

マンゴーの品質評価法の検討と品質の産地別比較

武曾(矢羽田)歩¹⁾ 山本久美²⁾ 船越淳子²⁾
折田綾音³⁾ 太田英明¹⁾

Evaluation Method for the Quality of Mango Fruits (*Mangifera indica* L.).

Ayumi Musou-Yahada¹⁾ Kumi Yamamoto²⁾ Atsuko Funakoshi²⁾
Ayane Orita³⁾ Hideaki Ohta¹⁾
(2015年11月27日受理)

緒言

マンゴー (*Mangifera indica* L.) は、ウルシ科マンゴー属の常緑高木である。原産国は北インドやマレー半島とされており、4000年以上も前から栽培が行われている。現在の主要生産国はインド、メキシコ、中国、タイなどである。果実収穫時期は産地によりかなり異なり、北半球では4月から8月、南半球では9月から12月の間で、収穫最盛期間は約4～6週間程度である。果実は多肉質の核果で、形状、大きさなどに品種間差異が大きく、果形は扁平な卵形、長楕円形などで、果長は4～25cm、果径は1.5～10cm、果皮色は黄、赤、緑色系とさまざまであり、1果に1個の扁平紡錘形の種子がある¹⁾。

日本へは明治半ばに東南アジアから導入され、鹿児島奄美大島以南で露地栽培されていたが、開花時期および結果時期の雨や季節風の影響により生産はわずかであった²⁾。近年、わが国においてはハウス栽培が行われるとともに、研究機関および生産者の努力で輸入マンゴーをはるかにしのぐ良質な果実が生産されるようになった。2012年の日本でのマンゴーの栽培面積は約443ha、収穫量は約2,881tであった。年間収穫量は沖縄県が42%、宮崎県が39%、鹿児島県が13%を占める³⁾。現在、マンゴーの品種は約1,000種類以上あるといわれている。主な栽培品種はアーウィン種、ケイト種、ケンジントンプライド種、カラバオ種、ナンドクマイ種、アルフォンソ種、ケサー種などであり⁴⁾、国内では主にアーウィン種が栽培されている。本品種は熟するとリンゴのように真っ赤になることから、アップルマンゴーという名称で販売されていることが多い。アップルマンゴーの定義は定められておらず、外国産のヘイデン

種、ケント種などは外観が類似していることから、アップルマンゴーとして販売されている。

マンゴーの栽培適温は20～30℃程度であるため、これまででは、沖縄県や九州南部地域での生産がほとんどであった。ハウス栽培の技術の向上により最近では、東海地方以南の温帯や暖温帯においても栽培され品質が評価されている⁵⁾。国内での生産はほぼアーウィン種であるが、この品種は痛みやすいことから貯蔵期間が短く、長期間の輸送には不向きであるため、ほとんどが日本と台湾で生産されている⁶⁾。それゆえ、国内産マンゴーに対する従来の研究では主として貯蔵法や流通の方法に関する報告であり、食味特性についての研究はあまり見当たらない⁷⁻¹¹⁾。実際、市場にはさまざまな産地や品種のマンゴーが出回っており、それぞれ特性が異なっている。そこで本研究では、各産地のマンゴーの食味特性を明らかにすることを目的として、一般成分分析および官能評価を行いマンゴーの特性を評価するための指標を検討したので報告する。

実験方法

1. 試料

マンゴーは、沖縄県の名護産と宮古島産、宮崎県産(宮崎産)の3つの産地のアップルマンゴー(アーウィン種)および、対照として輸入マンゴーの中で最も国内消費が多いメキシコ産のアップルマンゴーを用いた。沖縄産は沖縄県農業研究センターの名護支所および宮古島支所で適期に収穫された果実を用いた。また、宮崎産とメキシコ産は南国フルーツ株式会社より完熟製品を入手した。一般成分分析および官能評価には、マンゴー果実を3等分して得られる、果梗部、赤道部および果頂部

