리 조건을 세웠다. 또한, Lee 등(11)은 당근의 예비열처리 조건을 연구함으로써 경도(firmness)를 증가시켰다. 대표적인 근채류인 당근은 근래에 예비열처리 조건과 관련되어 경도에 대한 연구(9)가 많이 수행되어 왔으나 당근에서 직접 효소를 추출하여 그 특성을 연구한 경우는 미미한 정도로, PE와 PG를 추출, 정제 및 특성을 연구한 바 있으나 최근 국내품종에서 PE와 PG의 특성연구 자료는 매우 미미하다(12) 따라서 본 실험은 당근의 가열처리 시 발생하는 경도 감소를 줄이기 위해 국내품종의 당근에서 조효소(crude enzyme)를 추출하여 PE와 PG의 특성을 조사하고 실제 당근에서의 예비 열처리 조건을 조사하여 비

[†]Corresponding author E-mail: hyeonlee@email.hanyang.ac.kr
Phone 82-2-2290-1202, Fax: 82-2-2281-8285

교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 당근은 농수산물 시장에서 시판품을 구입하여 사용하였으며 효소의 역가 측정을 위한 시약은 실험용 등급을 사용하였다.

효소액의 추출

Ko와 Park(1)의 방법을 기본으로 변형시켜 제조하였다. 준비한 당근을 갈아 두 배 부피의 0.1 M phosphate buffer (pH 8.0)에 넣어 마쇄기(Waring blender, Eberbach, s/p 8355-1, Germany)를 이용하여 20~30 min 마쇄 후 24 hr 동안 침출하였다. 침출 후 cheese cloth로 걸렀다. 9,000×g에서 15 min 동안 원심분리하여 얻은 상등액에 황산암모늄을 70% 포화하여 4°C에서 하룻밤 방치 후 원심분리하여 침전물을 증류수로 녹였다. 0.01 M phosphate buffer(pH 7.5)에서 24 hr 투석 후 원심분리하여 상등액을 효소액으로 사용하였다

Pectinesterase 활성

0.2 M NaCl 용액에 감귤류 펙틴(Sigma Co., St Louis, USA) 0.45%를 서서히 가하고 교반하여 NaOH용액으로 pH 7.0으로 조정하여 기질로 사용하였다. 효소활성을 측정하기 위해 auto-titrator(Mettler Toledo, DL77 titrator V3.1, Switzerland)를 사용하였으며 50 mL의 기질을 50°C로 가온하여 희석된 효소액 0.5 mL과 반응시켰다. 0.01 N NaOH를 사용하여 pH 7.0으로 중화정적하여 소모된 NaOH용액으로부터 효소활성을 계산하였다.

Polygalacturonase 활성

Polygalacturonic acid를 기질로 하여 효소활성에 의해 생성된 환원당을 Somogyi-Nelson 방법으로 측정하였다(13). 즉, 0.1 M NaCl을 포함한 0.03 M CH₃COOH 완충용액(pH 5.5)에 polygalacturonic acid 0.45%를 용해시켜 이를 기질로 사용하였다. 기질 5 mL에 희석된 효소액 1 mL을 가하여 70°C에서 4 hr 반응시킨 후, 2 N HCl 용액 0.9 mL을 가하여 반응을 정지시켰다. 반응정지 후 2,500×g에서 8 min 동안 원심분리하여 상등액을 취한다. 상등액 0.5 mL에 증류수 0.5 mL, 0.1 N NaOH용액 1 mL을 함께 넣은 다음 copper reagent 1 mL을 가하여 20 min 동안 끓이고 다시 상온으로 식힌 후 arsenomolybdate color reagent 1 mL을 넣어 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 2 N HCl 용액 0.9 mL을 가하여 반응을 중지시킨 후, 효소액을 넣어 위의 방법에 의해 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 α-D-galacturonic acid를 사용하여 작성하였다. Somogyi Nelson 방법에서 사용하는 copper reagent의 제조 방법은 다음과 같다. Copper reagent (A)는 25 g의 Na₂CO₃(anhydrous), 25 g의 Rochelle salt, 20 g의 NaHCO₃ 그리고 200 g의 Na₂SO₄(anhydrous)를 1 L의

