

초임계 이산화탄소를 이용한 살균방법이 동치미의 품질에 미치는 영향

홍주헌¹ · 박주석¹ · 이원영^{2*}

¹(재)대구테크노파크 바이오산업지원센터

²경북대학교 식품공학과

Changes of Quality Characteristics of *Dongchimi* by Supercritical Carbon Dioxide as Sterilization Method

Joo-Heon Hong¹, Joo-Seok Park¹, and Wong-Young Lee^{2*}

¹Bio Industry Center, Daegu Technopark, Daegu 704-801, Korea

²Dept. of Food Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

Abstract

Here we studied the changes on quality characteristics of *Dongchimi* by supercritical carbon dioxide to manufacture *Dongchimi* of high quality. There were no distinctive changes of acidity, pH, color difference, free sugar and organic acid of the *Dongchimi* treated with supercritical CO₂, compared to the control. The content of vitamin C in *Dongchimi*, which was treated with supercritical CO₂ (at 25 MPa, 35°C) was 0.826 mg/mL, and was similar to that of 0.1 MPa. Unpleasant volatile compounds such as dimethyl disulfide, methyl trisulfide and methyl propyl disulfide in *Dongchimi* were decreased by supercritical CO₂; also, treatment of supercritical CO₂ was useful to improve flavor of *Dongchimi*. Polygalacturonase activity was decreased 40.3% after supercritical carbon dioxide treatment at 25 MPa and 55°C.

Key words: *Dongchimi*, supercritical carbon dioxide, polygalacturonase, quality characteristic

서 론

젓산 발효식품인 김치류의 하나인 동치미는 무 자체의 독특한 방향과 양념의 첨가로 인해 감칠맛, 신맛이 조화된 향미를 지닌 우리나라 고유의 음식이다. 또한 다량의 물이 첨가되어 맛이 담백하고 무기질 및 비타민을 섭취할 수 있어 향후 이온음료로서 개발 전망이 밝아 소비자들에게 각광받을 수 있는 기호식품의 하나가 될 수 있으리라 생각된다(1,2). 일반적으로 동치미의 맛에 중요한 영향을 미치는 유기산, 젓산균 등의 생성은 첨가되는 채소의 종류, 숙성온도, 숙성기간, 소금의 농도 등에 의해 영향을 받으며 이러한 영향으로 인해 향기성분이 변화하여 품질에 영향을 미친다(3). 동치미 주원료인 무에 함유되어 있는 polygalacturonase (PGase)는 펙틴의 α-1,4 결합을 가수분해하여 펙틴 분자의 크기를 감소시켜 조직의 연화를 촉진한다(4). 따라서 식품의 품질저하에 원인이 되는 연화현상을 방지하기 위해서는 PGase를 불활성화 하는 것이 바람직하다. 동치미를 산업적으로 이용하기 위해서는 저장성 향상을 위한 살균공정이 요구되며, 일반적으로 가열살균, 초고압 및 가스가압살균법이 많이 이용되고 있다. 가열살균법은 처리공정이 간단하고 비

용이 저렴한 살균방법이지만 식품고유의 향, 색상 그리고 영양소 등의 품질을 손상케 할 우려가 있다. 최근 많이 연구되고 있는 높은 압력을 이용한 살균 방법에는 초고압처리법과 가스가압살균법으로 구별할 수 있는데, 초고압은 미생물의 살균효과 외에도 단백질의 변성, 효소의 활성에도 영향을 미치며 gel 형성이나 추출 등에도 유용하다고 보고되고 있다(5). 한편 가스가압살균법으로는 탄산가스 등을 고압으로 하여 살균하는 방법이 흔히 사용되며(6), 탄산가스는 임계점 이상의 온도와 압력으로 처리할 경우 초임계 이산화탄소 유체를 형성하고 초임계 이산화탄소는 일반 유체와 달리 특별한 성질을 갖는데, 특히 임계 온도가 낮으며 임계점 이상에서는 용매로서 작용(7-9)하여 미생물의 생체 구성성분의 추출과 이산화탄소에 의한 pH 감소 그리고 높은 압력으로 인하여 미생물에 대한 살균효과가 기대된다.

따라서 본 연구에서는 고품질의 동치미 제조를 위해 고온 살균에서 발생할 수 있는 향기 성분의 변화와 영양소 파괴 등으로 인한 품질저하의 문제점을 해결하고자 비열처리 공정한 초임계 이산화탄소를 살균방법으로 적용하였으며 이에 따른 이화학적 품질특성을 조사하였다.

