

研究論文

果実の追熟程度や pH 調整がマンゴー ‘アーウィン’ のペースト品質に及ぼす影響

広瀬直人・前田剛希・恩田 聡・伊礼彩夏・島尻庸平¹⁾・菅原晃美²⁾
(沖縄県農業研究センター, ¹⁾沖縄県農業研究センター名護支所, ²⁾九州沖縄農業研究センター)

Naoto HIROSE, Goki MAEDA, Satoshi ONDA, Ayaka IREI, Yohei SHIMAJIRI, Terumi SUGAWARA: Effects of ripening stage and pH control on quality of Mango ‘Irwin’ paste.

要約

‘アーウィン’種のマンゴーを用いたペースト製造において、適切に追熟させた食べ頃の果実を用いると、カロテノイドを多く含有し、色や香りおよび食味に優れたペーストを製造することができた。未追熟の果実を用いると、糖酸比が低く、カロテノイド含有量が少なく、香りも悪くなることから、ペースト製造の原料には適さなかった。また、過熟の果実を用いると、色調は良いが、香りが悪くなった。ペーストを pH4.0 未満に調整することで温和な条件での加熱殺菌が可能となり、アルコール類やアルデヒド類の香気成分を多く含有し、良好な色合いのペーストが製造できたが、糖酸比が低いことから加工用途に適する。

キーワード：マンゴー、アーウィン、ペースト、追熟程度、pH

緒言

マンゴー (*Mangifera indica* L.) は沖縄県を代表する熱帯果実であり、‘アーウィン’種を中心に生産量は 1,931t (2014 年) と、全国 1 位のシェアを誇っている (沖縄県農林水産部, 2017)。収穫された果実のほとんどは生食用と

して出荷されるが、収穫最盛期である 6 月中旬～8 月上旬には台風襲来が多く、船舶あるいは航空輸送の停止によって出荷できなくなる果実が大量に発生する。マンゴーは収穫後の棚持ち期間が短いため (米本, 2011)、特に県内の離島地域において滞貨は大きな問題となる。田尻ら (1996) は完熟果の低温貯蔵が可能であることを報告しているが、国内流通ではマンゴー完熟果の低温流通が一般的でないため、収穫された果実の一部は島内消費に向けられるものの、余剰果実の多くはそのまま冷凍され、冷凍果肉やジュース、お菓子原料用ペースト等の加工用途に用いられる。そこで、これら余剰果実の高付加価値を有する用途開発として高品質のペースト製造に着目し、原料果実の追熟程度とペーストの品質について検討した。また、ペーストの製造において加熱等による殺菌処理は必須であるが、一般に、食品の栄養性や品質の観点から加熱は好都合ではなく、殺菌では最小限の加熱にとどめることが必要である (高野ら, 1998)。食品衛生法では、冷凍果実飲料の加熱殺菌基準として、pH 4.0 未満では中心部を 65℃、10 分間加熱またはこれと同等以上の効果を有する別の殺菌方法、pH 4.0 以上のものでは 85℃、30 分間加熱または別法と定められて

いる（清涼飲料水等の規格基準，昭和34年厚生省告示第370号）。そこで，加熱による品質低下軽減を目的として，ペーストのpHを調整して加熱殺菌条件を穏和にしたペーストの品質について，併せて検討した。

材料及び方法

1. 供試果実

2016年7月12日～20日に沖縄県農業研究センター宮古島支所にて，果皮色に鮮紅色の発色が見られた時点を適期（沖縄県農林水産部，1999）として収穫したマンゴー‘アーウィン’24果（ 418.8 ± 71.5 g，平均値 \pm 標準偏差）を供試した。‘アーウィン’種のマンゴーは成熟期に果皮色が急激に鮮紅色に着色して落果するが，果皮色が完全に着色して落果した完熟果実でも，食べ頃になるまでには数日間の追熟が必要である（米本，2011）。そこで，追熟程度で3試験区を設定し，収穫して追熟させない果実を「未追熟果」， $25.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$ （平均値 \pm 標準偏差）の室内で4日間追熟させて食べ頃に達した果実を「適熟果」，同じく8日間追熟させた果実を「過熟果」とし，それぞれ8果ずつ用いた。

