トマトの樹上成熟果実及び追熟果実の成熟様相と食味の比較

稲葉昭次・山本 努*・伊東卓爾・中村怜之輔

(岡山大学農学部)

Comparison of Ripening Characteristics and Sensory Evaluation in Attached and Detached Tomato Fruits

Akitsugu INABA, Tsutomu YAMAMOTO, Takuji Ito
and Reinosuke NAKAMURA

Faculty of Agriculture, Okayama University, Okayama 700

Summary

Comparison between the field ripened tomatoes and the room ripened was made as for both ripening characteristics and sensory evaluation. Room ripened fruits were picked at the mature green, turning or pink stage, and ripened at 25°C.

Fruit picked at the mature green stage had lower rate of carbon dioxide and ethylene production throughout ripening in 'Kyoryoku-goko' tomatoes, and showed a delayed initiation of gas production in the course of climacteric rise in 'Kyoryoku-toko', when compared with field ripened fruit. No difference in the rate of gas production during ripening was observed between the fruits attached on the plant and those picked at the turning and pink stages in both cultivars.

Free abscisic acid content in the pericarp of 'Kyoryoku-goko' fruit picked at the mature green stage increased slightly during ripening, while fruit harvested at the turning and pink stages accumulated more abscisic acid than those on the plant.

In the sensory test of 'Kyoryoku-toko' tomatoes conducted at the full ripe stage, fruit picked at the mature green stage was evaluated as being significantly less desirable in texture, flavor, sweetness and sourness than fruit ripened on the plant. Fruit picked at the turning stage was less only in sourness, and no significant difference for all sensory characteristics was evaluated in the fruit picked at the pink stage, when compared with field ripened fruit. There was no significant difference in the fruit color among any of the fruits tested. Room ripened fruits which were evaluated as being "poor" in sweetness or sourness contained less glucose and fructose in the pericarp or less citric acid in the locular than field ripened fruit.

It seemed, therefore, that tomatoes should be harvested after the turning stage, since fruit in the mature green stage may be partially deficient in the preparedness necessary for ripening at harvest time.

緒 言

現在、わが国のトマト果実の出荷は turning stage (催色期)で行われている場合が多く(14, 15), 長距離輸送の場合は mature green stage (緑熟期)での出荷も行われている(14). このような出荷形態は、果実が硬くて取扱いやすいこと、棚持期間が延長されることなど、主として流通過程における利点に由来しているものと思われる。

トマト果実は mature green stage まで達していれば、収穫後も一応正常に成熟するとされている(7, 15).

しかしながら、追熟トマトの食味は樹上で成熟したものより劣ることが従来からも指摘されていることであり(2, 3, 5, 13, 14), 実際に消費者レベルの調査でも同様の指摘がなされている(1, 3). このような指摘は、とりもなおさず樹上で成熟と追熟は質的に異なる面を含んでいることを意味しているものと考えられる。したがって、実用的にみて、食味低下を最少限にとどめられるような収穫熟度を明確にする必要があるように思われる。これまでの研究のほとんどは可食期における比較であり、樹上成熟と追熟中の成熟過程についての比較解析は

1979年9月18日受理

* 現在広島県立西条農業高等学校

ほとんど行われていない。そのため、追熟トマトの食味低下の要因がいま一つ判然としていないように思われる。そこで、本研究ではこの点を明らかにするため、樹上成熟果実と追熟果実について、熟度の進展に伴う成熟の様相を食味との関連で比較検討した。

実験は‘強力五光’と‘強力東光’の2品種を用いて行い、前者については炭酸ガス排出量、エチレン発生量及びアブシジン酸 (ABA) 含量の変化を、後者については炭酸ガス排出量、エチレン発生量、糖含量、有機酸含量並びに食味の比較を行った。

I. ‘強力五光’果実の成熟様相の比較

材料及び方法

岡山市近郊産のハウス抑制栽培‘強力五光’を、1976年11月に同一のハウス内から採取した。果実は第3及び第4果房から一挙収穫し、中庸の大きさで形の正常なものを厳選して、外観の着色状態から第1表に示した7段階に分け、樹上での各熟度とした。別に、mature green, turning 及び pink stage でそれぞれ収穫し、25℃の恒温温室で成熟させたものを追熟果実とした。この条件下では、2日間で熟度がほぼ1段階ずつ進行したが、個体差をできるだけ小さくするため、以下の測定にあたっては、多くの果実の中から各熟度に達したものを厳選して用いた。

炭酸ガス排出量およびエチレン発生量の測定は、ヘッドスペース法を用い、常法によりガスクロマトグラフで行った。果実の測定温度はすべて25℃とし、樹上成熟果実としては収穫後25℃で6時間放置したものを用いた。結果は5個体の平均値で表示した。

ABA含量の測定は果肉部の遊離型のみについて行い、筆者らの以前の方法(6)に準拠した。

結 果

炭酸ガス排出量 第1図は外観の着色状態を基準にして、果実が樹上で成熟した場合と収穫後に成熟させた場

Table 1. Stages of ripeness in terms of surface color development of tomato fruit.

