

## 園芸生産物の物性に関する研究 (第3報)

— マスクメロンの追熟中における力学的性質の変化 —

小島孝之・田中政信\*

(園芸工学研究室)

昭和52年3月29日 受理

Studies on the Physical Properties of Horticultural Products (III)

— Changes of mechanical properties of musk-melons  
during after-ripening stage —

Takayuki KOJIMA and Masanobu TANAKA

(Laboratory of Food Science and Horticultural Engineering)

Received March 29, 1977

### Summary

Physico-mechanical properties of musk-melons, *Cucumis melo* L., cultivars, 'Fukamidori' and 'Kosakku', were investigated on the harvested fruits in after-ripening stage during storage at room temperatures.

Such properties as weight loss, softness, elastic modulus, elastic degree, and absorbed energy were clearly different between the cultivars.

1. In both cultivars, elastic modulus decreased, but softness, absorbed energy and weight loss increased with the progress of the storage time.
2. 'Fukamidori' showed higher values in its elastic modulus and elastic degree than 'Kosakku'. On the contrary, the other properties such as weight loss, softness and absorbed energy were greater in the latter cultivar than in the former.
3. The elastic degree of 'Kosakku' reduced with the time but that of 'Fukamidori' did not.

### 緒 言

農産食品の物性は、その種類により種々異なった特性を有し、同一種のものでもその品種、系統により、あるいは熟度、生育環境によりかなり異なる場合が多い<sup>1-7)</sup>。したがって、果実や野菜を対象とする機械・装置・施設等の設計や操作にあたっては、それらの生物学的諸性質と同様に力学的性質を把握しなければならない。

しかしながら、果実・野菜の貯蔵性、たなもち性、あるいはその間の追熟とか劣化に伴う物性変化等に関するデータは少ない。

本報では追熟果菜類として一般的なマスクメロンのコサックとフカミドリを材料として用い、それらの採取後における物性変化を、とくに力学的性質について調査した。また、これと並行し

\* 佐賀県農業試験場

て食味に関するパネルテストを行ない、若干のデータを得たので報告する。

### 材料および方法

**供試材料** 佐賀県農業試験場(佐賀郡川副町)のビニールハウスで栽培されたコサック *Cucumis melo* L. cultivar. KOSAKKU, およびフカミドリ *Cucumis melo* L. cultivar. FUKAMIDORIを用いた。コサックおよびフカミドリとも接ぎ台の違いにより、果実の品質に差異が生ずるか否かの検討を加える実験目的のため、それぞれ自根、エメラルド台木およびテツカブト(カボチャ)台木で接木栽培したものである。しかしながら、ここでは接ぎ台の違いを無視して大きくコサックとフカミドリの力学的性質について要めたものである。したがって、それぞれの測定値には、自根栽培のもの、エメラルドおよびテツカブトに接木して栽培したもののデータが同一品種として含まれている。コサックは1974年6月18日、フカミドリは同年7月10日にそれぞれ収穫したものを供試した。

**測定方法** 収穫したメロンは佐賀大学園芸工学研究室まで運搬し、直ちに果形、重量、密度などを測定したのち、室温(22~29°C, 60~80%R.H)に貯蔵し、これをたなもち期間とした。この期間中の果実の目減り、やわらかさ、吸収エネルギー、圧縮弾性率、変形回復率(弾性度)、果肉貫入抵抗を測定し、同時に食味に関するパネルテストを行なった。

