

大阪在来野菜「水ナス」果実の品質特性
および加工利用性に関する研究

Characteristics of quality and processing in
Mizu-nasu eggplant fruit, a local vegetable of Osaka

橘 田 浩 二

2 0 1 7

目次

緒論	1
第1章 品種比較に基づいた水ナス果実の品質特性評価	8
第1節 数種ナス果実の形態的特性比較	8
第2節 数種ナス果実の生化学成分特性	12
第3節 収穫時期の相違による水ナス果実の品質変化	22
第4節 褐変度を基にしたナス果実の加工適性評価	24
考察	26
要約	27
第2章 漬物用原料としての非破壊選別技術の開発	28
第1節 X線透過法による空洞果判別の可能性検討	28
第2節 可視・近赤外分光法による空洞果判別の可能性検討	34
考察	40
要約	42
第3章 水ナス漬けの高品質安定生産技術の開発	43
第1節 漬物加工過程における色調不良部位の発生原因の解明	43
第2節 微細孔形成による漬け液浸透促進技術の開発	49
考察	54
要約	56
総合考察	57
摘要	60
引用文献	62
Summary	69
謝辞	72
学会誌公表論文リスト	73

結論

1. ナスの植物学的特徴

ナス (*Solanum melongena* L.) は、インド東部に存在する *Solanum insanus* L. が原種と推定されている、ナス科 (*Solanaceae*) に属する植物である。熱帯では低木状の直立性多年草となるが、我が国では通常1年生草本として栽培される。茎はしばしば木化し、草丈が約1メートルに達し、多くの枝を分岐する。ナスの花は、通常雄ずいと雌ずいの両性器官を備えた両性花である。1本の長い花柱と一つの子房を持つ。この子房は合生心皮雌ずいとも呼ばれ、2心皮が合着して一つの子房を形成している (斎藤, 1992)。子房は通常5~8子室からなっていて、その中に多数の胚珠を含んでいる。ナスの果実は子房の発達した真果で、漿果である。外果皮は子房の外壁、つまり心皮の外側の表皮から由来する。中果皮は肉質、多漿で、食用部の一部を占める。内果皮は心皮の内側の表皮から由来し、子室との境をなしている。各子室には胎座組織があり、受精によってその表面に胚珠から発達した種子を着生しているとともに、増生肥大して果実内部を充満し、食用部の大部分を占めるようになる (斎藤, 1989)。花は通常は単生であるが、まれに2~3花を付けた場合には摘花し、奇形でない果実は摘果しない。

2. 世界および我が国のナス生産量

インドおよび中国における栽培の起源はきわめて古く、「齊民要術」(405~556)にはナスの栽培、採種のことを述べてあるように、中国では千数百年の歴史を有することとなる (斎藤, 1989)。現在では、全世界のナスの生産量は47百万トンを超えており、トマト(139百万トン)やキュウリ(67百万トン)、キャベツ(60百万トン)には及ばないが、ニンジン(30百万トン)やレタス(23百万トン)よりも多く (FAO, 2013)、主要な野菜の一つとなっている。ただし、その生産量の80%以上を世界第1位の中国と第2位のインドが占め、次いでエジプト、トルコ、イラン、インドネシア、イラク、日本と続いており、中国およびインドを中心に、中東や東アジアなど周辺の国々が主要な生産地となっている。ヨーロッパでの栽培は13世紀とかなり遅く、

19世紀になっても数品種が栽培されていたにすぎず、東洋におけるほど重要なものとはなっていない（斎藤, 1989）。日本の生産量は約32万トンで、世界第8位となっている。主産県は高知県、熊本県、群馬県、福岡県、茨城県である（農林水産省, 2016）。

3. 我が国のナス生産の現状

我が国におけるナスの歴史は古く、このことは長屋王家（710年頃）の木簡（奈良国立文化財研究所, 1992）に「茄子」の文字が記載されていることからわかる。それ以降も、独自の品種が分化、発達し、我が国の重要野菜として取り扱われてきたものと思われる。その過程において、栽培される各地の風土に合った系統が選抜され、維持されることで各地固有の品種へと分化が進行した結果、様々な果形、果皮色を有する地方在来種が170種以上存在することとなった（斎藤, 1989）。丸ナス群および小丸ナス群は東北・信越・京阪に分布し、卵型ナスは関東が中心である。中長ナス群は東海・関西・中国・四国に分布し、その範囲が最も広い。大長ナス群は九州に多い（森, 1982）。

ナスは、夏の果菜の中でも特に高温性の作物で、生育適温は22～30℃である。栽培期間が比較的長く、長期間連続して収穫することができる。栽培形態は、露地栽培だけではなく、加温ハウスや無加温ハウス、トンネルを利用した作型があり（高橋, 1989）、通年の国内需要に対応している。また、ナスの安定生産・安定供給のためには、様々な病害虫対策が不可欠である。青枯病などの土壌病害に対する抵抗性台木の利用（宍戸ら, 1995）やすすかび病などの病害（矢野・川田, 2003）、ミカンキイロアザミウマなどの虫害（根来・柴尾, 1996）に対する化学農薬の利用に関する技術が開発された。そして近年では、消費者の環境問題や食の安全に対する関心の高まりに応えるため（農林水産省, 2005）、ナス栽培においても、紫外線（UV-B）照射による病害抵抗性関連酵素の誘導（岡田・岡, 2014）や青色粘着板による害虫の誘引捕獲（中村ら, 2014）、スワルスキーカブリダニを利用した生物的防除（柴尾・森田, 2010）などの技術が開発され、化学農薬の使用量を削減可能とする総合的病害虫管理の実用化が進められている。

4. 我が国のナスの流通利用の現状

収穫後のナスは、蒸散作用や呼吸作用によって水分の減少や成分変化が起こるため、収穫後は直ちに品温を下げて蒸散や呼吸を抑制しなければならない。一方で、ナスは低温に弱く、比較的短期間にピットィングや褐変など典型的な低温障害の症状が現れる（阿部ら, 1974）。そのため、流通現場では品質保持を目的として、低温障害を起こさない品温である 10~15℃に保ち、高湿度環境で貯蔵されている。

近年では、生活環境、食生活の変化、高齢化に呼応して、外食産業や中食と呼ばれている弁当・惣菜などの調理済み食品に対する依存度が増えており（藤枝, 2002）、カット野菜製造業が急成長している。その背景には、サラダ用の需要拡大とともに、カレー用やバーベキュー用といった加熱調理用の野菜でも、簡便性を求める消費者が増加していることが要因の一つとして挙げられる。また、ファミリーレストランなどの外食産業や福祉施設では、専属の加工場で食材の一次処理を行い、配下の店へ運搬する、いわゆるセントラルキッチン化が普及している。これらの業態の拡大に伴って、流通用の食材としてのカットナスの割合も増している。

5. 大阪府の地方品種「水ナス」の歴史

全国各地に根付いた地方在来種の中で、大阪府南部の泉州地域（第1図）に定着した品種が水ナスである（第2図）。果実の水分が多く（森下, 1999）、握力程度の加圧で果汁を絞り出すことができるため、「水ナス」と呼ばれるようになったと思われる。

「江戸時代に於ける和泉地方の農事調査」には、泉州地域の中でも、海岸に近い川沿いの村々で盛んに栽培されていた記録が見られる（森下, 1999）。これは、元来ナスは連作を嫌い、十分な水を要求する作目であるが、特に水ナスは根の吸水能力が低いために川沿いに定着していったと考えられている（森下, 1999）。また、千両2号では障害が発生しない土壤中電気伝導度（1.3~1.5 mS/cm）でも水ナスでは縮葉が発生した（森下, 1997）ように、耐肥性に乏しいために土壌の適性面で制約があった。泉州地域の川沿いは砂質土壌の土地が多く、肥料成分が過剰に蓄積されにくい点で、水ナスの栽培

に適していたと推測される。その結果、水ナスは、他の都道府県や地域に普及することなく泉州地域内でのみ栽培され続けたと考えられる。泉州地域への定着以降は、長年にわたって独自の固定系統が自家採種で維持されてきた（鈴木，2002）が，近年では一部の生産者団体が優良系統を選抜し，管内の農業者へ供給する動きがある。

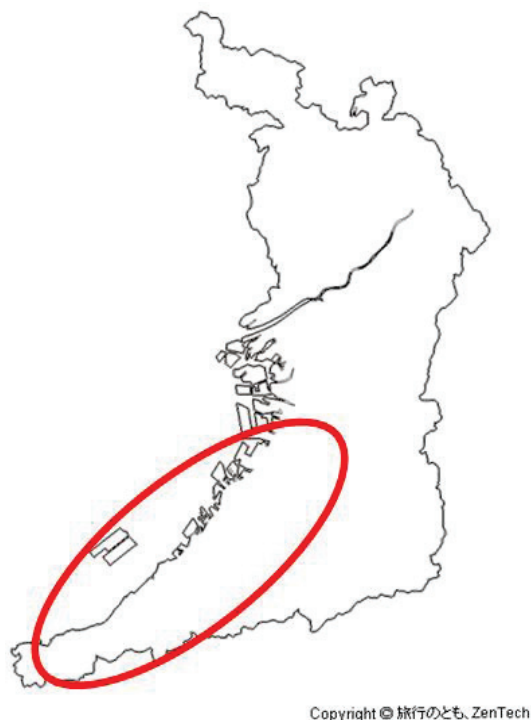


Fig. 1. A map of Osaka prefecture, and Senshu region(circle area).

中盛彬の見聞録（文政 2 年；1819 年頃）かりそめのひとりごとの第 157 話に、「湯漬のおさえにナスの浅漬を出せにし，こは格別の佳味上之郷村の茄子なり」と記されている（森下，1999）。上之郷村は，現在の大阪府泉佐野市内の地名であることから，約 200 年前には泉州地域に水ナスがあったこと，その当時から浅漬け加工されて喫食されていたこと，そしてその味が高く評価されていたことを伺い知ることができる。

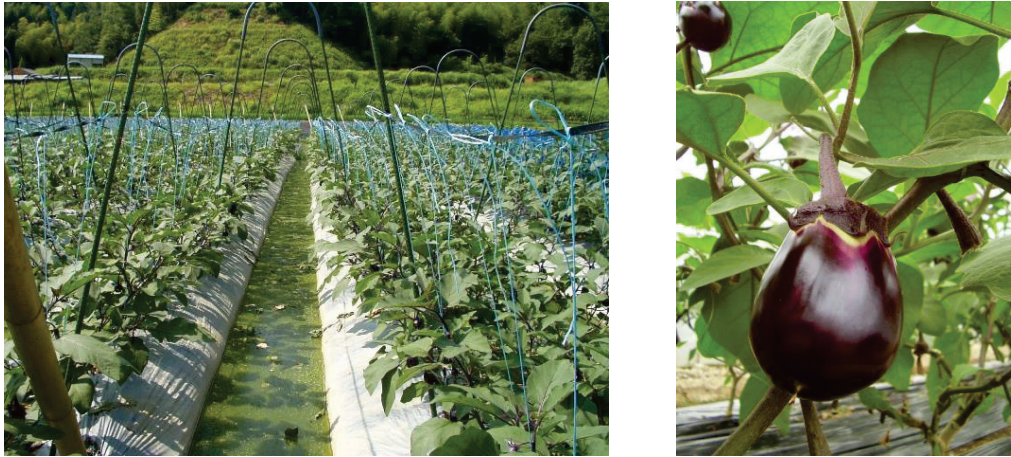


Fig. 2. Cultivation of Mizu-nasu eggplant in open field.

6. 水ナスの発展の背景

「水ナスに触れるときは桃を扱うがごとく」と語り継がれるほど、果皮が損傷しやすい（内藤，2002）。そのため輸送適性が低く，昭和中期（1960年代）までは「水ナス，大和川を越えず」と言われ，大阪府内でも泉州地域北端の大和川を越えて大阪市内へ輸送されることは現在よりも遙かに少なく，泉州地域内の流通および消費にとどまっていたとされている。昭和後期（1980年代）には，トラックの振動吸収能力が向上し，高速道路網の整備が進んだことで，輸送適性の問題が小さくなっていった。さらに，同じ時期に，運輸業界による冷蔵小包宅配サービスが開始されたことで，主要な加工用途である水ナスの浅漬け（以下，水ナス漬けとする）をお中元などの贈答用として全国各地へ出荷することが可能となった。それらの流通が本格的に普及した平成に入ってから，泉州地域における水ナスの生産量が急激に伸びている。平成6年（1994年）には999トンであった生産量は，20年後の平成26年（2014年）には3,218トン（農林水産省，2015）となった。この成長は，台木の利用技術（鈴木ら，2004）や施設加温栽培技術（鈴木ら，2005；磯部，2008）が開発され，活用されるとともに，行政・農協・大阪府漬物事

業協同組合が連携し、マス・メディアに対して「水ナス」および高級漬物「水ナス漬け」のプロモーションを行うことで、全国的な認知が進んだ効果と考えられている（内藤，2004）。

7. 水ナス利用の最新の動向と課題

ナスは、一般的には渋味（黒澤，1990）が強いため、生食しない。しかし、水ナスは、昔は夏の農作業で喉が渴いたときに生で食べて、喉の渴きを癒した（山田，2002）と語り継がれるように、渋味が弱く、生食が可能である。そして、現在、大阪産の水ナスをサラダ用として東京の百貨店に出荷する農業者が現れた。また、水ナスを主原料にしたジャムや、水ナスの果皮色素を生かした飾り塩が開発され、好評を博している。食品以外では、果皮色素で紫色に染められたタオルが土産物店で注目されている。さらに、ナスに含まれるポリフェノールに活性酸素を抑制する効果がある（独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構，2006）ことから、等級外品の水ナスを機能性食品に加工できるか否かを検討するため、機能性成分含量を評価する研究（橘田ら，2005）も行われている。

水ナスの代表的な用途は漬物であるが、消費者の世代交代によって漬物全体の消費量が減少している。この傾向はナス全体の消費も同様であり、年齢が下がるほど購入数量が減少し、世帯主の年齢が29歳以下の世帯の購入数量は60歳以上の世帯の半分以下である（総務省，2012）。このような状況の中、漬物以外で、従来のナスの印象を感じさせない新たな利用法へ展開しようとするこれらの取り組みは、近い将来に縮小する可能性のある水ナスの消費動向に対して、需要を維持・拡大させるための積極的な対策といえることができる。

8. 本研究の目的および概要

我が国の若年層において漬物離れが進み、また、ナスの消費量が減少している中、水ナスの消費拡大のためには、他の品種に対して水ナスにどのような特徴があるかを明らかにすることが重要である。

そこで、第1章では、数種ナス品種における形状および成分面の特徴を調

査し、水ナスと比較することにより、水ナスの品質特性およびカット野菜などの加工原料としての素材適性を検討した。

水ナスの主要な利用法である水ナス漬けのうち、「一本漬け」は、切断せずに殺菌・洗浄するだけで直ちに糠床や調味液に漬け込み、出荷する商品形態となっている（第3図）。水ナスには内部に空隙が生じる障害果、いわゆる空洞果が発生することがあり、それは一本漬けの原料には適さない。しかし、果実の外観から空洞の有無を判別するのは難しいため、第2章において、原料段階で非破壊的な方法により空洞果を検出し、一本漬けの原料から除外するための測定法を開発した。

同様に、水ナス漬けの製造技術に関する問題として、水ナス漬けの果皮は全面が鮮やかなナス紺色となるものであるが、呈色不足によって部分的に茶色となる現象が発生することがある。第3章では、その現象の原因を解明するとともに、その対策技術を開発した。



Fig. 3. Bran pickled processing of Mizu-nasu eggplant fruit without cutting (Photograph courtesy of Sakai kyodo Tsukemono Co., Ltd.).