2. ペーストの調製方法

ペクチン質に富むトマト果実のペースト製造には，スクリーン状の外筒とらせん状の移送筒からなるエキスペラー型の搾汁機が常用される（木村，1978）。そこで，卓上スケールでの試験用ペースト調製には，エキスペラー型搾汁機と同じ形式である家庭用低速圧縮搾汁器（EJ-CP10A，シャープ）を用いた。すなわち，果実より可食部のみを切り出して搾汁器で搾汁し，得られた搾汁液と搾汁粕を全量混合したものを試験用ペーストとした。全果実に対する可食部の収率は，未追熟果が53.6%，適熟果が

55.4%，過熟果が52.5%，ペーストの収率は，同じく52.6%，54.0%，50.7%であった。

3. ペーストの殺菌方法

ペーストをガラス製ビーカーに入れて湯浴（RCT basic, IKA）中で加熱し， 85°C で30分間に相当する 91°C で5分間の加熱殺菌（最新・ソフトドリンクス編集委員会，2003）を行った。加熱殺菌したペーストはナイロンポリ袋に充てんして密封し，分析時まで -20°C で冷凍した。pH調整ペーストでは，クエン酸（食品添加物，和光純薬）をpH調整に用いた。加熱殺菌後のpH上昇も考慮して，ペーストのpHを50%クエン酸水溶液でpH3.5に調整し， 65°C で10分間に相当する 79°C で1秒間の加熱殺菌（最新・ソフトドリンクス編集委員会，2003）を行った。加熱殺菌後は通常のペーストと同様にナイロンポリ袋に充てんして密封し， -20°C で冷凍した。冷凍したペーストは 20°C の水浴中で解凍し，各分析に供した。

4. 分析方法

糖度の測定には光屈折式デジタル糖度計（APAL-J，アタゴ），pHの測定にはpH計（B-712，堀場製作所）を用いた。

酸度は藤原ら（2000）の報告を参考に，電気伝導度測定法により測定した。すなわち，蒸留水で100倍に希釈した果汁の電気伝導度を導電率計（B-173，堀場製作所）で測定し，クエン酸酸度として算出した。

生菌数の測定には一般生菌数測定用フィルム状乾燥培地（ペトリフィルムAC，3M）を用いた。滅菌希釈水（栄研）で $\times 10 \sim \times 100$ 倍希釈した試料を培地に1 mL接種し， 35°C で48時間培養して出現したコロニー数を計測した。

ビタミンC（アスコルビン酸）の分析には，

小型反射式光度計 (RQ フレックス Plus, Merck Millipore) とアスコルビン酸試験紙 (リフレクトクェント・アスコルビン酸テスト, Merck Millipore) を用いた。試料を 5% メタリン酸中で 30 秒間×2 回ホモジナイズ処理 (T18, IKA) し, 1,700×g, 10 分間の遠心分離で得られた上清を測定に供した。

色調の測定には分光測色計 (CM-2600d, コニカミノルタ) を用いた。光路長 1 cm のガラスセルにペーストを入れて透過反射光を測定し, L*a*b* 表色系で表示した。

カロテノイドの抽出は, 西場ら (2015) の方法によった。5.0 g のペーストから有機溶媒 (エタノール, ジエチルエーテル/メタノール混液) で連続抽出した後に食塩水を加えて分配洗浄して水溶性物質を除去し, 水酸化カリウム溶液を加えてけん化処理を行った後に食塩水で分配洗浄してアルカリを除去した。溶媒を留去して 10 mL の *t*-ブチルメチルエーテル:メタノール (1:1) に溶解し, フィルターろ過して HPLC 分析に供した。HPLC 分析は Watanabe ら (2014) の方法を参考に, C30 カラムを用いて行った。分析条件を, 次に示す。装置: LC-20AB (島津製作所), カラム: Develosil UG-5 (3.0×250 mm, 野村化学), カラム温度: 30℃, 移動相: A 液 (95% メタノール), B 液 (*t*-ブチルメチルエーテル), A:B = 90:10 (0 分) ~ A:B = 20:80 (30 分) の直線濃度勾配, 流速: 0.4 mL/min, 検出: 多波長検出器 (450 nm), 試料注入量: 10 µL。

