

数品種のピーマン (*Capsicum annuum* L.) における 果実の成熟に伴う内容成分の変化

嵯峨 紘一・中村 弘子

園芸学講座

(2004年10月4日受付)

緒 言

ピーマン (*Capsicum annuum* L.) は、トウガラシのなかで辛味成分を有しない甘味系品種群のうち、大果系品種の総称である。我が国においては、生食用として主に緑色の若果が利用され、ビタミン C 含量が極めて高いことから最も重要な緑黄色野菜の一つとされている。一方、最近ではカラーピーマン等と称されて、カロテノイド色素の発現した成熟果の利用も増加している。ピーマン果実は成熟過程において、果皮色が緑色から鮮やかな赤や橙・黄等へと変化し、それに伴い糖含量の他にカロテノイド、ビタミン C 及び E 含量が増加する(4, 8, 9, 10)ことから、ビタミン類の供給源の面からの利用が重要視されている。さらに、ピーマンの成熟果に含まれる抗酸化物質として、ビタミン C、ビタミン E、カロテノイド、そしてフラボノイド(1, 2, 6)等があげられており、ピーマン成熟果は機能性食品としての重要性についても著しく注目されている。従って本研究では成熟ピーマン果実の品質向上と利用法開発のための基礎的資料を得るために、成熟果用ピーマン品種の果実の成熟に伴う果皮における色素、ビタミン C、糖、そして有機酸含量における変化、及びその品種間差異を調査し、検討を加えた。

実験材料及び方法

供試品種はフルーツパプリカと称して近年普及している‘セニョリータ’(成熟果の果皮色が赤)と、従来から栽培されている‘ワンダーベル’(赤)及び‘ゴールデンベル’(黄)の3品種である。2002年3月16日に、ガラス室内においてセルトレイに催芽播種し、4月14日に径7 cm ビニルポットに移植し育苗後、7号鉢に定植した。5日おきに液肥(水溶性園芸肥料“O-K-F”500倍液)を施与した。‘セニョリータ’は6月30日～7月2日、‘ゴールデンベル’は7月1日～7月3日、‘ワンダーベル’は7月2日～7月4日の各期間に開花した花に標識を付けた。標識前及び後に開花したものは全て摘除し

た。各品種とも、開花後10日ごとに1品種あたり10果実を採取し、調査・分析に用いた。‘セニョリータ’はカロテノイド色素の発現した開花後36日にも採取した。採取果実は1果実の生体重を測定後、果皮・胎座・種子に分離し、分離した果皮・胎座の一部および種子100粒を、恒量になるまで70℃通風乾燥機内で乾燥し、乾物率を算出した。残余の試料は-20℃のフリーザーで凍結保存し、色素、糖および有機酸の分析試料とした。

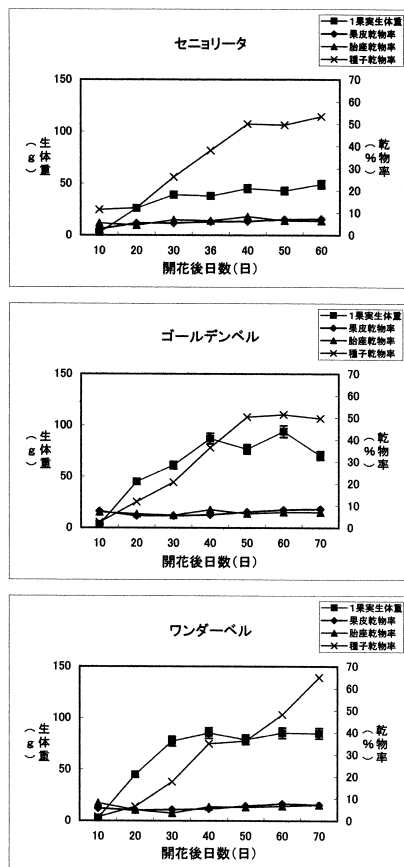
ビタミン C の定量: 新鮮試料を5%メタ燐酸液で磨砕抽出後、ヒドラジン法により総ビタミン C と酸化型ビタミン C を測定し、それらの差を還元型ビタミン C とした。

