２.機能性成分・活用性等調査

－各種機能性成分を有した国産農作物（国産カンキツ類）－

２．機能性成分・活用性等調査
－各種機能性成分を有した国産農産物（国産カンキツ類）－

（１）はじめに

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
食品総合研究所　石川（高野）祐子

我が国では南北に長い島国という地理条件から、亜熱帯性から寒帯性まで多種多様な果樹が生産されている。平成 19 年における果樹栽培面積は、耕地作付面積のうちの 6%であるが､産出額としては農業総生産額の 9.2%を占めている。

このうち、最も出荷量の多いものがウンシュウミカンをはじめとするカンキツ類である。カンキツ類の経済栽培は千葉県を北限とし、甲信越・山陰をのぞく沖縄県までの 22 府県にわたる。そして、生食のみならず、果汁・製菓原料・酸味料など様々な加工用途があることと、特徴的な成分を多く含み、生体機能性の研究の進んでいる作物の一つであることから、今年度の素材・成分情報として取り上げ、その特徴や産地、加工適性および生体調節機能についてまとめた。

一般にカンキツ類とはミカン亜科のカンキツ属（*Citrus*）・キンカン属（*Fortumella*）・カラタチ属（*Poncirus*）に含まれる植物を指し、インドから中国中南部を原生とし、海を越えて日本に渡来したものと考えられている。カンキツに関する最も古い記録には、古事記や日本書紀に「トキジクノカグノコノミ（非時香菓）＝現在の橘（タチバナ)」という記述があるが、実際には橘は我が国原産であることから、これはダイダイか小ミカンであったと考えられている。その後、奈良・平安時代にカラタチやユズ、柑子（こうじ）が、さらに江戸時代には現在見られるような様々なカンキツ類が導入されている。紀伊国屋文左衛門の話で知られるように、当時は種の多い紀州ミカンがほとんどであり、ウンシュウミカンは種なしであるために縁起が悪い（武家社会では子孫を残せないことが忌まれたため）とされて、あまり栽培されていなかった。現在のように、ウンシュウミカンが主流となったのは明治の中頃からである。

また、カンキツ類は､「右近の橘、左近の桜」というように古くから我々の身近に存在した果樹であり、常緑性であることから永遠・長寿のシンボルともされている。さらに、橙（だいだい)「橙＝代々（何代も続いて繁栄する)」あるいは別名：回青橙（かいせいとう：樹上に置いておくと、黄色く色づいた実が青色に戻る）のように縁起の良いものとして正月飾りに用いられている。さらに、俗説に「ミカンが色づくと医者が青ざめる」といわれるように、古くから健康によい果物とされ、実際に生薬などとしても用いられていた。

カンキツ類の果実は植物学的には液果に属するが、特有な形状から柑果（かんか：hesperidium）と呼ばれることもある。果実は子房壁が肥大したもので、果皮は外果皮（フラベド:一番外側の黄色い部分）と中果皮（アルベド：内側の白い部分)、さらに果汁を蓄える砂じょう（砂のうとも呼ばれる房状の部分）を包むじょうのう膜（いわゆる袋と呼ばれる部分）と呼ばれる内果皮からなる（図

1)。また、種子の有無により有核、無核と呼ぶ。この独特な形状が、種々の利用・加工方法を生み出している。

カンキツ類の名称は、ウンシュウミカンのように、皮が薄くむきやすい（寛皮性：かんぴせい）品種（学名：*Citrus reticulata*）をマンダリン（果皮色が黄色～橙色:mandarin)、あるいはタンジェリン(果皮色が橙色～赤色:tangerin)と呼ぶ。その他オレンジ類（スイートオレンジ・ビターオレンジ）は *Citrus sinensis*、ブンタン（ザボン）は *Citrus maxima*、グレープフルーツはブンタンとオレンジの自然交雑種であるため、*Citrus x paradise*（雑種を示す表記）と表わされる。その他、タンゴール（tangor：清見（きよみ)、不知火（しらぬひ：通称デコポン)、タンカンなど)、タンゼロ（tangelo：ミネオラ、セミノール、イヨカンなど）と呼ばれるカンキツはそれぞれタンジェリンとオレンジ、タンジェリンとブンタン（英名 pummelo）の交雑種であることを示す。

生産量としてはウンシュウミカンが最も多いが、中晩生カンキツや香りや酸味を楽しむ調理用品種（香酸柑橘とも言う）には地域特有の品種も多く見られる（表 1)。食用ではないが盆栽などに用いられる観賞用品種として、シキキツ（四季橘)、ブッシュカン（仏手柑)、キンズ、雲龍などがある。さらに、病虫害への抵抗性などの特徴を利用する台木用品種としてラフレモンやカラタチなどが用いられる。

また、一般に果樹では種子が遺伝的にヘテロであり親とは異なる形質を示すため、栄養繁殖（接ぎ木）によって増殖させる。それに対し、一部のカンキツ類には珠心胚（しゅしんはい）という母親と同じ形質を受け継ぐ胚珠（はいしゅ）が、受精によって出来た胚珠と共に存在するという多胚種子と呼ばれる種子を持つものがある。これは親の形質の継承という点から興味深い繁殖方法であり、珠心胚実生（みしょう：珠心胚から発生した樹）から選抜された品種として、ウンシュウミカン品種の「興津早生（おきつわせ)」が挙げられる。

現在、国産のカンキツ類は早生から晩生の品種まであわせると、ほぼ周年での供給が行われるようになっている。つまり、スーパーマーケットに行けば、いつでも何かのカンキツが手に入る状況であるが、逆にそれぞれの品種に特徴がなければ、埋もれてしまうともいえる。地域特産のカンキツ類は、ぜひともその特徴を生かして製品化していただきたいと考える。

地域特産のカンキツ類は種類が多く、本項ではすべてを記載することは難しいため、(独）農研機構　果樹研究所で育成された品種を中心に、中晩生のカンキツ類についても各県の担当者に執筆をお願いした。快くお引き受けくださった執筆者の方々に心から感謝申し上げたい。

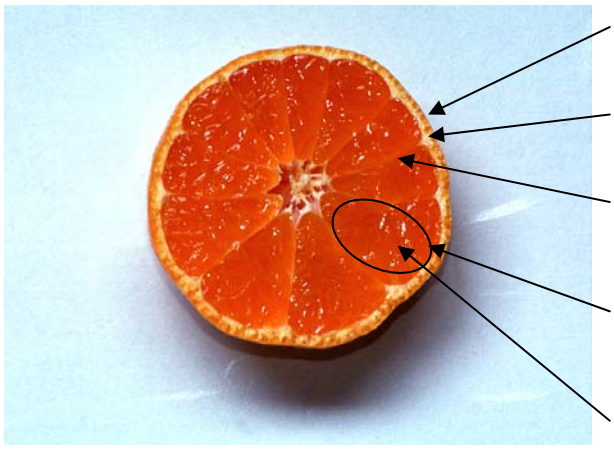


図１　カンキツ果実の形態（例　ウンシュウミカン）

表１　カンキツの分類と品種

分　類		品種（例）
生食用品種	タンジェリン・マンダリン	ウンシュウミカン、クレメンティン、ポンカン、大紅ミカン、地中海マンダリン、アンコール、カラ、佐賀マンダリン、南香、早香、サンバースト、フォルグロ
	スイートオレンジ	ワシントンネーブル、バレンシア、パイナップル、ハムリン、シャムーティ、サルスチアーナ、福原オレンジ、ブラッドオレンジ
	タンゴール	タンカン、テンプル、マーコット、清見、不知火、清峰、津之香、南風、アムバースイートオレンジ
	タンゼロ	オーランド、ミネオラ、セミノール、イヨカン、スイートスプリング、サマーフレッシュ
	タンゼリン・タンゼロ	ロビンソン
	ブンタン	晩平柚、本田ブンタン、平戸ブンタン、江上ブンタン、土佐文旦、水晶ブンタン、アンセイカン
	グレープフルーツ	ダンカン、マーシュシードレス、スタールビー、オロブランコ
	雑柑類	夏ミカン（ナツダイダイ）、ハッサク、ヒュウガナツ、サンボウカン、ナルト、キンコウジ、カワチバンカン
	キンカン（*Fortunella*）	ネイハキンカン（ニンポウキンカン）、ナガミキンカン、マルミキンカン
調理用品種	ライム	メキシカンライム、タヒチライム
	レモン	スイートレモン、ベルナレモン、リスボンレモン
	ユズ	ユズ、スダチ、カボス
	ダイダイ	サワーオレンジ、カブス（ダイダイ・臭橙）、カイセイトウ
	その他	ハナユ、じゃばら、新姫

観賞用品種	カラタチ（*Ponsirus*）	飛龍、雲龍
		ブッシュカン（仏手柑）

果樹園芸大百科　第 1 巻カンキツ（農文協）より作成

（２）ウンシュウミカン

①産地と品種

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　カンキツ研究興津拠点　生駒吉識

ｉ）カンキツ類の分類

ウンシュウミカンやオレンジなどを、一般的にカンキツ類と総称するが、カンキツ類とは、植物分類上の、カンキツ（*Citrus*）属、キンカン（*Fortunella*）属、カラタチ（*Poncirus*）属に属する植物のことである。

カンキツ属には、ウンシュウミカン、オレンジ、グレープフルーツ、レモンなどがあり、田中長三郎氏は形態的な違いなどがあれば別種と見なしたため、カンキツ属の植物に多数の種名を与えた。その結果、同氏による分類では、この属には 162 の種が含まれるとされている[1)]。一方、Swingle 氏の分類では、カンキツ属の植物には形態的な違いがあっても雑種と見なされるものが多く、種として位置づけるのに値するものは少ないと考えたため、カンキツ属の種は合計 16 種と少ない[1)]。例えば、Swingle 氏は、寛皮性（かんぴせい：皮がむきやすい）のカンキツ属植物を総称してマンダリンと呼び、*Citrus reticulata* Blanco という１つの学名を与えたが、田中氏はそれらを細かく分類し、それぞれに学名を与えた（表１）。

表１　Swingle 氏と田中氏による寛皮性カンキツの分類

Swingle氏の分類		田中氏の分類	
和名	学名	和名	学名
マンダリン	*C. reticulata* Blanco	クネンボ	*C. nobilis* Lour.
		ウンシュウミカン	*C. unshiu* Marc.
		ヤツシロ	*C. yatsushiro* Hort. ex Tanaka
		ケラジ	*C. keraji* Hort. ex Tanaka
		オートー	*C. oto* Hort. ex Y. Tanaka
		タロガヨ	*C. tarogayo* Hort. ex Y. Tanaka
		ポンカン	*C. reticulata* Blanco
		チチュウカイマンダリン	*C. deliciosa* Ten.
		ゲンショウカン	*C. genshokan* Hort. ex Tanaka
		オオベニミカン	*C. tangerina* Hort. ex Tanaka
		クレメンティン	*C. clementina* Hort. ex Tanaka
		ベニコウジ	*C. benikoji* Hort. ex Tanaka
		ジミカン	*C. succosa* Hort. ex Tanaka
		ビンキツ	*C. platymamma* Hort. ex Tanaka
		ラドー	*C. paratangerina* Hort. ex Tanaka
		シカイカン	*C. suhuiensis* Hort. ex Tanaka
		マンキツ	*C. tardiferax* Hort. ex Tanaka

この結果、学名で示した場合、どのカンキツ類を指すのかわかりにくいという混乱が生じた。具体的には、*Citrus reticulata* Blanco と学名で示した場合には、Swingle 氏の分類によるとウンシュウミカンやポンカンなどの多くの寛皮性カンキツ類を含むが、田中氏の分類によると、ポンカンだけを示すことになる（表１）。実際、「農産物缶詰及び農産物瓶詰めの日本農林規格」の中では、「み

かん」は、「*Citrus reticulata* Blanco に属するカンキツ類」と定義されており、田中氏の分類に従えば、日本農林規格で定義された「みかん」とはポンカンだけを対象とすることになってしまう。そのため、ここでの定義は、ポンカンだけを対象としているのではなく、ウンシュウミカンなどのカンキツ類も含むと考えられるため、Swingle 氏の分類に基づいていると推定される。我が国では、多くの場合、田中氏の分類に基づいてカンキツ属の植物を示す場合が多いため、上記の日本農林規格のようにSwingle氏の分類を使用するケースは稀であるが、カンキツ類を取り扱うに際には、田中氏及び Swingle 氏のどちらの分類に基づいているのか、注意を払う必要がある。なお、田中氏の分類は、多様なカンキツ属の植物について細かく学名を与えているため、特定のカンキツ属の植物を示しやすい。

ⅱ）ウンシュウミカンの品種分化

ウンシュウミカンは鹿児島県の長島で発生し、原木（現存していない）が存在したと推定されている[1)]。これが、福岡県に伝わり増殖されて在来系が発生した（図１）。さらに、在来系は、愛媛県と大阪府に伝わり、それぞれ平系、池田系となった（平系及び池田系の品種はほとんど現存しない)。在来系からは、「宮川早生（みやがわわせ)」という最も一般的なウンシュウミカン品種が発生している。一方、原木は長崎県にも伝わり、伊木力系となり、さらに尾張地方に伝わって、尾張系が生まれた。現在の多くのウンシュウミカン品種は、宮川早生（在来系から発生）もしくは尾張系から発生したもので、主として、宮川早生由来のものは極早生及び早生品種に、尾張系由来のものは中生及び晩生品種に分化した。

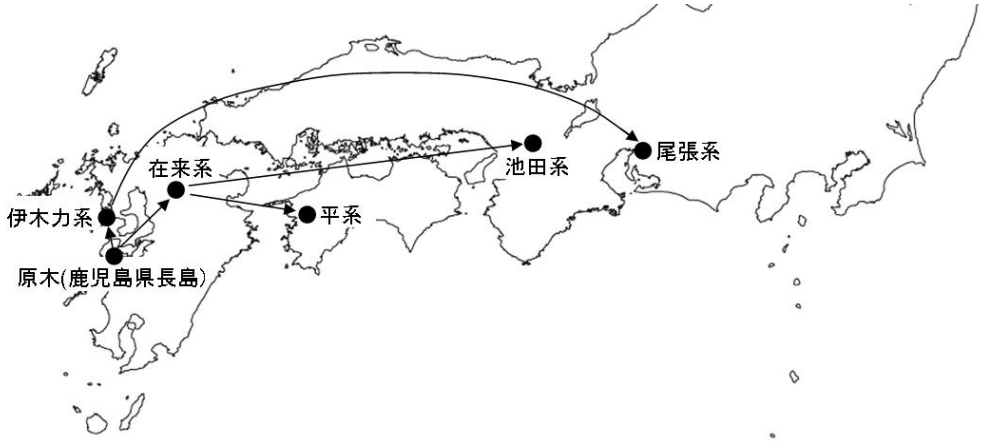


図１　ウンシュウミカンの発生地と品種分化の過程

ⅲ）世界のウンシュウミカンの生産状況

ウンシュウミカンは、上記のとおり我が国で発生したが、その後海外に渡り、世界的に見ても主要なカンキツ品種の１つとなった。ウンシュウミカンだけで国別の生産量を比較することは難しいが、FAOSTAT（FAO が公表している食品に