물에 녹여 20°C 이하로 내려가지 않도록 보관하여 사용하였다. Copper reagent(B)는 15%의 CuSO₄·5H₂O에 H₂SO₄ 1~2 방울을 포함시켜 최종 volume 100 mL로 맞추어 냉장보관 하였다. 제조한 copper reagent (A)와 (B)의 비율을 25:1로, 사용하기 바로 전에 혼합하여 copper reagent로 사용하였다. Arsenomolybdate color reagent의 제조방법은 450 mL의 2차 증류수에 25 g의 ammonium molybdate를 녹인 후 U₂SO₄ 21 mL을 혼합하였다. 25 mL의 2차 증류수에 Na₂HAsO₄ 3 g을 녹인 후 먼저 제조한 시약과 혼합하여 37°C에서 24~48 hr 동안 방치한 후 냉장보관하며 사용하였다(13).

PE와 PG의 활성에 영향을 미치는 요인들

과채류의 연화에 영향을 미치는 PE와 PG는 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받아 활성이 활발해지거나 또는 저해되어지기도 하는데, 일반적으로 반응 온도, 염류 및 pH 등에 의해 크게 좌우되며, 이러한 반응 조건은 pectic substances의 esterification에 관여하기 때문이라고 알려져 있다. 따라서 본 실험에서는 데치기(blanching)의 조건을 확립하기 위한 기초 단계로써 PE와 PG의 최적 활성을 위한 pH, NaCl 및 반응온도 등을 알아보고자 예비 실험을 거쳐 각각의 구간을 설정하였다. pH는 pH 4~10의 구간에 대한 각각 효소의 활성도를 측정하였으며, NaCl은 PE의 경우 0~0.2 M, PG는 0~0.5 M의 구간에서 활성도를 측정하였다. 반응온도는 PE는 40~60°C, PG는 50~80°C의 구간에서 각각의 활성도를 측정하였다.

데치기 온도에 따른 당근 경도의 변화

당근의 경도에 영향을 미치는 효소는 대표적으로 PE와 PG로 PE는 methyl group 간의 가교를 형성시켜 당근의 경도를 증가시키는 반면 PG는 pectin의 galacturonic acid 단위로 잘라 경도를 감소시키는 효소이다. 당근에서 효소를 추출하여 각각의 효소적 특성을 연구하고 이에 실질적으로 당근을 데치기 함으로써 경도에 미치는 영향과 경도를 증가시키기 위한 조건을 알아보고자 하였다. 당근은 위, 중간, 아래부분으로 나누어 중간부분만을 사용하였다. 당근 시료는 원통형 절단기를 이용하여 지름 15 cm로 자른 후 1.5 cm 높이의 원통형으로 준비하였다. 실험은 데치기 후 끓는 물에서 10 min 동안 가열하여 식힌 후 경도를 측정하였다. 준비한 당근 시료를 각각 50, 55, 60, 70°C에서 시간별로 데치기하여 경도를 측정하여 효과를 비교해보았다. 50°C와 55°C는 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 min 동안 데치기 하였으며 60°C와 70°C는 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 min 동안 데치기하였다. 당근의 경도는 Texture Analyser(TA-XT2, Stable Micro System, England)를 이용하여 5 mm diameter probe을 이용하여 0.1 mm/sec의 속도로 75% deformation으로 TPA(Texture Profile Analysis)를 측정하였다.

경도에 영향을 주는 요인들

당근을 데치기하게 되면 내부의 PE가 활성화되면서 Ca²⁺

이 함께 가교를 형성하여 경도가 증가하게 된다고 알려져 있다. 따라서, Ca²⁺의 효과를 알아보기 위해 CaCl₂의 농도를 다르게 하여 준비된 당근을 70°C에서 15 min 동안 데치기하여 10 min 동안 가열 후 경도를 측정하였다. CaCl₂의 농도는 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 M이었다. 당근의 데치기에 대한 NaCl의 효과를 알아보하고자 NaCl의 농도를 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8 M로 하여 70°C에서 15 min 동안 데치기하여 10 min 동안 가열 후 경도를 측정하였다. 당근의 경도에 미치는 pH의 효과를 알아보하고자 pH 5, 6, 7, 8, 9에서 70°C로 15 min 동안 데치기하여 10 min 동안 가열 후 경도를 측정하였다.

