

キウイフルーツ果実の追熟に伴う成分変動

西山 一郎、山中 美穂、大田 忠親

Compositional Changes in Fruit of Kiwifruit during Postharvest Ripening

Ichiro NISHIYAMA Miho YAMANAKA Tadachika OOTA

1. 緒言

キウイフルーツは、洋ナシやアボカドなどと同様、樹上では果実が熟しにくい果樹に属する(1)。そのため商業的には、収穫された未熟な果実に適切な追熟操作を行い、可食期あるいは適熟期果実として販売する必要がある。

キウイフルーツ果実に含まれる成分としては、呈味成分として重要な糖質および有機酸、機能性成分として重要なアスコルビン酸(ビタミンC)、*myo*-イノシトール(以下、単にイノシトールと表記する)、ルテインや β -カロテン等のカロテノイド、タンパク質分解酵素であるアクチニジンなどが知られている。これら成分の追熟過程に伴う変化は、植物生理学的にも、また商業的にも興味深い。福家と松岡(2、3)は、数品種のキウイフルーツ果実を材料として、生育中および追熟中の糖や有機酸含量の変化について報告しているが、他の成分の追熟に伴う変化については、十分に検討されているとはいえない。本研究では、キウイフルーツの一品種である‘ブルーノ’果実について、その追熟に伴うアクチニジン、糖および糖アルコール、有機酸、ならびにクロフィルやカロテノイド色素の濃度変化について検討を行った。

2. 実験方法

実験材料

実験には、東京都国立市の澤登キウイ園にて2003年ならびに2004年10月中旬に収穫した‘ブルーノ’果実を用いた。果実はポリエチレン袋に入れ、18°Cで貯蔵した。

果実硬度の測定と果汁の調製

果実の硬度は、果実硬度計(藤原製作所)の円錐型針頭を用いて、果実赤道部2箇所につき果皮上から測定し、その平均値で表した。

果実を剥皮した後、果実2個分の可食部を合し、フードプロセッサーにより均一に破碎した後、4重のガーゼを用いて搾汁した。この搾汁を遠心分離(12 000×*g*、4°C、10分間)して得られた上清を果汁として、以下の実験に供した。実験は、3反復を行った。

糖質ならびに糖アルコールの定量

得られた果汁0.2mLに純水0.3mLおよびアセトニトリル0.5mLを加え、シリンジフィルター(0.45 μ m)でろ過した後、その5 μ LをHPLC分析に供した。HPLC分析は、Asahipak NH2P-50 4Eカラム(4.6mm×250mm、Shodex)を用い、アセトニトリル-水(75:25)を移動相として、流速1 mL/minで行った。検出は示差屈折(RI)検出器により行った。検出器ならびにカラムオーブンは35°Cに設定した。

有機酸の定量

得られた果汁0.2mLに0.2mol/L塩酸を0.8mL加え、シリンジフィルター(0.45 μ m)でろ過した後、その10 μ LをHPLC分析に供した。HPLC分析は、Hibar 250-4 LiChrospher 100 RP-18カラム(0.5 μ m、4 mm×250mm、MERCK)を用い、20mmol/L KH₂PO₄(pH2.8)を移動相として、流速1 mL/minで行った。検出は、214nmのUV

吸収をモニターすることにより行った (4)。

その他の定量

糖度は糖度計 RA-250 (京都電子工業) により測定した。アクチニジン濃度は、既報 (5) に従って定量的電気泳動法によって測定した。クロロフィル a および b、ルテインならびに β -カロテンは、Nishiyama *et al.* (6) の方法に従って、HPLC 法によって測定した。