*Corresponding author. E-mail: wonyoung@knu.ac.kr
Phone: 82-54-530-1261, Fax: 82-54-530-1269

재료 및 방법

실험재료

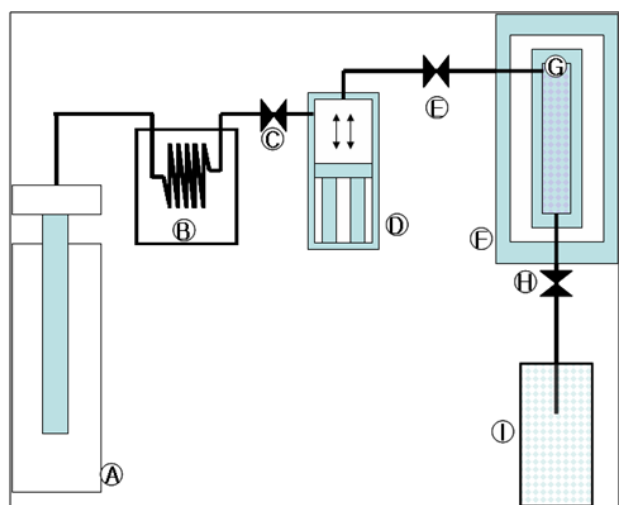
본 실험에 사용한 동치미 담금용 무(*Raphanus sativus* L.)는 2006년 7월 상주시 재래시장에서 2 kg정도의 조선무를 구입하였으며 부재료는 마늘, 생강, 파, 붉은 고추와 염도 88%이상인 꽃소금(한일식품 주식회사)을 사용하였다.

동치미제조

본 실험에 사용한 무는 흐르는 물에 깨끗이 씻은 후 껍질을 제거하여 5×5×1 cm로 깎둑썰기 하여 사용하였으며, 마늘과 생강은 분쇄하여 사용하였고 파는 3 cm의 길이로 썰고 고추는 2 mm의 두께로 어슷썰기를 하였다. 동치미의 제조는 무에 대하여 마늘 0.5%, 생강 0.3%, 고추 0.4%, 파 1%로 하였으며 무와 소금물의 비율은 1:1.5(w/v)로 하였다. 그리고 소금물의 농도는 2.4%(w/v)로 하였다. 모든 재료는 20 L 유리 용기에 넣고 하루 2회 흔들어 주면서 4°C 냉장고에서 15일간 숙성시켜 사용하였고 모든 실험에 사용된 동치미는 여과지(Whatman No. 1)로 여과하여 사용하였다.

초임계 이산화탄소의 처리

본 실험에서 살균에 사용된 장치는 자체 제작된 초임계 추출장치이며 Fig. 1에 나타내었다. 여과지(Whatman No. 1)로 여과한 동치미 액 450 mL와 무 30 g을 extraction vessel에 넣은 후 heating jacket으로 온도를 조절하였으며, extraction vessel의 압력은 CO₂ pump와 stop valve를 이용하여 조절하였다. 초임계 이산화탄소처리는 35, 45, 55°C에서 각각 15, 20, 25 MPa의 압력으로 150분간 정치한 후 멸균된 유리병으로 release 시켜 시료로 사용하였으며, 각 압력까지 상승하는 시간은 3분 정도였고 초임계 이산화탄소의 처리가



Ⓐ:liquid carbon flow dioxide cylinder, Ⓑ:cooling circulator, Ⓒ,Ⓓ:stop valve, Ⓔ:CO₂ pump With cooling jacket, Ⓕ:heating jacket, Ⓖ:extraction vessel, Ⓗ:bottle

Fig. 1. Schematic flow diagram of supercritical fluid extraction system.

끝난 후 release 시간은 2분이었다. 대조구로는 초임계 이산화탄소를 처리하지 않고 상압에서 35, 45, 55°C에서 동일하게 동치미를 처리하여 특성을 비교하였다.

pH 및 산도 측정

각각의 조건별로 150분간 처리된 동치미의 pH는 pH meter(HM-50V, TOA Electrochemical Measuring Instrument, Co., Japan)를 사용하여 측정하였고, 적정산도는 동치미 액 10 mL를 중화시키는데 소요되는 0.1 N NaOH 용액의 양을 아래의 식에 의하여 젯산의 함량으로 환산하여 표시하였다.

$$\text{Acidity (\%)} = \frac{\text{mL of 0.1 N NaOH} \times \text{NaOH factor} \times 0.009}{\text{Weight of sample (mL)}} \times 100$$

비타민 C의 측정

각각의 조건에서 150분간 처리된 동치미의 비타민 C 측정은 hydrazine 비색법 즉, 2,4-dinitrophenyl hydrazine(DNP)법(10)을 이용하여 조건별로 처리된 동치미 액 1 mL에 0.03% DCP(Dichloro phenol indophenol sodium) 0.2 mL, 2% thiourea-metaphosphoric acid 2 mL 그리고 DNP solution 1 mL을 각각 첨가하여 60°C에서 90분간 반응시킨 다음 85% 황산 5 mL로 반응을 중지시킨 액을 측정용 시료로 사용하여 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu Co., Japan)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

색도의 측정

색도의 측정은 colorimeter(CR200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 각 조건에서 150분간 처리한 후 측정하였고 그 값을 Hunter's color value, 즉 L값(lightness), a값(redness) 및 b값(yellowness)으로 나타내었으며, 전반적인 색차 ΔE는 아래 식으로 나타내었다. 이 때 표준 백판의 L, a, b값은 각각 97.22, -0.02, 1.95이었다.

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

유기산 분석

각각의 조건으로 처리된 동치미 액 5 mL를 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음 Sep-pak C18 cartridge에 통과시키고 여액 5.0 μL를 취하여 HPLC(Alliance XE system, Waters, USA)로 분석하였다(11). 사용한 검출기는 UV 210, 칼럼은 Shodex KC-811(300×8 mm, Waters, USA)을 사용하였으며 이동상은 0.1 % perchloric acid이며 flow rate는 0.7 mL/min, 검출기와 오븐온도는 각각 40°C로 하였다.

