リンゴの部位別および成熟過程におけるポリフェノール成分と ポリフェノールオキシダーゼ活性の変化

山王丸靖子*・片山 脩*・樫村芳記**,*^{***}・金子勝芳**,*^{****}

Changes in Polyphenol Content and Polyphenoloxidase Activity of Apple Fruits during Ripening Process

Yasuko SANNOMARU*, Osamu KATAYAMA*, Yoshiki KASHIMURA**,*^{***}
and Katsuyoshi KANEKO**,*^{****}

* The SKYLARK Food Science Institute, 1-3-CB-5, Nakase,
Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-01

** Apple Research Center, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries,
92, Nabeyashiki, Shimokuriyagawa, Morioka-shi, Iwate 020-01

*** Present address ; Agriculture, Forestry and Fisheries Research Councils,
Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries,
1-2-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100

**** Present address ; National Food Research Institute, Ministry of Agriculture,
Forestry and Fisheries, 2-1-2, Kannondai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305

We investigated the changes in polyphenol (PP) content and polyphenoloxidase (PPO) activity of apple fruits (flesh, core and peel) during ripening process. The apples were cultivated with the experimental hydroponics (water cultured fruit of Fuji : WCF) or sprayed with Ca-solution on conventional soil culture (Ca-solution sprayed fruit of Starking : CaF). The control apples of the same cultivar were cultivated by conventional soil culture (soil cultured fruit : SCF). These apples were harvested at 3 stages during ripening process at Morioka in 1993. The following results were obtained. (1) Total PP (TPP) contents in WCF and CaF, which had low browning degree were higher than that in SCF with high browning degree. (2) In peel of all apples, regardless of cultivar and culture condition, TPP was included four of five times the other parts. (3) The contents of chlorogenic acid and epicatechin in WCF and CaF were higher than those in SCF. In Fuji, regardless of culture condition, chlorogenic acid content was higher than epicatechin content in all parts. In Starking, same result was obtained in flesh and core, but reverse result was found in peel. (4) The contents of TPP, chlorogenic acid and epicatechin decreased during ripening process, and fell rapidly during the early stage of development. (5) The PPO activity in WCF was weaker than that in SCF significantly, but it was not affected the spraying of Ca-solution. (6) The PPO activity decreased rapidly during the early stages of development.

(Received Jun. 3, 1997 ; Accepted Oct. 3, 1997)

* (財)すかいらくフードサイエンス研究所 (〒261-01 千葉県千葉市美浜区中瀬 1-3-CB-5)

** 農林水産省果樹試験場リンゴ支場 (〒020-01 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92)

*** 現在, 農林水産省林水産技術会議事務局 (〒100 東京都千代田区霞ヶ関 1-2-1)

**** 現在, 農林水産省食品総合研究所 (〒305 茨城県つくば市観音台 2-1-2)

果実・野菜類の褐変現象はその食品の色や香りに多くの場合、悪影響を与える事が知られている。特にリンゴの褐変現象は代表的なものであり、これまでに褐変防止技術開発の面から酵素褐変に関するいろいろな試みがなされて来た。しかし、いずれも十分な成果が得られていないのが現状である。

筆者らは前報¹⁾で、農林水産省果樹試験場盛岡支場（現在リンゴ支場）で収穫された褐変度の低いリンゴについて検討を行い、褐変反応基質であるポリフェノール（PP）含有量は、褐変度の低い水耕栽培果、および普通栽培樹に Ca 溶液を樹上散布した果実に多い結果を得ている。そしてポリフェノールオキシダーゼ（PPO）活性は、水耕栽培果で著しく低い事、また Ca 溶液散布果では差がみられない事を報告した。これらの結果は、褐変度の低いリンゴ果実の性質を解明する上で重要な手掛かりである。

