

## 学位論文題名

メロン果実の追熟とテクスチャーに関する  
客観的評価法の開発

## 学位論文内容の要旨

メロン (*Cucumis melo* L.) は、わが国における主要な果実野菜の一つであり、北海道ではその冷涼な気象条件を利用して、本州以西では困難である夏から秋にかけての高品質メロンの生産が行われている。メロンは追熟性の果実であり、収穫後一定期間を経てはじめて最良の品質の果実となる。収穫後のメロンの果実品質において、もっとも劇的に変化する特性の一つが可食部の肉質（テクスチャー）である。テクスチャーはメロンにとって非常に重要な食味要素であり、主として収穫後の果肉テクスチャーの変化が至適追熟期間および可食期間を決定する。メロン果肉のテクスチャーは繊細であり、従来、テクスチャーの評価は主として主観的評価（官能評価）法によって行われてきた。しかし、主観的評価は、再現性や普遍性、コストといった面に問題があり、生産流通ばかりでなく、新品種を育成する立場からも客観的評価（機器による評価）手法の確立が強く望まれてきた。本研究は、個々のメロン品種にとって最良の追熟期間を推定し、加えて、最適条件での果肉の品質を比較するための、メロン果肉テクスチャーの客観的評価方法について検討したものである。論文の内容は以下のように要約される。

## (1) メロン果実の成熟、追熟および品質特性

メロン果肉は追熟中に軟化し、その進み具合には品種間で大きな違いが認められた。パネリストによる食味評価によって、果肉は追熟にともなって甘くなると評価されたが、組織の糖度 (Brix 値) は、すべての品種で追熟中変化しないか、ごく僅かずつ低下する傾向にあった。糖などの甘味成分の組成に大きな変化は見られなかったことから、果肉の軟化によって、甘味の評価が変化したと推定された。この効果をより詳細に検討したところ、収穫から追熟後までの果実軟化は、3%程度の糖度上昇に相当することがわかった。

## (2) 食味評価による嗜好性の検討と果肉テクスチャー

食味の評価は、テクスチャーの評価と高い相関があり、相対的に軟らかく感じる果実で高く、硬いと感じる果実で低いことがパネルテストにより明らかとなった。一方、軟化がより進行する過程で、軟化によってテクスチャーの評価が向上し続ける品種と、やがて向上しなくなる品種とがあった。そこで、テクスチャーを構成する要素の相互関係を検討したところ、繊維の多少など、硬さ以外の特性が、軟化が進んだ段階でのテクスチャー評価に影響していることが示唆された。

パネリストが食味評価にあたり重視する項目としては、甘味がもっとも順位が高く、硬さ、ジューシーさ、なめらかさなどテクスチャーに関する項目がついだ。香りの重要度は低かった。結果を要約すると、「ほどよい甘さがあり、やや軟らかく、ジューシーであり、果肉の繊維質が少なく、若干の香りがあり、果肉色がやや濃い」メロンが高く評価された。適切に追熟を経た果実による比較において食味が高くスコアされた品種は、‘サッポロキング ER’、‘めろりん’、‘キングメルター’など追熟が早く進むタイプの品種であった。これらの品種はテクスチャーの判定においても高い評価を得た。糖度などの成分は、現在のメロン栽培では収穫時にほぼ満足いくレベルに達していることから、消費される段階では果肉テクスチャーがほぼ食味の評価を決定していると考えられた。

### （３）追熟にともなう細胞の形態および細胞壁成分の変化

追熟にともなう果実の軟化は細胞壁のうちペクチン成分の変化によることが明らかにされている。そこで、追熟中におけるペクチン成分の変化について調べたところ、果実軟化にともない水溶性ペクチン（WSP）量の増加と塩酸可溶性ペクチン（HSP）量の減少が認められた。特に WSP 量の変化は果肉軟化の進行と密接に関連しており、軟化の早い品種ほど WSP 量の増加が顕著であった。そこで、北海道で栽培されている主要メロン品種果実を用い、両者の関係を解析した。その結果、果肉の硬さは WSP 量の関数で表されることがわかった。果実の軟化に関連し、ペクチンの可溶化に重要な役割を果たすと考えられている酵素にポリガラクトナーゼがある。しかしメロン果肉にポリガラクトナーゼ活性は検出されず、他の酵素がペクチンの可溶化にはたらいっている可能性が示唆された。また、組織学的検討によって、追熟の過程で、果肉組織に細胞壁の顕著な分解や、細胞の崩壊が起きないことがわかった。