결과 및 고찰

당근 PE와 PG의 활성도에 미치는 pH 효과

당근 PE와 PG에 미치는 pH의 영향은 Fig. 1과 같다. PE는 pH 7.0에서 최대의 역가를 나타냈으며, pH 9.0 이상에서는 역가가 30% 이하로 현저하게 떨어졌다. 반면에 PG는 pH 4.0에서 역가가 거의 나타나지 않다가 pH 5.0에서 최대의 역가를 나타냈다. Markovic(12)의 보고에 의하면 당근 PE 활성의 최적 pH가 7.8~8.0으로 나타났으나 이는 국내·외 품종과 재배 환경에 따른 미미한 차이로 사료된다. 배추의 경우 PE는 pH 8.0에서 최대 역가를 보이며, PG는 pH 5.0에서 최대의 역가를 나타내어 당근 PG 활성의 최적 pH와 동일하였다(11). 망고의 PE, PG(3)를 비롯해서 valencia 오렌지의 PE(2), 딸기의 PG(14), 사과 PE(6) 및 토마토 등(7,8)과 같은 일반적인 과채류는 본 당근실험의 결과와 마찬가지로 PE는 중성에서 약알칼리 사이인 pH 7.0~8.0, PG는 약산성인 pH 5.0 정도가 최적 pH로 나타남을 알 수 있었다.

PE와 PG의 활성도에 미치는 NaCl 영향

NaCl을 농도별로 첨가하여 PE와 PG에 대한 효과를 본 결

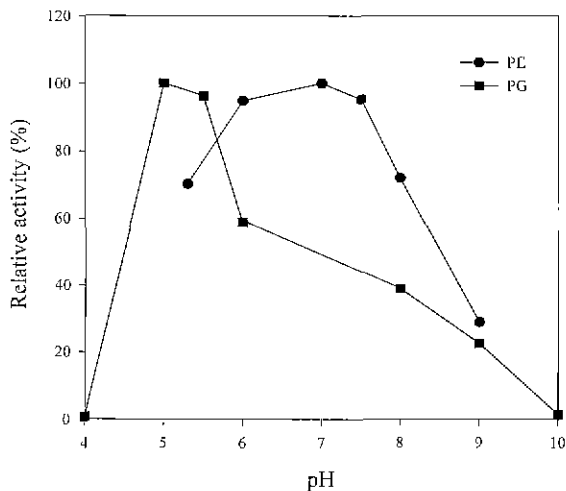


Fig. 1. Effect of pH on the activity of pectinesterase (PE) and polygalacturonase (PG).

과 각각 Fig. 2와 같다. PE의 활성을 높이기 위한 최적 NaCl 농도는 0.15 M로 나타났으며 NaCl을 첨가하지 않았을 때보다 약 5배 가량 높았다. 그러나 0.05 M 이상의 농도에서도 NaCl을 첨가하지 않았을 때보다 약 4배 이상의 효과가 나타났다. Chun 등(10)의 보고에 의하면 오이 PE의 활성을 높이기 위한 최적 NaCl 농도는 0.15 M로 본 당근 실험결과와 같았으며 또 다른 당근에 대한 보고(11)에서는 0.2 M NaCl을 최적의 농도로 나타냈다. 배추 PE의 최대 역가를 나타내는 농도는 0.25 M이었다(5). 또한, 오이 PE는 최대의 역가를 나타낼 때가 NaCl을 첨가하지 않았을 때보다 약 10배 가량 되었으며(11), 배추 또한 첨가하지 않았을 때보다 약 20배 가량 되었으며(5) 오이와 배추의 PE가 당근 PE보다 NaCl에 의해 영향을 더 많이 받는 것으로 보여진다. 당근 PG가 최대 활성을 나타내는 NaCl 농도는 0.10 M이었으며 첨가하지 않았을 때는 거의 활성을 나타내지 않았다. 오이(11) PG의 최대역가를 나타내는 NaCl 농도는 0.10 M로 본 실험의 당근 PG와 같은 결과가 나왔으며 배추의 경우 0.30 M로 나타났다. 망고 PE는 0.10 M, 0.20 M의 두 가지로 나타났으나 PG에 대한 NaCl의 최적 농도는 당근과 같이 0.10 M로 나타났으며, 사과의 PE는 본 실험결과와 같은 0.15 M의 NaCl 농도에서 최대 활성을 보였다