本研究では、リンゴの褐変に重要な役割を果たしている PP 含有量および PPO 活性について、果実の部位別および成熟過程における変化を検討したので報告する。

実 験 方 法

1. 供試リンゴ

リンゴ果実は、農林水産省果樹試験場盛岡支場（現在リンゴ支場）において 1993 年に収穫された、土耕栽培および水耕栽培の‘ふじ’と、土耕栽培および土耕栽培樹に 0.3% Ca 溶液を樹上散布した‘スターキング・デリシャス’（‘スターキング’）の 2 品種 4 種類を供試した。

(1) リンゴ果実の熟度別収穫時期

栽培条件に関係なく、リンゴ果実の熟度を花満開日から数えて、‘ふじ’では 74 日（幼果：Stage 1）、122 日（未熟果：Stage 2）、172 日（適熟果：Stage 3）および‘スターキング’では 72 日（幼果：Stage 1）、113 日（未熟果：Stage 2）、155 日（適熟果：Stage 3）の 3 段階に分けて収穫した。適熟果は当地における一般的な収穫適期とされる時期に収穫した。

2. 栽培方法

(1) 対照区

通常の普通栽培を対照区とし、これを土耕そして収穫果実を土耕果、また Ca 溶液散布試験の対照区を無散布果と呼ぶ。

(2) 水耕栽培および Ca 溶液散布

水耕栽培および Ca 溶液の樹上散布は、前報¹⁾と同一条件で行った。Ca 散布溶液は、Ca 濃度として 0.3% を含有するように前報¹⁾と同様の方法で作成した。この

Ca 溶液を、花満開日から約 2 週間おきに 7 回、樹上散布を行った。

3. ポリフェノール抽出および総ポリフェノールの定量

PP 成分はメタノールを用いて抽出¹⁾した。この抽出液を用いて、総 PP を Folin-Denis 法²⁾により測定した。なお測定時の標準品には、(-)-エピカテキン（SIG-MA 社製）を用いた。

4. ポリフェノール成分の分析

個々の PP は、クロロゲン酸およびエピカテキンについてピログロールを内部標準物質とし、高速液体クロマトグラフィで定量¹⁾した。

5. ポリフェノールオキシダーゼ活性の測定

KLAPPP³⁾の方法に準じ、前報¹⁾と同様に溶存酸素計により測定した。

6. 実験結果の有意差検定

実験結果の平均値の評価の検定は、スミルノフの棄却検定を行った後、t 検定法によった。

実験結果および考察

1. リンゴ果実の熟度別平均重量

リンゴの熟度別平均重量を、Table 1 に示した。これらは、6~7 個の果実重量の平均値である。‘ふじ’では幼果から適熟果まで、土耕果と比較して明らかに水耕果の重量がで、良好な生育状態が示された。一方、‘スターキング’では Ca 散布果が無散布果よりも低値となった。しかし、これらの結果が水耕栽培および Ca 散布の影響によるものであるかは、1 回の収穫年の結果であるため明らかではない。

2. 適熟果の部位別ポリフェノール成分の違い

リンゴの総 PP、クロロゲン酸、エピカテキンについて、適熟果（Stage 3）における部位別の含有量を、果肉は Table 2、果芯は Table 3、果皮は Table 4 に示した。

(1) 果肉（Table 2）

総 PP についてみると、前報¹⁾の結果と同様に対照区と比較して褐変度の低い‘ふじ’の水耕果および‘スターキング’の Ca 散布果が、それぞれの品種の対照区の総 PP より有意に高値を示した。これらの結果から、総 PP は、水耕および Ca 散布によって高まる事、褐変基質である PP 量の大小と褐変の強弱は直接関係しない事などが一層明確になった。また、‘ふじ’と‘スターキング’の対照果の比較では‘スターキング’が‘ふじ’よりも有意に高値となったが、これは品種による差と考えられた。

Table 1 Weight gain of apple fruits during maturation

Cultivar and culture condition	(g/apple fruit)		
	Stage 1 (Young fruit)	Stage 2 (Unripe fruit)	Stage 3 (Ripe fruit)
Fuji (Soil)	53.9	167.0	232.9
Fuji (Water)	102.3	236.6	338.5
Starking (No Ca, Soil)	92.4	212.7	299.4
Starking (Ca 0.3%, Soil)	80.5	174.5	232.1

Values are average weight of 6 or 7 apple fruits.

