

초고압과 Carbonation의 병합처리가 오렌지쥬스의 품질 특성에 미치는 영향

윤혜숙 · 박석준 · 박지용

연세대학교 생명공학과 및 생물산업소재연구소

Effect of a Combined Treatment of High Hydrostatic Pressure and Carbonation on the Quality Characteristics of Valencia Orange Juice

Hye-Suk Yun, Seok-Jun Park and Jiyong Park

Department of Biotechnology and Bioproducts Research Center, Yonsei University

Abstract

A combined treatment of high hydrostatic pressure and carbonation was used to inactivate pectinesterase (PE) and sterilize microorganisms in Valencia orange juice without major changes in its nutritive components. Quality characteristics of Valencia orange juice, such as microorganisms, PE activity, vitamin C content and color, were evaluated after it was treated with pressure, carbonation-and-pressure, and heat. Quality changes during storage at 4°C and 30°C after the treatments were also investigated. Pressurized orange juice (pressurized at 600 MPa for 10 min at 20°C) showed 7.0% residual PE activity, while the carbonated-and-pressurized orange juice (207 kPa-CO₂ gas pressure, pressurized at 600 MPa for 10 min at 20°C) showed 0%. Pressurization at 400 MPa or higher decreased the population of microorganisms in the orange juice to less than 10 CFU/mL. Carbonated-and-pressurized orange juice showed slight decrease in vitamin C content when stored at both 4°C and 30°C. While heat-treated (90°C for 60 sec) orange juice showed 75% decrease in vitamin C content when stored at 30°C. L value (lightness) and b value (yellowness) of carbonated-and-pressurized orange juice were higher than those of heat-treated orange juice when they were stored at 4°C for 30 days.

Key words: high hydrostatic pressure, carbonation, pectinesterase

서 론

오렌지는 전세계에서 널리 소비되고 있는 감귤류 과실로 β -carotene과 비타민 C의 함량이 높으며 감귤 과피에 존재하는 flavonoid는 항알러지성, 항암성, 항바이러스성, 항염성의 생리적 기능이 있다고 알려져 있다. 또한 감귤류에서 얻을수 있는 식이섬유는 혈중 콜레스테롤 함량의 저하와, 대장암과 비만의 예방에 효과적이라고 알려져있다^{1,2)}.

오렌지쥬스의 품질을 결정하는 주요 인자 중의 하나는 현탁도(cloud)로, 오렌지를 착즙하는 과정에서 혼입되는 다량의 pectinesterase (PE)는 multiple form으로 존재하며 그 중 고분자량 내열성 PE는 감귤류 과실의 총 PE 활성의 5~30%를 차지하지만 쥬스 현탁도 소실(cloud loss)에 크게 기여하여, 침전형성의 주요 요

인으로 작용한다³⁾. Pectin은 galacturonic acid가 α -1,4 결합으로 형성된 polygalacturonic acid 형태로 존재하며, PE는 pectin의 galacturonic acid의 6번째 carbon 위치에 존재하는 methyl ester group을 유리시켜 pectic acid와 methanol을 생성한다. 생성된 pectic acid는 쥬스 내에 존재하는 칼슘 이온과 같은 2가 이온들과 결합하여 불용성인 calcium pectate 등을 형성한 후 현탁 입자들과 함께 침강하여 쥬스를 고체층과 액체층으로 분리시키는 cloud loss를 일으킨다. 이러한 쥬스 침전 현상은 clear juice인 포도쥬스나 사과쥬스에서는 바람직한 현상이지만 cloudy juice인 토마토쥬스나 오렌지 쥬스에서는 바람직하지 못하여 기호의 변화를 일으킬 수 있다. 뿐만 아니라 현탁입자(cloud matrix)와 함께 ethylbutyrate, neral, geranial 등의 향기성분이 소실될 가능성도 있다⁴⁾.

Cloud loss를 줄이기 위한 연구는 주로 PE 불활성화에 관련된 것으로^{5,6)}, 열처리^{6,9)}, pectic acid hydrolysate

Corresponding author: Jiyong Park, Department of Biotechnology, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

첨가⁽¹⁰⁾, pectolytic enzyme 첨가^(11,12), clouding agent 첨가⁽¹³⁾, oligogalacturonic acid 첨가⁽¹⁰⁾, pH를 낮추는 방법⁽¹⁴⁾ 등이 연구되고 있으나 이러한 방법들의 단독 처리는 한계점들을 가지고 있다. 예를 들면, 열처리하는 향기 성분이나 비타민 C 등 유효성분의 파괴를 동반하고, 첨가제의 사용은 엄격한 제재를 받으며, pH를 낮추기 위해 사용하는 HCl이나 양이온 교환 수지들은 관능적 측면에서 제품 품질을 저하시킨다는 단점을 가지고 있다. 게다가 최근 소비자들의 식품에 대한 인식은 크게 변화되어 최소의 가공을 통하여 천연 그대로의 맛과 향을 유지하면서 미생물학적으로 안전한 식품을 선호하게 되었다. 이에 따라 식품의 보존을 위한 비열(非熱)살균 공정으로 초고압, 방사선 조사, 고전압 pulse, 초임계 CO₂ 등을 이용한 방법들이 개발되었으며, 새로운 가열살균 공정으로는 음가열, 고주파가열, 마이크로웨이브 가열 등의 방법이 연구되고 있다⁽¹⁵⁾. 그 중 특히 초고압처리 기술은 과일류의 신선한 풍미, 천연의 색, 향기성분의 유지에 상당히 효과적인 것으로 보고되고 있으며^(16,17), 초임계 CO₂를 이용한 가압처리는 열에 불안정한 물질의 안전한 살균방법으로 전망되고 있다⁽¹⁸⁾.

