

トロピカルフルーツについての研究

—パパイヤ果実の追熟に関する研究—

高野 三郎

Study on the Tropical Fruit

—Part4. Study on the Ripening of Papaya Fruit—

Saburo Takano

まえがき

緒 言

トロピカルフルーツの一つであるパパイヤは、大部分がハワイで生産されている。しかし、このパパイヤは他の果実と同様に地中海ミバエによる被害が甚大である。そこで、このミバエの殺卵を目的として燻蒸剤のEDB（エチレンブromaid）を使用していたが、発癌性の問題から使用禁止となり、それに代わる殺卵方法の開発が必要となった。そこで新たな殺卵方法としては蒸熱処理（47.2℃、7時間）と呼ばれる処理方法が行なわれている。

しかし、この処理方法の欠点は蒸熱処理によるヒートショックでパパイヤ果実に生理障害果が生ずることである^{1~3)}。この生理障害果の出現は稀ではあるが、一度生理障害果になると種子周囲厚さ1~1.5cmにわたり軟化の進まない硬い組織ができ、その部分は可食状態に到らずに腐敗する現象が起こる。さらに最近では炭そ病など植物病原菌による腐敗防止のため、蒸熱処理をする前に48℃前後、20分の温熱処理も行なっている。ところでハワイから日本に輸入されるパパイヤは未熟な青いもので、追熟してから市販されている。その為に外部からは蒸熱処理によってひき起こされた障害果の判別は難しい。そこで今回は従来より医療の分野で用いられていて、現在食品の分野でも用いられるようになったX線の吸収（X線-CT）および核磁気共鳴（¹H-NMR）による画像解析を行い、非破壊的にパパイヤ果実の正常果と障害果の選別の可能性を検討したので報告する。

実 験 方 法

1. 温湯ならびに蒸熱処理

試料のパパイヤ果実はハワイ産のソロ種を用いた。パパイヤ果実は収穫後、病害・腐敗防止のため48℃前後の湯中に20分間浸漬する温熱処理をした。次にパパイヤ果実の中心の温度が47.2℃になるまで7時間かけて温度を上げていき、47.2℃に達したところで20分間処理し、水冷した。

今回のパパイヤ果実の非破壊的選別に用いた試料は以下の4種である。

- ①未熟果（G：Green 追熟度合いの色が1~2のもの³⁾）
果皮の色が緑色のものを示す。
- ②成熟果、正常果（C：Control 追熟度合いの色が5~6のもの³⁾）
果皮の色が黄色のものを示す。
- ③障害果、ラップ処理果（W：Wrap）

今回用いた障害果は蒸熱処理の段階でラップ処理を行い、人工的に生理障害を起こさせたものである。

④障害果標本 (T : Thermally injured fruit)

ラップ処理果実を実験前に中央部で輪切りにし、障害のあることを確認して、テープでとめ障害果の標本とした。

これらG、C、W、Tの4種4個の試料はFig. 1のように配置した。すなわち、写真の左上にG、左下にC、右上にW、右下にTを置き、4個のテープで固定し、実験の試料とした。

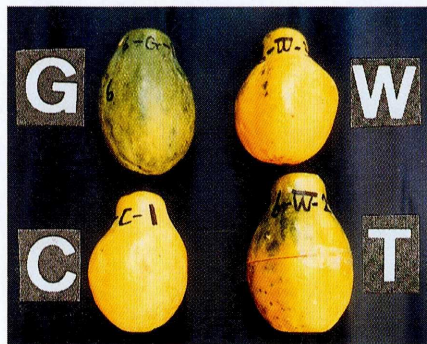


Fig. 1.—Cross sections of different samples papaya fruit. G:unripe fruit; C:control (ripe or normal fruit); W:wrapped treated fruit; and T:thermally injured fruit.

