

갈변방지제 처리가 슬라이스 유자의 저장성에 미치는 영향

이보배 · 이진원* · 박재옥** · 조윤섭*** · †남승희****

전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구사, *수원여자대학교 보건식품학부 약용식물과 교수,
전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구사, *전라남도농업기술원 과수연구소 농업연구관,
****전남대학교 농업생명과학대학 연구교수

Effect of Browning Inhibitor Treatment on Sliced Citron Storage (*Citrus junos* Sieb.)

Bo-Bae Lee, Jin-Won Lee*, Jae-Ok Park**, Youn-sup Cho*** and †Seung-Hee Nam****

Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea

*Professor, Faculty of Health & Food Medicinal Plant, Suwon Women's University, Suwon 46632, Korea

**Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea

***Senior Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea

****Research Professor, Dept. of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate at how the quality of citron changed during storage as a result of the browning inhibitor treatment. In the browning inhibitor treatment, Vit.C, Vit.C+NaCl, Vit.C+NaCl+CD substances were used. As a result of investigating the browning degree, Vit.C+NaCl+CD showed the lowest value of 0.76 when stored for 12 weeks. The ΔE of the chromaticity value indicated that significant color change occurred when the value was high. As the Vit.C+NaCl+CD mixture showed the lowest value of 46.01 at 25°C, it was found that browning did not occur much compared to other treatments. The change in polyphenol oxidase (PPO) activity of citron increased as browning progressed. Among the browning inhibitor solutions, Vit.C+NaCl+CD solution showed the lowest value 118.8 u/g at 25°C after 12 weeks. Based on these findings, it seems that CD mixing solution can be used as a citron browning inhibitor.

Key words: citron, polyphenol oxidase (PPO), cyclodextrin, browning inhibitor

서 론

유자(*Citrus junos* Sieb.)는 분류학상으로 운향과 감귤 속에 속하는 과실로서 중국 양자강 상류지방이 원산지이며, 우리나라 남부지방에서 과수로 재배하고 있는 것으로 제주도를 포함하여 전남 고흥, 완도, 진도, 경남 거제, 남해, 통영 등 남해안 일대에서 자생한다(Lee 등 1994). 유자나무는 일반 감귤에 비해 내한성 및 내건성에 강하여 겨울철 온난한 기후에서 재배가 가능하므로 국내의 제주도, 고흥, 거창, 장흥, 완도, 거제 등 주로 남해안 일대에서 재배되어 왔다(Shin 등 2005).

유자는 생체이기 때문에 수확 후 저장 중에도 생명유지를 위해서 호흡 등 대사 작용을 계속함에 따라 수확 전에 축적한 양분을 분해하거나 소모하면서 열, 수분 및 CO₂ 가스를 발생하게 되고 이에 따라 저장된 유자의 품질이 나빠지게 된다. 또한 저장된 유자의 표면으로부터 증산작용에 의해서 수분이 공기중으로 증발하게 되어 중량이 감소하고 외관이 불량해지며 게다가 미생물에 대한 저항성이 낮아져 미생물의 번식에 의한 부패가 발생하기 쉽다(Kim 등 1995a). 과실류의 갈변현상은 polyphenol oxidase(PPO)와 같은 효소에 의한 페놀성 물질의 산화에 의해서 발생되며, 효소적인 갈변을 막거나 억제하는 것은 식품산업에서 주된 관심사이다(Brecht JK

† Corresponding author: Seung-Hee Nam, Research Professor, Dept. of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea. Tel: +82-62-530-0207, Fax: +82-62-530-0279, E-mail: namsh1000@jnu.ac.kr

1995; Tomás-Barberán & Espín 2001). 국내에서는 갈변방지제에 관한 연구(Chang 등 2011; Kim 등 2017)가 지속적으로 이루어지고 있으며 Son 등(1996)의 연구에서는 cysteine, citric acid, vitamin C 등을 조합하여 항갈색화 효과를 조사하였고, Park 등(1998)은 vitamin C, citric acid, allyl isothiocyanate를 절단 양파에 0.1~2.0% 농도범위로 처리하여 저장중의 갈변억제효과에 대해 연구한 바 있다. 또한, Sojo 등(1999)은 cyclodextrin이 갈변억제제로 사용될 수 있다고 보고한 바 있다. 지금까지 많은 과채류를 이용하여 갈변억제효과에 대해 연구한 바 있으나 유자의 갈변억제와 관련된 연구는 현재 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 갈변방지제 처리에 따라 생체 유자 저장 중 품질특성 변화를 비교 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 시험에서 사용한 유자(*Citrus junos* Sieb.)는 전라남도농업기술원 과수연구소 완도시험지의 12월에 수확된 재래품종을 사용하였다.