クロロフィルとカロテノイドの定量: クロロフィルは80%アセトン抽出液の645及び663 nmにおける吸光度から算出した。カロテノイドはアセトン抽出液からエーテルへ転溶・餾化後、不餾化物についてエーテル溶液の吸光度からカロテンとして算出した。

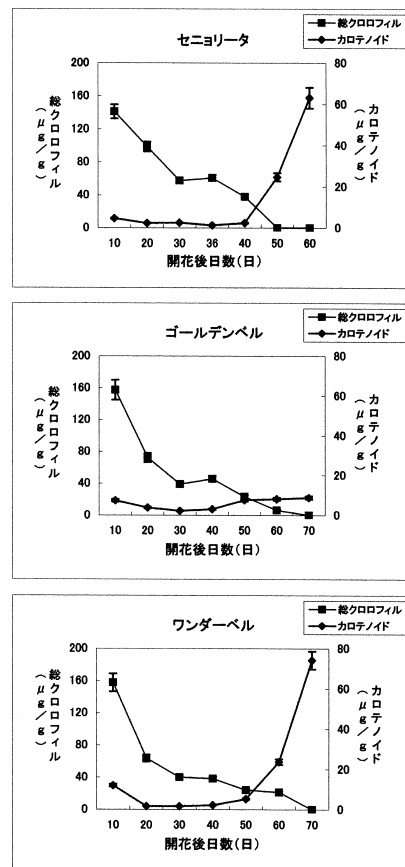
糖及び有機酸の定量: 果皮の凍結試料について、80%エタノールで1時間煮沸抽出し定容とした。抽出液の一定量を蒸発乾固後シリル化し GLC により測定した。有機酸は一定量の抽出液を Dowex 1 ギ酸型カラムを通し吸着させ、ギ酸溶出液を蒸発乾固後シリル化し、GLC で測定した。

結果及び考察

供試各品種の果実生体重と果実各部の乾物率の変化を第1図に示した。果実における生体重は各品種とも開花後40日に最大に達した。種子に関しては‘セニョリータ’と‘ワンダーベル’では開花後40日、‘ゴールデンベル’では開花後50日で発芽が認められた。果皮におけるカロテノイド色素発現は‘セニョリータ’が開花後36日と最も早く、ついで‘ワンダーベル’、と‘ゴールデンベル’は40日であり、これらのことから、着果から果実の成熟期に達するまでの期間は‘セニョリータ’が最も短く、次いで‘ワンダーベル’、‘ゴールデンベル’の



第1図 果実の成熟に伴う一果実生体重と果実各部の乾物率の変化



第2図 果実の成熟に伴う果皮における総クロロフィル、カロテノイド含量の変化
図中の縦線はSE (n=1)