2. X線の吸収 (X線-CT) 測定

X線の吸収は医療用のX線CT、東芝TCT-60 A型を用いて果実の中央部10mm幅の断層画像を観察した。また果肉種子側 (内側)、果皮側 (外側) およびそれらの中間 (中側) の3箇所でのX線の吸収値を3mm半径で測定した。

3. 核磁気共鳴 ($^1\text{H-NMR}$] NMR) 測定

核磁気共鳴 ($^1\text{H-NMR}$) は医療用Philips GyroscanS-15による63.75MHZの5mm幅で ^1H (プロトン) 画像および 2mm^2 範囲での $^1\text{H-NMR}$ Signal Intesity、 $^1\text{H-NMR}$ T_1 値、 T_2 値を内側、中側、外側の5箇所について測定した。

実験結果および考察

1. 実験に用いた試料の外観

試料の外観の写真はFig. 1に示した。この写真で解るように外観からではパパイヤ果実に障害が起こっているかどうかの有無は判断できなかった。実際障害果のTは実験に先立ち切断して障害が起こっているのを確認し、障害果の標本として用いたものである。

2. X線-CTによるCT画像

Fig. 2は東芝医療用X線CTスキャナーを用いた時のX線の吸収画像である。CTイメージング (画像) による観察では、X線を透過する部分が黒く、透過しにくい部分は逆に白く画像上では写る。未熟果・正常果とも果肉部分では均一な吸収を示しているのに対し、果実標本Tは吸収の高い部分と低い部分が局在しており、未熟果、正常果と異なった画像を示していた。一方、果実Wも果実標本Tと同じく吸収の高い部分と低い部分が局在する同じ画像の挙動を示していることより、この果実は果実標本Tと同じ障害果実であると判断した。

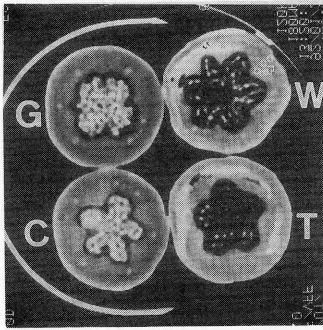


Fig.2—X-ray CT images of different samples of papaya fruit: G:unripe fruit; C:control (ripe or normal fruit); W:wrapped treated fruit; and T:thermally injured fruit.

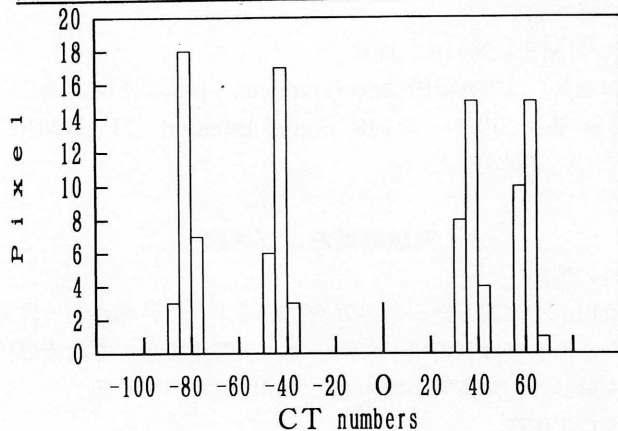
3. X線—吸収値

X線—吸収値を測定した結果、相対的に未熟果は低く、正常果は比較的高い吸収値を示した。一方、障害果W、障害果標本Tは正常果よりもさらに高い吸収値を示していた。

これによると、未熟果<正常果<障害果の順に吸収値が高いことがわかり、さらに障害部分では+の部分が見られた。

パイヤ果実では追熟軟化することにより、X線吸収値が次第に高くなることがわかった。しかし、障害部分の吸収値は水の吸収値0より、異常に高い値を示した。このことから、蒸熱処理で生じた障害果の障害は、追熟および軟化が停止しているばかりでなく、組織的にもなんらかの変化が起こったものと推察された。

Table 1—Histogram of X-ray CT numbers-III of different samples of papaya fruit



Mean	-92.5±5.3	-45.0±4.2	+34.0±6.2	+61.1±4.3
highest	-80.8	-37.0	+49.0	+71.0
lowest	-102.0	-54.0	+23.0	+53.0
	G	C	W	T

[180MAS · 120KV]. CT numbers

4. ¹H—NMRによるプロトン画像

Fig. 3が¹H—NMRによる共鳴シグナルの断層画像である。正常果と未熟果のプロトン分布は

ほぼ均一であるのに対し、障害果W、障害果標本Tとも局在しているのが知られた。さらにNM Rを用いて試料中央付近の厚さ1cmの断層画像を得、¹H(プロトン)による緩和時間を測定したところ、正常果の緩和時間に比べ、障害果の緩和時間の方が長い値を得た。この緩和時間を測定することによっても、正常果と障害果の違いを区別することが可能であると示唆された。