2. 유자에 대한 갈변 방지제 처리

갈변방지제 개발을 위해 vitamin C, NaCl, cyclodextrin은 Sigma(St. Louis, MO, USA)에서 구입, 혼합하여 이용하였다. 갈변방지제 처리 조건은 무처리군은 정제수에 침지하였고, 처리군에 대한 자세한 비율은 Table 1에 나타내었다. 유자는 스테인레스 칼을 이용하여 1 cm 두께로 슬라이스 한 후 30 g 단위로 계량하였으며, 각각의 갈변 방지제 용액 100 mL에 5분간 침지한 후 흡수지로 수분을 가볍게 제거하였다. 갈변 방지제에 침지 처리한 슬라이스 유자는 25°C에서 12주간 저장하면서 저장 중 품질 특성의 변화를 조사하였다.

3. 색도

유자 표면의 색도는 색차계(CR-400 Konica, Minolta Inc.,

Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 색도는 명도(light)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b값을 측정하였으며, 총 색도는 ΔE 값으로 나타내었다. 사용한 표준백색판의 색도는 L-value=98.67, a-value=-0.10, b-value=1.8이었다.

4. pH, 산도, 갈변도

시료 5 g을 25 mL의 증류수를 넣고 마쇄한 후 filter paper(Watman No.4)로 여과한 용액으로 pH, 산도, 갈변도를 확인하였다. 산도는 시료에 0.1% phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적색이 될 때까지 적정하여 NaOH 용액의 소비된 용량(mL)을 구한 다음 구연산으로 환산하였다. 갈변도는 시료를 420 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다.

5. Polyphenol oxidase(PPO) 활성

Polyphenol oxidase 활성은 선행연구(Arias 등 2007)의 방법을 응용하여 측정하였다. 갈변 방지 처리된 유자 5 g에 50 mM의 potassium phosphate buffer(pH 7.0)를 15 mL 가하여 3분간 균질화(T-20, IKA Königswinte, Germany)한 후 4°C, 10,000 ×g에서 30분 원심분리해서 얻은 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 100 mM의 potassium phosphate buffer(pH 7.0) 0.2 mL에 기질 10 mM catechin 용액 0.05 mL를 넣고 조효소액 0.05 mL를 가하여 혼합한 다음 420 nm의 파장에서 5분간 흡광도의 변화를 측정하였다. PPO 활성은 시료 g당 1분당 흡광도 값이 0.001 변하는 것을 1 unit으로 하였다.

6. 총 페놀 함량 측정

갈변 방지 처리된 유자 5 g에 ethanol 25 mL를 가한 다음 마쇄한 후 진탕 추출하여 filter paper(Watman No.2)로 여과하여 총 페놀 측정 시료로 사용하였다(Lee 등 2020). 총 페놀함량 측정을 위해 시료 30 μ L에 증류수 32.5 μ L를 가하여 희석한 후 12.5 μ L의 Folin-denis reagent를 넣어 6분간 암소에서 반응시켰다. 이 혼합액에 12.5 μ L 7% sodium carbonate 와 250 μ L 증류수를 넣고 60분간 암소에서 반응 후 760 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 검량선은 gallic acid를 이용하여 농도별로 표준곡선을 작성한 후 이로부터 총 페놀성 화합물 함량을 구하였다.

7. 총 플라보노이드 함량 측정

갈변 방지 처리된 유자 5 g에 ethanol 25 mL를 가한 다음 마쇄한 후 진탕 추출하여 filter paper(Watman No.2)로 여과하여 총 플라보노이드 측정 시료로 사용하였다(Lee 등 2020). 총 플라보노이드 함량 측정을 위해 시료 20 μ L에 diethylene

Table 1. Anti-browning agent mixing ratio

Anti-browning agents ¹⁾	Ingredient (%)			
	D.W	Vitamin C	NaCl	Cyclodextrin
CON	100	-	-	-
V-1	99.95	0.05	-	-
V-2	99.0	0.05	1.0	-
CD-1	98.5	0.05	1.0	0.5

¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

glycol 200 μ L와 20 μ L 2 N NaOH를 넣고 37°C에서 30분간 반응시킨 후 420 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 검량선은 quercetin를 이용하여 농도별로 표준곡선을 작성한 후 이로부터 총 플라보노이드성 화합물 함량을 구하였다.