香気成分の捕集には PDMS (Polydimethyl Siloxane) 相を有する加熱脱着用吸着剤 (MonoTrap RGPS TD, GL サイエンス) を用い, 非接触で捕集した。ペーストを 1,700×g で 10 分間遠心分離し, 得られた上清 10.0 g を 40 mL 容のバイアルに入れて, 内部標準としてシクロ

ヘキサノール 0.1% 水溶液を 20 µL 添加した。バイアル内に吸着剤を試料に接触しないように中吊り状態で装着して密封し, 50℃ で 1 時間保温して香気成分を捕集した。香気成分を捕集した吸着剤から多機能注入口 (OPTIC-4, ATAS GL international) を用いた加熱脱着法により GC-MS へ試料を導入した。得られたクロマトグラムより質量スペクトルを NIST 11 マススペクトルライブラリ (U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America) および FFNSC 2 香料ライブラリ (Chromaleont S.r.l., Italy) により検索し, 香気成分を同定した。分析条件を, 次に示す。装置: GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所), OPTIC-4 (ATAS GL international), カラム: InertCap Pure WAX ProG 2M (0.25mm×62m, df=0.25 µm, GL サイエンス), 加熱脱着温度: 40℃ → 昇温 6.0℃ /sec → 200℃ (6 min), カラム温度: 40℃ (5 min) → 昇温 6.0℃ /min → 250℃, キャリアガス: ヘリウム (1.0 mL/min), スプリット比: 1:10, 注入口温度: 250℃, イオン源温度: 200℃, イオン化電圧: 70 eV, 測定モード: スキャンモード, 質量範囲: *m/z* 50-600。

官能評価は, ペーストの色や香り (芳香および加熱臭, 追熟程度別の評価では未熟香と過熟香も項目に追加) および味 (甘味および酸味) について, 20~50 歳代の一般成人男女 6 人をパネルとして, 試験区分はパネルに示さず評点法によって嗜好的に 5 段階 (5: 良い/多い ~ 1: 悪い/少ない) で評価した。

分析結果の統計処理には統計ソフト (エクセル統計 2012, 社会情報サービス) を用いた。

結果および考察

1. 原料果実の追熟程度とペーストの品質

生果ペーストを 91℃ で 5 分間の加熱殺菌を

行ったところ、得られた pH 無調整ペーストの生菌数はいずれも検出限界以下となり、十分な殺菌効果が得られたものと判断した (表 1)。一般に野菜に比べて果実に付着する微生物数は少なく、健全な果実の果肉部では未検出あるいは検出限界値 (一般生菌数で $10^{2.4}$ cfu/g) 以下、果皮部でも 10^1 cfu/g 以下である (泉, 2008)。殺菌前の生果ペーストにおける生菌数は 310~930 cfu/mL であったが、これらは原料果実表面の洗浄程度や作業中の微生物汚染に由来すると推察した。追熟させない果実では Brix や pH が低く、酸度が高く、糖酸比が低くなったが、適熟果実と過熟果実には大きな差異は見られなかった。伊東ら (1997) は追熟に伴う果糖やショ

糖の増加とクエン酸の減少を示しており、これらの結果と一致した。一方、'アーウィン' では 25℃ の追熟でビタミン C 含量の減少が報告されている (北尾, 1993) が、今回の試験では追熟程度に伴う変化は観察されなかった (表 1)。91℃ で 5 分間の加熱殺菌によって得られた pH 無調整ペーストも生果ペーストと同様の結果を示し、これらは加熱によって変化しないことが示された。pH 無調整ペーストの色調は、追熟程度が進むにつれて暗くなり (L* 値が低下)、赤色が強くなった (a* 値が上昇) が、黄色 (強くなると b* 値が上昇) には有意な差異が見られなかった。また、カロテノイド類も追熟程度が進むにつれて増加した (図 1)。

表 1. 供試した 'アーウィン' マンゴーペースト。

	生果ペースト (pH無調整・加熱処理なし)			pH無調整ペースト (pH無調整・91℃5分間加熱)			pH調整ペースト (pH調整・79℃1秒間加熱)		
	未追熟	適熟	過熟	未追熟	適熟	過熟	未追熟	適熟	過熟
Brix	13.4	15.0	14.7	14.1	15.5	15.2	14.2	15.4	15.6
pH (1)	4.5	5.2	5.1	4.4	5.2	5.1	3.7	4.0	3.6
ビタミンC	25.5	24.6	26.5	29.0	27.6	28.5	27.0	25.9	26.2
酸度(%)	0.33	0.23	0.23	0.35	0.24	0.25	0.98	0.65	1.25
糖酸比(Brix/酸度)	40.6	65.2	63.9	40.3	64.6	60.8	14.5	23.7	12.5
生菌数(cfu/mL)	930	310	510	nd	nd	nd	nd	nd	nd