유리당 정량

각각의 조건으로 처리된 동치미 액 5 mL를 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음 Sep-pak C18 cartridge를 통과시키고 여액 5.0 μL 취하여 HPLC(Alliance XE system,

Waters, USA)로 분석하였다(11). 이때 사용한 검출기는 RI(Waters 2414), 칼럼은 Carbohydrate analysis column (300×3.9 mm, Waters USA)을 사용하였으며 이동상은 80% acetonitrile(acetonitrile:H₂O=8:2)이며 flow rate는 1.3 mL/min, 검출기와 오븐온도는 각각 35°C로 하였다.

휘발성 향기성분 분석

각각의 조건으로 처리된 동치미 100 mL를 4°C에서 8,000 rpm으로 10분간 원심분리하고 상등액을 시료로 사용하였다. 시료는 다시 향기성분 분석용 vial병에 3 mL씩 넣고 70°C에서 5분간 가열한 후 fiber(100 μm PDMS, USA)를 이용하여 head space의 향기성분을 취하고 gas chromatography-mass spectrometry(Agilent 6890N, USA)에 injection한 다음 분석하였다. 분석 시 검출기는 Agilent 5973N, 칼럼은 INNOWAX(30 m×0.25 mm×0.25 μm)를 사용하였고 oven 온도는 100°C에서 3분간 유지 후 220°C까지 5°C/min의 속도로 상승시킨 다음 7분간 유지하였다.

Polygalacturonase 활성 분석

제조된 동치미의 무중 polygalacturonase의 활성은 Lee(12)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 0.1 M의 NaCl을 함유한 0.03 M acetate 완충용액을 pH 5.0으로 조절한 후 각각의 시료와 이 완충용액을 1:1(W:V)의 비율로 넣고 homogenizer(ED-7 Nihonseiki Kaisa Co., Japan)를 이용하여 1,000 rpm에서 2분간 마쇄한 후 4°C에서 24시간 추출하였고 이것을 5,000 rpm에서 원심분리 하여 다시 여과지(Whatman No. 1)로 여과하여 효소액으로 사용하였다. Polygalacturonase의 활성은 효소의 작용으로 polygalacturonic acid로부터 유리되는 환원당인 galacturonic acid의 함량을 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법으로 측정하였다. 즉, 효소의 추출에 사용된 동일한 완충용액으로 제조된 0.45% polygalacturonic acid 용액 0.48 mL에 효소액 0.02 mL을 넣고 30°C 항온 수조에서 2시간 동안 반응시킨 후 100°C에서 3분간 효소를 불활성화 시켰다. 그리고 0.1 N NaOH 0.5 mL를 넣어 알칼리 용액으로 만든 다음 DNS 용액 1 mL를 첨가하였다. 이를 다시 100°C에서 5분간 가열한 다음 반응시킨 후 냉각하여 증류수 5 mL를 혼합시키고 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu Co., Japan)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소추출에 사용된 동일한 완충용액으로 제조된 galacturonic acid를 이용하여 표준곡선을 작성하였고 무중의 효소 1 unit는 2시간 동안 1 mg의 환원당을 생성하는 것으로 하였다.

통계분석

모든 실험결과는 SPSS(version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용한 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 각 측정 평균값의 유의성(p<0.05)은 Duncan's multiple range test를 실시하여 검정하였다.

결과 및 고찰

pH, 산도 및 색도의 변화

pH의 경우 초임계 이산화탄소 미처리 구간과 처리 구간에서 온도에 따라 약간의 변화를 보여주었으나, 뚜렷한 차이는 없었으며 산도 역시 대조구와 초임계 이산화탄소처리 군과의 차이는 보이지 않아 초임계 이산화탄소의 처리가 pH와 산도 변화에 영향을 주지 않음을 확인하였다(Table 1).

Balaban 등(13)은 오렌지주스를 31 MPa, 35°C의 초임계 이산화탄소 처리에서 pH가 2.96까지 감소하였지만 감압 후 원래 pH로 되돌아 왔다고 보고한 바 있다. 이는 초임계 이산화탄소로 처리하면 이산화탄소에 의해 일시적으로 탄산이 형성되어 pH가 감소하였다가 감압시켰을 때 주스로부터 이산화탄소가 기체상으로 분리되어 주스의 원래 pH로 되돌아 오기 때문인 것으로 사료된다. 또한 Kimball(14)은 네이블 오렌지주스로부터 쓴맛 성분인 limonin을 제거하기 위하여 30~60°C에서 20.7~41.4 MPa로 처리하였을 때의 총산 함량을 측정하고 결과 처리 전과 후에 거의 변화가 없었다고 보고하여 본 연구결과와 같은 경향이였다.