8. DPPH radical 소거활성

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)를 이용한 라디칼 소거능은 Blois MS(1958) 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 갈변방지 처리된 유자 5 g 에 ethanol 25 mL를 가하여 마쇄한 후 진탕 추출하여 filter paper(Watman No.2)로 여과하여 항산화능 측정 시료로 사용하였다. 일정농도로 희석한 시료 50 μ L에 1 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 용액 250 μ L를 가하여 혼합한 다음, 10분간 반응시켜 517 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 항산화능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다. vitamin C eq. 검량선은 ascorbic acid를 이용하여 농도별로 표준곡선을 작성하여 구하였다.

9. 통계처리

본 연구에서 얻어진 결과는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 23.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하였다. 시료간의 유의성 검정은 one-way analysis of variance(ANOVA)를 한 후, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료간의 유의적인 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 갈변방지제 처리에 따른 저장 중 유자의 pH, 총산도, 갈변도 변화

슬라이스 유자의 저장 중 갈변 발생을 억제하기 위하여 갈변방지제를 처리하고 저장 직후 측정된 pH, 총산도, 갈변도 변화는 Table 2에 나타내었다. pH의 경우 6주까지는 처리구간에 유의적인 차이는 없었지만 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었고, 12주에는 CD-1 3.12로 가장 높게 나타났다. 총산도는 각각 처리구 및 저장 기간에 따라 다

Table 2. Variance in pH, acidity and change in browning of citrons according to anti-browning agent treatment

Storage period (weeks)	Anti-browning agents ¹⁾	pH	Acidity (%)	Optical density (420 nm)
0	CON	3.22±0.01 ^{b2)}	2.86±0.02 ^b	0.48±0.001 ^b
	V-1	3.23±0.003 ^{ab}	2.78±0.02 ^b	0.47±0.008 ^c
	V-2	3.23±0.003 ^a	3.11±0.01 ^a	0.49±0.002 ^b
	CD-1	3.22±0.004 ^b	3.15±0.15 ^a	0.50±0.002 ^a
3	CON	3.18±0.003 ^{NS}	2.98±0.02 ^b	0.71±0.005 ^a
	V-1	3.19±0.005	3.19±0.08 ^a	0.61±0.001 ^b
	V-2	3.18±0.003	3.19±0.15 ^a	0.57±0.004 ^c
	CD-1	3.18±0.03	3.09±0.06 ^{ab}	0.52±0.003 ^d
6	CON	3.17±0.01 ^{NS}	3.46±0.19 ^{NS}	0.98±0.002 ^a
	V-1	3.16±0.01	3.48±0.06	0.74±0.002 ^b
	V-2	3.17±0.003	3.48±0.02	0.64±0.008 ^c
	CD-1	3.16±0.01	3.32±0.06	0.59±0.002 ^d
9	CON	3.13±0.002 ^b	3.53±0.04 ^{NS}	1.23±0.002 ^a
	V-1	3.14±0.004 ^a	3.59±0.02	1.01±0.003 ^b
	V-2	3.13±0.001 ^b	3.55±0.21	0.93±0.008 ^c
	CD-1	3.14±0.01 ^a	3.51±0.02	0.69±0.001 ^d
12	CON	3.09±0.003 ^c	3.49±0.04 ^{NS}	1.63±0.01 ^a
	V-1	3.12±0.003 ^a	3.51±0.13	1.23±0.02 ^b
	V-2	3.11±0.003 ^b	3.48±0.06	1.04±0.004 ^c
	CD-1	3.12±0.005 ^a	3.57±0.12	0.76±0.005 ^d

¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

²⁾ Means with different letters within the same column are significantly different from each other at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{NS}Not significant.

르게 나타났는데 0, 3주째에는 유의적인 차이를 보이다가 6~12주까지는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 과채류의 pH는 전처리, 가공, 저장의 과정에서 당과 같은 여러 성분의 변화에 의해 달라진다고 알려져 있다(Kim 등 2015).

저장기간에 따른 갈변도의 변화는 저장초기 각 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았지만 저장 12주후에는 무처리군이 흡광도가 1.63으로 가장 높게 나타났고 CD-1은 0.76으로 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. 이는 색도 ΔE 값과 비교하였을 때 같은 경향을 나타내고 있다. 과채류는 조리, 가공 등의 공정에서 기질, 효소, 산소 등에 의해 효소적 갈변 반응이 발생한다고 알려져 있으며 (Shin KE 2020), 과실의 갈변은 온도나 시간에 따라서 큰 영향을 받는 것으로 보고된 바 있다(Kim 등 1995a).