※2016年7月12日~20日に宮古島支所にて適期収穫された果実を、試験区毎に8果用いた。未追熟: 適期収穫後に追熟なし、適熟: 適期収穫後に4日間追熟、過熟: 適期収穫後に8日間追熟。
nd: 検出限界以下

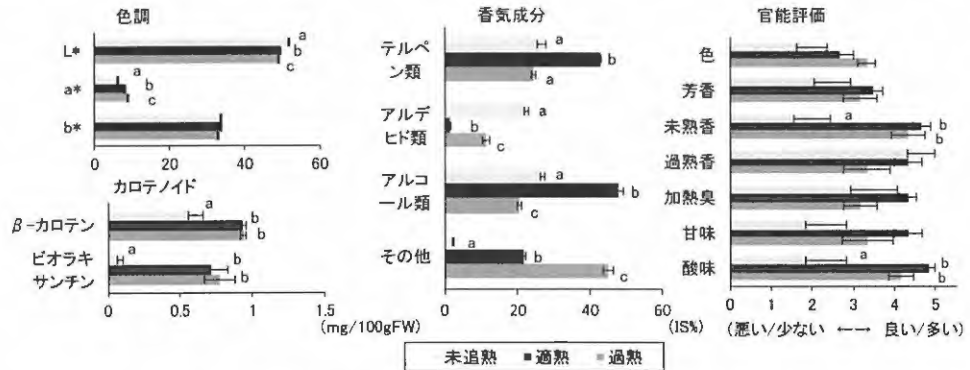


図 1. 原料果実の追熟程度によるマンゴーペースト品質の比較。

平均値±標準誤差 (分析値は $n=3$ 、官能評価は $n=6$) で表し、異符号間で有意差を示した (分析値: Tukey-Kramer, 官能評価: Steel-Dwass, $P<0.01$)。

ウィン’ ではカロテノイド (小川ら, 2005) が成熟とともに増加することが報告されている。また、カロテノイド含量は赤色度を表す a^* 値と高い相関を示す (小林ら, 1977) ことが報告されており、これらの結果と合致した。香氣成分は、テルペン類 7 成分 (3-Carene, β -Pinene, D-Limonene, p -Cymene, Terpinolene, Caryophyllene, α -Humulene), アルデヒド類 14 成分 (2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 4-Nonenal, 2-Nonenal, 2,6-Nonadienal, Pentanal, Hexanal, Heptanal, Nonanal, 2-Octenal, 2,4-Heptadienal, 2-Decenal, 2,4-Nonadienal), アルコール類 6 成分 (1-Hexanol, 3-Hexen-1-ol, 1-Heptanol, 3-Hepten-1-ol, 3-Nonen-1-ol, 3,6-Nonadien-1-ol), その他 6 成分 (ケトン類 2 成分; Acetoin, Car-3-en-2-one, ラクトン類 4 成分; δ -Hexalactone, 5-butylidihydro-2(3*H*)-Furanone, 5-hexylidihydro-2(3*H*)-Furanone, δ -Decalactone) が検出された。このうちテルペン類とアルコール類は適熟で多く、未追熟や過熟で少なくなった。アルデヒド類は逆に適熟で少なかった。また、ケトン類やラクトン類は追熟程度が進むにつれて増加した。官能評価では、追熟程度が進むにつれて色に対する評価が高くなる傾向が観察された。これは、カロテノイド類の増加に伴う a^* 値 (赤色) の上昇が評価に反映されたためと推測された。芳香や甘味では、適熟果のペーストで評価が高くなる傾向にあった。未追熟果のペーストでは酸度が高かったためか、酸味の評価が有意に低くなった。マンゴーのピューレやジャム、ソース加工においては完熟果の利用が適している (弦間, 2000) ことも併せて、加工向け原料には適切に追熟させた食べ頃の果実の利用が適していることが改めて示された。

