



青果物の品質保持及び品質評価に関する研究

永井, 耕介

(Degree)

博士 (農学)

(Date of Degree)

1999-03-10

(Date of Publication)

2009-05-13

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2304

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3156454>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002304>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



神戸大学博士論文

青果物の品質保持及び

品質評価に関する研究

平成11年1月

永井耕介

神戸大学博士論文

青果物の品質保持及び品質評価に関する研究

目次

緒言	-----	1
第1章 青果物の収穫後の呼吸特性及び貯蔵中の品質変化	-----	7
第1節 ブロッコリーの貯蔵温度、生育ステージと呼吸量及びエチレン生成量	-----	7
第2節 レタスの収穫後の呼吸量	-----	11
第3節 キャベツの収穫後の呼吸量と部位別成分変化	-----	14
第4節 完熟トマトの収穫後の呼吸量とエチレン生成量	-----	20
第5節 夏季完熟トマトにおける予冷・保冷処理による品質保持期間の延長	-----	22
第6節 キュウリにおける予冷・保冷処理による品質保持期間の延長	-----	30
第7節 タマネギの貯蔵中での品質変化	-----	37
第8節 摘要	-----	47
第2章 青果物における機能性フィルムの使用による鮮度保持効果	-----	50
第1節 ブロッコリーにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果	-----	50
第2節 レタスにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果	-----	55
第3節 キャベツ・カットキャベツにおけるフィルム包装の鮮度保持効果	-----	60
第4節 完熟トマトにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果	-----	63
第5節 包装法の改善による夏季収穫ハウレンソウの鮮度保持効果	-----	66
第6節 摘要	-----	75
第3章 青果物における品質保持材の使用による鮮度保持効果	-----	77
第1節 数種野菜・カット野菜における砕氷の使用による鮮度保持効果	-----	77
第2節 完熟トマトにおけるエチレン吸着剤の使用による鮮度保持効果	-----	83
第3節 完熟トマトの耐振動性と緩衝材の使用による品質保持効果	-----	85

第4節 無核ピオーネの振動特性と脱粒防止法の確立	-----	94
第5節 無核ピオーネにおける発泡スチロール箱を使用した常温での品質保持法の確立	-----	101
第6節 摘要	-----	106
第4章 クリにおける収穫後の品質向上技術の確立	-----	109
第1節 クリの低温処理による糖組成の変化	-----	109
第2節 クリの短期低温処理によるショ糖含量の調節法の確立	-----	118
第3節 クリの消費者嗜好と甘さの基準の策定	-----	121
第4節 摘要	-----	125
第5章 トマトの品質評価と近赤外分光法による非破壊測定法の確立	-----	126
第1節 トマトの食味関連成分と美味しさの基準の策定	-----	126
第2節 完熟トマト・ミニトマトにおける果実内部位の糖度分布と代表値の推定法の確立	-----	132
第3節 完熟トマトにおける果実内部位の酸度分布と代表値の推定法の確立	-----	141
第4節 近赤外分光法によるトマトの非破壊品質評価法の確立	-----	146
第5節 摘要	-----	156
第6章 総合考察	-----	158
第7章 総括	-----	177
引用文献	-----	180
Summary	-----	193

結 言

最近の青果物に対する消費者のニーズは健康志向の高まりにともなって、栄養価、機能性、安全性等に関心が向けられる傾向にあり、栽培方法についても注目されるようになってきた。品質面では高鮮度、良食味への要求が一層顕著になっている^{129, 147)}。また、消費動向は婦人の社会進出や核家族化等を反映し、利便性、多品目少量消費の傾向にあり、小家族の約5割が現在の販売単位が大きすぎる(多すぎる)と感じている¹⁴⁷⁾。このような消費者嗜好の変化に対応して、流通・販売面ではブランド化、多品目化、個包装化が進み、店頭には数多くの野菜、果実が陳列され、その商品形態は個包装やカット野菜などにみられるように大半はプリパッケージされた形態に変化してきている。一方、青果物の生産地は従来の重要な供給源であった都市近郊産地から遠隔地帯へと移行しており⁶²⁾、今後も産地の遠隔化と広域化は一層進展すると予想される。そのような状況下において、青果物における品質保持技術の確立の重要性は一層増すものと考えられる。

野菜の種類・品目は葉菜、果菜、根菜などと多く、同じ品目でも品種、栽培時期(作型)、熟度などが異なれば、呼吸量等の収穫後の生理特性は大きく異なっている¹³⁾。また、流通の環境条件も多岐にわたっており、収穫後の青果物は瞬時的なものから長期間にわたる種々のストレスを受けている。これらのストレスを調節することで、収穫後の品質保持をはかることができる¹⁰⁶⁾が、その内最も重要なものの1つが温度ストレスである。一般に低温ほど品質保持期間が長い^{1, 2, 3, 22, 99, 105, 127, 196, 216, 218, 244, 264)}ことから、気温が高い時には予冷・保冷等の低温流通が行われている^{62, 199)}。しかし、実際の流通段階では適切な温度管理がされておらず^{20, 251)}、そのために品質低下をおこす場合も少なくない^{12, 61, 186)}。

そこで、第1章では青果物について、味や栄養価に関わる内容成分の消耗に影響する収穫後の呼吸特性²⁶⁰⁾や老化を促進するエチレンの生成特性ならびにそれらの消長を品種、貯蔵温度、生育ステージ、収穫後の日数などについて調査した。また、キャベツの場合には貯蔵中における部位別成分変化について検討した。さらに、収穫後の予冷やその後の貯蔵温度がトマトとキュウリの品質に及ぼす影響について検討した。そして、比較的貯蔵性が高いタマネギについては数品種を用いて、貯蔵中の外観並びに内容成分の変化を調査するとともに、ソテーに加工した状態での品質(加工適性)について検討した。

青果物は水分含量が概ね80%を越える農産物で、中でも野菜は水分が高いため、日持ちが悪く、組織が軟弱で、一般に輸送性・貯蔵性の極端に悪い食品である²²⁸⁾。したがって、野菜の鮮度保持の観点からは流通段階全体を通じてコールドチェーンによる低温管理を行

うことが望まれる。しかしながら、小規模の産地では予冷施設を装備していないところもあり、また、それらの設備が完備されている場合でも流通全般を通して低温管理することは高コストがかかるために、現状では青果物に最適な温度条件を実行することが困難な場合が多い。そのような状況の中で、より安価で簡易な鮮度保持技術が求められている。現在、その1つとしてMA (modified atmosphere) 効果^{47, 217)}や湿度調節効果等を期待した包材の機能性が注目されている⁶⁰⁾。環境ガス調節を行い、青果物の鮮度を保つ方法は英国のKidd and West²²⁹⁾が最初ガス貯蔵 (Gas storage) と呼んでいたが、長期の貯蔵には低温が必要ということがわかってからは低温ガス貯蔵 (Refrigerated gas storage) と呼ぶようになった。この方法が現在のようにCA貯蔵 (Controlled atmosphere storage) と呼ばれるようになったのは、米国のSmockらが1941年に発表した論文で使ったのがきっかけになっている²³⁰⁾。CA貯蔵は収穫後の青果物が呼吸作用を営み、酸素を吸収し、二酸化炭素を排出するのを利用して、青果物の周囲の酸素濃度を下げ、二酸化炭素濃度を上げることで呼吸量を調節する技術で、それまでの貯蔵温度や湿度を調節する方法に比べて新しい品質保持法である。日本においては1960年代に青森県、長野県などにおいて大型のCA貯蔵庫が設置された⁹⁶⁾。CA貯蔵法の開発により、鮮度、味のよい果実を長い期間生食することが可能となった^{79, 184)}。そして、包装資材の発達につれて、適度の通気性をもったプラスチック材が開発され、CA貯蔵と同様に包装による袋内のガス組成の調節を利用した呼吸抑制効果 (MA効果) が期待できる機能性フィルムを利用した品質保持が行われるようになってきた²²⁹⁾。CA貯蔵に比べてプラスチックフィルムを利用したMA貯蔵 (包装) は大規模な施設を必要とせず、コストの面で優れている。機能性フィルムには無機多孔質を練り込んだもの⁸⁷⁾、界面活性剤をコーティング処理した防曇フィルム、アリルイソチオシアネート等の抗菌物質を処理した抗菌性フィルムなどがあり、近年は、レーザー光による微細孔フィルムなど新たなフィルムが開発されている⁶⁰⁾。各種機能性フィルムの鮮度保持効果は数種の青果物で確認されており^{2, 3, 35, 73, 100, 159, 197, 234, 235, 250)}、実際の流通においても機能性フィルムが使用されている。中でも微細孔フィルムは目に見えない程度の小さな孔の数と大きさを変えることによりガスの透過度を調節するもので、同一素材でしかも同一の厚みのフィルムであっても、青果物の呼吸生理に合わせたガス透過度の包材を容易につくることができる⁶⁰⁾。機能性フィルムは簡易に鮮度を保持できることから利用が増えているが、その効果は青果物の種類・品種によって異なり^{57, 93, 243)}、その有効な利用方法についても不明な点が多い。

そこで、第2章では数種野菜及びカット野菜における微細孔フィルムを中心とした各種機能性フィルムの使用による鮮度保持効果と貯蔵温度との関係を検討した。また、流通途中で野菜の品温変化が生じていることは一般に知られているものの、実際の流通途中での品温変化の実態については不明な点が多い。そこで、生産者、流通業者、量販店等の協力を得て、現状の流通状況下でのハウレンソウの品温の追跡調査並びに品質調査を行った。

さらに、現場ですぐに活用できる技術として品温変動や品質低下を少なくするための包装法について検討した。

一方、蓄冷材も簡易な品質保持効果の期待できるものであるが、これまで我が国では青果物が濡れることやダンボール強度が低下することから、蓄冷材として代表的な氷を青果物の品質保持に利用する事例は少なかった。しかしながら、大がかりな予冷施設を必要としないので、コスト面や環境保護の観点から、今後は蓄冷剤を利用した鮮度保持技術が見直される可能性が高いと考えられる。また、エチレンを生成する青果物については、簡易な鮮度保持法の1つとして、エチレン吸着材による品質保持効果が期待できるが、その効果については不明な点が多い。さらに、青果物の品質低下の原因として、青果物がうける振動も重要なものと考えられる。近年良食味嗜好の中で、完熟トマトなどの樹上で完熟させた果実の生産が増加している。15年ほど前の果実の青い段階で収穫するトマトではほとんど問題にならなかったことであるが、今日の完熟トマトでは流通段階での物理的損傷等による品質低下が重要な問題となっている^{58, 102, 162, 208}。ブドウも高品質嗜好の中で大粒系が好まれる傾向にあり、無核のピオーネブドウの需要は伸びている。しかし、現在普及しているジベレリン処理による無核果栽培では集出荷・輸送中の振動で脱粒が生じ易く、商品性の低下が大きな問題となっている。果実は一定限度以上の振動刺激を受けると物理的に外部あるいは内部に傷害が生じるとともに、生理的および化学的にも大きく影響を受け、代謝異常が起こることはこれまでの報告からも知られている⁵⁵。また、果実に対する振動の影響を、果実組織の破壊や変形と関連づけてレオロジーの分野の問題として解析しようとする研究も行われている^{178, 179, 247, 249}。しかし、傷害に至らない程度の振動が加わったときに、その振動刺激が果実に与える影響についての知見は比較的少なく^{160, 248}、それらの対策について検討した報告はほとんどない。

そこで、第3章では機能性フィルムを除く簡易鮮度保持法として、数種野菜・カット野菜における砕氷及び完熟トマトにおけるエチレン吸着剤の使用による鮮度保持効果について検討した。また、振動が品質に及ぼす影響を明らかにするために完熟トマトと無核ピオーネにおける振動の大きさや速さに対する振動特性を調査した。さらに、完熟トマトでは主として緩衝材の使用方法が品質に及ぼす影響を、無核ピオーネでは振動により生じる脱粒を防ぐための植物生長調節剤及び緩衝材利用による脱粒防止効果について検討した。発泡スチロール包材等を用いて常温流通での高鮮度出荷管理技術の可能性についても検討した。

クリは日本の気候に順応した樹木であり、多収穫量で果実内に澱粉質が富み、貯蔵性が良好で、焼く、ゆでるなど加熱だけで簡単に食することができることから、間食用果実として重宝されている。しかし、クリの収穫期は秋の短期間に集中するため、この時期の市

場価格の低下が著しい。その上、近年は韓国、中国からの剥きクリ輸入が増加し、国内生産量は過去10年間徐々に低下している。このような状況下で、今後とも国内生産クリの消費の維持拡大をはかるには栽培面での高品質化はもとより、収穫後の果実についても食味向上策をはかるとともに、出荷調整を行う必要性が高まっている。

そこで、第4章では収穫後のクリにおける低温処理が果実内ショ糖含量に及ぼす影響を調査し、貯蔵期間を活用した低温処理による糖含量増加技術を確認するとともに、短期低温処理によるショ糖含量の調節技術の可能性についても検討した。さらに、クリの甘さの基準について検討した。

消費者の青果物に対する消費者ニーズを詳細に調べてみた結果、消費者は野菜を主として「栄養」、「健康」のために、果物を「美味しさ」、「栄養」のために購入していることが明らかになった^{129, 147)}。しかしながら、品質のよしあしの選択基準についてはどちらも「鮮度」との回答が最も多かった。「鮮度」そのものは確かに誰もが視覚で光情報としてみれる青果物の重要な品質指標ではある。しかしながら、「内容成分」や「味」に関する品質表示が一部果実の糖度表示を除いて一般に行われていない今日では、外観的な鮮度が品質を理解する1つのバロメータにならざるを得ない。真の消費者ニーズに応えるためには青果物についても内容成分の表示が必要となる。しかも、瞬時に非破壊で測定できる技術開発が望ましい。非破壊品質評価法は対象物に何らかのエネルギーを与えるとき、その入力エネルギーと対象物によって影響を受けた出力エネルギーとの関係を調べることによって、非破壊的に対象物の品質に関わる特性を得ようとする手法である⁹¹⁾。非破壊法の利点としては①化学分析のように大量の化学薬品を使用しないため、分析コストが安く、化学薬品による環境汚染が無い。②試料に前処理を必要としないため、迅速な分析が可能である。また、同一試料を反復して使えるので、同一試料について経時的変化を調べることが可能となる。③分析に際し特別に熟練した技術を必要としない。④実時間での迅速な分析が可能のため、現場での品質管理に適する。⑤同時に多項目の情報を得ることができる。そのため、複数の成分が相互に関連して定まる総合的な品質特性を求めることができる、等である。食品の非破壊分析法としては紫外光から赤外光までの光学的方法¹⁷³⁾、生体電位や核磁気共鳴等を利用した電磁気学的方法⁸⁰⁾、超音波、打音、振動励起等による力学的方法¹¹³⁾等があげられるが、その中でも、光学的方法の800nmから2500nmまでの波長域を用いた近赤外分析法が注目されている¹⁸⁾。近赤外分光法が農産物の品質評価に利用できると認められたのは1960年代の穀類におけるタンパク質含量測定に関するNorrisら¹⁷²⁾の研究成果以降である。その後測定精度の向上が図られ、1978年には米国連邦穀物検査局(FGIS)で小麦タンパク質の公定分析法として採用されている⁶⁶⁾。穀物での測定は粉碎した試料で行われていたが、青果物を丸のまま外部から近赤外線を照射し、内部の成分を測定しようとする試みは1987年に著者らが試みるまではほとんどなされていなかった。その

原因としては光が照射される試料セルが粉体専用であり、試料室は狭く小さな試料しか入れることができなかったことと、さらに、青果物は一般に同一試料であっても青果物の部位が異なれば内容成分が大きく異なり、その上表面が均一ではなく、凹凸が著しいこと¹⁴⁵⁾も青果物への近赤外分光法の研究が遅れた原因と考えられる。そのようなことから、近赤外分光法で実際に青果物の成分、とりわけ味に関連する内容成分を測定する場合には、いくつかの解決しなければならない問題がある。その第1には品目毎に味と密接な関係にある内容成分の項目を探し出し、味を化学成分を用いて数値であらわすことである⁴⁵⁾。そして、その数値の評価を行うには基準づくりが必要となる。次に同一試料でも部位が異なれば、内容成分が異なることについては、成分毎の分布状況を調査し、1個体としての評価を行うにはどの部位に、また、何カ所に近赤外線照射するのが適切であるかについても検討する必要がある^{11, 90)}。しかしながら、食味の数値化、基準づくり、並びに果実内部位の成分分布と代表値の推定法に関する研究はこれまでほとんど行われていない。

そこで、第5章では品質評価法を確立するために、先ずトマトを用いて食味と関連する成分の検索を行い、美味しさの基準について検討した。また、適切な近赤外線照射部位並びに照射カ所数を解明するために、完熟トマトとミニトマトを用いて果実内部位の糖度と酸度の分布を調査するとともに、それぞれの代表値の推定法について検討した。そして、完熟トマトを用いて近赤外分光法による非破壊で品質評価が可能な項目について検討した。

以上のように本研究では数種青果物を用いて、収穫後に生じる品質低下の要因を明らかにするとともに、その対策について検討した。さらに品質そのものを評価するための手法についても検討を行い、以下に取りまとめた。

謝

辞

本論文の取りまとめに当たり、懇篤なご指導をいただき、かつ御校閲の労を賜った神戸大学教授 土田廣信博士、ならびに終始有益な御教示と御助言をいただいた神戸大学教授 上島脩博士、神戸大学教授 岸原士郎博士、神戸大学助教授 寺井弘文博士に謹んで厚く感謝の意を表する。

本研究の遂行に当たり元兵庫県立中央農業技術センター次長兼農業試験場長 森俊人博士、元兵庫県立中央農業技術センター経営流通室長 田中平義氏、同岸本基男氏、現兵庫県立北部農業技術センター所長 谷本登久雄氏、現兵庫県立淡路農業技術センター所長 澤正樹氏、現兵庫県立北部農業技術センター加工流通部長 中川勝也氏、同次長 井上喜正氏には種々の貴重な御意見を賜るとともに、研究上の便宜を図って頂いた。

また、本研究は兵庫県立中央農業技術センターと兵庫県立北部農業技術センターで行ったが、それぞれの研究に当たり格段の御協力、御助言、励ましを頂いた現兵庫県立中央農業技術センター作物部次長 吉川年彦博士、同環境部次長 吉倉淳一郎博士、同園芸部次長 浜田憲一博士、同園芸部主任研究員 堀本宗清氏、同作物部主任研究員 澤田富雄氏、同環境部主任研究員 三好昭宏氏 同研究員 小河甲氏、兵庫県立北部農業技術センター農業部主任研究員 福嶋昭氏 同加工流通部主任研究員 田畑広之進氏、同研究員 小河拓也氏、同研究員 廣田智子氏 並びに試験研究の補助として絶大なる協力を頂いた多くの方々には衷心より謝意を表する次第である。

さらに、現地試験の実施に際し、多大な御援助を頂いた県下の農業改良普及センターの関係職員各位、関係農業協同組合の営農担当職員各位並びに供試試料を快く提供して下さった生産者各位に対し、厚くお礼申し上げます。

なお、振動試験については、兵庫県立工業技術センター主任研究員 一森和之氏の御協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

第1章 青果物の収穫後の呼吸特性及び貯蔵中の品質変化

第1節 ブロッコリーの貯蔵温度、生育ステージと呼吸量及びエチレン生成量

ブロッコリー (*Brassica oleracea* L.) は流通途上で花蕾の黄化、開花、萎れなどによる品質低下を生じやすい^{236, 261)}。一般に低温ほど品質保持期間が長い¹⁸³⁾ことから、高温時には予冷・保冷等の低温流通が行われている。しかし、実際の流通段階では品温変化があり^{52, 155)}、そのために、品質低下を起こす場合も少なくない。そこで、品質低下の原因となるブロッコリーの呼吸特性及びエチレン生成量の調査を行った。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したブロッコリーは兵庫県立中央農業技術センター（1994年加西市）と同北部農業技術センター（1995年和田山町）で栽培したものをを用いた。1994年は12月10日と20日に収穫した試料を、1995年は10月13日と10月18日に収穫した試料を用いた。

栽培種は、1994年が‘唐嶺’‘緑嶺’‘グリーンビューティ’‘ハイツ’を、1995年は‘ハイツ’を用いた。ブロッコリーの重量は250～280gのものをを用いた。

2. 実験方法

(1) 花蕾の生育ステージ

花蕾の生育ステージ別呼吸特性及びエチレン生成量を把握するため、花蕾の状況が緑色で硬い、緑色で少し軟らかい、緑色で軟らかい、黄化始期で軟らかいの4段階の試料を用いた。生育ステージに関する調査の供試品種は‘唐嶺’とした。

(2) 貯蔵方法

収穫後の貯蔵温度は0, 5, 10, 15と20℃の5区とした。貯蔵の包装はOPP微細孔フィルム袋（酸素透過量：20,000ml/m²/24hr/atm, 15℃, 大きさ：197x370mm、厚さ：25μm）に入れ貯蔵は立ち姿で行った。

(3) 呼吸量、エチレン生成量およびフィルム内のガス濃度の測定

呼吸量、エチレン生成量測定に用いた試料はガラス製デシケータ内に保ち、試料取り出し用のデシケータのふたの部分にはラバーストッパーで固定した。二酸化炭素（以下CO₂と略す）及びエチレンの濃度は密封直後と密封2時間後に測定した。

CO₂濃度は収穫直後、貯蔵試験開始2日後および7日後に測定した。収穫直後の測定は貯蔵設定温度に4時間放置後測定を開始した。

CO₂濃度は(株)住友ベークライト製ガスアナライザー（モデルMAP-T3000）で測定し、エチレン濃度は(株)日立製作所製ガスクロマトグラフ（モデル163型、検知器FID）で測定した。

実験結果

Table 1 に収穫後の貯蔵温度とブロッコリーの呼吸量並びにエチレン生成量の関係を示した。CO₂生成量及びエチレン生成量は貯蔵温度が高いほど増加しており、5℃を基準にみると10℃、15℃、20℃はそれぞれ約1.5倍、3倍、4.3倍であった。0℃は5℃の約1/2量であった。エチレン生成量は10℃以下では比較的少なく、15℃以上で激増していた。

Table 2 にブロッコリーの花蕾の生育ステージと呼吸量並びにエチレン生成量の関係を示した。呼吸量は花蕾の状況による差が小さいが、花蕾が軟らかい段階で最も多い傾向にあった。エチレン生成量は花蕾が硬い段階では比較的少なく、花蕾が少し軟らかくなった段階で増加しはじめ、花蕾が軟らかい段階で急増した。その後、花蕾が黄化しはじめる段階ではエチレン生成量は減少した。

Table 3 にブロッコリーの品種別呼吸特性を示した。供試4品種の中で差がみられ、‘ハイツ’のCO₂排出量が最も多かった。収穫直後及び2日後では‘緑嶺’の排出量が少ない傾向にあった。CO₂排出量は収穫後に減少する傾向にあり、収穫7日後ではほぼ半量以下に減少していた。

考 察

ブロッコリーの呼吸量、エチレン生成量は貯蔵温度と密接な関係にあり、低温ほど少なく、商品性が著しく低下する花蕾の黄化が抑制されるので、高温時収穫のブロッコリーでは収穫直後の予冷及び低温貯蔵は鮮度保持の観点から不可欠のものであると考えられた。

花蕾の生育ステージと呼吸量及びエチレン生成量の関係では花蕾が軟らかくなった段階で増加し始めた。この点で寺井ら²³⁾⁸⁾はエチレンの増加が主に花蕾部によるものと報告している。エチレンの急増は黄化等品質低下を促進するので、収穫時の箱詰めでは花蕾が硬い段階で収穫し、花蕾の生育ステージを揃えることが重要であると考えられる。

供試品種間に呼吸量の差がみられ、早生品種の‘ハイツ’‘グリーンビューティ’は中晩生の‘唐嶺’‘緑嶺’よりも呼吸量が多い傾向にあった。しかしながら、その差は貯蔵温度や花蕾の生育ステージに比べれば小さいと考えられた。

呼吸量は収穫7日後には収穫直後の1/2程度に減少していた。収穫後の呼吸量が減少傾向にあることから柑橘類²³⁾⁰⁾と同様呼吸型は漸減型であると推察される。

Table 1 Effect of storage temperature on respiration rate and C₂H₄ production of broccoli 'Tourei'

temperature of storage (°C)	respiration rate (CO ₂ mg/kg/hr)	C ₂ H ₄ (μl/kg/hr)
0	58	0.1
5	95	0.1
10	145	0.6
15	289	2.5
20	414	5.1

stage of the flower buds of broccoli : hard~weak soft

Table 2 Effect of stage of flower buds on respiration rate and C₂H₄ production of broccoli 'Tourei'

stage* of flower buds	respiration rate (CO ₂ mg/kg/hr)	C ₂ H ₄ (μl/kg/hr)
I	278	2.8
II	276	7.0
III	318	14.1
IV	254	6.8

storage temperature : 15°C

* stage of the flower buds of broccoli;
 I : green and hard , II : green and weak soft,
 III : green and soft, IV : yellow and soft

Table 3 Respiration rate of several cultivars of broccoli

cultivar	respiration rate* ¹ (CO ₂ mg/kg/hr)		
	storage period (days)		
	0* ²	2	7
Ryokurei	282	250	147
Tourei	312	273	140
Greenbyutyi	347	336	157
Haitsu	378	366	169

stage of the flower buds of broccoli : green and hard~green
and weak soft

*1 : storage temperature : 15°C

*2 : 0 day: measured after storage at 15°C for 4 hours

第2節 レタスの収穫後の呼吸量

レタス (*Lactuca sativa* L.) は流通途上で葉先の萎れや切り口が褐変化するなどし、品質低下しやすい。そこで、品質低下の原因となるレタスの収穫後の呼吸特性の調査を行った。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したレタスは兵庫県立中央農業技術センター（1994年加西市）と同北部農業技術センター（1995年和田山町）で栽培したものをを用いた。1994年は12月3日と20日に収穫した試料を、1995年は11月5日に収穫した試料を用いた。

栽培種として1994年には‘カイザー’、‘シスコ’（以上早生品種）、‘サントス’（中晩性品種）を1995年には‘シスコ’を用いた。レタスの重量（球の調整重）は360～400 gのものをを用いた。

2. 実験方法

(1) 試験1 レタスの収穫後の呼吸量

(ア) 貯蔵方法

収穫後の貯蔵温度は0, 5, 15と20℃の4区とした。貯蔵の包装にはOPP微細孔フィルム袋（酸素透過量：20,000ml/m²/24hr/atm, 15℃, 大きさ：197 x 370mm、厚さ：25μ）を用いた。

(イ) 呼吸量の測定

呼吸量の測定に用いた試料はガラス製デシケーター内に保ち、試料取り出し用のデシケーターのふたの部分にはラバーストッパーで固定した。二酸化炭素（以下CO₂と略す）濃度は密封直後と密封2時間後に測定した。収穫直後の測定は、4時間設定温度の貯蔵庫に放置し、レタスの中心温度が貯蔵温度に達した後に開始した。

CO₂濃度は㈱住友ベークライト製ガスアナライザー（モデルMAP-T3000）で測定した。

実験結果

Table 4 に収穫後の貯蔵温度とレタスの呼吸量の関係を示した。CO₂生成量は貯蔵温度が高いほど増加しており、5℃を基準にみると収穫直後では15℃、20℃は5℃のそれぞれ約1.4倍、2.4倍であり、0℃は5℃の約0.8倍量であった。貯蔵2日後以降0℃、5℃の呼吸量が激減し、一方、15℃、20℃の呼吸量は微減またはほぼ同じであった。その結果、貯蔵2日後の15℃、20℃の呼吸量は5℃のそれぞれ約2.5倍、4.5倍になった。

Table 5 に品種別呼吸特性を示した。供試3品種の中で差がみられ、中晩性品種の‘サントス’は早生品種の‘カイザー’‘シスコ’に比べて呼吸量が収穫直後で8割程度、収穫7日後で6～7割程度と少なかった。

考 察

レタスの収穫直後の呼吸量は貯蔵温度と密接な関係にあり、低温ほど少ない。また、貯蔵中の呼吸量は減少傾向にあったが、貯蔵温度により減少パターンが少し異なっていた。温度が比較的低い0℃、5℃の貯蔵では貯蔵後の呼吸量の減少が著しいが、15℃、20℃の貯蔵では僅かに減少するにすぎなかった。ブロッコリーでは同様に設定した全ての貯蔵温度において収穫7日後には収穫直後の1/2程度に減少していた¹⁵³⁾。レタスがブロッコリーとは異なり貯蔵温度による減少パターンが異なる理由は不明であり、今後検討する必要があるが、レタスでは低温の貯蔵条件で、その後の呼吸量が大きく減少することから収穫直後の予冷・保冷効果が大きい野菜であると考えられる。

供試品種間に呼吸量の差がみられ、早生品種は中晩生品種よりも呼吸量が多い傾向にあった。この傾向はブロッコリーでも確認されている¹⁵³⁾。しかしながら、その差は貯蔵温度による差に比べれば小さいと考えられた。

Table 4 Effect of storage temperature on respiration rate of lettuce 'Shisuko'

temperature of storage (°C)	respiration rate(CO ₂ mg/kg/hr)			
	storage period (days)			
	0 ^{a)}	2	4	7
0	13.2	6.4	3.8	6.0
5	16.2	8.9	7.4	8.7
15	23.2	22.5	20.7	22.6
20	38.5	40.6	38.2	35.5

a) 0 day: measured after storage at 0, 5, 15 and 20°C for 4 hours, respectively

Table 5 Respiration rate of several cultivars of lettuce

cultivar	respiration rate ^{a)} (CO ₂ mg/kg/hr)		
	storage period (days)		
	0 ^{b)}	2	7
Kaiza	22.8	24.3	18.1
Shisuko	23.2	22.5	22.6
Santosu	18.3	15.4	12.7

a) storage temperature : 15°C

b) 0 day: measured after storage at 15°C for 4 hours

第3節 キャベツの収穫後の呼吸量と部位別成分変化

キャベツの鮮度低下は、主として水分減少と成分そのものの消耗により生じる^{134, 261, 262}。そこで、夏季収穫高原キャベツの収穫後の成分変化を部位別に調査し、貯蔵温度の影響を検討するとともに呼吸特性を調査した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したキャベツは、兵庫県立北部農業技術センターで、1994年9月30日に播種し、1995年7月12日に収穫したものを使用した。試料の部位は外葉部から中心部までを葉数で4等分した。

品種は収穫後の部位別成分変化の実験には、「SE」（エスイー）を、品種別呼吸量の実験には、「SE」、「N90-6605」、「YRフラットサワー3号」、「K0-250」、「来陽」（ライオウ）、「YR517」の6品種、系統を使用した。キャベツの形態はホール（出荷調整時の形態）と1/2カットの2種類とした。包装形態は無包装と0.03mm厚のポリエチレンフィルムによる密封包装の2種類とした。

2. 実験方法

(1)貯蔵方法 収穫後の部位別成分変化を調査するために設定した処理温度は5℃、15℃、20℃で、処理期間は14日間とし、その後に成分分析を行った。

品種別の呼吸特性を比較するために、設定した処理温度は5℃と15℃で、処理期間は4日、7日間とした。

なお、収穫時のキャベツの品温は27℃であった。

貯蔵施設は日本医化器製作所製のインキュベータ（BIOTRON LPH200型）を使用した。貯蔵期間の相対湿度は70～85%であった。

(2)分析方法 ショ糖及び全糖含量の部位別成分変化については、キャベツと同重量の蒸留水を加えてホモジナイズし、その10gを取り、200mlに定容し4時間抽出した後、抽出液を液体クロマトグラフィー（YANACO製L-6000型）により測定した。なお液体クロマトグラフィーの測定条件はつぎのとおりとした。

カラム；LICHROSORB NH2

溶媒；アセトニトリル：メタノール：蒸留水=75:10:15

カラム温度；35℃

流量；0.8ml/min

ビタミンC含量の測定は前処理として、キャベツ10gと同重量の5%メタリン酸を加えてすりつぶした後にろ過し、その後その3gを取り、10gの5%メタリン酸を加え、VCメータ（H

ORIBA製 VC-100) で測定し、乾物換算してビタミンC含量を求めた。水分は110℃で24時間乾燥後求めた。

(3)呼吸量測定

収穫後の呼吸特性を把握するため、収穫時及び収穫後の二酸化炭素(CO₂)排出量を調査した。試料をガラスチャンバーに密封し、その直後と2時間後のCO₂濃度を測定して呼吸量を求めた。収穫直後の呼吸量については設定温度に4時間放置した後、CO₂排出量を求めた。CO₂濃度はガスアナライザー(住友ベークライト製 MAP-T3000)で測定した。

結果及び考察

1. 収穫後の部位別成分変化

Fig. 1 にキャベツの全糖含量に及ぼす貯蔵温度の影響について示した。収穫直後の全糖含量は中心部ほど高い傾向にあった。貯蔵温度が高いほど全糖含量は著しく減少した。20℃では全ての部位で、かなり減少したが、15℃では中心部位付近での減少は少なかった。さらに、5℃では外葉部での減少もわずかであった。

Fig. 2 には水分に及ぼす貯蔵温度の影響について示した。貯蔵温度が高いほど水分の減少は著しいが、中心部では20℃でも1%程度と減少は比較的少なかった。一方外葉部では5℃で約1%、15℃で約3%、20℃で約5%の水分減少が見られた。

キャベツの貯蔵中での全糖含量の減少は山下²⁶²⁾らの報告と一致しており、阿部ら⁴⁾、著者ら¹³⁴⁾は他の青果物での貯蔵中での全糖含量の減少を報告している。キャベツの外葉部における顕著な減少は水分の変動を含めると一層著しいことがわかる。しかし、外葉部ほど減少しているのは、そのことによりキャベツの内部が保護されているものと推察される。

Fig. 3 にキャベツの全糖含量に対するショ糖含量の割合に及ぼす貯蔵温度の影響について示した。収穫直後のショ糖割合は外葉部と中心部が高い傾向にあった。全体的には貯蔵温度に応じてショ糖割合が減少する傾向にあるが、測定部位によって変動パターンが異なっていた。中心部ではどの温度でも変化は少なく、中心部に近いC部位は20℃での減少もわずかであった。外葉部では15、20℃で減少が見られ、外葉部に近いB部位は外葉部とC部位の中間的な変動パターンであった。

20℃での外葉部ではショ糖割合の減少が著しい。貯蔵中のショ糖含量の減少については山下ら²⁶¹⁾もブロッコリーで報告している。5℃での変化が少ないことより、貯蔵温度が低いとショ糖から還元糖への加水分解が抑制されていることがわかる。

Fig. 4 にキャベツのビタミンC含量に及ぼす貯蔵温度の影響について示した。収穫直後のビタミンC含量は外葉部が最も多く、次いで中心部位が多かった。ビタミンC含量は外

葉部から中心部にかけて全ての部位で、貯蔵温度に比例して減少する傾向にあった。

ビタミンC含量は青果物の新鮮さの指標とされている成分である^{24, 26)}。外葉部は他の部位に比べて、減少の量、比率とも多く、しかも、キャベツ全体におけるビタミンの減少パターンと似かよっていることから、外葉部のビタミンC含量を測定することにより、全体のビタミンC含量の変化を一層明確にあらわすことができると考えられる。

2. 品種及びカット形態と呼吸量との関係

Table 6に5℃貯蔵条件での品種別の呼吸量を示した。品種の比較では、ホール及び1/2カット形態での収穫直後の呼吸量は「来陽」が最も高く、次い「YR-517」が高かった。収穫時の段階で1/2カット形態の呼吸量はホール形態のものに比べて1.5~1.8倍量であった。ホール形態では貯蔵4日後の呼吸量は収穫時の段階とあまり変わらないが、7日後では減少していた。1/2カット形態では貯蔵4日後でも収穫時の段階に比べれば呼吸量は減少しており、7日後ではホール形態のものとはほぼ同程度の呼吸量であった。

Table 7に15℃貯蔵条件での品種別の呼吸量を示した。15℃貯蔵での呼吸量は5℃に比べて高く、収穫直後の段階で、5℃の2~3倍量であった。品種の比較では、5℃と同様「来陽」の呼吸量が最も高かった。

収穫時の段階で1/2カット形態の呼吸量はホール形態のものに比べて1.6~2.0倍量であった。ホール、1/2カット形態ともに貯蔵中減少傾向にあり、7日後には1/2カット形態のものはホール形態のものよりも呼吸量が少ない傾向がみられた。

品種により呼吸量に差がみられたが、「来陽」は生食用で葉が軟らかい品種である。「YR517」は「来陽」よりは葉が硬いものの、「SE」よりは軟らかい。したがって、葉の軟らかい品種の呼吸量は高くなるものと推察される。

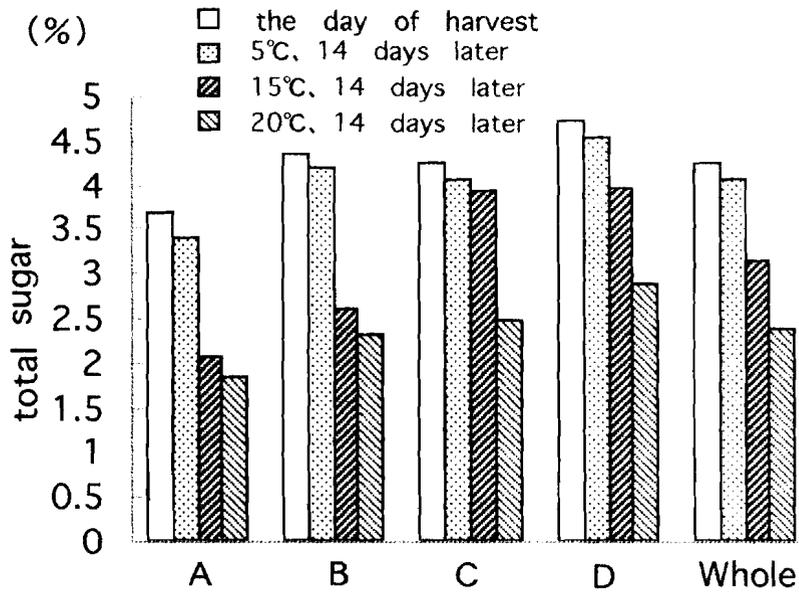


Fig.1 Effect of storage-temperature on total sugar in several parts of cabbages

A--- most outside part B--- second part from outside
 C--- second part from center D--- central part

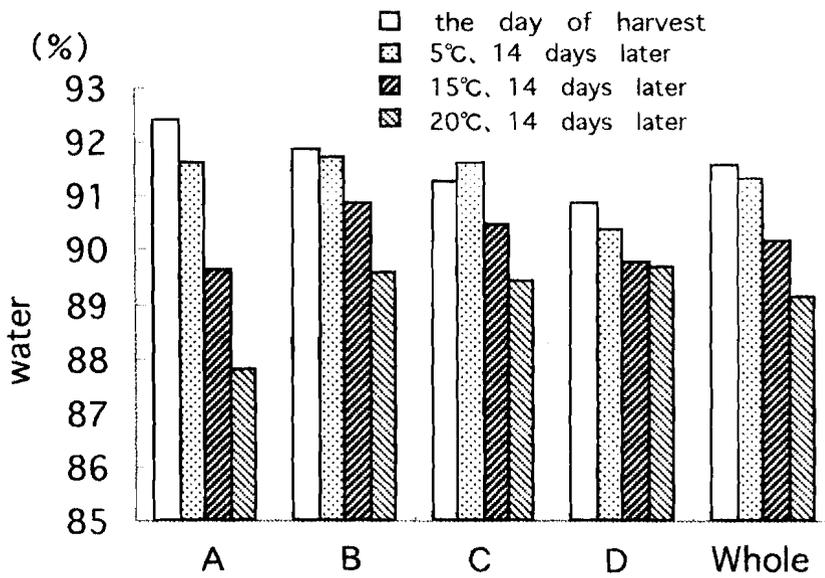


Fig.2 Effect of storage-temperature on water(%) in several parts of cabbages

A--- most outside part B--- second part from outside
 C--- second part from center D--- central part

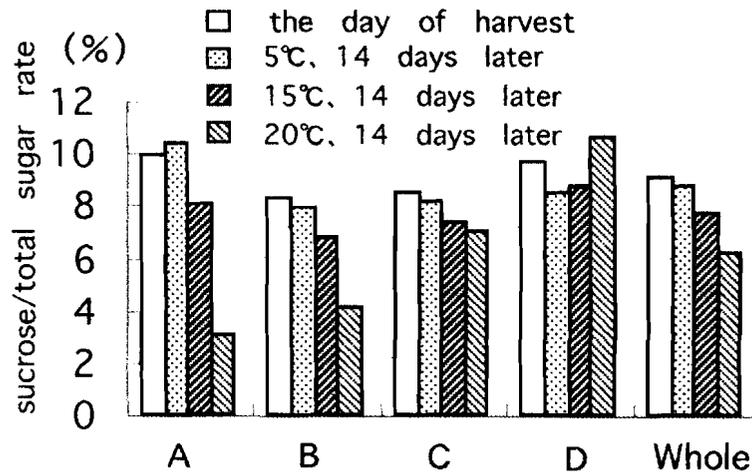


Fig.3 Effect of storage-temperature on sucrose/total sugar rate in several parts of cabbages

A--- most outside part B--- second part from outside
 C--- second part from center D--- central part

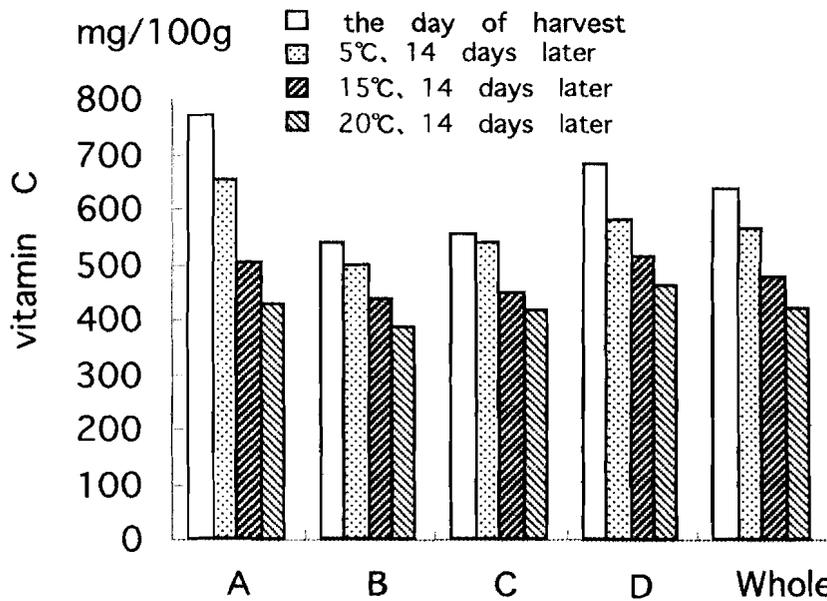


Fig.4 Effect of storage-temperature on vitamin C in several parts of cabbages (vitamin C ; deoxidation type)

A--- most outside part B--- second part from outside
 C--- second part from center D--- central part

Table 6 Respiration rates of several cultivars of cabbage at harvest and during storage at 5 °C

Cultivar	Fresh weight (g)	Respiration rate (CO ₂ mg/Kg/hr)					
		Non-cut			1/2cut		
		storage period(days)			storage period(days)		
		0*	4	7	0*	4	7
SE	1005	17.1	18.3	12.8	26.3	25.9	10.6
90-6605	1238	12.8	14.8	13.1	22.9	20.4	15.2
YRSAWA 3GO	1453	13.7	18.2	10.9	25.4	21.8	12.5
KO-250	1192	16.4	18.5	13.7	27.1	22.8	10.4
RAIYO	795	23.8	25.1	18.2	41.6	34.4	15.6
YR517	869	20.3	20.5	15.4	36.2	30.6	18.4

* Respiration rates of '0 day' : measured after storage at 5°C for 4 hours

Table 7 Respiration rates of several cultivars of cabbage at harvest and during storage at 15 °C

Cultivar	Fresh weight (g)	Respiration rate (CO ₂ mg/Kg/hr)					
		Non-cut			1/2cut		
		storage period(days)			storage period(days)		
		0*	4	7	0*	4	7
SE	983	35.4	28.3	23.8	61.3	30.2	17.9
90-6605	1086	33.6	25.4	19.7	66.2	24.3	18.1
YRSAWA 3GO	1357	31.8	25.8	22.1	64.5	26.6	16.8
KO-250	1366	36.1	27.1	23.4	62.8	25.8	22.5
RAIYO	858	50.2	33.5	24.1	86.7	38.5	22.8
YR517	906	42.9	30.1	22.8	69.3	34.7	21.2

* Respiration rates of '0 day' : measured after storage at 15°C for 4 hours

第4節 完熟トマトの収穫後の呼吸量とエチレン生成量

完熟トマトの品質低下の要因には水分減少によるしおれ（みかけの鮮度低下）と内容成分の減少による味や栄養価の低下がある。味や栄養価はトマトそのものの呼吸による消耗で低下する場合が多い。そこで、完熟トマトの収穫後の呼吸量とエチレン生成量を調査した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供した完熟トマトは兵庫県立中央農業技術センター（1994年加西市）と同県内の農家（1995年小野市）で栽培したものをを用いた。1994年は5月15日に収穫した試料を、1995年は7月10日と10月15日に収穫した試料を用いた。

栽培種は、両年とも‘桃太郎’を用いた。トマトの重量は190～230gのものをを用いた。

2. 実験方法

(1) 貯蔵方法

収穫後の貯蔵温度は0, 5, 20と25℃の4区とした。貯蔵の包装はOPP微細孔フィルム袋（酸素透過量：20,000ml/m²/24hr/atm, 15℃, 大きさ：197 x 370mm、厚さ：25μm）で密封した。

(2) 呼吸量、エチレン生成量およびフィルム内のガス濃度の測定

呼吸量、エチレン生成量の測定に用いた試料はガラス製デシケータ内に保ち、試料取り出し用のデシケータのふたの部分はラバーストッパーで固定した。二酸化炭素（以下CO₂と略す）及びエチレンの濃度は密封直後と密封2時間後に測定した。

CO₂濃度は収穫直後、貯蔵試験開始直後、1日後、3日後および6日後に測定した。収穫直後の測定は貯蔵設定温度に4時間放置後測定を開始した。

CO₂濃度は(株)住友ベークライト製ガスアナライザー（モデルMAP-T3000）で測定し、エチレン濃度は(株)日立製作所製ガスクロマトグラフ（モデル163型、検知器FID）で測定した。

実験結果

Table 8に収穫後の貯蔵温度と完熟トマトの呼吸量並びにエチレン生成量の関係を示した。CO₂生成量は貯蔵温度が高いほど増加しており、収穫直後の場合、5℃を基準にみると20℃、25℃は5℃のそれぞれ約2倍、3倍で、0℃は5℃の約1/2量であった。

0℃と5℃では収穫直後、1日後、3日後ともほぼ同量の呼吸量であったが、20℃、25℃では貯蔵3日の間も呼吸量は減少傾向にあった。収穫6日後では設定した全ての温度帯で収穫直後に比べて呼吸量の減少がみられた。

エチレン生成量はCO₂生成量と同様、貯蔵温度が高いほど増加しており、収穫直後の場合、5℃を基準にみると20℃、25℃は5℃のそれぞれ約2倍、4倍で、0℃は5℃の約70%量で

あった。完熟トマトのエチレン生成量は収穫直後に比べて収穫1日後でも減少傾向がみられた。収穫6日後では収穫直後に比べてエチレン生成量は20~30%程度まで減少していた。

考 察

完熟トマトの呼吸量はレタスなどの葉菜類やブロッコリーなどの花菜類に比べれば少ないが^{153, 157)}、収穫後の貯蔵温度が高くなれば、それだけ呼吸量は多くなる。しかも、収穫後の数日間は呼吸量が多い。エチレン生成量も呼吸量と同様、収穫後の貯蔵温度が高いほど多い。したがって、収穫直後に果実品温を下げることはエチレン生成量と呼吸量を抑制することになり、収穫時の品質を保つために効果が高いと考えられる。

Table 8 Effect of storage temperature on respiration rate and C₂H₄ production of full ripe tomato 'Momotaro'

temperature of storage (°C)	respiration rate(CO ₂ mg/kg/hr)				C ₂ H ₄ (μl/kg/hr)			
	storage period(days)				storage period(days)			
	0*	1	3	6	0*	1	3	6
0	22.8	21.3	24.1	18.2	16.9	10.4	13.8	5.7
5	42.5	34.5	38.0	23.8	24.1	22.2	20.0	8.0
20	85.7	82.8	66.9	64.6	45.1	34.9	49.1	11.8
25	130.9	121.8	106.1	90.3	89.3	71.5	73.8	18.3

* Respiration rates or C₂H₄ of '0 day' : measured after storage at 15°C for 4 hours

第5節 夏季完熟トマトにおける予冷・保冷処理による品質保持期間の延長

樹上で成熟した完熟トマトは食味が優れているため⁵⁶⁾、消費の維持・拡大に大きく貢献している。しかし、夏季の高温時における完熟トマトは流通段階での日持ちが問題となり、今日でも2～3分着色時または催色期 (turning stage) に収穫し、出荷されているのが現状である。そこで、完熟トマトを夏季の高温時に流通させるために、予冷・保冷処理による品質保持効果について検討した。

実験材料及び方法

1. 実験材料

トマト (*Lycopersium esculentum* Mill.) の品種は桃太郎で神戸市西区岩岡町の農家で栽培され、1990年7月9日に収穫した完熟果 (80～90%着色果) を供試した。

2. 実験方法

予冷処理は収穫当日に行い、7月16日まで貯蔵し品質調査を行った。予冷処理としては差圧通風予冷を1.5時間、3時間の2処理と真空予冷を20分と40分の2処理を行った。なお、用いた予冷施設は1988年11月に神戸市西農協に設置された差圧通風並びに真空予冷装置で、差圧通風予冷施設の容積は626m³で吹き出し口の温度を4℃に設定した。

包装形態としては31 x 42 x 8cm³のダンボール箱 (4 Kg詰め) に予冷のために3 x 4cm²の穴をダンボール箱の側面に4ヶ所設けた。

予冷後の貯蔵条件としては5℃と室温の2条件とした。7月9日～7月16日までの7日間の平均最高室温は30.2℃で、平均最低室温は26.4℃であった。

調査項目については果実品温、外観鮮度、糖度、糖の組成、滴定酸 (酸度)、ビタミンC、水分、色差値、食味評点等を調査分析した。果実品温はトマト果実の中心温度とし、外観鮮度は官能検査による。糖度は果実全体をホモジナイズし、その汁液について糖用屈折計の示度で示し、糖は高速液体クロマトグラフにより測定した。滴定酸は0.1N NaOHで滴定しクエン酸換算値として求め、ビタミンCはヒドラジン比色法により測定した。果実の色は色差計 (日本電色製Z-1001DP) を用いて測定した。なお、色差計での測定部位はトマトの果頂部がほとんど赤色のため、赤道部とがくの間部分を測定した。食味検査は13名のパネリストによる相対食味値とした。

実験結果

1) トマト果実の品温 予冷処理を実施する前の完熟トマトの品温は29.7℃であったが、差圧通風予冷1.5時間、3.0時間で果実品温はそれぞれ6.5℃、4.5℃に低下した。なお、真空

予冷では、40分処理を行っても品温は23℃まで低下したにすぎなかった。3時間の差圧通風予冷を行っても室温放置した場合には18～24時間で無処理（無予冷）のものと同様の品温になった(Fig. 5)。

2)外観的品質 外観的鮮度評点はTable 9 にみられるように、差圧通風予冷処理と5℃貯蔵の併用により高く保持される傾向にあった。鮮度評点で重要視されるがく部のしおれは5℃貯蔵により防止できた。なお、真空予冷処理ではがく部のしおれが無処理よりも進行する傾向にあった。果実の光沢も5℃貯蔵により高く保持された。

果実の硬さは2日後までは室温に置いた場合でも差圧通風予冷による効果が認められたが、1週間後では予冷処理による効果はなく、その間5℃貯蔵することにより、軟化が防がれた。色差値に関しては収穫後L値・b値が低下し、a値が高まる傾向がみられたが、5℃貯蔵ではその変化が少なかった。さらに、差圧通風予冷との組合せによりその変化の抑制効果は一層高まった。

3)内容成分的品質 Table 10 から明らかなように、糖度は貯蔵期間中若干低下したが、変化は比較的少なかった。果糖とブドウ糖の割合について調査した結果では果糖の方が若干多い傾向にあった。果糖とブドウ糖を合わせた還元糖は収穫後若干減少する傾向がみられ、室温放置等では7日後で収穫当日に比べて10%程度減少していたが、予冷処理並びにその後の5℃貯蔵によりその変化が抑制される傾向にあった(Fig. 6)。

滴定酸量の変化については収穫直後から減少し、7日間の室温放置状態で収穫直後に比べて約30%減少したが、差圧通風予冷と5℃貯蔵の組合せにより減少抑制効果が認められ10%程度の減少であった(Fig. 7)。糖度/滴定酸並びに還元糖/滴定酸値は予冷処理無しで7日間室温放置した場合には収穫直後に比べて40～50%高くなったが、収穫後予冷処理し、その後5℃貯蔵することによりその変化はほぼ10%以内に抑えられた。(Table 10)。

全ビタミンC含量は差圧通風予冷とその後の5℃貯蔵との組合せにおいてのみ1週間後でも高く保持された(Fig. 8)。

4)食味評点 Table 11 から明らかなように、2日後では差が小さいものの5℃貯蔵のものが高い傾向にあった。4日後ではその差が拡大し、室温放置のものは5℃貯蔵に比べてかなり食味評点が低下した。なお、7日後の室温放置のものは食味試験をするまでもなく外観が低下していた。

考 察

夏季における完熟トマトの予冷処理やその後の貯蔵条件を検討した結果、収穫後室温(26.4～30.2℃)に放置すると3日程度が貯蔵の限界であったが収穫直後に差圧通風予冷をかけ、直ちに品温を下げ、その後も低温貯蔵することにより1週間程度の品質保持が可能であった。

収穫後の予冷までの時間とその後のトマトの品質については、平野ら³⁸⁾は2分着色のト

マトにおいて重量減少、着色の進行程度、商品性等の点で、予冷までの時間が短いほどその後の品質が優れていると報告しているが、完熟トマトではより一層その時間を短くすることが重要であると考えられる。

また、完熟トマトにおいては予冷処理により夏季の高温時に品温を1日程度無処理よりも低く保つことができ、その分品質低下を遅らせることができた。しかし、予冷のみでは果実硬度やぐくのしおれ等の外観的品質保持効果が1～2日程度しか期待できないので、より長期間の品質保持が必要な場合には予冷後の保冷が必要である。平野ら³⁶⁾は2分着色果において差圧通風予冷処理のみで果皮の着色度、果実硬度が2日程度遅延すると報告しているが、完熟トマトでは2分や5分着色果に比べて、収穫後の呼吸量、エチレン生成量が高いため³⁹⁾、より早く品質低下を起こすものと推察される。

色差値に関して低温条件ほど変化が少ないのは、高橋ら²¹⁴⁾が述べているように果実内の代謝機能が抑制されるためであり、色素含量についてもリコピンの生成には18～24℃が適温であり^{16, 214)}、本試験の5℃では色素の生成もかなり抑制されたものと考えられる。

食味と関係の深いとされる糖と酸含量^{56, 122, 207)}については、室温状態に放置すると、滴定酸が減少し、還元糖も若干減少する傾向がみられた。酸が減少するのは呼吸基質として消費されやすいためであり、一般に温度が高いほどその消費量は高くなる^{207, 240)}。その結果、室温放置では糖度/滴定酸、還元糖/滴定酸値が高くなり、5℃貯蔵では低温条件下での呼吸抑制効果により還元糖、滴定酸の減少が少なくなり、糖度/滴定酸、還元糖/滴定酸値の変化も少なくなるものと考えられる。

栄養価や鮮度の指標とされる全ビタミンCについては変化は少ないものの収穫後室温放置すると減少する傾向がみられた。2分着色トマトでは収穫後10日程度でもその変化がほとんど無いとする報告³⁶⁾もあるが、完熟トマトでしかも夏季の温度条件下では減少しやすいものと推察される¹²⁵⁾。

5℃貯蔵と室温放置との食味評点の差が収穫2日目に比べて4日後で拡大したのは、室温状態ではトマト果実の硬度や酸含量が2日以降もしだいに低下しており、これらが影響しているものと考えられる。

トマトでは低温条件下で貯蔵すると、水浸状に軟化し腐敗する低温障害が生じるとされている^{39, 119)}が、今回試みた温度条件下では認められなかった。低温障害は一般に未熟な青果物ほど生じやすいとされており^{68, 119, 198)}、完熟状態で出荷・流通される完熟トマトは低温貯蔵での耐性が比較的強いものと考えられる。

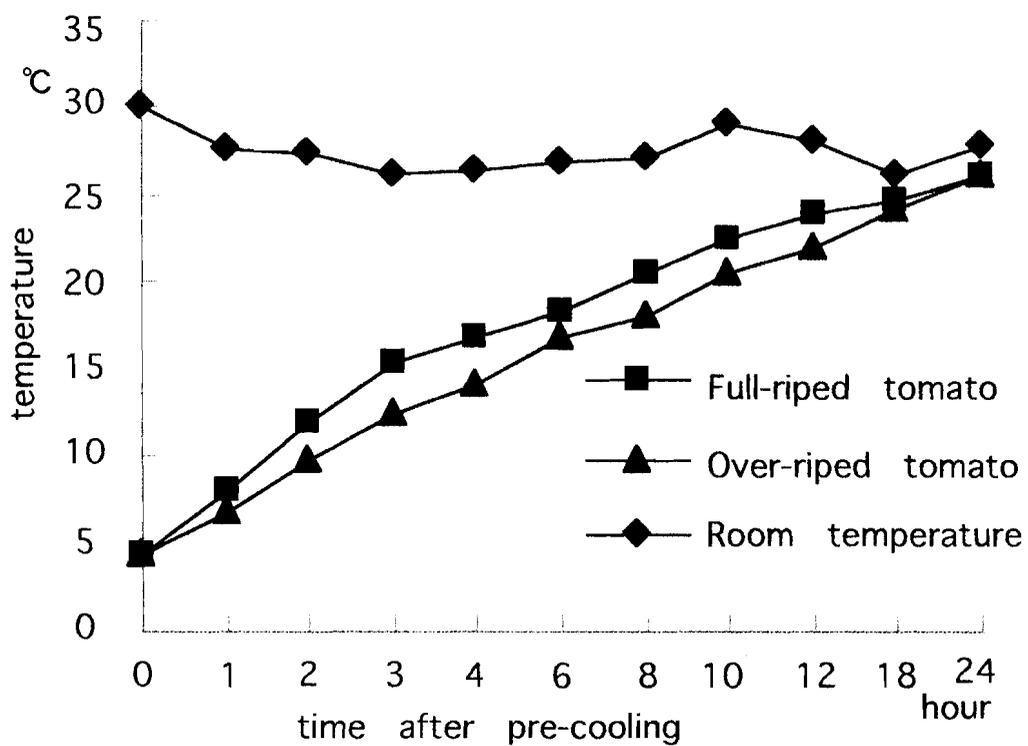


Fig.5 Temperature of tomato after pre-cooling

Table 9 Effect of precooling on fruit outward quality of tomato

		precooling	storage	fresh-	hard-	gross	wilt of	color		
			temperature	ness	ness		calyx	L	a	b
0 day after precooling	non	-		5.0	4.0	4.0	4.0	55.3	-1.7	20.1
	F. A. cool. 1.5H ¹⁾	-		5.0	5.0	4.0	4.5	55.4	-0.9	19.5
	F. A. cool. 3.0H	-		5.0	5.0	4.0	4.5	51.7	0.6	20.4
	vac. cool. 20m ²⁾	-		5.0	4.0	4.0	3.5	54.3	1.2	19.0
	vac. cool. 40m	-		5.0	4.0	4.0	3.5	54.4	1.5	19.0
2 days after precooling	non	room temp.		4.0	2.0	4.0	3.0	40.6	22.2	14.9
	non	5 °C		4.5	4.0	4.0	4.0	49.5	9.7	16.9
	F. A. cool. 1.5H	room temp.		4.5	3.5	4.0	4.0	42.3	21.9	14.8
	F. A. cool. 1.5H	5 °C		4.8	5.0	4.0	4.5	52.3	3.5	17.7
	F. A. cool. 3.0H	room temp.		4.5	3.5	4.0	4.0	43.3	17.7	14.4
	F. A. cool. 3.0H	5 °C		4.8	5.0	4.0	4.5	54.3	2.2	18.1
	vac. cool. 20m	room temp.		4.0	2.0	4.0	3.0	42.8	19.5	15.0
	vac. cool. 40m	room temp.		3.5	2.0	4.0	2.0	41.0	18.3	14.3
7 days after precooling	non	room temp.		3.0	1.0	3.0	2.0	37.5	26.5	13.2
	non	5 °C		4.0	4.0	3.5	4.0	46.4	12.4	16.2
	F. A. cool. 1.5H	room temp.		3.0	1.0	3.0	2.5	37.2	25.3	12.9
	F. A. cool. 1.5H	5 °C		4.5	4.0	3.5	4.0	48.9	8.8	18.7
	F. A. cool. 3.0H	room temp.		3.0	1.0	3.0	2.5	36.2	24.3	12.3
	F. A. cool. 3.0H	5 °C		4.5	4.0	3.5	4.0	49.9	4.8	18.0
	vac. cool. 20m	room temp.		2.0	1.0	2.0	1.0	36.8	27.6	13.0
	vac. cool. 40m	room temp.		2.0	1.0	2.0	1.0	34.3	27.3	12.0