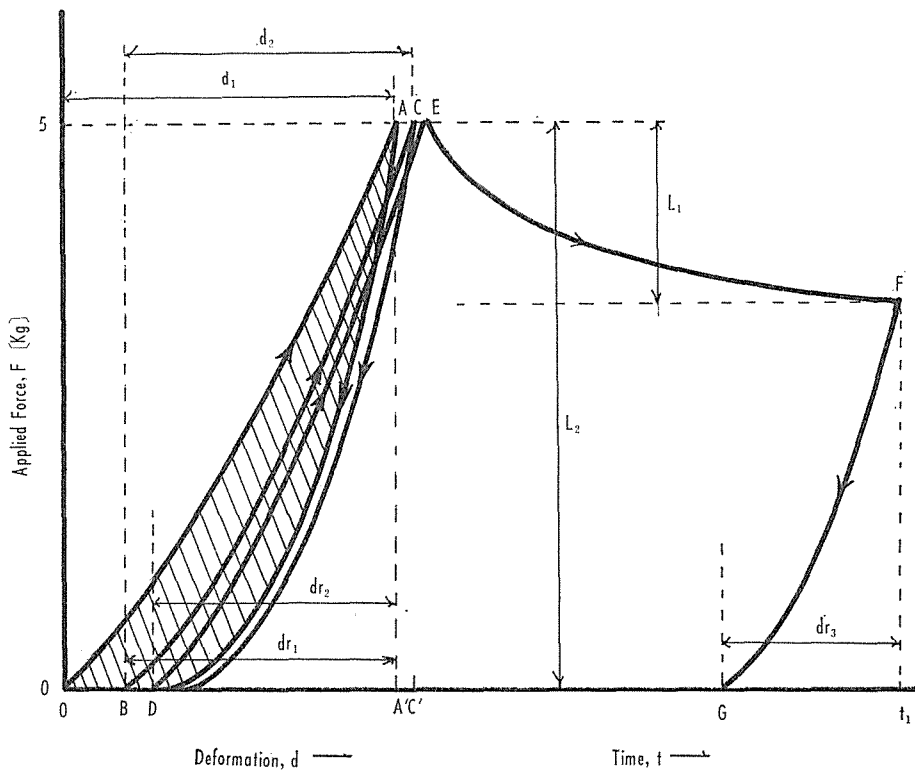


Fig. 1. Typical compression plate force-deformation curves showing the following properties: Softness;  $S_1 = \overline{OA}/5$  [cm/kg], Absorbed energy  ${}_1E_n = \text{area O-A-B-O}$ , Elastic degree;  ${}_1E_d = dr_1/d_1$ ,  ${}_tE_d = d_3/d_3$  (Elastic degree after  $t_1$  time relaxation), Relaxation ratio;  $R_r = L_1/L_2$ .

力学的性質の測定には万能引張試験機（テシロン UTM-4L）を利用した。

やわらかさ（Softness, cm/kg）は果実を鋼製平行平板で圧縮した際の 1kg 当りの外力に対する変形量で示した。

果実の熟度あるいは鮮度を判断するために果実を手でにぎりしめたりゆるめたりすることがあるが、その際に果実に加える力は大体 0~5kg の範囲である。そこで、平行平板で果実にかかる外力の最高を 5kg とし 0kg と 5kg のロードサイクル試験を行ない、その 1 回目の果実圧縮曲線から読みとった 1kg 当りの変形量を  $S_1$ 、第 2 回目の圧縮曲線から読みとったものを  $S_2$  (cm/kg-plate) とした（第 1 図）。

吸収エネルギー（Absorbed energy, kg-cm）は一般にやわらかさを内含した果実熟度の指標となるものである。第 1 図の平板ロードサイクルによる外力-変形のヒステリシスループ面積から算出した。第 1 回目のヒステリシスループ面積から得られるものを一次吸収エネルギー  ${}_1E_n$ 、第 2 回目のグループ面積から求められるものを二次吸収エネルギー  ${}_2E_n$  と呼称した。

圧縮弾性率（Static compression elasticity, kg/cm<sup>2</sup>）は次式から計算できる<sup>7,8)</sup>。

$$E_s = \left[ 1.125 (1 - \mu^2)^2 \frac{F^2}{D d^3} \right]^{1/2} \quad \left. \vphantom{E_s} \right\} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{0.5M + 0.1(100 - M)}{100}$$

ここで、 $\mu$ : ポアソン比、 $M$ : 含水率(%),  $F$ : 平板による圧縮力(kg),  $D$ : 果実の平均直径(cm)  $d$ : 圧縮時の果実変形量 (cm) である。ポアソン比  $\mu$  は実測困難のため上記仮定式による計算値を利用した。

ロードサイクル 1 回目の圧縮曲線から  $F$  と  $d$  を読みとり、式(1)に代入して求めたものを一次弾性率  ${}_1E_s$ 、第 2 回目の圧縮曲線から求めたものを二次弾性率  ${}_2E_s$  として表した。

変形回復率すなわち果実の弾性度（Elastic degree）はロードサイクル圧縮時における変形量に対する回復変形量の比をもって表した。1 回目のロードサイクルから得られた弾性度を一次弾性度  ${}_1E_d$ 、2 回目のロードサイクルから得られたものを二次弾性度  ${}_2E_d$  とした。また、定変形を 1 分間与えたのちの変形回復率も求めた。

果肉貫入抵抗および貫入エネルギー（Penetration energy, kg-cm/cm<sup>3</sup>）の測定は果実を赤道面に直角に縦切断し、半球形としその内側から外側の果皮部へ向けて直径 5mm のガラス棒を貫入させ、その抗力を測定した。

貫入抗力と貫入距離の記録曲線から貫入エネルギーを計算した。すなわち、貫入エネルギー  ${}_pE_n$  は貫入抗力と貫入距離の積であり、第 8 図 a の曲線下の面積に示されるものである。ここでは、パネラに供試したのちに測定したメロン非可食部の抗力はいずれも 1kg 以上の値であったため、1kg に達するまでの貫入曲線下の面積を貫入したプランジャ体積で除して貫入エネルギーとした。

食味評価については毎回 1 品種につき 3 個のメロンを供試して行ない、1 個当たり 16 片の半月状の試片を作成して 10 人から 15 人のパネラに常温のまま試食させた。試食の時間帯は毎回午後 3 時から 4 時の間とした。