第1章 品種比較に基づいた水ナス果実の品質特性評価

ナスの栄養成分は、他の野菜と比較して豊富ではないことが知られている（飯田，2000）。ところが、近年の消費者は、食品に対して、栄養機能や嗜好機能だけではなく、生体調節機能といった付加的な生理作用にも関心が寄せられるようになってきた（東尾，2000）。ナスにはアントシアニン（林，2015）やクロロゲン酸（Roberto，2016）といったポリフェノール類が多く含まれており、近年ではそれらの成分のもつ抗酸化作用や抗変異原性といった機能性が注目されている（Azumaら，1999；Shinoharaら，1988）。しかしながら、機能性成分の品種の相違による変化は十分に明らかになっていない。そのため、品種特性として機能性成分が高含有していることを明らかにできれば、消費者の品種選択において効果的な判断基準とすることができる。

一方で、ポリフェノール類は、切断などによる細胞崩壊で誘導されるポリフェノールオキシダーゼ（PPO）によって酵素的に酸化され、重合、縮合などの反応を経て褐変すると報告されている。褐変現象は、果実や生野菜の色調の劣化を引き起こすことから、カット青果物（阿部ら，1998）や流通過程（阿部ら，1976）において大きく商品価値を下げる要因となっている。ポリフェノール類を多く含むナスは、切断により褐変することが知られており（Mishraら，2012）、ナスのカット野菜としての利用拡大の大きな妨げとなっている。

そこで本章では、‘水ナス’の品質特性を明らかにするため、栽培が多くみられる代表的なナス7品種を用い、アントシアニン、ポリフェノール、クロロフィルといった機能性成分について成分含量の比較を行った。次に、品種ごとの褐変程度を調査し、加工適性に優れると思われる‘水ナス’の評価を行うとともに、ポリフェノールオキシダーゼ（PPO）活性および酵素的褐変の基質となるポリフェノール含量を調査し、褐変現象との関連性を検討した。

第1節 数種ナス果実の形態的特性比較

‘水ナス’を始めとする在来品種は、栽培される各地の風土に合った系統が選抜されてきた結果、様々な果形、果皮色を有する地域在来種が存在する。

そこで、本節では‘水ナス’を含む多様な7品種を同じ環境で栽培管理して得られた果実を材料として、各品種の形態的特性を調査した。

材料および方法

1. 材料

材料には、アクの少なさと果皮の柔らかさを特長とする‘水ナス’、大阪府摂津市鳥飼地区で江戸時代から栽培されている‘鳥飼’、九州で広く栽培されており、果肉が硬めで多様な調理に万能である長ナスの‘筑陽’、果皮が濃い黒紫色でアントシアニン生成に紫外線を必要としない米ナス系の‘くろわし’、全国で最も広く栽培されている中長ナスの‘千両2号’、アントシアニンが生成されず外果皮が緑色の‘万寿満’、通常のナスより果皮・果肉が硬く、最近その味の良さから人気のある‘白ナス’の7品種を用いた。

全ての品種は、地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所(以下、環農水研)内のビニールハウス内で2012年7月12日に播種し、2ヶ月間育苗した後、本圃となるビニールハウス内に定植し、適宜、緩効性肥料(N:P:K=12:10:11)を施与して栽培された。開花した花には単為結果を促すために300 mg/lに調製した4-クロロフェノキシ酢酸を噴霧した。‘水ナス’果実は、開花後の平均日数が36日で出荷可能なサイズになったため、随時収穫し、果実長、重量、体積、水分含量、および果肉硬度の測定に用いられた。‘鳥飼’では開花後29日で、‘筑陽’は38日、‘くろわし’は41日、‘千両2号’は35日、‘万寿満’は41日、‘白ナス’は36日でそれぞれの出荷可能なサイズになり、収穫した果実を‘水ナス’と同様の調査に用いた。全て3反復で測定した。

2. 比重の測定

果実の重量を測定後、水道水を用いたアルキメデスの原理により果実の体積を測定した。各果実について、重量を体積で除することによって比重を求めた。

3. 水分含量の測定

果実の赤道部を5mmの厚さに切り出し、堤(1996)に準じて常圧加熱乾燥法(105℃)により測定した。

4. 果肉硬度の測定

試料として、果実赤道部の果肉に対し、直径 5 mm の円柱治具を 20 mm/分 の速度で打ち下ろして貫通させる際の最大荷重を物性測定装置インストロン 5542（インストロンジャパン株式会社）で測定した。

結果

7 品種のナス果実における主要な形態的および物理化学的な特性を第 1-1 表に、また果実の外観を第 1-1 図に示した。‘水ナス’，‘鳥飼’，‘千両 2 号’，‘くろわし’および‘筑陽’の果皮色は黒紫色であった。‘万寿満’の果皮色は緑，‘白ナス’は白であった。‘筑陽’，‘千両 2 号’，そして‘白ナス’は長形，‘水ナス’と‘鳥飼’は卵形で、他の 2 品種‘千両 2 号’と‘万寿満’はそれよりも少し長かった。

‘水ナス’の比重は、他の 6 品種よりも有意に高かった。一方で，‘鳥飼’，‘筑陽’，‘くろわし’，‘千両 2 号’は、他の品種と比べて低かった。‘水ナス’では、水分含量が他の品種よりも高く、特に，‘白ナス’の水分含量は有意に低かった。



Fig. 1-1. Appearance characteristics of eggplant fruit at harvest ‘Senryo-2’, ‘Kurowashi’, ‘Chikuyo’, ‘Masumi’, ‘Shiro-nasu’, ‘Torikai’ and ‘Mizu-nasu’ in order from left.

Table 1-1. Morphological characteristics of eggplant fruit.

Cultivar	Peel color	Fruit length (mm)	Fruit weight (g)	Fruit volume (mL)	Specific gravity	Moisture content (%)	Texture (N)
Mizu-nasu	Dark purple	98 ^a ^z	153 ab	206 ab	0.741 a	95.2 a	8.6 a
Torikai	Dark purple	93 a	117 bc	191 ab	0.613 b	94.4 ab	16.3 a
Chikuyo	Dark purple	194 d	93 c	148 ad	0.634 b	94.5 ab	10.4 a
Kurowashi	Dark purple	120 abc	172 a	273 bc	0.630 bc	94.2 ab	16.4 a
Senryo-2	Dark purple	152 b	97 c	157 ad	0.622 bc	94.0 ab	13.0 a
Masumi	Green	132 abc	100 c	148 ad	0.675 bc	94.3 b	18.2 a
Shiro-nasu	White	156 bcd	72 c	107 d	0.676 c	92.5 c	12.8 a

^z Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

第2節 数種ナス果実の生化学成分特性

ナスのアントシアニンやポリフェノール類については多くの研究が報告されており、ナス果皮には Delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside(ナスニン)が主要アントシアニンとして含まれていることが報告されている(Noda ら, 1998). そこで本節では、前節と同じナス7品種を用い、アントシアニンを含む機能性成分と褐変に關与する PPO 活性の品種間差を調査した.

材料および方法

1. アントシアニン含量の測定

直径 6 mm のコルクボーラーを用い果実赤道部の果皮を含む果皮部を採取し、厚さ約 3 mm の果皮切片を調製した後、放射状 4 等分に切断し試料とした. 冷蔵庫中で 5%ギ酸水溶液 20 ml に試料を浸漬することでアントシアニンを抽出した. さらに、抽出後の試料を乳鉢で摩砕し、ミラクロス濾過後に遠心分離 (15,000×*g*, 11 分間) し、分光光度計 ((株) 日立製作所製 U-2000) で 525 nm における吸光度を測定し、アントシアニン含量を求めた.

2. 主要アントシアニンの同定

上記 1. で得たアントシアニン抽出液を孔径 0.45 μm のメンブランフィルター (DISMIC-13HP) で精密濾過し、高速液体クロマトグラフィー (以下, HPLC) を用いて分析した. 標準物質として、精製ナスニン、Delphinidin 3-glucoside (フナコシ) および Delphinidin 3-rutinoside (フナコシ) を用い、520~540nm におけるピークの保持時間と極大波長を測定し、試料中の各アントシアニンと比較することで同定を試みた. HPLC の分析条件は以下の通りとした.

移動相 : A 液をメタノール, B 液を 5%ギ酸とし, 25 分間で A 液の

割合を 15%から 60%に直線的に増加させる勾配溶離

流速 : 1.0 ml/分

カラム : Lichrospher RP-18 4×250 mm

検出器 : Diode Array detector (日立 L-2450)

測定波長 : 520~540 nm

注入量：100 μ l

3. ポリフェノール含量の測定

直径 6 mm のコルクボーラーを用い果実赤道部の果皮を含む果皮部を採取し、厚さ約 3 mm の果皮切片を調製し、果皮試料とした。また、赤道部の果肉中心部 2.5 g 分を果肉試料とした。試料に、終濃度が 70%となるようにエタノールを加え、80℃の温浴中で 15 分間熱還流し、70%エタノール中で摩砕して減圧濾過し、ポリフェノール抽出液とした。抽出液は分析まで-20℃で保管し、分析時に室温に戻して使用した。フォーリン・チオカルト法 (IS014502-1, 2015) により、クロロゲン酸を標準物質としてポリフェノール含量を測定した。

4. クロロフィル含量の測定

直径 6 mm のコルクボーラーを用い果実赤道部の果皮を含む果皮部を採取し、厚さ 3 mm の果皮切片を調製し、試料とした。試料を 20 ml のジメチルホルムアミドに浸漬し、一晩冷蔵庫中で浸漬抽出した。翌日、抽出液 5 ml に蒸留水 1 ml を加えよく混和し、ジエチルエーテル 8 ml を加えた後、上清を採取し、硫酸ナトリウム 0.5 g を加え、暗黒下で 30 分間静置した。

その後、分光光度計(株)日立製作所製 U-2000)で 647 nm および 664 nm における吸光度を測定し、Moran(1982)の方法によりクロロフィル a およびクロロフィル b の含量を算出し、両者の和をクロロフィル含量とした。

5. アセトンパウダーの調製

ナスの中心部から 5 cm 幅の部位を採取し、放射状に切断したもの 40 g を、さらに細かく刻んだものを 3 等分に分け、それぞれ 100%冷アセトン(67 ml)、PVPP(2.0 g)およびアスコルビン酸ナトリウム(66 mg)と共にホモジナイズした後、吸引ろ過を行った。ろ紙に残った試料を回収し、再び同じ作業を 2 回繰り返した後、再びろ紙上に残った試料にジエチルエーテル(10 ml)を加え、30 分間以上乾燥したものをサンプル管に移し、測定時まで-80℃の冷凍庫で保存した。

6. 粗酵素抽出

アセトンパウダー0.30 g を 0.1 M, pH 6.0 のリン酸バッファー20 ml に加え、氷中で 1 時間スターラーで攪拌した。その後、2 層ミラクロスでろ過を

行い、15 分間、4℃、15000×*g* で遠心分離を行った。得られた上清を用い、PD-10 カラムにより低分子化合物を除去した溶液を粗酵素とした。

7. ポリフェノールオキシダーゼ活性の測定

5 mM クロロゲン酸を基質とし、分光光度計のタイムスキャンによって吸光度を測定した。反応液として、0.1 M リン酸バッファー 2.0 ml、基質 0.2 ml および蒸留水 1 ml を入れ、ブランク用反応液として、0.1 M リン酸バッファー 2.2 ml、基質 0.2 ml および蒸留水 1 ml を入れウォーターバスで 25℃ に調整した。タイムスキャン直前に反応液に酵素液 0.2 ml を加えてトータル量 2.5 ml として反応を行った。O.D. 420 nm における吸光度の増大を測定した。なお、この時の 1 分間あたりの 0.01 (O.D. 420 nm) の増加値を 1 ユニットとした。

8. タンパク含量の測定

タンパク染色液として、CBB(Comasse brilliant blue)G-250 100 mg を 95%エタノール 50 ml に溶解し、この溶液に 85%リン酸 100 ml を加え、さらに蒸留水で 1 l にしたものをを用いた。粗酵素のタンパク含量として、粗酵素液 0.25 ml に調整した試薬 5 ml を加えて十分に攪拌し、15 分後に 595 nm における吸光度を分光光度計(株)日立製作所製 U-2000)の測定値からブランクの測定値を差し引いて得た値を検量線に代入して得た値を用いた (Bradford, 1976)。

結果

1. アントシアニン含量

第 1-2 表に、ナス 7 品種における果実の生化学成分含量に関する特性を示した。‘千両 2 号’、‘筑陽’、‘くろわし’の 3 品種におけるアントシアニン含量は、‘水ナス’や‘鳥飼’よりも有意に高かった。特に‘千両 2 号’の含量は 3.44 $\mu\text{mol/gFW}$ であり、‘筑陽’や‘くろわし’に対しても有意に高かった。‘万寿満’と‘白ナス’の果皮にはアントシアニンは存在しなかった。

2. 主要アントシアニンの同定

ナスニン(Delphinidin 3-*p*-coumaroylrhamnosylglucoside-5-glucoside)

はナスの主要なアントシアニンの一つであり、果皮色が紫色を呈する要因となっている。そこで、供試した7品種のうち、アントシアニンを果皮に含んでいた5品種の果皮中アントシアニン含量を第1-3表に示した。HPLC分析の結果、‘水ナス’、‘鳥飼’、‘筑陽’、‘千両2号’の主要なアントシアニンとしてナスニンが検出され、‘くろわし’の主要アントシアニンとしてDelphinidin 3-rutinosideが検出された(第1-3表, 第1-2, 1-3, 1-4, 1-5図)。

3. ポリフェノール含量

果皮中のポリフェノール含量は、‘くろわし’が3.81 mg/gFW, ‘千両2号’が3.17 mg/gFWであり、その他の品種における含量(1.81~2.51 mg/gFW)よりも有意に高かった。果実全体におけるポリフェノール含量は、‘白ナス’が2.71 mg/gFWであり、他の品種よりも有意に高かった。果実全体のポリフェノール含量について、‘くろわし’では、‘白ナス’を除く他の品種に対して有意に高かった。それに加えて、アントシアニンを含む5品種では、果実全体における含量よりも果皮のみにおける含量のほうが高かった。一方で、アントシアニンを含まない‘万寿満’と‘白ナス’では、果皮と果実全体それぞれのポリフェノール含量は同じレベルであった(第1-2表)。

4. クロロフィル含量

供試した品種の中で、唯一、‘万寿満’のみが緑色を呈しており、クロロフィル含量は果皮に依存しているようであった。しかしながら、‘千両2号’で30.8 μ g/gFW, ‘くろわし’で29.0 μ g/gFW, ‘水ナス’で26.1 μ g/gFWであり、特に、前者では、他のいずれの品種よりもクロロフィルを高含有していた。さらに、表面色が紫や白である全てのナス果実で、果皮からクロロフィルが検出された(第1-2表)。また、全てのナス果実で、クロロフィルbに対するクロロフィルaの含量は約2倍となっていた(データ不掲載)。

5. ポリフェノールオキシダーゼ活性

PPO活性は、‘白ナス’が0.51ユニットで最も高く、‘水ナス’が0.19ユニットで最も低かった(第1-2表)。

Table 1-2. Chemical and biochemical characteristics of eggplant fruit.

Cultivar	Anthocyanin content in the peel (μ mol g ⁻¹ FW)	Polyphenol content ^z in the peel (mg g ⁻¹ FW)	Polyphenol content ^z in the whole fruit (mg g ⁻¹ FW)	Chlorophyll content in the peel (μ g g ⁻¹ FW)	Polyphenol oxidase activity ^y in the flesh (Units mg ⁻¹ protein)
Mizu-nasu	1.45 a ^x	2.21 ab	1.73 a	26.1 ab	0.19 a
Torikai	1.50 a	2.18 ab	1.73 a	19.7 c	0.36 abc
Chikuyo	2.83 b	2.51 a	1.52 ab	20.5 cd	0.26 ab
Kurowashi	2.41 b	3.81 c	2.25 c	29.0 ab	0.33 ab
Senryo-2	3.44 c	3.17 d	1.75 a	30.8 a	0.32 ab
Masumi	N.D.	1.81 b	1.28 b	25.3 bd	0.43 bc
Shiro-nasu	N.D.	2.45 a	2.71 d	5.0 e	0.51 c

^z Chlorogenic acid equivalent^y One unit of enzyme activity was the change of 0.01 in absorbance^x Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

Table 1-3. Identification of anthocyanins^z extracted from the peel of eggplant fruit.

Cultivar	Retention time (min.)	λ_{\max}
Mizu-nasu	16.36	535
Torikai	16.03	535
Chikuyo	16.19	535
Kurowashi	11.81	529
Senryo-2	16.22	535
Nasunin	16.48	535
Delphinidin-3-rutinoside	11.76	529

^z Maximum peak of absorbance at 525nm, each cultivar

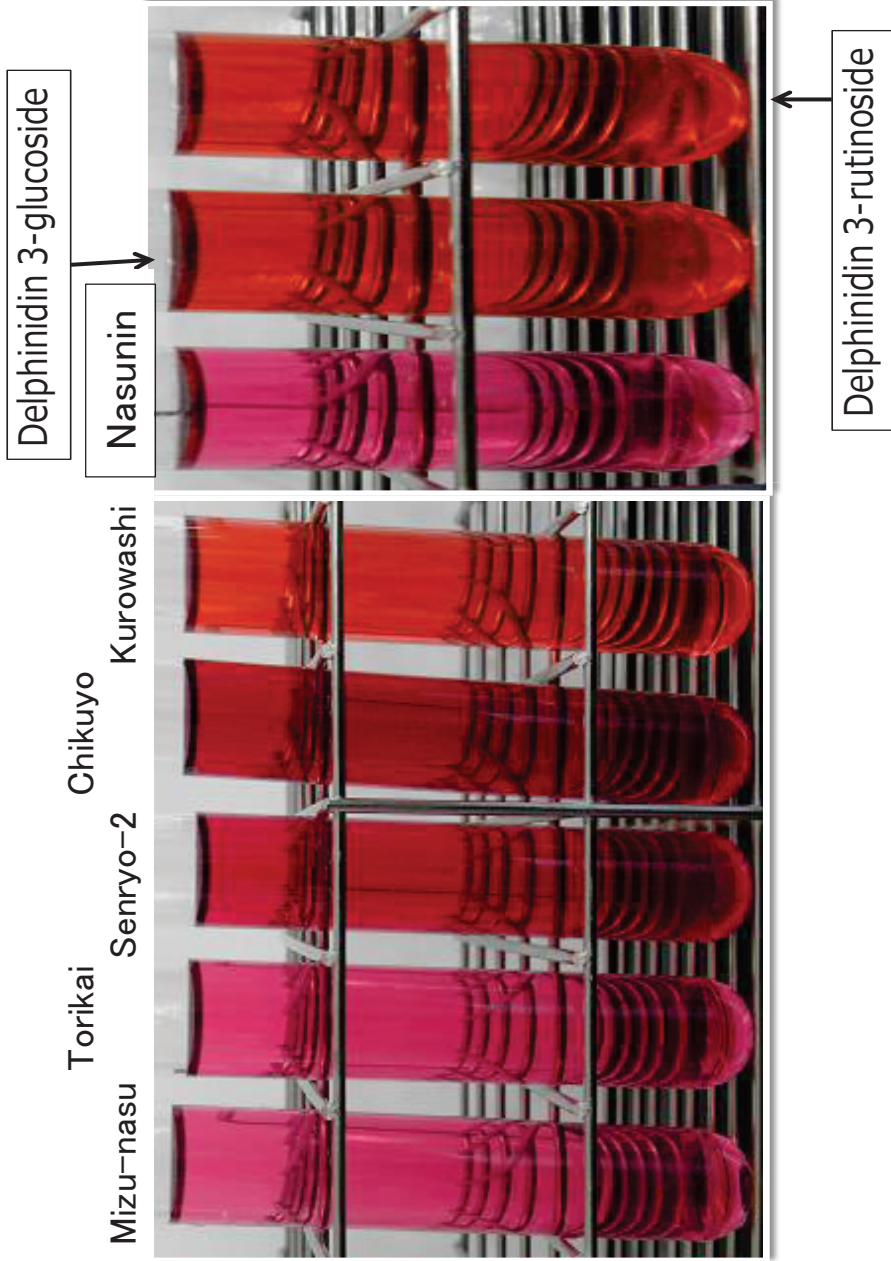


Fig. 1-2. Extracts of anthocyanins in 5% formic acid.