1)F. A. cool. 1.5H and 3.0H;forced-air precooling for 1.5 and 3.0 hours

2)vac. cool. 20m and 40m;vacuum cooling for 20 and 40 minutes

room temp.;room temperature

fresh score; 5:Excellent~1:not edible

hardness score; 5:very hard~1:very soft

gross score; 5:Excellent~2:bad

wilt of calyx;5:not wilt~1:wilt remarkably

Table 10 Effect of precooling on fruit quality of tomato

	precooling	storage temperature	Brix BX	sugar		water (%)	total Vitamin C(mg%)	Brix/Acid	Reducing sugar/Acid
				FRU (%)	GLU (%)				
0 day after precooling	non	-	5.8	2.15	1.92	93.81	17.7	10.0	7.0
	F.A. cool. 1.5H ¹⁾	-	5.8	2.07	1.90	94.03	19.4	9.8	6.7
	F.A. cool. 3.0H	-	5.6	2.04	1.91	94.42	18.3	9.5	6.7
2 days after precooling	non	room temp.	5.4	1.78	1.63	94.53	17.7	12.0	7.6
	non	5 °C	5.4	1.85	1.58	94.42	17.6	9.6	6.2
	F.A. cool. 1.5H	room temp.	5.5	1.90	1.63	94.22	15.0	12.2	7.8
	F.A. cool. 1.5H	5 °C	5.6	1.94	1.71	94.09	18.5	9.3	6.2
	F.A. cool. 3.0H	room temp.	5.6	2.01	1.71	94.28	17.8	11.9	7.9
	F.A. cool. 3.0H	5 °C	5.6	2.03	1.85	94.02	19.1	9.7	6.7
7 days after precooling	non	room temp.	5.5	1.83	0.83	94.26	16.7	14.5	9.3
	non	5 °C	5.4	1.64	0.91	94.45	14.1	11.3	7.2
	F.A. cool. 1.5H	room temp.	5.6	1.75	0.75	94.78	15.2	12.4	7.6
	F.A. cool. 1.5H	5 °C	5.5	1.77	1.03	94.24	20.7	10.8	7.0
	F.A. cool. 3.0H	room temp.	5.5	2.09	0.89	94.46	16.6	13.1	8.9
	F.A. cool. 3.0H	5 °C	5.5	1.81	1.21	94.21	20.2	10.2	7.2

1)F. A. cool. 1.5H and 3.0H;forced-air precooling for 1.5 and 3.0 hours
room temp.;room temperature

Table 11 Effect of precooling on taste of tomato

precooling	storage temperature	2 days after	4 days after
		<u>precooling</u> taste	<u>precooling</u> taste
non	room temp. ²⁾	4.2 ³⁾	3.3
non	5 °C	4.8	4.8
F.A. cool. 3.0H ¹⁾	room temp.	4.5	3.7
F.A. cool. 3.0H	5 °C	5.0	5.0

1)F. A. cool. 3.0H;forced-air precooling for 3.0 hours

2)room temp.;room temperature

3)relative comparison with a standard of ' F.A. cool. 3.0H, 5 °C' ,
high score is excellent, number of panel: 11

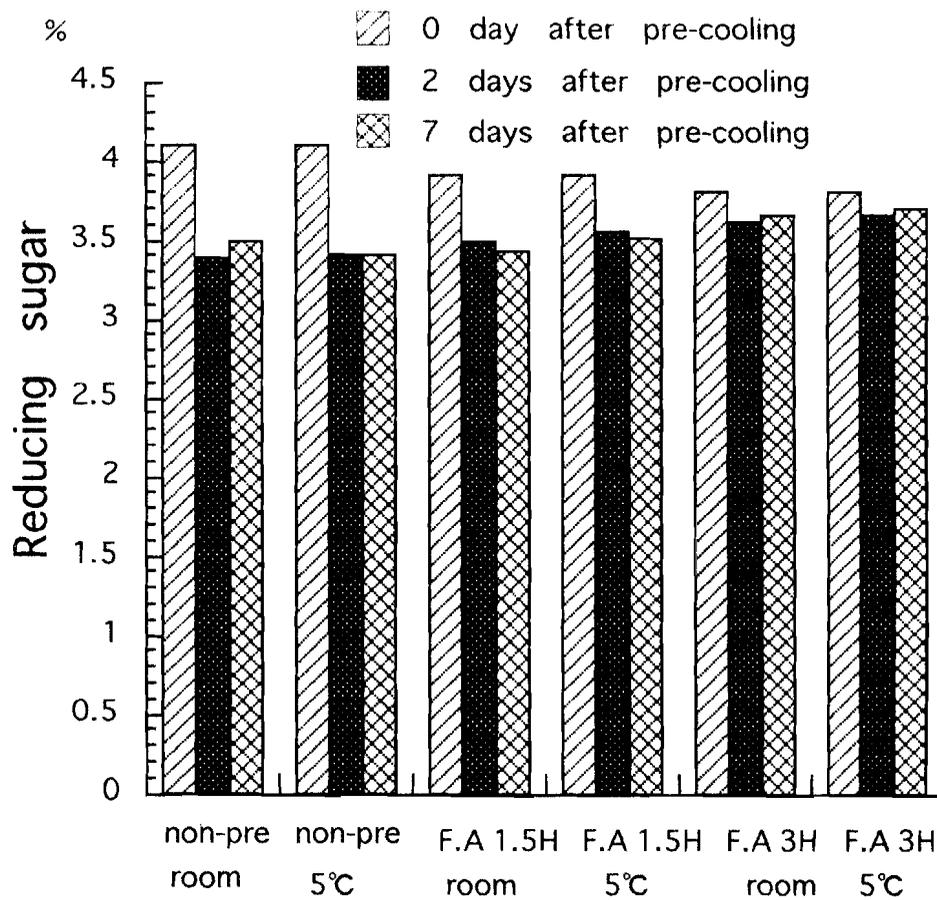


Fig. 6 Effects of pre-cooling and state of preservation on reducing sugar of full-ripened tomato

non-pre; non pre-cooling F.A 1.5H; forced-air pre-cooling for 1.5 hours
 F.A 3H; forced-air pre-cooling for 3 hours

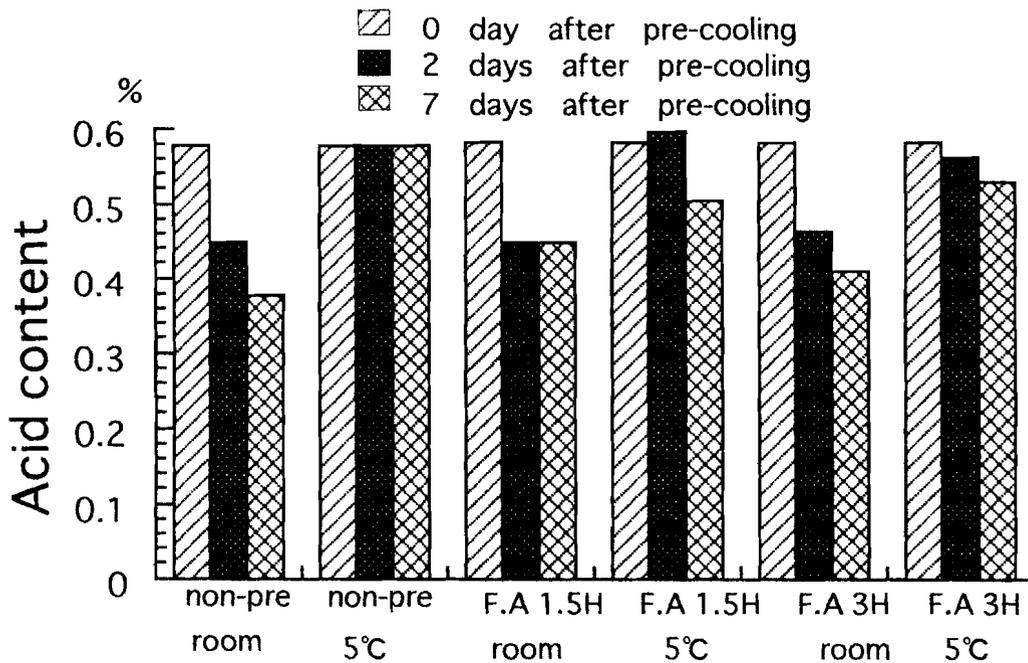


Fig.7 Effects of pre-cooling and state of preservation on acid content of full-ripened tomato
 non-pre; non pre-cooling F.A 1.5H; forced-air pre-cooling for 1.5 hours
 F.A 3H; forced-air pre-cooling for 3 hours

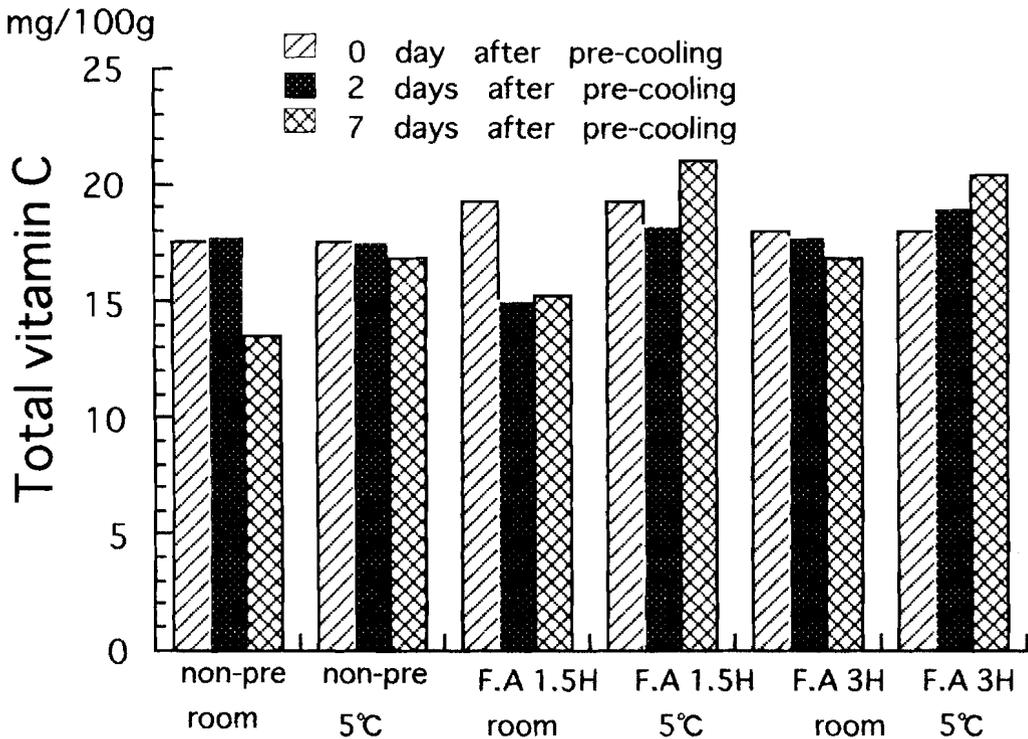


Fig.8 Effects of pre-cooling and state of preservation on total vitamin C of full-ripened tomato
 non-pre; non pre-cooling F.A 1.5H; forced-air pre-cooling for 1.5 hours
 F.A 3H; forced-air pre-cooling for 3 hours

第6節 キュウリにおける予冷・保冷処理による品質保持期間の延長

キュウリは未熟な段階で収穫するため、果菜類の中でも鮮度低下しやすい。特に夏季高温時に収穫後そのまま放置すれば短時間でしおれ、ス入り、変色や腐敗等の品質低下現象が生じる²²¹⁾。その品質保持技術として変温貯蔵法⁴⁰⁾や水中貯蔵法²⁵²⁾などの研究も行われているが、安定的に良好な状態を保持することは困難なようである^{40, 41)}。また、低温処理は一般の野菜では鮮度保持の効果的な手法であるが、キュウリは7℃以下では低温障害が生じる可能性があり^{191, 232)}、さらに低温保持後常温に戻すと品質低下が早いことから、一般に10~15℃で流通が行われているのが現状である。しかし、夏季高温時に収穫直後の鮮度と品質を保持するには、より低い温度が必要であり、コールドチェーン網の発達した今日では、収穫直後から消費者が入手するまで低温のまま流通させることも可能である。そこで、品質低下の激しい夏季高温時のキュウリを収穫から消費されるまでの約1週間高品質の状態に保つ目的で、予冷や5℃の冷蔵による現場対応技術としての品質保持効果を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

供試材料はキュウリ (*Cucumis sativus* L.) の栽培品種 'さちなり' を神戸市西区岩岡町において、1990年7月9日に収穫したものをを用いた。

2. 実験方法

予冷処理は差圧通風予冷を1.5時間、3時間の2処理と真空予冷を20分と40分の2処理収穫当日に行った。その後7日間貯蔵し、その間品質調査を行った。なお、予冷施設は神戸市西農協の差圧通風並びに真空予冷装置を用いた。差圧通風予冷施設の容積は626m³で吹き出し口の温度を4℃に設定した。

包装形態は25 x 40 x 15cmのダンボール箱 (4 Kg詰め) として3 x 4cmの穴を箱の側面に4か所開けた。

予冷後の貯蔵は5℃と室温の2条件とした。7月9日から7日間の平均最高室温は30.2℃で、平均最低室温は26.4℃であった。

調査した品質項目は果実品温、外観鮮度、果実硬度、糖度、糖の組成、滴定酸 (酸度)、ビタミンC、水分、色差値、食味評価であった。果実品温はキュウリ果実の中心温度とし、外観鮮度は官能検査による。果実硬度はテクスチュロメーター (GENERAL FOODS CORP. 製 GTX-2型 プランジャー: 径3mm 円柱細型) を用いて果皮と果肉を測定した。糖度は果実全体をホモジナイズし、その汁液について糖用屈折計の示度で示し、糖は高速液体クロマトグラフにより測定した。滴定酸は0.1N NaOHで中和滴定しクエン酸換算値として求め、ピ

タミンCはヒドラジン比色法⁵⁰⁾により測定した。果実の色は色差計（日本電色製Z-1001 DP）を用いて測定した。なお、色差計で測定した部位はキュウリの中央部の表皮であった。食味検査は11名のパネリストによる相対食味値とした。

実験結果

1) キュウリ果実の品温

予冷前のキュウリの品温は29.5℃であったが、差圧通風予冷1.5時間, 3.0時間で各々果実品温は10.0℃, 8.0℃に低下した。真空予冷では、40分処理を行っても品温の低下は26.9℃までにとどまった。なお、3.0時間の差圧通風予冷並びに40分の真空予冷を行ったものを、処理後室温放置した場合にはそれぞれ20~24時間および4時間で室温とほぼ同じ品温になった(Table 12)。

2) 外観的品質

外観的鮮度評点はTable 13のように、収穫2日後では差圧通風予冷処理と5℃貯蔵により高く保持できた。官能検査による果実の硬度は2日後でも差圧通風予冷の有無に関わりなく5℃貯蔵がより高かった(Table 13)。果実硬度は、室温放置すれば果肉の硬度が低下しはじめ、4日後には5℃貯蔵との差が拡大した。しかし、果皮では4日後の測定でも大差がなかった(Table 14)。

収穫後に発生するしり太果（花落ち部に近い部分が肥大して変形した果実）は予冷処理に関係なく7日間室温放置した場合にはかなりの割合で発生した。なお、真空予冷処理は無処理と差異はなかった。果実の光沢は、5℃貯蔵が差圧通風予冷処理のみよりも高く保持された(Table 13)。

色差値は、L値（明度）が室温放置に比べて5℃貯蔵で高く、緑色度（-a値）は差圧通風予冷と5℃貯蔵処理の組み合わせにより高く保てた(Table 13)。

なお、低温障害（ピッチング）は設定温度・貯蔵期間には発生しなかった。

3) 内容成分

室温放置は、糖度が若干低下したが、その変化は少なかった。果糖とブドウ糖の割合は果糖の方が若干多かった。還元糖は収穫後減少するが、室温放置は7日後には収穫当日に比べて25%程度減少した。しかし、予冷処理後5℃に貯蔵した場合はその減少が抑制する傾向にあった(Table 15)。

滴定酸量の変化は比較的少なく、全ビタミンC含量は、差圧通風予冷とその後の5℃貯蔵との組合せでは7日後でも比較的高かった(Table 15)。

4) 食味評価

Table 16 にみられるように、予冷処理の効果は室温放置したもので、予冷品の食味評価が若干優れていた。貯蔵状態については、5℃貯蔵のものが歯ざわりと味の評価が高いが、差は小さかった。4日後には貯蔵状態の評価の差が拡大し、室温放置のものは5℃貯蔵に

比べて歯ざわり、味がかなり低下した。なお、7日後の食味はしり太果の発生が多く、比較ができなかった。

考 察

夏季におけるキュウリの予冷処理やその後の貯蔵条件を検討した結果、収穫後室温（26.4～30.2℃）に放置すると3日程度が収穫時の品質をほぼ保つ限界であったが、収穫直後に差圧通風予冷をかけて、品温を下げ、その後も低温貯蔵すれば1週間程度の品質保持が可能であった。なお、真空予冷で品温が低下しないのは蒸散潜熱により冷却するからであり、‘さちなり’のようなブルームレスタイプの品種であれば水分の付着など特別な処理を行えば真空予冷による短時間の冷却が可能と思われる。

収穫後の予冷までの時間とその後の品質については、平野ら³⁸⁾は2分着色のトマトを用いて重量減少、着色の進行程度、商品性等の点で、予冷までの時間が短いほどその後の品質が優れていると報告しているが、キュウリの場合も同様にその時間を短くすることが重要である。

また、予冷処理は高温時に収穫したキュウリの品温を1日程度低く保つことができたため品質低下も遅らせることが可能であった。しかし、予冷のみでは果実硬度や光沢等の外観的品質保持効果が1～2日程度しか期待できないので、より長期間の品質保持が必要な場合には予冷後の保冷が必要であろう。

しり太果は5日以降室温放置した場合に発生が始まり、7日後にはかなりの割合で発生した。キュウリは収穫後も成長を続けており高温時でしり太果が発生しやすいとされている。したがって、高温時には形の変化という点からも5日以上放置することは困難である。

色差値は5℃貯蔵で変化が少なかった。このことはキュウリの葉緑素含量が低温ほど変化が少ないとする丹野²²⁴⁾の報告と一致する。

食味と関係の深い糖、酸⁵⁶⁾については、室温状態に放置すると、還元糖が若干減少する傾向がみられた。酸は減少する傾向にはあるが5℃貯蔵との差はほとんどなかった。一般に酸は呼吸基質として消費されやすいため、温度が高いほどその消費量は高くなる²³²⁾が、本試験での結果と一致しなかった。また、大久保¹⁸⁷⁾らによれば低温障害を受けたキュウリ果実はpHが高まり、酸含量が著しく減少すると報告している。さらに、栄養価や鮮度の指標となる全ビタミンCについても低温障害を受けた果実は受けていない果実に比べてより一層減少する²²⁴⁾といわれているが、本試験の結果ではむしろ5℃貯蔵の方がビタミンC含量は高かった。以上のように内容成分でも低温障害の症状がないことから5℃7日間では低温障害を受けにくいと推定できる。

5℃貯蔵と室温放置との食味評点の差が収穫2日目に比べて4日後で拡大したのは、室温状態ではキュウリ果実の硬度や糖含量が2日以降もしだいに低下しており、これらが影

響しているものと考えられる。また、硬度の測定部位については果皮よりも果肉の方が歯ざわりの官能値と近い関係を認めた。硬度の測定に使用するプランジャーの種類については3種類のプランジャーで比較した結果、円柱細形が最も官能値と近い関係にあった（未発表）。したがって、キュウリの硬度の測定についてはプランジャーは円柱細形を使用し、測定部位は果皮よりも果肉を測定すれば官能値に近い値を得ることができると考えられる。

キュウリは低温下で貯蔵すると、水浸状に軟化し腐敗する低温障害が生じる^{191, 232)}が、今回試みた設定温度、貯蔵期間下では発生がなく、夏季高温時に7日間高品質の状態に保つためには差圧通風予冷と5℃貯蔵の組み合わせが有効であり、現地に設置された予冷システムを用いて実証できた。しかし、低温障害は7℃以下の低温期間が長いほど常温に戻した後に発生しやすいとの報告¹⁸⁷⁾があるので、常時低温で流通し、消費者が入手した後も低温保持するように情報提供する必要がある。また、キュウリを予冷、保冷処理することは、予冷施設の稼働率の向上や集荷機能の強化の点でも有益である。

Table 12 Temperature of cucumber after precooling

precooling	temperature of cucumber (°C)						
	time after precooling(hour)						
	0	4	8	12	16	20	24
F. A. cool. 1.5H	10.0	17.8	21.8	25.1	26.0	27.2	27.2
F. A. cool. 3.0H	8.0	16.5	20.6	24.0	25.1	26.2	27.1
room temp.	30.2	27.5	27.3	28.5	28.3	27.4	27.5

F. A. cool. 1.5H and 3.0H; forced-air precooling for 1.5 and 3.0 hours

Table 13 Effect of precooling on outward quality of cucumber

	precooling	storage temper- ature	fresh- ness	hard- ness	gross	enlar- gement (%)	color		
							L	a	b
0 day after precooling	non	-	5.0	4.0	5.0	0	27.2	-3.4	6.1
	F.A.cool. 1.5H ¹⁾	-	5.0	4.0	5.0	0	27.8	-4.0	7.5
	F.A.cool. 3.0H	-	5.0	4.0	5.0	0	28.0	-4.3	8.7
	vac.cool. 20m ²⁾	-	5.0	4.0	5.0	0	30.7	-4.0	6.9
	vac.cool. 40m	-	5.0	4.0	5.0	0	27.3	-3.9	7.7
2 days after precooling	non	room temp.	4.0	3.0	4.0	0	27.9	-2.2	7.3
	non	5 °C	4.5	4.0	4.5	0	25.2	-2.9	8.6
	F.A.cool. 1.5H	room temp.	4.5	3.0	4.0	0	28.9	-2.2	6.4
	F.A.cool. 1.5H	5 °C	4.8	4.0	4.8	0	28.1	-4.7	9.3
	F.A.cool. 3.0H	room temp.	4.5	3.0	4.3	0	29.0	-2.3	7.2
	F.A.cool. 3.0H	5 °C	4.8	4.0	4.8	0	30.7	-5.1	7.8
	vac.cool. 20m	room temp.	4.0	3.0	4.5	0	29.1	-3.1	10.3
	vac.cool. 40m	room temp.	3.5	4.0	4.5	0	30.0	-3.4	9.3
7 days after precooling	non	room temp.	3.0	3.0	3.0	85.7	27.5	-0.7	5.4
	non	5 °C	4.0	4.0	4.0	0	25.2	-1.4	6.6
	F.A.cool. 1.5H	room temp.	3.0	3.0	3.0	92.9	31.6	-3.4	8.7
	F.A.cool. 1.5H	5 °C	4.5	4.0	4.5	0	26.9	-3.8	9.2
	F.A.cool. 3.0H	room temp.	3.0	3.0	3.0	85.7	31.6	-3.2	8.7
	F.A.cool. 3.0H	5 °C	4.5	4.0	4.5	0	24.4	-3.9	8.8
	vac.cool. 20m	room temp.	3.0	3.0	3.0	94.4	30.5	-2.9	8.7
	vac.cool. 40m	room temp.	3.0	4.0	3.0	78.6	27.5	-1.2	6.2

1)F.A.cool. 1.5H and 3.0H;forced-air precooling for 1.5 and 3.0 hours

2)vac.cool.20m and 40m;vacuum cooling for 20 and 40 minutes

room temp.;room temperature

freshness score; 5:Excellent~1:not edible

hardness score; 5:very hard~1:very soft

gross score; 5:Excellent~2:bad

Table 14 Effect of precooling on texture of cucumber

precooling	storage temperature	texture of cucumber(t. u.)			
		2 days after precooling		4 days after precooling	
		sarco-carp	peri-carp	sarco-carp	peri-carp
non	room temp. 2)	0.68	1.25	0.41	1.16
non	5 °C	0.96	1.30	0.91	1.22
F. A. cool. 3.0H ¹⁾	room temp. 2)	0.87	1.33	0.55	1.08
F. A. cool. 3.0H	5 °C	1.07	1.28	1.08	1.13

1)F. A. cool. 3.0H;forced-air precooling for 3.0 hours

2)room temp.;room temperature

measurement condition of texture(head of measurement:diameter 3mm
column type,3V,thickness of sample:10mm)

Table 15 Effect of precooling on fruit quality of cucumber

	precooling	storage temperature	Brix BX	sugar			reducing sugar (%)	Acid (%)	gro-cery (%)	water (%)	total Vitamin C(mg%)
				FRU (%)	GLU (%)						
0 day after precooling	non	-	4.2	1.18	1.04	2.22	0.10	4.31	95.69	18.6	
	F. A. cool. 1.5H ¹⁾	-	4.2	1.23	1.27	2.50	0.11	4.32	95.68	20.3	
	F. A. cool. 3.0H	-	4.3	1.27	1.09	2.36	0.10	4.31	95.69	18.9	
2 days after precooling	non	room temp.	4.2	1.22	1.04	2.26	0.11	4.46	95.54	19.5	
	non	5 °C	4.3	1.22	1.27	2.49	0.12	4.55	95.45	19.1	
	F. A. cool. 1.5H	room temp.	4.3	1.05	1.15	2.20	0.10	4.51	95.49	16.1	
	F. A. cool. 1.5H	5 °C	4.1	1.12	1.13	2.25	0.10	4.18	95.82	19.5	
	F. A. cool. 3.0H	room temp.	4.0	1.20	1.03	2.23	0.11	4.15	95.85	17.2	
	F. A. cool. 3.0H	5 °C	4.0	1.18	0.92	2.10	0.10	4.27	95.73	20.0	
7 days after precooling	non	room temp.	4.1	1.01	0.83	1.84	0.10	4.04	95.96	16.1	
	non	5 °C	4.2	1.21	0.91	2.12	0.09	4.39	95.61	16.3	
	F. A. cool. 1.5H	room temp.	3.8	0.87	0.75	1.62	0.10	3.79	96.21	10.2	
	F. A. cool. 1.5H	5 °C	4.2	1.35	1.03	2.38	0.10	4.27	95.73	17.5	
	F. A. cool. 3.0H	room temp.	4.0	1.12	0.89	2.01	0.10	4.00	96.00	13.9	
	F. A. cool. 3.0H	5 °C	4.2	1.14	1.21	2.35	0.10	4.25	95.75	18.4	

1)F. A. cool. 1.5H and 3.0H;forced-air precooling for 1.5 and 3.0 hours
room temp.;room temperature

Table 16 Effect of precooling on texture and taste of cucumber

precooling	storage temperature	2 days after		4 days after	
		<u>precooling</u> texture	taste	<u>precooling</u> texture	taste
non	room temp. ²⁾	3.6 ³⁾	3.9 ³⁾	2.4	2.2
non	5 °C	4.9	5.0	5.1	4.8
F. A. cool. 3.0H ¹⁾	room temp.	4.0	4.2	2.7	2.5
F. A. cool. 3.0H	5 °C	5.0	5.0	5.0	5.0

1)F. A. cool. 3.0H;forced-air precooling for 3.0 hours

2)room temp.;room temperature

3)relative comparison with a standard of ' F.A.cool. 3.0H, 5 °C' ,
high score is Excellent, number of panel: 11

第7節 タマネギの貯蔵中での品質変化

我国のタマネギ生産は北海道を主産地とする秋どりと兵庫・佐賀を中心とする春どりに大別されるが、気象条件が異なるために品種や作型にかなりの隔たりが認められる。また、不作の年にはアメリカ、ニュージーランド、台湾などの海外から大量に輸入されている¹⁹³⁾。これまでのタマネギは主として収量やつり玉での貯蔵性を重視して品種選定されてきたが、最近のグルメ志向や外食産業の著しい発展に伴って、タマネギの1次加工素材としての流通が増加している。それにともないタマネギも味や加工素材としての優良性が問われる時代になってきた。

タマネギの味と密接な関係にある甘さの本体については、これまでショ糖を主体とする糖によるものであるとする説¹⁶⁹⁾や煮たタマネギの甘さについてジサルファイド類が還元されて甘味の強いプロピルメルカプタンに変化して甘味が増すとする説²⁵⁶⁾がある。しかし、これらタマネギの味や甘さについてはまだ不明な点が多い。さらに、炒め加工についての適性に関する報告はほとんどない。

そこで、暖地の古くからの産地である淡路産タマネギと、北海道産タマネギ並びに外国産タマネギについての外観並びに内容成分の品質比較を行った。それとともに、冷蔵期間中の成分変化や加工素材としての適性についても検討した。

実験材料及び方法

1. 実験材料

供試したタマネギは淡路産5品種（ターボ、さつき、もみじ3号、淡路1号、七宝甘70）、北海道産2品種（金太郎、北もみじ）、外国（米国、ニュージーランド）産2品種（品種名不明）の9種であった。淡路産は県立淡路農業技術センターで栽培されたもので、1987年9月21日に播種し、11月26日に定植し、収穫は七宝甘70が1988年5月17日、他の4品種が同年6月7日であった。収穫後9月12日まで吊り玉貯蔵して、以後0℃で冷蔵した。北海道産は9月上旬収穫し、その後冷蔵した。米国产は9月に、そしてニュージーランド産は2月に収穫されたものを各々10月中旬、3月中旬より冷蔵した。

2. 測定項目と方法

(1)糖の組成：ブドウ糖、果糖、ショ糖含量はホモジナイズした試料10gを200mlに定溶し4時間抽出した後、抽出液を液体クロマトグラフにより測定した。なお、液体クロマトグラフでの測定条件は次のとおりとした。

カラム：LICHROSORB NH₂ カラム

溶媒：アセトニトリル：メタノール：蒸留水=75:10:15

カラム温度：35℃

流量：0.8ml/min

(2)色調：調理可能な状態まで外皮を取り除き、タマネギの赤道面を色差計（日本電色製 Z-1001D）で測定した。

なお、調査・分析には各品種のタマネギにつき調査毎にほぼ同型の健全なものを7球選び外皮を取り除いて供試した。

3. 炒め加工（ソテー）法

スライスした後、300gを中火で約7分間加熱し、約210g（約2/3）に濃縮した。

4. 食味官能試験

8月2日、11月1日、2月8日の3回炒め加工した状態で、7名のパネリストによる硬さ、香り、甘味の官能評価を行った。

実験結果

1. タマネギの貯蔵中の外観的品質特性

タマネギの球形指数（球高/球径）はTable 17に示したように、品種によって異なっており、6月収穫の淡路産のターボ、さつき、もみじ3号、淡路1号、七宝甘70が他の北海道産や外国産に比べて球形指数が低く、偏平であった。

貯蔵期間中に発生する肩落ち球は肩部が乾燥してへこんだ状態の球のことで、腐敗球とは直接関係の無いものであるが、商品性はかなり低下する。その肩落ち球はFig. 9に示したように、6月収穫の淡路産のもので9月12日のつり玉乾燥後にみられ、11月1日の段階ではターボ、七宝甘70などではかなりの発生がみられた。淡路産の中ではもみじ3号での発生が比較的少なかった。

腐敗球の発生はFig. 10に示したように8月2日の段階では認められなかったが、9月12日の段階では腐敗球の発生がみられ、その後腐敗球は増加し、2月の段階で淡路1号の40%以上の球に腐敗がみられた。淡路産の中では、もみじ3号には腐敗球がみられなかった。9月収穫の北海道産や外国産に関しては、収穫時期が遅いことから発生は比較的少なかったが、2月8日の段階では米国産のものに腐敗球が認められた。

タマネギの貯蔵期間中の色調の変化についてはFig. 11、12に示した。a値は貯蔵中に高まる傾向がみられ、緑色が減少していた。貯蔵期間中のb値の変化に関しては、減少の傾向がみられ、黄色度についても貯蔵中に減少していた。

なお、明度（L値）についてはつり玉貯蔵中での変化はほとんど見られなかったが冷蔵期間中に低下する傾向がみられた。

2. タマネギの内容成分的品种特性

Table. 18には淡路産タマネギの8月2日の内容成分特性を示した。5品種の比較では貯蔵中の腐敗球が少なかったもみじ3号は貯蔵性とも関係が深いとされる糖度（糖用屈折計の示度）が最も高く、乾物率、ショ糖、全糖含量も高い値であった。一方、腐敗球の多く発

生した淡路1号は全窒素が比較的高い値であった。

北海道・外国産タマネギの内容成分をTable19に示した。11月1日における秋収穫の3品種の中では、北海道産金太郎が糖度・乾物率・還元糖・全糖含量が高く、米国産のものは滴定酸含量で高い値を示した。また、ニュージーランド産のタマネギは糖・滴定酸含量等に関して淡路産のターボに比較的近いものであった。

3. タマネギの貯蔵中での内容成分の変化

ショ糖含量の貯蔵中の変化をFig. 13に示した。ショ糖含量は吊り玉貯蔵期間中に減少していた。冷蔵期間中においてもショ糖含量の減少は認められ、特に11月1日～2月8日の間に著しく減少した。還元糖はショ糖に比べれば変化が少なかったものの、吊り玉貯蔵期間中でもターボやさつきでは増加が認められた。冷蔵期間中の11月1日～2月8日の間に全ての品種において還元糖含量の増加が認められた (Fig. 14)。

滴定酸含量の変化をFig. 15に示したが、滴定酸含量は吊り玉貯蔵中に若干増加する品種も見られたが、低温期間中には全ての品種で減少した。

4. 炒めタマネギの官能評価

貯蔵中の8月2日、11月1日並びに2月8日の段階で炒めタマネギの状態での官能評価を行い、結果をTable 20, 21に示した。8月2日の淡路産5品種の比較では甘味に関して淡路1号ともみじ3号が優れていた。11月1日と2月8日には北海道産と米国産を加えて官能比較を実施したが、淡路産については8月2日に比べて味の評価が若干低下し、淡路産内の品種間差も小さくなった。しかし、ターボ、さつき、もみじ3号、淡路1号の淡路産のものは七宝甘70や北海道、米国産に比べて味・香り・硬さにおいて高い評価を得た。北海道産や米国産のものは、味や香りが少し劣るだけでなく、炒め加工の段階での硬さもやや硬いとの評価であった。

考 察

6月収穫の淡路産のタマネギは北海道産や外国産に比べて球形指数が低く偏平であった。これまで貯蔵性の良好な特徴の1つとして腰高の形状が報告されているが^{169, 181, 182)}、本試験の結果から吊り玉貯蔵と冷蔵を組み合わせることにより、偏平な形状のものでも収穫後7か月以上萌芽の抑制が可能であった。また、七宝甘70は他の淡路産の4品種と球形指数が同じか若干高かったにも関わらず、肩落ち球、腐敗球の発生が多かった。緒方ら¹⁸¹⁾はタマネギの糖を還元糖と非還元糖に分けて調べており、非還元糖の含有率は腰高晩成品種に大きいことを報告している。本試験で調査した淡路産の晩成品種ターボ、さつき、もみじ3号、淡路1号はほぼ同じ球形指数であったが、ショ糖含量に差が認められ、8月2日の段階でショ糖、全糖含量の最も高かったもみじ3号において肩落ち球、腐敗球の発生が少なかった。これらのことから現在栽培されている品種においては球形のみで貯蔵性を

判別することは困難であると考えられた。

西堀ら¹⁶⁹⁾は貯蔵性の高いものは遊離糖合計値に対するショ糖比率が高いと報告しているが、本試験結果も同様の傾向がみられた。ただし、ショ糖比率が同じ品種でも腐敗の発生割合が異なることから、ショ糖の量だけでなく他の成分の含量が貯蔵性に関係しているものと推察される。

腐敗球が多く発生した淡路1号は他の淡路産の4品種に比べて、滴定酸、全窒素含量が高かったが、これらの関連については現在不明であり、今後検討する必要があると考えられる。

ショ糖含量は吊り玉貯蔵及び冷蔵中に著しい減少がみられた。タマネギの貯蔵中のショ糖含量については室温や低温貯蔵中に減少するとの報告^{23, 82, 169, 181)}があり、それらと一致するが、中には34℃の貯蔵条件では逆に増加するとの報告もある²⁶⁹⁾。

全糖含量は貯蔵中減少したが、還元糖含量の変化は少なく、冷蔵中にむしろ増加する傾向にあった。それはショ糖の減少量から考えて、先ずショ糖の果糖、ブドウ糖への転化が生じ、その上、低温条件下で呼吸基質として消耗する還元糖が少なかったために、還元糖の増加が生じたものと推察される。

滴定酸含量についても減少傾向がみられた。酸が減少するのは呼吸基質として消費されやすいためであり、一般に温度が高いほどその消費量は高くなる^{207, 240)}。なお、吊り玉貯蔵は冷蔵に比べて温度が高いにもかかわらず滴定酸が減少しないのは供試タマネギが収穫後約2ヵ月間休眠に入り呼吸代謝が抑制される^{83, 88)}ためだと考えられる。

8月2日の炒めタマネギの食味官能試験において淡路1号は高い評価を得た。淡路1号は元来食味の良い品種として知られているが、耐病性に劣るために現在淡路島ではほとんど栽培されていない。もみじ3号は官能試験で淡路1号に若干劣ったものの貯蔵期間が長くなればその差は小さくなった。淡路1号を含む淡路産4品種は七宝甘70や他の産地のものに比べて食味評価が高かった。硬さに関しては北海道産や米国産は繊維質が硬いとの評価であったが、材料の生タマネギを硬度計(直径4mm平形プランジャー)で測定した結果でも淡路産の方が軟らかかった(未発表)。なお、七宝甘70は甘味や苦みが最も少なかったので炒めよりも晒し等生食用に向くものと思われた。

以上のことより、タマネギは吊り玉並びに冷蔵中にショ糖等の糖の組成がかなり変動し、貯蔵性に影響を与えるものと考えられた。貯蔵期間を通じて長期間ソテーの素材として使用するには貯蔵性や味、香り、硬さ等の総合評価から、供試品種の中では淡路産のタマネギ特にもみじ3号が優れていることが明らかになった。なお、本試験の結果得られた炒めタマネギ素材としての適性は実験規模のものであるので、今後は実用化プラントでの加工適性についても検討する必要があると考えられる。

Table 17 Weight and shape of onion bulbs in several cultivars cultivated in Awaji area

Cultivar	Weight g	Shape index bulb hight/bulb diameter
Taabo	264(29) ¹⁾	0.78(0.05) ¹⁾
Satuki	248(33)	0.82(0.05)
Momiji-3go	215(27)	0.81(0.04)
Awaji-1go	222(21)	0.76(0.04)
Shippoama-70	288(36)	0.84(0.06)

The sample number of each cultivar was 7

1) Standard deviation value

Measured at Jun. 10

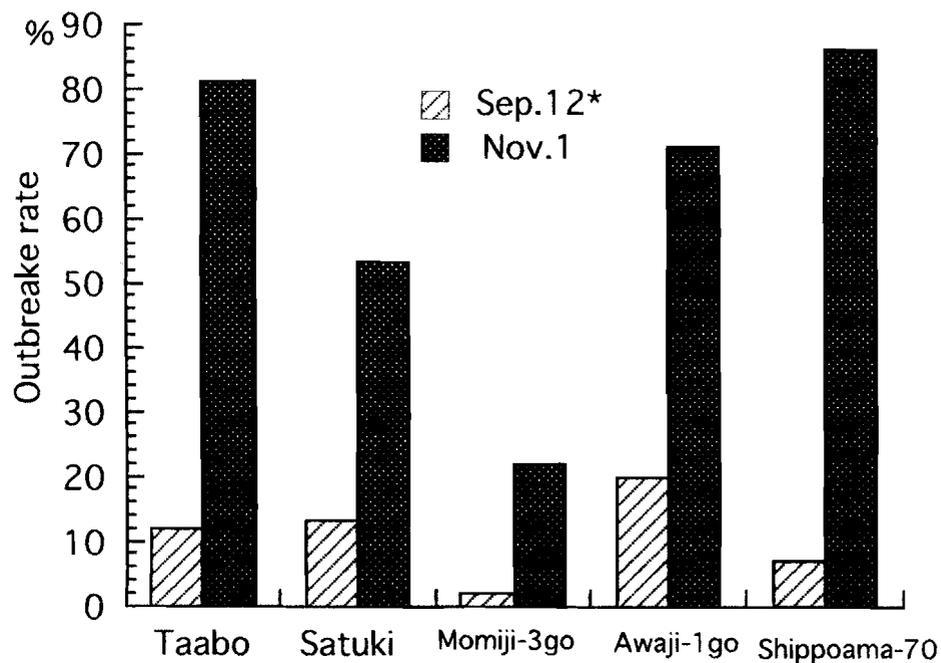


Fig.9 Rate of outbreaks of onion hollowing at shoulder during storage

*; Experimental month and day

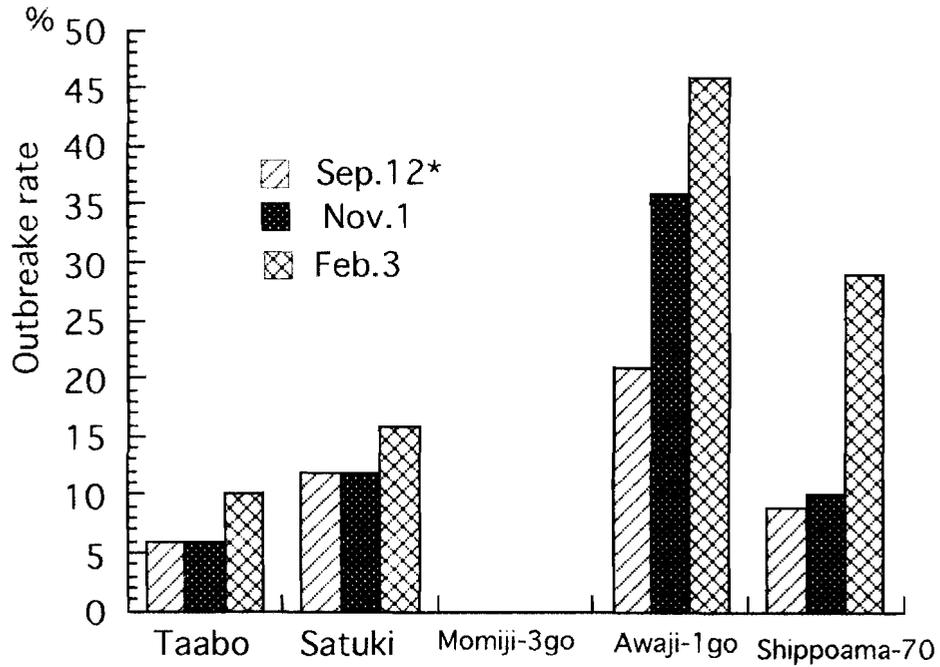


Fig.10 Rate of outbreaks of rotten onion during storage
*; Experimental month and day

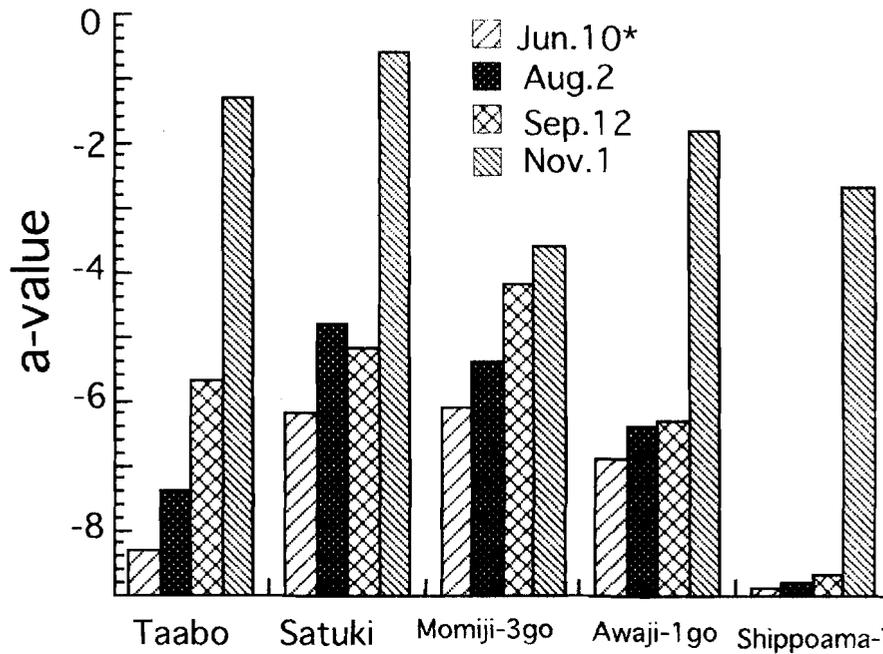


Fig.11 Changes in a-value on colour of onion during storage
*; Experimental month and day

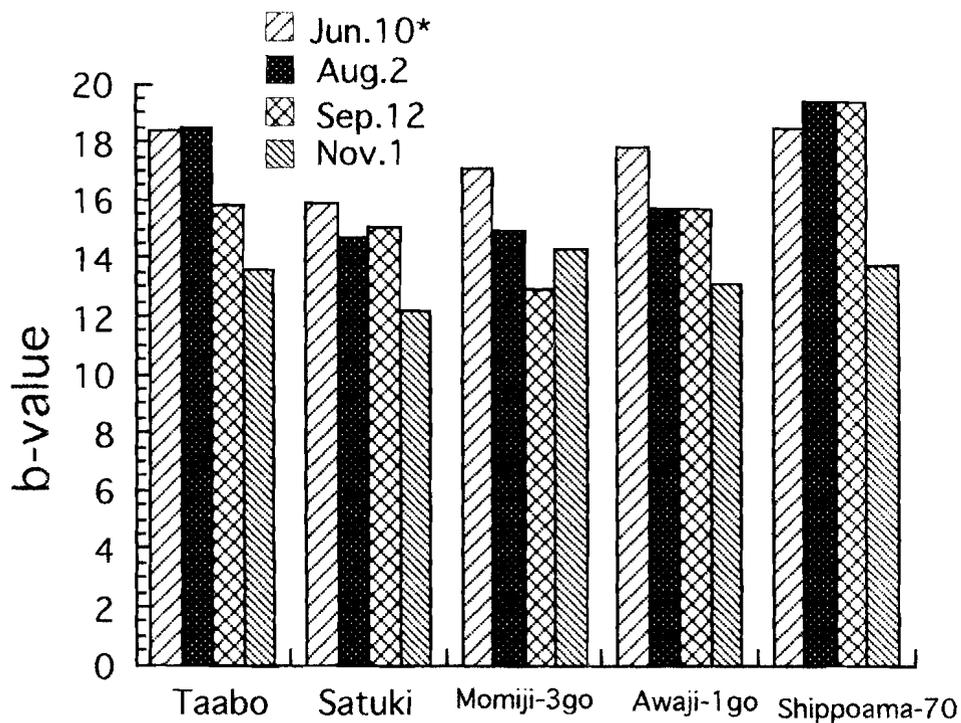


Fig.12 Changes in b-value on colour of onion during storage
*; Experimental month and day

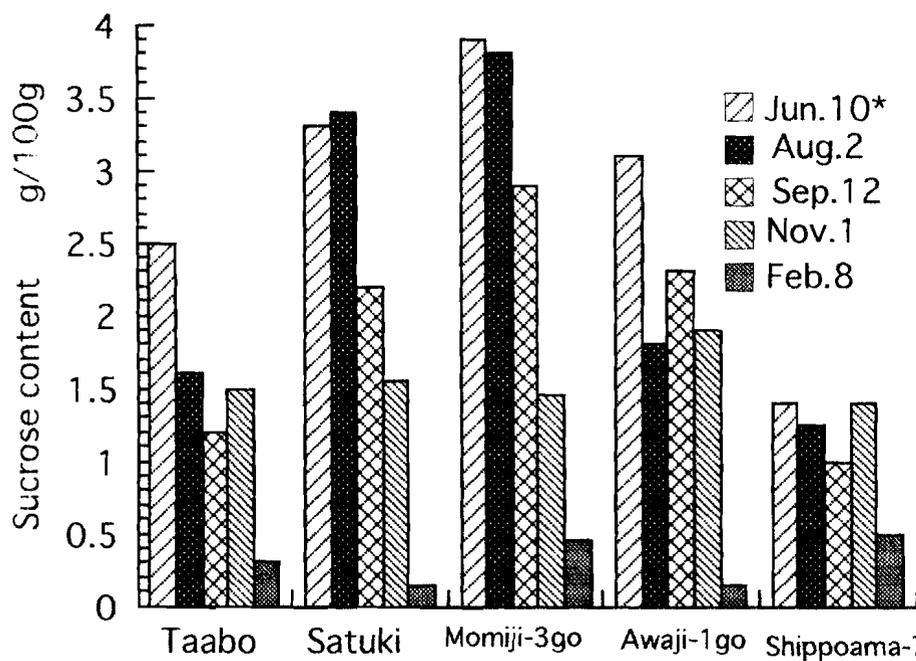


Fig.13 Changes in sucrose contents of onion during storage
*; Experimental month and day

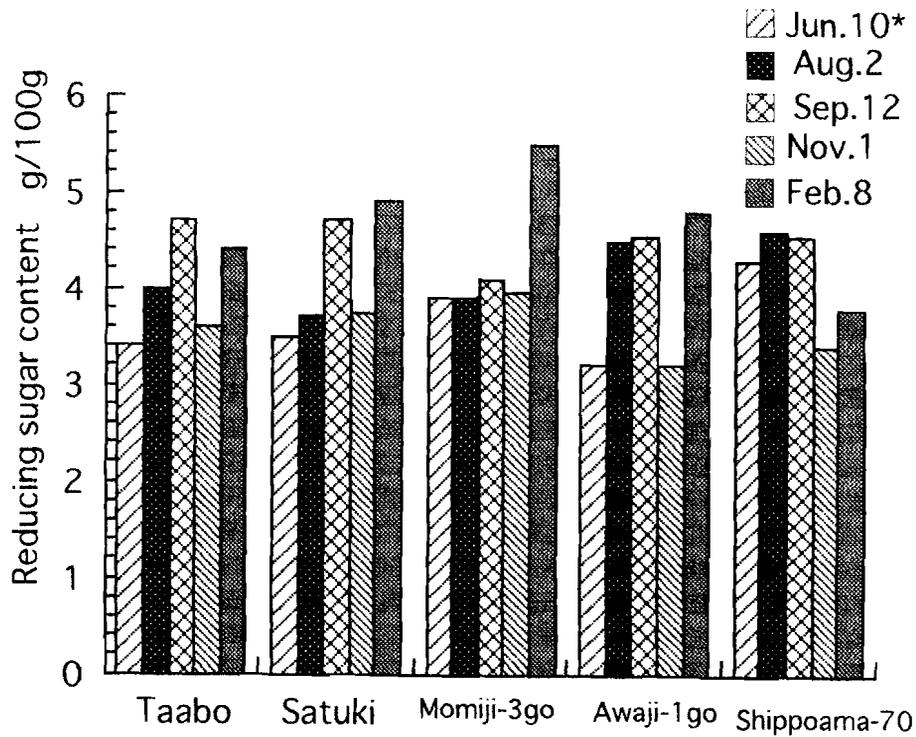


Fig.14 Changes in reducing sugar contents of onion during storage *; Experimental month and day

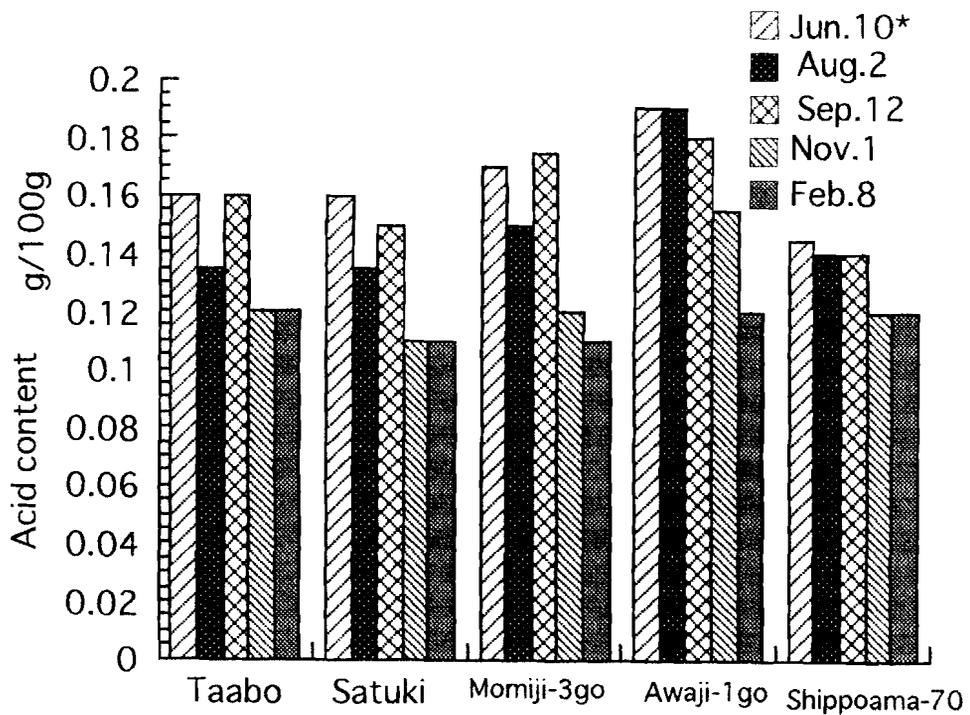


Fig.15 Changes in acid contents of onion during storage *; Experimental month and day

Table 18 Saute materials quality of onion bulbs cultivated in Awaji

Cultivar	Brix Bx	Reducing sugar %	Sucrose sugar %	Total sugar %	Acid %	Grocery %	Nitrogen %
Taabo	8.1	4.03	1.65	5.68	0.14	8.39	0.10
Satuki	9.7	3.68	3.73	7.36	0.14	10.34	0.12
Momiji-3go	9.9	3.77	3.81	7.58	0.15	10.80	0.11
Awaji-1go	8.6	4.39	1.86	6.25	0.19	7.91	0.14
Shippoama-70	6.8	4.41	1.32	5.73	0.14	6.99	0.11

sauteed at Aug. 2

Table 19 Saute materials quality of onion bulbs cultivated in Awaji, Hokkaido and U.S.A.