3. 実験結果と考察

適熟期果実における各成分の分析

図 1 に、追熟 14 日目の適熟期果実を試料として用いた HPLC 分析の例を示す。糖質としてはフルクトース、グルコースならびにスクロースの明瞭なピークが認められ、また糖アルコールとしては、イノシトールが小さなピークとして検出された (図 1 a)。また、有機酸の分析では、キナ酸、リンゴ酸、アスコルビン酸 (ビタミン C) およびクエン酸のピークが明瞭に認められた (図 1 b)。色素成分の分析では、ルテイン、クロロフィル a および b、ならびに β -カロテンが検出された (図 1 c)。

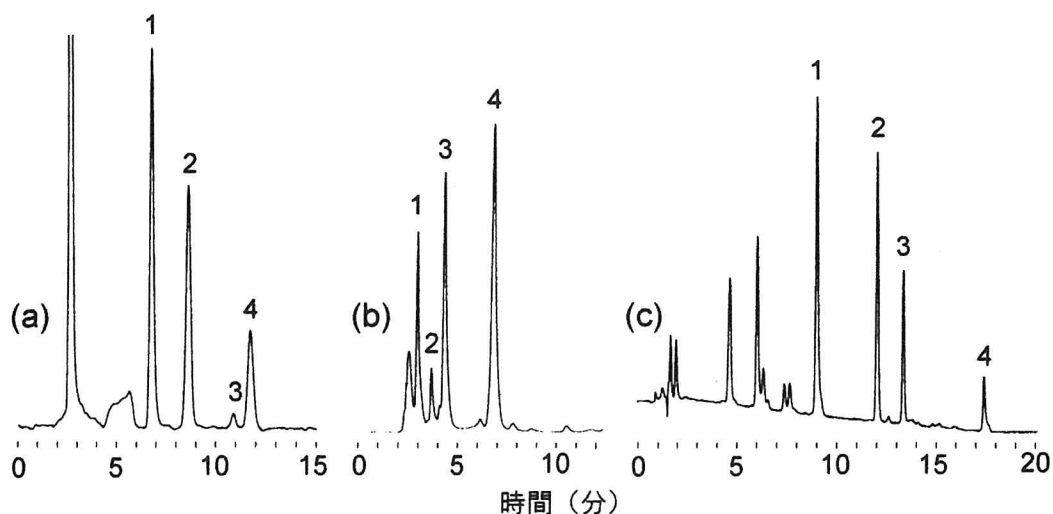


図 1 追熟 14 日目の適熟期 'ブルーノ' 果実における糖・糖アルコール (a)、有機酸 (b) および色素 (c) の HPLC 分析例

- (a) 1 : フルクトース、2 : グルコース、3 : *myo*-イノシトール、4 : スクロース
- (b) 1 : キナ酸、2 : リンゴ酸、3 : アスコルビン酸 (ビタミン C)、4 : クエン酸
- (c) 1 : ルテイン、2 : クロロフィル b、3 : クロロフィル a、4 : β -カロテン

追熟に伴うアクチニジン濃度の変化

追熟に伴う果汁中アクチニジン濃度の変化を、図 2 b に示す。アクチニジン濃度は、追熟期間中に漸増し、14 日目では収穫当日の約 1.4 倍に増加することが示された。その後は若干減少する傾向が認められた。曾田等 (7) は、'アボット' 果実を用いて、追熟過程においてプロテアーゼ活性が増加することを報告しているが、追熟に伴ってアクチニジン自体が増加することを直接証明したのは、本報が初めてである。果実硬度 (図 2 a) から、追熟 7~14 日が適熟期だと判断されるため、適熟期の果実は未熟な果実と比較してアクチニジンが多く、タンパク質の消化促進効果などに優れるものと考えられた。

追熟に伴う糖および糖アルコール濃度の変化

キウイフルーツ果実においては、果実内に貯蔵されたデンプンが追熟中に分解されることにより、単糖や二糖が増加し、糖度が上昇することが知られている。本研究でも図 2 c に示すとおり、追熟過程における Brix 値の上昇が認められた。すなわち、収穫直後では 6.5% 程度であった Brix 値が、追熟 7 日目には約 6% 上昇して 12.5% に達し、その後 14 日