색도의 변화에 있어 명도를 나타내는 L값은 초임계 처리와 단순 가열처리한 동치미 모두 처리 온도가 증가할수록 조금씩 낮아지는 경향을 보였으나 단순가열처리한 동치미와 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미 중 35, 45°C 처리구는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 초임계 이산화탄소 처리 55°C 구간에서 유의적인 차이를 보여 가장 낮은 L값을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a값은 모든 동치미에서 처리 온도가 증가할수록 감소하였고 특히 25 MPa의 압력으로 처리한 동치미가 가장 낮은 a값을 나타내었으며 황색도를 나타내는 b값은 처리온도가 증가할수록 그 값도 증가하였다. ΔE 값은 처리구간 중 55°C 처리 구간을 제외한 모든 구간

Table 1. Changes of pH and acidity of *Dongchimi* by heating and supercritical CO₂ treatment

Pressure (MPa)	Temperature (°C)	pH	Acidity (%)
Non-treatment	-	4.102±0.013 ^{a1)}	0.133±0.004 ^a
0.1 (room pressure)	35	4.104±0.011 ^a	0.132±0.005 ^a
	45	4.104±0.006 ^a	0.132±0.004 ^a
	55	4.106±0.006 ^a	0.132±0.005 ^a
15	35	4.094±0.006 ^a	0.132±0.005 ^a
	45	4.104±0.017 ^a	0.132±0.005 ^a
	55	4.106±0.011 ^a	0.132±0.005 ^a
20	35	4.104±0.006 ^a	0.132±0.005 ^a
	45	4.102±0.008 ^a	0.132±0.004 ^a
	55	4.106±0.013 ^a	0.132±0.005 ^a
25	35	4.104±0.011 ^a	0.132±0.004 ^a
	45	4.104±0.006 ^a	0.132±0.005 ^a
	55	4.106±0.006 ^a	0.132±0.005 ^a

¹⁾All values are mean±standard deviation (n=5). Means with different superscripts in the row are significantly different (p<0.05).

Table 2. Change of color difference of *Dongchimi* by heating and supercritical CO₂ treatment

Pressure (MPa)	Temperature (°C)	L value	a value	b value	ΔE
Non-treatment	-	48.140±0.019 ^{b1)}	-0.184±0.799 ^f	2.636±0.289 ^a	49.086±0.173 ^a
0.1 (room pressure)	35	48.136±0.011 ^b	-0.286±0.039 ^{cd}	2.724±0.021 ^{ab}	49.091±0.137 ^{ab}
	45	48.132±0.008 ^b	-0.328±0.022 ^{bc}	2.744±0.025 ^{ab}	49.095±0.009 ^{ab}
	55	48.104±0.009 ^b	-0.388±0.030 ^a	2.800±0.011 ^b	49.125±0.009 ^c
15	35	48.128±0.008 ^b	-0.250±0.039 ^{de}	2.920±0.300 ^c	49.102±0.008 ^{ab}
	45	48.112±0.008 ^b	-0.266±0.029 ^d	2.954±0.270 ^{cd}	49.119±0.009 ^{ab}
	55	47.996±0.025 ^a	-0.282±0.034 ^{cd}	2.978±0.008 ^{cde}	49.235±0.025 ^d
20	35	48.130±0.012 ^b	-0.186±0.006 ^f	3.032±0.179 ^{cde}	49.102±0.013 ^{ab}
	45	48.134±0.009 ^b	-0.261±0.015 ^{ef}	3.048±0.217 ^{de}	49.099±0.009 ^{ab}
	55	47.996±0.061 ^a	-0.262±0.008 ^d	3.082±0.148 ^c	49.238±0.060 ^d
25	35	48.134±0.032 ^b	-0.326±0.182 ^{bc}	2.930±0.332 ^{cd}	49.097±0.032 ^{ab}
	45	48.110±0.019 ^b	-0.350±0.043 ^{ab}	2.992±0.545 ^{cde}	49.122±0.018 ^{ab}
	55	47.994±0.048 ^a	-0.352±0.019 ^{ab}	3.042±0.694 ^{cde}	49.239±0.047 ^d

¹⁾All values are mean±standard deviation (n=5). Means with different superscripts in the row are significantly different (p<0.05).

에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 2).

비타민 C의 변화

온도와 압력의 변화에 따른 비타민 C 함량은 총 비타민 C 함량에서 산화형 비타민 C 함량을 제외한 환원형 비타민 C 함량으로 나타내었다. 환원형 비타민 C 함량 변화는 15 MPa 압력으로 처리한 동치미에서 각각 0.29%, 5.83%, 19.47%, 20 MPa 압력에서는 0.22%, 4.08%, 13.13% 그리고 25 MPa 압력에서는 0.15%, 3.53%, 11.67%의 비타민 C의 감소율을 보였다(Fig. 2). 또한 상압에서 35, 45, 55°C로 처리한 동치미의 경우 각각 1.75%, 9.34%, 25.96%의 감소율을 보여 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미의 비타민 C 함량 변화는 가열 온도가 상승함에 따라 그 함량이 감소하여 상압에서 온도를 달리하여 가열처리한 동치미와 유사한 경향을 보였다. 하지만 동일한 온도조건 하에서 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미는 단순가열처리 동치미와 비교하여 감소량이 다소 적었으며 특히 초임계 이산화탄소의 처리 압력이

