果実・そ菜のアスコルビン酸に関する 生理化学的研究 (第1報)

オクラ果実の生育ならびに貯蔵に伴うアスコルビン酸含量の変化

緒方 邦安・山内 直樹・南出 隆久
(大阪府立大学農学部)

Physiological and Chemical Studies on Ascorbic Acid of Fruits and Vegetables

I. Changes of Ascorbic Acid Content During Maturation and Storage Period in Okuras

Kuniyasu OGATA, Naoki YAMAUCHI and Takahisa MINAMIDE
College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka

Summary

This paper describes the changes of ascorbic acid content in okuras during maturation, storage period and at different harvest time. The results obtained were as follows :

1) L-Ascorbic acid and L-dehydro ascorbic acid content in okuras declined during maturation and total ascorbic acid content at harvest time was about 30 mg/100 gf. wt.

2) L-Ascorbic acid content in okuras by normal culture (open culture) was contained more than that by off-season culture (growing in plastic green house), and the okuras harvested in July and August especially showed a higher content.

3) The storage at 12°C was better condition on the point of freshness and the retention of ascorbic acid in okuras during storage. L-Ascorbic acid rapidly decreased with the advance of chilling injury at 1°C storage.

4) On the purpose of the prevention of chilling injury and the retention of ascorbic acid, effects of controlled atmosphere storage(CO₂-3, 10, 20% : O₂-3%) were investigated at 1°C and 12°C. As a result, there was not a significant difference between 1°C -CA storage and 1°C-air storage about the retention of ascorbic acid content and the keeping of freshness.

On the other hand, 12°C-CA storage resulted in a lower ascorbic acid content as compared with 12°C-air storage, but the former was superior to the latter in the keeping freshness.

緒 言

アスコルビン酸は果実、そ菜に含まれるビタミン類の中でもっとも多く含まれるとともに果実、そ菜の品質の良否を決める一つの指標とされ、これまでアスコルビン酸に関する多くの研究が報告されている(12, 16, 9, 2, 1). 菅原(16)は、数種の青果物を用いてアスコルビン酸の貯蔵に伴う変化、組織内分布、品種間差異およびアスコルビン酸の生成に影響をおよぼす外的、内的要因などアスコルビン酸に関する一連の研究を行ない、収穫した青果

物は日数の経過に伴ってアスコルビン酸が減少するが、低温貯蔵をすれば抑制されること、生育に伴うアスコルビン酸の変化には、生育に伴い増加するもの、生育中一定のもの、生育初期に多く以後減少するものという三つの型があることを示した。また植物体中では葉に多く、果実では果肉より果皮に多いこと、アスコルビン酸の生成要因として外的には光線、温度、酸素、二酸化炭素および水分をあげ、内的には糖分、葉緑素、酸化酵素、マンガン、水素イオン濃度をあげ、光合成との関連性が強いことを報告した。北川(2, 3, 4)は、果菜類、根菜

1974年12月24日 受理

類などの生育中のアスコルビン酸含量の変化、部位別分布についての詳細な研究を行ない、植物の生理作用とアスコルビン酸量との間には密接な関係があり、生活現象の活発なところとくに多くのアスコルビン酸を必要とし、比較的長期間ゆるやかな生理作用の部位においてはアスコルビン酸量は少ないと結論づけている。緒方(13)も、タマネギ鱗茎において生理活性のもっとも高い底盤部(disk)でアスコルビン酸がもっとも多く、鱗茎底部がこれにつぐとしている。さらに Mapson ら(7, 8)は、アスコルビン酸の植物体内における合成系について研究を行ない、植物体内におけるアスコルビン酸の生理作用について総説しているが(9)、植物体内での生理作用についてはまだ十分解明されていない。このようなことから本研究は、果実、そ菜のアスコルビン酸の生理作用を生理化学的立場から解明しようとして着手したものであるが、本報ではまずオクラを用いアスコルビン酸含量の生育、貯蔵に伴う変化について調べ、収穫時期および収穫時間による含量の相違、夏どり（露地栽培）と春どり（ハウス栽培）果実における含量相違、貯蔵条件による含量変化などとの関連について検討した。