당근 PE와 PG의 활성도에 미치는 온도의 영향

온도에 따른 PE와 PG에 대한 역가 변화는 각각 Fig. 3과 같다. 당근 PE의 최적 온도는 50°C로 나타났으며 55°C 이상의 온도로 높아질수록 PE의 활성도가 급격하게 떨어져 60°C에서는 최대 역가의 20% 정도를 나타냈다. 반면, 당근 PG의 경우, 70°C에서 최대의 역가를 나타냈으며 그 이상의 온도에서 PG의 활성도가 급격히 떨어져 80°C에서는 최대 역가의 15% 미만을 나타냈다. 망고의 경우 PE 및 PG의 최적 온도는 각각 55°C와 30~35°C로 PE의 최적 온도가 PG보다 높다고 보고되어 본 실험 결과와 상이했으며, PG의 최적온도가 당근

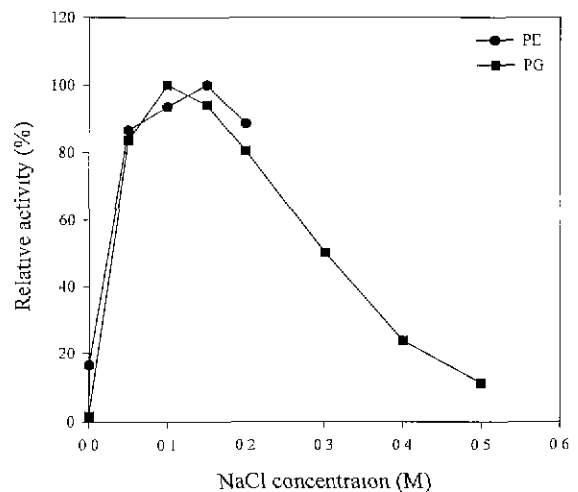


Fig. 2. Effect of NaCl on the activity of PE and PG.

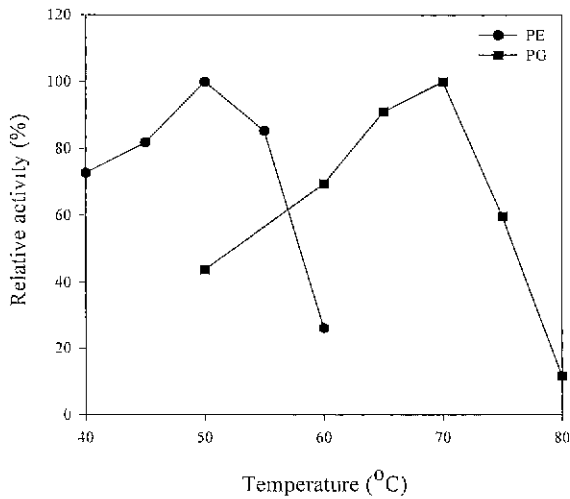


Fig. 3. Effect of temperature on the activity of PE and PG.

에 비해 상당히 낮음을 알 수 있는데, 이는 망고가 당근보다 쉽게 물러지는 이유라고 사료된다(3). 배추(5)의 경우 PE의 최적 온도는 50°C이며 PG는 65°C로 당근과 유사했으며, 사과(6)에서 추출한 PE는 60°C에서 최대 역가를 나타내어 당근 PE보다 열에 안정했다. 또한, Moore와 Bennett(8)의 보고에서 토마토의 PG isozyme들 중 한가지는 약 40°C에서 최대 활성을 나타냈으며, 다른 한가지는 당근의 PG와 같이 약 70°C에서 최대 역가를 나타냈다. 오이의 경우 40°C에서 PE의 최대활성을 나타냈으며 PG는 65°C에서 최대활성을 보여 당근과 유사한 경향을 나타냈다.

