市販キウイフルーツのエチレン生成と追熟

矢野昌充*・長谷川美典*

Ripening and Ethylene Production in Kiwifruit
(*A. deliciosa*) on the Market

Masamichi YANO* and Yoshinori HASEGAWA*

* Okitsu Branch, Fruit Tree Res., Stn. Ministry of Agriculture,
Forestry and Fisheries, Okitsu, Shimizu, Shizuoka 424-02

Recent studies revealed that kiwifruit does not evolve no ethylene virtually and not ripen without any help of some exogenous factors. In order to know how to improve commercial ripening of kiwifruit, the fruits purchased from retail shops were studied on ripening, ethylene production, occurrence of soft rot and fruit quality.

1. Domestic kiwifruits hardly evolved ethylene even 10 days after purchase, except soft rotted fruit which comprised about 40% of the total fruit.

2. The greater part of kiwifruit imported from New Zealand also did not evolve ethylene 10 days after purchase. Four percent of the fruit, however, evolved ethylene with occurrence of soft rot and 14% of the one did without soft rot. The ones purchased from wholesales did not produce ethylene and ripen with a few exception.

3. Ethylene of zero to over 50 ppm was detected in small plastic boxes in which kiwifruits were enclosed for retail. Ethylene of 0.5 to 5 ppm accumulated in the box enclosing one ethylene producing and 4 non-producing fruits.

4. Only about 40% of the purchased kiwifruit became eatable through 10 days after purchase in terms of flesh firmness and acid contents even though soft rot fruit was taken into account.

These results suggest that it is necessary to make up a system to ship and retail kiwifruit compulsorily ripened by exogenous ethylene.

(Received Aug. 19, 1991)

緒 言

キウイフルーツは収穫後エチレンを発生して追熟するとされ、クライマクテリック型の果実に分類されている⁴⁾⁶⁾。しかし、筆者らは、軟腐病罹病果実を除けばキウイフルーツを長時間室温(20℃)においても殆どの果実がエチレンを生成せず、事実上熟さないことを明らかにした⁹⁾⁷⁾。しかし、この事実は一般には知られておらず、大部分は依然として流通段階でエチレンを発生し、追熟することを前提にして、未処理のまま流通・販売す

る体制が取られている。

そこで本研究では、追熟にくい特性を持つキウイフルーツの流通方法を改善する資料を得る一環として、この果実が実際の流通段階でどのような追熟の挙動を示すかを明らかにしようとした。その結果、筆者らの実験室レベルでの研究と同様、軟腐病罹病果だけはエチレンを発生するものの、健全果実ほとんどエチレンを発生せず、自然追熟しないことが明らかになり、早急に流通方式を改める必要があるという結論を得たので報告する。

* 農林水産省果樹試験場興津支場(〒424-02 静岡県清水市興津中町)

材料及び方法

1. 調査果実

果実は静岡県清水市内、静岡市内、三重県津市内、東京都区内の計 13 ケ所の小売店から、ばら売り、バック売りのヘイワード果実を購入し、調査に使用した。バック包装果実については無作為に選んだが、ばら売りについては軟腐病果実及び軟化した果実は避け、硬く健全な果実のみを購入した。1991 年 3～5 月に購入した果実は国内産、6 月はニュージーランド産であった。購入した果実数は国内産の場合、1 店舗当たり、ばら売り 10 個、バック売り 12 個、ニュージーランド産のものは売り方とは無関係に 10～20 個であった。