実験材料および方法

実験材料として夏どりオクラは、大阪府大農場産の露地栽培オクラ、品種クリムソン・スパインレス（1973～1974年）を、春どりオクラは高知産のものを供した。貯蔵実験には開花後6日のオクラを用い、有孔ポリエチレン袋（厚さ0.03mm、直径6mm孔20個149×26cm）詰とし、1°C、12°C、20°C、室温（25～28°C）に貯蔵した。またCA貯蔵については、ガス条件をCO₂3%、10%、20%、O₂は常に3%とし、温度は1°C、12°C、湿度は90～95%で行なった。アスコルビン酸の測定はオクラの果肉部を用い、ヒドラジン比色法(14)によって行なった。

Fig. 1. Changes of ascorbic acid content during maturation in open-cultured okuras.

- a : Total ascorbic acid
b : L-Ascorbic acid
c : L-Dehydro ascorbic acid

実験結果および考察

1. オクラの生育に伴うアスコルビン酸含量の変化

オクラは開花後、果実の生育が非常に早いものの一つである。本実験で、開花後4～6日で収穫期に達し、8日以後のものでは果皮が固くなり食用には不適となることを認めた(17)。このようにオクラは収穫時期が短いため、その収穫時期を失うことがある。そこで、果実の生育に伴うアスコルビン酸含量の変化を調べたところ、第1図にみられるように生育に伴い還元型アスコルビン酸(ASA)、酸化型アスコルビン酸(DHA)とも減少し、収穫期の6日のもので総アスコルビン酸(TAA)は、30mg%前後であった。しかし、トマト(4)、ピーマン(4)などの果菜においては生育に伴いアスコルビン酸含量が増加することが報告されているが、本実験に用いたオクラでは生育に伴いASA、DHAとも減少したことは、オクラの開花後の急激な生長と関係があるかもしれない。

2. オクラの収穫時期によるアスコルビン酸含量の相違

(1) 夏どりオクラの収穫時期によるアスコルビン酸含量の相違 夏どりオクラの収穫期は、だいたい7月上旬～9月下旬であり、前述のように開花後4～6日のものが収穫適期である。この収穫適期におけるオクラ果実の上記7月上旬～9月下旬にわたる収穫時期の相違によるアスコルビン酸含量の変化を調べたところ第2図のような結果が得られた。ASAは全期を通じて30mg%前後であったが、とくに7月下旬から8月上旬のオクラが高含量であった。一方、DHAは全体として収穫末期の9月に近づくにつれ増加した。夏

Fig. 2. Changes of ascorbic acid content in open-cultured okuras which were harvested in various seasons at their optimum maturity (6th day after flowering).

Fig. 3. Differences in ascorbic acid content among open-cultured okuras harvested at various times in a day.

Fruits were picked and determined as their optimum maturity (6th day after flowering).

Fig. 4. Changes of ascorbic acid content in okuras of normal culture (open culture) and off-season culture (growing in plastic green house).

Fruits were picked and determined at their optimum maturity (6th day after flowering).

どりのオクラにおいて、7月下旬から8月上旬にかけて ASA 含量が多いのは、オクラの生長にこの時期の温度が適当であるため生長も早く、ASA 含量も多いものと思われる。

(2) オクラの収穫時間によるアスコルビン酸含量の相違 つぎに収穫時間がオクラのアスコルビン酸含量にどのような影響をおよぼすかを調べたところ(第3図)、ASA は午前6時頃もっとも低く 28 mg % で、時間経過とともに増加し、午後2時頃 38 mg % で最高となり、その後減少し午後7時では 33 mg % となった。一方 DHA は、午前10時頃が最低で 6 mg % を含有していた。このような傾向のあることは、ホウレンソウ(16)、サツマイモ(15)、イチゴ(18)などでも観察されている。収穫時間による含量の差異は光合成によるも

Fig. 5. Time-temperature tolerance of fresh okuras. Freshness score. 8: Fresh. 6: Slightly deteriorated. 4: Deteriorated. 2: Markedly deteriorated but salable. 0: Not salable

Fruits were picked and stored at their optimum maturity (6th day after flowering).

