バナナ果実の追熟生理および貯蔵に関する研究

(第8報) 追熟加工の方法と果実の品質

邨 田 卓 夫*

Studies on Post-harvest Ripening and Storage of Banana Fruits

Part VIII. Effect of ripening methods on the fruit qualities

TAKAO MURATA

There are two different types of ripening method of bananas in Japan. One of them is a method using the underground-warehouse in which the fruits are heated by burning of coal gas and cooled by top ice method. This had been the major method of ripening of bananas. The other is a method using the airtight ground-warehouse in which the fruits are heated and cooled by an unit-conditioner with direct expansion or with indirect expansion systems.

The qualities of bananas processed at underground-warehouse (2.2×2.55×3.0 m; temp. 17~21°C, R.H. 82~95%, C₂H₄ 4400~4700 ppm) were compared with those of fruits from ground-warehouse (3.7×6.15×4.0 m; temp. 14~19°C, R.H. 80~90%, C₂H₄ 2950~3250 ppm). It was found that the increases of sucrose content and of titratable acidity in bananas processed at underground-warehouse were more rapid than those in fruits processed at ground-warehouse during ripening period. The fruit qualities from underground-warehouse were better organoleptically than those of fruits from ground-warehouse during storage.

(Received Jul. 2, 1970)

バナナは緑熟の状態 (pre-climacteric stage) で輸入され、加工業者によって追熟加工され市販される。追熟加工の方法としては地下にもうけられたむろ(地下むろ)にバナナを収庫、密閉し、むろ内で都市ガスを燃焼させ果実温を上げ追熟を促し、果肉がいく分軟らかくなるとむろを開封し、換気し、top ice 法で冷却しながら追熟を促す方法が明治末期から本邦のバナナ加工の主流であったが¹⁾²⁾、この方法はかなり高度の熟練度を必要とするうえ、作業能率が悪く処理量も少ないのでバナナ貿易の自由化以後需給量の急激な増大に伴い地上のおかむろ^{3)~4)}が建造され、これによって追熟加工を行なう加工業者が増えつつある。おかむろは処理量が多いだけでなく果実の搬入、出にフォークリフトやコンベア類を効果的に使用できるなど利点が多く今後さらに増加するものとみられるが、この加工法によるバナナは従来の地下むろによるものに比べて品質が悪く、ことに味がよくないと一般

にいわれる。

本研究ではこの両加工法による代表的なバナナの追熟加工例について工程中の追熟速度に影響をもつ諸条件と追熟バナナの品質について調べ果実の品質と加工法との関係について考察した。

実験材料および方法

1. 実験材料

横浜港入荷のエクアドル産のバナナ (*Musa cavendishii*, cv cavendish) がむろ到着後一夜 15°C±1°C で保蔵され、翌日2分されその一部が地下むろに、他がおかむろに使用された。

2. 方 法

第1図のような大きさが 2.2×2.55×3.0 (h) m, (16.85 m³) で、上部に 690×1,000 mm の入口と 280×280 mm の換気孔をもつ地下むろに 120 カートン (1.32

* 静岡大学農学部 (静岡県磐田市見付 4300)

Faculty of Agriculture, Shizuoka University. Iwata, Shizuoka.

Fig. 1. An underground-warehouse for ripening bananas

t) のバナナが左右の棚に 60 カートンずつ積み上げられて収庫され (第 1 図), 床面のガスコンロで都市ガスを燃焼させむろ内温度が 21°C , 果芯温度が 16°C に達したとき, エチレングスが封入され上部の入口と換気孔は湿った新聞紙と厚布で目ばりして密封され, 果実の熟成が促され, 23 時間後の開封換気ののち上段の棚に並べられた 10 kg の氷柱 16 個を使用して top ice 法で果実が冷却された。