2. 調査項目

購入した果実は保管中の萎凋を避けるため、厚さ 20 μm の低密度ポリエチレン袋に 1 果ずつくるみ（非密封）、20℃ に保管した。果実は購入の当日、20℃ で 5 日及び 10 日保管後にエチレン生成量、軟腐病の有無を調べた。また、10 日目には果実硬度と酸含量の調査を行った。バック売りについては購入時に包装内のエチレン濃度を調べたほか、エチレン生成量既知の果実を封入し、エチレンの蓄積程度を調べた。ニュージーランド産の果実については、1 部の果実を最長 6 週間 20℃ で保管し、エチレン生成、軟腐病の発生状況を経時的に調べた。軟腐病の有無は特徴的な病斑の有無から判定した。病斑部分から軟腐病菌 (*Botryosphaeria* 及び *Phomopsis*) が検出されることは前報 (3) で確認しているので今回は軟腐病菌の調査は行わなかった。手で丁寧に剥皮し、表皮下にいかなる小さな病斑も認められない果実を健全果とした。

3. 調査方法

エチレン生成量：果実を 1 個ずつポリスチレン製の容器 (229.5～231.5 ml の容量であった) に入れ、20℃ に 3 時間放置後、容器内に蓄積したエチレン量をガスクロマトグラフィー（充填剤：ポラパック Q，注入口，カラム検出器温度：いずれも 70℃，検出器：FID，機種：島津 4 CM）で測定した。

バック包装内のエチレン濃度：バックの 2 箇所から注射器で採取した 1 ml の空気に含まれるエチレンを上述のガスクロマトグラフィーの条件で測定し、その平均値で示した。

果肉硬度：ユニバーサル硬度計（円錐型プランジャー）で果皮の上から測定した。測定は果実の中央部 2 箇所について行い、平均値で示した。

酸含量：果肉をおろし金ですりおろし、ガーゼでろ過後、0.156 N の水酸化ナトリウムによる中和滴定を行い、クエン酸として算出した。

結果及び考察

1. 購入後の追熟・エチレン生成・軟腐病の発生

図 1 に購入した国内産のばら売りとバック売り、ニュージーランド産（売り方の区別はせず）の果実の追熟の状況を示した。国内産のばら売りの果実では、手触りによって硬いと判断した健全果実のみを購入・供試したこともあり、入手当日にエチレンを生成していた果実は皆無であった（本実験での検出限界は 0.05 $\mu\text{l/kg/h}$ ）。入手後 5 日目、10 日目には一部の果実にエチレン生成が見られ、果肉も軟化した。一方、軟腐病症状が見られなかった約 6 割の果実は、入手後 10 日を経過してもエチレンが生成されず、可食状態とはならなかった。店舗別にみると 10 店舗中 3 店舗では軟腐病個体がなかったため、購入 10 日後でもエチレンを生成する果実は全く見られなかった。

バック売り果実では入手当日から軟腐病症状が見られ、軟腐病果はその後著しく増加した（図 1 の B）。ごく

図 1 市販果実購入後の追熟・エチレン生成・軟腐病の発生状況

(A)：国産（バラ売り）；(B)：国産（バック売り）；(C)：ニュージーランド産（バラ売り+バック売り）

白：健全（エチレンを生成せず）

黒：健全（エチレンを生成して追熟）

斜線：軟腐病（エチレンを生成）

一部の果実 (120 果中 8 果) では健全のまま (表皮下にいかなる軟腐病の病斑も認められなかった) エチレンを生成する例が見られたものの、ばら売りと同様パック売りでも大部分の健全果はエチレンを生成せず、追熟しなかった。

ニュージーランド産は国内産とはやや様相を異にした。すなわち、軟腐病果が著しく少ない (100 果中 4 果) こと、軟腐病症状が見られないのに、エチレンを生成して追熟した果実が 100 果中 14 果とかなり多いことに特徴があった。特に後者は筆者らの前報における結論 (キウイフルーツは病害、エチレン処理などの外的な要因がない限り、エチレンを生成して追熟することはない) と符合しない。そこで、更に長期間 20℃ に保管し、エチレン生成を調べることにした。この調査には、卸売市場から果実を入手し、実験を行った。2つのロットについて、追熟状態を5週間にわたって調べた結果を図2に示した。その結果、2ロットともわずかの果実にエチレン生成が認められたものの (約 8%), ほとんどが軟腐病果によるもので、健全果でエチレンを生成したのは48果中わずか1に果に過ぎなかった。

