数種栽培品種のナス果実のアスコルビン酸含量の相違と 低温障害発生程度の関連†

阿部一博*・黒岡 浩*

Effects of Ascorbic Acid Contents on the Storability and Occurrence of
Chilling Injury in Eggplant Fruits
(Chilling Injury in Eggplant Fruits, Part IX)

ABE Kazuhiro* and KUROOKA Hiroshi*

* College of Agriculture, Osaka Prefecture University
Gakuen, Sakai, Osaka 599-8531

The relationships between storability and contents of phenols, total ascorbic acid (TAA), dehydroascorbic acid (DHA), and L-ascorbic acid (AsA) in eggplant fruits (*Solanum melongena*) of 4 cultivars 'Senryo 2 gou', 'Shiro-daiennasu', 'Sensyu-mizunasu', 'Black beauty' were studied. Unripe fruits (U. F.), marketing size fruits (M. S. F.), and overripe fruits (O. F.) were harvested in summer or fall. The contents of phenols, TAA, DHA and AsA were high with U. F. than M. S. F. or O. F. in all cultivars in both summer and fall. These contents of 'Senryo 2 gou' eggplant fruits did not change extensively during storage at 20°C at all growing stages. The phenol contents in U. F. and M. S. F. showing chilling injury had a sharp increase by 3rd day of storage at 1°C and then decreased. The phenol contents in O. F. showing less chilling injury did not change during storage at 1°C. The contents of TAA and DHA in U. F. decreased rapidly on the 1st day of storage at 1°C and then increased thereafter, while the AsA content in U. F. continued to decrease. The contents of TAA, DHA and AsA in M. S. F. and O. F. decreased slightly at 1°C.

(Received Jan. 9, 1998)

ナス果実は収穫後に低温の影響を受けやすいことが知られており¹⁾, 筆者らは、ナス果実の低温障害としてピットティング^{2)~7)}や果肉・種子の褐変³⁾が発生し、これらの発生には貯蔵温度・湿度^{2), 4)}, 包装条件⁷⁾, 果実の熟度や収穫シーズン^{a)}, 品種の相違⁶⁾などが影響することを明らかにしている。

また、低温障害が発生しやすいナス果実はフェノール物質含量が多く^{3), 6)}, 発生にはフェノール物質の酸化が促進的に作用し、試験管内の実験ではアスコルビン酸の

還元力が発生に抑制的に作用すること^{8), 9)}も明らかにしている。

本研究では、品種の異なるナス果実のアスコルビン酸含量と低温障害発生の関連性を調べるとともに、流通量の多いナス果実「千両二号」貯蔵中の低温障害発生に伴うアスコルビン酸含量の変化を調べ、ナス果実のアスコルビン酸含量と低温障害発生の関連性を明らかにしようとした。

† ナス果実の低温障害に関する研究 (第9報)

* 大阪府立大学農学部 (〒599-8531 大阪府堺市学園町1)

実験材料および方法

1. 実験材料

大阪府堺市の大阪府立大学農学部附属農場で栽培したナス果実（品種：‘千両二号’，‘泉州水ナス’，‘白大円ナス’，‘ブラックビューティー’）を，それぞれ未熟果，適

熟果，過熟果の3熟度段階で収穫し，果実は各熟度ごとに大きさを揃えた後に外的な傷のある果実を除き，実験に供した。

なお‘千両二号’では，未熟果：開花後5～11日（平均18g），適熟果：13～19日（約120g），過熟果：21～27日（約225g）であった。既報⁶⁾に他の3品種の果実の

Fig. 1 Effects of maturation and harvest season on the contents of phenols and ascorbic acid in eggplant fruits of 4 cultivars

U. F., Unripe fruits; M. S. F., Marketing size fruits; O. F., Overripe fruits

①, total ascorbic acid; ②, dehydroascorbic acid; ③, L-ascorbic acid; ④, total phenols; ⑤, o-diphenol

Table 1 Effects of maturation and harvest season on the value of o-diphenol/ascorbic acid (p/a)