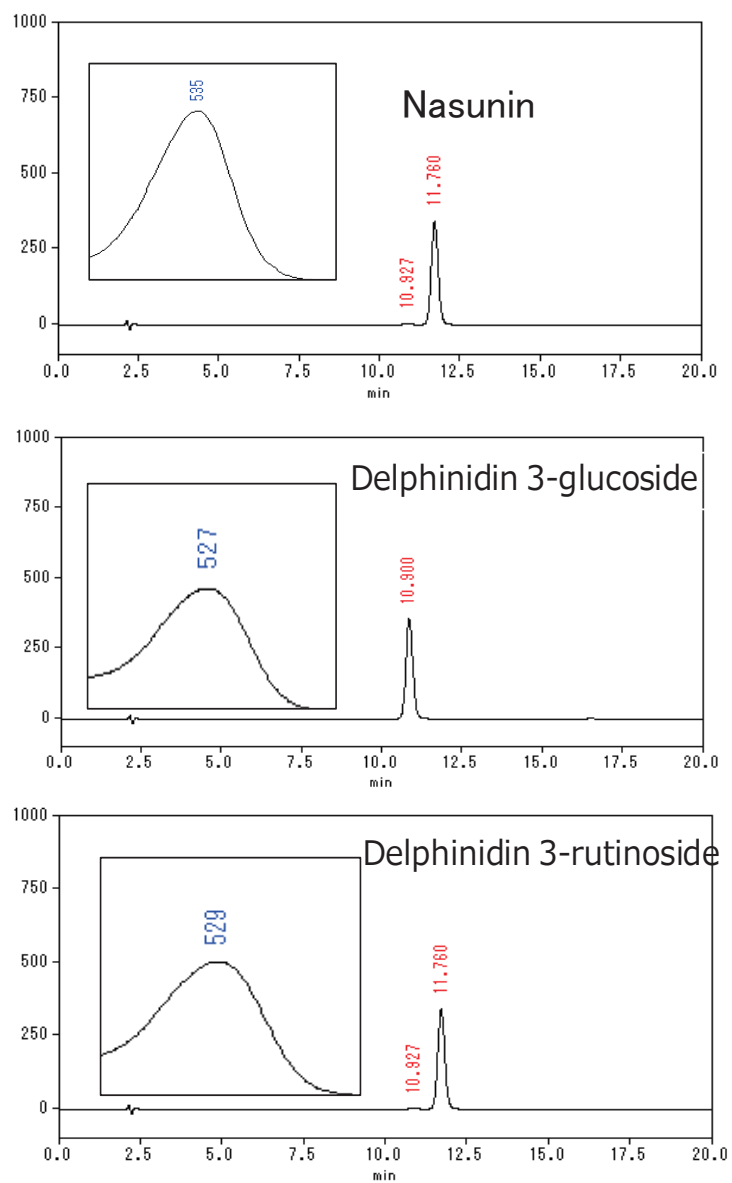


Fig. 1-3. Chromatograms and spectra of three anthocyanins as standard.

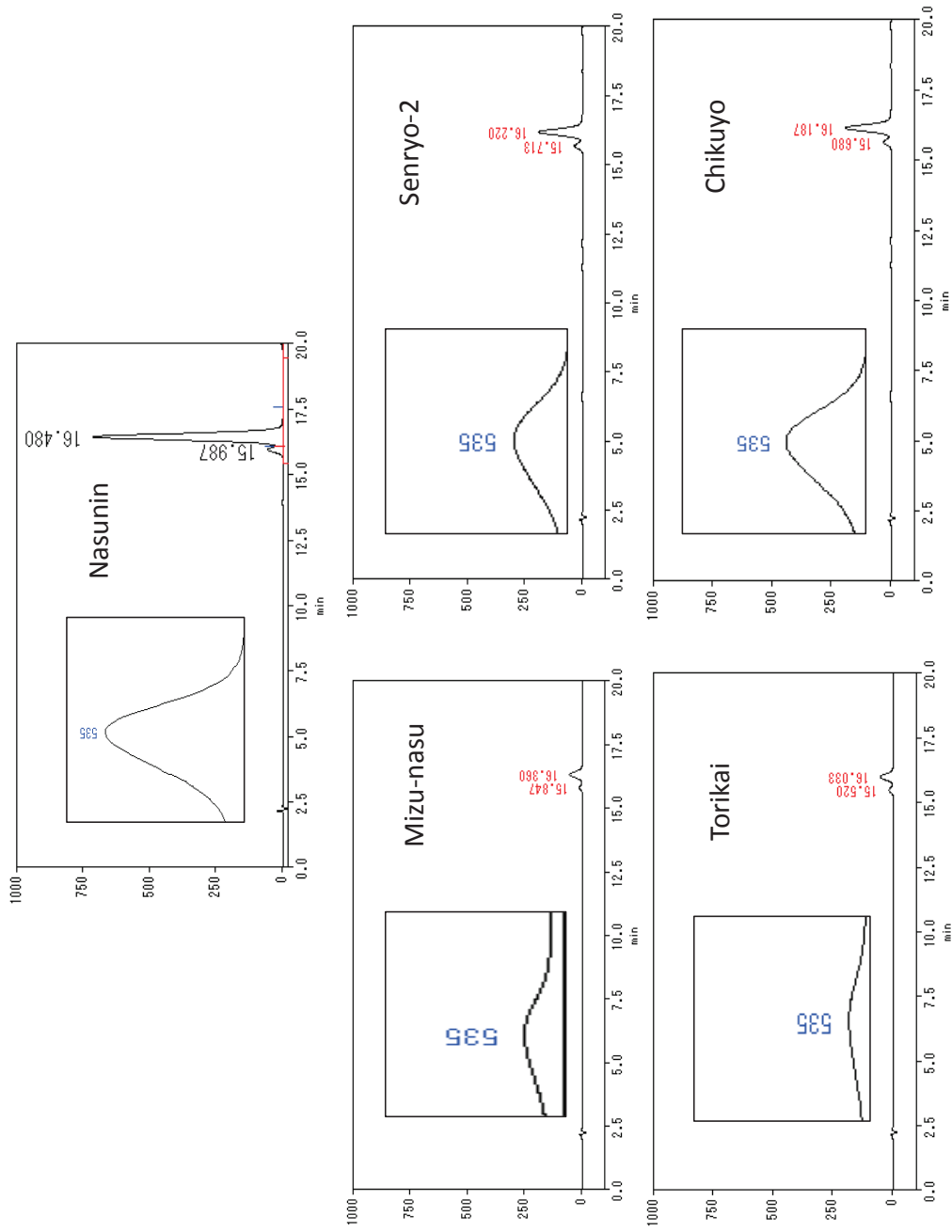


Fig.1-4. Chromatograms and spectra of nasunin as standard and extracts of anthocyanins from four cultivars.

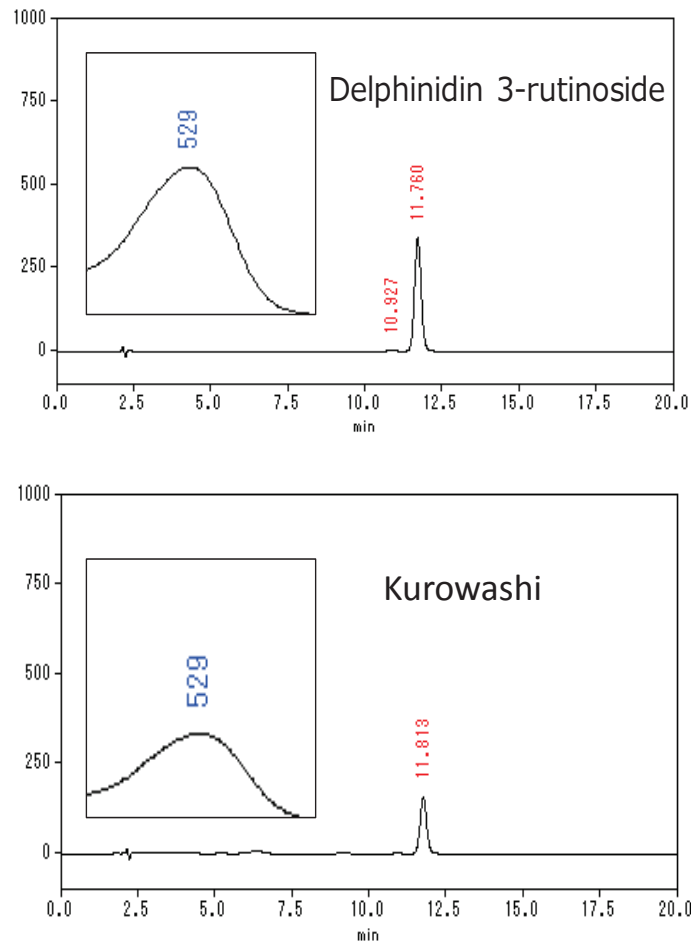


Fig. 1-5. Chromatograms and spectra of delphinidin 3-rutinoside as standard and extracts of anthocyanins from Kurowashi.

第3節 収穫時期の相違による水ナス果実の品質変化

野菜など青果物の成分含量は、季節の相違によって変動することが報告されている（阿部，1992）．そこで，‘水ナス’果実の品質について，収穫時期の相違による変化を検討した．

材料および方法

1. 材料

秋作の材料として，第1節と同じ‘水ナス’果実を用いた．夏作の材料には，2月に播種し，環農水研内のビニールハウス内で慣行栽培して7月に収穫された‘水ナス’果実を用いた．

2. 品質調査

比重，水分含量，アントシアニン含量，ポリフェノール含量，クロロフィル含量について，第1節と同様に調査した．

結果

‘水ナス’果実における夏作と秋作の季節による品質特性の相違を第1-4表に示した．その結果，比重，水分含量，アントシアニン含量，クロロフィル含量において，夏作と秋作の季節間差は見られなかった．唯一，果皮中のポリフェノール含量で，夏作の 1.66 mg/gFW に比して秋作で 2.21 mg/gFW と，有意に高くなった．

Table 1-4. Cultural-seasonal comparison of several characteristics of Mizu-nasu eggplant fruit.

Cultural season	Specific gravity	Moisture content (%)	Anthocyanin content in the peel (μ mol g ⁻¹ FW)	Polyphenol content in the peel (mg g ⁻¹ FW)	Polyphenol content in the whole fruit (mg g ⁻¹ FW)	Chlorophyll content in the peel (μ g g ⁻¹ FW)
Summer	0.729	95.5	1.23	1.66	1.62	26.0
Autumn	0.741	95.2	1.45	2.21	1.73	26.1
<i>t</i> -test ^z	NS ^y	NS	NS	*	NS	NS

^z* show that the average values are significantly different at 5% by Student's *t*-test

^y NS: not significant

第4節 褐変度を基にしたナス果実の加工適性評価

青果物の加工中の切断など物理的傷害による褐変発生には、ポリフェノールおよび PPO 活性が関与している(中林, 1995)といわれている。そこで、ナス7品種のポリフェノール含量と PPO 活性を調査し、褐変の特徴との関連を調査した。

材料および方法

1. ポリフェノール含量およびポリフェノールオキシダーゼ活性の測定

第2節と同じ方法を用いた。

2. 褐変度の測定

ナイフでナスの果皮部を削ぎ取り、果肉部を細かく刻み、5 g 採取した。蒸留水 50 ml と共に 1 分間ホモジナイズを行い、二重ミラクロスでろ過を行った。ろ液を 5 分間、4°C、20000 ×g で遠心分離し、420 nm における吸光度を分光光度計(株)日立製作所製 U-2000)で測定した。30°C のウォーターバスで 15 分間放置し、その後の吸光度の増減を測定した。

結果

褐変度について、‘白ナス’、‘鳥飼’、‘くろわし’で高い値を示し、特に前者で高かった。反対に、‘水ナス’、‘千両2号’、‘万寿満’、‘筑陽’で低く、特に前者でその傾向が見られた(データ不掲載)。それに加えて、褐変度に対するポリフェノール含量や PPO 活性との相関性を調査した。

その結果を第1-6図に示した。ポリフェノール含量と褐変度との相関係数は $r=0.724$ ($n=21$)であり、ピアソンの相関性の検定により有意性が認められた(危険率 5%)。また、PPO 活性と褐変度との相関係数は 0.655 ($n=21$)であり、こちらもピアソンの相関性の検定により有意性が認められた(危険率 5%)。

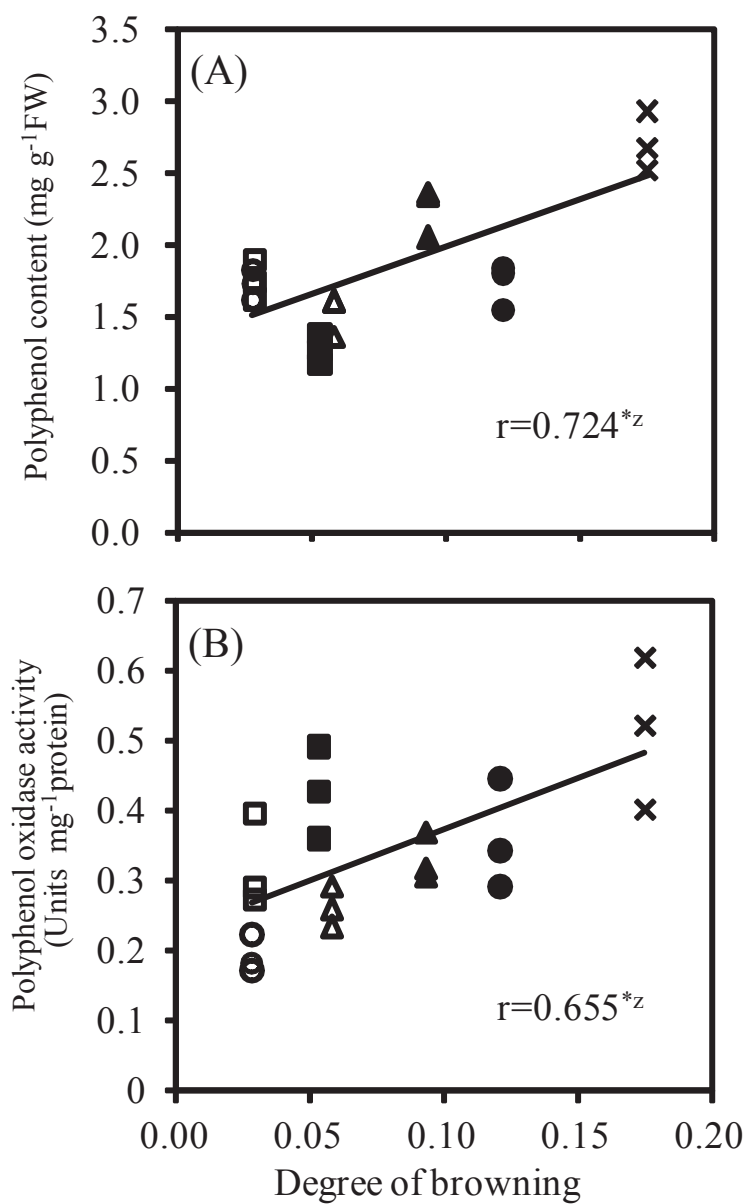


Fig. 1-6. Correlation between degree of browning and polyphenol content (A) or polyphenol oxidase activity (B) of the seven cultivars.

^z* indicates statistically significant by Pearson correlation test ($P < 0.05$)

○:Mizu-nasu, ●:Torikai, △:Chikuyo, ▲:Kurowashi,
□:Senryo -2, ■:Masumi, ×:Shiro-nasu, respectively.

