

## 6 総合考察

メロン (*C. melo* L.) は、きわめて変異に富んだ種であり、多くの変種 (variety) に分化している (藤下, 1983)。詳細な分類については現在でも論議のあるところである (Munger と Robinson, 1991) が、本稿における変種名の記載などは、わが国で一般的に採用されている Naudin および 牧野による分類 (瀬古, 1999a を参照) に従った。

メロンは品種によりクライマクテリック・ライズの有無 (北村, 1974; 北村ら, 1975, 1990; Perin, 2002; 吉田ら, 1990) や、エチレン感受性 (大藪ら, 2004) に差があることが知られており、これらが各品種における果実軟化の進行、すなわち日持ち性に影響を与えている (北村ら, 1990)。現在わが国においてメロンとして生産・流通されている品種 (*C. melo* L. の中でも、マクワウリ (var. *makuwa*) やシロウリ (var. *conomon*) は含まない) の基となった多くの品種は、明治以降に欧米から導入されたものであり、主に var. *reticulatus* (アミメロン), var. *cantaloupensis* (イゴメロン) および var. *inodorus* (フユメロン) に属する (瀬古, 1999b)。既往の知見によると、それぞれの特性は概ね以下のように整理できる (北村, 1974; 北村+加藤, 1985; Lyons ら, 1962; Miccolis と Saltveit, 1995; 吉田ら, 1990)。もっとも広く用いられている var. *reticulatus* は、アメリカの露地メロンやイギリスの温室メロンを含む。前者は明確なクライマクテリック・ライズを示し、優れた芳香性を有するが日持ちが短く、後者のクライマクテリック・ライズは緩やかで不明瞭であり、芳香性に乏しいが比較的日持ち性に優れる傾向がある。また、var. *cantaloupensis* は前述のアメリカ系露地メロンとほぼ同様の特性を有する。一方、var. *inodorus* は、クライマクテリック・ライズを示さず、日持ち性に優れ、中には収穫後数ヶ月間も貯蔵可能な品種がある。*C. melo* は変種間交雑不適合が皆無であることから (藤下, 1983)、これら多様な素材を駆使し、生産、流通、消費の各段階における多様なニーズに応えるべく品種改良が進められた。その結果、栽培特性、果実の外観、香り、糖の発現、成熟速度、日持ち性などの点で変異に富んだ品種が多数育成され、栽培されているのがわが国のメロン生産の現状である。なかでも北海道は、多様な品種が作付けされている点で、単一の産地府県として他に類を見ない (瀬古, 1999a, c; 瀬古, 2002; 柳山, 2001)。本研究では、北海道において栽培されている品種を中心に用いたが、果実の成熟日数および収穫後品質変化速度に顕著な品種間差が認められた。それらの品種について、その追熟特性と遺伝的背景との関連に

ついて、以下に考察する。

‘サッポロキング ER’を含む「北海道キング系」品種は、アメリカの露地メロン ‘Spicy’ とイギリスの温室メロン ‘Earl’s Favourite’ を由来とする系統 (以後「アールス」と呼ぶ) との交配によって育成された品種群で (伊藤, 1940)、これらはクライマクテリック・タイプの成熟特性を示す (我妻と大島, 1981; 田村ら, 1969)。「キングメルター」は、アメリカの露地メロン ‘Rocky Ford’ と「アールス」との交配による (佐藤, 1978)。類似の交配組み合わせによる F<sub>1</sub> 品種 ‘クリネット’ は、典型的な呼吸のクライマクテリック・ライズを示し、日持ち性が劣ることが知られている (北村ら, 1990)。また ‘めろりん’ は、‘キングメルター’ を素材として用い、その果肉テクスチャー特性を育種目標の一つとして育成された (中住ら, 2002)。本研究では、追熟中の呼吸およびエチレン生成量などについて調査を行っていないが、これらのことから、‘めろりん’ および ‘キングメルター’ についても、‘サッポロキング ER’ 同様クライマクテリック・タイプの成熟特性を有することが推察される。これら 3 品種の共通点として、収穫後速やかに軟化し日持ちがしないこと、香りおよびテクスチャーの評価が高く、食味に優れることが挙げられる。

一方、‘ルビアレッド’ は、「アールス」のほか、var. *inodorus* に属する ‘Honey Dew’ 由来の日持ちに優れる品種 ‘アンデス’ (関谷, 1978) などが素材となっている (山口, 1991)。また、‘アールスナイト春秋系’ は「アールス」系統がその遺伝的背景の大部分を占める (関谷, 1991)。これら 2 品種は、「アールス」同様、明瞭なクライマクテリック・ライズが認められないタイプであると推察される。これらは、やや緩やかな果実軟化を示した。

‘いちひめ’ (系統名 ‘空知交 11 号’) は、国内のネットメロン中では最高レベルの日持ち性を有する ‘ふかみどり’ を素材に用いることで、高い日持ち性を獲得した (瀬古と小田切, 1974; 平井ら, 2003)。「キングナイン」は単優性のエチレン低感受性因子を有することが明らかとなっている (大藪ら, 2004; 大藪と菅原, 1999)。これら 2 品種に加え、具体的な遺伝的背景が明らかでない ‘レッド 113’ および ‘G08’ を併せた 4 品種が、供試品種中もっとも軟化に時間を要した。

また、果実軟化の進行とともに、果実外観上の変化の進行も品種により異なり、両者は必ずしも対応していなかった。このことから、各品種の外観変化の遅速から内部品質変化の進行を予測することは不可能であると結論された。

食味官能検査の結果、果肉の軟化に伴い、甘味および食味の評価も向上した。甘味がメロンの食味にもっとも大きな影響を与える要素であることは論議を待たないが、追熟中における糖組成の変化は小さく、それ自体が甘味の変化に大きな影響を及ぼすほどでないことは明らかである。これらのことから、糖含量以外の要素が甘味に影響していると考えられた。本研究において、甘味の評価にもっとも影響を及ぼしたのは硬さを含む果肉テクスチャーであり、軟化が進みテクスチャー総合評価が高い果実において、甘味評価も高かった。藤原と坂倉(1999)は、硬さが同程度である場合に、消費者が識別可能な糖度の差は1.5%程度であるとした。本研究は、硬さに顕著な差があり、硬い方の果実の糖度が優っている場合には、3%までの糖度の差は硬さの違いによって打ち消されるか、場合によっては一般消費者には識別されず、甘味の評価を逆転させることもあり得ることを示唆した。これらのことは、メロンの食味評価に、出荷時の果実品質もさることながら、追熟が適切になされるのがきわめて重要であることを示している。官能評価においてもっとも「おいしい」と感じられる硬さは、「普通」～「軟らかい」程度であった。官能評価結果の主成分分析の結果、軟化に伴う繊維の多少評価値の推移が品種によって異なった。軟化しても繊維の多少評価値が高まらない品種において、テクスチャー総合評価が高く、品種によって軟化後のテクスチャーに差異があることが示された。また、遊離アミノ酸組成については、食味に対する影響は明らかではなかったが、生体調節機能を有する成分として注目されている $\gamma$ -アミノ酪酸が、品種によっては追熟中に増加したことから、追熟により栄養学的品質についても向上が期待できると考えられた。