2. pH 調整処理の有無とペーストの品質

マンゴーペーストの pH は未追熟果実で pH4.5, 適熟および過熟の果実では pH5.1 および pH5.2 と、いずれも pH4.0 以上であり (表 1), 十分な殺菌には 85℃ で 30 分間と同等以上の加熱が必要となる。そこで、マンゴーペーストの pH を、より穏和な条件での加熱殺菌が可能になる pH4.0 以下に調整して加熱殺菌を行った。その結果、79℃ で 1 秒間の加熱で生菌数は検出限界以下となり、十分な殺菌効果が得られた (表 1)。また、加熱殺菌後のペーストの pH は 3.6 ~ 4.0 と、pH4.0 以下の範囲にとどまった。一方、pH 調整にクエン酸を添加したためペーストの酸度は高くなり、糖酸比は適熟果のペーストで 23.7 まで低下した (表 1)。pH 調整処理の有無によるペーストの品質を比較した結果について図 2 に示す。pH 調整ペーストは無調整ペーストに対して色調の b^* 値が有意差は検出されないものの低くなり、カロテノイドのうちピオラキサンチンが有意に低値となった。これは、ピオラキサンチンなどキサントフィル類は酸性条件下で不安定である (山下ら, 2004) ことが要因の一つと推測された。一方、色調の L^* 値や a^* 値では pH 調整処理の有無による差異は見られず、カロテノイドのうち β -カロテンは pH 調整ペーストで高くなり、色の官能評価も pH 調整ペーストが有意に高くなった。カロテノイドは 400~600 nm に極大吸収を持つが、カロテノイドの種類によって色調に及ぼす影響は異なる (廣田ら, 1993; 高市, 2009) ことから、マンゴーペーストの色調に β -カロテンとピオラキサンチンが及ぼす影響については、詳細な検討が必要である。香氣成分では、pH 調整ペーストは無調整ペーストに対してアルデヒド類やアルコール類が有意に高値であった。真部 (1975) は温州ミカンの加熱による異臭生成は

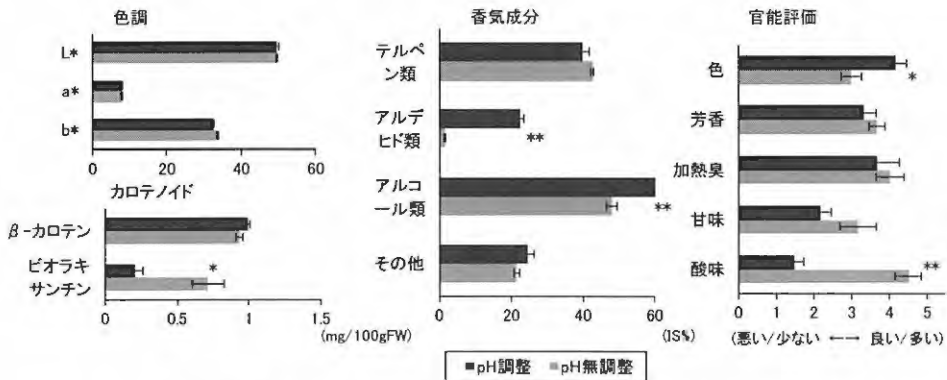


図2. pH調整処理の有無によるマンゴーペースト品質の比較

平均値±標準誤差 (分析値は $n=3$, 官能評価は $n=6$) で表した。

(分析値: Tukey-Kramer, 官能評価: Steel-Dwass; * $P<0.05$, ** $P<0.01$)

pHが高い果汁で多いことを示している。一方、下田ら(1981)は貯蔵臭の生成が低酸度(高pH)の果汁で少ないことを指摘している。pH調整が香り成分に及ぼす影響は、ペーストの貯蔵性も含めて、さらなる検討が必要である。食味については、低い糖酸比を示すpH調整ペーストが無調整ペーストに対して、酸味の評価が有意に低くなった。これらの結果より、pH調整ペーストは香り成分が多く色合いも良いが糖酸比が低いことから、直接食用よりも加工用途等への利用が適する。