2. 색도 변화

갈변방지제를 처리하여 25°C에서 저장한 유자의 색도 변화는 Table 3과 같다. 슬라이스 유자의 갈변방지제 처리 후

12주째의 ΔE 값은 무처리구 53.63에 비해 V-1, V-2, CD-1 용액 처리구에서 각각 52.69, 49.44, 46.01로 낮게 나타났다. 색차를 나타내는 ΔE 값은 측색 전후의 L, a, b값의 종합적인 차이를 나타낸 값으로 단순한 갈변 외에 관능평가에 의한 기호도와 밀접한 관련이 있으므로(Rosen & Kader 1989), ΔE 값의 변화가 적은 CD-1 용액 처리구가 효과적인 것으로 나타났다. 명도를 나타내는 L값은 0일에 무처리구는 55.74를 나타내었는데 12주 저장 후에는 41.67로 낮아졌고 V-1의 경우 55.53에서 42.97, V-2 용액 처리구는 57.71에서 46.66, CD-1은 57.83에서 51.35로 감소하였다. 슬라이스 유자를 저장하였을 때 갈변 방지 효과는 CD-1 용액 처리구에서 크게 나타났다. 일반적으로 과실의 갈변 현상이 유기되는 원인은 과실에 함유되어 있는 Polyphenol oxidase(PPO)의 작용을 받아 산화된 quinone 화합물 또는 그 유도체 형성으로 인한 색소 물질의 축적으로 발생한다(Lurie & Klein 1990; Siddiq 등 1993). 그러므로 CD-1 용액 처리구에서 슬라이스 유자의 색도 변화가 적은 것은 이들이 다른 갈변방지제보다 유자의 산화적 갈변

Table 3. Variance in color values of citrons according to anti-browning agent treatment

Storage period (weeks)	Anti-browning agents ¹⁾	Color values			
		L	a	b	ΔE
0	CON	55.74±0.51 ^{NS2)}	5.02±2.70 ^{NS}	28.01±3.51 ^{ab}	46.10±1.77 ^a
	V-1	55.53±0.95	3.67±0.63	24.64±0.43 ^b	44.28±1.05 ^{ab}
	V-2	57.71±0.68	2.30±0.61	26.93±0.58 ^{ab}	43.50±0.66 ^b
	CD-1	57.83±2.40	5.27±3.19	29.56±1.98 ^a	45.31±0.45 ^{ab}
3	CON	51.61±1.01 ^b	6.04±0.92 ^{ab}	24.52±0.65 ^{NS}	47.95±1.13 ^a
	V-1	52.78±0.90 ^b	7.80±2.72 ^a	26.05±1.44	47.97±0.45 ^a
	V-2	53.69±2.33 ^b	7.08±2.05 ^a	27.04±1.85	47.56±1.41 ^a
	CD-1	56.54±1.15 ^a	3.26±0.89 ^b	25.92±2.09	44.06±0.38 ^b
6	CON	48.79±0.89 ^b	7.09±0.73 ^a	17.80±1.06 ^d	48.16±0.67 ^{NS}
	V-1	51.61±2.42 ^a	6.99±0.85 ^a	20.43±1.90 ^c	46.47±1.45
	V-2	52.18±0.20 ^a	4.30±1.05 ^b	24.22±0.72 ^b	47.11±0.27
	CD-1	53.65±1.07 ^a	4.56±0.64 ^b	26.97±1.00 ^a	47.16±0.58
9	CON	44.18±0.52 ^c	5.73±0.60 ^{ab}	13.06±0.46 ^d	51.21±0.47 ^a
	V-1	46.13±1.35 ^c	5.45±0.73 ^{ab}	15.32±1.00 ^c	49.80±1.08 ^a
	V-2	49.56±1.79 ^b	6.04±1.05 ^a	18.67±0.63 ^b	47.57±1.85 ^b
	CD-1	52.94±0.44 ^a	3.25±2.17 ^b	23.16±1.64 ^a	45.91±0.82 ^b
12	CON	41.67±0.60 ^c	6.27±1.11 ^{NS}	12.46±0.55 ^c	53.63±0.78 ^a
	V-1	42.97±0.92 ^c	6.91±1.46	13.50±2.54 ^{bc}	52.69±0.20 ^a
	V-2	46.66±1.07 ^b	6.67±1.31	15.28±0.82 ^b	49.44±1.35 ^b
	CD-1	51.35±0.98 ^a	5.99±1.08	19.03±0.75 ^a	46.01±0.78 ^c

¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

²⁾ Means with different letters within the same column are significantly different from each other at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{NS}Not significant.