考察

本研究では、加工用原料としての‘水ナス’果実の特性を明らかにするため、数品種のナスを比較対象として形態並びに生化学成分特性を調査し、‘水ナス’果実の品質特性の解明に取り組んだ。

‘水ナス’果実の形態は、第 1-1 図に示したように、収穫適期において‘鳥飼’や‘くろわし’と同様に卵形品種であった。また、‘水ナス’果実は他の 6 品種と比べて、比重が高く、水分が多い傾向にあり、特に‘白ナス’および‘万寿満’に対しては有意差が認められた(第 1-1 表)。堀江・安藤(2014)は、‘水ナス’を含む 8 品種の果肉を加圧した際に絞り出される果汁重量を比較し、‘水ナス’の果汁重量が他の品種よりも著しく高いと報告した。後藤ら(2007)は、‘千両 2 号’、‘筑陽’、‘水ナス’、‘くろわし’の順に細胞間隙が大きいと報告している。本論文のデータでは、‘くろわし’を除いて、この順に比重が小さい。細胞間隙は気体の通路であることから、細胞間隙が大きい場合、体積に比して比重の上昇に貢献しがたい。この関係性により、‘水ナス’は細胞間隙が小さいために比重が大きくなったと考えられた。

生化学成分含量における‘水ナス’果実の特徴は、本研究において供試した紫系 5 品種の中では、果皮中アントシアニン含量で、‘鳥飼’とは有意差が無かったが、他の 3 品種よりも有意に低かった。‘水ナス’は我が国の紫系品種の中ではやや淡色と認識されており、そのことが比較栽培による収穫物を用いた色素含量の比較においても確認された。

‘水ナス’果実の品質特性に関する季節間差を調べたところ、今回の研究では、比重、水分含量、アントシアニン含量、クロロフィル含量に関して夏収穫と秋収穫の間に有意差はなかった。秋に収穫した果実の果皮のポリフェノール含量は 2.21 mg/gFW であり、夏に収穫したもの(1.66 mg/gFW)よりも有意に高かった。この傾向は、栽培した季節それぞれにおける果実の発育期間および気温の違いによるものであろう。

一般に、ナスの切断面の褐変は、ポリフェノール含量および PPO 活性の両方によって発生することが知られている。今回の研究でも、‘白ナス’はポリフェノール含量も PPO 活性もともに高かったために褐変が発生した。一方で、‘水ナス’は、ポリフェノール含量も PPO 活性も低かったため、褐変度

が低かった．‘水ナス’は，貯蔵中の内部褐変の発生が抑制された（阿部ら，1980）という報告があり，これに加えて本章では，切断後の褐変も抑制されることが本研究により示された．

‘白ナス’以外でも，高ポリフェノール含量および高 PPO 活性であるナス果実は，加工中に容易に褐変するものと思われる．Barbagallo ら（2012）は，クエン酸カルシウムまたはアスコルビン酸塩処理によって，ナスの切断面の褐変を抑制できると報告している．このような処理は効果的に褐変を抑制するが，我が国の消費者は加工において食品添加物を使用することを好まない．このことから，ナスの加工に当たっては，褐変が生じにくい‘水ナス’などの品種を選定することが重要と考えられる．

要約

‘水ナス’の品質特性を明らかにするため，形や外観，成分が異なる数品種（鳥飼，筑陽，くろわし，千両 2 号，万寿満，白ナス）とともに，比重，水分含量，成分含量を調査した．‘水ナス’果実は他の 6 品種と比べて，比重が有意に高かった．‘水ナス’は水分含量が高い傾向にあり，特に‘白ナス’および‘万寿満’に対しては有意差が認められた．紫系 5 品種の中では，果皮中アントシアニン含量で，‘鳥飼’とは有意差が無かったが，他の 3 品種よりも有意に低かった．ポリフェノール酸化酵素 (PPO) 活性は，‘白ナス’が最も高く，‘水ナス’が最も低かった．‘白ナス’はポリフェノール含量および PPO 活性がともに高かったために褐変が発生した．これらの結果より，‘水ナス’が，カット野菜や漬物等の非加熱加工に適していると考えられた．

第2章 漬物用原料としての非破壊選別技術の開発

水ナスは、果皮の柔らかさと果肉のみずみずしさを生かした高品質浅漬「水ナス漬け」の原料として人気を博している。水ナスには内部に空隙が生じる障害果、いわゆる空洞果が発生することがある（室園，1981）。空洞果は漬物原料には適さないが、果実の外観から区別するのは難しいため、原料段階で空洞果を完全に排除することはできない。特に、高級漬物である一本漬けでは、原料を切断して確認できないために、空洞果のまま出荷してしまう危険性が高い。そのため、漬物事業者からは、何らかの非破壊手段で原料果実の空洞を判別し、少なくとも一本漬けには正常果として担保された原料を用い、それ以外の原料は刻み漬けに利用したいとする意向が寄せられている。そこで本章では、空洞のある水ナスを検出して除外することを目的に、光学的手法である、X線透過法と可視・近赤外分光法を用いて、正常果と空洞果を迅速に判別する技術の開発に取り組んだ。

第1節 X線透過法による空洞果判別の可能性検討

食品の内部異常を検出する技術では、金属探知機やX線ラインセンサーの応用装置が主流である（藤井，2003）。そこで、最初に、X線透過法の応用によって空洞果の判別が可能か否かを検討した。

材料および方法

1. 空洞度の実測

空洞の有無の判別は、一つ一つの果実を実際に切断して目視する方法ではなく、X線CT（Computed Tomography）による非破壊測定で行った。その理由は、正確な空洞体積を推定することが困難なためである。空洞体積を区分求積法で推定する際には、スライス幅の正確さが基本となる。しかしながら、包丁やスライサーで1 mm幅よりも狭い間隔を均等に切断し、かつ、個体間でもその切断幅に差がないようにすることはきわめて困難である。また、空洞部分の組織は脆いため、スライスの際に切断試料が変形する恐れもあるから、スライス幅の正確さを保証し得ない。なお、X線CTを用いた場合、1サンプルの測定につき1分以上を要する。

具体的には、日立アロカメディカル（株）製 X 線 CT(LCT-100Lite, 第 2-1 図)を用い、空洞の発生しやすい部位が赤道であるため、赤道部（2 cm 幅）を 1 mm 間隔で解析した。解像度は 16 ピクセル/mm²とした（第 2-2 図）。CT 画像は、X 線 CT に付属の処理ソフトを用いて、ROI 値（関心領域・Region Of Interest）を基に植物組織が充填されている部分と空洞部分に区別し、それぞれの体積を算出した。測定部位全体に占める空洞部分の体積割合を算出し、空洞度とした。水ナスの空洞度は、第 2-3 図に示したように、販売可能品であっても 0.8%を下回ることがなかった。そこで、X 線 CT 画像（第 2-2 図）を漬物事業者に提示して、漬物の原料として利用可能な果実の基準を確認した。その結果、空洞度が 1%を超える果実は高品質漬物の原料品質として不適格との判断であった。そこで本研究では、X 線 CT 装置による空洞度が 1%未満の果実を正常果、1%以上の果実を空洞果とした。平均直径 6.5 cm のナスの 1 mm 幅における空洞体積は、空洞度 1%では 0.033 cm³に相当する。なお、果実の軸方向に 1 mm 間隔で CT スキャンしたため、軸方向に 1 mm 未満の空洞は検出できない。しかし、水ナスの空洞は軸方向に長く広がっているため、軸方向に 1 mm 未満の空洞はここでは影響が小さいと考えた。

2. X 線透過による水ナス果実の内部の観察

実験材料には、2013 年夏に環農水研内のビニールハウスで栽培した水ナス果実 126 個を用いた（第 2-1 表上段）。

X 線 CT 装置 LCT-100Lite の X 線透過機能を用い、果実の側面からの X 線透過画像を撮影した。前述の手法で空洞度が予め 1%と実測された果実の X 線透過画像を基準に、画像の観察により、基準よりも空洞が少ないもしくは多いと認識される果実をそれぞれ正常果、空洞果と判別した。その後、前記 1. の手法による実測結果と照合し、X 線透過による判別の正答率を算出した。

結果

1. X 線透過法による空洞果判別

X 線透過画像により正常果か空洞果かを判別した結果が、X 線 CT 法による実測結果に対して正答か誤答か照合した。その結果得られた X 線透過法によ

る正答数および誤答数の分布を第 2-4 図に示した。正常果と判別した果実は 126 個のうち 50 個で、空洞度は 0.80~1.95%に分布していた。空洞果と判別した果実は 76 個で、空洞度は 0.88~20.45%であった。正常果と判別した 50 個のうち 29 個は、実際には空洞果であった。逆に、空洞果と判別した 76 個のうち 4 個は、実際には正常果であった。合わせて、本調査に用いた 126 個の果実のうち、空洞果か否かを正しく判別できたのは 93 個であり、正答率は 74%であった。

ただし、この 126 個には、果実の外観だけで判断できるほど空洞の程度が甚だしく、実際には出荷されない果実が多数含まれていた。第 2-3 図に示したように、原料として出荷されている果実のほとんど (97%) は空洞度が 2%未満であった。そこで、126 個の中から、空洞度が 2%未満であった 60 個で再計算した結果、正答率は 47%となった。



Fig. 2-1. X-ray computed tomography scanner.

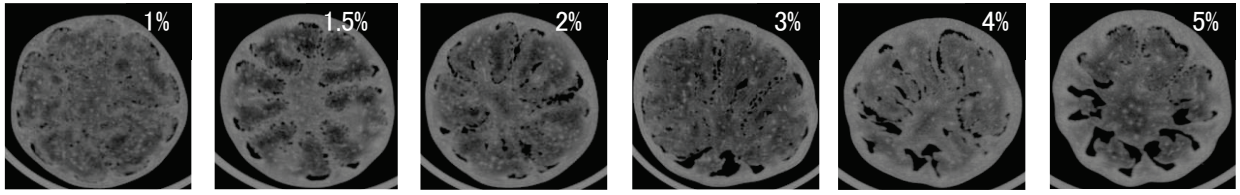


Fig. 2-2. Images of Mizu-nasu eggplant fruit cross-sections produced by an X-ray computed tomography scanner. The degree of pithiness of individual fruits was 1–5%.

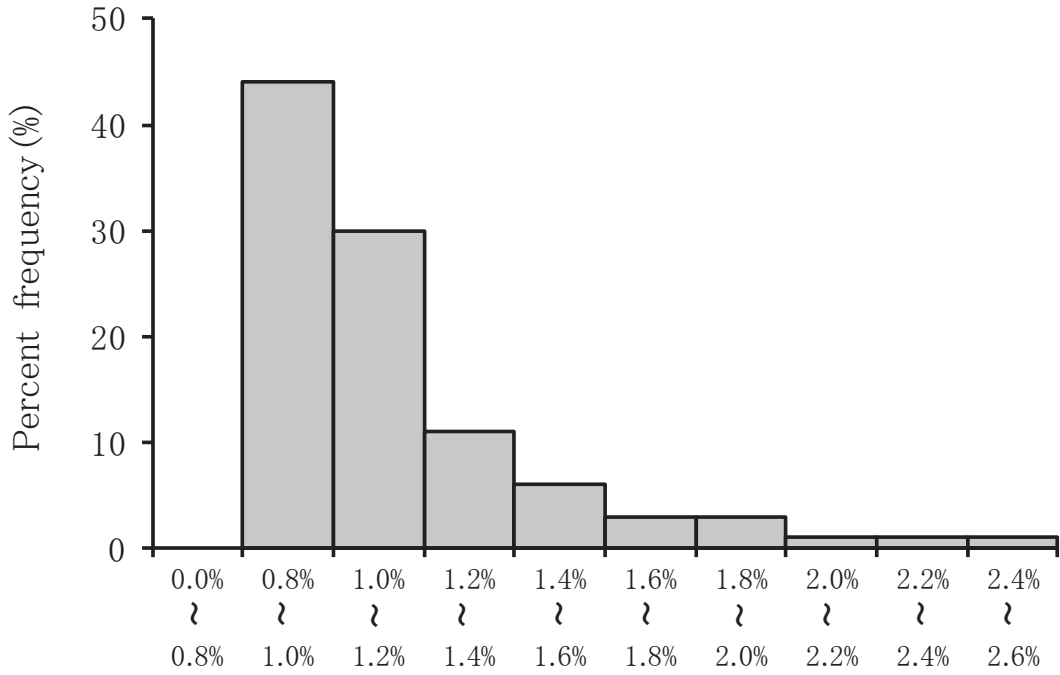


Fig. 2-3. Histogram representing the degree of pithiness of marketable Mizu-nasu eggplant fruits.

Table 2-1. Sample sets for calibration or validation of Mizu-nasu eggplant fruits.

Purpose	Source	Number of samples
Calibration (in 2013)	Plants grown in a plastic film greenhouse at the REAF ^z	126
Validation (in 2014)	Plants grown in a plastic film greenhouse at the REAF	12
	Plants grown in a plastic film greenhouse by a commercial farmer	44
	Plants grown in a field by a commercial farmer	44

^z Research institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka prefecture

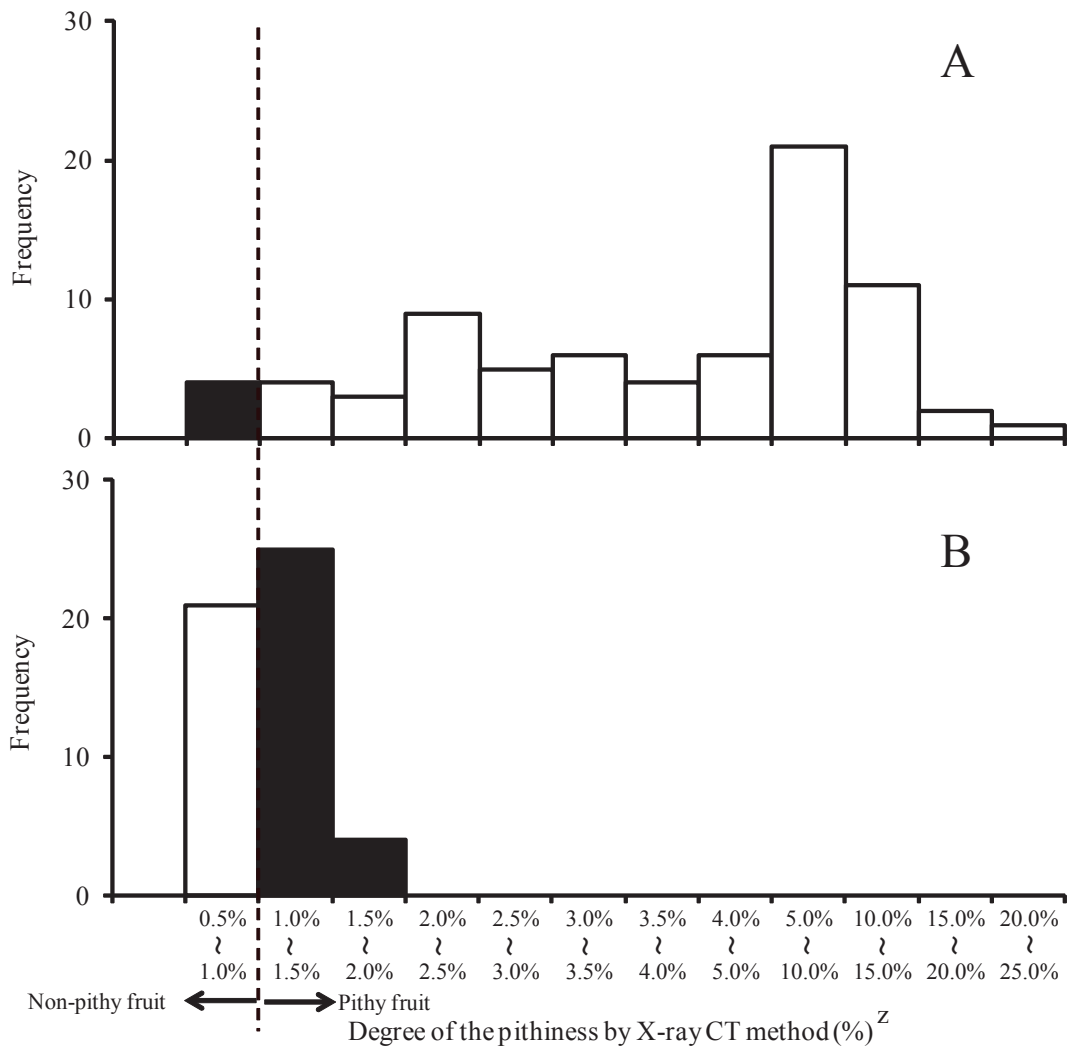


Fig. 2-4. The number of correct and incorrect predictions of the pithiness of Mizu-nasu eggplant fruits according to an X-ray transmittance method.

^Z Degree of pithiness of individual fruits as determined using an X-ray CT method.

A: Fruits predicted to be pithy based on an X-ray transmittance method.

B: Fruits predicted to be non-pithy based on an X-ray transmittance method.

Open (□) and closed (■) squares correspond to correct and incorrect predictions, respectively.

