バナナ果実の追熟生理および貯蔵に関する研究 (第1報)

追熟に伴う呼吸ならびに化学的成分の変化

邨 田 卓 夫*・古 衡 山**・緒 方 邦 安*

バナナは輸入量が多く本邦果樹産業に与える経済的影響の大きい果実で、これに用いられる外貨も少ない。このバナナは熱帯または亜熱帯原産の果実に特有な収穫後の生理的特性をもつので、取り扱いの方法のいかんによっては輸送貯蔵に著しい影響をおよぼすものである。

KU¹⁾, CHANG²⁾ の調査によれば台湾産のバナナでも本邦に輸入されて消費されるまでに、夏季高温下では16%以上の腐敗損失がみられる。輸送距離の遠い中、南米産のものではその損失はさらに大きい。

このような意味からバナナの貯蔵生理を研究することは重要な問題であり、またこの問題は同時にバナナと同様な追熟に伴う生理的特性をもつ果実についての共通なものを含んでいる。

果実の追熟生理については BIALE³⁾, 緒方⁴⁾ の報告があるが今なお不明な点が多く、バナナについても究明しなければならぬ問題が多い。われわれは1960年からバナナの追熟の生理と貯蔵上の諸問題について研究を行ったのでここにその結果を報告する。

材料および方法

1. 実験材料

材料は主として台湾産のバナナ (*Musa sapientum* L. var. *Sin-zun* 仙人蕉) を神戸港入荷直後に購入して用いた。なお一部中米産のバナナ (*Gros-Michel*) も併用した。

2. 実験方法

呼吸量の測定は果実をデシケーター内に密封し、一定時間に呼出された CO₂ を 2*N* 水酸化カリウムに吸収させ、これを 0.2*N* 塩酸で滴定して定量し算出した。

果色は United Fruit Company, U.S.A. の方法に従

第1表 バナナ果実の Color index

果 色	数 値
Dark green	0
Light green (or turning)	1
Greenish yellow	2
Yellowish green	3
Green tip	4
Table ripe	5

って第1表を用いて算出した。

成分系については、糖は Somogy 法で全糖と還元糖を測定し、アスコルビン酸は 2,6-dichlorophenol-indophenol 滴定法で、アルデヒドは Ripper 変法で、アルコールは蒸留液による重クロム酸カリウム液の還元発色を波長 610 mμ で比色定量して測定した。有機酸およびアミノ酸の定性はペーパークロマトグラフィーによった。

酵素系については、カタラーゼの活性は EULER-JOSEPH-SOHN⁵⁾ の方法で、アスコルビン酸オキシダーゼの活性は JANISON⁶⁾ の方法によった。

実験結果ならびに考察

1. 果実の追熟に伴う呼吸および果色の変化

追熟果実の呼吸に climacteric rise の現象がみられることは1922年に KIDD ら⁷⁾ によってリンゴについて初めてみいだされたのであるが、一般にこれらの果実では呼吸の climacteric maximum が過ぎたのちに果実の着色、果肉の軟化、芳香の出現などが起こり可食状態になるものである。

第1図に示したようにバナナも呼吸の climacteric rise の現象を示す代表的な果実である。

* 大阪府立大学農学部園芸利用学研究室 (堺市大仙町1065)

** Dept. of Biophys. & Biochem., Univ. of Calif. (Los Angeles 24, Los Angeles, U.S.A.)

Studies on Post-Harvest Ripening and Storage of Banana Fruits. Part I. Respiratory and chemical changes of banana fruits during the course of ripening. By TAKAO MURATA, HAN-SAN KU and KUNIASU OGATA.

第1図 バナナ果実の炭酸ガス排出量と貯蔵温度

緑熟の段階を pre-climacteric stage, 呼吸の peak を climacteric maximum (または climacteric peak), その後の呼吸量がぜん減する期間を post-climacteric stage と呼ぶが, 本実験は著者の1人が収穫直後のバナナを用いて台湾で行ったものであり, これによれば pre-climacteric stage の期間は 30°C では9日, 20°C では13日, 15°C では18日間温度が低いほど長い。climacteric maximum での炭酸ガスの排出量は温度の差によってさほど変らない。

この間の果色の変化を示すと第2表のようになる。呼吸の climacteric rise の発現に伴って果色は緑色から緑黄色になり, color index は 2.5~3.0 の値になり, post-climacteric の段階で color index は 5.0 となって美しい黄色を呈するようになる。貯蔵温度は高いほど果色の変化がすみやかであるが, 30°C では汚黄色になる。この果色の変化は葉緑素の分解とカロチノイドの色の出現によるもので, LOSECK⁸⁾によれば葉緑素は緑熟果皮 1 kg に約 100 mg 存在するが, 追熟に伴って分解消失し, 代ってキサントフィル, カロチンの黄色が出現する。しかしこの両者の含量は緑熟, 黄熟果とも変わらず, 追熟期間を通じてそれぞれ 5~7 mg/kg, 1.5~3.5 mg/kg であるという。