을 억제했기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 신선절단 딸기 절단면의 갈변지표로 L값을 측정한 연구(Chung & Moon 2012), 사과, 배, 복숭아 색도 연구(Pizzocaro 등 1993; Gorny 등 1999; Dong 등 2000)에서는 갈변 억제제 첨가 시 단용보다는 다른 물질과 혼용의 경우에 L값이 높게 나타나 더욱 효과적인 것으로 확인되었으며, 이 결과는 본 연구와 유사하였다.

3. Polyphenol oxidase(PPO) 활성 변화

갈변방지제 처리한 유자의 저장 중 PPO 활성의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 무처리군의 PPO 활성이 초기 저장에는 68.4 U/g으로 나타났다가 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고 저장 12주째에는 178.2 U/g으로 다른 처리구에 비해 가장 높은 함량을 나타내었다. V-1 용액의 경우 0일 70.2 U/g, 12주 163.8 U/g으로 증가하였으며 CD-1 용액은 저장초기 64.8 U/g 함량을 나타내다가 12주에는 118.8 U/g으로 PPO 활성이 가장 낮게 나타났다.

이러한 PPO 활성은 효소적 갈변반응의 지표로, 효소활성의 감소는 갈변반응이 적게 일어남을 시사하며 이는 본 연구에서 갈변도의 변화결과와 일치하였다. 또한, Kim & Bae (2002)의 사과 농축액에 대한 갈변억제제 처리효과의 연구결과와도 유사한 경향을 나타내었다. Kee & Park(2000)의 연구에서는 물에 침지한 건조양파의 갈변 억제율은 16%, cyclodextrin은 24%로 나타났고 Sojo 등(1999)은 cyclodextrin이 갈변을 억제할 뿐만 아니라 갈변을 촉진하는 이중적인 효과를 나타낸다고 보고한 바도 있다. Cyclodextrin은 환원형 소당류로서 내부는 소수성이고 외부는 친수성인 원통형 모양으로 내부에 동공이 있고 이 부분에 polyphenol 등의 분자가 포접화합물을 형성하여 갈변을 억제하는 것으로 보고되어 있다. Hicks 등(1996)은 박피 세절한 신선한 과일, 야채주스의 효소적 갈변을 억제하기 위해 β -cyclodextrin을 처리한 결과 갈변이 억

제된다고 하였다. 이 결과로 CD-1이 갈변방지제로서 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

4. 총 페놀 변화

Fig. 2는 저장 중 갈변방지제 처리에 따른 유자의 총 페놀 변화를 나타낸 것이다. 총 페놀 함량은 모든 처리구가 저장 후기로 갈수록 감소하였으며, 12주경에는 무처리군이 49.96 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었고 V-1 51.28 mg/100 g, V-2 54.58 mg/100 g, CD-1 58.08 mg/100 g 순으로 나타났다. 저온 blanching 및 갈변저해물질의 처리에 따른 최소가공 감자의 저장 중 총페놀의 함량이 저장 7일경 일시적으로 증가하였다가 저장 후기로 갈수록 감소하는 경향을 나타낸다는 연구 결과(Hwang 등 2009)와 유사한 경향이였다. 본 연구 결과에서는 일시적으로 총페놀 함량이 증가하지 않았지만 Hwang 등(2009)의 연구에 따르면 블렌칭에 의해 추출되지 않은 불용성 페놀 화합물이 고분자 화합물로부터 분리되어 유리 화합물로 분해되었기 때문이라 보고하고 있다.

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기를 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리 기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Seog 등 2002). 선행연구(Hwang 등 2009; Song 등 2013) 결과에 따르면 총 페놀의 감소 현상은 PPO의 기질로 작용하여 소모된 것으로 보고하고 있는데 이는 본 연구결과와 일치하였다. 본 연구에서는 저장기간이 증가할수록 각 처리군들의 PPO 활성이 증가하였고 이와 상반되게 총페놀의 함량은 감소하였다.