おかむろは第 2 図のような大きさが $3.7 \times 6.15 \times 4.0$ (h) m, (91 m^3) で前方に第 3 図のような上下開閉式の気密扉をもつむろに 660 カートン (7.2 t) のバナナが左右の棚に 330 カートンずつパレット ($1,500 \times 960 \text{ mm}$) を利用して収庫され, unit conditioner を用いて加温され, むろ内温度が 17°C , 果芯温度が 16°C に達したとき, エチレングスが封入され密閉して果実の熟成が促され, 23 時間後の開封換気ののち unit conditioner で第 1 表のように冷却された。unit conditioner の送風量は $60 \text{ m}^3/\text{min}$ (1 分間 2/3 回) で, 天井にとりつけられた

Fig. 2. A ground-warehouse for ripening of bananas

Fig. 3. A front view of ground-warehouse

ダクトの 6 つの送風孔 ($340 \times 220 \text{ mm}$) から恒温空気がむろ内に送風され床面に接した 2 つの吸入孔 ($200 \times 450 \text{ mm}$) に戻り, 再びダクトを通りむろ内を循環して送風された。brine はエチレングリコールであった。

むろ内の炭酸ガス, 酸素濃度の測定はオルザートガス分析器で, エチレングス (C_2H_4) の測定は日立 K 53 形ガスクロマトグラフィ (水素炎型) を用いてアルミナカラム ($\phi 4 \text{ mm} \times 1,000 \text{ mm}$, 60~80 mesh 活性アルミナ),

Table 1. The changes of gaseous content in a ground-warehouse during ripening of bananas

day	1	2	3	4	6	
room temp.	16~17°C	18~18.5	18~19	16~17	14~16	
A	CO ₂ (%)	0.03	3.4	5.1~ 5.7	4.3	—
	O ₂ (%)	21	17.3	15.5~15.0	16.3	—
	C ₂ H ₄ (ppm)	.950	2,500	6.9	1.6	—
B	CO ₂ (%)	0.03	3.1	4.4~ 5.7	4.2	3.5
	O ₂ (%)	21	17.5	16.2~15.0	16.4	17.1
C	CO ₂ (%)	0.03	3.1	4.4~ 6.0	4.4	3.6
	O ₂ (%)	21	17.5	16.2~14.7	16.2	17.0
	C ₂ H ₄ (ppm)	3,250	2,350	4.0	1.7	0.4

A; { 1,100 mm from ceiling
2,050 mm from door
1,450 mm from wall

B; { 3,150 mm from ceiling
4,750 mm from door
950 mm from wall

C; { 3,600 mm from ceiling
4,350 mm from door
1,700 mm from wall

Data indicate concentration of each gas just before opening door.

Fig. 4. The scales for organoleptic test of ripend fruits.

カラム温度 60°C, キャリアガス N_2 で行なった。

果実の成分の分析には平均的熟度で、形のそろった中程度の大きさであると判断される果実をむろの上、中、下段から1房ずつ供試し、1房から3本ずつを選んで中央部からサンプリングして行なった。房の両端の果実は分析から除外した。炭水化物含量の測定は前報⁵⁾に準じて試料に9倍量の水を加えて抽出し、抽出後適当に希釈して SOMOGYI 法で行なった。適定酸度については抽出液 10 ml を 0.1 N NaOH で中和滴定しリンゴ酸として算出した。

官能検査については第4図の尺度で10人のパネルについて2回反復して評価し、F分布で有意差を検定した。

実験結果ならびに考察

1. 追熟加工中のむろ内の温、湿度およびガス組成の変化

第2表はバナナを追熟加工中の地下むろの温度および

Table 2. The changes of gaseous content in an underground-warehouse during ripening of bananas

day		1	2	3	6
room temp.		21°C	18~19	20~21	17~20
A	CO ₂ (%)	0.03	1.7	5.4	—
	O ₂ (%)	21	19.3	15.7	—
	C ₂ H ₄ (ppm)	4,400	4,350	26.7	—
B	CO ₂ (%)	0.03	1.9	5.7	—
	O ₂ (%)	21	19.1	15.4	—
	C ₂ H ₄ (ppm)	4,400	4,350	26.7	—
C	CO ₂ (%)	0.03	2.0	6.0	0.9
	O ₂ (%)	21	19.0	15.1	20.1
	C ₂ H ₄ (ppm)	4,700	4,450	29.1	0.2

