高地栽培バナナの風味に係る成分の特性

鈴野弘子[§], 石田 裕

東京農業大学短期大学部

Characteristics of Components Associated with the Flavor and Taste of Bananas Cultivated in High-altitude Region

Hiroko Suzuno[§] and Hiroshi Ishida

Department of nutrition, Junior College of Tokyo University of Agriculture,
1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya, Tokyo 156-8502

This study was performed to clarify the component characteristics of bananas cultivated in a high-altitude region. After bananas cultivated in the 3 different altitude (high : 1000 m, middle : 500 m, low : 0-20 m) were ripened at 20°C, chemical components associated with flavor and taste were compared at 3 ripening stages. Water contents of bananas cultivated in the high- and middle-altitude regions were lower than those in the low-altitude region. Starch contents of the bananas in the high-altitude region were the lowest among those in the 3 regions at a respective full-ripe stage. Sugar contents, sugar/acid ratio and isoamyl-acetate contents of bananas in the high- and middle-altitude regions rapidly increased until the optimum edible stage from early ripe stage, comparing with those of bananas in the low-altitude region. Particularly, the marked increases of sugar/acid ratio and isoamyl-acetate contents of the high-altitude region bananas were observed as compared with those of the other 2 regions. From these results, it was found that sweetness and flavor of bananas in the high-altitude region are stronger at the optimum edible condition than those of normal bananas in the low-altitude region. (Received Sep. 21, 2004 ; Accepted Jul. 18, 2005)

バナナは人類最古の栽培作物の一つであり、原産地はインドとマレー半島付近とされている¹⁾。バナナの栽培は、高温、多湿地帯が適しており、オーストラリアとイスラエルを除く、南北の緯度 30°以内に位置するバナナベルト地帯と呼ばれている地域で生産されている。

2000 年の日本貿易月報²⁾によると、日本の輸入果物の第 1 位（重量ベースで全体の 75%）がバナナである。

また、バナナは近年の健康志向の高まりから、含有される機能性成分が注目されている。前田ら³⁾、山崎ら⁴⁾は、バナナには白血球などの免疫系を活性化させる働きが強いことを報告し、がん予防に有効であることを示唆している。

このような背景のもと、近年、従来の低地栽培とは異なる標高の高い土地で栽培されたフィリピン産のバナナが市場に出回るようになった。このバナナは従来の低地栽培バナナより栽培コストが高いため、価格は 2~3 割高いが、風味が良いなどの理由から高級バナナとして消費者に受け入れられ、現在ではバナナ輸入量全体の約 3 割に達している。高地栽培バナナは、熱帯高地性気候と火山灰土壌の水はけのよい傾斜地を利用して栽培されているために生育期

間が長く、身のしっかりしまった甘味の強いバナナになるのが特徴といわれている。この高地栽培バナナに関する研究は、臨床試験において血糖値の降下や血清 LDL の過酸化抑制⁵⁾、また中性脂肪および LDL コレステロールが顕著に低下することが報告されている⁶⁾。しかし、甘味が強い、風味が良いなどの評価は生産者や消費者の感覚的なものであり、科学的に検討した報告はみられない。

そこで本研究では、標高の異なる土地で栽培された 3 種類のバナナの風味に係る成分を比較検討し、高地栽培バナナの風味の良さを成分の面から明らかにしたので報告する。

実 験 方 法

1. 試 料

試料は、フィリピン、ミンダナオ島アボ山中腹の標高 1000 m 付近の傾斜地（以下高地）、標高 500 m 付近の傾斜地（以下中地）および標高 0-20 m 付近の平地（以下低地）で栽培されたグラネイン種のバナナを用いた。高地、中地の栽培土壌は火山灰、低地は黒ぼく土であった。それぞれのバナナは 3 月に緑熟状態で輸入され、差圧式加工室でエチレン処理された。これを 20°C で一定期間保存して追熟させ、熟度を表すバナナ果皮のカラーチャートを用いて、熟

〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

[§] 連絡先 (Corresponding author), suzuno@nodai.ac.jp

度を決定し、成分分析に用いた。なお、入手時のカラーチャート No. は 3 であった。熟度の分別は、ステージ 1 を No. 3 (ハーフグリーン) と No. 4 (ハーフイエロー)、ステージ 2 を No. 5 (グリーンチップ) と No. 6 (フルイエロー)、ステージ 3 を No. 7 (スター) と No. 8 (ダッフル) の 3 群とした。一般に No. 3 は遠距離へ出荷する場合の加工室から出す目安、No. 4 は近距離に出荷する場合の加工室から出す目安、No. 5 は店頭に並べられる目安、No. 6 は食べ頃の目安、No. 7 は最もおいしい時期の目安および No. 8 はおいしく食べられる最後の目安とされている。

サンプリングは、一般的な食品分析に用いられる方法に準じて行った⁷⁾。すなわち、1 房の果実 2 本から 4 分割した対角線の向かい側の果肉を集めて、サンプル 2 本をつくった。この操作を 3 房で行った。さらに、これらのサンプリングは 3 地域および 3 つの熟度別で行った。

分析はそれぞれのサンプルで行い、サンプル 2 本のデータを平均し 1 房のデータとし、同一ステージの 3 房について平均値を求めた。

2. 栽培地の気温観察

2001 年における各栽培地の最高と最低の温度を毎日測定し、月ごとに平均値を算出した。

3. 一般成分の測定

バナナ果肉の一般成分の分析は、五訂日本食品標準成分表⁸⁾に準じて行った。すなわち、水分は減圧加熱乾燥法、たんばく質は改良ケルダール法によって定量した窒素量にたんばく質換算係数 6.25 を乗じて算出、脂質は酸分解法および灰分は直接灰化法で測定した。なお、炭水化物は差し引き法で求めた。

4. デンプン含有量の測定

細切したバナナ果肉に 80% の温アルコールを加えてホモジナイズし、その後遠心分離をして上澄液を除去した。これを 2 回繰り返し、得られた沈殿物に 2.5% 塩酸を加え、沸水中で 2.5 時間加水分解した。冷却後水酸化ナトリウムで中和し、ろ液中のグルコース含有量をソモギーネルソン法⁹⁾によって定量し、0.9 を乗じてデンプン含有量とした。

5. 糖組成

バナナ果肉に水を加えてホモジナイズした溶液を遠心分離し、その上澄液を定容した。その一部を凍結乾燥し、ピリジンを加えて溶解したのち、ヘキサメチルジシラザン、クロロトリメチルシランを加えて 60~70℃ で 15 分加温してシリル化した。これを冷却後、ヘキサンと水を加えて遠心分離を行い、得られた上澄液を集め、硫酸ナトリウムで脱水後定容し、以下の条件でガスクロマトグラフによる分析を行い、糖を測定した。

機器：Shimadzu GC-14B (FID)、カラム：3% SE30 on uniport HP (80 mesh, 3 mm×2 m, ジーエルサイエンス)、カラム温度：180℃ 6 分保持後 5℃/min で 260℃ まで昇温、注入口・検出器温度：270℃、キャリアーガス：窒素 50

ml/min.

6. 有機酸組成

バナナ果肉に水を加えホモジナイズし、これを遠心分離して得られた上澄液に 6N 硫酸を加え、70~80℃ で減圧留去した。次に 3-フッ化ホウ素-メタノールでメチル化後、以下の条件でガスクロマトグラフによる分析を行い、有機酸を測定した。

機器：Shimadzu GC-14B (FID)、カラム：Thermon 1000+H₃PO₄ (10+1) % on chromosorb W (80~100 mesh, 2.6mm×1.5m, 和光純薬)、カラム温度：120℃ 3 分保持後 5℃/min で 200℃ まで昇温、注入口・検出器温度：230℃、キャリアーガス：窒素 50 ml/min.

7. 酢酸イソアミル含有量の測定

バナナ果肉にアセトンと水を加えてホモジナイズし、その後ヘキサンを加え、遠心分離し、上澄み液を得た。これを一定量採取し、以下の条件でガスクロマトグラフによる分析を行い、酢酸イソアミル含有量を測定した。

機器：Shimadzu GC-14B (FID)、カラム：25% PEG 20 M on uniport HP (60~80 mesh, 3 mm×1.5 m, ジーエルサイエンス)、カラム温度：120℃ 3 分保持後 5℃/min で 200℃ まで昇温、注入口・検出器温度：210℃、キャリアーガス：窒素 50 ml/min.