Cultivar	Brix Bx	Reducing sugar %	Sucrose sugar %	Total sugar %	Acid %	Grocery %	Nitrogen %
Taabo	7.5	3.57	1.54	5.19	0.12	6.91	0.13
Satuki	8.0	3.72	1.56	5.36	0.11	7.69	0.13
Momiji-3go	7.6	3.83	1.48	5.39	0.12	7.19	0.11
Awaji-1go	7.6	3.26	1.94	5.31	0.15	7.12	0.15
Shippoama-70	6.7	3.35	1.46	4.88	0.12	6.39	0.11
Kintaro	10.4	3.89	3.26	7.15	0.20	9.70	0.20
Kitamomiji	9.0	3.23	2.64	5.87	0.17	8.70	0.15
U.S.A. Onion*	9.0	3.60	2.70	6.30	0.19	8.81	0.11

Taabo, Satuki, Momiji-3go, Awaji-1go and Shippoama-70 were cultivated in Awaji area

Kintaro and Kitamomiji were cultivated in Hokkaido area

* Name of cultivar cultivated in U.S.A. is not clear

sauteed at Nov. 2

Table 20 Taste of onion sautes

Cultivar	Aug. 2*(1st time)	
	consistency	sweetness ¹⁾
Taabo	suitable	4.2
Satuki	suitable	3.9
Momiji-3go	suitable	4.5
Awaji-1go	suitable	4.6
Shippoama-70	suitable	2.5

* Experimental date

1) sweetness; 1:very bitter~5:very sweet

Taabo, Satuki, Momiji-3go, Awaji-1go and Shippoama-70

were cultivated in Awaji area

sauted at Aug. 2

Table 21 Taste of onion sautes

Cultivar	Nov. 1*(2nd time)			Feb. 8*(3rd time)		
	consistency	fragrance ¹⁾	sweetness ²⁾	consistency	fragrance	sweetness
Taabo	suitable	3.5	3.9	suitable	3.6	3.6
Satuki	suitable	3.5	3.7	suitable	3.4	3.2
Momiji-3go	suitable	3.6	4.0	suitable	3.6	3.6
Awaji-1go	suitable	3.7	4.3	suitable	3.5	3.4
Shippoama-70	suitable	2.4	2.0	suitable	2.5	2.2
Kintaro	hard	2.6	3.1	hard	3.0	2.5
Kitamomiji	hard	2.4	2.1	hard	3.0	2.3
U. S. A. Onion**	hard	2.6	2.8	hard	3.4	2.1

* Experimental date

1) fragrance; 1:bad fragrance~5:very desirable fragrance

2) sweetness; 1:very bitter~5:very sweet

Taabo, Satuki, Momiji-3go, Awaji-1go and Shippoama-70 were onions cultivated in Awaji area

Kintaro and Kitamomiji were cultivated in Hokkaido area

** Name of cultivar cultivated in U.S.A. is not clear

sauted at Nov. 1 and Feb. 8

第8節 摘要

1) ブロッコリーの貯蔵温度、生育ステージと呼吸量及びエチレン生成量

ブロッコリーの収穫後の呼吸量及びエチレン生成量を測定するとともに、 O_2 透過量の異なるフィルムを用いて各種フィルムの鮮度保持効果を検討した。

呼吸量は貯蔵温度が高いほど多く、収穫7日後では収穫直後の1/2以下に減少した。エチレン生成量は $10^{\circ}C$ 以下は比較的少なく、 $15^{\circ}C$ 以上で激増していた。花蕾の状況による呼吸量の差は小さいが花蕾が軟らかくなった段階で呼吸量は多くなった。エチレン生成量は花蕾が少し軟らかくなった段階で増加し始め、花蕾が軟らかい段階で急増した。

呼吸量は品種間に差がみられ、早生品種は中晩生品種に比べ、呼吸量が多い傾向にあった。

2) レタスの収穫後の呼吸量

レタスにおける収穫後の呼吸量を測定した。

呼吸量は貯蔵温度が高いほど多くなり、収穫7日後の呼吸量は収穫直後に比べて減少傾向にあるが、 $0^{\circ}C$ 、 $5^{\circ}C$ の低温貯蔵では減少が著しかった。また、呼吸量には品種間に差がみられ、早生品種は中晩生品種に比べて、呼吸量が多い傾向にあった。

3) キャベツの収穫後の呼吸量と部位別成分変化

夏季収穫キャベツの呼吸特性を調査するとともに、部位別の成分変化に及ぼす貯蔵温度の影響について検討した。

貯蔵温度が高いほど全糖含量の減少割合は著しかった。 $20^{\circ}C$ では外葉部から中心部までの全ての部位で減少がみられたが、 $5^{\circ}C$ では中心部では変化がなく、外葉部での減少もわずかであった。また、ショ糖割合の減少パターンは中心部と外部とでは異なっていた。中心部では設定した全ての温度で変化は少なく、外葉部では $15^{\circ}C$ 、 $20^{\circ}C$ で減少がみられた。

ビタミンCは全ての部位で貯蔵温度が高いほど減少した。外葉部での減少が著しいので、外葉部のビタミンCを測定することにより貯蔵中のキャベツ全体のビタミンCの変化を一層明確にすることができる。

収穫後の呼吸量は低温条件で少なくなり、同じ温度条件でも貯蔵経過日数により変化が生じ、呼吸量は収穫後しだいに減少する傾向にあった。1/2カット形態はホール形態よりも収穫時の呼吸量が多いが、1週間後ではほぼ同量の呼吸量であった。

4) 完熟トマトの収穫後の呼吸量とエチレン生成量

完熟トマトにおける貯蔵温度並びに収穫後日数と呼吸量及びエチレン生成量との関係を調べた。

CO₂生成量は貯蔵温度が高いほど増加しており、収穫直後の場合、5℃を基準にみると20℃、25℃は5℃のそれぞれ約2倍、3倍で、0℃は5℃の約1/2量であった。

0℃と5℃では収穫後3日間ほぼ同量の呼吸量であったが、20℃、25℃ではその間も呼吸量は減少傾向にあった。収穫6日後では収穫直後に比べて呼吸量の減少がみられた。

エチレン生成量はCO₂生成量と同様、貯蔵温度が高いほど増加しており、収穫直後の場合、5℃を基準にみると20℃、25℃は5℃のそれぞれ約2倍、4倍で、0℃は5℃の約7割量であった。完熟トマトのエチレン生成量は収穫直後に比べて収穫1日後でも減少傾向がみられた。

5) 夏季完熟トマトにおける予冷・保冷処理による品質保持期間の延長

夏季における完熟トマトの予冷処理やその後の貯蔵条件が品質に及ぼす影響を検討した。

差圧通風予冷1.5～3.0時間処理で品温は6.5～4.5℃まで低下した。しかし、室温に放置した場合は24時間以内に無処理と同じ品温になった。外観的な鮮度は差圧通風予冷処理とその後の5℃貯蔵との組合せにより高く保持される傾向にあった。

還元糖・滴定酸・ビタミンCは収穫後貯蔵中に減少するが、差圧通風予冷処理とその後の5℃貯蔵を組合せることにより最も変化は少なかった。食味評点は室温放置のものに比べて5℃貯蔵のものが高かった。

夏季高温時の完熟トマトでは収穫後室温に貯蔵すると3日程度が貯蔵の限界であるが、収穫直後に差圧通風予冷で品温を下げ、その後低温貯蔵することにより1週間程度の品質保持が可能であった。

6) キュウリにおける予冷・保冷処理による品質保持期間の延長

夏季におけるキュウリの予冷処理やその後の貯蔵条件が品質に及ぼす影響を検討した。

差圧通風予冷1.5～3.0時間処理で品温は10.0～8.0℃まで低下した。その後、室温で放置した場合は20～24時間で予冷しないものと同じ品温になった。外観上の鮮度は差圧通風予冷処理と5℃貯蔵の組合せにより高く保持できた。なお、調査期間内では水浸状の低温障害（ピッキング）は認められなかった。

還元糖・ビタミンCは収穫後減少するが、それらの変化は差圧通風予冷処理と5℃貯蔵の組合せ処理で最も少なかった。歯ざわりや味の官能評点については、予冷そのものの効果はみられなかったが、予冷後の室温放置に比べて5℃貯蔵したものは評点が高かった。

高温時のキュウリは収穫後室温に貯蔵すると3日程度が高品質での貯蔵の限界であったが、収穫直後に差圧通風予冷で品温を下げ、その後の低温貯蔵により1週間程度の品質保持が可能であることを実用予冷システムを用いて実証した。

7) タマネギの貯蔵中での品質変化

淡路産と北海道産並びに外国産の品質差を調べるとともに、貯蔵中の成分変化や加工素材としての適性を検討した。

タマネギは品種や産地により外観（形、色等）並びに内容成分（全糖、ショ糖、還元糖、酸等）に差がみられた。全糖、ショ糖含量は吊り玉及び冷蔵期間中に減少したが、特にショ糖の減少は著しかった。還元糖は逆に冷蔵中に増加する傾向にあった。

炒めタマネギの官能評価では淡路産のものが上位を占め、北海道産、米国产は味や香りがやや劣り、炒め加工後の硬さについても多少硬かった。

吊り玉並びに冷蔵期間を通じて長期間炒めタマネギの素材として使用するには貯蔵性や加工適性から判断して淡路産のもみじ3号が最も適していると考えられた。

第2章 青果物における機能性フィルムの使用による鮮度保持効果

第1節 ブロッコリーにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果

機能性フィルムについては近年、レーザー光による微細孔フィルムなど新たなフィルムが開発されている^{189, 192)}。しかしながら、その効果的な利用法については確立されていない。

そこで、酸素透過量を変えたフィルムを用いてブロッコリーの鮮度保持効果を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したブロッコリーは兵庫県立中央農業技術センター（1994年加西市）と同北部農業技術センター（1995年和田山町）で栽培したものをを用いた。1994年は12月10日と20日に収穫した試料を、1995年は10月13日と10月18日に収穫した試料を用いた。

栽培種は、1994年が‘唐嶺’‘緑嶺’‘グリーンビューティ’‘ハイツ’を、1995年は‘ハイツ’を用いた。ブロッコリーの重量は250～280gのものをを用いた。

2. 実験方法

(1) 機能性フィルムと貯蔵温度

供試したフィルム包材の種類と特性はTable 22に示した。貯蔵温度は0℃、5℃、10℃と20℃の4区とした。貯蔵施設は日本医化器製作所製のインキュベータ（BIOTRON LPH200型）を使用した。

(2) 袋内のガス組成

5℃、20℃貯蔵における1日、4日、7日後の袋内のCO₂、酸素（以下O₂と略す）濃度を測定した。濃度の測定は(株)住友ベークライト製ガスアナライザー（モデルMAP-T3000）で測定し、エチレン濃度は(株)日立製作所製ガスクロマトグラフ（モデル163型、検知器FID）で測定した。

(3) 官能評価

鮮度スコア等の評価は5人のパネリストを用い、各パネリストが5から1の5段階で評価を行った。

鮮度スコアは以下のとおりとした。

5: 収穫直後の状態

4: 商品性は高いが、若干しおれ等がみられる

3:商品性はあるが、かなり鮮度低下している
2:商品性がかなり低下している(商品性の限界)1:食べられない
花蕾の色スコアは以下の通りとした。

5:緑色 4:緑色～薄緑 3:薄緑 2:黄緑 1:黄色

開封時の品質調査では異臭発生やかび等の外観調査を行った。

実験結果

Table 23には0℃、5℃の貯蔵温度条件における各種フィルムの鮮度保持効果を示した。外観鮮度スコア4.0以上を高鮮度状態とした。0℃の貯蔵条件下では無包装を除きほぼ全ての包材で2週間程度高鮮度状態に保てた。貯蔵7日後の調査では全ての包材で色調の変化及び異臭の発生はみられなかった。5℃の貯蔵条件下では無包装を除きほぼ全ての包材で7日間高鮮度状態に保てた。貯蔵7日後の調査ではL1とH1の包材で色調がやや薄緑のものがみられたが、他の包材では色調変化はみられなかった。異臭の発生はL4とH4の包材で少しみられた。

Table 24には10℃、20℃の貯蔵温度条件における各種フィルムの鮮度保持効果を示した。10℃の貯蔵条件下では無包装とL2の包材を除きほぼ全ての包材で4日間高鮮度状態に保てた。貯蔵7日後でもL3、L4及びH4の包材では高鮮度状態に保てた。7日後の色調変化では緑色に保てたのはL3、L4、H3及びH4の4種類の包材であった。異臭の発生はL2、L3、H3では少し、L4、H4ではかなり感じられた。

20℃の貯蔵条件下ではL3、L4、H4の3包材で4日間比較的高鮮度の状態に保てた。色調ではH4の包材が緑色を保持した。異臭の発生はH1の包材ではみられず、L3、L4、H3、H4の包材ではかなり感じられた。

1日当たりの重量減はフィルムにより異なっており、0℃では0.2～0.4%、5℃では0.5～1.0%で、10℃では0.4～1.4%、20℃では0.6～2.2%となっており、貯蔵温度が高いほどO₂透過性の違いによる重量減の差が大きくなる傾向にあった。O₂透過性の低いフィルムほど重量減は少ない傾向にあった(Table 23、24)。

貯蔵中の供試フィルム内のCO₂濃度をTable 25に示した。5℃貯蔵条件下ではO₂透過性の低い包材ほどCO₂濃度が高くなっており、L4のフィルムでは貯蔵1日後から7日後までの間CO₂濃度がほぼ13～15%で推移していた。また、H4フィルムは10～18%で推移しており、貯蔵日数に伴い増加傾向にあった。

20℃貯蔵条件下での供試フィルム内のCO₂濃度もO₂透過性の低い包材ほど高くなっており、5℃貯蔵に比べてフィルム内のCO₂濃度は全体に高かった。L4のフィルムでは貯蔵1日後から7日後までの間CO₂濃度がほぼ16～19%で推移しており、H4フィルムは15～19%で推移していた。

考 察

0℃、5℃の貯蔵条件ではフィルムの種類及びO₂透過量の違いによる鮮度保持期間にほとんど差が見られなかった。フィルム内に蓄積したCO₂濃度はフィルムの違いにより異なっていた。Kuboら⁹⁵⁾、壇ら²¹⁾は高O₂条件下では、CO₂が増加しても呼吸抑制効果は少ないと報告しているが、本試験ではCO₂の増加にともない、O₂濃度は低下していた。したがって、O₂透過性の高いフィルムでは呼吸抑制効果があると推察されるが、低温条件のため呼吸量そのものが少ないのと水分減少率が低いために、外観鮮度の差が小さくなったものと考えられる。

10℃の貯蔵条件ではL3、H4のO₂透過量4000ml/m²·day·atm(15℃)程度のフィルムの外観鮮度がやや優れており、異臭の発生も少なかった。20℃の貯蔵条件でもO₂透過量4000ml/m²·day·atm程度のフィルムの外観鮮度はやや優れていたが、異臭が発生した。フィルム内にCO₂が蓄積した包材ほど緑色が保持された。この点に関して阿部ら⁷⁾はブロッコリーの緑色保持には高濃度CO₂の影響が低濃度O₂よりも大きいと報告している。さらに阿部ら⁷⁾、別府¹⁶⁾らは異臭に含まれるエチルアルコールが黄化に関与する酵素に影響を及ぼし黄化を抑制すると報告している。

夏季高温時の場合には、流通段階での品温変化の幅は大きく、ホウレンソウでは5~20℃の幅で温度変動がみられた¹⁵⁵⁾。茨木ら⁵²⁾も輸送中にネギの品温変化が生じることを報告している。したがって、高温時流通では異臭の発生の可能性が高いので、O₂透過量7000~10000ml/m²·day·atm程度のフィルム使用が安全であり、品温が20℃を越える場合にはO₂透過量10000ml/m²·day·atm以上のフィルムを使用する必要があるものと推察される。

素材がポリプロピレンによる微細孔フィルムは低密度ポリエチレンフィルムに比べてO₂透過量がほぼ同じ場合、CO₂の蓄積量が多い傾向にあった。本試験ではその原因は不明であり、今後詳細に検討する必要があるものと思われた。

Table 22 The characteristics of films used

film	O ₂ permeability* ¹ ml/m ² ·day·atm	size mm	thickness μm	material* ² of film
L 1	7,000	438X306	16.4	LDPE
L 2	5,400	438X306	20.3	LDPE
L 3	4,100	438X306	27.8	LDPE
L 4	1,900	438X306	38.4	LDPE
H 1 (microhole* ³)	100,000	431X279	40.6	OPP
H 2 (microhole)	28,000	431X280	40.4	OPP
H 3 (microhole)	10,000	433X278	40.5	OPP
H 4 (microhole)	4,000	432X282	39.6	OPP

*1 measured at 15°C

*2 LDPE : low density polyethylene , OPP : polypropylen

*3 microhole film treated with laser beams

Table 23 Effect of plastic films on keeping freshness of broccoli 'Haitsu' at 0 °C and 5 °C storage

film* ¹	0 °C storage						5 °C storage										
	fresh score* ²			color* ³		stench* ⁴	weight decrease per day (10 ⁻² %)	fresh score			color		stench	weight decrease per day (10 ⁻² %)			
	storage period (days)							storage period (days)									
4	7	14	7	7		4	7	14	7	7		4	7	14	7	7	
L 1	5.0	4.8	4.5	5	1	35	4.2	4.0	2.3	4	1	74					
L 2	5.0	4.8	4.2	5	1	29	4.0	4.0	1.3	5	1	91					
L 3	5.0	4.8	4.2	5	1	26	4.5	4.5	1.0	5	1	102					
L 4	5.0	4.8	4.5	5	1	24	5.0	5.0	2.0	5	1	61					
H 1	5.0	4.8	4.2	5	1	41	4.5	4.0	1.1	4	1	63					
H 2	5.0	4.8	4.0	5	1	24	5.0	4.5	1.2	5	1	76					
H 3	5.0	4.8	3.5	5	1	23	5.0	4.0	1.7	5	1	84					
H 4	5.0	4.8	4.5	5	1	18	5.0	4.3	2.2	5	1	46					
non-pack	3.0	2.5	1.0	5	1	162	2.0	1.0	1.0	3	1	326					

*1 film; same as in Table 22

*2 fresh score; 5:Excellent ~1:not edible

*3 color score; 5:Green ~1:yellow

*4 stench score; 3:terrible, 2:small, 1:non

Table 24 Effect of plastic films on keeping freshness of broccoli 'Haitsu' at 10 °C and 20 °C storage

film* ¹	10 °C storage						20 °C storage										
	fresh score* ²			color* ³	stench* ⁴		weight decrease per day (10 ⁻² %)	fresh score			color	stench		weight decrease per day (10 ⁻² %)			
	storage period (days)							storage period (days)									
	4	7	14	7	7		4	7	14	7	7		4	7	14	7	7
L 1	4.0	3.5	1.0	4	1	135	3.5	1.0	-	1.5	2	168					
L 2	3.5	3.0	1.0	4	2	80	3.8	1.0	-	2	2	220					
L 3	4.5	4.3	1.0	5	2	66	4.3	2.0	-	4	3	106					
L 4	4.0	4.0	1.0	5	3	53	4.0	2.5	-	4	3	82					
H 1	4.0	3.8	1.0	4	1	94	1.3	1.2	-	2	1	199					
H 2	4.0	3.8	1.0	4	1	47	2.5	1.0	-	2	2	126					
H 3	4.0	3.8	1.0	5	2	49	3.5	1.0	-	4	3	80					
H 4	4.5	4.3	1.2	5	3	37	4.3	2.5	-	5	3	58					
non-pack	2.7	1.0	-* ⁵	2	1	456	1.0	1.0	-	2	1	678					

*1 film; same as in Table 22

*2~*4; same as in Table 23

*5 -; sample rotted

Table 25 CO₂ and O₂ concentration in film bags in which broccoli 'Haitsu' was packaged

film*	5 °C storage						20 °C storage					
	CO ₂ %			O ₂ %			CO ₂ %			O ₂ %		
	storage period (days)											
	1	4	7	1	4	7	1	4	7	1	4	7
L 1	1.9	0.7	0.8	18.9	17.4	17.7	2.5	1.9	1.3	16.8	13.3	12.2
L 2	3.3	2.8	1.6	16.4	15.5	13.8	6.4	7.3	5.2	10.3	7.5	7.8
L 3	10.5	9.4	8.6	7.9	7.5	7.1	12.5	13.5	10.3	6.4	4.9	3.3
L 4	13.3	13.5	12.8	5.6	4.4	2.3	18.3	18.8	15.7	2.5	2.3	1.4
H 1	0.4	0.2	0.4	20.3	20.4	20.5	0.7	0.5	0.4	20.0	20.3	20.1
H 2	1.3	0.9	1.0	18.7	17.5	18.2	3.0	3.8	1.6	16.5	12.4	14.3
H 3	6.7	4.2	4.6	12.5	10.6	9.5	8.9	9.4	6.9	7.5	5.9	4.8
H 4	10.4	15.3	17.9	5.7	2.8	1.9	15.1	17.2	15.3	4.5	1.1	1.5
non	0.0	0.0	0.0	20.5	20.8	20.7	0.0	0.0	0.0	20.3	20.7	20.7

* same as in Table 22

第2節 レタスにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果

酸素透過量を変えたフィルムを用いてレタスにおける鮮度保持効果について検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したレタスは兵庫県立中央農業技術センター（1994年加西市）と同北部農業技術センター（1995年和田山町）で栽培したものを用いた。1994年は12月10日と20日に収穫した試料を、1995年は10月13日と10月18日に収穫した試料を用いた。

栽培種として1994年には‘カイザー’、‘シスコ’（以上早生品種）、‘サントス’（中晩性品種）を1995年には‘シスコ’を用いた。レタスの重量（球の調整重）は360～400gのものを用いた。

2. 実験方法

(7)機能性フィルムと貯蔵温度

供試したフィルムは、酸素（以下 O_2 と略す）透過量 $7,000\sim 1,900\text{ml/m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ のポリエチレン（L1～L4）、 O_2 透過量 $100,000\sim 4,000\text{ml/m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ のポリプロピレン（H1～H4）および O_2 透過量 $10,000\text{ml/m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ のポリ塩化ビニル（V）の9種で、詳細はTable 26に示した。ポリプロピレンの4フィルムはレーザー光による微細孔フィルムで酸素透過量が調節されたものを用いた。ポリ塩化ビニルは慣行として使用されているハンカチ（非密封）包装に使用し、他の8フィルムは密封（シール）包装した。対照として無包装区を設けた。貯蔵温度は 0°C 、 5°C 、 10°C と 20°C の4段階とした。貯蔵施設は日本医化器製作所製のインキュベータ（BIOTRON LPH200型）を使用した。

(1)袋内のガス組成

5°C 、 20°C 貯蔵における1日、4日、7日後の袋内の CO_2 、 O_2 濃度を測定した。測定には試験1と同様の装置を用いた。

(ウ)官能評価

鮮度スコア等の評価は5人のパネリストを用い、各パネリストが5から1の5段階で評価を行った。

鮮度スコアは以下の通りとした。

5:収穫直後の状態

4:商品性は高いが、若干しおれ等がみられる

3:商品性はあるが、かなり鮮度低下している

2:商品性がかなり低下している(商品性の限界)

1:食べられない

切り口の褐変スコアは以下の通りとした。

5:無変化 4:微褐変 3:赤褐色 2:赤褐色～黒褐色 1:黒褐色

開封時の品質調査で異臭発生やかび等の外観調査も行った。

実験結果

Table 27に0℃、5℃の貯蔵温度条件における各種フィルムの鮮度保持効果を示した。鮮度スコアが4.0以上のものを高鮮度状態とした。0℃の貯蔵条件下ではハンカチ包装と無包装を除きほぼ全てのフィルムで1週間程度高鮮度状態に保てた。貯蔵7日後の調査では切り口の褐変はL2、L3、L4およびH2、H3、H4のフィルムで少なく、異臭は全てのフィルムでみられなかった。2週間後も高鮮度状態を保てたのはL4とH4のフィルムであった。

5℃の貯蔵条件下では無包装を除きほぼ全てのフィルムで4日間高鮮度状態に保てた。貯蔵7日後の調査ではL2、L3、L4及びH2、H3、H4のフィルムで高鮮度状態が保たれ、異臭は全てのフィルムでみられなかった。切り口の褐変はL2、L3、L4及びH2、H3、H4のフィルムで少なかった。2週間後ではL4とH4のフィルムで比較的高い鮮度状態が保てた。

Table 28には10℃、20℃の貯蔵温度条件における各種フィルムの鮮度保持効果を示した。10℃の貯蔵条件下ではハンカチ包装と無包装を除き全てのフィルムで4日間高鮮度状態に保てた。貯蔵7日後ではH4のフィルムで高鮮度状態に保て、L4、H3のフィルムでも比較的高い鮮度状態であった。2週間後ではL4、H4のフィルムで比較的高い鮮度状態を保てた。切り口の褐変はL2、L3、L4、H3、H4のフィルムで比較的少なかった。異臭はL4、H4のフィルムで少し感じられた。

20℃の貯蔵条件下ではL4、H4の2フィルムで4日間比較的高鮮度の状態に保てた。7日後では供試したどのフィルムを用いても販売可能な状態を保てなかった。O₂透過量の少ないフィルムほど切り口の褐変程度は少なかったが、異臭の発生は強くなる傾向にあった。L4、H4のフィルムでは強いアルコール臭があった。

重量減は包装区に比べて無包装区で著しく、1日当たり0℃貯蔵では0.2%、5℃貯蔵では0.4%、10℃貯蔵では1%、20℃では1.5%の重量減であった。シール包装の場合にはフィルムの種類により異なり、0℃では0.04～0.07%、5℃では0.05～0.1%で、10℃では0.09～0.25%、20℃では0.1～0.3%となっており、貯蔵温度が高いほど、O₂透過性の高いフィルムほど重量減が大きくなる傾向にあった。非密封のハンカチ包装は他のシール包装に比べて重量減が著しかった (Table27、28)。

貯蔵中の供試フィルム内のCO₂、O₂濃度をTable 29に示した。5℃貯蔵条件下

ではO₂透過性の低いフィルムほどCO₂濃度が高く、逆にO₂濃度は低くなっており、L4のフィルムでは貯蔵1日後から7日後までの間CO₂濃度が2.5~7%で推移していた。また、H4フィルムではCO₂濃度が2.1~7.5%で推移しており、貯蔵日数の増加に伴い濃度も増大する傾向にあった。

20℃貯蔵条件下での供試フィルム内のCO₂濃度もO₂透過性の低いフィルムほど高くなっており、5℃貯蔵に比べてフィルム内のCO₂濃度は全体に高かった。貯蔵1日後から7日後までの間CO₂濃度がL4フィルムでは6.6~9.3%で、H4フィルムでは7.3~11.4%で推移していた。

考 察

0℃、5℃の貯蔵条件ではハンカチ包装を除きフィルムの種類及びO₂透過量の違いによる鮮度保持期間の差は比較的小さかった。フィルム内に蓄積したCO₂濃度はフィルムの種類により異なっていたが、多くても7%程度であった。Kuboら⁹⁵⁾、壇ら¹⁴⁷⁾は高O₂条件下では、CO₂が増加しても呼吸抑制効果は少ないと報告しており、本試験の0℃、5℃の貯蔵条件ではブロッコリーの場合と同様に、CO₂の増加にともなうMA (modified atmosphere) 効果は小さいものと推察される。

また、比較的低温の貯蔵条件のために呼吸量そのものは少なく、水分減少率も相対的に小さいために、フィルムの種類による外観鮮度の差が小さくなったものと推察される。

10℃の貯蔵条件ではL4、H4のO₂透過量2,000~4,000ml/m²·day·atm (15℃) 程度のフィルムの外観鮮度がやや優れていたが、7日後では若干の異臭が感じられた。20℃の貯蔵条件でもO₂透過量4,000ml/m²·day·atm程度のフィルムの外観鮮度はやや優れていたが、O₂透過量の少ないフィルムほど異臭が強く発生した。

したがって、貯蔵期間が1週間以上になる場合やレタスの中心品温が20℃以上に上昇する場合にはO₂透過量10,000ml/m²·day·atm以上のフィルムを使う必要があると考えられる。

今日広く普及しているレタスにおける非密封のハンカチ包装は無包装に比べれば鮮度保持効果は認められるが、シール包装に比べれば重量減による鮮度低下が早い。特に貯蔵温度が高い場合の重量減が著しい。著者らは¹⁵⁵⁾夏季高温時の流通段階での品温変化を調査し、ハウレンソウでは予冷後販売店に輸送されるまでの間に5~20℃の幅の温度変動がみられることを明らかにした。したがって、レタスの品温が上昇する時期には現行のハンカチ包装では品質低下が懸念されるので、シール包装への改善が必要であると考えられる。

Table 26 The characteristics of films used

film	O ₂ permeability ^{a)}		size mm	thickness μm	material ^{b)} of film
	ml/m ² ·day·atm				
L 1	7,000		438X306	16.4	LDPE
L 2	5,400		438X306	20.3	LDPE
L 3	4,100		438X306	27.8	LDPE
L 4	1,900		438X306	38.4	LDPE
H 1 (microhole ^{c)})	100,000		431X279	40.6	OPP
H 2 (microhole)	28,000		431X280	40.4	OPP
H 3 (microhole)	10,000		433X278	40.5	OPP
H 4 (microhole)	4,000		432X282	39.6	OPP
V	10,000		450X450	29.7	PVC

a) measured at 15°C

b) LDPE: low density polyethylene, OPP: polypropylen, PVC: polyvinylchloride

c) microhole film treated with laser beams

Table 27 Effect of plastic films on keeping freshness of lettuce 'Shisuko' at 0 °C and 5 °C storage

film ^{a)}	0 °C storage						5 °C storage													
	fresh score ^{b)}		brown ^{c)}		stench ^{d)}		weight		fresh score		brown		stench		weight					
	storage period (days)		storage period (days)		storage period (days)		decrease		storage period (days)		storage period (days)		storage period (days)		decrease					
	4	7	14	7	7	per day		4	7	14	7	7	per day		4	7	14	7	7	per day
	(10 ⁻² %)						(10 ⁻² %)													
L 1	4.5	4.0	3.3	4.0	1	6.0	4.4	3.6	3.2	4.0	1	7.9								
L 2	4.7	4.3	3.4	4.5	1	5.5	4.7	4.2	3.2	4.5	1	6.9								
L 3	4.8	4.4	3.4	4.5	1	5.5	4.7	4.2	3.2	4.5	1	5.4								
L 4	4.8	4.5	4.0	4.5	1	5.2	4.7	4.3	3.6	4.5	1	4.8								
H 1	4.6	3.9	3.1	4.0	1	7.2	4.5	3.8	3.0	4.0	1	10.1								
H 2	4.7	4.5	3.2	4.5	1	5.2	4.7	4.3	3.4	4.5	1	7.1								
H 3	4.7	4.5	3.6	4.8	1	4.8	4.7	4.3	3.4	4.5	1	5.3								
H 4	4.8	4.7	4.1	4.8	1	4.2	4.7	4.3	3.8	4.8	1	4.5								
V ^{e)}	4.2	3.3	2.6	4.0	1	11.3	4.0	2.5	2.4	4.0	1	19.7								
non-pack	4.0	3.1	2.0	4.0	1	20.5	2.0	1.0	1.0	4.0	1	43.5								

a) film; same as in Table 26

b) fresh score; 5:Excellent ~1:not edible

c) brown score of cutted plane; 5:white, 4:a little brown, 3:red-brown, 2:red-brown ~black-brown, 1:black-brown

d) stench score; 3:terrible, 2:small, 1:non

e) handkerchief package(not sealed)

Table 28 Effect of plastic films on keeping freshness of lettuce 'Shisuko' at 10 °C and 20 °C storage

film ^{a)}	10 °C storage						20 °C storage						
	fresh score ^{b)}			brown ^{c)} stench ^{d)}			fresh score			brown stench			weight decrease per day (10 ⁻² %)
	storage period (days)			storage period (days)			storage period (days)			storage period (days)			
	4	7	14	7	7	7	4	7	14	7	7	7	
L 1	4.2	3.1	2.5	4.0	1	22.3	2.5	1.0	- ^{f)}	3.0	1	31.5	
L 2	4.3	3.3	3.0	4.5	1	21.5	2.8	1.8	-	3.0	1	27.4	
L 3	4.4	3.5	3.1	4.5	1	11.8	3.1	1.8	-	4.0	2	17.4	
L 4	4.4	3.8	3.5	4.5	2	8.0	3.7	2.5	-	4.0	3	10.9	
H 1	4.0	3.0	2.0	4.0	1	25.3	1.3	1.2	-	2.5	1	33.8	
H 2	4.3	3.3	3.2	3.0	1	15.3	2.5	1.8	-	3.0	1	23.6	
H 3	4.4	3.8	3.2	4.5	1	10.1	3.0	1.6	-	4.0	2	13.0	
H 4	4.5	4.0	3.7	4.5	2	9.2	3.8	1.8	-	4.0	3	10.4	
V ^{e)}	3.8	2.8	2.0	4.0	1	59.7	1.3	1.0	-	2.5	1	78.5	
non-pack	2.7	1.0	1.2	4.0	1	114.5	1.0	1.0	-	2.0	1	153.0	

a) film; same as in Table 26

b)~e); same as in Table 27

f) -; sample rotted

Table 29 CO₂ and O₂ concentration in film bags in which lettuce 'Shisuko' was packaged

film ^{a)}	5 °C storage						20 °C storage					
	CO ₂ %			O ₂ %			CO ₂ %			O ₂ %		
	storage period (days)						storage period (days)					
	1	4	7	1	4	7	1	4	7	1	4	7
L 1	0.1	1.0	0.7	20.3	19.5	19.5	1.2	1.4	1.0	19.3	18.9	19.1
L 2	0.5	1.4	1.2	20.1	19.2	19.0	1.4	1.8	1.6	18.9	16.8	15.3
L 3	1.2	2.3	2.9	19.6	17.9	15.4	3.5	4.7	3.9	16.6	13.5	11.8
L 4	2.5	4.7	7.0	18.4	13.8	8.3	6.6	7.2	9.3	14.1	7.5	4.9
H 1	0.2	0.5	0.6	20.5	20.3	20.0	0.5	0.4	0.4	20.1	20.3	20.1
H 2	0.3	1.2	1.1	19.9	19.2	18.9	1.2	1.8	1.8	16.5	15.1	13.6
H 3	0.6	2.2	2.6	19.4	16.9	15.8	2.4	4.1	4.0	16.1	12.9	10.9
H 4	2.1	5.3	7.5	18.2	14.4	8.6	7.3	9.2	11.4	13.5	7.8	5.2
V ^{b)}	0.0	0.1	0.1	20.5	20.7	20.6	0.1	0.3	0.2	20.6	20.5	20.3
non-pack	0.0	0.0	0.0	20.7	20.6	20.5	0.0	0.0	0.0	20.5	20.8	20.7

a): same as in Table 26

b): handkerchief package(not sealed)

第3節 キャベツ・カットキャベツにおけるフィルム包装の鮮度保持効果

無カット並びに1/2カットキャベツにおける低温及びフィルム包装による鮮度保持効果を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したキャベツは、兵庫県立北部農業技術センターで、1994年9月30日に播種し、1995年7月12日に収穫したものを使用した。

試料の部位は外葉部から中心部までを葉数で4等分した。

品種は収穫後の部位別成分変化の実験には、「SE」（エスイー）を、品種別呼吸量及び日持ち性の実験には、「SE」、「N90-6605」、「YRフラットサワー3号」、「K0-250」、「来陽」（ライオウ）、「YR512」の6品種、系統を使用した。キャベツの形態はホール（出荷調整時の形態）と1/2カットの2種類とした。包装形態は無包装と0.03mm厚のポリエチレン（PE）フィルムによる密封包装の2種類とした。

2. 実験方法

(1)貯蔵方法 収穫後の部位別成分変化を調査するために設定した処理温度は5℃、15℃、20℃で、処理期間は14日とし、その後成分分析を行った。

品種別の呼吸特性を比較するために、設定した処理温度は5℃と15℃で、処理期間は4日、7日とした。品種別の日持ち性を比較するために、設定した処理温度は5℃で、処理期間は2日、4日、7日、14日とした。

なお、収穫時のキャベツの品温は27℃であった。

貯蔵施設は日本医化器製作所製のインキュベータ（BIOTRON LPH200型）を使用した。貯蔵期間の相対湿度は70～85%であった。

(2)分析方法 部位別成分変化のショ糖及び全糖含量はキャベツと同重量の蒸留水を加えてホモジナイズし、その10gを取り、200mlに定容し4時間抽出した後、抽出液を液体クロマトグラフィー（YANACO製L-6000型）により測定した。なお液体クロマトグラフィーの測定条件はつぎのとおりとした。

カラム；LICHROSORB NH2

溶媒；アセトニトリル：メタノール：蒸留水=75:10:15

カラム温度；35℃

流量；0.8ml/min

ビタミンC含量の測定は、前処理としてキャベツ10gと同重量の5%メタリン酸を加えてすりつぶした後ろ過し、その3gを取り、10gの5%メタリン酸を加え、VCメータ

(HORIBA製 VC-100) で測定し、その後乾物換算してビタミンC含量を求めた。水分は110℃で24時間乾燥後求めた。

(3)呼吸量測定

収穫後の呼吸特性を把握するため、収穫時及び収穫後の二酸化炭素排出量を調査した。試料をガラスチャンバーに密封し、その直後と2時間後の二酸化炭素濃度を測定して呼吸量を求めた。収穫直後の呼吸量については設定温度に4時間放置した後、CO₂排出量を求めた。CO₂濃度はガスアナライザー（住友ベークライト製 MAP-T3000）で測定した。

(4)外観鮮度の官能評価法

外観鮮度は5--収穫直後の状態、4--商品性は高いが若干しおれ等がみられる、3--商品性はあるがかなり鮮度が低下している、2--商品性が低下している（家庭では食べることが可能）、1--食べられない（家庭でも捨てる）の5段階で官能評価した。パネリストは主婦5名とした。

実験結果

Table 30に無包装、5℃貯蔵条件での品種別の外観鮮度を示した。外観鮮度指標4以上を高鮮度と考えると、高鮮度保持期間はホール形態では「来陽」を除けば約1週間程度、1/2カットで2～3日であった。「来陽」はどちらの形態でも他の品種に比べて、鮮度保持期間はやや短かった。

Table 31にPE 30mm厚のフィルム包装、5℃貯蔵条件での品種別の外観鮮度を示した。フィルム包装を行うことにより、高鮮度保持期間はホール形態では約2週間に、また1/2カット形態でも5～7日に各々伸ばすことができた。品種による差は無包装に比べれば少なく、特にホールの形態ではほとんど差がみられなかった。

考察

品種「来陽」の鮮度保持期間が短いのは、この品種は主として生食用で葉が軟らかいことと、他の品種に比べて呼吸量が高いためと考えられる。

フィルム包装で鮮度保持期間が延長したのは、包装で水分減少が抑制されたことと、PE 30mm厚のフィルムには酸素透過度が7,100(ml/m²・day・atm)^{18,9)}のガスバリアー性があり、袋内の酸素濃度が低下し、二酸化炭素濃度が高まり（未発表）、その結果呼吸抑制されたためと考えられる。

このように、5℃程度の貯蔵温度とフィルム包装を組み合わせることにより高鮮度保持期間が延長できることから、この処理を産地側での個包装技術として組み立てれば、市場が休みになる週末や、出荷量が増える時期には産地側での出荷調整技術

として利用できるものと考えられる。

Table 30 Fresh score of non-packed cabbage during storage at 5 °C

Cultivar	Fresh weight (g)	Fresh score *							
		Non-cut				1/2cut			
		storage period(days)				storage period(days)			
		2	4	7	14	2	4	7	14
SE	965	4.8	4.5	4.2	3.5	4.5	3.5	2.5	1.5
90-6605	1128	4.8	4.5	4.3	3.5	4.5	3.2	2.4	1.7
YRSAWA 3G0	1372	4.8	4.5	4.3	3.6	4.5	3.4	2.5	1.6
KO-250	1249	4.8	4.5	4.3	3.6	4.5	3.5	2.3	1.5
RAIYO	895	4.8	4.2	3.5	2.8	4.5	2.2	1.5	1.0
YR517	826	4.8	4.3	4.0	3.2	4.5	3.0	2.0	1.0

* Fresh score: from 5:excellent to 1:not edible

Table 31 Fresh score of cabbage packed with PE film during storage at 5 °C

Cultivar	Fresh weight (g)	Fresh score *							
		Non-cut				1/2cut			
		storage period(days)				storage period(days)			
		2	4	7	14	2	4	7	14
SE	1020	5.0	4.8	4.5	4.0	4.8	4.5	4.2	3.3
90-6605	1163	5.0	4.8	4.5	4.0	4.8	4.5	4.1	3.1
YRSAWA 3G0	1294	5.0	4.8	4.5	4.0	4.8	4.5	4.2	2.8
KO-250	1411	5.0	4.8	4.5	4.0	4.8	4.5	4.0	3.0
RAIYO	875	5.0	4.8	4.5	4.0	4.8	4.3	3.5	2.5
YR517	950	5.0	4.8	4.5	4.0	4.8	4.5	3.7	2.7

* Fresh score: from 5:excellent to 1:not edible

第4節 完熟トマトにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果

酸素透過量を変えたフィルムを用いて完熟トマトの鮮度保持効果を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供した完熟トマトは兵庫県立中央農業技術センター（1994年加西市）と同県内の農家（1995年小野市）で栽培したものを用いた。1994年は5月15日に収穫した試料を、1995年は7月10日と10月15日に収穫した試料を用いた。

栽培種は、両年とも‘桃太郎’を用いた。トマトの重量は190～230gのものを用いた。

2. 実験方法

(1) 機能性フィルムと貯蔵温度

供試したフィルム包材の種類と特性はTable 22に示した。貯蔵温度は0℃、5℃、10℃と20℃の4区とした。貯蔵施設は日本医化器製作所製のインキュベータ（BIOTRON LPH200型）を使用した。

(2) 袋内のガス組成

5℃、20℃貯蔵における1日、4日、7日後の袋内のCO₂、酸素（以下O₂と略す）濃度を測定した。濃度の測定は(株)住友ベークライト製ガスアナライザー（モデルMAP-T3000）で測定し、エチレン濃度は(株)日立製作所製ガスクロマトグラフ（モデル163型、検知器FID）で測定した。

(3) 官能評価

鮮度スコア等の評価は5人のパネリストを用い、各パネリストが5から1の5段階で評価を行った。

鮮度スコアは以下のとおりとした。

5: 収穫直後の状態

4: 商品性は高いが、若干しおれ等がみられる

3: 商品性はあるが、かなり鮮度低下している

2: 商品性がかなり低下している(商品性の限界) 1: 食べられない

花蕾の色スコアは以下の通りとした。

5: 緑色 4: 緑色～薄緑 3: 薄緑 2: 黄緑 1: 黄色

開封時の品質調査では異臭発生やかび等の外観調査を行った。

実験結果

Table 32には完熟トマトにおける5℃及び20℃貯蔵条件下での機能性フィルムの鮮

度保持効果について示した。外観鮮度スコア4.0以上を高鮮度状態とした。

5℃の貯蔵条件下では無包装を除きほぼ全ての包材で7日間高鮮度状態に保てた。包材の中ではL1とH2がやや劣っていた。貯蔵15日後ではかなり鮮度の低下はみられたもののL3、L4、H3、H4の包材では比較的鮮度の高い状態に保てた。貯蔵21日後では供試した全ての包材で販売可能な状態を保つことはできなかった。重量変化は無包装に比べればかなり少ないものの包装した完熟トマトでもみられた。酸素透過量の多い包材ほど重量減も多い傾向にあった。トマト果実の色の変化では花落ち部、側面とも無包装に比べて変化が少ない包材もみられるが、ほとんどの包材で無包装と差が無かった。

20℃の貯蔵条件下では3日後、7日後とも包装したものは無包装に比べて鮮度が優れていた。3日後ではL2、L3、L4、H3、H4の包材で高鮮度状態が保てた。貯蔵7日後ではかなり鮮度低下はみられたもののL3、H2、H3の包材では比較的鮮度の高い状態に保てた。L4、H4の包材では異臭が感じられた。重量変化は5℃貯蔵に比べて増加し、無包装では20℃貯蔵は5℃貯蔵に比べて約5倍多くなった。5℃貯蔵と同様包装することにより重量減少は少なくなるが、フィルムの種類による差は大きくなった。トマト果実の色の変化は5℃貯蔵に比べて20℃では2倍以上であった。包装と無包装とでは花落ち部、側面ともにほとんど差が無かった。

考 察

完熟トマトはプラスチック包材で包装することにより、無包装に比べて外観鮮度は良くなる。包材の比較では酸素透過量の少ない（ガスバリア性の高い）ものほど外観品質が高く保てる傾向にある。それは酸素透過量の少ない包材ほど重量減が少なく、がくの萎れも少なくなるためと考えられる。

着色の進み程度を色の密度で比較すると、20℃に比べて5℃貯蔵では1/2以下になるが、供試包材による着色遅延効果はほとんど無く、包装のみでは着色の進み程度を抑えることは困難であると思われる。

5℃貯蔵では酸素透過量が4,000($\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$)程度の包材が優れていたが、20℃ではフィルム内で蒸れや異臭を生じる可能性があるため、酸素透過量10,000以上のものが実用的であると推察される。

フィルム包装した完熟トマトはがく部の萎れが少なくなり、外観鮮度を保つ上で有効であるが、レタス等の葉菜類、ブロッコリー等の花菜類、キュウリ等の未熟な果菜類に比べて鮮度保持の効果は小さい^{153, 157)}と考えられる。

Table 32 Effect of plastic films on keeping freshness of full ripe tomato 'Momotaro' at 5 °C and 20 °C storage

film ^{a)}	5 °C storage						20°C storage					
	fresh score ^{b)}			change per day			fresh score ^{b)}			change per day		
	storage period			weight	color T ^{c)}		storage period			weight	color T	
	(days)			decre-	blos.	hor.	(days)			decre-	blos.	hor.
7	15	21	ase	end	sec.	3	7	15	ase	end	sec.	
			(10 ⁻² %)						(10 ⁻² %)			
L 1	4.0	3.0	2.0	7.1	1.0	1.5	3.8	2.5	1.0	24.9	3.4	3.5
L 2	4.5	3.0	2.2	5.8	1.3	1.3	4.0	2.5	1.0	17.8	2.5	3.2
L 3	4.5	3.6	2.7	4.6	1.1	1.4	4.2	2.7	1.0	15.3	3.0	2.7
L 4	4.5	3.5	2.5	4.6	1.4	1.4	4.2	2.3	1.0	8.4	3.6	3.0
H 1	4.5	3.0	2.0	7.6	1.1	1.3	3.5	2.5	1.0	23.9	2.7	2.7
H 2	4.0	3.0	2.5	4.8	1.5	1.1	3.8	2.7	1.0	9.5	3.1	2.9
H 3	4.5	3.5	2.5	3.4	1.2	1.5	4.2	2.7	1.0	6.7	3.0	3.8
H 4	4.5	3.7	2.7	2.1	1.0	1.2	4.5	2.3	1.0	3.6	2.3	2.7
non-pack	3.5	2.5	1.0	21.0	1.3	1.3	3.0	2.0	1.0	106.6	2.6	2.6

a) film; same as in Table 26

b) fresh score; 5:Excellent ~1:not edible

c) change in color T; $\text{SQRT} \{ (L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 \}$

L_1, a_1, b_1 ; before change, L_2, a_2, b_2 ; after change

blos. end; blossom end, hor. sec.; horizontal section

第5節 包装法の改善による夏季収穫ホウレンソウの鮮度保持効果

ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) は外観や成分の変化に貯蔵温度が大きく影響し、低温ほど品質保持期間が長い¹⁸³⁾ことから、一般に予冷・保冷等の低温流通が行われている。しかし、実際の流通段階では品温変化があり⁵²⁾、生産者から消費者にわたるまでの間に品質低下を生じる場合がある。そのため、生産者および量販店等からは消費者まで高鮮度の状態で流通できる高鮮度流通技術の体系化が望まれている。

そこで、夏季の高温期に収穫したホウレンソウの輸送中の品温変化を測定するとともに、鮮度保持対策としてフィルム包装と出荷ケースを改善することによって実用的な鮮度保持効果を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したホウレンソウは養父郡大屋町大屋高原で栽培したものをを用いた。1995年は7月7日に収穫した試料を、1996年は7月1日と8月6日に収穫した試料を用いた。

栽培種は、両年とも‘アクティブ’を用いた。

2. 実験方法

試験1 フィルムの包装形態が鮮度に及ぼす影響

(1) 包材および包装の形態

供試包材は慣行のポリプロピレン（以下OPPと記す）フィルム袋（大きさ：上辺275mm、下辺150mm、高さ345mm、厚さ：25 μ m）とOPP微細孔フィルム袋（酸素透過量：20,000ml/m²/24hr/atm, 15 $^{\circ}$ C, 大きさ：197 x 370mm、厚さ：25 μ m）を用いた。包装形態についてはOPP微細孔フィルムは密封包装し、慣行フィルムでは上部を全面開放し、底部に直径10mm程度の孔が開いた状態の開放型と上部のみシールし底部に孔の開いた小窓型および上部も底部もシールした密封型の3種類の包装を行った。

各包装内のホウレンソウ重量は約160gに調整した。

(2) 貯蔵方法

収穫後の貯蔵温度は基本的には5 $^{\circ}$ Cとした。しかし、実際の収穫後の品温は変動するため、保冷1日後または2日後に一時的に8時間室温に放置する変温区を設定した。放置した期間の最高室温は31.2 $^{\circ}$ C、最低温度は26.4 $^{\circ}$ Cであった。ホウレンソウの貯蔵は立ち姿で行った。

(3) 呼吸量およびフィルム内のガス濃度の測定

呼吸量測定に用いた試料はガラス製デシケーター内に保ち、試料取り出し用のデシケーターのふたの部分はラバーストッパーで固定した。二酸化炭素の濃度は密封

直後と密封2時間後測定した。

フィルム内の酸素ならびに二酸化炭素濃度は貯蔵試験開始3日後および7日後に測定した。

ガス濃度は(株)住友ベークライト製ガスアナライザー（モデルMAP-T3000）で測定した。

(4)官能評価

鮮度スコアの評価は5人のパネリストを用い、各パネリストが5から1の5段階で鮮度評価を行った。鮮度スコアは以下の通りとした。

5:収穫直後の状態

4:商品性は高いが、若干しおれ等がみられる

3:商品性はあるが、かなり鮮度低下している

2:商品性がかなり低下している(商品性の限界)

1:食べられない

試験2 輸送ケース等包装法が鮮度に及ぼす影響

(1)輸送流通試験

ハウレンソウの流通品温の変動と品質低下の実態を把握するために、「予冷」、「出荷」、「流通」、「配送センター」、「神戸市内Y店」、「購入」までの流通試験を行った。「購入」段階の後には常温で運搬し、2～3時間後に分析調査した。予冷は吹き出し温度2℃、庫内温度5℃に設定した予冷库内で6時間行い、その後保冷車で出荷した。試験は2回行い、1回目は1996年7月1日～2日に、2回目は同年8月6日～7日に行った。品温測定は温度記録装置（(株)タバイエスペック製 RT-10型）で行った。

(2)輸送ケース等の包装法

1回目の輸送試験に用いた出荷ケースは側面に50x130mmの通風孔を設けたダンボールケース(サイズ：425x370x225mm)と底面と側面に格子状の隙間が設けられているプラスチック製組立通いケース(サイズ：595x400x170mm)の2種類とした。どちらも新聞紙1枚を底および側部に敷いた。新聞紙は2つ折りの状態で用いた。包装フィルムは慣行フィルムを用い、上部のみシールした小窓型で試験に供した。

2回目の輸送試験に用いた出荷ケースは組立通いケースで、補助資材として新聞紙を試験1と同様に1枚用いた区、さらに1枚ハウレンソウの上からかぶせた新聞紙2枚区および発泡スチロール製シート（厚さ：2mm）で組立ケース全体を被覆した区の3処理区を設けた。

包装フィルムは慣行フィルム（小窓型）とOPP微細孔フィルム（密封型）を用いた。

(3)成分、色調の測定

ビタミンC（アスコルビン酸：還元型）は5%メタリン酸溶液で抽出した後に、VCメータ（HORIBA社製VC-100）で測定した。葉の色調は色差計（日本電色製Z-1001

DP) で測定した。

実験結果

試験1 フィルムの包装形態が鮮度に及ぼす影響

Table 33 にフィルムの包装形態および貯蔵状態がホウレンソウの外観鮮度に及ぼす影響を示した。外観鮮度スコア4.0以上を高鮮度状態とした。5℃貯蔵条件では無包装(⑬)でかなりの鮮度低下がみられるものの、フィルム包装(①, ④, ⑦, ⑩)を行うことにより、包材の種類や包装形態に関わらず3日間は高鮮度の状態に保てた。

貯蔵途中に8時間室温放置し、低温貯蔵を遮断することにより鮮度低下がみられ、特に開放型の包装形態(②, ③)では葉先が萎れ鮮度スコアは3日後で2.5、7日後で1.5~2.0に低下した。室温放置日については収穫1日後と2日後とではほとんど差がみられなかった。室温放置の影響が収穫3日後の段階で比較的少なかったのはOPP微細孔フィルム(⑪, ⑫)と慣行フィルムの密封形態(⑧, ⑨)のもので鮮度スコアはそれぞれ4.3~4.4、4.0~4.3であった。

7日後でも比較的高い鮮度状態を保てたのは密封形態(⑦~⑫)のものであったが、慣行フィルムの小窓形態(④, ⑤, ⑥)もほぼ同様の鮮度が保てた。

重量減は開放形態が最も大きく、密封形態が最も少なかった。

供試したフィルム内のガス組成をTable 34 に示した。貯蔵3日後の時点では酸素濃度は慣行フィルムの密封区(⑦~⑨)で最も減少しており、逆に二酸化炭素濃度が最も高まっていた。次いで二酸化炭素濃度が高かったのは慣行フィルムの小窓形態(④~⑥)で、OPP微細孔フィルムの密封形態(⑩~⑫)では二酸化炭素濃度が慣行フィルムの小窓形態のものよりやや低い値であった。

7日後のフィルム内の二酸化炭素濃度は3日後に比べて減少する傾向がみられた。

8時間の室温放置による二酸化炭素濃度の増減に関しては一定の傾向が認められず、室温放置しないものとはほぼ同じ濃度であった。

Table 35 にホウレンソウの貯蔵温度が呼吸量に及ぼす影響を示した。貯蔵温度が高いほど呼吸量は多かった。収穫直後の呼吸量は5℃では50~60mg/kg/hrで、0℃では5℃の1/2~1/3であり、15℃および20℃はそれぞれ5℃の約3倍、約5倍の呼吸量であった。貯蔵3日後の呼吸量は収穫直後の呼吸量とほぼ同じであったが、7日後では収穫直後の60~70%程度の呼吸量であった。収穫直後に対する7日後の呼吸量の減少割合は貯蔵温度が高いほど大きい傾向がみられた。

試験2 輸送ケース等包装法が鮮度に及ぼす影響

Fig. 16 に1回目の輸送試験で行ったホウレンソウの品温変化を示した。包装方法が異なっても6時間の予冷で品温は26℃から6~7℃に低下した。輸送中に品温は上昇し、配送センター到着時点では18~20℃になり、そこでの冷蔵により品温は7℃程度

に下がるものの店頭に出されるまでの間に配送等での品温上昇がみられた。店頭では18～20℃の品温であった。

出荷ケースの比較ではダンボールはプラスチック製組立通りケースに比べて品温の変化が遅く、温度の変動幅が3～4℃少なかった。

Table 36 に輸送試験を行ったハウレンソウの品質を示した。外観鮮度は0℃貯蔵のものに比べて鮮度低下がみられたものの、ダンボール箱のハウレンソウは組立通りケースに比べて高い鮮度状態を保てた。ダンボール箱では重量変化がほとんどみられなかったが、一部やや萎凋のみられるものが認められた。組立通りケースの場合はやや萎凋がみられるとともに葉先が黒変に至るものもみられた。ビタミンC含量は0℃貯蔵に比べてダンボール箱では約15%、組立通りケースでは約20%減少していた。色調の差はほとんどみられなかった。

Fig. 17 に補助包材を用いた輸送試験でのハウレンソウの品温変化を示した。6時間の予冷で品温は30℃から5℃に低下した。その後配送センターに送られた時点で品温は17～20℃になり、そこでの冷蔵で一時品温は12～14℃に下がるものの店頭に出されるまでに配送等での品温上昇があり、Fig. 16 と同型の品温変化がみられた。店頭では20～23℃の品温であった。

補助包材の比較では発泡スチロールシート区は最も品温の変化が遅く、温度の変動幅が小さかった。逆に慣行の新聞紙1枚区は温度の変化が早く、その変動幅も大きかった。新聞紙2枚区は前2区の間間的な数値であった。

Table 37 に補助包材がハウレンソウの品質に及ぼす影響を示した。外観鮮度は発泡スチロール区と新聞紙2枚区が現行の新聞紙1枚区よりも鮮度評価は高かった。ビタミンC含量は発泡スチロールシート区が若干多い傾向にあった。重量変化および色調ではほとんど差がみられなかった。

フィルム包材の比較ではOPP微細孔フィルムは重量減がほとんど無かったが、慣行フィルムの小窓形態では若干重量減がみられた。しかし、外観鮮度の評価ではほとんど差がみられなかった。

考 察

現行のフィルムでの開放形態から、小窓および密封形態にすることで高鮮度期間が伸びることが明らかになった。フィルム包材としてはOPP微細孔フィルムが室温放置後も比較的高い鮮度を保ったが、慣行フィルムを小窓または密封形態に保つことでほぼ同等の鮮度が保てた。

フィルム内の二酸化炭素濃度は収穫3日後に比べて7日後では低下していた。この現象は Table 35 で示したようにハウレンソウの呼吸量が3日後に比べて7日後で少なくなることと一致する。小窓形態は底面に約10mmの切れ目が設けてあるにもかか

わらずフィルム内で酸素の減少、二酸化炭素の増加がみられたのは、包装したハウレンソウを詰めることによるフィルムの重なり等で切れ目がかなりふさがれるものと推察される。

慣行フィルムの開放形態での8時間の室温放置で鮮度低下がみられたが、品温上昇による呼吸上昇と蒸散量の増大による「萎れ」により促進されたものと推察される。本試験の結果、低温貯蔵中に8時間の室温放置を行う時期が異なっても品質の差はほとんどみられなかった。低温保持期間が長くなるほどハウレンソウやミツバ等では昇温後の品質保持期間は短くなると報告されている^{67, 105, 183)}。このことから、8時間程度の昇温でその後5℃貯蔵を行う場合には、昇温時期が品質に及ぼす影響は小さいものと考えられる。

慣行フィルムの密封形態での8時間の室内放置でもハウレンソウに蒸れによる品質低下はほとんどみられなかったが、根元が若干黒く変色したのも少し確認された(データ略)。したがって、実際の流通では8時間よりも長い時間呼吸量の高まる温度に置かれると推察されるので、慣行フィルムを用いる場合にはフィルム内での蒸れの問題を避けるため小窓形態の方がより適していると考えられる。

ビタミンC含量は鮮度の成分的指標にされるものであるが、夏季収穫のハウレンソウは他の季節に収穫するものに比べてビタミンC含量は少ない²⁵³⁾。しかし、品温変化の少ないハウレンソウではビタミンCの減少が抑制される傾向が認められた。

ダンボール箱の焼却問題や省エネルギー対策に関連して、通いケースが用いられる場合が今後一層増すと予想されるが、現在使用されているプラスチック製組立通いケースはこれまで使われていたダンボール箱に比べて品温変化が大きく鮮度低下しやすい。したがって何らかの改善が必要となる。

一般にハウレンソウ等の低温障害を生じない青果物は貯蔵温度が低いほど商品性保持期間は長くなる^{37, 69)}。また、貯蔵中に温度変動が生じた場合には変化した最高の温度に強く影響を受け昇温後の品質低下が著しいと緒方¹⁸³⁾や阿部⁵⁾が報告している。本試験における流通過程での実測の温度変動幅は15~18℃であり、かなり大きいものであった。温度変動を少なくするには流通段階全体を通じて冷蔵装置による低温管理を行うことが理想である。しかしながらコスト等の問題があり現状では困難な場合が多い。

現行の組立通いケースの改善策としてケースの底面や側面にある隙間面積を減らすことが考えられる。組立通いケースの改善が困難な場合には、現行の新聞紙を1枚敷くのに加え、上部にもう1枚敷くなどの改善でより高鮮度状態の保持期間を伸ばすことができると推察される。さらに、冷凍機の無い保冷車では断熱シートで被覆するなど品温上昇を防ぐ工夫をすることにより一層鮮度低下を抑制することができると考える。

Table 33 Effects of package method and change of storage temperature on quality in spinach 'Active'

No.	package		keeping time at room temperature*3	fresh score*5				relative weight(%)		note
	film*1	sealig method*2		storage period(days)				3	7	
				3	7	3	7			
①	C-OPP	open	non	4.2	2.5	97.8	95.1		tip drying	
②	C-OPP	open	8 hr. (1st day)*4	2.5	2.0	94.1	89.1		remarkable tip drying	
③	C-OPP	open	8 hr. (2nd day)	2.5	1.5	92.5	86.7		remarkable tip drying	
④	C-OPP	S-W	non	4.4	3.8	99.2	97.1			
⑤	C-OPP	S-W	8 hr. (1st day)	3.5	2.8	98.7	97.4			
⑥	C-OPP	S-W	8 hr. (2nd day)	3.5	3.2	98.6	97.8			
⑦	C-OPP	sealed	non	4.5	3.9	99.0	98.9			
⑧	C-OPP	sealed	8 hr. (1st day)	4.3	3.7	99.3	98.6			
⑨	C-OPP	sealed	8 hr. (2nd day)	4.0	2.5	99.0	98.6		slight root rot	
⑩	M-OPP	sealed	non	4.5	4.0	99.1	98.9			
⑪	M-OPP	sealed	8 hr. (1st day)	4.4	3.6	99.7	98.9			
⑫	M-OPP	sealed	8 hr. (2nd day)	4.3	3.6	99.1	98.9			
⑬	non	-	non	1.8	1.0	83.7	61.2		remarkable drying	

*1 film: C-OPP---custom polypropylene(no-hole-OPP) film (thickness:25 μ m)
M-OPP---microhole-OPP film (thickness:25 μ m)treated with laser beams

*2 sealing method:open---open at the upper part of pack, -
S-W---small windows type

*3 spinach were kept at room temperature for 8 hours after pre-cooling

*4 day after harvest that spinach were kept at room temperature

*5 fresh score: 5: Excellent ~ 1: not edible

Table 34 Effects of package method and change of storage temperature on concentration of O₂ and CO₂ in film packed spinach 'Active'

No.	package		keeping time at room temperature*3	storage period(days)			
	film*1	sealig method*2		3		7	
				O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
①	C-OPP	open	non	20.4	0.0	20.1	0.0
②	C-OPP	open	8 hr. (1st day)*4	19.7	0.0	19.8	0.0
③	C-OPP	open	8 hr. (2nd day)	20.1	0.0	20.0	0.0
④	C-OPP	S-W	non	17.1	2.7	16.5	2.8
⑤	C-OPP	S-W	8 hr. (1st day)	17.9	2.1	19.4	0.8
⑥	C-OPP	S-W	8 hr. (2nd day)	17.6	2.3	18.0	1.3
⑦	C-OPP	sealed	non	11.0	7.4	11.4	5.8
⑧	C-OPP	sealed	8 hr. (1st day)	9.8	8.3	11.4	5.8
⑨	C-OPP	sealed	8 hr. (2nd day)	10.0	5.9	8.3	7.3
⑩	M-OPP	sealed	non	18.7	1.0	19.7	0.3
⑪	M-OPP	sealed	8 hr. (1st day)	18.4	1.8	19.5	0.2
⑫	M-OPP	sealed	8 hr. (2nd day)	18.5	1.6	19.3	0.5
⑬	non	-	non	20.4	0.0	20.3	0.0

*1~*4 same as in Table 33

Table 35 Effect of storage temperature on respiration rate in spinach 'Active'

storage temperature	respiration rate		
	storage period(days)		
	0*	3	7
0°C	20.4	22.6	15.1
5°C	56.3	62.7	38.4
15°C	172.8	161.1	115.4
20°C	264.7	230.4	163.7

* Respiration rates (mg/kg/hr) of '0 day' : measured after 4 hours storage at 0°C, 5°C, 15°C or 20°C

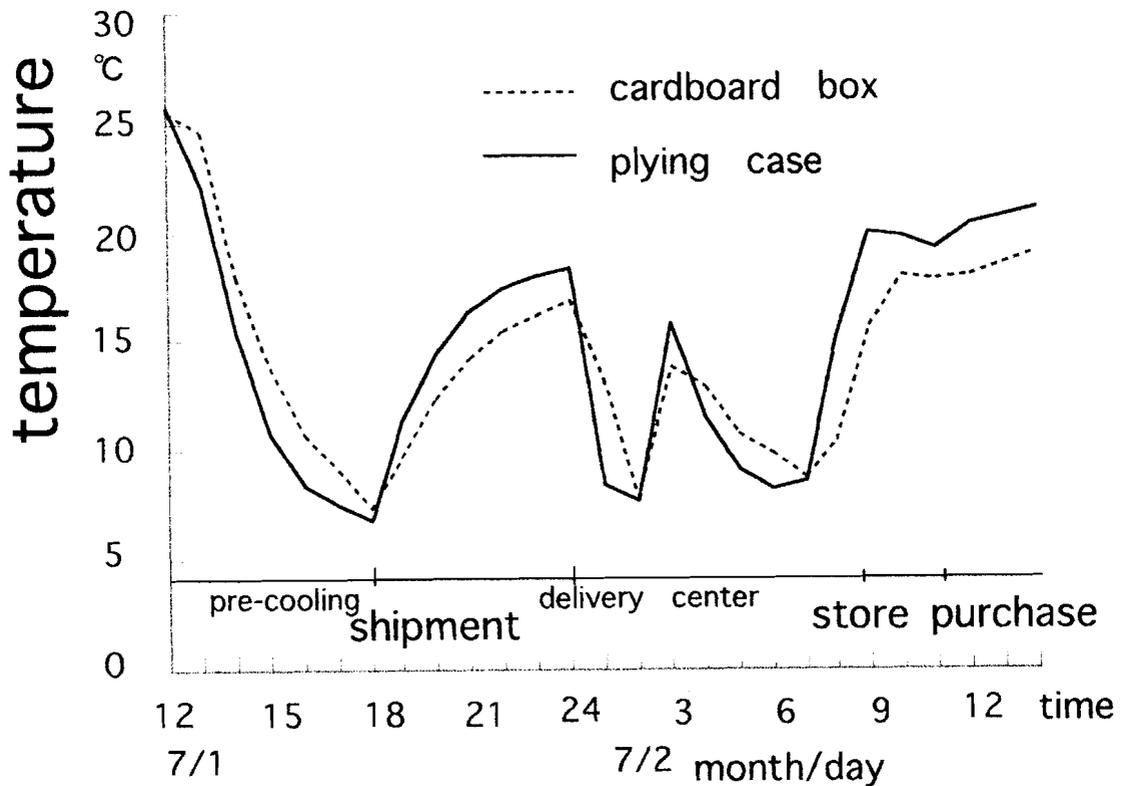


Fig.16 Influences of shipment case on the fluctuation of the temperature of spinach through transporting

Table 36 Effect of shipment case on quality of spinach during transportation

case for shipment	fresh* ¹ score	relative weight(%)	Brix (%)	water (%)	VitaminC (mg/100g)	color value		
						L	a	b
card board box	4.3	99.9	5.1	94.0	27.9	35.4	-9.7	12.6
plying case	3.4	98.6	5.3	93.5	26.5	33.7	-9.1	13.2
0°C storage(control)* ²	4.9	100.0	4.9	94.0	32.8	33.5	-9.0	10.6

*1 fresh score:same as in Table 33

*2 0°C storage for 2 days without transportation

film:custom OPP film , sealing method:small windows type

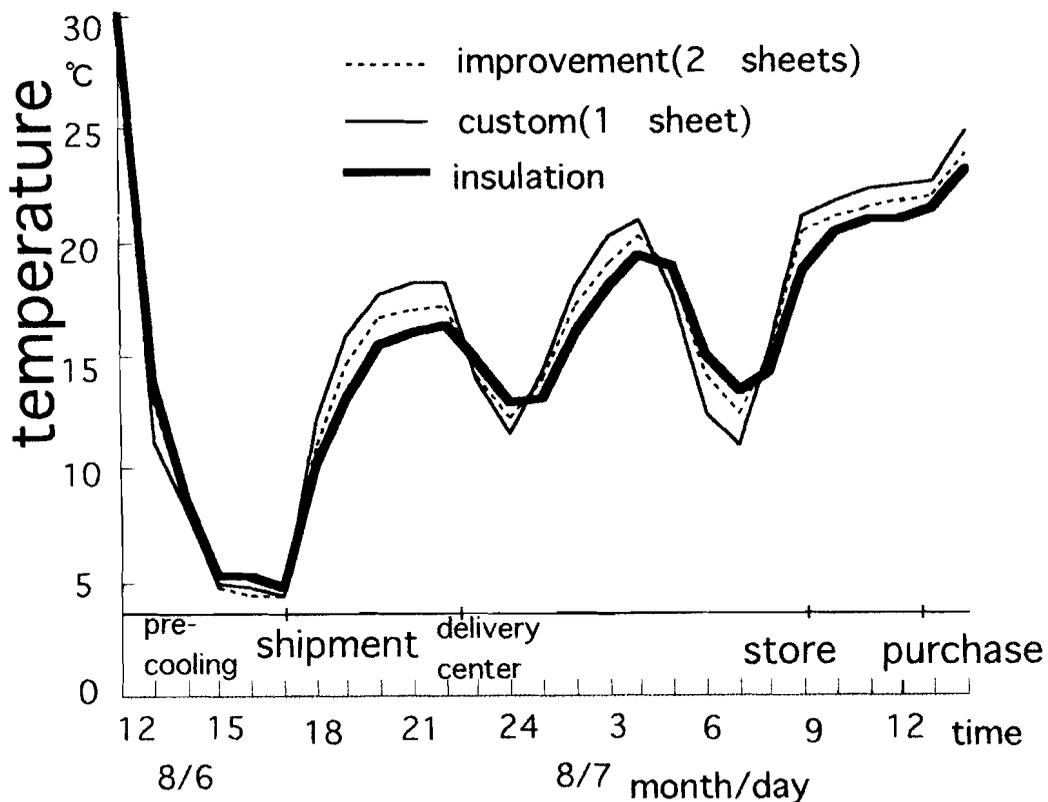


Fig.17 Influences of packing on the fluctuation of the temperature of spinach through transporting

Table 37 Effect of supplementary packing for shipment on quality of spinach during transportation

supplemen- tary packing*1	package		fresh*4 score	relative weight(%)	Brix (%)	water (%)	VitaminC (mg/100g)	color value		
	film*2	sealing*3 method						L	a	b
improvement	C-OPP	S-W	4.5	99.6	5.6	92.4	27.6	32.2	-8.8	10.8
improvement	M-OPP	sealed	4.6	99.9	5.7	92.3	29.5	31.3	-7.5	10.5
custom	C-OPP	S-W	4.2	99.5	5.3	92.4	28.6	34.0	-8.1	11.7
custom	M-OPP	sealed	4.3	100.0	5.2	93.2	27.1	32.6	-7.7	11.3
insulation	C-OPP	S-W	4.6	99.5	5.6	91.5	29.6	34.5	-8.0	11.1
insulation	M-OPP	sealed	4.6	99.9	5.5	92.6	31.2	33.8	-7.9	11.0
(control)	C-OPP	S-W	4.9	100.0	5.5	92.7	39.2	34.9	-8.2	11.8