のうち、赤道部の果皮の約3mm内側から内果皮に至るまでの果肉を2cm角に切断して用いた。試料液の調製は、2.0gの果肉に8mlの80%エタノールまたは超純水を添加し、ホモジナイザーで30秒間磨砕し、遠心分離(3000rpm, 10分間)を行い、上澄み液を回収した。これを3回繰り返し25mlに定容した。80%エタノールで抽出したものを80%エタノール抽出液、超純水で抽出したものを水抽出液とした。

2. 一般成分分析

1) 糖度の測定

2cm角に切断した果肉をファイバーミキサー(National製MX-X103-D)を用いて30秒間攪拌し、デジタル糖度計(アタゴ社製PAL-1)を用いて可溶性固形分(°Brix)を測定した。

2) 糖含量の測定

糖含量の測定は、既報の方法¹²⁾を改変して行った。すなわち、80%エタノール抽出液を窒素ガスで乾固後、75%アセトニトリルで再度溶解させたものをHPLCに供した。測定はLC-20ADvpシリーズ(島津製作所製)を用い、次の条件で行った。カラム, Shodex Asahipak NH2P-50 4E(φ4.6×250mm, 5μm); カラム温度, 40℃; 検出器, 示差屈折計(Refractive Index: RI); 流速, 1.0ml/min; 移動相, 75%アセトニトリル。試料溶液中の糖の同定は標準溶液(フルクトース, 7.2min; グルコース, 9.1min; スクロース, 12.5min)の保持時間との照合で行った。また、糖の定量は標準溶液とのピーク面積の比較によって行った。標準溶液は、フルクトース, グルコースおよびスクロース(いずれも和光純薬製, 特級試薬)を同量ずつ混合し、75%アセトニトリルで定容して作製した。

3) 酸度の測定

水抽出液の導電率(mS/cm)をセブンイージー導電率計(メトラー・トレド株式会社製)で測定し、クエン酸濃度に換算した。

4) 有機酸含量の測定

有機酸含量の測定は、既報¹²⁾を改変して行った。すなわち、水抽出液を分析に供し、分析装置はイオンクロマトグラフDX-500(ダイオネクス社製)を用い、次の条件で行った。分離カラム, IonPacAS11-HC(φ4mm×250mm); ガードカラム, IonPacAG11-HC(φ4mm×50mm); サプレッサ, ASRS-ULTRA II(リサイクルモード, 232mA); 溶離液A(純水), 溶離液B(0.1M NaOH); 流速, 1.5ml/min; 検出器, 電気伝導度検出器; カラム温度, 35℃。グラジエント方式, 溶離液B濃度, 1%(0~8min)→25%(8~28min)→60%(28~38min)。試料溶液中のリンゴ酸およびクエン酸の同定には標準溶液(20mg/L)の保持時間(リンゴ

酸: 18.8min, クエン酸: 32.0min)との合致で行い、定量は標準溶液とのピーク面積の比較で行った。リンゴ酸およびクエン酸の標準溶液は(20mg/L, 標準品(いずれも和光純薬製, 特級試薬))を超純水で溶解して調製した。

5) アスコルビン酸含量の測定

80%エタノール抽出液中の総アスコルビン酸含量および還元型アスコルビン酸含量はHPLCにより測定した。分析は, LC-10ADvpシリーズ(島津製作所製)を用い、次の条件で行った。カラム, Lichrospher 100 RP-18(φ4.0×250mm, 5μm); カラム温度, 40℃; 検出器, UV-VIS 検出器(SPD-10AV); 流速, 0.76ml/min; 検出波長, 243nm; 移動相, 0.2%メタリン酸水溶液。アスコルビン酸標準液はアスコルビン酸の標準品(和光純薬製, 特級試薬)を2%メタリン酸にて溶解し, 0.1mg/mlに調製した。

6) 総ポリフェノール含量の測定

フォーリン-チオカルト法¹³⁾を用いて分析した。80%エタノール抽出液1.0mlに10%フェノール試薬5.0mlを添加後, 8分間室温で放置し, 7.5%炭酸ナトリウム溶液4.0mlを添加し60分間反応後, 765nmの吸光度を測定した。測定結果は, 没食子酸相当量(mg-GAE/100 ml)として算出した。