### （４）メロン果肉テクスチャーの客観的評価法の開発

果肉テクスチャーを客観的に評価する方法を確立するため、テクスチャープロファイルアナリシス（TPA）のプロトコル（Bourne, 1963）に従って果肉の物性を解析し、テクスチャーの官能評価値との関係について検討した。解析の結果、追熟の進行とともに「硬さ」値（果肉試料組織を圧縮した時の最大荷重値）が著しく減少することがわかった。「硬さ」値の変化には品種による違いが見いだされたが、官能評価による硬さの推移をよく反映していた。官能評価によるテクスチャーの評価と硬さとの関連を解析したところ、すべての品種で硬さの低下がテクスチャー評価向上の主要因であることがわかったが、テクスチャーの優劣を「硬さ」値から推定することには限界があった。そこで、よりの確にテクスチャーを表現する物性値を探索した。その結果、TPA のプロトコルに従って得られた 2 回め圧縮時の最大荷重値を含む 3 つのパラメーターと、テクスチャーの評価との関係に高い相関が見いだされた。さらに、実際の作業効率を考慮し、1 回の圧縮から得られる測定値のみによる解析を試みたところ、75 mm 圧縮プレートをプローブとして用いて得られた最大荷重値、最小荷重値および荷重の二次微分値の総和を因子とする重回帰式によって、同程度の精度でテクスチャーを評価することが可能であることがわかった。さらに、パネリストによる食味検査の結果に対しても、この演算式が高い精度で適応することが確かめられた。

なお、果肉軟化の進みが顕著で、テクスチャーおよび食味の総合的評価が優れていた品種

は、「凝集性」とされる物性値が低い値を示すグループとして他の品種と区分された。

これら一連の研究によって、品種に最適な追熟期間および追熟後の果肉テクスチャーの優劣を、機器分析によって推定することが可能となった。この成果はメロン生産における追熟管理ならびに低コスト新品種育成に貢献するものと期待される。

# 学位論文審査の要旨

主査	教授	増田	清
副査	教授	鈴木	正彦
副査	教授	荒木	肇
副査	准教授	川村	周三

## 学位論文題名

### メロン果実の追熟とテクスチャーに関する 客観的評価法の開発

メロン果実は、収穫後に果肉の性質が変化することによってはじめて最良の品質をもつ食品となる。収穫後のこの過程は追熟とよばれている。追熟に必要とされる日数やその間における果実肉質の変化はメロン品種によって多様であり、それゆえ、追熟特性の把握は、個々の品種について必要である。また、新たにメロン新品種を育成する場合においても、新品種あるいは育成系統ごとに追熟特性を把握し、最良の条件で果肉を評価する必要性が生じる。そのため、品種によらず最適な追熟条件を探ることができる客観的な果肉評価法の開発が望まれてきた。

提出された論文は、果肉テクスチャーの変化がメロンにおける追熟の主要な要素であることに着目し、収穫後の果実の果肉特性の変化を調べるとともに、機器を用いて果肉テクスチャーを評価する客観的手法を検討したものである。本論文は図 39, 表 19, を含む総ページ数 130 の和文論文であり、別に参考論文として5編が添付されている。論文の内容は以下に要約される。

#### (1)メロン果実の成熟、追熟および品質特性について

メロン果肉は追熟中に軟化し、その進み具合には品種による大きな違いが認められた。パネリストによる食味評価によって、果肉は追熟にともなって甘くなると評価されたが、組織の糖度(Brix 値)は、すべての品種で追熟の過程で変化しないか、むしろ僅かずつ低下する傾向にあった。糖などの甘味成分の組成は収穫時に比べ大きな変化は見られなかったことから、甘味に対する評価は組織の軟化によって変化すると推定された。

