

당근 첨가가 채소즙(녹즙)에서 비타민 C의 안정성에 미치는 영향

이선미 · 유리나* · 이숙희 · 박건영†

부산대학교 식품영양학과

*울산대학교 식품영양학과

Effects of Carrot on the Stability of Vitamin C in (Green-Yellow) Vegetable Juices

Seon-Mi Lee, Rina Yu*, Sook-Hee Rhee and Kun-Young Park†

Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

Abstract

The changes of ascorbic acid(AsA) and dehydroascorbic acid(DHAA) contents in distilled water, carrot juice, and carrot + vegetable juices under different incubation time and temperature were determined by using high performance liquid chromatography. AsA in carrot juice was more stable than that in distilled water. AsA contents in distilled water and carrot juice were gradually reduced in a time and temperature dependent manner. AsA contents in carrot juice and carrot + vegetable juices stored in refrigerator(4°C) for 2 and 24 hours appeared to decrease, but the DHAA contents in all samples increased. Total vitamin C(AsA + DHAA) contents in carrot juice and carrot + vegetable juices remained with the high residue values of 90~97% after incubating at 4°C for 2 and 24 hours.

Key words: carrot, green-yellow vegetable juice, ascorbic acid, dehydroascorbic acid

서 론

녹황색 채소류는 각종 성인병을 비롯해 암의 예방 및 치료에 효과가 있는 것으로 나타나 최근에는 녹황색 채소류의 적극적인 섭취가 널리 권장되고 있다(1). 이 녹황색 채소류는 비타민 및 무기질의 주요 급원이 되고, 많은 양의 식이섬유소로 이루어져 있으며, 특히 비타민 C, 카로티노이드 및 엽록소 등이 풍부하여 생체 내 생리활성에도 중요한 영향을 미치며, 아직 밝혀지지 않은 여러 활성물질의 존재도 보고된바 있어(2-8), 녹황색 채소류에 대한 영양적인 평가가 매우 높아져 있다. 이런 채소류를 많이 섭취하기 위해 최근에는 녹즙(녹황색 채소즙)으로 많이 응용되고 있으며, 녹즙재료로 당근은 기본적으로 들어가는 채소로써 이용되어지고 있다. 당근에는 ascorbate oxidase가 고농도로 함유되어 있어 녹즙에 당근을 첨가하면 비타민 C가 파괴되는 것으로 알려져 기피하는 경향이 있어 왔다(9,10)

AsA는 매우 불안정한 물질로, 식품 중의 AsA는 쉽

게 산화되어 DHAA가 되는데 이것은 가역적 산화-환원 시스템이며, 이 산화형인 DHAA는 diketogulonic acid(DKG)로 비가역적으로 더 분해되면 비타민 C로서 활성을 잃게 되어진다(11). 보통 총비타민 C는 AsA와 DHAA의 합계를 말하며, AsA와 DHAA는 둘다 사람, 영장류, guinea pig에서 생물학적으로 비타민 C의 활성을 가진다(12-14).

AsA의 산화에 영향을 미치는 요인으로서는 공기 중 산소, 온도, 광선 등으로 대단히 다양하며, 채소 및 과일류 중의 비타민 함량은 품종 및 재배조건, 유통 및 저장 조건, 나아가 조리과정 등에 따라서 크게 달라진다(15). 특히 채소류는 그 섭취 전 처리상태에 따라 'empty vitamin C'를 공급하게 되는 경우도 많으며, 예를 들어 장시간 가열처리가 비타민 C를 파괴한다는 것은 널리 알려져 있는 사실이다. 한편, 가열처리를 하지 않는 경우라 하더라도 당근이나 오이 등 ascorbate oxidase 함량이 높은 야채류의 경우(9), 조직의 파괴에 따라 AsA가 급속히 산화분해되어 버리므로 그 생리학적 효력을 기

†To whom all correspondence should be addressed

대할 수 없다고 알려져 있었지만, DHAA상태로써는 꽤 장시간 안정하게 존재하고 있는 것으로 관찰되었다(15,16).