関するデータベース）によると、ウンシュウミカン、クレメンチンなどのマンダリン類の生産量は、中国、日本、韓国等の東アジア地域、スペイン、エジプト、トルコなどの地中海地域、南米（ブラジル）で多くなっている（2007 年のデータ、図２）。特に、近年の中国での生産量の増加は顕著で、1,500 万ｔを超える（ウンシュウミカンやポンカンが主体と推定される）。この量は、他の国の生産量よりも大幅に多く、我が国の生産量の 15 倍程度であり、中国国内での消費のほか、近隣の東南アジア諸国に輸出されていると見られる。我が国の生産量は 100 万ｔ程度で、世界第 4 位であるが、近年の栽培面積の減少に伴い、隣国の韓国の生産量（約 80 万ｔ）との差が小さくなっている。

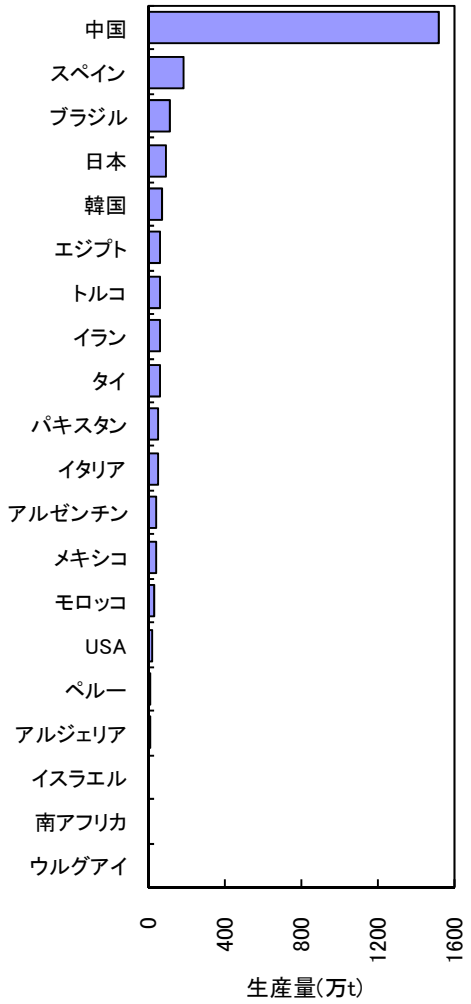


図２　上位 20 か国のマンダリン類の生産量

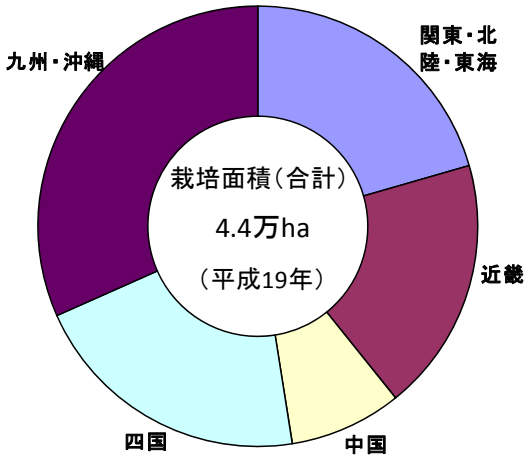


図３　地域別の栽培面積割合

ⅳ）我が国のウンシュミカンの主産地と品種構成

農林水産省生産局生産流通振興課が公表した「平成 19 年度　特産果樹生産動態等調査」によると、ウンシュウミカンの栽培面積は、全国計で 4.4 万 ha であり、地域別に見ると、九州・沖縄地方が最も栽培面積が広く（1.4 万 ha）、次いで四国地方（0.9 万 ha）、関東・北陸・東海地方（0.9 万 ha）、近畿地方（0.8 万 ha）、中国地方（0.4 万 ha）の順となっている（図３）。

九州・沖縄地方のウンシュウミカンの主産県は、熊本県、長崎県、佐賀県である。四国地方では、愛媛県が突出して多く、全国第 2 位（平成 19 年度の栽培面積の調査結果）の栽培面積を有する。関東・北陸・東海地方の主産県は静岡県、神奈川県で、静岡県は全国第 3 位である。近畿地方では、和歌山県が突出して多く、全国第 1 位である。中国地方では、広島県での栽培面積が広い。

地域別の品種構成は図 4 に示した（平成 19 年度　特産果樹生産動態等調査の栽培面積の結果。同調査では、ウンシュウミカンを熟期別に、極早生、早生、中生、普通、晩生に分類しているため、ここでも、その分類に従った)。最も栽培面積の広い九州・沖縄地方では、極早生、早生品種の栽培面積が広く、全国的に見た場合、極早生の主産地域といえる。極早生では、「上野早生（うえのわせ)」（主産県：佐賀県)、「日南（にちなん）１号」（主産県：宮崎県)、「岩崎早生（いわさきわせ)」（主産県：長崎県）が多い。熊本県では同県育成の「豊福早生（とよふくわせ)」が多い。近畿や四国地域は、早生・中生品種の主産地である。近畿地方では、早生品種の「宮川早生」（主産県：和歌山県)、「興津早生（おきつわせ)」（主産県：和歌山県)、中生品種の、「向山温州（むかいやまうんしゅう)」（主産県：和歌山県）の栽培面積が広い。四国地域は、早生品種の「宮川早生」（主産県：愛媛県、）中生品種の「南柑（なんかん）20 号」（主産県：愛媛県）が多い。一方、関東・北陸・東海地方では、晩生品種の栽培面積が広く、晩生品種の主産地である。この地域では、晩生品種の「青島温州（あおしまうんしゅう)」（主産県：静岡県）や「寿太郎温州（じゅたろううんしゅう)」（主産県：静岡県）等の栽培面積が多い。九州地方では、温暖な気候を生かして、出荷時期の最も早い極早生が普及しているのに対して、静岡県では、「青島温州」（貯蔵に適した晩生のウンシュウミカン）を活用し、1～3 月頃まで貯蔵した後販売する体制が整っている。

このようにウンシュウミカンには、成熟期を異にする多くの品種があるが、地域の気象条件に応じて、極早生品種の栽培（九州地方）や貯蔵性の高い晩生の「青島温州」の栽培（静岡県）等が行われており、地域別に特徴のあるウンシュウミカンの栽培・出荷体系が確立されている。

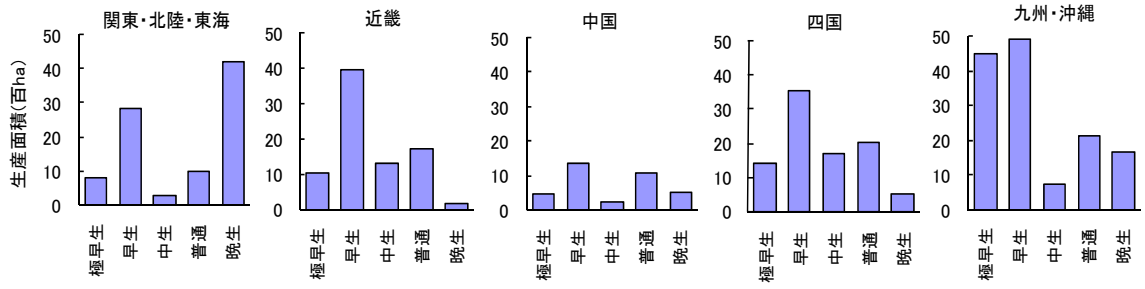


図４　地域別の品種構成

ｖ）代表的なウンシュウミカン品種

表２に、我が国における栽培面積の広さ（平成 19 年度　特産果樹生産動態等調査）に基づき、主要なウンシュウミカン品種と産地を示した。極早生は、減酸や着色が早く 10 月頃に収穫可能になる品種で、品種別にみると、「日南１号」、「上野早生」、「岩崎早生」の栽培面積が広い。極早生は収穫時期が早いため、品質面で（糖度が低いなど）度々問題となってきた。近年は、雨水などの水滴を通さないが、水蒸気を通すことができる被覆資材を土壌にかぶせ、土壌水分を減少させることで、ウンシュウミカン果実の糖度を高める技術が普及しており、この技術で、極早生の糖度も改善される方向にある。なお、極早生品種の多くは慣行収穫期においてリモノイド（果汁加工した際に苦味を呈する成分）含量が他のウンシュウミカンよりも高いことが指摘されており、加工利用する際には、収穫期を遅らせる等の注意が必要であるとされている[2,3]。ただし、アメリカでは、リモノイドの健康機能性に関して研究が活発に行われており、機能性の側面から、「リモノイドを高含有するという極早生の特徴」を生かすことができるかも知れない。（**② 成分情報**の項目を参照）

表２　栽培面積の広い品種と主産県

	品種名	主産県（栽培面積 ha）		
極早生	日南１号	愛媛 (648.2)	宮崎 (401.0)	和歌山 (294.7)
	上野早生	佐賀 (558.2)	和歌山 (293.6)	福岡 (165.3)
	岩崎早生	長崎 (369.6)	熊本 (69.1)	佐賀 (62.9)
早生	宮川早生	和歌山 (2,390.1)	愛媛 (2,010.3)	静岡 (708.8)
	興津早生	熊本 (943.4)	広島 (708.8)	静岡 (675.6)
	原口早生	長崎 (502.0)	福岡 (90.1)	熊本 (57.0)
中生	南柑２０号	愛媛 (1,231.2)	広島 (111.2)	熊本 (89.1)
	向山温州	和歌山 (983.7)	大阪 (141.0)	香川 (5.4)
	させぼ温州	長崎 (315.6)	熊本 (103.6)	佐賀 (20.2)
普通	大津４号	神奈川 (422.4)	佐賀 (275.5)	長崎 (203.1)
	林温州	和歌山 (909.0)	長崎 (110.8)	大分 (67.8)
	尾張系温州	和歌山 (462.0)	愛媛 (190.7)	徳島 (88.5)
晩生	青島温州	静岡 (3,062.6)	熊本 (663.2)	神奈川 (482.2)
	寿太郎温州	静岡 (214.0)	佐賀 (13.9)	三重 (10.0)
	十万温州	徳島 (165.6)	鹿児島 (31.3)	宮崎 (7.4)

早生、中生、普通ウンシュウミカンは、代表的なウンシュウミカン生産県の和歌山県及び愛媛県の主力品種となっている。11 月～12 月上旬頃に収穫可能な品種で、「宮川早生」や「南柑 20 号」の栽培面積が広い。普通ウンシュウミカンの１つの「大津（おおつ）４号」（主産地：神奈川県）は、高糖系と称されるウンシュウミカンの一種で、糖度が高いという特徴を有する。

晩生のウンシュウミカンでは、高糖系の一種の「青島温州」と青島温州の枝変わりとして発生した「寿太郎温州」の栽培面積が広い。いずれも静岡県で栽培が盛んで、12 月頃に収穫し、1 月～3 月頃まで貯蔵して、貯蔵みかんとして販売することが多い。ウンシュウミカンには、浮皮（うきかわ：果皮と果肉が離れて、その間に空隙が発生する症状で、成熟期の高温・多雨がその発生を助長

する）という生理障害があり、この症状が進むと、腐敗しやすく、貯蔵性が低下する。従来は、青島温州は浮皮しにくい品種とされてきたが、近年、温暖化等の影響もあり、青島温州でも浮皮の多発が問題となっている。このため、浮皮の発生が非常に少ない「石地（いしじ)」（主産地：広島県）や「させぼ温州」（主産地：長崎県）などの品種が注目されるようになった。

栽培面積が広くないため、表２には示していないが、成分に特徴のある品種がある。ウンシュウミカンの果皮や果肉は通常オレンジ色（カロテノイドのβ－クリプトキサンチンやビオラキサンチンに由来）であるが、赤い色調が強い品種が存在する。この色調の原因物質は、β－シトラウリンというカロテノイドの１種で、トマトのリコペンのような赤い色調を呈する。β－シトラウリンは、セミノールという果皮が赤いカンキツ類に多量に含有されるが、ウンシュウミカンでは、紅温州（べにうんしゅう）と呼ばれる一群がこの色素を有し、それ以外のウンシュウミカンには検出されない。紅温州には、「土橋紅温州（どばしべにうんしゅう)」、「山下紅早生（やましたべにわせ)」などいくつかの品種があるが、香川県の地域特産として販売されている「小原紅早生（おばらべにわせ)」（宮川早生の枝変わりとして、香川県坂出市において育成）の栽培面積が広い（平成 19 年度　特産果樹生産動態等調査で 38.1ha)。親の「宮川早生」にはβ－シトラウリンは含有されないが、突然変異でその子の「小原紅早生」で含有されるようになったメカニズムは現在わかっていない。

vi）引用文献

１）岩政正男,柑橘の品種,pp.29-52,静岡県柑橘農業協同組合連合会,静岡,(1976)
２）石川(高野)祐子･生駒吉識･金子勝芳,極早生ウンシュウの果汁成分,特にリモノイド含量の系統間差異,園学雑,61,675-684,(1992)
３）石川(高野)祐子･生駒吉識･金子勝芳,極早生ウンシュウの果汁成分 特にリモノイド含量の成熟期における変化,園学雑,61,941-950,(1993)

② 成分情報

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　カンキツ研究興津拠点　小川一紀

ⅰ）ウンシュウミカンは生薬として利用されている

カンキツ類は食用とされるが、古くから生薬としても利用されている。果皮を利用した生薬として、漢方処方に配合される「陳皮（ちんぴ)」（ウンシュウミカンやポンカンの成熟果皮)、西洋生薬として「橙皮（とうひ)」（ダイダイの成熟果皮）がある。また未熟果実を用いる生薬として「枳実（きじつ)」（ダイダイ、ナツミカンの未熟果実）がある。このように、必ずしも普段食用とする部位あるいは熟果を利用するわけではないが、食用と薬用の両方に利用されるのは興味深いといえる。中国には古来より、本草書という植物由来の薬物を記した書物が数多く出版されている。そこには、おおよそ食品とされる果実、野菜や穀物までもが効能とともに記載されている。また、古代中国には食事で病気を治すことを考える食医という職業も存在した。食品にも何らかの効果を求め、普段の食事により病気の治療が試みられたように、古来より中国には薬(医)食同源という考えが存在したようだ。ただ、食品に医薬品的な作用があるとは考えられないので、治療に関する効果は薄いであろう。ところで植物には多種多様な成分が含まれている。これら成分には、作用は弱いにしても、継続的に食べることで病気予防的な働きがあるのでないかと考えられている。薬食同源には、食生活で生活習慣病を予防するという現代科学的な考えにも通ずるところがあると考えられる。以下、ウンシュウミカンに含まれる代表的な成分について解説する。