評価項目は、色、香り、やわらかさ、なめらかさ、味、総合評価でそれぞれの項目について 0 点から 10 点まで各パネラの主観により評点した。なお、それぞれの品種の味、色、香りなどの各項目について普通と思われるものを 5 点に評価するよう申し合せた。つまりこのパネルテストでは品種間の差異よりも、それぞれの品種が高級果菜として商品的価値を持続しているか否かに注目したのである。

## 結 果

1. 供試材料の特性 実験に供したマスクメロン2品種の特性を示すと第1表のようであった。果形指数  $D/H$  はコサックが0.95で、フカミドリ0.89より高い値を示し、より球形に近いことを示した。

Table 1. Characteristics of the melons, *Cucumis melo* L. cultivar. 'Kosakku' and 'Fukamidori'.

Material \ Heading	Diameter D [cm]	Height H [cm]	Weight W [g]	D/H [—]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Thickness of flesh [cm]	°Bx	Moisture content [% W.B.]
Kosakku	12.7	13.4	1073.7	0.95	0.93	3.03	12.2	87.3
Fukamidori	12.3	13.8	1150.7	0.89	0.97	2.87	15.5	88.3

密度はフカミドリが0.97g/cm<sup>3</sup>で、コサックの0.93g/cm<sup>3</sup>より高く、果肉においてフカミドリがより密であることを示した。

肉厚は若干コサックが大であるようであるが、その差はほとんど無視できる程度で、果径  $D$  に対する肉厚  $t$  の比で見るとほぼ同じ値であった。なお、肉厚は可食部厚さとした。

糖度 °B<sub>x</sub> は、フカミドリが15.5%でコサックの12.2%よりかなり高い値を示した。

含水率はフカミドリが88.3%、コサックが87.3%であった。

2. 室温貯蔵中の目減り 室温貯蔵中の目減りは、貯蔵期間が長くなるにつれて大きくなっていくが、その目減り速度は第2図に示すように収穫直後の数日間はコサックの方が0.67%/dayであり、フカミドリの0.42%/dayより大であった。しかし、収穫後6日目以後の目減り速度はほぼ同じであった。

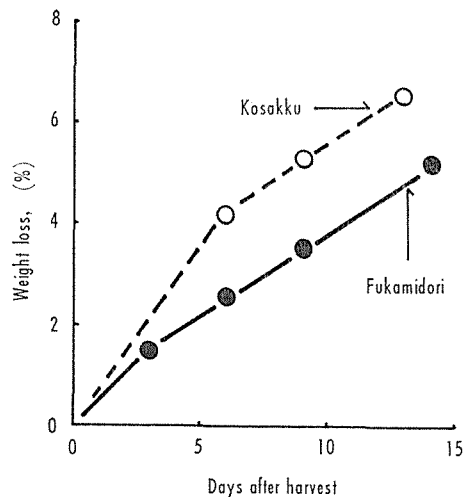


Fig. 2. Weight loss during after ripening stage in storage at room temperatures.

## 3. 貯蔵中における物性変化

3-1. やわらかさは第3図に示すような変化を示した。

ロードサイクル1回目の圧縮曲線から求めたやわらかさ  $S_1$  は、2回目の圧縮曲線から求めた

$S_2$  より大であった。また、 $S_2$  に対する  $S_1$  の比はコサックがフカミドリより大であった。すなわち、コサックにおいては  $S_1/S_2$  は1.35から1.86へ経時的に顕著に増大し、フカミドリにおいては1.28か1.24へわずかに減少の傾向がみられた。

3-2. 圧縮弾性率はやわらかさとは逆に経時的に低下していった。1回目の圧縮曲線から求めた一次弾性率は2回目の圧縮曲線から求めた二次弾性率より常に小さい値であったが、貯蔵中にはいずれも経時的低下を示した（第4図）。