AsA를 산화시키는 효소인 ascorbate oxidase는 식물에 널리 존재하며 최적 pH는 5.6이고 산소를 필요로 하고 열에 불안정하며 pH 3.5 이하에서 실패하며(17-19), 또한 orange껍질에서 추출된 ascorbate oxidase(EC 1.10.3.3)의 최적 온도는 pH 5.6일 때에 40°C라고 보고된 바 있다(18). 따라서 위의 효소의 작용을 억제하는 조건 하에서는 ascorbate oxidase에 의한 AsA의 산화를 지연시키는 것이 가능할 것으로 추측되며, 이에 관한 연구는 매우 유용한 정보를 제공할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 녹즙(녹황색 채소즙)에 당근이 첨가될 때 ascorbate oxidase에 의해 녹즙의 비타민 C가 파괴된다고 알려져 있기에, 당근의 첨가가 녹즙의 비타민 C의 안정성에 어떤 영향을 끼치는지를 측정하기 위해 일상 식생활에서 활용빈도가 높은 녹황색 채소류인 당근, 무우, 오이, 배추, 깻잎, 케일을 선택하여, AsA 수용액, 당근즙액 또는 당근을 첨가한 채소즙들에서 저장 온도와 반응시간에 따른 AsA 및 DHAA의 함량 변화를 HPLC를 사용하여 검토하였다.

재료 및 방법

시료 및 시약

당근, 무우, 오이, 깻잎, 배추, 케일은 부산시의 일반시장에서 구입하여 시료로 사용하였다. AsA 및 bromine은 Junsei Chemical Co.(Japan)에서 구입하였고, dithiothreitol(DTT)은 Promega corporation(USA)에서, ethylene diamine tetra acetic acid(EDTA)는 Sigma Chemical Co.(USA)에서 구입하여 사용하였다.

표준시료 용액의 조제

AsA 표준용액은 2% meta-phosphoric acid(1mM EDTA 첨가) 또는 30% methanol(1mM EDTA 첨가)을 사용하여 일정 농도로 희석 조제하여 HPLC로 분석하였다. DHAA 표준용액의 조제는, 100mg%의 AsA 표준용액에 희석 bromine용액을 첨가하여 용액이 옅은 노란색으로 변하면, AsA가 DHAA상태로 완전히 산화되어지며, 또한 과잉의 Br을 제거하기 위해 얼음위에서 노란색이 없어질 때까지 질소가스로 bubbling하였다. 이와 같은 방법으로 생성된 DHAA 표준용액은 30% methanol(1mM EDTA 첨가)을 사용하여 일정 농도로 희석 조제한 후, 10mM DTT를 1 : 1로 혼합해 실온에서

10분간 방치하면 다시 AsA로 환원되어 HPLC로 분석, 정량하였다.

시료용액의 조제

시료인 당근, 무우, 오이, 깻잎, 배추, 케일 등은 녹즙기(엔젤라이프(주))를 사용하여 압착 추출한 후, 다음과 같이 시료를 준비하였다. 즉, 추출된 채소즙 10ml를 screw cap test tube 안에 넣어 vortex한 후, 밀폐상태에서 1.5시간, 2시간 또는 24시간 동안 냉장고(4°C) 또는 실온(21°C)에서 반응시켰다. Conical tube안에 반응한 채소즙시료액 10ml와 60% methanol(1mM EDTA 첨가) 또는 2% meta-phosphoric acid(1mM EDTA 첨가) 20ml를 혼합하여 vortex한 후, 4°C에서 10분 동안 5000 rpm으로 원심분리하였다. 상등액을 취해서 ependolp tube 안에 1ml씩 분주하여 얼음위에서 30초 동안 질소가스로 bubbling한 후, 분석할 때까지 -70°C에 저장하였다.

시료중 AsA 및 총 비타민 C의 분석

모든 시료는 membrane filter(0.45µm, green filter A25G, (주)녹십자 의약품)로 여과한 후, 30% methanol(1mM EDTA첨가)로 희석하여 HPLC로 분석하였다. 또한 시료의 총 비타민 C의 분석을 위해, 시료에 희석 bromine용액을 첨가하여 용액이 옅은 노란색으로 변하면 AsA가 DHAA상태로 완전히 산화되어지며, 과잉의 Br을 제거하기 위해 얼음위에서 노란색이 없어질 때 까지 질소가스로 bubbling하였고, 30% methanol(1mM EDTA 첨가)로 일정농도로 희석 조제한 후, 10mM DTT를 1 : 1로 혼합해 실온에서 10분간 방치하여 다시 AsA로 환원시켜, 총 비타민 C로써 HPLC를 이용하여 분석, 정량하였다. DHAA 함량은 총 비타민 C와 AsA와의 차액으로부터 구하였으며, AsA와 총 비타민 C의 HPLC 분석조건은 Table 1과 같다. 실험자료는 Student's t-test를 이용하여 통계분석하였다.