一般に果実軟化は、細胞同士を接着する役割を果たしていると言われるペクチン質が分解、可溶化することにより引き起こされるとされる(Liら, 2006; 真部, 1981; 真部ら, 1974; 真部, 2001)。追熟中におけるペクチン質の溶解度変化を調査した結果、ほぼ全品種でHSP含量の減少およびWSP含量の増加が認められた。また、各品種のWSP含量増加速度は、果肉軟化速度と対応しており、WSP含量と、テクスチャーアナライザーにより測定した果肉圧縮時の荷重最大値との間には指数関係が見いだされた。これらのことから、メロンにおいても、果肉軟化にはペクチン質の可溶化が密接に関わっていると考えられた。

ペクチンは、ガラクトロン酸が直鎖状に $\alpha$ -1,4結合した構造(ガラクトロン)を基本とする(真部, 2001)。ガラクトロンのうち、ガラクトロン酸のみからなるものをホモガラクトロン、ところどころに $\alpha$ -1,2結合したラムノースが混在した主鎖に、アラビノース、ガラクトースなど

の中性糖からなる側鎖を有するものをラムノガラクトロン-Iと称する。このうち、ペクチンの大部分は、ラムノガラクトロン-Iである(岩井と佐藤, 1999)。種々の果実において、ペクチンの可溶化には、主鎖の $\alpha$ -1,4結合を加水分解するエンドポリガラクトナーゼが主要な役割を果たしていると考えられている(Brady, 1987; HadfieldとBennett, 1998; 真部, 1981; Pressey, 1971)。しかしながら、本研究において、メロンの果肉組織におけるポリガラクトナーゼ活性は見いだせなかった。McCullumら(1989)はメロン品種'Galia'(var. *reticulatus*)において、追熟に伴いペクチンの分子量は減少するが、ポリガラクトナーゼ活性は認められないことを報告し、ヘミセルロースも含めた中性糖組成の変化によりペクチンとヘミセルロースとの結合に変化が生じた結果、ペクチンの溶解度が増している可能性を指摘した。また、Simandjuntakら(1996)も、メロン'Superstar'(var. *reticulatus*)および'Volga'(var. *inodorus*)両品種の果肉軟化に伴い、細胞壁に含まれるペクチンおよびヘミセルロース双方において、中性糖含量が減少することを報告している。さらに、トマトにおいては、ペクチンを含むポリウロニド自体の分解は、果実軟化に不可欠な要因でないとする報告もある(Giovannoniら, 1989)。ペクチンの物理的性質には、ラムノガラクトロンに含まれる中性糖側鎖の構造が大きく影響していることが知られている(Iwaiら, 2001; 岩井と佐藤, 1999)。多くの果実類において、その成熟過程でペクチンに含まれる中性糖のうち、ガラクトース含量が減少することが認められており、この変化は $\beta$ -ガラクトシダーゼにより引き起こされると考えられている(Bartley, 1974; Redgwellら, 1997)。Ranwaraら(1982)は、メロン'プリンス'果実の成熟に伴い $\beta$ -ガラクトシダーゼの活性が増大することを報告した。一方で、細胞間接着には、ペクチンだけでなく、ヘミセルロースの影響も大きいとされる。双子葉類におけるヘミセルロースの主要成分はキシログルカンであり、セルロースを架橋することにより、細胞および細胞間接着の強度に影響している(Hayashi, 1989; RoseとBennett, 1999)。Peñaら(2004)は、シロイヌナズナ胚軸において、キシログルカンに含まれるガラクトース残基の割合が、一次細胞壁の機械的強度に大きく影響することを報告した。果実の成熟に伴うキシログルカンの分解については、種々の果実について報告されており(Wakabayashi, 2000)、メロンにおいても、ポリガラクトナーゼによるポリウロニドの分解に先立ち、キシログルカンなどヘミセルロースの解重合が生じているとされる(Roseら, 1998)。本研究では、ペクチンおよびヘミセルロースにおける中性糖組成ならびに $\beta$ -ガラクトシダーゼの活性については検

討しなかったが、これらの要因も、果肉軟化に重要な影響を及ぼしていると考えられた。一方で、Hadfieldら(1998)は、メロン成熟過程においてエンドポリガラクトソナーゼをコードすると推定される遺伝子が発現していることを報告した。果肉軟化機構については未解明の部分が多く、さらなる情報の蓄積が求められる(Giovanonni, 2004)。

追熟に伴い変化する果肉テクスチャーを物性値により客観的に評価することは、果実の品質管理や育種における選抜に有効であると考えられる。そこで、官能評価により得られた知見を基に、テクスチャーアナライザーによる物性値との関係について検討した。硬さについてYamaguchiら(1977)は、組織片よりも直径の小さいプローブによる貫入応力と官能評価による硬さ評価値の間に線形関係を見いだした。本研究では、サンプルよりも大きいプローブにより圧縮する際の荷重最大値において、貫入応力より強い相関が得られた。メロンを咀嚼する際には、歯よりもむしろ口腔全体で押しつぶす様にするため、歯を模したシリンダープローブより圧縮プレートにより得られた値が官能評価により合致したものと考えられた。また、このとき硬さと荷重最大値の間には、対数関係が成り立つことを明らかにし、荷重最大値と硬さとの間にWeber-Fechnerの法則が成立することを見いだした。さらに、荷重最大値が概ね8~35 Nの範囲の果実においてテクスチャー総合評価値が高く、官能評価において評価の高かった「普通」~「軟らかい」硬さが、これらの値にほぼ対応することを明らかにした。従来に比べより高精度な硬さの客観的評価が可能になったことは、各品種における適食期の判断に有効であると考えられる。メロンにおいて、総合的な嗜好性(acceptability)の予測を試みた報告はこれまでも見られるが、説明変数が客観的数値でなく官能評価値である例(Yamaguchiら, 1977)や、テクスチャー要素が硬さのみである例など(Muttonら, 1981)であった。これら指標はいずれも、前述のように硬さが同程度でもテクスチャー総合評価が異なる品種間の比較に適用するには無理がある。また、近年開発が進む非破壊的手法(荒川ら, 2004; Muramatsuら, 1999a, b; 恩田ら, 1994; 桜井, 2004; Sugiyamaら, 1994)も、現状では硬さや弾性など特定の物性値を予測し、果実の熟度を判定することを目的としている。本研究では、テクスチャーアナライザー測定値を説明変数として、ステップワ

イズ法による重回帰分析を行い、直径75 mm圧縮プレートによる最大、最小荷重値および荷重二次微分値の総和の3因子によりテクスチャーの良否を高精度で判定できることを示した。これにより、テクスチャーの総合的な良否を、機器分析による客観的な物性値のみから評価することが初めて可能となった。

前述したように、各品種の追熟特性は、その遺伝的背景と密接な関係にあり、古くから育種家が経験的に行ってきたように、遺伝的に制御することが可能な形質である。しかしながら、果肉テクスチャーの変化を含む成熟、追熟特性は、非常に多くの遺伝子が関与している量的形質であり、その遺伝機作は未だ十分に解明されていない(Hadfieldら, 2000; Liら, 2006; 大藪ら, 2000)。近年、量的形質遺伝子座(QTL)の遺伝地図上の大まかな位置と形質への寄与度の大きさを推定し得るQTL解析などの手法を用いて検討が進められているが、その解明に向けて、テクスチャーの差異を客観的に評価する方法が不可欠である(Kingら, 2000; Seymourら, 2002)。また、現在クライマクテリック・タイプの果実としてはリンゴやトマト、ノンクライマクテリック・タイプのものとしてはイチゴにおいて研究が進んでいる(White, 2002)。メロンは前述のように、クライマクテリック・ライズの有無を含め、種内における変異が大きく、また、交雑も容易であることから、この分野における研究対象として非常に興味深いと思われる。