第 2 節 可視・近赤外分光法による空洞果判別の可能性検討

X 線透過法以外にも、青果物の品質を非破壊で測定する様々な方法が実用化されている。中でも可視・近赤外分光法は様々な青果物の品質評価が可能で、果実の糖度分析 (Kawano ら, 1992; Kawano ら, 1993) はもとより、タマネギ (Ito・Morimoto, 2014)、ダイコン (小宮山, 2010) およびジャガイモ (河野, 1990) などの内部障害の検出に可視・近赤外分光法が応用され、実用化が進められている。ナス品質の光学的評価では、果皮光沢の数値化 (松岡ら, 1995) および果皮色素「ナスニン」含量の計測に関する報告 (橘田ら, 2003) がある。また、光学的手法に限らずとも、スイカのような打音による検出法もある (岩元ら, 1994)。しかし、水ナスの果皮は傷が付きやすい (内藤, 2002) ため、こうした接触式の計測手法は適しているとは言えない。

そこで本節では、可視・近赤外分光法による判別の可能性を検討した。

材料および方法

1. 可視・近赤外スペクトルの測定

実験材料には、前節で用いた水ナス果実 126 個を用いた。青果物品質評価装置フルーツセレクター K-BA100R ((株) クボタ製) (第 2-5 図) を用いて 650~1,000 nm における 2 nm 間隔, 176 波長の吸光度を測定した。吸光度は、標準板と試料に同量の光を入射した時の、標準板の反射光の強度を試料の反射光の強度で除した値の対数とした。露光時間を 0.4 秒とし、1 データ当たり 10 回の露光測定を行った吸光度の平均値を用いた。波長ごとに 2 次微分値を算出した。2 次微分値の平滑化には前後 3 点の測定値を用い、Savitzky-Golay 法により行った。

2. 2 次微分値と空洞度との相関性の探索

前記 1. で得た 176 波長それぞれにおける 2 次微分値と空洞度との単相関係数を算出した。計算には、表計算ソフト「エクセル 2010」(マイクロソフト製) を用いた。

3. 判別関数の作成

判別関数の作成には、統計ソフト「SPSS11.0J」(エス・ピー・エス・エス製) のステップワイズ変数選択法を用い、複数の 2 次微分値を代入すること

で空洞果か否かの判別が可能となる判別関数を作成した。

4. 判別関数の評価

判別関数による判別の実用性を調査するため、2014年夏に環農水研内のビニールハウスで栽培した水ナス果実 12 個、大阪府内水ナス生産者がビニールハウスで栽培した水ナス果実 44 個および露地で栽培した水ナス果実 44 個の計 100 個を用いた（第 2-1 表下段）。

1. の方法で可視・近赤外スペクトルを測定し、判別関数を用いてそれぞれの果実が空洞果か否か判別した。その後、前節 1. の方法で空洞度を実測し、判別関数による判別結果と照合して正答率を算出した。

結果

1. 水ナス果実の原スペクトルおよび 2 次微分スペクトル

水ナス果実の可視・近赤外波長域における吸光スペクトルを得た（第 2-6 図）。720 nm 付近から 820 nm 付近まで吸光度が漸減し、830 nm 付近に小さな吸光が見られた。それより長波長になるに従い吸光度が漸増した。2 次微分スペクトルを第 2-7 図に示した。680 nm 付近のマイナス方向のピークおよび 714 nm 付近のプラス方向のピークはクロロフィル a によるもの、978 nm 付近のマイナス方向のピークは水によるものと推察された（岩元ら、1979）。

2. 2 次微分値と空洞度との相関性の探索

波長それぞれの 2 次微分値と空洞度との単相関スペクトルを第 2-8 図に示した。単相関係数の絶対値が最も高かったのは 832 nm の 2 次微分値であり、 $r=0.53$ （ $n=126$ ， p 値 <0.001 ，母相関係数の信頼範囲 0.40~0.65，危険率 5%）であった。次いで 856 nm での $r=0.50$ であった。この 832 nm から 856 nm の間で最も低い単相関係数は $r=0.45$ であり、連続的に高い値を維持していた。

3. 判別関数の作成

統計ソフトのステップワイズ変数選択法により、空洞果の判別に有効な波長として 712 nm および 832 nm を選択し、それらの波長における吸光度の 2 次微分値を用いる次式の判別関数を作成した。

$$Z=-1067 \times D2(712\text{nm})-72900 \times D2(832\text{nm})-3.793$$

ここで、 $D2(712\text{nm})$ は 712 nm における吸光度の 2 次微分値を示す。832 nm も同様である。Z は判別得点であり、712 nm および 832 nm の 2 次微分値を代入したときの判別得点がプラスであれば正常果を、判別得点がマイナスであれば空洞果を示す。

4. 判別関数の評価

判別関数による評価用試料の判別正答率を第 2-2 表に示した。2013 年の判別関数作成用の試料と同じ条件で栽培した環農水研の水ナス試料群では 92%の正答率となった。この結果は、正答率 50%に対して有意差（危険率 5%の二項検定。以下、同様）があった。大阪府内の生産者の水ナスでの正答率は、ハウス栽培の試料群では 57%と有意でなかったが、露地栽培の試料群では 66%となり、有意であった。

誤答の中には、実際の正常果を空洞果と判別する場合と、実際の空洞果を正常果と判別する場合がある。そこで、判別関数での正答率を実際の正常果と実際の空洞果に分けて算出した結果を第 2-3 表に示した。判別関数の作成に用いた試料と同じ条件で翌年に栽培した試料群では、正常果に対する正答率は 67%、空洞果に対する正答率は 100%であった。大阪府内の生産者の水ナスのうち、ハウス栽培の試料群では、正常果に対する正答率は 44%、空洞果に対する正答率は 76%となり、露地栽培の試料群では正常果に対して 36%、空洞果に対して 80%の正答率となった。検定の結果、正常果としての正答率は有意でなかったが、空洞果としての正答率はいずれの場合も有意であった。



Fig. 2-5. The measurement of the NIR spectrum of a Mizu-nasu eggplant fruit using the K-BA100R spectrometer.

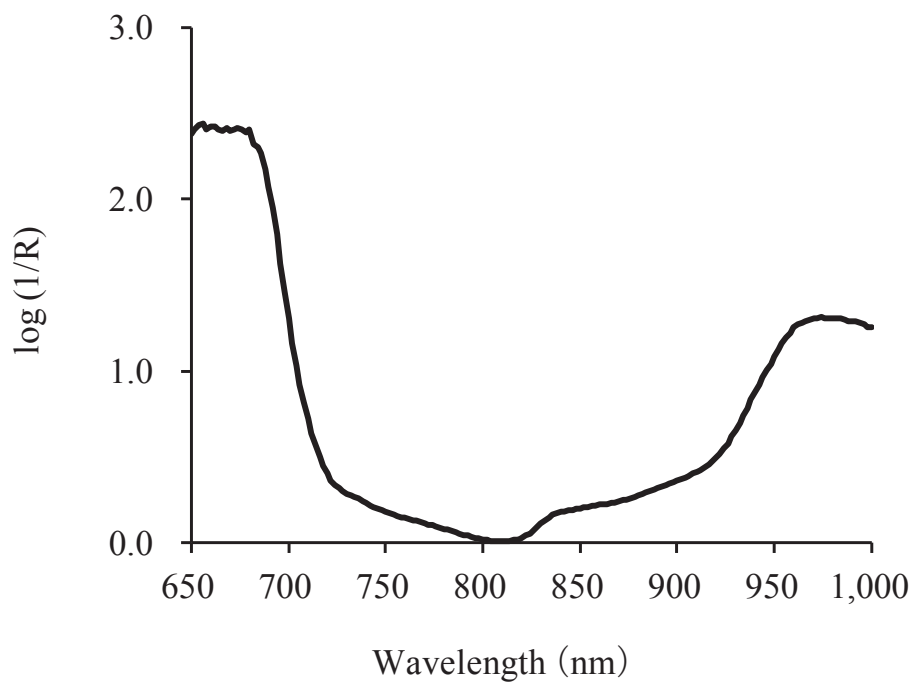


Fig. 2-6. NIR spectra of Mizu-nasu eggplant fruit.
R: reflectance.

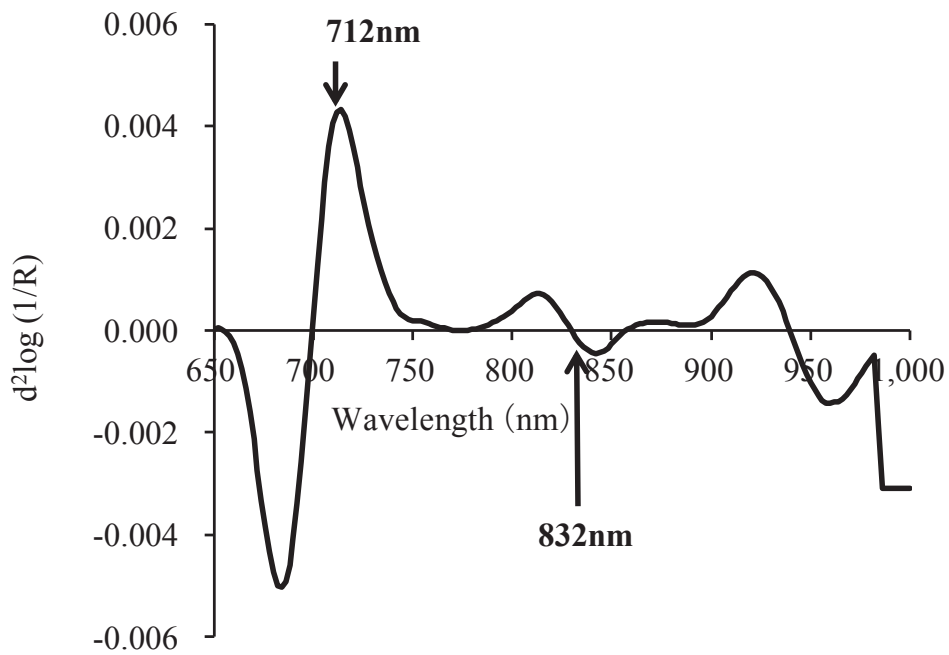


Fig. 2-7. Second derivative of NIR spectra of Mizu-nasu eggplant fruit. R: reflectance.

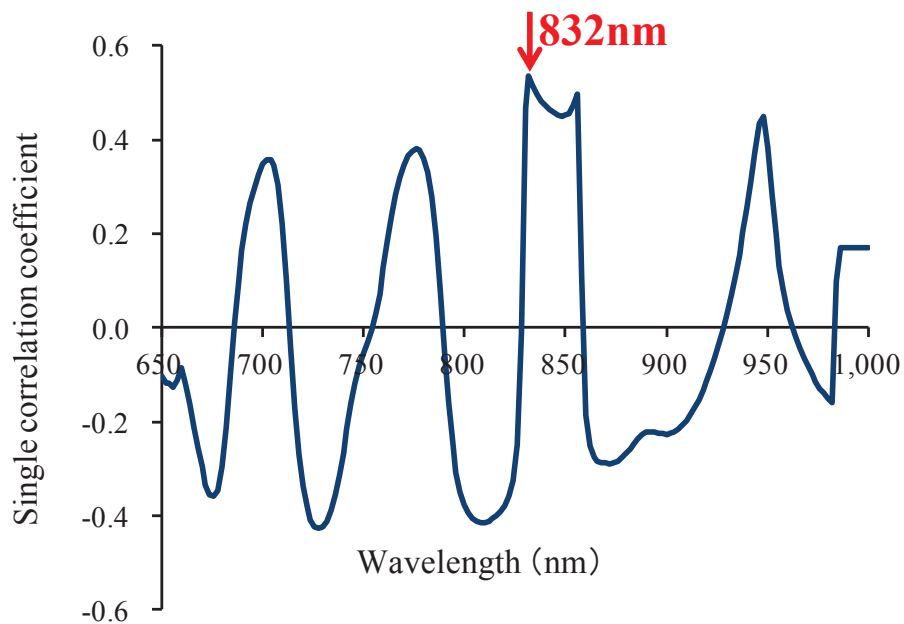


Fig. 2-8. Single correlation coefficients between second derivative values and the degree of pithiness plotted against wavelength.

Table 2-2. Results of discriminations between pithy and non-pithy Mizu-nasu eggplant fruits.

Samples for validation	Number of samples	Correct discrimination	Percentage of correct discriminations	Preference of discriminant ^z
Plants grown in a plastic film greenhouse at the REAF	12	11	92	Detected
Plants grown in a plastic film greenhouse by a commercial farmer	44	25	57	Not detected
Plants grown in a field by a commercial farmer	44	29	66	Detected

^z Calculated using a one-sided binomial test ($P < 0.05$)

Table 2-3. Results of discriminations between pithy and non-pithy Mizu-nasu eggplant fruits based on observations of fruits.

Samples for validation	Discrimination results		Percentage of correct discriminations	Preference of discriminant ^z	
	Non-pithy fruits	Pithy fruits			
Plants grown in a plastic film greenhouse at the REAF	3 non-pithy fruits	2 (Correct)	1 (Incorrect)	67	Not detected
	9 pithy fruits	0 (Incorrect)	9 (Correct)	100	Detected
Plants grown in a plastic film greenhouse by a commercial farmer	27 non-pithy fruits	12 (Correct)	15 (Incorrect)	44	Not detected
	17 pithy fruits	4 (Incorrect)	13 (Correct)	76	Detected
Plants grown in a field by a commercial farmer	14 non-pithy fruits	5 (Correct)	9 (Incorrect)	36	Not detected
	30 pithy fruits	6 (Incorrect)	24 (Correct)	80	Detected

^z Calculated using a one-sided binomial test ($P < 0.05$)

考察

地域特産の高級漬物である水ナス漬けの一本漬けでは、外観上は正常であるが、喫食時に切断すると、内部に空洞、いわゆる「す」が入っていることがあり、問題となっていた。そのため、本研究では、X線透過法や可視・近赤外分光法によって、正常果と空洞果を非破壊的に判別する技術の開発に取り組んだ。

最初に、X線透過法によって空洞果の判別が可能か否かを検討した。その結果、外観が正常で、出荷対象となり得る原料果実だけを対象にした場合、X線透過法による正答率は47%となって、ほぼ無判別（正答率50%）であった。このことから、X線透過法によって水ナス果実が空洞果か否かを判別することは困難と考えられた。

そこで、可視・近赤外分光法による判別の可能性を検討した。最初に、可視・近赤外域における吸光度を測定し、それぞれの波長の2次微分値を算出し、それら2次微分値と空洞度との相関性を調査した。その結果、空洞度と最も相関が強かったのは832 nmにおける吸光度の2次微分値であり、 $r=0.53$ ($n=126$, p 値 <0.001 , 母相関係数の信頼範囲 $0.40\sim0.65$, 危険率5%)であった。一般に、830 nm 前後の広い範囲は「吸光の窓」と呼ばれ、物質による化学的吸光が他の波長域よりも少なく、光の散乱に影響する要因との関係性が見られることが多い。Kawanoら(1993)は、温州ミカンでは844 nmの2次微分値は果実径と強い相関があると報告している。水ナスにおいても、空洞状況といった光の散乱に影響する要因との相関が検出されたと考えられた。

次に、複数の2次微分値を代入することで空洞果か否かを判別する判別関数を作成した。その際、ステップワイズ法により選択した波長は712 nmおよび832 nmであった。832 nmは単相関係数の絶対値が最も高かったため、判別関数の第一波長として選択したと考えられた。次に、第二波長の候補として、単相関係数の絶対値が高い728 nmや776 nm, 808 nm並びに948 nmが挙げられるが、これらの2次微分値は全て832 nmの2次微分値と多重共線性があったため、選択しないこととした。

今回の判別関数における第二波長として、ステップワイズ法により712 nm

を選択した。水ナス果実の表層 3 mm には約 2 mg/100g のクロロフィル a を含有しており（データ不掲載）、観察上も紫色の外果皮の内側隣接部が黄緑色を呈していることから、712 nm の吸光はクロロフィル a による 680 nm をピークとする吸光の一部（岩元ら，1979）と推察された。2 次微分ではなく原スペクトルにおける 712 nm の吸光度と空洞度との相関係数は -0.28 ($n=126$, p 値 $=0.0013$, 母相関係数の信頼範囲 $-0.44 \sim -0.11$, 危険率 5%) であり、クロロフィルが少ないほうが空洞度が高まる関係にある。因果関係は明らかにされていないが、日照量の少ない時期に空洞果が多発するとされており、今回の判別関数で 712 nm を活用することは、日照量の影響を受けるクロロフィル含量の情報が判別関数に反映されている可能性がある。

本章では、水ナス果実の空洞果判別の技術的可能性を探るため、空洞以外の品質が極力そろうように、環農水研内ビニールハウスで栽培した試料のみで判別関数を作成し、翌年度に同一の方法で栽培管理した試料を対象に判別の正答率を求めた。その結果は 92% の正答率となり、可視・近赤外分光法によって正常果と空洞果を判別しうる可能性を見いだすことができた。

次に、その判別関数の実用性を評価するため、栽培場所や管理方法が判別関数作成用とは異なる試料群に対する判別の正答率を調査した。その結果、ビニールハウス栽培の試料群では 57%、露地栽培の試料群では 66% となり、後者は二項検定で有意ではあったが、いずれも高い正答率とはならなかった。

そこで、正答率が低くなる試料の傾向を検討した。第 2-3 表に示したように、実際の空洞果が対象の時には 76~100% の正答率であり、50% の確率で無作為に判別する場合に対して有意に正しく判別していることが分かった。一方で、実際の正常果が対象の時には 50% の確率で無作為に判別する場合と有意差がなかった。今後の課題として、実際の正常果の特徴をスペクトルから抽出し、補正する方策が必要と考えられた。

現在の水ナス漬けの製造現場に対する本研究の第一の目的は、一本漬けの原料として空洞果を用いないように、空洞果を空洞果として適切に判別することである。その点では、現状でも空洞果の約 8 割を空洞果として判別できていることになる。また、正常果の約 6 割を空洞果と判別する誤答が発生していることになるが、これらの果実は廃棄されることなく刻み漬原料として

有効活用されるため、大きな損失は生じない。

またこの機器は、水ナスの表皮損傷や色つやの確認を含めても、現在、約4秒で済むため、作業効率が良い。今後は、漬物事業者が使用できるレベルまで精度を高めていく必要がある。