Table 1. Operation condition of high performance liquid chromatographic analysis for ascorbic acid

Apparatus: Waters LC-441
Column: Radial-Pak C ₁₈ (10µm, 8×10mm I.D., P5108A01)
Eluent: 0.01M K ₂ HPO ₄ , 0.005M tetra- <i>n</i> -butyl-ammonium bromide/methanol(90 : 10, V/V)
Detector: UV 254nm
Flow rate: 1ml/min

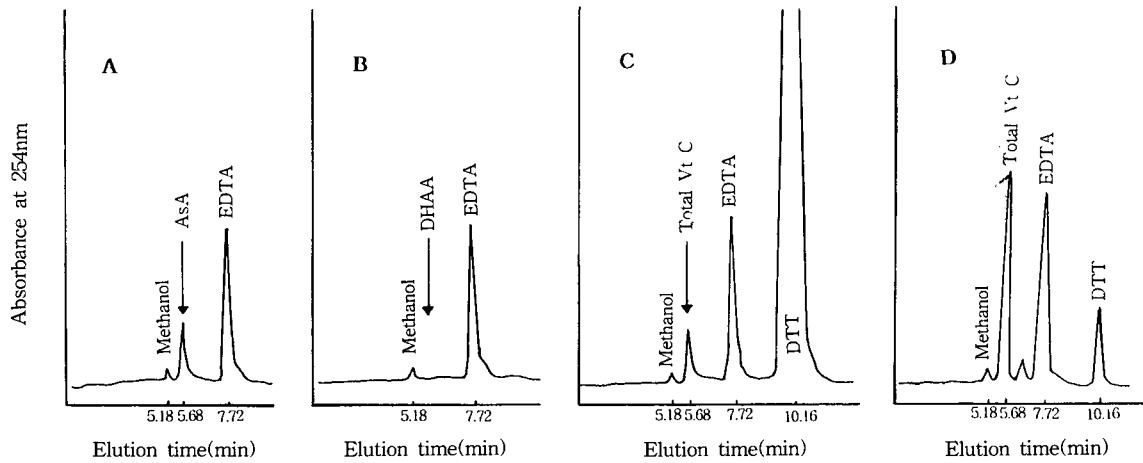


Fig. 1. High-Performance liquid chromatographic elution profile of ascorbic acid(A), dehydroascorbic acid(B) and total vitamin C(C) from standard solution, and then total vitamin C from juice of kale and carrot(D). AsA was prepared in 30% methanol with 1mM EDTA. AsA was oxidized to DHAA with Br, and DHAA was again reduced to AsA with DTT. 10 μ l of samples were injected. The vegetables juice sample was extracted in 30% methanol with 1mM EDTA as described in materials and method.

결과 및 고찰

AsA 및 DHAA의 전형적인 chromatogram은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 본 분석조건하에서 AsA는 5.68분에 용출되었으며 분석에 소요된 총 시간은 약 15분이었다. EDTA 존재시 관찰되는 peak(retention time 약 7.72분)와 AsA와의 분리상태는 매우 양호하여, AsA 정량분석시 좋은 분리상태를 보여주었다(Fig. 1(A)). 한편 Fig. 1B에서 보는바와 같이 AsA 표준시료용액을 bromine으로 산화한 경우, AsA에 해당되는 peak의 소실이 관찰되었다. 이 DHAA 표준시료용액을 DTT로 처리함으로써 AsA로 100% 환원됨이 확인되었으며(Fig. 1(C)), DTT(retention time 약 10.16분)에 의한 방해는 관찰되지 않았다. 한편, 케일과 당근의 혼합즙액 중 AsA 분

석상태도 또한 매우 양호하였다(Fig. 1(D)).

AsA의 calibration curve를 Fig. 2에 나타냈다. AsA 및 DHAA 표준시료용액 농도인 AsA 0.2~0.8mg% 사이에서 양호한 직선관계($r>0.99$)가 관찰되었고, 본 연구의 HPLC 분석조건(Table 1)하에서 AsA 및 DHAA의 정량 한계는 각 10ng이었다. 이러한 결과로 본 연구에서 사용한 HPLC분석법은 시료 중 존재하는 방해물질의 영향없이, AsA 및 DHAA의 미량정량을 신속정확하게 수행할 수 있음이 확인되었다.