기체 가압법은 미생물을 수습 기압 이상의 압력으로 가압하여 균체 내에 기체를 용해시킨 후 대기압까지 급속히 감압하는 방법으로, 가압시 세포 내에 용해된 기체가 감압시 급속히 세포 외부로 방출됨으로써 세포의 기능적 손실을 유발하여 살균 효과를 나타낸다⁽¹⁹⁾. Haas 등⁽²⁰⁾은 상온에서 3일간 부패시킨 오렌지 주스를 55°C에서 30 min 동안 5.5 MPa의 CO₂로 처리했을 때 주스 내에 존재하는 미생물들이 완전 살균되었음을 보고하였고, Daniels 등⁽¹⁸⁾은 CO₂의 미생물 살균 기작에 대해 몇 가지 가설을 제시했다. 즉, CO₂가 O₂의 농도를 낮추어 호기성 세균의 성장 속도를 느리게 하고, 세포 내부로 유입되어 대사과정에 화학적 효과를 유발하며, 세포 내부의 pH를 급속히 낮추어 대사과정이나 효소활성에 영향을 준다고 보고하였다. 기체가압법은 주로 초임계 상태의 CO₂를 이용하나 Nakamura 등⁽²¹⁾은 40 atm의 비교적 낮은 저압 CO₂를 이용하여 10⁸ 수준의 효모 세포를 거의 완전히 살균할 수 있다고 보고하여, 수백 기압의 고압 CO₂를 사용하지 않더라도 식품내의 미생물 살균이 가능함을 시사하였다.

초고압 기술은 1883년 Certes⁽²²⁾가 미생물에 대한 압력의 영향을 최초로 검토한 후 1899년 Bert Hite⁽²³⁾에 의해 식품 가공에 처음 적용되었다. 그 후 압력이 효소나 세포내 기관, 혹은 미생물의 사멸에 미치는 영향

에 대한 정보들이 축적되어^(24,25) 최근 활발히 연구되고 있다. 초고압처리를 식품 가공에 적용할 경우 기대되는 효과들은 주로 미생물의 살균과 식품내 효소들의 불활성화이며, 이는 열처리에 비해 식품내 주요 성분을 변성시키지 않는다는 장점을 가지고 있어서 신선감의 유지가 중요한 식품에 좋은 특성을 부여할 수 있다. 그러나, 열처리에 상응하는 살균효과를 얻기 위해 요구되는 800~1,000 MPa의 초고압은 산업화하기에 비경제적이라는 문제점이 있다⁽²⁶⁾. 따라서, 50~60 Hz, 600 mA의 직류 전류로 전처리하거나⁽²⁷⁾, 정균 작용이 알려진 chitosan의 병행처리⁽²⁸⁾, 가압과 감압과정을 반복하는 진동적 압력처리⁽²⁹⁾, 저온 영역에서 초고압 처리⁽³⁰⁾ 등 초고압에 의한 미생물살균 효과를 증진시키고자 하는 연구들이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 오렌지 주스를 살균하기 위해 사용되는 기존의 가열처리 문제점을 극복하고, 초임계 CO₂를 이용한 기체가압법과 초고압처리법의 산업적 활용한계를 극복하기 위해, 비교적 낮은 기압의 CO₂를 이용한 carbonation과 산업화가 가능한 압력범위의 초고압 병합처리 방법을 모색하였다. Carbonation과 초고압의 병합처리가 Valencia 오렌지주스내의 미생물과 PE 활성에 미치는 영향을 검토하고, 저장 중 vitamin C 함량과 색의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시료의 전처리

표면에 상처가 없는 신선한 Valencia 오렌지를 일반 시장에서 구입하여 juicer (JM-511, Samsung Co., Korea)를 사용하여 착즙하고, sonicator에서 20 min 동안 오렌지주스 내 기포를 제거하였다.

열처리

기포가 제거된 오렌지주스를 80% 알코올로 내부를 살균한 polyethylene-aluminum foil (PE-Al foil) bag에 20 mL씩 분주하여 가열 밀봉한 후, 90°C water bath에서 60초 동안 처리한 뒤 빠르게 얼음으로 냉각시켰다.

초고압처리

기포가 제거된 오렌지주스를 멸균된 PE-Al foil bag에 20 mL씩 충전하여 가열 밀봉한 후 시료로 사용하였다. 내부용적이 600 mL이고 최대 압력이 686 MPa인 초고압기(MFP-7000, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)를 사용하여 200, 400, 600 MPa에서 각각

5, 10, 15 min 동안 실온에서 가압하였으며, 압력메트로는 증류수를 사용하였다.