7) 色調の測定

測色色差計color meter ZE6000(日本電色工業株式会社製)を用いて、反射式によるL*値(明度), a*値(+赤色度, -緑色度), およびb*値(+黄色度, -青色度)を求めた。

8) 物性の測定

かたさ応力(N/m²), 付着性(J/m³), 破断エネルギー(J/m³)について卓上型物性測定器TPU-2C(株式会社山電製)を用い測定した。測定は, プランジャー, くさび型(W13×30°先端1mm幅平面くさび); 測定速度, 1mm/sec; 歪率, 99%; 温度, 25±2℃の条件で行った。なお, 果肉は2cm角に切断したものを種子側から測定した。

3. 官能評価

パネルメンバーとして, 本学学生42名(平均年齢22.5歳)の協力を得た。色調(赤味の強さ), 香り(青臭さ, 甘い香り), 甘味, 酸味, なめらかさ, 果汁の量, 味の濃さ, 総合評価の9項目について, 普通を0とする±3点の7段階尺度法で評価した^{14, 15)}。なお, 試料提供量は, 1試料当たり, 果肉2cm角の2個分とした。

4. 統計処理

分析結果は, Excel統計2012を用いて一元配置分散分析法によって解析した。その後の検定はTukey法を用い, $p<0.05$ で有意差ありとした。また, 各成分値と官

能評価結果について Pearson の相関係数を求めた。

結 果

1) 一般成分分析

糖度においては名護産が16.52°Brix と一番高く、続いてメキシコ産、宮崎産の順であった。宮古島産は14.40°Brix と一番低く、同じ沖縄県の名護産との間には2.12°Brix の差がみられた (図1)。

糖含量の分析結果を図2に示す。フルクトース含量は、名護産が2.95g/100g と一番多く、続いて宮古島産、宮崎産の順であった。メキシコ産は2.44g/100g と一番少なく、名護産とメキシコ産との間には0.51g/100g の差が認められた。グルコース含量は、メキシコ産が0.62g/100g と一番多く、続いて宮崎産、宮古島産の順であった。名護産は0.15g/100g と一番少なく、メキシコ産と名護産との間には0.47g/100g の差が認められた。メキシコ産と名護産・宮崎産との間およびメキシコ産と宮古島産との間に有意差 ($p<0.05$) がみられた。一方、名護産、宮古島産、宮崎産の間には有意差が認められなかった。また、スクロース含量は、宮崎産が7.25g/100g と一番多く、続いて名護産、メキシコ産の順で

あった。宮古島産は4.54g/100g と一番少なく、宮崎産と宮古島産との間には2.71g/100g の差が存在した。スクロース含量は、宮古島産と宮崎産との間および宮古島産と名護産・メキシコ産との間に有意差 ($p<0.05$) が認められたが、名護産、宮崎産、メキシコ産の間には有意な差がみられなかった。

酸度においては、名護産は他の試料に比べ高い値を示し、メキシコ産は他の試料に比べ低い値を示した。名護産と宮古島産・メキシコ産との間、宮崎産と名護産・メキシコ産との間に有意差 ($p<0.05$) が確認された (図3)。

有機酸含量の分析結果を図4に示す。リンゴ酸含量は、メキシコ産が他の試料に比べ高い値を示し、宮古島産は他の試料に比べ低い値を示した。クエン酸含量を産地別に見ると、名護産は他の試料に比べ高い値を示し、宮崎産は他の試料に比べ低い値を示した。クエン酸含量は、名護産と宮崎産との間に有意差 ($p<0.05$) が認められたが、その他の産地間では有意差はみられなかった。