당근즙이 비타민 C를 파괴하는지를 측정하기 위해, AsA 수용액과 AsA를 첨가한 당근즙 중의 AsA의 안정성에 대해 조사하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 50mg% AsA 수용액 중 AsA는 $43.13 \pm 0.35\text{mg}\%$ 로 측정되었는데, 90분 동안 냉장보관(4°C)한 후 AsA는 $33.63 \pm$

Table 2. HPLC determination of ascorbic acid(AsA) in distilled water and carrot juice at 4°C for 90min¹⁾

Sample	Standing time (min)	Temp. (°C)	Ascorbic acid contents	
			Recovery(%)	AsA(mg%)
AsA 50mg% in distilled water	0	4	86	$43.13 \pm 0.35(100)^{2)}$
	90		67	$33.63 \pm 0.99(78)^*$
AsA 200mg% in distilled water	0	4	61	$122.04 \pm 4.66(100)$
	90		60	$120.40 \pm 1.32(99)$
AsA 50mg% in carrot juice ³⁾	0	4	107	$53.40 \pm 1.50(100)$
	90		100	$49.87 \pm 6.60(93)$
	90		81	$40.33 \pm 2.60(76)^*$

¹⁾Juice sample were prepared in 2% meta-phosphoric acid with 1mM EDTA to prevent spontaneous oxidation, and 10 μ l of samples were injected for HPLC assay

²⁾The values in parentheses are the residue rate(%)

³⁾AsA of carrot: 3.15mg%

*Significantly different from the control at the $p<0.05$ level

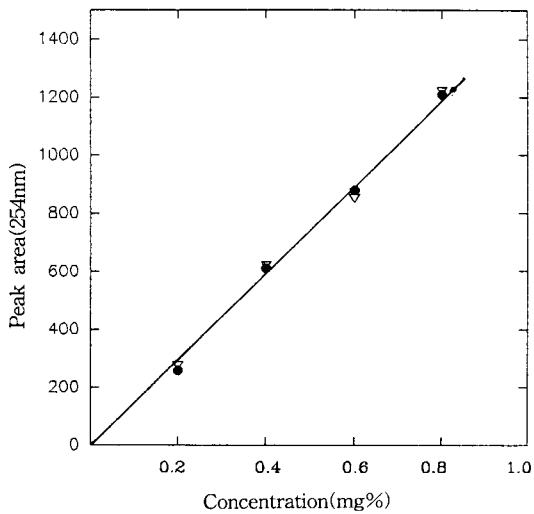


Fig. 2. Standard curve of ascorbic acid and dehydroascorbic acid by HPLC.
Standards of DHAA were reduced to AsA with DTT as described under materials and methods. Injection volume was 10μl and the concentrations(0.2~0.8mg %) shown are the final concentrations after reduction. AsA(●) or DHAA(▽) concentration are expressed as a function of arbitrary integration unit.

0.99mg%(78%)로 시간경과에 따라 AsA의 함량이 감소되는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 한편 200mg% AsA 수용액에서는 90분 동안 냉장보관을 한 후 99%가 남아 있어 시간경과에 따른 AsA 함량의 차이점을 거의 발견할 수 없었다. AsA 수용액의 시간에 따른 안정성은 AsA 농도에 의존하며 저농도에서는 불안정하나 고농도일 수록 안정한 것으로 알려져있는데(18,19), 본 실험에서도 HPLC에 의한 회수율은 다소 떨어졌지만, 200mg% AsA 수용액은 90분 후 AsA의 파괴효과가 거의 없어서 고농도에서 매우 안정한 것으로 확인되었다. 한편 당근즙에 50mg%의 AsA를 첨가한 후, AsA의 회수율은 107%로서 AsA 첨가량에 당근의 AsA 함량(3.15mg%)이 더해진 값으로 나타났으며, 4°C에서 90분 처리기간 중 AsA의 잔존률은 93%로 대조군에 비해 큰 변화가 없었다. 결국 AsA의 회수율 및 안정성은 AsA 수용액에서 보다 당근즙 시료에서 확인되었다. 당근 조직벽에 존재하며 AsA를 특이적으로 산화하는 것으로 알려져있는 ascorbate oxidase의 작용은 이 조건에서 대부분 억제되었을 뿐 아니라 오히려 당근이 AsA를 더욱 안정하게 보호하는 것으로 나타났다. 비타민 C가 안전하게 유지된 것은 저온 보관 때문 뿐 아니라 당근 중 함량이 높은 carotenoid에 의한 AsA의 산화방지도 가능하며, 또한 본 실험에서 사용한 당근즙은 당근의 조직성분을 압축추출한 순수한 당근즙으로 식물세포내 환경유지를 위한 조직액의