ⅱ）ウンシュウミカンに含まれる栄養成分

ウンシュウミカンに含まれる栄養成分は、五訂食品成分表に詳しいので参考にされたい。ここでは、若干の解説を加えるにとどめる。エネルギーに関して、糖度が高いとカロリーが増えると思う人もいるが、その増加はわずかである。カリウムが多くナトリウムが少ないので血圧の上昇を抑える。これは野菜も同様であるが、茹でると減少すること、また塩を含む調理が多い事を考えると、生食可能な果物の摂取はカリウムの補給に優れている。カロテノイドとして、ビタミンA活性を持つβ−クリプトキサンチンを含んでいる。ジュースからも摂取可能であるが、パルプ（ジュースを放置すると沈殿する部分、主に砂じょうの破片からなる）の一部が加工工程で除かれるので、半分程度に減少してしまう。食物繊維は、じょうのう膜にも含まれるので、それごと食べる方が食物繊維の摂取を考えると望ましい。食物繊維もジュースにすると、大きく減少してしまう。オレンジジュースの摂取は、２型糖尿病のリスクを上げるという疫学研究の結果が報告されている。理由ははっきりしないが、食物繊維を含まないことと関連があるのではないかと考えられている。いわゆるソフトドリンクに比べリスクは低いので、選択するのであれば、ジュースを選ぶほうが良いのは

明らかである。なお、ウンシュウミカンジュースでの検討例はない。

iii）ウンシュウミカンに含まれる機能性成分解説

カンキツ類に含まれる成分の種類を一覧表にした（表 1）。果物には多様な化合物が含まれているが､カンキツ類からは 500 以上の成分が見いだされており、リンゴやブドウなど他の果物に比べ成分の種類に富むこと、加えて含有量が高いことが特徴といえる。このうち、下線で示したウンシュウミカンに含まれるいくつかの代表的な成分について解説する。

表 1　果物に含まれる植物成分例

カテゴリー	代表的成分		
	カンキツ(509)※	リンゴ(44)※	ブドウ(145)※
カロテノイド類	β－クリプトキサンチン、ピオラキサンチン	－	－
フラボノイド類	（フラバノン） ナリルチン､ナリンギン、ヘスペリジン、ネオヘスペリジン （フラボン） ノビレチン、ヘプタメトキシフラボン、タンゲレチン	ケルセチン配糖体、フロレチン、プロシアニジン、エピカテキン	アントシアニン
リモノイド類(トリテルペノイド類)	リモニン、ノミリン	－	－
クマリン	オーラプテン、ジヒドロキシベルガモチン	－	－
その他のポリフェノール､精油､多糖類等	シネフリン、クロロゲン酸、ペクチン（ガラクツロン酸）	クロロゲン酸、ペクチン	レスベラトロール

※（　）内は Dictionary of Natural Products(Version16:1)でのヒット数

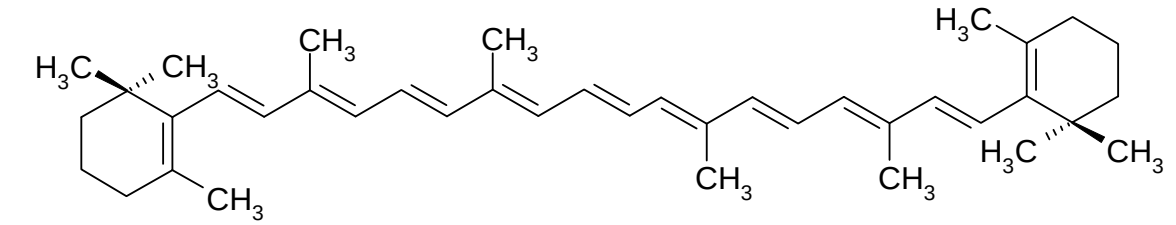
iii－ア）カロテノイド類

カロテノイドは、植物に含まれる黄～赤の色素である。人の血液中に見いだされる主要なカロテノイドは 6 種類で、これらは摂取した食品に由来する。β－カロテンは、ニンジンやカボチャに多く含まれ、リコペンはトマト、ルテインは野菜や卵黄、ゼアキサンチンはトウモロコシや卵黄に多く含まれている。β－クリプトキサンチンはカンキツ類の他、パパイヤやカキなどにも含まれるが、日常摂取する頻度から考えて、ほとんどがカンキツ類に由来するものと考えてよい。特に、ウンシュウミカンは、オレンジの数倍以上の、100g あたり平均 1

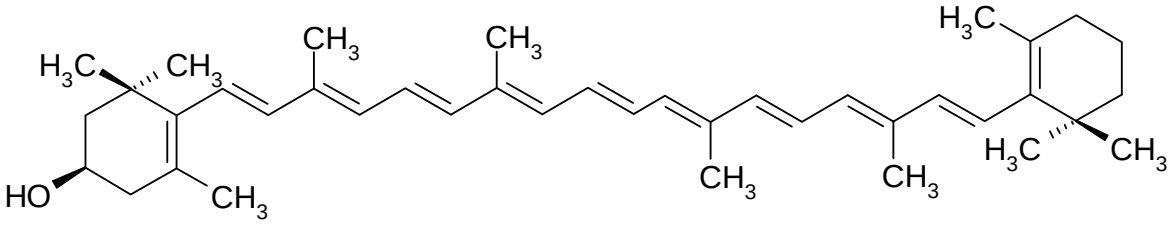
～2mg のβ−クリプトキサンチンを含む。日本人の食べるカンキツ類の多くはウンシュウミカンであることから、日本人は欧米人に比べβ−クリプトキサンチンの血中濃度が高いという特徴がある。その含量は、品種や栽培法によって異なり、ハウス栽培では 3mg を超える場合もある。ウンシュウミカンの色は、主にβ−クリプトキサンチンなどのカロテノイドに由来するので、当然濃色のものほどβ−クリプトキサンチン含量も高い。β−クリプトキサンチンは、β−カロテンとともにビタミンA活性を持つことから栄養素の一つといえる。カロテノイド類には抗酸化活性があり、例えば、喫煙や飲酒によりカロテノイドの血中濃度が減少することから、体内での酸化ストレスを防ぐ可能性が示唆されている。

ガンや循環器系の疾患を引き起こす原因の一つに、体内の各器官で起きる酸化的損傷が挙げられる。カロテノイドには抗酸化作用があり、ビタミンとしての作用だけではなく、体内で発生する酸化的損傷を防ぐ抗酸化成分としての重要な作用を持つと考えられている。カロテノイドと一括りに考えられることが多いが、疫学研究では、β−クリプトキサンチンの血中濃度が高い人、摂取量の多い人ほどガン（子宮頸部，食道，膀胱，肺）の発症率が低いという結果が報告されている。この効果は、他のカロテノイドや抗酸化成分に比べ大きく上回っており、興味深い。β−クリプトキサンチンの発がん抑制効果は、動物を用い、マウス皮膚、ラット大腸、マウス肺などで確認されている。

三ヶ日町で行われている疫学調査の解析から、β−クリプトキサンチンと骨密度、肝機能、動脈硬化、インスリン抵抗性、メタボリックシンドロームなどの生活習慣病との関連が検討されており、予防的な効果が示唆されている。詳細は、別項**③ 健康機能性に関する最近の知見**を参照されたい。



β－カロテン



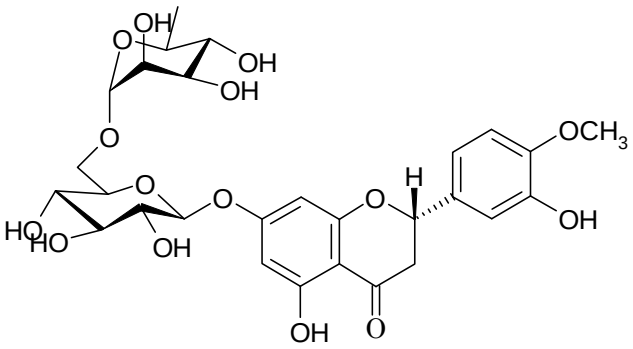
β－クリプトキサンチン

図１　カロテノイド類

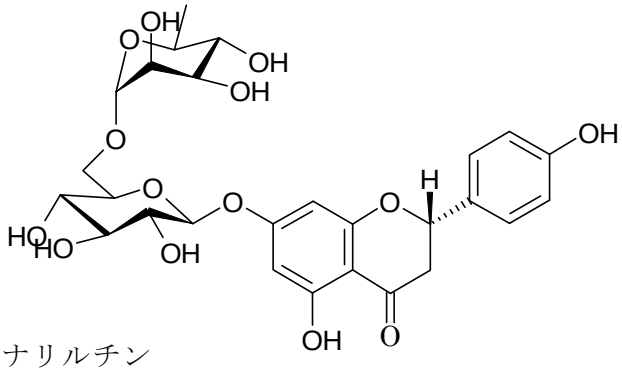
iii－イ）フラバノン

カンキツ類は、フラボノイドの一種であるフラバノン配糖体を多く含んでいる。品種によって含まれる種類が異なり、ウンシュウミカンにはヘスペリジンとナリルチン、グレープフルーツにはナリンジンとネオヘスペリジンが含まれている。ヘスペリジンとナリルチンは無味だが、ナリンジンとネオヘスペリジンは苦味を有している。ヘスペリジンは、ビタミンＰと呼ばれたこともあり、毛細血管の強化作用、抗アレルギー作用、抗ウイルス作用などが報告されている。果皮中のヘスペリジン含量は 1.5g/100g 新鮮重、ナリルチン含量は 0.3g/100g 新鮮重であり、かなりの高濃度で含まれている。果肉中の砂じょう中の含量は、それぞれ 0.01g/100g 新鮮重、0.02g/100g 新鮮重で果皮に比べ低い。じょうのう膜中の含量は、それぞれ 0.3g/100g 新鮮重、0.4g/100g 新鮮重である。果実に占める各部位の割合は、おおよそ果皮（20%）、砂じょう（75%）、じょうのう膜（5%）であるから、ウンシュウミカン１果を食べると 20～30mg ほどのヘスペリジンが摂取できると考えられる。

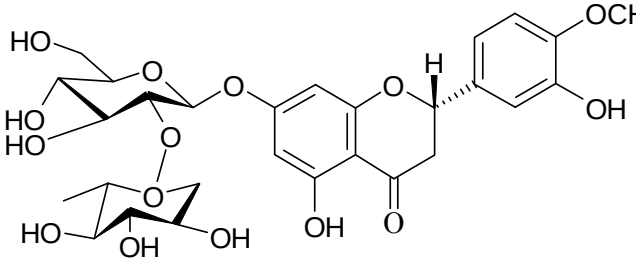
ヘスペリジンやナリンギンの骨代謝に対する作用について検討されている。卵巣を摘出することで実験的に骨粗鬆症になったマウスでは骨量が減少するが、ヘスペリジンを持続的に投与すると、骨芽細胞の活性化により骨量の減少が抑えられることが報告されている。ウンシュウミカンには含まれないが、ナリンジンについても骨芽細胞を活性化させること、骨組織の形成に有効であることが報告されている。



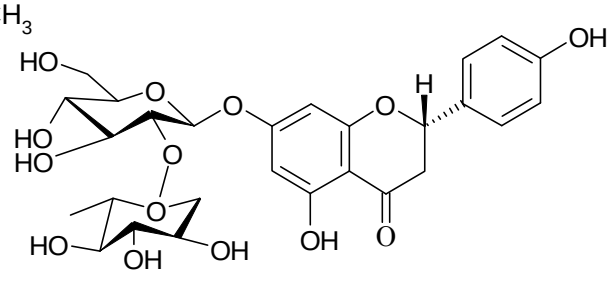
ヘスペリジン



ナリルチン



ネオヘスペリジン



ナリンギン

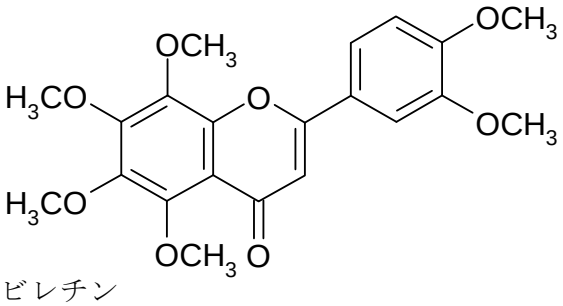
図２　フラボノイド類（フラバノン）

iii－ウ）ポリメトキシフラボノイド（フラボン）

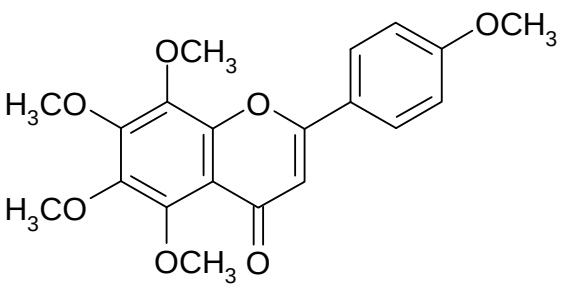
フラボノイドはポリフェノールの一種であり、多数のフェノール性水酸基を有する。ウンシュウミカンやオレンジなどのカンキツの果皮には、その水酸基がメトキシル基で置換されたポリメトキシフラボノイドが存在する。ウンシュウミカン果皮には、ノビレチン（6.4mg/100g 新鮮重）、タンゲレチン（4.8mg/100g 新鮮重）、ヘプタメトキシフラボン（2.4mg/100g 新鮮重）などが含まれている。これらは果肉にはほとんど含まれていない成分である。そのため，その摂取を考えると果皮をそのまま利用するか、同じようにポリメトキシフラボノイドを含むシークヮーサーのように、果実を丸ごと搾汁し果皮成分を果汁中に溶出させる方法が必要である。

ノビレチンは、マウス皮膚およびラット大腸で発ガンを抑制する効果が認められている。*in vitro*（試験管レベル）実験では、細胞外基質（ＥＣＭ）の分解に関わるマトリックスメタロプロテアーゼ−９の産生抑制、マトリックスメタロプロテアーゼインヒビター産生促進が明らかにされており、発ガン抑制だけではなくガン細胞の浸潤・転移を抑制する作用も期待できる。動物実験では、胃ガン細胞の浸潤・転移抑制作用が明らかにされている。前立腺ガンを発症するモデルラットに対して、ノビレチンを検討した結果では、前立腺ガンそのものは抑制されないものの、その発生数が抑制されており、腺ガンの前段階から腺ガンへの進展を抑制する可能性が考えられている。