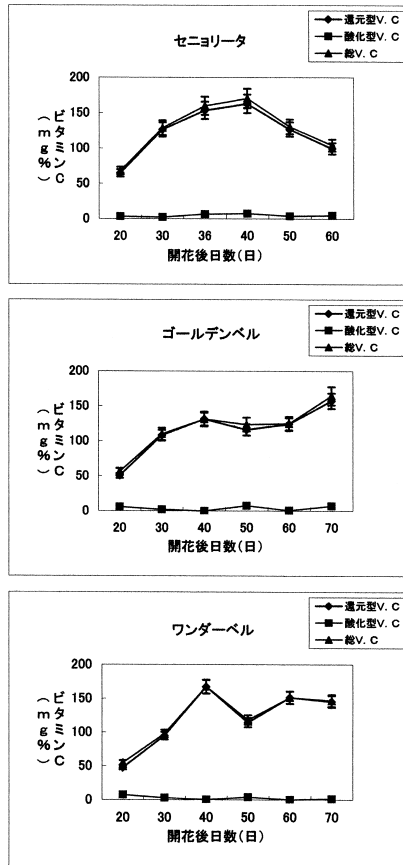
順と考えられた。

果皮におけるクロロフィル含量とカロテノイド含量の変化をそれぞれ第2図、第3図に示した。トウガラシ・ピーマン果皮の色素成分において、果実の発育に伴いクロロフィル含量は減少し、カロテノイド含量が増加することはすでに知られている(2, 8, 9)。本研究においても、供試3品種ともに、クロロフィル含量は果実の発育に伴い低下した。カロテノイド含量は‘セニョリータ’と‘ワンダーベル’において開花後40日以降急増したが、‘ゴールドンベル’では他2品種と比較して著しく低く、開花後40日以降の増加も他品種に比べ明らかに小さかった。黄色ピーマンにおいては、トウガラシ・ピーマンの主要赤色素であるカプサンチンは含まれないとされており(3)、『ゴールドンベル』の果皮色は黄色を呈していることからカプサンチンを含まないものと考えられる。‘ゴールドンベル’におけるカロテノイド色素の発現は、同色素含量の急激な増加に依ることよりも、むしろクロロフィル含量の減少・消失に起因する面が強いものと考えられる。

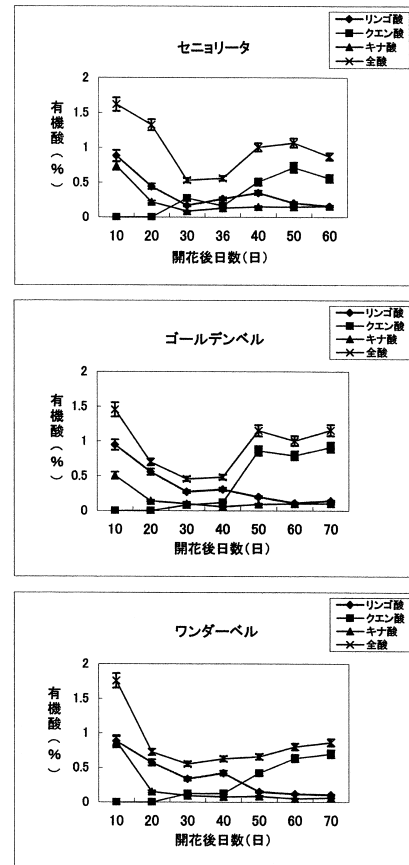
果皮におけるビタミンC含量の変化を第3図に示した。トウガラシ・ピーマン果実にはビタミンCが豊富に含まれ、果実の発育に伴い増加することはすでに多く報告されている(1, 5, 8, 9, 10)。本研究においても、供試

3品種ともに果実の発育に伴い増加し、カロテノイド色素発現期までは明らかな増加がみとめられた。赤色系品種の‘セニョリータ’と‘ワンダーベル’においては、カロテノイド発現後、ビタミンC含量の緩やかな減少が認められたのに対し、黄色系品種の‘ゴールドンベル’ではさらに増加が続いた。このことは、果皮におけるカロテノイドの種類及び含量とビタミンC含量との関連性の存在を示唆している。今堀ら(5)は‘ゴールドンベル’において、アスコルビン酸即ちビタミンC含量は100%黄色の成熟期にも増加し、代謝に関与するL-ガラクトノ- -ラクトン脱水素酵素とモノデヒドロアスコルビン酸還元酵素活性が著しく増加することを示した。従って、赤色系品種におけるビタミンC含量の消長とこれら酵素活性との関連についての検討が必要と考えられる。