Carbonation

Carbonation은 CO₂ gas pressure가 138, 207 kPa인 두 가지 경우에 대해 실시하였다. 소량의 CO₂ gas로 carbonator (Zham Model 9000-R pilot plant, Zham & Nagel Co., USA)의 pilot plant tank내에 잔류하고 있는 공기를 제거한 후 CO₂ gas 압력을 0으로 조정하였다. 착즙된 오렌지쥬스 6 L를 내부온도가 4°C인 tank에 분주한 뒤 34.5 kPa의 CO₂ gas를 tank내로 주입하여 오렌지쥬스 내에 용해되어 있는 공기를 제거한 후 carbonation을 행하고, hand filler로 bottling 하였다. Carbonation의 총 소요시간은 약 15 min이며, bottling에 사용된 500 mL PET 용기는 증류수로 충분히 세척한 뒤 건조시켜 사용하였다.

Carbonation과 초고압의 병합처리

Carbonation한 오렌지쥬스를 저온상태에서 CO₂ 손실을 최대한 억제하여, 멸균처리된 PE-Al foil bag에 각각 20 mL 씩 분주하여 가열 밀봉한 뒤 200, 400, 600 MPa에서 5, 10, 15 min 동안 실온에서 초고압 처리하였다.

Pectinesterase 활성 측정

Pectinesterase 활성은 pH 7.0, 30°C에서 유리된 carboxyl group을 측정하는 Kertesz의 방법⁽¹⁾에 의해 측정하였다. 기질로 1% citrus pectin (0.1 M NaCl)을 사용하였고, 1 unit는 1 min 당 1 μM carboxyl group을 유리하는 효소의 양으로 정하였다.

생균수 측정

효모와 곰팡이는 potato dextrose agar (10% tartaric acid, pH 3.5)에서 30°C에서 3일간, 일반세균(total plate count)은 orange serum agar에서 37°C에서 2일간 배양하여 측정하였다.

비타민 C 함량 측정

100 mL의 시료를 동량의 metaphosphoric acid와 혼합하고 원심분리(3,000×g, 10 min)와 여과과정을 거쳐 2,6-dichloroindophenol method⁽²⁾에 의해 ascorbic acid를 정량하였다.

색도 측정

색도는 헌터체계(Hunter system)에 따르는 색차계

(Chromameter CR200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L-값 (lightness), a-값 (redness), b-값 (yellowness)을 5회 반복 측정하였다.

결과 및 고찰

Carbonation (138 kPa-CO₂)과 초고압에 의한 PE의 불활성화

Carbonation과 초고압의 병합처리가 오렌지쥬스 내 PE를 불활성화 시키는데 어느 정도 효과가 있는지를 단독 초고압 처리한 오렌지쥬스와 비교하였다(Fig. 1). 200 또는 400 MPa 압력에서 5 min 또는 10 min 처리 하에서는 초고압 단독처리와 carbonation 병합처리의 두 경우 모두 20% 미만의 PE 불활성화 효과를 보였으나, 600 MPa의 초고압 조건에서는 처리시간에 따라 PE의 불활성화 정도가 비례하였다. 600 MPa에서 10 min 처리된 쥬스의 PE는 약 63.4% 불활성되었으며, carbonation 후 600 MPa에서 5 min 처리된 경우 70.9%, 600 MPa에서 10 min 처리된 경우 89.8% 불활성화 되었다.

Carbonation (207 kPa-CO₂)과 초고압에 의한 PE의 불활성화

138 kPa-CO₂ 조건의 carbonation은 600 MPa의 초고압 조건을 제외하고는 초고압에 의한 PE의 불활성화

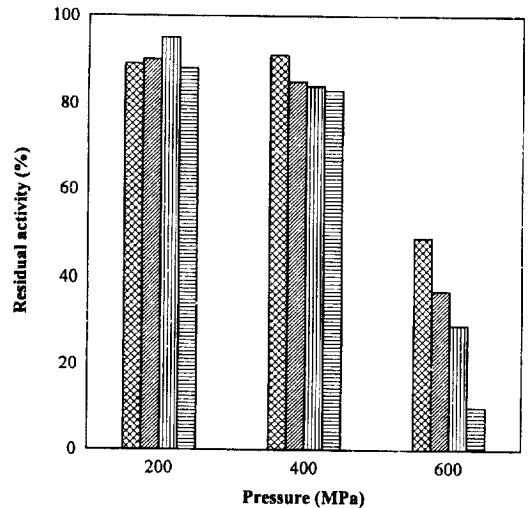


Fig. 1. Effects of different treatments on residual pectinesterase activity in orange juice. ■: pressurized for 5 min, ▨: pressurized for 10 min, ▩: carbonated at 138 kPa and pressurized for 5 min, ▪: carbonated at 138 kPa and pressurized for 10 min.

