数種そ菜のCA貯蔵に伴うアスコルビン酸含量の 挙動に関する研究

緒方邦安* 南出隆久* 田尻尚士**

Studies on the changes of Ascorbic acid content in several vegetables during CA-storage

KUNIYASU OGATA*, TAKAHISA MINAMIDE*, TAKASHI TAJIRI**

This study was undertaken to determine the changes of ascorbic acid (ASA) content in several vegetables and the effect of growth stage of the crops and the gas composition of atmosphere on the changes of ASA content in Garland Chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L. var. *Spatiosum* Bailey) during CA-storage.

Several vegetables stored in CA condition (O_2 : 3%- CO_2 : 3%) kept good green color and the tension of leaves, but the ASA content decreased in some vegetables, such as Garland Chrysanthemum, welsh Onion (*Allium fistulosum* L.) and *Allium tuberosum* Rottler. Especially, the ASA content of Garland Chrysanthemum markedly decreased for the initial 2 days of CA-storage.

It was found that the causes of these phenomena were higher concentration of CO_2 , e.g. 3% of atmosphere and younger growth stage of the crops.

青果物の鮮度・品質をよく保持し、変敗を防ぐためには、低温によって青果物の生理作用をできるだけ抑えることであるが、さらに青果物の種類によっては、それをとりまく環境ガス組成が調節されるといういわゆるCA条件が加わると、単なる冷蔵よりはるかに品質保持の効果がもたらされることは周知のとおりである¹⁾。このCA貯蔵は、青果物のうちでも果実の追熟を抑制したり²⁾、ジャガイモ、ニンニク、タマネギ、クリなどの発芽を抑制³⁾⁴⁾する有力な貯蔵法として期待されている。しかし、カキ⁵⁾、レタス⁶⁾などでみられるように、炭酸ガス(CO_2)濃度が高くなると生理障害が発生したり、ある種のそ菜では、緑色は保持されるが、アスコルビン酸が減

少する⁷⁾⁸⁾など、品質保持の面からなお検討されなければならない問題が残されている。

このようなことから、本実験では、青果物のうちでもこれまでCA貯蔵の対象として比較的取り扱われていなかったそ菜類を材料としてCA貯蔵時におけるアスコルビン酸の消長を調べた。すなわち数種そ菜のCA貯蔵に伴う鮮度とアスコルビン酸含量の変化との関係を明らかにするとともに、アスコルビン酸の変動におよぼすそ菜の生育段階ならびに酸素ガス(O_2)分圧、 CO_2 分圧などの環境ガス組成の影響について検討した。

実験材料および方法

実験材料としてのそ菜は、シュンギク (*Chrysanthemum coronarium* L. var. *spatiosum* BAILEY, cv.

* 大阪府立大学農学部園芸食品利用研究室

**近畿大学農学部食品栄養学科

‘Bantyu kabuhari’) ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L. cv. ‘New Asia’) パセリ (*Petroselinum sativum* HOFFM cv. ‘Paramount’) チシャ (*Lactuca sativa* L. cv. ‘Ever green’, cv. ‘Great Lakes’) ニラ (*Allium tuberosum* ROTTLER) ネギ (*Allium fistulosum* L. cv. ‘Kujo’) タイサイ (*Brassica chinensis* L.) コマツナ (*Brassica rapa* L.) ミツバ (*Cryptotaenia Japonica* HASSK) ワケギ (*Allium ascalonicum* L.) の葉菜類, 果菜類として オクラ (*Hibiscus esculentus* L. cv. ‘Kurimusun supirens’) イチゴ (*Fragaria X ananassa* DUCH. cv. ‘Hokō wase’) トウガラシ (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* BAILEY cv. ‘Kyōmidori’), 花菜類として ハナヤサイ (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L. cv. ‘Nozaki wase’) を, 主として本学農場, 京都府大農場および近郊の農家で栽培された収穫適期のものを使用した, 一部中央市場から直接購入したものも使用した。CA貯蔵は表1に示したように, あらかじめ所定の濃度に調整したガスを 100~300 ml/分の流速で水中を通し湿度を90~95%にした後, 1℃ または 12℃ の貯蔵庫 (径30cm, 長さ50cmの円筒) に通気した。対照区 (以下 Air 区とよぶ) は 空気 を同一条件で貯蔵庫に通気した。実験材料はカゴ (25cm×30cm×5 cm) に並べ

Table 1. The condition of CA-storage

Gas composition (%)			Temp.(°C)
O ₂	CO ₂	N ₂	
20	0	80	1°, 12°
0	0	100	1°
20	18	62	1°
3	0	97	1°
3	3	94	1°, 12°
3	6	91	1°
3	15	82	1°
3	20	77	1°
0	3	97	1°
5	3	92	1°
10	3	87	1°
20	3	77	1°

RH. 90-95%

無包装で貯蔵庫に入れた。

貯蔵時の鮮度評価は図1に示したように8点法により行い, (8)を収穫(購入)時の最高鮮度とし, (2)を商品性限界, (0)を商品価値なしとした。

アスコルビン酸含量の測定は, ヒドラジン法⁹⁾で行った。

Fig. 1. Time-temperature tolerance of leaf-, fruit- and flower-vegetables during CA-storage.