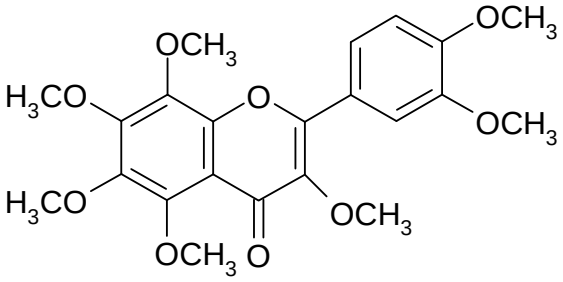
炎症は、体内において異物に対して起こす防御反応の一種であるが、ガンなどの発生にも関わり、また病気の悪化の原因となることが知られている。ノビレチンには、体内でおこる炎症反応に関わる一酸化窒素の産生やプロスタグランジンＥ２の生成を抑制する作用があることが確認されている。一酸化窒素は、さらに強力な活性酸素を作り出すので、その抑制は、疾病の予防にもつながると考えられている。ところで、地球のオゾン層破壊が進むことで、紫外線増加による皮膚の障害や発ガンが憂慮されている。衣服などで紫外線を防ぐ方法に加え、紫外線を吸収する素材を配合した日焼け止めクリームを使用するなどの対策が考えられる。日焼けのメカニズムは、紫外線が原因となる炎症であり、皮膚細胞でプロスタグランジンＥ２が生成し、そのため、赤く腫れ（紅斑）て日焼けとなる。これが繰り返されることで、しみ、表皮細胞の肥厚、皮膚がんの原因となる。ノビレチンは、プロスタグランジンＥ２の生成を抑制する作用があり、その結果、紫外線照射による障害を予防する可能性が考えられている。また、ノビレチンには皮膚の老化によるしわの原因となるマトリックスメタロプロテアーゼの産生抑制、皮脂の生成を抑制しニキビ予防などの機能も報告されており、美容への応用の可能性もある。



ノビレチン



タンゲレチン



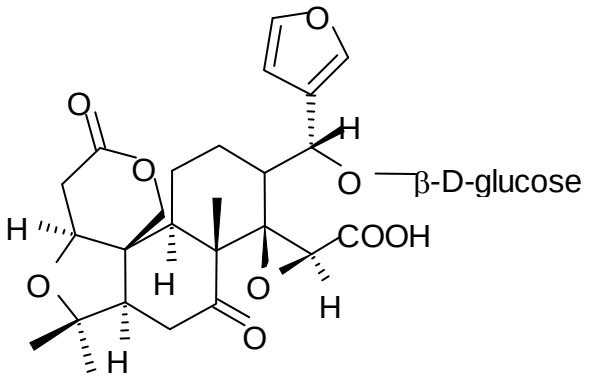
ヘプタメトキシフラボン

図３　ポリメトキシフラボノイド（フラボン）

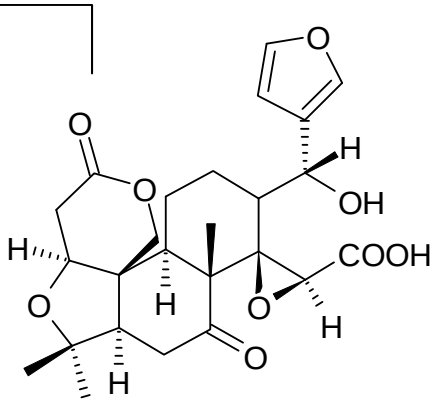
<u>iii－エ）リモノイド類</u>

リモノイド類は、ネーブルオレンジ、ナツミカン、ハッサク、イヨカンなどの苦味の原因となる物質で、これらカンキツ果汁の苦味の主成分でもある。ウンシュウミカンの果肉には、リモニンとノミリン酸が配糖体の形で含まれている。また果皮には、さらにノミリンとノミリン配糖体が含まれている。図４において、リモノイドは配糖体の形（ア）では苦味を示さず、糖が外れた形（イ）でも苦くはないが、ラクトン環の構造（ウ）をとったときに苦味が発現することが知られている。したがって、配糖体を含むウンシュウミカンを食べても苦さを感じない。（別項**④ 加工・利用の現状**も参照のこと）

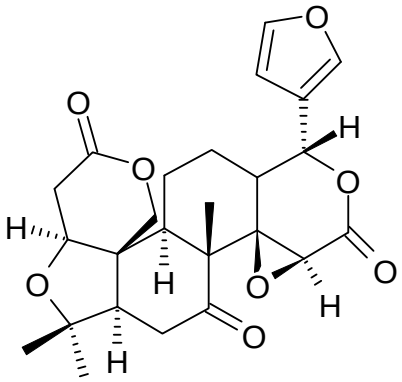
ガンの原因の一つとして、食事や大気など外部から取り込まれた発ガン物質も関係している。動物を用いた研究では、リモノイド類の発ガン抑制作用が確認されており、また、口腔、皮膚、肺などにガン細胞を移植された動物においてガン細胞の増殖を抑制したとの研究例もある。ところで、食事などで摂取した食品に含まれる多様な化学物質は、尿や糞便とともに体外に排泄する機能が人や動物には備わっている。化学物質は、体内でいろいろな酵素の作用で、水溶性の高い構造に変化し排泄される。この機構を解毒あるいは薬物代謝というが、必ずしも無毒化をしているわけではなく、物質によっては毒性や発ガン性を高める場合もある。細胞内に取り込まれた化学物質は、グルタチオン－Ｓ－トランスフェラーゼ（ＧＳＴ：第Ⅱ相解毒酵素の一つ）と呼ばれる酵素によりグルタチオンが結合した抱合体となり、細胞の外に運ばれ、最終的に尿中に排泄される。リモノイドには、ＧＳＴの活性を高める作用が報告されており、有毒物質を体外に速やかに排泄することが期待される。



（ア）リモニン配糖体（リモニン 17-β-D-glucoside）
（ＬＧ）（苦味なし）



（イ）リモニン A-ring ラクトン
（ＬＡＲＬ）（苦味なし）



（ウ）リモニン（苦味あり）

図４　リモノイド類（トリテルペノイド類）

iii－オ）シネフリン

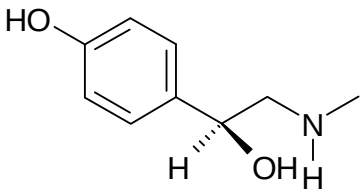
ウンシュウミカンの果皮は「陳皮」として漢方処方に配合され，健胃消化や鎮咳去痰作用を効能の一端としている。シネフリンは、アドレナリンに構造が類似し交感神経興奮作用を有するため、有効成分の１つと考えられている。普段食べている限りではシネフリンの影響はない。ところで、適正な体重を維持することは、生活習慣病など病気の予防に重要であることが指摘されており、そのためには適切な食生活と適切な運動が理想である。しかし、なかなか実践できないこともあり、抗肥満のサプリメントが多く市販されている。「マオウ（麻黄）」もその１つであるが、成分であるエフェドリンの副作用が問題となり、米国では使用が禁止されている。（日本では「マオウ」は医薬品であるため、食品としての使用は不可）。エフェドリンは、交感神経のうち、熱産生を高め食欲を減少させると考えられるアドレナリン受容体β－３の作動薬（アドレナリン受容体β－３を特異的に活性化する作用を持つ物質）として働くため、体重減少につながると考えられている。ダイダイの果皮抽出物にはエフェドリンに類似するシネフリン類が含まれており、「マオウ」の代替品として米国では多くの製品が販売されている。ただ、抗肥満効果については確かな検証はない。

iii－カ）クロロゲン酸類

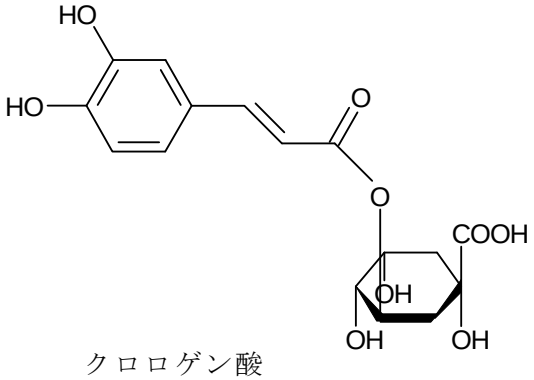
カフェ酸、フェルラ酸などのフェニルプロパノイド（ポリフェノールの一種）は、糖類と結合した形で存在し、代表的なものにクロロゲン酸がある。クロロゲン酸は、コーヒーに多く含まれる他、果実、野菜、穀類に広く分布しており、水溶性で、強い抗酸化作用を有する。カンキツ類の果皮にも含まれているが、抗酸化活性は品種によって異なっている。ウンシュウミカンの果皮にもクロロゲン酸類は含まれており、高い抗酸化活性がある。食品の酸化防止など、天然の抗酸化剤として利用可能である。

iii－キ）ペクチン類

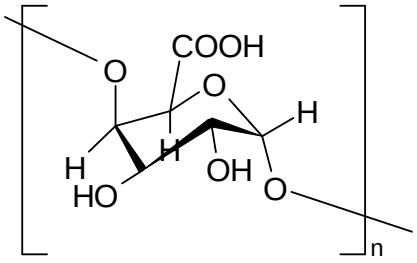
ペクチンはジャムなどのゲル化剤として食品に用いられる植物の細胞壁などに含まれる多糖類で、ガラクツロン酸が多数結合した構造をとる。ペクチンは水溶性であるが、人の消化酵素では分解されないことから食物繊維として機能する。血中のコレステロールを減少させる効果や、発ガン抑制作用が報告されている。ペクチンをアルカリ処理したものは、ラットの前立腺ガンの転移を抑える効果があることが知られており、経口投与で効果を現すという報告もあり興味深い。



シネフリン（フェネチルアミン誘導体）



クロロゲン酸



ペクチン（ガラクツロン酸）

図５　その他の成分

③ 健康機能性に関する最近の知見

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　健康機能性研究チーム　杉浦実

ⅰ）はじめに

わが国における果物の摂取量は、平成19年度の国民健康・栄養調査によれば、1人当たり1日平均111.6gに過ぎず（推奨必要量約250gの半分以下）、欧米先進国の半分以下である。年代別にみると、20、30歳代で特にその摂取量が少ない。我が国では、果物は「水菓子」といわれるように、これまでは嗜好品として扱われることが多かった。しかしながら、近年、食品に関する機能性研究が進み、特に果物については様々な生理機能が解明されてきている。果物にはエネルギー源となる糖質以外にも、ビタミン・ミネラル・食物繊維が豊富に含まれ、更には、近年その生理機能が明らかになってきているカロテノイドやフラボノイド類などの植物性二次代謝産物も豊富に含まれている。本稿では、果樹研究所で現在取り組んでいるウンシュウミカンの健康機能性に関する研究について最新の知見を紹介する。

ⅱ）ウンシュウミカンの摂取量と健康に関するアンケート調査

果樹研究所カンキツ研究興津拠点は国内有数のウンシュウミカン生産地である静岡県にある。静岡をはじめとするウンシュウミカンの主要生産地では全国レベルからみて、ウンシュウミカンの摂取量が著しく高い人が多いと考えられる。我々は、このようにウンシュウミカンを多く食べる人たちがあまり食べない人たちと比べて健康状態にどのような違いがみられるのか、一般消費者を対象にした、簡単なアンケート調査を行った[1)]。

ⅱ－ア）調査の対象と方法

調査は、当研究所（静岡市清水区）の一般公開やＪＡ全農（全国農業協同組合連合会）で開催される農協祭等の会場において、来場者を対象にアンケート形式で行った。調査項目は、①性別、②年齢、③身長、④体重、⑤ウンシュウミカンシーズンである10～2月に毎日どれくらいのウンシュウミカンを食べているか、⑥ウンシュウミカン以外によく食べる果物、⑦現在患っている病気（有病状況）などについて調査を行った。ウンシュウミカン摂取量については、a.殆ど食べない、b.ときどき食べる（1週間に2～3個）、c.よく食べる（毎日1～3個）、d.もっと食べている（毎日4個以上）の4段階とし、選択回答してもらえるようにした。また健康状態の質問では、主な生活習慣病を幾つか例に挙げ、実際に治療を受けている場合だけでなく健康診断などで医師から危険性が指摘されたことのある疾患名も選択回答してもらった。

ⅱ－イ）回答者の年齢分布とウンシュウミカン摂取量

有効回答者6,049名のうち、男性が2,118名、女性が3,931名で、女性の方

が多く、また年代別にみると特に 50、60 歳代が多く、全体の 6 割を占めた。年代別にウンシュウミカンの摂取量を見ると、男性の 20～40 歳代では半数以上の人が 1 週間に 2～3 個以下しか食べておらず、若年層の果物離れが明らかであった（図１）。一方、50 歳以上では半数以上が毎日食べていた。また女性のウンシュウミカン摂取頻度は男性よりも多く、50 才未満でも約半数の人が毎日ウンシュウミカンを食べていた。全体としてみると、ウンシュウミカンの摂取頻度は男性よりも女性の方が高く、また高齢者ほどよく食べていた。ウンシュウミカン産地で行った調査でもこのような結果であることから、日本人の平均的なウンシュウミカン摂取量はかなり低いものと考えられる。中央果実基金の調査結果では年間一人あたり 6 kg 弱しかウンシュウミカンを食べていない。これは約 60 個のウンシュウミカンとして換算し、10 月から 2 月の 5 ヶ月間で食べたとすると 1 週間でわずか 2、3 個しか食べない計算になる。ウンシュウミカンは国内で最も流通量の多い果物であることから、ウンシュウミカン以外の果物に関しても同様にその摂取量は少ないといえる。

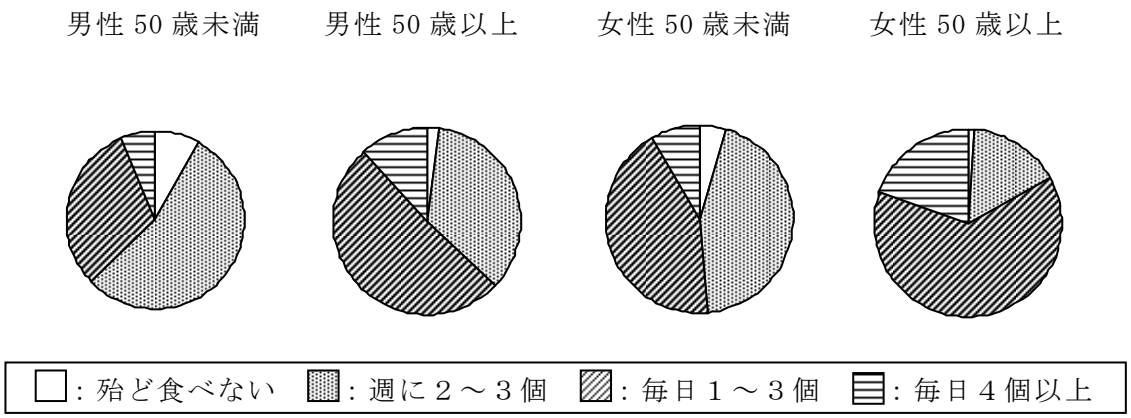


図１　性別・年代別にみたウンシュウミカンの摂取頻度

ⅱ－ウ）ウンシュウミカンの摂取量別にみた各疾患の有病率

得られた 6,049 名のアンケート調査結果より、回答者にどのような病気が多いかを集計した。最も回答が多かったのは高脂血症（全体の有病率 18.8%）で、以下高血圧（15.7%）、糖尿病（5.5%）、心臓病（2.9%）の順となり、いわゆる生活習慣病が上位を占めた。一方、身長と体重からＢＭＩ{Body Mass Index：体重（kg）÷身長（m）÷身長（m）}を計算したところ肥満者（ＢＭＩが 26.4 以上）は全体のうち 6.9%を占め、ＢＭＩ 24～26.4 のやや肥満を合わせると全体の 23.9%が肥満であった。これらのいわゆる生活習慣病は 40～50 歳代以降、極端に多くなっていた。