Cultivar	Season	Maturation	p/a	Cultivar	Season	Maturation	p/a
'Senryo 2 gou'	Summer	U. F.	7.1	'Shiro-daiennasu'	Summer	U. F.	4.4
		M. S. F.	5.6			M. S. F.	3.3
		O. F.	5.5			O. F.	1.9
	Autumn	U. F.	4.3		Autumn	U. F.	2.2
		M. S. F.	2.9			M. S. F.	1.4
		O. F.	1.6			O. F.	1.2
'Sensyu-mizunasu'	Summer	U. F.	14.8	'Black beauty'	Summer	U. F.	15.3
		M. S. F.	6.8			M. S. F.	14.5
		O. F.	3.4			O. F.	7.3

U. F., Unripe fruits; M. S. F., Marketing size fruits; O. F., Overripe fruits

大きさや開花後日数を示している。

5月に植え付けた株から7月に収穫した果実を夏採り果とした。'千両二号'と'白大円ナス'では、8月にそれらの株を更新後、9～10月に収穫した果実を秋採り果とした。

貯蔵実験では、'千両二号'の夏採り果を供試材料とした。

2. 実験方法

1) 包装と貯蔵方法 直径5mmの孔を両面に開けた有孔ポリエチレン袋(260mm×460mm)に収穫直後のナス果実を10～20個ずつ入れて、封を閉め、1℃もしくは20℃の暗所で貯蔵した。1実験区は3反復とした。

2) 測定方法 成分は各果実の果肉部から抽出して、アスコルビン酸はヒドラジン法(メタリン酸で抽出)、フェノール物質はARNOWらの方法(熱80%アルコールで抽出)で、それぞれ定量を行った。

3反復の包装から均一に数個の果実を選び、2反復で抽出を行い、1実験区のデータはそれらの分析値の平均値を示した。

結果および考察

1. 品種、熟度、ならびに収穫シーズンの異なるナス果実の化学成分含量の相違と低温障害発生の関連性

熟度や収穫シーズンの異なる4品種のナス果実のアスコルビン酸とフェノール物質含量をFig. 1に示した。

夏採り果の4品種とも未熟果の総アスコルビン酸(以下TAA)含量は、適熟果あるいは過熟果より多かった。過熟果のアスコルビン酸(AsA)含量と酸化型アスコルビン酸(DHA)含量は、他の熟度の果実より少ない傾向がみられた。

夏採り果と同様に、秋採りの'千両二号'と'白大円ナス'

の未熟果のTAA含量は、他の熟度の果実より多かった。

夏採り果ではいずれの品種においても、総フェノール物質、オルトジフェノール含量とも未熟果で最も多く、過熟果で最も少なかった。'千両二号'と'白大円ナス'の秋採り果でも、熟度が進むに連れてフェノール物質含量は減少した。またこれらの品種では同じ熟度の果実を比較すると、秋採り果のフェノール物質含量は夏採り果より少なかった。

ナス果実の障害発生に伴う褐変には、オルトジフェノールが関与すること^{3), 6), 8)}や障害発生抑制にはAsAが関与すること⁸⁾を筆者らは明らかにしているので、オルトジフェノール/AsAの値を求め、Table 1に示した。

収穫シーズンや品種に関わらず、熟度が進むに連れて値が小さくなった。また'千両二号'と'白大円ナス'では同じ熟度の秋採り果の値は夏採り果より小さかった。

ナス果実では品種、熟度、収穫シーズンが異なると低温障害の発生程度に差異が生じ、低温障害発生の顕著な果実では、フェノール物質含量が多いことを報告している^{3), 6)}。本研究の供試4品種のナス果実でも、低温障害が発生しやすい未熟果実でフェノール物質含量が多く、発生の少ない過熟果では含量が少なく、これらの報告と一致する。