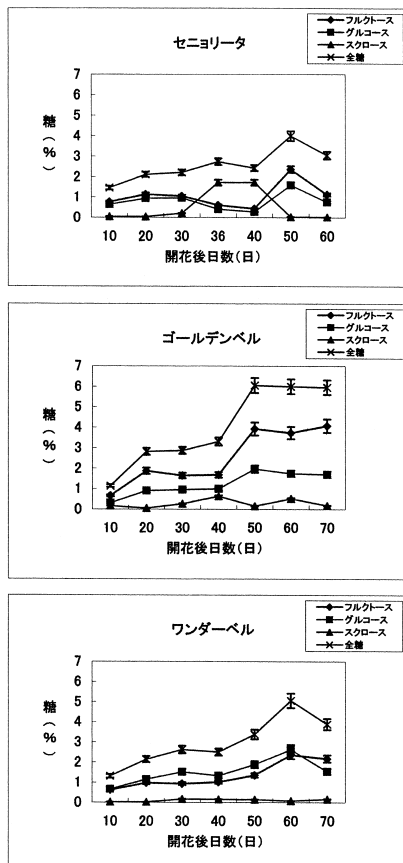
果皮における糖含量の変化を第4図に示した。供試3品種ともにグルコースとフルクトースはカロテノイド色素発現期以降に急増しており、これらは既報の結果(2, 9)と一致していた。一方、‘セニョリータ’においては、カロテノイド発現期でのスクロース含量は、他2品種と比較して明らかに高い値を示し、主要糖となったが、フルクトースとグルコース含量の増加に伴い減少を示し、痕跡程度となった。このことは、‘セニョリータ’果実のス



第3図 果実の成熟に伴う果皮におけるビタミンC含量の変化 図中の縦線はSE (n=3)



第5図 果皮の成熟に伴う果皮における有機酸含量の変化 図中の縦線はSE (n=3)



第4図 果皮の成熟に伴う果皮における糖含量の変化 図中の縦線はSE (n=3)

クロース代謝は他品種と異なり、利用面において考慮すべきことと考えられる。

果皮における有機酸含量の変化を第5図に示した。ピーマン果実における主要有機酸は、幼若果においてはキナ酸とリンゴ酸(9)、そして成熟期ではクエン酸(4)であることが報告されている。本研究においても同様の結果が得られた。‘セニョリータ’では開花後36日、‘ゴールデンベル’と‘ワンダーベル’は開花後40日でのカロテノイド色素の発現開始に伴いクエン酸含量の増加が認められ、その含量は‘セニョリータ’と‘ゴールデンベル’は開花後50日、‘ワンダーベル’では70日で最高に達した。成熟果のクエン酸含量では‘ゴールデンベル’が最も高く、次いで‘セニョリータ’、‘ワンダーベル’の順であった。これら成熟果における糖及び有機酸含量の品種間差異は風味の差異に影響するものと考えられる。

以上のことより、ピーマン成熟果は、カロテノイド色素発現による着色開始から10日～20日の果実において、ビタミンC、カロテノイド及び有機酸含量が高ことから、栄養ならびに生理機能性において優れていると考えられる。

摘 要

ピーマン品種‘セニョリータ’、‘ゴールドンベル’、‘ワンダーベル’の果実の成熟に伴うクロロフィル、カロテノイド、ビタミンC、糖および有機酸含量の変化について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

1) 果皮におけるクロロフィル含量は、果実の成熟とともに減少し、その減少は‘セニョリータ’において最も早かった。カロテノイド含量は、‘セニョリータ’で開花後40日、‘ワンダーベル’と‘ゴールドンベル’では開花後50日以降に増加したが、‘ゴールドンベル’での含量は著しく低かった。

2) ビタミンC含量は果実の発育に伴い増加し、カロテノイド発現後、‘セニョリータ’と‘ワンダーベル’では減少した。一方、‘ゴールドンベル’では、カロテノイド色素発現後も増加した。

3) 糖含量は果実の発育に伴い、グルコースとフルクトースは増加した。‘セニョリータ’において、着色開始期にスクロースが増加し主要糖となったが、それ以降は減少した。‘ゴールドンベル’と‘ワンダーベル’では、スクロース含量は低かった。

4) 有機酸は果実の発育初期において各品種ともにクエン酸とリンゴ酸が主要有機酸であり、果実の発育に伴い減少した。カロテノイド色素発現に伴いクエン酸が急激に増加し、成熟果の主要有機酸となった。

5) 以上の結果からカロテノイド色素が発現したピーマン成熟果実はいずれの品種においてもビタミンC、カロテノイド、糖及びクエン酸含量が高く、栄養及び生理機能性において食品としての価値が高いものと考えられる。

引 用 文 献

1. HOWARD L. R., S. T. TALCOTT, C. H. BRENES and B.

VILLALON : Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *J. Agric. Food Chem.* 48 : 1713-1720, 2000.