さて、ウンシュウミカンをたくさん食べると肥満や高脂血症、また糖尿病になりやすいのか？我々はウンシュウミカンの摂取量別に性別・年齢・ＢＭＩなどの諸変数を調整した疾患毎の有病のオッズ比（群間で比較したときの疾患へのかかりやすさを示し、1 より小さければ疾患にかかりにくいことを意味する）

を調べた。結果を集計するに当たり、「ほとんど食べない」と回答した人の割合が少ないため、「週に 2～3 個以下」のグループと合わせて低摂取群とした。また「毎日 1～3 個食べる」グループを中摂取群、「毎日 4 個以上食べる」グループを高摂取群とした。その結果、肥満・高脂血症はウンシュウミカンの摂取量にはほとんど関係がなかった（図２）。一方、糖尿病についてみると、ウンシュウミカンの摂取量が多いグループほど糖尿病の有病率は顕著に低かった（図２右）。果物には果糖が多いため、これらの疾病の危険因子と捉えられることが多いが、今回の調査でも毎日ウンシュウミカンを食べることによってこれらの疾患が増えるわけではないことが明らかになった。さらにウンシュウミカンをたくさん食べるグループでは、高血圧・心臓病・痛風の有病オッズ比が有意に低かった（図３）。カンキツ類の高血圧や心臓病の予防効果はこれまでに欧米で明らかにされているが、日本のウンシュウミカンでも同様の効果が期待できると考えられた。

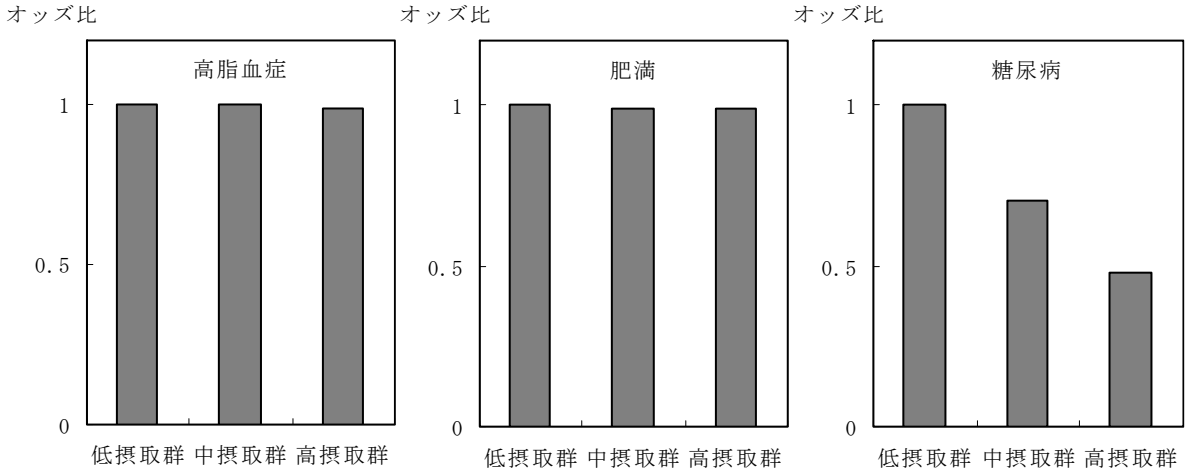


図２　ウンシュウミカンの摂取頻度と高脂血症・肥満有病・糖尿病有病のオッズ比

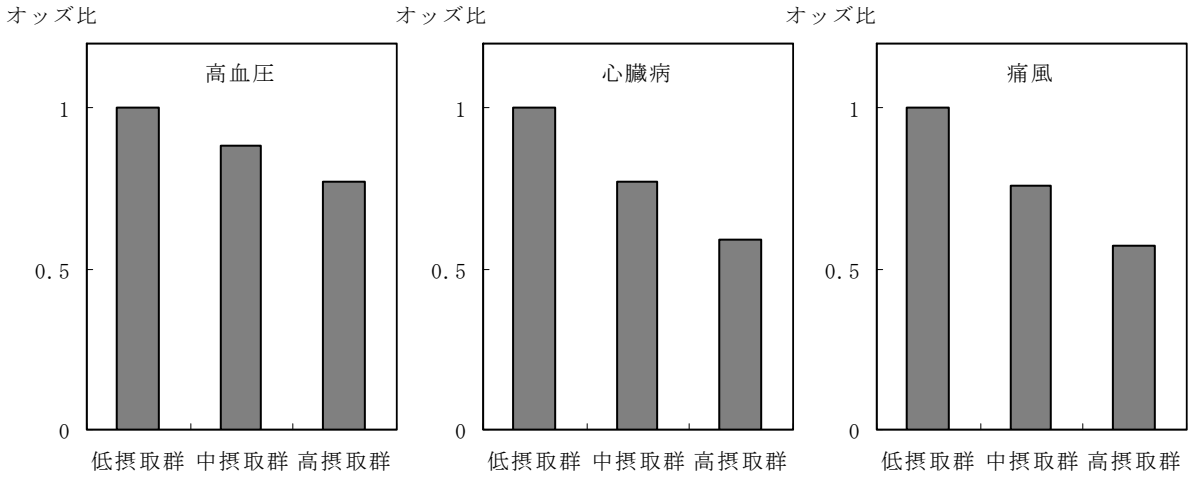


図３　ウンシュウミカンの摂取頻度と高血圧・心臓病・痛風有病のオッズ比

iii）β－クリプトキサンチンについて

iii－ア）血中β－クリプトキサンチン濃度とウンシュウミカン摂取量との関係

すでに別項② **成分情報**で述べられている通り、カロテノイドは果物・野菜に広く存在する天然色素で、これまでにおよそ 600 種類が単離同定されている。β－クリプトキサンチン（構造式は② **成分情報**に記載）はカキやビワなどに広く存在するが、特にウンシュウミカンに多く存在しているカロテノイド色素であり、日本人にとってβ－クリプトキサンチンの最大の供給源はウンシュウミカンといっても過言ではない。普通サイズのウンシュウミカン 1 個にはβ－クリプトキサンチンがおよそ 1～2mg 含まれている。

我々はこれまでに、ウンシュウミカン産地の地域住民を対象にして、ウンシュウミカンの摂取頻度と血中β－クリプトキサンチン濃度との関係について調査を行ってきた。その結果、血中β－クリプトキサンチン濃度はウンシュウミカンの摂取頻度に比例してウンシュウミカンシーズンに著しく上昇すること、食品で血中β－クリプトキサンチン濃度に影響する要因は、ウンシュウミカンのみであることを見いだした（図４）[2, 3]。血中β－クリプトキサンチン濃度に関するこれまでの研究報告と比較すると、我々が対象としたウンシュウミカン産地の地域住民の結果は著しく高く、その他の日本国内での調査結果や欧米での報告に比べて数十倍も高いものであった（図５）。さらにβ－クリプトキサンチンの血中濃度はウンシュウミカンを食べない夏場であっても摂取頻度に依存して有意に高く、長期間体内に蓄積されることも判明した。血中β－クリプトキサンチン濃度と様々な疾患との関連についての研究報告は多くあるが、これらはいずれも我々が調査の対象としている集団に比べて、その血中濃度が極めて低い集団を対象としているため、β－クリプトキサンチンの有用性を評価できていない可能性が考えられる。それに対し、我々が対象とするウンシュウミカンを多く食べる集団では、血中β－クリプトキサンチン濃度が著しく高いことから、疾患との関連がより詳細に解析できるものと考えられる[4]。

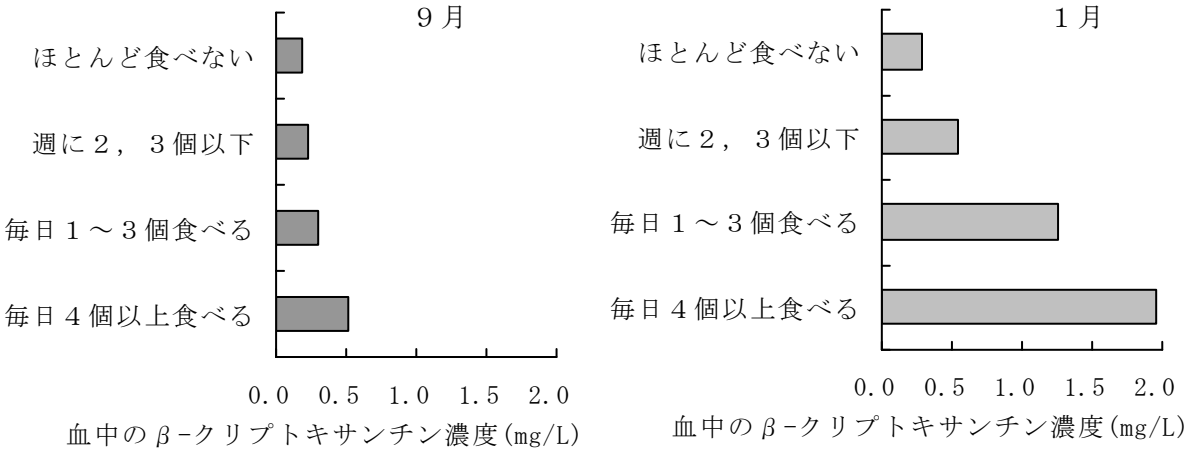


図４　ウンシュウミカンの摂取頻度と血中β－クリプトキサンチン濃度の季節変化

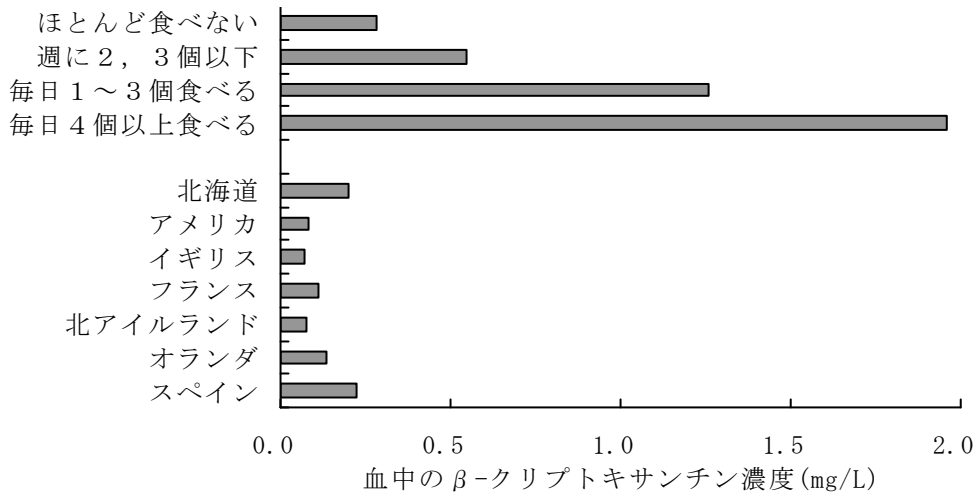


図５　ウンシュウミカン摂取頻度と血中βークリプトキサンチン濃度（他の地域との比較）

iiiーイ）βークリプトキサンチンに関する最近の疫学研究

欧米人にとって最大のβークリプトキサンチン供給源はオレンジであるが、ウンシュウミカンほど含量が高くないために、その摂取量は日本人に比べてかなり少ない。ところが近年の欧米における大規模な栄養疫学研究から、それまでカロテノイドの中ではむしろマイナーな成分であったβークリプトキサンチンが一躍注目を集めるようになってきた。それは、カロテノイド類の中でもβークリプトキサンチンにおいて、ある種のガンやリウマチ、糖尿病等の発症リスク低減効果が高いことが報告されるようになってきたからである[5-14)]。

近年、最も報告例の多いのが肺ガンリスクとの関連についての報告で、多くの研究においてβークリプトキサンチンが肺ガンのリスクを下げるのではないかと結論づけられている[5-10)]。また胃・食道ガンに関しては、およそ半数の論文でリスクを低減したと報告されている。その他、比較的報告数の多いものとしては、前立腺ガン、乳ガンで、どちらのガンにおいても関連有りとする論文がおよそ半数であった。また子宮ガンとの関連では近年報告されている論文ではいずれもリスク低下と関連ありとされている。一方、直腸ガンでは全ての論文で関連が認められていない。カロテノイドに着目し、発ガンリスクとの関連を検討した報告はまだ多くないが、現在のところ、βークリプトキサンチンが肺ガンの予防効果を有する可能性は特に高いと考えられる。

また近年、カロテノイド類に糖尿病リスク低減効果が期待されている。特に興味深い報告として、フィンランドで行われた 4,304 名を 23 年間追跡調査した抗酸化物質の摂取量と糖尿病罹病との関連について調査した結果がある。この研究では、カロテノイドのうち糖尿病罹病のリスクを有意に低減していたのはβークリプトキサンチンのみであったと報告されている。その他にも、関節炎やリウマチとの関連についての報告もあり、いずれの報告においてもβークリプトキサンチンに有意なリスク低減効果が認められている。特に米国の約３万

人を 9 年間追跡調査した結果では、β－クリプトキサンチンにのみ、リウマチの発症リスク低減効果が認められたと報告している。

このようにβ－クリプトキサンチンと様々な疾患との関連についての疫学研究が多く報告されるようになってきたが、これらはいずれも我々が調査の対象としている集団に比べて、その摂取量が少なく血中濃度が低い集団での調査といえる。そのため、日本人のようにウンシュウミカンを食べる習慣を有する地域で疫学調査を行えば、摂取頻度の違いによる血中β－クリプトキサンチンの濃度差が大きいことから、β－クリプトキサンチンの効果をより精度良く検出できることが期待される。