バナナは本邦では台湾または中米から緑熟の状態で購入され, むろ処理によって climacteric rise を促し可食状態にして市販されるものである。輸送中は追熟の進展をできるだけ抑制することが望ましい。上記の結果から

みてこの目的のためには温度は低いほうがよい。ただバナナは 10°C 以下の温度では, 特異的な低温障害 (chilling injury)⁹⁾を生ずるのでこの点とくに注意が必要である。空気組成との関係については BIALE⁹⁾, YOUNG¹⁰⁾らの報告にみられるように炭酸ガスおよび酸素はある濃度の範囲内では酸素濃度が低いほど, また炭酸ガス濃度が高いほど climacteric rise の出現が遅れる。この意味でポリエチレンフィルム包装輸送は効果的である。

2. 成分系の変化

(1) 炭水化物

第3表に示したように pre-climacteric の緑熟果の還元糖, 全糖とも非常に含量が少ないが, climacteric rice の開始とともに果肉, 果皮とも急激な増糖現象がみられ甘味を増し可食状態になる。この炭水化物の変化は洋ナシ¹¹⁾¹²⁾などの場合と同様に追熟に伴って澱粉が分解され糖が増加するもので揚ら¹³⁾によれば初め 22.1% 含有される澱粉は主としてフォスフォリラーゼによって加リン酸分解され post-climacteric の段階では 0.3% に減少する。

(2) アスコルビン酸

アスコルビン酸含量は第4表に示すように追熟に伴って果肉, 果皮とも急減し可食果実ではかなり少ない。したがってバナナはビタミンC給源としての意味は少ないのであるが, 追熟に伴うこのアスコルビン酸の変化は後述のアスコルビン酸オキシダーゼの活性と関連して生理的に興味のある問題である。

(3) アルコール, アルデヒド

アルコール, アルデヒドは果実の芳香を決定するひとつの要因であり, 同時にその量的変化の状態を知ることによって果実のメタボリズムの状態の一部を判断することができる。追熟に伴うアルコール, アルデヒド含量はともに追熟に伴って増加するが(第5表), ことにアルコールは climacteric stage に急増する。果肉のアルコール含量は発酵現象と関連して果実の芳香に大きな影響をもち, アルコール含量が約 150 mg% 以上になると果実は off flavour の現象を呈する。バナナの過熟果に7

第2表 貯蔵温度とバナナの color index

貯蔵日数	1	3	5	7	9	11	13	15	17	21
貯蔵温度(°C)										
15	0	0	0.3	0.7	1.9	3.0	3.7	4.0	4.0	5.0
20	0	0.3	0.9	1.1	2.1	3.0	4.0	4.2	4.3	5.0
30	0	0.9	1.2	1.3	2.9	3.2	4.3	5.0*	—	—

注: L.S.D. 0.6, * 汚黄色

第3表 バナナ果実の追熟に伴う糖の変化 (%)

		pre-climacteric	climacteric	post-climacteric
果肉	還元糖	0.13	0.57~2.63	7.94
	全糖	0.32	3.24~8.70	19.9
果皮	還元糖	0.16	0.28	1.50
	全糖	0.70	1.02	1.77

第4表 バナナ果実の追熟に伴うアスコルビン酸の変化 (mg%)

		pre-climacteric	climacteric	post-climacteric
果 肉		7.3	3.1	2.8
果 皮		3.4	1.9	1.0

第5表 バナナ果実の追熟に伴うアルコールおよびアルデヒド含量の変化 (mg%)

		pre-climacteric	climacteric	post-climacteric
アルコ ー ル	果肉	6.5	63	75~186*
	果皮	0	20	15
アルデ ヒド	果肉	0.6	1.4	1.6
	果皮	0	0.6	2.9

注：* off flavor

アルコール含量の高いことは HULTIN ら¹⁴⁾ も認めており、同氏らも指摘するとおり、この段階では糖の無氣的分解によって生じるものと思われる。バナナの芳香成分¹⁵⁾¹⁶⁾ は、メチルアルコール、エチルアルコール、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸イソアミル、2-ヘキサナール、2-オクタノン、*n*-プロパノール、酢酸イソブチル、イソブタノール、酢酸 *n*-ブタノール、2-ペンタノール、*n*-ブタノール、イソアミルアルコール、酢酸 *n*-アミル、ト

ランス-2-ヘキサナール、酢酸 *n*-ヘキシル、酪酸イソアミルなどであるが、これらのうちエステル類の合成給源としてもアルコールは重要な役割をもつものと推察される。