本研究により、甘味と並び果肉テクスチャーがメロンの食味評価にとって非常に重要な要素であること、さらに、甘味の評価自体が果肉テクスチャーの良否に大きく影響されることが明らかとなり、果肉テクスチャーの客観的評価が可能となった。本研究では扱わなかったが、果肉テクスチャーおよび甘味と並びメロンの食味に大きな影響を及ぼすのが香り(芳香性)である。近年、芳香性成分の同定が進むとともに、芳香性成分組成と香り官能評価との関係が明らかにされつつある(BeaulieuとGrimm, 2001; BeaulieuとLea, 2003; Senesiら, 2002, 2005)。これらの成果と併せ、本研究成果が、テクスチャー関連形質の遺伝機作解明とともに、メロンにおける総合的な「おいしさ」の適正な評価法の確立に寄与することを期待したい。

## 摘 要

本研究は、北海道において主流となっているネットタイプのハウスメロン品種を用い、追熟中の果肉テクスチャーの変化を中心とする追熟特性の品種間差異を明らかにし、物性測定による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。

### 1 メロン果実における収穫適期の判定と追熟に伴う諸形質の変化

両性花は、受精後直ちに子房の肥大を開始し、開花後3~4日目頃からは急激に肥大した。ネットの発生は開花後27日目頃まで続き、その後徐々に盛りが上がった。収穫期が近づくと、果実着生節位(結果枝第1節)の葉のクロロシス、果柄の緑色から鉛色への変色、果柄周辺の果皮におけるかすかな黄化、ネット間の果皮における細かなひび割れ、果実を指ではじいたときの打音の変化などが観察された。これらの現象が発生する時期および程度は、品種により異なっていた。

成熟日数は品種により異なり、「サッポロキング ER」および「キングメルター」でもっとも短く、「レッド113」および「アールスナイト春秋系」でもっとも長かった。また、果実重、果形、ネット形質などに、品種間差が認められた。

追熟に伴い、果皮の黄化および果柄周辺の離層形成が観察され、その進行には品種間差が認められた。また、果肉の水浸程度は、全品種で追熟中に増加した。これら変化の進行には品種間差が認められ、各現象の進行は必ずしも対応していなかった。

果実糖度は、品種により程度の差はあるものの、追熟中にわずかずつであるが低下する傾向であった。収穫時における遊離糖含量は、スクロースが5~10%程度、グルコースおよびフルクトースが0.5~2%程度であり、全糖含量は8~11%の範囲にあった。また、追熟中における全糖含量の変化は非常に小さかった。また、メロン果実においては、糖度差が全糖含量の差を概ね反映していると判断された。

メロン果実から検出された主な遊離アミノ酸は、グルタミン、アスパラギン酸、アラニン、グルタミン酸、 $\gamma$ -アミノ酪酸、セリン、アスパラギン、グリシンであった。甘味(グリシンおよびアラニン、グルタミン、セリンなど)や酸味(アスパラギン酸、グルタミン酸など)を呈するとされる遊離アミノ酸含量およびその追熟中の変化に品種間差異が認められたことから、品種間および追熟中における食味変化の一因となっている可能性がある。また、近年生体

調節機能を有する成分として注目を集めている $\gamma$ -アミノ酪酸については、品種によっては追熟中に増加が認められた。

### 2 追熟に伴う果実の変化が食味評価に及ぼす影響

調査実施者(著者)による評価で、追熟中に好ましい香りが増す品種と、そうでない品種とが認められた。果肉は追熟中に軟化し、その進行には品種間差が認められた。食味評価は、各品種とも追熟により収穫時より向上したが、食味がもっとも優れた時期は品種により異なっていた。また、この時期における食味総合評価値は品種により異なり、芳香およびテクスチャーが優れた「サッポロキング ER」、「めろりん」および「キングメルター」で高かった。前述した果実の形態的变化と果肉軟化の進行とは必ずしも対応しておらず、各品種の外観変化から内部品質変化の進行を予測することは不可能であると結論された。また、より軟化が進行した品種については、軟化に伴ってテクスチャーの総合評価が向上した品種と、あまり向上しなかった品種が認められた。また、主成分分析により官能評価値の相互関係を検討した結果、追熟の過程で硬さが同程度の果実でも、繊維の多少など品種固有の特性により、テクスチャーの評価に優劣が生じることが示唆された。

一般消費者を想定し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、なめらかさなど果肉テクスチャーに関する項目が次いだ。果肉の色および香りは、全ての調査において低い順位であった。各項目の評点を要約すると、「ほどよい甘さがあり、やや軟らかく、ジューシーであり、果肉の繊維質は少なく、若干の香りがあり、果肉色がやや濃い」ものももっとも「おいしい」メロンということになった。

追熟に伴う果実の変化が食味評価に及ぼす影響は、以下のとおりであった。パネリストによる評価が「やや硬い」よりも硬い果実では、テクスチャーの総合評価が低下した。甘味評価と糖度との間には相関が認められなかった。食味の総合評価は、「普通」と感じる硬さから、より軟らかい果実にかけて高く、「普通」よりも硬いと感じる果実の評価は低かった。これは、調査実施者による評価と同様の傾向であった。硬さに顕著な差がある場合には、糖度で3%程度の差は一般消費者には識別されず、それよりも差が小さい場合には糖度と甘味の評価は逆転することもあり得ることが示された。

これらのことから、食味の総合評価は、甘味評価以上に

テクスチャーの総合評価と高い相関があることが明らかとなった。

### 3 追熟に伴う果肉細胞壁の変化

すべての品種において、アルコール不溶性固形物 (AIS) 含量はおおよそ 10~15 mg/gFW、そのうちペクチン抽出残量は 3~5 mg/gFW の範囲にあり、収穫後の変化において、顕著な品種間差異は認められなかった。収穫時の総ペクチン量 (TSP) は、ほとんどの品種で約 1.5 mg/gFW であった。TSP 中の溶解度別ペクチンの組成および追熟中の変化は、品種により大きく異なった。品種による違いが大きかったのは水溶性ペクチン (WSP) の変化であり、各品種における果肉軟化の進行を反映しており、軟化の早い品種ほど WSP 含量の増加が顕著であった。塩酸可溶性ペクチン (HSP) は、収穫時の含量が少なく、変化も小さかったが、全ての品種において漸減傾向にあった。WSP および HSP 含量と硬さ測定値の間には相関が認められた。特に WSP 含量との相関が強く、両者は指数関係にあると考えられた。

果実の軟化過程におけるペクチンの可溶化に中心的な役割を果たすと考えられているポリガラクトツロナーゼ活性については、全ての品種および追熟日数において、ポリガラクトツロナーゼ活性はないか、非常に低いと推察された。また、追熟によるメロン果肉の変化は、細胞壁の不溶性成分の分解や、細胞の形態変化を伴うものではないことが明らかとなった。

### 4 メロン果肉テクスチャーの客観的評価法の開発

果柄付近、赤道部および果てい付近の 3 部位の果肉から得られたテクスチャーアナライザーによる物性値を検討したところ、同一条件下で追熟を行った果実間における変動係数が最も小さかったのは果実赤道部であった。

追熟中にもっとも顕著な変化を示したパラメータは硬さ (直径 75 mm 圧縮プレートにより直径 20 mm、高さ 20 mm の円柱状に調整した果肉サンプルを圧縮した際の荷重最大値) であり、全ての品種において明らかな減少が認められた。なお、収穫時の硬さ測定値は、各品種とも概ね 50~90 N の範囲にあった。軟化の進行は品種により大きく異なり、

