

リンゴ‘スターキング・デリシャス’の成熟期におけるアントシアニン,糖質及びシトラマル酸の生成に及ぼす気温の影響

誌名	青森県りんご試験場報告 = Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station
ISSN	03885046
著者名	野呂,昭司 一戸,治孝 小原,信実
発行元	青森県りんご試験場
巻/号	27号
掲載ページ	p. 111-123
発行年月	1991年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



リンゴ‘スターキング・デリシャス’の成熟期における
アントシアニン、糖質及びシトラマル酸の
生成に及ぼす気温の影響

野 呂 昭 司・戸 治 孝・小 原 信 実

Effects of Controlled Air Temperature on
Development of Anthocyanin, Sugars and
Citramalic Acid during Maturation of the Apple
Cultivar ‘Starking Delicious’

Shoji NORO, Harutaka ICHINOHE
and Nobumi OBARA

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036 - 03, JAPAN

目 次

I 結 言	113
II 材料及び方法	113
1. 果皮におけるアントシアニン量, 可溶性糖質の分別定量及び シトラマル酸の定量分析	113
2. 果肉における可溶性糖質の分別定量, シトラマル酸の定量分析	114
III 結 果	114
1. 果皮におけるアントシアニン量, 糖質及びシトラマル酸の比較	114
(1) アントシアニンの時期別消長	114
(2) 果皮中における可溶性糖質の変化	114
(3) シトラマル酸の変化	114
2. 果肉中の糖質, シトラマル酸の時期別変化並びに蜜の発生	115
(1) 果肉中における可溶性糖質の変化	115
(2) シトラマル酸の変化	116
(3) 蜜 の 発 生	116
IV 考 察	118
V 摘 要	120
引 用 文 献	121
Summary	122

I 緒 言

リンゴの着色は果皮に含まれるアントシアニンによることが知られており(12), その増加は従来より最低気温と最高気温の較差によって促進されると言われきた(2, 3, 8)。

しかし, リンゴの着色時期には夏期より気温が低下し, 昼夜の気温較差とは関係なく, 低温そのものによって着色が進むことも考えられている(2, 3, 8)

リンゴのアントシアニンの増加には気温及び光が関与することが知られており(1, 2, 3, 4, 5), 成分的にはショ糖及びシキミ酸が関連していることが知られている(6, 7)。

一方, ‘スターキング・デリシャス’のような赤色品種では着色期に果皮中の有機酸のうち, シトラマル酸が特異的に増加することが報告されている(9)。

しかし, 昼夜の気温較差がアントシアニン, 可溶性糖質及びシトラマル酸の変化に及ぼす影響は全く知られていない。

そのため, 筆者らは昼夜の気温較差がある場合とない場合の比較を果皮中のアントシアニン量, 可溶性糖質及びシトラマル酸に着目しながら調べ, さらに果肉中の同成分も併せて検討したので報告する。

II 材料及び方法

直径60cmの鉢に植えた12年生‘スターキング・デリシャス’/M.26を8樹供試し, 次のような実験を行った。すなわち, 人工気象室を用い, 低温変温区(最低気温10℃-最高気温20℃)及び低温恒温区(15℃昼夜一定), また高温変温区(最低気温20℃-最高気温30℃)及び高温恒温区(25℃昼夜一定)を設定し, 各区2樹ずつとした。この場合の低温両区は‘スターキング・デリシャス’の着色が進む当時平均気温の10月第1半旬を, また高温両区は果実の成長が旺盛な当時平均気温の8月第1半旬をそれぞれ考慮して設定した。

温度処理時期は1987年9月2日から10月12日までの40日間行った。採光はガラス越しの太陽光を利用した。

果実の収穫は9月2日, 9月11日, 9月21日, 9月30日及び10月12日の5回にわたって採取し, 供試果実数は1採取時期当たり1樹5個, 1区合計10個とした。

1. 果皮におけるアントシアニン量, 可溶性糖質の分別定量及びシトラマル酸の定量分析

上記の果実のうち, アントシアニン量の測定のために果実の最も濃厚な赤色果皮部分より直径8

mmの円形切片を5個採取し, 既報(9)に準じてそれらを10mlの1%メタノール性塩酸に入れてアントシアニンを溶出し, この溶液の吸光度を530nmの波長で測定した。

糖質及びシトラマル酸の抽出は次のようにして行った。すなわち, 既報(9)と同様にそれぞれの果実から直径18mmのコルクボーラーで1果につき5個, 1処理区当たり合計50個のディスクを切り出し, できるだけ果肉をつけないようにして採取した。これらの果皮は約20mlの80%エタノールに入れ, 褐変防止のために数秒間煮沸後ホモジナイザーで粉碎した。その後, さらに80%エタノールを加えて抽出し, 全量を250mlに定容した。