완충능을 그대로 보유한 상태로 AsA를 안정하게 보호하는데 기여하였을 것으로도 사료된다. 그러나 저장온도가 높을 때(21°C)는 90분 동안에 AsA의 잔존율은 76%로 약 24%가 파괴되어 저장온도에 따른 AsA의 파괴에 차이가 있는 것으로 나타나($p < 0.05$) 저온이 AsA의 안정성에 중요하게 관여하는 인자라고 할 수 있겠다.

Table 3에는 냉장보관(4°C)시간에 따른 여러 종류의 녹황색 채소즙 중의 AsA 함량의 변화를 나타내었다. 당근즙 단독의 경우, 냉장보관 2시간 후의 시료용액 중의 AsA의 잔존율은 99%였다. 한편, 같은 보관조건 하에서 당근과 무, 당근과 오이, 당근과 깻잎의 혼합즙액들 중의 AsA의 잔존율은 각각 86%, 85%, 74%로 나타나서, 혼합즙액들의 AsA가 비교적 불안정하였는데, 특히 당근과 깻잎혼합즙은 AsA의 파괴가 컸었다($p < 0.05$). 또한 냉장보관 24시간 후의 당근과 깻잎 혼합즙액에서는 AsA 잔존율이 41%로 현저히 감소되어 저온 보관 중이라도 혼합즙액을 장시간 방치하면 AsA의 파괴는 진행된다고 할 수 있겠다.

그러나 이러한 AsA의 감소는 AsA가 DHAA로 전환되었을 가능성이 높다. 다음 연구에서는 이러한 변화를 추적하기 위해, 냉장보관 시간에 따른 AsA를 첨가한 당근즙 또는 당근을 첨가한 채소즙들에 대한 AsA 함량의 감소 및 DHAA 함량의 증가를 정량해 보았다. Table 4에서 보는 바와 같이 냉장보관 2시간 이후 모든 시료의 DHAA의 증가가 관찰되었으며, 총 비타민 C 함량 중 DHAA 함량은 냉장보관 2시간일 때 AsA(10mg%)를 첨가한 당근즙에서 32%에서 42%로 증가하였으며, 당근과 케일의 혼합즙에서는 26%에서 46%로 증가하

Table 3. HPLC determination of ascorbic acid(AsA) in reaction mixtures of carrot and other vegetable juices at 4°C for 2 and 24 hours¹⁾

Vegetable juices (4°C)	Standing time (hr)	Ascorbic acid contents
		AsA(mg%)
Carrot	0	3.15±0.02(100) ²⁾
	2	3.12±0.04(99)
Carrot+Radish root (50 : 50)	0	3.84±0.14(100)
	2	3.28±0.06(86)*
Carrot+Cucumber (50 : 50)	0	3.60±0.02(100)
	2	3.05±0.13(85)
Carrot+Perilla leaf (50 : 50)	0	7.15±0.10(100)
	2	5.32±0.14(74)*
	24	2.92±0.11(41)*

¹⁾Sample were prepared in 30% methanol with 1mM EDTA to prevent spontaneous oxidation, and 10μl of samples were injected for HPLC assay

²⁾The values in parentheses are the residue rate(%)

*Significantly different from the control at the $p < 0.05$ level

Table 4. HPLC determinations of ascorbic acid, dehydroascorbic acid and total vitamin C in reaction mixtures of carrot and AsA or other vegetable juices at 4°C for 2 and 24 hours¹⁾

Vegetable juices (4°C)	Standing time (hr)	Ascorbic acid contents		
		AsA (mg%)	DHAA (mg%)	Total vitamin C (mg%)
Carrot + AsA 10mg%	0	9.34±0.07(68)	4.49(32)	13.83±0.13(100) ²⁾
	2	7.53±1.02(55)	5.82(42)	13.35±0.04(97)
Carrot + Korean cabbage	0	4.63±0.13(78)	1.31(22)	5.94±0.33(100)
	2	4.09±0.36(69)	1.38(23)	5.47±0.27(92)
Carrot + Kale	0	19.65±0.64(74)	6.75(26)	26.40±0.71(100)
	2	11.55±0.21(44)*	12.15(46)	23.70±0.63(90)
	24	5.78±0.95(22)*	17.56(67)	23.34±0.67(89)