この結果は、ニュージーランド産果実も筆者らが今まで研究材料としてきた国内産と同様、外的な要因がなければ、収穫後にエチレンを出すことはないことを示している。図1の(C)に見られた、健全でエチレンを生成する果実は、販売前にエチレンによる追熟処理がなされ

図2 ニュージーランドから輸入したキウイフルーツの追熟・エチレン生成・軟腐病発生状況 (A, B は異なる2つのロット) (グラフのマークは図1に同じ)

ていたか、輸送途中の傷による傷害エチレンによって誘導されたエチレンではないかと推測される。ニュージーランド産果実では、国産果実には殆ど見られない押し傷がかなりの割合で発見された。しかし、明らかにそれと分かる大きな傷はともかく、小さな傷については傷か否かの明確な区別ができず、数量的な調査は不可能であった。傷については、人為的に傷をつける実験によってエチレン生成、追熟への影響を別途検討する必要がある。

2. パック包装内のエチレンによる果実の追熟

パック売り果実では多くの軟腐病果に混じって、一部に健全でエチレンを生成する果実が認められた。これら健全果実のエチレン生成が包装内に蓄積したエチレンによって誘導されたものと仮定し、2, 3の検討を行った。

購入したパック包装の内部にどれだけエチレンが蓄積しているかを調べた結果を図3に示した。全くエチレンを検出できなかったパックが多かったものの、約30%はエチレンが検出され、極端な場合は50 ppmを越える例もあった。なお、このパックはキウイフルーツ用に製造・販売されたものであり、内部には5個の果実が入っており、3~4個所がホッチキスで閉じられているだけの非密封包装であった。

次に、パック内部にエチレンを生成する果実がある場合に、どの程度エチレンが蓄積するかを調べた。エチレン生成量既知の果実1果を、エチレンを生成しない果実4果とともに図3で調査したのと同じプラスチック製の容器に入れ、内部のエチレン濃度の変動を調べた (図4)。エチレンを生成する果実が封入されると、ホッチキスで閉じているため、密封状態となっていないにもかかわらず、パック内には明らかにエチレンの蓄積が認められた。

この蓄積量、0.5~5 ppm は、従来の知見¹⁾²⁾⁶⁾から見て、キウイフルーツの追熟に明らかに影響を及ぼし得る濃度であり、8.6~57.6 $\mu\text{l/kg/h}$ 程度のエチレン生成量を持つ果実が1個混入しているだけで、他の果実の追熟が引き起こされることは十分有り得る。従って、図

図3 購入時におけるパック包装内のエチレン濃度

1の(B)で見られた健全果のエチレン生成は同じパック内の軟腐病果実由来のエチレンによって引き起こされたという仮説は十分成立つと考えられた。

3. 市販果実の硬さと酸含量

キウイフルーツが可食であるか否かの最も重要な指標は硬さと酸含量である。収穫後、低温貯蔵された果実が可食となるためには果肉のある程度の軟化と酸含量が減少が必要だからである。図1、図2で示したように、エチレン生成を伴う本格的な追熟がほとんど期待できない状況下での果肉の軟化や酸の減少がどの程度生じているかを知るため、購入果実を10日間保管した後、硬さと酸含量の測定を行った。その結果をそれぞれ図5、図6に示した。ユニバーサル硬度計による硬度は0.5~2.1 kg/cm²まで分布した。筆者らが経験的に可食と判断し

ている1.2 kg/cm²程度以下に該当する果実は約40%程度しかなく、残りの果実は食べるには硬過ぎると思われる。筆者らが硬度の面で可食と判断した果実の大部分は軟腐病に罹病しており、健全で可食状態の硬さとなった果実はバック売り、ニュージーランド産に一部あるだけであった。