のと考えられるが、光合成とアスコルビン酸との関係についてはまだ不明の点が多い。しかし、アスコルビン酸合成の基質がグルコース、ガラクトース(9)というような光合成産物であることから、なんらかの関連性があるものと思われる。

(3) オクラの夏どりおよび春どりにおけるアスコルビン酸含量の相違 オクラにおけるアスコルビン酸含量の夏どりと春どりとを比較を第4図に示した。すなわち ASA は 7~9 月収穫の夏どりのオクラに多く 30 mg % 前後を含むが、4~6 月の春どりのオクラでは含量が少なく 12~15 mg % であった。一方 DHA も夏どりのものが多く、6~9 mg % 程度の含量を示した。このような夏どりおよび春どりオクラのアスコルビン酸含量の相違は、気温および日照量の影響によるものと思われる。しかし、アスコルビン酸生成が温度に影響されるのか、日照量に影響されるのかは明らかにされていないが、菅原(16)によるとアスコルビン酸生成において温度による差は直接の影響ではなく、むしろ植物の発育を通じて影響するものであると述べている。また、日照量とアスコルビン酸生成量とは密接な関係があることをホウレンソウについて述べていることから、本実験の結果についても日照量が大いにアスコルビン酸含量の多少に影響をおよぼしているものと推察される。いづれにしるアスコルビン酸生成に影響をおよぼす日照量と温度に関しては、なお不明な点が多く今後の研究の課題の一つであろう。

Fig. 6. Changes of L-ascorbic acid content during storage in open-cultured okuras.

Fruits were picked and stored at their optimum maturity (6th day after flowering).

3. オクラの貯蔵に伴う鮮度とアスコルビン酸含量の変化

(1) オクラ果実の低温貯蔵に伴うアスコルビン酸含量の変化 オクラは亜熱帯原産の果実であるため、低温に貯蔵した場合、ナス、ピーマン、バナナなどと同様、表皮のビッチング（収穫時期によって発生しない場合がある）および変が生じる。また、障害が生じない温度で貯蔵しても果実の委凋は避けられず、第5図にオクラを各温度に貯蔵し、その鮮度の変化をみた結果を示した。1°C区では貯蔵3日頃から低温障害であるビッチングおよび変が生じ、その後急激な鮮度低下がみられた。また20°C区、室温(25~28°C)区は委凋が著しいため同様に鮮度低下がみられたが、1°C区に比較すれば低下がゆるやかであった。12°C区が鮮度保持の点からはもっとも良好で、約20日間保持できた。つぎに貯蔵に伴うASA含量の変化をみると（第6図）、低温障害が現われる貯蔵3日後からASA含量の急激な低下がみられた。これに対し12°C区では、ASA含量はよく保持し得た。低温障害とASAの減少との関連性についてはLiebermanら(5,6)の研究がみられるが、彼らはサツマイモを用い、7.5°Cに貯蔵した場合、貯蔵期間が長くなるにつれフェノール含量の増加とASA含量の減少とが同時に起ることを報告している。オクラの場合も低温障害発生に伴いASA含量の減少がみられ、ASAが低温障害にいかなる作用をしているかに関しては興味をもたれるが、この点については次報で詳しく述べる。

(2) オクラ果実のCA貯蔵に伴うアスコルビン酸含量の変化 1°C区におけるASAの減少を軽減する目的で、CA貯蔵を試みた。その結果を第1表に示したが、CA貯蔵を行うことにより1°Cの普通貯蔵によって現われた障害を軽減することはできなかった。

Table 1. Effect of controlled atmosphere storage on the changes of ascorbic acid content in open-cultured okuras.