コサックの圧縮弾性率  $E_s$  はフカミドリの  $E_s$  よりかなり小さく、果実が軟弱である徴候を示

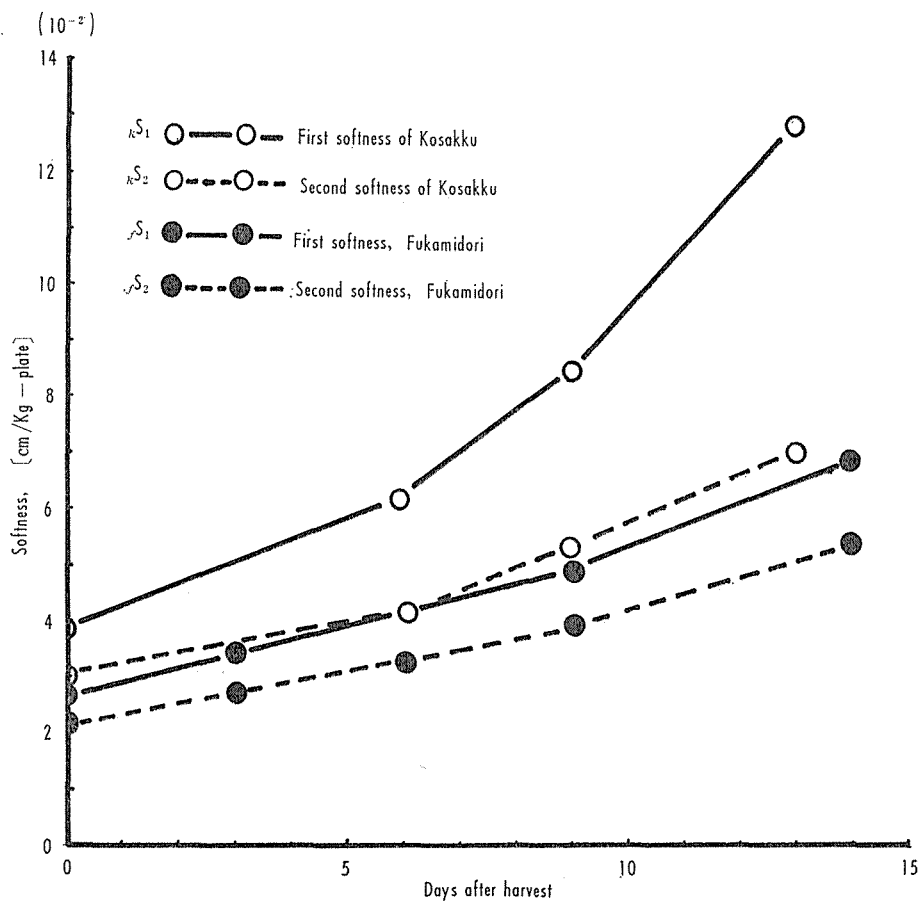


Fig. 3. Changes in the softness of the musk-melons during storage at room temperatures (1974).

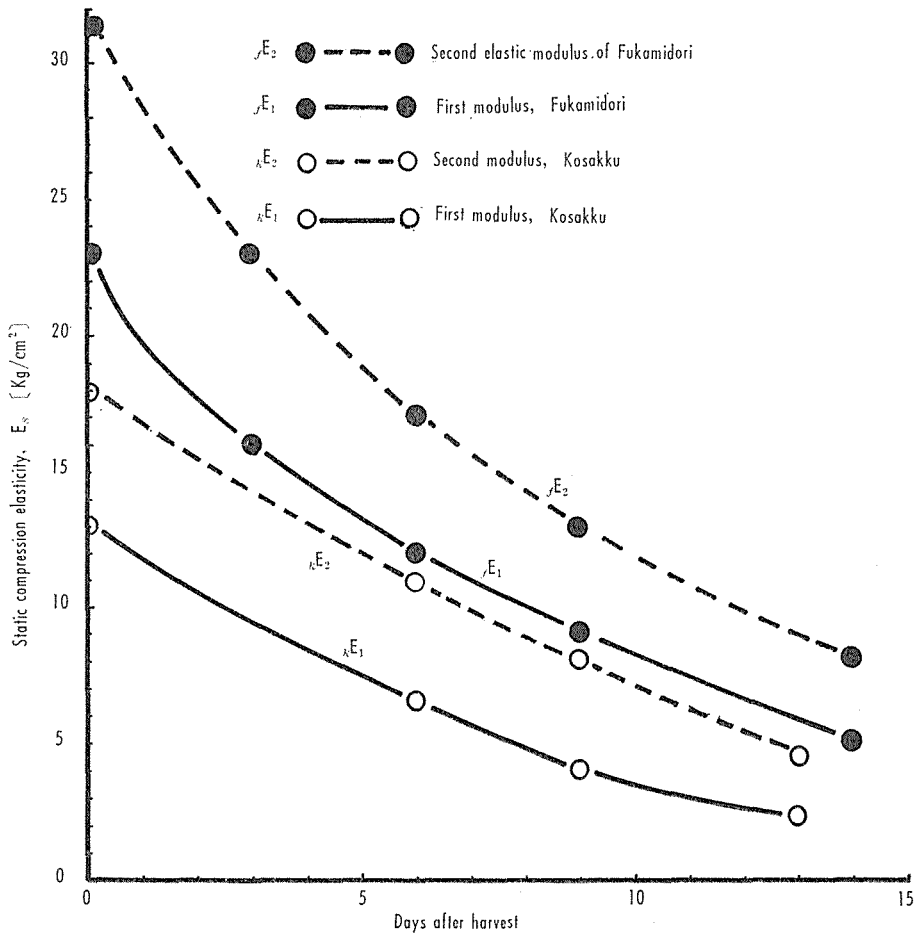


Fig. 4. Changes in the elastic modulus of the musk-melons during storage.