総アスコルビン酸含量を産地別に見ると、名護産は他の試料に比べ高い値を示し、一方、メキシコ産は他の試料に比べ低い値を示した。なおアスコルビン酸のほとん

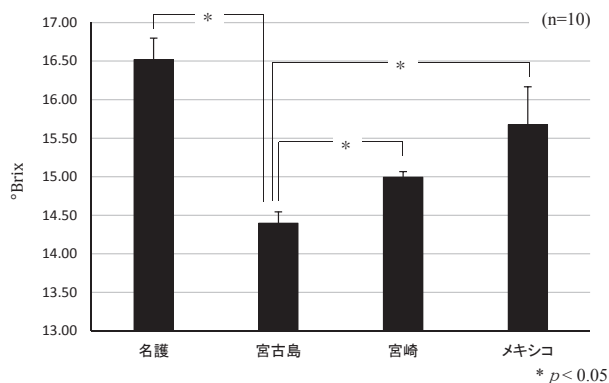


図1 マンゴー糖度の産地別比較

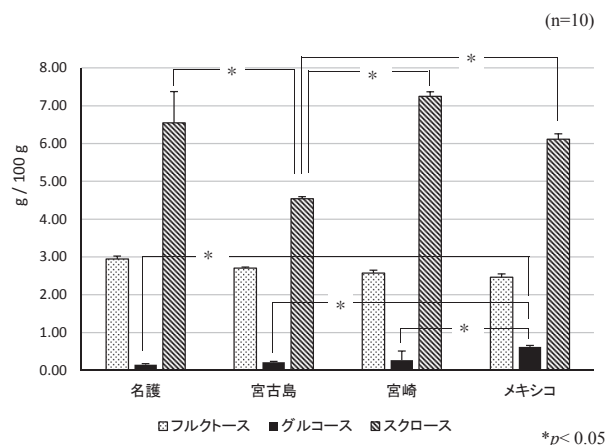


図2 マンゴー糖含量の産地別比較

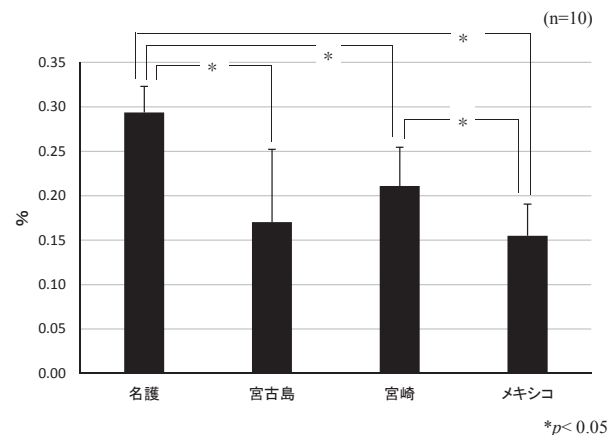


図3 マンゴー酸度の産地別比較

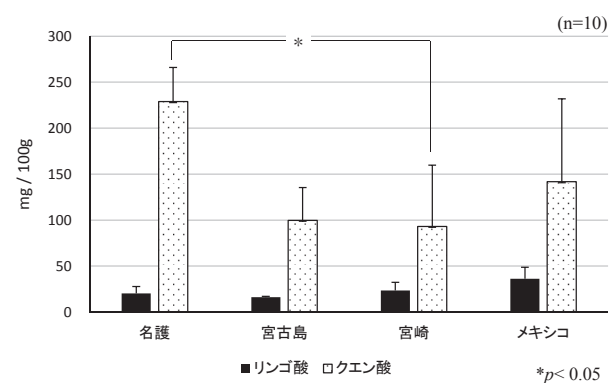


図4 マンゴー有機酸含量の産地別比較

どが還元型アスコルビン酸であり、酸化型アスコルビン酸は検出されなかった(図5)。

総ポリフェノール含量は、宮崎産の35.96mg-GAE/100gが最も高く、次いで、宮古島産が31.96mg-GAE/100g、メキシコ産が20.96mg-GAE/100gとなり、名護産の19.98mg-GAE/100gが最も低い結果となった(図6)。宮崎産とメキシコ産との間および名護産と宮崎産との間に有意差($p<0.05$)が認められた。

L*値はメキシコ産が最も高い値を示し、次いで、宮古島産、宮崎産、名護産の順であった。名護産とメキシコ産との間に有意差($p<0.05$)がみられたが、その他の産地間では有意差はなかった。また、a*値は名護産が最も高値であった。b*値は宮崎産が最も高い値を示し、メキシコ産が最も低値であった(図7)。