* CA condition: CO₂ 3%-O₂ 3%. 90-95% RH.

Freshness score: 8: Fresh 6: Slightly deteriorated 4: Deteriorated 2: Markedly deteriorated but salable 0: Not salable

実験結果ならびに考察

1. 数種そ菜の C A 貯蔵に伴う鮮度変化

数種そ菜の C A 貯蔵に伴う鮮度変化について調べた。図 1 に葉菜類の代表としてハウレンソウ、果菜類はオクラ、花菜類はカリフラワーの鮮度変化を示した。葉菜類は C A 区で Air 区と比較して緑色がよく保持され、かつ「はり」もあって鮮度が高かったのに対し、果菜類、花菜類では両区に明らかな差のないことが観察された。一般に植物を高 CO_2 濃度におくと気孔が閉じ水分の蒸散が抑制される¹⁰⁾といわれていることから、葉菜類の C A 区における「はり」の良さとなってあらわれたものと思われる。また、普通 1°C で貯蔵すると種子や果皮に褐変が生ずるオクラやトウガラシを用いて C A 貯蔵することによって褐変発生が抑制されるかについて調べた。図 1 のオクラの結果からも明かなように、Air 区でみられる褐変が C A 区でもみられ、鮮度低下を引きおこし、MURR¹¹⁾ らがマッシュルームで報告しているような褐変抑制の効果は認められなかった。トウガラシも同様、C A 区でも種子褐変が現れ、C A 貯蔵によって褐変の発現を抑えることはできなかった。

2. 数種そ菜の C A 貯蔵に伴うアスコルビン酸含量の変化

そ菜の種類や品種により、 CO_2 、 O_2 に対する適応性に相違があるものと思われるが、同一条件で C A 貯蔵 (CO_2 : 30%, O_2 : 3%) を行い、葉菜類は貯蔵後 5 日、果菜、花菜類は貯蔵後 10 日における Air 区と C A 区のアスコルビン酸含量の相違を調べた。結果は表 2-1、2-2 に示した。葉菜類 (表 2-1) を C A 貯蔵するとシュンギク、ネギ、ニラでは還元型アスコルビン酸 (ASA) が Air 区のものに比較してより減少することがわかった。とくにシュンギクは 5 日間 C A 貯蔵するだけで ASA はなくなり、酸化型アスコルビン酸 (DHA) のみとなり、ハウレンソウでみられた McGILL ら¹²⁾の結果と同じ傾向を示した。貯蔵に伴う経時的变化をシュンギクについて調べたところ (図 2)、C A 区は貯蔵後 2 日で ASA は激減し、逆に DHA が著しく増加し、その後貯蔵が進むにしたがい、DHA は減少する傾向にあった。Air 区においては、ASA は貯蔵とともに減少したが、DHA は C A 区にみられたような顕著な増加は認められなかった。

本実験に用いた葉菜類のなかで、チシャ (不結球) の

Table 2-1. Changes in Ascorbic acid (ASA) and Dehydroascorbic acid (DHA) content during CA-storage of several leaf-vegetables

Materials	Initial	5 days storage at 1°C		
		Air	CA	Ratio* ¹
Lettuce, Butter var.	6.4* ² 2.0* ³	3.2 0	4.9 0	1.53
Pak-choi Cabbage	46.3 5.2	26.8 1.6	31.8 0.2	1.18
Parsley	104.9 10.6	101.0 3.4	119.5 17.1	1.17
'Komatsuna' (<i>B. rapa</i> L.)	60.5 0	60.2 0	57.3 0	0.95
Shallot	32.4 0	50.1 2.3	44.0 0	0.87
'Mitsuba' (<i>C. japonica</i> Hassk.)	29.5 10.6	26.9 7.1	23.1 6.3	0.86
Spinach	125.0 0	120.0 0	103.4 0	0.85
Lettuce, Crisp var.	16.6 5.2	13.5 6.8	11.4 0.7	0.84
'Nira' (<i>A. tuberosum</i> Rottler)	11.3 0	12.3 0	7.7 0	0.62
Welsh Onion	44.6 0	67.0 1.0	39.0 0	0.58
Garland Chrysanthemum	12.5 5.2	9.5 5.2	0 11.0	0

* CA condition: CO_2 3%– O_2 3%. 1°C . 90–95% RH.

