



「なにわの伝統野菜」田辺大根の根部の調理特性および糖含量特性，官能特性の解析

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-03-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山下, 絵美 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00017271

大阪府立大学大学院

総合リハビリテーション学研究科

博士論文

「なにわの伝統野菜」田辺大根の根部の調理特性

および糖含量特性，官能特性の解析

Analysis of cooking characteristics, sugar content characteristics, and sensory characteristics of the root of “Traditional vegetables of Naniwa” Tanabe (*Raphanus sativus* L. cv. Tanabe)

2021年3月

山下絵美

目次

要約	1
緒言	2
第1章 田辺大根の根部の物性および糖含量特性	9
I. 序論	
II. 研究方法	
III. 結果および考察	
IV. 小括	
第2章 田辺大根の根部の力学特性および咀嚼・嚥下特性解析	28
I. 序論	
II. 研究方法	
III. 結果	
IV. 考察	
V. 小括	
結論	45
文献	47
謝辞	53

要 約

本研究では、「なにわの伝統野菜」として認証されている全 18 品目のうち、田辺大根を被験食品に選定し、その科学的特性（力学特性、咀嚼・嚥下特性、糖含量分析、官能特性）を明らかにすることを目的として、最終的に田辺大根の市場価値や栄養学的優位性を高めることを目指す。

第 1 章では、栽培条件を揃えたうえで田辺大根（品種名‘田辺’）および大根（品種名‘耐病総太り’）の根部の糖含量や煮大根としての調理特性の解明を試みた。その結果、田辺大根は、大根に比べて食感が硬く、煮崩れしにくいという調理特性を持つことを示したほか、外観、乾物率、糖組成においても、大根とは異なる特徴を有することが明らかとなった。

第 2 章では、田辺大根および大根を試料として 3 種類の調理法を行ったうえで、破断試験、表面筋電図測定および官能評価を行い、その力学特性および咀嚼・嚥下特性の解明を試みた。その結果、生の田辺大根は辛味の強さと食感の良さが特徴的な大根であることが示唆された。

Key words: traditional vegetables; physical properties; electromyography; sugar content; sensory evaluation

緒 言

I. 研究の学術的背景

近年、消費者の本物志向や地域活性化の機運が高まり、気候風土や食文化と深い関わりを持つ地域特産野菜、すなわち伝統野菜が見直されている。その証左に、全国各地で伝統野菜認証制度を発足する流れとなっている (Fig. 1) ¹。

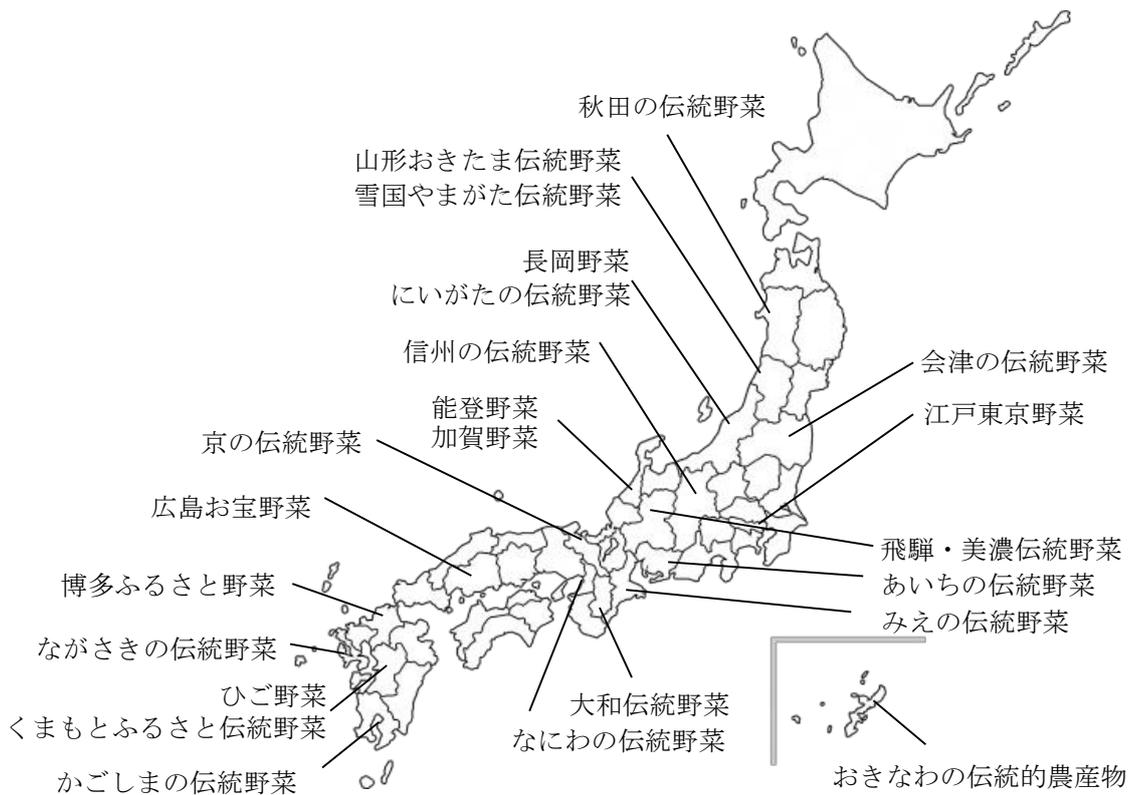


Fig. 1 全国の伝統野菜の例

出典：香坂玲 (2015) 『伝統野菜の今』, p.59

平成 17 年 7 月に施行された「食育基本法」に基づき、平成 28 年度より「第 3 次食育推進基本計画」が農林水産省によって推進されている ²。「食育推進基本計画」(平成 18 年度～22 年度)、「第 2 次食育推進基本計画」(平成 23 年度～27 年度)、「第 3 次食育推進基本計画」(平成 28 年度～令和 2 年度)と、わが国は継続して食育に取り組んでいるが、「第 3 次食育推進基本計画」において、初めて

「伝統野菜」という語が登場した。「食文化の継承のための活動への支援等」で取り組むべき施策の一つとして、郷土料理や伝統野菜をはじめとする伝統食材等の魅力の再発見や日本型食生活の実践を促すため、地域における地方公共団体、農林漁業者、食品関連事業者等が連携した食育活動を推進することを掲げている。つまり、わが国の食育において、伝統野菜は食文化の継承の観点から、魅力を再発見すべき食材の一つとして位置づけられていることが明らかである。

全国に先駆けてブランド戦略を展開した「京野菜」は、平成元年からその取り組みを開始し、消費宣伝活動および生産流通を強化してきた³。昭和 62 年にシェフ、農家、研究者、政府関係者が協力して「京の伝統野菜」を定義づけして整理し、37 品目の野菜を指定した⁴。その結果、全国に先駆けて高い知名度を得るとともにブランド化に成功している³。

一方、大阪府では、(1) 概ね 100 年前から大阪府内で栽培されてきた野菜、(2) 苗、種子等の来歴が明らかで、大阪独自の品目、品種であり、栽培に供する苗、種子等の確保が可能な野菜、(3) 府内で生産されている野菜、という 3 項目の認証基準を満たした大阪府特産野菜を「なにわの伝統野菜」と認証する制度を平成 17 年 10 月から開始し、その発掘と復活に取り組んできた⁵。認証制度発足当初は 15 品目だったが、平成 19 年に守口大根^{もりぐちだいこん}、平成 20 年に碓井豌豆^{うすいえんどう}、平成 28 年に難波葱^{なんばねぎ}が追加認証され、現在 18 品目が認証されている (Fig. 2)。原産地、現在の主産地、農産物直売所購入の可否、収穫時期、栽培面積および大阪府内の研究機関が公表した研究論文を Table 1 に示す^{5,6}。認証制度開始以来、河南町をはじめとした原産地以外の市町村においても栽培が行われており、その栽培面積は増加している。

内藤ら (2007)²⁰によると、「大阪市およびその周辺地域における都市化の進展や F₁ 品種への転換により、商品生産が激減し、一般市場から姿を消していたが、1992 年に開催された『好きやねんなにわの野菜シンポジウム』(大阪府農林水産部主催)を契機として伝統野菜復活の気運が高まった」という。また、内藤

らは毛馬胡瓜，田辺大根，天王寺蕪，勝間南瓜の4品目を中心に実施したヒアリング調査（平成15年12月～平成18年8月）を行った結果から、『なにわの伝統野菜』の復活と普及の取り組みは，地域づくりや食農教育，農業や食品産業の振興に寄与しているが，産業振興，とりわけブランド化の取り組みについてはいまだ緒に就いたばかりである。」と指摘している²⁰。



Fig. 2 「なにわの伝統野菜」18品目

出典：大阪府環境農林水産部農政室⁵

Table 1 18 品目の原産地，現在の主産地，収穫時期，栽培面積，研究論文

品目	原産地 ⁵	現在の主産地 ⁶	農産物直売所購入の可否 ⁵	収穫時期 ⁵	栽培面積 (a) ⁵		研究論文
					平成17年10月	令和2年3月	
けまきゅうり 毛馬胡瓜	大阪市	大阪市，河南町，和泉市	○	7月	47	61.6	7-13
たまつくりくろもんしろり 玉造黒門越瓜	大阪市	大阪市，河南町，和泉市，貝塚市	○	6～8月	6	36.85	13
こつまなんきん 勝間南瓜	大阪市	大阪市，河南町	○	7～8月	78	69.1	13
きんときにんじん 金時人参	大阪市	大阪市，河南町	○	12～2月	1.5	32.6	—
大阪しろな	大阪市	大阪市，堺市，和泉市	○	周年	—	38.46	14, 15
てんのうじかぶら 天王寺蕪	大阪市	大阪市，河南町，和泉市	○	11～1月	108	142.7	13, 16
たなべだいこん 田辺大根	大阪市	大阪市，河南町	○	11～1月	114	214.4	13, 17
めじそ 芽紫蘇	大阪市	大阪市	—	周年	—	0	—
はっとりしろり 服部越瓜	高槻市	高槻市	—	7～8月	—	60	—
とりかいなす 鳥飼茄子	摂津市	摂津市，河南町	○	7～9月	—	34.5	—
みしまうど 三島独活	茨木市	茨木市	—	2～3月	—	20	—
すいたくわい 吹田慈姑	吹田市	吹田市	—	12月	—	8.5	18
せんしゅうたまねぎ 泉州黄玉葱	岸和田市，貝塚市，泉佐野市，泉南市，田尻町	岸和田市，貝塚市，泉佐野市，泉南市，田尻町	○	4～5月	—	20.5	19
たかやまな 高山真菜	豊能町	豊能町	—	12～3月	—	55.03	—
たかやまごぼう 高山牛蒡	豊能町	豊能町	—	12月	—	0	—
もりぐちだいこん 守口大根	大阪市，守口市	守口市	—	12月	—	0.5	—
うすいえんどう 碓井豌豆	羽曳野市	羽曳野市，河南町	○	4～5月	—	113.92	—
なんぼねぎ 難波葱	大阪市	大阪市	○	12～2月	—	187	—

出典：大阪府環境農林水産部農政室⁵，大阪府環境農林水産部流通対策室⁶

大阪府は、「食育推進基本計画」に基づいて作成した「大阪府食育推進計画」（平成19年度～23年度）において、「なにわの伝統野菜」の生産振興と消費拡大を明記しており²¹，「第2次大阪府食育推進計画」（平成24年度～29年度）²² および「第3次大阪府食育推進計画」（平成30年度～令和5年度）²³ においてもその方針は引き継がれている。なお，「第2次大阪府食育推進計画」で学校給

食における地場産物の活用事例として、河南町における町内産の「なにわの伝統野菜」を用いた食育風景が紹介されている。

このような普及推進の取り組みにも関わらず、「なにわの伝統野菜」は、ブランドが確立した「京野菜」に比べて府外在住者に対する知名度が低い^{24,25}。なお、「なにわの伝統野菜」を含めた大阪産野菜を全国ブランド化する戦略を検討した報告もあるが²⁶、現在のブランド力および大阪府民の認知度に関する報告は皆無である。

一方で、近年行われつつある「なにわの伝統野菜」に関する研究は、栽培技術、成分分析が中心となっている⁷⁻¹⁹。とりわけ、調理後の評価に関しては、毛馬胡瓜の糠漬け特性⁸や、田辺大根のたくあん漬け特性¹⁷に関する報告にとどまっている。そこで、CiNii (NII 学術情報ナビゲータ) を用いて他県の伝統野菜の栄養学的な研究動向を調査した。「なにわの伝統野菜」と同様に成分分析が中心となっている²⁷⁻³⁴が、調理科学分野においては、神田ら³⁵が田屋ナス (山口県伝統野菜)、成田³⁶が越津ねぎ (愛知伝統野菜) の嗜好特性を報告している。

II. 田辺大根

本研究では、「なにわの伝統野菜」として認証されている全 18 品目のうち、最も栽培面積が大きく (Table 1)、学校給食や一般家庭で用いられる可能性が高い田辺大根を被験食品に選定した。

田辺大根は平成 17 (2005) 年に「なにわの伝統野菜」に認証された品目の一つであり、大阪市東住吉区の田辺地区の特産であった白首大根である。天保 7 (1836) 年の『名物名産略記』に記載があり、白あがり京大根とねぎみ大根との交雑後代が当地区に土着したのではないかとされている³⁷。この品種は、一般に流通している大根と比べると先細りではなく短筒型であることが特徴である (Fig. 2)。

大正 11 (1922) 年の『東成郡誌』や大正 13 (1924) 年の『田辺町誌』に、当

時田辺大根の名は有名で約 45 ha の栽培があったとされている³⁷。昭和初期には 30 ha 以上が大阪市の南部一帯で栽培されていたが、昭和 25 (1950) 年に発生したウイルス病のために生産が減少し、一部の農家で細々と栽培が続けられているに過ぎない状況となった³⁷。

大阪府立環境農林水産総合研究所の前身である大阪府立食とみどりの総合技術センターが昭和 59 (1984) 年に大阪市住吉区の農家から種子を入手して以来、その普及に努めてきた²⁰。近年、原産地である大阪市以外に河南町等で生産され、市場や農産物直売所等で販売されている⁵。また、田辺地区の小学校では食育の一環で田辺大根の栽培活動を行っており²⁰、田辺大根ゆかりの地とされる大阪市東住吉区の法楽寺では、無病息災を願う師走の恒例行事「^{しま}終い不動」(毎年 12 月 28 日) で田辺大根の煮物を参拝者に振る舞っている (Fig. 3)。