かたさ応力はメキシコ産が最も高値であり、次いで、宮古島産、名護産、宮崎産の順であった。破断エネルギーはメキシコ産が最も高値であり、次いで、宮古島産、名護産、宮崎産であった。付着性においてもメキシコ産が最も高値であり、次いで、宮古島産、名護産となり、宮崎産が最も低い結果となった(図8)。

2) 官能評価

なめらかさ以外のすべての項目で、メキシコ産と国産(名護産、宮古島産、宮崎産)のマンゴー間に有意差

($p<0.05$)が認められた。国産間では、色調の項目で宮崎産が宮古島産より有意に赤く、甘い香りの項目では宮崎産が名護産より有意に甘い香りが強いことが示された(図9)。

総合評価の結果より、国産マンゴーの評価が高く、国産間ではそれほど大きな差はなかったが中でも宮崎産のものの評価が高い傾向にあった。

考 察

本研究では、各産地のマンゴーの食味特性を明らかにすることを目的として、一般成分分析と官能評価を行い、マンゴーの特性を評価するための指標を検討した。

マンゴーの一般成分を分析した結果のうち、特徴的な分析項目を用い、産地別のレーダーチャートを作成した(図10)。その結果、宮古島産と宮崎産は類似したパターンを示したため、比較的似た食味特性をもつことが推察された。国産のマンゴーはおおむねグルコース含量が低く、官能評価により赤みの強さ、甘い香り、甘味、果汁の量、味の濃さの項目の評価が高いことが示唆された。中でも名護産は国産の中でも酸度とクエン酸含量が高いことが示された。沖縄産同士より宮古島産と宮崎産に近い理由のひとつとして栽培方法の違いが考えられ