¹ The ratio indicated the ASA content of CA-storage divided by the ASA content of Air-storage

² ASA content (mg/100g f. wt.)

³ DHA content (mg/100g f. wt.)

Table 2-2. Changes in Ascorbic acid ASA and Dehydroascorbic acid (DHA) content during CA-storage of several fruit-and flower-vegetables

Materials		Intial	10 days storage at 1°C or 12°C		
			Air	CA	Ratio*1
Okra	1° C	22.0*2 9.5*3	0 8.2	0 5.0	0
	12° C	22.0 9.5	16.5 4.0	22.0 6.0	1.33
Cauliflower		97.6 13.6	87.4 4.4	90.6 5.4	1.03
Strawberry		95.1 0	93.0 4.2	93.1 0	1.00
Pepper		48.5 7.5	48.0 7.5	40.0 10.0	0.83

* CA condition: CO_2 3%– O_2 3%. 1° , 12°C . 90–95% RH.

^{1,2,3} as described for Table 2-1.

Fig. 2. Changes in Ascorbic acid (ASA) and Dehydroascorbic acid (DHA) content during CA-storage of Garland Chrysanthemum

* CA condition: CO_2 3%– O_2 3%. 1°C 90–95% RH.

みがC A区でむしろASAが保持されたにすぎず、他の葉菜類においては、C A貯蔵によるアスコルビン酸の保持効果はみられなかった。一方、果菜類、花菜類においては表2-2にみられるように、C A区でのアスコルビン酸の保持効果はさきの葉菜類と同様にあまりみられず、とくにオクラを 1°C で貯蔵した場合、C A区、Air区とも前述した鮮度変化とともに著しいASAの減少がみられた。このASAの減少は山内¹³⁾が報告しているように、低温障害による影響であると思われる。

3. そ菜の生育段階がC A貯蔵時のアスコルビン酸の消長におよぼす影響

上述のようにそ菜をC A貯蔵したところ、種類によってアスコルビン酸の消長に相違がみられた。この原因として、幼植物ほど環境の変化に影響されやすいことや、バナナ¹⁴⁾、トマト¹⁵⁾のように熟度によってC A適性に相違のあることなどから、C A貯蔵した場合にもそ菜の生育段階がアスコルビン酸の消長に影響することが考えられるので、シュンギク、ホウレンソウを用い、C A貯蔵時におけるアスコルビン酸の消長におよぼす生育段階の影響について調べた。表3に示したように、シュンギクにおいては、若い株ほどC A貯蔵することにより、ASAは損失されやすく、生育が進んだものでは貯蔵後5日で約60%のASAが残存することを認めた。

ホウレンソウにおいても同じ傾向で、若株ほど減少しやすく、生育の進んだ大株では、むしろC A貯蔵することによりASAが保持されることがわかった。

Table 3. Effect of the growth stage in Garland Chrysanthemum and Spinach on the changes of Ascorbic acid (ASA) content during CA-storage

Material	Days after sowing	g. fresh wt./plant	Initial	5 days storage at 1°C		
				Air	CA	Ratio* ¹
Garland Chrysanthemum	35	3.0	12.5* ²	8.8	0	0
	50	7.5	10.2	5.5	0	0
	70	12.6	22.5	8.3	5.1	0.61
Spinach	—	2.0	120	106	101	0.95
	—	5.6	130	111	103	0.92
	—	22.3	145	107	149	1.39

* CA condition: CO_2 3%– O_2 3%. 1°C . 90–95% RH.

^{1,2} as described for Table 2-1

4. シュンギクのC A貯蔵時におけるアスコルビン酸の減少におよぼす O_2 分圧、 CO_2 分圧の影響

前述の結果より、C A貯蔵するとASAの減少が顕著であったシュンギク（播種後40~50日）を用い、ASAの減少が環境ガス組成のうち O_2 分圧によっているのか、それとも CO_2 分圧によっているのかを明らかにするため、種々なガス条件を組み合わせ5日間 1°C で貯蔵した後、Air区とC A区におけるASA含量を比較した（表4）。 O_2 を一定濃度（3%）にして、 CO_2 濃度を0から20%までの濃度条件下に貯蔵したところ、 CO_2 濃度が3%以上の区ではASAは残存しなかった。