Stage	Description
Green (G)	Entirely green, but developed to full size
Mature green (MG)	Pale green
Turning (T)	First appearance of pink color at blossom end
Pink (P)	Pink color in approximate one third of fruit surface
Red (R)	Red color in approximate two third of fruit surface
Full ripe (FR)	Fully red color, but pale green at stem end
Over ripe (OR)	Entirely deep red color, but still firm

Fig. 1. Carbon dioxide production rate of attached (—) and detached (---) ‘Kyoryoku-goko’ tomatoes during ripening. Fruits picked at mature green (●), turning (△) and pink (+) stage were ripened at 25°C. Vertical bars indicate LSD .05 at designated stage of ripeness.

Fig. 2. Ethylene production rate of ‘Kyoryoku-goko’ tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 1. Vertical bars indicate LSD .05 at designated stage of ripeness.

合の呼吸量の変化を、炭酸ガス排出量について比較したものである。図から明かなように、すべての果実で典型的なクライマクテリック現象がみられたが、mature green stage からの追熟果実の呼吸量は全体的に他の果実よりやや低く、収穫熟度が進むほど追熟中の呼吸量は樹上成熟果実に近くなる傾向が認められた。

エチレン発生量 熟度の進展に伴うエチレン発生量を第2図に示した。mature green stage まではほとんどエチレン発生はみられないが、turning stage になると発生し始め、以後は呼吸のクライマクテリック・ライズとよく似た傾向を示した。樹上成熟果実と追熟果実を比較すると、turning 及び pink stage からの追熟果実は樹上成熟果実とほとんど差はなかったが、mature green stage からのものは全期間を通じて、エチレン発生量は少なかった。

ABA 含量 第3図は樹上成熟及び追熟中の遊離の

Fig. 3. Free abscisic acid content of 'Kyoryoku-goko' tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 1.

ABA 含量の変化を示したものである。樹上成熟果実の ABA 含量は mature green stage で最も低く、その後は熟度の進展につれて red stage まで増加し、以後漸減する傾向がみられた。これに対して、追熟果実では turning 及び pink stage からのものは熟度が進むと樹上のものよりむしろ多くなったが、mature green stage からのものは追熟中を通じてほとんど増加せず、明らかに他の収穫熟度からの追熟果実とは異なった様相を示した。

II. '強力東光'果実の成熟様相と食味の比較 材料及び方法

250 本の '強力東光' を慣行にしたがって圃場で露地栽培し、1978 年 7 月に第 3 及び第 4 果房から中庸の大きさで形の正常な果実を採取した。以後の取扱いはすべて I. と同様である。

炭酸ガス排出量及びエチレン発生量の測定は I. と同様の方法で行った。

食味テストは収穫日を調節することにより、各果実の full ripe stage を揃え、10 名の研究室パネルで採点法により果色、肉質、風味、甘味及び酸味の各項目について評価した。

果実中の糖及び有機酸含量の測定は、果実を果肉部とゼリー部分に分け、それぞれの果汁についてガスクロマトグラフにより分別定量した。分析の方法及び条件については以前に述べた(6)とおりである。

結 果

炭酸ガス排出量 樹上成熟ならびに追熟中の炭酸ガス排出量の変化を第 4 図に示した。turning 及び pink stage からの追熟果実と樹上成熟果実との間にはほとんど差はなかった。しかし、mature green stage からの追熟果実は turning 及び pink stage での炭酸ガス排出量が樹上のものよりも低く、成熟の開始が他の果実よりも遅れるような傾向がみられた。

Fig. 4. Carbon dioxide production rate of attached (—) and detached (---) 'Kyoryoku-toko' tomatoes during ripening. Fruits picked at mature green (●), turning (Δ) and pink (+) stage were ripened at 25 °C. Vertical bars indicate LSD .05 at designated stage of ripeness.

Fig. 5. Ethylene production rate of 'Kyoryoku-toko' tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 4. Vertical bars indicate LSD .05 at designated stage of ripeness.