結果および考察

各栽培地の 2001 年における月別平均最高および最低温度を Fig. 1 に示した。高地、中地および低地とも 1 年間を通して寒暖の差は少なかった。最高温度は高地では 28℃ 前後、中地では 29℃ 前後および低地では 35℃ 前後であり、一方最低温度はそれぞれ 20℃ 前後、21℃ 前後および 23℃ 前後であった。高地と中地は、低地に比べ、最高温度が約 6~7℃、最低温度が 2~3℃ それぞれ低かった。

バナナ果肉の一般成分とデンプン含有量を Table 1 に示した。水分は、いずれの栽培地のバナナにおいても熟度が進むに従い増加する傾向を示した。また、高地および中地栽培バナナは低地栽培バナナに比べ、いずれの熟度段階でも低い値であった。これは、低地栽培バナナは平地であるのに対し、高地および中地栽培バナナは水はけのよい傾斜地での栽培であり、土中の余分な水が排除されることから、バナナ果肉自体への水分の取り込みも少なかったためと考えられる。また、たんばく質は、いずれの栽培地のバナナでも 1.8~3.0 g/100g、脂質は 0.1~0.4 g/100 g、灰分は 0.7~1.3 g/100g および炭水化物は 19.0~24.2 g/100 g であった。デンプン含有量は、いずれの栽培地でもステージ 1 では 7~8% であったが、ステージ 3 では 1~2% に減少した。特にステージ 1 から 2 にかけては急激な減少がみられた。輸入されるバナナは緑熟期に収穫され、追熟の後、食用とされるが追熟中には果皮のクロロフィルの分解、果肉の黄化、タンニンの不溶化による渋味の消失、プロトペク

Fig. 1 Maximum and minimum temperature of Mindanao island in Philippines where bananas were grown in 2001

Values represent means.

Altitude of cultivation region : ●, low (0-20 m) ; ▲, middle (500 m) ; ■, high (1000 m).

—, maximum temperature ; - - -, minimum temperature.

Table 1 Food compositions of pulp in bananas grown at different altitude

(g/100 g FW)

Kinds of banana		Moisture	Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate ^c	Starch
Altitude of cultivation region ^a	Ripening stage ^b						
Low	1	75.2±1.3	1.9±0.0	0.1±0.0	0.8±0.0	22.0±1.7	7.6±0.1
	2	76.4±0.8	2.0±0.0	0.2±0.1	1.3±0.1	20.2±0.2	2.0±0.1
	3	77.3±0.8	2.6±0.4	0.4±0.0	0.7±0.0	19.0±0.3	1.8±0.1
Middle	1	72.6±1.0	1.8±0.0	0.2±0.0	1.2±0.1	24.2±0.9	7.3±0.6
	2	74.5±1.3	1.9±0.1	0.1±0.0	1.3±0.2	22.2±0.7	1.9±0.2
	3	75.8±0.5	3.0±0.0	0.2±0.1	0.8±0.0	20.2±0.3	1.7±0.1
High	1	72.9±0.9	2.2±0.4	0.2±0.0	0.8±0.0	23.9±0.3	7.9±0.8
	2	73.7±1.1	2.3±0.2	0.2±0.1	0.8±0.0	23.0±1.2	2.0±0.4
	3	75.3±1.1	3.0±0.0	0.2±0.0	0.7±0.0	20.8±1.1	0.9±0.3

Data are mean±SD of three trials. Each mean value was represented to one tenth's according to the Standard Tables of Food Composition in Japan, 5th revised edition. Each SD value was also shown to one tenth's.

^a Low, 0-20 m ; middle, 500 m ; high, 1000 m.

^b Stage 1, half green and half yellow ; stage 2, green chip and full yellow (optimum edible condition) ; stage 3, star and dapple (up to edible condition).