一方、 CO_2 を3%と一定にし、 O_2 濃度を変えた場合、 O_2 濃度が5%以上の区ではかなりのASAが残存していると同時に、窒素ガス100%区でもASAは75%も残

Table 4. Effect of O_2 and CO_2 on the changes of Ascorbic acid (ASA) content in Garland Chrysanthemum stored 5 days at 1°C

CA-condition			5 days storage at 1°C		
O_2	CO_2	N_2	Air	CA	Ratio* ¹
0%	0%	100%	9.5* ²	7.2	0.75
20	18	62	8.5	0	0
3	0	97	5.5	5.3	0.96
3	3	94	8.8	0	0
3	6	91	8.8	0	0
3	15	82	5.5	0	0
3	20	77	5.5	0	0
0	3	97	5.2	0	0
5	3	92	9.5	6.2	0.65
10	3	87	9.5	5.7	0.60
20	3	77	8.5	6.9	0.81

*^{1,2} as described for Table 2-1.

存することを認めた。しかし、CO₂ 18% : O₂ 20%区ではASAはまったく残存していなかったことから、シュンギクでC A貯蔵時にみられるASAの著しい減少は、CO₂濃度が増加することにより生ずるものと思われる。この結果は、ASAの減少がCO₂の高濃度によって生ずるとする広部¹⁶⁾、菅原⁷⁾らの結果と一致する。本多¹⁷⁾らは青果物の種類によって環境ガスに対する呼吸作用の反応性に相違のあることを報告しているが、上記のようにアスコルビン酸の消長も環境ガス条件の相違に対して異なることはきわめて興味深い現象である。

要 約

本研究は数種そ菜のC A貯蔵に伴うアスコルビン酸の消長を明らかにするとともに、アスコルビン酸の変動がいかなる原因によって生ずるかをそ菜の生育段階、炭酸ガス(CO₂)、酸素ガス(O₂)分圧などの点から検討を加えたものである。

1. そ菜をC A貯蔵すると、普通冷蔵したものに比べ葉菜類ではとくに「はり」がよく、鮮度保持効果のあることを認めた。

2. C A貯蔵に伴うアスコルビン酸の変化を調べたところ、シュンギク、ネギ、ニラなど鮮度がよく保持されているにもかかわらず還元型アスコルビン酸(ASA)はかなり減少することを認めた。とくにシュンギクではその傾向が顕著であった。

3. シュンギクのC A貯蔵に伴うASAの減少の程度は、生育段階や貯蔵時の環境ガス濃度によって異なることが明らかになった。すなわち、より若いシュンギクほど、またCO₂濃度が3%以上になるとASAの減少が著しくなることがわかった。

文 献

- 1) 緒方邦安：園芸食品の加工と利用，第3版，(養賢堂)，p.180 (1968)。
- 2) YOUNG, R.E., ROMANI, R.J., and BIALE, J.: *Plant physiol.* **37**, 416 (1962)。
- 3) 緒方邦安，井上隆：園学雑，**25**, 237 (1957)。
- 4) 加藤薫，山下育彦，西岡克浩：食品工誌，**19**, 371 (1972)。
- 5) 樽谷隆之：園学雑，**30**, 95 (1962)。
- 6) STEWART, J.K., and M. UOTA: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **96**, 27 (1971)。
- 7) 菅原友太：農・園芸作物のビタミンCに関する研究，(養賢堂)，p.55 (1957)。
- 8) 田中喜久，高瀬尚明，神谷育男：愛知農試研究報告B(園芸)第1号，72 (1969)。
- 9) ROE, J.H., B.M., MARY, M.J., OESTERLING and M.D. CHARLOTTE: *J. Biol. Chem.*, **174**, 201 (1948)。
- 10) ボナー・ゴールストン(高宮篤ら訳)：植物の生理，第14版，(岩波書店)，p.98 (1970)。
- 11) MURR, D.P., and L.L. MORRIS: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **99**, 155 (1974)。
- 12) MCGILL, J.N., A.I. NELSON, and M.P. STEINBERG: *J. Food Sci.*, **31**, 510 (1966)。
- 13) 山内直樹，南出隆久，緒方邦安：園学雑 **44**, 303 (1975)。
- 14) 邨田卓夫，上田悦範，緒方邦安：食品工誌，**14**, 131 (1967)。
- 15) —，建石耕一，—：園学雑，**37**, 391, (1968)。
- 16) 広部リウ：栄養と食糧，**7**, 174 (1954)。
- 17) 本多靖，石黒修，園学雑，**36**, 363 (1967)。