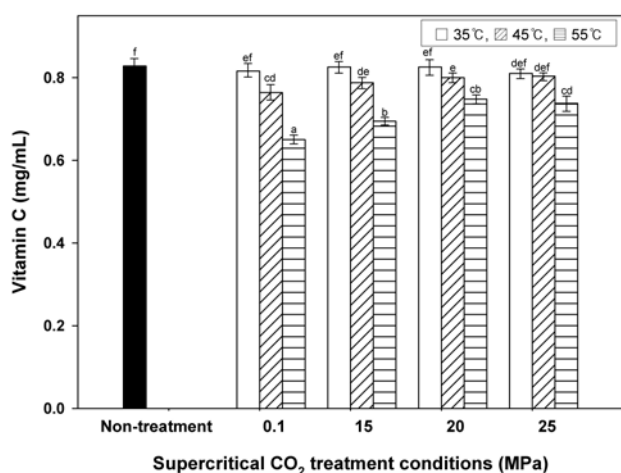


Fig. 2. Changes of vitamin C content of *Dongchimi* by heating and supercritical CO₂ treatment.

Values are mean±SD. Means with different letters differ p<0.05.

높을수록 감소량은 대체로 줄어드는 경향을 보였다.

Arreola 등(15)은 발렌시아 오렌지주스를 초임계 이산화탄소로 처리하였을 때 초기치의 98%까지 비타민 C가 유지되었다고 보고하였고, Tressler(16)은 오렌지주스에 있어서 비타민 C는 주스 내에 존재하는 여러 가지 유기산 물질들이 비타민 C의 산화를 지연시켜 주기 때문이라고 하였다. 본 연구결과에서는 상압에서 단순 가열처리한 동치미보다 초임계 이산화탄소로 처리한 동치미에서 다소 높은 비타민 C의 함량을 나타내었는데, 이는 초임계 이산화탄소 처리가 동치미 중의 이온해리를 변화시키며 이산화탄소에 의해 산소가 제거되어 환원형 비타민 C가 안정해지기 때문인 것으로 사료된다.

유기산 및 유리당의 변화

동치미의 유기산은 lactic acid, malic acid, citric acid가 대부분(17)이지만 본 연구에서 제조된 동치미는 lactic acid와 malic acid가 확인되었으며, malic acid의 경우 모든 처리구간에서 미 처리구와 비교하여 그 함량이 증가하였고 lactic acid는 이와 반대로 감소함을 나타내었다(Fig. 3). Kim 등(18)은 무는 숙성 초기에 malic acid, lactic acid, oxalic acid가 많이 함유되어 있으나 malic acid, lactic acid는 숙성이 진행됨에 따라 감소한다고 보고하였다. 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미는 상압에서 단순가열처리한 동치미와 비교하여 malic acid와 lactic acid 모두 낮은 함량을 나타내었는데 malic acid의 경우 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미에서 332~369 mg%로 상압 55°C로 처리하여 가장 낮은 함량을 나타낸 378 mg%보다 적은 함량을 보였고 lactic acid 역시 상압에서 가장 낮은 함량을 나타낸 125 mg%보다 적은 97~113 mg%의 함량을 보였다.

동치미의 유리당은 glucose, fructose 및 mannose가 확인되었고 상압에서 단순가열처리한 동치미와 비교하여 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미에서 다소 낮은 함량을 보여 주었다(Fig. 4). 검출된 유리당 중 mannose의 함량이 glu-

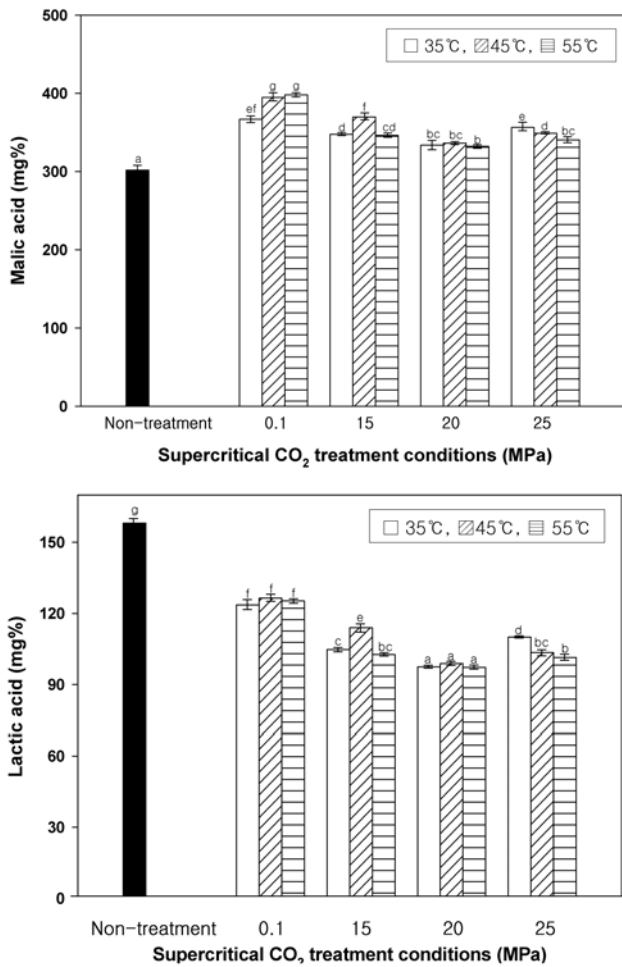


Fig. 3. Changes of organic acid content of *Dongchimi* by heating and supercritical CO₂ treatment. Values are mean±SD. Means with different letters differ p<0.05.

cose와 fructose보다 높게 분석되었고 초임계 이산화탄소 처리구의 경우는 압력이 증가함에 따라 소량 감소하는 경향이 었다.