DHAA=Total AsA-AsA

¹⁾Samples were prepared in 30% methanol with 1mM EDTA to prevent spontaneous oxidation, and 10µl of samples were injected for HPLC assay

²⁾The values in parentheses are the quantitative ratio(%)

*Significantly different from the control at the p<0.05 level

였다. 또한 24시간 냉장보관된 당근과 케일혼합즙의 경우 AsA는 74%에서 22%로 크게 감소하였으나(p<0.05) DHAA는 26%에서 67%로 증가하여 총 AsA의 잔존율은 89%인 것으로 나타나, AsA가 산화형 AsA 즉 DHAA 형태로 많이 전환되기는 하였지만 총 비타민 C의 함량에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4). 냉장보관되는 동안 시간경과에 따라 모든 채소즙들의 AsA 잔존율이 감소하는 경향을 보였으나, 총 비타민 C 잔존율은 약 89~97%로 유지되어 감소된 양의 AsA는 DHAA로 거의 전환된 것을 알 수 있었다. 그러므로 AsA를 첨가한 당근즙 또는 당근을 첨가한 혼합시료들의 AsA는 냉장온도 4°C에서 2시간 정도 보관하는 경우 그 안정성에는 큰 문제가 없으며, 24시간 정도의 장시간 보관시에도 총 비타민 C 함량은 거의 변화가 없이 대부분이 산화형인 상태로 보존되고 있음이 밝혀져, 녹즙에 당근의 첨가가 비타민 C 파괴에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. *In vitro*와 *in vivo*에서의 AsA의 transport system에 관한 많은 보고들은 AsA가 active transport되는데 반해 DHAA는 passive transport되는 것을 확인하였으며, DHAA가 보다 쉽게 세포막을 통과할 수 있을 뿐만 아니라, 또한 생체내에서 매우 용이하게 환원된 후 AsA와 동등한 생리적 활성을 유지한다고 알려졌다(20), Finley와 Duang(19)은 시금치추출물의 시간에 따른 AsA 파괴효과를 검토한 결과, 2시간 보관 후 AsA 함량은 감소하고 DHAA 함량은 증가한다고 보고한 바 있다. 또한 Kim(11)도 4°C의 저온조건에서 시간에 따른 비타민 C 함량의 변화를 살펴본 바, 채소즙과 사과소스에서 20시간 후 AsA는 감소하고 DHAA는 증가하여 총 비타민 C 함량이 거의 100%로 복구되는 것을 관찰할 수 있었고, Toshiko와 Kaoru(13)도 15종류의 과일과 채

소즙의 pH와 시간에 따른 비타민 C의 파괴효과를 검토하여 특히 당근즙이 24시간 방치한 후, AsA는 대부분 파괴되었지만 DHAA로 전환되어 총 비타민 C는 거의 변화가 없음을 밝혔다. 위에서 여러 연구자들에 의해 발표된 연구결과들과 본 실험결과가 거의 일치하는 것으로 나타나서, 종래에 알려진 당근에 많이 함유된 ascorbate oxidase가 다른 채소류의 비타민 C를 파괴시킨다는 것은 잘못된 정보이며, 저온보관시 채소즙(녹즙)의 경우 당근 첨가에 의한 총 비타민 C의 손실은 거의 없는 것으로 결론지을 수 있다.

요 약

AsA 수용액 또는 당근즙액 또는 당근을 첨가한 채소즙들에서 반응시간과 온도에 따른 ascorbic acid(AsA)와 dehydroascorbic acid(DHAA)의 함량 변화를 HPLC를 이용하여 정량분석하였다. 당근즙액에 있는 AsA가 물에 있는 AsA 보다 더 안정한 것으로 나타났고, AsA 수용액과 AsA+당근즙액에 있는 AsA의 함량은 반응시간과 저장온도의 증가에 의해 점차로 감소되는 것으로 나타났다. 또한 냉장온도(4°C)에서 2시간, 24시간 보관된 당근즙액과 당근+채소즙액의 AsA 함량도 시간경과에 따라 점차로 감소함을 알 수 있었다. 당근즙액 또는 당근을 첨가한 채소즙의 AsA, DHAA, 총 비타민 C 함량은 냉장온도에서 2, 24시간 보관함에 따라, 모든 시료의 AsA 함량은 시간경과에 따라 점차적으로 파괴되었지만, DHAA 함량은 서서히 증가하는 것으로 나타나 총 비타민 C(AsA+DHAA)의 값은 2시간 저온에서 방치시 90~97%의 높은 비타민 C의 잔존율을 가졌으며, 24시간 방치시에도 총 비타민 C 함량에 대한 큰 변