Treatment	ASA	DHA
Control	8.1*	16.9
1°C CO ₂ (%)3 O ₂ (%)3	9.1	10.2
10 3	11.1	16.1
20 3	9.2	16.9
Control	18.1	8.0
12°C CO ₂ (%)3 O ₂ (%)3	14.5	3.0

* mg/100 gf. wt.

Fruits were picked and stored at their optimum maturity (6th day after flowering).

Determined on the 5th day in storage.

また、ASA含量は初日約20mg%であったものが、貯蔵4日後でCO₂3%—O₂3%区は9mg%、CO₂10%—O₂3%区は11mg%、CO₂20%—O₂3%区は9mg%を示し、対照区8mg%とほとんど変らなかった。DHAはCO₂3%—O₂3%区で他の区と比較して増加がやや抑えられた。一方、12°CのCA区では12°Cの普通貯蔵と比較してASA、DHAとも保持効果が劣っていた。一般的にCA貯蔵は普通貯蔵に比べ鮮度保持が可能であるが、オクラの場合1°CCA区で鮮度は対照の1°C区と大差はなかったが、12°CCA区では対照の12°C区に比較して非常に鮮度が保持された。CA貯蔵下におけるアスコルビン酸の保持効果は、菅原(16)、McGillら(10)はハウレンソウでは、保持されるよりむしろ減少することを認めている。これに対し、畑田ら(11)は同じくハウレンソウで、CA貯蔵したものは普通貯蔵に比べアスコルビン酸が保持されたと報告している。CA貯蔵において、ASAが保持されるか否かについては果実、そ菜の種類、品種、CA条件など、さらに検討が必要である。

摘 要

本研究はアスコルビン酸の果実、そ菜における生理作用の解明を目的として行なわれたものであるが、本報ではオクラを用いアスコルビン酸含量の生育、貯蔵に伴う変化について調べ、収穫時期および収穫時間による含量の相違、夏どりと春どり果実における含量相違、貯蔵条件による含量変化との関連について検討した。

1. オクラ果実は開花後生育に伴って還元型(ASA)、酸化型(DHA)アスコルビン酸とも減少し、われわれが食用に供する時期で総アスコルビン酸(TAA)は30mg%前後であった。

2. 夏どり(7月上旬~9月下旬)のオクラでは、とくに7月下旬~8月上旬のASAが高かったが、だいたい全期間を通じ30mg%前後であった。DHA含量は

収穫末期になるにつれ増加する傾向を認めた。

3. 収穫時間の相違によるアスコルビン酸の変化については、午後2時頃のもの ASA 含量がもっとも高く、ついで午前10時、午後7時頃で、午前5~6時頃のものもっとも低かった。

4. 夏どり(7月~9月)のオクラの ASA 含量は 30 mg % 前後で、春どり(4月~6月)のものより高含量を示した。また DHA も夏どりのものの方が高含量であった。

5. オクラの貯蔵中の鮮度変化は、1°C 区で低温障害による鮮度低下が激しく、鮮度保持の上から 12°C 貯蔵が良好であることを認めた。貯蔵に伴う ASA 含量の変化は、1°C 区で低温障害が発生する時期に ASA の激減をきたした。20°C、室温(25~28°C)区では委凋による ASA の低下が生じたが、1°C 区に比較すれば低下がゆるやかであった。12°C 区ではアスコルビン酸含量の目立った低下がなくアスコルビン酸保持の上からも 12°C 貯蔵がすぐれていた。