Soil, Soil cultured; Water, Water cultured; No Ca, Not sprayed Ca solution; Ca 0.3%, Sprayed with Ca 0.3% solution.

Stage 1, 74 (Fuji) and 72 (Starking) days; Stage 2, 122 (Fuji) and 113 (Starking) days; Stage 3, 172 (Fuji) and 155 (Starking) days.

These days elapsed till harvest after full blossom.

Table 2 Content of total polyphenol, chlorogenic acid and epicatechin in flesh of apple fruits

Cultivar and culture condition	(mg/100 g)		
	Stage 1 (Young fruit)	Stage 2 (Unripe fruit)	Stage 3 (Ripe fruit)
《Total polyphenol》			
Fuji (Soil)	133.1±15.3 ^{a*}	78.5± 3.9 ^a	55.4±4.4 ^a
Fuji (Water)	172.2± 6.9 ^b	113.5±19.7 ^b	99.7±7.4 ^b
Starking (No Ca, Soil)	118.6±10.4 ^a	93.8±10.7 ^{ab}	74.8±6.2 ^c
Starking (Ca 0.3%, Soil)	141.5±17.1 ^a	105.9± 5.7 ^b	89.5±7.9 ^b
《Chlorogenic acid》			
Fuji (Soil)	27.0± 3.8 ^a	7.8± 1.0 ^a	5.2±0.8 ^a
Fuji (Water)	39.9± 3.7 ^b	10.7± 1.1 ^{ab}	17.7±2.2 ^b
Starking (No Ca, Soil)	17.0± 2.5 ^c	5.8± 1.0 ^{ac}	4.4±0.9 ^a
Starking (Ca 0.3%, Soil)	18.4± 2.5 ^c	6.2± 0.3 ^c	4.7±0.5 ^a
《Epicatechin》			
Fuji (Soil)	9.0± 2.2 ^{ab}	0.9± 0.3 ^a	0.2±0.1 ^a
Fuji (Water)	11.3± 1.7 ^a	1.5± 0.6 ^{ab}	1.7±0.04 ^b
Starking (No Ca, Soil)	6.2± 1.2 ^b	1.1± 0.4 ^{ab}	1.0±0.4 ^{bc}
Starking (Ca 0.3%, Soil)	7.0± 1.9 ^b	1.8± 0.3 ^b	1.2±0.3 ^c

* Means (n=3) in a same column with different superscript letters are significantly different (P<0.05).

Soil, Water, No Ca, Ca 0.3%, Stage 1, Stage 2 and Stage 3 are same meaning in Table 1.

クロロゲン酸では、'ふじ'の水耕果の含有量が土耕果の約3倍と有意に高値を示し、水耕栽培による総PPの増加を裏付けるものと考えられた。

エピカテキンでも、水耕果の含有量が土耕果のそれよ

りも約8倍も高い事が認められ、クロロゲン酸と同様に水耕栽培の影響と考えられた。

一方、'スターキング'では、Ca散布の有無とクロロゲン酸およびエピカテキン含有量との間に、特に関係は

認められなかった。なお、何れの試験区でもクロロゲン酸はエピカテキンよりも含有量が大で、最大（‘ふじ’ 土耕果）で約 25 倍、最小（‘スターキング’ Ca 散布果）で約 4 倍の含有量を示した。

(2) 果芯 (Table 3)

総 PP は果肉と同様に、‘ふじ’ の水耕果および ‘スターキング’ の Ca 散布果がそれぞれの品種の対照区よりも有意に高値を示した。土耕果の比較では、‘ふじ’ と ‘スターキング’ 間に差はみられなかった。

クロロゲン酸は、‘ふじ’ では果肉と同様に水耕果が土耕果の約 3 倍量を含む有意に高値を示した。‘スターキング’ では、Ca 散布果が無散布果よりも有意に高値となった。なお、‘ふじ’ の土耕果のクロロゲン酸は、‘スターキング’ の無散布果、Ca 散布果よりも顕著に高値となり、品種による差が認められた。