糖質の定量には, この抽出液2mlを供試した。この溶媒を窒素ガス気流中で除去した後, 既報(9)に従ってトリメチルシリル(TMS)誘導体を作製し, ガスクロマトグラフィーにより分析した。

シトラマル酸の定量には, 前述の80%エタノール抽出液200mlを供試した。この溶液のエタノールをフラッシュエバポレータにより除去した後, 既報(9)と同様にイオン交換樹脂を用いて遊離有

機酸を捕集した。次いで、この溶液の水分をフラッシュエポレータで除去した後、5mlの80%エタノールに溶解した。この1mlを窒素ガス気流中で乾燥した後、既報の方法(9)によってTMS誘導体を作製し、ガスクロマトグラフィーで分析した。

2. 果肉における糖質の分別定量及びシトラマル

ル酸の定量分析

果実の赤道部位上の4方向から果心に向けて直径8mmのコルクボーラーを突き刺し、果皮と果心の中央部分の果肉を採取した。これらの果肉を前述の果皮と同様にして抽出し、糖質及びシトラマル酸の分析を行った。

III 結

果

1. 果皮におけるアントシアニン量、糖質及びシトラマル酸の比較

(1) アントシアニンの時期別消長

アントシアニン量の時期別変化をみると、低温の両区(変温区及び恒温区)は共に採取時期が遅くなるにつれて増加した。これに反して、高温の両区は共に採取時期が遅くなってもほとんど増加しなかった(第1図)。

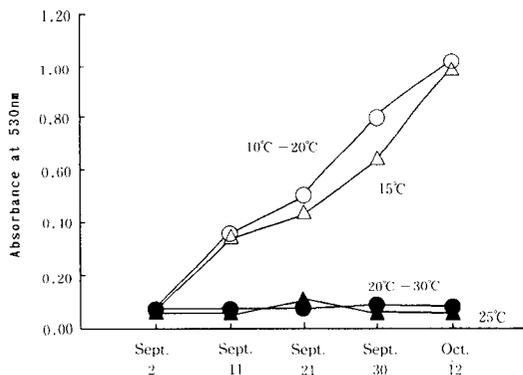


Fig. 1. Changes in anthocyanin in apple skin grown at different temperatures.

一方、変温区と恒温区の比較をみると、低温及び高温とも両区の間にはほとんど差がみられなかった。

(2) 果皮中における可溶性糖質の変化

果皮中の糖質の時期別分析結果は第2図に示したが、この結果をみると、ショ糖は低温の両区とも採取時期が遅くなるにつれて増加した。しかしながら、高温の両区は10月12日の採取時期で若干増加はみられるものの全般に増加は少なかった。また、変温区と恒温区の差を比較したところ、

低温及び高温ともほとんど差はみられなかった。

ブドウ糖の分析結果をみると、高温の両区は共に増加したが、低温の両区は共に減少した。変温区と恒温区の比較をみると、低温及び高温においても両者は共に類似の傾向を示した。

ソルビトールの時期別変化をみると、9月11日の採取時期ではほとんど差がみられなかった。しかし、9月21日以降の採取時期では低温の両区においても、また高温の両区においても共に増加したが、その増加程度は低温の方がやや大きかった。また、変温区と恒温区の比較では低温及び高温とも類似の傾向を示した。

一方、ソルビトールの時期別変化はショ糖のそれと若干類似していた。

果糖の時期別変化は高温及び低温の両区とも採取時期が遅くなるにつれて増加し、どの処理間の差もほとんどみられなかった。

すなわち、変温及び恒温に係わらずショ糖及びソルビトールは低温の区が高温の区よりも増加し、逆にブドウ糖は高温の区が低温の区よりも増加することを確認した。

(3) シトラマル酸の変化

9月2日の処理開始時点ではほとんど痕跡程度にすぎなかったが、低温の両区では採取時期が遅くなるにつれて増加した。特にその増加は蜜の発生が見られた9月30日及び10月12日にかけて著しかった。しかしながら、高温区の両区は9月30日まではほとんど増加せず、わずかに10月12日になって若干の増加がみられた。また、変温区と恒温区の時期別比較をしたが、互いに類似の傾向がみ