した。また、 ${}_1E_n$  に対する  ${}_2E_n$  の比をみると、第5図に示すように採取時にはコサックおよびフカミドリともにほとんど同程度で差異がみられないが、その比の低下速度はコサックの方がフカミドリよりかなり大であった。

**3-3. 弾性度すなわち変形に対する回復能力**は第6図に示すようにコサックでは漸次低下していくが、フカミドリでは貯蔵中ほとんど変化がみられなかった。

コサックの弾性度は採取時には0.77であるが、その1週間後には0.70、2週間後には約0.65となった。また、変形を1分の与えたのちの復元率は採取時では68%、1週間後で60%、2週間後には約57%となった。

フカミドリの場合は、採取時における一次弾性度0.77、二次弾性度は0.95であったが、その後の貯蔵期間中にもほとんど変化せず、ほぼ一定であった。

**3-4. 吸収エネルギー**は第7図に示すような結果であった。すなわち、コサックの吸収エネルギー  ${}_1E_n$  は採取直後の0.17kg-cmから漸次増大し、貯蔵13日目には0.80kg-cmとなった。フカミドリの  ${}_1E_n$  は、採取時には0.10kg-cmであったものが、貯蔵14日目には0.35kg-cmまで増大した。

**3-5. 果肉貫入抵抗、貫入エネルギー**の測定結果は第8図に示している。一般に採取時のメロン果肉に対するプランジャ貫入抵抗曲線は第8図aの曲線①のように代表されるが、貯蔵中次第に

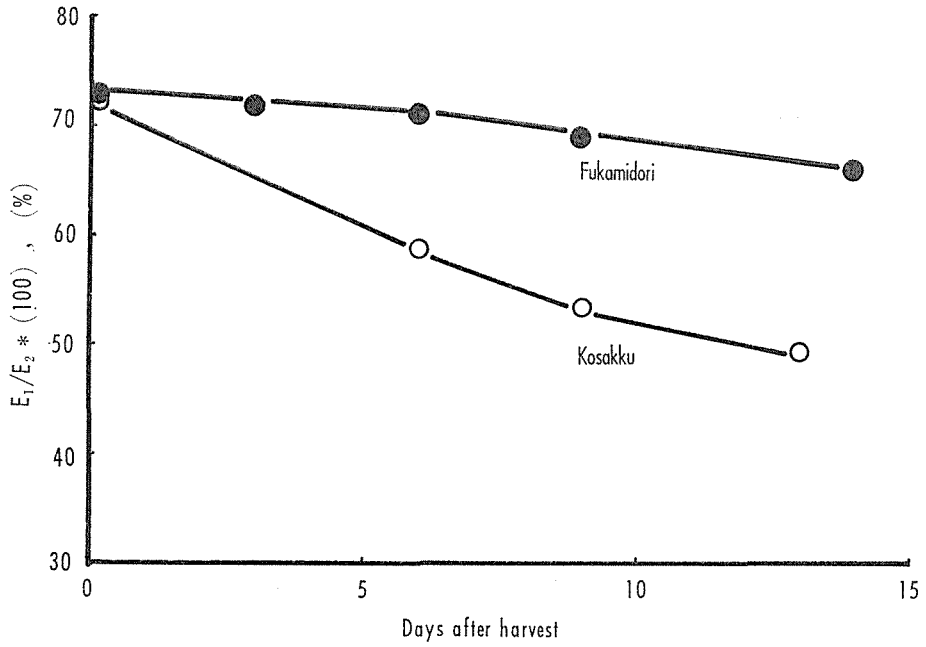


Fig. 5. Changes in the ratio of first elastic modulus to second modulus of the fruits during storage at room temperatures.