エピカテキンも、‘ふじ’ では果肉と同様に水耕果が土耕果の約 9 倍量を含む有意に高値を示した。しかし、‘スターキング’ では Ca 散布による有意差は認められなかった。なお果肉と同様に、クロロゲン酸がエピカテキ

ンよりも、最大（‘ふじ’ 土耕果）で約 25 倍、最小（‘スターキング’ Ca 散布果）で約 4 倍多く含有された。

(3) 果皮 (Table 4)

総 PP は、果皮においても他の部位と同様に、‘ふじ’ の水耕果および ‘スターキング’ の Ca 散布果がそれぞれの品種の対照果よりも有意に高値を示した。対照果の比較では、果肉と同様に ‘ふじ’ よりも ‘スターキング’ が有意に高値を示した。なお、どのリンゴ果実の果皮においても総 PP は、果肉、果芯の約 4~5 倍量が含有された。この結果は前報¹⁾ および竹内ら⁴⁾ の報告と一致し、果皮における総 PP 含有量は、他の部位よりも高い事を示している。

クロロゲン酸は、‘ふじ’ の水耕果および ‘スターキング’ の Ca 散布果が、それぞれの品種の対照区よりも有意に高値を示した。また、‘スターキング’ では、Ca 散布の有無に関係なく果肉、果芯よりも含有量が低値であった。さらに、対照果の比較でも ‘ふじ’ と大きな差が認められ、‘スターキング’ の果皮のクロロゲン酸含有量は低かった。

Table 3 Content of total polyphenol, chlorogenic acid and epicatechin in core of apple fruits

	(mg/100 g)		
Cultivar and culture condition	Stage 1 (Young fruit)	Stage 2 (Unripe fruit)	Stage 3 (Ripe fruit)
《Total polyphenol》			
Fuji (Soil)	125.3 ± 5.0 ^{a*}	98.4 ± 0.8 ^a	61.5 ± 6.7 ^a
Fuji (Water)	184.3 ± 13.9 ^b	116.4 ± 11.1 ^{ab}	100.1 ± 8.1 ^b
Starking (No Ca, Soil)	128.4 ± 4.5 ^a	103.8 ± 4.3 ^{ab}	63.7 ± 4.6 ^a
Starking (Ca 0.3%, Soil)	138.7 ± 10.4 ^a	105.2 ± 2.2 ^b	83.5 ± 0.9 ^b
《Chlorogenic acid》			
Fuji (Soil)	26.4 ± 1.1 ^{ac}	18.2 ± 0.8 ^a	10.2 ± 2.5 ^{ac}
Fuji (Water)	51.3 ± 3.6 ^b	21.1 ± 3.5 ^{ab}	27.7 ± 2.0 ^b
Starking (No Ca, Soil)	24.6 ± 1.9 ^a	11.3 ± 1.3 ^c	7.5 ± 1.0 ^a
Starking (Ca 0.3%, Soil)	28.4 ± 1.2 ^c	14.3 ± 0.5 ^b	11.7 ± 1.2 ^c
《Epicatechin》			
Fuji (Soil)	1.9 ± 0.3 ^a	0.6 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.1 ^a
Fuji (Water)	6.6 ± 1.7 ^b	1.4 ± 0.5 ^{ab}	0.9 ± 0.4 ^b
Starking (No Ca, Soil)	3.3 ± 1.0 ^a	1.1 ± 0.3 ^{ab}	0.5 ± 0.1 ^b
Starking (Ca 0.3%, Soil)	2.1 ± 0.1 ^a	1.1 ± 0.1 ^b	0.5 ± 0.1 ^b

* Means (n=3) in a same column with different superscript letters are significantly different (P<0.05).

Soil, Water, No Ca, Ca 0.3%, Stage 1, Stage 2 and Stage 3 are same meaning in Table 1.