野呂ほか：リンゴの成熟に及ぼす気温の影響

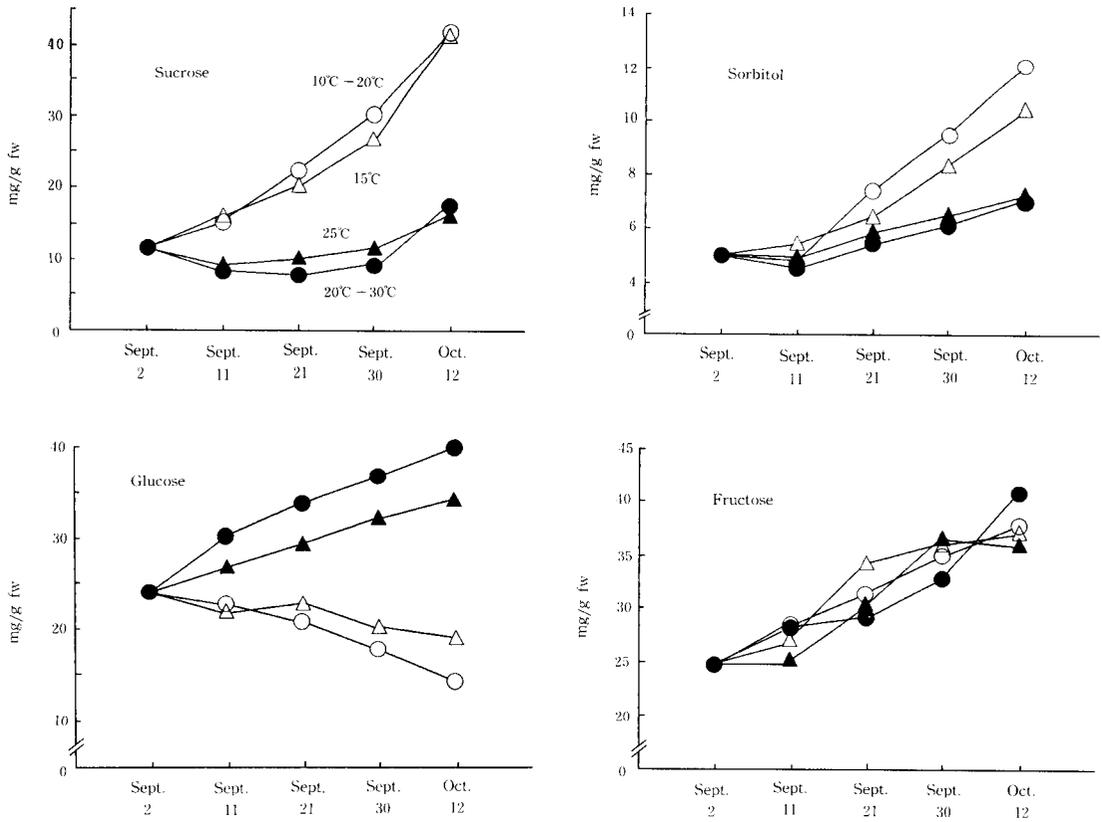


Fig. 2. Changes in sugars in apple skin grown at different temperatures.

られ、大差はみられなかった（第3図）。

この結果から、シトラマル酸の増加は変温及び

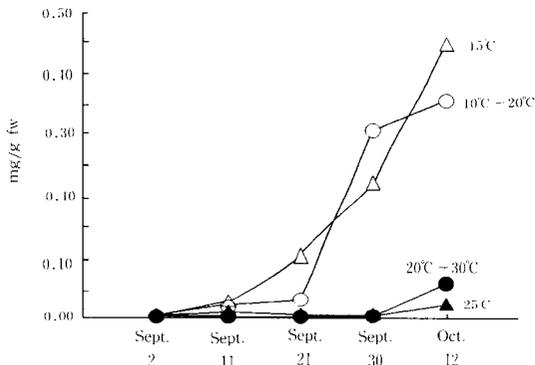


Fig. 3. Changes in citramalic acid in apple skin grown at different temperatures.

恒温に関係なく高温によって著しく抑制されることを確認した。

2. 果肉中の糖質、シトラマル酸の時期別変化

並びに蜜の発生

(1) 果肉中における可溶性糖質の変化

果肉中の糖質の時期別分析結果は第4図に示したとおりである。この結果をみると、ショ糖は低温の両区ではともに採取時期が遅くなるにつれて増加した。しかし、高温の両区では10月12日の採取時期で若干増加はみられるものの全般に増加は少なかった。また、変温区と恒温区の時期別比較をしたが、各採取時期とも互いに類似の傾向がみられ、あまり大差はみられなかった。

ブドウ糖の分析結果をみると、高温の両区は共に増加したが、低温の両区は共にほとんど増加しなかった。変温区と恒温区の時期別比較をすると、両者は共に類似の傾向を示した。