(4) 有機酸

有機酸の分析はペーパークロマトグラフを用いて *n*-ブタノール：ギ酸：水 (10:2:1.5) の展開液で行ない第6表の結果を得た。果実に含まれる有機酸の種類や量は品種や栽培地によってかなり異なることが知られているが¹⁶⁾、台湾産の *Musa sapientum* L. には7種類の有機酸が検出され、このうち果皮、果肉ともリンゴ酸とクエン酸が多い。リンゴ酸、コハク酸は呼吸の TCA cycle に属する酸であり、このことからバナナ果実の呼吸における TCA cycle の存在の可能性が推測される。WYMAN¹⁷⁾ は未熟果に多量のシュウ酸が含有され、追熟に従ってこれが減少し、リンゴ酸とクエン酸が増加することを報告しているが、本実験では抽出に水を用いたのでシュウ酸は検出されなかった。

(5) アミノ酸

アミノ酸の分析も有機酸同様ペーパークロマトグラフを用いて1次元80%フェノール、2次元ブタノール：酢酸：水 (4:1:5) の展開液で行ない、ニンヒドリンで発色して検出した。第2図のようにシスチン、リジン、アルギニン、ヒスチジン、アスパラギン酸、グリシン、スレオニン、ハイドロ・フェニールアラニン、アラニン、プロリン、チロシン、メチオニン、バリン、ロイシン、 γ -アミノ酪酸、グルタミン、グルタミン酸、ピペコリン酸がみだされ、かなり豊富にアミノ酸を含む。このうちヒスチジン、アスパラギン酸およびグルタミンは追熟に伴って増加した。またチロシンは次報に述べるように褐変反応の基質として、バナナの商品価値に重要な関係をもつアミノ酸であるが、これはとくに果皮中に多く含まれている。

第6表 バナナ果実の有機酸と Rf 値

	Rf 値	果 肉		果 皮	
		緑 熟 果	黄 熟 果	緑 熟 果	黄 熟 果
malic acid	0.44	++++	++++	++++	++++
citric acid	0.32	++++	++++	++++	++++
succinic acid	0.71	++	+	+	+
tartaric acid	0.21	+	+	+	+
quinic acid	0.18	—	+	?	+
shikimic acid	0.24	+	++	+	++
glycollic acid	0.52	—	+	—	—

第2図 パナナ果実のアミノ酸のペーパークロマトグラム

第7表 パナナ果実の追熟に伴うカタラーゼ活性の変化 (Kf 値)

		pre-climacteric	climacteric	post-climacteric
果	皮	23	12	200
果	肉	12.1	7.4	140
		9.1	3.9	160

第8表 パナナ果実の追熟に伴うアスコルビン酸オキシダーゼ活性の変化*

		pre-climacteric	post-climacteric
果	皮	0.6	1.6
果	肉	1.1	3.6

注: * 10 μ l のバナナ粗酵素液が1分間に吸収する O_2 量を1単位とする。

3. 酵素系の変化

(1) カタラーゼ

第7表に示したようにカタラーゼの活性は追熟に従って増大する。とくに post-climacteric の段階でその増大が著しい。植物組織におけるカタラーゼの作用について今なお明らかでない点が多いが、メタボリズムの際生じる過酸化水素および有機過酸化物を分解する作用があるといわれ、post-climacteric の段階でその活性が著しく増大することは、これらの過酸化物の生成がこの段階の果実に著しいことを示している。