PE와 PG의 열 불활성화

열에 대한 안정성을 보기 위한 당근 PE와 PG의 열 불활성화를 온도별로 실험한 결과는 각각 Fig. 4와 5이며 이를 이용하여 D-value를 구하고 그 값을 온도에 따라 표시하고 이로부터 Z-value를 구하였다(Table 1) 당근 PE의 Z-value는 8.76°C이며 PG는 6.67°C로 나타났다. 오이(10)의 PE와 PG의 Z-value가 각각 14.6°C와 15.0°C로 당근이 오이보다 열에

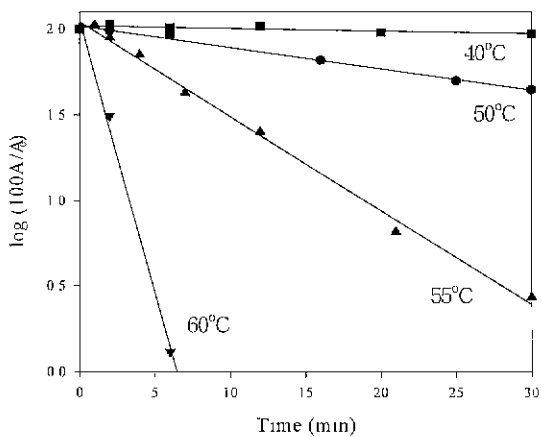


Fig. 4. Thermal inactivation of PE in 0.01 M phosphate buffer (pH7.5).

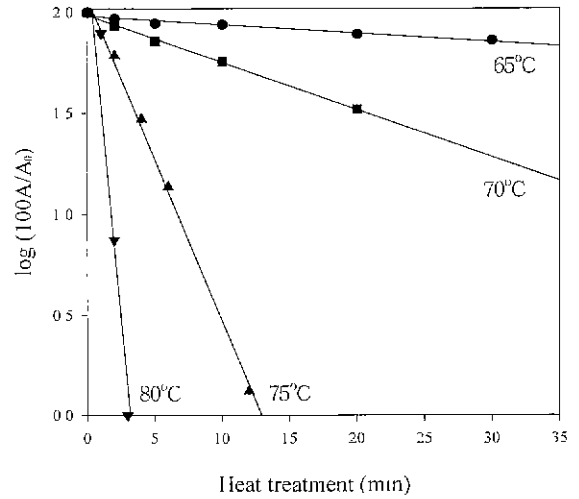


Fig. 5. Thermal inactivation of PG in 0.05 M acetate buffer (pH5.0).

Table 1. D-value and Z-value for inactivation of pectinesterase (PE) and polygalacturonase (PG)

	Heating temperature (°C)	D-value (min)	Z-value (°C)
PE	40	650.36	8.76
	50	80.65	
	55	18.18	
	60	3.14	
PG	65	236.663	6.67
	70	42.811	
	75	6.262	
	80	1.424	

대한 안정성이 크지 못하다는 것을 알 수 있다. 당근 PG를 65°C에서 열처리한 후 효소 변성이 거의 발생하지 않았으며, 70°C 열처리 후 급격하게 역가가 떨어져 80°C 열처리 후 효소 활성이 거의 나타나지 않았다. Konno 등(15)의 당근 PG 보고에 의하면 55°C 열처리 30분 후 효소의 변성이 거의 발생하지 않으며, 70°C에서 열처리 후 최대 역가의 50%만 나타나고 80°C 열처리 후 효소의 활성이 거의 나타나지 않아 본 실험과 유사한 결과라 할 수 있다.

데치기 온도에 따른 당근 경도의 변화

Prestamo 등(16)에 의하면 당근을 냉동저장 후 생 당근에 비해 경도가 50% 이상 감소하지만 데치기 후 냉동저장하면 약 20%만이 감소된다고 한다. 즉, 당근의 가공처리 시 경도 유지를 위한 데치기의 필요성을 잘 알 수 있다. 효소실험 결과를 바탕으로 준비된 당근 시료를 50, 55, 60, 70°C에서 시간별 (5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 min)로 데치기 한 후 10 min 동안 끓인 후 경도를 측정된 결과 Fig. 6과 같다. 50°C에서 데치기 한 경우 경도의 증가가 크지 않았으며 서서히 증가하였다. 55°C에서 데치기 한 시료는 30 min까지는 완만한 증가 경향을 보였으나 40 min에서부터 급격히 경도가 증가하여 60 min 데치기 한 시료가 가장 높은 경도를 나타냈으며 계속