官能評価による硬さの推移と概ね同様の傾向を示した。凝集性は、収穫時から全品種でほぼ 0.1 以下と非常に小さい値であり、追熟中の変化も小さかったが、果肉軟化が顕著で、テクスチャーおよび食味の評価が高かった品種でより小さい値であった。粘りおよび付着性は変化が小さく、一定の傾向になかった。

官能による硬さ評価値とテクスチャーアナライザーによる貫入 (圧縮) 時の荷重最大値との間には、いずれのプロープを用いた場合にも高い正の相関が認められ、特に直径 75 mm 圧縮プレートでもっとも相関が高かった。また、直径 75 mm 圧縮プレートによる貫入 (圧縮) 時の荷重最大値は硬さ官能評価値の対数関数であった。この傾向は、調査実施者および訓練されていないパネリストのいずれによる評価値においても同様であった。なお、適食期の硬さに対応する直径 75 mm 圧縮プレートによる圧縮時の荷重最大値は、8~35 N であった。

次に、テクスチャーアナライザー測定値と調査実施者によるテクスチャー総合評価値との関係について検討した。単独のパラメータとしては、TPA によって得られる 2 回目圧縮時の荷重最大値、ガム性およびそしゃく性において、テクスチャー総合評価値との間に比較的高い相関が見いだされた。測定の効率化のため、1 回の圧縮から得られる測定値のみによる重回帰分析を試みた結果、直径 75 mm 圧縮プレートによる最大、最小荷重値および荷重の二次微分値の総和の 3 因子による重回帰式 ( $R^2 = 0.541$ ) を得た。上記の重回帰式を、2005 年産果実のデータに適用したところ、予測値と実測値の間の順位相関係数は 0.808 (決定係数  $R^2 = 0.616$ ) となり、TPA により得られるパラメータを用いた場合と同程度の予測精度が得られることが分かった。さらに、6 回にわたるパネルテストにおける各サンプルに対しても、順位相関係数 0.668、決定係数  $R^2 = 0.569$  であり、パネリストを対象とした食味官能検査結果に対しても高精度で当てはまることが確認された。

これらの結果から、テクスチャーアナライザーにより、メロン果肉テクスチャーの追熟中における変化、およびその品種間差が物性値として表現でき、メロン果肉テクスチャーの総合的な良否を一定程度評価することが可能となった。

## 謝 辞

本論文のとりまとめにあたっては、北海道大学大学院農学院教授、増田 清博士に終始懇篤なるご指導をいただき、ご校閲を賜った。また、同教授、鈴木正彦博士、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター教授、荒木 肇博士および北海道大学大学院農学院准教授、川村周三博士に貴重なご助言とご校閲を賜った。ここに謹んで深く感謝の意を表す。

北海道原子力環境センター農業研究科長、小宮山誠一氏には、本研究の遂行および本論文の作成にあたり、終始ご指導と多くの貴重なご助言を賜った。北海道農政部農業経営局技術普及課主査、中住晴彦博士には、メロンの栽培技術をご指導いただいた。天使大学看護栄養学部教授、山本愛子氏および同准教授、山口敦子氏には、食味官能検査の実施にあたり特段のご配慮とご協力を賜った。北海道大学大学院農学院技術職員、筈井 登氏には、組織試料の作製にあたり、ご指導と多大なるご協力を賜った。住友化学株式会社アグロ事業部技術顧問、土肥 紘氏、北海道立上川農業試験場場長、塩澤耕二氏、北海道上川農業改良普及センター所長、柳山浩之氏、北海道立花・野菜技術センター研究部長、中野雅章氏、同中央農業試験場企画情報室研究

参事、長尾明宣氏および同花・野菜技術センター研究部野菜科長、田中静幸氏には、本論文の作成にあたり貴重なご助言を賜った。北海道立農業大学校農業経営研究科専門普及員、山崎和也氏には、貴重な写真をご提供いただいた。北海道立北見農業試験場生産研究部栽培環境科長、中村隆一氏、同花・野菜技術センター研究部栽培環境科研究職員、藤倉潤治氏、同中央農業試験場生産環境部予察科研究職員、三宅規文氏および同花・野菜技術センター研究部野菜科研究職員、八木亮治氏には、実験の計画および遂行にあたり懇切なるご指導と多大なるご協力を賜った。これらのご厚意にたいして、心から深く感謝の意を表す。

北海道農政部農業経営局次長、青山俊夫氏、北海道立花・野菜技術センター場長、吉田良一氏および北海道環境生活部環境局環境保全課長、藤澤理樹氏には、本研究の遂行にあたり特段のご配慮を賜った。また、北海道原子力環境センターおよび北海道立花・野菜技術センターの職員各位には、本研究遂行上の便宜と多大なるご指導、ご協力を賜った。天使大学看護栄養学部 学生諸氏には、パネリストとして食味官能検査にご協力いただいた。これらの方々に対し、心から感謝の意を表す。

## 参考文献

- 我妻正迪・大島栄司. 1981. メロン果実の化学成分と品質について 「夕張キング」の異常果と揮発性物質との関係. 北海道農試研報. 130: 145-152.
- 味の素株式会社. 2003. アミノ酸ハンドブック. 工業調査会. 東京.
- 青木宏. 1987. テクスチャーの感覚評価と機器測定値との関係. 日食工誌. 34: 498-503.
- 荒川博・松浦英之・大場聖司. 2004a. 打音解析法によるアールス系メロンの熟度判定. 静岡農試研報. 49: 1-8.
- 荒川博・松浦英之・大場聖司. 2004b. メロンの熟度と食味の関係. 静岡農試研報. 49: 9-15.
- Aulenbach, B.B. and Worthington, J.T. 1974. Sensory evaluation of muskmelon: Is soluble solids content a good quality index? Hortscience. 9: 136-137.
- Banjongsinsiri, P., Kenny, S. and Wicker, L. 2004. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylesterase and calcium. J. Sci. Food Agric. 84: 1493-1499.
- Barreiro, M.G., Lidon, F.C. and Pinto, M. 2001. Physicochemical characterization of the postharvest senescence of the winter melon 'Tendral'. Fruits. 56: 51-58.
- Bartley, I.M. 1974.  $\beta$ -galactosidase activity in ripening apples. Phytochem. 13: 2107-2111.
- Beaulieu, J.C. and Grimm, C.C. 2001. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction. J. Agric. Food Chem. 49: 1345-1352.
- Beaulieu, J.C. and Lea, J.M. 2003. Aroma volatile differences in commercial orange-fleshed cantaloupes, the inbred parental lines and stored fresh-cuts. Acta Hort. 628: 809-815.
- Beaulieu, J.C., Ingram, D.A., Lea, J.M. and Bett-Garber, K.L. 2004. Effect of harvest maturity on the sensory characteristics of fresh-cut cantaloupe. J. Food Sci. 69: 250-258.
- Bourne, M.C. 1968. Texture profile of ripening pears. J. Food Sci. 33: 223-226.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technol. 32: 62-66, 72.
- Brady, C.J. 1987. Fruit ripening. Annu. Rev. Plant Physiol. 38: 155-178.
- Brandt, M.A., Skinner, E.Z. and Coleman, J.A. 1963. Texture profile method. J. Food Sci. 28: 404-409.
- Currence, T.M. and Larson, R. 1941. Refractive index as an estimate of quality between and within muskmelon fruits. Plant Physiol. 16: 611-620.
- Dawson, D.M., Melton, L.D. and Watkins, C.B. 1992. Cell wall changes in Nectarines (*Prunus persica*). Plant Physiol. 100: 1203-1210.
- Dietz, J.H. and Rouse, A.H. 1953. A rapid method for estimating pectic substances in citrus juices. Food Res. 18: 169-177.
- 土肥紘. 1984. ネットメロン(ハウス)の作り方. p.50-88. 三木英一編監修. 北海道のメロン(新しい作り方と経営). 農業技術普及協会. 北海道.
- Fisher, R.L. and Bennett, A.B. 1991. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. 42: 675-703.
- Friedman, H.H., Whitney, J.E. and Szczesniak, A.S. 1963. The texturometer - A new instrument for objective texture measurement. J. Food Sci. 28: 390-396.
- 藤野雅丈・石内傳治・矢野口幸夫・石井孝典. 1993. トマト果実の粘粉性とペクチン含量. 東北農研. 46: 261-262.
- 藤下典之. 1983. メロン仲間の系統分化と多様性. p.3-21. 日本育種学会編. 育種学最近の進歩. 啓学出版. 東京.
- 藤原孝之・坂倉元. 1999. メロンにおける甘味識別可能な糖度差. 日食工誌. 46: 609-612.
- 福家眞也. 2003. 呈味成分と評価法. p.79-84. 山野善正編. おいしさの科学辞典. 朝倉書店. 東京.
- 福元康文・西村安代. 2000. アールスメロン (*Cucumis melo* L.) の果実品質と果実及び葉内無機成分の変化に関する研究. 農業生産技術管理学会誌. 7: 9-17.
- Giovanonni, J.J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. Plant Cell. 16: 170-180.
- Giovanonni, J.J., DellaPenna, D., Bennett, A.B. and Fischer, R.L. 1989. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic *rin* (ripening inhibitor) tomato fruit results in polyuronide degradation but not fruit softening. Plant Cell. 1: 53-63.
- Gross, K.C. 1982. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying polygalacturonase using 2-cyanoacetamide.