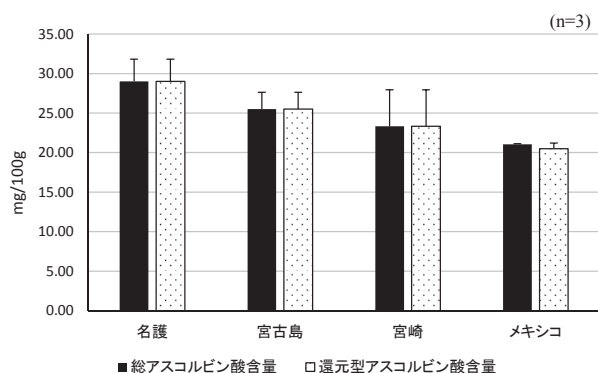


図5 マンゴーアスコルビン酸含量の産地別比較

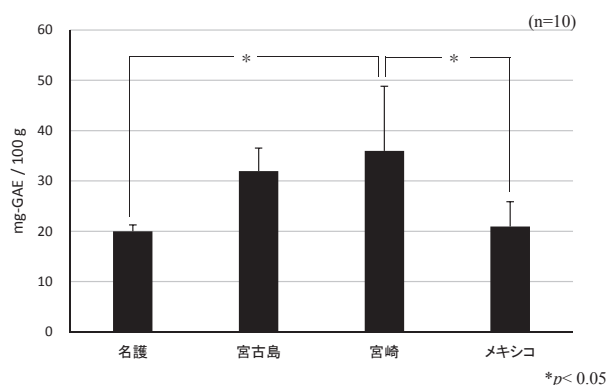


図6 マンゴー総ポリフェノール含量の産地別比較

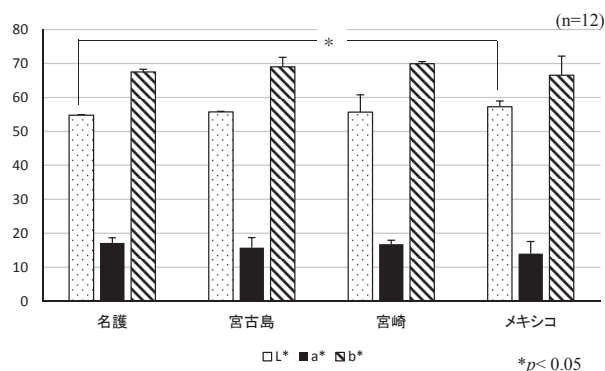


図7 マンゴーのL*, a*, b*値の産地別比較

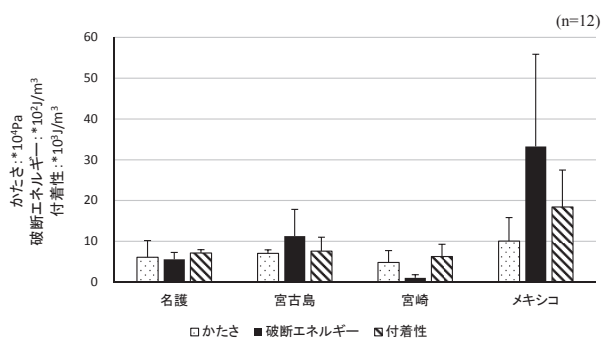


図8 マンゴーの物性の産地別比較

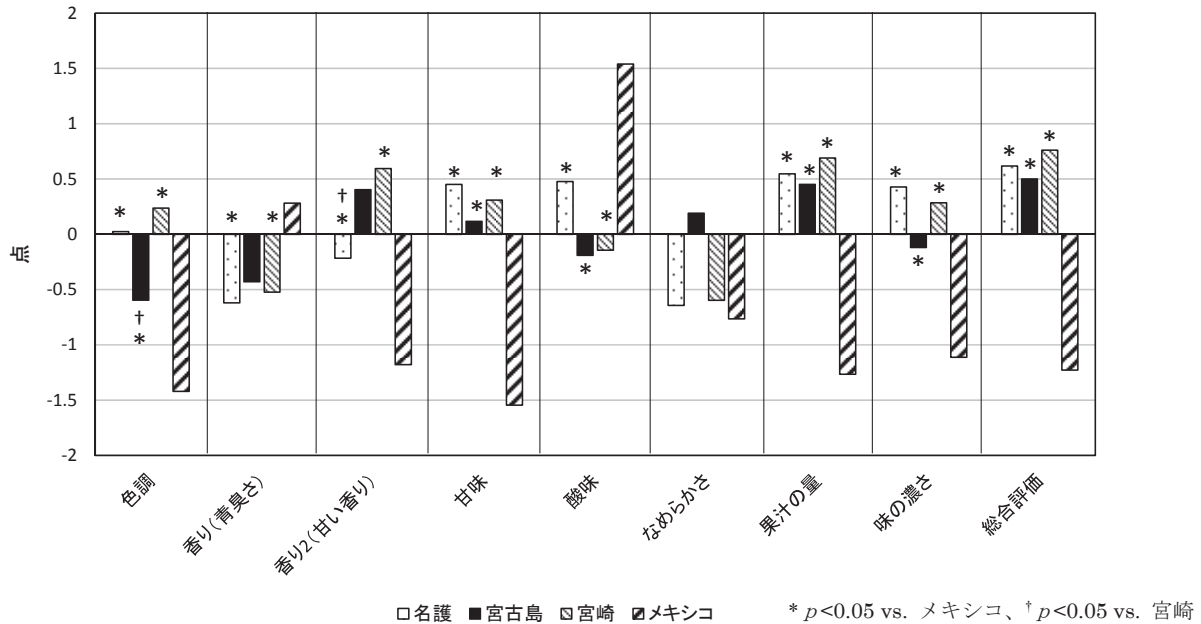


図9 マンゴー官能評価の産地別比較

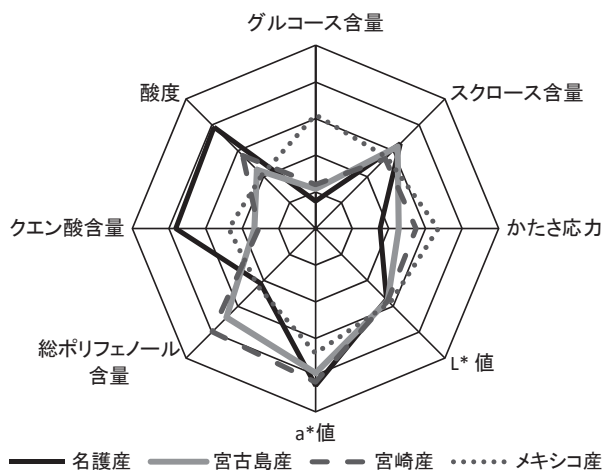


図10 マンゴー成分の分析項目のレーダーチャート

る。宮崎産は栽培時にハウス内を加温して栽培されているが、気温の高い沖縄においては無加温栽培をする場合もある。本研究で用いたマンゴーにおいては、宮古島産は加温栽培、名護産は無加温栽培であった可能性が考えられる。この点については、今後の検討課題である。一方、メキシコ産マンゴーはグルコース含量が高く、赤み、酸度が低く、かたさ応力が高いことが明らかになった。メキシコ産のマンゴーのグルコース含量が高かった要因として収穫時期の差が考えられる。国内産のマンゴーは輸送距離が短いため完熟状態で収穫されるが、メキシコ産のマンゴーは輸送時間を考慮し未熟果のうちに収穫される。果実は、通常熟成の過程でグルコースが減少しスクロースが増加することから¹⁶⁾、メキシコ産マンゴーのグルコース含量が高かったことが推察された。また、一般成分分析と官能評価の結果の相関を求め

ると、 L^* 、 a^* 、 b^* 値、グルコース含量と官能評価の項目の間で高い相関がみられた(表1)。特に、官能評価の総合評価の項目において a^* 値は正の相関、グルコース含量は負の相関がみられた。反対に、糖度、スクロース含量、クエン酸含量と官能評価の項目の間の相関は低かった。

以上の結果より、マンゴーは赤みが強く、グルコース含量が低いものが好まれる傾向にあることが推察されたため、マンゴーを評価する指標のひとつとして、 a^* 値およびグルコース含量の測定が有用であると考えられた。

要 約

各産地のマンゴーの食味特性を明らかにすることを目的として、一般成分分析と官能評価を行い比較した結果、以下のことが示された。

沖縄の名護産の食味特性は、酸度、クエン酸含量が多く酸味が強いことが示された。宮古島産は、繊維が少なくなめらかな食味であり、分析値は平均的で宮崎産のものに類似しているが味が薄い傾向にあることがみられた。また、宮崎産は総ポリフェノール含量が多く、官能評価では評点が高い傾向が示された。メキシコ産はグルコース含量が多く、赤みが弱く、かたい食味特性が示された。