*1 custom:plying case and a sheet of newspaper, improvement:plying case and 2 sheets of newspaper, insulation:covering with styroform sheet, control--- 0°C storage for 2 days without transportation

*2~*4 same as in Table 33

第6節 摘要

1) ブロッコリーにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果

O₂透過量の異なるフィルムを用いて各種フィルムのブロッコリーにおける鮮度保持効果を検討した。

0℃と5℃の温度条件下ではフィルムの包材による鮮度保持効果の差は小さく、ほぼ全ての包材で0℃では2週間、5℃では1週間高鮮度状態が保てた。

ほぼ全ての包材で10℃の温度条件下で4日間高鮮度状態を保て、比較的O₂透過量の少ない包材では10℃で7日間、20℃で4日間外観鮮度の高い状態に保てた。しかしながら、O₂透過量の少ない包材では異臭が感じられた。

10℃以下の低温流通が確保できれば、O₂透過量4000ml/m²・day・atm (15℃)程度のフィルムの鮮度保持効果が高いが、流通途上で品温が20℃を越える可能性の場合にはO₂透過量10000ml/m²・day・atm以上のフィルムを使用する方が実用的であると考えられた。

2) レタスにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果

O₂透過量の異なるフィルムを用いて各種フィルムのレタスにおける鮮度保持効果を検討した。

0℃と5℃の温度条件下ではハンカチ包装を除けば、フィルムの種類による鮮度保持効果の差は小さいが、O₂透過量の少ないフィルムでの鮮度保持期間が長かった。

10℃の温度条件下でハンカチ包装を除くほぼ全てのフィルムで4日間高鮮度状態を保てた。O₂透過量の少ないフィルムでは10℃で7日間、20℃で4日間高鮮度状態が保たれた。しかしながら、O₂透過量の少ないフィルムでは異臭が感じられた。

10℃以下の低温流通が可能であれば、O₂透過量4,000ml/m²・day・atm (15℃)程度のフィルムの鮮度保持効果が高いが、品温が20℃を越える場合には、O₂透過量が10,000ml/m²・day・atm以上のフィルムを使用する必要がある。レタスの品温が上昇する場合には現行のハンカチ包装では品質低下が懸念されるので、シール包装への改善が必要であると考えられた。

3) キャベツ・カットキャベツにおけるフィルム包装の鮮度保持効果

夏季収穫キャベツの鮮度保持期間について検討した。

夏季高温時収穫のキャベツは5℃の貯蔵温度とフィルム包装 (LDPE30μm) を組み合わせることにより、ホール形態では2週間程度、1/2カット形態でも5~7日間高鮮度を保持することが可能であった。

4) 完熟トマトにおける機能性フィルム包装の鮮度保持効果

O₂透過量の異なるフィルムを用いて各種フィルムの完熟トマトにおける鮮度保持効果を検討した。

5℃の貯蔵条件下では無包装を除きほぼ全ての包材で7日間高鮮度状態に保てた。貯蔵15日後ではかなり鮮度の低下はみられたもののL3、L4、H3、H4の包材では比較的鮮度の高い状態に保てた。貯蔵21日後では供試した全ての包材で販売可能な状態を保つことはできなかった。酸素透過量の多い包材ほど重量減も多い傾向にあった。

20℃の貯蔵条件下では3日後、7日後とも包装したものは無包装に比べて鮮度が優れていた。3日後ではL2、L3、L4、H3、H4の包材で高鮮度状態が保てた。貯蔵7日後ではかなり鮮度低下はみられたもののL3、H2、H3の包材では比較的鮮度の高い状態に保てた。酸素透過量の少ないL4、H4の包材では異臭が感じられた。

5) 包装法の改善による夏季収穫ハウレンソウの鮮度保持効果

流通過程で鮮度低下のみられる夏季収穫ハウレンソウの輸送中の品温変化を測定するとともに、フィルム包装と出荷ケースの改善による実用的な鮮度保持効果を検討した。

呼吸量は貯蔵温度が高いほど多く、収穫7日後では収穫直後の60～70%に減少した。フィルム包装の検討では現行の開放状態から小窓および密封形態にすることで、高鮮度保持期間が延長できた。しかし密封形態では蒸れを起こす可能性があるため、上部シールの小窓形態が実用的なシール法であると考えられる。

出荷ケースの比較ではダンボール箱はプラスチック製組立通いケースに比べて品温の変化が遅く、温度の変動幅が3～4℃少なかった。ハウレンソウの品質は組立通いケースに比べてダンボール箱の方が優れていた。補助包材の比較では発泡スチロールシート区は最も品温の変化が遅く、温度の変動幅が小さかった。逆に現行の新聞紙1枚区は温度の変動が早く、その変動幅も大きかった。新聞紙2枚区は前2区の間隔的な温度変化を示した。ハウレンソウの品質は新聞紙1枚処理に比べて、発泡スチロールシートおよび新聞紙2枚処理のものが優れていた。

現行の組立通いケースを用いる場合、補助包材として新聞紙を2枚用いるか、出荷ケースに断熱シートをかけることにより、鮮度低下を抑制できた。

第3章 青果物における品質保持材の使用による鮮度保持効果

第1節 数種野菜・カット野菜における砕氷の使用による鮮度保持効果

砕氷を利用した簡易鮮度保持技術の実用性を完熟トマト、レタス、ブロッコリー及び数種のカット野菜について検討した。

実験材料および方法

I 試験1. 砕氷利用による野菜の低温流通

1. 実験材料

供試試料はトマト「桃太郎」、レタス「シスコ」、ブロッコリー「緑嶺」の3種とした。

2. 実験方法

鮮度保持試験に用いた発泡スチロール箱の大きさは17.5x18.0x10.0cmで、予冷は砕氷を入れたケースで4時間処理した。鮮度保持試験に用いた氷の量は150g、300g/箱の2レベルで、ポリエチレンパックに詰めて供した。貯蔵温度は完熟トマト、レタスでは24℃、ブロッコリーでは21℃であった。測定項目は品温と外観鮮度とした。試料採取日はトマトが11月14日で、レタスは11月9日、ブロッコリーは11月1日であった。

II 試験2. 砕氷利用によるカット野菜の低温流通

1. 実験材料

供試試料はハクサイ「無双」、キャベツ「おきな」、レタス「シスコ」の3種で、1/2カット形態で用いた。

2. 実験方法

鮮度保持試験に用いた発泡スチロール箱の大きさは試験1と同様で、予冷は砕氷を入れたケースで4時間処理した。鮮度保持試験に用いた氷の量は150g、300g、600g/箱の3レベルで、ポリエチレンパックに詰めたものとばら詰めとの2通りとした。貯蔵温度はハクサイでは20℃、キャベツでは23℃、レタスでは21℃であった。測定項目は品温と外観鮮度とした。試料採取日はハクサイが11月15日で、キャベツは11月29日、レタスは10月31日であった。

実験結果

I 試験1. 砕氷利用による野菜の低温流通

完熟トマト：品温は砕氷300g区で無処理に比べて24時間後で約8℃、48時間後で2

℃程度低かった。外観鮮度は2日後では差があまりなかったが、7日後では300g区は無処理区や発泡スチロール箱のみの区に比べて明らかに鮮度が保っていた(Table 38)。

レタス：品温は300g区で無処理に比べて24時間後で約7℃、48時間後で1℃程度低かった。外観鮮度は2日後で差がみられ、2日後で商品性が保てたのは発泡スチロール箱を使用した区であり、5日後では300g区のみ商品性が保てた(Table 39)。

ブロッコリー：品温は300g区で無処理に比べて24時間後で5℃、36時間後で1℃程度低かった。外観鮮度は2日後で差がみられ、レタスと同様に2日後で商品性が保てたのは発泡スチロール箱を使用した区であり、5日後では砕氷150、300g区においてのみ商品性が保てた(Table 40)。

II 試験2. 砕氷利用によるカット野菜の低温流通

カットハクサイ：品温は袋入り砕氷300g区では無処理に比べて24時間後で約9℃、36時間後で2℃程度低く、袋入り600g区では無処理に比べて24時間後で約16℃、36時間後でも14℃程度低くかった。バラ形態では初期の冷却効果は袋入り形態よりも高いが、18時間以降の品温は高かった。2日後の外観鮮度では砕氷量による差があまりみられなかった。5日後では砕氷量に比例して鮮度評価が高かった。氷の形態ではバラよりも袋入りの方が評価は高くなっており、袋入り600g区では5日後でも高鮮度状態を保つことができた(Table 41)。

カットキャベツ：品温は袋入り300g区では無処理に比べて24時間後で約5℃、36時間後で2℃程度低く、袋入り600g区では無処理に比べて24時間後で約19℃、36時間後で8℃程度低くかった。バラ形態では初期の冷却効果は袋入り形態よりも高いが、12時間以降の品温は逆に高くなった。外観鮮度は2日後において砕氷量が150gの区は300g、600g区に比べて若干劣っていたが、その差は小さかった。5日後では砕氷量に比例して鮮度評価が高く、600g区が最も優れていた。砕氷の形態の比較では、バラ形態の場合は砕氷に直接触れないようにキャベツをフィルム包装したものの鮮度が優れており、砕氷を袋入りにした形態のものと同等の外観鮮度であった。ビタミンCの減少は発泡スチロールと砕氷を組み合わせることにより抑制効果が認められた(Table 42)。

カットレタス：品温は袋入り300g区では無処理に比べて24時間後で約5℃、36時間後で1℃程度低く、袋入り600g区では無処理に比べて24時間後で約12℃、36時間後で3℃程度低くかった。バラ形態はハクサイ、キャベツと同様に、初期の品温は袋入り形態よりも低いですが、12時間以降の品温は逆に高かった。2日後では砕氷により鮮度が保たれており、砕氷の量による差は小さいものの、5日後では砕氷量に比例して鮮度評価が高く、600g区が最も優れていた。砕氷の形態の比較では、バラ形態の場

合は砕氷に直接触れないようにレタスをフィルム包装したものの外観鮮度が優れており、砕氷を袋入りにした形態のものと同等の外観鮮度であった。なお、レタスはキャベツに比べて鮮度低下が若干早かった(Table 38)。

考 察

我が国でこれまで野菜の鮮度保持に砕氷があまり利用されてこなかった理由は解けた水で野菜が濡れることや水によるダンボール箱の強度の低下が懸念されることなどが考えられる。しかしながら、砕氷を袋詰めすることによりそれらの問題を解決することが可能となる。

完熟トマト、レタス、ブロッコリーで砕氷の鮮度保持効果を検討した結果、発泡スチロール箱と砕氷の組み合わせにより、高温条件においても完熟トマトでは5日、レタス、ブロッコリーでは2～3日間従来に比べて長く高鮮度を保つことができると考えられた。

鮮度低下の著しいカット野菜で砕氷の鮮度保持効果を検討した結果、発泡スチロール箱と砕氷を組み合わせることにより、高温条件においてもカットハクサイ、カットキャベツでは5日、カットレタスでは3～4日間高鮮度状態を保つことができた。砕氷の形態としては溶けた水が野菜に直接ふれない形態が良いと思われた。

この輸送技術は新鮮な野菜を高品質な状態で生産者が消費者まで届けることを可能にするので、宅配便などの少量輸送に適している。また、砕氷の水に地元の「銘水」(ミネラル水など)を用いれば一層の付加価値を高めることもできる。なお、野菜の量に対する氷の量を減らすには、より蓄冷効果の大きい高分子ポリマーやデンプン系の吸水剤を凍結して利用することも考えられる。

Table 38 Effect of crushed ice on keeping freshness of full ripe tomato

crushed ice g/case	styrof- orm box	Temperature of tomato (°C)										freshness	
		Time after treatment (hours)										2 days	7 days
		2	6	12	18	24	30	36	42	48	later	later	
0	non	17.6	23.0	23.9	22.6	23.1	23.8	24.0	24.1	24.2	4.0	2.3	
0	use	13.5	19.5	21.8	22.5	22.7	23.0	23.0	23.1	23.2	4.5	3.1	
150	non	10.3	12.3	14.2	18.8	21.1	22.0	22.4	22.6	22.6	4.8	3.5	
300	use	7.6	9.0	10.9	12.0	15.5	19.9	21.4	21.8	22.0	4.8	4.0	
room temperature		24.4	24.3	23.5	23.5	23.6	24.1	24.0	24.2	24.1			

freshness score; 5:Excellent ~1:not edible
 temperature of tomato soon after pre-cooling: 8~10°C
 sample weight:800~850g/case

Table 39 Effect of crushed ice on keeping freshness of lettuce

crushed ice g/case	styrof- orm box	Temperature of lettuce (°C)										freshness	
		Time after treatment (hours)										2 days	5 days
		2	6	12	18	24	30	36	42	48	later	later	
0	non	17.4	21.0	21.0	21.5	22.1	22.0	22.4	22.0	22.4	2.1	1.0	
0	use	17.2	21.7	22.6	23.0	23.7	23.9	24.2	24.1	24.3	3.5	2.0	
150	non	12.7	13.5	13.8	15.6	19.6	21.6	23.2	23.5	24.0	4.1	2.8	
300	use	11.0	12.0	12.5	13.3	15.4	19.2	22.0	22.7	23.3	4.5	3.5	
room temperature		24.5	24.8	24.1	24.0	24.8	23.7	24.0	24.1	24.5			

freshness score; 5:Excellent ~1:not edible
 temperature of lettuce soon after pre-cooling: 10~12°C
 sample weight:500~600g/case

Table 40 Effect of crushed ice on keeping freshness of broccoli

crushed ice g/case	styrof- orm box	Temperature of broccoli (°C)									freshness	
		Time after treatment (hours)									2 days	5 days
		2	6	12	18	24	30	36	42	48	later	later
0	non	18.4	19.9	19.7	19.6	19.8	19.4	19.7	19.3	20.2	2.5	1.5
0	use	17.4	21.5	22.3	21.8	22.0	22.9	22.0	21.5	21.4	3.6	2.3
150	non	9.7	10.5	11.7	16.4	19.3	21.3	21.6	21.5	21.4	4.5	3.0
300	use	6.5	6.2	7.3	8.9	14.8	19.3	20.7	21.1	21.0	4.8	3.3
room temperature		21.5	21.3	20.9	20.6	21.5	20.6	20.5	20.5	20.6		

freshness score; 5:Excellent ~1:not edible
 temperature of broccoli soon after pre-cooling: 8~10°C
 sample weight:550~600g/case

Table 41 Effect of crushed ice on keeping freshness of chinese cabbage cutted(1/2 cut)

C. ice ¹⁾ g/ case	C. ice style	sty. box ²⁾	Temperature of chinese cabbage (°C)							freshness change on			
			Time after treatment (hour)							2 days	5 days	weight	
			2	6	12	18	24	30	36	48	later	later	per day (10 ⁻² %)
0	-	use	19.4	18.9	19.2	19.3	19.5	19.7	20.3	20.5	4.0	2.5	42.8
150	seal ³⁾	use	12.1	12.7	13.6	18.5	20.1	20.3	19.9	20.7	4.8	3.0	13.8
300	seal	use	7.2	6.8	7.1	7.6	8.6	11.5	14.6	18.1	4.8	3.5	10.6
300	unseal ⁴⁾	use	5.3	4.9	6.1	8.8	11.6	14.0	18.6	19.1	4.8	3.2	-42.3
600	seal	use	5.2	4.3	3.9	4.2	4.7	5.3	6.9	12.6	4.8	4.0	8.3
600	unseal	use	3.0	2.3	4.2	5.6	7.8	11.9	14.6	16.0	4.8	3.8	-39.1
0	-	non	19.8	20.6	20.2	21.0	20.8	21.1	21.5	21.3	2.0	1.5	427.6

1) C. ice:crushed ice, 2) sty. box:styrofoam box,
 3) sealed with polyethylene film(thickness 0.03mm), 4)unseal:unsealed
 freshness score; 5:Excellent ~1:not edible
 temperature of chinese cabbage soon after pre-cooling: 8~10°C
 sample weight:600~650g/case ,room temperature:20±1 °C

Table 42 Effect of crushed ice on keeping freshness of cabbage cutted(1/2 cut)

C. ice ¹⁾ g/ case	C. ice style	sty. box ²⁾	Temperature of cabbage (°C)							freshness			ascorbic acid of 5 days later mg/100g d. w.
			Time after treatment (hour)							2 days later	5 days later	of 5 days later	
			2	6	12	18	24	30	36	48			
0	-	use	19.4	21.2	21.4	22.0	22.8	23.2	23.1	23.6	4.5	2.0	453(90.2) ⁵⁾
150	seal ³⁾	use	15.8	14.9	15.3	18.8	21.1	22.2	22.8	23.4	4.6	2.8	473(94.2)
300	seal	use	14.2	12.2	11.6	14.4	18.3	20.3	21.6	23.2	4.8	3.2	454(90.4)
300	unseal ⁴⁾	use	7.1	3.3	2.9	2.7	3.5	8.8	15.7	21.5	4.8	4.0	478(95.2)
600	seal	use	3.0	2.3	4.2	5.6	12.8	17.9	20.6	23.0	4.8	3.8	462(92.0)
600	unseal	use	9.8	8.0	7.2	6.4	8.2	11.4	14.9	21.2	4.8	4.0	485(96.6)
0	-	non	21.0	23.2	23.9	22.6	23.1	23.8	24.0	24.2	2.5	1.5	432(86.1)

1) C. ice:crushed ice, 2) sty. box:styrofoam box,
 3) sealed with polyethylene film(thickness 0.03mm), 4)unseal:unsealed
 5) ():relative value as against ascorbic acid before treatment
 freshness score; 5:Excellent ~1:not edible
 temperature of cabbage soon after pre-cooling: 8~10°C
 sample weight:550~600g/case , room temperature:23±1 °C

Table 43 Effect of crushed ice on keeping freshness of lettuce cutted (1/2 cut)

C. ice ¹⁾ g/ case	C. ice style	sty. box ²⁾	Temperature of lettuce (°C)							freshness		change on weight per day (10 ⁻² %)	
			Time after treatment (hour)							2 days later	5 days later		
			2	6	12	18	24	30	36	48			
0	-	use	17.8	22.5	21.7	21.5	21.6	22.0	20.9	20.0	3.2	2.3	38.5
150	seal ³⁾	use	12.5	14.2	15.6	19.0	20.6	21.5	20.8	20.2	4.3	3.1	11.3
300	seal	use	6.9	6.6	6.1	10.5	16.2	19.0	19.8	20.0	4.3	3.3	8.8
300	unseal ⁴⁾	use	7.6	6.8	6.8	7.5	8.7	11.6	16.0	19.2	4.5	3.7	-47.4
600	seal	use	1.4	1.0	1.1	2.4	12.1	17.2	18.8	19.3	4.5	3.4	7.2
600	unseal	use	9.1	7.2	7.0	7.0	9.1	12.2	13.5	18.8	4.5	3.7	-45.2
0	-	non	20.2	21.2	21.9	21.6	21.1	21.8	20.6	21.0	2.0	1.0	583.6

1) C. ice:crushed ice, 2) sty. box:styrofoam box,
 3) sealed with polyethylene film(thickness 0.03mm), 4)unseal:unsealed
 freshness score; 5:Excellent ~1:not edible
 temperature of lettuce cabbage soon after pre-cooling: 8~10°C
 sample weight:450~550g/case , room temperature:21±1 °C

第2節 完熟トマトにおけるエチレン吸着剤の使用による鮮度保持効果

エチレン吸着材（活性炭）が収穫後の完熟トマトの品質に及ぼす影響を検討する。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供した完熟トマトは兵庫県立中央農業技術センター（1990年加西市）で栽培したものを用いた。1990年は6月22日に収穫した試料を用いた。

栽培品種は‘ファーストカスタム502’を用いた。トマトの重量は200～240gのものを用いた。トマトの着色度としては10%、40%、60%、完全着色の4段階の試料を用いた。

2. 実験方法

エチレン吸着材としては、活性炭（三栄化工製）を用い、トマト500g当たり50g区、100g区と無処理区の3区を設けた。貯蔵温度は5℃と15℃の2通りとした。

調査項目は果実重、色調（L値、a値）、糖度、滴定酸、アスコルビン酸含量とした。アスコルビン酸はヒドラジン比色法で測定し、色調は色差計（日本電色Z-1001DP）で測定した。

実験結果

エチレン吸着剤が完熟トマトの成熟に及ぼす影響をTable 44に示した。収穫直後と処理5日後を比較すると5℃貯蔵では色調、糖度、糖度／酸比、アスコルビン酸含量ともに変化量は小さかった。

15℃貯蔵では、着色程度10、40%のトマトの色調の変化は活性炭処理区で少なかった。活性炭の量では50g区よりも100g区で色調の変化は少なくなる傾向にあった。酸やアスコルビン酸含量の減少も若干抑制される傾向にあった。着色程度60%以上のトマトでは活性炭処理区での色調変化の抑制効果は小さくなり、ほとんどなかった。完熟トマトでは活性炭による酸やアスコルビン酸含量の減少抑制はみられなかった。

考 察

5℃貯蔵では色調及び内容成分の変化は少なく、低温によるトマトの品質保持効果の高いことがわかる。

15℃貯蔵では活性炭がないと色調や内容成分の変化がみられ、品質低下を生じる

が、着色程度10%、40%のトマトでは活性炭でかなり色調や内容成分の変化を抑制できると考えられる。しかしながら、着色程度60%以上の果実ではそれらの変化を抑制する効果は小さかった。したがって、着色割合がほぼ100%の完熟トマトでは活性炭による鮮度保持は困難であると考えられる。

Table 44 Effect of C₂H₄ absorbent on ripening of tomato 'Momotaro' at 5 °C and 20 °C storage

color- ing %	active carbon g	temperature of storage	after storage during 5 days					
			fruit weight %	change on color*		Brix	Brix/ acid ratio	total vitamin C** %
				L	a			
10	non	5 °C	99.8	-0.2	-1.5	4.7	9.4	99
10	non	15 °C	98.7	-12.1	33.2	4.7	11.8	75
10	50	15 °C	99.2	-3.2	7.2	4.9	10.8	81
10	100	15 °C	99.4	-0.8	3.1	4.8	10.3	87
40	non	5 °C	99.9	2.6	-3.3	4.9	10.6	97
40	non	15 °C	98.6	-10.3	23.2	4.9	12.3	64
40	50	15 °C	98.9	-2.1	6.3	5.1	12.0	76
40	100	15 °C	99.6	1.0	4.5	5.2	11.2	81
60	non	5 °C	99.9	0.8	-2.5	5.0	11.2	95
60	non	15 °C	98.5	-10.5	23.0	4.8	12.8	74
60	50	15 °C	98.9	-8.2	14.6	4.8	12.2	63
60	100	15 °C	99.3	-7.5	12.5	5.3	12.6	74
full-ripe	non	5 °C	99.9	-0.5	-1.3	5.0	10.8	93
full-ripe	non	15 °C	98.2	-8.2	12.5	4.8	12.3	70
full-ripe	50	15 °C	98.9	-9.0	13.1	4.8	11.8	71
full-ripe	100	15 °C	98.7	-8.0	12.3	4.8	12.3	76

* change on color; L(brightness): L_2-L_1 , a(red value): a_2-a_1

L_1, a_1 ; before storage, L_2, a_2 ; after storage

** relative value as against total Vitamin C at harvest

第3節 完熟トマトの耐振動性と緩衝材の使用による品質保持効果

良食味志向の中でトマトも1982年頃より完熟出荷が急速に普及し、今日では、完熟流通が一般化してきた。そのことがトマトの味をかなり向上させ、消費の維持拡大にも大きく貢献しているものと考えられる。

しかし一方、トマトの流通は、以前とほぼ同様の方法でされている。以前のような青いトマトでは、ほとんど問題にならなかったことであるが、完熟トマト故に流通段階において、物理的損傷や裂果などが発生し、品質上問題になっている¹²¹⁾。

同様に、「味」・「栄養価」などの点で優れた特性を有しているために、近年消費が著しく伸びているミニトマトに関しては、一般に専用のパックにつめて輸送されている。ところが、流通段階においてパック内で裂果やかびが発生することがあり大きな問題となっている。したがって、消費者に高品質な完熟トマト・ミニトマトを安定供給するには収穫後の流通技術についても十分検討する必要がある。特に完熟状態の青果物では輸送中の振動による品質低下が著しいと考えられるが、完熟トマト・ミニトマトでの報告はほとんどない。そこで、完熟トマト・ミニトマトの耐振動性やパッケージ方法による品質低下防止効果について検討した。

実験材料および方法

I 試験 1 振動条件が完熟トマトの振動に及ぼす影響

1. 実験材料

品種は桃太郎で完熟果を供試した。耕種概要は1988年7月5日に播種し、8月10日に定植した。翌年1月31日に収穫し、2月1日に振動試験に用いた。

2. 実験方法

使用した振動試験機はIMV製振動試験機で、振動に関係の深い加速度(G)・周波数(Hz)並びに振動方向(上下、水平)を変えることが可能な装置である。

各振動方向における加速度と周波数がトマト果実に及ぼす影響を解明するために、最初は加速度を一定にして周波数を5Hzから順次上げた。次に周波数を固定して加速度を順次上げていき果実の振動状況を調査した。なお、完熟トマトは42.5cm×31.0cm×8.0cmのトマト出荷用ダンボール箱に着色度約100%で、果実重200~220gの秀品を20果/箱つめて振動試験に供試した。実際の流通状況に合わせるために、箱づめなどの収穫後の調整作業はすべて生産農家に依頼した。

II 試験 2 振動が完熟トマト・ミニトマトの品質に及ぼす影響

1. 実験材料

試験に供したトマトの品種は、完熟トマトの試験では桃太郎、近成玉光を、ミニトマトの試験では果実重が20~22gで赤色系統のミニキャロルを用いた。耕種概要、

試料採取日及び振動試験実施日は試験1と同様であった。

2. 実験方法

パッケージ法については、完熟トマトではダンボール箱底へ厚さ4mmの発泡スチロール製緩衝ネットを敷いた「シート区」と厚さ3mmの発泡スチロール製緩衝ネットによる「個別包装区」を設定した。なお、対照区は従来通りダンボール箱にトマトのみをつめて振動を与えないものとした。供試した完熟トマトは試験1と同規格のものであり、果実数/箱も個別包装区以外は試験1と同様であった。個別包装区は16果/箱づめとした。

ミニトマトではダンボール箱底に緩衝ネットを施した区と施さない区、塩ビパックに詰めてダンボール箱に入れた区とバラ詰めした区を設定した。

振動設定条件はJIS規格¹⁶⁾で1000km未満のトラック輸送試験に採用される条件設定すなわち、加速度0.75G、周波数5~50Hz、掃引時間5分、振動時間20分とした(Fig. 18)。なお、振動方向は上下と水平の2方向について検討した。振動の果実への影響調査は振動試験実施5日後の2月6日に行った。5日間室内で貯蔵したが、その間の平均最高室温は17.4℃で、平均最低室温は-0.3℃であった。

調査項目については果実の底部・側部の物理的損傷、果実の軟化、がく部のしおれ程度、裂果・かびの発生割合を調査した。

実験結果

I 試験1 振動条件が完熟トマトの振動に及ぼす影響

Fig. 19に示すように、上下振動において周波数を一定にして加速度を順次変えた場合には、加速度0.5Gで周波数10~18Hz程度の間でトマト果実が少し振動する程度であった。しかし、加速度1.0Gでは周波数5Hz程度から振動が始まり、7Hzでは果実が回転し始め10Hz程度で激しく回転し踊りだした。それ以上の周波数では回転並びに振動がしだいに治まり、25Hzでは若干振動する程度であった。

次に、周波数を10Hzに固定して加速度を変えた場合には、加速度0.45Gで振動が始まり、1.0G程度で激しく飛び上がりだした。さらに1.5Gではバレーボールのように跳ね上がり、数秒後果実は破裂した。

Fig. 20は水平方向の振動条件が果実の振動に及ぼす影響を調べたものである。水平振動においては加速度0.5Gの場合、周波数11Hzからトマト果実の振動が始まり、14Hz程度で少し回転した。加速度が同じ0.5Gであっても水平振動の場合は上下振動に比べて果実の振動程度は大きかった。加速度1.0Gの場合は5Hzで激しく振動し、10Hz程度で果実の振動が弱まった。水平振動では上下振動に比べてより低い周波数で果実が激しく振動した。

次に、周波数を5Hzに固定して加速度を変えた場合には0.7Gで振動が始まり、0.8

Gで激しく踊りだし、1.2Gでは果実が破裂した。水平振動の場合には上下振動に比べてより低い加速度でも果実の振動は激しかった。

II 試験 2 振動が完熟トマト・ミニトマトの品質に及ぼす影響

(イ)完熟トマト

Fig. 21, 22は振動が完熟トマト果実の物理的損傷に及ぼす影響について調査した結果である。がく部周辺の果実底部の物理的損傷については、本試験での振動設定条件において90%以上の果実に何らかの物理的損傷が認められた。なお、底部の損傷は両振動方向とも無シート区でのみ強く認められた。側部の物理的損傷については、両振動方向とも無シート区で強く認められたが、シート区においても無振動の対照区に比べて損傷程度が比較的高かった。個別包装の損傷程度は振動を与えない対照区とほぼ同程度であった。品種の比較では、桃太郎の方が近成玉光に比べて若干損傷程度が低い傾向にあった。

Fig. 23に示すように、果実の軟化は振動により高まったが、無シート区で特に高くなり、個別包装では対照区と同程度であった。品種では近成玉光は桃太郎に比べて振動により軟化が進む傾向にあった。

鮮度の指標になるがく部のしおれについてはFig. 24に示すように、振動によりしおれ程度は進む傾向にあった。しかしながら、完熟トマトの個別包装区では、しおれ程度が抑制される傾向にあった。

(ロ)ミニトマト

Table 45に振動がミニトマト果実の品質に及ぼす影響を示した。ミニトマトでは1~2%の果実側面に物理的損傷が認められた。これは(イ)の試験での完熟トマトに比べるとかなり低い割合であった。なお、物理的損傷の発生割合は振動方向並びにネット、パックの有無による一定の傾向は認められなかった。

かびの発生については、パック包装を行うことにより発生割合は増加した。しかも、その発生割合は振動を与えることにより増加する傾向にあった。

裂果の発生については、振動により2~3%の果実に裂果がみられた。振動の方向、パックの有無による一定の傾向は認められなかったが、箱底へネットを敷くことにより裂果の発生が若干減少する傾向にあった。

がく部のしおれについては、パック包装により抑制されたが、箱底へのネット使用でも若干抑制される傾向にあった。

考 察

中村ら¹⁶¹⁾の輸送中に生じる振動調査の結果によると、高速道路走行においては加速度1G以下の振動がほとんどであったが、短時間ではあるが2~3Gの振動も記録されている。さらに、トラックの位置では、上段の後部で2G以上の振動が他

の位置に比べて極端に多くなり、最大値は5 Gが記録されたと報告されている。同報告での周波数は不明であるが、本試験の振動状況から判断して、高速道路走行において輸送中のトマト果実がかなり振動しているものと考えられた。

完熟トマトでは底部の物理的損傷を箱底へのネット処理でも防ぐことが可能であるが、側部に関しては個別包装の方がより効果的であった。果実の軟化やがく部のしおれについても個別包装で最も抑制される傾向にあった。なお、品種の比較では桃太郎の方が近成玉光に比べて耐振動性が高いと考えられた。

ミニトマトでは完熟トマトに比べて物理的損傷は少なかったが、裂果は若干発生した。ミニトマトで物理的損傷の少なかった理由としては、果実の重さの割に果皮が硬い¹²¹⁾ためと考えられる。パック包装により、がく部のしおれは抑えられたが、かびの発生が多くなる傾向を認めた。箱底へのネット使用は裂果、がくのしおれを抑える点で若干の効果が認められた。

このように、完熟トマト、ミニトマトでは振動により外観上の品質低下が認められる。その中の物理的損傷は振動・摩擦などの衝撃によって生じるが、果実の軟化やがくのしおれなどはそれらの機械的な刺激によってエチレン生成や呼吸が増大し、このことが異常代謝を誘発し、生理障害を起こしやすい状態になるため¹⁸⁵⁾と考えられる。

これまでは完熟トマトでの多少の物理的損傷やミニトマトでの若干の裂果などはやむをえないものと考えられてきた。しかし、本試験の結果で得られたように包装資材の改善により、品質低下を防ぐ効果が認められる。しかも、資材投入に要する経費以上の品質保証などの経済メリットが得れるものと推察される。したがって、今後パッケージ方法などの早急な輸送技術の改善が必要である。

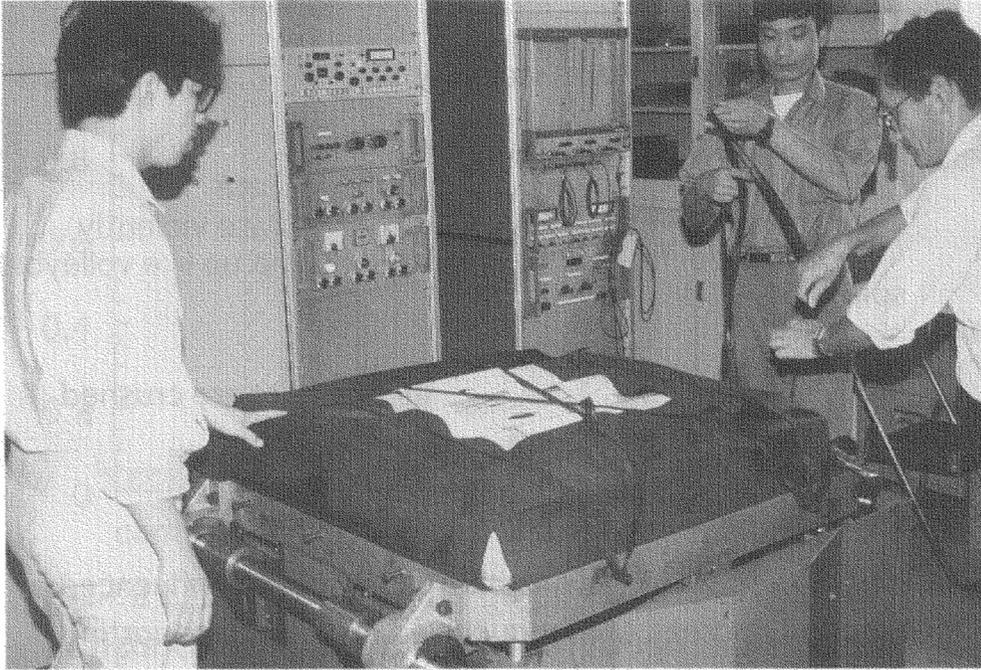


Fig.18 The state of vibration test

Influences of frequencies at an acceleration degree of 0.5G and 1.0G at a frequency of 10 hertz

0.5G		1.0G		10Hz	
	Hz		G		
vibrate a little	5	vibrate a little	0.45	vibrate	
	7	spin			
	9	spin violently			
	10				
stop to vibrate	12	spin slowly	0.9	spring	
	14		1.0	spring violently	
	20	vibrate only	1.2	jump up violently	
	25	vibrate a little	1.5	jump up like volleyball	

Fig.19 State of vibration of tomatoes which are influenced by acceleration degrees and frequencies through transporting simulation(vertical shaking)

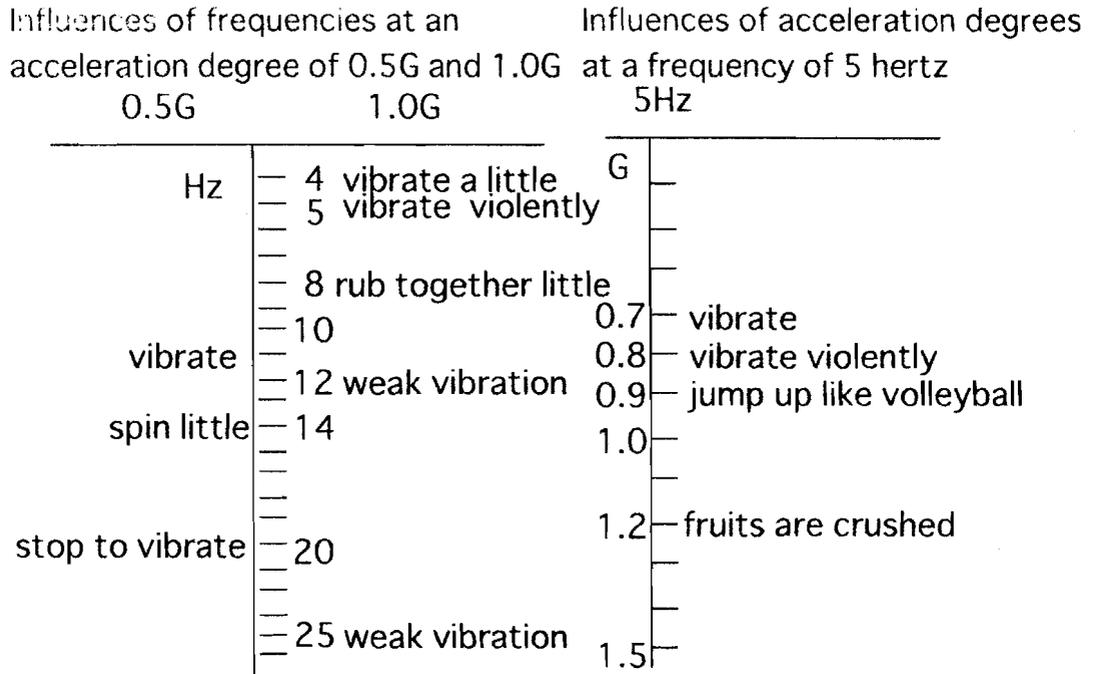


Fig.20 State of vibration of tomatoes which are influenced by acceleration degrees and frequencies through transporting simulation(horizontal shaking)

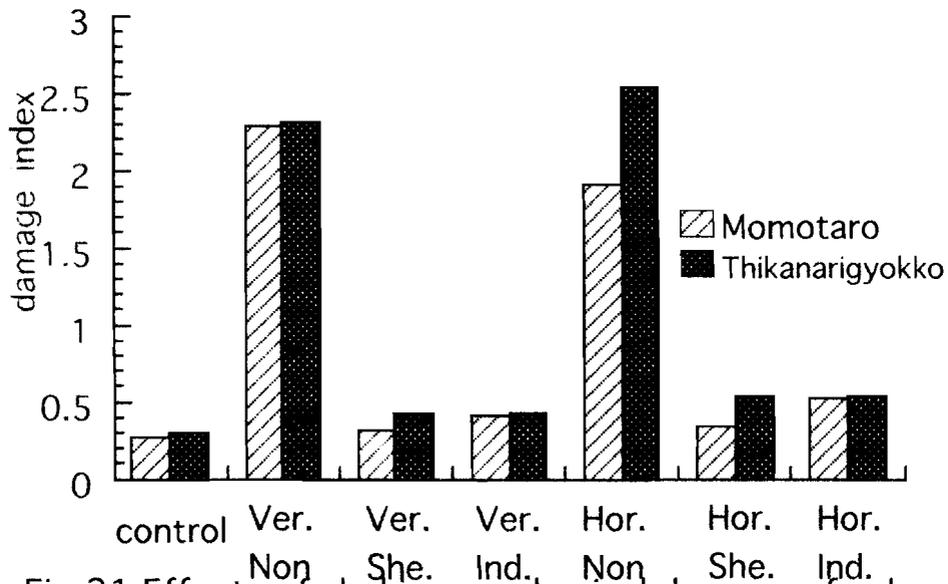


Fig.21 Effects of shaking on physical damage of calyx of tomato through transporting simulation

The condition of test ; acceleration degree--- 0.75G,frequencies---from 5 to 50Hz, rotation time---5 minutes, shaking time---20 minutes
 Ver.; Vertical shaking Hor.;Horizontal shaking
 She.;Sheet of styrene Ind.; packed individually
 Non; Cardboard box only
 Physical damage index; 0-- undamaged~3--remarkable

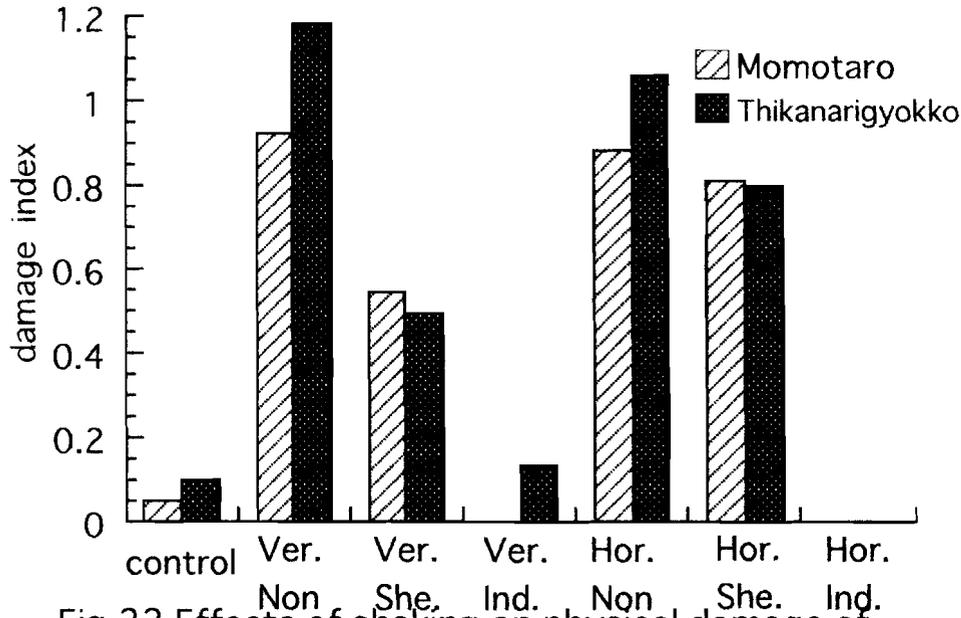


Fig.22 Effects of shaking on physical damage of horizontal section of tomato through transporting simulation

The condition of test and so on same as in Fig.21

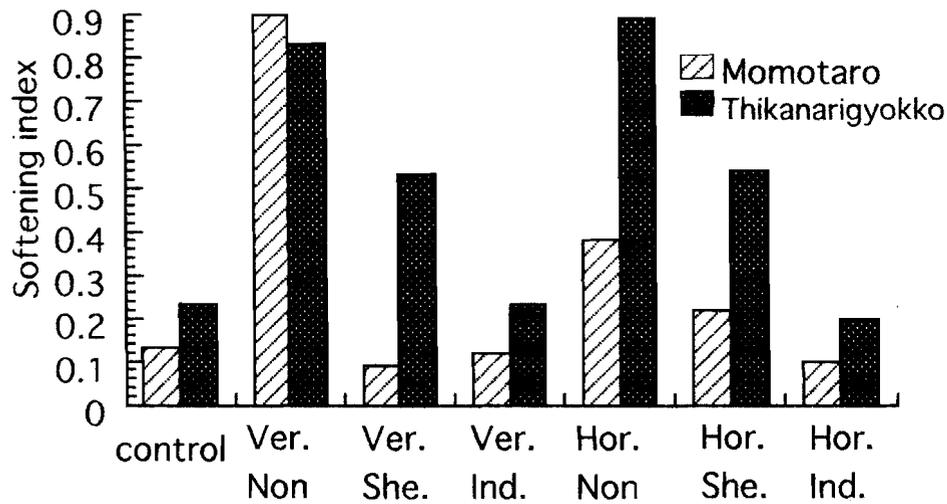


Fig.23 Effects of shaking on softening of tomato through transporting simulation

The condition of test ; acceleration degree--- 0.75G,frequencies---from

5 to 50Hz, rotation time---5 minutes, shaking time---20 minutes

Ver.; Vertical shaking Hor.;Horizontal shaking

She.;Sheet of styrene Ind.; packed individually

Non; Cardboard box only

Index of fruit softening; 0-- hard~2--very soft

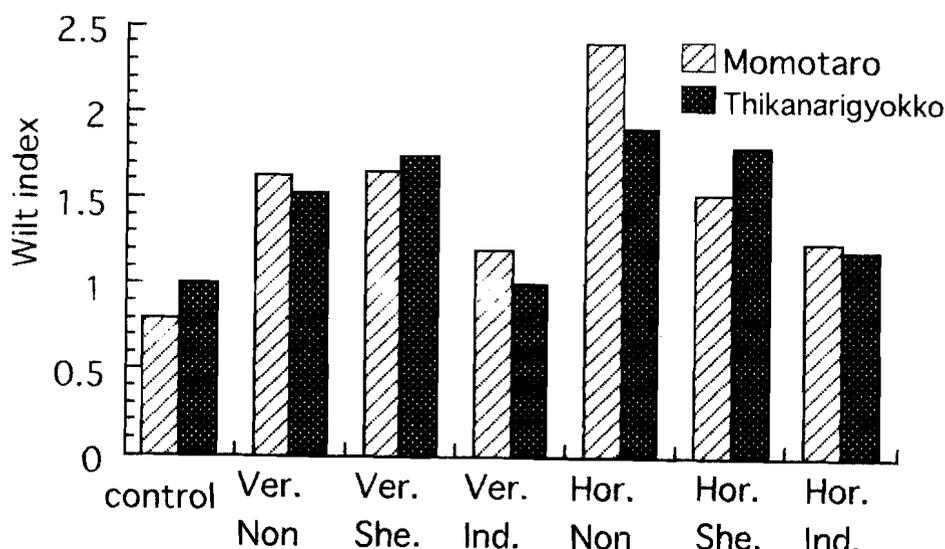


Fig.24 Effects of shaking on wilt of calyx of tomato through transporting simulation

The condition of test ; acceleration degree--- 0.75G,frequencies---from 5 to 50Hz, rotation time---5 minutes, shaking time---20 minutes

Ver.; Vertical shaking Hor.;Horizontal shaking

She.;Sheet of styrene Ind.; packed individually

Non; Cardboard box only

Index of wilt; 0-- unwilt~3--wilt remarkably

Table 45 Effect of shaking on quality of cherry tomato through transporting simulation

direction of shaking	Styrene form	packing net	Physical damage of side %	Mold %	Fruit cracking %	wilt of calyx		
						wilt little %	wilt %	wilt pretty %
no-shaking	use	use	0.0	0.6	0.0	94.2	5.8	0.0
vertical	non	non	1.2	1.0	2.0	2.6	40.2	57.2
vertical	non	use	0.0	2.5	2.6	88.3	16.7	0.0
vertical	use	non	0.0	0.0	1.5	5.4	67.3	27.3
vertical	use	use	1.0	0.9	1.9	88.2	11.8	0.0
horizontal	non	non	1.2	0.0	3.0	4.8	49.7	45.5
horizontal	non	use	0.0	1.7	2.4	65.5	34.5	0.0
horizontal	use	non	1.6	0.6	1.8	13.2	53.6	33.2
horizontal	use	use	1.8	1.8	1.6	63.2	36.8	0.0

variety: 'Minicarol' , sample number:120~160/treatment

The shaking test by transporting simulation was done soon after harvest.

The condition of test:acceleration degree---0.75G,frequencies---from 5 to 50Hz , rotation time---5 minutes,shaking time---20 minutes

第4節 無核ピオーネの振動特性と脱粒防止法の確立

食生活の高品質指向の中でブドウにおいても大粒系が好まれる傾向にあり、無核のピオーネブドウ（以下ピオーネ）の需要は伸びている。しかし、現在普及しているジベレリン処理による無核化栽培では集出荷、輸送中の振動で脱粒が生じ易く、商品性の低下が大きな問題となっている。無核のピオーネを生産するには2回のジベレリン処理が必要である^{25, 237)}が、寺岸²³⁷⁾は2回目の果粒肥大のためのジベレリン処理で脱粒が生じ易くなると報告している。また、脱粒抑制効果のみられるものとしてベンジルアデニンやエチレン吸収剤²²⁰⁾並びにKT-30液剤（合成サイトカニン）^{220, 238)}等が報告されている。しかし、これらの報告は収穫直後や収穫後一定条件に放置した後に脱粒調査を行ったもので、宅配便等流通段階の振動に起因する脱粒を防止するための報告はほとんどない。

そこで、ピオーネの房の振動特性を明らかにするために振動試験機を用いて、果粒の振動状況と周波数並びに加速度との関係を調査した。さらに、輸送中の振動での脱粒を防ぐための植物成長調節剤（KT-30液剤）と緩衝材利用による防止効果を検討した。

実験材料および方法

I 試験 1 振動条件がピオーネの振動に及ぼす影響

1. 実験材料

振動試験に供したピオーネは1992年8月24日に収穫したものをを用いた。なお、試験1～3に供したブドウは無核にするために、6月4～8日（満開時）にジベレリン10 ppm、6月18日（満開10～14日後）にジベレリン25ppmの花（果）房の浸漬処理を行った。

2. 実験方法

使用した振動試験機はIMV製振動試験機で、振動に関係の深い加速度（G）・周波数（Hz）並びに振動方向（上下、水平）を変えることが可能な装置である（Fig. 25）。

各振動方向における加速度と周波数がピオーネの房に及ぼす影響を解明するために、最初は加速度を一定にして周波数を5 Hzから50Hzまで順次上げた。次に周波数を固定して加速度を順次0 Gから上げていき果実の振動状況を調査した。なお、ピオーネは27.5cm X 18.0cm X 10.0cmの宅配用出荷ダンボール箱に房重500～600 gの秀品を3果房／箱、少しの振動では房が動かない程度につめて振動試験に供した。

II 試験 2 振動がピオーネの脱粒に及ぼす影響

1. 実験材料

試験に供したピオーネは8月24日に収穫した少し未熟なもの、9月3日に収穫した適熟のもの、9月16日に収穫した少し過熟ぎみのものの3種類を用い、収穫当日に振動を与えた。

供試したピオーネは試験1と同規格のものであり、果房数/箱も試験1と同様であった。

2. 実験方法

振動設定条件はJ I S規格^{16,8)}で走行距離が1000km未満のトラック輸送試験に採用される条件設定すなわち、加速度0.75G、周波数5~50Hz、掃引時間5分、振動時間20分とした。なお、振動方向は上下と水平の2方向について検討した。脱粒調査は振動試験実施直後と2日後の2回行い、1房ずつ袋を外して脱粒数を調査した。果実の色調、糖度、滴定酸、果粒の引っ張り強度の測定は振動試験実施直後に行った。2日間室内で貯蔵したが、その間の平均最高室温は29.4℃で、平均最低室温は16.8℃であり、3回の収穫時期の違いによる温度差はほとんどなかった。

果粒の色調は赤道面を色差計(日本電色製Z-1001D)で測定し、滴定酸はホモジナイズした試料10gを100mlに定容し4時間抽出した後、抽出液50mlをN/10水酸化ナトリウムで中和滴定し、酒石酸換算値で示した。果粒の引っ張り強度はばね秤を改造して考案した装置を用いて果粒の鉛直方向への離脱強度を測定した。

Ⅲ 試験3 KT-30液剤と緩衝材によるピオーネの脱粒防止効果

1. 実験方法

KT-30液剤は1992年7月24日に果房に噴霧した。濃度は5ppmと20ppmの2段階とした。緩衝材は厚さ4mmの発泡スチロール製ネットを用い、ダンボール箱の底と側面に敷いた。

供試したピオーネの収穫時期、振動条件、調査項目は試験2と同様であった。ただし、振動方向については水平方向でのみ検討した。

実験結果

I 試験1 振動条件がピオーネの振動に及ぼす影響

Fig. 26に上下振動におけるブドウ果実の振動状況と加速度及び周波数との関係を示した。上下振動において加速度を1.0Gに固定して周波数を順次変えた場合には、5Hzで果粒が微振動し、9~11Hzで房が激しく振動した。周波数を10Hzに固定し、加速度を順次高めた場合には、0.2Gの加速度で果粒が微振動し、0.6Gで果粒が激しく振動し、1.0Gになると房全体が大きく激しく振動した。さらに、1.4Gでは振動中に脱粒が発生し、1.6Gではボールのように跳ね上がった。

Fig. 27に水平振動におけるブドウ果実の振動状況と加速度及び周波数との関係を示した。上下振動に比べて水平振動ではより低い周波数で激しく振動し、果粒が擦

れ合うため、周波数を上下振動に比べて少し低い7Hzに固定して、加速度を順次高めていった。その結果、1.2Gの加速度で振動中に脱粒が発生した。

II 試験 2 振動がピオーネの脱粒に及ぼす影響

Table 46は輸送中の振動がピオーネの脱粒に及ぼす影響を調べた結果である。振動を加えることにより脱粒は生じたが、収穫時期が遅いほど脱粒数が増える傾向にあった。8月24日収穫のやや未熟なピオーネでは振動直後の調査で脱粒はみられなかった。しかし、振動後2日間室内で放置した後の調査では、脱粒が認められた。他の収穫日のピオーネでも振動2日後に脱粒数の増加が認められた。振動方向に関しては上下振動よりも水平振動で脱粒が多く発生した。

脱粒と関係が深いと考えられるブドウ果粒の鉛直方向への引っ張り強度は8月24日収穫のものが最も高く、収穫時期が遅いほど引っ張り強度は低下する傾向がみられた(Table 47)。

色調は収穫が遅れるほどL値(明度)、a値(赤色度)が低下する傾向にあった(Table 47)。

食味と関係が深いと考えられる糖度、滴定酸量については収穫時期によって異なり、糖度は収穫時期が遅いほど高かった。一方、滴定酸量は逆に収穫時期が遅いほど減少し、糖度/滴定酸比は収穫時期が遅いほど高かった(Table 47)。

III 試験 3 KT-30液剤と緩衝材によるピオーネの脱粒防止効果

振動による脱粒は収穫時期が遅れるほど多く発生するが、Table 48に示すようにKT-30液剤噴霧処理により振動直後の脱粒はみられなくなった。振動2日後の脱粒はKT-30液剤処理を行っても若干認められたが、その数は無処理の1/2以下になった。なお、濃度については5ppmに比べて20ppmの方が脱粒数は少なかった。

緩衝材(発泡スチロール製ネット)を用いることで、JIS規格の振動条件による振動直後及び振動2日後の脱粒は緩衝材が無い区に比べて1/2以下に減少した(Table 48)。

果粒の引っ張り強度は9月3日、9月16日収穫のものがKT-30液剤処理とともに高くなっていった。濃度では5ppmに比べて20ppmで引っ張り強度が高かった(Table 49)。

色調はKT-30液剤の濃度が高いほどL値、a値が高い傾向にあった(Table 49)。

糖度、糖度/滴定酸比はKT-30液剤の濃度が高いほど低下する傾向にあった(Table 49)。

考 察

上下振動と水平振動における振動条件と果実の振動状況の関係について調査したが、JIS規格で定められている1,000Km未満のトラック輸送試験に採用されている振動条件内でブドウの房並びに果粒が激しく振動することが確認できた。中村ら¹⁶¹⁾

の輸送中に生じる振動調査の結果によると、高速道路走行においては加速度1 G以下の振動がほとんどであったが、短時間ではあるが2～3 Gの振動も記録されている。さらに、トラックの積載位置では、上段の後部で2 G以上の振動が他の積載位置に比べて極端に多くなり、最大値は5 Gが記録されたと報告されている。同報告での周波数は不明であるが、本試験の振動状況から判断して、高速道路走行において輸送中のブドウ果実はかなり振動しているものと考えられた。

輸送中に生じる脱粒は振動・摩擦などの物理的衝撃によって生じ、輸送後の脱粒はそれらの機械的な刺激によって呼吸が増大し^{160, 166)}、結果として果粒がはずれやすい状態になるものと考えられる。なお、振動の大きさと呼吸量の関連を調査したところ、振動(G)が大きいほど、その後の呼吸量が高まった。また、エチレンについては振動24時間後でもほとんど検知できなかった(未発表)ので、振動後に生じる脱粒へのエチレンの影響は小さいものと考えられた。

振動による脱粒が収穫時期が遅いほど増加しているのは、熟度が進むにつれて、果梗の離層の形成が進んでいるものと推察される。また、鉛直方向への果粒の引っ張り強度の比較でも収穫時期が遅いほど低下しており、離層の形成が進んでいることを裏付けている。

KT-30液剤処理で脱粒が軽減されることは田辺ら²²⁰⁾により報告されているが、50～100ppmの濃度で試験されており、本試験の結果、5ppmの低濃度でも脱粒防止効果があることが認められた。そのことは引っ張り強度が5ppmの濃度でも高まっていることから、5ppmの処理で果粒そのものが離脱しにくくなっていることが理解できる。確かに、KT-30液剤処理の濃度が高いと、より一層果粒の離脱は生じにくくなっているが、濃度が高いと着色の遅れや糖度、糖度/滴定酸比が低下する傾向がみられるので、実用的な処理技術としては5ppm程度が適濃度であると考えられる。

発泡スチロール製緩衝材を箱の底に敷くことにより、脱粒数は減少したが、緩衝材の効果は完熟トマトの物理的損傷においても認められており¹²⁴⁾、発泡スチロール製ネットで輸送中の振動・摩擦などの衝撃がかなり緩和されるものと考えられる。

以上、KT-30液剤処理や緩衝材(発泡スチロール製ネット)を利用することで輸送中の無核ピオーネの脱粒を軽減できることが明らかになったが、この二つを組み合わせることで、さらに脱粒を防ぐことができた。また、KT-30液剤処理で収穫が遅れても脱粒しにくいことからピオーネの適期収穫期間の拡大技術としても利用できるものと考えられる。

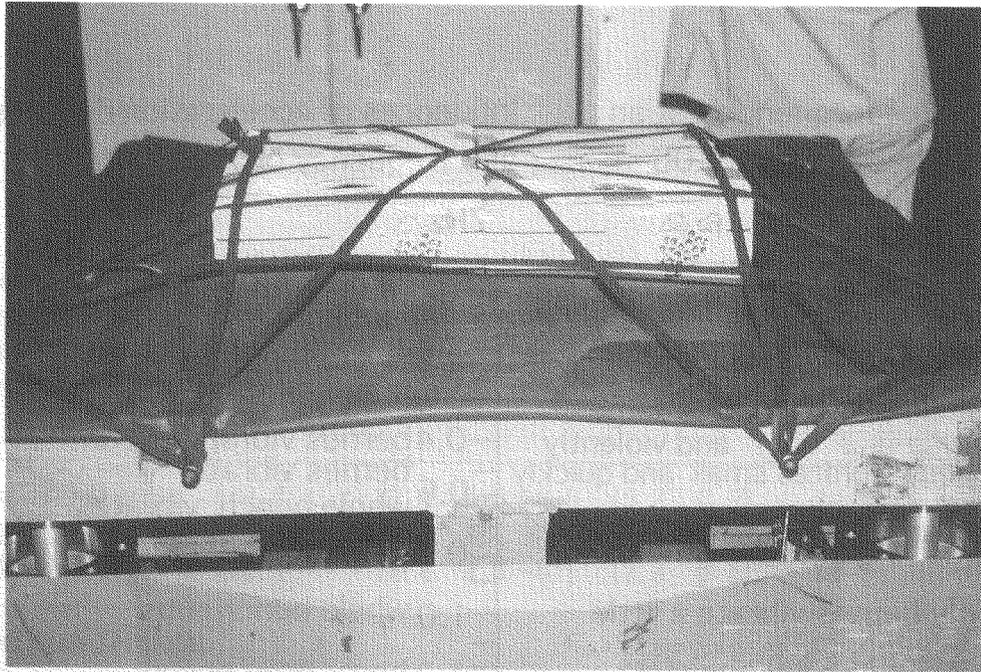


Fig.25 The state of vibration test

Influences of frequencies at an acceleration degree of 1.0G

Influences of acceleration degrees at a frequency of 10 hertz

1.0G

10Hz

Hz	G
5 berries vibrate a little	0.2 berries vibrate a little
berries vibrate	0.4 berries vibrate
7 bunch vibrates small	0.6 berries vibrate violently
9 bunch vibrates small and quickly	0.8 whole bunch vibrates
10 whole bunch vibrates large and violently	1.0 whole bunch vibrates large and violently
13 only berries vibrate	1.2 whole bunch springs up
17 only berries vibrate a little	1.4 berry-drop occurs
20	1.6 whole bunch rubs violently against one another
	1.8

Fig.26 State of vibration of grapes 'Pione' which are influenced by acceleration degrees and frequencies through transporting simulation (vertical shaking)

Influences of frequencies at an acceleration degree of 1.0G

1.0G

Hz	
5	berries vibrate a little
	berries vibrate
7	whole bunch vibrates large and violently
9	bunch vibrates small and quickly
11	bunch vibrates small
14	only berries vibrate a little
17	only berries vibrate a little
20	

Influences of acceleration degrees at a frequency of 7 hertz

7Hz

G	
0.2	
0.4	berries vibrate a little
0.6	berries vibrate
	whole bunch vibrates
0.8	whole bunch vibrates violently
1.0	whole bunch rubs against one another
1.2	berry-drop occurs
1.4	whole bunch rubs violently against one another
1.6	
1.8	

Fig.27 State of vibration of grapes 'Pione' which are influenced by acceleration degrees and frequencies through transporting simulation (horizontal shaking)

Table 46 Berry-drop of grapes 'Pione' through transporting simulation.

date of harvest	direction of shaking	berry-drop just after shaking (per bunch)	berry-drop for 2 days after shaking (per bunch)
Aug. 24	vertical	0.0 *	0.5
Aug. 24	horizontal	0.0	1.1
Sep. 3	vertical	0.3	1.3
Sep. 3	horizontal	0.5	1.8
Sep. 16	vertical	0.3	1.0
Sep. 16	horizontal	1.6	2.6

*:The number of berry-drop per bunch

The tolerance test by transporting simulation was done soon after harvest without shock-absorber.