ソルビトールの時期別変化をみると、9月11日の採取時期ではどの処理区においてもほとんど差がみられなかった。しかし、9月21日以降の採取

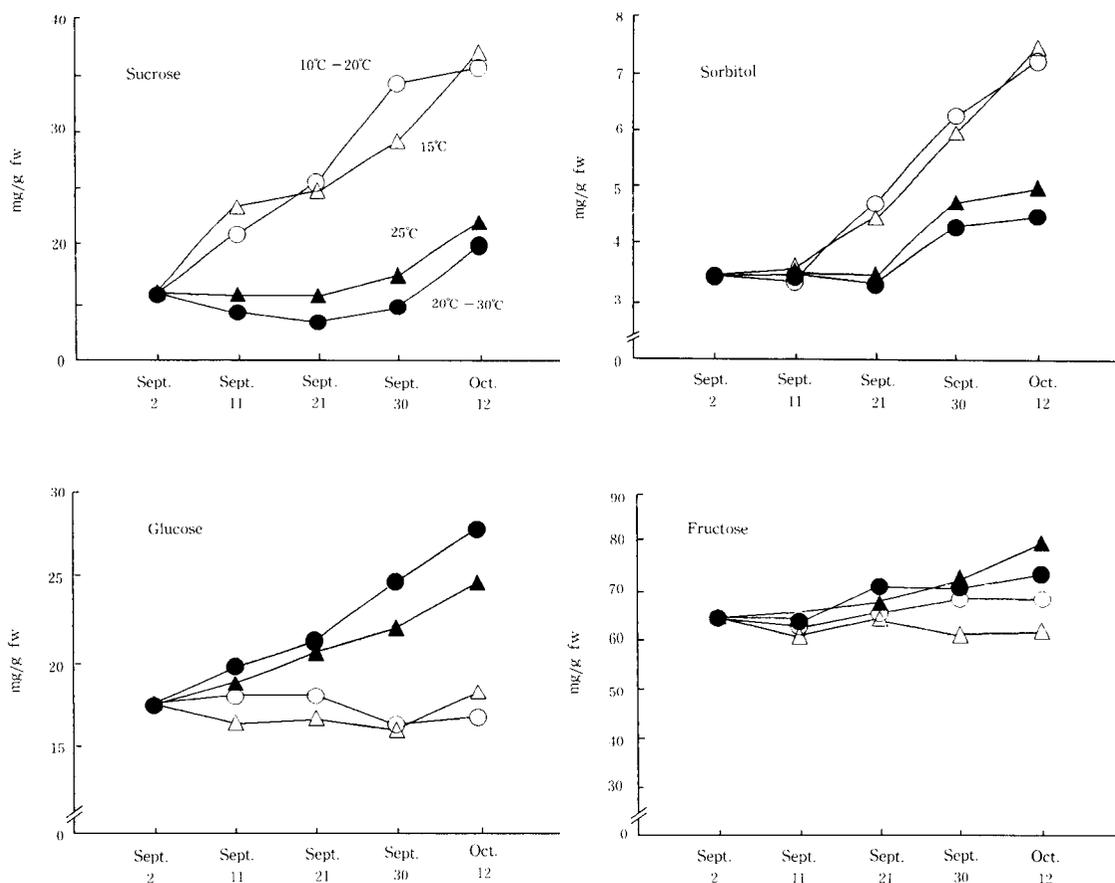


Fig. 4. Changes in sugars in apple flesh grown at different temperatures.

時期では低温の両区及び高温の両区は共に増加したが、その増加程度は低温の方が大きかった。また、変温区と恒温区の比較では低温及び高温とも類似した結果であった。ソルビトールの時期別変化はショ糖より少なかったが、その挙動は全般にショ糖と類似していた。

果糖の時期別変化をみると、9月21日まではどの処理区においてもあまり大きな差はみられなかった。しかし、10月12日では高温の両区は低温の両区よりやや高い傾向がみられた。いずれにしても、果糖の時期別変化は他の糖質に比較して処理区間の差が明瞭でなく、この結果は果皮の場合と類似していた。