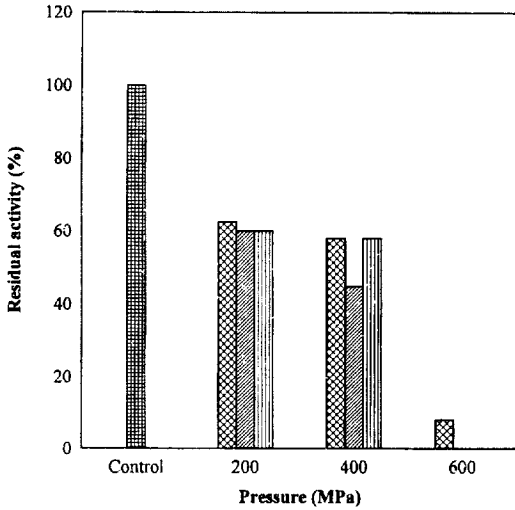


Fig. 2. Effects of different treatments on residual pectinesterase activity in orange juice. ■: carbonated at 207 kPa and pressurized for 5 min, ▨: carbonated at 207 kPa and pressurized for 10 min, ▩: carbonated at 207 kPa and pressurized for 15 min.

효과를 상승시키지 못하였으므로, 207 kPa-CO₂ 조건으로 carbonation한 후 초고압처리 하였을 때의 PE 불활성화 결과를 검토하였다(Fig. 2). 200 MPa 조건의 초고압 단독처리는 PE를 거의 불활성화시키지 못한 반면에 207 kPa-CO₂ 처리 후 200 MPa 조건의 초고압 처리는 약 35~40%의 PE를 불활성화시켰으며, 400 MPa에서 초고압 단독처리하였을 때 약 8~24%의 PE가 불활성화된 반면에 207 kPa-CO₂ 조건으로 carbonation한 후 400 MPa에서 초고압처리하였을 때는 41~54%의 PE가 불활성되었다. 600 MPa에서 10 min 초고압 단독처리하였을 때 PE는 63% 불활성화되었으나, 207 kPa-CO₂ 조건으로 carbonation한 후 600 MPa에서 5 min 초고압처리하였을 때 PE는 93% 불활성화되었으며, 10 min 이상 초고압 처리하였을 때 PE는 완전 불활성화되었다. 따라서, PE 불활성화에 있어서 carbonation이 초고압처리 효과를 상승시키는 조건은 600 MPa, 207 kPa CO₂ 이상으로 판단되었다. 그러나 이러한 결과가 carbonation에 의한 synergic 효과인지의 여부는 아직 불확실하며, 이를 확인하기 위해서는 carbonation 단독처리에 의한 효소 불활성화를 확인하는 실험이 요구된다고 판단된다.

Carbonation과 초고압의 병합처리에 의한 살균효과

Carbonation과 초고압의 병합처리, 열처리, 그리고 초고압 처리한 후 오렌지주스내의 생균수를 측정함

Table 1. Effects of different treatment on microbial population in orange juice

Treatment	Condition	Bacteria Yeast & mold (unit: CFU/mL)	
Control		3.2×10^4	6.6×10^4
Heat	90°C sec	<10	<10
Pressurization ¹⁾	200 MPa, 5 min	5.0×10^3	4.0×10^3
	200 MPa, 10 min	1.3×10^2	1.3×10^3
	200 MPa, 15 min	7.2×10^1	2.9×10^2
	400 MPa, 5 min	0	0
	400 MPa, 10 min	0	0
	400 MPa, 15 min	0	0
	600 MPa, 5 min	0	0
	600 MPa, 10 min	0	0
Combination ²⁾ of pressurization and carbonation	200 MPa, 5 min	4.1×10^3	2.4×10^3
	200 MPa, 10 min	1.0×10^2	5.1×10^2
	200 MPa, 15 min	4.7×10^1	3.5×10^2
	400 MPa, 5 min	0	0
	400 MPa, 10 min	0	0
	400 MPa, 15 min	0	0
	600 MPa, 5 min	0	0
	600 MPa, 10 min	0	0
	600 MPa, 15 min	0	0

¹⁾Pressurization was performed at room temperature.

²⁾Carbonation was performed with 138 kPa-CO₂ gas pressure in a carbonator at 4°C.

결과는 Table 1과 같다. 열처리(90°C, 60 sec)에 상응하는 살균효과를 얻기 위해서는 초고압 단독처리, carbonation과 초고압의 병합처리의 두 경우 모두 400 MPa 이상의 압력이 필요하였다. 따라서, carbonation은 초고압 처리에 의한 살균효과를 상승시키지 못하였고, 오렌지 주스내의 미생물의 사멸은 주로 초고압에 의한 것이라고 판단되었다.

Carbonation과 초고압의 병합처리가 비타민 C 함량에 미치는 영향

Table 2는 오렌지주스를 열처리, 초고압처리, carbonation과 초고압 병합처리 하였을 때 비타민 C 함량의 변화를 나타내었다. 각각의 처리를 거친 오렌지주스의 비타민 C 손실은 모두 4% 미만으로 큰 차이를 보이지 않아, 오렌지 주스를 93°C에서 40 sec 동안 열처리할 경우 12%의 비타민 C 손실이 발생하였다는 좌 등⁽³³⁾의 보고 보다는 적은 손실량을 보였다. 이러한 결과는 감귤류 주스의 비타민 C 안정성은 다른 과일 주스보다 상대적으로 높다고 보고한 Tressler 등⁽³⁴⁾의 결과와 일치하는데, 이는 주스 내에 존재하는 metaphosphoric acid, polybasic acids, mineral acids, aromatic carboxylic acids, hydroxy acids, hesperidin, nar-