2. HUBBARD N. L. and D. M. PHARR : Developmental changes in carbohydrate concentration and activities of sucrose metabolizing enzymes in fruits of two *Capsicum annuum* L. genotypes. *Plant Science* 86 : 33-39. 1992.
3. HUSSEIN G. D., M. VINKLER, F. MARKUS, E. A. HEBSEI and P. A. BIACS : Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chem.* 55 : 365-372. 1996.
4. 今田成雄・石川正美・濱野恵・長岡正昭：ピーマン果実の生育に伴う糖・有機酸組成の変化．園学雑 60 別 1 : 278-279, 1991.
5. 今堀義洋・周燕飛・上田悦範・茶珍和雄：ピーマン果実の成熟中のアスコルビン酸代謝．園学雑 67 : 798-804. 1998.
6. IMAHORI Y., Y. KANATSUNE, Y. UEDA and K. CHACIN : Changes in hydrogen peroxide content and antioxidative enzyme activities during the maturation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69 : 690-695. 2000.
7. LEE Y, L. R. HOWARD and B. VILLALON : Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *J. Food Science*. 60 : 473-476. 1995.
8. RAHMAN F. M. M. and K. A. BUCKLE : Pigment changes in *capsicum* cultivars during maturation and ripening. *J. Food Technol.* 15 : 241-249. 1980.
9. 嵯峨絏一：青果用ピーマン果実の発育に伴う内容成分の変化について 弘前大学農学部学術報告 56 : 33-40. 1993.
10. YAHLIA E. M., M. CONTRERAS-PADILLA and G. GONZALES-AGUILAR : Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. *Lebensm. -Wiss. u. -Technol.* 34 : 452-457. 2001.

Changes in the contents of some constituents in a maturing sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits of some cultivars

Koichi SAGA • Hiroko NAKAMURA

Laboratory of Horticulture

SUMMARY

The matured sweet pepper fruit that is colored by carotenoid pigment has been used recently in this country. However, there is little information as for varietal differences of the constituents in the fruits. This investigation was conducted to analyze the changes in the contents of chlorophyll, carotenoid, vitamin C, sugar, and organic acid in the maturing sweet pepper fruits on three cultivars. The results obtained can be summarized as follows:

1. Chlorophyll content in pericarp decreased with the fruit growth in every used cultivar and remarkably fast in ' Senorita '. Carotenoid pigment appeared in the pericarp 40 days after flowering in ' Senorita ' and 50 days after flowering in ' Wonder Bell ' and ' Golden Bell '.
2. Vitamin C contents increased with the fruit growth until carotenoid pigment appeared in the pericarp in ' Senorita ' and in ' Wonder Bell ', while subsequently increasing in ' Golden Bell '.
3. Contents of glucose and fructose increased as the fruit matured in every used cultivar. Sucrose content in ' Senorita ' was higher than other sugars at the appearance of carotenoid pigment, and subsequently decreased. The latter content was extremely low in ' Golden Bell ' and ' Wonder Bell '.
4. Contents of quinic acid and malic acid decreased with the fruit maturation. On the other hand, citric acid increased rapidly with the appearance of carotenoid pigment in every used cultivar.
5. These results show that matured sweet pepper fruits, in which carotenoid pigment appeared, are valuable food in the aspect of nutritional and physiological functions.

Bull. Fac. Agric. & Life Sci. Hirosaki Univ. No. 7 : 21 - 25, 2005