화는 없었다. 결국 저온 보관시 당근 첨가에 의한 채소즙액의 총 비타민 C의 손실은 거의 없는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 (주)엔젤라이프의 지원을 받아 연구된 것으로 연구지원에 감사드립니다.

문헌

- Hirayama, T. : Nutrition and cancer-large scale cohort study. In "Genetic toxicology of the diet" Knudsen, I.(ed.), Alan R. Liss, Inc., New York, p.299(1986)
- Lawson, T., Nunnally, J., Walker, B., Bresnick, E., Wheeler, D. and Wheeler, M. : Isolation of compounds with antimutagenic activity from savoy chieftain cabbage. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 1363(1989)
- Wattenberg, L. W. : Inhibition of carcinogenic effects of polycyclic hydrocarbons by benzylisothiocyanate and related compounds. *J. Natl. Cancer Inst.*, **58**, 395(1977)
- Wattenberg, L. W. and Loub, W. D. : Inhibition of polycyclic aromatic hydrocarbon-induced neoplasia by naturally occurring indoles. *Cancer Res.*, **38**, 1410(1978)
- Morita, K. : Purification and properties of desmutagenic factor from broccoli(*Brassica oleracea* var. *italica* plenck) for mutagenic principle of tryptophan pyrolysate. *J. Food Safety*, **4**, 139(1982)
- 최영현, 박진영, 이선미, 유미애, 이원호 : 케일 쥬스에 의한 Aflatoxin B₁의 유전독성 억제 효과. 한국유전학회지, **17**, 183(1995)
- Lee, S. M., Rhee, S. H. and Park, K. Y. : Antimutagenic effect of soluble dietary fibers from kale and soybean. *Environ. Mut. Carcino.*, **13**, 26(1993)
- 박진영 : 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과. 한국영양학회지, **24**, 169(1995)
- Pachla, L. A., Reyholds, D. L. and Kissing, P. T. : Analytical methods for determining ascorbic acid in biological samples, food products, and pharmaceuticals. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **68**, 2(1985)
- Rose, R. C. and Nahrwold, D. L. : Quantitative analysis of ascorbic acid and dehydroascorbic acid by high-performance liquid chromatography. *Anal. Biochem.*, **114**, 140(1981)
- Kim, H-J. : Determination of total vitamin C by ion exclusion chromatography with electrochemical detection. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **72**, 681(1989)
- Ziegler, S. J., Meier, B. and Sticher, O. : Rapid and sensitive determination of dehydroascorbic acid in addition to ascorbic acid by reversed-phase High-Performance liquid chromatography using a post-column reduction system. *J. Chrom.*, **391**, 419(1987)
- 桐淵壽子, 川嶋かほる : 調理時におけるアスコルビン酸の変化. 日本家政學會誌, **38**, 877(1987)
- 안숙자 : 김치에 당근을 섞었을 때의 vitamin C의 변화. 대한가정학회지, **10**, 793(1972)
- 김정원, 박은순, 윤선 : 오이의 ascorbic acid oxidase에 관한 연구. 한국영양학회지, **18**, 312(1985)
- Dawson, C. R. : *The biochemistry of copper*. Academic Press, New York, p.305(1966)
- Vines, H. M. and Oberbacher, M. F. : Citrus fruit enzymes: I. Ascorbic acid oxidase in orange peel. *Physiol.*, **38**, 333(1963)
- Stelaharel, J. K. and Ben-shalom, N. : Ascorbate oxidase in mature orange peel. *J. Food Sci.*, **46**, 1407(1981)
- Finley, J. W. and Duang, E. : Resolution of ascorbic, dehydroascorbic and diketogulonic acids by paired-ion reversed-phase chromatography. *J. Chrom.*, **207**, 449(1981)
- Washko, P. and Levinet, M. : Inhibition of ascorbic acid transport in human neutrophils by glucose. *J. Biol. Chem.*, **267**, 23568(1992)

(1997년 5월 28일 접수)