Table 4 Content of total polyphenol, chlorogenic acid and epicatechin in peel of apple fruits

Cultivar and culture condition	(mg/100 g)		
	Stage 1 (Young fruit)	Stage 2 (Unripe fruit)	Stage 3 (Ripe fruit)
《Total polyphenol》			
Fuji (Soil)	341.5±11.2 ^{a*}	233.3± 1.2 ^a	243.8±34.0 ^a
Fuji (Water)	417.3±24.8 ^b	341.3±25.1 ^b	418.7±68.8 ^{bc}
Starking (No Ca, Soil)	384.6±38.8 ^{ab}	342.2±28.3 ^{bc}	337.8±40.0 ^b
Starking (Ca 0.3%, Soil)	479.4±13.8 ^c	387.5± 0.3 ^c	419.7± 4.3 ^c
《Chlorogenic acid》			
Fuji (Soil)	23.4± 0.5 ^a	11.7± 1.6 ^a	11.3± 1.0 ^a
Fuji (Water)	43.2± 3.3 ^b	15.3± 1.6 ^a	32.3± 1.1 ^b
Starking (No Ca, Soil)	10.0± 1.4 ^c	2.7± 0.01 ^b	1.9± 0.6 ^c
Starking (Ca 0.3%, Soil)	15.3± 2.0 ^d	4.2± 0.7 ^b	3.9± 0.3 ^d
《Epicatechin》			
Fuji (Soil)	20.7± 1.6 ^a	11.9± 3.1 ^a	1.8± 0.5 ^a
Fuji (Water)	28.6± 3.2 ^b	6.8± 2.5 ^a	3.1± 0.1 ^b
Starking (No Ca, Soil)	22.4± 5.3 ^{ab}	10.5± 1.8 ^a	12.2± 3.2 ^c
Starking (Ca 0.3%, Soil)	48.0± 9.5 ^c	22.9± 5.3 ^b	15.7± 0.7 ^c

* Means (n=3) in a same column with different superscript letters are significantly different (P<0.05).

Soil, Water, No Ca, Ca 0.3%, Stage 1, Stage 2 and Stage 3 are same meaning in Table 1.

エピカテキンは、‘ふじ’では水耕果が土耕果よりも有意に高値となった。また、水耕果、土耕果ともに、他の部位と同様にクロロゲン酸がエピカテキンよりも多く含有されたが、エピカテキン含有量は他の部位よりも大であった。一方、‘スターキング’ではCa散布による差は認められなかった。しかし、Ca散布果、無散布果とも他の部位よりもエピカテキンは顕著に多く、他の部位とは反対にエピカテキンがクロロゲン酸よりも多く含有された。また、対照果の比較でも‘スターキング’が‘ふじ’よりも有意に高値で、その差は顕著であった。これらの傾向は前報¹⁾においても観察され、品種による特徴と考えられた。

3. 成熟過程におけるポリフェノール成分の変化

リンゴの総PP、クロロゲン酸、エピカテキンの成熟に伴う変化を部位別に、果肉をTable 2、果芯をTable 3、果皮をTable 4に示した。

(1) 果肉 (Table 2)

総PPは、2品種の何れにおいても幼果から適熟果へと熟度が進むにつれて減少した。特に‘ふじ’では、幼

果から未熟果に至る間の減少量が、未熟果から適熟果に至る間のそれよりも大きかった。

クロロゲン酸は、‘ふじ’の土耕果および‘スターキング’のCa散布果、無散布果では熟度の進行とともに減少した。しかし、‘ふじ’の水耕果においては、幼果から未熟果にかけて他の試験区と同様に減少するが、未熟果から適熟果に至る過程で増加するという特異的な現象を示した。

エピカテキンはすべてのリンゴで熟度の進行とともに減少し、特に幼果から未熟果に至る間の減少率が大きかった。

このように、総PP、クロロゲン酸、エピカテキンは熟度の進行に伴って減少した。特に幼果から未熟果に至る過程での急激な減少は、COSETENG⁵⁾、BURDA⁶⁾らの報告と一致するものである。

(2) 果芯 (Table 3)