Table 2. Effects of different treatment on vitamin C content in orange juice

Treatment	Condition	Vitamin C
		(unit: mg/100 mL)
Control		43.0
Heat	90°C, 60 sec	41.5
Pressurization ¹⁾	200 MPa, 5 min	42.5
	200 MPa, 10 min	41.3
	200 MPa, 15 min	42.2
	400 MPa, 5 min	41.5
	400 MPa, 10 min	42.4
	400 MPa, 15 min	41.8
	600 MPa, 5 min	41.3
	600 MPa, 10 min	42.7
Combination ²⁾ of pressurization and carbonation	200 MPa, 5 min	43.7
	200 MPa, 10 min	41.8
	200 MPa, 15 min	43.2
	400 MPa, 5 min	43.2
	400 MPa, 10 min	42.2
	400 MPa, 15 min	40.8
	600 MPa, 5 min	41.8
	600 MPa, 10 min	41.3
	600 MPa, 15 min	41.3

¹⁾Pressurization was performed at room temperature.

²⁾Carbonation was performed with 138 kPa-CO₂ gas pressure in a carbonator at 4°C.

ingin, pectin, hesperitin, naringenin, vitamin B₆, β-carotene 등의 물질들이 비타민 C의 산화를 지연시켜 주기 때문이라고 판단된다.

저장중 PE 활성의 변화

위의 실험에서 확립된 carbonation과 초고압 병합처리의 최적조건(207 kPa-CO₂, 600 MPa, 10 min)으로 Valencia 오렌지주스를 살균한 후 4°C에서 30일간 저장하면서 품질변화를 비교하였다(Table 3).

무처리 control은 4°C 저장기간 중 PE 활성에 큰 변화를 보이지 않았으며, 열처리와 초고압 단독 처리의 경우 저장 30일 후 각 초기값의 66.7%, 59.2%의 잔존

Table 3. Changes in PE activity of differently treated orange juice during storage at 4°C (unit/mL)

Time (days)	Control	Heat	Pressure	Carbonation-Pressure
0	1.57	0.12	0.27	0.03
5	1.46	0.02	0.26	0.02
10	1.64	0.10	0.16	0.00
15	1.60	0.08	0.08	0.00
20	1.58	0.06	0.16	0.00
25	1.58	0.02	0.16	0.00
30	1.44	0.08	0.16	0.00

활성을 보였다. Carbonation과 초고압 병합처리한 오렌지주스는 저장 5일 후 까지 0.02 unit/mL의 PE 활성을 보였으나, 10일 후부터는 완전히 불활성화되어 저장기간 동안 재활성화되지 않았다. 따라서 carbonation과 초고압의 병합처리는 저장과 운송기간 동안 효소를 재활성화시키지 않는다고 판단되었다.

저장중 미생물의 변화

열처리, 초고압 단독 처리, carbonation과 초고압 병합처리한 후 4°C 저장 중 오렌지주스 내 미생물의 변화를 Table 4에 나타내었다. Control의 경우, 세균은 저장 25일 후부터 약간 감소하는 경향을 보인 반면, 효모와 곰팡이는 1.2×10⁴ CFU/mL을 유지하다가 저장 25일째에 1.1×10⁵ CFU/mL로 증가하여, 오렌지주스와 같은 낮은 pH의 환경에서는 세균보다 효모와 곰팡이가 잘 적응한다는 Sadler 등⁽³⁵⁾의 보고와 일치하는 결과를 나타내었다. 열처리, 초고압처리, carbonation과 초고압 병합처리한 오렌지주스는 처리 직후 모두 10 CFU/mL 이하로 살균되고 그 후 저장기간 동안 살균효과를 유지하여, 초고압 단독처리나 carbonation과 초고압 병합처리 모두 열처리에 상당하는 미생물 살균 효과를 나타내었다. 앞에서 언급한 바와 같이 미생물 살균기작은 주로 초고압에 의한 비가역적인 살균 작용이라 판단되며, carbonation에 의한 살균효과의 상승작용은 없다고 판단되었다.

Table 4. Changes in bacteria, yeast and fungi of differently treated orange juice during storage at 4°C

Bacteria		(unit: CFU/mL)		
Time (days)	Control	Treatment		
		Heat	Pressure	Carbonation-Pressure
0	2.1×10 ⁴	<10	<10	<10
5	6.6×10 ⁴	<10	<10	<10
10	1.2×10 ⁵	<10	<10	<10
15	5.5×10 ⁴	<10	<10	<10
20	5.7×10 ⁴	<10	<10	<10
25	3.3×10 ⁴	<10	<10	<10
30	5.0×10 ³	<10	<10	<10

Yeast & Fungi		(unit: CFU/mL)		
Time (days)	Control	Treatment		
		Heat	Pressure	Carbonation-Pressure
0	1.2×10 ⁴	<10	<10	<10
5	1.7×10 ⁴	<10	<10	<10
10	7.3×10 ⁴	<10	<10	<10
15	6.4×10 ⁴	<10	<10	<10
20	6.8×10 ⁴	<10	<10	<10
25	2.4×10 ⁵	<10	<10	<10
30	1.1×10 ⁵	<10	<10	<10