すなわち、変温及び恒温に係わらずショ糖及び

ソルビトールは高温の区よりも低温の区で増加し、逆にブドウ糖は低温の区よりも高温の区で増加していることが確認された。この結果は果皮の糖質の変化と同様であった。

(2) シトラマル酸の変化

果肉中のシトラマル酸は低温の区の最も遅い採取時期でもほとんど痕跡程度しか検出されず(第5図)、時期別変化もみられなかった。この結果は果皮の場合と著しく異なった。

(3) 蜜の発生

9月30日及び10月12日の両採取時期とも低温の両区において100%の蜜発生を認めた。しかし、高温の両区では全く蜜発生が認められなかった。

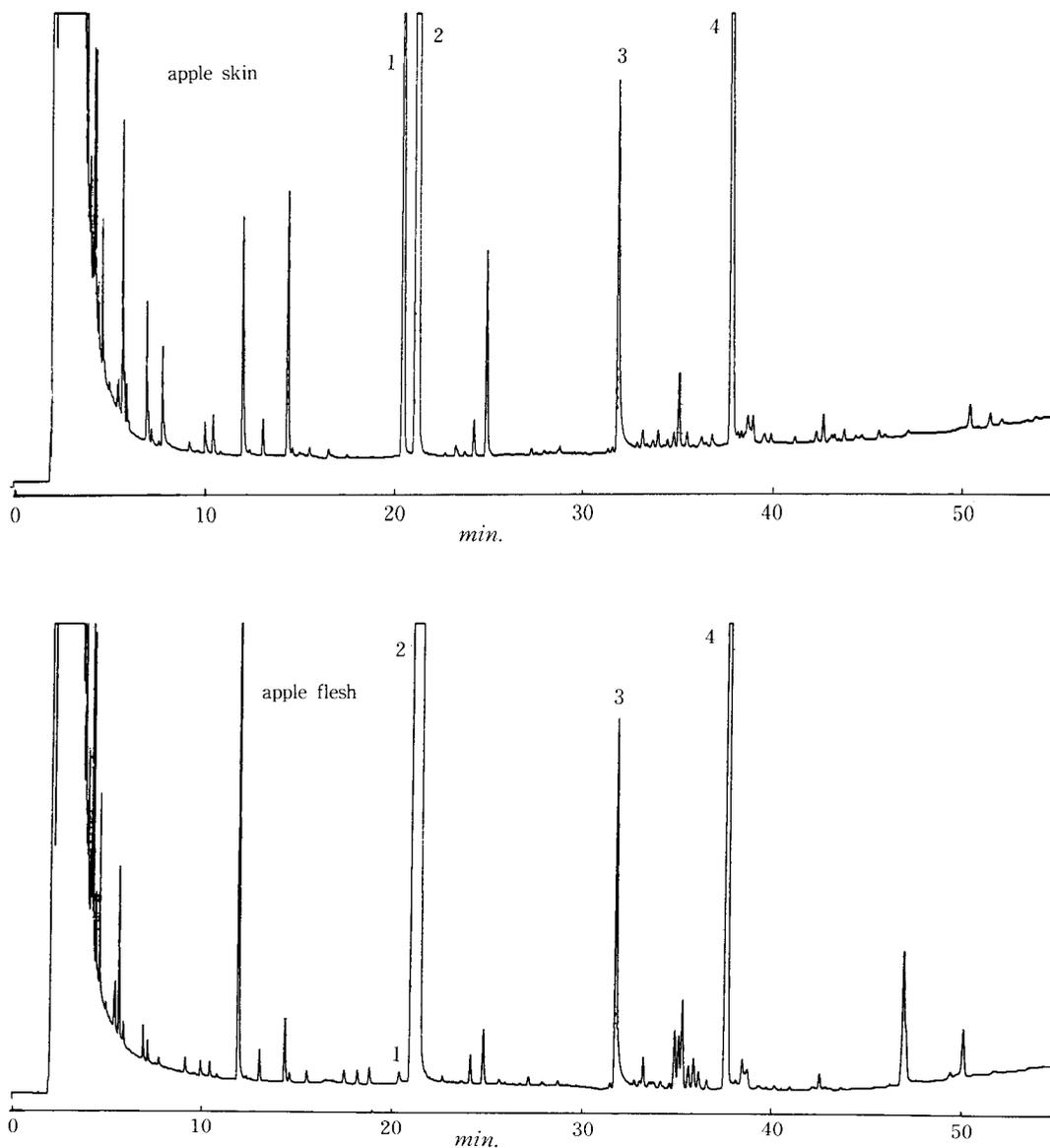


Fig. 5. Gas chromatograms of TMS-derivatives of organic acids^Z obtained from skin and flesh in apple^Y at Oct. 12, 1987.

1, citramalic acid; 2, malic acid; 3, anthracene (internal standard); 4, quinic acid. Analytical conditions: column, CBP1 25 m × 0.2 mm; injector temperature, 280 °C; column temperature, 100 → 250 °C (2.5 °C/min)

^Z Free organic acids were collected with ion exchange resin after extracting with 80 % ethanol.

^Y The apple trees grown in pots were moved into growth chamber for a period from Sept. 2 to Oct. 12, 1987, and subjected to a 15 °C constant temperature during day and night.