- Hortscience. 17: 933-934.
- Hadfield, K.A. and Bennett, A.B. 1998. Polygalacturonases: Many genes in search of a function. *Plant Physiol.* 117: 337-343.
- Hadfield, K.A., Dang, T., Guis, M., Pech, J.C., Bouzayen, M. and Bennett, A.B. 2000. Characterization of ripening-regulated cDNAs and their expression in ethylene-suppressed Charentais melon fruit. *Plant Physiol.* 122: 977-983.
- Hadfield, K.A., Rose, J.K.C., Yaver, K.S., Berka R.M. and Bennett A.B. 1998. Polygalacturonase gene expression in ripe melon fruit supports a role for polygalacturonase in ripening-associated pectin disassembly. *Plant Physiol.* 117: 363-373.
- Hasegawa, S., Maier, V.P., Kaszycki, H.P. and Crawford, J.K. 1969. polygalacturonase content of dates and its relation to maturity and softness. *J. Food Sci.* 34: 527-529.
- Hayashi, T. 1989. Xyloglucans in the primary cell wall. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40: 139-168.
- 平井剛・中住晴彦・八木亮治・中野雅章・志賀義彦・宮浦邦晃・土肥紘. 2003. 赤肉ネットメロン新品種「空知交11号」の育成. 北海道立農試集報. 84: 37-46.
- Hobson, G.E. 1962. Determination of polygalacturonase in fruits. *Nature.* 195: 804-805.
- 堀江秀樹・伊藤秀和・一法師克成・東敬子・五十嵐勇. 2004. キュウリ果肉部の物理性評価法の開発. 園学研. 3: 425-428.
- 茨木俊行・平野稔彦・山下純隆・馬場紀子. 1988. トマト果実の軟化に伴うペクチン及びペクチンエステラーゼ活性の変化. 福岡農総試研報. B-8: 63-66.
- 五十嵐勇・伊藤三郎. 1977. メロン品種の果実成分の比較について. 園学要旨. 昭52秋: 300-301
- 伊藤正輔. 1940. メロン一代雑種の炭疽病に就いて. 園芸. 32(9): 5-9.
- Iwai, H., Ishii, T. and Satoh, S. 2001. Absence of arabinan in the side chains of the pectic polysaccharides strongly associated with cell walls of *Nicotiana plumbaginifolia* non-organogenic callus with loosely attached constituent cells. *Planta.* 213: 907-915.
- 岩井宏暁・佐藤忍. 1999. 高等植物における細胞接着. 植物の化学調節. 34: 202-214.
- Jackman, R.L. and Stranley, D.W. 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in Food Sci. Technol.* 6: 187-194.
- 神谷圓一. 1992. 高品質生産のための栽培の基礎. p. 2-112. 神谷圓一・農耕と園芸編集部共編. アールスメロンの高品質生産. 誠文堂新光社. 東京.
- 川端晶子. 1995. テクスチャー・アナライザーによる物性測定. *New Food Industry.* 37: 63-74.
- King, G.J., Maliepaard, C., Lynn, J.R., Alston, F.H., Durel, C.E., Evans, K.M., Griffon, B., Lourens, F., Manganaris, A.G., Schrevels, E., Tartarini, S. and Verhaegh, J. 2000. Quantitative genetic analysis and comparison of physical and sensory descriptors relating to fruit firmness in apple (*Malus pumila* Mill.). *Theor. Appl. Genet.* 100: 1074-1084.
- 北村利夫. 1974. メロン果実の貯蔵に関する研究 第1報 追熟中における呼吸量, エチレン生成および揮発性物質生成の変化と品種間差異. 山形大学紀要(農学). 7: 253-260.
- 北村利夫・加藤千明. 1985. メロン果実の成熟・追熟整理と貯蔵性に関する品種間差異. 園学要旨. 昭60秋: 468-469.
- 北村利夫・板村裕之・福嶋忠昭. 1990. メロン果実の追熟生理 I. 呼吸量およびエチレン発生量の変化に関する品種間差異. 山形大学紀要(農学). 11: 201-204.
- 北村利夫・梅本俊成・岩田隆・赤沢経也. 1975. メロン果実の貯蔵に関する研究(第2報) 追熟中における呼吸量およびエチレン生成量の変化と品種間差異. 園学雑. 44: 197-203.
- 小塚彦明. 2003. 官能評価. p. 90-99. 山野善正編. おいしさの科学辞典. 朝倉書店. 東京.
- Lester, G. 1996. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. *Postharvest Biol. Technol.* 7: 91-96.
- Lester, G.E. and Dunlap, J.R. 1985. Physiological changes during development and ripening of 'perlita' muskmelon fruits. *Sci. Hort.* 26: 323-331.
- Li, Z., L. Yao, Y. Yang, and A. Li. 2006. Transgenic approach to improve quality traits of melon fruit. *Sci. Hort.* 108: 268-277.
- Lyons, J.M., McGlasson, W.B. and Pratt, H.K. 1962. Ethylene production, respiration, & internal gas concentrations in cantaloupe fruits at various stages of maturity. *Plant Physiol.* 37: 31-36.
- 真部正敏. 1981. 果実組織の硬度とペクチン質. H食工誌. 28: 653-659.