6. 低温障害の発生防止、アスコルビン酸保持を目的とし 1°C で CA 貯蔵を行った結果、普通貯蔵の 1°C 区とあまり変化なく、貯蔵3日後からの障害発生、ASA 減少、DHA 増加という現象が起こった。しかし、12°C CA 貯蔵では 12°C 普通貯蔵に比べアスコルビン酸含量は減少するが、鮮度が約10日間延長でき30日前後貯蔵可能となることがわかった。

謝 辞 本研究に際し、試料果実について御配慮をいただいた本大学付属農場の田村順介氏に厚くお礼申し上げます。

本研究の一部は 1974 年園芸学会春季大会で発表した。

引用文献

- 青山文雄・野村久雄. 1972. イチゴの不時栽培物と普通栽培物のビタミンC含有量の消長についての研究. 栄養と食糧. 25: 105—107.
- 北川雪恵. 1971. 根菜類の根部におけるビタミンCの分布. 栄養と食糧, 24: 292—297.
- . 1972. 果菜類(きゅうり, フリンスメロン, おくら)の生育とビタミンCの分布. 栄養と食糧, 25: 436—442.
- . 1973. 果菜類の生育とビタミンCの分布(Ⅱ), トマト, ビーマン, イチゴ. 栄養と食糧, 26: 139—143.
- LIEBERMAN, M., C. C. CRAFT, W. V. AUDIA, and M. S. WILCOX. 1958. Biochemical studies of chilling injury in sweetpotatoes. *Plant Physiol.*, 33: 307—311.
- , ———, and M. S. WILCOX. 1959. Effect of chilling on the chlorogenic acid and ascorbic acid content of Porto Rico sweetpotatoes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 74: 642—648.
- MAPSON, L. W., F. A. ISHERWOOD, and Y. T. CHEN. 1954. Biological synthesis of L-ascorbic acid: the conversion of L-galactono- γ -lactone into L-ascorbic acid by plant mitochondria. *Biochem. J.*, 56: 21—28.
- , and E. BRESLOW. 1958. Biological synthesis of ascorbic acid: L-galactono- γ -lactone dehydrogenase. *Biochem. J.*, 68: 395—406.
- . 1971. Vitamins in fruits. In the *Biochemistry of Fruits and their Products*. Vol. 1. HULME, A. C. (ed) Academic Press Inc., 369—384.
- McGILL, J. N., A. I. NELSON, and M. P. STEINBERG. 1966. Effects of modified storage atmospheres on ascorbic acid and other quality characteristics of spinach. *J. Food. Sci.*, 31: 510—517.
- 邨田卓夫・上田悦範. 1967. 青果物の CA-貯蔵に関する研究—ホウレンソウの CA-貯蔵およびその機作. 園芸雑. 36: 77—82.
- 緒方邦安・井上 隆. 1957. 生鮮農産食品の貯蔵に関する研究(第6報)各種蔬菜の追熟および貯蔵に伴うアスコルビン酸の変動に対する熟度の影響. 園芸学研究集録(京大), 8: 101—105.
- OGATA, K. 1961. Physiological studies on the storage of onion bulb. *Bulletin of Univ. of Osaka Prefecture. Series B.* Vol. 11: 99—119.
- ROE, J. H., B. M. MARY., M. J. OESTERLING, and M. D. CHARLOTTE. 1948. The Determination of diketo-L-gulonic acid, dehydro-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissues extract by the 2,4-dinitrophenyl hydrazine method. *J. Biol. Chem.*, 174: 201—208.
- SMITH, A. M., and J. GILLIES. 1940. The distribution and concentration of ascorbic acid in the potato (*Solanum tuberosum*). *Biochem. J.*, 34: 1312—1320.
- 菅原友太. 1957. 農, 園芸作物のビタミンCに関する研究. 養賢堂.
- 山内直樹・南出隆久・緒方邦安. 未発表.
- 田村順介・南出隆久・緒方邦安. 1974. オクラさく(蒴)果の発育に関する研究(第1報). 園芸学会春季大会発表要旨. 182.