IV 考 察

リンゴの成熟期の気温は果皮内のアントシアニン生成、可溶性糖質の種類別変化、さらに赤色品種ではシトラマル酸の生成に大きく影響することが知られている(9, 10)。

一方、昼夜間の気温については、昼の気温が高く、夜間が低下したいわゆる昼夜の気温較差が大きい場合にアントシアニンが増加することが従来より言われてきた。この理由として昼間の光合成生産物の消費が夜間の低温により抑えられるためとか、さらには光合成生産物の転流に低温が適しているなどがあげられている(2, 3, 8)。

しかし、この昼夜間の気温較差がリンゴのアントシアニン生成、さらに他の成分変化にどのように影響しているのかを検討した報告例はほとんど見あたらない。

そのため、筆者らは高温と低温の二つの条件のもとで、それぞれ昼夜間の気温較差が存在する変温区と存在しない恒温区を設定してアントシアニン、可溶性糖質、シトラマル酸の変化及び蜜症状の存在がどのように影響されるかを検討した。

その結果、アントシアニン量の時期別変化をみると、低温の変温区及び恒温区は共に採取時期が遅くなるにつれて増加したが、両者の間にはほとんど差がみられなかった。これに対して高温の変温区及び恒温区は共に採取時期が遅くなってもほとんど増加しなかった。

この結果は、アントシアニン量の差は昼夜間の気温較差よりはむしろ気温の高低そのものに大きく影響されることを示している。

荒川(5)は光を照射している時の温度と暗黒中の温度をそれぞれ検討した結果、明期、暗期いずれの温度もアントシアニン生成にほぼ同じように影響していることを報告し、昼夜の気温較差は特にアントシアニン生成を増加していないことを示唆している。

いずれにしても、気温とリンゴのアントシアニ

ンの関連性は数多く報告されているが(2, 3, 10)、昼夜の気温較差がアントシアニン増加を促す報告はほとんど見あたらない。

一方、果皮における可溶性糖質の時期別分析結果をみると、ショ糖は低温の変温区及び恒温区とも採取時期が遅くなるにつれて増加した。しかしながら、高温の両区は10月12日の採取時期で若干増加はみられるものの全般に増加は少なかった。また、変温と恒温の差を比較したが、低温及び高温のいずれの場合でもほとんど差はみられなかった。

ブドウ糖は高温の両区で共にやや増加したが、低温の両区では共にやや減少した。変温と恒温の比較をすると、低温及び高温の場合でも共に類似の傾向を示した。

ソルビトールの時期別変化を検討した結果、初期の採取時期ではほとんど差がみられなかった。しかし、後期の採取時期では低温の両区も、また高温の両区とも共に増加したが、その増加程度は低温の方がやや大きかった。また、変温と恒温の比較では低温及び高温とも類似した結果であった。ソルビトールの時期別変化はショ糖ほど変化は少なかったが、その挙動は全般にショ糖と類似していた。ソルビトールとショ糖の関係について、PRIESTLEY(11)は ^{14}C による標識実験で ^{14}C -ソルビトールは主にショ糖に代謝されることを報告しており、本実験でもその関連性が示唆された。

果糖の時期別変化は高温及び低温のいずれの処理区においても漸増する傾向がみられたが、変温と恒温の間にはほとんど差がみられなかった。

すなわち、昼夜間の変温及び恒温に係わらず果皮中のショ糖及びソルビトールは高温よりも低温で増加がみられ、逆にブドウ糖は低温よりも高温で増加がみられた。この結果はアントシアニンの場合と同様、可溶性糖質の差も昼夜間の気温較差よりはむしろ気温の高低そのものに大きく影響さ

れることを示している。

一方、果肉中の可溶性糖質の時期別分析結果も検討したが、この結果をみると、ショ糖は低温の両区とも採取時期が遅くなるにつれて増加した。しかし、高温の両区は最後の採取時期で若干増加はみられるものの全般に増加は少なかった。また、変温と恒温の差を比較したが、低温及び高温の場合でもあまり差はみられなかった。この結果は果皮の場合と全く同様であった。

ブドウ糖は高温の両区は共にやや増加したが、低温の両区は共にほとんど増加しなかった。変温と恒温の比較をすると、低温と高温の場合でも共に類似の傾向を示し、あまり差はみられなかった。この結果も果皮の場合と同様であった。

ソルビトールの時期別変化をみると、初期の採取時期ではほとんど差がみられなかったが、後期の採取時期では低温の両区、高温の両区は共に増加したが、その増加程度は低温の方がやや大きかった。しかし、変温と恒温の比較では低温及び高温の場合でも類似した結果を示し、ほとんど差はみられなかった。また、ソルビトールの時期別変化はショ糖ほど変化は少なかったが、その挙動は全般にショ糖と類似しており、この結果は果皮の場合と全く同様であった。

果糖の時期別変化の比較では、他の糖質に比較して処理間の差が明瞭でなく、高温及び低温の差はあまり明らかでなかった。

すなわち、果肉の場合でも変温及び恒温に係わらずショ糖及びソルビトールは高温よりも低温で増加したが、逆にブドウ糖は低温よりも高温で増加した。これらの結果は果皮の糖質の場合と全く同様であった。