^c Calculated by the following equation : 100-(moisture+protein+lipid+ash)

チンの分解による果肉の軟化、デンプンの糖化および香気の発現が起こる。特にデンプンの糖化は、バナナの追熟中に見られる特徴的な現象で、収穫直後の緑色果の果肉中にはデンプンが20~23%含有されているが、完熟果では1~2%に減少すると報告されている¹⁰⁾¹¹⁾。本実験結果も分析開始時の果実のデンプン含有量は異なるものの急激な分解が生じ、完熟果では1~2%となり、これらの報告と同様の傾向であった。

バナナ果肉の糖含有量を Table 2 に示した。糖組成は、各種果実の糖組成を検討した報告¹²⁾ でみられるように典型的なショ糖型果実であった。熟度別にみるとステージ1

では、いずれの栽培地のバナナも糖含有量は5~7%であったが、ステージ2では高地および中地栽培バナナは約14%、低地栽培バナナは約12%と急激に上昇した。これらの変化は、バナナにおけるデンプン/糖の割合の減少と果皮の緑色がなくなる時期が一致しているとの報告¹⁰⁾を裏付けるものであった。また、高地および中地栽培バナナの糖含有量は、ステージ2と3でほぼ同等であり、熟度の比較的早い時期に完熟状態の含有量まで達していることがわかった。

ステージ1におけるバナナ果肉の細胞内のデンプン粒を走査型電子顕微鏡で観察したところ、大きさは高地栽培バ

Table 2 Sugar contents of pulp in bananas grown at different altitude

(g/100 g FW)

Kinds of banana		Saccharose	Glucose	Fructose	Total ^c
Altitude of cultivation region ^a	Ripening stage ^b				
Low	1	3.33±0.33	0.98±0.14	0.89±0.21	5.20±0.02
	2	7.37±0.29	2.63±0.14	2.01±0.18	12.01±0.62
	3	7.89±0.83	3.68±0.64	2.76±0.57	14.33±0.62
Middle	1	4.50±0.74	1.29±0.43	1.05±0.42	6.84±0.89
	2	8.72±0.31	2.92±0.96	2.50±0.37	14.14±1.72
	3	8.04±0.20	3.65±0.18	2.77±0.08	14.46±0.47
High	1	3.45±0.21	1.39±0.10	1.30±0.08	6.14±0.38
	2	6.21±0.08	4.54±0.59	3.47±0.13	14.22±1.64
	3	7.27±0.75	4.30±0.25	3.27±0.28	14.84±1.77

Data are mean±SD of three trials.

^a Low, 0–20 m ; middle, 500 m ; high, 1000 m.^b Stage 1, half green and half yellow ; stage 2, green chip and full yellow (optimum edible condition) ; stage 3, star and dapple (up to edible condition).^c Saccharose+glucose+fructose

Table 3 Organic acid contents of pulp in bananas grown at different altitude

(g/100 g FW)

Kinds of banana		Citric acid	Malic acid	Total ^c
Altitude of cultivation region ^a	Ripening stage ^b			
Low	1	0.20±0.01	0.25±0.01	0.45±0.01
	2	0.23±0.01	0.31±0.01	0.54±0.03
	3	0.22±0.01	0.23±0.03	0.45±0.04
Middle	1	0.24±0.04	0.34±0.01	0.58±0.04
	2	0.20±0.02	0.30±0.01	0.50±0.04
	3	0.21±0.03	0.27±0.03	0.48±0.06
High	1	0.20±0.01	0.30±0.13	0.50±0.13
	2	0.17±0.02	0.24±0.03	0.41±0.05
	3	0.21±0.01	0.20±0.01	0.41±0.01

Data are mean±SD of three trials.