以上より、供試したマンゴーの間でメキシコ産より国産の方が好まれ、宮古島産と宮崎産は食味特性が比較的類似していることが示唆されるとともに、マンゴーを評価するには a^* 値およびグルコース含量の測定が品質評

表1 マンゴーの一般成分分析と官能評価結果との相関性

	色調	青臭さ	甘い香り	甘味	酸味	なめらかさ	果汁の量	味の濃さ	総合評価
糖度	0.062	0.020	-0.552	-0.068	0.552	-0.739	-0.185	0.091	-0.178
フルクトース含量	0.626	-0.802	0.354	0.777	-0.424	0.185	0.690	0.787	0.692
グルコース含量	-0.870	0.992*	-0.817	-0.992*	0.851	-0.423	-0.975*	-0.959*	-0.974*
スクロース含量	0.477	-0.130	-0.016	0.111	0.128	-0.840	0.098	0.293	0.106
酸度	0.717	-0.708	0.208	0.673	-0.219	-0.294	0.580	0.778	0.586
リンゴ酸含量	-0.669	0.890	-0.824	-0.901	0.888	-0.712	-0.901	-0.801	-0.897
クエン酸含量	0.099	-0.154	-0.431	0.107	0.385	-0.442	-0.024	0.215	-0.019
総ポリフェノール含量	0.467	-0.396	0.837	0.438	-0.784	0.453	0.552	0.358	0.549
L*値	-0.867	0.971*	-0.670	-0.959*	0.705	-0.245	-0.914	-0.963*	-0.915
a*値	0.968*	-0.980*	0.756	0.973*	-0.756	0.136	0.950	0.999*	0.952*
b*値	0.752	-0.738	0.985*	0.768	-0.956*	0.490	0.846	0.702	0.844
かたさ応力	-0.641	0.852	-0.481	-0.835	0.558	-0.357	-0.765	-0.811	-0.765
破断エネルギー	-0.559	0.809	-0.813	-0.825	0.884	-0.817	-0.837	-0.698	-0.832
付着性	-0.646	0.614	-0.947	-0.650	0.910	-0.499	-0.744	-0.574	-0.742