휘발성 향기성분의 변화

각각의 조건에서 처리한 동치미의 향기성분 변화는 Table 3과 같다. 미처리구와 단순 가열 처리한 동치미의 비교 시 methylallyl sulfide, dimethyl disulfide, 3,3-thiobis, 1-propene를 제외하고 대부분 증가하였다. 미처리구, 단순 가열처리구 및 초임계 이산화탄소 처리구간의 비교 시 머무 림 시간 11.175 이상의 휘발성 향기성분에서는 초임계 이산화탄소 처리구가 대부분 높은 함량을 보여주었고, 초임계 이산화탄소 처리구간 온도에 따른 휘발성 향기성분의 변화 는 온도가 증가함에 따라 전반적으로 휘발성 향기성분도 증 가하는 경향이였다. 특히 methyl propyl disulfide는 15 MPa, 35°C 구간을 제외한 모든 구간에서 확인되지 않아 마늘과 파 등에서 이입되는 특유의 강한 향기성분들이 감소함을 보 여 주어 동치미 음료개발 시 활용 가능성을 확인하였다. 이

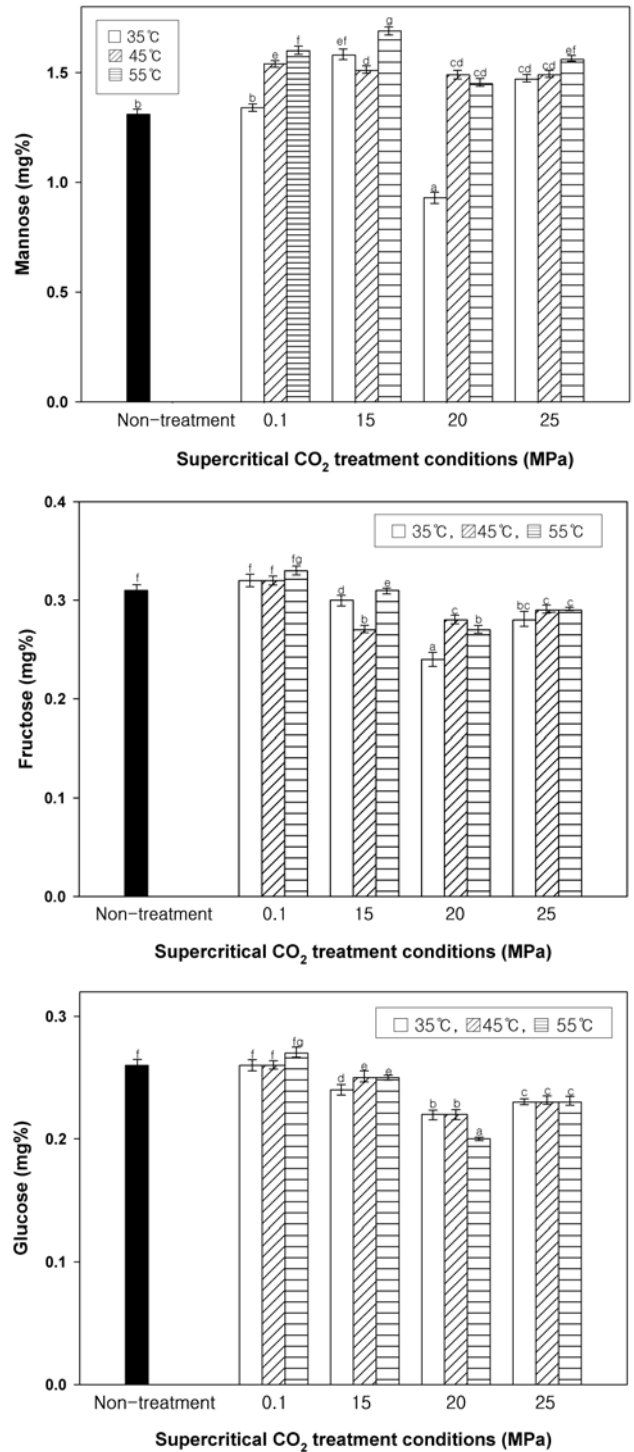


Fig. 4. Changes of free sugar content of *Dongchimi* by heating and supercritical CO₂ treatment. Values are mean±SD. Means with different letters differ p<0.05.

와 같이 초임계 이산화탄소 처리 조건에 따른 휘발성 향기성 분의 변화는 마늘과 파, 무 등의 함황 화합물 특유의 좋지 못한 냄새를 줄이고 alcohol이나 휘발성 유기산 등의 성분이 일부 증가하는 역할을 하는 것으로 사료된다.