ⅳ）三ヶ日町研究

我々果樹研究所では、国内産主要果実であるウンシュウミカンがどのような病気の予防に役立つかを明らかにすることを目的に、平成 15 年度から国内有数のウンシュウミカン産地である静岡県浜松市の三ヶ日町において栄養疫学調査（三ヶ日町研究）を行っている。「みっかびミカン」のブランド名で全国的に有名な三ヶ日町は静岡県西部に位置し、浜名湖のさらに奥の猪鼻湖に面した人口約 16,000 人の町である。三ヶ日町では住民の多くがウンシュウミカン産業に従事しているため、ウンシュウミカンの摂取量が著しく多い地区といえる。また一方でほとんどウンシュウミカンを食べないという住民もいるため、ウンシュウミカン摂取量が幅広く分布している集団であり、ウンシュウミカンの健康への効果を疫学的に検出しやすいという利点がある。また前述したように我々はこれまでの研究から、血中β－クリプトキサンチン濃度がウンシュウミカン摂取量を極めて良く反映することを確認しており、このバイオマーカーを用いることでウンシュウミカンと健康との関係がより精度高く解析することができる。三ヶ日町研究は 2003 年度から開始したが、2005 年度から新たに協力者の募集を行い、現在、総計 1,073 名の方にこの調査にご協力いただいている。この調査ではウンシュウミカンを食べることと、糖尿病や動脈硬化、肝機能関連指標、メタボリックシンドローム、骨密度との関連について縦断的に解析し（追跡調査)、ウンシュウミカンの摂取がこれら疾病の予防に有効かどうかについて検討を行っている。日本を代表する厚生労働省の「がんの多目的コホート：JPHS Study」や文科省コホート「JACC study」に比べると疫学研究としてはかなり小規模ではあるが、ウンシュウミカン産地住民を対象にした疫学調査ならではの研究データが得られるものと期待される。これまでのベースラインデータを用いた解析から、ウンシュウミカンを食べることで様々な生活習慣病の予防に役立つ可能性が明らかになってきた。

ⅳ－ア）肝機能との関係

肝臓は「沈黙の臓器」といわれ、病気の発現が遅いことや自覚症状が出にくいことが知られている。胃や腸で消化された栄養分は吸収されて肝臓へ送られるが、肝臓はこれらを分解・合成・貯蔵することで体がいつでも利用しやすい

ように常に供給するという重要な役割を担っている臓器であり、またその一方で脂肪の消化吸収に欠かせない胆汁の生成・アルコールや薬の代謝・解毒を行うなどの化学工場としての働きをしている。肝臓病の主な原因としては、ウイルス・アルコール・薬などがあるが、放置すると脂肪肝から急性肝炎、慢性肝炎へと移行し、やがて肝硬変・肝臓ガンへと進行する。

近年の臨床研究から、肝臓病患者の血中抗酸化物質の量が健常者よりも低下していることから、肝臓病に酸化ストレスが関わっているとする多くの知見が得られており、果物・野菜を日頃から豊富に摂取することが正常な肝機能維持のために有効ではないかと考えられていた。しかしながら、疫学研究レベルで検討した結果はほとんど報告されていなかった。そこで我々は平成 15 年のベースラインデータを用いて解析したところ、ウンシュウミカンに特徴的に多く含まれるβークリプトキサンチンの血中レベルと肝機能とにこれまで全く知られていなかった新たな関連のあることを見出した[15, 16]。

基本健診などの血液検査では肝機能の指標として、ＡＬＴ（アラニンアミノ基転移酵素）・ＡＳＴ（アスパラギン酸アミノ基転移酵素）・γ-ＧＴＰ（ガンマグルタミン酸アミノ基転移酵素）の 3 種類がよく測定される。いずれもアミノ酸代謝に働く重要な酵素で、ＡＬＴは肝臓に最も多く、ＡＳＴは心筋・肝臓・骨格筋・腎臓等に多く存在する酵素で、これらの組織が障害を受けると酵素が逸脱し血中に漏出してくるために検査値が高くなる。またγ-ＧＴＰは肝臓－胆道系に分布し、アルコール摂取などに敏感に反応して高い値を示すことが多いため、アルコール性肝障害の指標として用いられている。アルコール摂取によるγ-ＧＴＰの上昇と血中βークリプトキサンチンレベルとの関連を調べた。その結果、血中γ-ＧＴＰ値は 1 日当たりのエタノール摂取量が多いほどその数値は高くなるが（図 6 左)、毎日 25g 以上のエタノール（瓶ビール大一本以上）を摂取していても、血中βークリプトキサンチンレベルが高いグループではγ-ＧＴＰ値が顕著に低いことが分かった（図 6 右）[15]。アルコールは肝臓で代謝されるが、その代謝過程において過剰なフリーラジカル（活性酸素種）が発生し、これが肝機能障害の原因の一つとも考えられている。そのため、βークリプトキサンチンの持つ抗酸化活性がアルコール性肝障害に対して防御的に働いているのではないかと考えられる。

一方、肝機能障害は糖尿病のリスクファクターの１つであることが近年明らかになっているが、逆に糖尿病が肝機能を低下させることも考えられる。すなわち、糖尿病のような高血糖状態では通常よりも酸化ストレスが増大していることが近年の研究から明らかになっており、この酸化ストレスが肝細胞に障害を与えることが考えられる。そこで、耐糖能の指標となる空腹時血糖値と HbA1C（ヘモグロビン A1c：ヘモグロビンとグルコースが結合したもの）値を基に、被験者を糖尿病群・糖尿病予備群・正常群に分け、血中のＡＬＴ値を比較したところ、高血糖群ほどこれらの数値が高く、肝機能が低下していた（図 7 左)。ところが高血糖であっても血中βークリプトキサンチンレベルが高いグループではこれらの数値が正常群とほぼ変わらないレベルであることが確認できた（図

７右）[16]。

今回の調査は、肝炎ウイルスや肝疾患を有する人はデータから除外しているため、β－クリプトキサンチンは初期段階での肝臓機能低下に対して有効である可能性がある。β－クリプトキサンチンが豊富に含まれるウンシュウミカンは肝臓を健康に保つために重要な食品かもしれない。

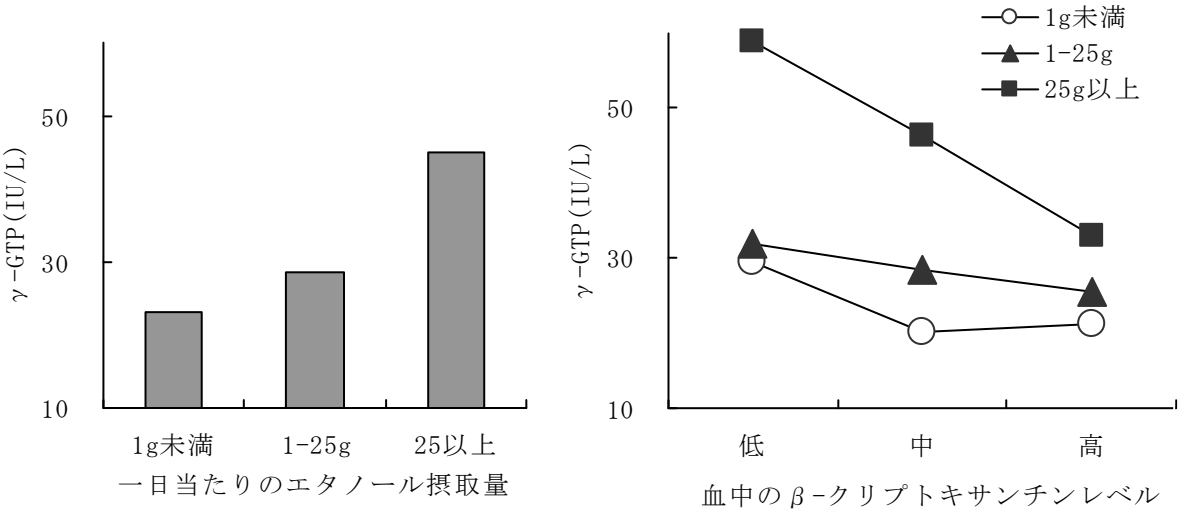


図６　飲酒量別にみた血中γ-ＧＴＰ値とβ－クリプトキサンチンとの関係

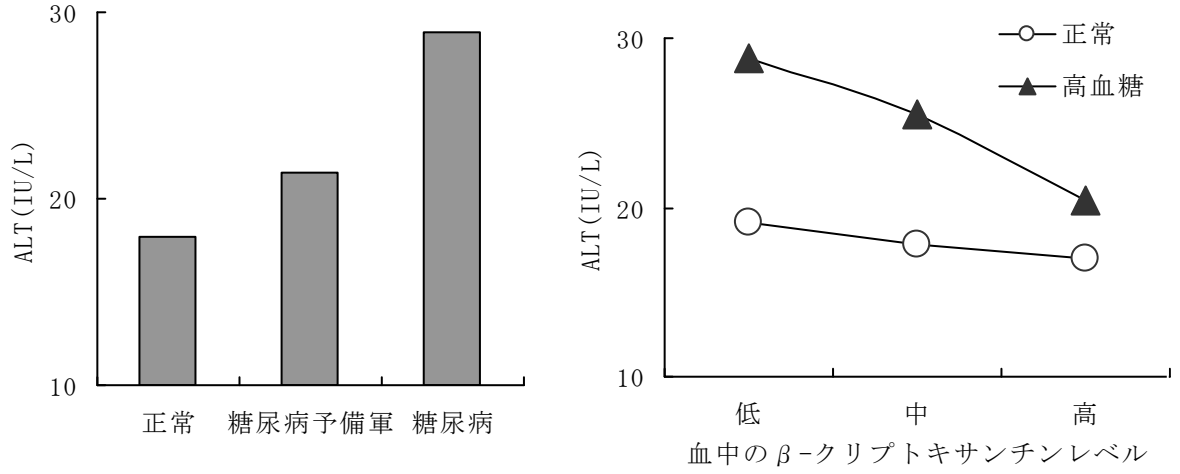


図７　耐糖能別にみた血中ＡＬＴ値とβ－クリプトキサンチンとの関係

ⅳ－イ）動脈硬化との関係

動脈硬化は加齢とともに進行するが、食事や喫煙、飲酒などの生活習慣の違いによって影響されることがわかっており、また、高血圧、高脂血症、糖尿病、肥満などの疾病も動脈硬化の促進要因とされている。動脈硬化が進んだり、動脈の内径が狭くなったりすると脈の伝わり方は早くなるが、この原理を応用して動脈の硬さを脈波速度で詳細に評価することができる。今回、動脈硬化の一指標である、上腕動脈－足首動脈間での脈波速度と血中β－クリプトキサンチ

ンレベルとの関連を解析した。その結果、血中β－クリプトキサンチンレベルが高い人達の中で動脈硬化が進行していると考えられる脈波速度の高い人（≧16.8m/秒）のリスクは、血中のβ－クリプトキサンチンレベルが低い人達に比べて約 1/2 程度であった（図８）[17]。β－クリプトキサンチンを豊富に含むウンシュウミカンの摂取は動脈硬化の予防に有効である可能性が今回の調査結果から示唆された。

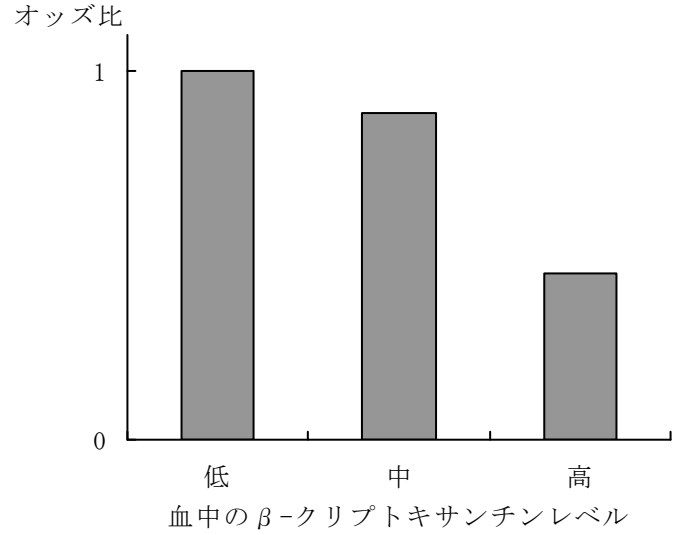


図８　血中β-クリプトキサンチンレベル別動脈硬化出現のオッズ比

ⅳ－ウ）インスリン抵抗性との関係

インスリン抵抗性とは、インスリンの効き具合を意味する。すなわち同じだけ血糖を下げるのに必要なインスリン量が多い場合にインスリン抵抗性が高い（インスリン感受性が悪い）という。このインスリン抵抗性はインスリン分泌低下と共に、糖尿病の発症や状態に大きく関わっており、特にインスリン非依存型糖尿病（２型糖尿病）患者で重要な病態である。現在糖尿病でなくてもインスリン抵抗性が高い人ではそうでない人に比べて糖尿病にかかる率が高くなることが近年の疫学研究から明らかになっており、またインスリンの過剰な分泌は血圧の上昇や脂質代謝の異常から、動脈硬化を引き起こす原因にもなる。そこで、インスリン抵抗性を示す指標としてＨＯＭＡ指数（homeostasis model assessment-insulin resistance：次式により算出）を用いて評価を行った。

ＨＯＭＡ指数＝空腹時血糖値（mg/dL）×インスリン値（mU/L）÷405

血中のインスリン値そのものもインスリン抵抗性を判断する一つの目安となるが、インスリン抵抗性から糖尿病に進行した人では、むしろインスリン値が低くなる。そのため、調査した時点で糖尿病と考えられる人（空腹時血糖値が126mg/dL 以上）あるいは糖尿病歴を有する人は除外して解析した。その結果、血中β－クリプトキサンチンレベルが高い人達の中で、インスリン抵抗性が高いと考えられる高ＨＯＭＡ（3 以上）のリスクは、血清中β－クリプトキサンチンレベルが低い人達に比べて約 1/2 程度であることが分かった（図９）[18]。こ

の研究結果から、βークリプトキサンチンを豊富に含むウンシュウミカンは糖尿病の発症予防に有効である可能性が示唆された。

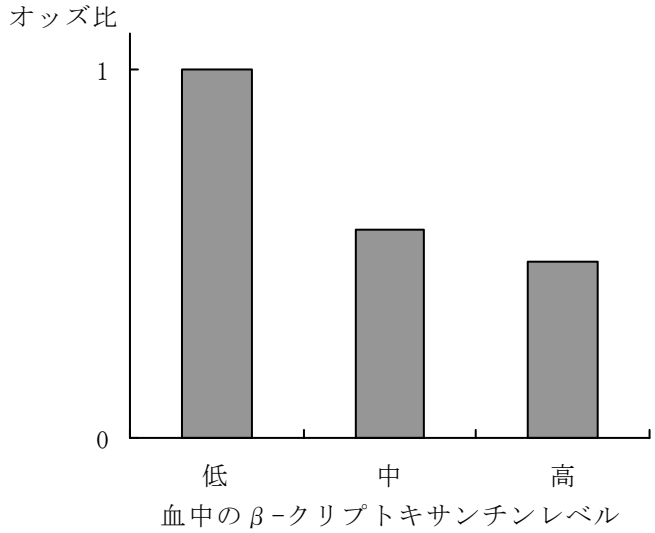


図９　血中βークリプトキサンチンレベル別インスリン抵抗性出現のオッズ比

ivーエ）骨密度との関係

骨粗鬆症は「全身の骨量（骨の強さを規定する量的因子の総称）の減少」と「骨の内部構造や質の変化」により、骨折が起こりやすくなる病気である。骨量は成長とともに増加し 30 歳代までに最大骨量に達した後、加齢により減少していくが、特に女性では閉経をむかえる 40～50 歳代に急激な骨量の減少が見られる。骨は人間の身体を支える支柱としての役割を果たすだけでなく、人の体内でカルシウム代謝を担う中心的な役割を果たしている。骨粗鬆症は加齢とともに増加する老年病の一つであるが、栄養摂取状況や運動などの生活習慣とも深く関連することから生活習慣病の一つでもあると考えられている。最近の疫学研究では果物・野菜を積極的に摂るという食生活の改善によって骨密度の低下をある程度抑制できるのではないかということが明らかにされつつある。そこで三ヶ日町研究においても、骨密度とウンシュウミカン摂取との関係についての調査を平成 17 年度より開始した。