The condition of test:acceleration degree---0.75G, frequencies --- from 5 to 50Hz, rotation time---5 minutes, shaking time---20 minutes

Table 47 Tolerance to be pulled off and quality of grapes ' Pione '

date of harvest	stage of maturity	strength needed to be pulled off(g)	color value			Brix	Acid (%)	Brix/Acid
			L	a	b			
Aug. 24	immature	599.6	22.4	5.6	0.5	15.3	0.57	26.8
Sep. 3	table ripe	471.9	19.8	4.6	-0.1	16.8	0.50	33.6
Sep. 16	overripe	445.4	18.6	4.0	-0.1	17.3	0.41	42.2

Table 48 Berry-drop of grapes ' Pione ' which were treated with KT-30, through transporting simulation

date of harvest	KT-30 treatment	stage of maturity	shock absorber	shaking test	berry-drop just after shaking (per bunch)	berry-drop after 2 days of shaking (per bunch)
Aug. 24	non	immature	non	done	0.0 *	0.5
Aug. 24	non	immature	treated	done	0.0	0.2
Sep. 3	non	table ripe	non	done	0.5	1.8
Sep. 3	non	table ripe	treated	done	0.2	0.5
Sep. 3	5ppm	immature~ripe	non	done	0.0	0.8
Sep. 3	5ppm	immature~ripe	treated	done	0.0	0.5
Sep. 3	20ppm	immature~ripe	non	done	0.0	0.5
Sep. 3	20ppm	immature~ripe	treated	done	0.0	0.2
Sep. 16	non	overripe	non	done	1.6	2.6
Sep. 16	non	overripe	treated	done	0.6	0.8
Sep. 16	5ppm	table ripe	non	done	0.0	1.2
Sep. 16	5ppm	table ripe	treated	done	0.0	0.5
Sep. 16	20ppm	immature~ripe	non	done	0.0	0.3
Sep. 16	20ppm	immature~ripe	treated	done	0.0	0.2
Sep. 3	non	table ripe	non	non	0.0	0.0
Sep. 16	non	table ripe	non	non	0.0	0.0

*:The number of berry-drop per bunch

KT-30 treatment:KT-30 solutions were sprayed over upon whole bunches on Jul.24

The shaking test by transporting simulation was done soon after harvest.

The condition of test:acceleration degree---0.75G, frequencies ---

from 5 to 50Hz, rotation time---5 minutes, shaking time---20 minutes

Table 49 Influences of KT-30 on berry-drop, coloring and ingredients of grapes
' Pione ' which were treated with KT-30

date of harvest	KT-30* treatment	stage of maturity	strength to be pulled off(g)**			coloration			Brix	Acid %	Brix/Acid	
			proximal	inter- mediate	tip	mean	L	a	b			
Aug. 24	non	immature	655.0	623.8	520.0	599.6	22.4	5.6	0.5	15.3	0.57	26.8
Sep. 3	non	table ripe	400.7	536.9	478.2	471.9	19.8	4.6	-0.1	16.8	0.50	33.6
Sep. 3	5ppm	immature~ripe	481.9	591.9	568.2	547.1	20.3	4.8	0.1	16.3	0.49	33.3
Sep. 3	20ppm	immature~ripe	590.7	639.4	640.0	623.4	20.2	5.0	0.3	15.9	0.50	31.8
Sep. 16	non	overripe	452.5	491.3	392.5	445.4	18.6	4.0	-0.1	17.3	0.41	42.2
Sep. 16	5ppm	table ripe	533.8	575.0	567.5	558.8	20.4	4.0	0.2	16.6	0.47	35.3
Sep. 16	20ppm	immature~ripe	610.0	800.0	638.8	682.9	20.5	4.2	0.3	16.3	0.47	34.8

*: KT-30 treatment:KT-30 solutions were sprayed over upon whole bunches on Jul.24

** : Measured at proximal, intermediate and tip positions of the bunches.

第5節 無核ピオーネにおける発泡スチロール箱を使用した常温での品質保持法の確立

ブドウの大粒嗜好の中で「無核ピオーネブドウ（以下無核ピオーネ）」は産直を中心として需要の伸びが大きい。しかし、無核ピオーネの収穫時期は8月下旬から9月中旬の高温時に当たるため、消費者の手にわたるまでの間に、輸送中の振動などによる脱粒や果軸が褐変するなどの品質低下がみられる。無核ピオーネの振動による脱粒に関する報告は第4節で行ったので、本節では主として鮮度保持について報告する。鮮度低下を防ぐ効果的な方法としては予冷処理など低温管理が考えられるが、本県には予冷施設を備えていない産地が多い。また、無核ピオーネの常温での鮮度保持に関する報告はこれまでほとんど無い。

そこで、発泡スチロール包材等を用いて常温流通での高鮮度出荷管理技術の可能性について検討を行った。

実験材料および方法

I 試験1 発泡スチロールや内装材が無核ピオーネの外観鮮度に及ぼす影響

1. 実験材料

供試した無核ピオーネは、兵庫県立中央農業技術センターで栽培されたもので、1993年9月13日に収穫したものをを用いた。

2. 実験方法

使用した容器のダンボール箱及び発泡スチロール箱の内部の大きさは27.5X18.0X10.0cmで、包材の厚みはダンボール箱が2.4mmで、発泡スチロールが20.0mmであった。ブドウの内装材は慣行の紙セロ包材（厚み：紙部分0.06mm、セロハン部分0.04mm、大きさ：20 X 25cm）と防曇フィルム（ポリプロピレンに防曇加工、厚み：0.04mm、大きさ：20 X 25cm）を用い、包装法は農家の慣行に従った。各々房重500～600gの秀品を少しの振動では房が動かない程度に1箱に3果房詰めて試験に供した。

果粒と果軸の水分は105℃で48時間乾燥して求めた。なお、果軸は果房全体から果粒を取り除いた軸の部分とした。鮮度評価は5段階の官能評価で行った。ガス組成はガスクロマトグラフ（TCD、FID）で二酸化炭素、酸素、窒素、エチレン濃度を測定した。

II 試験2 発泡スチロールや内装材が無核ピオーネの脱粒に及ぼす影響

1. 実験材料

試験に供した無核ピオーネは試験1と同日に収穫したもので、規格や1箱当りの果房数も試験1と同様であった。

2. 実験方法

使用した振動試験機はIMV製振動試験機で、振動に関係の深い加速度（G）・周波数（Hz）並びに振動方向（上下、水平）を変えることが可能な装置である。

振動設定条件はJIS規格168)で走行距離が1000km未満のトラック輸送試験に採用される条件設定、すなわち加速度0.75G、周波数5～50Hz、掃引時間5分、振動時間20分とそれよりも加速度を少し強めた1.00Gと1.25Gを加えた3条件とした。なお、振動方向は水平方向で行った。脱粒調査は振動試験実施2日後と5日後の2回行い、1房ずつ袋を外して脱粒数を調査した。調査房数は1処理区6房とした。貯蔵は5日間室温で行ったが、その間の平均最高室温は31.5℃で、平均最低室温は17.6℃であった。

実験結果

I 試験 1 発泡スチロールや内装材が無核ピオーネの外観鮮度に及ぼす影響

Table 50に無核ピオーネの鮮度に及ぼす外装材及び内装材の影響を示した。室温貯蔵状態での外装材のダンボールと発泡スチロールを用いた場合の外観鮮度比較では、1日後はほとんど差がみられなかったものの、2日後以降差が認められ、5日後では発泡スチロールの方が鮮度評価がかなり高かった。8日後の果軸、果粒水分でも発泡スチロールの方が高かった。

室温状態での内装材の外観鮮度比較では、無処理に比べて内装材を使用することで1日後には差が認められ、明らかに効果があった。慣行の紙セロと防曇フィルムの比較では2日後まで差がみられず、5日後以降は防曇フィルムの方が少し鮮度評価が高かった。8日後の果軸、果粒水分は防曇フィルムのものが高かった。

一方、低温（5℃）で貯蔵すると、いずれの包装法でも5～8日間の鮮度保持が可能であり、室温に比べて5℃貯蔵の鮮度保持効果は明らかに高かった。8日後の水分、特に果軸水分は室温に比べて高く保たれた。

発泡スチロールと内装材並びに低温貯蔵の組合せで最も鮮度が保たれたが、発泡スチロールと内装材並びに室温貯蔵の組合せでも鮮度が保たれていた。

室温放置の条件での包装資材内のガス組成をTable 51に示した。外装材では、発泡スチロール箱はダンボール箱に比べて二酸化炭素濃度が高かった。内装材では防曇フィルムは紙セロ包材よりも二酸化炭素濃度が高かった。なお、防曇フィルムの二酸化炭素濃度は0.03mm厚のポリエチレンフィルムと同程度であった。エチレンの濃度は本試験の条件下では検知されなかった。

室温放置下での包装内ピオーネの品温をTable 52に示した。収穫直後の品温は20℃程度であったが、発泡スチロール箱を用いた場合、ダンボール箱に比べて1～2日後で5℃程度、5～8日後で少し品温が低かった。

II 試験 2 発泡スチロールや内装材が無核ピオーネの脱粒に及ぼす影響

包材の種類が振動による脱粒に及ぼす影響をTable 53に示した。振動2日後に比べて5日後では脱粒数が約2倍になった。振動の大きさに関しては0.75Gでは5日後でも脱粒は0.2~1.0個/房程度であったが、1.0Gでは1~2個/房、1.25Gでは2~6個/房の脱粒が生じた。発泡スチロール箱を用いた場合にはダンボール箱に比べて脱粒数が20~50%減少した。また、防曇フィルムを用いた場合には紙セロ包材に比べて脱粒数が20~60%減少した。

考 察

ピオーネの鮮度は一般に果粒の光沢と果軸の色調などで評価されるが、特に果軸の褐変したものの鮮度評価は低い。果軸の褐変したものは本試験の結果、果粒に比べて果軸の水分が著しく減少しており、収穫直後に比べて20%（収穫時を100%とした相対値）以上の水分減少が生じた場合にはピオーネの鮮度評価が極端に低くなることが判明した。

室温貯蔵状態で発泡スチロール箱はダンボール箱に比べて良好な鮮度を保ったが、それは品温がダンボール箱に比べて低かったことと、発泡スチロール箱内に二酸化炭素が蓄積していたことからMA効果があったためと考えられる。品温が収穫後2日間ダンボール箱に比べて5℃程度低かったのは、早朝収穫し、低い品温状態で発泡スチロール箱に詰められたため、若干の蓄冷効果が見られたものと思われる。

内装材では紙セロ包材に比べて防曇フィルムの方が鮮度保持効果が高かった。それは防曇フィルムが0.03mm厚のポリエチレン程度の二酸化炭素の蓄積があり、MA効果が認められることと、果軸、果粒の水分含量からみて慣行の紙セロ包材に比べて保湿効果があり、鮮度保持効果が高かったと考えられる。

振動により生じる脱粒数がダンボールに比べて発泡スチロールで少ないのは発泡材による緩衝効果があった^{124, 142)}ためと推察される。なお、振動の大きさが1G以上の場合は発泡スチロール箱を用いた場合でも脱粒が発生するので、荷物の積みおろしや輸送の振動をできるだけ与えないように注意する必要がある。

以上のことから、常温での産直輸送を想定した場合、早朝に収穫し（品温20℃以下）、防曇フィルムで包装を行い、発泡スチロール箱に詰めることが1週間程度鮮度を保つ上での最適方法であると考えられた。なお、高温時収穫の場合にはピオーネの品温が高くなり、上述したような鮮度保持効果は減少するので、発泡スチロール箱に詰める前に予冷を行う必要がある。

Table 50 Effects of packing on freshness of grapes ' Pione '

condition of storage	packing		freshness ¹⁾				water(%) after storage for 8 days	
	exterior	interior	period of storage(day)				peduncle	berry
			1	2	5	8		
room temperature	cardboard	non	4.0	3.0	1.0	1.0	54.77(77.3) ³⁾	82.99(96.3) ³⁾
		A ²⁾	5.0	4.0	2.0	1.5	56.39(79.5)	83.61(97.0)
		B ²⁾	5.0	4.0	3.0	2.0	67.97(95.8)	84.27(97.8)
	styrene foam	non	4.0	4.0	3.5	2.5	63.43(89.4)	84.77(98.3)
		A	5.0	5.0	4.0	3.0	68.87(97.1)	85.13(98.8)
		B	5.0	5.0	4.0	4.0	69.83(98.4)	85.56(99.3)
5 °C	cardboard	non	4.5	4.5	4.0	3.5	61.22(86.3)	85.06(98.7)
		A	5.0	5.0	4.0	3.5	68.67(96.8)	85.19(98.8)
		B	5.0	5.0	4.0	4.0	69.02(97.3)	85.48(99.2)
	styrene foam	non	4.5	4.0	4.0	4.0	69.78(98.4)	85.32(99.0)
		A	5.0	5.0	4.5	4.0	69.97(98.6)	85.80(99.5)
		B	5.0	5.0	4.5	4.0	70.13(98.8)	86.04(99.8)

1) freshness score; 5:Excellent ~1:not edible

2) A: paper + cellophane film B: no-misted film

3)():relative comparison with a standard of sample at harvest

Table 51 CO₂ , O₂ , N₂ and C₂H₄ concentration in film bags in which grapes ' Pione ' was packaged

packing		concentration of gas ¹⁾			
		CO ₂	O ₂	N ₂	C ₂ H ₄
		%	%	%	ppm
interior	A ²⁾	0.04	21.00	78.02	N. D.
	polyethylene	1.71	18.15	79.20	N. D.
	B ²⁾	1.69	19.26	78.12	N. D.
	vinyl	2.17	20.00	76.89	N. D.
exterior	cardboard	0.04	20.78	78.24	N. D.
	styrene foam	1.05	18.38	79.63	N. D.

1) measured after packing for 10 hours

2) A: paper + cellophane film B: no-misted film

Table 52 Temperature of grapes ' Pione ' which was packaged in room

exterior packing	period after harvest(days)				
	0	1	2	5	8
cardboard	20.0	26.5	27.8	26.4	27.6
styrene foam	20.5	21.5	22.8	24.2	25.3
(room temperature)	21.6	27.1	28.4	26.5	28.1

interior packing: paper + cellophane film

Table 53 Effect of packing materials on berry-drop of grapes ' Pione ' in room

packing		number of berry-drop per bunch							
exterior material	interior* material	2 days after shaking				5 days after shaking			
		acceleration degree(G)				acceleration degree(G)			
		0	0.75	1.00	1.25	0	0.75	1.00	1.25
cardboard	A	0	0.3	1.0	3.3	1.0	0.9	2.3	5.8
styrene foam	A	-	0	0.8	2.3	-	0.5	1.5	3.8
cardboard	B	0	0.3	1.0	3.3	1.0	0.9	2.3	5.8
styrene foam	B	-	0	0.8	2.3	-	0.5	1.5	3.8

The tolerance test by horizontal shaking was done soon after harvest
 The condition of test:acceleration degree---0.75G,1.0G and 1.25G ,
 frequencies ---from 5 to 50Hz rotation time---5 minutes,
 shaking time---20 minutes

* interior material ;A: paper + cellophane film, B: no-misted film

第6節 摘要

1) 数種野菜・カット野菜における砕氷の使用による鮮度保持効果

砕氷を用いた簡易的な野菜の鮮度保持技術を検討した。

ホール（無カット）の形態では、発泡スチロール箱と砕氷の組み合わせにより、高温条件においても完熟トマトでは5日、レタス、ブロッコリーでは2～3日間従来に比べて長く高鮮度を保つことができた。

1/2カットの形態では発泡スチロール箱と砕氷を組み合わせることにより、高温条件においてもカットハクサイ、キャベツでは5日、カットレタスでは3～4日間高鮮度状態を保つことができた。砕氷の形態としては溶けた水が野菜に直接ふれない形態が品質は優れていた。

2) 完熟トマトにおけるエチレン吸着剤の使用による鮮度保持効果

エチレン吸着材（活性炭）が収穫後のトマトの品質に及ぼす影響を検討した。

5℃貯蔵では色調、糖度、糖度／酸比、アスコルビン酸含量ともに変化量は小さかった。15℃貯蔵では、着色程度10および40%のトマトにおいて色調の変化は活性炭処理区で少なかった。活性炭の量では50g区よりも100g区で色調の変化は少なかった。酸やアスコルビン酸含量の減少も若干抑制される傾向にあった。着色程度60%以上のトマトでは活性炭処理区での色調変化の抑制効果はほとんどなかった。

3) 完熟トマトの耐振特性と緩衝材の使用による品質保持効果

I M V 製振動試験機を用いて、完熟トマト・ミニトマトの輸送性やパッケージ方法などを検討した。

振動：上下振動の加速度0.5Gでは、いずれの周波数でもトマト果実が少し振動する程度であったが、1.0Gでは10Hz前後で激しく回転し踊りだした。水平振動では上下振動に比べて、より低周波数で果実は激しく振動した。

物理的損傷：本試験での振動設定条件において、完熟トマトの底部の損傷は両振動方向とも無シート区でのみ強く認められた。側部の損傷は両振動方向とも無シート区で強く認められたが、シート区においても無振動の対照区に比べて損傷程度は高かった。なお、個別包装区における損傷程度は対照区とほぼ同程度であった。ミニトマトでは1～2%の果実の側面で物理的損傷が認められた。

果実の軟化・がくのしおれ：完熟トマトでは個別包装により最も抑制される傾向にあった。ミニトマトではパック包装でがくのしおれは抑制された。

裂果・かび：ミニトマトでは振動により裂果が若干発生した。パック包装でかびの発生は増大した。

完熟トマト・ミニトマトでは振動により外観上の品質低下が認められるので、パッケージ方法などの輸送技術の改善が必要であると考えられた。

4) 無核ピオーネの振動特性と脱粒防止法の確立

I M V 製振動試験機を用いて、無核ピオーネの房の振動特性を明らかにするとともにKT-30液剤処理、緩衝材利用による脱粒防止効果を検討した。

荷台の上下と水平方向の振動加速度と果実に及ぼす影響をJIS規格に従い検討した結果、規格の振動条件で果実は激しく振動したが、上下振動より水平振動で果実は激しく振動した。水平での果実振動の周波数特性(1.0G)は6Hzで果粒が振動し、7Hzで房が大激振し、9Hzで房が小激振となり、加速度特性(7Hz)は0.5Gで果粒が振動し、0.8Gで房が激振し、1.0Gで房が激しく擦れ合い、1.2Gで脱粒発生となった。

KT-30液剤処理はJIS規格の振動条件では振動直後には脱粒が生じず、振動2日後でも脱粒を1/2以下に減少させた。また、濃度は5ppmよりも20ppmの方が効果が勝った。この脱粒の抑制はKT-30液剤による果粒の引っ張り強度の増加による。KT-30液剤の濃度20ppmでは、脱粒はほとんど発生しないが、着色の遅れや糖度、糖度/滴定酸比が若干低下する傾向にあるので5ppm程度が適濃度と考えられる。

緩衝材(発泡スチロール製ネット)の利用は3項と同じ振動条件による振動直後及び振動2日後における脱粒を1/2以下に減少させた。

KT-30液剤処理と緩衝材利用の複合技術で脱粒をさらに抑制することができる。また、KT-30液剤処理を行えば、収穫が遅れても脱粒が少ないので、収穫期間の拡大技術としても利用できる。

5) 無核ピオーネにおける発泡スチロール箱を使用した常温での品質保持法の確立 無核ピオーネの常温流通での高鮮度出荷管理技術について検討した。

果軸の褐変したものは果粒に比べて果軸の水分が著しく減少し、収穫直後に比べて20%以上の水分が減少した場合には鮮度評価は極端に低くなった。

室温放置の条件での外装資材の比較では、発泡スチロール箱は二酸化炭素が蓄積し、MA効果が若干認められるとともに品温も少し低く保持されたことからダンボール箱より鮮度保持効果が優れていた。

防曇フィルムは0.03mm厚のポリエチレンフィルム程度の二酸化炭素の蓄積があり、MA効果が認められることと、慣行の紙セロ包材に比べて保湿効果があり、鮮度を保つ内装材として優れていた。

振動により生じる脱粒の防止効果では、発泡スチロール箱を用いた場合、ダンボール箱に比べて、振動の大きさが0.75~1.25G条件で2~5割の脱粒軽減効果が認められた。

早朝に収穫し（品温20℃以下）、防曇フィルムで包装し、発泡スチロール箱に詰めることにより、脱粒防止効果がみられるとともに、常温流通でも1週間程度の高鮮度が保持できることを確認した。

第4章 クリにおける収穫後の品質向上技術の確立

第1節 クリの低温処理による糖組成の変化

クリは、縄文時代には、トチの実、ドングリと並ぶ日本人の主食の一部として常食されていた。クリは以来、日本の気候に順応した樹木であり、多収穫量と共に澱粉質を多く含み貯蔵性が良好であり、簡単に炒めるだけで食することができることから、間食果実として重宝されており、現代でもこの習慣は“甘クリ”として露天の風物となっている。また、クリは、甘クリ以外にマロングラッセ等高級菓子としても珍重されている。クリをご飯に入れたクリご飯は季節の風物詞として現代の日本人の郷愁をさそっている。近年、日本人の食生活が西欧化し、いままで料理のそえものであった野菜や果実類も献立の重要な位置を占めるようになり、その栄養価や味について高品質なものが求められるようになった^{58, 129)}。

クリの収穫期は9月上旬から10月下旬の短期間に集中するため、特に9月下旬から10月上旬に市場への出荷量が最大となり、この時期の市場価格の低下が著しい。また、近年は韓国・中国からの剥きグリ輸入が増加し、それにともないクリの国内生産量は過去10年間徐々に低下している。このような状況下で、今後とも国内生産グリ消費の維持拡大をはかるには栽培面での高品質化はもとより、収穫後の果実についても貯蔵による食味向上策をはかり、出荷調整をする必要性が一層高まっている。

クリの貯蔵に関する研究は、これまで加工用を目的とするものが多く、水漬貯蔵法やおが屑貯蔵法などの報告がある^{92, 117)}。これらの研究においては、クリの内容成分よりもむしろ加工歩留まりや剥皮後の品質に重点がおかれてきた。

生食用についても1℃や5℃での低温貯蔵やCA貯蔵法に関する報告があり、低温貯蔵でショ糖含量が増加することが明かにされている^{92, 209)}。しかし、ショ糖含量が増加するのに必要な低温期間や低温域での温度差についての検討はほとんどない。

第1節では、貯蔵期間を活用して糖含量を高め、食味の良いクリの出荷・流通技術を確立するために、生食用クリを低温貯蔵し、比較的長期間の低温貯蔵とクリの糖含量の経時的变化やかび・色などの外観品質との関係について検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

供試したクリは、兵庫県立中央農業技術センターで栽培されたもので、1989年度は国見（早生種）、筑波（中生種）、石鎚（晩生種）の3品種を、1990年度は銀寄

(中生品種)を供試した。貯蔵試験に供した試料の収穫日は、国見が1989年9月14日、筑波が同年9月25日、石鎚が同年10月12日であった。また、銀寄は1990年10月2日に収穫した。供試クリの定植年月は1986年2月で、定植日の樹齢は1年生であった。施肥量はN:P₂O₅:K₂Oを4.6:6.4:5.6Kg/10a/年とした。なお、個体変異を小さくするために、各品種ごとに比重の揃った試料を供試した。

2. 実験方法

1) 貯蔵方法

(1) 長期低温貯蔵における内容成分の変化

1989年度は、供試クリを10粒ずつ外形165mmX270mm、厚さ0.03mmのポリエチレン袋に詰め、輪ゴムで止めて0℃の冷蔵庫に1~50週間貯蔵した。冷蔵開始後1、2、3、4、6、10、25、50週間後に取り出し、直ちに-25℃で凍結貯蔵し、50週間後に内容成分等の品質変化を分析・調査した。

(2) 比較的短期間の低温貯蔵における内容成分の変化

1990年度は、供試クリを10粒ずつ外形165mmX270mm、厚さ0.03mmのポリエチレン袋に詰め、輪ゴムで止めて室温(貯蔵試験期間中の日最高温度は平均22.2℃、日最低温度の平均は16.1℃)並びに、0℃、-2℃に設定した冷蔵庫に5~60日間貯蔵した。これらは開始後5、10、15、20、30、60日後に取り出して(1)と同様直ちに-25℃で凍結貯蔵し、60日後に内容成分等の品質変化を分析・調査した。

2) 測定項目と方法

(1) かびの発生度：かびの発生度は、河野ら⁹²⁾の方法にしたがい、貯蔵中における果実表皮のかびの発生程度を外観により、①ない(評点1)、②少しある(評点2)、③全体的にある(評点3)、④黒変している(評点4)の4段階に判定し、袋内の全果の評点を平均してかびの発生度とした。

(2) 澱粉及びショ糖含量の測定：澱粉含量はクリ10個の果肉に果肉と同重量の蒸留水を加えて、ホモジナイズし、その10gを取り、蒸留水100mlと25%塩酸10mlを加え、沸騰水中で2時間30分加水分解した。中和後500mlに定容し、液体クロマトグラフによりグルコース量を分析し、求めたグルコース量より加水分解前の糖含量を差し引き、さらに0.9を乗じて求めた。

ショ糖含量は、ホモジナイズした試料10gを200mlに定容し4時間抽出した後、抽出液を液体クロマトグラフにより測定した。なお、液体クロマトグラフでの測定条件は次のとおりとした。

カラム：LICHROSORB NH₂ カラム

溶媒：アセトニトリル：メタノール：蒸留水=75：10：15

カラム温度：35℃

流量：0.8ml/min

(3) 果肉の色調：(2)でホモジナイズした試料を色差計（日本電色製 Z-1001DP）で測定した。

実験結果

1. 長期低温貯蔵における内容成分変化

乾物率はTable 54に示したように、貯蔵期間中に減少傾向にあり、貯蔵10週間後で3品種ともに、2~3%減少し、さらに50週間後では、国見・筑波で約5%減少した。

澱粉含量についてもFig. 28に示したように、貯蔵期間中に減少した。その速度は、最初は速く、その後は徐々に減少した。収穫直後における糖の組成は、ショ糖が全糖の90~95%を占め、他はブドウ糖、果糖及び微量の麦芽糖であった。ショ糖含量はFig. 29に示したように、収穫直後、3品種とも2.6~2.7%であったが、0℃の低温貯蔵中に増加し、2週間で2.6~3.3倍となった。低温による糖の増加速度は品種によって異なり、早生品種の国見では最も遅く、6週間でショ糖含量が最大となった。晩生品種の石鎚では最も速く、2週間でショ糖含量が最大となった。中生品種の筑波では初期の糖の増加速度が中間で、ショ糖含量は4週間後に最大となり、その後は比較的高い値で推移した。

このようにショ糖含量がピークに達するまでの期間は品種によって異なるが、低温貯蔵期間が50週間（約1年）になっても処理前の2倍程度のショ糖、全糖含量を保持した。

かびの発生については、Table 55から明らかなように、0℃貯蔵10週間ではまったくなく、50週間後でも国見にごくわずかに発生したのみであった。

2. 比較的短期間の低温貯蔵における内容成分の変化

乾物率はTable 56に示したように、貯蔵期間中室温放置のものでは若干高まる傾向にあったが、0℃並びに-2℃貯蔵では、ほとんど変化がなかった。

澱粉含量はFig. 30に示したように0℃、-2℃貯蔵では日数の経過とともに減少し、30日間で約30%減少したが、室温放置のものでは60日間でも澱粉含量にほとんど変化がなかった。

全糖含量、ショ糖含量はFig. 30, 31から明らかなように、室温に置いたものでは澱粉含量同様60日後でもほとんど変化がなかったが、0℃、-2℃貯蔵では日数の経過とともに増加し、30日後にどちらもピークに達した。ピーク時の全糖含量は収穫直後に比べて0℃貯蔵では3.1倍、-2℃貯蔵では2.9倍になり、その後は徐々に減少する傾向にあった。

また、果肉を潰した搾汁液を屈折糖度計により測定した値も、全糖・ショ糖含量と同様0℃、-2℃貯蔵で増加し、30日後で最大値を示した(Table 56)。

かびの発生についてはTable 57から明らかなように、室温では15日後から認められ、60日後には、40%のクリが腐敗した。なお、0℃、-2℃で貯蔵したクリではかび

の発生はまったくなかった。

果肉の色差値については、 -2°C 貯蔵のクリは 0°C 貯蔵のものに比べて、b値（黄色度）が高い傾向にあった（Table 58）。

考 察

0°C の温度条件下に貯蔵した場合、澱粉含量は減少し、ショ糖含量が増加した。クリのショ糖含量と甘味との相関は高く²¹⁰⁾、ショ糖含量の増加により甘味が高まったものと考えられる。これまでクリを $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ 低温に貯蔵すると1か月程度で糖含量が高まるとする報告^{92, 209)}はあるが、本試験の結果から5~7日の比較的短い期間の低温で糖含量はかなり増加することが確認された。この現象は澱粉含量の減少量とショ糖含量の増加量とがほとんど一致すること、さらに、貯蔵中の重量変化がほとんどない（未発表）ことから澱粉からショ糖への転換反応が起こっているものと考えられる。澱粉からショ糖への転換現象に関しては、サツマイモやジャガイモについて詳細に研究されている。それらによると澱粉・ショ糖転換系においてショ糖合成酵素、ショ糖リン酸合成酵素等の一連の酵素群が低温貯蔵にともない活性化されるためと報告されており^{28, 239)}、本試験の現象についても同様の反応によるものと推察される。

ただし、品種によって初期の糖化速度に差がみられるが、それが転換経路のどの部分での酵素の活性に関係して差が生じたかは不明であり、今後検討を加える必要がある。

収穫後室温に放置した場合にはほとんど澱粉の減少並びにショ糖含量の増加現象がみられなかった。それは、先にのべた澱粉からショ糖への変換反応が温度が低くなるほど速く²⁰⁹⁾、室温（日最高室温の平均 22.2°C 、日最低室温の平均 16.1°C ）では、一連の酵素群の活性が低かったためと考えられる。

低温貯蔵中の品質保持と澱粉・ショ糖含量の変化の様相を知るために、1990年度には 0°C の区に加えて -2°C の区を設定したが、両者の比較では、澱粉の減少と全糖含量の増加量に差はほとんどなく、若干、 0°C 貯蔵の方が糖の増加量は多い傾向がみられた。これは、澱粉からショ糖への転換反応が低温ほど速いと言われている²⁰⁹⁾が、この試験の結果から 0°C 付近での反応が最も早く、 -2°C では転換反応がむしろ低下するものと考えられた。

ショ糖、全糖含量は、品種に応じた期間低温に貯蔵することにより増加し、一定期間が過ぎた後は徐々に減少することが確認された。したがって、良食味のクリを消費者に安定提供するには、収穫後低温に貯蔵して糖化を進めるとともに、糖含量が最大値に達した後も糖含量の変化を少なくする品質保持技術の検討も必要である。

かびの発生については、室温では15日後から認められ、60日後では腐敗果もかな

りみられたが、0℃、-2℃貯蔵ではまったくなく、品質のよい状態を保っていた。食味と関連性が高いといわれる色については-2℃貯蔵の方がb値（黄色度）が高く、高品質に保つ上では-2℃の貯蔵法が優れているものと考えられた。

Table 54 Effect of 0 °C treatment on groceries of chestnuts

variety (specific gravity)	grocery rate (%)									
	period of 0 °C treatment (week)									
	0	1	2	3	4	6	10	25	50	
Kunimi (1.01~1.03)	35.0	34.6	34.0	32.6	35.5	33.7	33.0	-	29.3	
Tukuba (1.01~1.03)	40.1	41.5	40.4	40.8	39.4	38.3	37.5	-	35.0	
Ishiduti (1.01~1.03)	40.6	40.1	41.3	39.9	37.3	42.4	38.8	38.9	-	

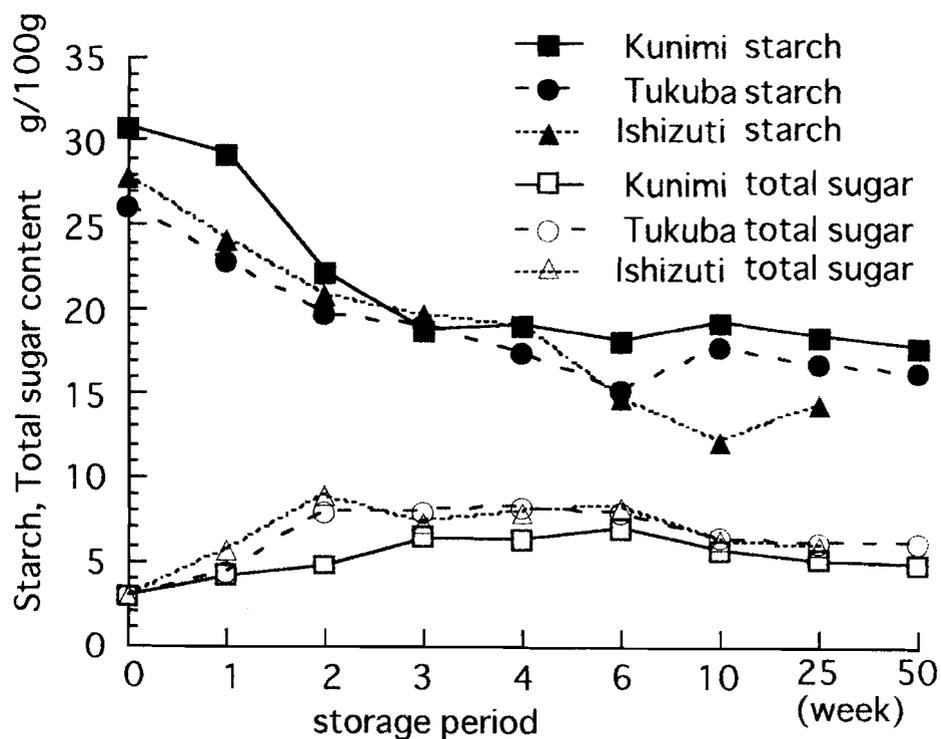


Fig.28 Effects of 0°C storage on starch and total sugar content of chestnut

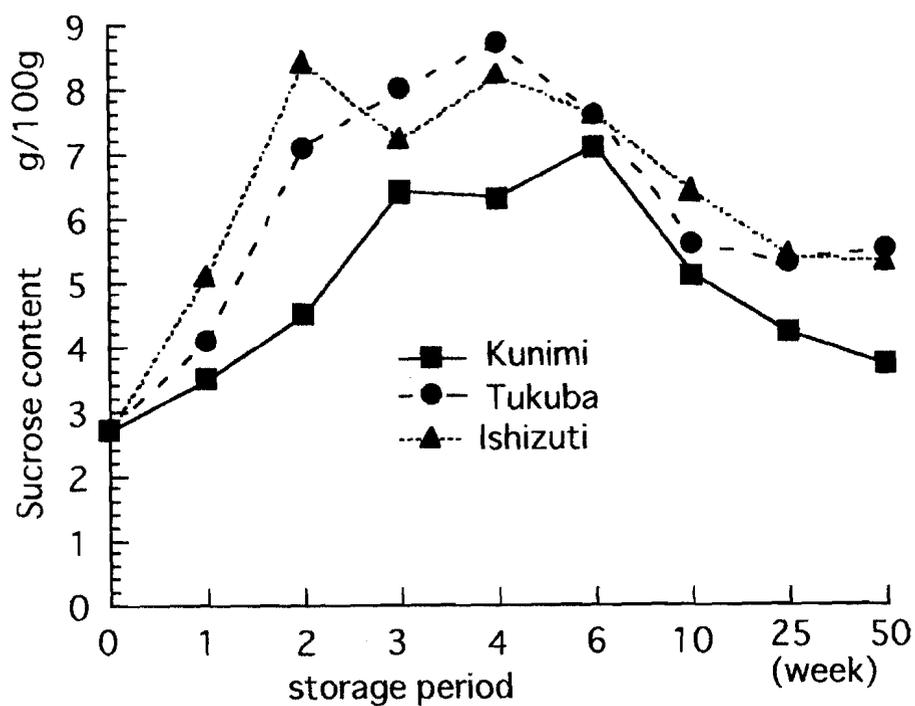


Fig.29 Effects of 0°C storage on sucrose content of chestnut

Table 55 Effect of 0 °C treatment on outbreak of mold in chestnuts

variety (specific gravity)	outbreak of mold period of 0 °C treatment (week)					
	0	2	4	10	25	50
Kunimi (1.01~1.03)	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.2
Tukuba (1.01~1.03)	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.2
Ishiduti (1.01~1.03)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-

mold index; 1:non ~ 3:black

Table 56 Effect of temperature of treatment on groceries and Brix in chestnuts

temperature °C		period of 0 °C treatment (day)						
		0	5	10	15	20	30	60
room temperature	grocery(%)	37.6	37.9	37.5	38.2	41.0	41.1	41.8
	Brix	14.1	14.1	14.0	13.8	17.0	17.3	16.5
0 °C	grocery(%)	37.6	41.5	38.4	40.6	37.7	38.8	38.4
	Brix	14.1	18.6	18.0	22.1	21.4	23.1	21.5
-2 °C	grocery(%)	37.6	38.3	40.3	40.0	40.2	39.5	38.1
	Brix	14.1	15.2	19.6	21.3	21.9	22.2	17.9

variety: Ginyose , specific gravity of sample:1.05~1.07

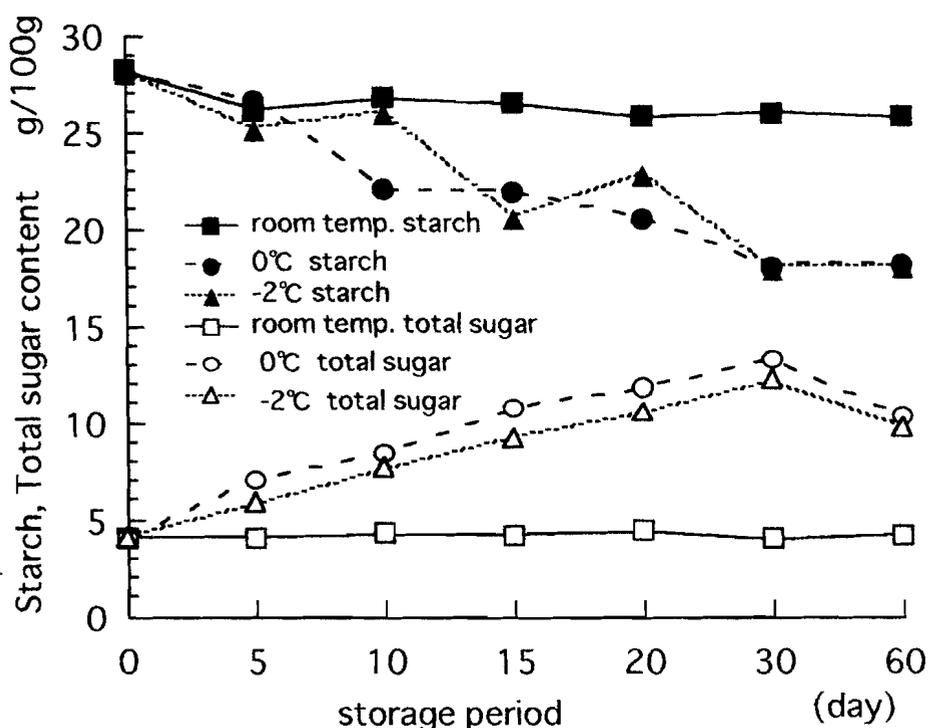


Fig.30 Effects of storage temperature on starch and total sugar content of chestnut

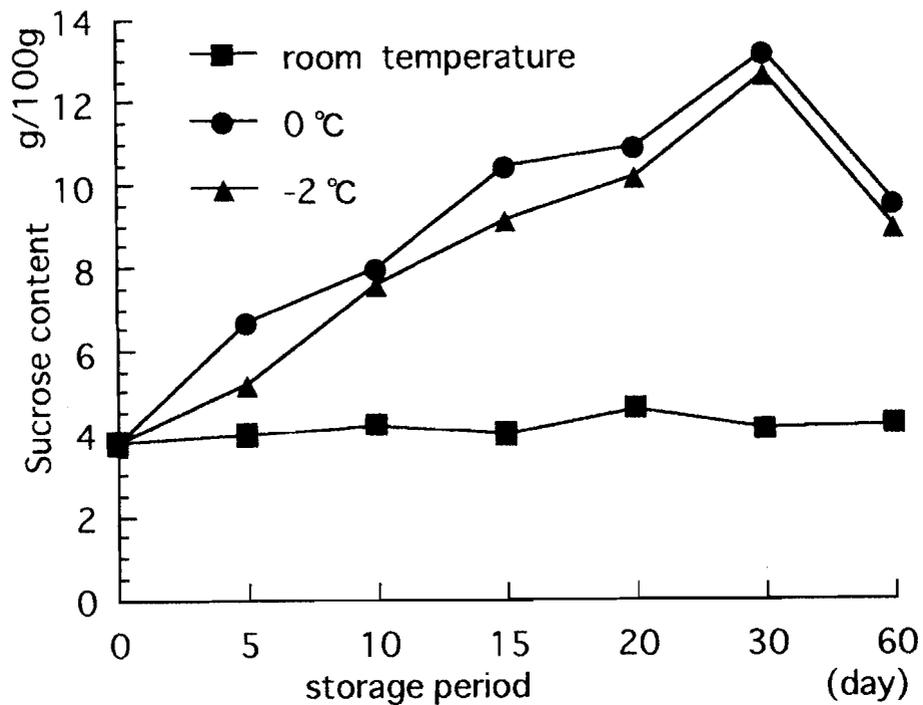


Fig.31 Effects of storage temperature on sucrose content of chestnut

Table 57 Effect of temperature of treatment on outbreak of mold in chestnuts

temperature °C	outbreak of mold						
	period of 0 °C treatment (day)						
	0	5	10	15	20	30	60
room temperature	0.0	0.0	0.0	0.2	0.6	1.2	2.2
0 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-2 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

variety: Ginyose , specific gravity of sample:1.05~1.07
mold index; 1:non ~ 3:black

Table 58 Effect of temperature of storage during 60 days
on color of pericarp of chestnuts

temperature °C	color value		
	L	a	b
room temperature	76.6	-1.9	14.2
0 °C	75.4	-2.0	16.8
-2 °C	76.9	-2.1	18.6

variety: Ginyose , specific gravity of sample:1.05~1.07

第2節 クリの短期低温処理によるショ糖含量の調節法の確立

第1節では比較的長期間（50週間並びに60日）の低温処理がクリの糖含量の変化に及ぼす影響について検討した。その結果、品種によっても異なるが、ほぼ4～6週間の0℃処理によりショ糖含量が最大となり、その後しだいにショ糖含量が減少することが明らかになった。そこで、本節ではクリの甘さの調節の可能性を検討するために、極短期間（数日間）の低温処理がクリの品質に及ぼす影響について調べた。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したくりは、兵庫県立中央農業技術センターで栽培し、1994年9、10月に収穫したものを使用した。品種は「銀寄」（ギンヨセ）を用いた。

実験に使用したクリの個体差の影響を小さくするため、本実験では比重を1.05～1.07に揃えた。クリの比重は大気中での重さと水中での重さの比から求めた。

2. 実験方法

(1)貯蔵方法

短期低温処理がクリのショ糖含量に及ぼす影響を検討するために設定した処理温度と期間は、0℃では3、7、28日間の処理区とし、-2℃では3と7日間の処理区を設定した。成分分析や品質調査に供するまでの試料貯蔵は低温処理後直ちに-25℃で凍結した試験区と、低温処理以後のショ糖含量の増減を確認するため、処理後14日間17℃に貯蔵した後に-25℃で凍結する試験区との2区を設定した。貯蔵施設はヤマト製のインキュベータ（MODEL IL-91型）を使用した。処理期間中は供試グリを10果づつ外形165mm x 270mm、厚さ0.03mmのポリエチレン袋に密封して貯蔵した。

(2)分析方法 澱粉含量はくり10果の果肉に果肉と同重量の蒸留水を加えてホモジナイズし、その10gを取り、蒸留水100mlと25%塩酸10mlを加え、沸騰水中で2時間30分加水分解した。中和後500mlに定容し液体クロマトグラフィー（YANACO製L-6000型）によりグルコース量を分析し、求めたグルコース量より加水分解前の糖含量を差し引き、さらに0.9を乗じて澱粉含量とした。

ショ糖ならびに全糖含量はホモジナイズした試料10gを200mlに定容し4時間抽出した後、抽出液を液体クロマトグラフィーにより測定した。なお液体クロマトグラフィーの測定条件はつぎのとおりとした。

カラム；LICHROSORB NH2

溶媒；アセトニトリル：メタノール：蒸留水=75:10:15

カラム温度；35℃

流量；0.8ml/min

果実の凍結温度は試料を-25℃の冷凍室に入れ、温度降下曲線から凍結温度を求めた。なお、凍結温度測定試料はショ糖含量の異なるものを用いた。

実験結果

低温（0℃）処理とその後17℃に貯蔵したクリのショ糖含量をTable 59に示した。ショ糖含量は0℃条件3日間の処理でも増加し、0℃の期間が長いほどショ糖含量は高くなった。

0℃処理の後14日間17℃の貯蔵へ移した後のショ糖含量の変化は、0℃の処理期間の長短にかかわらず17℃貯蔵中での変化が少なかった。

-2℃での短期処理がショ糖含量に及ぼす影響についてもTable 59に示した。処理温度を-2℃下げても3日間の処理の場合はショ糖含量の増加が認められず、7日間処理の場合は0℃での7日間処理とほぼ同程度の増加がみられた。

考 察

ショ糖含量は0℃条件3日間の処理でも増加し、0℃の期間が長いほどショ糖含量は高くなった。このことから甘さの調節の可能性が示唆された。しかも、0℃処理の後14日間17℃の貯蔵へ移した後のショ糖含量の変化では、0℃の処理期間にかかわらず17℃貯蔵中での変化が少なかった。このことから、低温処理の間でのみ、ショ糖含量が増加するものと考えられる。このように、低温処理後の17℃条件下でのショ糖含量の変化が少ないことから、ショ糖含量（甘さ）を調節した後、2週間程度の常温流通は可能であると思われる。

処理温度を-2℃に設定した場合、3日間の処理ではショ糖含量の増加が認められず、7日間処理の場合は0℃での7日間処理とほぼ同程度の増加がみられた。これは収穫直後のクリの凍結温度が-2.5℃程度であり¹⁵⁶⁾、-2℃の処理温度が凍結温度に近いために澱粉からショ糖への転換速度が遅いものと推察された。7日以降では-2℃処理でもショ糖含量の増加が認められのは、ショ糖が4.3%のクリの凍結温度は-3.2℃、8.8%のものは-5.2℃となっており、ショ糖含量が増すにしたがって凍結温度が低下する。したがって、低温処理で少しショ糖が増加し始めると凍結温度が下がり、その後は凍結の影響を受けにくくなるため、ショ糖が増加したものと考えられる。

Table 59 Effects of 0 °C and -2°C treatments on quality of chestnuts

No.	treatment		storage weight at 17°C decrease ¹⁾ (day)	sucrose (%)	color of pericarp			
	temperature (°C)	period (day)			L	a	b	
1	0	0	0	99.3 (100.0)	3.27 (100.0)	72.9	-1.3	18.0
2	0	0	14	97.7 (98.2)	4.79 (146.5)	77.0	-2.0	19.0
3	0	3	0	99.3 (99.9)	3.87 (118.3)	77.8	-2.4	18.6
4	0	3	14	98.1 (98.8)	5.02 (153.5)	77.0	-2.0	17.9
5	0	7	0	99.3 (100.0)	6.11 (186.9)	74.7	-1.0	18.6
6	0	7	14	97.9 (98.6)	6.36 (194.5)	74.4	-1.9	19.2
7	0	28	0	99.2 (99.9)	12.51 (382.6)	70.0	-1.1	18.4
8	0	28	14	98.8 (99.5)	11.36 (347.4)	66.7	-1.5	19.0
9	-2	3	0	99.1 (99.8)	3.21 (98.2)	73.6	-0.3	18.4
10	-2	3	14	98.1 (98.8)	5.09 (155.7)	75.6	-1.8	19.3
11	-2	7	0	99.2 (99.9)	5.44 (166.3)	76.0	-1.7	19.9
12	-2	7	14	97.9 (98.6)	6.29 (192.3)	76.3	-1.9	20.0

1) weight after freezing / weight before treatment x 100
 ():relative comparison with a standard of sample before treatment

第3節 クリの消費者嗜好と甘さの基準の策定

クリの甘さについては、林³⁰⁾、菅原ら²¹⁰⁾が低温で長期貯蔵中に澱粉がショ糖に転換することを報告しているが、甘さ等の品質を中心とした報告はない。

そこで、著者らは、本研究で糖含量を高めたクリの甘さに対する消費者の嗜好を調べるとともにクリの甘さの基準について検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に供したくりは、兵庫県立中央農業技術センターで栽培し、1994年9,10月に収穫したものを使用した。

品種は、「銀寄」を主として用い、「筑波」(ツクバ)、「人丸」(ヒトマル)、「国見」(クニミ)、「丹沢」(タンザワ)を使用した。「銀寄」、「筑波」の熟期は9月下旬から10月上旬で、兵庫県内で広く栽培されている品種である。「人丸」、「国見」の熟期は9月上中旬、「丹沢」の熟期は8月上旬で、使用した5品種とも大果である。

実験に使用したクリの個体差の影響を小さくするため、本実験では比重を1.05～1.07に揃えた。クリの比重は大気中での重さと水中での重さの比から求めた。

2. 実験方法

(1)官能評価法

消費者の嗜好を明らかにするために、ショ糖含量を高めた「銀寄」(8.7%)と4.6%のショ糖含量の「銀寄」の2種類を使用し、1991年11月4日に開催された兵庫県農林魚業祭の来場者450名を対象に、「美味しい」方を選択する官能試験を行い、ショ糖含量を高めたくりを好む割合を求めた。回答者の性別は男性175名、女性241名、性別不明34名であった。年齢層では9歳以下49名、10～19歳31名、20～29歳30名、30～39歳34名、40～49歳78名、50～59歳88名、60～69歳80名、70歳以上35名、年齢不明25名であった。

食味官能評価とショ糖含量との関係を解明するため「銀寄」を含め5品種を使用した。「銀寄」の収穫直後に凍結処理したくりを基準(0点)として、各品種0～6週間の低温処理を行ったくりを、非常に良い(3点)から非常に悪い(-3点)までの7段階の尺度法により甘さ、舌ざわり、香り、総合の4項目について31名のパネリストによる官能評価を行い、ショ糖含量との相関を求めた。パネリストの年齢は20歳代～50歳代で、性別は男性15名、女性16名であった。

クリのショ糖含量と食味官能(甘さの程度)との関係を明らかにするために、品種は「銀寄」を使用し、ショ糖含量を異にした4種類の試料を用いて、かなり甘い、

甘い、普通、甘くないの4段階の絶対評価を行い、甘く感じるパネリストの割合を求めた。

食味官能試験に供したクリは冷凍状態のまま圧力蒸し釜で一定の手順で調理した。

(2)分析方法 ショ糖含量はホモジナイズした試料10gを200mlに定容し4時間抽出した後、抽出液を液体クロマトグラフィーにより測定した。なお液体クロマトグラフィーの測定条件はつぎのとおりとした。

カラム；LICHROSORB NH2

溶媒；アセトニトリル：メタノール：蒸留水=75:10:15

カラム温度；35℃

流量；0.8ml/min

果実の凍結温度は試料を-25℃の冷凍室に入れ、温度降下曲線から凍結温度を求めた。なお、凍結温度測定試料はショ糖含量の異なるものを用いた。

実験結果

Table 60にショ糖含量の異なるクリでの性別や年齢別の嗜好性を示した。ショ糖含量の高いクリを「美味しい」と回答した人は全体の84%とかなり高かった。性別による差はほとんどみられなかったが、ショ糖含量の高いクリを好む人は男性の方が若干多い傾向にあった。年齢別では年齢の若い人ほどショ糖含量の高いクリを好む傾向にあり、30歳未満では9割以上の人甘いクリを「美味しい」と回答していた。如何なる年齢層でもショ糖含量の高いクリを好む人は多いが、60歳代では約75%、70歳以上では約60%と高年齢者ほど減少していた。

一方、ショ糖含量の低い方のクリを好む人は全体の1割程度であったが、60歳以上では25%以上の人ショ糖含量の低い方のクリを「美味しい」と回答していた。

Table 61にはクリの食味官能評価と糖含量との相関表を示した。クリの食味に係る官能値の「甘味」「舌ざわり」「香り」は各々相互に高い正の相関関係にあった。官能評価の全ての項目はショ糖含量とも高い正の相関が認められた。

Table 62には低温処理等でショ糖含量を調節した4種類のクリを用いて甘さの感じる程度を示した。ショ糖含量が高いサンプル程「甘くない」との回答が減少し、「甘い」「かなり甘い」の回答が多くなった。ショ糖含量が最高の8.7%のクリでは85%以上の人「かなり甘い」又は「甘い」と答えた。

Table 63にはクリの甘さの程度と果肉のショ糖含量を示した。Table 62の結果に基づきショ糖含量4.5%未満を「普通」、8割以上が甘いと感じるショ糖含量8%以上を「極甘」、その間を「甘」とする3段階の甘さの基準を策定した。

考 察

450名による食味試験の結果、甘いクリの方がより一層好まれる傾向を数値的に裏付けることができた。食味官能とショ糖含量の相関が高い結果からも、クリの食味はショ糖含量に強く依存していることが明らかとなった。甘いクリに対する嗜好は性別による差があまりみられなかったが、年齢による一定の傾向がみられた。すなわち、甘いものをより一層好む者は子供を含めて年齢の若い人ほど多かった。60歳以上の高齢者の中には4人に1人以上は甘さの低い方のクリを好むと回答していた。これは「わからない」等選択できなかつた人が極わずかであることから、甘さの差がわからなかったのではなく、高齢者の中には非常に甘いクリよりも適度の甘さをもったクリを好む人が2～3割いることが確認できた。

ショ糖の増加量は低温期間に比例し、しかも処理後17℃に保った場合には、その間の増加量は比較的少ないことが第1、2節から明らかになった。したがって、低温期間を変えることで、生果流通のためのショ糖含量の調節が可能である。その上、食味調査の結果から、ショ糖含量の程度に応じて甘さの度合いが識別できることが明らかになった。このようなことからクリについては甘さの程度に関して3段階の基準を策定することができると考えられた。

Table 60 Consumer taste for sweet chestnuts

sex and age	Panelist(%) ¹⁾			
	taste in high sucrose content	taste in low sucrose content	undistinction	others
total	84.0	12.8	0.8	2.4
man	86.2	10.3	1.4	2.1
woman	83.1	14.4	0.5	2.0
0~9 year-old	95.2	2.4	2.4	0.0
10~19 year-old	92.4	3.8	3.8	0.0
20~29 year-old	96.0	4.0	0.0	0.0
30~39 year-old	89.3	10.7	0.0	0.0
40~49 year-old	86.2	12.3	1.5	0.0
50~59 year-old	79.5	16.4	0.0	4.1
60~69 year-old	74.6	25.4	0.0	0.0
70~ year-old	58.7	27.6	3.4	10.3

Table 61 Correlation between the evaluation on taste of steamed chestnuts, and the sucrose content

	taste				Sucrose
	Sweetness	Feeling on tongue	Fragrance	Synthesis	
Sweetness	1.00				
Tongue ¹⁾	0.96**	1.00			
Fragrance	0.92**	0.90**	1.00		
Synthesis	0.99**	0.98**	0.93**	1.00	
Sucrose	0.96**	0.96**	0.92**	0.97**	1.00

** : Significant at the 1% level

1) : Feeling on tongue

Table 62 Relation between sucrose content and the sweetness of chestnuts

	Sucrose (%)	Panelist (%) ¹⁾			
		Fairly sweet	Sweet	Ordinary	Low sweet
Sample A ²⁾	3.09	3.6	10.7	39.3	46.4
Sample B	4.57	0	28.5	42.9	28.6
Sample C	6.76	21.4	50.0	25.0	3.6
Sample D	8.67	53.6	32.1	14.3	0

1) Absolute scale with 28 panelists

2) Contents of sugar in chestnuts were controlled by treatment of temperature.