5. 플라보노이드 변화

갈변방지제 종류에 따라 유자에 처리한 후 플라보노이드 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 플라보노이드는 혈중 콜레스테

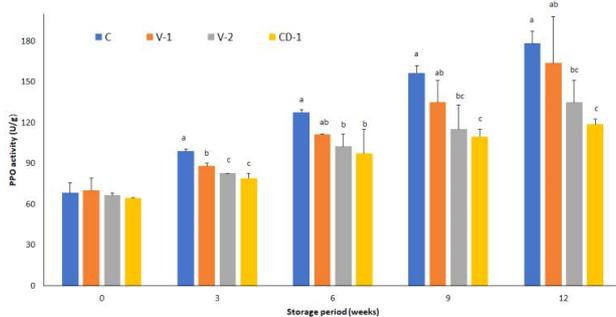


Fig. 1. Variance in ppo activity of citrons according to anti-browning agent¹⁾ treatment. ¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

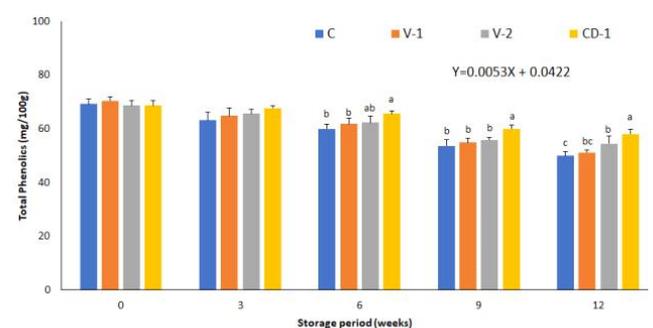


Fig. 2. Variance in total phenol of citrons according to anti-browning agent¹⁾ treatment. ¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

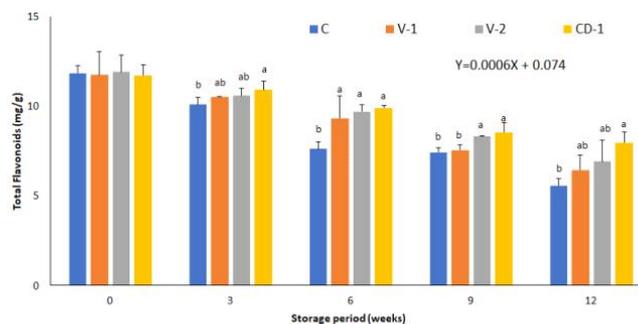


Fig. 3. Variance in flavonoid of citrons according to anti-browning agent¹⁾ treatment. ¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

를 및 증성지질 억제작용에 의한 혈관계 질환 개선효과, 간 질환 개선효과, 암세포 증식억제에 의한 항암작용, 노화 및 질병의 원인이 되는 생체 내에 지질의 과산화를 억제하는 항산화작용 등 건강에 관련된 다양한 생리기능 활성을 확인하여 보고하였다(Cha & Cho 2001). 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 유사한 경향을 나타냈으며 저장초기 4처리간의 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 저장 3주째부터는 무처리군이 10.10 mg/g으로 가장 낮았고 나머지 용액들간의 차이는 CD-1>V-2>V-1 순으로 높게 나타났다. 저장 후기인 12주에는 무처리군이 5.58 mg/g으로 가장 낮았고 CD-1 용액으로 처리하였을 때 유자의 플라보노이드 함량은 7.98 mg/g으로 가장 높게 나타났다. 천연 갈변 억제제 연구 결과(Chang 등 2011)에서 양파와 감귤 과피 추출물에 대하여 총 페놀 함량과 총 플라보노이드의 함량이 비슷하게 나타났는데 이 연구 결과는 본 연구결과와 일치하였다.

특히, cyclodextrin은 환원형 당당류의 결합체로 소수성과 친수성의 양면성의 특성을 갖고 있으므로 polyphenol과 같은 물질의 분자가 결합된 화합물을 형성하므로 갈변물질 생성을 억제하게 된다(Sojo 등 1999). 그러므로 본 연구에 이용한 슬라이스 유자의 경우 효소적 갈변 억제를 위하여 cyclodextrin을 사용하였을 때 갈변이 억제된 것으로 생각 된다(Hicks 등 1996).