今回、骨粗鬆症歴のない人について、橈骨（とうこつ：前腕の親指側にある長骨）遠位 1/3（非利き腕）における骨密度と血中βークリプトキサンチンレベルとの関連について検討を行った。骨密度に影響すると考えられる要因を統計学的に調整した上で分析を行ったところ、特に閉経女性では血中βークリプトキサンチン値は骨密度と有意に正相関していた。この相関はビタミン・ミネラル類の摂取量を調整しても有意であった。次に、閉経女性 293 名を血中βークリプトキサンチン濃度により４群（最も血中濃度の低いグループＱ１から最も高いグループＱ４まで）に分け、それぞれのグループにおける骨密度が低下していると考えられる多変量調整オッズ比（比較したい変数以外の変数を調整したもの）を計算した。骨密度が低下していると考えられる基準値は、今回では

閉経女性全体のうち、最も骨密度が低いグループ（下位 25%）を境界値（骨密度 0.501g/cm^2）とした。データ解析では対象者の数が 293 名と小規模であったため、血中β－クリプトキサンチンレベルでの最も低濃度のグループ（Ｑ１）とそれ以上のグループ（Ｑ２～Ｑ４をまとめて一つのグループ）とで、骨密度低値の出現割合を計算した。その結果、血中β－クリプトキサンチンレベルが高いグループでは低いグループに比べて骨密度低値のリスクが半分以下となっていた（図 10）[19]。この結果から、β－クリプトキサンチンの豊富なウンシュウミカンの摂取が閉経に伴う女性の骨密度低下に有効である可能性が示唆された。

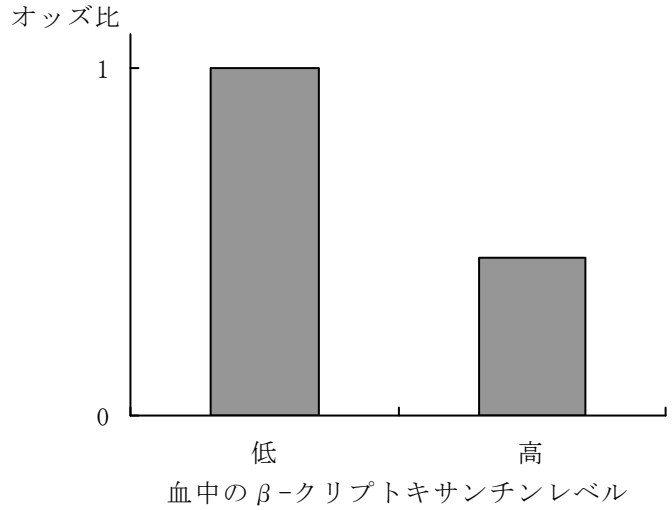


図 10　血中β-クリプトキサンチンレベル別骨密度低値出現のオッズ比
（閉経女性）

ivーオ）メタボリックシンドロームとの関係

メタボリックシンドローム（Metabolic syndrome：代謝症候群）とは、それまでインスリン抵抗性症候群、シンドロームＸ、死の四重奏などと言われていた病態を整理統合し、心筋梗塞などの心血管系疾患や糖尿病へのリスクを高める要因の集積した状態（内臓脂肪型肥満に加えて、高血糖、高血圧、脂質異常のうちいずれか２つ以上を合わせ持つ状態）をいう。これらのリスク要因は食事や運動をはじめとする生活習慣と密接に関わる生活習慣病であるが、近年の疫学研究から、食行動とメタボリックシンドロームとの関わりについて数多く報告されるようになってきた。特にメタボリックシンドロームの予防のためには果物を多く摂取することが重要と考えられている。

そこで三ヶ日町研究において、ウンシュウミカンとメタボリックシンドロームとの関係について解析を行った。ところで最近の研究からメタボリックシンドロームの発症に酸化ストレスが関与しているのではないかとする研究結果が報告されており、また喫煙者では非喫煙者に比べて過剰な酸化ストレスに曝されていることが指摘されている。実際に喫煙者では非喫煙者に比べてメタボリ

ックシンドロームのリスクの高いことが報告されている。そこで、血中β―クリプトキサンチンレベルとメタボリックシンドロームリスクとの関連を喫煙習慣別に検討した。その結果、果物・野菜に多いβ－カロテンの血中濃度が低いほどメタボリックシンドロームのリスクは喫煙者・非喫煙者ともに有意に高く、この関連は非喫煙者よりも喫煙者において顕著に認められた。一方、β－クリプトキサンチンの血中濃度とメタボリックシンドロームリスクとの関連は非喫煙者では認められないのに対し、喫煙者においてはβ－クリプトキサンチンの血中濃度が低いとメタボリックシンドロームのリスクが顕著に高かった（オッズ比 5 以上）（図 11）[20]。これらの結果から、煙草を吸う人は吸わない人よりもより多くの果物・野菜を摂取しないとメタボリックシンドロームのリスクが高くなり、このことが最終的に脳卒中や心筋梗塞などの循環器系疾患、また糖尿病のリスクを高くする原因の一つになるのではないかと考えられる。

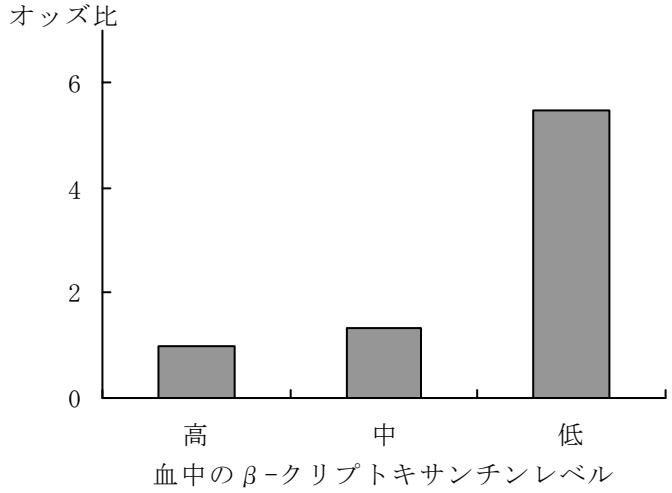


図 11　血中β－クリプトキサンチンレベル別メタボリックシンドローム出現のオッズ比（喫煙者）

ⅳ－カ）より強固な因果関係を目指して

以上紹介した結果は三ヶ日町研究におけるベースラインデータを用いた横断解析から見出された知見である。これらの知見は結果と原因を同時に調査しているため、因果関係についてはまだ明らかに出来ていない。すなわち、ウンシュウミカンをよく食べることでこれらの疾患を予防出来ているのか、あるいはウンシュウミカンをよく食べる人ほどこれらの疾患が少なかっただけなのかは明らかでない。これらの疑問点をより明確にするために我々は今後も追跡調査を実施し、確かにウンシュウミカンをよく食べている人ほどこれらの病気に罹りにくいかを明らかにする予定である。ウンシュウミカンが健康に良いという科学的根拠を確立し、国内の果実消費拡大、国民の健康増進に寄与出来るような研究にしたいと考えている。

ｖ）引用文献

1)Sugiura *et al.*, Cross-sectional analysis of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) consumption and health status based on a self-administered questionnaires, ***J Health Sci*** (48), 366-369, (2002)

2) Sugiura *et al.*, Serum concentration of β-cryptoxanthin in Japan reflects the frequency of Satsuma mandarin (Citrus unshiu Marc.) consumption, ***J Health Sci*** (48), 350-353. (2002)

3) Sugiura *et al.*, Multiple linear regression analysis of seasonal changes in the serum concentration of β-cryptoxanthin, ***J Nutr Sci Vitaminol*** (50), 196-202, (2004)

4)Sugiura *et al.*, Seasonal changes in the relationship of β-cryptoxanthin and serum lipid level, ***J Nutr Sci Vitaminol*** (50), 410-415. (2004)

5) Yuan *et al.*, Prediagnostic levels of serum beta-cryptoxanthin and retinol predict smoking-related lung cancer risk in Shanghai, China, ***Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*** (10), 767-773, (2001)

6) Yuan *et al.*, Dietary cryptoxanthin and reduced risk of lung cancer, the Singapore Chinese Health Study. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 12, 890-898, (2003)

7) Voorrips *et al.*, A prospective cohort study on antioxidant and folate intake and male lung cancer risk, ***Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*** (9), 357-365, (2000)

8) Männistö *et al.*, Dietary carotenoids and risk of lung cancer in a pooled analysis of seven cohort studies, ***Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*** (13), 40-48, (2004)

9) Koushik *et al.*, Intake of the major carotenoids and the risk of epithelial ovarian cancer in a pooled analysis of 10 cohort studies, ***Int J Cancer*** 119, 2148-2154, (2006)

10) García-Closas *et al.* The role of diet and nutrition in cervical carcinogenesis, a review of recent evidence, ***Int J Cancer*** (117), 629-637, (2005)

11) Cerhan *et al.*, Antioxidant micronutrients and risk of rheumatoid arthritis in a cohort of older women, ***Am J Epidemiol*** (157), 345-354, (2003)

12) Pattison *et al.*, Dietary beta-cryptoxanthin and inflammatory polyarthritis, results from a population-based prospective study, ***Am J Clin Nutr*** (82), 451-455. (2005)

13) De Roos *et al.*, Serum carotenoids and radiographic knee osteoarthritis, the Johnston County Osteoarthritis Project, ***Public Health Nutr*** (4), 935-942, (2001)

14) Montonen J *et al.*, Dietary antioxidant intake and risk of type 2 diabetes, ***Diabetes Care*** (27), 362-366, (2004)

15) Sugiura *et al.*, High serum carotenoids are inversely associated with serum gamma-glutamyltransferase in alcohol drinkers within normal liver function, ***J Epidemiol*** (15), 180-186, (2005)

16) Sugiura *et al.*, Serum carotenoid concentrations are inversely associated with serum aminotransferases in hyperglycemic subjects, ***Diabetes Res Clin Pract*** (71),

82-91, (2006)
17) Nakamura *et al.*, High β-carotene and β-cryptoxanthin are associated with low pulse wave velocity, ***Atherosclerosis*** (184), 363-369, (2006)
18) Sugiura *et al.*, The homeostasis model assessment-insulin resistance index is inversely associated with serum carotenoids in non-diabetic subjects, ***J Epidemiol*** (16), 71-78, (2006)
19) Sugiura *et al.*, Bone mineral density in post-menopausal female subjects is associated with serum antioxidant carotenoids, ***Osteoporosis Int*** (19), 211-219, (2008)
20) Sugiura *et al.*, Associations of serum carotenoid concentrations with metabolic syndrome, Interaction with smoking, ***Br J Nutr*** (100), 1297-1306, (2008)

④ 加工・利用の現状

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　カンキツ研究興津拠点　尾﨑嘉彦

ⅰ）はじめに

我が国のカンキツ生産は、農業構造の変化にともない、生産量としては既に一つのピークを越えてはいるが、今日なお農業の重要な部分を占めていることにかわりはない。平成19年度では、我が国の果樹生産量344万ｔのうちウンシュウミカンは、約30%を占め、品目別の生産量では第一位の座にある。販売額においても1,500億円あまりと、リンゴと並んで果樹生産の中核をなしている。本稿では、我が国のカンキツ類の中でも、最も生産量も多く、長い栽培の歴史をもつウンシュウミカンを中心に、カンキツ加工の技術の変遷について歴史を振り返るとともに、今日の技術開発の動向および関連研究の現状について解説する。

400年を超える歴史を持つ我が国のカンキツ産業において、加工への取り組みが本格的に始まったのは、まさに様々な産業基盤が整い始めた時期の、明治初年以降のことである。

当初はジャム、マーマレード、シラップなどの加工品が製造されていたようであるが、これらはあまり大規模化されることはなかった。しかしながら、流通基盤が未成熟であった当時、重要なビタミン供給源であるカンキツ果実の流通範囲を拡大するという点で一定の役割を果たしていたと考えられる。その後、カンキツ加工においては、缶詰加工、続いて果汁加工が大規模化されるようになり、今日でもこれらが加工用途の大きな受け皿となっている。

ⅱ）缶詰加工

平成19年に、日本缶詰協会がその創立80周年を記念して、ミカン缶詰の復刻版を企画し、新聞、テレビなどでも取り上げられた。このミカン缶詰は、明治10年代に我が国が世界に先駆けて製造販売したものを復刻したと言うことであるが、現在のミカン缶詰とは大きく異なり、外皮をつけたままの果実の砂糖煮が缶の中にそのまま入っているという形態（「外皮付き糖蜜漬缶詰」）であった[1)]。

その後、明治30年代には、手で外果皮のみを剥皮し、内果皮は残した状態の「丸みかん缶詰」が製造されるようになった。今日のような、内果皮までを除去したミカン缶詰が製造されるのは、大正時代になってからのことである。

大正12年頃には大阪市立工業研究所の荒川驍技師が、アメリカの缶詰雑誌に掲載されていたアルカリ処理によりアンズの外皮を軟化させる方法にヒントを得て内果皮を除去する方法を確立している。この方法は、外皮を除去したミカンの果肉を50～60℃に加温した2%～5%の苛性ソーダ（水酸化ナトリウム）溶液に5分程度浸漬した後に、直ちに洗浄しアルカリを除くもので、色調、風味、食感にほとんど影響を与えることなく内果皮を除去することができた[2)]。

この時期に、大阪市立工業研究所を訪問した広島県工業試験場の技師が、この手法を広島県に伝え、普及を図り、豊田郡大長村（現在の呉市）の加島正人氏が初めてアルカリによる内果皮の剥皮技術を実用化し、本格的なミカン缶詰の製造を行った[2)]。ところが、アルカリ処理だけでは、内皮と繊維質の除去が十分ではなかったため、化学処理の後に手作業での修正が必要とされた。