Fig. 3 田辺大根と法楽寺

A:真言宗泉涌寺派大本山 法楽寺, B:歳末恒例の「^{しま}終い不動」で住民らに振る舞われる田辺大根と近江の赤こんにゃくの紅白一對の「^{だいご}大根炊き」, C:法楽寺横門近くに建立された「^{たなべ}田邊大根ゆかりの地」の石碑

III. 本研究の目的

大阪府および大阪府立環境農林水産総合研究所の継続的な取り組みによって復活を遂げた田辺大根は、地産地消や食文化の継承の観点からも重要な品目となっているものの、品質面における研究は栄養成分分析¹³ やたくあん漬けの特性¹⁷ に限られている。また、伝統的な調理法としては、漬物以外に煮物も一般的であるが、田辺大根に関して煮大根としての調理特性を調査した事例はない。

第1章では、栽培条件を揃えたうえで田辺大根（品種名‘田辺’）および大根（品種名‘耐病総太り’）の根部の糖含量および煮大根としての調理特性の解明を試みた。

第2章では、田辺大根および大根を試料として3種類の調理法を行ったうえで、破断試験、表面筋電図測定および官能評価を行い、その力学特性および咀嚼・嚥下特性の解明を試みた。

これらの結果から、田辺大根の有する科学的特性を総合的に検討して、田辺大根の市場価値や栄養学的優位性を高めることを目的とする。

第1章 田辺大根の根部の物性および糖含量特性

I. 序論

田辺大根の栄養成分調査は、油谷ら（2016）¹³が実施した食品成分表に準じた栄養成分分析の報告にとどまる。また、田辺大根の根部の育種的な特性および糖含量の特性に関する報告は皆無である。

第1章では、F₁品種の大根（品種名‘耐病総太り’）と比較して、田辺大根（品種名‘田辺’）が有する根部の物性および糖含量の特性を明らかにするために、化学分析、力学特性、官能評価による調査を行った。

II. 研究方法

1. 供試品種

本研究で試料として用いた2品種は、大阪府立環境農林水産総合研究所内の試験場露地圃場にて栽培した。

大根（品種名‘耐病総太り’）はタキイ種苗株式会社からの購入種子を使用し、田辺大根（品種名‘田辺’）は研究所保存系統の種子を用いた。

2. 栽培条件

2017年10月11日に条間20 cm，株間25 cmで1か所に2～3粒を播種し，栽植密度が約1,000株/1 aとなるように間引きをした。施肥として基肥（炭酸苦土石灰100 g/m²，棉実油粕50 g/m²，8-8-8化成肥料50 g/m²）を混和した川砂を栽培用の施設に投入し，冬季の気温の低下を予測して，播種13日後である10月24日に追肥（棉実油粕100 g/m²，8-8-8化成肥料100 g/m²）を行った。収穫は12月25日から2月26日に行った（計5回）。各品種5株ずつ収穫し，根重，根長，最大根径の調査を行った³⁸。その後，糖含量分析，乾物率測定，破断試験に供試した。

3. 糖含量

糖含量の分析方法は、嘉悦ら（2008）¹⁶の方法を参考にした。収穫日当日に大根および田辺大根の根部を上部，中央部，下部に切り分け³⁹，各部位から切り取った約1 cmの輪切り（3～4枚）の表層2 mmを除いたものをさらに1 cm角のサイコロ状に細断した。上部，中央部，下部の細断した試料からそれぞれ5 gずつ採取し，糖含量分析用の試料として凍結保存した。測定時に凍結保存していた試料を細断し，100%エタノール60 mlを加え，ホモジナイザーで3分間粉碎および混和した。混和物をろ過後，80%エタノールを加えて100 mlに定容した。定容後の試料1 mlを分取し，HPLCでフルクトース含量，グルコース含量ならびにスクロース含量を測定した。測定条件は，移動相を75%アセトニトリル（25%超純水），流速1.0 ml/minとし，ポリマー系アミノカラム（Shodex Asahipak NH2P-50 4E，昭和電工株式会社，東京，日本）を用い，示差屈折率検出器（RID-10A，株式会社島津製作所，京都，日本）にて検出した。サンプルは，各収穫日5個体ずつから，各個体5サンプルの合計25サンプルを供試した。そして，収穫日ごとに平均値および標準誤差を求めた。

4. 乾物率

糖含量測定用の試料を採取後，各部位から乾物率測定用試料を得た。試料の新鮮重量を測定し，送風定温乾燥器（MOV-212S，三洋電機株式会社，大阪，日本）で70°C，2週間乾燥した。乾燥後の重量を測定し，新鮮重量で除して乾物率を算出した⁴⁰。各試料につき5反復行い，それらの平均値および標準偏差を求めた。

5. 破断試験

破断試験は，クリープメータ（RE2-33005S，株式会社山電，東京，日本）を用いて行った。

栽培時の経時的な物性調査のために，上原ら（2001）⁴¹や堀江ら（2009）⁴²の

方法を参考にした。各大根の中央部を1 cm厚の輪切りにし、直径3 mmの円筒形プランジャーを大根の輪切り断面に垂直に突き刺した。測定箇所は、中心部のほか、中心部から1 cm, 1.5 cm, 2 cmと形成層の内側の範囲内ですらし、断面における破断荷重の違いを測定した。

官能評価に供試した生大根および煮大根については、次のとおりに破断試験を実施した。2品種の根部を上部、中央部、下部に切り分け、中央部のみを官能評価に供試した。中央部から1 cm厚の輪切りの切片を採取し、形成層より内側の中心部を1 cm角に調製した官能評価用試料に対し、くさび型のプランジャー（No. 49, W13×30°先端1 mm幅平面）を垂直に圧縮して試料の中央部を破断した。いずれの試験も、圧縮速度1 mm/sec, 測定時間10秒の測定条件で実施した。大根試料の調理時間は、0分（生）、1、2、3、4、5、10、15、20、25、30分とし、加熱時における経時的な破断特性の調査を行った。

Fig. 4に示すように破断曲線はなめらかではなく、細かいピークを複数有した。得られた破断曲線から、最初に起こった破断現象の破断荷重(N), 破断歪率(%), もろさ荷重(N)を求めた^{43,44}。なお、各試料につき5~10反復行い、それらの平均値および標準誤差を求めた。

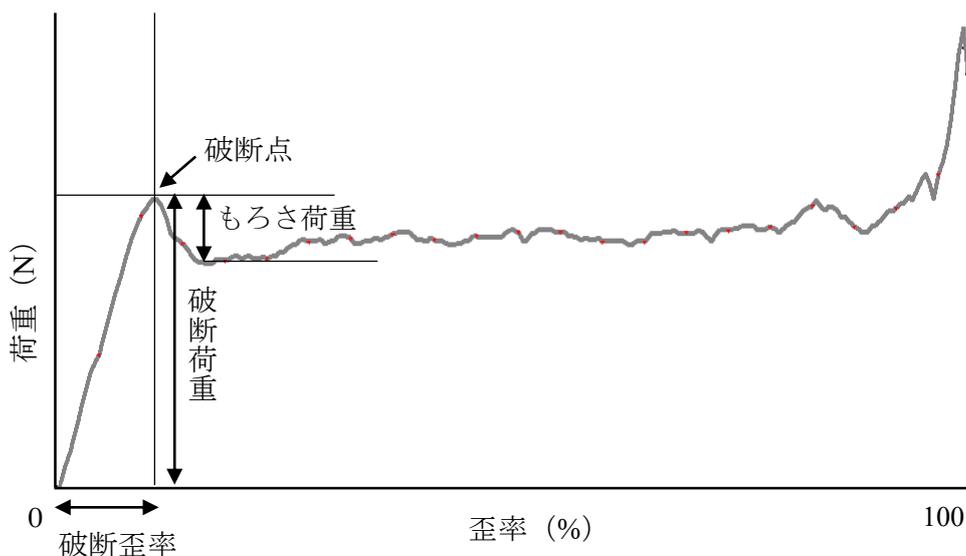


Fig. 4 破断曲線および測定パラメータ

6. 分析型官能評価

分析型官能評価には、第2項に記載の条件で栽培した大根のうち、2月13日に収穫した試料を3株ずつ用いた。2品種の根部を上部、中央部、下部に切り分け、中央部のみを官能評価に用いた。品種間の視覚的なバイアスを排除するために、大根および田辺大根ともに1cm角に調製し、それぞれ生大根と煮大根の2種類をパネルに供試した。煮大根は、だし汁を入れたアルミ鍋の中に1cm角に調製した試料を加え、ガスコンロを用いて加熱し、20分後に鍋から取り出した。汁気を切った後、上位下位の意識を生じさせないP、Q等の記号を表記した試料皿に5個盛り付け、常温でパネルに供した⁴⁵。

パネルは、東大阪大学短期大学部の学生および教員40名（平均 22.2 ± 9.4 歳）である。

喫食時の特性に関する項目（歯ごたえの強さ、甘味および辛味の強さ等）を「非常に歯ごたえが弱い（1点）～ふつう（4点）～非常に歯ごたえが強い（7点）」のようにスコア化し、対となる形容詞を両極にとり、試料を喫食した際の特性を7段階の尺度を用いて判定するSD法（Semantic Differential Method）によって回答を得た。

官能評価は東大阪大学短期大学部研究倫理審査委員会（承認番号：H29-09）および大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究科倫理委員会（承認番号：2017-304）の承認後、パネルに研究内容を説明して理解と同意を得たうえで実施した。

7. 統計処理

統計処理は、統計解析ソフト SPSS Statistics 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) を用いた。各試料間の検定には Student's t-test を、収穫日ごとの試料の検定には一元配置分散分析および Tukey's test を用いた。官能評価の検定には Pearson's chi-square test を行い、いずれの検定も有意水準 5% で判定した。

III. 結果および考察

1. 栽培期間中の根部の肥大

栽培期間中の根部の調査結果を Table 2 に示す。本試験では、播種適期の 9 月下旬より約 10 日遅く播種していたこと、冬季の気温が例年よりも著しく低かったことから、大根の根部も小さく、田辺大根の根部も出荷基準 (A 規格: 根重 700 ~ 900 g (葉付き), 長さ 20 ~ 25 cm, 直径 9 ~ 11 cm) の 3 割程度小さくなった。適正なサイズで収穫できなかつたにもかかわらず、特徴的な短筒形は維持していた (Fig. 5)。大根の根重の平均値は、2 月 13 日に比べて、2 月 26 日は小さくなったが、Student's t-test では有意差がなかつた。また、最終の収穫日である 2 月 26 日においても、両品種とも花茎の伸長は認められなかつた。乾物率は、大根よりも田辺大根の値が大きく、栽培期間中この傾向は変わらなかつた。特に、2 月の試料は大根よりも田辺大根の値が 2 割以上高かつた。これは、田辺大根の水分量を測定した油谷ら (2016) ¹³ や田辺大根の乾物率を測定した椿 (2017) ⁴⁶ の報告を支持する結果と言える。また、根重、根長、最大根径、乾物率の変動係数を求めたところ、根重では、大根に比べて田辺大根がバラついており、特に 2 月の試料でその傾向がみられた。

2. 生大根の分析型官能評価

生大根の官能評価の結果を Table 3 に示す。官能評価における「シャキシヤキさ」、「みずみずしさ」、「歯ごたえの強さ」は、田辺大根と大根の間で有意差はなかつた。なお、味に関しては、「甘味の強さ」では、有意差がなかつた一方で、「辛味の強さ」は、田辺大根が大根よりも高スコアを示した。生大根における辛味の強さは、田辺大根を大根おろしのような薬味として使用する場合、特徴的な品質と考えられるため、今後は、辛味成分量の測定も必要と考えられた。

Table 2 大根および田辺大根の特性比較

収穫日	試料名	根重 (g)			根長 (cm)			最大根径 (cm)			根部乾物率 (%)		
		平均値±標準偏差	変動係数	変動係数	平均値±標準偏差	変動係数	変動係数	平均値±標準偏差	変動係数	変動係数	平均値±標準偏差	変動係数	変動係数
12月25日 (75日) ^z	大根	192 ± 36 ^y	0.19	0.16	28.1 ± 4.6 a	0.16	0.07	4.2 ± 0.3 a	0.07	0.07	7.3 ± 0.9 a	0.19	
	田辺大根	104 ± 28 b	0.27	0.12	10.0 ± 5.0 b	0.12	0.15	4.3 ± 0.6 a	0.15	0.15	8.1 ± 0.4 a	0.27	
1月15日 (96日)	大根	351 ± 48 a	0.14	0.11	25.4 ± 2.7 a	0.11	0.05	5.5 ± 0.3 a	0.05	0.05	6.8 ± 0.5 b	0.07	
	田辺大根	216 ± 27 b	0.12	0.05	15.8 ± 0.8 b	0.05	0.08	5.5 ± 0.5 a	0.08	0.08	8.3 ± 0.9 a	0.11	
1月29日 (110日)	大根	433 ± 95 a	0.22	0.17	28.6 ± 4.7 a	0.17	0.07	5.8 ± 0.4 a	0.07	0.07	6.9 ± 0.2 b	0.03	
	田辺大根	219 ± 20 b	0.09	0.35	16.6 ± 5.7 b	0.35	0.17	5.9 ± 0.2 a	0.17	0.17	8.1 ± 0.7 a	0.09	
2月13日 (125日)	大根	653 ± 89 a	0.14	0.14	32.6 ± 4.6 a	0.14	0.03	6.4 ± 0.2 a	0.03	0.03	6.9 ± 0.2 b	0.03	
	田辺大根	254 ± 109 b	0.43	0.17	15.6 ± 2.7 b	0.17	0.09	5.7 ± 0.5 b	0.09	0.09	9.3 ± 0.6 a	0.07	
2月26日 (138日)	大根	588 ± 62 a	0.11	0.11	30.0 ± 1.4 a	0.11	0.03	6.4 ± 0.2 a	0.03	0.03	6.3 ± 0.2 b	0.03	
	田辺大根	335 ± 119 b	0.35	0.28	20.2 ± 4.5 b	0.28	0.14	6.2 ± 0.9 a	0.14	0.14	7.8 ± 0.3 a	0.04	

^z () 内は栽培日数を示す

^y Student's t-testにより, 同じ収穫日における大根および田辺大根の異符号間に5%水準で有意差あり (n = 5)