気温と糖質の組成割合については山田ら(15)の報告があり、低温ではショ糖割合が高いが果糖やブドウ糖の割合は低くなる傾向があるとされている。

本実験の結果では果皮及び果肉とも変温及び恒温に係わらずショ糖及びソルビトールは低温で増

加したが、逆にブドウ糖は高温で増加した。これらの結果を比較すると、ショ糖とブドウ糖の関係は一致したが、ソルビトールの関係には相違があるように思われた。この結果は気温の処理方法の相違に起因することが考えられる。すなわち、本実験では気温処理の対象がリンゴ樹全体となっているのに対し、前者は果実温のみが対象となっていることがあげられる。

一方、苫名と山田(14)は産地間の糖組成を比較した結果、冷涼な産地ほどブドウ糖の割合が低く、逆にショ糖の割合が高いことを報告しているが、この結果は本実験結果からも推察された。

果皮中のシトラマル酸と気温の関係は、低温の変温区と恒温区は共に採取時期が遅くなると増加したが、高温の両区はほとんど増加しなかった。また、変温と恒温の比較では低温及び高温のいずれの場合でもほとんど差がみられなかった。また、本実験における低温とシトラマル酸の増加との関係は筆者らの報告(10)と一致した。したがって、果皮中のシトラマル酸の増加も昼夜の気温較差よりはむしろ気温の高低そのものに関連していると考えられる。

一方、果肉中のシトラマル酸は低温区の最も遅い採取時期でもほとんど痕跡程度しか検出されず、時期別変化もみられなかった。

したがって、果肉中のシトラマル酸は気温の影響が極めて少ないと考えられる。しかも、シトラマル酸の代謝は果皮と果肉では著しく異なることが示唆された。

蜜症状の発生を観察した結果、後期の採取時期における低温の変温区と恒温区で100%の発生率が見られた。この結果は低温が蜜症状の発生に関係がある(13)という報告とよく一致している。しかし、変温と恒温との間に差がみられなかったことから、蜜症状の発生にも昼夜の気温較差よりはむしろ低温そのものが影響しているように思われた。

以上の結果から、可溶性糖質、果皮中のアントシアニン及びシトラマル酸の変化、さらには蜜症

状の発生も成熟期の昼夜の気温較差よりはむしろ
気温の高低そのものが大きく影響していることが

推察された。

V 摘 要

‘スターキング・デリシャス’を供試し、9月上旬から10月中旬まで昼夜の気温較差がある場合とない場合の比較を次の4処理区、すなわち低温変温区(最低気温10℃-最高気温20℃)及び低温恒温区(15℃昼夜一定)、高温変温区(最低気温20℃-最高気温30℃)及び高温恒温区(25℃昼夜一定)を設定し、果実のアントシアニン量、糖質及びシトラマル酸に着目しながら消長を調べた。その結果は次のとおりである。

1. アントシアニン量は、低温の両区とも採取時期が遅くなるにつれて増加したが、両区の間には差がほとんどみられなかった。また、高温の両区ではほとんどアントシアニンが増加しなかった。

2. 果皮中の糖質をみると、低温の両区とも採取時期が遅くなるにつれてショ糖及びソルビトールの増加がみられたが、両区の間にはあまり大きな差がみられなかった。高温では両区ともブドウ糖の増加がみられたが、両区の間にはあまり大きな差はみられなかった。

果肉中の糖質の変化はほとんど果肉の場合と類似の傾向を示した。

3. 果皮におけるシトラマル酸の分析結果をみると、低温の両区とも採取時期が遅くなるにつれて増加したが、両区の間には差がみられなかった。高温では両区ともあまり増加せず、しかも両区の間には差がみられなかった。

果肉中では採取時期が遅くとも痕跡程度のシトラマル酸が検出されたにすぎず、各処理区間の差はほとんどみられなかった。

4. 果肉中の蜜発生をみると、低温の両区とも後半の採取時期で100%の発生率を示したが、高温の両区は全く発生がみられなかった。

5. 以上の結果から、可溶性糖質、果皮中のアントシアニン及びシトラマル酸の変化、さらに蜜症状の発生は成熟期の昼夜の気温較差よりはむしろ気温の高低そのものが大きく影響していることが推察された。