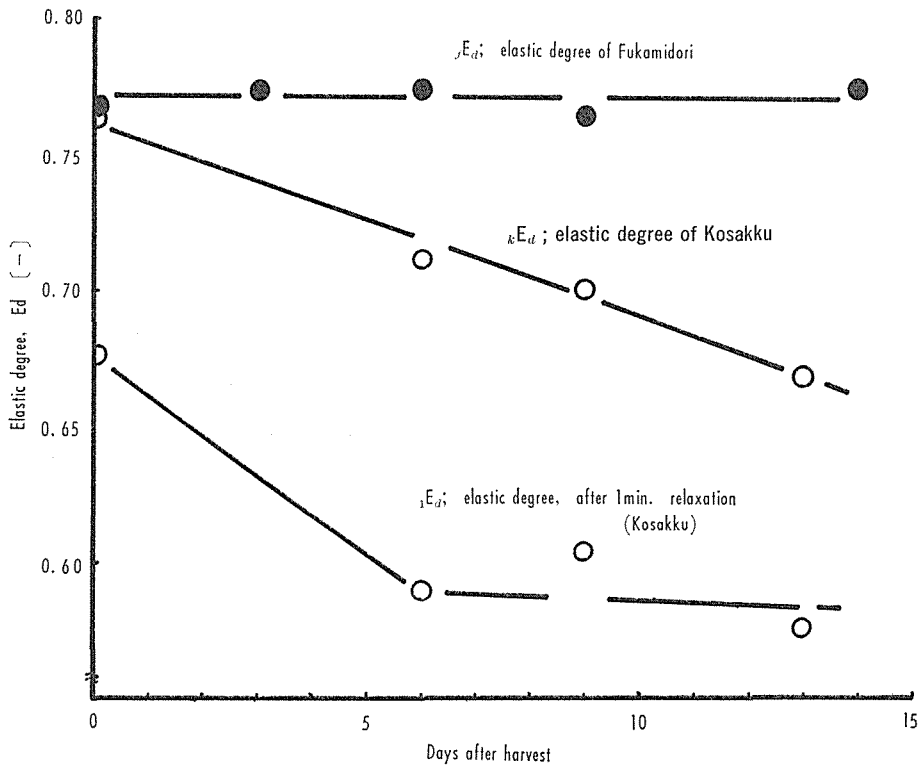


Fig. 6. Changes in the elastic degree of the fruits during storage at room temperatures.

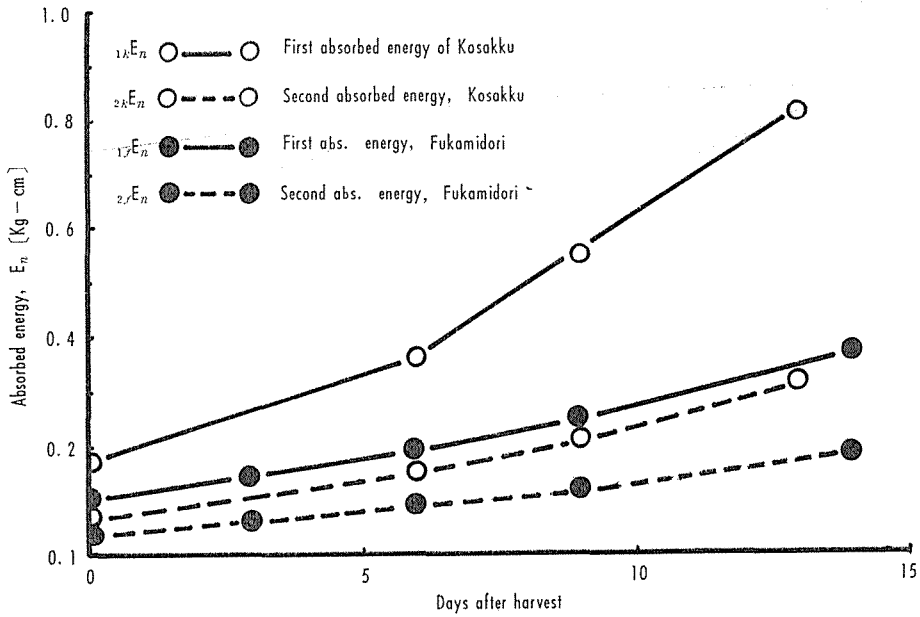


Fig. 7. Changes in the absorbed energy of the fruits.

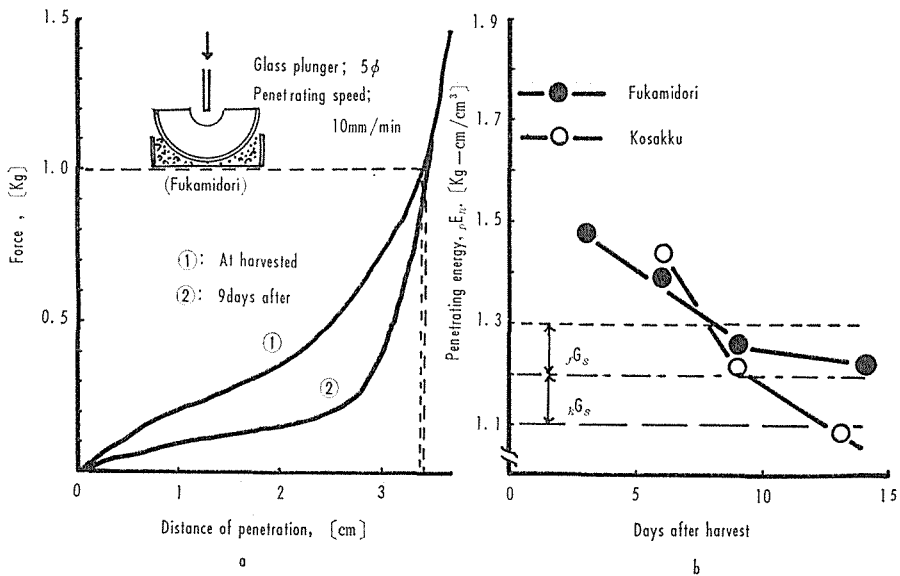


Fig. 8. Changes in penetrating force-distance curves and penetrating energy of the fruits:  
 $fG_s$ ; good score range in sensory panel tests of FUKAMIDORI.  
 $kG_s$ ; good score range in sensory panel tests of KOSAKKU.