#### (2)食味評価による嗜好性の検討と果肉テクスチャー

食味の評価は、テクスチャーの評価と高い相関があり、相対的に軟らかく感じる果実で高く、硬いと感じる果実で低いことがパネルテストにより明らかとなった。一方、軟化が進行す

る過程で、品種によりテクスチャーの評価が向上し続ける品種と、軟化がある程度進行したのち、やがて食味評価が向上しなくなる品種とがあった。そこで、テクスチャーを構成する各要素の相互関係および作用の程度を分析した。その結果、繊維の多少などの硬さ以外の特性もテクスチャー評価に影響していることが明らかとなった。テクスチャーの評価において高く評価された品種は、食味の総合的な評価においても高い評価を得た。

### (3) 追熟にともなう細胞の形態および細胞壁成分の変化

追熟にともなう果実の軟化は、細胞壁を構成するペクチン成分の変化によると考えられている。そこで、追熟中におけるペクチン成分の変化について調べたところ、果実の軟化にともない水溶性ペクチン量の増加と塩酸可溶性ペクチン量の減少が認められた。特に水溶性ペクチン量の変化は果肉軟化の進行と密接に関連しており、軟化の早い品種ほどその増加が顕著であった。そこで、主要メロン品種について調べた結果をもとに、果肉の硬さを水溶性ペクチン量から推定する方法を検討した。その結果、果肉の硬さを水溶性ペクチン量の関数として表すことが可能となった。

果実の軟化に関連し、ペクチンの可溶化に重要な役割を果たすと考えられている酵素にポリガラクトナーゼがある。しかしメロン果肉では、この酵素の活性は検出されなかった。このことから、ポリガラクトナーゼ以外の酵素がペクチンの可溶化や果実の軟化にはたっていると推察された。追熟する前と後の果肉について、組織学標本を作製し顕微鏡観察を行ったところ、組織や細胞の形態に有為な差異は認められず、メロン果実の追熟は、細胞の形態変化をともなう変化ではないことが示唆された。

### (4) メロン果肉テクスチャーの客観的評価法の開発

果肉テクスチャーを客観的に評価する方法を確立するため、テクスチャープロファイルアナリシス(TPA)のプロトコル(Bourne, 1963)に従って果肉の物性を解析し、テクスチャーの官能評価値との関係について検討した。その結果、追熟の進行とともに「硬さ」値(果肉試料組織を圧縮した時の最大荷重値)が著しく減少することが確かめられた。「硬さ」値やその変化には品種による違いが見られたが、同時に、その傾向はパネルテストによって評価された硬さの推移や品種による違いを反映するものであった。

官能評価によるテクスチャーの評価と硬さとの関連を解析したところ、すべての品種において硬さの低下がテクスチャー評価向上の主要因であることがわかった。しかし、テクスチャーには多数の物性要素が含まれるため、その評価を「硬さ」値のみから推定するには限界があった。そこで、よりの確にテクスチャーを表現する物性値を探索した。その結果、円盤状の圧縮プレートをプローブとして用いて得られた最大荷重値、最小荷重値および荷重の二次微分値の総和を因子とする重回帰式を導入することによって、高い信頼度でテクスチャーを評価できるようになった。さらに、この演算式が、パネリストによる食味評価の結果に実用上十分な精度で適応することが確かめられた。

メロン果肉の品質を決定する主な要素は、糖度、香気成分、果肉テクスチャーである。これらの要素のうち、糖度および香気成分については、屈折率計やクロマトグラフィーなどの機器による評価法が進んでいる。一方、果肉テクスチャーの評価はパネリストによる食味試

験に頼らざるを得なかった。食味試験における信頼性を高めるためには相当規模の試験を繰り返し行わなければならない、このことがメロンの新品種育成を困難にする一要因ともなっている。本研究によって、個々の品種に最適な追熟期間を推定し、追熟後の果肉テクスチャーの優劣を、機器分析によって判定する道が拓かれた。この成果はメロン果実の追熟管理ならびに低コスト新品種育成に貢献するものと期待される。よって審査員一同は、平井剛が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。