- 真部正敏・金谷昌敏・樽谷隆之. 1976. 果実・そ菜の肉質に関する研究 (第2報) モモ果実の追熟に伴う肉質とペクチン質との関係について. 園学雑. 45: 97-102.
- 真部正敏・坂根幸雄・樽谷隆之. 1974. 果実・そ菜の肉質に関する研究 I 果実・そ菜のペクチン含量とその性状. 香川大学農学部学術報告. 26: 7-13
- 真部孝明. 1993. 3種ペクチン定量法 (カルバゾール, ヒドロキシジフェニール及びジメチルフェノール法) の比較検討. 広島県立大学紀要. 5: 141-150.
- 真部孝明. 2001. ペクチン—その科学と食品のテクスチャー. 幸書房. 東京.
- Manrique, G.D. and Lajolo, F.M. 2004. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). Postharvest Biol. Technol. 33: 11-26.
- Marin-Rodriguez, M.C., Orchard, J. and Seymour, G.B. 2002. Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. J. Exp. Bot. 53: 2115-2119.
- Matsui, T. and Yoshida, Y. 1992. Changes in polygalacturonase and  $\alpha$ -amylase activities in melon fruit. Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ. 44: 175-179.
- 松浦英之・荒川博・大場聖司・中根健・吉田誠. 2000. 温室メロン果実搾汁液の $\gamma$ -アミノ酪酸 (GABA) 濃度. 園学雑. 69 別1: 383.
- McCollum, T.G., Huber, D.J. and Cantliffe, D.J. 1989. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. Physiol. Plant. 76: 303-308.
- Miccolis, V. and Saltveit, M.E. 1995. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. Postharvest Biol. Technol. 5: 211-219.
- 水野卓・加藤宏治・原田政子・宮島由恵・鈴木英次郎. 1971. メロン果実の糖類と遊離アミノ酸. 日食工誌. 18: 319-325.
- 森下昌三・斉藤猛雄・杉山慶太. 1995. メロンの市場性の動向に関連した生食適正要素の解明. 野菜・茶業試験場久留米支場研究年報. 8: 82-84.
- Munger, H.M. and Robinson, R.W. 1991. Nomenclature of *Cucumis melo* L. CGC Rep. 14: 43-44.
- Muramatsu, N., Sakurai, N., Wada, N., Yamamoto, R., Takahara, T., Ogata, T., Tanaka, K., Asakura, T., Ishikawa-Takano, Y. and Nevins, D.J. 1999a. Evaluation of fruit tissue texture and internal disorders by laser Doppler detection. Postharvest Biol. Technol. 15: 83-88.
- Muramatsu, N., Sakurai, N., Wada, N., Yamamoto, R., Tanaka, K., Asakura, T., Ishikawa-Takano, Y. and Nevins, D.J. 1999b. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 120-127.
- Mutton, L.L., Cullis, B.R. and Blakeney, A.B. 1981. The objective definition of eating quality in rockmelons (*Cucumis melo*). J. Sci. Food Agric. 32: 385-391.
- 長尾明宣・中住晴彦. 1995. メロン果実の発育・成熟過程における糖組成の変化. 園学雑. 64 別1: 286-287.
- 永田靖・吉田道弘. 1997a. テューキー (Tukey) の方法. p. 35-40. 統計的多重比較法の基礎. サイエンティスト社. 東京.
- 永田靖・吉田道弘. 1997b. スティール・ドゥワス (Steel-Dwass) の方法. p. 67-70. 統計的多重比較法の基礎. サイエンティスト社. 東京.
- 中住晴彦・土肥紘・宮浦邦晃・志賀義彦・中野雅章・平井剛. 2002. ネットメロン新品種「めろりん」の育成. 北海道立農試集報. 82: 49-56.
- 西成勝好. 2005. 食感とは何か. p. 19-23. 食感創造ハンドブック. サイエンスフォーラム. 東京.
- 恩田匠・辻政雄・小宮山美弘. 1994. 近赤外分光分析法によるスモモ果実の糖度, 酸度および硬度の非破壊計測. 日食工誌. 41: 908-912.
- 大須賀隆司. 2005. 温室メロンのネット発生と水分ストレス—静岡県における高品質生産技術—. 農林水産技術研究ジャーナル. 28(5): 19-24.
- 大和田隆夫・飯野久栄・石間紀男. 1982. 果実類の糖および酸含量と嗜好に関する研究 (第3報) 西瓜・メロンについて. 食総研報. 40: 64-70.
- 大藪哲也・菅原眞治. 1999. 日持ち性の高いメロン「キングナイン」のF<sub>2</sub>世代におけるエチレン感受性と成熟特性. 農業および園芸. 74: 1119-1121.
- 大藪哲也・菅原眞治・矢部和則. 2004. エチレン低感受性因子を有するメロン品種の雄花の開花期間とエチレン生成量および果実の日持ち性. 園学研. 3: 133-136.
- 大藪哲也・矢部和則・菅原眞治. 2000. エチレン低感受性因子が温室メロン品種の果実の日持ち性に与える影響. 愛知農総試研報. 32: 93-97.
- Peña M.J., Ryden, P., Madson, M., Smith, A.C. and Carpita, N.C. 2004. The galactose residues of xyloglucan are essential to maintain mechanical strength of the primary cell walls in Arabidopsis during growth. Plant Physiol. 134: 443-451.
- Pressey, R., Hinton, D.M. and Avants, J.K. 1971.

- Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. Food Sci.* 36: 1070-1073.
- Pressey, R. 1983.  $\beta$ -Galactosidases in ripening tomatoes. *Plant Physiol.* 71: 132-135.
- Périn, C., Gomez-Jimenez, M., Hagen, L., Dogimont, C., Pech, J.C., Latchè, A., Pitrat, M. and Lelièvre, J.M. 2002. Molecular and genetic characterization of a non-climacteric phenotype in melon reveals two loci conferring altered ethylene response in fruit. *Plant Physiol.* 129: 300-309.
- Ranwala, A.P., Suematsu, C. and Masuda, H. 1992. The role of  $\beta$ -galactosidases in the modification of cell wall components during muskmelon fruit ripening. *Plant Physiol.* 100: 1318-1325.
- Razeto, B., Romero, F. and Araya, E. 2004. Influence of some sensory properties on acceptability of avocados (*Persea Americana* Mill.). *Agric. Tec.* 64: 89-94.
- Redgwell, R.J., Fischer, M., Kendal, E. and MacRae, E.A. 1997. Galactose loss and fruit ripening: high molecular-weight arabinogalactans in the pectic polysaccharides of fruit cell walls. *Planta.* 203: 174-181.
- Rose, J.K.C. and Bennett, A.B. 1999. Cooperative disassembly of the cellulose-xyloglucan network of plant cell walls: parallels between cell expansion and fruit ripening. *Trends Plant Sci.* 4: 176-183.
- Rose, J.K.C., Hadfield, K.A., Labavitch, J.M. and Bennett, A.B. 1998. Temporal sequence of cell wall disassembly in rapidly ripening melon fruit. *Plant Physiol.* 117: 345-361.
- 斎藤猛雄・菅野紹雄・森下昌三. 1994. メロンの生食適正要素の解明—赤肉系メロンと緑肉系メロンの糖組成・含量及び果肉物理性の比較. *野菜・茶業試験場久留米支場研究年報.* 7: 45-47.
- 桜井直樹. 2004. 果実の硬さで食べ頃・取り頃を知る技術. *農業および園芸.* 79: 1286-1292.
- 佐藤善蔵. 1978. キングメルター. p. 34. 藤井健雄監. *蔬菜の新品種 (第7巻).* 誠文堂新光社. 東京.
- 沢田一夫. 1984. 露地メロンの作り方. p. 11-49. 三木英一編監修. *北海道のメロン (新しい作り方と経営).* 農業技術普及協会. 北海道.
- Scott, R.W. 1979. Colorimetric determination of hexuronic acids in plant materials. *Anal. Chem.* 51: 936-941.
- 関谷晶重. 1978. アンデス. p. 37. 藤井健雄監. *蔬菜の新品種 (第7巻).* 誠文堂新光社. 東京.
- 関谷晶重. 1991. アールスナイト夏系1号・夏系2号・春秋系・早春晚秋系. p. 33. (財)日本園芸生産研究所編. *蔬菜の新品種 (第11巻).* 誠文堂新光社. 東京.
- 瀬古龍雄. 1975. ハウスメロン夏秋栽培安定化の条件 [2]—育種, 栽培の両面から—. *農業および園芸.* 50: 1373-1377.
- 瀬古龍雄. 1999a. 品種生態と特性. p. 基109-基156. *農業技術大系 野菜編4「メロン類・スイカ」.* 農山漁村文化協会. 東京.
- 瀬古龍雄. 1999b. 我が国露地(ハウス)メロンの系譜 [2]. *農業および園芸.* 73: 999-1002.
- 瀬古龍雄. 1999c. 我が国露地(ハウス)メロンの系譜 [15]. *農業および園芸.* 74: 1113-1118.
- 瀬古龍雄. 2002. 収穫・出荷とメロンの日持ち. p. 103-113. *メロンの作業便利業—品種・作型の生かし方と高品質安定栽培のポイント—.* 農山漁村文化協会. 東京.
- 瀬古龍雄・小田切文朗. 1974. メロン新品種「ふかみどり」の育成経過と特性. *新潟園試研報.* 9: 1-38.
- Senesi, E., Di Cesare, L.F., Prinzivalli, C. and Scalzo, R.L. 2005. Influence of ripening stage on volatiles composition, physicochemical indexes and sensory evaluation in two varieties of muskmelon (*Cucumis melo* L var *reticulatus* Naud). *J. Sci. Food Agric.* 85: 1241-1251.
- Senesi, E., Scalzo, R.L., Prinzivalli, C. and Testoni, A. 2002. Relationships between volatile composition and sensory evaluation in eight varieties of netted muskmelon (*Cucumis melo* L var *reticulatus* Naud). *J. Sci. Food Agric.* 82: 655-662.
- Seymour, G.B., Manning, K., Eriksson, E.M., Popovich, A.H. and King G.J. 2002. Genetic identification and genomic organization of factors affecting fruit texture. *J. Exp. Bot.* 53: 2065-2071.
- Simandjuntak, V., Barrett, D.M. and Wrolstad, R.E. 1996. Cultivar and maturity effects on muskmelon (*Cucumis melo*) colour, texture and cell wall polysaccharide composition. *J. Sci. Food Agric.* 71: 282-290.
- Sugiyama, J., Otobe, K., Hayashi, S. and Usui, S. 1994. Firmness measurement of muskmelons by acoustic impulse transmission. *Trans. ASAE.* 37: 1235-1241.
- 鈴木英治郎・野中民雄. 1999. 生育のステージと生理, 生態. p. 基35-基105. *農業技術大系 野菜編4「メロン類・スイカ」.* 農山漁村文化協会. 東京.

- 鈴木雅人・中原正一・浅野伸幸. 1993. ネット型メロンの抑制栽培における播種期, 特に積算温度と生育の関係. 茨城園研報. 1: 57-64.
- Szczesniak, A.S. 1963a. Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.* 28: 385-389.
- Szczesniak, A.S. 1963b. Objective measurements of food texture. *J. Food Sci.* 28: 410-420.
- Szczesniak, A.S. 1987. Correlating sensory with instrumental texture measurements - An overview of recent developments. *J. Tex. Studies.* 18: 1-15.
- Szczesniak, A.S., Brandt, M.A. and Friedman, H.H. 1963. Development of standard taring scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *J. Food Sci.* 28: 397-403.
- 田村勉・中島武彦・今河茂・原田隆. 1969. 露地メロンの貯蔵に関する研究 (1) -特に収穫後の品質に及ぼす貯蔵条件の影響-. 北海道大学紀要. 7: 27-31.
- 辻政雄・小宮山美弘. 1991. 高温(30°C)下におけるスモモ果実の軟化抑制とペクチン組成及びペクチン分解酵素活性の変化. 日食工誌. 38: 1013-1018
- 津志田藤二郎. 2006. ストレス耐性, 品質と作物栄養. p. 146の2-8. 農業技術大系 土壌施肥編2「作物の栄養と生育」. 農山漁村文化協会. 東京.
- Villanueva, M.J., Tenorio, M.D., Esteban, M.A. and Mendoza, M.C. 2004. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. *Food Chem.* 87: 179-185.
- Wakabayashi, K. 2000. Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. *J. Plant Res.* 113: 231-237.
- Wallner, S.J. and Walker, J.E. 1975. Glycosidases in cell wall-degradeing extracts of ripening tomato fruits. *Plant Physiol.* 55: 94-98.
- White, P.J. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *J. Exp. Bot.* 53: 1995-2000.
- 藪本義雄. 1975. シロウリ果実ペクチンの生育に伴う変化について. 三重大学農学部学術報告. 48: 483-492.
- 矢羽田第二郎・野方仁. 2000. ポリウロニド含量およびPG活性の変化がイチジク果実の軟化に及ぼす影響. 九農研. 62: 254.
- Yamaguchi, M., Hughes, D.L., Yabumoto, K. and Jennings, W.G. 1977. Quality of cantaloupe muskmelons: Variability and attributes. *Sci. Hort.* 6: 59-70.
- 山口義一. 1991. ルビアレッド. p. 46. (財)日本園芸生産研究所編. 蔬菜の新品種 (第11巻). 誠文堂新光社. 東京.
- 山崎博. 1984. 北海道のメロン栽培と経営. p. 103-120. 三木英一編監. 北海道のメロン (新しい作り方と経営). 農業技術普及協会. 北海道.
- 柳山浩之. 2001. 赤肉系メロンのハウス半促成栽培 (無加温), トンネル早熟栽培. p. 90-105. 川城英夫編著. 新野菜作りの実際 果菜II (ウリ科・イチゴ・オクラ) -誰でもできる露地・トンネル・無加温ハウス栽培-. 農山漁村文化協会. 東京.
- 柳山浩之. 2002. 北海道の産地戦略. p. 183-188. 松田照男・鈴木雅人・杉山慶太編著. メロン スイカ 最新の栽培技術と経営. 全国農業改良普及協会. 東京.
- 吉田建実・岩永喜裕・杉山慶太. 1991. メロン果実のペクチン組成の品種間差異と肉質との関係. 園学雑. 60別2. 180-181.
- 吉田裕一・大井美知男・藤本幸平. 1990. メロン果実の成熟特性の品種間差異. 園学雑. 58: 999-1006.

# **A method for the objective evaluation of postharvest ripening and flesh texture in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruits**

Goh Hirai

## **Summary**

Hokkaido is the most suitable area in Japan for producing high quality muskmelons in the summer-to-autumn season, as it is the country's northernmost island and has its coolest climate. Muskmelon fruits require postharvest ripening to develop their best eating quality. The most drastic change during postharvest ripening is the fruit's softening, which influences the texture of the flesh. Flesh texture greatly affects eating quality, and the changes it undergoes during postharvest ripening determine both the time required to develop the best eating quality and the muskmelon's shelf life. Furthermore, the textural characteristics of the fruits at their best eating quality differ among cultivars. Although the proper evaluation of textural characteristics is essential for quality assessment and for breeding melons for good eating quality, the only method that has been available for such evaluation is subjective. Because subjective evaluation often exhibits poor stability, reproducibility, and universality, there is great demand for an objective method for evaluating flesh texture.