6. DPPH radical 소거 활성

갈변방지제를 처리하여 저장기간 동안 유자의 DPPH radical 소거 활성을 Fig. 4에 나타내었다. 항산화 물질의 가장 특징적인 역할을 oxidative free radical과 반응하는 것으로 이것을 이용하여 항산화능을 측정하며, DPPH는 안정한 free radical로 cysteine, glutathione과 같은 황 함유 아미노산과 ascorbic acid, tocopherol 등의 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므

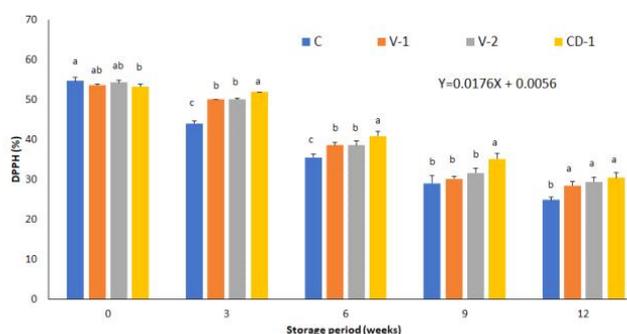


Fig. 4. Variance in antioxidant capacity (DPPH) of citrons according to anti-browning agent¹⁾ treatment. ¹⁾ CON: 100% D.W, V-1: 0.05% vitamin C, V-2: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl, CD-1: 0.05% vitamin C+1.0% NaCl+0.5% CD.

로 항산화능을 측정할 때 DPPH radical 소거능 측정법이 많이 이용된다(Kim 등 1995b). 저장 0일에는 처리군간에 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 후기인 12주에는 무처리군 24%, V-1 28%, V-2 29%, CD-1 30%로 조사되었다. 이는 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 높으면 항산화능도 우수하다는 Kim 등(2006)의 연구와 유사한 경향을 나타내었고, 천연 갈변저해제로서 황금 추출물의 효소적 갈변 저해효과(Park 등 2013) 연구결과 또한 본 연구와 같은 결과를 나타내었다.

또한, cyclodextrin의 경우 전분과 관련된 전이효소(cycloamylose glucano transferase)를 작용시켜 포도당이 설탕과 고리 분자 형태를 형성하므로 물에 잘 용해되며, 산 및 알칼리 성분에 대하여 내열성을 나타내고 열이나 습도에도 강한 특성을 갖고 있으므로 항산화 작용에 효과를 나타낸 것으로 생각된다(Samaniego-Esguerra 등 1991).

요약 및 결론

갈변방지제 처리에 따라 유자를 25°C에 저장하면서 PPO 활성변화, 색도, DPPH radical 소거능, 총 페놀 함량 등을 조사하였다. 각 갈변방지제에 대하여 유자를 침지한 후 저장한 결과 12주째의 유자의 ΔE값은 무처리구에 비해 V-1, V-2, CD-1 용액 처리구에서 각각 52.69, 49.44, 46.01로 낮게 나타났다. 이 결과를 통해 CD-1이 색 변화가 가장 적게 일어났음을 알 수 있었다. 또한, PPO 활성변화는 CD-1 용액은 저장초기 64.8 U/g 함량을 나타내다가 12주에는 118.8 U/g으로 PPO 활성이 가장 낮게 나타났다. 총페놀, 플라보노이드, 항산화능 결과에서는 다른 처리구들에 비해 저장후기에서 CD-1 용액이 함량이 가장 많은 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 갈

변 방지제로 CD-1(0.05% vitamin C1.0% NaCl+0.5% CD) 사용이 효과적인 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2021년도 농촌진흥청 지역특화기술개발연구사업인 「유자 산업 활성화 및 수출 경쟁력 강화기술개발(PJ0161612021)」 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부로, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