Table 63 Standard of sweetness of chestnuts by the sucrose content

Degree of sweetness	Sucrose in chestnut (%)
Ordinary	Under 4.5
Sweet	4.5~8.0
Fairly sweet	Over 8.0

第4節 摘要

1) クリの低温処理による糖組成の変化

クリ果実の低温貯蔵による糖含量の変化について検討した。

クリ果実を低温条件に貯蔵するとショ糖含量が増加し、そのために全糖含量も増加する。0℃貯蔵では、2週間で全糖含量が収穫時の1.7～3.1倍となった。0℃での全糖含量の増加速度は、品種によって異なるが、全糖含量はほぼ4～6週間でピークに達し、その後ゆるやかに減少する。また、晩生品種ほど早くピークに達する傾向がみられた。

かびの発生は、ポリエチレン包装で0℃に50週間冷蔵貯蔵したものでもほとんど認められなかった。

0℃と-2℃の比較では、0℃条件下の方が常にショ糖・全糖含量が0.6～1.5%高く推移した。なお、果肉色のb値は、-2℃の方が高い傾向にあった。

以上のことより、クリ果実は品種に応じた期間0℃～-2℃の低温に保つことにより、ショ糖・全糖含量が急速に増加し、収穫直後に比べて甘味が増すことが判明した。

2) クリの短期低温処理によるショ糖含量の調節法の確立

短期低温（0～-2℃）処理によるクリの甘さ調節の可能性を検討した。

クリを低温処理すると、澱粉含量が減少し、全糖やショ糖含量が増加した。これらの甘味成分は3日程度の短期間の低温処理でも増加した。低温処理により甘味の増加したクリを常温で約2週間貯蔵しても甘味成分の減少はみられなかった。

このことから、甘さの異なるクリを作成し、常温で流通することが可能であると考えられた。

3) クリの消費者嗜好と甘さの基準の策定

クリの甘さに対する消費者の嗜好と甘さの基準について検討した。

ショ糖含量を高めたクリの方が「美味しい」と答えた人は全体の84%と多く、甘いクリが好まれていた。

クリの食味はショ糖含量との相関が特に高いことから、甘さの程度について4.5%未満を普通、4.5～8%を甘、8%以上を極甘とする基準を策定した。

今後流通するクリに甘さの程度の表示がなされるようになれば、消費者は好みの甘さのクリを選択できるようになり、消費拡大と地域ブランド化に役立てることができる。

第5章 トマトの品質評価と近赤外分光法による非破壊測定法の確立

第1節 トマトの食味関連成分と美味しさの基準の策定

最近の消費者嗜好調査によると、最も好まれている野菜はトマトとなっている^{51, 147)}。その理由の1つは、味を重視した完熟果が流通するようになったことによる。トマトの味は糖や酸の濃度が重要な要素となっており^{58, 74, 101, 122)}、中川ら¹⁶⁵⁾はそれら要素のバランスが食味に及ぼす影響が大きいと報告している。兵庫県ではそれらの報告や食味試験の結果に基づき1985年に美味しいトマトの基準を策定した。その基準は「糖度（糖用屈折計の示度）5以上、滴定酸（酸度）0.4%以上」と表示したが、完熟トマトが一般に流通される以前に設けられたものであり、当時としては産地や農家の目標値であった。今日市場流通している8~9割の完熟トマトがこの目標値をすでに達成している（未発表）。また、当時の基準は通年のものであり、季節や作型により、嗜好が異なることも考えられる。

そこで、冬春収穫と夏秋収穫の2つの作型について完熟トマトの味に関する内容成分の項目選定を行うとともに、消費者の嗜好に対応した美味しさの基準値の検討を行った。

実験材料および方法

I 試験 1 完熟トマトの食味関連成分の選定

1. 実験材料

冬春トマトは1991年5月13日に神戸市中央卸売市場のセリにかけられた4県9産地のトマト果実を供試した。夏秋トマトは1990年11月7日に神戸市中央卸売市場のセリにかけられた5県7産地のトマト果実を供試した。品種は16産地の内11産地が「桃太郎」、3産地が「瑞健」で、「瑞光」、「天寿ファースト」が各1産地であった。なお、トマトはセリ直後に入手し、同日に調査・分析した。

2. 実験方法

トマト果実の色調は赤道面を色差計（日本電色製Z-1001DP）で測定した。食味試験にはトマトを赤道面に垂直に4等分し、その対角部分を用い、残りの対角の2部分は成分分析に供した。還元糖は高速液体クロマトグラフで測定した。滴定酸はN/10水酸化ナトリウム滴定によるクエン酸換算値とし、ビタミンCはヒドラジン比色法により全ビタミンC含量を求めた。ECは果汁の40倍水溶液の電気伝導度を測定した。食味試験は冬春トマトでは64名、夏秋トマトでは40名のパネリストによる相対評価で行った。

II 試験 2 完熟トマトの美味しさの基準づくり

1. 実験材料

冬春トマト、夏秋トマトともに、品種は「桃太郎」を用いた。供試トマトは灌水量を慣行の1/4~3/2倍量に調節し、内容成分に差をもうけて食味試験に供した。

2. 実験方法

トマト果実の糖度と滴定酸は試験1と同様の方法で行った。食味試験は冬春トマトでは28名、夏秋トマトでは31名のパネリストによる3段階の絶対評価で行った。

実験結果

I 試験 1 完熟トマトの食味関連成分の選定

Table 64に冬春型の完熟トマトの品質関連要因の相関表を示した。果実重は糖含量、滴定酸、乾物率、EC等と負の相関が認められた。糖度は還元糖、滴定酸、乾物率、ビタミンC等との相関が高く、中でも還元糖との相関が特に高かった。食味と相関が認められる項目は糖度、還元糖、糖度/滴定酸、ビタミンC含量と色調のL値（明度）であった。食味と最も相関が高かった項目は糖度/滴定酸比であり、色調のL値とは負の相関関係にあった。

Table 65に夏秋型の完熟トマトの品質関連要因の相関表を示した。果実重は冬春型と異なり他の測定項目と有意な相関は認められなかった。糖度は還元糖、滴定酸、乾物率等との相関が高かったが、冬春型と同様、還元糖との相関が特に高かった。食味との相関が認められる項目は糖度、還元糖、滴定酸、乾物率と色調のL値（明度）であった。食味と最も相関が高かった項目は色調のL値との負の相関で、次いで還元糖、糖度、滴定酸含量であった。

II 試験 2 完熟トマトの美味しさの基準づくり

Table 66には冬春型完熟トマトの内容成分と食味試験との関係を示した。糖度4.3、滴定酸0.42%、糖度/滴定酸比10.2のサンプルAでは「うまい」との回答は20%以下で、「まずい」との回答は36%であった。糖度5.2、滴定酸0.45%、糖度/滴定酸比11.6のサンプルBでは「うまい」の回答は40%で、半数に満たなかった。糖度、滴定酸が多く、糖度/滴定酸比の高いトマトほど「うまい」との回答は増加し、糖度5.8、滴定酸0.5%、糖度/滴定酸比11.6のトマトでは60%、糖度6.5、滴定酸0.53、糖度/滴定酸比12.3のトマトでは75%の人が「うまい」と回答した。

Table 67には夏秋型完熟トマトの内容成分と食味試験との関係を示した。糖度4.5、滴定酸0.54%、糖度/滴定酸比8.3のサンプルEでは「うまい」との回答は30%程度で、「まずい」との回答は25%程度であった。糖度5.3、滴定酸0.58%、糖度/滴定酸比9.1のサンプルFでは「うまい」の回答は45%で、半数に満たなかった。糖度、滴定酸が多く、糖度/滴定酸比の高いトマトほど「うまい」との回答は増加する傾

向にあり、糖度6.1、滴定酸0.64%、糖度／滴定酸比9.5のサンプルGでは65%が「うまい」と回答していた。しかし、糖度8.2、滴定酸0.83、糖度／滴定酸比9.9のサンプルHでは「うまい」との回答は58%に若干減少し、「まずい」の回答はサンプルGに比べてかなり増加した。

考 察

完熟トマトの品質関連要因の相関関係において、果実重は冬春型では糖度、還元糖、滴定酸など内容成分と負の相関が認められた。一方夏秋型では果実重と内容成分の間に有為な相関はみられなかった。一般にトマトは果実が小さいほど糖や酸含量等が多くなる傾向がみられる¹⁷⁴⁾。箱単位での果実の大きさの平均値で、最も小さいものに対する最も大きいものの比が冬春型が1.69であったのに対して夏秋型は1.15と小さく（未発表）、夏秋型に供したトマトの果実の大きさの変動幅が小さかったために、夏秋型では果実重と内容成分との相関が認められなかったものと考えられる。

トマトの還元糖含量はいずれの作型においても、糖度と非常に高い相関が認められた。このことは甘味の指標として糖度が使用できることを裏付けている。

色調のL値は食味と負の相関が高く、暗い色調のもの程食味評価が高くなる傾向にあった。未熟なトマトでは緑色から赤色への変化を表すa値が食味に強く関係すると推察されるが、完熟トマトではa値の変動幅が小さく、収穫時の熟度に対応する明るさのL値が食味評価に関係したものと考えられる。

官能的な食味と相関が高い内容成分はこれまでの報告^{58, 74, 101, 122, 165)}とほぼ同一であったが、今回の結果では作型によって内容成分の項目が異なっている。すなわち、冬春型では滴定酸含量でなく、糖度／滴定酸比が、一方、夏秋型では糖度と滴定酸含量が官能的な食味と高い相関関係にあった。冬春型は糖度、滴定酸含量以上に甘酸比が重んじられていることから甘さが強く求められているものと考えられる。また、夏秋型では糖度／滴定酸比よりも糖度、滴定酸含量が食味に強く影響していることから糖と酸の両方の濃厚なものが求められていると考察される。このことは冬春型の糖度／滴定酸比が高く、夏秋型が低いことからもうかがえる。

ビタミンC含量と食味との関係は冬春型では相関が認められたが、夏秋型では認められなかった。冬春型ではビタミンCは糖含量、糖度／滴定酸比とも相関が認められており、間接的に食味と相関関係が生じた可能性もある。

美味しさの程度で「うまい」との回答は冬春型では糖度、滴定酸、糖度／滴定酸比が高いほど多くなっていた。以前に策定した美味しさの基準値である糖度5程度のトマトでは「うまい」との回答は半数以下で、完熟トマトが普及した今日においては糖度5程度のトマトでは一般に満足されていないことが明らかになった。

「まずい」の回答が10%以下で、「うまい」との回答が60%以上を美味しさの基準と考えると、冬春トマトでは「糖度6以上、滴定酸0.5%、糖度／滴定酸比12程度」となり、これを冬春型の完熟トマトの新たな基準値として策定できる。

夏秋型では冬春型とは糖度／滴定酸比が異なっており、夏秋型の糖と酸含量の高い糖度8以上のトマトは逆に「まずい」との回答が増える傾向にあったので、夏秋型は冬春型とは異なった基準値を策定する必要があると考えられる。そこで、冬春型と同様「まずい」の回答が10%以下で、「うまい」の回答が60%以上を美味しさの基準とする「糖度6～8、滴定酸0.6～0.8%、糖度／滴定酸比10程度」の夏秋型の完熟トマトの美味しさの基準値を策定した。

トマトは多様な作型開発が進められており、気象や産地の条件にとらわれず栽培が可能となっている。特に、雨よけ栽培は品質を向上させる技術の1つであることは良く知られている。そこで、産地条件と市場動向をみながら、季節性を活用した完熟トマトの美味しさの基準を設定した生産出荷管理を行うことにより、消費者嗜好を重視したトマト産地の振興が期待できる。

Table 64 Correlation between weight, contents, color and taste of full ripe tomato (winter-spring tomato)

weight (A)	Brix (B)	reducing acid		Brix acid (E)	grocery (F)	TVC (G)	EC (H)	color			taste (L)	
		sugar (C)	(D)					L (I)	a (J)	b (K)		
(A)	1.00											
(B)	-0.54*	1.00										
(C)	-0.49*	0.99**	1.00									
(D)	-0.65**	0.84**	0.82**	1.00								
(E)	0.27	0.13	0.14	-0.41	1.00							
(F)	-0.57**	0.95**	0.94**	0.90**	0.01	1.00						
(G)	-0.30	0.73**	0.68**	0.40	0.54*	0.68**	1.00					
(H)	-0.68**	0.80**	0.78**	0.97**	-0.45*	0.84**	0.34	1.00				
(I)	0.49*	-0.65**	-0.61**	-0.60**	0.08	-0.59**	-0.37	-0.64**	1.00			
(J)	-0.40	0.21	0.19	0.35	-0.36	0.19	-0.25	0.45*	-0.62**	1.00		
(K)	0.19	-0.11	-0.07	-0.09	0.09	-0.06	-0.02	-0.18	0.74**	-0.64**	1.00	
(L)	-0.11	0.45*	0.52*	-0.22	0.72**	0.36	0.56*	0.41	-0.43*	0.23	-0.09	1.00

*, **: Significant at 0.05, 0.01 level, respectively

TVC: total vitamin C, EC: electrical conductivity

Table 65 Correlation between weight, contents, color and taste of full ripe tomato (summer-autumn tomato)

weight (A)	Brix (B)	reducing acid		Brix acid (E)	grocery (F)	TVC (G)	EC (H)	color			taste (L)	
		sugar (C)	(D)					L (I)	a (J)	b (K)		
(A)	1.00											
(B)	-0.35	1.00										
(C)	-0.36	0.99**	1.00									
(D)	-0.41	0.80**	0.78**	1.00								
(E)	0.05	0.65*	0.70*	-0.01	1.00							
(F)	-0.32	0.97**	0.97**	0.69*	0.71**	1.00						
(G)	-0.30	0.05	-0.07	0.27	-0.29	-0.14	1.00					
(H)	-0.38	0.68*	0.61*	0.91**	-0.07	0.51*	0.63*	1.00				
(I)	0.22	-0.41	-0.38	-0.72**	0.27	-0.28	-0.10	-0.63*	1.00			
(J)	0.32	-0.02	-0.13	0.55*	-0.68*	-0.18	0.43	0.55*	-0.53*	1.00		
(K)	-0.24	-0.20	-0.14	-0.54*	0.39	-0.04	-0.45	-0.61*	0.84**	-0.53**	1.00	
(L)	-0.21	0.64*	0.65*	0.64*	0.21	0.62*	-0.37	0.41	-0.76**	0.04	-0.34	1.00

*, **: Significant at 0.05, 0.01 level, respectively

TVC: total vitamin C, EC: electrical conductivity

Table 66 Relation between contents and taste of full ripe tomato
(winter-spring tomato)

	Brix	acid	Brix acid	taste ²⁾		
				good	ordinary	no-good
		%		%	%	%
sample A ¹⁾	4.3	0.42	10.2	17.8	46.4	35.7
sample B	5.2	0.45	11.6	39.3	42.9	17.8
sample C	5.8	0.50	11.6	60.7	28.6	10.7
sample D	6.5	0.53	12.3	75.0	17.9	7.1

1)irrigation; A: B x 1.5, B: custom, C: B x 0.5, D: B x 0.25

2)number of panelist:28

Table 67 Relation between contents and taste of full ripe tomato
(summer-autumn tomato)

	Brix	acid	Brix acid	taste ²⁾		
				good	ordinary	no-good
		%		%	%	%
sample E ¹⁾	4.5	0.54	8.3	32.3	41.9	25.8
sample F	5.3	0.58	9.1	45.2	45.2	9.7
sample G	6.1	0.64	9.5	64.5	32.3	3.2
sample H	8.2	0.83	9.9	58.1	25.8	16.1

1)irrigation; E: F x 1.5, F: custom, G: F x 0.5, H: F x 0.25

2)number of panelist:31

第2節 完熟トマト・ミニトマトにおける果実内部の糖度分布と代表値の推定法の確立

トマトの味は糖や酸の濃度とそのバランスが重要な要素となっている^{58, 75, 101, 122)}。ミニトマトはトマトに比べ糖、酸、ビタミンC含量が高く、調理が不要で簡便なことから、消費が最も急激に伸びている品目である^{86, 176, 204)}。

青果物の糖度測定は簡易で、しかも味に関係が深い糖含量の評価が比較的容易にできることから広く普及している。また、青果物の味に関する品質保証の観点から糖度による全量選別を行うには、非破壊で測定することが望ましい。この研究分野の中でも今日特に、近赤外領域の分光学的情報を用いた研究が進められており^{122, 204, 233)}、ナシ、モモ、リンゴ等の専用糖度選別機も産地で使われている。

しかしながら、果実表面の一部に光を照射し果実全体の糖度を評価するには、果実の測定部位と果実全体の糖度との関係を明らかにし、精度良く評価するための光照射部位を決定することが重要となるが、これまでそのような報告は数少ない^{86, 116)}。そこで、完熟トマトとミニトマトの部位別糖度を測定し、果実内の分布状況を明確にするとともに果実全体としての糖度の推定法を検討した。

実験材料および方法

I 試験 1 完熟トマトの部位別糖度

1. 実験材料

1993年10月21日に収穫した11個と、1995年2月13日に収穫した11個の計22個のトマト果実を供試した。各作型からの6個ずつの12個は分布状況の調査及びモデル式作成のため用い、残りの10個はモデル式の精度確認のために用いた。品種は桃太郎を用いた。

2. 実験方法

糖用屈折計（アタゴ製 PR-100型）による示度（糖度）の測定部位はへた部、断面と花落ち部に分けており、断面はFig. 32に示すように果実中央部、中央部とへた部との中間面、及び中央部と花落ち部との中間面の3面を測定した。各断面はFig.

32に示すとおり13カ所を測定し、個体当たりとしては合計41部位の測定を行った。

II 試験 2 ミニトマトの部位別糖度

1. 実験材料

1993年10月18日に収穫した35個と、1995年2月10日に収穫した35個の計70個のミニトマト果実を供試した。各作型からの25個ずつの50個は分布状況の調査及びモデル式作成のために用い、残りの20個はモデル式の精度確認のために用いた。品種はミニキャロルであった。

2. 実験方法

糖度の測定部位はFig. 33のようにへた部、赤道断面と花落ち部に分けており、断面部はさらに中心部と周辺4カ所を測定し、個体当たりとしては合計7カ所の測定を行った。

実験結果

I 試験 1 完熟トマトの部位別糖度

Table 68, 69には調査個体を集計した完熟トマトの部位別糖度と部位による糖度差を示した。糖度は測定部位によって異なっており、花落ち部が最も高く、へた部が最も低くなっていた。その差は調査個体中最大で2.7° Brix、平均で1.8° Brixとなっていた。部位別糖度の変動係数は花落ち部で最も小さく、へた部で最も大きくなっており、へた部の変動係数は花落ち部の2倍以上であった。

断面の糖度は花落ち部に近いほど高い傾向にあった。断面周辺対角部位の糖度差はへた部に近い断面Aで最も大きく最大2.1° Brixで、平均でも0.4° Brixの差がみられた。花落ち部に近い断面Cでは差が少なく最大でも1.0° Brixであった。

Table 70には部位別糖度から果実全体の糖度を推定した場合の誤差を示した。トマト果実の糖度を断面から精度良く推定するには、周辺の等分した4カ所測定を行い、それらの平均値を求める場合が最も誤差の標準偏差が小さくなり、続いて対角2カ所測定の誤差の標準偏差が小さかった。なお、A～Cの3断面を比較すると花落ち部に近いほど推定誤差が小さくなる傾向にあった。

花落ち部の糖度は果実全体の糖度に比べて平均0.7° Brix高くなるが、誤差の標準偏差は非常に小さい値であった。

以上の結果にもとづき、完熟トマト果実全体の糖度を推定する3つのモデル式を以下のように策定した。

$$TBX(1) = \{ \sum (\text{断面の均等な周辺4ヶ所の糖度}) \} / 4 + \Delta TBX$$

-----(1)

$$TBX(2) = \{ \sum (\text{断面の対角部の糖度}) \} / 2 + \Delta TBX$$

-----(2)

$$TBX(3) = (\text{花落ち部の糖度}) - 0.7 + \Delta TBX$$

-----(3)

TBX: 完熟トマトの推定糖度 $\Delta TBX = (\text{実際の糖度}) - (\text{推定糖度})$

Table 71には、未知の完熟トマトを用いて糖度推定式の精度を比較した結果を示した。(1)式の誤差の標準偏差は断面によって異なっており、0.12～0.33° Brixであった。(2)式の誤差の標準偏差は0.20～0.71° Brixで、(3)式の誤差の標準偏差は

0.27°Brixとなっていた。(1)式の断面Cでの誤差の標準偏差が最も小さかった。断面は花落ち部に近いほど誤差の標準偏差が小さくなる傾向にあった。

II 試験 2 ミニトマトの部位別糖度

Table 72に調査個体を集計したミニトマトの部位別糖度を示した。糖度は完熟トマトと同様測定部位によって異なっており、花落ち部が最も高く、へた部が最も低かった。その差は平均1.2°Brixであった。果実の赤道断面はへた部と花落ち部の中間でそれらの平均値よりも少し高い値であった。果実の中央部の糖度は断面周辺部の平均値とほぼ同じ値であった。部位別の糖度の変動係数は花落ち部が最も小さかった。

Table 73には、部位別糖度から果実の全体の糖度を推定した場合の誤差を示した。果実側面の1カ所測定から果実の全体の糖度を推定した場合の誤差は、平均的には0.1°Brix程度で、誤差の標準偏差は約0.3°Brixであった。対角部の平均値を求めることにより、誤差の標準偏差は1/3に減少した。さらに、周辺4カ所測定の場合は、誤差の標準偏差が一層小さくなった。

花落ち部の糖度は果実全体の糖度より平均0.5°Brix高かったが、個体別のその差の偏差は小さかった。

以上の結果にもとづき、ミニトマト果実全体の糖度の推定モデル式を以下のように3式策定した。

$$\text{MTBX}(1) = \{ \sum (\text{断面の均等な周辺4ヶ所の糖度}) \} / 4 + \Delta \text{MTBX} \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{MTBX}(2) = \{ \sum (\text{断面の対角部の糖度}) \} / 2 + \Delta \text{MTBX} \quad \text{----- (5)}$$

$$\text{MTBX}(3) = (\text{花落ち部の糖度}) - 0.5 + \Delta \text{MTBX} \quad \text{----- (6)}$$

MTBX: ミニトマト果実全体の推定糖度 $\Delta \text{MTBX} = (\text{実際の糖度}) - (\text{推定糖度})$

Table 74には、未知のミニトマトを用いて糖度推定式の精度を比較した結果を示した。(4)式の誤差の標準偏差は0.08°Brix、(5)式では0.11°Brixとなり、(6)式の誤差の標準偏差は0.14°Brixとなっており、(4)式の誤差の標準偏差が最も小さかった。

考 察

部位による糖度の差はへた部と花落ち部との間で大きく、完熟トマトでは平均1.8°Brix、ミニトマトでは平均1.2°Brix花落ち部の方が高いことが明らかになった。このことから、完熟トマトの方が個体内の部位別の糖度変動が大きい。森ら¹¹⁶⁾がトマトの糖は果実全体を分析する代わりに、果実を横方向に輪切りし、中央部を供

試すると平均的な値が得られると報告しており、本試験結果でも完熟トマト、ミニトマトの赤道断面の糖度はともにへた部と花落ち部の平均値に近いことから、果実全体を評価するのに果実断面は有効な部位だと推察される。宮本ら⁸⁶⁾は温州ミカンで果実を赤道面に沿って3分割した場合、糖度は花落ち部>赤道部>へた部となり、赤道部の糖度は1果平均糖度とほぼ一致すると報告されており、本試験結果と一致している。このことから赤道断面の糖度が果実の平均糖度に近似することは果実類の特徴であると考えられる。

完熟トマト、ミニトマトの部位別糖度の変動係数は花落ち部で最も小さかったが、宮本ら⁸⁶⁾は温州ミカンを調査した結果、赤道部での変動係数が最も小さいと報告している。このことから、変動係数の小さい部位は作物の種類によって異なるものと考えられる。

完熟トマトの果実全体の糖度推定では、断面の周辺4カ所測定が精度は良かったが、特に花落ち部に近い断面Cが優れていた。これは花落ち部に近いほど断面周辺部の糖度の変動が小さいためだと考えられる。対角2カ所測定の場合も花落ち部に近い断面Cが有効だと推察される。花落ち部の1カ所測定はへた部よりの断面Cの4及び2カ所測定に比べて誤差は大きいですが、断面Bの2カ所測定程度の推定誤差であることから、1カ所測定としてはかなり精度が高いと考えられる。

ミニトマトの果実全体の糖度を推定するのに、断面周辺4カ所測定を行う場合が誤差の標準偏差は最も小さくなるが、対角2カ所測定の場合でも誤差の標準偏差は 0.1° Brix程度とかなり精度が高いことから、糖度推定の有効な手法と考えられる。さらに、花落ち部1カ所測定でも誤差の標準偏差は 0.14° Brixで、1カ所としては完熟トマトと同様比較的精度の良いことが明らかになった。

以上のことより、近赤外線等の光情報で、ミニトマト並びにトマト果実全体の評価を的確に行う場合に、断面の2又は4カ所の測定を行うことが必要だと考えられる。しかも、完熟トマトでは花落ち部に近い断面Cでの測定を行えばより精度が高まることが確認できた。また、1カ所測定で品質評価を行う場合には花落ち部が望ましく、測定値の補正を行えば、比較的精度良く推定できることが明らかになった。

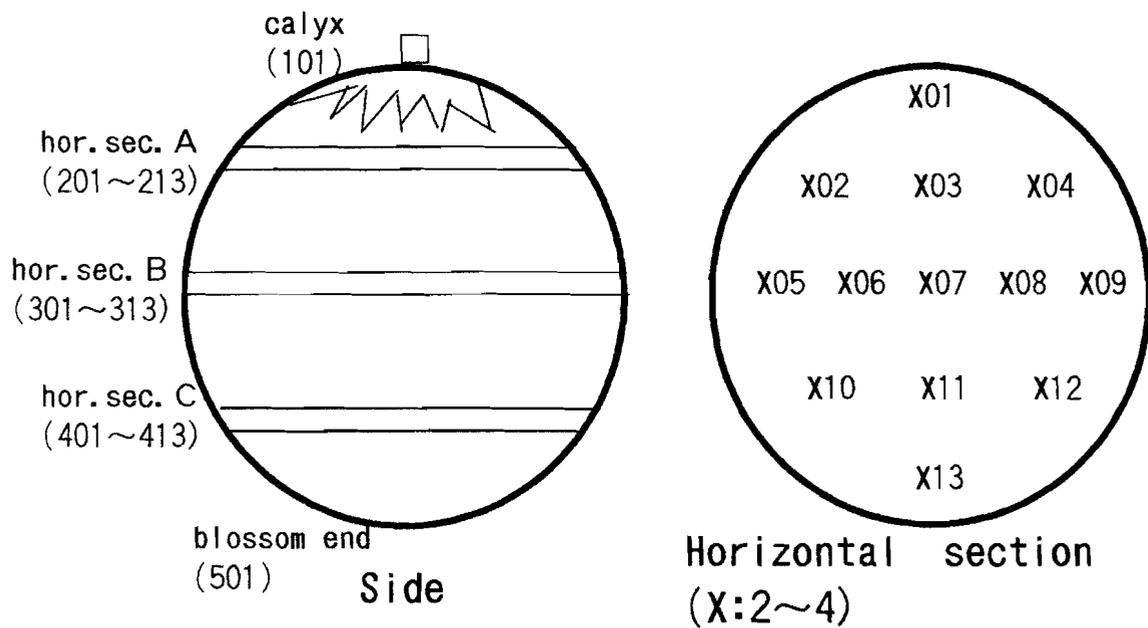


Fig.32 The section of brix measurement in tomato fruit hor.sec. ; horizontal section

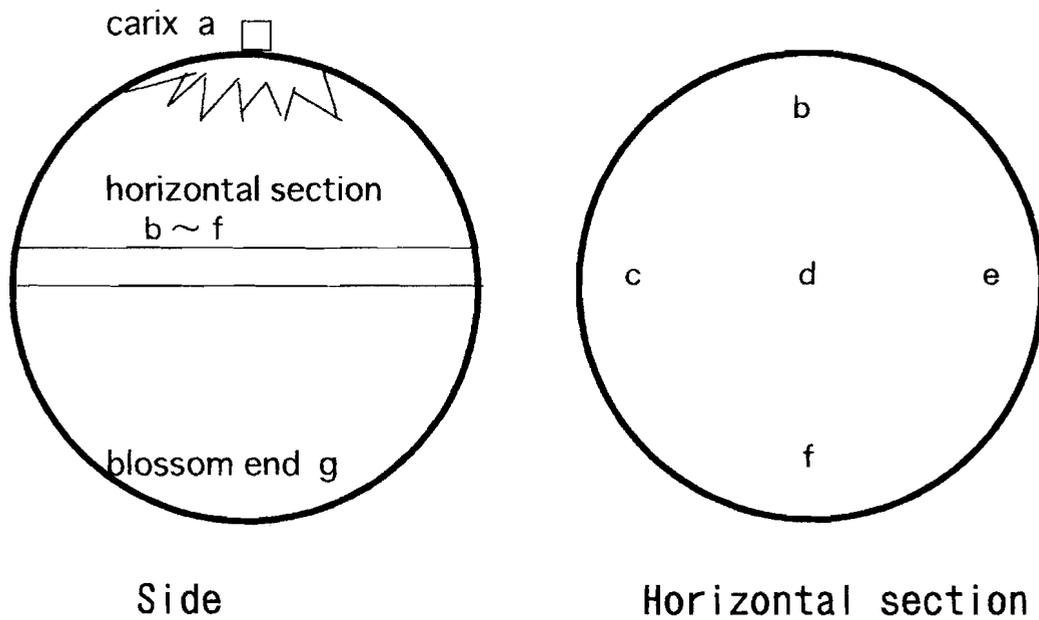


Fig.33 The section of brix measurement in cherry tomato fruit

Table 68 Brix at different section in full ripe tomato

	Calyx hori. sec. A				hori. sec. B				hori. sec. C				blos. end	
	cir.	inter.	cen.	av.	cir.	inter.	cen.	av.	cir.	inter.	cen.	av.		
Brix ¹⁾	4.4	5.3	5.2	4.9	5.2	5.5	5.5	5.3	5.4	5.5	5.5	5.6	5.5	6.2
S.D. ²⁾	1.3	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	1.1	1.0	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
CV ³⁾ %	30	19	17	16	17	18	16	21	19	15	15	13	15	13

1)Brix:average value of brix

2)S.D.:standard of deviation

3)CV:coefficient of fluctuation on deviation per average value

hori. sec.:horizontal setion , cir.:circumference, inter.:intermediate,
 cen.:center ,av.:average , blos. end:blossom end
 circumference --(X01+X02+X04+X05+X09+X10+X12+X13)/8
 intermediate --(X03+X06+X08+X11)/4

The section of measurement:refer to Fig. 32

The number of measurement:12 samples

Table 69 The difference of Brix at different section in full ripe tomato

	hori. sec. A			hori. sec. B			hori. sec. C			calyx and blossom end		
	max.	av.	S.D.	max.	av.	S.D.	max.	av.	S.D.	max.	av.	S.D.
Difference	2.1	0.4	0.8	1.6	0.2	0.6	1.0	0.2	0.3	2.7	1.8	0.6

hori. sec.:horizontal setion

max.:maximum, av.:average, S.D.:standard of deviation

The section of measurement:refer to Fig. 32

The number of measurement:12 samples

Table 70 The precision of Brix from sections in full ripe tomato

	hori. sec. A			hori. sec. B			hori. sec. C			(blossom end)-T
	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	
	number of part			number of part			number of part			
	1	2	4*	1	2	4	1	2	4	
E. E.	0.5	-0.3	-0.1	0.3	-0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.7
S. D.	0.9	0.6	0.2	0.6	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1

E. E. : estimate of error, S. D. : standard deviation of error

hori. sec. : horizontal section

C : Brix value of circumference (4 parts: average value of 4 parts)

T : Brix value of whole tomato (5.2 BX STDV 1.1)

The section of measurement: refer to Fig. 32

The number of measurement: 12 samples

Table 71 The precision of predictive equations of Brix with unknown samples in full ripe tomato

predictive equation	circumference section ¹⁾	standard deviation of error with unknown samples ²⁾ (Brix)
model-1 ³⁾	A	0.33
	B	0.14
	C	0.12
model-2	A	0.71
	B	0.31
	C	0.20
model-3	—	0.27

1) circumference section: refer to Fig. 32

2) The number of unknown sample: 10 samples

3) predictive equations (model 1 to 3): refer to the text

Table 72 Brix at different section in cherry tomato

	Calyx a ⁴⁾	horizontal section					blos. end	To	R	S	T
		b	c	d	e	f	g				
Brix ¹⁾	6.2	6.9	7.0	7.0	6.9	7.1	7.4	6.9	7.0	7.0	6.9
S. D. ²⁾	1.0	1.1	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
CV ³⁾ %	16	16	17	16	16	14	12	14	14	14	14

1)Brix:average value of acid

2)S.D. :standard of deviation

3)CV:coefficient of fluctuation on deviation per average value

4)The section of measurement(a~g):refer to Fig. 33

blos. end:blossom end

To--average value of all measurement section:(a+b+c+d+e+f+g)/7

R--average value of horizontal section:(b+c+d+e+f)/5

S--average value of circumference section:(b+c+e+f)/4

T--value of whole fruit

The number of measurement:50 samples

Table 73 The precision of Brix from sections in cherry tomato

	To-T	R-T	S-T	b-T	c-T	(b+f)/2-T	(c+e)/2-T	g-T
E. E.	0.03	0.05	0.04	0.07	0.09	0.05	0.03	0.50
S. D.	0.09	0.07	0.06	0.32	0.28	0.09	0.10	0.14

E. E. : estimate of error, S. D. : standard deviation of error

To--average value of all measurement section:(a+b+c+d+e+f+g)/7

R--average value of horizontal section:(b+c+d+e+f)/5

S--average value of circumference section:(b+c+e+f)/4

T--value of whole fruit

The number of measurement:50 samples

Table 74 The precision of predictive equations of Brix with unknown samples in cherry tomato

predictive equation	standard deviation of error with unknown samples ¹⁾ (Brix)
equation model-1 ²⁾	0.08
equation model-2	0.11
equation model-3	0.14

1)The number of unknown sample:20 samples

2)predictive equations (model-1 to 3):refer to the text

第3節 完熟トマトにおける果実内部位の酸度分布と代表値の推定法の確立

トマトの味は糖や酸の濃度とそのバランスが重要な要素となっている^{58, 75, 101, 122}。ただし、その味に関する糖度や酸含量の品質保証についてはサンプル抽出ではなく、全量測定が望ましく、そのためには、非破壊で測定が必要となる。この研究分野の中でも今日特に、近赤外領域の分光学的情報を用いた研究が進められており^{122, 204, 233}、ナシ、モモ、リンゴ等では専用糖度選別機が産地で使われている。

しかしながら、果実表面の一部に光を照射し果実全体の糖度や酸含量を評価するには、果実の測定部位と果実全体の糖度や酸含量との関係を明らかにし、精度良く評価するための光照射部位を決定することが重要となるが、これまでそのような報告は数少ない^{86, 116}。

第2節では、トマト、ミニトマトにおける糖度の果実内部位別の分布状況と部位から果実全体の糖度を推定する方法について検討した。そこで、本節では、完熟トマトの部位別酸度（酸含量）を測定し、果実内の分布状況を明確にするとともに果実全体としての酸含量の推定法を検討した。

実験材料および方法

1. 実験材料

1995年10月5日に収穫した16個のトマト果実を供試した。その内10個は分布状況の調査及びモデル式作成のため用い、残りの6個はモデル式の精度確認のために用いた。品種は桃太郎を用いた。

2. 実験方法

酸含量（酸度）の測定部位はへた部、赤道断面と花落ち部で、赤道断面はさらにFig. 34に示すように果実中心部、周辺部4か所、中心部と周辺部の中間部位4か所の9か所を測定し、個体当たりとしては合計11部位の測定を行った。

酸含量の測定は測定部位を乳鉢ですりつぶし、試料5gを100mlに蒸留水で定容し、8時間抽出後、ろ過液をN/10NaOHで中和滴定し、クエン酸換算した。滴定は自動滴定装置（HIRANUMA製 COM-500型）で行った。

実験結果

Table 75、76には調査個体を集計した完熟トマトの部位別酸含量と部位による酸含量の差を示した。酸含量は測定部位によって異なっており、果実の中心部が最も高く、赤道断面では周辺部に近い部位ほど酸含量が低くなっていた。へた部と周辺部及び花落ち部の酸含量の差は比較的小さいものの、その中ではへた部の酸含量がやや少ない傾向にあった。周辺部と中心部の酸含量の差は調査個体中最大で0.24%、

平均で0.14%であった。花落ち部と中心部との差は最大で0.19%、平均で0.12%であった。赤道断面の周辺対角部位の酸含量の差は最大で0.07%、平均で0.04%であった。トマト果実全体の酸含量との比較では周辺部の平均酸含量は果実全体に比べて0.04%少なく、花落ち部は同様に0.03%少なかった。部位別酸含量の変動係数は中心部で最も大きく、花落ち部で最も小さくなっており、中心部の変動係数は花落ち部の2倍以上であった。

以上の酸含量の分布状況の結果にもとづき、完熟トマト果実全体の酸含量を推定する4つのモデル式を以下のように策定した。

$$TA(1) = (\text{赤道断面の周辺1か所の酸含量}) + 0.04 + \Delta TA_1$$

----- (モデル 1)

$$TA(2) = \{ \Sigma (\text{赤道断面の対角部の酸含量}) \} / 2 + 0.04 + \Delta TA_2$$

----- (モデル 2)

$$TA(3) = \{ \Sigma (\text{赤道断面の均等な周辺4か所の酸含量}) \} / 4 + 0.04 + \Delta TA_3$$

----- (モデル 3)

$$TA(4) = (\text{花落ち部の酸含量}) + 0.03 + \Delta TA_4$$

----- (モデル 4)

TA : 完熟トマトの推定酸含量、 $\Delta TA_1 \sim 4$: 補正項

Table 77には部位別酸含量から果実全体の酸含量を推定した場合の誤差を示した。断面周辺の1か所から推定したモデル式の誤差の標準偏差は0.04%で測定か所を増やせば、増やすほどモデル式の誤差の標準偏差は小さくなった。花落ち部から求めるモデル式の誤差の標準偏差は0.04%で、周辺1か所測定と同じであった。

Table 78には、未知の完熟トマトを用いて酸含量推定式の精度を比較した結果を示した。モデル1式の誤差の標準偏差は0.06%で、モデル2式、モデル3式、モデル4式の誤差の標準偏差は各々0.03%、0.02%、0.05%で周辺4か所測定の精度が最も優れていた。

考 察

部位による酸含量の差は果実の中心部と周辺部との間で大きく、完熟トマトでは平均0.14%中心部の方が高い。

糖度の場合は花落ち部が最も高く、中心部は周辺部と同程度かむしろ周辺部より少ない傾向にあり¹⁵²⁾、糖度と酸含量では果実内の分布状況が全く異なっていた。このことから糖度は果実表面の光情報で果実全体の糖度の推定が容易にできるため、反射方式の近赤外分光装置でも測定しやすい。一方、中心部に集積する酸含量をより正確に推定には果実表面のみでなく、内部まで光が透る透過方式の近赤外分光装

置での測定の方が望ましいものと考えられる。

また、酸が果実の中心部に多く蓄積されているので、果実の表皮に近い部位の酸含量から果実全体の酸含量の推定を行う場合には、補正が必要となる。その補正定数値は供試トマトの部位別酸含量の分布状況から判断して、果実の周辺部位では0.04%、花落ち部では0.03%が適切であると考えられた。

完熟トマトの部位別酸含量の変動係数は果実の中心部で最も大きく、花落ち部で最も小さかった。糖度の変動係数でも花落ち部で小さくなっており¹⁵²⁾、トマトでは糖度、酸含量共に花落ち部が個体別のばらつきの少ない部位であると推察される。

完熟トマトの果実全体の酸含量の推定では、断面の周辺4か所測定の精度が最も良かったが、周辺2か所測定の場合でも推定誤差は比較的小さかった。このことから、近赤外線等の光情報で果実表皮周辺の酸含量からトマト果実全体の酸含量を的確に評価する場合の実用的な測定には、果実の赤道部位の周辺対角2か所測定が有効な測定法と考えられる。

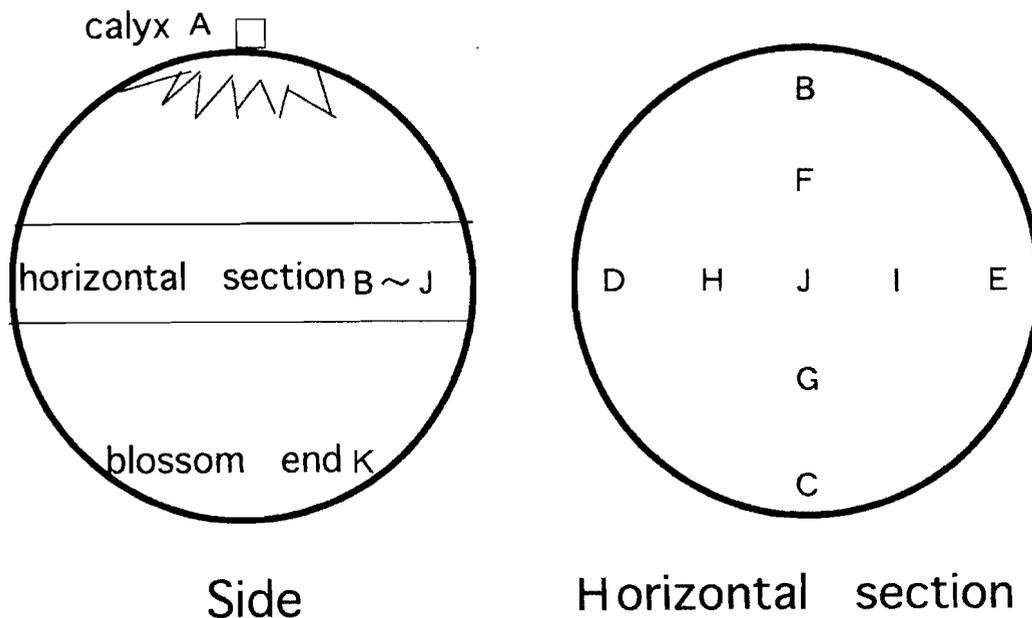


Fig.34 The section of acid content measurement in tomato fruit

Table 75 Acid at different section in full ripe tomato

	calyx	horizontal section			blossom end	central value
		circumference	intermediate	center		
Acid ¹⁾	0.43	0.46	0.54	0.61	0.47	0.50
S. D. ²⁾	0.058	0.081	0.095	0.135	0.051	0.082
CV ³⁾ %	13.5	17.6	17.6	22.1	10.9	16.4

1)Acid:average value of acid

2)S. D. :standard of deviation

3)CV:coefficient of fluctuation on deviation per average value

The section of measurement:refer to Fig.34

The number of measurement:10 samples

Table 76 The difference of Acid at different section in full ripe tomatoes

	diagonal of circumference			circumference and center			blossom end and center			calyx and blossom end		
	max.	av.	S. D.	max.	av.	S. D.	max.	av.	S. D.	max.	av.	S. D.
Difference	0.07	0.04	0.02	0.24	0.14	0.08	0.19	0.12	0.09	0.08	0.04	0.03

The section of measurement:refer to Fig.34

max.:maximum, av.:average, S. D. :standard of deviation

The number of measurement:10 samples

Table 77 The precision of predictive equations of acid with samples used in full ripe tomato

	circumference			blossom end
	model 1 (1 part)	model 2 (2 parts)	model 3 (4 parts)	model 4 (1 part)
estimate of error	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
standard deviation of error	0.04	0.02	0.01	0.04

predictive equations (model 1 to 4):refer to the text
The number of measurement:10 samples

Table 78 The precision of predictive equations of acid with unknown samples in full ripe tomato (g/100gF.W.)

predictive equation	standard deviation of error with unknown samples ¹⁾ (%)
model 1 ²⁾ (1 part at circumference)	0.06
model 2 (2 parts at circumference)	0.03
model 3 (4 parts at circumference)	0.02
model 4 (1 part at blossom end)	0.05

1)The number of unknown sample:6 samples

2)predictive equations (model 1 to 4):refer to the text

第4節 近赤外分光法によるトマトの非破壊品質評価法の確立

食生活の高品質化、多様化にともない、野菜・果物の本質である「味」・「栄養価」など、品質の優れたものが、消費者から強く要求されている。それらの要望に応えるためには、「味・栄養価などの品質保証」が必要であり、それらの品質保証を行うには、糖・酸・ビタミン類などの内容成分を事前に分析する必要がある。しかも農産物の生産・流通現場においては、できるだけその分析に時間をかけないこと、分析試料を傷つけないこと、分析操作が簡単であることなどが望まれる。また、鮮度保持技術の研究においても、非破壊で同一個体の内容成分を繰り返し測定できれば、品質の経時変化を知る上で精度の高い調査が可能となるなど多くの利点がある。

その非破壊分析法の一つとして最近、近赤外線分光法が脚光をあびており^{27, 64, 72, 107, 172, 231)}、すでに米国・カナダにおいて小麦の公定検査法として採用されており⁶⁴⁾、わが国においても米・飼料その他の分析用検量線が開発されている^{14, 59, 64, 65, 222, 266)}。著者らはミニトマトの糖度・酸の分析用検量線をすでに開発している²⁷⁰⁾が、野菜・果物への応用例はこれまで少なく、その開発が急がれている。

そこで、本節では、普通トマトにおける糖・酸・ビタミンC・乾物率などや食味についての非破壊品質評価法の検討を行った結果を記す。

実験材料および方法

1. 実験材料

供試したトマト試料は当センター内で栽培されたもので、品種は幅広い分析用検量線を作成するために陽玉（丸玉系）とマルチファースト（ファースト系）の2品種を用いた。試料数は検量線作成のための45個体と、信頼度を検定するための未知試料17個体の合わせて62個体である。

2. 実験方法

1) 検量線の作成法

非破壊品質評価のための検量線開発の手順に付いては、Fig. 35に示した。まず、近赤外装置（アメリカテクニコン社製インフライザー450スーパー）により、700～2500nmまでの波長域について4nm間隔でトマト試料の吸収波形を測定した（Fig. 36）。このとき用いた試料の状態は果実の表皮側から直接近赤外線を照射したものと、試料をホモジナイズした状態で近赤外線を照射したものの2通りとした。また、原スペクトルのみならず1次・2次微分変換のスペクトルについても検討した。

次に測定した吸収スペクトルと従来法による化学分析値及び食味調査値との相関のある波長及び検量線を求めた。

さらに、未知試料を用いて、すでに求めた検量線の信頼性を検討した。なお、未

知試料を用いて、求められるすべての検量線について比較検討するのは非常に困難であるので、予め、1試料状態・1スペクトル変換状態の中から1つの有効と考えられる検量線を選択した。その選択基準は検量線を求めるのに用いた試料数・波長数・相関係数・標準誤差・相関分布図などを総合的に検討したものである。以上のような手順により、分析用検量線の開発を行った。

なお、試料の状態において、果実の表皮側から直接近赤外線を当てる場合、現機種では試料室が狭くて、1個体丸ごと試料室に入れて表皮側から直接測定する方法はとれないので、果実を表皮を含む厚さ10mmに切って試料室に入れ、近赤外線を照射した(Fig. 37)。また、ホモジナイズの状態では測定する場合には、測定に適するような試料容器を試作し、これにホモジナイズした試料を挿入し、直接近赤外線を照射した。なお、吸収波形は、1個体について表皮及びホモジナイズの状態でも各々3回ずつ繰り返して測定した。

2) 内容成分分析法及び食味調査法

糖度は、果実全体をホモジナイズし、その汁液について糖用屈折計の示度で示した。還元糖は、ソモギー変法によるグルコース換算値、滴定酸はN/10NaOH滴定酸によるクエン酸換算値で示した。ビタミンCはヒドラジン比色法により測定し、KとMgは蒸留水で抽出後、原子吸光法で測定した。乾物率は、135℃で5時間乾燥後測定した。

食味調査法は、4人のパネラーによる10段階味覚評価により行った。

実験結果

1. 食味と相関のある果実の内容成分

トマトの食味並びに内容成分間の相関結果をTable 79に示した。内容成分間では、糖度は、乾物率・還元糖・K・Mgなどと高い正の相関関係にあり、酸含量は、乾物率・Kなどと比較的高い相関がみられた。ビタミンCは、他の内容成分との相関関係はほとんど認められなかった。乾物率はpHをのぞく、すべての調査項目において、有意な正の相関が認められた。今回試みた官能的な食味は、Mg・K含量及び甘味などと関係の深い糖度と比較的高い正の相関が認められた。

2. 手分析値及び食味と近赤外スペクトルデータとの相関の高い波長並びに相関係数

Table 80に近赤外スペクトルデータと糖度との相関の高い波長並びに相関係数を示した。波長については、表皮から直接近赤外線を照射した場合と、試料をホモジナイズした状態で照射した場合について検討した。その結果、試料の状態によって、有効な選択波長が異なっていた。糖度に関して、原スペクトルで相関の高いと認められた波長は、表皮からの方が、1378、1434、1706、2490nmなどで、ホモジナイズ

した状態の706、738、1066、1146nmなどに比べて比較的長波長域の波長であった。また、吸収スペクトルを微分変換することによっても選択波長が異なっていた。

これらの選択波長により求めた検量線の相関は、Table 80に示すように選択波長数が多くなるにしたがって相関係数が高くなる。Table 81には、同様に近赤外スペクトルデータと食味とに関して、相関の高い波長及び相関係数を示した。表皮から直接近赤外線を照射した場合の原スペクトルにおける選択波長は、糖度と食味とでは、かなり異なっていた。すなわち、糖度の場合は1300～2500nm域の波長が選択されたのに対して、食味指標では700～1100nm域の波長が選択された。

3. 検量線の未知試料による信頼性の検討

各分析及び調査項目について、前述の選択基準に従い1試料状態・1スペクトル変換状態につき1つの有望な検量線を選択し、未知試料を用いてその検量線の信頼性を検討した。

Table 82に原スペクトルで求めた検量線を使って未知試料を測定した値と、その後の手分析値との相関を示した。その結果表皮より直接近赤外線を照射する方法では、Mg含量は $r=0.909$ 、糖度は0.890、食味は0.889と比較的高い相関が得られた。また、ホモジナイズの状態では、乾物率は $r=0.925$ 、Mg含量は0.919、糖度は0.867、食味とK含量は0.865、還元糖は0.816、全ビタミンC含量は0.802の比較的高い相関が得られた。

Fig. 38～Fig. 40は表皮側から直接近赤外線を照射した原スペクトルより求めた検量線について、未知試料を近赤外線分析装置により測定した値と手分析で求めた値との相関分布図である。糖度に関しては、糖度4～8域で手分析値と近赤外分析装置による測定値との差は小さいが、より高糖度域では差が大きかった。その原因は検量線作成時の試料には糖度9程度までの個体しかなく、また高糖度の個体数が少なかったためと推察される。さらに、官能的な食味及び食味と最も高い相関が認められたMgについての相関分布図から判断すると、食味や比較的微量に含まれているMgについても近赤外線分光法により測定が可能であると考えられる。

トマトの糖度・還元糖・K・Mg・乾物率の5項目測定時における試料の状態、並びに吸収スペクトルの変換状態と信頼性の高い検量線との関係は比較的良好なパターンを示しており、未知試料との相関の高い検量線は、原及び1次微分変換スペクトルより得られる傾向にあった (Table 82)。酸・全ビタミンC・食味に関しては、全ビタミンCがホモジナイズの原スペクトルでのみ高い相関を示すなどすでに述べた5項目とは、多少パターンが異なっていたが、やはり2次微分変換スペクトルからは未知試料との相関の高い検量線は得にくい傾向にあった。

以上のことより、近赤外線分光法によりトマトの内容成分を非破壊かつ迅速に測定できる有効な検量線が得られることが明らかとなった。

考 察

トマト果実の食味と内容成分との関係について調査した結果、食味は、甘味の指標である糖度と相関が高かった。これは中川ら¹⁶⁴⁾の報告と一致する。さらに本研究においてトマトの食味はMg・K含量との有意な相関があることが認められた。

消費者から高品質トマトの生産・流通が強く要求されている今日においては、食味に関与する成分をより深く究明することが重要であると考えられる。

未知試料を用いて、選択した検量線の信頼性を検討したが、試料状態に関しては、表皮側から直接近赤外線を照射する方法よりも試料をホモジナイズした状態で近赤外線を照射する方法の方がより多くの項目で高い相関が得られる傾向にあった。しかしながら、表皮側より直接近赤外線を照射する方法においても、糖度、還元糖、K、Mg、乾物率については十分実用に供し得る有効な検量線が得られることが確認された。特に、今回初めて試みた官能的な食味に関しても、他の内容成分と同様、表皮側から直接近赤外線を照射する方法により測定できることが確認された。

吸収スペクトルの変換状態と未知試料を用いて検討した検量線の信頼性については本研究の結果では、原及び1次微分変換スペクトルから求めた検量線において、未知試料でも比較的高い相関が得られており、2次微分変換スペクトルからは未知試料との相関の高い検量線は得にくい傾向にあった。この原因については不明であるが、他の農産物についても今後検討していく必要があると考えられる。

ミニトマト²⁷⁰⁾においては、単一品種の試料で検量線を作成し、未知試料の個体についても同一時期の収穫物を使用したのに対して、本報での検討は、丸玉トマトとファーストトマト（形・果肉ともタイプが異なる）の2品種を用いての検量線であり、しかも、未知試料での信頼性の検討についても同一圃場とはいえ、検量線作成時より2週間後に収穫した試料で比較検討した。これは、信頼性の高い検量線を作成するにあたって、適用幅の広い検量線が作成できる可能性について検討するために行ったものである。本研究の結果から判断すると、トマトに関しては、内容成分及び食味に関して、適用範囲の広い検量線の得られる可能性があるものと考えられた。

今後は今回開発した分析用検量線の精度を一層高める必要があると考えられる。さらに、同個体を何回でも分析できる利点を使い、貯蔵中の内容成分の変化などの検討も行う必要があると考えている。

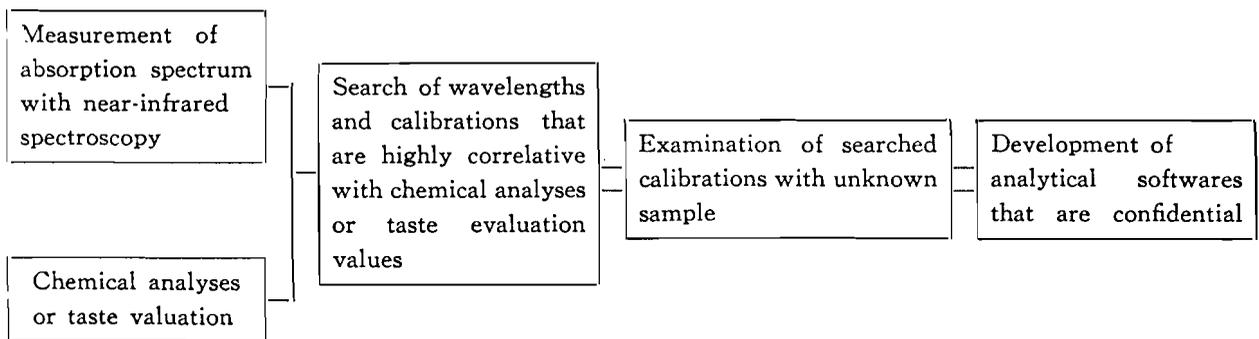


Fig.35 Development of analytical software for non-destructive quality evaluation of crops with near-infrared spectroscopy

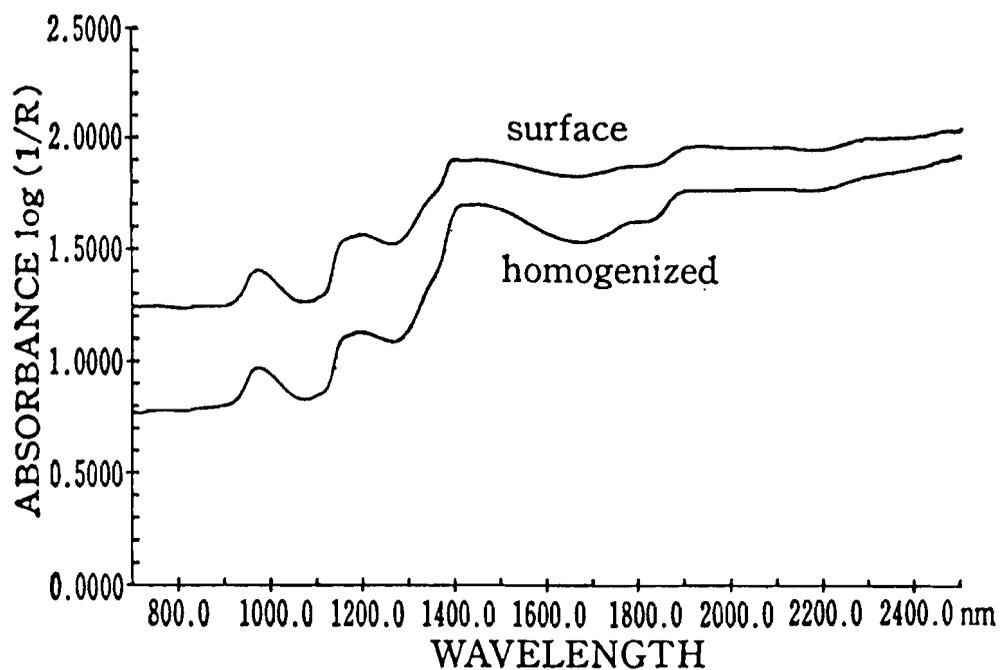


Fig.36 Original absorption spectrums of tomato that were measured with near-infrared spectroscopy

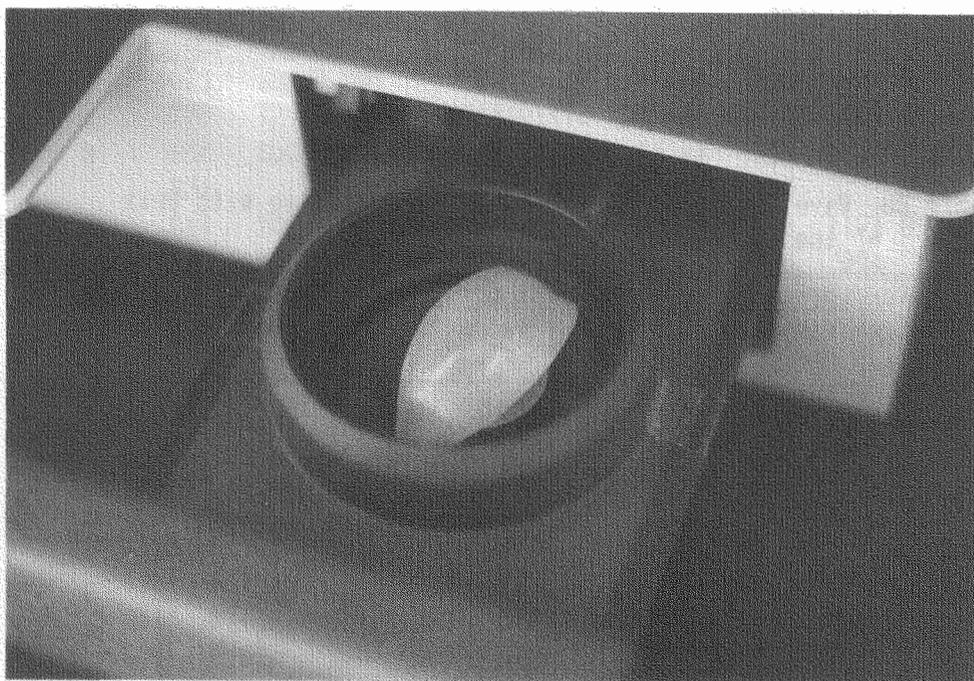


Fig.37 Near-infrared spectroscopy and state of tomato sample

Table 79 Correlation between contents and taste of tomato fruit

	Brix	Acid	TVC	RVC	Reducing sugar	K	Mg	pH	Grocery	Taste
Brix	1									
Acid	.678**	1								
TVC	.391**	.243	1							
RVC	.359*	.262	.983**	1						
R-sugar	.831**	.624**	.388**	.372**	1					
K	.877**	.736**	.348*	.324*	.683**	1				
Mg	.816**	.683**	.220	.220	.589**	.854**	1			
pH	.337*	-.208	.186	.159	.270	.301*	.383**	1		
Grocery	.921**	.739**	.469**	.436**	.833**	.857**	.694**	.211	1	
Taste	.594**	.253	.022	.032	.369*	.626**	.672**	.392**	.419**	1

*, **: Significant at 0.05, 0.01 level, respectively

TVC: total vitamin C, RVC: reducing vitamin C

Number of sample: 45

Table 80 Wavelengths of NIR which are correlative with brix of tomato

sample state	wave-length number	original spectrum		1st deri. spectrum		2nd deri. spectrum	
		wavelength	R	wavelength	R	wavelength	R
		nm		nm		nm	
	1	1722	0.298**	1170	0.531**	1174	0.341**
	2	1682	1378 0.577**	1170	1058 0.576**	1174	1142 0.441**
	3	1706	1378 0.671**	1170	1058 0.643**	1174	1142 0.527**
surface		1434		834		1726	
	4	1706	1378 0.684**	1034	858 0.705**	1774	1142 0.559**
		2490	1650	834	970	1726	1870
	5	1706	1378 0.736**	1034	585 0.722**	1174	1142 0.589**
		2266	1650	834	790	1878	1870
		1402		1290		1478	
	6	1706	1378 0.753**	1034	858 0.787**	1174	1142 0.618**
		2266	1650	834	970	1878	1870
		1402	2162	1170	1258	1478	726
	1	706	0.141	746	0.183	950	0.312**
	2	738	1066 0.269**	962	1042 0.515**	1142	1038 0.390**
	3	738	1066 0.370**	962	1042 0.559**	1142	1038 0.462**
homoge-nized		1146		1906		1846	
	4	1146	1066 0.391**	962	1042 0.594**	1142	1038 0.504**
		738	706	1906	970	1846	950
	5	738	1066 0.448**	962	1042 0.612**	1142	1038 0.517**
		1146	2490	1898	1162	1846	950
		1354		850		990	
	6	738	1066 0.507**	962	1042 0.618**	1142	1038 0.532**
		1146	2490	1898	1162	1774	950
		1354	706	850	2426	990	2030

R:correlation coefficient

*, **: Significant at 0.05, 0.01 level, respectively

~~~~~:selected calibrations

Number of sample:135

Table 81 Wavelengths of NIR which are correlative with taste of tomato

| sample state | wave-length number | original spectrum |         | 1st deri. spectrum |         | 2nd deri. spectrum |         |         |
|--------------|--------------------|-------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|---------|
|              |                    | wavelength nm     | R       | wavelength nm      | R       | wavelength nm      | R       |         |
| surface      | 1                  | 1074              | 0.095   | 714                | 0.577** | 718                | 0.455** |         |
|              | 2                  | 770               | 0.617** | 714                | 0.695** | 718                | 0.548** |         |
|              | 3                  | 858               | 0.698** | 714                | 0.732** | 718                | 0.632** |         |
|              |                    | 834               |         | 1250               |         | 726                |         |         |
|              | 4                  | 914               | 0.775** | 714                | 0.770** | 718                | 0.664** |         |
|              |                    | 810               | 0.938   | 850                | 1146    | 726                | 934     |         |
|              | 5                  | 1106              | 0.823** | 714                | 0.793** | 718                | 0.690** |         |
|              |                    | 810               | 0.762   | 842                | 1146    | 726                | 934     |         |
|              |                    | 1074              |         | 1474               |         | 766                |         |         |
|              | 6                  | 1106              | 0.835** | 714                | 0.812** | 718                | 0.708** |         |
|              |                    | 810               | 0.762   | 842                | 1146    | 726                | 934     |         |
|              |                    | 1074              | 1026    | 1474               | 1274    | 766                | 854     |         |
| homoge-nized | 1                  | 1282              | 0.324   | 746                | 0.532** | 1334               | 0.485** |         |
|              | 2                  | 1066              | 0.563** | 746                | 0.591** | 1334               | 0.565** |         |
|              | 3                  | 1066              | 0.612** | 746                | 0.614** | 1334               | 0.630** |         |
|              |                    | 1450              |         | 754                |         | 1142               |         |         |
|              | 4                  | 1066              | 0.638** | 746                | 0.630** | 1334               | 0.694** |         |
|              |                    | 2490              | 0.954   | 754                | 2474    | 1022               | 950     |         |
|              | 5                  | 1066              | 0.675** | 1906               | 1018    | 0.744**            | 1334    | 0.697** |
|              |                    | 2490              | 0.954   | 1042               | 714     | 1038               | 950     |         |
|              |                    | 1394              |         | 962                |         | 958                |         |         |
|              | 6                  | 1066              | 0.714** | 1906               | 1018    | 0.753**            | 1334    | 0.710** |
|              |                    | 2490              | 0.954   | 1042               | 714     | 1038               | 950     |         |
|              |                    | 826               | 2234    | 962                | 850     | 958                | 1726    |         |

R:correlation coefficient

\*,\*\*: Significant at 0.05,0.01 level, respectively

~~~~~:selected calibrations

Number of sample:135

Table 82 Confidence of selected calibrations with unknown samples

| content | NIR spectrum | | | | | |
|----------------|--------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| | surface | | | homogenized | | |
| | origin | 1st D. | 2nd D. | origin | 1st D. | 2nd D. |
| Brix | .890** | .875** | .391 | .867** | .905** | .613** |
| Acid | .560* | .365 | .331 | .529* | .590* | .414 |
| Reducing sugar | .503* | .680* | .446 | .816** | .898** | .321 |
| TVC | .123 | -.067 | .295 | .802** | .245 | -.345 |
| K | .642** | .908** | .393 | .865** | .894** | .778** |
| Mg | .909** | .762** | .510* | .919** | .917** | .787** |
| Grocery | .473 | .724** | .280 | .925** | .853** | .697** |
| Taste | .889** | .852** | .790** | .865** | .415 | -.371 |

1st D.,2nd D. : 1st derivative,2nd derivative ,TVC:total vitamin C

*,**: Significant at 0.05,0.01 level, respectively

Number of sample:17

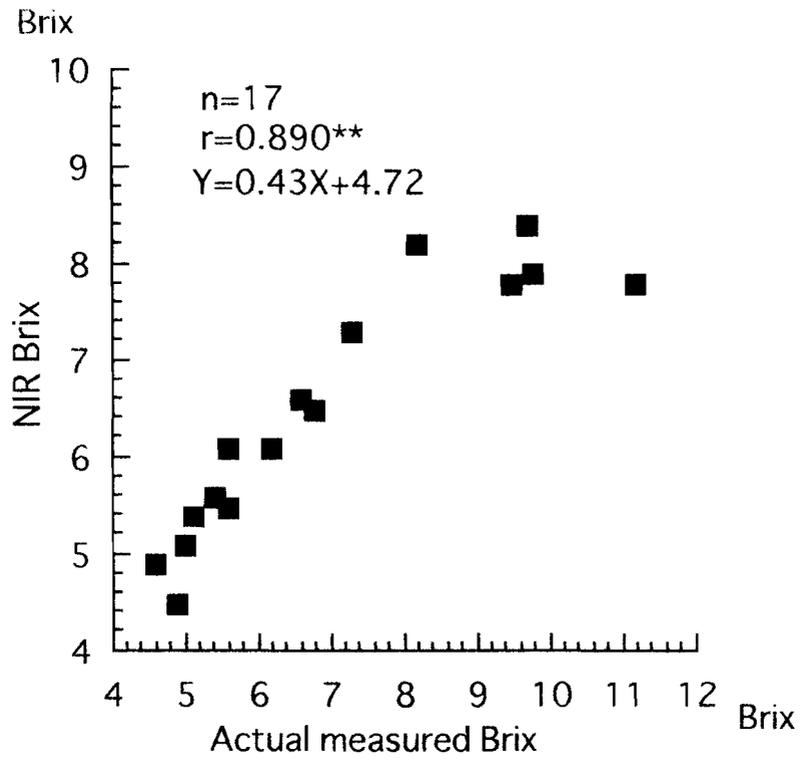


Fig.38 Correlative distribution of actual measurement values and NIR prediction in brix of tomato