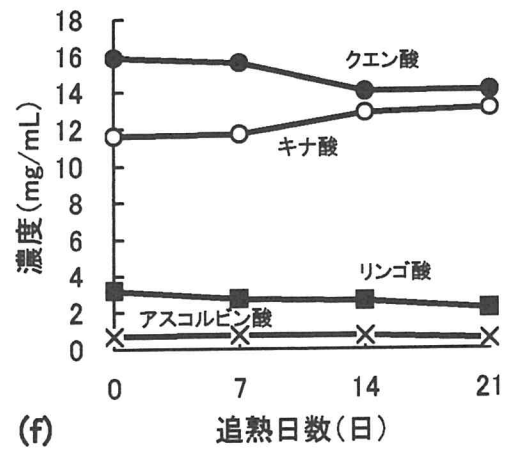
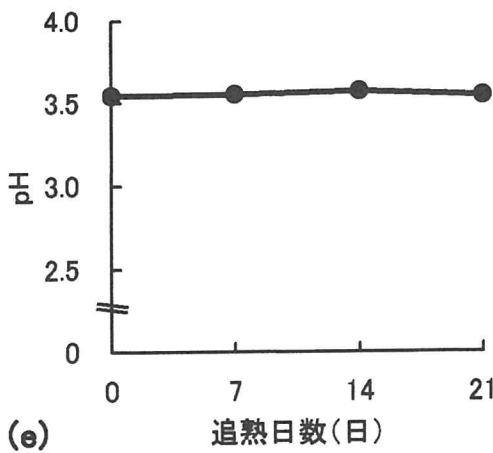
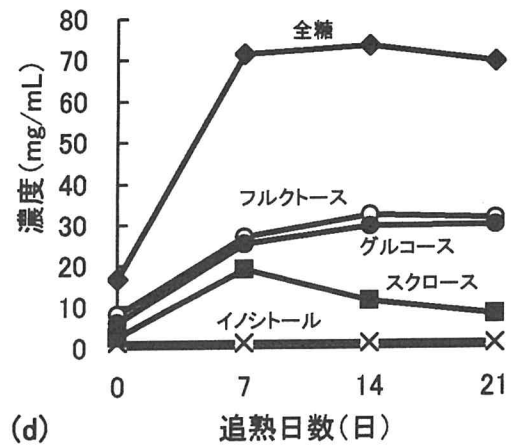
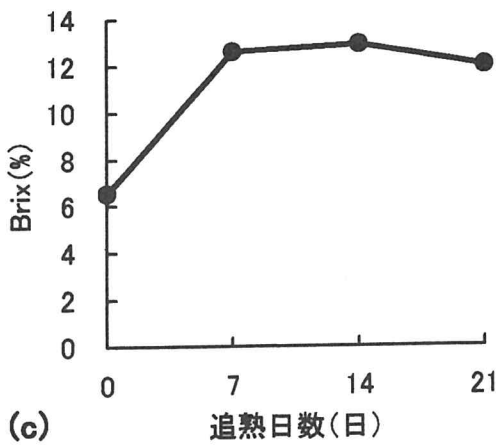
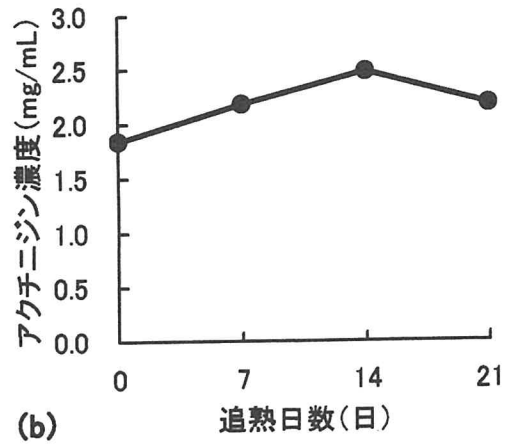
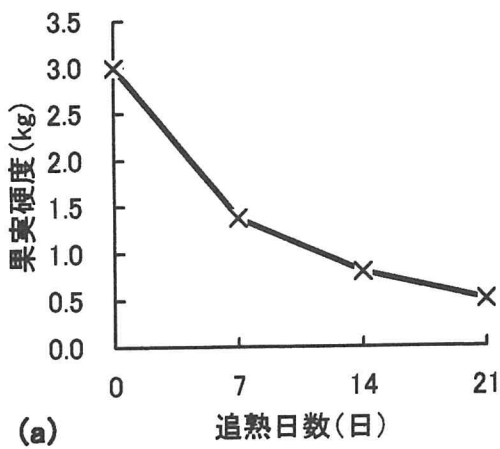