総PPは果肉と同様に、熟度の進行に伴い2品種ともに減少した。‘ふじ’の水耕果の幼果における総PPは他のリンゴよりも有意に多く含有されたが、未熟果に至る

間で急激に減少した。

クロロゲン酸は、果肉と同様に‘ふじ’の水耕果を除いて何れの試験区においても、熟度の進行に伴い減少の傾向を示した。‘ふじ’の水耕果では、果肉の場合と同様に、幼果から未熟果の過程で減少するが、適熟果において増加がみられた。

エピカテキンは熟度の進行に伴い減少し、総PPと類似の動向を示した。すなわち‘ふじ’の水耕果の幼果におけるエピカテキンが、他のリングよりも有意に多く含まれたが、幼果から未熟果に至る間に急激に減少した。

(3) 果皮 (Table 4)

果皮の総PPは他の部位と異なった動向を示した。‘ふじ’の水耕果および‘スターキング’のCa散布果では、熟度が幼果から未熟果に進むと一旦減少し、適熟果で再び増加した。この現象は特に‘ふじ’の水耕果で顕著にみられ、幼果から未熟果に至る過程で約18%減少した総PPが、適熟果においては幼果と同程度まで増加した。‘ふじ’と‘スターキング’の土耕果では成熟に伴い減少したが、未熟果から適熟果に至る間の減少率は他の部位と比較して緩やかであった。

クロロゲン酸およびエピカテキンは、他の部位と同様に熟度の進行に伴い減少傾向が認められた。しかし、‘ふじ’の水耕果のクロロゲン酸は果肉、果芯と同様に幼果から未熟果の過程で一旦減少し、適熟果で増加した。Table 1~Table 3の結果からみられる水耕果の、未熟果から適熟果への過程におけるクロロゲン酸の増加現象は、全部で観察されたが、対照区である土耕果では認められなかった。これを前述の総PPの変動と考え合わせると、PP類の発現に関与する果樹生理に対して、水耕栽培が何らかの影響を与えるのではないかと考えられる。

4. 成熟過程におけるポリフェノールオキシダーゼ活性の変化

リング果肉のPPO活性の成熟過程における変化を、品種別に‘ふじ’をFig. 1, ‘スターキング’をFig. 2に示した。結果は、リング果肉凍結乾燥物1g当たりの活性として示した。

(1) ‘ふじ’のポリフェノールオキシダーゼ活性

幼果、未熟果、適熟果とも水耕果が土耕果と比較して有意に低値を示した。特に幼果では顕著に低く、水耕果のPPO活性は土耕果と比較して約1/45であった。なお、土耕果のPPO活性は幼果から未熟果への過程で急激に減少したが、適熟果では未熟果よりも活性は高かつ

Fig. 1 Polyphenoloxidase activity of flesh of Fuji (Stage 1-3)

Values are same mean±SD, those with different letter are significantly different ($P < 0.05$).

FS, Fuji soil culture; FW, Fuji water culture. Stage 1, 74 (Fuji) and 72 (Starking) days; Stage 2, 122 (Fuji) and 113 (Starking) days; Stage 3, 172 (Fuji) and 155 (Starking) days. These days elapsed till harvest after full blossom.

Fig. 2 Polyphenoloxidase activity of flesh of Starking (Stage 1-3)

Values are same mean±SD, those with different letter are significantly different ($P < 0.05$).

SS, Soil-cultured Starking not sprayed Ca solution; S3, SS sprayed with Ca 0.3% solution.

Stage 1, Stage 2 and Stage 3 are same meaning in Fig. 1.