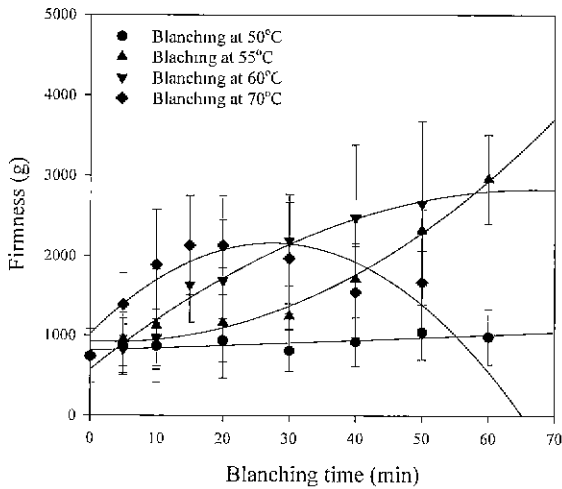


Fig. 6. Firmness of carrot on various blanching condition.

적으로 증가하는 경향을 보였다. 반면, 60°C에서 데치기 한 시료는 정도가 급격히 증가하다가 30, 40, 50 min에서 증가폭이 떨어져 완만한 경향을 보였고 70°C에서 데치기 한 시료는 15 min까지 급격히 증가하다 20 min 이상에서부터 정도가 급격히 떨어졌다. 본 실험결과, 55°C에서 60 min 동안 데치기 한 시료가 가장 높은 정도를 보였다. Lee 등(11)은 당근을 10 min 동안 데치기 한 결과, 54°C에서 76°C까지 정도가 계속 증가하였으며, 그 이후부터 100°C까지 감소하였다고 한다. 본 실험에서 10 min간 데치기 한 경우 70°C에서 가장 높은 정도를 보여 유사한 결과라 보여진다

당근의 경도에 미치는 CaCl₂ 효과

Ca²⁺ 처리는 과채류의 품질을 유지하는데 매우 중요한 인자로 Na⁺과 같은 염류와 같이 쓰여지기도 하는데, 세포벽이나 세포구조를 유지시켜 정도를 증가시키기도 하며, 저장수명을 연장시키고 생화학적 변화를 감소시킨다고 한다(14-16). CaCl₂의 당근 정도에 대한 효과를 알아본 결과, 0.03 M 까지 정도가 증가하였으나, 그 이상의 농도에서 정도의 증가가 크게 나타나지 않았다. 이는 Back 등(5)의 연구에서 배추의 잎은 CaCl₂가 0.03 M일 때 최대의 정도를 나타냈으며, 그 이상의 농도에서 오히려 떨어지는 경향으로 본 당근실험과 유사한 결과라 할 수 있다(Fig. 7).

당근 정도에 미치는 NaCl의 효과

대부분의 연구에서 NaCl의 첨가에 의해 정도가 증가된다고 알려져 있다. 그러나 Buran은 강낭콩의 꼬투리(snap bean pods)에 대한 NaCl의 효과가 가열에 의한 조직의 연화와 염의 침지로 인한 정도의 저하라고 보고하였다(17). 당근의 정도에 대한 NaCl의 영향을 알아본 결과 0.1 M에서 가장 높은 정도를 나타냈으며, 0.1 M 이하의 농도에서 오히려 감소하는 경향을 보였다(Fig. 8). Passes 등(18)의 연구에서 2.6% NaCl은 오이의 정도를 효과적으로 저해했지만 그 이상의 농도에서 상승하지 않았으며, McFeeters와 Fleming(19)의 연구에서

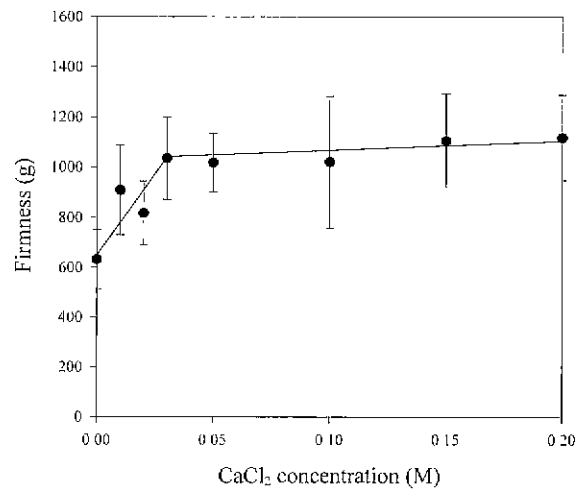


Fig. 7. CaCl₂ effect on the firmness of carrot.