Here we report our investigation of postharvest ripening characteristics and textural changes in nine popular netted melon cultivars grown on Hokkaido. We discuss the differences in postharvest behavior among cultivars as well as methods for objectively evaluating flesh texture.

### **1 Optimum harvesting time of muskmelon fruits and postharvest changes in their traits**

The ovary starts to enlarge immediately after the fertilization. Net formation occurs until 27 days after flowering and is followed by the swelling of the formed net. As the fruits mature, chlorosis of the leaf near the fruit, changes in peduncle and fruit skin color, formation of tiny cracks on the skin surface within the net and change in sound on percussion were observed. There were variations in time and extent of these phenomena among cultivars.

The ripening period (from flowering to harvest) varied among cultivars. It was shortest in 'Sapporo King ER' and 'King Melty', and longest in 'Red 113' and 'Earl's Knight Shunjukei'. The variations among cultivars were observed in fruit traits at harvest, including fruit weight, shape, and net features; and in postharvest behaviors, such as the rate of yellowing of the skin, the abscission of the peduncle, and the extension of the watery area in the flesh. The rate and extent of these phenomena also varied among cultivars.

The soluble solid content (SSC, Brix%) of the fruits decreased gradually in all cultivars, varying in the rate and amount of decrease. The contents of sucrose, glucose, and fructose at harvest time were 5-10%, 0.5-2%, and 0.5-2%, respectively, and the total free sugar content (TS) was 8-11%. It can be said that, in muskmelon fruits, the difference in SSC reflects the difference in TS.

The major free amino acids detected in muskmelon fruits were glutamine, aspartic acid, alanine, glutamic acid,  $\gamma$ -aminobutyric acid, serine, asparagine and glycine. Their contents at harvest and changes during postharvest ripening varied among cultivars. Some of them confer sweetness or sourness, so it is possible that they affect eating quality during postharvest ripening. An increase in  $\gamma$ -aminobutyric acid content was observed in some cultivars.

### **2 Effect of the postharvest changes on the sensory evaluation of eating quality**

An increase in favorable aroma was observed in some cultivars, but not in others. The fruits continued to soften at

various rates during postharvest ripening. Eating quality improved in all cultivars, and the time required for each cultivar to reach the best eating quality varied among cultivars. The scores for best eating quality also differed among cultivars, and were highest in 'Sapporo King ER', 'Melorin' and 'King Melty'. The rates of the above-mentioned changes in external appearance were not always equivalent to that of fruit softening, so that it seemed impossible to tell the best eating time for various cultivars by their external appearance alone.

In all cultivars, the overall textural quality improved as fruit softened. The extent of softening, too, differed among cultivars and, even among the cultivars that softened more than the others, the extent of improvement in overall textural quality varied. Principal component analysis of sensory scores suggested that the overall textural quality is not determined only by hardness but also cultivar-specific characteristics such as fibrousness.

Factors to which high consideration was given by untrained panelists were surveyed. Sweetness was first, and factors related to textural characteristics such as hardness, juiciness or smoothness followed. Flesh color and aroma were given less consideration. According to the questionnaire, a melon that was "relatively sweet, soft, juicy, less fibrous with slight aroma and relatively dark colored" in flesh was thought to be the "best" quality fruit.

The effect of postharvest changes in fruits on the panelists' evaluation was as follows. Relatively hard flesh was evaluated as having low textural quality. No correlation was found between sweetness and Brix. The eating quality score was high in "normal" to "relatively soft" fruits, and low in fruits harder than "normal." Furthermore, the results suggested that if there is considerable difference in flesh hardness, a difference of 3 Brix% or less was not reliably recognized by the panelists.

These results show that textural quality greatly affects the eating quality of muskmelon. In some cases, its influence could even exceed that of sweetness, and sweetness itself is affected by the textural quality.

### **3 Postharvest changes in the cell wall**

In all cultivars, alcohol insoluble solids (AIS) and pectin extraction residue content ranged from 10 to 15 mg/gFW and from 3 to 5 mg/gFW, respectively. No considerable difference was observed in postharvest changes in these amounts between cultivars. Total soluble pectin (TSP) content at harvest time was approximately 1.5 mg/gFW in most of the cultivars. Postharvest changes in pectin composition differed among cultivars. Especially, changes in water-soluble pectin (WSP) content were the most variable among cultivars. The rate of increase in WSP content seemed to reflect the fruit softening rate. The content of hydrochloric acid-soluble pectin (HSP) was low at harvest and decreased gradually during postharvest ripening. WSP and HSP content seemed to be closely related to flesh hardness. Especially, a significant negative correlation was observed between texture analyzer-measured hardness and water-soluble pectin content; this seemed to fit an exponential curve.

Polygalacturonase activity, which is thought to play a major role in pectin solubilization during fruit softening, was not detected in any cultivar investigated, throughout postharvest ripening. Histological observation revealed that changes in muskmelon flesh during postharvest ripening seemed not to be accompanied by the breakdown of insoluble cell wall components or deformation of the cells themselves.

### **4 Development of an objective method for evaluating flesh texture**

The objective evaluation method was developed using a texture analyzer (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, U.K.). We compared the textural parameters obtained from the various parts of the fruit and found that the most stable result was obtained by testing the equatorial region of the melon.

The parameter that showed the most significant change during postharvest ripening was hardness, which is defined as the maximum force measured by compressing a cylindrical sample (20 mm in diameter, 20 mm in height), using a 75 mm diameter compression platen. A remarkable decrease with ripening was observed in all cultivars. The

hardness at harvest time ranged from 50 to 90 N. The rate of decrease in hardness differed significantly among cultivars, and the differences were almost equivalent to those detected by sensory evaluation. Although the cohesiveness value was less than 0.1 and there was little change during postharvest ripening, it seemed to be even lower in cultivars that show rapid softening and high textural quality. No considerable change was observed in stickiness and adhesiveness.

There was high correlation between sensory-evaluated hardness and maximum force measured during compression (or plunging) in all probes tested, and the highest correlation was observed using the 75 mm compression platen. Furthermore, the relationship between texture analyzer-measured hardness and sensory evaluation seemed to fit a logarithmic curve. This relationship was observed for both the untrained panelists and the trained evaluator (author). The maximum force measured using the 75 mm compression platen for favorable muskmelon hardness ranged from 8 to 35 N.

We then investigated the relationship between the texture analyzer-measured parameters and the overall acceptability of texture evaluated by the trained evaluator. Among TPA parameters, maximum force measured during second compression, gumminess, and chewiness showed high correlations with overall acceptability. In order to improve the efficiency of the measurement, the multiple regression analysis using parameters obtained from a single compression in 2006 was carried out. As a result, an equation that consists of the maximum and minimum force during compression by the 75 mm compression platen and the total of the absolute values of the secondary differentiation values of force was obtained. This equation fitted well ( $R^2=0.616$ ) with the data obtained in 2005. Furthermore, it also fitted well with the results of the sensory evaluation by untrained panelists ( $R^2=0.569$ ).

These results show that the changes in texture during postharvest ripening and their variability among cultivars can be expressed by the texture analyzer-measured parameters, allowing us to develop a method for evaluating the overall acceptability of muskmelon fruit texture.