^a Low, 0–20 m ; middle, 500 m ; high, 1000 m.^b Stage 1, half green and half yellow ; stage 2, green chip and full yellow (optimum edible condition) ; stage 3, star and dapple (up to edible condition).^c Citric acid+malic acid

バナナが最も大きく、次いで中地、低地の順であった。さらに、デンプン粒の存在状態は高地栽培バナナが最も密であった（データは省略）。これらの結果と追熟中の糖化には関連があると推測されるが、詳細については検討中である。

バナナ果肉の有機酸含有量を Table 3 に示した。一般にバナナ果肉には 0.1～0.4% の酸が含まれ、そのうちの主要な有機酸はリンゴ酸とクエン酸である¹³⁾。今回の実験においても、各ステージともクエン酸とリンゴ酸が検出され、それらの含有量は、それぞれ 0.17～0.24 g/100 g および 0.20～0.34 g/100 g であった。また、栽培地や熟度による含有量に顕著な差はみられなかった。

バナナ果肉の糖酸比を Fig. 2 に示した。一般に糖酸比は、糖度/酸含有量で表されるが、甘味度は糖の種類によって異なる。そこでショ糖の甘味度を 1、ブドウ糖は 0.73、果糖は 1.74 として総甘味度を求め糖酸比を算出したところ、低地栽培バナナは熟度の進行と共に徐々に糖酸比が上昇したのに対し、中地および高地栽培バナナはステージ 2 にかけて急激に上昇した。したがって、高地栽培バナナは追熟の初期段階でも完熟に近い糖酸比で食することができると考えられた。通常、バナナ果肉は熟度の進行に従い軟化し、十分な甘味を得られる頃には、果肉がやわらか過ぎて加工や調理の際に扱いにくい面がある。しかし、高地栽培バナ

Fig. 2 Ratio of sugar to acid of pulp in bananas grown at different altitude

Data are mean $\pm$ SD of three trials.

^a Low, 0–20 m ; middle, 500 m ; high, 1000 m.

^b Stage 1, half green and half yellow ; stage 2, green chip and full yellow (optimum edible condition) ; stage 3, star and dapple (up to edible condition).

Fig. 3 Isoamyl acetate contents of pulp in bananas grown at different altitude

Data are mean $\pm$ SD of three trials.

^a Low, 0–20 m ; middle, 500 m ; high, 1000 m.

^b Stage 1, half green and half yellow ; stage 2, green chip and full yellow (optimum edible condition) ; stage 3, star and dapple (up to edible condition).

ナは、果肉の硬い熟度の早い時期でも糖酸比が高く甘いため、バナナの利用範囲の拡大や、さらには硬い果肉のバナナを好む消費者を満足させるものと考えられた。

バナナ果肉の酢酸イソアミル含有量を Fig. 3 に示した。バナナの緑色果には青臭い香りがあるが、これはヘキサナールやトランス-2-ヘキサナールなどによるもので、熟度の進行とともに低級脂肪酸エステル、アルコール、カルボニール化合物などが多量に生成され、バナナ独特の香りを放つようになる。これらの揮発性化合物は未熟果では生

成されない。これらのなかでバナナの香りを特徴づける成分は酢酸イソアミルといわれ¹⁰⁾、バナナのイミテーションフレーバーとして使われている。酢酸イソアミル含有量は、いずれの栽培地のバナナもステージ 1 では 0.2 mg/kg とごく少量であり、栽培地による差は認められなかった。しかし、低地栽培バナナではステージ 3 で急激に上昇するのに対し、高地および中地栽培バナナではステージ 2 で急激に上昇した。また、その含有量は、高地栽培バナナで顕著に多かった。すなわち、高地栽培バナナでは酢酸イソア

ミルが熟度の早い時期から生成し、さらにその量も多くなることがわかった。バナナの追熟に伴う酢酸イソアミルの生成の増大は、20~30℃では、 α -ケトイソカプロン酸脱炭酸酵素およびアシル CoA-アルコールトランスアシラーゼの両酵素の活性が出現することによるといわれる¹⁴⁾が、高地栽培バナナは、これらの酵素活性が強いことが推測される。バナナの香りが強いということは、購買意欲の向上やおいしさにも影響を及ぼしていると考えられた。

以上のことから、高地栽培バナナは糖酸比や酢酸イソアミル含有量が高いため、低地栽培バナナに比べ、風味に濃厚感が付与されていると考えられた。なお、官能検査を行った結果、3種の栽培地バナナ間の果肉の味の濃厚さに有意差が認められ、低地栽培バナナより高地栽培バナナは、風味が良好であると評価されている(データは省略)。また、甘味や香りが熟度の早い時期に発現していることもおいしさを助長している一つの要因であると考えられた。