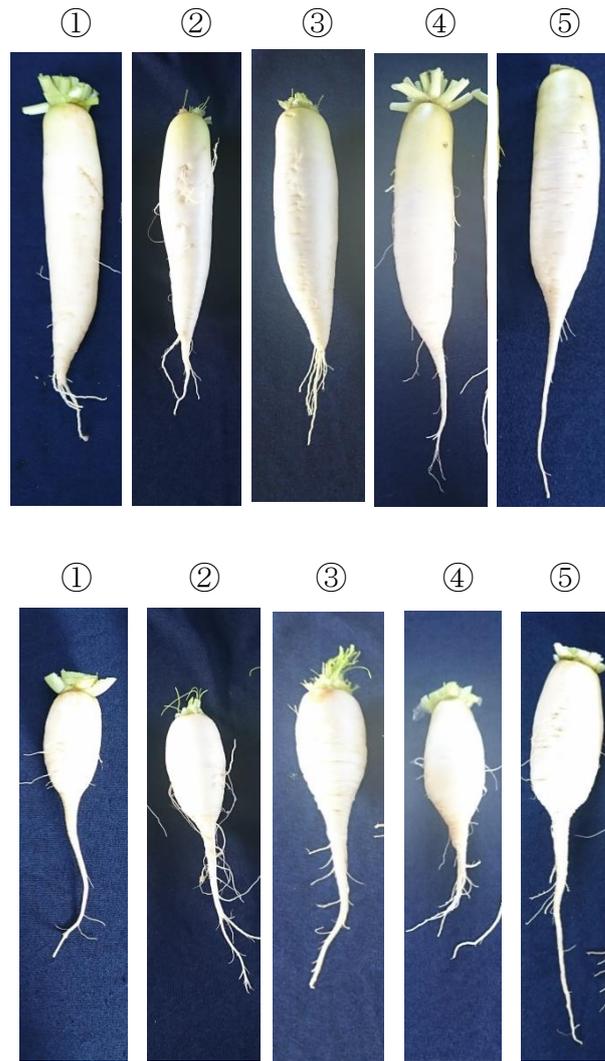


Fig. 5 大根および田辺大根の根部形態

上段:大根, 下段:田辺大根

(収穫日①2017年12月25日, ②2018年1月15日, ③1月29日, ④2月13日, ⑤2月26日)

Table 3 生大根における分析型官能評価結果 (n = 40)

官能評価項目	試料名	とても弱い		ふつう			とても強い		平均値	有意差 ^z
		1	2	3	4	5	6	7		
みずみずしさ	大根	5	2	4	8	10	9	2	4.3	n.s.
	田辺大根	3	4	4	12	7	8	2	4.2	
シャキシャキさ	大根	0	0	4	6	5	16	9	5.5	n.s.
	田辺大根	0	1	4	5	8	7	15	5.5	
歯ごたえの強さ	大根	0	3	1	2	9	14	11	5.6	n.s.
	田辺大根	0	1	1	3	8	11	16	5.9	
甘味の強さ	大根	2	5	5	11	6	7	4	4.3	n.s.
	田辺大根	8	8	3	6	6	5	4	3.6	
辛味の強さ	大根	9	12	4	9	4	1	1	2.9	*
	田辺大根	4	3	8	13	4	5	3	3.9	
香りの強さ	大根	4	4	2	22	4	3	1	3.8	n.s.
	田辺大根	3	5	2	21	6	1	2	3.8	

^z Pearson's chi-square test により，有意水準は 5%とした

n.s.: 統計学的に有意差なし，*: $p < 0.05$

3. 生大根の破断試験

破断荷重は，試料の歯ごたえの強さと関連する指標として用いた。輪切りにした試料の表皮から 2~3 mm ほど内側に位置する形成層は組織が強固であり，普段の調理では除去される部分である。一般的に，形成層より内側の木部柔組織を食用としているため，中心部を起点として，輪切り試料の半径のうち形成層に達する手前を測定箇所とした。破断荷重の測定結果を Table 4 に示す。田辺大根の破断荷重は大根よりも大きく，中心部から離れると破断荷重が小さくなるものの，形成層付近では大きくなる傾向も認められた。この破断荷重の分布の傾向は田辺大根も同様であり，両品種で差がなかった。また，根部が肥大してもこの傾向は変わらなかった。さらに，破断荷重等の変動係数（データは示さず）は，Table 2 に示す根重や根長の変動係数より小さいことから，田辺大根は根部の形態がバラついていても，内部の物性は比較的安定していることが推測された。

Table 4 大根および田辺大根の測定箇所別破断荷重 [N]

試料名	試験部位 ^y	12月25日(75日) ^z			1月15日(96日)			1月29日(110日)			2月13日(125日)			2月26日(138日)		
		平均値±標準誤差	試験部位間の検定 ^w	試料間の検定 ^v	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	試料間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	試料間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	試料間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	試料間の検定
大根	中心部	12.4 ± 0.4	a		11.9 ± 0.4	ab		13.6 ± 0.3	a		13.0 ± 0.4	a		12.1 ± 0.5	ab	
	1.0 cm	11.2 ± 0.5	a		10.4 ± 0.3	b		10.6 ± 0.3	b		10.6 ± 0.4	b		10.4 ± 0.3	c	
	1.5 cm	—			11.8 ± 0.2	ab		10.7 ± 0.2	b		10.4 ± 0.3	b		10.7 ± 0.3	bc	
	2.0 cm	—			13.3 ± 0.8	a		11.7 ± 0.5	b		10.9 ± 0.3	b		10.8 ± 0.2	bc	
	2.5 cm	—			—			14.2 ± 0.9	a		11.3 ± 0.3	b		12.5 ± 0.4	ab	
田辺大根	中心部	16.4 ± 0.7	a	*	16.7 ± 0.5	a	*	16.5 ± 0.7	a	*	18.6 ± 0.5	abc	*	18.4 ± 1.0	a	*
	1.0 cm	17.7 ± 0.9	a	*	14.2 ± 0.6	a	*	16.4 ± 0.8	a	*	14.8 ± 0.7	d	*	14.4 ± 0.5	b	*
	1.5 cm	—			17.2 ± 0.9	a	*	16.1 ± 0.6	a	*	16.3 ± 0.7	acd	*	14.7 ± 0.7	b	*
	2.0 cm	—			15.8 ± 1.1	a	n.s.	15.7 ± 0.6	a	*	19.3 ± 0.8	ab	*	16.5 ± 0.9	ab	*
	2.5 cm	—			—			18.4 ± 1.0	a	*	19.7 ± 1.0	a	*	18.6 ± 1.1	a	*

^z () 内は栽培日数を示す

^y 中心部および中心部からの距離を示す (n = 5 ~ 10)

^x —は根部の半径が試験部位に達しなかつたために未測定の数値を示す

^w Tukey's HSD testにより, 異符号間で有意差あり (p < 0.05)

^v 同試験部位における破断荷重の試料間差を Student's t-testにより検定し, 有意水準は5%とした

n.s.: 統計学的に有意差なし, *: p < 0.05

また、栽培期間を通して田辺大根の破断歪率は、大根と比べて、同等か高い値であった。(Table 5)。破断歪率は、口の中での変形のしやすさと関連している。破断荷重が大きいほど、また、破断歪率が高いほど強い変形で破断するため、硬い食感となることが知られている⁴⁷が、生大根の官能評価では、有意な差が認められなかった。

同様に、肉質のなめらかさと関連するもろさ荷重においても田辺大根が大根と比べて、総じて値が大きい結果となった (Table 6)。もろさ荷重が高いと歯切れが良いことを示すことから、田辺大根は咀嚼した際に歯切れの良い食感を持つと推測できる。この推測は、官能評価項目の「シャキシャキさ」や「歯ごたえの強さ」において「とても強い」と評価した人が多いことから、生大根における田辺大根の根部の物性を示している結果と言える。

以上のように、物性調査および官能評価において、大根よりも田辺大根が栽培期間中を通して、「硬い」、「壊れにくい」といった性質を持っていたことから、生で喫食した場合、歯ごたえが大根よりも強いことが示された。この性質には、繊維質の多さが影響しているものと推測され、乾物率が大根よりも田辺大根が高かったことは、この推測を支持する結果と言える。

4. 生大根の糖含量

栽培期間を通じて田辺大根のフルクトースおよびグルコースの含量は、大根より低い (Fig. 6AB) 一方で、スクロース含量は、大根より田辺大根の方が高かった (Fig. 6C)。また、各遊離糖含量の変動係数 (データは示さず) は、Table 2 に示す根重や根長の変動係数より小さいことから、田辺大根は根部の形態がバラついていても、内部の遊離糖含量は比較的安定していることが推測された。なお、本試験では播種時期の遅れや例年よりも著しい気温低下により根部が出荷基準よりも小さい試料を扱っているが、持丸ら (2007) の報告に示されている遊離糖含量と比較して約 1.3 倍の含量であった⁴⁸。また、持丸らの報告によ

ると大根の遊離糖組成はフルクトースとグルコースが大部分を占め、収穫時期に関わらず、この組成は一定であるとされており⁴⁸、本研究における大根も同様の傾向を示す一方で、田辺大根は、スクロースとグルコースで 8 割近くを占めていたことは、伝統野菜が有する糖含量の特性として大変興味深い。なお、糖の甘味度は、常温においてはスクロースの甘味度を 1.00 とした場合、大根に多く含まれるフルクトースは約 1.25 倍、グルコースは 0.60~0.70 倍であることが知られているが⁴⁹、官能評価項目の「甘味の強さ」においては、大根と田辺大根に有意な差は認められず、両大根間の遊離糖組成の差は、ヒトの感覚では見分けられない可能性が示された。

また、総糖含量は、大根の場合、1 月以降減少傾向がみられ、12 月 25 日と 2 月 26 日の間に有意な差が認められた。一方、田辺大根の場合は 2 月 13 日が最も高くなり、大根と同等の糖含量を示した後、2 月 26 日は有意に低下した (Fig. 7)。このことから、伝統野菜である田辺大根は、糖含量が最大となる時期が大根よりも遅くなる可能性が示された。

Table 5 大根および田辺大根の測定箇所別破断歪率 [%]

試験名	試験部位 ^y	12月25日(75日) ^z			1月15日(96日)			1月29日(110日)			2月13日(125日)			2月26日(138日)		
		試験部位間の検定 ^w	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定		
大根	中心部	a	8.8 ± 0.6	ab	11.8 ± 0.9	a	13.5 ± 1.0	a	10.4 ± 0.4	a	10.1 ± 0.6	ab				
	1.0 cm	a	8.0 ± 0.5	b	9.5 ± 0.5	a	10.9 ± 0.8	a	7.8 ± 0.5	b	8.3 ± 0.4	c				
	1.5 cm	—	—	ab	11.3 ± 0.5	a	11.3 ± 0.5	a	7.8 ± 0.5	b	9.2 ± 0.2	bc				
	2.0 cm	—	—	a	13.6 ± 1.4	a	12.1 ± 1.2	a	9.5 ± 0.3	ab	9.5 ± 0.3	bc				
	2.5 cm	—	—	—	—	a	14.8 ± 1.4	a	10.2 ± 0.6	a	11.4 ± 0.5	a				
田辺大根	中心部	a	10.6 ± 0.6	ab	14.1 ± 1.0	n.s.	14.4 ± 1.1	a	12.4 ± 0.6	ab	12.2 ± 0.7	a	*			
	1.0 cm	a	11.9 ± 0.6	b	13.3 ± 1.0	*	13.4 ± 1.1	a	8.8 ± 0.5	c	9.0 ± 0.3	c	n.s.			
	1.5 cm	—	—	ab	12.8 ± 0.7	n.s.	13.2 ± 0.8	a	10.4 ± 0.5	bc	9.7 ± 0.3	bc	n.s.			
	2.0 cm	—	—	a	14.9 ± 2.3	n.s.	14.1 ± 1.3	a	13.0 ± 0.7	a	9.9 ± 0.5	bc	n.s.			
	2.5 cm	—	—	—	—	a	14.8 ± 1.9	a	14.5 ± 1.4	a	11.8 ± 0.8	ab	n.s.			

^z () 内は栽培日数を示す

^y 中心部および中心部からの距離を示す (n = 5-10)

^x —は根部の半径が試験部位に達しなかったために未測定的项目を示す

^w Tukey's HSD testにより, 異符号間で有意差あり (p < 0.05)

^y 同試験部位における破断荷重の試験間差を Student's t-testにより検定し, 有意水準は5%とした

n.s.: 統計学的に有意差なし, *: p < 0.05

Table 6 大根および田辺大根の測定箇所別もろさ荷重 [N]

試料名	試験部位 ^y	12月25日(75日) ^z			1月15日(96日)			1月29日(110日)			2月13日(125日)			2月26日(138日)		
		試験部位間の検定 ^w	平均値±標準誤差	試験部位間の検定 ^v	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定	平均値±標準誤差	試験部位間の検定		
大根	中心部	a	1.3 ± 0.4	a	2.3 ± 0.4	a	4.1 ± 0.6	a	2.2 ± 0.3	b	2.6 ± 0.6	a	2.6 ± 0.6			
	1.0 cm	a	1.2 ± 0.6	a	3.5 ± 0.7	a	3.5 ± 0.6	a	4.6 ± 0.8	a	1.9 ± 0.6	a	1.9 ± 0.6			
	1.5 cm	—	—	a	3.6 ± 0.5	a	2.3 ± 0.4	ab	3.1 ± 0.6	a	2.7 ± 0.4	a	2.7 ± 0.4			
	2.0 cm	—	—	a	2.9 ± 0.5	a	3.0 ± 0.4	ab	3.0 ± 0.4	a	1.8 ± 0.4	a	1.8 ± 0.4			
	2.5 cm	—	—	—	—	a	3.8 ± 0.7	ab	2.7 ± 0.5	ab	1.0 ± 0.4	a	1.0 ± 0.4			
田辺大根	中心部	a	3.2 ± 0.5	*	4.1 ± 0.5	a	3.6 ± 0.4	a	2.9 ± 0.4	a	n.s.	a	2.8 ± 0.5	a	n.s.	
	1.0 cm	a	1.7 ± 0.4	n.s.	3.9 ± 0.6	a	5.5 ± 0.7	a	4.8 ± 0.9	a	n.s.	a	2.8 ± 0.7	c	n.s.	
	1.5 cm	—	—	a	3.5 ± 0.5	a	4.9 ± 0.5	a	3.2 ± 0.9	a	n.s.	a	2.8 ± 0.5	bc	n.s.	
	2.0 cm	—	—	a	3.6 ± 1.8	a	3.5 ± 0.5	a	3.0 ± 0.6	a	n.s.	a	2.5 ± 0.4	bc	n.s.	
	2.5 cm	—	—	—	—	a	3.5 ± 1.1	a	2.7 ± 0.6	a	n.s.	a	2.0 ± 0.3	ab	n.s.	