A: {970 mm from ceiling
100 mm from wall} B: {1,500 mm from ceiling
350 mm from wall}

C: {2,150 mm from ceiling
250 mm from wall}

Data indicate concentration of each gas just before opening door.

ガス組成の変化を示したもので、実験が行なわれた11月下旬の外気温がほぼ 20°C 前後であったので、加温のための都市ガスの燃焼はバナナを収庫した当日以外はとくに必要としなかった。第2日目の開封時に果芯温度は 18.5°C で、その後全量 160 kg (10 kg×16) の氷による top ice 法で冷却したにもかかわらず呼吸熱によって第3日目には 19.5°C に上昇した。相対湿度は当初 88.5%，その後は 82~95% の間を変動した。むろ内の CO₂ は当然床面に近いほうが多く、2日目の開封直前で上部が 1.7%，下部が 2.0%，第3日目の開封直前でそれぞれ 5.4%，6.0% であった。エチレンの封入は常法に従ってエチレンをボンベからまづゴム風船 (φ 300~400 mm) 1個にとり、これを密封むろ内に投入して行なわれた。むろ内のエチレン含量は封入直後 4,400~4,700 ppm, 23 時間後 4,350~4,450 ppm で密封中のエチレンの減少はほとんどみられなかった。開封後バナナ自体から生成されるエチレンによって翌日には 26.7~29.1 ppm の蓄積が認められた。なお加温に都市ガスが用いられたのでガスクロマトグラフィによるエチレンの定量に際し前述の条件でエチレンのリテンションタイム3分に対し、エチレンのほかに 1.5 分の末同定ガスが検出された。

おかむろでは第1表のように、庫内温度は追熟加工中 14~19°C に保持され、果肉温度はほぼ 17°C を保った。むろ内の CO₂ 濃度はエチレンガスによる熟成促進のうち開封直前に 3.1~3.4%，第3日目の開封直前に 4.4~5.1%，5.7~6.0%，4日目に 4.2~4.4% であった。エチレン処理は地下むろの場合と同様にして2個の風船を投入して行なわれたが、封入直後のむろ内のエチレン含量は 2,950~3,250 ppm, 23 時間後に 2,350~2,500 ppm で、地下むろの場合と同様に密封中のエチレンガスの減少はほとんどみられなかった。むろ内の相対湿度は当初 90% でその後は 80~85% であった。開封後バナナ自体から生成されたエチレンの蓄積は地下むろの場合に比べてかなり少なく3日目で 4.0~6.9 ppm, 6日目で 0.38~0.42 ppm 程度であった。このように地下むろ

の場合とおかむろの場合では開封後のバナナによるエチレン蓄積量にかなり差異が認められたが、この原因のひとつは当初のエチレン処理濃度の相異で、他のひとつは追熟加工温度の相異であろうと推察された。

2. 追熟果実の炭水化物および酸含量の変化

バナナは追熟に伴ってでん粉含量が急激に減少し糖含量が増加する⁵⁾⁶⁾。

第3表に示したように地下むろによる加工果実はおかむろのものに比べてでん粉の分解がすみやかで、出庫当日では全糖量、でん粉含量がそれぞれ 13.9 g/100 g, 4.15 g/100 g であるのに対し、おかむろの果実は 12.1 g/100 g, 6.15 g/100 g で明らかに前者のでん粉の分解速度が大きいことがうかがわれた。その差は出庫後4日目でもほぼ同様で地下むろによる加工果実の全糖含量が2.6 g/100 g 多い。