要 約

高地栽培バナナの風味の良さを化学成分の面から明らかにする目的で、標高の異なる土地、すなわち、高地(1000 m)、中地(500 m)および低地(0-20 m)で栽培した3種類のバナナを収穫後、20℃で追熟させ、各熟度別での成分変化を比較検討した。

高地および中地栽培バナナの水分含有量は、低地栽培バナナに比べ、いずれの熟度段階においても低い値であった。デンプン含有量は、完熟段階(ステージ3)において、高地栽培バナナが最も低かった。また、糖および酢酸イソアミル含有量は、完熟段階で高地栽培バナナが最も多かった。熟度段階の成分変化をみると高地および中地栽培バナナは低地栽培バナナに比較して、未熟段階(ステージ1)から適熟段階(ステージ2)にかけて糖含有量、糖酸比および酢酸イソアミル含有量が急激に増加した。特に高地栽培バナナにおいては、糖酸比と酢酸イソアミルが顕著な増加を示した。以上の結果から、標高の高い土地で栽培されたバ

ナナは、適熟段階において通常の低地栽培バナナより甘み、香りが強くなることがわかった。

本論文をまとめるにあたり、ご指導を頂きました元東京農業大学教授印南 敏先生、バナナを提供して頂きました住商フルーツ(株)に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 垣内典夫, 佐藤治雄, バナナ, 「日本食品大事典」, 第1版, 杉田浩一, 平 宏和, 田島 眞, 安井明美編, (医歯薬出版, 東京), pp. 254-255 (2003).
- 2) 財務省, 日本貿易月報 (2000).
- 3) 前田雅民, 上田浩史, 山崎正利, バナナに見出された免疫増強作用, *Bio industry*, **14**, 15-20 (1997).
- 4) 山崎正利, 上田浩史, 前田雅民, バナナ (*Musa acuminata*) 中の白血球活性化成分の検討, 日本癌学会総会記事, **58**, 459 (1999).
- 5) 金澤武道, バナナの臨床生理作用に関する研究 高地栽培バナナの血糖低下作用とLDLの過酸化抑制作用について, *ジャパンフードサイエンス*, **40**, 76-81 (2001).
- 6) 水谷 剛, 渡辺陽介, 高地栽培バナナ摂取による血中脂質に及ぼす影響, 第57回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, p. 94, 福岡 (2003).
- 7) 松下雪郎, サンプルングと分析の基礎操作, 「食品分析におけるサンプルング」, (講談社, 東京), pp. 10-13 (1972).
- 8) 科学技術庁資源調査会編, 五訂日本食品標準成分表, (大蔵省印刷局, 東京), pp. 11 (2001).
- 9) 根岸由紀子, ソモギー・ネルソン法, 「新食品分析ハンドブック」, 初版, 菅原龍幸, 前川昭男監修, (建帛社, 東京), pp. 107-108 (2000).
- 10) 伊藤三郎, 各種果実の機能特性, 「果実の科学」, 第1版, 伊藤三郎編, (朝倉書店, 東京), pp. 160-161 (1991).
- 11) 中村怜之輔, 稲葉昭次, 伊東卓爾, フィリピン産 'Latundan' バナナ (*Musa AAB group*) の追熟特性, 岡山大学農学部学術報告, **64**, 25-35 (1984).
- 12) 小宮山美弘, 原川 守, 辻 政雄, 果実類の熟度と貯蔵条件に基づく糖組成の特徴, 日食工誌, **32**, 522-529 (1985).
- 13) 伊藤三郎, 果実の栄養・食品科学, 「果実の科学」, 第1版, 伊藤三郎編, (朝倉書店, 東京), pp. 64 (1991).
- 14) 三浦 洋, 荒木忠治, 果実の嗜好的特性, 「果実とその加工」, 初版, (建帛社, 東京), pp. 81-87 (1988).

(平成16年9月21日受付, 平成17年7月18日受理)