^z () 内は栽培日数を示す

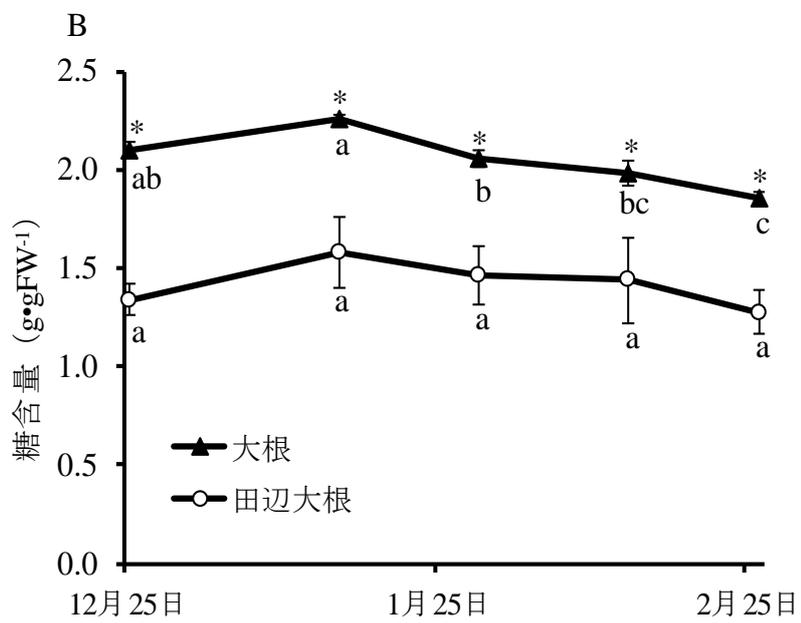
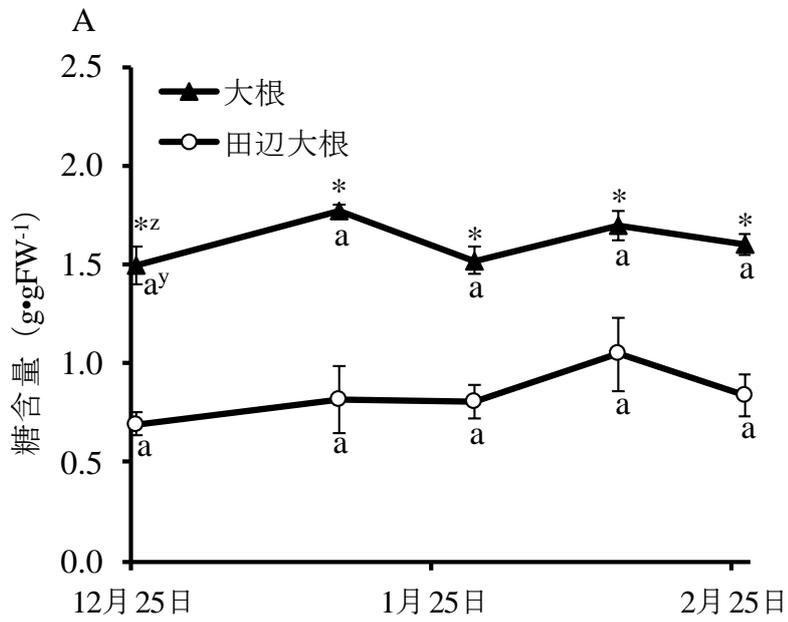
^y 中心部および中心部からの距離を示す (n = 5-10)

^x —は根部の半径が試験部位に達しなかったために未測定的项目を示す

^w Tukey's HSD testにより, 異符号間で有意差あり (p < 0.05)

^v 同試験部位における破断荷重の試験間差を Student's t-testにより検定し, 有意水準は5%とした

n.s.: 統計学的に有意差なし, *: p < 0.05



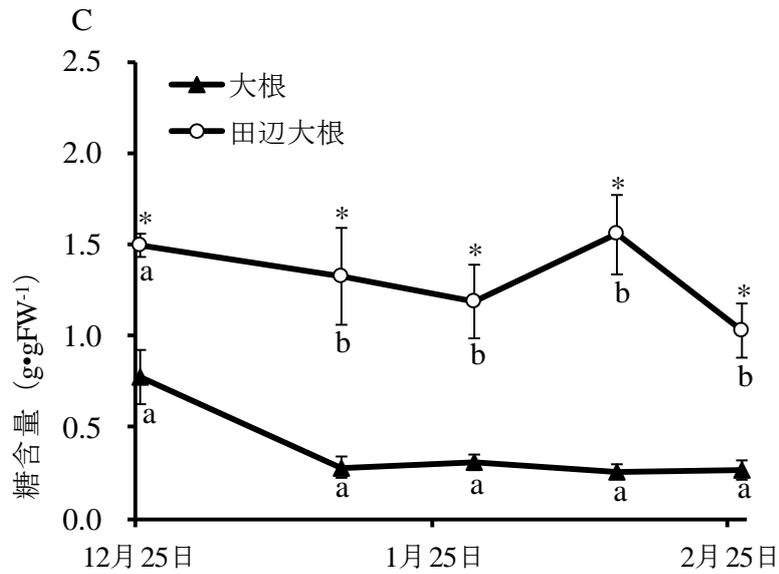


Fig. 6 大根および田辺大根の各遊離糖含量

A: フルクトース含量, B: グルコース含量, C: スクロース含量

^z Student's t-test により, 同じ収穫日における大根および田辺大根間に 5%水準で有意差あり (n = 5) *: $p < 0.05$

^y Tukey's HSD test により, 収穫日ごとの試料の検定を行い, 異符号間で有意差あり ($p < 0.05$)

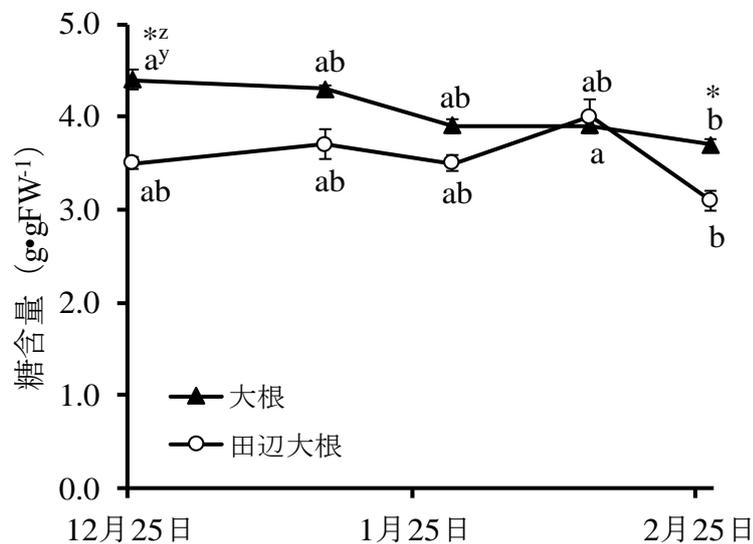


Fig. 7 大根および田辺大根の総糖含量

^z Student's t-test により, 同じ収穫日における大根および田辺大根間に 5%水準で有意差あり (n = 5) *: $p < 0.05$

^y Tukey's HSD test により, 収穫日ごとの試料の検定を行い, 異符号間で有意差あり ($p < 0.05$)

5. 煮大根の分析型官能評価

煮大根の官能評価の結果を Table 7 に示す。

煮大根において、「歯ごたえの強さ」について田辺大根が大根よりも有意に高く、官能評価において田辺大根が大根より硬めの食感を持つことが示された。

なお、煮大根では、「甘味の強さ」、「辛味の強さ」、「旨味の強さ」のいずれも両大根の間に有意な差が認められなかった。本研究の調理条件に限って考察すると、大根に含まれる糖類のような味に関する成分含量の差が煮大根の味に影響しにくいものと推測された。

Table 7 煮大根における分析型官能評価結果 (n = 40)

官能評価項目	試料名	とても弱い		ふつう			とても強い		平均値	有意差 ^z
		1	2	3	4	5	6	7		
すじっぽさ	大根	19	3	4	10	1	2	1	2.4	n.s.
	田辺大根	12	6	3	12	7	0	0	2.9	
歯ごたえの強さ	大根	15	11	6	4	4	0	0	2.3	*
	田辺大根	5	8	7	10	4	5	1	3.5	
甘味の強さ	大根	0	2	5	10	13	5	5	4.7	n.s.
	田辺大根	1	2	8	6	15	4	4	4.5	
辛味の強さ	大根	16	11	6	6	1	0	0	2.1	n.s.
	田辺大根	12	9	10	7	1	1	0	2.5	
旨味の強さ	大根	1	3	3	4	16	10	3	4.7	n.s.
	田辺大根	1	0	3	8	14	10	4	4.4	

^z Pearson's chi-square test により、有意水準は 5%とした

n.s.: 統計学的に有意差なし, *: $p < 0.05$

6. 煮大根の破断試験

煮大根の破断試験の結果を Fig. 8 に示す。なお、破断試験の加熱 20 分の試料は、上記の官能評価の試料と同じ試料群のものを用いた。

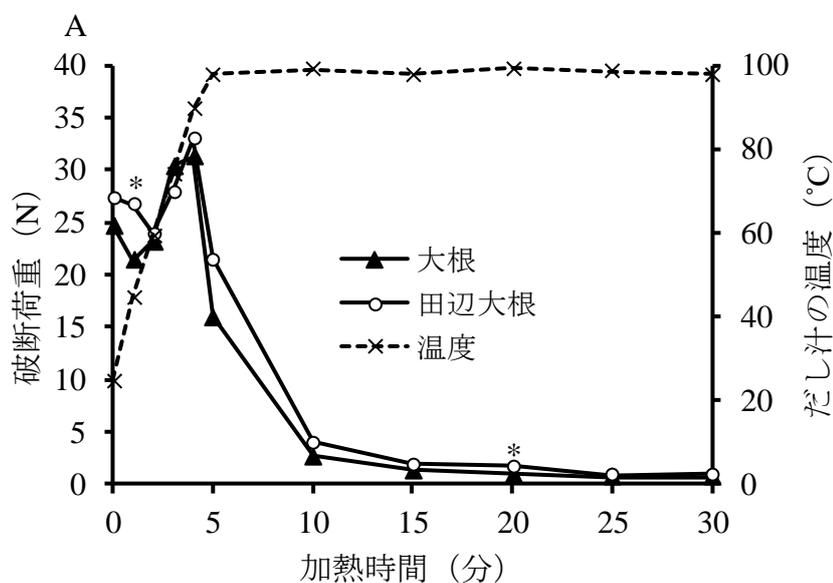
大根および田辺大根ともに、加熱 4 分まで破断荷重が増加し、その最大値は両大根間の差は小さかった (Fig. 8A)。なお、加熱 3 分時点のだし汁の温度は 74°C であり、大根の加熱による硬化が顕著となる 70°C 付近であったことから⁵⁰、大

根の硬化現象が生じていたものと考えられる。

一方で、75℃以上では硬化に比べて軟化が強くなるとされていることから⁵⁰、だし汁の温度が98℃に達した加熱5分以降は、両大根ともに破断荷重が減少した。破断荷重の減少は、大根に比べて田辺大根は緩やかであり、加熱20分の破断荷重は大根に対して田辺大根が有意に高かった。

また、破断歪率は加熱1～3分で大根が有意に高かったが、加熱20分では田辺大根が有意に高い結果となった (Fig. 8B)。一方、もろさ荷重には加熱による試料間の有意な差は認められなかった (Fig. 8C)。

官能評価の結果も含め、伝統野菜である田辺大根は煮調理において、大根よりも硬めの物性を持っていたことから、田辺大根は煮崩れしにくく、煮大根に適した物性を持つものと考えられた。



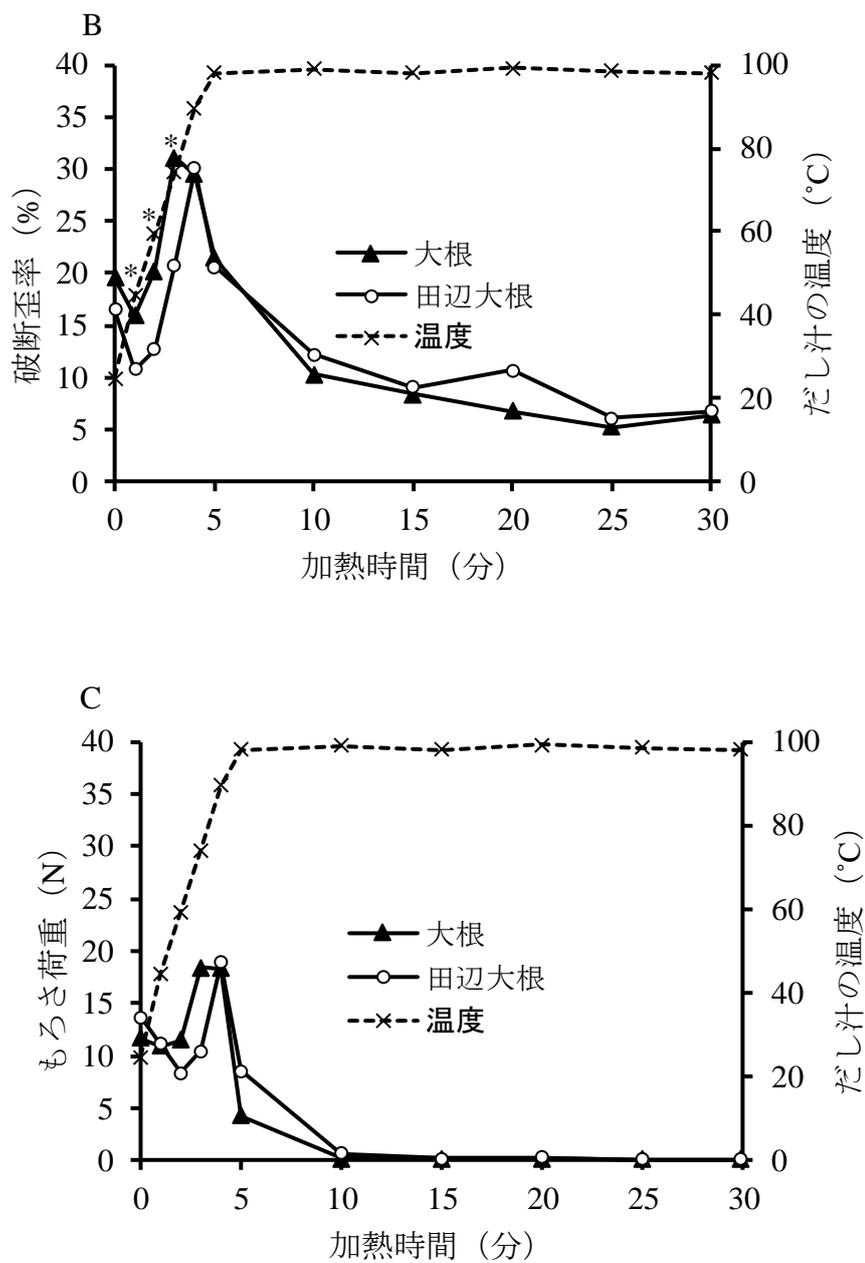


Fig. 8 煮調理特性比較試験の破断特性値

A:破断荷重, B:破断歪率, C:もろさ荷重

*: Student's t-test により, 同じ加熱時間内で 2 品種間に 5%水準で有意差あり

IV. 小括

本研究では、「なにわの伝統野菜」のひとつである田辺大根が有する根部の物性および糖含量の特性を明らかにするために、大根を比較対照として、化学分析、物性調査、官能評価により、その特性を調査した。