저장중 비타민 C 함량의 변화

4°C 저장의 경우, 처리 직후 처리방법 간의 비타민 C 함량의 차이는 크지 않았으나, 저장기간이 증가함에 따라 서서히 비타민 C의 감소를 보였으며, 처리방법 간에 약간의 차이를 보였다. 20일 저장까지는 control, carbonation과 초고압의 병합처리, 초고압처리, 그리고 열처리한 시료의 순서로 높은 비타민 C 함량을 보였다(Fig. 3). 30일 저장 후에는 다시 처리방법 간의 차이는 감소하여 control의 비타민 C 함량이 가장 높았으며, 나머지 3가지 처리방법에서 비타민 C 함량은 유사한 수준을 보여서, 저온저장 중 오렌지주스의 비타민 C 파괴가 거의 발생하지 않는다는 보고들⁶⁾과 동일한 결과를 나타내었다.

저장 중 비타민 C의 안정성이 상온에서도 유지되는가를 알아보기 위해 30°C에서 저장하며 관찰한 결과, 처리 직후 처리방법 간의 비타민 C 함량은 거의 비슷한 수준을 보였지만 저장시간이 경과함에 따라 차이를 나타내었다(Fig. 3). Control과 초고압처리, car-

bonation과 초고압 병합처리한 오렌지주스는 30일 저장기간 동안 유사한 비타민 C 함량을 유지한 반면, 열처리한 오렌지주스는 비타민 C의 손실이 커서 저장 20일째는 약 75%의 파괴를 보였다. 이러한 결과는, 열처리에 의한 비타민 C 자체의 파괴정도는 기타의 처리와 유사하나, 비타민 C의 안정성에 기여하는 물질들의 파괴가 다른 처리에 비해 크기 때문이라 추측된다. 따라서, 초고압처리는 열처리에 비하여 비타민 C 함량의 유지에 상당히 효과적이며, control 값의 약 30%에 해당하는 비타민 C 파괴를 보인 초고압 단독 처리에 비하여 carbonation과 초고압의 병합처리는 약 10%의 비타민 C 파괴만을 보여서, carbonation에 의해 비타민 C 보존 효과가 약 20% 상승됨을 확인하였다.

저장중 색도의 변화

Fig. 4에 열처리, 초고압처리, carbonation과 초고압의 병합처리 후 4°C 저장 동안 오렌지주스에서 L

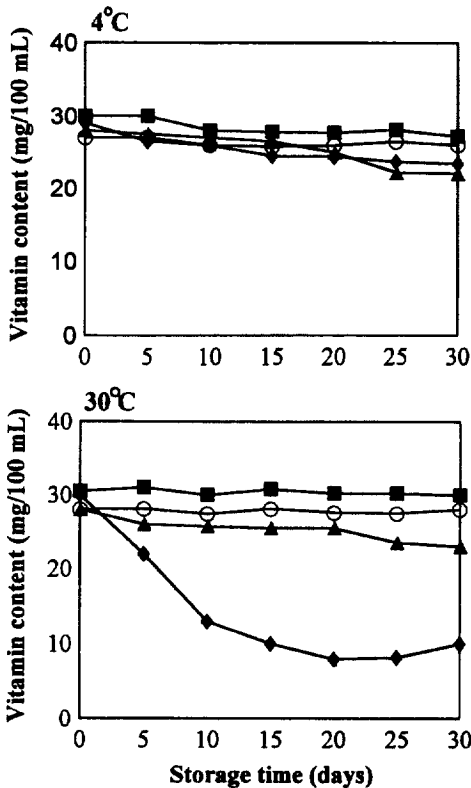


Fig. 3. Changes in vitamin C contents of differently treated orange juice during storage at 4°C and 30°C. ■—■: control, ○—○: carbonation-pressure, ▲—▲: pressure, ◆—◆: heat.

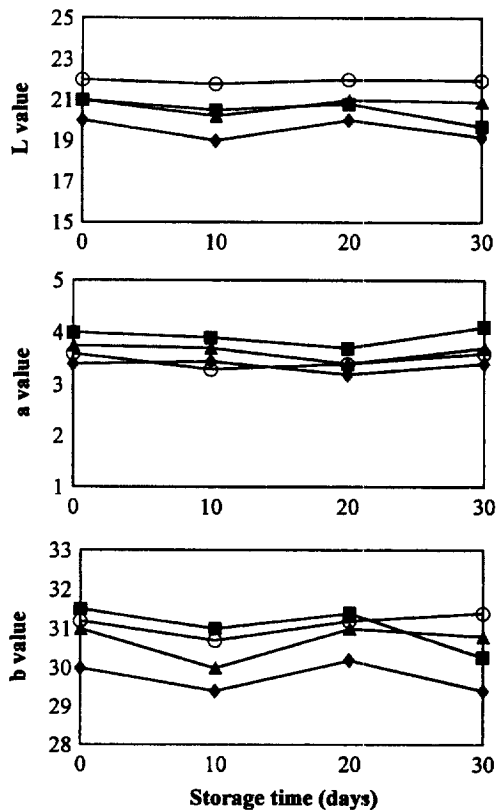


Fig. 4. Changes in color values of differently treated orange juice during storage at 4°C. ■—■: control, ○—○: carbonation-pressure, ▲—▲: pressure, ◆—◆: heat, L value (0: black, 100: white), a value (+: red, -: green), b value (+: yellow, -: blue).