図2 追熟に伴う‘ブルーノ’果実の成分変化

間、ほぼ同等のレベルに保たれることがわかった。一方、HPLC法によってグルコース、フルクトースおよびスクロースを別々に測定し、合計した値（全糖濃度）も、Brix値と類似した変化を示した（図2 d）。すなわち、収穫直後には20mg/mL以下であった全糖濃度が、追熟7日目には70mg/mL以上に達し、その後は同程度に保たれることが確認された。この結果より、追熟に伴う全糖濃度の増加量は、Brix値の増加量と、ほぼ一致していることが示された。なお、追熟のいずれの段階においても、全糖濃度よりもBrix値の方が、5%程度高い値を示したが、これは、糖以外の可溶性固形物の存在に起因するものと考えられた。

糖組成について検討すると、追熟7日目ではグルコース、フルクトースおよびスクロースがほぼ同じ割合で存在する「平衡型」であったが、追熟14~21日目では、スクロースの割合が明瞭に減少して、「還元糖型」へと変化した。このときの還元糖組成は、グルコースとフルクトースとが、ほぼ等量であった（図2 d）。このように、追熟に伴って糖組成が大きく変化することから、糖度が同じ適熟期果実であっても、追熟7日目と14日目では、その食味には差異があるものと考えられた。食味については、今後官能試験によって、より詳細な検討を行う必要がある。

なお21日間の追熟期間中、イノシトール濃度には明瞭な変化は認められなかった。

追熟に伴う有機酸濃度の変化

果実に含まれる有機酸類は、果実にさわやかな酸味を付与すると共に、pHを低く抑えることにより、果実の腐敗を防止する機能も果たしている。また、アスコルビン酸はビタミンCとして、あるいは抗酸化成分として、重要な機能性成分である。

果汁のpHは、21日間の追熟期間中を通して、ほぼ3.5に保たれており、ほとんど変化が認められなかった（図2 e）。一方、有機酸組成を調べた結果からは、追熟期間中にクエン酸やリンゴ酸のわずかな減少とキナ酸の微増が観察された（図2 f）。アスコルビン酸濃度にも、ほとんど変化が認められなかったが、この結果は、福家と松岡(3)やFergusonとMacRae(8)の報告と一致する。以上の結果から、全有機酸量は、追熟期間中にほとん

ど変化していないことが示された。

図2のdとfの結果から、追熟7日目までに甘味比（糖酸比）は大きく増加し、以後はほぼ一定であることがわかる。また、収穫直後の未熟果実で酸味が非常に強く感じられるのは、酸が多いためではなく、糖が少ない（図2 c~d）ためであると推測された。

追熟に伴う色素成分の変化

一般に果物には、カロテノイドやアントシアニン等の色素が含まれているものが多く、その可食部は黄色から赤色の色調を呈するものが多い。これに対しキウイフルーツの果肉は、果物としては特徴的な緑色を呈するため、料理や菓子類の彩として重宝である。このキウイフルーツ果肉の緑色は、主としてクロロフィルに由来することがFuke(9)やCano(10)によって報告されている。