エチレン発生量 第 5 図にエチレン発生量の変化を示した。mature green stage からの追熟果実は turning stage に達してもエチレン発生はごく微量で、pink stage になっても他の果実より低く、成熟の進展が 1 段階遅れるような傾向がみられた。turning 及び pink stage からの追熟果実では樹上成熟果実との間に差は認められなかった。

食味テスト 樹上成熟果実及び各 stage からの追熟果実の full ripe stage における食味を同時にテストした結果は第 2 表に示したとおりである。果色については各果実間に差は認められなかったが、このことは外観の着色状態を熟度の基準にしているため、当然のことかも知れない。肉質、風味、甘味及び酸味のすべての項目について、mature green stage からの追熟果実は明らかに樹上成熟果実より劣っていた。turning stage からのもので

Table 2. Sensory scores for 'Kyoryoku-toko' tomatoes picked at mature green, turning and pink stage, respectively, and ripened to full ripe stage at 25 °C, as compared with those picked at full ripe stage.

Picking stage	Sensory evaluation scores*				
	Color	Texture	Flavor	Sweetness	Sourness
Mature green	3.7	2.4	3.1	2.5	2.7
Turning	4.5	3.5	3.6	3.5	3.0
Pink	4.0	3.6	3.7	3.6	3.4
Full ripe	4.0	3.6	3.7	3.8	3.6
LSD 5%	N. S.	0.33	0.47	0.58	0.36

*5: Very good, 4: Good, 3: Medium, 2: Poor, 1: Very poor. Panel consisted of 10 members.

は、酸味の点でのみ樹上成熟果実より劣っていたが、pink stageからのものになると、すべての項目について樹上のものとの間に差は認められなかった。

糖含量 トマト果実中の主要な糖としてはグルコースとフラクトースがほぼ等量含まれており、熟度の進展に伴うそれらの変化を第6図と第7図に示した。果肉部についてみると、樹上成熟果実ではグルコース及びフラクトースともに turning stage まで増加し、以後はほぼ一定で overripe stage になるとやや減少した。これに対して追熟果実では、mature green stage からのものは収穫後やや増加はしたが、pink stage 以後の減少が急速で、fullripe stage ではグルコース及びフラクトース含量ともに樹上成熟果実よりそれぞれ約 0.3% ずつ低かった。turning stage 以後の追熟果実では、樹上成熟果実との間にはほとんど差はみられなかった。ゼリー部の糖含量については、収穫熟度による差は認められず、いずれも樹上成熟と同様の様相で変化した。果肉部のグルコース及びフラクトース含量にみられた樹上成熟果実と追熟果実間の差異は、食味テストに現われた甘味の差とよく一致していた。

有機酸含量 第8図及び第9図は有機酸含量の変化を示したものである。トマト果実中の主要な有機酸はクエン酸とリンゴ酸であり、とくに前者がその大部分を占めていた。また、ゼリー部の含量は果肉部の約2倍であり、樹上成熟果実と追熟果実間の差異もゼリー部のクエン酸含量においてのみ認められた。樹上成熟果実では、クエン酸含量は mature green stage が最低で、以後 pink stage にかけて増加し、その後は減少したが、overripe stage になると再びやや増加する傾向がみられた。一方、追熟果実のクエン酸含量は、収穫後樹上成熟果実より急速に減少する傾向を示し、mature green stage からのものでは pink, red 及び fullripe stage における

Fig. 6. Glucose content of 'Kyoryoku-toko' tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 4. Vertical bar indicates LSD .05 for the pericarp at fullripe stage.

Fig. 7. Fructose content of 'Kyoryoku-toko' tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 4. Vertical bar indicates LSD .05 for the pericarp at fullripe stage.

Fig. 8. Citric acid content of 'Kyoryoku-toko' tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 4. Vertical bars indicate LSD .05 the locular at designated stage of ripeness.

Fig. 9. Malic acid content of 'Kyoryoku-toko' tomatoes during ripening. Ripening conditions and symbols are the same as in Fig. 4.

クエン酸含量が明らかに樹上のものより低くなっていた。また、turning stage からの追熟果実でも、full ripe stage における含量が樹上のものより低かった。ゼリー部のクエン酸含量の多少は、食味テストにおける酸味の評価における差とよく一致していた。

考 察

樹上成熟果実と追熟果実の炭酸ガス排出量を比較すると、'強力五光'ではいずれも明らかにクライマクテリック現象を示したが、量的には mature green stage からの追熟果実は全期間を通じて低かった。'強力東光'では若干様相が異なり、mature green stage からの追熟果実はクライマクテリック・ライズの開始が遅れ、turning 及び pink stage に達したときの炭酸ガス排出量が樹上成熟果実や turning stage 以後の追熟果実より低かったが、red stage 以後になると差は認められなかった。このような炭酸ガス排出量の様相と同様の現象がエチレン発生量の変化についても認められた。トマト果実の成熟中の炭酸ガス排出量及びエチレン発生量が、どの程度であれば正常な成熟とみなし得るかについては明確に示せない面が存在すると思われる。しかし、少なくとも樹上での成熟を基準にするならば、本研究に用いた作型の異なる2品種に共通して、mature green stage からの追熟果実は樹上成熟果実や turning stage 以後の追熟果実とは、生理的にみて成熟の様相がやや異なるように思われる。