低下し、貯蔵9日目では曲線②のようになった。この貫入抵抗曲線が1kgになるまでの可食部果肉に対する貫入エネルギーを求めると、第8図bのような経過で低下していることがわかった。この低下速度はコサックがフカミドリに比べてかなり大であった。

4. 食味試験、採取した日から貯蔵7日目までは、コサックおよびフカミドリともにパネラの評点は次第に良くなった。しかし、貯蔵7日目以後の10日、14日、15日における評点には余り変化がなかった。また、機械的に測定したやわらかさの値では、コサックがフカミドリより大であるのに、食味試験では逆の評点が得られた。結果の1例を Fig. 9 に示す。

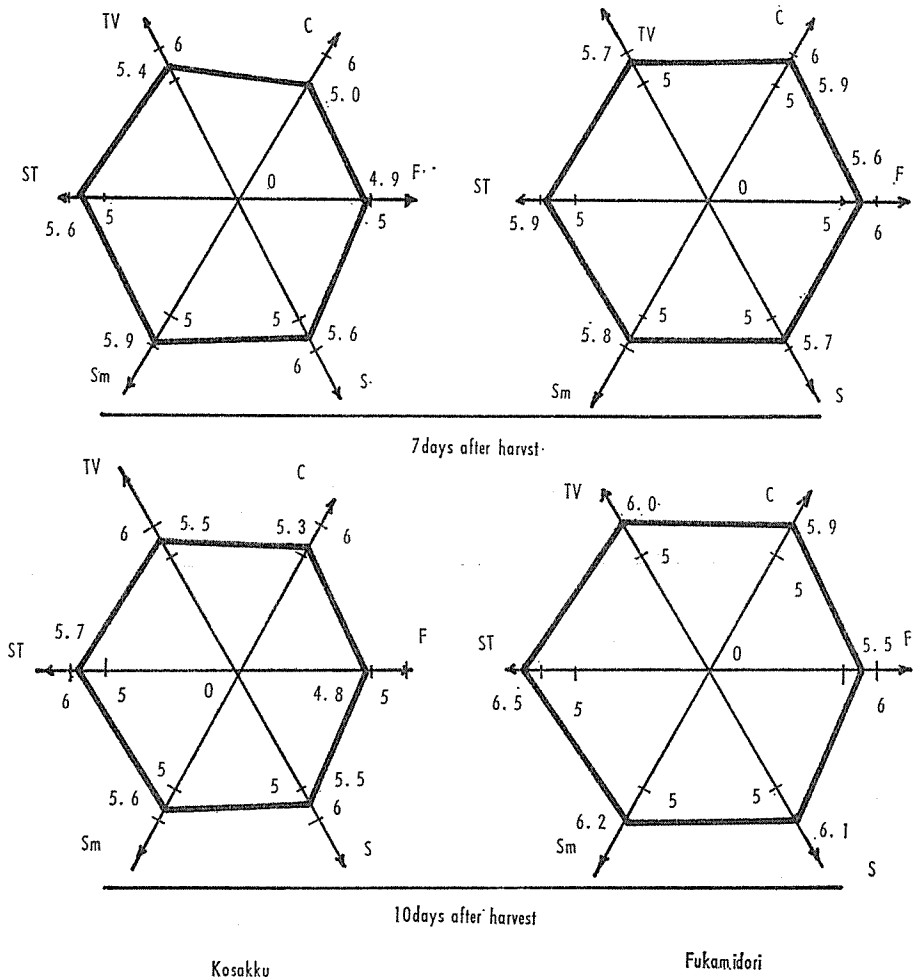


Fig. 9. Sensory test scores of the fruits;

C: Colour, F: Flavor, S: Softness, Sm: Smoothness, ST: Sweet taste, TV: Total valuation.

コサックの10日目以後における果肉には軟弱化した組織が部分的にみられた。食味評価点が高かったときの果肉貫入エネルギーはコサックで  $1.1\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$ 、フカミドリで  $1.3\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$  のところであった。

## 考 察

収穫後のマスクメロンのたなもち期間（常温貯蔵）中における物性変化の速度は、そのまま追熟の速度とみなすこともできると考えられるため、物性変化を知ることはそれら品種特有の物性値をつかむことと同様に重要である。