第4表は両加工法による果実の滴定酸度をリンゴ酸として表わしたもので、両者を比較すると明らかに地下むろによる果実のほうが遊離酸の含有量が糖の場合と同様に高い。

3. 追熟果実の品質についての官能検査

追熟加工後のバナナの棚もちの良否は販売可能距離、期間に関連するので加工業者にとっても小売業者にと

Table 3. Changes of carbohydrates contents in bananas processed by different ripening methods during storage

(g/100 g of fresh weight)			
day		1	4
fruits from underground-warehouse	reducing sugar	4.06	4.09
	total sugar	13.9	15.7
	starch	4.15	2.10
ground-warehouse	reducing sugar	2.70	3.41
	total sugar	12.1	13.1
	starch	6.15	4.95

(1969. 11. 28~12. 1)

Table 4. Changes of titratable acidity in bananas processed by different ripening methods during storage

(mg/100 g of fresh weight)		
day	1	4
fruits from underground-warehouse	375	350
ground-warehouse	350	295

(1969. 11. 28~12. 1)

Table 5. A comparison of fruit qualities of bananas processed by different types of ripening methods during storage

day		1	5	10
appearance	fruits from underground-warehouse	4.41	4.00	3.58
	ground-warehouse	4.29	3.42	2.33
	significant difference (F)	N.S.	0.05	0.05
taste and flavor	fruits from underground-warehouse	5.00	4.60	4.58
	ground-warehouse	4.82	4.78	4.17
	significant difference (F)	N.S.	N.S.	N.S.

(1969. 11. 28~12. 7)

てもとくに関心事である。そこで追熟バナナを常温(11月28日~12月7日)で保蔵し、保蔵中の果実の品質についてさきに述べたような方法で官能検査を行ない品質を比較した。

第5表に示したように果実の外観については保蔵期間を通じて地下むろによる果実のほうが評点が高く、5日目でおかむろの果実の3.42に対し4.00、10日目では2.33に対し3.58とF分布による検定で有意の評点の差異が生じた。保蔵期間を通じて両区とも低温障害の微候⁷⁾⁸⁾は認められなかったが、おかむろによる果実は加工処理中の unit conditioner の送風による果実表面の“すれ”が漸次進行し評点が低下するひとつの原因になったものと解された。味覚については皮をむいて約3~4 cm に輪切りしたものを試食して官能検査を行なったが、個人的嗜好の差がみられ、淡白な味を好むパネルとそうでないパネルが混在したので有意な差はみられなかったが、全体を通じて地下むろの果実のほうが高い評点を得た。

以上のように前記の条件による追熟加工では地下むろによるバナナのほうが外観上の品質および味が良好であることがわかり通説を支持する結果になった。一般に地下むろのバナナの味のよいことの理由として地下むろの気密度がよく、乾燥しにくいことや保温性がよいことがあげられる。第1表にみられるように本研究でのおかむろは追熟加工中のエチレンガスの漏出がほとんどみられず気密性はきわめて良好であり、保温効果についても防熱材(断熱材)として厚さ500 mmの発泡ポリスチレンが用いられているので防熱材を使用していない地下むろに比し劣ることは考えられない。したがって本研究での追熟果実の品質の差異についての原因は他に求めなけれ

ばならない。地下むろの処理温度が高かったこと、エチレン処理濃度⁷⁾が高かったこと、エチレン以外の未同定ガスが存在していたこと、冷却を top ice 法で行ない加湿したことなどがおかむろの加工法との相違で、これらの相違がそれぞれ果実の品質に密接に関係していると考えられる。ことにバナナの品質に及ぼす風の影響は大きく、top ice の上下対流による冷却法はマイルドで加湿の利点もあって、unit conditioner や unit cooler の場合に比べると果表面に関する品質劣化への影響ははるかに少ないことが観察された。このことは、コンテナの構造、形態とも関連するが、おかむろの建設に対して送風法に今後、さらに検討を要することを示唆する。