本実験においては、「ブルーノ」果実中のクロロフィル（クロロフィルaとクロロフィルbとの和）は、追熟開始後7日間で明瞭に減少したが、その後はわずかな減少傾向が見られる程度であった（図3 a）。果実硬度の測定結果より、この実験においては、追熟7日目から可食期、追熟14~21日間で適熟期に相当すると判断される。以上の結果より、「ブルーノ」果実においては、未熟期から可食期にかけては、果肉の緑色が減少するものの、可食期から適熟期にかけては、果肉の色調はほとんど変化しないことが示唆された。

一方、 β -カロテン濃度は追熟期間中、ほぼ一定のレベルに保たれ、またルテイン濃度は、追熟7~14日間で約15%増加した（図3 b）。ルテインは、網膜の黄斑部や水晶体に存在し、その紫外線吸収作用と抗酸化作用とによって、これらの組織を保護していると考えられている(11-14)。実際にルテインの摂取は、加齢性黄斑変性症や白内障などの難知性疾患の予防に効果があることが示されている(12、15)。また β -カロテンは、生体内でビタミンAに変換され、正常な視覚機能の維持に重要な役割を果たす。本実験の結果より、適熟期間中にもこれらカロテノイドの損失は認められず、また、ルテイン濃度はむしろ増加することが示された。このことから、追熟操作は単に果実の呈味性を向上させるだけではなく、その食品機能性の向上にも寄与するものと考

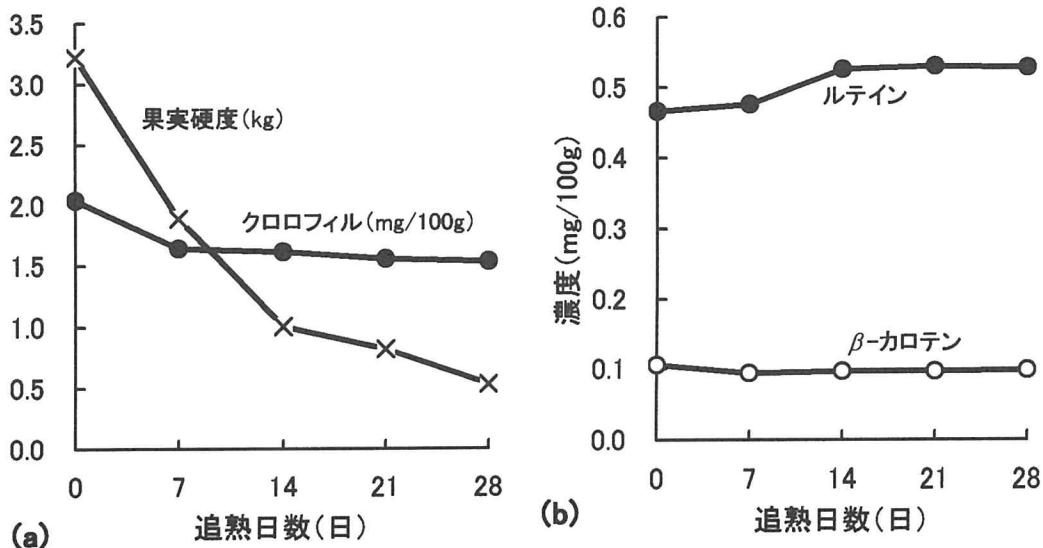


図3 追熟に伴う‘ブルーノ’果実の色素濃度変化

えられた。

本実験の結果より、キウイフルーツ果実に含まれる呈味成分や機能性成分の濃度が、追熟期間中にどのように変化するかが示された。ただし、今回の実験は18℃で追熟を行っており、この温度条件を変えることにより、果実成分の変動が異なる可能性がある。また、追熟中に温度を変化させることにより、果実品質をより向上させられる可能性も考えられる。たとえば氷温保存のように、追熟中の一時期に-1℃程度に冷却して保蔵することにより、抗凍結成分としての糖などの合成が促進され、糖度が上昇する可能性も考えられる。今後は温度条件を変えたときの、追熟に要する時間と成分変動との関係についても詳細な調査を行いたい。