一方、ナス果実の果肉組織を使った研究でAsAが障害発生に抑制的に作用すること^{8), 9)}を報告しているが、本研究では低温障害発生の少ない過熟果でAsA含量が少なく、発生の多い未熟果でAsA含量が多かった(Fig. 1)。これらの結果は矛盾するよう思われたが、オルトジフェノール/AsAの値は低温障害発生の顕著な果実で高く、発生の少ない果実では値が小さかった(Table 1)ことから低温障害発生にはオルトジフェノール含量やAsA含量の絶対量のみが影響するのでは

Fig. 2 Changes of phenols contents in eggplant fruits ('Senryo 2 gou') during storage at 1°C (top) and 20°C (bottom)

total phenols...□, Unripe fruits (U. F.) ;
○, Marketing size fruits (M. S. F.) ;
△, Overripe fruits (O. F.)
o-diphenol.....■, U. F. ; ●, M. S. F. ; ▲, O. F.

Fig. 3 Changes of total ascorbic acid contents in eggplant fruits ('Senryo 2 gou') during storage at 1°C (top) and 20°C (bottom)

□, ○, △, : Same as Fig. 2

なく、生体内におけるオルトジフェノールの酸化とそれを抑制するAsA還元力が低温障害発生と深く関わるということが推測された。

なお、山内はオクラ¹⁰⁾とピーマン^{11), 12)}、泉はカンキツ類^{13), 14)}でも低温障害発生とAsA含量が関係することを報告している。

2. ナス果実の貯蔵に伴うアスコルビン酸ならびにフェノール物質含量の変化

1°C貯蔵の未熟果では貯蔵2～3日で果肉や種子の褐変が生じ、適熟果では貯蔵4～5日で種子褐変やビッチェングが生じた。1°C貯蔵の過熟果と20°C貯蔵の3段階の果実では、14日の実験期間中は種子と果肉の褐変やビッチェングなどの障害はほとんどみられなかった。

ナス果実‘千両二号’の貯蔵に伴うフェノール物質含量の変化をFig. 2に示した。

1°C貯蔵の未熟果と適熟果では果肉の褐変に先立ち総

フェノール物質含量が増加し、褐変が顕著になった時に減少を示した。1°C貯蔵の過熟果と20°C貯蔵のすべての果実における総フェノール物質含量は、緩やかな増加を示した。

1°Cならびに20°C貯蔵におけるオルトジフェノール含量の変化は、総フェノール物質含量の変化とほぼ同じ傾向であった。

ナス果実‘千両二号’の適熟果で低温貯蔵中の褐変に先立ちフェノール物質含量が増加することは筆者らの報告の結果³⁾と一致し、本研究では褐変の生じる果実では熟度が異なっても適熟果と同様に褐変に先立ちフェノール物質含量が増加することを明らかにした。

ナス果実‘千両二号’の貯蔵に伴うTAA含量の変化をFig. 3に示した。1°C貯蔵の未熟果と適熟果では、褐変に先立ち急激なTAA含量の減少がみられたが、褐変の生じなかった過熟果では緩やかな減少がみられた。

Fig. 4 Changes of dehydroascorbic acid contents in eggplant fruits ('Senryo 2 gou') during storage at 1°C (top) and 20°C (bottom)

□, ○, △, : same as Fig. 2

20°C貯蔵の3熟度段階の果実でも、14日の実験期間中に緩やかな減少を示した。

貯蔵に伴うDHA含量の変化をFig. 4に示した。1°C貯蔵の未熟果では、貯蔵1日に急減し、その後増加した。適熟果でも貯蔵1日に顕著に減少したが、その後の変化は少なかった。1°C貯蔵の過熟果と20°C貯蔵のすべての果実におけるDHA含量は、顕著な変化を示さなかった。

貯蔵に伴うAsA含量の変化をFig. 5に示した。1°C貯蔵の未熟果では、貯蔵1日に急減し、その後も減少を続け、貯蔵7日には含量が0となった。適熟果でも貯蔵1日に顕著に減少し、未熟果と同様に減少を続け、12日には0となった。1°C貯蔵の過熟果と20°C貯蔵のすべての果実におけるAsA含量は、緩やかな減少を示した。