要約

水ナス果実が空洞果か否かを判別するため、X線透過法および可視・近赤外分光法の有用性を検討した。X線透過法はこの判別に適していなかった。しかし、可視・近赤外分光法には空洞果の判別力が認められた。これらの分光法を空洞果の判別に活用するため、多変量解析によって712 nmおよび832 nmにおける2次微分値を選択した。その判別関数は次のとおりである。 $Z = -1067 \times D2(712 \text{ nm}) - 72900 \times D2(832 \text{ nm}) - 3.793$ 。判別関数の作成に用いた水ナス果実サンプルと同じ条件で栽培した果実を材料として、空洞の有無を判別し、判別関数の適用性を評価した。結果は92%の正答率であった。これらの結果により、可視・近赤外分光法は水ナス果実が正常果か空洞果かの判別に用いることができると考えられた。

第3章 水ナス漬けの高品質安定生産技術の開発

ナスの地方品種である水ナスは、果皮の柔らかさと果肉のみずみずしさを特長としている。それらの特長を活かして浅漬加工された漬物は水ナス漬けのブランド名で高値取引されるため、高品質な商品を安定した加工技術で製造する必要がある。

通常、水ナスを含むナスの漬物加工では、ミョウバンや硫酸第一鉄を色止めのために添加する方法が一般に採用されている。しかし、水ナス漬けの製造業界では同様の方法を実施しているにもかかわらず、しばしばナス紺の呈色不足によって部分的な色調不良となる現象（第3-1図）が頻発するため、その原因究明が求められている。

ナス漬物の色止めに関しては、宮尾（2000）によって報告されているが、水ナスの漬物に関して詳細に調べられた報告は見当たらない。また、この問題は品種特性による可能性が高いが、漬物加工における色素の変化や安定性に関する報告はない。

そこで本章では、水ナス果実および水ナス漬けを材料として、漬物加工前後のアントシアニンの定性、定量的変化を調査することで、部分的な色調不良となる原因について検討した。さらに、その色調不良の対策技術を開発したので報告する。

第1節 漬物加工過程における色調不良部位の発生原因の解明

第1章で明らかにしたとおり、水ナスのアントシアニン含量は、千両2号や筑陽など他の主要品種よりも有意に少ない。水ナス漬けは果実がナス紺色を呈していることが望まれるが、色調不良となる部分が局所的に発生し、そのことが加工上の大きな問題となっている。そこで本節では、色調不良の発生しやすい部位と発生がほとんど無い部位に分けて、アントシアニンの定性、定量的変化を調査した。

材料および方法

1. 材料

実験には、環農水研内のビニールハウスで慣行栽培した水ナス果実を用いた。

漬物加工は、焼きミョウバンを 0.3%含む 5%食塩水に水ナス果実を 15℃の恒温室内で 2 日間浸漬することによって行った。

2. 漬物加工前後におけるアントシアニンの定性分析

水ナス果実の漬物加工前および加工後におけるアントシアニンの組成を調査するため、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）で定性分析した。

検液には前述の化学分析法と同様にして得た抽出液を用い、適宜希釈した後 HPLC に導入した。

HPLC（島津製作所製）の測定条件は、ポンプが LC-6AD、移動相には A 液（1.5%リン酸水溶液）と B 液（リン酸を 1.5%含む 25%アセトニトリル水溶液）を用い、40 分で B 液を 0%から 60%に直線的に増加させるグラジエントモードとし、流量を 1.0 ml/分に設定した。カラムは Inertsil-ODS-3（150×4.6mm i.d., ジーエルサイエンス製）を用いてこれを 40℃に保った。検出は SPD-6AD を用いて 525 nm における吸光度を測定した。さらに、525 nm の吸光度測定における最大ピークの分子量を LC-MS で測定した。LC-MS の測定は、前述の HPLC からの流路を LCMATE（日本電子製）に接続し、ESI イオン化モードおよび m/z 範囲を 200～1,000 としたスキャンモードで行った。

3. 漬物加工後の色調不良率

漬物加工後における色調不良の判定は、果梗部側、赤道部、果頂部側にそれぞれ直径 1.4 cm の円形の印を付けて漬け込み、2 日後の漬け込み終了時点で印の内側に一部でも茶変が観察された部位を色調不良とした。調査には 10 個の果実を用い、各部位で 20 箇所を対象とした。

4. アントシアニン含量の分布

水ナス果実の果皮におけるアントシアニンの分布を調査するため、同一果実の果梗部側、赤道部、果頂部側それぞれの部位における、単位面積あたりのアントシアニン含量を測定した。

アントシアニン含量の測定は、コルクボーラー No. 8（直径 1.4 cm）を用いて測定部位の果皮を採取し、5%ギ酸 2 ml に 20 時間以上浸漬し、アントシアニンを抽出した。抽出液は No. 5A ろ紙（アドバンテック東洋製）でろ過

し、10 倍希釈後、525 nm における吸光度を分光光度計（㈱日立製作所製 U-2000）で測定した。ただしここでは、525 nm における吸光度を用いて市販 Delphinidin（フナコシ）含量に換算し、1 cm² あたりのアントシアニン含量として示した。

5. 漬物加工後のアントシアニン含量の分布

漬物加工後における部位別のアントシアニン含量を調査するため、水ナス漬けの果皮を、果梗部側、赤道部、果頂部側に分け、それぞれを前述の化学分析法と同様に抽出し、分光光度計で定量した。

6. アルミニウムイオンの浸透量比較

漬物加工後に色調不良となった果実を用い、同一個体内の色調が良好な部位（以下、ナス紺）、組織が硬いままで紫色から変化していない部位（同、紫）、色調不良となった部位（同、茶）に分け、表層 0.5 mm に調製した果皮を試料として、渡部ら（1997）の方法で試料中のアルミニウムイオン（Al³⁺）を測定した。

7. 統計処理

統計処理には、エス・ピー・エス・エス（㈱製統計ソフト「SPSS11.0J」）を用い、Tukey 法によって有意差を検定した。

結果

1. 漬物加工前後におけるアントシアニンの定性分析

第 3-2 図に果皮色素の HPLC クロマトグラムを示した。漬物加工前および加工後において、主要ピークは同じ保持時間に検出された。

さらに、HPLC の 525 nm 吸光度測定における最大ピークの分子量を LC-MS で測定したところ、m/z=251.2、474.3 および 919.4 に大きなピークが観察された（第 3-3 図）。

2. 漬物加工後の色調不良率

加工後の色調は、果梗部側では 95%が、赤道部では 100%が良好であった。果頂部側では 60%が色調不良となった（データ不掲載）。

3. アントシアニン含量の分布

水ナス果皮におけるアントシアニン含量の部位による変動を第 3-1 表に

示した。果実の果梗部側では 170 nmol/cm^2 であったのに対し、赤道部および果頂部側ではそれぞれ $134, 125 \text{ nmol/cm}^2$ であり、赤道部および果頂部側は果梗部側よりも有意に低かった。

4. 漬物加工後のアントシアニン含量の分布

漬物加工後における部位別のアントシアニン含量を第 3-2 表に示した。果実の果梗部側では 51.0 nmol/cm^2 ，赤道部で 49.7 nmol/cm^2 であったのに対し，果頂部側では 37.0 nmol/cm^2 であり，果頂部側は果梗部側および赤道部よりも有意に低かった。

5. アルミニウムイオンの浸透量比較

同一個体内のナス紺部位の果皮中の Al^{3+} 含量を 100% としたとき，紫部位の Al^{3+} 含量は平均 15% (標準偏差 1.57)，茶部位では 35% (同 27.4) であった (データ不掲載)。



Fig. 3-1. Defective pickles by color problem (left), and marketable pickles of Mizu-nasu fruit (right).

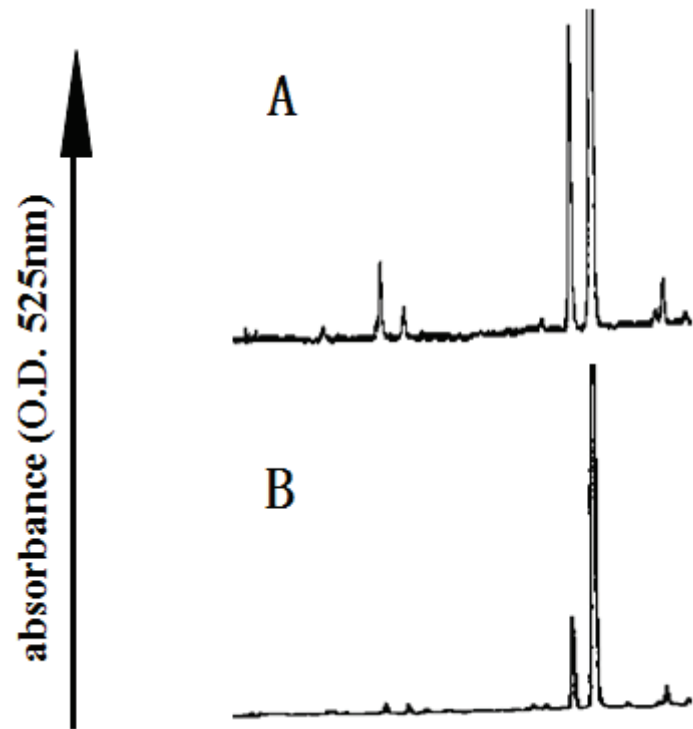


Fig. 3-2. HPLC chromatograms of anthocyanins in fresh fruit (A) and in pickles (B) of Mizu-nasu.

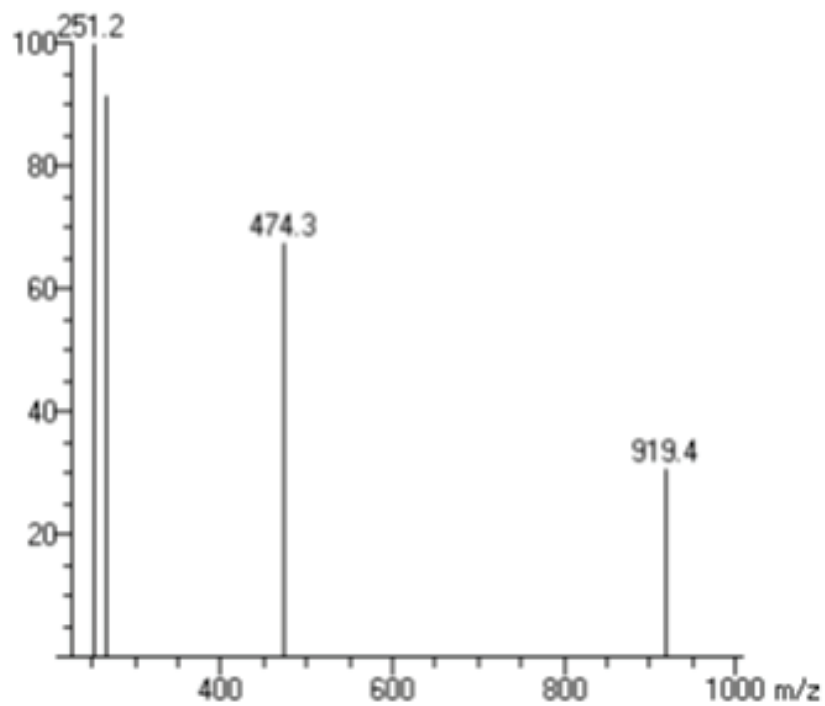


Fig. 3-3. Mass spectrum of nasunin extracted from the peel of Mizu-nasu fruit.

Table 3-1. Anthocyanin content in each section of the peel of eggplant fruit.

	Anthocyanin content in the peel (nmol cm ⁻²)
Fruit stalk side	170 a ^z
Middle	134 b
Fruit apex	125 b

^z Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$)

Table 3-2. Anthocyanin content in each section of the peel of eggplant pickles.

	Anthocyanin content in the peel (nmol cm ⁻²)
Fruit stalk side	51.0 a ^z
Middle	49.7 a
Fruit apex	37.0 b

^z Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$)

第2節 微細孔形成による漬け液浸透促進技術の開発

前節により、水ナスの漬物加工過程において果皮が部分的な色調不良となる原因は、アントシアニン色素の保持に必要な Al^{3+} の浸透量が不均一となるためと推察された。 Al^{3+} の浸透量が少ない部分ではアントシアニンが適切に保持されず、色調不良となる。そこで、効果的に Al^{3+} を浸透させるための技術を検討した。ここでは、原料段階で色調不良となる部位を特定できないこと、元々色調が良好となる部分であっても、漬け液の浸透を促進できれば製造時間の短縮に繋がることから、果実全体に対して浸透を促進させることを目標とした。

また、調理分野における隠し包丁のように、部分的に内部を露出させることで浸透促進が期待されるため、技術開発の参考とした。ただし、水ナスに包丁を入れると食感が損なわれるため、その応用技術を検討した。

材料および方法

1. 材料

材料および漬物加工は前節と同様とした。

2. 漬け液浸透促進処理の検討

隠し包丁に代わる浸透促進処理の候補として、漬物加工の前に、金属製タワシ、樹脂製ブラシ、稲のもみ殻による果実表面への摩擦処理並びに剣山の先端を果実表面に押し付けることにより表皮に微細な孔を形成させる処理について検討した。

稲のもみ殻との摩擦処理（以下、もみ殻摩擦処理）は、稲のもみ殻で満たしたポリエチレン袋の中に果実1個を入れ、上下に反転させる処理とした。

3. 電子顕微鏡による果皮表面の観察

従来の高真空型電子顕微鏡を用いる場合、固定処理過程で表面の様々な漂流物が固定液によって流亡してしまう (Odake *et al.*, 1995)。そのため、走査型電子顕微鏡（株）日立製作所製 S-3500N) の低真空モードによって、もみ殻摩擦処理直後の水ナス果皮の表面を観察した。

4. アルミニウムイオンの浸透量

もみ殻摩擦処理として上下に 10 回あるいは 25 回反転させ、直ちに漬物加工した。対照区では、もみ殻摩擦処理を行わずに漬物加工した。漬物加工 1 日後に、もみ殻摩擦処理区では色調不良部位が発生しなかったため、水ナス漬けの赤道部の果皮の表層 0.5 mm における Al^{3+} 含量を前節と同様の方法で測定した。対照区では色調不良が発生したため、色調が良好な部分の果皮を試料とし、同様の方法で Al^{3+} 含量を測定した。

5. 効果検証

もみ殻摩擦処理区と対照区それぞれ 10 個ずつ、上記 1. の方法で 1 日間漬物加工した後、達観により色調不良が一部でも観察された果実を色調不良とし、色調不良果の発生率を調査した。同様の調査を計 2 回実施した。

結果

1. 漬け液浸透促進処理の検討

金属製タワシおよび樹脂製ブラシでは擦り傷が見られ、漬物加工後は広い範囲でアントシアニン色素がほとんど残存しなかった。剣山処理では、視認が可能な窪みが形成され、漬物加工後は窪みの周辺が白色になった。もみ殻摩擦処理では、視認できる傷や孔はなく、果皮全体がナス紺色を呈した（第 3-3 表）。すなわち、目に見える傷や孔がなく、アントシアニン色素を保持した水ナス漬けを製造するための処理には、もみ殻摩擦処理が適していた。

2. 電子顕微鏡による果皮表面の観察

もみ殻摩擦処理の作用を確認するため、もみ殻摩擦処理直後の果皮表面の状態を電子顕微鏡で観察し、第 3-4 図に示した。もみ殻の「毛じ」の破片と、それが刺さったことで形成されたと考えられる直径十数 μm の微細な孔が観察された。

3. アルミニウムイオンの浸透量

もみ殻摩擦処理が Al^{3+} の浸透量に及ぼす影響を調査した。対照区の Al^{3+} 浸透量が 0.03 mg/gFW であったのに対し、10 回の摩擦処理によって 0.07 mg/gFW となった。また、摩擦処理を 25 回行った場合は 0.11 mg/gFW と、 Al^{3+} の浸透量が対照区よりも有意に増加した（第 3-5 図）。ただし、10 回の摩擦処理と比較して 25 回では、水ナス漬けの表面色がやや薄く

なった（第 3-6 図）。

4. 効果検証

1 回目の調査では，対照区として供試した 10 個全てで色調不良が発生したが，もみ殻摩擦処理を行った 10 個では全て全面で色調が良好であった。

2 回目の調査では，対照区の 20%で色調不良が見られたのに対し，もみ殻摩擦処理区では，全て全面で色調が良好であった（データ不掲載）。

Table 3-3. Effect of several immersion treatments on the stability of anthocyanins in the peel of Mizu-nasu fruit pickles.

	Scraping tools			Penetrating tool
	Metal scourer	Plastic scourer	Rice hull	Pinholder
Surface injury ^z	+++	+++	-	+
Anthocyanin stability ^y	-	-	+	-

^z The degree of surface injury: severe (+++), moderate (++), slight (+), none (-)

^y The plus (+) or minus (-) symbol shows whether peel anthocyanins are stabilized or not.