4. 要約

キウイフルーツの一品種である‘ブルーノ’果実を用いて、その追熟中の成分変動を調査した。その結果、追熟に伴ってタンパク質分解酵素であるアクチニジン濃度が約40%増加することが確認された。また追熟に伴い、全糖濃度は約3.5倍に上昇し、糖組成の平衡型から還元糖型への変換が認められた。追熟中の有機酸濃度の変化はわずかであった。一方、果実中に含まれる色素としては、クロロフィル濃度が追熟初期に20%程度減少し、ルテイン濃度は追熟

に伴い15%程度増加することが示された。

本研究のデータの一部は、平成16年度食物栄養総合ゼミにおいて、稲垣麻奈美さんと内田七恵さんが行った実験の結果である。

引用文献

- 1) 矢野昌充：キウイフルーツの追熟特性の解明ならびに高品質化に関する研究。日食保蔵誌，**29**，51-55 (2003)
- 2) 福家洋子，松岡博厚：キウイフルーツの生育中および追熟後の糖、デンプン、有機酸、遊離アミノ酸の変化。日食工誌，**29**，642-648 (1982)
- 3) 福家洋子，松岡博厚：キウイフルーツの生育中および追熟後のペクチン、アスコルビン酸、ポリフェノール、ペクチンエステラーゼ活性の変化。日食工誌，**31**，31-37 (1984)
- 4) Lee, H.S.: HPLC method for separation and determination of nonvolatile organic acids in orange juice. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1991-1993 (1993)
- 5) 西山一郎，大田忠親：キウイフルーツ果汁のアクチニジン濃度およびプロテアーゼ活性の品種間差。食科工誌，**49**，401-408 (2002)
- 6) Nishiyama, I., Fukuda, T and Oota, T.: Gynotypic differences in chlorophyll, lutein,

- and β -carotene content in the fruit of *Actinidia* species. *J. Agric. Food Chem.*, **53**, 6403-6407 (2005)
- 7) 曾田 功, 金子美穂, 佐藤隆英, 中川弘毅, 小倉長雄: キウイフルーツプロテアーゼの利用について. *日食工誌*, **34**, 36-41 (1987)
 - 8) Ferguson, A. R.; MacRae, E. A.: Vitamin C in *Actinidia*. *Acta Hort.*, **297**, 481-488 (1991)
 - 9) Fuke, Y., Sasago, K. and Matsuoka, H.: Determination of chlorophylls in kiwi fruit and their changes during ripening. *J. Food Sci.*, **50**, 1220-1223 (1985)
 - 10) Cano, M.P.: HPLC separation of chlorophyll and carotenoid pigments of four kiwi fruit cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1786-1791 (1991)
 - 11) Bernstein, P.S., Khachik, F., Carvalho, L.S., Muir, G.J., Zhao, D.Y., Katz, N.B.: Identification and quantitation of carotenoids and their metabolites in the tissues of the human eye. *Exp. Eye Res.*, **72**, 215-223 (2001)
 - 12) Granado, F., Olmedilla, B., Blanco, I.: Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *Br. J. Nutr.*, **90**, 487-502 (2003)
 - 13) Krinsky, N.I., Landrum, J.T., Bone, R.A.: Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annu. Rev. Nutr.*, **23**, 171-201 (2003)
 - 14) Yeum, K.J., Taylor, A., Tang, G., Russell, R. M.: Measurement of carotenoids, retinoids, and tocopherols in human lenses. *Invest. Ophthalmol.*, **36**, 2756-2761 (1995)
 - 15) Seddon, J.M., Ajani, U.A., Sperduto, R.D., Hiller, R., Blair, N., Burton, T.C., Farber, M. D., Gragoudas, E.S., Haller, J., Miller, D.T., Yannuzzi, L.A., Willett, W.: Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. *JAMA*, **272**, 1413-1420 (1994)