(2) アスコルビン酸オキシダーゼ

第8表のようにアスコルビン酸オキシダーゼの活性は追熟に従って増大し、さきの追熟に伴うアスコルビン酸含量の変化の結果と一致する。

要 約

(1) バナナは収穫後典型的な呼吸の climacteric rice の現象を示す。climacteric rise の開始は貯蔵温度

が高いほど早く、climacteric peak に達するに要する日数は 30°C で約9日、20°C で13日、15°C で18日である。

(2) 追熟に伴って糖が増加し、アスコルビン酸は減少する。

(3) アルコール、アルデヒド含量は追熟に伴って増加する。

(4) 果皮、果肉ともに7種類の有機酸が検出されるが、このうちリンゴ酸とクエン酸の含量が多い。

(5) 18種類のアミノ酸が検出され、このうちヒスチジン、アスパラギン酸およびグルタミンは追熟に伴って増加する。

(6) カタラーゼ、アスコルビン酸オキシダーゼの活性は追熟に伴って増大するが、とくにカタラーゼの活性は post-climacteric の段階で増大する。

おわりに本実験に熱心な助力を戴いた松山詔三、大亦郁子両君に感謝します。なお本研究の要旨は1962年園芸学会秋季大会で発表した。

文 献

- HAN SAN KU: *Thesis* (National Taiwan University, Taipei, China) (1958).
- CHANG, M.N., et al.: 中華民国農学発表大綱 (1962).
- BIALE, J.B.: *Advances in Food Research*, **10**, 293 (1960).
- 緒方邦安: 食品工誌, **10**, (11), 470 (1963).
- 植物栄養実験編集委員会編: 植物栄養学実験, (朝倉書店), p. 196 (1959).
- LOVETT-JANISON, P. and NELSON, J.: *J. Am. Chem. Soc.*, **62**, 1409 (1940).
- KIDD, F. and WEST, C.: *Rept. Food Investigation Board, London*, 1921, 17 (1922).
- VON LOESECKE, H.W.: *Banana*, (Interscience), (1950).
- 古衛山・邨田卓夫・緒方邦安: 園芸学会発表要旨 (1963春).
- YOUNG, R.E., ROMANI, R.J. and BIALE, J.B.: *Plant Physiol.*, **37**, 416 (1962).
- 小曾戸和夫・数見秀次郎・小鷹正之・薮花雄: 農産技研誌, **4**, (8), 72 (1957).
- 小曾戸和夫・荒木忠治・薮花雄: 農化, **36**, (5), 447 (1962).
- 揚祥發・何芳陔: 中国化学会誌, **5**, (1~2), 71 (1958).
- HULTIN, H.O. and PROCTOR, B.E.: *Food Technol.*, **15**, 440 (1961).
- ISSENBERG, P. and WICK, E.L.: *J. Agr. Food Chem.*, **11**, (1), 2 (1963).
- KENWORTHY, A.L. and HARRIS, N.: *Food Tech-*

not., 14, 372 (1960).

39, (4), 630 (1964).

17) WYMAN, H. and PALMER, J.K.: *Plant Physiol.*,

(1964年10月23日受理)

真 空 包 装 に 関 す る 研 究

包装資材による真空度保持の比較

渡 辺 渉*・小 林 晃*・竹 村 邦 夫*・久 末 寿 昭*

プラスチックフィルムによる真空包装は、各種の食品に対して実施され、かなりの貯蔵効果を上げているが、その効果が、真空減圧度によるにもかかわらず、貯蔵中の真空度の変動については触れていない。ALM らは、スライス肉加工品に対して、異なる真空度での真空包装を、ポリエチレンラミネートセロファンで行ない、真空度の高いほう、貯蔵温度の低いほうが、微生物の発育遅延があり、また、真空包装中に発育する微生物は、含気包装の場合に比べて、異なる菌相を示すことを報告しているが¹⁾、実験時の真空度については触れていない。また、SHANK らは、肉加工品の真空および非真空包装について研究し、腐敗傾向は、真空包装が乳酸菌による酸敗、含気包装が酵母による変敗であると述べ、660mmHgでの真空脱気効果は、油脂、色素、香り、スパイスの酸化防止と、好気性微生物の発育抑制であると述べているが²⁾、この場合も、貯蔵後の真空度については触れていない。

真空包装の効果は、包装内部の減圧空間と、内外圧力差によるフィルムの表面皮覆とが主体であり、真空度の変化は、この両因子を変動させる結果となる。とくに通気性のあるフィルムでの真空包装においては、この変動の起こり得る可能性は大きい。

筆者らは、真空包装物の真空度を測定する方法を用いて、通気性の異なるフィルムでの真空包装物が、放置中にいかなる変動を示すかを観察したので、ここに報告する。

また、フィルムの通気性測定は、短時間で比較し得る圧力型簡易測定法を採用した。

実 験

1. 通気性測定法

実験に使用するフィルムを、同一条件下で測定する必要があるが、MAJOR³⁾ が試作した圧力型簡易測定器に改良を加え東洋テスターで製作したものを使用した。

この装置の系統図を第1図、その本体の構造図を第2図に示すが、本体内部にフィルムを挟み、上部から、コンプレッサーまたはポンプから高圧ガスを送る。透過したガスは、下部空間に連結した内径1mmのポリアミド製パイプに放出される。このパイプの途中には、注射針が内蔵されており、ガス透過が開始された時期に、注射針を通して少量の水を注入して2~3mmの水柱を形成せしめれば、通過したガスに押されて、細管内を外方に移動する。細管の周囲には、内径に応じて、ml目盛りがあるので、一定時間の移動量、または、一定量の移動に要する時間を測定すれば、比較を行なうことができる。

1. コンプレッサー	7. 毛細管チューブ
2. 圧力調整器	8. 注射器
3. カップリング	9. 注射針
4. フィルムホルダー	10. 水滴
5. 試験フィルム	11. スケール
6. ホルダーベース	

第1図 簡易型ガス透過試験装置系統図

* 株式会社二幸研究所（東京都中央区銀座東7-4）

Studies on Vacuum Packing with Plastics Films. Comparison of vacuum maintainability of different types of packing films. By WATARU WATANABE, AKIRA KOBAYASHI, KUNIO TAKEMURA and TOSHIKI HISASUE.