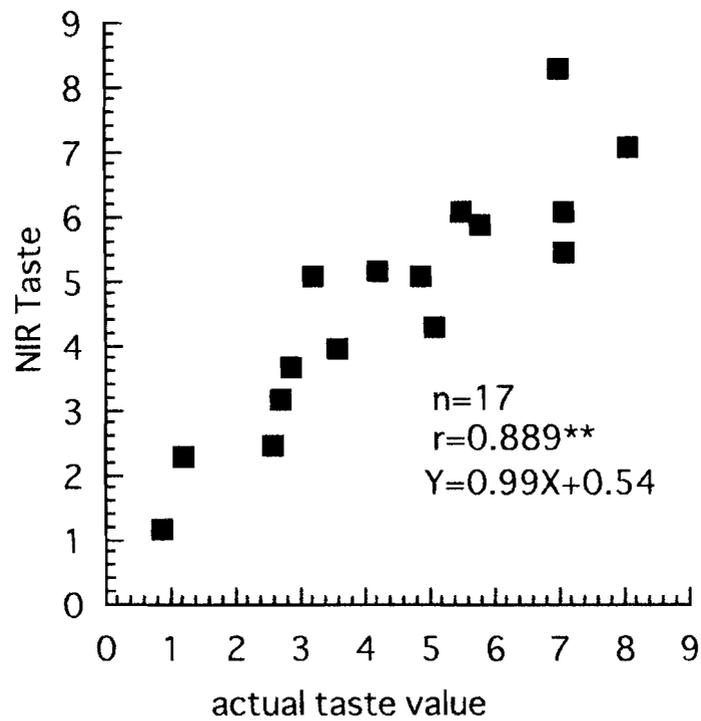


Fig.39 Correlative distribution of actual measurement values and NIR prediction in taste of tomato

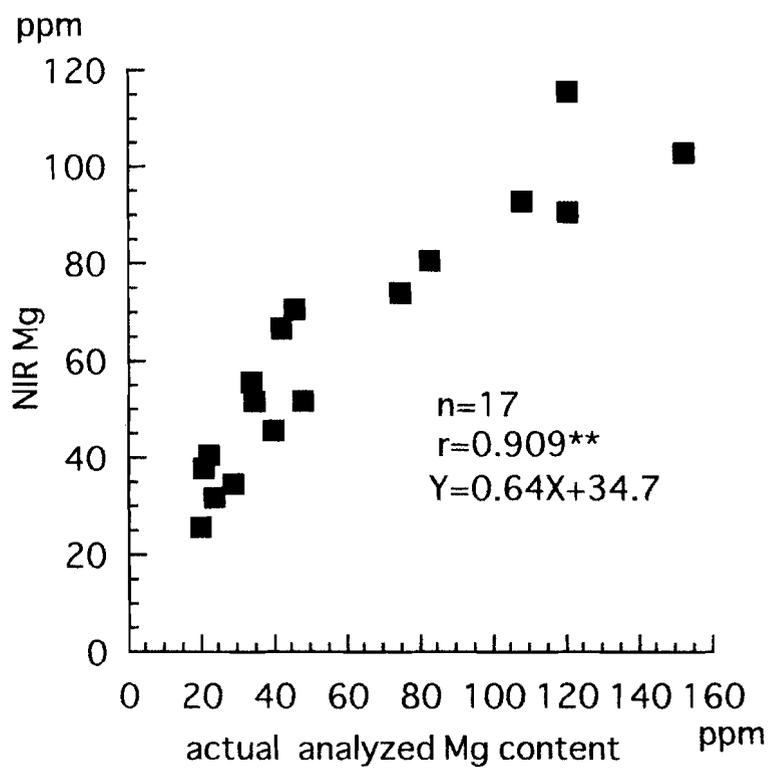


Fig.40 Correlative distribution of actual measurement values and NIR prediction in Mg content of tomato

第5節 摘要

1) トマトの食味関連成分と美味しさの基準の策定

最近の消費者ニーズに適合した完熟トマトの食味関連成分の選定と美味しさの基準値を検討した。

完熟トマトの食味と相関が特に高かった項目は冬春型では糖度／滴定酸比で、夏秋型では糖、滴定酸含量であった。糖度／滴定酸比は季節性に大きく依存していた。糖度5.2、滴定酸0.45の冬春トマトでは「うまい」との回答は4割程度で、糖度5程度では満足されていないことが明らかになった。夏秋トマトでは糖と酸含量が高い糖度が8以上のものは「まずい」と答える人が増える傾向がみられた。

「まずい」の回答が10%以下で、「うまい」の回答が60%以上を美味しさの基準と考え、冬春トマトでは「糖度6以上、滴定酸0.5%、糖度／滴定酸比12程度」、夏秋トマトでは「糖度6～8、滴定酸0.6～0.8%、糖度／滴定酸比10程度」との季節に応じた完熟トマトの美味しさの基準値を策定した。

2) 完熟トマト・ミニトマトにおける果実内部位の糖度分布と代表値の推定法の確立

完熟トマトとミニトマトの部位別糖度を測定し、果実内の分布状況を明確にするとともに、全体としての糖度の推定法を検討した。

完熟トマトの部位による糖度差はへた部と花落ち部で大きく、平均1.8°Brix花落ち部の方が高かった。完熟トマトでの果実糖度の代表値を得るには果実断面では花落ち部寄りの部位を2又は4カ所測定すれば、比較的精度良く推定できることが明らかになった。

ミニトマトでも部位による糖度差はへた部と花落ち部で大きく、平均1.2°Brix花落ち部の方が高かった。ミニトマトで果実糖度の代表値を得るには赤道部の4カ所及び対角2カ所測定が精度の点で優れていた。

花落ち部測定では、測定値に完熟トマトは-0.7°Brix値、ミニトマトは-0.5°Brix値を加算することにより、全体の糖度を比較的精度良く推定できることが確認された。

3) 完熟トマトにおける果実内部位の酸度分布と代表値の推定法の確立

完熟トマトの部位別酸含量を測定し、果実内の分布状況を明確にするとともに、全体としての酸含量の推定法を検討した。

完熟トマトの部位による酸含量の差は中心部と周辺部との間で大きく、平均0.14%中心部の方が高かった。果実全体の酸含量に比べて、赤道断面の周辺部は0.04%、

花落ち部は0.03%それぞれ低い値であった。

部位別酸含量から果実全体の酸含量を推定するモデル式を作成した。その中では周辺4か所測定の場合が誤差の標準偏差が小さかった。

未知の完熟トマトでモデル式の精度確認を行った結果、果実酸含量の代表値を得るには果実断面では2又は4か所測定すれば、比較的精度良く推定できることが明らかになった。

4) 近赤外分光法によるトマトの非破壊品質評価法の確立

近赤外分光法によるトマトの内容成分と食味に関する非破壊品質評価用検量線の開発について検討した。

トマトの近赤外線スペクトルデータと、従来法で求めた内容成分との重回帰分析を行った結果、重相関係数が糖度の場合は0.74、酸は0.62、他の内容成分についても0.56~0.71の有意な相関が認められた。トマトの近赤外線スペクトルデータと官能的な食味との重回帰分析の結果、食味については、重相関係数0.78の有意性が認められた。

未知試料について、手分析値とすでに求めた検量線で得た値との相関を求めた結果、果実表皮から直接近赤外スペクトルを照射する方法では、糖度は $r=0.89$ 、酸は0.56、還元糖は0.68、Kは0.91、Mgは0.91、乾物率は0.72、さらに食味についても相関係数0.89の有意性が認められた。

以上のことより、近赤外分光法により、トマトの内容成分を非破壊かつ迅速に測定できる有効な検量線が得られることが確認された。

第6章 総合考察

本研究では、数種野菜・果物を用いて、収穫後の呼吸・エチレン生成などの品質低下の要因を明らかにするとともに、貯蔵中の品質変化を調査した。また、品質を保持するための対策について検討した。一方、クリでは収穫後の品質を保持するのみならず、むしろ温度処理を加えることにより収穫後の品質を向上させる技術について検討した。青果物の品質評価の手法については、食味と関連がある成分を検索し、食味の数値化をはかるとともに、食味の基準の策定について検討した。さらに、近赤外分光法による非破壊品質評価では、近赤外測定に欠かすことができない果実内の成分分布状況の把握や代表値の推定法を確立し、その上、近赤外分光法による内容成分の測定可能な項目について検討した。

1) 青果物の収穫後の呼吸特性及び貯蔵中の品質変化

真に高鮮度な野菜とは、「味・栄養価などが低下していなく、しかも外観的な萎れ、褐変等がなく、瑞々しいもの」であり、その中でも、味や栄養価などの内容成分は主として収穫後の呼吸により消耗する。野菜の呼吸量は貯蔵温度を下げることにより著しく低下することは古くから知られている^{76, 97, 105, 190, 194, 195}。しかしながら、野菜は種類が多くまた、利用する植物の器官も葉、茎、根、果実、花芽など多種多様であり、収穫する熟度も利用形態により異なっており、それらにより、野菜の収穫後の呼吸生理も異なっている。これまで、我が国では野菜における収穫後の呼吸量に関する調査は数多く行われているが、品目別・温度別に呼吸量等を測定してそれらを整理したものは少なく、現在でも1968年に米国で出版されたU. S. D. A. AGRICULTURE HANDBOOK No. 66より抜粋された呼吸熱の表が最も広く利用されている。我が国の呼吸に関するデータとしては1993年に発表された数種青果物の呼吸熱の表が利用されている¹⁷⁶。しかしながら、野菜の呼吸量は品目のみならず、品種や栽培された環境により異なることが考えられる。

そのため、本研究では数種野菜の収穫後の呼吸量の調査を行った。ブロッコリー・レタス・キャベツの呼吸量の比較ではブロッコリーの呼吸量が最も高かった。また、貯蔵温度と呼吸量は密接な関係にあり、低温ほど呼吸量は低下し、温度係数 Q_{10} はブロッコリーでは約3、レタス・キャベツでは約2であった。村田ら¹¹⁸は青果物13種類の呼吸量を測定し、呼吸量の温度依存性を検討している。その結果、実際の測定値から算出して求めた呼吸熱は一般に用いられている計算式すなわちArrhenius式及びGore式より求めた値より高いものでなかったが、ほとんどの青果物で温度係数 Q_{10} は2前後であったと報告している。

また、品種による呼吸量の差が認められた。ブロッコリー、レタスでは早生品種

の呼吸量が中晩生品種のそれに比べて高い傾向にあった。キャベツでは葉の軟らかい生食用品種の呼吸量が高いことが確認された。呼吸量と栽培環境の関係については日下⁴⁴⁾がハウレンソウにおいて、露地作の呼吸量はハウス作の呼吸量の約2倍であったと報告している。そして、茨木ら⁵³⁾はネギを用いて収穫時期と呼吸量の間関係を調査し、収穫時期により呼吸量は異なり、収穫時期の温度が高いほどその後の貯蔵中の呼吸量も高いと報告している。そして葉の軟らかいキャベツは鮮度低下も早かった。矢野ら²⁶⁵⁾もカットキャベツの褐変の進み程度において品種による差が認められると述べている。これらのことから同一作目でも品種や栽培条件によって呼吸量に差がみられ、呼吸量の高い品種ほど鮮度低下が早いものと考えられる。

収穫後の貯蔵中の呼吸量の変化については、ブロッコリー、レタス、キャベツのどの品目においても収穫当日の呼吸量が最も高く、その後の貯蔵中に呼吸量は減少する傾向がみられた。なお、貯蔵中の呼吸量の減少パターンは品目、貯蔵温度、カット形態により多少異なっていた。15℃の貯蔵条件下で比較すると、収穫直後に比べて7日後にはブロッコリーでは呼吸量が約半量となるが、レタスでは若干減少する程度で、キャベツはその中間的な減少パターンを示した。また、貯蔵温度との関係についてはレタスにおいて調査し、15℃、20℃での貯蔵中の呼吸量の減少割合は少ないが、0℃、5℃ではかなりの割合で減少することが明らかになった。完熟トマトの呼吸量も貯蔵温度の影響を受け、低温ほど呼吸量が抑制された。高橋ら²¹⁵⁾も低温におけるトマトの呼吸量の低下について報告している。しかしながら、葉菜類や花菜類に比べれば完熟トマトの呼吸量は少ない傾向にあった。このことから、トマトの場合は葉菜類などに比べて貯蔵温度が品質に及ぼす影響は小さいものと推察される。さらに、カット形態に関してはキャベツの1/2カット形態はホール形態に比べて呼吸量は高かった。本試験の結果では、1/2カット形態にすることにより2倍程度に呼吸量が高まることが認められた。阿部⁶⁾はキュウリ果実で切断によって呼吸量が増加し、切片が小さくなるに従い増加割合が高くなると報告している。そして貯蔵中の変化については1/2カット形態の貯蔵後における呼吸量の減少割合が大きく、貯蔵7日後の呼吸量ではホール形態のものと同程度になることが明らかになった。また、呼吸量は生育ステージによっても異なっていた。ブロッコリーでは花蕾が軟らかくなる段階で最大となることが明らかになった。熟度の違いがトマトの呼吸量に及ぼす影響については高橋らが報告している²¹⁵⁾。それによるとトマト果実の呼吸量は未熟期から緑熟期に移行するにしたがって、呼吸量は低下し、緑熟期において最低となり、果実の着色開始時より全面着色に至るにしたがって増加し、全面着色時に呼吸量の頂点を形成し、以後過熟状態となると逆に低下すると述べている。さらに、高橋らは果実の色素含量との関係について緑熟期までの呼吸量の低下は果実中の葉緑素、カロチン及びキサントフィルの減少と一致し、また、緑熟期以降の

呼吸量の増大は果実中のリコピンの発現とその後のカロチノイド色素の増加と一致すると報告している。これらのことから高い呼吸状態では品質が著しく低下するので、低温条件は呼吸抑制効果による品質保持が期待できる。しかも、収穫直後の呼吸量は比較的高いことから、高温時に収穫する場合には、収穫直後の予冷による品温低下とその後の低温貯蔵が品質を保つ上で特に重要であると考えられる。

収穫後のエチレン生成についてはブロッコリーと完熟トマトで調査した。ブロッコリーにおけるエチレン生成量は収穫後の貯蔵温度、収穫時の生育ステージ、収穫後日数により異なっていた。貯蔵温度では5℃以下ではほとんど生成がみられないが、15℃以上では著しい生成がみられた。完熟トマトにおいても収穫後の貯蔵温度が低いほどエチレン生成量は抑制された。姫野ら³³⁾はセリの貯蔵温度とエチレン生成量との関係を調査し、低温ほどエチレンの生成が少ないことを報告している。寺井ら¹⁸⁶⁾は低温でエチレン生成量が減少するが、それにともないACCオキシダーゼ活性が急減すると報告している。また、生育ステージ別に調査すると花蕾が軟らかくなった段階がエチレン生成量が最大となった。青山ら¹³⁾はブロッコリーの成熟の過程でエチレン生成量が増大し、老化の進行を促進したと報告している。寺井ら²³⁶⁾はエチレンの増加が主に花蕾部によるものと報告しており、花蕾の生育ステージがエチレン生成に大きく関わっていることが伺える。葛西ら²⁶⁷⁾はブロッコリーの花蕾から生成するエチレンによりクロロフィルの急激な減少が生じると報告している。また、収穫後日数とエチレン生成との関係では、収穫後数日間のエチレン生成量に比べて、収穫7日後では1/2程度に生成量が減少した。林³¹⁾はチンゲンサイにおいて貯蔵日数にともないエチレンの生成量は減少すると報告しており、本試験の結果と一致する。完熟トマトのエチレン生成量も貯蔵温度の依存度が高く、25℃は5℃の約4倍量であった。収穫後日数との関係では収穫1日後でも減少傾向にあり、収穫6日後の生成量は収穫直後の2~3割程度であった。寺井ら²³⁶⁾は10℃で貯蔵すると3日目以降にエチレン生成の減少がみられると報告しており、本試験の結果とほぼ一致する。

このようなことから、野菜は品目、品種、作型、収穫時の生育ステージ、カット形態や貯蔵期間などの要因によって味や栄養価などの内容成分の消耗に関係する呼吸やエチレン生成量が異なっていることが明らかになった。

上記で述べたように低温で野菜の呼吸量を著しく抑制できることから、次に予冷・保冷による品質保持の実際的な効果について完熟トマトとキュウリを用いて検討した。その結果、夏季高温時では収穫後室温に放置すると、完熟トマト、キュウリはともに3日程度が収穫時の品質を保つ限界となるが、収穫直後に予冷をかけて、品温を下げ、その後も低温貯蔵すれば、1週間程度の品質保持が可能であることが明らかになった^{128, 137)}。完熟トマトではがくの萎れ、糖、酸含量、糖/酸比、ビタミンC含量、果実硬度などが、また、キュウリでは色調変化、しり太果の発生、

糖、ビタミンCの減少、低温障害、果肉の硬度などがそれぞれ品質低下要因となる。収穫後の品温低下が品質を保持する上で効果的であることは、阿部ら⁸⁾がピーマンで、田中²²¹⁾はハウレンソウ、キュウリで、平野ら³⁶⁾、高橋ら^{214, 215)}はトマトなどで多く報告されている。その中で、高橋らは色素の含量の観点から低温により着色が抑制されると述べている^{214, 215)}。

また、トマトのがくやキュウリの果皮のしおれなどの外観的な鮮度は主として水分減少により著しく低下する。彦文²⁵⁵⁾はトマトにおいても低湿条件で呼吸活性とエチレン生成が促進され、着色進行、果実の軟化が速くなることを報告している。また、彦文ら²⁵⁴⁾はキュウリの急激な水分損失はエチレン生成を促し、ACC含量、ACC合成酵素、ACC酸化酵素の活性が高まると述べている。したがって、予冷、保冷中の湿度条件も品質保持上重要な項目となる。

キュウリは低温下で貯蔵すると水浸状に軟化する低温障害(Pitting)が生じる^{68, 119, 242)}。キュウリの低温障害の一般的徴候であるPittingとはキュウリが低温障害を受けた結果、果実の表面にくぼみを生じ、しだいにそのくぼみが大きくなり、ついに陥没してしまう現象である¹⁸⁷⁾。南ら¹⁰⁴⁾もキュウリは鮮度、風味劣化、低温障害発生の点からキュウリの貯蔵適温は10~15℃であると述べている。しかしながら、今回試みた設定温度、貯蔵期間下では低温障害の発生がみられなかった。したがって、鮮度低下の著しい夏季高温時の7日間程度の高品質保持技術として、本試験の差圧通風予冷条件と5℃貯蔵の組み合わせが有効であると考えられた。一方最近、逆に野菜を収穫後に高温処理することによっても鮮度保持効果が認められると報告されている。山脇ら²⁶³⁾はキュウリを用いて、45℃~55℃の温度処理で、その後の呼吸の上昇は低く抑えられ、アスコルビン酸含量の減少もほとんど認められないと報告している。また、広瀬⁴⁰⁾は冷蔵中の一時的加温処理はキュウリのその後の低温障害の軽減効果があると報告している。

貯蔵中の内容成分の変化については、葉菜類の部位による差を明らかにするために、キャベツを用いて外葉部から中心部までを葉数で4等分し、貯蔵中での成分変化を検討した。収穫直後の全糖含量はキャベツの中心部が最も高く、ビタミンC含量は外葉部が高かった。全糖含量に対するショ糖含量の割合は収穫直後では外葉部と中心部で高い傾向にあった。全体的には貯蔵温度に応じてショ糖割合が減少する傾向にあるが、測定部位によって変動パターンが異なっていた。中心部ではどの温度でも変化は少なく、中心部に近い部位では20℃でわずかな減少が生じた。一方、外葉部では15℃、20℃で明らかに減少がみられた。部位別の糖含量の変化について日下⁴⁴⁾もハウレンソウにおいて外葉の糖含量の低下が速いことを報告しており、著者もタマネギで内部のショ糖含量の変化が少ないことを確認している(未発表)。ビタミンC含量は外葉部から中心部にかけて全ての部位で、貯蔵温度に比例して減

少する傾向にある。日下ら⁴⁶⁾はハウレンソウのアスコルビン酸の減少速度は外葉が株全体より1.6~1.3倍速いと述べている。キャベツにおいても外葉部での減少が著しく、しかも、個体全体のビタミンCの減少パターンと類似していることから、外葉部のビタミンCを測定することにより貯蔵中のキャベツ全体の成分変化を一層明確にすることができる¹⁵⁶⁾と考えられた。

タマネギのショ糖含量は貯蔵性と深い関係にあり、ショ糖含量の高い品種の貯蔵性は優れていた。淡路のタマネギは夏の高温時は吊り玉貯蔵され、その後8月下旬ないし9月から冷蔵庫で貯蔵されるが、吊り玉と冷蔵のどちらの貯蔵においてもショ糖含量は著しく減少した¹³⁴⁾。しかし、全糖含量の内の還元糖含量の変化は少なく、冷蔵中にむしろ増加する傾向がみられた。それはショ糖の減少量から考えて、先ずショ糖の果糖、ブドウ糖への転化が生じ、その上、低温条件下で呼吸基質として消耗する還元糖が少なかったことから、還元糖の増加が生じる結果になったと推察される。また、タマネギの貯蔵性について、溝井ら¹¹¹⁾は総食物繊維が多いほど硬いタマネギとなり、食物繊維は貯蔵中に変化し、吊り玉後にセルロースの増加及びペクチンの性質の変化が認められ、組織が堅固になると報告している。さらに、田中ら²²³⁾は酸素濃度1%条件のCA貯蔵でタマネギの萌芽、発根抑制効果を確認し、従来の低温貯蔵に比べてCA貯蔵では商品性を考慮した貯蔵限界を2か月以上伸ばすことが可能であると報告している。

2) 青果物における機能性フィルムの使用による鮮度保持効果

数種野菜における微細孔フィルムを中心とした各種機能性フィルムの貯蔵温度と鮮度保持効果の関係を検討した。ブロッコリー、レタス、完熟トマトにおける各種機能性フィルムの鮮度保持効果を調査した結果、0℃~5℃ではフィルムの種類に関係なく、密封包装であれば収穫直後の状態に近い高鮮度状態に保てる期間にはほとんど差のない^{153, 157)}ことが明らかになった。0℃、5℃の貯蔵条件ではフィルムの種類によってフィルム内に蓄積した二酸化炭素濃度が異なっていたことより、低温での鮮度保持期間が伸びたのは二酸化炭素の増加にともなうMA効果ではなく、低温におかれたために呼吸量そのものが少なくなり、水分減少率も相対的に小さくなったものと考えられた。そして、その結果として、フィルムの種類の差異による外観鮮度の差そのものも小さくなったものと推察される。また、キャベツでは5℃程度の貯蔵温度とフィルム包装を組み合わせることによりホール形態のみならず1/2カット形態でもかなり鮮度保持期間が延長できることが明らかになった。同様の結果はハクサイの試験においても得られた¹⁴⁴⁾。

10℃程度の温度帯であればO₂透過量4,000ml/m²·day·atm(15℃)程度のフィルムの外観鮮度がやや優れており、異臭の発生も少なかった。20℃の貯蔵条件でもレタ

スでは O_2 透過量 $4,000\text{ml}/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ (15°C) 程度のフィルムが優れていたが、ブロッコリーではやや異臭が感じられた。かなり厳格な温度管理が可能な流通体系であれば O_2 透過量 $4,000\text{ml}/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ (15°C) 程度のフィルムは有望な包材であると考えられる。しかしながら、流通期間中の品温変化が大きく、 20°C をかなり上回る温度帯に長時間貯蔵される可能性があれば、蒸れなどによる品質低下が懸念されるので、それらを防ぐために O_2 透過量 $10,000\text{ml}/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$ (15°C) 以上のフィルムを使う方がより安全であると思われる。また、レタスにおける非密封のハンカチ包装は無包装に比べれば、明らかに鮮度保持効果は認められるものの、シール包装に比べれば重量減による鮮度低下が早い。特に貯蔵温度が高い条件では重量減が著しい。中村ら¹⁵⁹⁾も有孔ポリエチレンの包装では水分減少が生じると述べている。したがって、品温が上昇する時期には現行のハンカチ包装では品質低下が懸念されるので、シール包装への改善が必要であると考えられる。

久保ら²⁶⁸⁾は高濃度炭酸ガスが種々の青果物の呼吸活性を抑制すると報告している。また、大久保・前沢ら¹⁸⁸⁾は1968年に、トマトの包装としてポリエチレンフィルムを用い、シート折込包装形式を取り入れ、予冷の効果とその鮮度保持効果を検討し、着色抑制、包装内酸素濃度の低下がみられ鮮度保持効果があると報告している。寺井²³⁵⁾はフィルム包装の効果についてタアサイの貯蔵では 1°C 程度の低温が適し、また、ポリエチレン包装が適当であり、 0.02mm のポリエチレンでは有孔よりも無孔の方が品質保持に効果的であるとしながらも、エチレンの前駆物質であるACC (1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid) の含量は同一温度なら有孔区より無孔区の方が高いと報告している。この前駆物質は温度その他の環境条件でエチレンに変化しやすい²⁶⁴⁾ので、ACCの増加による品質劣化が懸念される。また、平田ら³⁵⁾は直径 6mm 程度の有孔PEフィルム区は $1^\circ\text{C}\sim 20^\circ\text{C}$ の温度条件下でPE密封フィルム区に比べてグリーンアスパラガス、シュンギク、カイワレダイコンにおいて鮮度低下が早い。また、青ウメ、トマト、バナナなど追熟果実を各種フィルムで包装した場合、追熟の進行は有孔(直径 6mm)PE区に比べてPE密封区では追熟が遅れたと報告している。さらに、水分の減少防止に包装が有効な点について、中村・河野ら¹⁵⁹⁾はピーマンを用いて、 5.5°C 、 10°C 、および常温において、有孔ポリエチレン袋に比べて無孔ポリエチレン袋が優れていると報告し、万豆¹⁰⁰⁾もピーマンを用いて試験し、目減りは有孔ポリエチレンに多いと報告している。そして、椎名²⁰¹⁾は今日ではシミュレーションモデルにより、貯蔵温度、内容物の呼吸速度、包装の単位を指定すれば、最適な包材の選択が可能であると述べている。

川嶋⁸⁵⁾はブロッコリーにおいてOPPフィルムに活性炭シートを加えることで黄化と異臭が軽減できたと報告している。鶴²⁴³⁾はブロッコリーにおいて厚さ 0.02mm のポリエチレンフィルムで密封包装し、 20°C においた場合、異臭が発生し、商品性

が失われたが、0.01mm厚のポリエチレンフィルムでは黄化抑制と異臭発生抑制効果が認められたと報告している。また、北川⁸⁷⁾はブロッコリーの包装で最も問題となる悪臭は包装内の高CO₂、低O₂による無機呼吸が原因で、現在販売されているポリエチレンに鉱物質を含有させたフィルムはブロッコリーやウメなどの高CO₂、低O₂の害の生じやすい青果物には適さないと述べている。本多・石黒ら⁴⁷⁾は1967年に環境ガスの制御による青果物の呼吸抑制に関し、野菜約10種を用い空気と極端に異なる濃度の炭酸ガス、酸素を含む変形大気に野菜を貯蔵すると、通常空気貯蔵より呼吸が抑制されたと述べている。そして、特に炭酸ガス7.5%、酸素5%の区では顕著に呼吸が抑制され、生体内成分の消費も少ないと報告している。また、高間・斉藤ら²¹⁷⁾はトマト、ニンジン、ブロッコリーを温度条件と空気の入替えの有無別に分けて、それらの呼吸量を調べた結果、室温区よりも低温区が炭酸ガス排出量が少なく、呼吸作用は抑制されること、そして、24時間おきに容器内空気を入れ換えた区が単位時間当たりの呼吸量が多いと報告している。

内容成分の変化については、MCGILL¹⁰³⁾が貯蔵中のガス組成について、還元型ビタミンCは酸素を使い果たした環境では減少し、酸素が3.3%程度含まれていると還元型ビタミンCは比較的安定すると報告している。また、邨田ら²⁴¹⁾はトマト果実の貯蔵中の品質、成分変化に関してCA貯蔵を行えば追熟抑制効果があるとし、酸、ビタミンC含量の変化が抑制されると報告している。さらに、高濃度炭酸ガス条件の効果について、久保⁹⁴⁾はキュウリ、ピーマンを用い高濃度炭酸ガスの役割は呼吸活性の抑制よりもエチレン生成や作用の抑制効果の方が大きいと報告している。

果実へのフィルム包装の利用について、牛島ら²⁵⁰⁾は日本ナシの貯蔵性についてポリエチレンフィルムと0℃の冷蔵との組み合わせで90日以上貯蔵が可能であり、豊水ではポリの個包装で210日間にわたって完全な鮮度保持貯蔵が可能であると報告している。また、日野³⁴⁾はイヨカンのポリの個包装は減量を抑え、長期の貯蔵に効果的であり、病原菌の繁殖抑制にはフィルムの殺菌剤コーティングが有効であったと報告している。

このように、温度管理とフィルム包装を組み合わせた処理は品質保持に効果が認められる。したがって、産地側での個包装技術として組み立てれば、市場が休みになる週末や、出荷量が増える時期には産地側での出荷調整技術として利用できるものと考えられる。

夏季高温時は輸送中での野菜の品質低下が特に著しい。しかしながら、その主な原因と推察される温度変化の実態については不明な点が多い。そこで、ハウレンソウを用いて夏季高温時の流通品温の変化について調査を行なった。今回調査したルートは中央卸売市場を經由しない産地から量販店に直送されるものである。予冷後保冷車で量販店の配送センターに運ばれているので、生産者を含め流通関係者達も

品温変化は比較的少ないものと考えていた。しかし、実際には予冷後店頭へ配送されるまでの間に15℃程度の幅で品温変化が生じている¹⁵⁵⁾ことが明らかになった。

流通途上で、品温変化が生じることは茨木ら⁵²⁾がネギで報告している。伊東ら⁶¹⁾はハウレンソウにおける低温貯蔵(10℃)で温度変動幅が3℃程度で有れば、品質低下は見られないが、変動幅が5℃になれば品質低下しやすいと述べている。また、中村¹⁶⁷⁾は急激な温度変動にともない青果物の呼吸強度に一時的な過上昇現象が認められると報告している。さらに、秋元ら¹⁷⁰⁾は呼吸速度が環境温度に敏感に反応し、温度変動に追随して変化するが、特に連続して高い温度帯に置かれた場合には、呼吸速度がより大きくなると述べている。そして、守^{114, 115)}はハウレンソウのクロロフィルは熱に対しては不安定であり、アルカリ性側にて安定しており、光により分解すると報告している。山内²⁵⁷⁾はクロロフィルそのものの分解についてクロロフィリッドおよびフェオフィチンを経る系も存在するが、主にクロロフィルから直接無色の物質へ変わると報告している。調査の結果でも夏季高温時の品温変化は特に大きいので、上部開放型の包装では品質低下が懸念される。

夏季高温時の実際の輸送条件での試験において、O₂透過量20,000ml/m²・day・atm(15℃)程度の微細孔フィルムによるハウレンソウの密封包装は、安定して良好な品質が保持できることが確認された。しかしながら、慣行のフィルムを使用する場合でも小さな穴を開けた小窓形式にすることで微細孔フィルムに近い実用的な鮮度保持効果が認められた。寺井ら²³⁴⁾もハウレンソウは有孔ポリエチレン、15℃貯蔵で貯蔵し、7日間は比較的品質の良い状態を保つことができると報告している。慣行フィルムの密封形態では輸送中の品温変化により蒸れなどによる品質低下をおこす可能性があるため、慣行フィルムを使用する場合には小窓形態の利用が適していると考えられた。

一方、山下ら^{258, 259)}はハウレンソウにおいて-0.5℃の通風乾燥法によって、減量15%まで予措乾燥したものは予措乾燥を行わず、5℃の冷蔵庫に貯蔵していたものに比べて、外観、内容成分(ビタミンC、クロロフィル)ともに遜色無く優れていることから、予措乾燥、復元技術がハウレンソウの品質を保持する上で有効な技術であると報告している。

3) 青果物における品質保持材の使用による鮮度保持効果

砕氷は野菜の品温を下げる効果が高いと予測されるにも関わらず、我が国でこれまであまり利用されてこなかった理由は解けた水で野菜が濡れることやダンボール箱の強度の低下が懸念されてのことと推察される。本試験の結果、発泡スチロール箱と袋詰めにした砕氷を組み合わせることにより、ホール形態では完熟トマト、レタス、ブロッコリーにおいて、また1/2カット形態ではハクサイ、キャベツ、レタス

で鮮度保持期間が著しく延長することが明らかになった。砕氷を直接野菜に処理した場合にはいずれも重量が増加し、時には砕氷が直接野菜に接触することにより生じる裂傷等が原因で品質低下することも懸念される。吉沢らはブロッコリーへの砕氷利用を検討し、砕氷処理は品温上昇の抑制効果が大きく、緑色保持および腐敗抑制に有効であると報告しているが、同時に品目によって効果は異なり、カリフラワーの花蕾はブロッコリーと異なり、氷との接触により障害が発生しやすいと述べている³²⁾。袋詰め砕氷利用ではアスパラガスを用いて品質保持の効果があると報告されている³²⁾。氷の利用は地球環境保護の観点からも今後見直されることが予測される。今後の利用については氷が直接野菜に触れない工夫や輸送条件（輸送期間、外気温等）を考慮にいたした氷の量の検討が必要となる。なお、野菜に対する氷の量を減らす点で、食塩水やより蓄冷効果の高い高分子ポリマー等の吸水剤を凍結して利用することも有効であると考えられる。

活性炭は品質劣化を促進する²⁴⁵⁾エチレンを吸着する資材である。そこで、品質低下しやすい完熟トマトにおける活性炭の品質保持効果について検討した。着色程度40%以下のトマトであれば色調及び内容成分の変化から判断して、活性炭に品質低下抑制効果が明らかに認められたが、着色60%以上の果実ではそれらの変化を抑制する効果は小さかった。ブロッコリーにおいては活性炭シートが黄化と異臭を軽減するのに効果があると報告されている⁸⁵⁾。また、白普²⁰³⁾はリンゴ‘スターキング・デリシャス’の果実について、細菌利用エチレン除去剤はほぼ化学剤に匹敵するエチレン吸収能力を示したと報告している。さらに、浅見ら¹⁵⁾は青ウメにおいて0.02mm厚のポリプロピレン密封包装ではガス障害が著しく、ポリスチレン及びブタジエンフィルムにエチレン除去剤を同封するとガス障害が軽減したと報告している。張²⁴⁶⁾も青ウメでエチレン除去剤が黄化や軟化防止に効果があるとしている。また、坂根²⁰⁰⁾はTurningあるいはpink stageで収穫し、室温でfull ripe stageまで追熟させたトマト2個ずつを低密度ポリエチレン袋（15x20cm）に密封包装した場合、エチレン除去剤の使用により袋内のエチレン、アセトアルデヒドの濃度が低く保たれ、果実硬度の維持および生理障害の発生抑制に効果があったと報告している。エチレンの生成する時期に関して、著者ら¹²³⁾はミニトマトにおいて果実の着色の直前にエチレンが生成し始め、その後増加することを確認している。したがって、一般には活性炭によるエチレン吸着と品質保持効果は認められるものの、完熟トマトのようにエチレン生成量が著しくなったものについては、活性炭のみでの鮮度保持効果は小さいものと推察される。

振動も青果物の品質を低下させる原因の1つである。消費者の嗜好にあわせて完熟果流通が行われている今日では、一層重要な問題となっている。一方、ブドウ栽培では高級化志向の中でピオーネ等の大粒系ブドウの生産が増加している¹⁷¹⁾。し

かしながら、流通面では振動による脱粒などの品質低下が問題となっている。そこで、完熟トマト並びにピオーネを用いて、振動がそれぞれに与える影響について調査した。その結果、輸送のシミュレーション試験で完熟トマトとピオーネの房はかなり振動の影響を受け、トマトでは物理的損傷などのまた、ピオーネでは脱粒による品質低下が生じることが明らかになった。

中村ら¹⁶¹⁾が実施した輸送試験の調査結果によると、高速道路走行においては加速度1 G以下の振動がほとんどであったが、短時間ではあるが2～3 Gの強い振動も記録されている。さらに、トラックの積載位置では、上段の後部で2 G以上の強い振動が他の積載位置に比べて極端に多くなり、最大値は加速度5 Gもの強い振動が記録されたと報告している。

また、振動後の呼吸量の変化について中村ら¹⁶⁰⁾はトマトにおいて加速度1 G及び2 Gの30分間の振動で110～120%の呼吸促進がみられること、また振動時間が長くなるにつれより弱い振動でも呼吸量の増加が見られると報告している。また、トマト果実については振動中、振動直後及び振動後追熟中の呼吸強度の変化について調査し、トマト果実は振動に敏感に反応して振動開始後直ちに呼吸上昇がみられ、その影響は追熟中を通じて継続することが報告されている^{160, 163)}。果実の機械収穫や選果過程で起こる落下衝撃や摩擦によっては、すみやかな呼吸強度の増加がみられることも報告されている^{70, 166, 206, 248)}。

輸送中に生じる脱粒は振動・摩擦などの物理的衝撃によって生じ、輸送後の脱粒はそれらの機械的な刺激によって呼吸が増大し^{160, 166)}、結果として果粒がはずれやすい状態になるものと考えられる。なお、振動の大きさと呼吸量の関連を調査したところ、振動(G)が大きいほど、その後のピオーネの呼吸量が高まっていた。このことから脱粒しやすくなることを裏付けている。

本試験では主として0.75 Gの振動強度の品質へ影響を調査したが、実際の流通過程では振動強度が2～3 G程度の振動が発生することもあり¹⁶¹⁾、完熟トマトやピオーネの品質低下が懸念される。

次にトマトでは包装法の改善による品質保持効果をまた、ピオーネでは植物成長調節剤及び緩衝材利用による脱粒防止効果について検討した。完熟トマトの底部の物理的損傷については箱底のネット処理で防ぐことができるが、側部の損傷防止には個別包装の方がより効果的であることがわかった。果実の軟化やがく部のしおれについても個別包装で最も抑制される傾向にあった。ミニトマトは普通トマトに比べて振動による物理的損傷は少ない。それは果皮の厚みはどちらもほぼ同じである^{121, 125)}が、ミニトマトは果実の重さ(大きさ)の割に果皮が硬い(厚い)ためだと考えられた。ただ、果皮が硬くても裂果は少し発生する¹²⁴⁾。また、一般に使われているプラスチック製パック包装では、がくの萎れは抑えられるが、かびは逆に

発生しやすくなることが明らかになった。

振動によるピオーネの脱粒は収穫の時期が遅いものほど増加する傾向がみられた。それは、熟度が進むにつれて、果梗の離層の形成が進んでいるものと推察される。また、鉛直方向への果粒の引っ張り強度の比較でも収穫時期が遅いほど低下しており、離層の形成が進んでいることを裏付けている。また、振動が果実の成分品質に及ぼす影響については、増田¹⁰²⁾がミカンの落下処理によってクエン酸、リンゴ酸の減少割合が大きくなると報告している。

サイトカイニン様物質KT-30液剤処理で脱粒が軽減されることは田辺ら²²⁰⁾により報告されているが、50~100ppmの濃度で試験されており、本試験の結果、5ppmの低濃度でも脱粒防止効果があることが認められた。そして引っ張り強度が5ppmの濃度でも高まっていることから、果粒そのものが5ppmの処理で離脱しにくくなっていることが理解できた。確かに、KT-30液剤処理の濃度が高いと、より一層果粒の離脱は生じにくくなっているが、一方、濃度が高いと着色の遅れや糖度、糖度/滴定酸比が低下する傾向がみられるので、実用的な処理技術としては5ppm程度が適濃度であると考えられる。

次に、収穫後の流通途上に生じるピオーネの脱粒防止法について検討した。その結果、発泡スチロール製緩衝材を箱の底に敷くことにより、脱粒数は減少した。緩衝材の効果は完熟トマトの物理的損傷においても認められており¹⁴²⁾、発泡スチロール製ネットは輸送中の振動・摩擦などの衝撃を緩和する点でかなりの効果があるものと考えられる。このようにKT-30液剤処理や緩衝材（発泡スチロール製ネット）を利用することで輸送中の無核ピオーネの脱粒を軽減できることが明らかになった。しかも、この二つを組み合わせることで、さらに脱粒を防ぐことができた。また、KT-30液剤処理は収穫が遅れても脱粒しにくくなることからピオーネにおける収穫適期の拡大技術としても今後利用できるものと考えられる。

ピオーネの鮮度は一般に果粒の光沢と果軸の色調などで評価され、特に果軸の褐変したものの鮮度評価は低い。果軸の褐変したものは本試験の結果、果粒に比べて果軸の水分が著しく減少していた。樽谷²²⁵⁾は1963年に水分が細胞の膨潤保持をしており、一般に重量の5%が失われるとその野菜の価値が失われるとのべている。また、小畑、青木ら¹⁷⁷⁾は1968年に $(\text{初日重量} - \text{測定時重量}) / (\text{初日重量}) \times 100$ の重量変化の計算式を用いて簡易な青果物の蒸散量とした。しかしながら、ブドウの果軸では5%の重量減ではなく、収穫直後に比べて20%（収穫時を100%とした相対値）以上の水分減少が生じた場合にピオーネの鮮度評価が極端に低くなることが明らかになった。

ピオーネの常温流通技術については、室温貯蔵状態で発泡スチロール箱を用いた場合はダンボール箱に比べて良好な鮮度を保った。それは品温がダンボール箱に比

べて低かったことと、発泡スチロール箱内に二酸化炭素が蓄積していたことから、MA効果があった¹⁴⁶⁾ためだと考えられる。品温が収穫後2日間ダンボール箱に比べて5℃程度低かったのは、早朝に収穫し、低い品温状態で発泡スチロール箱に詰めただけで、若干の蓄冷効果が見られたものと思われる。発泡スチロール箱の品質保持効果としては、野田ら¹⁷⁰⁾はタケノコで、箱内が高二酸化炭素、低酸素条件となり品質保持効果が高いと報告している。

内装材では紙セロ包材に比べて防曇フィルムの方が鮮度保持効果が高かった。それは防曇フィルムが0.03mm厚のポリエチレン程度の二酸化炭素の蓄積があり、MA効果が認められることと、果軸、果粒の水分含量からみて慣行の紙セロ包材に比べて保湿効果があり、その結果、鮮度保持の効果が高まったと考えられる。

産直等を想定した場合の最適出荷管理の方法としては、できるだけ早朝に収穫し（品温20℃以下）、防曇フィルムで包装を行い、発泡スチロール箱に詰めることにより、緩衝効果による脱粒防止がみられることに加えて、1週間程度の常温流通でも高鮮度を保持できることが明らかになった。なお、高温時収穫の場合にはピオーネの品温が高くなり、鮮度保持効果が少なくなるので、発泡スチロール箱に詰める前に予冷を併用する必要があると考えられた。低温の鮮度保持効果について、加納⁷⁸⁾は収穫後5℃程度の低温に貯蔵すると、着果状況が良好であると報告している。また、川田ら⁸⁴⁾はマスカットベリーAについて、0℃におくと脱粒は抑制され、収穫後3カ月間の貯蔵も可能になると報告している。

4) クリにおける収穫後の品質向上技術の確立

収穫後のクリの品質を向上させる技術の可能性について検討した。すなわち、低温処理でクリの炭水化物の組成がどのように変化するかを調査し、低温処理期間とショ糖含量の増加の関係を明らかにすることにより、ショ糖含量の調節技術について検討した。収穫後の低温処理とショ糖含量の関係については、0℃の温度条件下に貯蔵した場合、澱粉含量は減少し、ショ糖含量が増加した¹³⁵⁾。これまでクリを1～5℃の低温条件で貯蔵すると1か月程度で糖含量が高まるとする報告^{92, 209)}はあるが、本試験の結果から7日程度の比較的短い期間の低温で糖含量はかなり増加することが確認された。この現象は澱粉含量の減少量とショ糖含量の増加量とがほとんど一致すること、さらに、貯蔵中の重量変化がほとんどないことから澱粉からショ糖への転換反応が起こっているものと考えられる。澱粉からショ糖への転換現象に関しては、サツマイモやジャガイモについて詳細に研究されている。それらによると澱粉・ショ糖転換系においてショ糖合成酵素、ショ糖リン酸合成酵素等の一連の酵素群が低温貯蔵にともない活性化されるためと報告されており^{28, 239)}、本試験の現象についても同様の反応によるものと推察される。

糖含量が増加する現象について、広中ら^{42, 43)}はナガイモにおいても低温貯蔵開始後58日目頃から表皮の黄色化が進み、貯蔵中グルコース及びフラクトース含量の増加が著しく、甘味は増大すること、さらに、すりおろし液の粘性係数は、貯蔵中減少し、品温との間に直線関係が得られたと報告している。また、長尾¹⁵⁸⁾はカボチャでキュアリング後10℃に貯蔵した結果、デンプン含量が減少し、糖含量が増加したと報告している。その上、宮崎¹⁰⁹⁾はサツマイモは収穫後のキュアリング処理や貯蔵中に糖含量が増加し、貯蔵温度は低温ほど増加割合が著しく、6か月後に糖含量は8~10%に達したと述べている。

さらに、短い期間の低温処理がクリのショ糖含量に及ぼす影響を検討した結果、ショ糖含量は0℃条件3日間の処理でも増加し、0℃の期間が長いほどその期間に比例してショ糖含量は高くなることが明らかになった。このことから甘さの調節の可能性が示唆された。しかも、0℃処理の後14日間17℃の貯蔵へ移した後のショ糖含量の変化では、0℃の処理期間の長さにかかわらず17℃貯蔵中での変化が少なかった。このことから、低温処理の期間でのみ、ショ糖含量が増加するものと考えられた。さらに、低温処理後の17℃条件下でのショ糖含量の変化が少ないことから、ショ糖含量（甘さ）を調節した後、2週間程度の常温流通は可能であることが示唆される。

処理温度を0℃よりもさらに低い-2℃に設定した場合には、3日間の処理では0℃のようにショ糖含量の増加が認められず、7日間処理の場合は0℃での7日間処理とほぼ同程度の増加がみられた。これは収穫直後のクリの凍結温度が-2.5℃程度であり¹³¹⁾、-2℃の処理温度が凍結温度に近いために澱粉からショ糖への転換速度が遅いものと推察された。7日以降には-2℃処理でもショ糖含量の増加が認められるのは、低温処理で少しショ糖が増加し始めることにより凍結温度が下がり、その後は凍結の影響を受けにくくなるために、-2℃でもショ糖が増加し始めるものと考えられた。

一方、クリの食味試験を行った結果では、甘いクリがより一層好まれる傾向を数値的に裏付けることができた。食味官能とショ糖含量の相関が高い結果からも、クリの食味はショ糖含量に強く依存していることが明らかとなった。甘いクリに対する嗜好は性別による差があまりみられなかったのに対して、年齢層には一定の傾向がみられた。すなわち、甘いものをより一層好む者は子供を含めて年齢の若い人ほど多かった。60歳以上の高齢者の中には4人に1人以上は甘さの低い方のクリを好むと回答していた¹⁵⁰⁾。これは「わからない」と回答する等の選択のできなかった人が極わずかであることから、甘さの差がわからなかったのではなく、高齢者の中には非常に甘いクリよりも適度の甘さをもったクリを好む人が2~3割いることが推察される。

すでに述べたショ糖含量の調節法により数段階のショ糖含量のクリを作成し、食味調査を行った結果、ショ糖含量の程度に応じて甘さの度合いを識別できることが

明らかになった。このことより、ショ糖含量4.5%未満を「普通」、4~8%を「甘」、8%以上を「極甘」とする3段階の甘さの基準を策定することができると考えられた。このようにクリの甘さの程度を表示できれば¹⁵⁰⁾、消費者が好みのクリを選択できるようになり、消費者と生産者の新しい関係を作り出すことが期待できる。

5) トマトの品質評価と近赤外分光法による非破壊測定法の確立

消費者は主として果物には「美味しさ」¹²⁹⁾、野菜には「栄養」^{51, 147)}を求めており、今後は青果物においてもこれらの品質保証が重要な課題になると考えられる。しかしながら、消費者が青果物を味などの内容成分で選べるようになるにはいくつかのハードルを越えていく必要がある¹⁴⁵⁾。先ず第1のハードルは「美味しさ」を説明できる内容成分にはどのようなものがあるのか、個々の野菜や果物について味と密接な関係のある内容成分等の項目を探し出すことである。2つ目のハードルは「美味しさの基準作り」が可能なのかという点にある。消費者の嗜好がすべて同じであれば、比較的簡単だが、地域、性別、年齢層などにより嗜好が分化している場合には、加工食品に見られるような甘口、辛口といった食味型に分類していくことも必要と考えられる。そして3つ目は、内容成分等をどのようにして測定するかにある。これには抽出して化学分析等でサンプルを壊して行う方法や非破壊での測定等が考えられる。4つ目は、これらの基準が農家や産地側の努力によって達成できるものであり、努力に相当する経済的な利益が得れるものであれば普及に至るものと推察される。そのため、本研究では完熟トマトを用いて美味しさに関連する成分を検索した。また、食味に関する品質測定法としては近赤外分光法を用いてトマトの非破壊品質評価の可能性について検討した。これには近赤外線照射する部位や回数を定めるための手法についての検討と、近赤外線測定可能な項目の検討が含まれる。

完熟トマトは樹上で熟させたトマトで今日ではトマトの主流となっている。以前の我が国のトマト果実の収穫はturning stage (催色期)で行われている場合が多く^{186, 198)}、長距離輸送の場合はmature green stage (緑熟期)での出荷も行われていた¹⁸⁶⁾。トマト果実はmature green stage (緑熟期)まで達していれば、収穫後も一応正常に成熟するとされている⁷¹⁾。しかしながら、追熟トマトの食味が樹上で成熟したものより劣ることは従来からも指摘されている^{17, 19, 98, 180)}。収穫後の糖の変化についてはmature green stageからの追熟果実では、収穫後その含量が減少する傾向を示し、fullripe stageに達すると果肉部のグルコース及びフラクトース含量がともに樹上成熟果実より約0.3%づつ低くなっていた⁵⁵⁾との報告がある。永田ら¹³⁰⁾はトマトでは成熟開始前にグルタミンとγ-アミノ酪酸が多いが、成熟にもなって著しく減少し、グルタミン酸は急速に増加すると報告している。

完熟トマトについて、外観や内容成分などの品質関連要因を解析した結果、トマトの還元糖含量はいずれの作型においても、糖度と非常に高い相関が認められた^{122, 148)}。このことは甘味の指標として糖度が使用できることを裏付けている。この点に関して、樽谷・北川・馬場ら²²⁶⁾は1967年に非常に繁雑な糖定量作業を省略するため、数種の果実の真の糖量とRefractometerの示度との関係を検討し、糖用屈折計の示度の中にしめる成分組成は果実の種類や熟度などの状態で異なるので、数値の取扱いについては慎重な配慮は必要であるものの、同種類の青果物であれば、甘味の指標として使えると報告している。また、トマト果実表皮の色調のうちL値（明度）は食味と負の相関が高く、暗い色調のもの程食味評価が高くなる傾向にあった。未熟なトマトでは緑色から赤色への変化を表す色調a値が食味に強く関係すると推察されるが、完熟トマトではa値の変動幅が小さく、収穫時の熟度に対応する明るさのL値が食味評価に関係したものと考えられる。

官能的な食味と相関が高い内容成分は本試験の解析結果では作型によって内容成分の項目が異なっていた。すなわち、冬春型では滴定酸含量でなく、糖度／滴定酸比が、一方、夏秋型では糖度と滴定酸含量が官能的な食味と高い相関関係にあった。冬春型は糖度、滴定酸含量以上に甘酸比が重んじられていることから甘さが強く求められているものと考えられる。また、夏秋型では糖度／滴定酸比よりも糖度、滴定酸含量が食味に強く影響していることから糖と酸の両方の濃厚なものが求められていると考察される。このことは冬春型の糖度／滴定酸比が高く、夏秋型が低いことからもうかがえる。トマトの風味についてはこれまでの報告でも糖と有機酸が支配的要因であり、この両物質の含量が高いほど食味が良好とされている^{20, 58, 74)}。また、糖と酸で味を評価する点で、両項目の定量はウンシュウミカンの味の判定にも有効であると報告されている²²⁷⁾。さらに、モモでは「うまさ」との単相関係数は甘味が最も高く、次いで多汁性、屈折計示度であり、酸味は相関係数が低い。そして、屈折計示度の高い果実は糖組成の割合ではショ糖の割合が高いと報告されている⁴⁵⁾。

トマトの美味しさの基準について検討したところ、美味しさの程度で「うまい」との回答は冬春型では糖度、滴定酸、糖度／滴定酸比が高いほど多くなっていた。以前に策定したトマトの美味しさの基準値は糖度が5であった。しかし、最近の調査結果では、糖度5程度のトマトを「うまい」との回答する人は半数以下で、完熟トマトが普及した今日においては糖度5程度のトマトでは一般に満足されていないことが明らかになった。「まずい」の回答が10%以下で、「うまい」との回答が60%以上を美味しさの基準と考えると、冬春トマトでは「糖度6以上、滴定酸0.5%、糖度／滴定酸比12程度」となり、これを冬春型の完熟トマトの新たな基準値として策定できると考えられた。また、夏秋型では冬春型とは糖度／滴定酸比が異なっており、

夏秋型の糖と酸含量の高い糖度8以上のトマトは逆に「まずい」との回答が増える傾向にあったので、夏秋型は冬春型とは異なった基準値を策定する必要があると考えられる。そこで、冬春型と同様「まずい」の回答が10%以下で、「うまい」の回答が60%以上を美味しさの基準とする「糖度6~8、滴定酸0.6~0.8%、糖度/滴定酸比10程度」の夏秋型の完熟トマトの美味しさの基準値を新たに策定できる¹⁴⁸⁾と考えられた。トマト以外にも温州ミカンの味についても検討した。温州ミカンの美味しさは主として「甘味の良否」「甘酸のバランス」や「じょうのう膜の硬さ」などで評価される^{132, 138, 143)}が、前の2つは糖度と糖/酸比であらわすことができる。一般に糖度の高いものほど食味評価は高くなるものの、糖度13以上のものについては食味評価の高いグループと評価が逆に若干下がるグループが存在し、味に対する嗜好の分化がみられることが明らかになった¹³⁸⁾。

非破壊品質評価の研究について、樽谷²²⁸⁾は1975年に青果物の品質に関する今後のめざす1つの方向として、内的な品質判定項目の中から特に重要なものについて、非破壊的、連続的測定技術の研究開発が必要となると述べている。その言葉を反映して、今日でも全国各地で青果物の非破壊品質評価の研究が盛んに行われている^{10, 11, 26, 48, 49, 54, 89, 90, 91, 108, 110, 112, 202, 205, 211)}。非破壊測定法の利点としては化学分析のように大量の化学薬品を使用しない、試料の前処理を必要としない、同一試料を反復して使えるので、同一試料について経時変化を調べることが可能であることや迅速で同時に多項目の情報を得ることができるなどがあげられる¹⁴⁵⁾。非破壊品質評価法の中で、近年、特に注目されているのが近赤外分光法で、それは800~2500nm域の光を物質に照射する。すると物質を構成する原子のエネルギー状態は低いエネルギー状態から高いエネルギー状態へ遷移する。この時に吸収が生じる。吸収された近赤外光の振動数(波長の逆数に比例)は原子や分子の種類、構造に関して非常に選択的である。この原理から近赤外光の吸収スペクトルや放射スペクトルを物質の同定や定量に利用できる。現在使用されている赤外分光法は照射した物質から反射した光情報を解析する反射方式と照射した光を物質内を透過させてその後の光情報を解析する透過方式の2つにほぼ類別できる。

しかしながら、実際に青果物、特に果実を近赤外分光法で測定する場合には問題点もある。その1つとして、果実は穀類等に比べて水分が多い上に表面が一般にわん曲しており、凹凸の著しいものもある。また、同一果実でも部位が異なれば糖含量等内容成分が異なっている¹⁴⁵⁾。例えばミカンの場合、じょうのう間でまた、同じじょうのう内(小袋)でも部位により糖含量がかなり異なっている⁹⁾。そこで、適切な近赤外線照射部位並びに照射カ所数を解明するために、完熟トマトとミニトマトを用いて果実内部の糖度と酸度の分布を調査するとともに、それぞれの代表値の推定法を検討した。

完熟トマト、ミニトマトの糖度の分布状況では、部位による差はへた部と花落ち部との間で大きく、完熟トマトでは平均 1.8° Brix、ミニトマトでは平均 1.2° Brix花落ち部の方が高いこと、また、部位別糖度の変動係数はどちらも花落ち部で最も小さいことが明らかになった。完熟トマトの果実全体の糖度推定では、断面の周辺4カ所測定が精度は良かったが、特に花落ち部に近い断面が優れていた。これは花落ち部に近いほど断面周辺部の糖度の変動が小さい¹⁵²⁾ためだと考えられる。対角2カ所測定の場合も花落ち部に近い断面が有効だと推察される。花落ち部の1カ所測定はへた部よりの断面の4及び2カ所測定に比べて誤差は大きい、赤道断面の2カ所測定程度の推定誤差であることから、1カ所測定としてはかなり精度が高いと考えられる。ミニトマトの果実全体の糖度を推定するのに、断面周辺4カ所測定を行う場合が誤差の標準偏差は最も小さくなる¹³⁹⁾が、対角2カ所測定の場合でも誤差の標準偏差は 0.1° Brix程度とかなり精度が高くことから、糖度推定の有効な手法と考えられる。これらの糖度推定の結果から、近赤外線等の光情報で、ミニトマト並びにトマト果実全体の評価を的確に行う場合にも断面の2又は4カ所の測定を行うことが有効であると考えられる。宮本ら⁹⁾もウンシュウミカンとカキを用いて測定部位による糖度差が大きいことを明らかにし、どちらも果実赤道部の対角に位置する2部位が有効であると報告している。著者ら¹⁴⁰⁾もウンシュウミカンで同様の結果を得ている。

また、完熟トマトの酸含量（酸度）の分布状況では、部位による酸含量の差は果実の中心部と周辺部との間で大きく、平均 0.14% 中心部の方が高いことが明らかになった¹⁵⁴⁾。酸含量の果実内の分布状況は糖度のそれとは全く異なっていた。このことから糖度は果実表面の光情報で果実全体の糖度の推定が容易にできるため、反射方式の近赤外分光装置でも測定しやすい。一方、中心部に集積する酸含量¹⁵⁴⁾をより正確に推定には果実表面のみでなく、内部まで光が透る透過方式の近赤外分光装置での測定の方が望ましいものと考えられる。また、酸が果実の中心部に多く蓄積されているので、果実の表皮に近い部位の酸含量から果実全体の酸含量の推定を行う場合には、補正が必要となる。その補正定数値は供試トマトの部位別酸含量の分布状況から判断して、果実の周辺部位では 0.04% 、花落ち部では 0.03% が適切であると考えられた。完熟トマトの果実全体の酸含量の推定では、断面の周辺4カ所測定の精度が最も良かったが、周辺2カ所測定の場合でも推定誤差は比較的小さいことが確認できた。トマトにおける糖度と酸含量以外の成分の果実内分布状況についてはカリウムは果実の中心部に、マグネシウムは花落ち部に、そしてビタミンCは果実のへた部にそれぞれ多く分布していることが明らかになった¹⁴⁹⁾。

次に実際の近赤外分光法による青果物の内容成分を推定する手法について検討した。本論文では1987年に実施したトマトの内容成分等の測定を取り上げた。当時と

しては青果物における近赤外の非破壊内容成分品質評価研究は例をみないものであった。それまでは、近赤外分光法での測定は小麦、米、飼料作物等の粉碎サンプル、または水溶性の液体サンプルに限られていた。

近赤外分光法でトマト果実の表皮に直接光を照射し、反射光を測定することにより、内容成分、食味等の品質項目を非破壊で評価（推定）できる可能性を検量したところ、成分等の項目が未知なサンプルを用いた場合でも糖度、酸含量、還元糖含量、ミネラル含量などが推定できる可能性があることが明らかになった。その上、化学成分ではない人間の官能的な食味までもが近赤外分光法で測定できる可能性を得た。現在でも官能値が測定できる理由については不明であるが、官能値と相関の高い成分を通して間接的に推定しているものと考えられる。トマト以外にもミニトマト、ブドウ、ナシ、温州ミカン等の青果物について糖度の非破壊測定の可能性を検討した^{120, 133, 136, 271, 272, 273, 274)}。その結果、果皮の薄いものは比較的精度良く測定できるが、果皮の厚い青果物では測定精度が悪くなる傾向がみられた。その理由は著者らが使用した機種が拡散反射方式であることによると考えられる。この機種を用いた場合の果皮内部の情報がとれる表皮からの距離は、波長によっても異なっているが、果実表面からほぼ0.2~0.5mmの深さまでであるので、表皮と成分測定を望む部位との距離が離れるほど成分値の推定が困難になると推察される。その点について、河野⁹⁰⁾は温州ミカンにおける果皮のみのスペクトルが全果のスペクトルに近いことより、丸のままの近赤外スペクトルは主に果皮の情報を反映したものであると報告している。また、秋元¹¹⁾は近赤外分光法によるメロン果実における糖測定の可能性を検討した結果、果肉切片、果実表面の重相関係数では再現性に問題があったと述べている。

近赤外分光分析装置のハード面については、現在のところ拡散反射方式に関しては、果皮が厚い果実（スイカ、メロンなど）では、多くの場合前述したように表皮の外側から表皮内部の果肉の情報を得るのが困難である。また、透過方式については光照射量が少ないと、小さな果実では光が透過し、果実内部の情報が得れる²⁰⁵⁾が、大きな果実では透過量が少なく、精度の良い測定が困難である。これらは測定機器本体の改良が必要であり、光の照度を高めるか、検知器の精度を高めることにより改善できるものと考えられる。また、従来スペクトルデータの解析法として重回帰が主として用いられてきたが、最近では主成分回帰分析やPLS回帰分析、ニューラルネットを用いた検量線の作成等新しい解析手法で精度の向上が試みられている。

そのような背景のもとで、今日まで測定装置の開発、改良が行われてきた。その結果、現在では内容成分まで非破壊で評価できる実用的な選別機としてモモ果実の糖度、温州ミカンの糖と酸度²⁰⁵⁾、メロンの糖度を測定する装置（試験機を含む）

が開発されている。その内モモ果実の糖度については1989年三井金属鉱業^(株)によって開発され、その1号機が山梨県西野農協に導入され、選別されたモモは「糖度保証付き果実」として差別化されて販売されている。さらに、モモの他、リンゴ、ナシの糖度選別にも利用可能な多用途の装置が開発されている。温州ミカンについては農林水産省等の出資により設立された^(株)果実非破壊品質研究所が1995年温州ミカン等の糖度及び酸度を非破壊的に瞬時に測定する内部品質選別機1号を開発し、一般に公開された。さらにメロンでは、1995年に住友金属鉱山^(株)がメロン用レーザー糖度計（試験機）を開発したと発表した。暗室の異なった位置で、波長の異なった（880, 910, 930nm）レーザー光線を果実に照射し、各波長毎に得られた吸光度からあらかじめ開発された検量線により果実糖度が算出される仕組みとなっている^{63, 212}。