た。一方、水耕果の PPO 活性は、幼果から未熟果の過程で僅かに高まり、適熟果ではそのままのレベルが保たれた。

前報¹⁾で我々は、'ふじ'の土耕果の PPO 活性と比較して、土耕果よりも褐変度の低い水耕果の PPO 活性が有意に低値である事、および土耕果と水耕果の PPO のアイソザイムパターンには差異のない事を報告した。すなわち水耕果の褐変度が低いのは、PPO 活性が土耕果よりも低いため、PPO の本質的な差異ではないと考えられた。今回の実験では、リンゴ果実の成熟初期から適熟まで 3 段階にわたり PPO 活性を測定したが、水耕果では幼果から適熟果に至るまで、活性値に殆ど変動がなく顕著に低かった。この結果は水耕栽培では果実の成熟初期から、PPO の発現が明らかに抑制された事を示唆している。しかし、水耕栽培が果実に与える作用機序については不明である。

(2) 'スターキング'のポリフェノールオキシダーゼ活性

幼果では、褐変度の低い Ca 散布果¹⁾の PPO 活性が無散布果より有意に高値となった。未熟果、適熟果では両者に有意差は認められなかった。また、栽培条件に関係なく 'ふじ'の土耕果と同様に、幼果から未熟果の過程で PPO 活性は急激に減少したが、適熟果では未熟果の 2~3 倍に増加した。このような、'ふじ'でも 'スターキング'でも観察された、幼果から未熟果への過程における PPO 活性の急激な減少は、COSÉTENG ら⁵⁾の報告と一致するものである。なお、前報¹⁾で 'スターキング'については、褐変度の低い Ca 散布果と対照区の無散布果の PPO 活性に差は認められない事、および PPO のアイソザイムパターンに差異がない事を報告しており、Ca 散布による弱褐変は PP 成分および PPO 活性のいずれからも説明できなかった。本実験でも前報¹⁾と同様の結果となり、Ca 散布が果樹に与える影響の原因については明らかではない。

このように、水耕栽培では果実の PPO 活性が抑制される結果、褐変度が低くなるものと考えられる。また、Ca 散布による弱褐変の原因は本実験でも明らかにしなかった。しかし、これらの結果は 'ふじ' 'スターキング' 2 品種について 1 回の収穫年の実験である。栽培条件の影響はリンゴの品種、収穫年度の天候等に左右さ

れることが考えられることから、今後更に多種類のリンゴ果実を用いた多年度にわたる研究が必要である。

要 約

水耕栽培 ('ふじ') および土耕栽培樹に Ca 溶液を樹上散布 ('スターキング') した褐変度の低いリンゴ果実について、部位別および成熟過程における PP 成分と PPO 活性の変化を検討した。結果は以下の通りである。

(1) 総 PP は、褐変度の低い 'ふじ'の水耕果および 'スターキング'の Ca 散布果に対照果よりも多く含有された。部位別では品種、栽培条件に関係なく果皮に多く、他の部位の 4~5 倍含有された。

(2) クロロゲン酸、エピカテキンも水耕果および Ca 散布果に多く含有された。また、栽培条件に関係なく 'ふじ'では全部位において、クロロゲン酸がエピカテキンよりも大であったが、'スターキング'では果皮部のみ逆の結果を示した。

(3) 総 PP、クロロゲン酸、エピカテキンは品種、栽培条件に関係なく、いずれも熟度の進行に伴って減少し、特に成熟初期の減少率が高かった。

(4) PPO 活性は、'ふじ'では水耕果が対照果よりも顕著に低値を示したが、'スターキング'の Ca 散布による影響は認められなかった。

(5) PPO 活性は、いずれのリンゴにおいても成熟初期に大きく減少し、その後適熟に至る間に多少の増減がみられた。

文 献

- 1) 山王丸靖子・片山 脩・樫村芳記・金子勝芳：食科工，45，28 (1998)。
- 2) FOLIN, O. and CIOCALTEU, V.: *J. Biol. Chem.*, **73**, 627 (1927)。
- 3) JANOVITS-KLAPP, A., RICHARD, F. and NICOLAS, J.: *Phytochemistry*, **28**, 2903 (1989)。
- 4) 竹内正彦・石澤広明・松澤垣友：果汁協会報，418，13 (1992)。
- 5) COSÉTENG, M.Y. and LEE, C.Y.: *J. Food Sci.*, **52**, 985 (1987)。
- 6) BURDA, S., OLESZEK, W. and LEE, C.Y.: *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 945 (1990)。

(平成 9 年 6 月 3 日受付，平成 9 年 10 月 3 日受理)