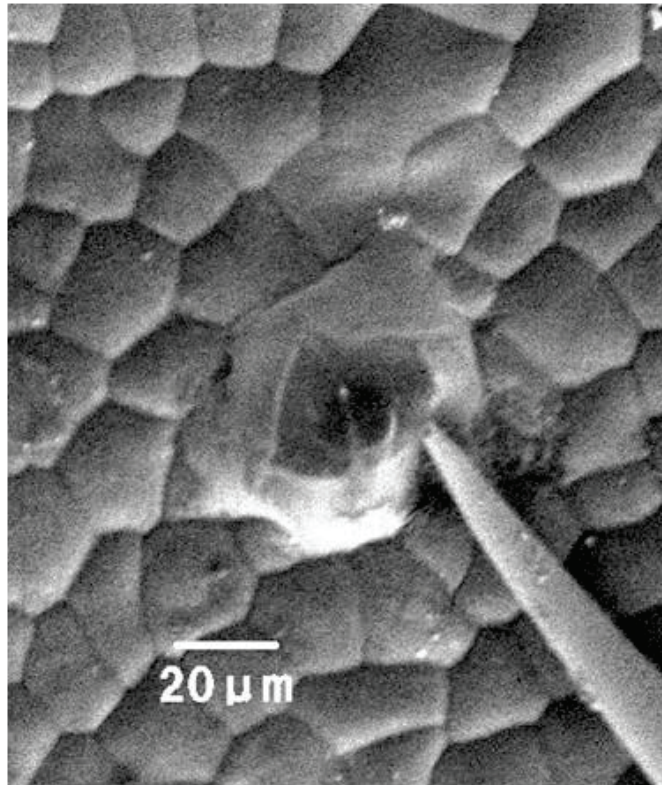


Fig. 3-4. Low-vacuum scanning electron micrograph of the surface of the Mizu-nasu eggplant, immediately after penetration promotion treatment. Broken piece of the rice hull are observed.

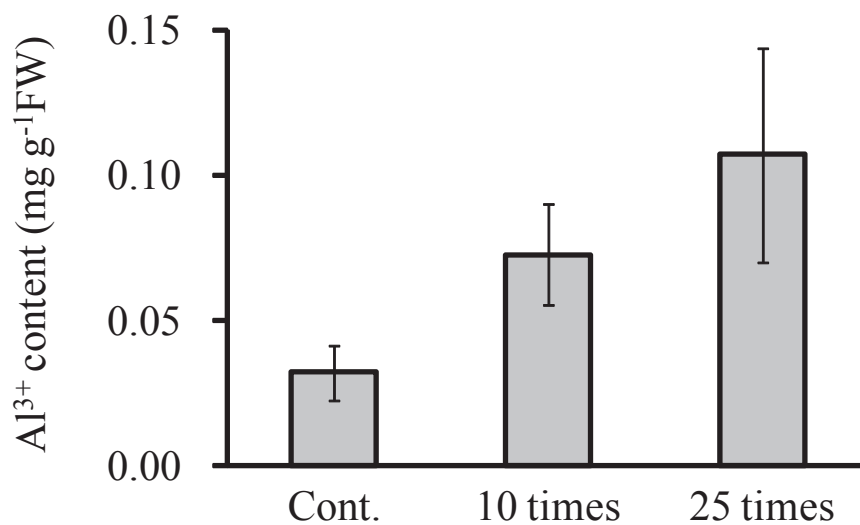


Fig. 3-5. Effect of the times of penetration promotion treatment for the Al³⁺ content of the fruit peel of the pickles of Mizu-nasu fruit.



Fig. 3-6. Effect of reversal number of times on the stability of anthocyanins by rice hull treatment in the peel of Mizu-nasu fruit pickles. Mizu-nasu fruit were put in polyethylene bag contained rice hull and reversed up and down. Left: 10 times, right: 25 times.

考察

しば漬け (Shinagawa ら, 1997) や梅干し (吉田, 2013), キュウリ漬物 (久武・中西, 1973), たくあん (前田ら, 1982) などの漬物では, 鮮やかな色調が求められる。そして, ナス漬物もまた, 果皮のナス紺と果肉の白色のコントラストが魅力の一つである。

ナスの果皮色素であるナスニンは, 有機酸が 1 分子のみ結合しているモノアシル化アントシアニンであることから, 弱酸性で不安定となり退色しやすいことが知られている (寺原, 2015a)。また, ナスの漬物加工においては, ミョウバン由来の Al^{3+} , あるいは硫酸第一鉄由来の鉄イオン (Fe^{2+}) を添加し, ナスニンとこれらのイオンを結合させることでメタロアントシアニンとし (寺原, 2015b), 安定性を向上させる技術が古くから用いられてきた。しかし, 水ナス漬けでは, ナス紺の呈色不足によって部分的に色調不良となる現象が頻発するため, その原因究明が求められている。そのため, 原因を検討するとともに, その改善技術の開発に取り組んだ。

漬物加工前の水ナスは, アントシアニンの一種「ナスニン」を主要色素とする黒紫色であるのに対し, 水ナス漬けはナス紺色を呈する。そして, 他品種のナス漬けと同様にミョウバンを添加して漬物加工した後は, 水ナス漬けは他品種の漬物と比べて非常に淡いナス紺色となる。そのため, 漬物加工におけるアントシアニンの消失原因の可能性として, ナスニンの変性が考えられた。そこで, 漬物加工前後のアントシアニン組成を HPLC で調査した。その結果, 主要ピークは同じ保持時間に検出され, クロマトグラムの形状, すなわちアントシアニン組成も漬物加工前後でほとんど変化がなかった。さらに, 漬物加工前後ともに最大ピークを示した画分の分子量を LC-MS で測定したところ, ナスニンを示す分子量 919.4 に大きなピークが検出された。これらのことから, 加工前の水ナス果皮色の主要アントシアニンがナスニンであること, そして漬物加工後の水ナス漬けにおいても果皮色のアントシアニン組成がほとんど変化しないことが定性的に示された。以上より, 水ナス漬け加工時の色調不良は, 色素の質的変化ではなく, 量的変化に主要な原因があると推察された。

次に, 漬物加工後に部分的な色調不良となる部位の分布を調査した。そ

の結果、該当する部位はほとんどが果頂部側の部位であり、この部位が色調不良となりやすい原因を検討することが重要と思われた。

第3-1表より、原料の同一果実内のアントシアニン含量の分布について、果梗部側で高く、赤道部および果頂部側で低くなっていることが明らかとなった。特に、果頂部側は色調不良が頻発する部位であることから、原料段階においてアントシアニン含量がやや低いことが色調不良の遠因となっている可能性があると考えられた。

漬物加工後におけるアントシアニン含量の分布を調査した結果、果実の果梗部側や赤道部よりも、果頂部側の含量が低くなった。漬物加工前の各部位のアントシアニン含量を基にした漬物加工後のアントシアニン含量の残存率を算出したところ、果梗部側は30%、赤道部は37%、果頂部は30%となった。これらの結果から、果梗部側は原料段階の含量が高いため、赤道部は漬物加工過程における残存率が高いため、漬物加工後の含量がいずれも49.7~50.1 nmol/cm²となるが、果頂部では、原料段階の含量が低い上、漬物加工過程における残存率も低いため、色素が残存しない部分が発生しやすくなっていると考えられた。

さらに、漬物加工後に色調不良となった果実を用い、色調が良好な部位と色調不良の部位に分け、それぞれのAl³⁺の浸透量を測定した。その結果、色調不良で茶色を呈している部位では、良好な部位の35%しか浸透していなかった。先に述べたように、水ナスの漬物加工過程では、色素の残存率が高い赤道部でも37%と、加工によって大きく減少することが明らかになった。さらに、部位によっては色止め効果のあるAl³⁺の浸透量が良好な部位の35%にとどまった部位では、アントシアニンが残存しなくなることはやむを得ないと考えられた。

水ナス漬けの果皮にアントシアニンを残存させるためには、漬物加工時の減少を抑制することが重要と考えられた。そこで、Al³⁺の浸透量を促進する方法を検討した。調理分野では、食材に出汁を速やかに浸透させるために食材に切れ目を入れる、いわゆる隠し包丁という技術がある。しかし、水ナスに包丁を入れると、食感が損なわれるために適していない。そこで、食感に影響せず、かつ、切断面が最終商品でわからないように

するために、微細な孔を形成させる方法を探索した。その結果、稲のもみ殻の側面に大量に伸びている「毛じ」を果皮表面に刺し、抜け落ちさせることで、表面に直径十数 μm の微細な孔が形成されることが明らかになった。そこで、この微細孔が存在することで Al^{3+} の浸透が促進されるか調査したところ、摩擦しない区と比較して、10回の摩擦で Al^{3+} 浸透量が増し、摩擦回数を25回に増やすことで、浸透量が有意に増加した。ただし、10回の時と比較して25回の場合、漬け液へのアントシアニンの流亡が多くなり、肝心の水ナス漬けの表面色がやや薄くなる傾向となった。このことから、適正な処理回数は10回程度と考えられた。

実際の効果検証として、浸透促進処理によって色調不良の発生率が変化するか、2回に亘って調査した。その結果、2回の調査において無処理区での色調不良の発生率が100%、20%と大きく異なったことから、原料のロットによって色調不良の発生リスクが変動することが明らかになった。一方、浸透促進処理を行うことで、色調不良が発生しやすいロットであっても色調不良は発生しなかったことから、本開発技術の有用性が示された。

要約

水ナスを含むナスの漬物加工では、ミョウバンや硫酸第一鉄を色止めのために添加する方法が一般に採用されている。しかし、水ナス漬けの製造業界では同様の方法を実施しているにもかかわらず、しばしばナス紺の呈色不足によって部分的な色調不良となる現象が頻発するため、原因を検討するとともに、その改善技術の開発に取り組んだ。水ナス漬物加工において、ミョウバンを色止めのために添加したとき、果梗部側、赤道部ではアントシアニン含量が高く色調不良がほとんどみられなかったが、果頂部側では、加工後のアントシアニン含量が低くなるため、色調不良が発生しやすかった。色調不良で茶色を呈している部位では、良好な部位の35%しか浸透していなかった。色止め剤の浸透促進のため、漬け込み前の果実表面を稲のもみ殻で摩擦したところ、色止め剤の浸透量が増加し、色調不良の発生を抑制することができた。

総合考察

ナスは、奈良時代にインドから中国を経由して我が国へ伝来し、平安時代には全国へと広まり、約 1200 年以上もの間栽培され続けている。その過程において、栽培される各地の風土に合った系統が選抜されることで各地固有の品種へと分化が進行した結果、様々な果形、果皮色を有する地域在来種が 170 種以上存在することとなった。多様な品種群の中で、大阪府南部の泉州地域に定着した品種が水ナスである。水ナスは、高級漬物「水ナス漬け」の原料として、近年、全国的に認知度が高まってきた。しかし、漬物原料好適品種として食品業界からの評価が高いものの、多彩なナス品種の比較において水ナス果実を対象とした報告（堀江・安藤，2014；曾我ら，2009；西本ら，2006）は数少なく、水ナス果実の特性を明確に論じるには至っていない。

そこで本研究では、加工用原料としての水ナス果実の特性を明らかにするため、数品種のナスを比較対象として形態的、化学成分的、並びに生化学的的特性を調査し、水ナス果実の品質特性および加工利用性の解明に取り組んだ。

水ナス果実は他の品種と比べて、比重が高く、水分が多い傾向にあった。化学成分含量における水ナス果実の特徴は、本研究において供試した紫系 5 品種の中では、果皮中アントシアニン含量で、鳥飼とは有意差が無かったが、他の 3 品種よりも有意に低かった。水ナスは我が国の紫系品種の中ではやや淡色と認識されており、そのことが比較栽培による収穫物を用いた色素含量の比較においても確認された。

今回の研究では、白ナスはポリフェノールも PPO 活性も十分であったため、褐変した。これに対して、水ナス果実では、ポリフェノール含量が少なく、PPO 活性も低く、結果として褐変度が 7 品種の中で最も低かった。貯蔵中の低温障害による内部褐変が起こりにくい事実（阿部ら，1980）に加えて、切断後の褐変が起こりにくいことが本研究により示された。今後は、水ナス果実には褐変や渋みが少ない特性を活かして、漬物以外の用途を開発していくべきである。

地域特産の高級漬物である水ナス漬けの一本漬けでは、外観上は正常であるが、喫食時に切断すると、内部に空洞、いわゆる「す」が入っていることがあり、問題となっていた。そのため、可視・近赤外分光法を用いて吸光度を測定し、その2次微分値を代入することで空洞果か否かを判別する判別関数を作成した。ステップワイズ法により選択した波長は712nmおよび832nmであった。832nmは単相関係数の絶対値が最も高かったため、判別関数の第一波長として選択したと考えられた。実用性を検証するため、同一の方法で栽培管理した試料を対象に判別の正答率を求めた。その結果は92%の正答率となり、可視・近赤外分光法によって正常果と空洞果を判別しうる可能性を見いだすことができた。さらに、正答率が低くなる試料の傾向を検討した。実際の空洞果が対象の時には76~100%の正答率であり、50%の確率で無作為に判別する場合に対して有意に正しく判別していることが分かった。一方で、実際の正常果が対象の時には50%の確率で無作為に判別する場合と有意差がなかった。今後の課題として、実際の正常果の特徴をスペクトルから抽出し、補正する方策が必要と考えられた。

ナスの果皮色素であるナスニンは、有機酸が1分子のみ結合しているモノアシル化アントシアニンであることから、弱酸性で不安定となり退色しやすいことが知られている（寺原，2015a）。また、ナスの漬物加工においては、ミョウバン由来の Al^{3+} 、あるいは硫酸第一鉄由来の Fe^{2+} を添加し、ナスニンとこれらのイオンを結合させることでメタロアントシアニンとし（寺原，2015b）、安定性を向上させる技術が古くから用いられてきた。しかし、水ナス漬けでは、ナス紺の呈色不足によって部分的に色調不良となる現象が頻発するため、原因を検討するとともに、その改善技術の開発に取り組んだ。漬物加工後に色調不良となった果実を用い、色調が良好な部位と色調不良の部位に分け、それぞれの Al^{3+} の浸透量を測定した。その結果、色調不良で茶色を呈している部位では、良好な部位の35%しか浸透していなかった。そこで、 Al^{3+} の浸透量を促進するため、微細な孔を形成させる方法を探索した。その結果、稲のもみ殻の側面に大量に伸びている「毛じ」を果皮表面に刺し、抜け落ちさせることで、表面に直径十数 μm の微細な孔が形成されることが明らかになった。この微細孔が存在することで

Al^{3+} の浸透が促進されるか調査したところ、摩擦しない区と比較して、摩擦処理によって Al^{3+} 浸透量が増加した。実際の効果検証として、浸透促進処理によって色調不良の発生率が変化するか、2回に亘って調査した。その結果、2回の調査において無処理区での色調不良の発生率が100%、20%と大きく異なったことから、原料のロットによって色調不良の発生リスクが変動することが明らかになった。一方、浸透促進処理を行うことで、色調不良が発生しやすいロットであっても色調不良は発生しなかったことから、本開発技術の有用性が示された。

以上のことから、水ナス漬けは、喫食時に切断面が褐変しにくい特性を生かしていることが明らかになった。また、一本漬けでしばしば問題となる内部空洞や色調不良の発生を低減させるための開発技術によって、地域特産品である水ナス漬けの品質安定化に貢献することができる。

摘要

ナスは、我が国で古くから栽培されてきた野菜であり、全国各地の気候や風土に合った系統が選抜され、各地固有の在来品種となっていた。その結果、現在では、様々な果形、果皮色、物性や成分における特性を有する在来品種が存在している。大阪府の在来品種である水ナスは、果皮が柔らかく、果肉が多汁質で、高級漬物の原料として重宝されている。しかしながら、品質特性を体系的に調べた報告はなく、利用性を高めるため、品質特性、特に加工利用性について調査した。

1. 品種比較に基づいた水ナス果実の品質特性評価

水ナスの品質特性を明らかにするため、形や外観、成分が異なる数品種（鳥飼、筑陽、くろわし、千両2号、万寿満、白ナス）とともに、比重、水分含量、成分含量を調査した。水ナス果実は他の6品種と比べて、比重が有意に高かった。水ナスは水分含量が高い傾向にあり、特に白ナスおよび万寿満に対しては有意差が認められた。紫系5品種の中では、果皮中アントシアニン含量で、鳥飼とは有意差が無かったが、他の3品種よりも有意に低かった。ポリフェノール酸化酵素(PP0)活性は、白ナスが最も高く、水ナスが最も低かった。白ナスはポリフェノール含量およびPP0活性がともに高かったために褐変が発生した。これらの結果より、水ナスが、カット野菜や漬物等の非加熱加工に適していると考えられた。

2. 漬物用原料としての非破壊選別技術の開発

水ナス果実には観察では認識できない程度の内部空洞が生じる場合があり、問題となっている。そこで、空洞果か否かを非破壊で判別するため、X線透過法および可視・近赤外分光法の有用性を検討した。その結果、X線透過法はこの判別に適していないことが分かった。一方、可視・近赤外分光法による測定データを判別関数 $Z = -1067 \times D2(712 \text{ nm}) - 72900 \times D2(832 \text{ nm}) - 3.793$ に代入することで、水ナスを切断せずに果実内部の空洞の有無を推測することが可能となった。

3. 水ナス漬けの高品質安定生産技術の開発

水ナス漬物加工において、ミョウバンを色止めのために添加したとき、果

梗部側,赤道部ではアントシアニン含量が高く色調不良がほとんどみられなかったが,果頂部側では,加工後のアントシアニン含量が低くなるため,色調不良が発生しやすかった.色調不良で茶色を呈している部位では,良好な部位の35%しか Al^{3+} が浸透していなかった.色止め剤の浸透促進のため,漬け込み前の果実表面を稲のもみ殻で摩擦したところ,色止め剤の浸透量が増加し,色調不良の発生を抑制することができた.

以上のことから,水ナス漬けは,喫食時に切断面が褐変しにくい特性を生かしていることが明らかになった.また,一本漬けでしばしば問題となる内部空洞や色調不良の発生を低減させるための開発技術によって,地域特産品である水ナス漬けの品質安定化に貢献することができる.