生大根の官能評価および破断試験の結果、「歯ごたえの強さ」や破断荷重等の硬さに関する項目に関して田辺大根は、大根よりスコアが高く、歯ごたえが強いことが推測された。

生大根の糖組成を調査した結果、田辺大根はスクロースとグルコースを主体とする糖組成であること、大根とは異なる経時変化をすることが示された。

煮大根の官能評価および物性試験の結果、田辺大根は大根に比べて加熱中の軟化が緩やかであり、加熱後も硬い食感を持つことから、煮崩れしにくいと考えられた。

以上の結果から、本研究では、「なにわの伝統野菜」の一種である田辺大根は、大根に比べて食感が硬く、煮崩れしにくいという調理特性を持つことを示したほか、外観、乾物率、糖組成においても、大根とは異なる特徴を有することが明らかとなった。

第2章 田辺大根の根部の力学特性および咀嚼・嚥下特性解析

I. 序論

田辺大根の糠漬け特性は報告されているが¹⁷，加熱調理特性に関する報告はみられない。第2章では，3種類の調理法（生，煮，蒸）で調製した大根および田辺大根の根部の力学特性および咀嚼・嚥下特性の解明を試みた。

本研究で選択した調理法は，杉山ら（1993）が行った野菜の官能特性の把握調査を参考にして決定した⁵¹。この調査において，大根からイメージされる調理方法は，「煮物」（男性 63.3%，女性 60.0%），「生」（男性 13.3%，女性 18.3%）の順に多かった。また，近年簡便で水溶性ビタミンやその他の可溶性の有益な栄養素の損失が少ない調理法として蒸し調理を選択した⁵²⁻⁵⁴。

本研究では咀嚼および嚥下時の表面筋電図（EMG）を使用して，人が摂食した際の大根および田辺大根の力学特性の違いを検討した。EMG は筋線維から発生した個々の活動電位が記録されたものであり，歯科診療の分野で広く使用されている。Boyar ら（1986）は食品のテクスチャー，いわゆる食感を測定するために EMG の有用性を指摘した^{55,56}。また，柳沢ら（1989）が，従来法として用いられている機器測定によって得られた物性値と咀嚼筋活動量との対応を検討したところ，物性値によって得られたかたさ，凝集性，歪みの積の対数として求められる「かみごたえ」が咀嚼開始から嚥下までの総咀嚼筋活動量ときわめて高い相関を示したと報告している⁵⁷。そこで，EMG を評価に用いることで摂食中に口腔内で感じる食品の力学特性を数値化することにした⁵⁸⁻⁶¹。近年，この手法は日本においても調理後の野菜や果物の特性を評価するために使用されている⁶²⁻⁶⁶。EMG 測定時に，口腔内で認知される官能特性を把握するために分析型官能評価を実施した。

II. 研究方法

1. 試料の調製

田辺大根は河南町の熟練した伝統野菜栽培農家から入手し、大根（徳島県産）は小売市場で入手した。大根の外観の違いは明らかであった（Fig. 9）。

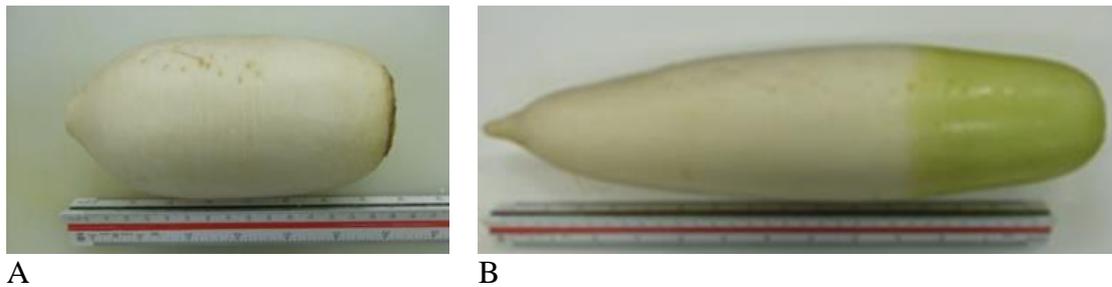


Fig. 9 試料の外観
A:田辺大根, B:大根

田辺大根の根部の長さは約 20 cm，大根は約 40 cm であった。入手日当日に大根および田辺大根の根部を上部，中央部，下部に切り分け³⁹，中央部は 3.5 cm の正方形にカット後に 1 cm の厚さに調製した。さらに半分に切って約 3.5 cm × 1.75 cm × 1 cm の直方体に調製後，実験用の試料に供試した（Fig. 10）。

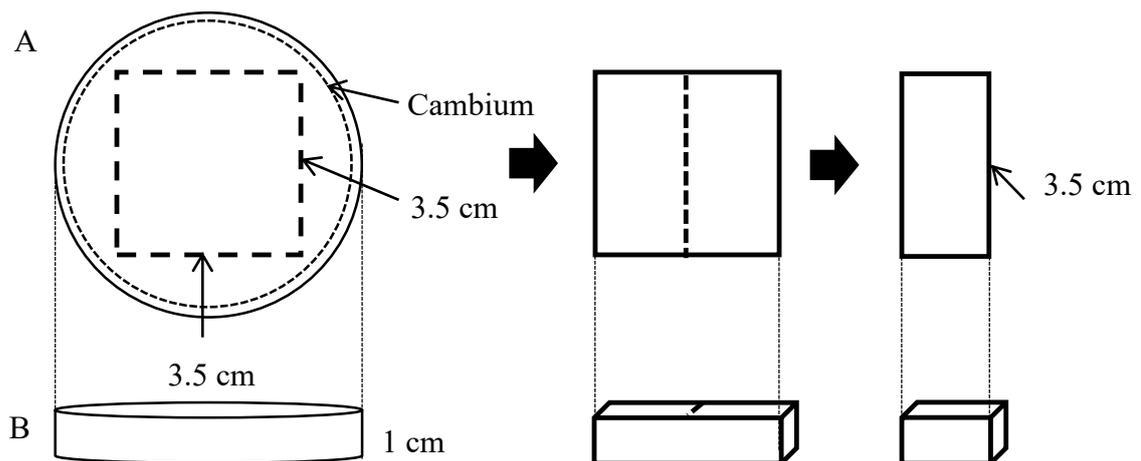


Fig. 10 試料の調製方法
A:上から見た図, B:横から見た図

予備試験によって、表面筋電図測定時に電極をつけた状態で咀嚼・嚥下を行う被験者の一口量に適した試料サイズであることを確認した（約 7 g）。

煮大根は、だし（室温 20°C）を入れたアルミ鍋（直径 22 cm）に 8 個（4 個 × 大根 2 種類）の試料を入れ、ガスコンロ（110-H000, 大阪ガス株式会社, 大阪, 日本）で加熱して調製した（98°C, 20 分間）。だしは、600 g の水（サントリー天然水, サントリーホールディングス株式会社, 大阪, 日本）に 4 g の顆粒だし（ほんだし, 味の素株式会社, 東京, 日本）を加えて調製した。

蒸し大根は、蒸し調理器（HEALSIO AX-X1, シャープ株式会社, 大阪, 日本）の「蒸し（強）」モードで 8 個の試料を 20 分間加熱することによって調製した。

2. 破断試験

破断試験は、クリープメータ（RE2-33005S, 株式会社山電, 東京, 日本）を用いて実施した。くさび型のプランジャー（No. 49, W13 × 30°先端 1 mm 幅平面）を垂直に圧縮して、試料の中央部を圧縮速度 1 mm/sec, 測定時間 10 秒の測定条件で破断した。（Fig. 11）。

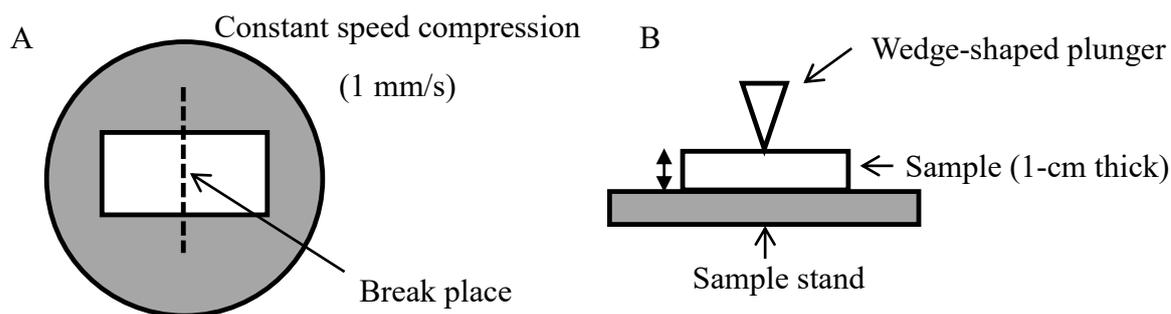


Fig. 11 試料の破断測定
A:上から見た図, B:横から見た図

破断試験の解析項目（破断荷重，最大破断荷重，破断歪率，CI）は，先行研究^{62,64,67}を参考に決定した。CI（crispness index）は，堀江ら（2004）⁶⁷がキュウリのサクサク感を評価するために開発した指標であり，破断試験時に得られる波形曲線の二次微分値である。得られた破断曲線の分析は，破断試験の開始（0秒）から9秒までの区間で行った。9秒（すべての段階）のうち，3秒ごとに初期，中期および後期段階に分けた。CIは次式で算出した。

$$CI = \Sigma |(Ft + 1 + Ft - 1) - 2Ft|$$

Ftはデータのt時点での負荷，Ft-1は0.1秒前，Ft+1は0.1秒後の負荷を示す。

CIは，クリープメータ専用の破断強度解析ソフト（破断強度解析 Windows Ver. 2.0(BAS-3305)，東京，日本）を用いて算出した。2種類の大根を調理法ごとに5回ずつ測定を実施し，平均値を算出した。

3. 被験者

Koyama ら⁶²が口腔の大きさや咀嚼の個人差を低減するために示した基準を参考にして，健全な歯顎を有する若年女性16名を被験者とした（平均年齢 23.0 ± 3.8 歳; BMI 20.8 ± 2.7）。測定誤差を最小限に抑えるために，被験者ごとに咀嚼および嚥下時の表面筋電図測定と官能評価を同日に実施し，12サンプル（大根 2種類 × 2回 × 3種類の調理方法）を摂食させた（測定時間：約1時間）。被験者を伴う実験は，25°Cの室温で行い，13時から17時に実施した。

本研究は大阪府立大学総合リハビリテーション学研究科倫理委員会の承認を得た（承認番号：2017-301）。被験者には，実験方法および安全性，実験時間等を事前に説明し，同意を得たうえで大根および田辺大根の摂食試験を行った。

4. 表面筋電図測定

表面筋電図測定に関する先行研究^{62, 68}を参考に、両側咬筋中央部および両側舌骨上筋群（オトガイ下導出）を被験筋とした。ディスプレイダブル双極 Ag-AgCl 電極 DUO-TRODE（Myotronics-Noromed Inc., Kent, WA., U.S.A.）を、筋線維走行と平行に皮膚表面に貼付し、不関電極は前額部とした。測定時、被験者にはフランクフルト平面が床と平行になるような座位をとらせ、足底は床面に接地した状態とし、自由咀嚼にて試料を摂食させた（Fig. 12）。生体用アンプ EMG100C（BIOPAC Systems Inc., Goleta, CA., U.S.A.）で 1,000 倍に増幅した後、MP100 システムを介して表面筋電図測定専用パソコンに筋電図（EMG）を保存した。EMG は、表面筋電図解析用ソフトウェア Acqknowledge Ver.3.9.1（BIOPAC Systems Inc., Goleta, CA, U.S.A.）を用いて解析した。EMG の例を Fig. 13 に示す。なお、咀嚼開始および最終嚥下終了時間をパソコン画面上に正確に印字するため、MP100 システムに取り付けた足踏み式のペダル型フットスイッチを、①摂食開始時 ②最終嚥下直前 ③摂食終了時の計 3 回踏ませた。測定前に何度か練習を行い、フットスイッチを踏むタイミングを被験者が覚えたことを確認後、摂食試験を開始した。