エチレンガスなど不飽和炭化水素、炭酸ガス、酸素の濃度がバナナの追熟速度に重要な影響を与えることはよく知られている^{7)~10)}。このことと関連して追熟加工中のむろの換気はバナナの追熟速度や品質に影響するきわめて重要な操作である。一般に換気の頻度はむろの気密度、保持温度、むろ容積に対するバナナの入庫量の割合などと密接に関係する。従来むろ内に入って“息苦しさを感じる”ときが換気が必要とするときであるとか、“バナナからの芳香を官能的に感じて、換気の時期を判断する”とかの方法が伝習的に行なわれていたが、本研究で換気直前のむろ内の炭酸ガス濃度はほぼ 4.0~6.0% に達しており、この炭酸ガス濃度の変化をメルクマールにすれば換気の時期は容易に判断できることがわかった。このことからバナナの追熟加工に際し今後 CO₂ メータなどの炭酸ガス測定器を利用することの有利性が示唆された。

本研究は農林省、中小企業近代化促進法の実態調査に関連して行なれたもので、研究に終始ご協力をたまわった静岡市、松井商店の皆様に深く感謝する。

要 約

近年陸上のおかむろを利用したバナナの追熟加工が増加する傾向にある。このおかむろによる加工法と旧来の地下むろによる加工法について検討しバナナ (*Musa cavendishii*, cv cavendish) の品質との関係を論じた。

(1) 地下むろの追熟加工の条件は温度 17~21°C、相対湿度 82~95%、エチレンガス 4,400~4,700 ppm で、

おかむろは 14~19°C、80~90%、2,950~3,250 ppm であった。

(2) 上の条件では地下むろの果実のほうがかん粉の糖化速度が早く、出庫当日全糖含量は地下むろの 13.9 g/100 g に対し、おかむろは 12.1 g/100 g、4 日目にそれぞれ 15.7 g/100 g、13.1 g/100 g であった。また滴定酸度についても地下むろのバナナのほうが高いことが観察された。

(3) 出庫後保蔵期間のバナナの品質について果実の外観と食味を官能検査によって評価したところ、保蔵期間を通じて外観、食味とも地下むろのバナナの方が高い評価を得た。

両加工法のバナナの品質に差異が生じる原因として本研究の範囲内では冷却送風法の差異が大きく影響すると考えられ、この点おかむろによる加工法では今後検討を要することが示唆された。なお追熟加工中のむろの換気の時期はむろ内の炭酸ガス濃度をメルクマールにすれば非常に容易に判断できることがわかった。

文 献

- 1) 邨田卓夫：農業および園芸，40，(11)，1825 (1965)。
- 2) 桜井芳人他4名共編：果実・蔬菜の加工・貯蔵ハンドブック，(養賢堂)，——邨田卓夫：バナナの追熟貯蔵，p. 315 (1968)。
- 3) ASHRAE GUIDE and DATA Book, Applications for 1966 and 1967, p. 665 (1967)。
- 4) 加藤舜郎：食品冷凍の理論と応用，(光琳書院)，p. 521 (1966)。
- 5) 邨田卓夫・古 衡 山・緒方邦安：食品工誌，12，(4)，121 (1965)。
- 6) 邨田卓夫・緒方邦安：食品工誌，13，(9)，367 (1966)。
- 7) BURG, S.P. and BURG, E.A.: *Science*, 148, 1190 (1965)。
- 8) VON LOESECKE, H.W.: *Bananas*, (Interscience), (1950)。
- 9) BIALE, J.B.: *Advances in Food Research*, 10, 293 (1960)。
- 10) YOUNG, R.E., ROMANI, R.J. and BIALE, J.B.: *Plant Physiol.*, 37, 416 (1962)。

(1970年7月2日受理)