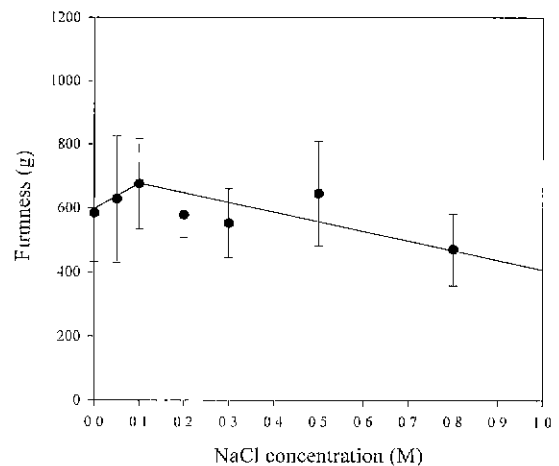


Fig. 8. NaCl effect on the firmness of carrot.

는 NaCl의 첨가로 인해 오이의 연화가 가속되었다. 따라서 과채류의 종류, 데치기 방법 및 조건 등에 따라 NaCl이 오히려 정도를 감소시키는 작용을 하는 것으로 사료된다.

당근 정도에 미치는 pH의 효과

당근의 정도에 미치는 pH의 효과는 다음의 Fig. 9와 같다. 이전의 효소실험에서 PE는 pH 7.0에서 최대의 역가를 나타낸 바 있어 pH 7.0에서 정도가 가장 높을 것이라는 예상과 일치한 결과이다. 그러나 Lee 등(11) 연구에서는 당근의 데치기 시 약 pH 5.0부근에서 가장 높은 정도를 나타내어 본 실험과 상이한 결과였다 Stanley 등(9)에 의하면 pH 4.0 정도에서 pectin이 demethylation되어 PE의 활성을 유발해 정도가 높아진다고 하였으나 본 실험의 효소특성에 의하면 PG가 pH 5.0에서 최대 활성을 나타내기 때문에 오히려 PE의 활성이 저해되어 pH 7.0에서 가장 높은 정도가 나타난 것으로 추정된다. 또한 알칼리 조건에서 데치기 하였을 때 당근 표면이 매우 물러진 것을 관찰할 수 있었는데, 이는 효소에 의한 작용이라기보다는 당근 조직 cell의 알칼리에 의한 연

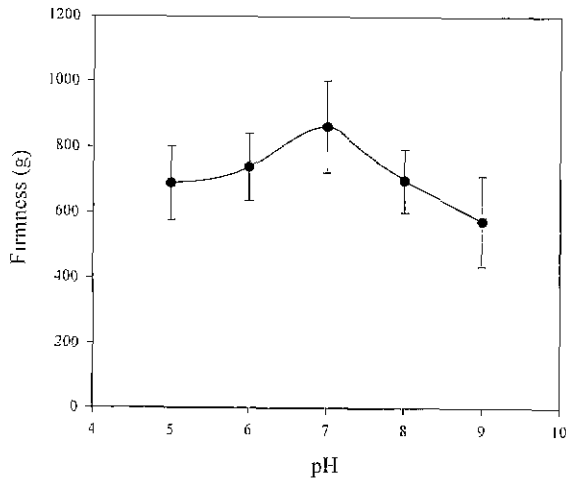


Fig. 9. pH effect on the firmness of carrot.

화현상이라고 보여진다

요 약

당근의 가열처리 시 발생하는 경도 감소를 줄이기 위해 당근에 존재하는 pectinesterase(PE)와 polygalacturonase (PG)의 특성을 조사하고 실제 당근에서의 예비 열처리 조건을 구하여 비교하고자 하였다. 당근에서 추출한 조효소의 최적 pH는 PE가 7.0, PG가 5.0이었으며, 최적 NaCl은 PE가 0.15 M, PG가 0.10 M이었다. PE의 최적온도는 50°C, PG가 70°C이었으며 PE와 PG의 Z-value는 각각 8.76°C과 6.67°C로 나타나 PE가 PG보다 활성 최적온도는 낮으나 열에는 안정적인 것을 알 수 있었다. 당근의 예비 열처리 조건은 먼저 예비열처리 온도(50~70°C)와 시간(5~60 min)별로 달리 처리한 후 100°C에서 10 min 동안 가열하여 경도변화를 알아본 결과 55°C로 60 min 동안 열처리한 것이 가장 높은 경도를 나타내었다. 따라서, 55°C(60 min)로 고정된 후 경도에 영향을 미치는 CaCl₂, NaCl, pH의 효과를 조사하였다. 그 결과 당근의 예비열처리 조건은 0.03 M CaCl₂, 0.1M NaCl, pH 7.0으로 55°C에서 60 min 동안 열처리하는 것이 최적으로 나타났다. 본 결과의 당근 예비열처리 조건은 PE의 활성과 PG의 억제조건에 상당히 일치하였다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행된 과제의 일부로 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1 Ko, Y.H. and Park, K.H. : Purification and characterization