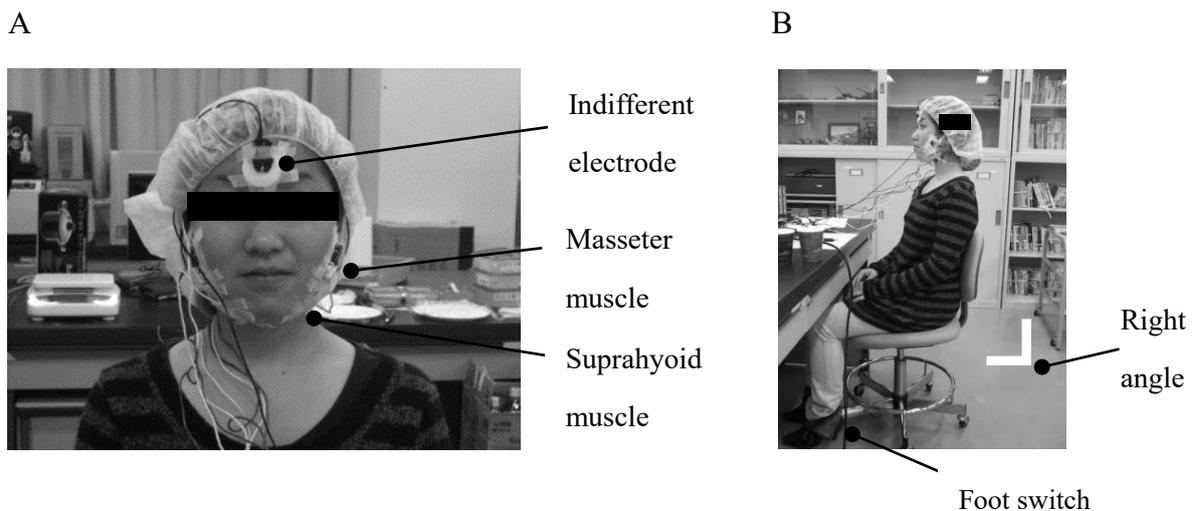


Fig. 12 被験者の双極電極貼付場所と測定時の姿勢

A:双極電極貼付場所, B:測定時の姿勢

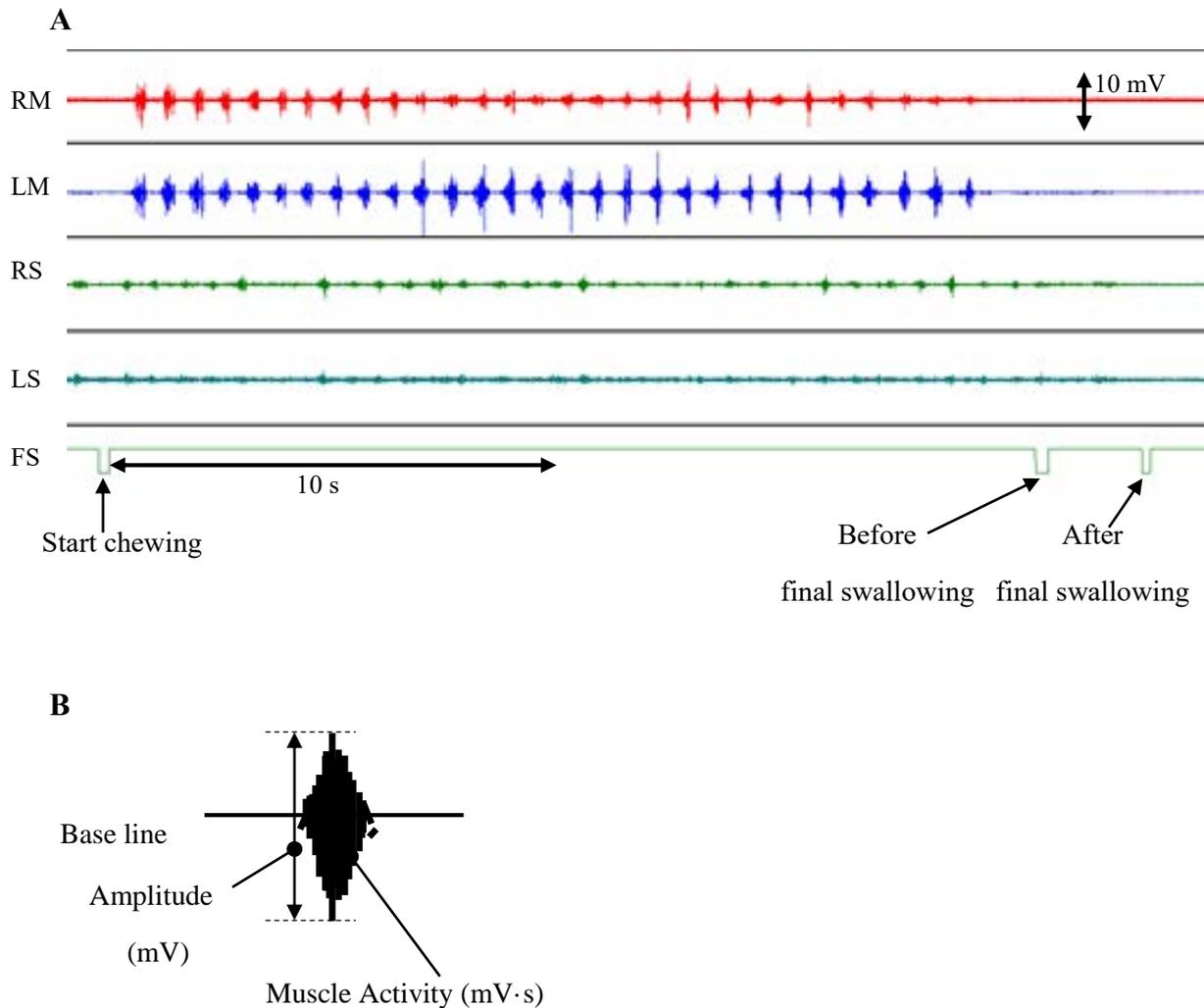


Fig. 13 表面筋電図の例

A:被験者が田辺大根を咀嚼・嚥下した際に記録した EMG (RM:右側咬筋, LM:左側咬筋, RS:右側舌骨上筋群, LS:左側舌骨上筋群, FS:フットスイッチ), B:筋電位

5. 分析型官能評価

表面筋電図測定と同時に、自記式質問紙を用いた分析型官能評価を実施した。被験者には表面筋電図測定後に、咀嚼・嚥下した試料の甘味の強さ、辛味の強さ、食感について、4点評価法で評価させた⁶⁸。先行研究に基づき^{13,17,51}、田辺大根の特性の把握に適した官能評価項目を選択した。甘味の強さおよび辛味の強さは、「1 とても強い」、「2 やや強い」、「3 やや弱い」、「4 弱い」とし、食感は「1 と

でも良い」、「2 やや良い」、「3 普通」、「4 悪い」の評価内容とした。得られた結果の平均値より、被験者が知覚した大根の口腔内における官能特性を求めた。また、試料に関する質問以外にも、被験者の身体データ（年齢、性別、身長、体重）や食習慣に関する回答も得た。

6. 統計解析

統計処理は、統計解析ソフト SPSS Statistics 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) を用い、有意水準 5% で判定した。

破断試験の結果は Student's t-test で、表面筋電図測定の結果は paired t-test で解析した。また、官能評価の結果は Fisher's exact test で解析した。

III. 結果

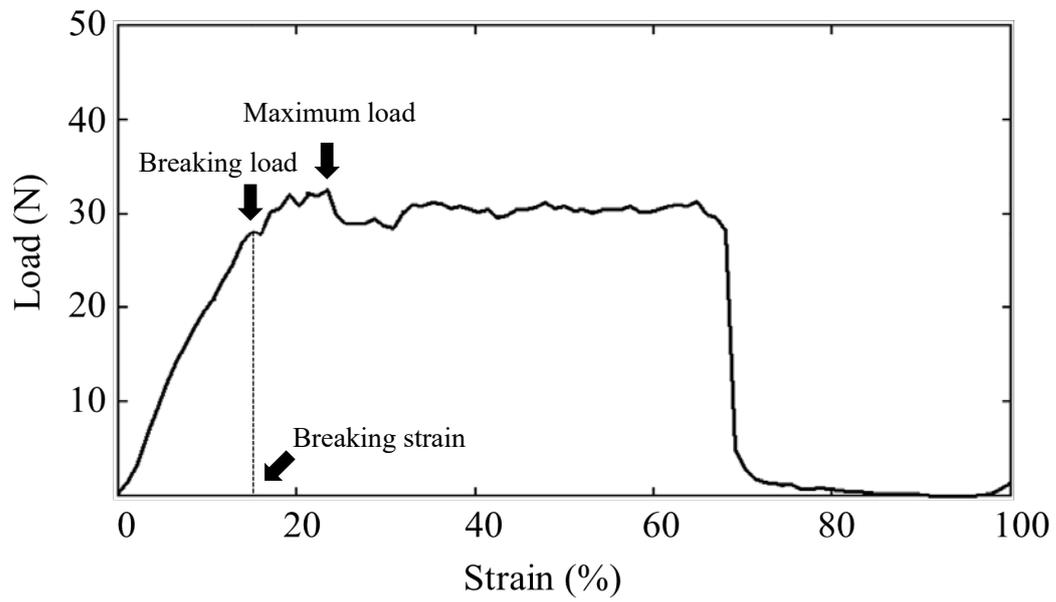
1. 破断試験

大根および田辺大根の破断試験の波形に異なる傾向が観察された。生の大根と田辺大根の代表的な破断波形および二次微分波形を Fig. 14 に示す。双方の大根にも複数の破断現象がみられたが、大根は波形の後半に、田辺大根は波形の中盤に最大破断荷重がみられた。

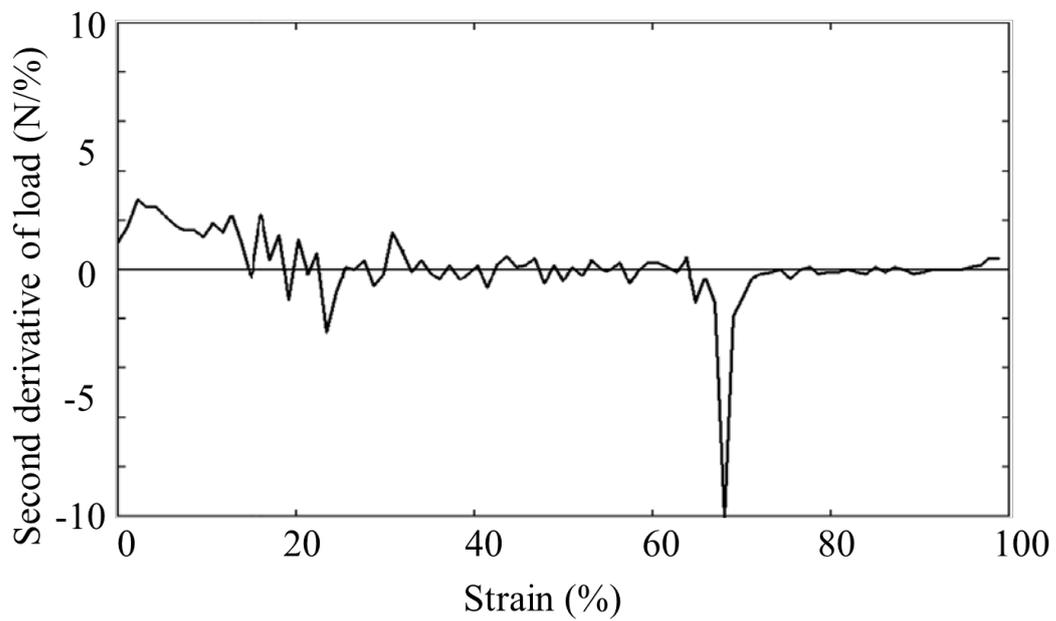
破断試験の平均値を Table 8 に示す。生大根における破断荷重は、大根が田辺大根に対して有意に高値を示した ($p = 0.015$)。加熱調理で比較すると、煮大根には有意差が認められなかったが、蒸し大根において田辺大根は大根よりも破断荷重が大きかった ($p = 0.038$)。最大破断荷重も同様に、生大根では大根が田辺大根よりも有意に高値を示し ($p = 0.014$)、煮大根には有意差が認められなかったが、蒸し大根において田辺大根は大根よりも破断荷重が大きかった ($p = 0.023$)。しかし、生大根の破断歪率は田辺大根よりも大根の方が大きかったが ($p < 0.001$)、煮大根または蒸し大根では逆の傾向を示し、田辺大根の方が大根よりも大きかった ($p < 0.001$, $p = 0.011$)。

Table 9 に大根および田辺大根の CI を示す。生大根、煮大根および蒸し大根において、大根の CI (全段階) に統計学的な有意差は認められなかった。そこで各段階の解析を行った。生大根の初期段階 (破断から 0~3 秒) では大根と田辺大根の間にほとんど違いはみられなかったが、中期段階 (4~6 秒)、後期段階 (7~9 秒) になるにつれて大根の CI が高い傾向が示された。煮大根の各段階の CI は、大根および田辺大根間に有意差は認められなかったが、蒸し大根では田辺大根の後期段階 (7~9 秒) の CI が大根よりも有意に高い値を示した ($p = 0.004$)。また、各調製方法の大根の CI は、統計学的な有意差は認められなかったものの破断荷重と同じ傾向を示した。つまり、生大根の破断荷重は大根の方が高く ($p = 0.015$)、蒸し大根の破断荷重は田辺大根の方が高かったが ($p = 0.038$)、生大根の CI も大根の方が高く、蒸し大根の CI も田辺大根の方が高い傾向が示された。

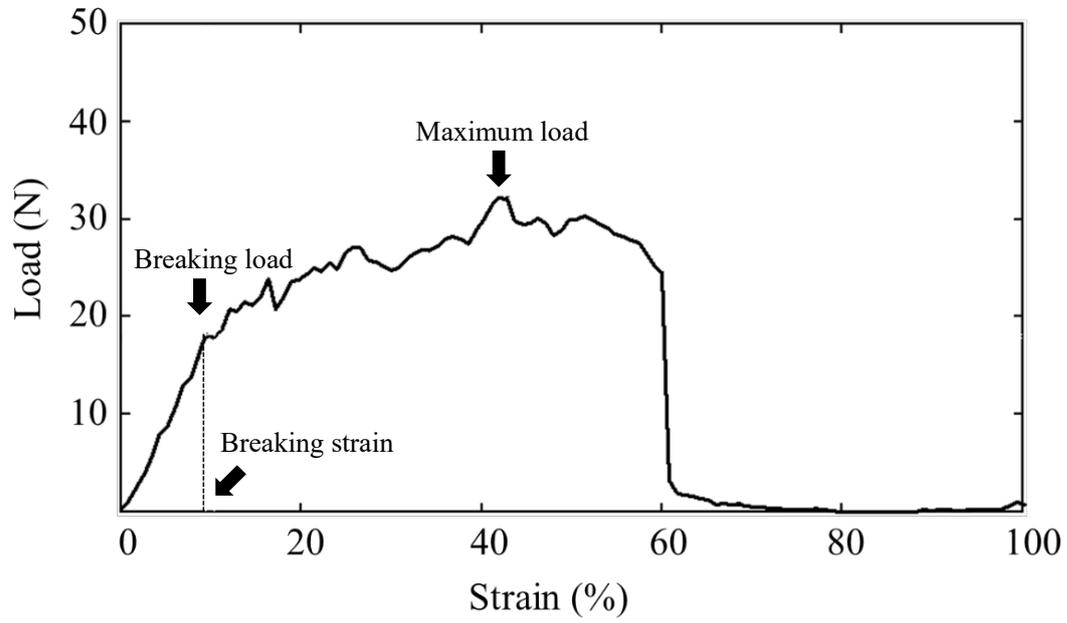
A-1



A-2



B-1



B-2

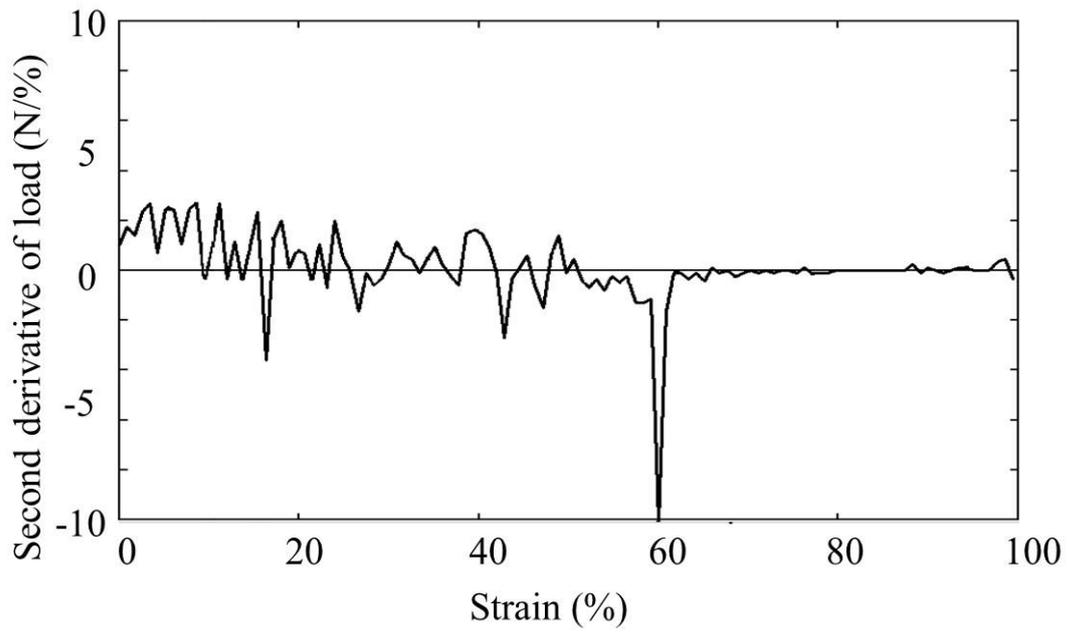


Fig. 14 各大根の破断波形 (1) および二次微分波形 (2)