* $p < 0.05$

価に有用であると推察された。

文 献

- 1) 日本果汁協会監修. 最新・果汁果実飲料事典. 朝倉書店. 1997, 179-181.
- 2) 伊藝安正. 沖縄におけるマンゴー栽培の現状と課題. 沖縄農業, 1994, 29 (1), 16-25.
- 3) 農林水産省統計, 特産果樹生産動態等調査2012.
- 4) Kansci, G.; Koubala, B. B.; and Mbome, I. L. Biochemical and physicochemical properties of four mango varieties and some quality characteristics of their jams. *J. Food Processing and Preservation*, 2008, 32(4), 644-655.
- 5) Crane, J. H.; Salazar-Garcia, S.; Lin, T. S.; de Queiroz Pinto, A. C.; Shu, Z. H. 13 Crop Production: Management. The mango, botany, production and uses. *CAB International, Wallingford*, 2009, 2, 432-483.
- 6) 米本仁巳; 樋口浩和. わが国のハウス栽培に適したマンゴー (*Mangifera indica* L.) 品種の選抜. 熱帯農業, 2003, 47 (2), 142-148.
- 7) 広瀬直人; 前田剛希; 宮城聡子; 照屋亮; 大城良計. 宮古島産マンゴーの船舶・航空複合輸送試験. 沖縄県農業研究センター研究報告, 2011, 5, 32-38.
- 8) 佐々木勝昭. 施設栽培における‘アーウィン’マンゴー果実の生産と品質向上技術に関する研究. 近畿大学学位論文, 2002.
- 9) 上田茂登子; 佐々木勝昭; 宇都宮直樹; 稲葉和功; 嶋林幸英. ハウス栽培完熟マンゴー (*mangifera indica* L.) 果実の色調, 果肉硬度, 呼吸量および主要成分におよぼす貯蔵の影響. 日本食品科学工学会誌, 1999, 46 (1), 16-23.
- 10) 上田茂登子; 佐々木勝昭; 宇都宮直樹; 稲葉和功; 嶋林幸英. ハウス栽培アーウィン種マンゴー果実の諸性質に及ぼす貯蔵温度と期間の影響. 日本食品科学工学会誌, 2001, 48 (5), 349-355.
- 11) Hossain, M. A.; Rana, M. M.; Kimura, Y.; Roslan, H. A. Changes in biochemical characteristics and activities of ripening associated enzymes in mango fruit during the storage at different temperatures. *BioMed research international*, 2014, 2014, 1-11.
- 12) 吉元あや美; 矢羽田歩; 山本健太; 佐々木久美; 船越(吉田)淳子; 太田英明. 濃縮オレンジ・リンゴ果汁の品質調査ー有機酸および糖含量ー. 中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要, 2013, 45, 183-193.
- 13) 沖智之. 食品機能性評価マニュアル集第Ⅲ集, 「総ポリフェノールの定量法」. 食品機能性評価支援センター技術普及資料等検討委員会編, 日本食品科学工学会, 2009, 1-7.
- 14) 日本フードスペシャリスト協会編. 食品の官能評価・鑑別演習. 建帛社, 2014, 22-29.
- 15) 古川秀子. おいしさを測るー食品官能検査の実際ー. 幸書房, 1994, 2-3.
- 16) 伊藤三郎編. 果実の科学. 朝倉書店, 1991, 162-164.