引用文献

- 阿部一博・岩田 隆・緒方邦安. 1974. ナス果実の低温障害に関する研究（第1報）障害の一般的様相とピッチングの顕微鏡観察. 園学雑. 42:402-407.
- 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安. 1976. ナス果実の低温障害に関する研究（第2報）低温障害発生に対する熟度ならびに収穫時季の影響. 園学雑. 45:307-312.
- 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安. 1980. ナス果実の低温障害に関する研究（第6報）品種間におけるナス果実の貯蔵性とフェノール含量の関係について. 園学雑. 49:269-276.
- 阿部一博. 1992. 野菜の貯蔵性に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. 日本食品保蔵科学会誌. 18:180-185.
- 阿部一博・棚瀬匡彰・茶珍和雄. 1998. バナナ果実の切断による生理・化学的变化に関する研究（第1報）グリーンチップバナナ果実から調製した切片の生理と品質劣化に対する形状の影響. 園学雑. 67:123-129.
- Azuma, K., K. Ippoushi, H. Ito, H. Higashio and J. Terao. 1999. Evaluation of antioxidative activity of vegetable extracts in linoleic acid emulsion and phospholipid bilayers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79:2010-2016.
- Barbagallo, R. N., M. Chisari and G. Caputa. 2012. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. *Postharvest Biology and Technology*. 73:107-114.
- Bradford, M. M.. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem*. 72:248-254.
- 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構. 2006. ナス, 茄子, 茄. p.1123. 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構編著. 最新農業技術事典. 農山漁村文化協会. 東京.

- FAO-FAOSTAT. 2013. http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity
- 藤枝洋二. 2002. カット野菜製造の実態. p.24-30. 長谷川美典編. カット野菜実務ハンドブック. サイエンスフォーラム. 千葉.
- 藤井正司. 2003. X線の利用. p.66. 食品の非破壊計測ハンドブック. サイエンスフォーラム. 千葉.
- 後藤公美・西本登志・矢奥泰章・米田祥二. 2007. ナス果実の組織構造の品種・系統間差. 園学研 6 別 1:400.
- 林 一也. 2015. ナス漬け. アントシアニンと加工・貯蔵. p.113-114. アントシアニンと食品. 建帛社. 東京.
- 東尾久雄. 2000. 野菜類の品質・機能性概要と地域特性. p.35-38. 津志田藤二郎編. 地域農産物の品質・機能性成分総覧. サイエンスフォーラム. 千葉.
- 久武陸夫・中西正昭. 1973. 貯蔵中の漬物きゅうりのクロロフィルおよび品質変化について. 日食工誌. 20:429-431.
- 堀江秀樹・安藤 聡. 2014. 調理を考慮したナスの品種特性評価. 野菜茶業研究所研究報告. 13:9-18.
- 飯田佳代. 2000. ナスの一般成分と機能性. p.100-102. 津志田藤二郎編. 地域農産物の品質・機能性成分総覧. サイエンスフォーラム. 千葉.
- ISO14502-1. 2015. Determination of substances characteristic of green and black tea - Part 1: content of total polyphenols in tea - Colorimetric method using Folin Ciocalteu reagent.
- 磯部武志. 2008. 水ナスの加温栽培による収穫の早期化. 農及園. 83:564-568.
- Ito, H., and S. Morimoto. 2014. Non-destructive detection of browning of the inner scales of onions using near-infrared spectroscopy. Bulletin of the National Institute of Vegetable and Tea Science. 13:49-53.
- 岩元睦夫・早川 昭・河野澄夫・木村 進. 1979. 色むらのあるトマト表皮色の色彩判定について. 日食工誌. 26:156-161.
- 岩元睦夫・河野澄夫・魚住 純. 1994. 打音による方法. p.35-36. 近赤外

- 分光法入門. 幸書房. 東京.
- 河野澄夫. 1990. 農産物の非破壊検査法および計測機器[1]. p.131-136. 農業及園. 65:131-136.
- Kawano, S., H. Watanabe and M. Iwamoto. 1992. Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61:445-451.
- Kawano, S., T. Fujiwara and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62:465-470.
- 橘田浩二・入江正和・中村 隆・因野要一・西岡輝美・辻 博美. 2003. 非破壊迅速法による水ナス果皮中ナスニンの定量. 食科工. 50:261-265.
- 橘田浩二・中村 隆・森田尚文・今堀義洋・鈴木敏征・池田秀男. 2005. ‘水ナス’果実の抗酸化活性並びに外傷によるその活性の増大. 園学研. 4:229-232.
- 小宮山誠一・相馬ちひろ・鳥越昌隆・五十嵐正和. 2010. 可視・近赤外分光法によるダイコンバーティシウム黒点病症状の非破壊計測. 園学研. 9:229-233.
- 黒澤祝子. 1990. 加熱調理したナスの甘味および渋味について. 同志社家政. 23:76-80.
- 前田安彦・小沢好夫・宇田 靖. 1982. 新鮮ダイコン中の黄変前駆物質及び黄変に影響する因子. 日食工誌. 29:522-528.
- 松岡孝尚・宮内樹代史・孫 徳明. 1995. 農産物の品質判定に関する基礎的研究—分光反射特性によるナス光沢の定量化—. 農業機械. 57:33-40.
- Mishra, B. B., S. Gautam and A. Sharma. 2012. Browning of fresh-cut eggplant: Impact of cutting and storage. Postharvest Biology and Technology. 67:44-51.
- 宮尾茂雄. 2000. 色止め. 色沢の改善. P.86-88. 漬物入門. 日本食糧新聞社. 東京.
- Moran, R.. 1982. Formula for determination of chlorophyllous pigments

- extracted with N,N-dimethylformamide. *Plant Physiol.* 69:1376-1381.
- 森 雅央. 1982. なす (茄子). p.374. 新編日本食品事典. 医歯薬出版. 東京.
- 森下正博. 1997. 水なすの品種特性と優良系統の選定. 平成8年度大阪“食とみどり”の新技术. 19-20.
- 森下正博. 1999. ‘水茄子’の果実特性と来歴. 大阪農技セ研報. 35:34-39.
- 室園正敏. 1981. 基礎編. p.225. 農業技術体系「野菜編5ナス」. 農山漁村文化協会. 東京.
- 内藤重之. 2002. 地域特産野菜「水ナス」の需給構造と産地の課題. 大阪農技セ研報. 38:1-7.
- 内藤重之. 2004. なにわの伝統野菜「水なす」はこうして全国展開を成し遂げた!. p.26-37. 高橋信正・奥村英一編. おもしろいで! 関西農業その源泉を探る昭和堂. 京都.
- 中林敏郎. 1995. ポリフェノール成分の酵素的変色とその防止. P.71-88. 木村進・中林敏郎・加藤博通編著. 食品の変色の化学. 光琳. 東京.
- 中村祐貴・柴尾 学・田中 寛・矢野栄二. 2014. 青色LEDと青色粘着板を組み合わせたLED反射型トラップによるミナミキイロアザミウマの誘引時間帯. 応動昆. 58:313-318.
- 奈良国立文化財研究所. 1992. (三) 釈文. 長屋王家木簡三. 平城宮発掘調査出土木簡概報(二十五). p.4-24.
- 根来 実・柴尾 学. 1996. ナスにおけるミカンキイロアザミウマの被害と薬剤防除効果. 関西病虫研報. 38:35-36.
- 西本登志・前川寛之・米田祥二・矢奥泰章・黒住 徹・吉田裕一. 2016. ナス果実の調理前後の物性の品種・系統間差. 園学研. 15:81-86.
- Noda, Y., T. Kaneyuki, K. Igarashi, A. Mori and L. Packer. 1998. Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant. *Research Communications in Molecular Pathology and Pharmacology.* 102:175-187.
- 農林水産省. 2005. 総合的病害虫・雑草管理(IPM)実践指針. <http://www.maff.>

- go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_ipm/pdf/byougai_tyu.pdf
- 農林水産省. 2015. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_yasai/index.html#c
- 農林水産省. 2016. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001164543>
- Odake, S., C. Otaguro and K. Kaneko. 1995. Scanning electron microscopic observation of fresh and salted ume fruit -Image comparison between conventional SEM and low-vacuum SEM and calcium distribution measured with an energy dispersive spectrometer-. J. Home Econ. Jpn. 46:1141-1150.
- 岡田清嗣・岡久美子. 2014. UV-B 照射によるナス科作物の病害防除. 植物防疫. 68:58.
- Roberto, L. S., F. Marta, F. Gianluca, D' A. Antonietta, L. R. Giuseppe, C. Pellegrino and M. Giuseppe. 2016. Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.) . Food Chemistry. 194:835-842.
- 斎藤 隆. 1989. ナス=植物としての特性 I 原産と来歴. p.3-22. 農山漁村文化協会編. 野菜園芸大百科 5. 農山漁村文化協会. 東京.
- 斎藤 隆. 1992. IV形態. p.65-97. 斎藤 隆・大川 清・白石眞一・茶珍和雄著. 園芸学概論. 文永堂出版. 東京.
- 柴尾 学・森田茂樹. 2010. スワルスキーカブリダニを利用した促成および半促成栽培ナスの害虫防除. 植物防疫. 64:459-462.
- Shinagawa, H., R. Nishiyama, K. Kurimoto, K. Hayashi, A. Suzuki, A. Tsukui and M. Kozaki. 1997. Change in anthocyanin pigments during the maturation of "Shibazuke" Japanese pickles. J. Home Econ. Jpn. 48:1071-1076
- Shinohara, K., S. Kuroki, M. Miwa, K. Zwe-Ling and H. Hosoda. 1988. Antimutagenicity of dialyzates of Vegetable and Fruits. Agric. Biol. Chem. 52:1369-1375.

- 宋戸良洋・張 小路・熊倉裕史. 1995. ナスの接ぎ木における台木の品種、葉および台木の性状が穂木の生育に及ぼす影響. 園学雑. 64:581-588.
- 曾我綾香・吉田 誠・小清水正美・北浦健生・北 宜裕. 2009. ナス新品種‘サラダ紫’の果実品質特性. 神奈川農技セ研報. 151:9-15.
- 総務省. 2012. 夏野菜への支出一家計調査（二人以上の世帯）結果より一. 家計調査通信 460号. http://www.stat.go.jp/data/kakei/tsushin/pdf/24_6.pdf
- 鈴木敏征. 2002. 異なる施肥条件で栽培された水ナスの系統間差. 大阪農技セ研報. 38:35-37.
- 鈴木敏征・辻 博美・森川信也・吉田建実. 2004. 台木品種の違いが水ナス果実の果皮および果肉の硬さに及ぼす影響. 園学研. 3:179-182.
- 鈴木敏征・辻 博美・森川信也. 2005. ‘水ナス’の加温栽培における最低気温が収量および果実品質に及ぼす影響. 園学研. 4:303-306.
- 高橋 治. 1989. ナスIV品種利用と作型. p.145-148. 農山漁村文化協会編. 野菜園芸大百科 5. 農山漁村文化協会. 東京.
- 寺原典彦. 2015a. アントシアニンがわかる化学. p.15-32. 津久井重紀夫・寺原典彦編著. アントシアニンと食品-アントシアニン含有食品の加工利用特性と機能性-. 建帛社. 東京.
- 寺原典彦. 2015b. 中性溶液中のアントシアニン. p.46-54. 津久井重紀夫・寺原典彦編著. アントシアニンと食品-アントシアニン含有食品の加工利用特性と機能性-. 建帛社. 東京.
- 堤 忠一. 1996. 水分. 一般成分および関連成分. p.5-29. 日本食品科学工学会新・食品分析法編集委員会編. 新・食品分析法. 光琳. 東京.
- 渡部敏裕・水野直治・但野利良. 1997. 高濃度の鉄および銅含有試料における8-キノリノールを用いた微量アルミニウムの定量法の改良. 土肥誌. 68:441-443.
- 山田貴義. 2002. 水ナス. 大阪府. p.204-205. タキイ種苗編. 都道府県別地方野菜大全. 農山漁村文化協会. 東京.
- 矢野和孝・川田洋一. 2003. ストロビルリン系薬剤耐性ナスすすかび病の発生. 日植病報. 69:220-223.

吉田 誠. 2013. ウメ加工品の加工方法と品質. 日本海水学会誌. 67:196-201.

Summary

Eggplant is traditionally cultivated in Japan through the selection of cultivars suited to the climate and soil conditions of each region, resulting in locality-specific adapted cultivars. At present, there are several domestic cultivars with varying fruit shape, skin color, properties, and components. The Mizu-nasu eggplant, a native cultivar in Osaka Prefecture, is mainly valued for pickling due to its soft skin and juicy flesh; however, there have been no systematic reports on its quality characteristics. The present study investigated characteristics of eggplant quality, particularly regarding its usefulness as a processed food.

1. Evaluation of the quality of eggplant fruit based on a varietal comparison

To clarify the quality characteristics of the Mizu-nasu eggplant, relative weight, water content, and the amounts of component contents were examined comparing with 6 other eggplant cultivars of differing shapes, appearances, and components (namely, Torikai, Chikuyo, Kurowashi, Senryo-2, Masumi, and Shiro-natsu). Results showed that the relative weight of Mizu-nasu was significantly higher than the other 6 cultivars. Mizu-nasu tended to have high water content, which was significantly higher than Masumi and Shiro-nasu. Among 5 cultivars with purple color fruits, anthocyanin content in the skin of Mizu-nasu was similar to that of Torikai, but was significantly less than the other 3 cultivars (Chikuyo, Kurowashi, and Senryo-2). Polyphenol oxidase (PPO) activity was the highest in Shiro-nasu and the lowest in Mizu-nasu. In fact, browning of the flesh occurred in Shiro-nasu, due to its high polyphenol contents and high PPO activity. These results suggest that Mizu-nasu is suitable for use as a non-heated processed food, such as a raw cut vegetable or salted pickles.

2. Development of material selection techniques for salted pickles

Minute pithiness sometimes occurs in the flesh of Mizu-nasu, which has been an issue. To differentiate eggplants for the presence of pithiness without cutting the fruits, usefulness of X-ray transmission imaging and visible/near-infrared ray spectroscopy was investigated. The results showed that X-ray transmission imaging was not appropriate for detection of pithiness. Whereas, with the data measured by visible/near-infrared spectroscopy, estimation of the presence of pithiness in the eggplant flesh was possible without cutting or damaging the fruits, by applying the following discriminant function: $Z = -1067 \times D2(712 \text{ nm}) - 72900 \times D2(832 \text{ nm}) - 3.793$, where Z is a discrimination score, and D2 is a second derivative value at 832 nm.

3. Development of stable production techniques for high quality Mizu-nasu salted pickles

In pickling processing of Mizu-nasu, when alum was added to prevent color decay, color defect was scarcely seen in the peduncle portion and equatorial portion. However, at the fruit apex portion, color defect tended to occur because of low contents of anthocyanin after processing. Infiltrated amount of the color-fixing agent into the fruit apex was only 35% that in other portions of the fruit. To improve permeability of the color-fixing agent, the surfaces of the eggplants were rubbed using rice hulls before pickling, which increased penetration of the color-fixing agent through the fruit skin and suppressed the occurrence of color decay.

From these findings, salted pickles of Mizu-nasu is considered to have features of attractive appearance and juicy fruit with less browning of the cut surface, which makes it tasty appearance. Also, techniques to reduce the

number of pithing in eggplants' flesh and color decay, especially for a whole eggplant pickle, are considered important to provide stable quality of salted pickles of Mizu-nasu, a special domestic product of Osaka district.

謝辞

本研究の実施にあたり、島根大学生物資源科学部教授板村裕之博士には懇切なご指導、有益なご教授を賜り、深甚な感謝の意を申し上げます。山口大学名誉教授山内直樹博士には有益なご指導を賜り、厚くお礼申し上げます。本論文を取り纏めるにあたり、島根大学生物資源科学部准教授中務明博士、山口大学大学院創成科学研究科教授執行正義博士には効果的なご指導を賜り、厚くお礼申し上げます。本研究を遂行するにあたり、鹿児島大学農学部教授橋本文雄博士にはナスニンを供与していただき、お礼申し上げます。また、本研究の遂行にあたり、温かくご支援くださった、地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所内山哲也理事長、高浦裕司部長にお礼申し上げます。本論文の試験設計にあたり、谷本グループリーダーおよび中村元グループリーダーには終始ご指導賜り、お礼申し上げます。食品技術グループの皆様には、実験実施にあたってご支援いただきました。元食品技術グループの松原弘典氏や農業大学校専攻学生、防除グループ、園芸グループの皆様には、本研究にとって重要な栽培管理を担い、試料を提供していただきました。経営企画室岡田副室長には電子顕微鏡の操作をご指導いただき、研究支援室細見副室長、自然環境グループ幸田研究員には、効果的な統計処理をご指導いただきました。皆様に心よりお礼申し上げます。

公表論文

1. KITSUDA Koji, MATSUSHIMA Sayuri, SHIMOKAWA Akihiro, SHIGYO Masayoshi, ITAMURA Hiroyuki, YAMAUCHI Naoki. Characteristics of Quality and Processing of Mizu-nasu (*Solanum melongena* L.) Eggplant Fruit Based on a Varietal Comparison.

日本食品保蔵科学会誌 第43巻1号

(第1章)

2. 橘田浩二・谷本秀夫・執行正義・山内直樹・板村裕之・可視・近赤外分光法による水ナス果実の空洞果判別技術

日本食品保蔵科学会誌 第43巻2号

(第2章)