A:大根, B:田辺大根

Table 8 Results of the breaking test of the samples

Parameters	Raw			Simmered			Steamed		
	Daikon	Tanabe	P-value	Daikon	Tanabe	P-value	Daikon	Tanabe	P-value
Breaking load (N)	26.6 ± 4.1	19.5 ± 3.0	0.015	15.6 ± 5.0	13.7 ± 4.5	0.557	8.2 ± 1.1	10.1 ± 1.3	0.038
Maximum load (N)	32.7 ± 1.5	27.1 ± 3.8	0.014	15.8 ± 4.7	15.4 ± 3.6	0.883	8.2 ± 1.1	10.3 ± 1.2	0.023
Breaking strain (%)	15.0 ± 0.4	14.0 ± 3.8	<0.001	21.0 ± 1.3	29.3 ± 3.0	<0.001	22.8 ± 2.3	29.2 ± 3.7	0.011

The characteristic of the radish sample, the largest breaking phenomenon was observed after several breaking phenomena.

Breaking load is the load that initially caused the breaking phenomenon.

Maximum breaking load is the load that caused the largest breaking phenomenon.

Breaking strain is the strain rate that caused the first breaking phenomenon.

Measurements were replicated 5 times for each cooking type, and the average value was calculated using Student's t-test.

2. 表面筋電図測定

咀嚼・嚥下の表面筋電図を解析した特性値を Table 10 に示す。生または煮調理における 2 種類の大根の咀嚼回数および咀嚼時間に有意差は認められなかったが、蒸し調理の田辺大根は大根よりもかなり多くの咀嚼回数を要し ($p = 0.017$)、咀嚼時間も長かった ($p = 0.004$)。そして、咬筋の最大振幅値も、田辺大根の方が大根よりも有意に高かった ($p = 0.031$)。一方、3 種類の調理方法 (生, 煮, 蒸) においても、嚥下回数および舌骨上筋群の最大振幅に有意差はなかった。

また、筋活動は、調理方法によって異なった。生大根の舌骨上筋群の筋活動量 ($p = 0.026$) と総筋活動量 ($p = 0.043$) および蒸し大根の舌骨上筋群の筋活動量 ($p = 0.001$) と総筋活動量 ($p = 0.002$) は、田辺大根の値が大根よりも高かったが、煮大根では差がみられなかった。

3. 分析型官能評価

大根および田辺大根の官能評価の結果を Table 11 に示す。生大根において、田辺大根は大根よりも辛味が強かった ($p = 0.037$)。そして、田辺大根の食感は大根よりも良いと評価された ($p = 0.008$)。また、煮大根や蒸し大根では、大根と田辺大根に統計学的に有意な差は認められなかった。

Table 9 Differential value of waveform in break measurement

Parameters	Raw			Simmered			Steamed		
	Daikon	Tanabe	P-value	Daikon	Tanabe	P-value	Daikon	Tanabe	P-value
CI (0-9sec; all stages)	101.4 ± 10.1	78.3 ± 20.1	0.061	31.8 ± 8.3	29.7 ± 7.8	0.685	15.7 ± 2.8	19.7 ± 3.2	0.071
CI (0-3sec; early stage)	29.8 ± 2.1	28.1 ± 8.0	0.656	9.4 ± 3.0	5.4 ± 3.8	0.107	6.1 ± 1.0	4.6 ± 2.2	0.204
CI (4-6sec; middle stage)	24.9 ± 10.5	20.8 ± 3.9	0.456	9.2 ± 2.6	12.7 ± 5.2	0.229	5.4 ± 1.5	7.9 ± 2.3	0.079
CI (7-9sec; late stage)	46.7 ± 17.3	29.4 ± 11.5	0.104	13.2 ± 5.4	11.6 ± 4.7	0.773	4.3 ± 1.1	7.2 ± 0.3	0.004

In 3 stages (early, middle, and late-stage), a Student's t-test was used to compare two radishes.

Table 10 Characteristic values in EMG measurement

Parameters	Unit	Raw			Simmered			Steamed		
		Daikon	Tanabe	P-value	Daikon	Tanabe	P-value	Daikon	Tanabe	P-value
Number of chewing strokes	times	36.4 ± 9.0	38.4 ± 9.5	0.322	23.7 ± 9.9	25.1 ± 10.3	0.213	22.7 ± 8.4	25.6 ± 6.3	0.017
Number of swallows	times	3.0 ± 0.7	3.1 ± 0.5	0.333	2.5 ± 0.8	2.7 ± 0.8	0.173	2.5 ± 0.6	2.6 ± 0.7	0.383
Mastication times	sec	25.6 ± 5.5	26.8 ± 5.9	0.115	17.7 ± 5.7	18.4 ± 6.3	0.253	16.8 ± 5.3	18.9 ± 5.1	0.004
Maximum amplitude of masseter muscle	mV	0.50 ± 0.1	0.53 ± 0.2	0.095	0.29 ± 0.2	0.32 ± 0.2	0.066	0.28 ± 0.2	0.32 ± 0.1	0.031
Maximum amplitude of suprahyoid muscle	mV	0.35 ± 0.1	0.37 ± 0.2	0.202	0.29 ± 0.1	0.27 ± 0.1	0.116	0.26 ± 0.1	0.28 ± 0.1	0.132
Masseter muscle activity	mV*s	1.46 ± 0.2	1.55 ± 0.3	0.063	0.90 ± 0.4	0.95 ± 0.4	0.195	0.81 ± 0.2	0.93 ± 0.3	0.001
Suprahyoid muscles activity	mV*s	1.13 ± 0.3	1.19 ± 0.3	0.026	0.71 ± 0.3	0.74 ± 0.3	0.270	0.67 ± 0.2	0.77 ± 0.2	0.001
Total muscles activity	mV*s	2.60 ± 0.4	2.74 ± 0.5	0.043	1.61 ± 0.6	1.69 ± 0.7	0.218	1.45 ± 0.4	1.71 ± 0.5	0.002

- Sixteen subjects took part in EMG measurements (mean age 23.0 ± 3.8 years).

- A subject ate twice for each radish (n = 32).

- A paired t-test was used to compare two radishes.

Table 11 Characteristic values in sensory evaluation

Question items	Raw				Simmered				Steamed																		
	Daikon		Tanabe		Daikon		Tanabe		Daikon		Tanabe		P-value														
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4															
Sweetness intensity ¹	6	11	14	1	9	13	8	2	0.471	6	19	5	2	9	15	8	0	0.331	7	15	10	0	8	15	7	2	0.645
Pungent intensity ¹	0	2	7	23	1	9	3	19	0.037	0	4	7	21	0	6	7	19	0.827	0	4	8	20	1	4	10	17	0.875
Mouthfeel ²	15	16	1	0	26	6	0	0	0.008	7	15	9	1	10	17	4	1	0.453	6	15	8	3	8	17	4	3	0.625

The numbers in Table 4 are the scores of the 16 participants (mean age 23.0 ± 3.8 years).

A participant answered twice per radish (n = 32).

Data tested by Fisher's exact test.

¹ Sweetness and pungent intensity are as follows: 1; very strong, 2; somewhat strong, 3; somewhat weak, 4; very weak.

² Mouthfeel is as follows: 1; excellent, 2; good, 3; fair, 4; poor.

IV. 考察

生大根の場合、破断試験で得られた破断荷重の値と EMG の解析結果は必ずしも一致していなかった。最大破断荷重は大根が田辺大根よりも統計学的に有意に高値を示したものの ($p=0.014$)、EMG における咬筋の最大振幅に有意差は認められなかった。破断曲線に基づいて破断開始 (0 秒) から 9 秒までの CI を 3 段階に分けて解析した結果、どの段階も大根の方が田辺大根よりも CI が高く、とりわけ後期段階 (7~9 秒) の CI が高かった。一方、EMG において、田辺大根は大根よりも咬筋の最大振幅がわずかに高かった。咬筋の最大振幅は、咀嚼した食品の硬さを示す指標であり⁶²⁻⁶⁶、田辺大根は大根よりも硬い食感を持つ可能性を示している。一方、官能評価の結果、田辺大根の食感は大根よりも優れており ($p=0.008$)、田辺大根の辛味は強いと評価された ($p=0.037$)。つまり、生で食べる場合、田辺大根は辛味と食感の良さが特徴的な大根であることが示唆された。

加熱調理法の違いにより、破断試験や表面筋電図測定結果において 2 種類の大根にやや異なる傾向がみられたが、官能評価の結果に有意な差は認められなかった。

煮大根における大根と田辺大根には破断試験や表面筋電図測定結果に大きな差はみられなかった。しかし、田辺大根の破断歪率に関しては大根よりも有意に高かった ($p<0.001$)。田辺大根の CI が 3 段階 (初期, 中期, 後期) でほぼ一定であったことに関係している可能性がある。

蒸し大根に関しては、破断試験の各項目 (破断荷重, 最大破断荷重, 破断歪率) において田辺大根は大根よりも有意に高値を示した。EMG の結果によると、田辺大根は咀嚼回数, 咀嚼時間, 咬筋の最大振幅および咬筋活動量において大根よりも有意に高値を示した。つまり、破断試験と EMG の結果に一致がみられた。加熱調理の影響を検討すると、大根よりも田辺大根の方が生大根測定時の値の低下が少なかったため、軟化効果が小さかったと言える。

加熱による野菜の軟化は、食品科学の観点から重要な現象である。野菜の軟化の度合いは、ペクチンの量と質によって決まる。Fuchigami は、不溶性食物繊維（ヘミセルロース、セルロース、リグニン等）の量は、大根の軟化に大きな影響を与えなかったと報告した^{69,70}。さらに、エステル化度の低いペクチンを多く含む大根は組織のマセレーション（離解）によって分解されにくく、煮沸によって軟化されにくいことが示されている。ペクチンの量と質は、大根と田辺大根で異なる可能性があると考えられる。

V. 小括

本研究では、大根と田辺大根を3種類（生、煮、蒸）の調理法を実施したうえで力学特性、表面筋電図（EMG）測定、官能評価によってその科学的特性を評価した。

破断試験によると、生の大根および田辺大根の破断波形は著しく異なっていた。しかし、加熱調理（煮および蒸）は、2つの大根の違いを低減した。また、大根の破断荷重が田辺大根よりも高い場合、大根のCIも高かった。表面筋電図測定では、咬筋の最大振幅は蒸した田辺大根の方が大根よりも有意に高かった（ $p = 0.031$ ）。官能評価において、生の田辺大根が大根よりも辛味が強く（ $p = 0.037$ ）食感が良い（ $p = 0.008$ ）という特性が見いだされた。

結 論

本研究は、「なにわの伝統野菜」の品目の一つである田辺大根の有する特性を、力学特性、咀嚼・嚥下特性、糖含量分析、官能評価によって科学的に解析した。

第1章では、試料の栽培条件を揃えたうえで田辺大根の品種特性を探求した。F₁品種の大根(品種名‘耐病総太り’)と比較して、田辺大根(品種名‘田辺’)が有する根部の物性および糖含量の特性を明らかにするために、破断試験、糖含量分析、官能評価を行った。生大根の官能評価および破断試験の結果、「歯ごたえの強さ」や破断荷重等の硬さに関する項目に関して田辺大根は、大根より高く、歯ごたえが強いことが推測された。生大根の糖組成を調査した結果、田辺大根はスクロースとグルコースを主体とする糖組成であること、大根とは異なる経時変化をすることが示された。煮大根の破断試験および官能評価の結果、田辺大根は大根に比べて加熱中の軟化が緩やかであり、加熱後も硬い食感を持つことから、煮崩れしにくいと考えられた。

第2章では、食品の硬さを測定する常法として用いられている破断試験にくわえて、近年人が咀嚼・嚥下した際の特性を探求するために用いられている表面筋電図測定とともに、同時にその被験者に官能評価を実施した。その結果、生大根において、辛味が強くて食感がよいという田辺大根の特性が示唆された。Kaetsuら¹⁷は田辺大根のたくあん漬けの特性を調査しているが、甘味の強い大根(品種名‘耐病総太り’)に比べて辛味の強い田辺大根の商品価値の評価は低かったことを報告している。加熱調理を行うことで辛味の特性は一般的な大根に近くなったため、田辺大根は加熱調理を行う方が食べやすくなる大根であると考えられる。加熱調理を比較すると、だし汁に浸漬した状態で調理する煮調理および水蒸気を利用して加熱する蒸し調理の双方ともに田辺大根の方が大根よりも破断測定値および咀嚼特性値が高かった。つまり、田辺大根の加熱による軟化は大根よりも緩やかである特性が示唆された。これは、加熱時の肉質を保持

したい調理に適する特性であると考えられる。

これらの研究結果から、田辺大根は煮調理に適した大根であり、加熱調理によって辛味や甘味の風味が喫食者にとって好ましく改善され、その肉質は一般的な大根よりも好まれることが明らかとなった。