(lightness), a (redness), b (yellowness) 값의 변화를 나타내었다. Control의 L값은 저장 20일 쯤까지 일정한 수준을 유지하다가 30일째 급격히 감소하였다. 이와 달리 초고압 처리한 시료는 control과 같은 수준의 초기 L값을 저장기간 동안 계속 유지하였으며, carbonation과 초고압 병합처리한 오렌지주스의 초기 L값은 control보다 높은 값을 보였다. 이는 오렌지주스의 색도가 CO₂와 초고압처리에 의해 더 밝아졌음을 의미하며, 이는 감귤류 주스를 초임계 CO₂로 처리하였을 때 색도가 밝아 졌다는 좌 등⁽³⁾의 보고와 일치하였다. 열처리한 오렌지주스는 가장 낮은 L값을 보였다. a값은 저장기간 동안 control이 가장 높은 수준을 유지하였으며, 초고압처리, carbonation과 초고압 병합처리, 열처리의 순으로 a값의 감소를 보였다. Control의 b값은 L값과 유사하게 저장 20일 쯤까지 일정한 수준을 유지하다가 30일째에 감소하였다. Carbonation과 초고압 병합처리한 경우와 초고압 단독처리한 오렌지주스의 b값은 초기에 약간 감소하였으나 처리 당일의 수준을 계속 유지하였다. 이에 비해 열처리한 오렌지주스는 저장기간 내내 가장 낮은 b값을 보여 주었다. 따라서, carbonation과 초고압의 병합처리는 신선한 오렌지주스의 색에 가장 중요한 L 값과 b 값의 유지에 상당한 효과가 있고, carbonation은 L (lightness)값을 상승시키는 효과가 있음을 확인하였다.

요 약

오렌지주스 내 pectinesterase를 불활성화하기 위하여 열처리(90°C, 60 sec), 초고압처리(200~600 MPa, 5~15 min), 그리고 carbonation (138~207 kPa-CO₂)과 초고압을 병합처리 하였다. 207 kPa-CO₂ 조건으로 carbonation 한 후 600 MPa에서 10 min 동안 초고압처리한 오렌지주스는 pectinesterase가 완전히 불활성화되었고, 완전 멸균되었으며, 4% 미만의 비타민 C 파괴를 보였다. 설정된 최적 살균조건(207 kPa-CO₂로 carbonation 한 후 20°C에서 600 MPa 압력으로 10 min 동안 초고압처리)으로 처리한 오렌지주스를 4°C에서 저장하면서 pectinesterase 불활성화, 열처리, 그리고 초고압처리한 오렌지주스와 품질을 비교하였다. Carbonation과 초고압의 병합처리 된 오렌지 주스는 저장기간 동안 PE의 재활성화를 보이지 않았으며, 열처리에 상당하는 살균효과를 유지하였다. 비타민 C 함량은 4°C 저장의 경우 모든 처리방법에서 안정한 결과를 보였으나, 30°C 저장의 경우 열처리한 시료에서 급격한 감소를 나타내었다. Carbonation과 초고압의 병합

처리는 오렌지 주스의 L 값을 상승시켰으며 높은 b 값을 유지하였다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부에서 시행한 1996년도 보건의료기술연구개발사업에 의하여 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Miller, E.G., Gonzales-Sanders, A.P., Couvillon, A.M., Binnie, W.H., Hasegawa, S. and Lam, L.K.T.: Citrus limonoids as inhibitors of oral carcinogenesis. *Food Technol.*, **48**(11), 110 (1994)
2. Rouseff, R.L. and Naagy, S.: Health and nutritional benefits of citrus fruit components. *Food Technol.*, **48**(11), 125 (1994)
3. Versteeg, C., Rombouts, F.M., Spaansen, C.H. and Pilnik, W.: Thermostability and orange juice cloud destabilizing properties of multiple pectinesterases from orange. *J. Food Sci.*, **45**, 969 (1980)
4. Curl, A.L. and Talburt, W.F.: Deterioration in storage. In *Fruit and Vegetable juice*, Donald, K., Maynard, A. (Ed.), The Avi Publishing Co. Inc., Westport, pp. 432-434 (1961)
5. Rouse, A.H. and Atkins, C.D.: Heat inactivation of pectinesterase in citrus juices. *Food Technol.*, **6**, 291 (1952)
6. Bissett, O.W., Veldhuis, M.K. and Rushing, N.B.: Effect of heat treatment temperature on the storage life of valencia orange concentrates. *Food Technol.*, **7**(6), 258 (1953)
7. Wicker, L. and Temelli, F.: Heat inactivation of pectinesterase in orange juice pulp. *J. Food Sci.*, **53**(1), 162 (1988)
8. Nath, N. and Ranganna, S.: Time/temperature relationship for thermal inactivation of pectinesterase in mandarin orange(Citrus reticulata Blanco) juice. *J. Food Technol.*, **12**, 411 (1977)
9. Eagerman, B.A. and Rouse, A.H.: Heat inactivation temperature-time relationships for pectinesterase inactivation in citrus juices. *J. Food Sci.*, **41**, 1396 (1976)
10. Termote, F., Rombouts, F.M. and Pilnik, W.: Stabilization of cloud in pectinesterase active orange juice by pectin acid hydrolysates. *J. Food Biochem.*, **1**, 15 (1977)
11. Baker, R.A. and Bruemmer, J.H.: Pectinase stabilization of orange juice cloud. *J. Agric. Food. Chem.*, **20**, 1169 (1972)
12. Biggs, R.H. and Pollard, J.E.: Effects of cellulase, lipase, pectinase, protease and ribonuclease on the cloud of citrus juice. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **83**, 314 (1970)
13. Crandall, P.G., Matthew, R.F. and Baker, R.A.: Citrus beverage clouding agent. *Food Technol.*, **37**, 106 (1983)
14. Owusu-Yaw, J., Marshall, M.R., Koburger, J.A. and Wei, C.I.: Low pH inactivation of pectinesterase in sin-