このように低温貯蔵中に果肉褐変の顕著であった未熟果や適熟果では、褐変に先立ちAsA含量が急激に減少したことから、ナス果実の低温貯蔵に伴う低温障害発生にはAsAの還元作用が関与することが明らかとなった。

Fig. 5 Changes of L-ascorbic acid contents in eggplant fruits ('Senryo 2 gou') during storage at 1°C (top) and 20°C (bottom)

□, ○, △, : same as Fig. 2

AsA含量が1°C貯蔵の未熟果と適熟果で急激な変化を示した貯蔵3日におけるオルトジフェノール/AsAの値を求めたところ、収穫当日の未熟果の値は7.1であったが、3日には1°C : 33.9, 20°C : 8.4, 適熟果では4.8が1°C : 10.8, 20°C : 8.0であった。1°C貯蔵では褐変に先立ちオルトジフェノール/AsAの値が急増し、20°C貯蔵では褐変が生じず、この値の変化も少ないことが明らかとなった。なお低温貯蔵中でも果肉褐変の少なかった過熟果では収穫当日に5.6であったが、貯蔵5日に1°C : 8.7, 20°C : 5.2で、オルトジフェノール/AsAの値の変化は少なかった。

筆者は、ナスの果肉切片をクロロゲン酸で処理すると、生体膜の特性や細胞内微細構造の変化が誘導され、AsAの添加はこれらの変化を遅らせることを報告⁸⁾しており、この結果と筆者のナス果実の低温障害に関する研究結果とを総合的に考察し、低温障害発生にはクロロゲン酸の酸化が促進的に作用し、AsAの還元作用が抑制的に作用することを明らかにしている¹⁵⁾。本研究で得られた結果は筆者のナス果実の低温障害発生機構¹⁵⁾を支持

するものである。

要 約

本研究は、ナス果実の低温障害発生とアスコルビン酸含量との関連性を明らかにしようとしたものである。

4品種のナス果実を3段階の熟度で収穫し、アスコルビン酸（総アスコルビン酸：TAA，酸化型アスコルビン酸：DHA，アスコルビン酸：AsA）含量の差異を調べたところ、収穫シーズンが異なっても、未熟果のTAAやAsA含量が最も多く、過熟果の含量が最も少なかった。フェノール物質含量も未熟果で最も多く、過熟果で最も少なかった。オルトジフェノール/AsAの値は収穫シーズンや品種に関わらず、熟度が進むに連れて値が小さくなった。

1℃貯蔵で低温障害の発生しやすい未熟果や適熟果のAsA含量の減少とフェノール物質含量の増加は顕著で、発生が少ない1℃貯蔵の過熟果や20℃貯蔵の3段階の熟度の果実におけるこれらの含量変化は少なかった。

文 献

- 1) 緒方邦安：園芸食品の加工と利用（養賢堂，東京），p.138（1968）
- 2) 阿部一博・岩田 隆・緒方邦安・園学雑，**42**，402（1974）
- 3) 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安：園学雑，**45**，307（1976）
- 4) 阿部一博・緒方邦安：コールドチェーン研究，**2**，104（1976）
- 5) 阿部一博・緒方邦安：園学雑，**46**，541（1978）
- 6) 阿部一博・茶珍和雄：園学雑，**49**，269（1980）
- 7) 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安：園学雑，**54**，247（1985）
- 8) 阿部一博・緒方邦安：園学雑，**47**，111（1978）
- 9) 阿部一博・茶珍和雄：日食低温誌，**14**，53（1988）
- 10) 山内直樹・南出隆久・緒方邦安：園学雑，**44**，303（1975）
- 11) 山内直樹・稲葉 誠・緒方邦安：園学雑，**47**，273（1978）
- 12) 山内直樹・緒方邦安：園学雑，**47**，537（1979）
- 13) IZUMI, H. : *Food Preservation Science*, **24**, 31（1998）
- 14) IZUMI, H. : *Food Preservation Science*, **24**, 31（1998）
- 15) ABE, K. : Chilling injury in horticultural crops, ed. C. Wang (CRC Press, FL, USA), p.71（1990）
（1998年1月9日受理）