謝辞

本研究は、沖縄振興特別推進交付金事業「気候変動対応型果樹農業技術開発事業」において実施した。

Abstract

Good quality (such as containing a lot of carotenoids and excellent in color, aroma and taste) of mango paste was able to produce by using properly matured mango 'Irwin'. When using unripe fruit as raw material for paste production, the sugar-

acid ratio and carotenoid content of paste were low, and flavor of paste became no good. Therefore, unripe fruit was not suitable for raw material for paste production. Also, when using overripe fruit as raw material for paste production, the color of paste was good, but the flavor of paste was not good. By adjusting the pH of the paste to less than 4.0, heat sterilization under mild conditions became possible, and a paste excellent in color could be obtained. Also, pH adjusted paste was rich in volatile compounds (alcohols and aldehydes). Because pH controlled paste shows low sugar-acid ratio, it is suitable for food processing materials.

引用文献

- 藤原孝之・磯崎真英・小西信幸・坂倉元 2000. 電気伝導度法によるトマトおよびイチゴ果汁の遊離有機酸濃度の測定. 日食科工誌 47: 227-232.
- 弦間洋 2000. マンゴー. 食品加工総覧第11巻. 農山漁村文化協会, 東京. pp. 541-547.
- 廣田才之・近雅代 1993. 野菜・果実のカロチノイド. 栄養誌 51: 293-316.

- 伊東卓爾・佐々木勝昭・吉田保治 1997. ハウス栽培マンゴー 'Irwin' 果実の発育および追熟中における呼吸量, 糖質および有機酸含量の変化. 園学雑 66 : 629-635.
- 泉秀実 2008. 青果物およびカット青果物の微生物学的安全性に関する研究. 日食保蔵誌 34 : 85-95.
- 木村進 1978. トマトジュースの製造. 果汁・果実飲料事典. 日本果汁協会, 東京. pp. 290-294.
- 北尾次郎 1993. マンゴー果実の品質 (II). 日食低温保蔵誌 19 : 196-210.
- 小林邦彦・長尾和夫・芥田三郎 1977. 成熟過程における早生温州みかん果皮のカロチノイド色素の変動と色調との関係. 日食工誌 24 : 357-361.
- 真部孝明 1975. 温州ミカン果汁の加熱に伴う低沸点成分の変化と異臭生成との関連について. 日食工誌 22 : 337-342.
- 西場洋一・竹内誠人・諸見里知絵・菅原晃美・正田守幸・玉城聡 2015. 沖縄県産パインアップルに含まれるカロテノイドの測定. 九農研要旨集 78 : 204.
- 小川一紀・深町浩・加藤秀憲 2005. 施設栽培された国内産マンゴー 'Irwin' の主要カロテノイド含量の評価. 園学雑 74 : 414-416.
- 沖縄県農林水産部 1999. マンゴー. 果樹栽培要領. pp153-170.
- 沖縄県農林水産部 2017. 沖縄の農林水産業. p.25.
- 最新・ソフトドリンク編集委員会 2003. 殺菌条件の設定. 最新・ソフトドリンク. 光琳, 東京. p. 1051.
- 下田満哉・箆島豊 1981. 温州ミカンの貯蔵臭に関する研究 (第4報). 農化誌 55 : 491-493.
- 田尻貴己・秋永孝義・川崎聖司・國府田佳弘 1996. 沖縄県産マンゴー (アーウィン) の完熟果と緑熟果の最適貯蔵温度. 農業施設 27 : 65-70.
- 高市真一 2009. カロテノイドの分析. 低温科学 67 : 347-353.
- 高野光男・横山理雄 1998. 食品の熱殺菌. 食品の殺菌. 幸書房, 東京. pp. 37-48.
- Watanabe, M. and J. Ayugase 2014. Effect of low temperature on flavonoids, oxygen radical absorbance capacity values and major components of winter sweet spinach (*Spinacia oleracea* L.). J. Sci. Food Agric. 95: 2095-2104.
- 山下友香・大田忠親・西山一朗 2004. キウイフルーツ果実に含まれるクロロフィルおよびカロテノイドの高速液体クロマトグラフィーによる同時分析. 駒女短大紀要 37 : 73-78.
- 米本仁巳 2011. 我が国における熱帯・亜熱帯果樹栽培研究の現状と方向. 熱帯農業研究 4 : 1-21.