of Chinese cabbage pectinesterase. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 235-241 (1984)

2 Hou, W.N. and Marshall, M.R. : Characterization of thermolabile pectinesterase and thermostable pectinesterase separated from valencia orange. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 666-672 (1995)

3. Labib, A.A S., El-Ashwah, F.A., Omran, H.T. and Askar, A. Heat-inactivation of mango pectinesterase and polygalacturonase. *Food Chemistry*, **53**, 137-142 (1995)

4. Frenkel, C., Peters, J.S., Tieman, D M., Tiznado, M.E. and Handa, A.K : Pectin methylesterase regulates methanol and ethanol accumulation in ripening tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit. *J. Biol. Chem*, **273**, 4293-4295 (1998)

5. Baek, H.H., Lee, C H., Woo, D H., Park, K.H., Pek, U.H., Lee, K.S and Nam, S.B. : Prevention of pectinolytic softening of kimchi tissue. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 149-153 (1989)

6 MacDonal, H.M and Evans, R. Purification and properties of apple pectinesterase. *J. Sci. Food and Agric*, **70**, 321-326 (1996)

7. Giovane, A., Quagliuolo, L, Servillo, L., Balestrieri, C., Laratta, B., Loudice, R. and Castaldo, D : Purification and characterization of three isozymes of pectin methylesterase from tomato fruit. *J. Food Biochem*, **17**, 339-349 (1994)

8 Moore, T and Bennett, A.B. : Tomato fruit polygalacturonase isozyme 1. *Plant Physiol*, **106**, 1461-1469 (1994)

9 Stanley, D.W., Bourne, M C., Stone, A.P. and Wismer, W V. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. *J. Food Sci*, **60**, 327-333 (1995)

10. Chun, H.K., Chang, H.G., Park, K.H., and Back, H.H. : Prevention of tissue softening of cucumber pickle by preheating treatment. *The research report of the rural development administration*, **4**, 158-164 (1986)

11. Lee, C.Y., Bourne, M.C. and Vanburen, J.P : Effect of blanching treatments on the firmness of carrots. *J Food Sci.*, **44**, 615-616 (1979)

12 Markovic, O. : Pectinesterase from carrot. *Experientia*, **34**, 561-562 (1978)

13. Nelson, N. : A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380 (1944)

14. Nogata, Y., Ohta, H. and Voragent, A.G.J. : Polygalacturonase in strawberry fruit. *Phytochemistry*, **34**, 617-620 (1993)

15. Konno, H, Yamasaku, Y and Katoh, K. : Extracellular exopolysaccharide secreted from carrot cell cultures. Its purification and involvement in pectic polymer degradation. *Plant Physiol*, **76**, 514-520 (1989)

16. Prestamo, G., Fuster, C. and Risueno, M.C. Effects of blanching and freezing on the structure of carrots cell and their implications for food processing. *J. Sci Food and Agric*, **77**, 223-229 (1998)

17. Buren, J.P. van and Peck, N.H. : Effect of K fertilization and addition of salts on the texture of canned snap bean pods. *J. Food Sci.*, **47**, 311-313 (1982)

18. Passes, F.V., Fleming, H.P., Felder, R.M and Ollis, O.F. : Modeling growth of *Saccharomyces rosei* in cucumber fermentation. *Food Microbiology*, **14**, 533-542 (1997)

19 McFeeters, R.F. and Fleming, HP : pH effect on calcium inhibition of softening of cucumber mesocarp tissue. *J. Food Sci.*, **56**, 730-732. 735 (1991)

(2001년 1월 9일 접수)