Table 3. Volatile compounds of *Dongchimi* according to changes of heating and supercritical CO₂ treatment conditions

Retention time (min.)	Compounds	Peak area (%)												
		Non-treatment	Pressure (MPa)									Temperature (°C)		
			0.1			15			20			25		
			35	45	55	35	45	55	35	45	55	35	45	55
1.280	Ethanol	4.33	6.58	6.67	8.82	14.91	48.80	36.04	45.97	19.23	21.60	19.06	16.92	24.27
1.369	Methylallyl sulfide	6.05	5.90	5.02	5.82	9.54	10.63	1.26	3.75	4.42	5.81	9.09	4.88	1.89
1.654	Dimethyl disulfide	57.83	55.40	46.50	42.77	34.84	34.33	15.58	30.39	28.74	23.50	30.53	34.07	29.16
1.928	3,3-Thiobis,1-propene	3.08	2.86	2.88	2.79	2.11	1.62	-	1.53	1.10	1.22	1.67	1.56	1.65
2.278	1,8-Cineole	0.63	1.02	0.91	1.45	1.22	0.86	-	0.63	0.64	0.96	0.64	0.56	-
2.450	Methyl propyl disulfide	0.78	1.09	1.05	0.84	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-
4.090	Dimethyl trisulfide	20.35	23.60	25.54	28.57	18.08	17.73	17.28	18.07	16.09	15.82	16.10	17.13	16.59
11.175	β -Citronellol	1.34	1.37	1.74	1.68	2.11	1.94	2.86	2.81	2.91	3.41	1.25	2.30	2.66
15.476	3-Methyl thio propyl isothiocyanate	0.74	0.86	1.13	1.19	1.18	1.03	1.41	1.46	1.38	1.32	1.10	1.38	1.38
21.760	2,4-Di-t-butyl phenol	3.21	-	3.61	4.02	7.87	9.03	18.43	19.62	19.87	17.04	17.13	17.17	16.23
24.623	Dodecanoic acid	1.44	0.78	2.75	1.86	4.48	3.29	6.75	5.72	5.36	7.55	3.18	4.01	4.94
32.807	Hexadecanoic acid	0.21	0.54	2.19	0.18	3.10	0.75	0.38	0.04	0.27	1.76	0.23	0.01	1.23
Total		100												

Polygalacturonase의 활성변화

상압조건에서 단순가열 처리와 초임계 이산화탄소 처리 구간의 polygalacturonase(PGase) 활성변화는 Fig. 5와 같다. 이 결과 상압에서 단순가열 처리구의 경우 처리 온도가 35, 45, 55°C일 때 PGase가 각각 11.81, 15.81, 13.21 unit/mL로 나타나 무처리구와 비교 시 각각 43.9%, 92.7%, 61.0% 증가함을 확인하였다. 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미에서도 무처리구와 비교하여 대부분 PGase의 활성은 높게 나타났다. 초임계 이산화탄소 처리구에서 압력이 15 MPa의 경우 35, 45, 55°C에서 각각 12.61, 15.61, 12.01 unit/mL로 나타나 45°C에서 가장 높은 활성을 보였다. 20 MPa의 압력 구간에서는 35°C에서 무처리구와 비교하여 100% 가까이 증가한 16.41 unit/mL로 최고의 효소 활성을 나타내었으며 온도가 증가할수록 효소 활성은 다시 낮아져 45, 55°C에서 각

각 10.21, 9.41 unit/mL였다. 가장 높은 압력인 25 MPa 구간은 전체 구간에서 가장 낮은 효소 활성을 나타내었으며 특히 25 MPa, 55°C에서는 무처리구와 비교하여 40.3% 효소 활성의 저해가 나타났다. 따라서 초임계 이산화탄소를 이용하여 동치미 무의 PGase 효소를 불활성화시키기 위해서는 25 MPa이상의 압력과 55°C이상의 온도가 요구됨을 확인하였다. Hong과 Park(4)은 압력이 증가함에 따라 PGase의 활성은 증가하여 600 MPa에서 최고치를 보였으며 686 MPa 이상의 압력에서는 다시 감소하였다고 보고하였다. Ji와 Hwang(19)은 초임계유체 중에서 물질의 용해도는 압력에 의해 변화함으로써 압력은 용해도를 변화시켜 효소반응에 영향을 끼치며, 반응 과정에 있어서 용액중의 이온헤리와 관계에 의해 압력은 직접적으로 효소 반응에 영향을 끼친다고 보고하였다.

요 약

본 연구는 고품질의 동치미 제조를 위해 고온살균에서 발생할 수 있는 향기 성분의 변화와 영양소 파괴 등으로 인한 품질저하의 문제점을 해결하기 위해 비열처리 공정인 초임계 이산화탄소를 이용하였으며 이화학적 품질특성을 조사하였다. 그 결과 pH, 산도 및 색도는 상압에서 가열처리한 동치미와 초임계 이산화탄소를 처리한 동치미 모두 뚜렷한 변화를 나타내지 않았으며 비타민 C의 경우 초임계 이산화탄소 처리구가 상압에서 가열처리한 구간보다 더욱 안정함을 보였다. 유기산과 유리당의 경우는 초임계 이산화탄소 처리구가 상압에서 가열처리한 구간보다 다소 낮은 함량을 보였으나 그 차이는 매우 적음을 알 수 있었다. 휘발성 향기 성분은 dimethyl disulfide, methyl trisulfide, methyl propyl disulfide 등 마늘과 파 등의 특유의 강한 향기성분들은 초임