- gle strength orange juice. *J. Food Sci.*, **53**, 504 (1988)
15. Farr, D.: High pressure technology in the food industry. *Trends in Food Sci. Technol.*, **1**, 16 (1990)
 16. Sumitani, H., Suekane, S., Nakatani, A. and Tatsuka, K.: Changes in composition of volatile compounds in high pressure treated peach. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 785 (1994)
 17. Kimura, K., Ida, M., Yosida, Y., Ohki, K., Fukumoto, T. and Ssakui, N.: Comparison of keeping quality between pressure-processed jam and heat-processed jam: changes in flavor components, hue, and nutrients during storage. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**(8), 13 (1994)
 18. Daniels, J.A., Krishnamurthi, R. and Rizvi, S.S.H.: A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *J. Food Prot.*, **48**(6), 532 (1985)
 19. Balaban, M.O., Arreola, A.G., Marshall, M., Peplow, A., Wei, C.I. and Cornell, J.: Inactivation of pectinesterase in orange juice by supercritical carbon dioxide. *J. Food Sci.*, **56**, 743 (1991)
 20. Haas, G.J., Prescott, H.E., Dudley, E., Dik, R., Hintlian, C. and Keane, L.: Inactivation of microorganisms by carbon dioxide under pressure. *J. Food Safety*, **9**, 253 (1989)
 21. Nakamura, K., Enomoto, A., Fukushima, H., Nakai, K. and Hakada, M.: Desruption of microbial-cells by the flash discharge of high-pressure carbon-dioxide. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **53**, 1297 (1994)
 22. Knorr, D.: Hydrostatic pressure treatment of food. In *New Methods of Food Preservation*. Gould, G.W. (Ed.), Blackie Academic & Professional, London, p.159 (1995) [*Comp. Rend.*, **98**, 690 (1884)]
 23. Hoover, D.G.: Pressure effects on biological systems. *Food Technol.*, **47**, 150 (1993) [*West Virginia Agric. Exp. Sta. Bull.*, **146**, 2 (1899)]
 24. Marquis, R.E.: High-pressure microbial physiology. *Adv. Microbial Physiol.*, **11**, 159 (1976)
 25. Heremans, K.: High pressure effects on proteins and other biomolecules. *Ann. Rev. Biophys. Bioeng.*, **11**, 1 (1982)
 26. Seyderhelm, I., Boguslawski, S., Michaelis, G. and Knorr, D.: Pressure induced inactivation of selected food enzymes. *J. Food Sci.*, **61**(2), 308 (1996)
 27. Shimada, K. and Shimahara, K.: Decrease in high pressure tolerance of resting cells of *E. coli* K-12 by pre-treatment with alternating current. *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 1247 (1991)
 28. Papineau, A.M., Hoover, D.G., Knorr, D. and Farkas, D. F.: Antimicrobial effect of water-soluble chitosans with high hydrostatic pressure. *Food Biotechnol.*, **5**(1), 45 (1991)
 29. Hayakawa, I., Kanno, T., Tomita, M. and Fujio, Y.: Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation. *J. Food Sci.*, **59**, 159 (1994)
 30. Takahashi, K.: Sterilization of microorganisms by hydrostatic pressure at low temperature. In *High Pressure and Biotechnology*, Balny, C., Hayashi, R., Heremans, K. and Masson, P. (Ed.), John Libbey, London, p.303 (1992)
 31. Kertesz, Z. I.: Pectic enzymes. In *Method in Enzymology*, Joel, G.H. and Bert, W.O. (Ed.), Academic Press, New York, Vol. 39, p.158 (1955)
 32. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists., Washington, D.C., p.746 (1980)
 33. 최미경, 임상빈, 양영택, 고정삼: 초임제이산화탄소 처리가 감귤쥬스 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **28**(4), 750 (1996)
 34. Tressler, D.K.: Nutritive value of fruit and vegetable juices. In *Fruit and Vegetable Juice Processing Technology*, Donald, K. and Maynard, A. (Ed.). The Avi Publishing Co., Inc., Westport, p.447 (1961)
 35. Sadler, G.D., Parish, M.E. and Wicker, L.: Microbial, enzymatic and chemical changes during storage of fresh and processed orange juice. *J. Food Sci.*, **57**, 1187 (1992)

(1997년 6월 24일 접수)