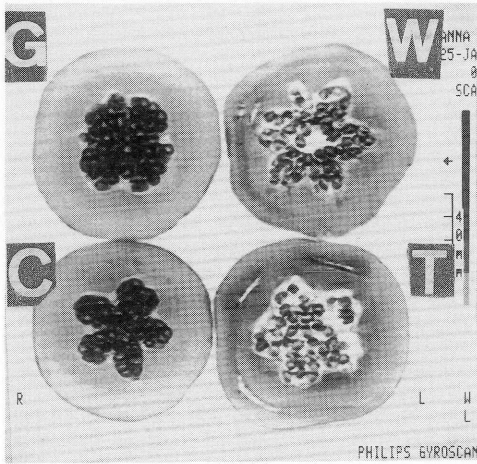


Fig.3.—H-NMR images of different samples of papaya fruit:

G:unripe fruit; C:control (ripe or normal fruit); W:wrapped treated fruit; and T:thermally injured fruit.

Table 2—Signal Intensity, T₁ and T₂ with ¹H-NMR in different samples of papaya fruit

		Sample	Endocarp	Mesocarp	Exocarp
Signal Intensity					
¹ H-NMR	G		443.2±44.9	477.8±33.5	393.6± 30.0
	C		534.4±31.5	482.8±34.1	462.1± 40.4
	W		753.3±82.5	805.3±59.5	753.5±106.7
	T		852.7±55.7	1279.5±52.6	876.2± 47.4
T ₁ (msec)					
T ₁	G		1000.3±70.3	1099.8±58.8	1153.5± 88.2
	C		1009.0±53.2	999.6±57.2	1005.3± 81.2
	W		884.1±31.3	907.3±40.6	1083.9± 45.5
	T		982.4±36.4	959.0±50.1	1145.0± 40.3
T ₂ (msec)					
T ₂	G		49.3± 7.0	49.3± 5.8	43.6± 4.8
	C		55.9± 5.2	45.9± 5.2	47.4± 6.6
	W		75.5± 8.0	63.4± 6.9	61.2± 16.3
	T		82.7±11.4	51.4±12.3	78.5± 11.4
SCTIME: 20:30 (4:21)		TI: 360			
TR SE : 760 (500)		FOU: 200 (200)			
TE : 20 0/4 (20 1/1)		THK: 5. 0 (5. 0)			
TR IR : 2240		ANT: 10. 0 (10. 0)			
PHILIPS GYROSCAN S15		() ¹ H			

さらに反転反復法によるT₁値(スピナー格子緩和)画像を得た。また同時にT₂値(スピナー緩和)画像も使い、T₁値、T₂値を内、中、外の三層について測定した。

T₁値は四者とも外部では同一の値を示し、未熟果では内部に向かってやや低い値となった。正常果ではいずれの部分でも差が認められなかった。障害果では外部に比べ、中、内部の方が低い値となった。

T₂値はT₁値より低く、正常果、未熟果はほとんど各部分で均一な値であるが、やや内部が高い

傾向であった。これに対して障害果W、障害果標本Tでは他の正常果、未熟果に比べ明らかに T_2 値が高くなっていた。

NMRイメージング（画像）による観察では水の密度の高い部分が白く、低い部分が黒く見える。従って、正常果では果肉全体が白く見え、水の密度が高く正常な追熟が行なわれていることが示唆された。

一方、障害のある果実の果肉の障害部分が黒く見える。これは、この障害部分においては水の密度低いため、正常な追熟が行なわれていないのではないかと考えられる。

以上のことを総合すると、X線断層画像および ^1H -MNR画像を単独または併用することによりパパイヤ果実で生じる障害果を非破壊的に選別する可能性が示唆された。

参 考 文 献

- 1) 高野三郎：トロピカルフルーツについての研究、生活科学研究、文教大学生生活科学研究所、第13集 39～43 1991
- 2) 高野三郎：トロピカルフルーツについての研究、生活科学研究、文教大学生生活科学研究所、第14集 41～45 1992
- 3) 高野三郎：トロピカルフルーツについての研究、生活科学研究、文教大学生生活科学研究所、第15集 51～57 1993