- Arias E, González J, Oria R, López-Buesa P. 2007. Ascorbic acid and 4-hexylresorcinol effects on pear PPO and PPO catalyzed browning reaction. *J Food Sci* 72:C422-C429
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Brecht JK. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:18-22
- Cha JY, Cho YS. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 44:122-128
- Chang MS, An SJ, Jeong MC, Kim DM, Kim GH. 2011. Effects of antioxidative activities and antibrowning of extracts from onion, apple and mandarinorange peel as natural antibrowning agents. *Korean J Food Nutr* 24:406-413
- Chung HS, Moon KD. 2012. Effect of browning inhibitors on quality property of fresh-cut strawberries. *Korean J Food Preserv* 19:26-30
- Dong X, Wrolstad RE, Sugar D. 2000. Extending shelf life of fresh-cut pears. *J Food Sci* 65:181-186
- Gorny JR, Hess-Pierce B, Kader AA. 1999. Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *J Food Sci* 64:429-432
- Hicks KB, Haines RM, Tong CBS, Sapers GM, El-Atawy Y, Irwin PL, Seib PA. 1996. Inhibition of enzymatic browning in fresh fruit and vegetable juices by soluble and insoluble forms of β -cyclodextrin alone or in combination with phosphates. *J Agric Food Chem* 44:2591-2594
- Hwang TY, Jang JH, Moon KD. 2009. Quality changes in fresh-cut potato (*Solanum tuberosum* var. Romano) after low-temperature blanching and treatment with anti-browning agents. *Korean J Food Preserv* 16:499-505
- Kee HJ, Park YK. 2000. Effects of antibrowning agents on the quality and browning of dried onions. *Korean J Food Sci Technol* 32:979-984
- Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY. 1995b. Anti-oxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 27:80-85
- Kim HK, Park MH, Lee YC, Kim HM, Chang HG. 1995a. Effects of storage temperature and blanching treatment on the storage stability of citron (*Citrus junos*). *Korean J Food Sci Technol* 27:342-347
- Kim HW, Bae SK. 2002. The effect of antibrowning agents on enzymatic reaction in apple concentrate. *Korean J Food Sci Technol* 34:454-458
- Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM. 2006. Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49:328-333
- Kim MY, Zhang CY, Lee JJ, Huang Y. 2017. Study on commercialization of ready-to-eat pear products by development of anti-browning agents. *Korean J Food Nutr* 30:139-147
- Kim SJ, Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Jo YJ, Min SG, Choi MJ. 2015. Changes in physicochemical and nutritional properties of carrots according to thermal treatments and freezing storage duration. *Food Eng Prog* 19:122-131
- Lee BB, Cho HS, Cho Y, Nam SH. 2020. Quality change of sliced citron (*Citrus junos* Sieb.) according to browning inhibitor treatment. *Korean J Food Nutr* 33:419-427
- Lee YC, Kim IH, Jeong JW, Kim HK, Park MH. 1994. Chemical characteristics of citron (*Citrus junos*) juices. *Korean J Food Sci Technol* 26:552-556
- Lurie S, Klein JD. 1990. Heat treatment of ripening apples: Differential effects on physiology and biochemistry. *Physiol Plant* 78:181-186
- Park M, Chang MS, Jeong MC, Kim GH. 2013. *Scutellaria baicalensis* extracts as natural inhibitors of food browning. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:792-799
- Park WP, Cho SH, Lee DS. 1998. Screening of antibrowning agents for minimally processed vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 30:278-282
- Pizzocaro F, Torreggiani D, Gilardi G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J Food Process Preserv* 17:21-30
- Rosen JC, Kader AA. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *J Food Sci* 54:656-659

- Samaniego-Esguerra CM, Boag IF, Robertson GL. 1991. Kinetics of quality deterioration in dried onions and green beans as a function of temperature and water activity. *Lebensm Wiss Technol* 24:53-58
- Seog HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT. 2002. Characteristics of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34:775-779
- Shin JH, Lee JY, Ju JC, Lee SJ, Cho HS, Sung NJ. 2005. Chemical properties and nitrite scavenging ability of citron (*Citrus junos*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:496-502
- Shin KE. A study on cooking method for preventing enzymatic browning of peack jam. 2020. *Culi Res & Hos Res* 26: 156-166
- Siddiq M, Cash JN, Sinha NK, Akhter P. 1993. Characterization and inhibition of polyphenol oxidase from pears (*Pyrus communis* L. cv. Bosc and Red). *J Food Biochem* 17: 327-337
- Sojo MM, Nuñez-Delicado E, García-Carmona F, Sánchez-Ferrer A. 1999. Cyclodextrins as activator and inhibitor of latent banana pulp polyphenol oxidase. *J Agric Food Chem* 47: 518-523
- Son JY, Son HS, Cho WD. 1996. Effects of some antibrowning agent on onion juice concentrate. *J Korean Soc Food Nutr* 25:529-534
- Song HJ, Kwon OY, Kang BH, Hur SS, Lee DS, Lee SH, Kang IK, Lee JM. 2013. Change in quality attributes of fresh-cut potatoes with heat and browning inhibitor treatment during storage. *Korean J Food Preserv* 20:386-393
- Tomás-Barberán FA, Espín JC. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J Sci Food Agric* 81:853-876

Received 06 July, 2021
Revised 18 July, 2021
Accepted 05 August, 2021