なお、外観のみならず、内容成分の品質保証は、消費者サイドからは歓迎されるものの、生産者側では品質保証のための設備費、規格・選別の複雑化並びに一定のレベルに達していない農産物の扱いなど新たな課題を担うことになる。しかし、新たな経費については品質保証による高価格の販売で補うことができるし、また、農家間及び農家内の農産物のばらつきについては、品質を目標とした栽培技術の向上でかなり改善できるものと考えられる。味が良いものが高く評価されることにより、良品生産を目指す栽培者の励みにもなると思われる。さらに、一定レベルに達していない青果物の扱いについて、例えばトマトの場合には、糖含量・酸含量が高い「濃厚タイプ」、糖含量のみが高い「甘味タイプ」、酸含量のみが高い「酸味タイプ」、糖含量・酸含量ともに低い「サラダタイプ」（ドレッシングで好みの味にできる）等と類別ができれば、濃厚なトマトだけでなく、濃度の薄いものも販売できるようになり、消費者の方も用途に応じた選択が可能となる。そうすることによりトマトの消費拡大にも役立つものと考えられる。

第 7 章 総括

数種野菜の収穫後の呼吸量、エチレン生成量を調査するとともに、貯蔵中の品質変化を調べた。また、数種青果物の品質保持並びに品質向上技術について検討した。さらに、青果物の品質評価の手法を確立するために、食味と関連があると考えられる成分の検索と、食味の数値化をはかり、食味の基準づくりについて検討した。そして、果実内の成分分布状況の把握や代表値の推定法を確立するとともに、近赤外分光法による非破壊品質評価法について検討した。

第 1 章では青果物の収穫後の呼吸特性並びに貯蔵中の品質変化を調べるとともに予冷・保冷処理による品質保持について検討した。

ブロッコリー、レタス、キャベツの呼吸量の比較では、ブロッコリーの呼吸量が最も高かった。また、貯蔵温度と呼吸量は密接な関係にあり、低温ほど呼吸量は低下し、温度係数 Q_{10} はブロッコリーでは約 3、レタス・キャベツでは約 2 であった。収穫後の呼吸量の変化については、収穫当日の呼吸量が最も高く、7 日後では呼吸量が約 50% に減少していた。ブロッコリー、レタス、キャベツにおいて、品種による呼吸量の差が認められた。呼吸量と生育ステージとの関係ではブロッコリーにおいて花蕾が軟らかくなる段階で最大となった。しかし、呼吸量に比べてエチレン生成量に及ぼす生育ステージの影響は大きく、花蕾が軟らかくなる段階でエチレン生成量は著しく増加した。エチレンは 5℃ ではほとんど生成しないが、15℃ では著しい増加がみられた。

部位別にキャベツにおける貯蔵中の成分変化を調査した。全糖含量中のショ糖割合の減少パターンは中心部と外葉部とでは異なっていた。中心部ではどの温度帯 (5℃、15℃、20℃) でも変化はほとんどなかったが、外葉部では 15℃、20℃ で著しく減少した。ビタミン C は全ての部位で温度の上昇に応じて減少したが、外葉部での減少が著しかった。タマネギでは全糖含量は吊り玉及び冷蔵貯蔵中のどちらの期間にも減少し、特にショ糖含量の減少が著しかった。それに対し、還元糖は冷蔵中にわずかに増加する傾向が認められた。

予冷・保冷処理の効果について検討した。完熟トマトではがくの萎れ、糖、酸含量、糖/酸比、ビタミン C 含量、果実硬度などが、キュウリでは色調変化、しり太果の発生、糖、ビタミン C の減少、低温障害、果肉の硬度などがそれぞれ品質低下要因となった。夏季高温時では収穫後室温に放置すると、完熟トマト、キュウリともに 3 日程度が収穫時の品質を保つ限界となるが、収穫直後に予冷をかけて品温を下げ、その後も低温貯蔵すれば、品質保持期間を室温貯蔵より 4 日程度伸び、1 週間程度にすることができた。

第2章では青果物における機能性フィルムの使用による鮮度保持効果について検討した。

数種野菜において、0℃と5℃の温度条件下で密封包装すれば、フィルムの種類に関係なく高鮮度状態に保てる期間には差がほとんど認められなかった。10℃の温度帯であれば3~5日間はハンカチ包装を除く全ての供試包材で高鮮度が保たれた。その中でもガス透過量の低い包材では高鮮度状態が10℃で7~10日間保たれた。また、キャベツでは5℃程度の貯蔵温度とフィルム包装を組み合わせることによりホール形態のみならず1/2カット形態でもかなり鮮度保持期間が延長できることが明らかになった。

夏季高温時に輸送されるハウレンソウの品温変化を調べるとともに、実用的な品質保持に役立つフィルム包装と輸送ケースの補助包材について検討した。予冷後店頭へ配送されるまでの間の品温変化は15℃程度であった。O₂透過量20,000ml/m²·day·atm (15℃)程度の微細孔フィルムによるハウレンソウの密封包装は、安定して良好な品質が保持できることが確認された。しかしながら、慣行のOPPフィルムを使用する場合でも小さな穴を開けた小窓形式にすることで微細孔フィルムに近い実用的な鮮度保持効果が認められた。フィルム包装と併用する補助包材として2枚の新聞紙を使うことにより、品温変化は少なくなった。新聞紙1枚に比べて2枚使用によりハウレンソウの品質も高く保たれた。

第3章では青果物における機能性フィルムを除く比較的簡易な品質保持材の鮮度保持効果について検討した。

砕氷では、発泡スチロール箱と袋詰めにした砕氷を組み合わせることにより、完熟トマト、レタス、ブロッコリー及び1/2カット野菜の鮮度保持期間を著しく延長することが確認された。

エチレン吸着剤（活性炭）による品質保持効果については、着色程度40%以下のトマトであれば色調及び内容成分の変化が抑制されたが、着色60%以上の果実ではそれらの変化を抑制する効果は小さかった。

輸送中に生じる振動も青果物の品質を低下させる要因の1つである。輸送のJIS規格に基づいた振動試験により完熟トマトや無核ピオーネは著しく振動の影響を受け、物理的損傷や脱粒などの品質低下が生じることが明らかになった。完熟トマトではがく部の物理的損傷は箱底へのシート処理で防ぐことができるが、側部の損傷防止にはシート処理の効果は少なく、トマト全体を覆う個別包装で防ぐことができた。無核ピオーネの振動後の脱粒は栽培中のサイトカイニン様物質（KT-30液剤）処理でかなり防止できた。また、無核ピオーネにおいても緩衝材として、発泡スチロール製ネットを箱の底に敷くことにより、振動2日後の脱粒数は50%以下に減少した。さらに、KT-30剤処理と緩衝材を組み合わせることにより、脱粒は一層減少した。輸送ケースとして発泡スチロール箱は従来のダンボール箱に比べ

て品質保持効果が高かった。

第4章では収穫後のクリの品質を向上させる技術の可能性について検討した。

ク리를 收获后直ちに0℃の低温で約30日間貯蔵することにより、デンプン含量が減少し、全糖、ショ糖含量が著しく増加した。さらに、短期間の低温処理がクリのショ糖含量に及ぼす影響について検討した結果、3日間の0℃処理でもわずかな糖含量の増加がみられ、0℃の期間に比例してショ糖含量は高くなることが明らかになった。さらに、低温処理後の17℃条件下でのショ糖含量の変化が少ないことから、收获後の貯蔵条件により甘さ（ショ糖含量）の調節が可能であるのみならず、ショ糖含量を調節した後に、2週間程度の常温流通が可能であることも確認された。

ク리는、甘いものがより一層好まれる傾向にあるので、数段階のショ糖含量のク리를 作成し、食味調査を行った結果、ショ糖含量の程度に応じて甘さの度合いを識別できることが明らかになった。このことより、ショ糖含量4.5%未満を「普通」、4~8%を「甘」、8%以上を「極甘」とする3段階の甘さの基準を策定することができた。

第5章ではトマトを用いて味に関する品質評価法について検討するとともに、近赤外分光法による非破壊品質評価法の可能性について検討した。

美味しさに関連する成分の検索と味の基準について検討した結果、トマトでは糖と酸の含量並びにそのバランスが重要であることが確認された。そして、冬春トマトでは「糖度（Brix）6以上、酸0.5%、糖度／酸比12程度」、夏秋トマトでは「糖度6~8、酸0.6~0.8%、糖度／酸比10程度」とする作型別の新たな完熟トマトの美味しさの基準値を設けた。

トマトの食味に関する非破壊品質測定法を確立するため、近赤外光の照射ぶいについて検討した。そのために、先ず完熟トマトの成分の分布を調べた。糖度と酸含量は果実の部位によって異なり、糖度は花落ち部ががく部に比べて平均1.8°Brix高く、酸含量は中心部が周辺部に比べて0.14%高かった。次いで、成分の推定法を検討した。糖度、酸含量とも赤道周辺部の2または4か所を測定することにより果実全体の推定が可能となった。しかしながら、酸含量は周辺部と中心部との部位による濃度の片寄りがあるために、補正值が必要であった。

近赤外スペクトルと化学分析値との関係を求めた結果、トマトの内容成分と高い相関関係にある波長や検量線がみいだされた。さらに、未知サンプルで検量線の信頼性を検討した結果、トマトの表面に直接近赤外線を照射することにより、糖度、酸含量、還元糖、K、Mg含量、乾物率や官能的な食味が比較的精度良く推定できることが明らかになった。

引用文献

- 1) 阿部一博：収穫熟度及び短期低温処理が青果物の鮮度保持に及ぼす影響；日本コールドチェーン研究会誌, 8, 54-59, 1982.
- 2) 阿部一博：キノコの鮮度保持に及ぼす短期低温処理の効果；日本コールドチェーン研究会誌, 9, 113-114, 1983.
- 3) 阿部一博：グリーンアスパラガスの貯蔵性に及ぼす貯蔵中の保持姿勢ならびに包装内水分の影響；日本コールドチェーン研究会誌, 11, 115-118, 1985.
- 4) 阿部一博・森田昭彦・山田孝和・寺田正樹・奥田義二：細菌利用のエチレン除去剤による数品種のブドウの品質保持に関する研究；日食低温誌, 18, 3, 1992.
- 5) 阿部一博：数種軟弱野菜の予冷温度と時間ならびに貯蔵に伴う品質変化；日食低温誌, 20, 121-126, 1994.
- 6) 阿部一博・鈴木富隆・茶珍和雄：カットキュウリ保存中の生理変化ならびに腐敗に及ぼす切片角度ならびに形状の影響；園芸学会雑誌, 64, 3, 633-638, 1995.
- 7) 阿部一博・龍一平・茶珍和雄：分割されたブロッコリー花蕾の黄化に及ぼす O_2 と CO_2 濃度ならびにエチルアルコールおよびアセトアルデヒドの影響；日食低温誌, 21, 208~209, 1995.
- 8) 阿部一博・吉村公一・黒岡浩：数種品種ならびに貯蔵温度の異なるカットピーマンの品質変化；日本食品保蔵科学会誌, 23, 5, 3-11, 1997.
- 9) 秋元浩一・水野昌直・中村雅樹・山田初男：ブドウ果粒の着粒強度；園芸学会雑誌（別2）, 58, 590-591, 1989.
- 10) 秋元浩一：近赤外分光法利用によるカキ‘西村早生’の甘渋判定および糖度推定の可能性；園学雑誌59（別1）, 634-635, 1990.
- 11) 秋元浩一・水野昌直・三枝智浩・青木山友子：近赤外分光法によるメロンの糖度測定；園芸学会雑誌（別1）, 59, 660-661, 1990.
- 12) 秋元浩一・前沢重禮：温度変動がハウレンソウの呼吸と品質に及ぼす影響；農業施設, 27, 4, 195-198, 1997.
- 13) 青山淳一・田中邦明・兵藤宏：ブロッコリーの老化におけるエチレン生成とその生理（第6報）ブロッコリー小花の老化におけるアスコルビン酸とクロロフィルの分解；園芸学会雑誌（別1）, 66, 552-553, 1997.
- 14) 新井忠・真田松吉：ビール大麦・ホップの品質管理・成分育種における近赤外分析法の利用と課題；食品工業, 26, 10, 52-55, 1983.
- 15) 浅見逸夫・田中喜久：青ウメの高品質出荷技術に関する研究（第1報）環境ガス組成が鮮度に及ぼす影響；愛知農総試研報, 22, 259-265, 1990.
- 16) 別府道子・片平理子：エタノールのブロッコリーに対する鮮度保持効果；日食低温誌, 21, 223, 1995.
- 17) BELANCOURT, L. A., M. A. STEVEENS and A. A. KADWR.: Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits.; J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102; 721-723, 1977.

- 18) B. G. Osborne and T. Fearn: NEAR INFRARED SPECTROSCOPY IN FOOD ANALYSIS; P 1986.
- 19) BISOGNI, C. A. and G. ARMBRUSTER.: Quality comparison of room ripened and field ripened tomato fruits.; J. Food Sci.; 41, 333-338. 1976.
- 20) BOGGS, M. M., W. C. DIETRICH, M. NUTTING, R. L. OLSON, F. E. LINDQUIST: Time-temperature tolerance of frozen foods XXI.; Food Technol. 14; 111-115 1960.
- 21) 壇和弘・永田雅靖・山下市二: 数種野菜の呼吸に及ぼす低酸素の影響(II); 日食低温誌, 21, 127-132, 1995.
- 22) EAKS I. L.: Effect of temperature and holding period on some Physical and Chemical Characteristics of lemon Fevits, Ir of Food Sci., 26, 593, 1961.
- 23) Gorin, N.: Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 174(4)300, 1982.
- 24) 後藤昌弘・村上讓・山田喜八: 生鮮香草の品質保持(第1報) ミント類について; 日食低温誌, 15, 1, 1989.
- 25) 浜田憲一・真野隆司・荒木斉: 兵庫中央農技研報, 41, 21-26, 1993.
- 26) 原口和男: スイカの打音式空洞検出装置と選別包装施設の概要; 農流技研会報, 117 13-16, 1989.
- 27) Hart, J. R., Norris, K. H. and Golombie, C.: Determination of moisture content of seeds by NIR soectrophotometry of their methanol extract; Cereal Chemistry, 39, 2, 94-99, 1962.
- 28) Hayashi, T.: Accumulation of Sucrose in Ganma-Irradiated Sweet Potato Roots; J. Food Sci., 47, 2011~2014, 1982.
- 29) Hayashi, T. and Kawashima, K: Agric. Biol. Chem., 46, 1475, 1982.
- 30) Hayashi, T., Ohta, T., Hayakawa, H., and Kawashima, K.: Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 30, 557, 1983.
- 31) 林圭一・土田廣信・寺井弘文・水野雅史: 低温感受性及び耐性の葉菜の貯蔵中におけるポリアミン含量の変動パターンの差異; 園芸学会雑誌(別1), 62, 490-491, 1993.
- 32) 平成5~7年度地域重要新技術開発促進事業 研究成果報告書: 機能性フィルム等と温度管理を活用した野菜の高鮮度保持流通技術の確立, 124-127, 1996.
- 33) 姫野悟・田中滝二: 山菜、野菜類の鮮度保持技術の開発; 大分県農水産物加工総合指導センター試験成績報告書, 39-42, 1995.
- 34) 日野昭: ポリエチレン包装、ワックス処理及び温度がイヨカン果実の貯蔵に及ぼす影響; 愛媛大学農学部紀要, 34, 327-336, 1990.
- 35) 平田貴美子・茶珍和雄・岩田隆: ストレッチフィルム包装による青果物の鮮度保持; 日本コールドチェーン研究会誌, 8, 46-53. 1982.
- 36) 平野稔彦・山本純隆・松本明芳: トマトの流通技術の確立に関する研究(1); 福岡農総試研報 B, 4, 49-52, 1984.
- 37) 平野稔彦: ホウレンソウの流通技術の確立に関する研究; 福岡県農業総合試験場研究報告 B, 3, 61-64, 1984.
- 38) 平野稔彦・山本純隆・松本明芳: 福岡農総試研報 B, 5, 53-56, 1985.
- 39) 平野稔彦・松本明芳・山本純隆・茨木俊行: 九州農業研究, 50, 13-15, 1988.
- 40) 広瀬智久: キュウリ果実の低温障害に対する冷蔵中の一時的加温処理の効果; 園芸学雑誌 53, 3, 355-361, 1982.

- 41) 広瀬智久：冷蔵前並びに冷蔵中の加温処理がキュウリ果実の低温障害、呼吸及び膜透過性に及ぼす影響；園芸学雑誌 53, 4, 459-466, 1982.
- 42) 弘中和憲・石橋憲一：ナガイモの貯蔵に関する研究（第2報）大型貯蔵施設内で貯蔵中の品質変化；農機誌, 53, 31-39, 1991.
- 43) 弘中和憲・石橋憲一：ナガイモの貯蔵に関する研究（第3報）圃場越冬ナガイモの品質変化大型貯蔵施設内で貯蔵中の品質変化；農機誌, 53, 65-73, 1991.
- 44) 日坂弘行：ハウレンソウ貯蔵中における呼吸量、糖含量の変化と外観の劣化との関係；日食工誌, 36, 956-963, 1989.
- 45) 寿松木章：モモ果実のうまさと甘味に関する要因；果樹試報17, 91-98, 1990.
- 46) 日坂弘行・小倉長雄：貯蔵中のハウレンソウ部位別のアスコルビン酸含量の変化；日本食品工業学会誌, 38, 1, 41-43, 1991.
- 47) 本多靖・石黒修：果実とそ菜の保存に関する研究（第1報）果実とそ菜の呼吸におよぼす環境ガス組成の影響，園学雑, 36, 101-110, 1967.
- 48) 本間秀明：X線を利用したスイカの空洞検査装置；農流技研会報, 117 10-12, 1989.
- 49) 堀内正美・松浦英之・石上清：近赤外分光による温室メロン糖度の非破壊測定；園芸学会雑誌（別1）, 60, 562-563, 1991.
- 50) 藤田秋治：ビタミン定量法, 584-589, 南江堂, 1955.
- 51) 兵庫県農林水産部編：消費者から見た野菜, 4-5, 1994.
- 52) 茨城俊行・池田浩暢・打田 宏・太田英明：フィルム包装および出荷容器が葉ネギの鮮度に及ぼす影響；日食低温誌, 21, 67-72, 1995.
- 53) 茨木俊行・池田浩陽・太田英明：収穫時期が葉ネギの呼吸速度、化学成分および鮮度保持に及ぼす影響；日本食品保蔵科学会誌, 23, 2, 15-20, 1997.
- 54) 池ヶ谷賢次郎：近赤外分光法による煎茶及び抹茶の全窒素・カフェイン・全遊離アミノ酸類・テアニン及びタンニンの定量；野・茶試報B2, 47-50, 1988.
- 55) 今関英雄：傷害植物の物質代謝；科学40(5)226-232, 1970.
- 56) 稲葉昭次・山本努・中村怜之輔：園芸学雑誌, 49, 132, 1980.
- 57) 稲葉昭次・久保康隆・中村怜之輔：エチレンの青果物に対する呼吸促進作用と温度との関係；園学要旨, 昭和63春, 526-5 27, 1988.
- 58) 稲葉昭次・山本努・伊東卓爾・中村怜之輔：トマトの樹上成熟果実及び追熟果実の成熟様相と食味の比較；園学雑, 49, 132-138, 1980.
- 59) 稲津修・新井利直：育種、栽培における近赤外分光法の利用と今後の課題；食品工業, 26, 10, 36-40, 1983.
- 60) 石谷孝祐：食品包装容器の機能と選択；缶詰時報69, 106-116, 1990.
- 61) 伊東卓爾・中村怜之輔・松本幸大：低温貯蔵中の温度変動幅と変動周期が青果物の鮮度保持に及ぼす影響（第2報）温度変動に対するナス果実およびハウレンソウの反応性の相違；コールドチェーン研究, 4, 147-152, 1978.
- 62) 伊東和彦・李 里特・樋元淳一：野菜の鮮度保持に関する研究（第1報）グリーンアスパラの鮮度保持；農業機械学会誌, 56, 3051-56, 1994.
- 63) 伊東雅宏：アグリビジネス10, 42, 87-92, 1995.

- 64) 岩元睦夫:近赤外分光法による測定技術の発展と今後の課題; 食品工業, 26, 10, 20-27, 1983.
- 65) 岩本睦夫:近赤外分光法による食品成分の非破壊測定:日食工誌, 27, 9, 464-472, 1980.
- 66) 岩元睦夫・河野澄夫・魚住純:近赤外分光法入門(幸書房), p4-5, 1994.
- 67) 岩田隆・緒方邦安:コールド・チェーンにおける青果物の品質保持と温度許容度に関する研究(第1報)イチゴ、エンドウ、ソラマメ、アスパラガスおよび甘果オウトウにおける温度許容度の相違; 園学雑, 41, 438, 1971.
- 68) 岩田隆:農及園, 54, 987-989, 1979.
- 69) 岩田 隆:日本産果実、野菜の低温保蔵に関する研究; 日食低温誌, 17, 158, 1991.
- 70) 岩元睦夫・中馬豊・志賀徹:選果機処理(特に落下衝撃)が温州ミカン品質に及ぼす影響について; 園芸学会49年秋季発表要旨, 360-361, 1974.
- 71) 岩田 隆:果実類の追熟に関する諸問題 2. トマト・メロン・イチゴを中心に; 農及園. 54:987-989, 1979.
- 72) J. Beier, P. Cooper(訳)達林頭一:近赤外(NIR)分析理論 微量分光で型どおりの多重logにある問題が解決できる; 食品工業, 26, 10, 46-51, 1983.
- 73) 徐歩前・邨田貞夫:数種機能性フィルムによるカットキャベツのMA貯蔵について; 日本食品低温保蔵学会誌, 19, 3, 13-18, 1993.
- 74) KADER, A. A., M. A. STEVENS, M. ALBRIGHTHOLTON, L. L. MORRIS and M. ALGAZI:Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes.; J. Amer. Soc. Hort. Sci, 102, 724-731, 1977.
- 75) Kader, A. A., M. A. Stevens, M. Albrightolton, L. L. Morris and M. Algazi: Amer. Soc. hort. Sci., 102, 724, 1977.
- 76) 垣内典男:果実類の低温輸送と品質; 果実日本, 37, 7 24-29, 1982.
- 77) 加納純孝:青果物の低温流通に関する研究(第4報)野菜のダンボール包装について; 日食工大会発表要旨集, 13-14, 1968.
- 78) 加納純孝:青果物の低温流通に関する研究(第5報)ブドウの低温流通と包装改善について; 日食工大会発表要旨集, 13-14, 1970.
- 79) 加藤薫:CA貯蔵の現状とCA装置の開発; 日本コールドチェーン研究会誌, 2, 134-140. 1976.
- 80) 加藤宏朗:高周波インピーダンスによる農産物の非破壊鮮度判定; 農機誌, 51, 55-61, 1989.
- 81) 川嶋和男:鮮度保持剤としての高吸水性高分子物質; 食品定温流通, 13, 14, 14-17, 1984.
- 82) Kawashima, K., Hayashi, T, Uozumi, J., Aoki, S.: Report of the National Food Research Institute, 44, 1, 1984.
- 83) 川崎重治・大西忠男・西谷國宏・三木英一:タマネギの作り方, p. 64, 農文協, 1984.
- 84) 川田和秀・北川博敏:ブドウ, マスカットベリーAの予冷・出荷包装とヒロ・ハンブルグの長期貯蔵法について; 香川大農学部学術報告, 39(1), 39-46, 1987.
- 85) 川嶋和子:フィルム包装によるブロッコリーの鮮度保持; 園学要旨, 昭和63春, 516-517, 1988.
- 86) 近畿中国農業試験研究推進会議編:平成3年度近畿中国農業研究成果情報, 278-279, 1992.
- 87) 北川博敏・松井年行・川田和秀:鉍物質含有プラスチックフィルムによるブロッコリーの包装; 園学要旨, 昭和63春, 520-521, 1988.
- 88) 小餅昭二:タマネギの貯蔵に関する諸問題; 農業及び園芸, 58, 11-12, 1983.

- 89)河野澄夫：近赤外分光法によるモモの糖度の非破壊計測；園学雑58別2, 604-605, 1989.
- 90)河野澄夫：近赤外分光法による温州ミカンの糖度、酸度の非破壊計測；園学雑58別, 580-581, 1989.
- 91)河野澄夫：非破壊技術の現状と将来；フレッシュフードシステム, 27, 2, 50-57, 1998.
- 92)河野澄夫・小野寺武夫・早川昭, 岩元陸夫・太田英明・菅原渉：クリの予冷と低温貯蔵；園学雑 53, 2, 194-201, 1984.
- 93)久保康隆・喜安英伸・大熊昌子・稲葉昭次・中村怜之輔：高濃度炭酸ガスが青果物の呼吸活性に及ぼす影響（第3報）エチレン生成との関連；園学要旨, 昭和63春, 534-535, 1988.
- 94)久保康隆・喜安英伸・大熊昌子・稲葉昭次・中村怜之輔：高濃度炭酸ガスが青果物の呼吸活性に及ぼす影響（第4報）CA条件下での呼吸活性；園学要旨, 昭和63春, 536-537, 1988.
- 95) KUBO, Y., INABA, A. and NAKAMURA, R.: Effects of High CO₂ on Respiration in Various Horticultural Crops :J. Japan. Soc. Hort. Sci., 58, 731-736, 1990.
- 96)工藤垂義：園芸学会シンポジウム講演要旨, 昭和56年秋季大会、P111, 1981.
- 97)黒田長治：果実・果菜予冷の意義；食品低温流通, 13, 3, 5-7, 1984.
- 98)万豆剛一・水戸喜平：トマトの収穫後の温度と着色品質；農及園, 41, 355-356, 1966.
- 99)万豆剛一・村松安男・水戸喜平：そ菜の品質保持に関する研究（第2報）スイートコーンの収穫後の取扱いと品質保持；静岡県農試報, 11, 1966.
- 100)万豆剛一：農林省食研昭和42年度専門別総括検討会議資料, p 27, 1968.
- 101)M. A. Stevens, Kader, A. A., M. Albrighton:J. Amer. Soc. Hort. Sci., 104, 40, 1979.
- 102)増田亮一：落下・振動衝撃がミカン果実の有機酸組成に及ぼす影響, 主成分分析法による解析；食総研報, 52, 36-46, 1988.
- 103)MCCOLLOCH, L. P, Better Quality Tomatoes through Temperature Control and Careful handling 12th Natl. Conf. on Handling Perishable Agr. Commod., 10-14, Proc. p66-72, 1958.
- 104)南出隆久・中川工・緒方邦安：キュウリ果実の品質に及ぼす果実熟度、作型ならびに貯蔵温度の影響；コールドチェーン研究, 6, 52-60, 1980.
- 105)南出隆久・岩田隆：コールド・チェーンにおける青果物の品質保持と温度許容度に関する研究（第6報）軟弱野菜--カイワレダイコン, ミツバ, シュンギクについて；食品と低温；7, 10-16, 1981.
- 106)南出隆久：青果物の品質保持とストレス；日本コールドチェーン研究会誌, 11, 101-107, 1985.
- 107)三浦剛:テクニコンにみる近赤外分光法の特色と利用；食品工業, 26, 10, 28-35, 1983.
- 108)宮崎丈史・大久保増太郎：メロンの熟度と収穫後の品質保持；園学雑58, 361-368, 1989.
- 109)宮崎丈史：サツマイモの成分変化に及ぼすキュアリング処理と貯蔵条件および加熱処理の影響；園学雑59, 649-656, 1990.
- 110)宮本久美・山下重義：近赤外分光分析法によるウンシュウミカン果実糖度の非破壊計測；園芸学会雑誌（別1）, 60, 558-559, 1991.
- 111)溝井雅子・澤山茂・川端晶子：玉葱の貯蔵による食物繊維の変化；日本食品工業学会誌, 41, 1, 25-30, 1994.
- 112)水野雅史・土田廣信・本郷昭三・水野進：非破壊分析によるメロンの熟度評価；園学雑58別2, 630-631, 1989.

- 113)水野雅史・土田廣信・本郷昭三・伊地知武吉・水野進・渡辺一憲：打音解析によるメロン果実の熟度判定；園学雑60, 83-88, 1991.
- 114)守康則・木島康子・倉田英子：ビタミンCの酸化に及ぼすクロロフィルの影響；家政学雑誌, 15, 6-10, 1964.
- 115)守康則・北久美子・宮崎節子：クロロフィルの安定性に関する研究；家政学雑誌, 15, 1-5, 1964.
- 116)森俊人・中川勝也・藤本治夫：近畿中国地域における新技術, 11, 29-40, 1978.
- 117)村田民和：果実の貯蔵と加工(10)--クリの品種と貯蔵；農及園39, 11, 114-118, 1964.
- 118)村田敏・宮内樹代史：生鮮農産物の呼吸量の測定；農業機械学会誌, 55, 2, 69-75, 1993.
- 119)邨田貞夫：青果保蔵汎論, 建パク社, 263-272, 1980.
- 120)永井耕介・吉川年彦：農産物の非破壊迅速評価システムの開発（ブドウの糖度と果粒重）；兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 55-56, 1988.
- 121)永井耕介・吉川年彦・中川勝也・澤正樹・田中平義：ミニトマトの品質と栽培に関する研究 第1報 ミニトマトの品質特性と消費嗜好；兵庫中央農技研報（農業編）, 36, 103-106, 1988.
- 122)永井耕介・吉川年彦・澤正樹・小林尚司・田中平義：近赤外分光法による農産物の非破壊品質評価 第2報 トマトの内容成分と食味についての分析ソフトの開発；日本食品低温保蔵学会誌, 15, 2, 75-81, 1989.
- 123)永井耕介・吉川年彦・中川勝也・澤正樹・田中平義：ミニトマトの品質と栽培に関する研究 第2報 ミニトマトの房どり収穫技術；兵庫中央農技研報（農業編）, 37, 29-34, 1989.
- 124)永井耕介・吉川年彦・澤正樹：完熟トマトとミニトマトの耐振動性及びパッケージ資材の品質保持効果；近畿中国農研, 80, 54-58, 1990.
- 125)永井耕介・吉川年彦・池内康男・澤正樹・田中平義：ミニトマトの品質と栽培に関する研究 第3報 夏季ミニトマトの品質と日持ち性；兵庫中央農技研報（農業編）, 38, 33-38, 1990.
- 126)永井耕介・吉川年彦・澤正樹・田中平義：近赤外分析装置による品質の非破壊評価法 第2報 トマトの成分分析；日本低温保蔵学会講演要旨集（春期）, 4, 1988.
- 127)永井耕介・吉川年彦：丹波黒大豆の枝豆の鮮度保持；兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 73-74, 1991.
- 128)永井耕介・吉川年彦・澤正樹・岸本基男：夏季完熟トマトにおける予冷・保冷処理の品質保持効果；近畿中国農研, 82, 34-38, 1991.
- 129)永井耕介・吉川年彦・澤正樹：果物における若年層の志向と今後の消費動向；兵庫中央農技研報（農業編）, 39, 101-106, 1991.
- 130)永田雅靖・西条了康：トマト果実の成熟に伴う遊離アミノ酸含量の変動について；日食工誌, 39, 64-67, 1992.
- 131)永井耕介・澤田富雄：クリ生果の凍結温度；兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 35-36, 1992.
- 132)永井耕介・澤田富雄：温州ミカンの品質向上技術；兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 1-2, 1992.
- 133)永井耕介・澤田富雄：非破壊・迅速品質評価技術の開発 オプティカルファイバー法による温州クリの内容成分分析ソフトの開発；兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 13-14, 1992.

- 134) 永井耕介・澤正樹・吉川年彦・岸本基男・山田正敏・中川裕八郎・伊佐定夫：タマネギの貯蔵中の品質変化と炒めタマネギとしての適性；日本食品低温保蔵学会誌, 18, 4, 141-147, 1992.
- 135) 永井耕介・堀本宗清・澤正樹・吉川年彦：クリの低温貯蔵中における糖含量の変化；兵庫中央農技研報（農業編）, 40, 29-34, 1992.
- 136) 永井耕介・澤田富雄：非破壊・迅速品質評価技術の開発 オプティカルファイバー法による温州ミカンの糖度測定；兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 13-14, 1993.
- 137) 永井耕介・澤田富雄・吉川年彦：実用予冷システムによる夏季キュウリの品質保持効果；近畿中国農研, 85, 54-57, 1993.
- 138) 永井耕介・小河拓也：3府県共同のミカン果汁の品質評価基準づくり；兵庫北部農技加工流通試験研究成績概要, 28-31, 1994.
- 139) 永井耕介・小河拓也：近赤外線照射回数が測定精度に及ぼす影響；兵庫北部農技加工流通試験研究成績概要, 26-27, 1994.
- 140) 永井耕介・小河拓也：カンキツ類の糖度の個体内バラツキとその測定法；兵庫北部農技加工流通試験研究成績概要, 22-23, 1994.
- 141) 永井耕介：レオメータを用いた温州ミカンのじょうのう膜の硬度測定法；近畿中国地域における新技術, 28, 204-207, 1994.
- 142) 永井耕介・浜田憲一・澤田富雄・小河拓也・中川勝也：近畿中国農研, 88, 34-38, 1994.
- 143) 永井耕介・小河拓也：柑橘類のじょうのう膜の硬度と外皮・じょうのう膜の厚さ；兵庫北部農技加工流通試験研究成績概要, 53-54, 1995.
- 144) 永井耕介・小河拓也：カット野菜における機能性フィルムの鮮度保持効果（ハクサイ）；兵庫北部農技加工流通試験研究成績概要, 25-28, 1995.
- 145) 永井耕介：青果物の品質測定評価最前線；農業機械学会誌, 57, 3, 131-135, 1995.
- 146) 永井耕介・浜田憲一・小河拓也・中川勝也：発泡スチロール箱を用いた常温でのピオーネの鮮度保持技術；近畿中国農研, 89, 41-44, 1995.
- 147) 永井耕介・有方千裕・小河拓也・中川勝也：野菜に対する消費者の意識と今後の流通対策；近畿中国農研, 89, 45-50, 1995.
- 148) 永井耕介・中川勝也：完熟トマトの味と美味しさの基準づくり；近畿中国農研, 90, 30-33, 1995.
- 149) 永井耕介・小河拓也：完熟トマトの部位別ミネラル、ビタミンC含量；兵庫北部農技加工流通試験研究成績概要, 54-54, 1996.
- 150) 永井耕介・堀本宗清・小河拓也・中川勝也：低温処理による日本グリの甘味向上と消費者の嗜好性；日食低保誌, 22, 2, 91-95, 1996.
- 151) NAGAI K., HAMADA K., OGAWA T. and NAKAGAWA K.: Vibrating Characteristics of Berry of Grapes 'Pione' through Transporting Simulation and Prevention of Berry-Drop Caused Mechanically by Shaking; J. Japan. Soc. Cold Preserva. Food, 22, 4, 223-229, 1996.
- 152) 永井耕介・小河拓也・中川勝也：完熟トマト・ミニトマにおける果実内部の糖度分布と代表値の推定法；近畿中国農研, 91, 114-118, 1996.
- 153) 永井耕介・小河拓也・福嶋 昭・中川勝也：ブロッコリーの収穫後の呼吸特性と酸素透過度を変えたフィルムによる鮮度保持効果；日食低保誌, 23, 6, 323-328, 1997.
- 154) 永井耕介・小河拓也・中川勝也：完熟トマトにおける果実内部の酸分布と代表値の推定法；近

- 畿中国農研, 93, 61-64, 1997.
- 155)永井耕介・羽瀧維子・小河拓也・中川勝也：包装法の改善による夏季収穫ハウレンソウの鮮度保持；日食低保誌, 23, 3, 133-138, 1997.
- 156)NAGAI K., FUKUSHIMA A., OGAWA T., MATUURA K. and NAKAGAWA K. :Contents Change according to Location of Cabbage in Storage and Effects of Storage Temperature and Film Package on Quality of Cabbage Harvested in Summer Season ;J. Japan. Soc. Cold Preserva. Food ,24, 1, 11-16, 1998.
- 157)永井耕介・小河拓也・中川勝也：レタスの収穫後の呼吸特性と各種機能性フィルムによる鮮度保持；兵庫農技研報（農業編）, 46, 45-50, 1998.
- 158)長尾明宣：カボチャの収穫後の品質に及ぼすキュアリング条件と貯蔵温度の影響；園学雑60, 17 5-181, 1991.
- 159)中村信夫・河野謙一：宮崎県総合農事試験場 野菜の低温貯蔵に関する試験成績書, 1969.
- 160)中村怜之輔・伊東卓爾：振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響（第1報）振動中及び振動直後のトマト果実の呼吸強度の変化；園学雑. 45(3)313-319, 1976.
- 161)中村怜之輔・伊東卓爾・阿部正博：トラック輸送時の果実段ボール箱の振動強度；岡山大農学報. 47. 41-50. 1976.
- 162)中村怜之輔・伊東卓爾：振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響(1)振動中および振動直後のトマト果実の呼吸強度の変化；園学雑, 45, 3, 313-319, 1976.
- 163)中村怜之輔・伊東卓爾・稲葉昭次：振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響（第2報）振動が果実の追熟に対する振動の影響；園学雑. 46(3)349-360, 1977.
- 164)中川勝也・森 俊人・澤 正樹・久保雄之介・藤井 浩：園芸作物の品質評価要因に関する研究；兵庫農総セ研報, 28, 32-35, 1979.
- 165)中川勝也・森 俊人・桐村義孝・澤 正樹・藤井 浩：園芸作物の品質評価要因に関する研究 第2報 ハウストマトにおける肥培管理効果と食味評価法の開発；兵庫農総セ研報, 32, 1-6, 1984.
- 166)中村怜之輔・今中孝・伊東卓爾・稲葉昭次：振動による数種果実の呼吸強度の変化；園学雑, 54, 4, 498-506, 1986.
- 167)中村怜之輔・谷田和宏・久保康隆・稲葉昭次：急激な温度変動にともなう青果物の呼吸強度の変化（第4報）呼吸の過上昇現象の比較；園学要旨, 昭和63春, 522-523, 1988.
- 168)日本工業規格：包装貨物の評価試験方法通則 Z 0200, 1987.
- 169)西堀すき江・並木和子：日食工誌, 29, 271, 1982.
- 170)野田啓良・中道謹一・大川俊彦：タケノコの鮮度保持に及ぼす予冷及び包装の影響；園芸学会雑誌（別2）, 61, 815, 1992.
- 171)野見山敏雄：福岡県産巨峰の市場対応と産地の課題；福岡農総試県報B-9, 107-112, 1989.
- 172)Norris. K. H. and Bulter. W. L. :Techniques for obtaining absorption spectra on intact biological samples;IRE Trans. BioMed Electron, 8, 3, 153-157, 1961.
- 173)Norris K H, Hart J R:Direct spectrophotometric determination of moisture content of grain and seeds, in Principles and Methods of Measuring Moisture in Liquids and Solids. Reinhold:New York, vol. 4, p19-25, 1965.
- 174)農林水産技術会議事務局編：近畿中国中山間地における高品位野菜・果実生産と域内出荷管理技

- 術の確立, 31-32, 1988.
- 175) 農林水産技術会議編：西日本における転換柑橘類果実の需要拡大のための加工法の開発, 研究成果208, 61-62, 1988.
- 176) 農産物流通技術研究会編：農産物流通技術年報：213, 219-221, 1994.
- 177) 小畑正行・青木陸夫：そ菜の包装・輸送・貯蔵に関する研究（第3年最終年次）；東京都農業試験場報告書. 1968.
- 178) O'BRIEN, M., L. L. CLAYPOOL, S. J. LEONARD, G. K. YORK and J. H. MACGILLIVARY. :Caused of fruit bruising on transport trucks. ;Hilgardia. 35(6). 113-124. 1963.
- 179) O'BRIEN, J. P. GENTRY and R. C. GIBSON. :Vibrating characteristics of fruits as related to in-transit injury/;Transaction Amer. Soc. Agr. Eng. 241-243, 1965.
- 180) 緒方邦安・今雪哲朗・成瀬守弘：生鮮農産食品の貯蔵に関する研究.（第3報）トマトの追熟に関する生化学的；香川農大報, 2, 121-129. 1951.
- 181) 緒方邦安・井上隆・邨田卓夫：球根茎類作物並びに種実に対するMHの生理機構に関する研究；園学雑. 25, 232-236, 1957.
- 182) 緒方邦安・岩田隆・茶珍和雄： γ 線照射によるタマネギの発芽抑制に関する研究；園学雑, 28, 143, 1959.
- 183) 緒方邦安・伊藤 卓・岩田 隆：日食工誌, 21, 394, 1974.
- 184) 緒方邦安：コールドチェーンにおける青果物の品質保持に関する諸問題；日本コールドチェーン研究会誌, 1, 2, 3-11. 1975.
- 185) 緒方邦安編：青果保蔵汎論, 260-276, 建ハク社, 1977.
- 186) 大久保増太郎・前沢辰雄：青果物の鮮度保持に関する研究（第2報）長距離輸送トマトの追熟に及ぼす温度, 採取熟度及びポリエチレン包装の影響；千葉農試研報 6. 181-190 1965.
- 187) 大久保増太郎・前沢辰雄：青果物の鮮度保持に関する研究（第1報）キュウリの低温貯蔵における品質変化について；園芸学雑誌 34, 4, 334-342, 1965.
- 188) 大久保増太郎・前沢辰雄：青果物の鮮度保持に関する研究（第6報）トマトの包装改善と輸送試験；日食工大会大会発表要旨集, 13, 1968.
- 189) 太田英明・與座宏一・中谷明雄・椎名武夫・井尻勉・石谷孝佑：市販鮮度保持フィルムのエチレン透過性とブロッコリーの鮮度保持；日食低温誌, 17, 106-111, 1991.
- 190) PLATENIUS, H. :Effect of temperature on the respiration rate and the respiratory quotient of some vegetable. ;Plant Physiol. 17, 179-197, 1942.
- 191) 李正吉：キュウリ果実の貯蔵中に発生する低温障害の組織形態学的観察；園芸学雑誌 51, 3, 355-361, 1982.
- 192) 龍 一平・阿部一博・茶珍和雄：多孔質鉱物練り込みフィルムの包装による数種野菜の品質保持効果；日食低温誌, 16, 148, 1990.
- 193) 流通システム研究センター編：農産物流通技術年報, 20, 11, 202, 1991.
- 194) 斉藤進・狩野聡子：常温と低温輸送野菜の成分の差異（とくに遊離アミノ酸の分布について）；日食工大会発表要旨集, 1967.
- 195) 斉藤進・狩野聡子：低温貯蔵と輸送のそ菜果実の品質に関する研究（第3報）特に市販低温流通そ菜の品質・栄養価について；農大農集報, 13, 38-73, 1968.

- 196) 齊藤進・高間聡子・鈴木忠直・田村真八郎：トマト、ピーマン、ニンジン貯蔵中の遊離アミノ酸含量の変化；日食工大会発表要旨集, 1970.
- 197) 齊藤進・高間聡子・豊巻孝子：環境調節が味覚に及ぼす影響に関する官能審査的研究；栄養誌, 30, 165-168, 1972.
- 198) 斎藤隆：農業技術体系 トマト編, 農文協, 143-152, 1973.
- 199) 齊藤進・高間聡子：青果物低温貯蔵輸送に関する研究の展望；日本コールドチェーン研究会誌, 1, 1, 16-25, 1975.
- 200) 坂根康秀：エチレン除去剤を利用したトマトのポリエチレン包装；日食低保学誌16, 91-96, 1990.
- 201) 椎名武夫・河野澄夫・岩元睦夫：シミュレーションモデルによるカット野菜包装における内部ガス組成の解析；園学雑, 56(4), 486-492, 1988.
- 202) 椎名武夫・井尻勉・松田郁生・大城信夫・佐藤哲夫・河野澄夫：近赤外分光分析法によるパイナップルの糖度、酸度の非破壊計測；園芸学会雑誌（別1）, 61, 554-555, 1992.
- 203) 白普和：細菌利用エチレン除去剤によるCA出庫リンゴの品質保持；日食低温誌, 15, 119-125, 1989.
- 204) S. Kawano, M. Iwamoto, J. Uojumi, K. Nishinari, 日食工誌, 34, 254, 1987.
- 205) S. Kawano, T. Fujiwara and M. Iwamoto: Nondestructive Determination of Sugar Content in Satsuma Mandarin using Near Infrared(NIR) Transmittance; J. Japan. Soc. Hort. Sci., 62, 2, 465-470, 1993.
- 206) SOMMER, N. F., F. G. MITCHELL, R. GUILLOU and D. A. LUVISI.: Fresh fruit temperatures and transit injury. ; Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76, 156-162, 1960.
- 207) STEVENS M. A. ・ KADER A. A. ・ ALBRIGHT M. and MORRI SL. L. : J. Amer. Soc. Hort. Sci., 103, 541, 1978.
- 208) STEVENS M. A., A. A. KADER, A. A. and M. ALBRIGHT: Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. ; J. Amer. Sci. 104, 40-42, 1979.
- 209) 菅原渉・太田英明：生栗の低温貯蔵技術について；農流技研会報8, 5, 1259-1264, 1986.
- 210) 菅原渉・河野澄夫・太田英明：低温貯蔵中における生栗の品質変化；日食低保学雑誌 13, 1, 3-9, 1987.
- 211) 杉山純一・臼井支朗：打音信号によるマスクメロンの非破壊品質評価；計測自動制御学会論文集, 26, 367-374, 1990.
- 212) 住友金属鉱山(株)：特開平8-178838, 1996.
- 213) 高橋敏秋・中山昌明：トマト果実の着色に関する研究（第1報）トマト果実の色素含量の測定について；園学雑, 27, 116-119, 1958.
- 214) 高橋敏秋・中村昌明：トマト果実の着色に関する研究（第8報）色素含量に及ぼす貯蔵温度の影響；園学雑, 31, 325, 1962.
- 215) 高橋敏秋・中村昌明：トマト果実の着色に関する研究（第9報）果実の呼吸と着色との関係；園学雑, 32, 61-64, 1963.
- 216) 高間聡子・齊藤進：低温貯蔵野菜の品質及び成分の変化；栄養誌, 29, 255-260, 1971.
- 217) 高間聡子・齊藤進：青果物の貯蔵に関する研究（第1報）そ菜の貯蔵温度と呼吸量について；東京農大集報記念論文集, 124-129, 1971.

- 218)高間聡子・福田修三・豊巻由美子・豊巻孝子・斉藤進：キュウリ、ピーマン果実の生産にともなう二、三の化学成分の変化；栄養と食糧；26, 329-332, 1973.
- 219)武井和人・青木幹雄・桜井健雄：数種欧州系品種のジベレリン処理による無核化；園芸学会雑誌（別2）, 59, 200-201, 1990.
- 220)田辺賢二・林真二・伴野潔：ブドウ巨砲の脱粒防止に関する研究；果粒の着粒強度，園学・中四国支部大会, 559, 1982.
- 221)田中喜久：ハウレンソウ、キュウリの簡易予冷、保冷、包装技術、農流技研会報, 48, 53-56, 1983.
- 222)田中耕・清水明：近赤外定量分析計による飼料原料・配合飼料の測定；食品工業, 26, 10, 56-58, 1983.
- 223)田中要・松尾良満：タマネギCA貯蔵試験結果；農業電化 別冊 , 48, 10, 42-46, 1995.
- 224)丹野修：山形大学卒業論文, 1972.
- 225)樽谷隆之：総説 果実・そ菜の貯蔵；日食工誌, 10, 186-202, 1963.
- 226)樽谷隆之・北川博敏・馬場稔：果実の品質に関する研究（第2報）糖用屈折計の示度と果実成分との関係；日食工誌, 14, 292-295, 1967.
- 227)樽谷隆之・北川博敏・真部正敏・中川勝也：果実の品質に関する研究（第3報）温州ミカンの品質評価の一方法；日食工誌, 14, 354-358, 1967.
- 228)樽谷隆之：青果物の低温輸送と品質；日本コールドチェーン研究会誌, 1, 3, 14-20. 1975.
- 229)樽谷隆之・緒方邦安編：青果保蔵汎論；建ハク社、p183, 1977.
- 230)樽谷隆之・北川博敏：園芸食品の流通・貯蔵・加工（養賢堂，東京），p. 36, 146, 1990.
- 231)達林顕一：近赤外定量分析の最近の動向と問題点；食品工業, 26, 10, 41-45, 1983.
- 232)程丹紅：園芸学雑誌（別1）59, 670-671, 1990.
- 233)天馬毅・上田映介・松江一・篠木藤敏：非破壊計測シンポジウム，日食工学会，98, 1990.
- 234)寺井弘文・水野進：数種の青果物のプラスチックフィルム包装貯蔵に関する研究；日本コールドチェーン研究会誌, 9, 81-89. 1983.
- 235)寺井弘文：貯蔵中のタアサイの品質に及ぼすポリエチレンフィルム包装の効果；日本コールドチェーン研究会誌, 11, 109-114. 1985.
- 236)寺井弘文・土田広信・水野雅史：収穫後のブロッコリーのエチレン生成系について；日本食品保蔵科学会誌, 19, 4, 27-31, 1993.
- 237)寺岸明彦：ジベレリン及びストレプトマイシン処理がブドウ短梢せん定‘ピオーネ’の果粒品質に与える影響；園学雑58別2 , 140-141, 1989.
- 238)寺岸明彦・江口悟：GA及びKT-30処理が短梢せん定ブドウピオーネの果粒及び小果梗に与える影響；園芸学会雑誌（別1）, 59, 98-99, 1990.
- 239)T. HAYASHI and K. KAWASHIMA: The effect of gamma-irradiation on the sucrose content in sweet potato tubers. :Agric. Biol. Chem 46:1475-1479, 1982.
- 240)千葉泰弘：農流技研会報, 131, 62-64, 1990.
- 241)邨田貞夫・建石耕一・緒方邦安：青果物のCA貯蔵に関する研究；園学雑, 37, 391-396, 1968
- 242)邨田貞夫：青果物の低温流通と低温障害；コールドチェーン研究, 6, 42-51, 1980.
- 243)鶴暁子：包装フィルムによるブロッコリーの鮮度保持方法；福岡農総試研報, B-10, 23-26, 1990.

- 244)土田広信・水野雅史・寺井弘文：レタス・真空予冷品及び非予冷品の流通・貯蔵中の生理化学的変化の比較 特に貯蔵中の内生エチレン及びポリアミン生成パターンの違い；園芸学会雑誌（別2），60, 636-637, 1991.
- 245)茶珍和雄：青果物の流通・貯蔵における品質変化とエチレンとの関係；日食低温誌, 15, 87-93, 1989.
- 246)張世明：青ウメの常温貯蔵におけるエチレン除去剤とポリエチレン密封包装の影響；園学雑60, 183-190, 1991.
- 247)中馬豊・村田敏・安部武美・早川功：生鮮農産物の輸送損傷に関する研究、輸転送振動による梨の損傷と箱内の運動；農機誌. 29(2), 82-87, 1967.
- 248)中馬豊・泉裕己・松岡孝尚：温州ミカンの輸送損傷に関する研究、外力による表皮損傷と呼吸変化；農機誌. 29(2), 104-108, 1967.
- 249)中馬豊・村田敏・早川功：Carton Box 中におけるなしの振動特性、Voigt体としての解析；農機誌. 30(1), 42-44, 1968.
- 250)牛嶋孝・成島豊：日本ナシの鮮度保持貯蔵；園学要旨，昭和63春, 502-503, 1988.
- 251)VAN ARSDEL, W. B. :The time-temperature tolerance of frozen foods. I. Food Technol. 11:28-33, 1957.
- 252)若林昭：キュウリの水中貯蔵；農流技研会報, 48, 13-16, 1983.
- 253)渡邊容子・内山総子・吉田企世子：夏期および秋期栽培ハウレンソウの生育過程における部位別成分について；園雑学, 62, 889-895, 1994.
- 254)XUE YANBIN・久保康隆・稲葉昭次・中村怜之輔：収穫後の湿度条件がキュウリ、ナスおよびピーマン果実のエチレン生成に及ぼす影響；日本食品低温保蔵学会誌, 22, 1, 3-10, 1996.
- 255)XUE YANBIN・久保康隆・稲葉昭次・中村怜之輔：湿度条件がトマトとキュウリ果実の生理及び肉質に及ぼす影響；日本食品科学工学会誌, 43, 2, 62-69, 1996.
- 256)山西貞・織岡桔久乃：家政誌, 6, 45, 1955.
- 257)山内直樹：葉菜類の貯蔵に伴うクロロフィル分解物の変化（第5報）クロロフィル分解機構；日食低温誌, 15, 82-86, 1989.
- 258)山下昭道：ハウレンソウの予措乾燥、復元技術の開発；鳥取食加研報, 31, 8-11, 1990.
- 259)山下昭道：ハウレンソウの低温流通技術；鳥取食加研報, 31, 12-17, 1990.
- 260)山下市二：CA貯蔵技術の最近の話題；研究ジャーナル, 13, 49-56, 1990.
- 261)山下市二・小林恭一：ブロッコリーの修整空気システムCA貯蔵；日食低温誌, 19, 8, 1993.
- 262)山下市二・永田雅靖・壇和弘・河合正毅・妹尾良夫・渡辺和幸・田村敏行・下瀬裕・水野浩治：実用規模修整空気システムCA（MA SCA）貯蔵装置の開発とキャベツの貯蔵；日食低温誌, 20, 3, 1994.
- 263)山脇和樹・笠原夕起子・松田尚子：高温処理がキュウリ果実の低温感受性ならびにアスコルビン酸代謝に及ぼす影響；園芸学会雑誌（別2），64, 648-649, 1995.
- 264)YANG, S. F. :The New Frontiers in Plant Biochemistry, Ed. by T. AKAZAWA, T. ASAHI and H. INMASEKI, P. 133-151, Japan Scientific Societies Press. 1988.
- 265)矢野昌充・西条了康：褐変しにくい品種を用いるカットキャベツの品質保持；日食低保誌, 13, 11-15, 1987.

- 266) 渡辺久芳他: 日本食品工業学会講演要旨集, 60, 1988.
- 267) Y. Kasai, M. Kato and H. Hyodo: Ethylene Biosynthesis and Its Involvement in Senescence of Broccoli Florets; J. Japan. Soc. Hort. Sci., 65, 1, 185-191, 1996.
- 268) Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura: Effects of High CO₂ on Respiration in Various Horticulture Crops; J. Japan. Soc. Hort. Sci., 58, 3, 731-736, 1989.
- 269) Yoo, K. S.: Dissertation Abstracts Inter-national, B, 48, 6, 1568, 1987.
- 270) 吉川年彦・永井耕介・澤正樹・田中平義: 近赤外分析装置による品質の非破壊評価法; 日本低温保蔵学会講演要旨集 (秋期), 23, 1987.
- 271) 吉川年彦・永井耕介: 農産物の非破壊迅速評価システムの開発 (ミニトマトの糖度と酸度); 兵庫中央農技 流通利用に関する試験研究成績概要, 16-18, 1988.
- 272) 吉川年彦・永井耕介: 農産物の非破壊迅速評価システムの開発 (イチジクの糖度); 兵庫中央農技流通利用に関する試験研究成績概要, 16-18, 1989.
- 273) 吉川年彦・永井耕介: 農産物の非破壊迅速評価システムの開発 (ニホンナシの糖度); 兵庫中央農技流通利用に関する試験研究成績概要, 26-27, 1990.
- 274) 吉川年彦・永井耕介: 農産物の非破壊迅速評価システムの開発 (モモの糖度); 兵庫中央農技流通利用に関する試験研究成績概要, 24-25, 1990.

Studies on Keeping Quality and Quality Evaluation of Vegetables and Fruits

Kousuke Nagai

Hyogo Prefectural Hokubu Agricultural Institute

123 Yasui, Wadayama-cho, Asako-gun, Hyogo 669-5254, Japan

Summary

Respiration rate, ethylene (C_2H_4) production, and contents change during storage in harvested several vegetables were investigated. Methods of keeping quality and quality improvement in fruits and vegetables were studied. Contents correlated with taste were found out, numerical value with taste and standardization of taste were discussed. And the distribution of contents in fresh production and the predictive equation concerning contents were discussed. At the last, quality evaluation of crops by means of non-destruction analysis were studied with near-infrared (NIR) spectroscopy.

Chapter 1. Respiration, contents changes during storage and Keeping quality with cold chain in harvested several vegetables

Respiration of broccoli (*Brassica oleracea* L.) was highest among broccoli, lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata L.). The higher the storage temperature, the greater is respiration. The temperature coefficient Q_{10} were about 3 in broccoli and about 2 in lettuce and cabbage. Seven days after harvest, the respiration rate decreased about 50% of that at the time of harvest. The difference of respiration among varieties in several vegetables were admitted. At the stage that the flower buds of broccoli became soft, the respiration rate of broccoli increased. However, the effect of the stage of broccoli on respiration rate was less than C_2H_4 production, C_2H_4 production increased remarkably at the stage that the flower buds became soft slightly. C_2H_4 production was little at 5°C but increased remarkably at 15°C.

The pattern of the decrease of sucrose/total sugar ratio (SU/TS ratio) in the central part of cabbage was different from that in the most outside part. In the central part, the SU/TS ratio during storage at every temperatures showed no change, but in the most outside part, the SU/TS ratio decreased greatly during storage at 15°C and 20°C. The ascorbic acid content in all parts of cabbage decreased proportionately as the storage temperature became high, and that in the most outside part decreased significantly. Total sugar of onions (*Allium cepa* L.) decreased during both the storage with the rain-cover at room temperature and the storage at the low temperature, and especially the sucrose content decreased markedly during those storage. On the contrary reducing sugar contents increased a little during the cold storage.

Effects of pre-cooling and cold storage on keeping quality were investigated. In summer, the period of quality maintenance of full-ripe tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) was about 3 days at room temperature, however, the period of that with pre-cooling and cold storage was prolonged for about 4 days. The factors of quality maintenance of full ripe tomato were wilting of calyx, sugar, acid, sugar/acid ratio, vitamin C, hardness of sarcocarp and so on, and that of cucumber were color, fruit shape, sugar, vitamin C, chilling injury, hardness of sarcocarp and so on.

Chapter2. Effect of film packaging on keeping freshness of several vegetables

At 0°C and 5°C, the difference of effect among sealed packages on keeping freshness was essentially the same in several vegetables. At 10°C storage, high freshness was maintained for 3~5 days in all packages except handkerchief packaging. And for 7~10 days at 10 °C, high freshness was maintained with film of low gas permeability.

The change of the temperature of spinach (*Spinacia oleracea* L.) during transportation in the summer season and the effects of film packages and supplementary materials for shipment case on practical quality control of spinach were examined. The improvement in film sealing methods that were the change from open state to upper sealing with the OPP (polypropylene) film in use made the period of quality maintenance longer. The fluctuation of the temperature was about 15°C during transportation. The fluctuation of the temperature of spinach covered with 2 sheets of newspaper decreased. The quality of spinach was higher with 2 sheets of newspaper than with 1 sheet of newspaper.

Chapter3. Effect of materials of keeping freshness on quality maintenance of several vegetables and grape

Effect of materials of keeping freshness except for film packaging on quality maintenance were examined. Effect of crushed ice on keeping freshness of several vegetables was investigated. By combining crushed ice and styrofoam box, the periods of keeping freshness of full ripe tomato, lettuce, broccoli and 1/2 cut-vegetables were prolonged remarkably.

Effect of active carbon on quality maintenance of full-ripe tomato was investigated. At under 40%-colored tomato, active carbon restrained the change of color and contents. However, at 60~80%-colored tomato, active carbon restrained little the change of color and contents.

Vibrating through transporting is one of the factors that drop quality of vegetables. It was confirmed that full ripe tomato and bunches and berries of grape 'Pione' (*Vitis vinifera* x *V. labrusca*) were vibrated violently under the shaking condition based on Japanese Industrial Standards (JIS), and physical damage and berry-drop occurred. Physical damage of calyx of full-ripe tomato was prevented considerably with sheet of styrene, however that of horizontal section was not prevented little with sheet of styrene. Physical damage of horizontal section was prevented with individual packaging.

Treatment with KT-30(cytokinin) considerably prevented berry-drop of grape after the shaking. By using a styroform net as a shock absorber, the number of berry-drops decreased to below 50% during 2 days after the shaking. By combining KT-30 and shock absorber, berry-drop was reduced even more. Effect of styroform box on keeping freshness of grape was higher than cardboard box.

Chapter4. Quality improvement of chestnut after harvest

The possibility of the sweetness control of chestnut(*Castera crenate* Sieb.) was examined. By the low temperature of 0°C during about 30 days, the starch content was decrease, and the total sugar and the sucrose contents were increased remarkably in chestnut. The sucrose contents were increased a little by that of 0°C during only 3 days, too. It was confirmed that the control of sweetness (sucrose content) was possible.

By the test of consumer taste, it was defined that sweet chestnuts were preferred very much, and the taste was correlated with the sucrose content extremely. According to the sucrose content, we could assumed the standardization of sweetness that under 4.5% was 'Ordinary' , 4.5~8.0% was 'Sweet' , and over 8.0% was 'Fairy sweet' .

Chapter5. Quality evaluation of vegetables and fruits ,and the methods of non-destruction analysis with NIR spectroscopy

The contents related with taste, and the standardization of taste were studied. It was confirmed that contents and the balance of sugar and acid were related closely with taste. I could assumed the standard of of 2 types on taste of full ripe tomato, as over 6 Brix , acid content of about 0.5% and Brix/acid ratio of about 12 in winter-spring season, 6~8 Brix , acid content of 0.6~0.8% and Brix/acid ratio of about 10 in summer-autumn season, respectively.

The methods for non-destructive quality evaluation of tomato were studied with NIR spectroscopy. At first, the distribution of contents in full ripe tomato was investigated. Brix and acid depended on the part of tomato fruits, indicating that average value of Brix of blossom end was 1.8 Brix higher than that of calyx, and mean value of acid of central part was 0.14% higher than that of the circumference.

The predictive equation concerning contents was discussed. The Brix and the acid value of the whole tomato could be approximated by the means of 4 or 2 parts of horizontal section in tomato fruit. However, because of clustering of density in fruit, verison value was necessary in the case of acid.

Regression analyses between data from NIR spectrum and chemical analyses were executed. Wave lengths and calibrations which were highly correlative with contents of tomato, were searched by multiple linear regression. Confidences of searched calibrations were examined with unknown sample. With the mean of applying NIR to surface of tomato , it was maked clear that calibrations of Brix, acid, reducing sugar, K, Mg, grocery and taste in tomato were confidential, comparatively.