本実験に用いたメロン2品種の貯蔵中における物性変化を総合的にまとめると第10図のようになる。

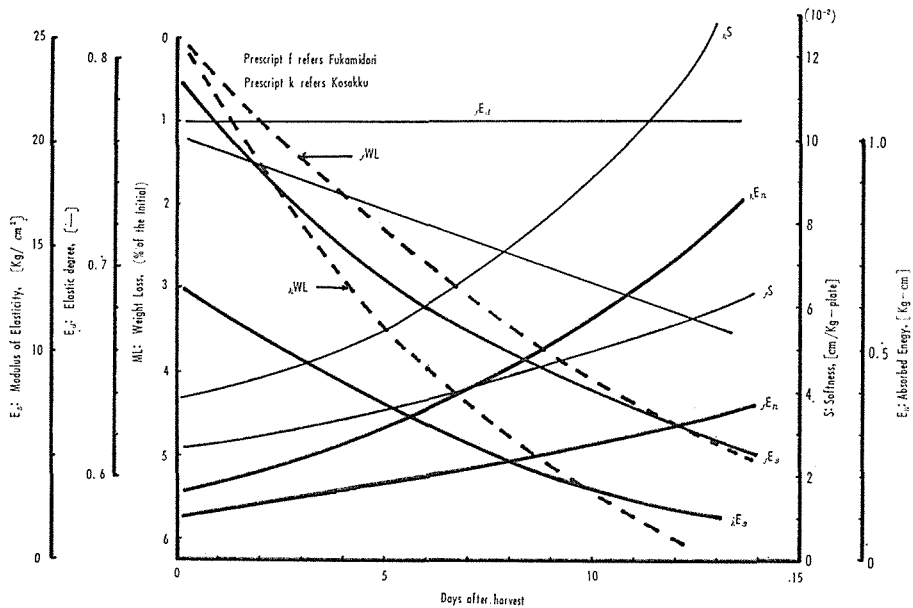


Fig. 10. Changes in physical properties of the musk-melons during storage at room temperatures.

貯蔵中の目減りの増大とともに、圧縮弾性率は漸次低下する。それらの変化速度は目減りではコサックが大であったが、圧縮弾性率ではフカミドリの方が大であった。

弾性度はコサックの場合は次第に低下していくのに対して、フカミドリの場合はとくに収穫直後からほとんど変化しなかった。これは、品種間の差異、とくに果実の組織構造上の木目の細かさなどに起因するものと思われる。たとえば、果実の密度においてもフカミドリの方がコサックよりかなり大きいことなどもこの木目の細かさを裏付けるものと考えられる。

また、第7図に示されたように果肉貫入エネルギーの低下速度は、目減り、弾性率などと同様にフカミドリよりコサックの方が大で、コサックの軟化がより速いことを示している。しかし、この軟化速度の大きさ、果肉のやわらかさ、貫入エネルギーの小ささなどもその果肉自体のもつテクスチャとしてのなめらかさをよく表わしえないようである。

果肉の吸収エネルギー、やわらかさは追熟が進むにつれて増大したが、それらの物性値はコサックの方が大で、フカミドリより早く軟弱化することを示した。しかし、それにもかかわらず食味評価の上からの果肉性状の比較ではコサックよりフカミドリがなめらかで、歯ざわり、舌ざわりが良いという結果が得られた。

硬さはかたく、貫入エネルギーも大であるフカミドリの方が果肉をスプーンですくう際の力が小

さく、なめらかさがよいように感じられるのは、前述のように組織構造上の木目の細かさに起因するものがあると考えられる。すなわちコサックではフカミドリよりやわらかいが、その果肉の構造上の木目は粗で、しかも繊維質のすじが比較的多く散在していることなどが、その主な原因であるといえよう。

### 摘 要

マスクメロンのコサックとフカミドリについて、その収穫直後からの常温貯蔵たなもち期間中の物性変化を調査した。

その結果、マスクメロンでもその品種の違いによって物性値、あるいはその変化速度において明確な差異が存在することがわかった。

### 謝 辞

本実験に御協力いただいた園芸工学専攻生、山崎正博君（S. 50. 3卒、現在金子農機K. K. 開発部）、および料試提供していただいた佐賀県農業試験場に記して謝意を表す。

### 引 用 文 献

- 1) 石橋貞人・小島孝之（1969）農産食品の力学的性質に関する研究（第1報）農機誌 30, 231~236, 240.
- 2) ————・—————（1970）—————（第2報）—————32, 59~64.
- 3) 小島孝之・石橋貞人（1970）—————（第3報）—————32, 145~149.
- 4) ————・—————（1974）—————（第4報）—————36, 298~302.
- 5) ————（1975）園芸生産物の物性に関する研究（第1報）—————36, 549~554.
- 6) ————（1975）—————農機学会九州支部誌 23, 1~13.
- 7) ————・田中政信（1976）果実の熟度判定に関する音波共振法の応用。佐賀大農彙 41, 21~29.
- 8) Shpolyanskaya, A. L. (1952) Structural mechanical properties of the wheat grain. *Colloid Journal* (English Translation) 14, 137~148.