田辺大根は市場に出回る F₁ 品種の大根とは異なる性質を有しているが、現代の人々に好ましく受け入れられる大根である可能性が示唆された。

今後は、田辺大根の辛味成分量の解明や、より調査対象年齢層を増やした調理法別の官能評価を行いたいと考えている。

文 献

1. 香坂玲, 富吉満之 (2015) “伝統野菜の今”, 清水弘文堂書房, 東京, p. 59.
2. 内閣府 (2016) “食育推進基本計画”, 内閣府, < <http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/9929094/www8.cao.go.jp/syokuiku/about/plan/index.html> >. [accessed 18 January 2021]
3. 松井実 (2011) 京野菜ブランド化戦略の新展開ーブランド対策 20 年の成果と課題の検証ー. フードシステム研究, 18:113-116.
4. Eric CR (2014) New Meanings for Old Vegetables in Kyoto. Food Cult. Soc, 17:203-223.
5. 大阪府環境農林水産部農政室(2019) “なにわの伝統野菜”, 大阪府, < <http://www.pref.osaka.lg.jp/nosei/naniwanonousanbutu/dentou.html> >. [accessed 18 January 2021]
6. 大阪府環境農林水産部流通対策室(2021) “大阪産(もん)”, 大阪府, < http://www.pref.osaka.lg.jp/ryutai/osaka_mon/index.html >. [accessed 18 January 2021]
7. 森下正博 (2001) 大阪在来 ‘毛馬’ キュウリの来歴と品種特性. 大阪府立農林技術センター研究報告, 37:27-34.
8. 森下正博 (2003) キュウリ果実テクスチャーの品種間差. 大阪府立食とみどりの総合技術センター研究報告, 39:1-5.
9. 嘉悦佳子, 森川信也, 磯部武志ほか (2010) 栽培法の差異および湛液型水耕栽培における培養液濃度の差異が‘毛馬’キュウリ (*Cucumis sativus* L. cv. Kema) の苦味発現および品質に及ぼす影響. 日本食品保蔵科学会誌, 36:221-226.
10. 嘉悦佳子, 森川信也, 中村謙治ほか (2012) 水耕栽培における窒素施用量およびアンモニア態窒素と硝酸態窒素の割合が‘毛馬’キュウリ (*Cucumis sativus* L. cv. Kema) の苦味発現および収量に及ぼす影響. 日本食品保蔵科学会誌, 38:141-146.

11. 嘉悦佳子 (2013) 「なにわの伝統野菜」の品質向上と栽培技術の改善に関する研究. 日本食品保蔵科学会誌, 39:93-99.
12. 嘉悦佳子 (2012) 数種の大阪府特産野菜における硝酸イオンの低減による品質向上. 日本調理食品研究会誌, 18:158-165.
13. 油谷藍子, 岸映理, 尾崎麻子ほか (2016) なにわ伝統野菜の栄養成分組成の解明. 大阪市立環科研報告, 78:21-30.
14. 門田寅太郎, 伊藤清 (1949) 野崎白菜と晩生大阪しろ菜の四倍體の特性. 園芸学会雑誌, 18:57-61.
15. 猪崎政敏 (1951) 大阪しろ菜に於ける施肥法と収量との関係. 園芸学会雑誌, 20:65-69.
16. 嘉悦佳子, 山崎基嘉, 高井雄一郎ほか (2008) ‘天王寺’カブ 3 系統の抽台に伴う生育ならびに根部糖含量の変化. ベジタリアン・リサーチ, 9:1-6.
17. Kaetsu K, Yamasaki M, Abe K (2010) Characteristics of Takuan Pickles from ‘Tanabe’ (*Raphanus sativus* L. cv. Tanabe): Case Study Evaluating “Naniwa Traditional Vegetables”. Food Preserv Sci, 36:125-130.
18. 杉本温美, 白井裕紀子, 山中麻理子 (2001) クワイ 3 品種およびこれらの交配系統の球茎の澱粉の性質について. 応用糖質科学, 48:115-112.
19. 山崎基嘉, 高井雄一郎, 佐野修司ほか (2011) タマネギ‘吉見早生’の品種特性. 大阪府環境農林水産総合研究所研究報告, 4:33-37.
20. 内藤重之, 森下正博 (2007) 「なにわの伝統野菜」の復活と地域・産業振興の取り組み. 大阪府立食とみどりの総合技術センター研究報告, 43:5-12.
21. 大阪府健康医療部 (2007) “大阪府食育推進計画”, 大阪府, < <http://www.pref.osaka.lg.jp/kenkozukuri/syokuiku/keikaku.html> >. [accessed 18 January 2021]
22. 大阪府健康医療部 (2012) “第 2 次大阪府食育推進計画”, 大阪府, < <http://www.pref.osaka.lg.jp/kenkozukuri/syokuikukeikaku2/index.html> >. [accessed 18 January 2021]
23. 大阪府健康医療部 (2018) “第 3 次大阪府食育推進計画”, 大阪府, < <http://www.pref.osaka.lg.jp/kenkozukuri/syokuiku/syokuikukeikaku3.html> >. [accessed 1

8 January 2021]

24. 金沢大学地域創造学類香坂研究室・株式会社日本政策投資銀行北陸支店 (2014) 加賀野菜の認知度等に関するアンケート調査ー加賀野菜のブランドの発信・普及に向けてー. 共同調査レポート, 株式会社日本政策投資銀行, < http://www.dbj.jp/pdf/investigate/area/hokuriku/pdf_all/hokuriku_1403_01.pdf >. [accessed 18 January 2021]
25. Uchiyama Y, Matsuoka H, Kohsaka R (2017) Public recognition of traditional vegetables at the municipal level: Implications for transgenerational knowledge transmission. *J. Ethn. Foods*, 4, 94-102.
26. 清水正博 (2010) 小売業における地域ブランドの展開からみる可能性と課題. *農林業問題研究*, 45:336-342.
27. 有田俊幸, 宮尾茂雄 (2003) 東京伝統野菜のビタミンCおよび硝酸態窒素含有量と加工原料としての一考察. *東京都立食品技術センター研究報告*, 12:12-16.
28. 前田剛希 (2006) 沖縄伝統野菜の低密度リポタンパク質 (LDL) の酸化抑制能. *沖縄県工業技術センター研究報告*, 8:65-70.
29. 真野博, 清水純, 任良懨ほか (2006) DNA マイクロアレイ解析を用いた沖縄伝統野菜ニガナ (*Crepidiastrum lanceolatum*) の食品機能性評価. *日本栄養・食糧学会誌*, 59:177-183.
30. 善方美千子, 水野時子, 山田幸二 (2006) 会津の伝統野菜「アザキ大根」の一般成分, 無機質, 遊離アミノ酸. *日本食生活学会誌*, 17:40-43.
31. 三宅紀子, 五十嵐歩, 酒井清子ほか (2007) 新潟県産トウナ (苔菜) 類のビタミンCおよびポリフェノール含量について. *日本調理科学会誌*, 40:173-178.
32. 前田剛希, 伊波聡, 津志田藤二郎 (2011) 沖縄伝統野菜のカロテノイド, ビタミンCおよびポリフェノールの定量. *日本食品科学工学会誌*, 58:105-112.
33. 山口智子, 原初代, 西本登志ほか (2012) 大和野菜の一般成分および抗酸化力の評価. *日本調理科学会誌*, 45:197-203.
34. 余座敏和 (2012) 京の伝統野菜及びブランド京野菜の栄養成分の分析. *京都市府中小企業技術センター技報*, 40:67-72.

35. 神田知子, 高橋須眞子, 重藤祐司ほか (2005) 山口県伝統野菜 ‘田屋’ ナスの嗜好特性. 日本調理科学会誌, 38:410-416.
36. 成田公子 (2009) 愛知県の伝統野菜「越津ねぎ」の食味及び嗜好特性の検討. 食生活研究, 29:33-38.
37. なにわ特産物食文化研究会 (2002) “なにわ大阪の伝統野菜”, 農山漁村文化協会, 東京, pp. 40-47.
38. 農林水産省食料産業局知的財産課 (2017) “農林水産植物種類別審査基準”, 農林水産省, <http://www.hinshu2.maff.go.jp/info/sinsakijun/botanical_taxon.html>. [accessed 20 July 2018]
39. 渡邊章子, 中根一恵, 今井克彦ほか (2013) ダイコンに含有される硝酸イオンおよびビタミンCの部位局在性と施肥方法がこれら含量に及ぼす影響. 日本食品科学工学会誌, 60:179-183.
40. 椿信一, 篠田光江, 三浦一将ほか (2015) 辛味ダイコン ‘あきたおにしぼり’ における在来品種 F₁ 化の効果. 園芸学研究, 14:141-146.
41. 上原剛, 市田雪子, 岩井健 (2001) 過熱蒸気を用いた野菜蒸煮処理. 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, 46:139-141.
42. 堀江秀樹, 平本理恵 (2009) ニンジンの蒸し加熱による甘味強化. 日本調理科学会誌, 42:194-197.
43. 渡邊洋一 (2011) クリープメータによる測定, “進化する食品テクスチャー研究” (山野善正監修), エヌ・ティー・エヌ, 東京, pp. 69-77.
44. 廣田智子, 吉田晋弥, 永井耕介 (2013) 黒ダイズにおける吸水特性及び煮豆の破断特性に及ぼす高温での浸漬処理の影響. 日本調理科学会誌, 46:179-187.
45. 松本仲子 (2011) 調理と食品の官能評価, 建帛社, 東京, pp. 112-120.
46. 椿信一 (2017) 秋田県におけるダイコン地方品種の育成と, それに関わる諸形質の遺伝・育種学的研究. 秋田県農業試験場研究報告, 56:1-79.

47. 三浦靖 (2014) 食品レオロジーの面白さ. 日本レオロジー学会誌, 42:157-159.
48. 持丸由香, 富田圭子, 大谷貴美子ほか (2007) 大根の乾燥, 水戻し過程における糖とミネラルの変化. 日本調理科学会誌, 40:456-461.
49. 伊藤汎 (1986) 甘味の系譜とその科学, 光琳, 東京, p.162.
50. 湊上倫子, 小西英子, 岡本賢一ほか (1977) 野菜の加熱調理に関する研究(第2報) 調理時における野菜の硬化現象について. 岡山県立短期大学研究紀要, 21:14-20.
51. 杉山法子, 鈴野弘子, 三好恵真子ほか (1993) 野菜の官能特性の評価. 調理科学, 26:315-326.
52. Rennie C, Wise A (2010) Preferences for steaming of vegetables. *J Hum Nutr Diet*, 23:108-110.
53. Palermo M, Pellegrini N, Fogliano V (2014) The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *J Sci Food Agric*, 94:1057-1070.
54. Kalala G, Kambashi B, Everaert N, et al. (2018) Characterization of fructans and dietary fibre profiles in raw and steamed vegetables. *Int J Food Sci Nutr*, 69:682-689.
55. Boyar MM, Kilcast D (1986) Food texture and dental science. *J Texture Stud*, 17: 221-252.
56. Plesh O, Bishop B, McCall W (1986) Effect of gum hardness on chewing pattern. *Exp Neurol*, 92:502-512.
57. 柳沢幸江, 田村厚子, 寺元芳子 (1989) 咀嚼筋活動量とテクスチュロメーター特性値の相関性. 日本家政学会誌, 40:1011-1016.
58. Mioche L, Bourdiol P, Martin J-F, et al. (1999) Variations in human masseter and temporalis muscle activity related to food texture during free and side-imposed mastication. *Arch Oral Biol*, 44:1005-1012.
59. Chen J (2009) Food oral processing—A review. *Food Hydrocolloids*, 23:1-25.
60. Funami T, Ishihara S, Kohyama K (2014) Use of electromyography in measuring food texture, “Food Texture Design and Optimization” (Yadunandan LD, Joseph ML,

editors), Wiley-Blackwell, Oxford, pp. 283-307.

61. González R, Montoya I, Cárcel J (2001) Review:the Use of Electromyography on Food Texture Assessment. *Food Sci Tech Int*, 7:461-471.
62. Kohyama K, Nakayama Y, Watanabe H, et al. (2005) Electromyography of Eating Apples: Influences of Cooking, Cutting, and Peeling. *J Food Sci*, 70:257-261.
63. Kohyama K, Hayakawa F (2007) Relationship between Physical Properties of Solid Foods and the Masticatory Parameters. *J Masticat & Health Soc*, 17:35-44.
64. Imai E, Miyake N, Nigorikawa Y, et al. (2008) Effect of Size Mouthful Amount of Foods on the Mastication Properties and Texture. *J Home Econ Jpn*, 59:891-901.
65. Imai E, Sato S (2008) Electromyographic Measurement for Expressing Food Texture. *J Home Econ Jpn*, 59:955-967.
66. 岩崎裕子, 大越ひろ (2013) 固形物の硬さがきざみ食の食べやすさに及ぼす影響—調理法の異なる大根を用いて—。 *日本調理科学会誌*, 46:23-30.
67. 堀江秀樹, 伊藤秀和, 一法師克成ほか (2004) キュウリ果肉部の物理性評価法の開発。 *園学研*, 3:425-428.
68. 今木雅英, 北澤由梨, 小川由紀子ほか (2011) 表面筋電位を指標とした古代米酒粕パンの評価に関する研究。 *医学と生物学*, 155:433-438.
69. Fuchigami M (1987) Relationship Between Pectic Compositions and the Softening of the Texture of Japanese Radish Roots During Cooking. *J Food Sci*, 52:1317-1320.
70. Fuchigami M (1988) Effects of Harvest Time and Position of the Segments of Japanese Radish Roots on Softening during Cooking, Pectic Composition, and Dietary Fibers. *J Home Econ Jpn*, 39:1241-1247.

謝 辞

本研究に際し、ご懇篤なるご指導、ご鞭撻を賜りました大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究科 神谷重樹教授、吉田幸恵教授、故今木雅英教授に謹んで深謝の意を表します。

また、同研究科 小川由紀子教授からは博士前期課程から博士後期課程にかけて親身なご指導や温かいお言葉の数々を賜りました。深く感謝申し上げます。同研究科 乾博教授には、竹中重雄教授とともに大阪府立環境農林水産総合研究所との共同研究開始時に大変お世話になり、心より感謝申し上げます。同研究科の高尾理樹夫准教授には、本研究開始時から実験指導や統計解析等をご指導頂きました。心より感謝申し上げます。

本研究の共同研究者として田辺大根の栽培および糖含量分析を担ってくださった、大阪府立環境農林水産総合研究所の高井雄一郎氏、北田康祐氏、山崎基嘉主任研究員に、心より感謝申し上げます。