なお、中西ら⁵⁾は貯蔵キウイフルーツの硬度や品質成分の調査に当たって、食べるのに適当な硬度を1.2~1.5 kg/cm²と筆者よりやや高く設定している。この違いが何によって生じたかは不明であるが、両者とも消費者の嗜好調査に基づいた設定値ではないので、今後正確な可食範囲の硬度を設定する必要がある。

酸含量についてはどの程度が適当であるかについては報告がない。筆者らは経験的に酸含量は1.0%以下まで減少していることが望ましいと考えている。今回調査した果実ではこの条件を満たしていたのは硬度と同様約40%程度に過ぎなかった。この条件を満たしている果実の多くが軟腐病に罹病している果実であることも硬度の場合と同様であった。

本実験の結果は、大部分のキウイフルーツが自然のままでは自分からエチレンを出して追熟することはないとする前報³⁾⁷⁾の結果が単なる実験室レベルだけではなく、市場、小売り店などに回っている果実についても当てはまることを示している。バック包装では同じパック内にある軟腐病果などが生成するエチレンによって他の果実の追熟が誘導される可能性は認められるもののこのような追熟が安定的な追熟技術として使用できるわけではない。従って、キウイフルーツが追熟されずに流通する

図4 エチレン発生果実1個の入ったバック包装内のエチレン濃度
(図中の数値はバック内に入れたエチレン発生果実のエチレン発生量, $\mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

図5 市販果実購入10日後(20℃)の硬度分布
(ユニバーサル硬度計による、黒：軟腐病果、白：健全果)

図 6 市販果実購入後 10 日 (20°C) 後の酸含量の分布
(黒：軟腐病果，白：健全果)

ことは大部分の消費者が追熟していない硬く、酸っぱい果実を食べさせられていることになり、今後の需要の停滞の原因となることが危惧される。バナナのように、追熟して流通させるシステムが早急に整備されることが望まれる。

要 約

キウイフルーツの流通方法改善の資料とするため、市販果実のエチレン生成と追熟の状況を調べた。

(1) 国内産のばら売り、パック売りとも、購入後 10 日を経過してもエチレンを生成して正常に追熟した果実はほとんどなく、大部分はエチレンを生成しないか生成しても軟腐病によるものであった。

(2) 軟腐病が極めて少なかったニュージーランド産果実では 14% の果実がエチレン生成を伴う正常な追熟をしたが、大部分は追熟しなかった。卸売市場から直接購入した果実では購入後 35 日経過後も数% の果実しか追熟しなかった。

(3) パック包装内部には 50 ppm を上回るエチレンが検出される例があった。8.6~57.6 $\mu\text{L/kg/h}$ のエチレン生成量を持つ果実を 1 個を非密封パック内に入れただけでも 0.5~5 ppm のエチレンが蓄積することが観

察された。

(4) 購入 10 日後、食べ頃の硬さ、酸含量となったのは全購入果実の約 40% に過ぎず、しかも大半が軟腐病罹病果であった。

本研究は果樹試験場の業績であり、業績番号：B-182 を付す。

文 献

- 1) BEN-ARIE, R. and L. SONEGO: *Scientia Hort.*, **27**, 263 (1985)
- 2) HARMAN, J.E. and B. MACDONALD: *Acta Hort.*, **138**, 195 (1983)
- 3) HASEGAWA, Y. and M. YANO: *J. Japan Soc. Cold Preserva. Food*, **16**, 21 (1990)
- 4) HYODO, H., S. AISAWA and S. AO: *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **56**, 351 (1987)
- 5) 中西載慶・松土俊秀・堀 郁郎・小宮山美弘・横塚弘毅: *日食工誌*, **37**, 323 (1990)
- 6) LUH, B.S. and Z. WANG: *Adv. Food Res.*, **29**, 279 (1984)
- 7) 矢野昌充・長谷川美典: 園学雑, 投稿中 (1992)
(平成 3 年 8 月 19 日受理)