ABA 含量の変化については、'強力五光'のみしか調べていないが、著者らは以前にも述べたように(6)、ABA 含量はクライマクテリック型及びノンクライマクテリック型を問わず、果実の成熟の重要な指標となり得るものと考えている。このことから'強力五光'果実の ABA 含量の変化をみると、mature green stage からの追熟果実は追熟中その含量がほとんど増加せず、樹上成熟果実や turning stage 以後の追熟果実とは異なってい

るように思われる。

一方、食味の点から樹上成熟果実と追熟果実を比較すると、mature green stage で収穫すると、その後の着色は正常に進行し、樹上で成熟したものと差なかったが、肉質、風味、甘味及び酸味の点では明らかに劣っていた。さらに、本研究では mature green stage の果実を厳選して用いたが、mature green の正確な判定は困難であり、実際の流通においては、より未熟な果実が混入することが考えられ、一層食味低下を招く危険性が伴っている。turning stage からの追熟果実でも酸味の点ではまだ樹上のものより劣っていたが、pink stage からのものになると、すべての項目で差はほとんど認められなかった。したがって、食味の点から考えても、mature green stage での収穫は問題があるように思われる。同様の指摘が国の内外を問わず研究面においても(2, 5, 8, 9, 10, 13, 14)、また実際の消費面(1, 3)においてもなされており、トマト果実の流通面における一つの問題点であろう。

糖と有機酸はトマト果実の風味の支配的要因であり、この両物質の含量が高いほど食味は良好であるとされている(8, 17)。このうち、まず糖について本研究結果をみると、mature green stage からの追熟果実では、収穫後その含量が減少する傾向を示し、fullripe stage に達すると果肉部のグルコース及びフラクトース含量がともに樹上成熟果実より約 0.3% ずつ低くなっていた。しかし、turning 以後の追熟果実では樹上で成熟したものと間に差は認められず、果肉部の糖含量と食味テストにおける甘味の評価とはよく一致していた。トマト果実の糖含量は本来それほど高くないため、わずかの糖含量の差が甘味の差として感じられるものと推察される。そこで、実際に樹上成熟果実と mature green stage からの追熟果実それぞれについて、fullripe stage における果肉部の糖含量に相当するフラクトースとグルコースの混合水溶液を作製して甘味を比較したところ、明らかに識別可能であった。トマトでは、同化物質の果実への転流は mature green stage が最低で、turning stage になると約 2 倍に増加し、その後は減少して table ripe stage になるとほとんど停止するとされている(12)。このことから考えても、mature green stage での収穫には問題があり、turning stage 以後に収穫すれば甘味の点では樹上成熟果実に近づくものと思われる。

つぎに酸味についてみると、トマト果実中の有機酸は大部分がクエン酸であり、しかもゼリー部により多く含まれている。したがって、トマト果実の酸味は主としてゼリー部のクエン酸含量に左右されると考えられる。本

研究に用いた‘強力東光’果実のゼリー部のクエン酸含量は、追熟中の減少が樹上成熟果実に比べて急速であり、*mature green* 及び *turning stage* からのものは、*fullripe stage* における含量が明らかに低くなっていた。本品種では、このようにゼリー部のクエン酸含量の多少は酸味の食味評価とよく一致していた。しかし、トマト果実の成熟中の有機酸含量の変化の様相は品種によりかなり異なり (8)、樹上成熟果実のほうが追熟果実より高くなる場合 (3, 16) と低くなる場合 (4, 11) が報告されている。したがって、酸味の食味評価と有機酸含量との関係は一律には論じられないかも知れないが、一般的には有機酸含量の高いトマトほど風味が良好とされている (17)。その意味では、本研究の場合、酸味に関する限り *turning stage* でもまだ収穫熟度が若すぎるといえるだろう。

本研究では、食味の内容を糖と有機酸についてのみ検討したが、*mature green stage* からの追熟果実の食味は、甘酸味以外にも肉質ならびに風味が劣っていた。したがって、今後食味に影響を及ぼす果実の物理的側面や風味に関与する内容成分面からの検討も必要であろう。