引用文献

1. 荒川 修 (1988) リンゴ数品種の着色特性：袋掛け及び光質の違いが成熟段階におけるアントシアニン生成の変化に及ぼす影響. 園学雑. 57 : 373 - 380.
2. 荒川 修 (1990) リンゴ果実のアントシアニン生成〔1〕. 農業および園芸. 65 : 246 - 250.
3. 荒川 修 (1990) リンゴ果実のアントシアニン生成〔2〕. 農業および園芸. 65 : 363 - 366.
4. ARAKAWA, O., HORI, Y. and R. OGATA (1986) Characteristics of color development and relationship between anthocyanin synthesis and phenylalanine ammonia-lyase activity in 'Starking Delicious', 'Fuji' and 'Mutsu' apple fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 54 : 424 - 430.
5. 荒川 修・水野昌紀 (1988) 温度がリンゴ果実のアントシアニン生成に及ぼす影響. 園学要旨. 昭63春 : 170 - 171.
6. FAUST, M. (1965) Physiology of anthocyanin development in McIntosh apple. I. Participation of pentose phosphate pathway in anthocyanin development. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87 : 1 - 9.
7. FAUST, M. (1965) Physiology of anthocyanin development in McIntosh apple. II. Relationship between protein synthesis and anthocyanin development. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87 : 10 - 20.
8. 小林 章 (1987) 果樹園芸大要. p 45 - 47. 養賢堂.
9. 野呂昭司・工藤仁郎・橋和丘陽 (1988) リンゴの赤色品種と黄色品種の着色期における糖質及び有機酸の相違, 並びにシトラマル酸のアントシアニン色素の生成に及ぼす影響. 園学雑. 57 : 381 - 389.
10. 野呂昭司・長内敬明・工藤亜義・小原信実 (1990) リンゴ果皮のアントシアニン, シトラマル酸及び糖質に及ぼす着色期の気温の影響. 園学雑. Vol, 59. 別冊 2. p 862.
11. PRIESTLEY, C. A. (1983) Interconversions of ^{14}C -labelled sugars in apple tree tissues. J. Exp. Bot. 34 : 1740 - 1747.
12. SUN, B. H. and F. J. FRANCIS (1967) Apple anthocyanins: Identification of cyanidin - 7 - arbinoside. J. Food Sci. 32 : 647 - 649.
13. WILLIAMS, M. W. and H. D. BILLINGSLEY (1973) Watercore development in apple fruits as related to sorbitol levels in the tree sap and to minimum temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 (2) : 205 - 207.
14. 苫名 孝・山田 寿 (1988) 栽培地の異なるリンゴ果実における成熟期の糖組成の変化. 園学雑. 57 : 178 - 183.
15. 山田 寿・浜本 清・杉浦 明・苫名 孝 (1988) リンゴ果実の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学雑. 57 : 173 - 177.

Effects of Controlled Air Temperature on Development of Anthocyanin, Sugars and Citramalic Acid during Maturation of the Apple Cultivar 'Starking Delicious'

Shoji NORO, Harutaka ICHINOHE and Nobumi OBARA
Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, Japan

Summary

Effects of temperature on maturation of the apple cv. Starking Delicious were studied in 1987. The test was conducted under four temperature regimes: 1) constant 15°C, 2) cycling between 10°C and 20°C from night to day, 3) constant 25°C, and 4) cycling between 20°C and 30°C from night to day.

Our goal in comparing 1) vs. 3) and 2) vs. 4) was to document the difference in the effect of low and high temperatures. The comparisons of 1) vs. 2) and 3) vs. 4) were made to document different effects between constant and cycling temperatures. Two 12-year-old potted trees were maintained under either of these conditions for the period from Sept. 2 to Oct. 12.

Levels of anthocyanin, soluble sugars and citramalic acid in fruits were measured during this period to compare treatment effects.

1. The level of anthocyanin in skin increased in the low temperature regimes, 1) and 2), as time advanced, while in the high temperature regimes, 3) and 4), it remained constant. The level of anthocyanin did not differ significantly between constant and cycling temperatures, regardless of high or low temperature.
2. Changes in sucrose, sorbitol, glucose and fructose in fruit flesh were similar to those found in the skin. Sucrose content increased in the low temperature regimes, 1) and 2), as time advanced, while in the high temperature regimes, 3) and 4), it remained low. Changes in sorbitol content between the four treatments were similar to those in sucrose. Glucose content increased in the

high temperature regimes, 3) and 4), but in the low temperature regimes, 1) and 2), it remained low. No differences were found in fructose content between the four treatments.

3. Citramalic acid in the skin increased in the low temperature regimes 1) and 2), while in the high temperature regimes, 3) and 4), it remained low. In fruit flesh, only trace amounts of citramalic acid were detected during the maturation stage regardless of the treatments.

4. Watercore appeared at the later stage of ripening in the low temperature regimes, 1) and 2), but in the high temperature regimes, 3) and 4), it did not appear at all. Differences in intensity of watercore between 1) and 2) were not found.

5. The study concludes that in maturation process, the apple cv. Starking Delicious requires low temperature, regardless of whether it is constant or fluctuating.