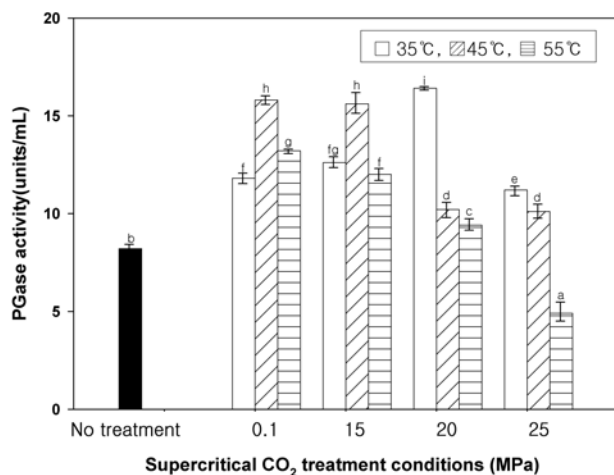


Fig. 5. Changes of polygalacturonase (PGase) of *Dongchimi* activity by heating and supercritical CO₂ treatment. Values are mean \pm SD. Means with different letters differ $p < 0.05$.

계 이산화탄소처리에 의해 대부분 감소됨을 보여주었다. 초임계 이산화탄소를 이용하여 동치미 무의 polygalacturonase 효소를 불활성화 시키기 위해서는 25 MPa 이상의 압력과 55°C 이상의 온도가 요구됨을 확인하였다. 따라서 동치미의 살균을 위해 초임계 이산화탄소를 처리함으로써 동치미 중 PGase 효소의 불활성화가 가능하며, 산업적 응용을 위해서는 무를 제외하고 동치미 액만을 활용하는 것이 용이하다 사료된다.

문 헌

- Um DH, Chang HG, Kim J G, Kim WJ. 1997. Optimal temperature and salt concentration for low salt Dongchimi juice preparation. *Kor J Soc Food Sci* 13: 578-584.
- Kim SJ, Park KH. 1995. Retardation of kimchi fermentation by the extracts of *Allium tuberosum* and growth inhibition of related microorganisms. *Kor J Food Sci Technol* 27: 813-818.
- Park WS. 1994. Present condition and the future respect of kimchi industry. *Bull Food Technol* 7: 17-18.
- Hong KP, Park JY. 1998. Changes in microorganisms, enzymes and texture of Dongchimi by high hydrostatic pressure treatment. *Kor J Food Sci Technol* 30: 596-601.
- Hoover DG, Metrick C, Papneau AM, Farkas DF, Knorr D. 1989. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technol* 43: 99-107.
- Yun HS, Park SJ, Park JI. 1997. Effect of a combined treatment of high hydrostatic pressure and carbonation on the quality characteristics of valencia orange juice. *Kor J Food Sci Technol* 29: 974-981.
- Ju YW, Lee MY, Woo MJ, Byun SY. 2005. The current status of supercritical fluid extraction technology and industrial application. *Kor J Biotechnol Bioeng* 20: 239-337.
- Ju YW, Kang MH. 2005. Production of functional sesame oil by supercritical fluid extraction. *Food Industry and Nutrition* 10: 22-29.
- King JW, Johnson JH, Friedrich JP. 1989. Extraction of fat tissue from meat products with supercritical carbon dioxide. *J Agr Food Chem* 37: 951-954.
- Choi WS, Kim YJ, Jung JY, Kim TJ, Jung BM, Kim ER, Jung HK, Chun HN. 2005. Research for selecting the optimized vitamin C analysis method. *Kor J Food Sci Technol* 37: 861-865.
- Gancedo MC, Luh BS. 1986. HPLC analysis of organic acid and sugars in tomato juice. *J Food Sci* 51: 571-573.
- Lee KJ. 1995. Effects of preheating treatment and chitosan addition on the textural properties of Korean radish during fermentation. The Research Report of Miwon Research Institute of Korean Food and Dietary Culture 6: 505-569.
- Balaban MO, Arreola AG, Marshall MR, Peplow AJ, Wei CI, Cornell JA. 1991. Inactivation of PE in orange juice by SC-CO₂. *J Food Sci* 56: 734-741.
- Kimball DA. 1987. Debitting of citrus juices using supercritical CO₂. *J Food Sci* 52: 361-402.
- Arreola AG, Balaban MO, Marshall MR, Peplow AJ, Wei CI, Cornell JA. 1991. Supercritical carbon dioxide effects on some quality attributes of single strength orange juice. *J Food Sci* 56: 1030.
- Tressler DK. 1961. Nutritive value of fruit and vegetable juices. In *Fruit and vegetable juice processing technology*. Donald K, Maynard A, eds. The Avi Publishing Co., Inc., Westport. p 447.
- Ko EJ, Hur SS, Choi YH. 1994. Development of ion beverage from Dongchimi product by reverse osmosis concentration. *Kor J Food Sci Technol* 26: 573-578.
- Kim MR, Jhee OH, Yoon HM, Yang CB. 1996. Flavor characteristics of Kakugi by radish cultivars and seasons. *Kor J Food Sci Technol* 28: 762-771.
- Ji YM, Hwang SY. 1994. Reaction of enzyme in supercritical fluid. *Kor J Food Sci Industry* 27: 32-36.

(2008년 7월 9일 접수; 2008년 9월 23일 채택)