以上のことを総合して判断すると、トマト果実の収穫熟度は少なくとも *turning stage* 以後にすべきであると思われた。

摘 要

トマトの樹上成熟果実と追熟果実の成熟様相と食味の比較を行った。‘強力五光’については成熟の様相を、また‘強力東光’についてはそれに加えて食味面からの検討も行った。

mature green stage からの追熟果実の炭酸ガス排出量及びエチレン発生量は、‘強力五光’果実では全期間を通じて樹上成熟果実より低く、‘強力東光’果実では成熟の開始に伴う増加が遅れた。*turning* 及び *pink stage* からの追熟果実では、いずれの品種ともに樹上成熟果実と大差は認められなかった。

‘強力東光’果実の遊離の ABA 含量は、*mature green stage* からの追熟では、成熟期間中ほとんど増加しなかったが、*turning stage* 以後の追熟では樹上成熟よりもむしろ多くなった。

full ripe stage における食味テストでは、果色についてはいずれの熟度からの追熟果実も樹上成熟果実と差はなかったが、肉質、風味、甘味及び酸味の評価は *mature green stage* からの追熟果実は明らかに樹上成熟果実よりも劣っていた。*turning stage* からの追熟果実では、酸味の評価のみが樹上成熟果実より劣っていたが、*pink stage* からのものではすべての面でまったく差は認めら

れなかった。このような甘酸味の食味評価の差異は、果肉部のグルコース及びフラクトース含量ならびにゼリー部のクエン酸含量における差異とよく一致していた。

以上のことより、トマト果実は内的及び食味構成面からみて、*mature green stage* では追熟に対する条件がまだ十分には整っておらず、*turning stage* になるとそれらがほぼ完全に整うように思われた。

引用文献

1. 青柳光昭・牧野 朗・佐藤治郎. 1978. トマトの品質保持に及ぼす収穫熟度と流通温度の影響. 園芸学会昭和 53 年度春大会研究発表要旨. 438—439.
2. BELANCOURT, L. A., M. A. STEVENS and A. A. KADER. 1977. Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 : 721—723.
3. BISOGNI, C. A. and G. ARMBRUSTER. 1976. Quality comparisons of room ripened and field ripened tomato fruits. J. Food Sci. 41 : 333—338.
4. BRECHT, P. E., L. KENG, C. A. BISOGNI and H. M. HUNGER. 1976. Effect of fruit portion, stage of ripeness and growth habit on chemical composition of fresh tomatoes. J. Food Sci. 41 : 945—948.
5. 万豆剛一・水戸喜平. 1966. トマトの収穫後の温度と着色品質. 農及園. 41 : 355—356.
6. 稲葉昭次・中村怜之輔. 1978. 作型別ならびに追熟中のイチゴ果実の成熟様相. 岡山大学農学報. 52 : 25—36.
7. 岩田 隆. 1979. 果実類の追熟に関する諸問題. 2. ——トマト・メロン・イチゴを中心に——農及園. 54 : 987—989.
8. KADER, A. A., M. A. STEVENS, M. ALBRIGHT-HOLTON, L. L. MORRIS and M. ALGAZI. 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 : 724—731.
9. KADER, A. A., L. L. MORRIS, M. A. STEVENS and M. ALBRIGHT-HOLTON. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 6—13.
10. KADER, A. A., M. A. STEVENS, M. ALBRIGHT and L. L. MORRIS. 1978. Amino acid composition and flavor of fresh market tomatoes as influenced by fruit ripeness when harvested. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 541—544.
11. LOWER, R. L. and A. E. THOMPSON. 1966. Sampling variation of acidity and solids in tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 :

- 512—522.
12. MCCOLLUM, J. P. and J. SKOK. 1960. Radio-carbon studies on the translocation of organic constituents into ripening tomato fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75 : 611—616.
 13. 緒方邦安・今雪哲郎・成瀬守弘. 1951. 生鮮農産食品の貯蔵に関する研究. Ⅲ. トマトの追熟に関する生化学的研究. *香川農大報*. 2 : 121—129.
 14. 大久保増太郎・前沢辰雄. 1965. 青果物の鮮度保持に関する研究(第2報). 長距離輸送トマトの追熟におよぼす温度, 採取熟度およびポリエチレン包装の影響. *千葉農試研報*. 6 : 181—190.
 15. 斎藤 隆. 1973. 農業技術大系, 野菜編 2. トマト, pp. 137—151. 農山漁村文化協会.
 16. SAKIYAMA, R. and M. A. STEVENS. 1976. Organic acid accumulation in attached and detached tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101 : 394—396.
 17. STEVENS, M. A., A. A. KADER and M. ALBRIGHT. 1979. Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 : 40—42.