その後、横浜にあった四菱食品株式会社の濱口文二氏が酸とアルカリの併用により、現在の形態に近い内皮の剥皮技術を完成させている[2,3)]。濱口氏らは、剥皮技術の完成に引き続いて、殺菌条件についても詳細な検討を行い、70℃程度の加熱で内容物にあまり影響を与えることなく殺菌が可能であり、缶を回転させながら加熱することで、缶内の温度の不均衡をも防げることを見いだしている[2)]。こうして、昭和 10 年頃にはほとんど現在のような缶詰加工プロセスの基本形が完成していたようである[2)]。

ウンシュウミカン缶詰は海外でその需要を拡大し、戦前戦後を通じて輸出産業として重要な役割を果たしてきたが、他国の追従と関税障壁の撤廃により、現在では国内市場でさえも、外国製品に席巻されており、製造工場の数も大きく減少している。また、いくつかの消費者調査により、缶詰を敬遠する原因として、空き缶のゴミ処理の煩雑さ、中身が見えないなどの点が指摘されるようになっている。これらを受けて、剥皮されたミカン果実をレトルトパウチなどの透明プラスチック包装形態で商品化したもの、あるいはフルーツゼリーの具材として利用したものが普及するようになっている。

ⅲ）果汁加工

一方、カンキツ加工のもう一つの柱である果汁加工については、明治 28 年頃に和歌山県有田郡の名古屋伝七氏がミカンの搾汁を瓶詰めし、「みかん水」として販売したのが我が国における始まりであったとされている[4)]。

昭和初期には、レモン、ミカン、イチゴやリンゴなどの果汁が流通するようにはなっていたが、いずれも透明果汁であった。これは明治 33 年の内務省令により、そのまま飲用する果汁については、混濁沈殿を認めないと規定されていたためである。その後昭和 22 年にこれが改正されるまでの間に流通していた果汁は、すべて透明果汁であり、現在のような混濁果汁は見られなかった。第二次世界大戦後には、進駐軍用として輸入されたオレンジ果汁入り飲料などの人気と、内務省令の改正が引き金となり、果汁入り飲料の市場が拡大し、徐々に果汁含有率の高い製品の割合が高くなっていった[5)]。

我が国においてカンキツの果汁加工が一気に拡大したのは、1970 年より始まった、当時の農林省のミカン加工需要拡大緊急対策事業により、全国の主要なミカン生産県に農協組織が主体となった大型の搾汁工場が新設されてからである。最盛期には、17 工場を数えたこのような農協系果汁工場は、平成 4 年のオレンジ果汁の輸入自由化以来、整理され、現在では 11 工場で搾汁が行われている。

大型果汁工場の登場以前には、缶詰の製造と同様の工程で外果皮を剥皮した

果実をチョッパーパルパー式搾汁機で処理することで、搾汁が行われていた。この方法は、他のカンキツに比べて外果皮の剥皮が容易なウンシュウミカンにおいて、特に有利な手法であった。ところが、大型果汁工場設置の際には、米国でオレンジの搾汁に実績のあったＦＭＣ社の全果式搾汁機（インライン搾汁機）をウンシュウミカン用に改良したものが導入された[6)]。

チョッパーパルパー式搾汁機による果汁には精油がほとんど含まれないのに対して、全果搾汁機で処理した果汁は、果皮からの精油が 0.01～0.02%程度含まれる[7)]。この点が、全果式搾汁機で処理された果汁の大きな特徴であるが、このことは果汁の香気だけではなく、色調にも影響を与えていることが明らかにされている。すなわち、全果搾汁機による果汁では、ｄ－リモネンを中心とする精油がO/W型エマルションを形成する。このエマルションは粒径が 10μm 前後と比較的大きいため、濁度の向上にも寄与しているし、果汁の黄色度を高めている[8)]。

これ以外に、インライン方式、チョッパーパルパー方式のいずれとも異なる新たな圧搾式の搾汁装置も提案されているが[9,10)]、実用化には至らず、今日の我が国のカンキツ果汁生産においては、インライン方式の搾汁が主流となっている。

ⅳ）ウンシュウミカン果汁の高品質化への取り組み

カンキツ果汁加工においては、その創生期から、より生の風味に近いものを製造することを大きな命題として技術開発が行われてきている。ウンシュウミカンが果汁加工されるようになった当初、「イモ臭」と呼ばれる独特の加熱臭がウンシュウミカン果汁の官能特性上の大きな問題点であった。ウンシュウミカン果汁の品質の向上を目的として、この「イモ臭」の原因物質の探索が積極的に行われ、生のウンシュウミカンに含有されるメチルメチオニンスルフォニウムから一定条件の加熱により生成する低沸点成分のジメチルスルフィドおよび高沸点成分のβ－ダマセノンが「イモ臭」に関与することが解明された[11-15)]。この知見を背景として、濃縮などにかかる加熱プロセスの改善がはかられ、イモ臭の発生は軽減されるに至っている。

果汁製品の容器としてプラスチック素材が用いられるようになったことに伴い、果汁の特定の香気成分が容器内面のプラスチック素材に収着されることにより官能評価が低下するという新たな果汁の品質低下要因が見いだされ[16)]、使用素材の選択も含めた改善に対するアプローチが行われている[17)]。

官能評価の向上については、加工工程での熱処理を低減することで、関係する化合物の破壊を最小限に留めつつ、微生物および果実由来の酵素の不活性化を図ろうとするものである。

これまでに、超高圧[18)]や超臨界炭酸ガス[19)]、通電[19)]などを利用したいくつかの非加熱殺菌技術の応用が検討されている。また、最近の傾向としては、これまで、単独で検討が行われてきた、高圧、超音波、加熱などの処理をそれぞれ穏和な条件で、複合的に行うことで、官能評価の低下を防ぎつつ、殺菌など

の目的を実現しようとする取組が行われるようになっている[20]。これらの技術は、現在開発途上にあるものであるが、技術が完成した後、更に安全性の検証が行われ、法的な整備を経て実用に供されるものと思われる。

果汁の製造工程での熱処理としては、殺菌処理と並び濃縮処理でも、相当の熱負荷がかかるが、これを低減する目的で、従来行われてきた減圧濃縮に加えて、膜濃縮、凍結濃縮などの技術が開発され、一部実用化されている。また、搾汁後に濃縮を行なわないストレート果汁を貯蔵、流通することも普及し、新鮮感をアピールしたプレミアム製品として販売されるようになっている。

一方、ウンシュウミカンの極早生品種の一部では、原料果実の糖の蓄積が不十分で、得られた果汁の酸度の調整が必要となる場合がある。北川らは、酸度 1%程度の果汁に市販の塩基性イオン交換樹脂を 2～3%（W/V）添加し、10 分間程度処理することで、ビタミンＣ等の栄養成分には、ほとんど影響を与えずに、主にクエン酸を吸着除去し、酸度を 0.7～0.8%にまで低下できることを見いだしている[21]。その後、イオン交換樹脂を利用したカンキツ果汁の減酸システムは連続処理化され、実用に供されている。

ネーブルオレンジなどのカンキツ品種では、生果には見られない苦味が搾汁により新たに生じることが知られている。これは、“Delayed bitterness（遅れ苦味)”と呼ばれる現象で、トリテルペン誘導体の一群であるリモノイドにより引き起こされることが示されている[22]。リモノイドは果実組織中では、Ｄ環が開環したリモノエイトＡ環ラクトン（図１、ＬＡＲＬ）のようなモノラクトン型のアグリコンの形態で存在しているといわれている。また成熟した果実組織や種子中では、開環したＤ環の 17 位に一分子のＤ-グルコースがβ-グルコシド結合したモノグルコシドであるリモニン 17-β-D-グルコピラノシド（図１、ＬＧ）のような配糖体としても存在していることが知られている[22]。つまり、リモニンという一つのリモノイドについて、リモニン（ジラクトン型アグリコン)、リモノエイトＡ環ラクトン（モノラクトン型アグリコン)、リモニン 17-β-D-グルコピラノシド（配糖体）と対応する三つの形態で存在しているわけである。このうち苦味を持つのはジラクトン型のアグリコンのみである。また、新鮮果実では苦味を持たない果汁が加工により苦味を持つようになるのは、このモノラクトン型アグリコンが、加工による果実組織の破壊の過程でジラクトン型アグリコンに変換されるためである。

ウンシュウミカンについては、配糖体の合成酵素系が果実の成熟の早い時期に発現することで、モノラクトン型アグリコンが減少するため（図２）リモノイドによる果汁の苦味の問題はあまり起こらない[23]。しかし、極早生品種の早い時期のものでは、モノラクトン型アグリコンの減少が十分に進んでおらず、果汁加工した際に、苦味の問題を生じることがある[24,25]。このため、極早生品種のウンシュウミカン果汁についても、本来中晩柑果汁を対象として行われている合成吸着樹脂を用いた脱苦味処理[26]が行われることもある。

多くのウンシュウミカン果汁は混濁果汁として流通しているが、外観に関する品質要因として、濁度も重要な位置を占めている。カンキツ果汁の混濁（ク

ラウド）はタンパク質、ペクチン、脂質、ヘミセルロース、セルロース、およびその他の微量成分から構成されることが報告されている[27,28]。カンキツ果汁の流通過程で見られる濁度の低下は、果実に由来するペクチンエステラーゼにより引き起こされるものとされている[29]。この酵素の作用で、脱メチル化して解離したペクチン分子のカルボキシル基に、カルシウムイオンが結合し、不溶性の塩を形成することで、沈殿を生じ濁度が低下するというメカニズムが提唱されている[30,31]。ウンシュウミカン果汁については、果汁中のヘスペリジンがクラウドを核として結合し、沈殿することで濁度が低下することが明らかにされており[32]、ヘスペリジンの濃度を調整すること[33,34]、あるいは新たに糖残基を導入して水溶性を向上させた糖転移ヘスペリジンの添加[35]により濁度を保持する技術も開発されている。

前項（**③健康機能性に関する最近の知見**）で述べられているように、ウンシュウミカンの健康機能性についての理解が進みつつあり、日常の健康の維持にウンシュウミカンの摂取が重要な役割を果たしていることが示唆されるようになっている。これを受けて、ウンシュウミカン果汁製品の高品質化への志向も、健康機能性を訴求しうるものを製造することを目的としたものに移行してきている。このことは、従来から行われてきた色調、香味などの官能特性の向上に加えて、健康機能性が製品品質の重要な要素になりつつあることを示している。

隅田らは、ウンシュウミカン果汁の加工副産物の一つであるフィニッシャーパルプ（搾汁後に除かれた余分なパルプ分）に着目し、凍結融解、遠心分離などの物理的な手法で、β－クリプトキサンチンの濃度を高める技術を開発している[36,37]。またウンシュウミカン果汁の加工工程におけるβ－クリプトキサンチンの消長についても詳細な検討が行われ[38]、これらの知見を背景として、β－クリプトキサンチンを強化したウンシュウミカン果汁製品が上市されるにいたっている。

ｖ）加工副産物の利用

カンキツの果汁加工のプロセスからは、パルプ類、乾燥果皮、シトラスモラセス（搾汁滓の圧搾汁を濃縮したもの)、果皮油などが副産物として得られている。このうち、パルプ類については増粘剤、乾燥果皮は飼料、果皮油は香料原料などとして利用されてきた。最近では、パルプ類は既に述べたようにβ－クリプトキサンチン抽出のための一次原料として用いられるなど[36,37]、多様な用途が生まれている。また、ＢＳＥ問題以降、動物由来のタンパク質が混入する心配がないＡ飼料（牛・めん羊などの反芻動物に給与可能な飼料）[39]の一つとして、ウンシュウミカン搾汁残渣が注目を集めるようになり、生の状態、あるいは乾燥後に飼料として流通するようになっている。シトラスモラセスは今後バイオエタノールの需要が大きくなれば、その発酵原料として候補に挙がってくるのではないかと考えられる。

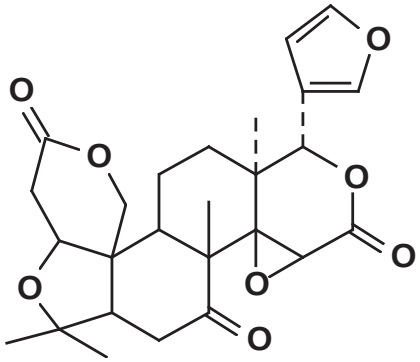
カンキツ類に含まれるいくつかの化合物については *in vitro*、*in vivo* 試験に始まり、ヒト介入試験、栄養疫学研究の面からも機能性についての科学的根

拠が蓄積されつつある。これらの新たな知見を背景に、特定の化合物についての需要が発生し、加工残渣などを対象にその抽出、回収法が検討されることは今後も続くであろう。

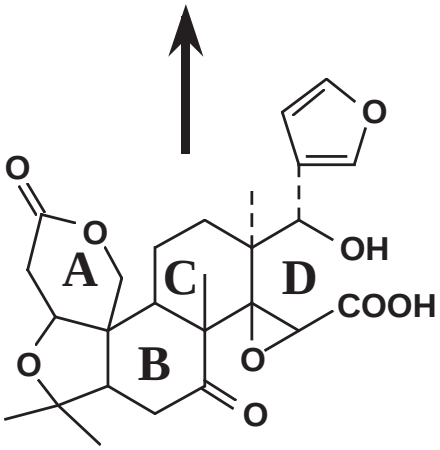
カンキツ加工残渣からの有用成分の抽出回収工程の例として、ペクチンの抽出のように強酸を使用するもの[40]、ヘスペリジンの抽出のようにアルカリを使用するもの[41]が知られている。いずれの化合物を対象にした場合でも、対象物が微量成分である以上、抽出前とほぼ同程度の量の残渣が発生する。これらの残渣の処理にコンポストや飼料などへの利用が想定されるが、その場合、酸やアルカリあるいは有機溶媒が添加されることは好ましいことではない。例えば、酸やアルカリは中和できたとしても、その結果残渣中に相当濃度の塩を含むことになり、コンポストなどとしての利用が困難になるためである。このため、最終段階の処理を考慮すれば、有用成分の抽出は、β－クリプトキサンチンの一次濃縮[36,37]のような物理的なプロセス、あるいはペクチン[42]やヘスペリジン[43]で検討されているような酵素法のような生物プロセスにより行われることが望ましい。ただし、近年検討が進められている、亜臨界水[44]や超臨界水[45]マイクロ波加熱[46]よる有機物の分解が、ある程度の規模で実施されるようになると、これらの制約は取り払われ、有用成分の回収手法についての選択肢が広がるものと期待される。

vi）おわりに

現在のウンシュウミカン加工の中心となっているのは果汁加工であるが、その生産は濃縮果汁として年間約 1 万トンで推移している。濃縮果汁の単価は 400 円前後で推移していることから、国内のウンシュウミカン濃縮果汁の市場規模はおよそ 40 億円程度と見積もることができる。現在稼働中の搾汁工場の多くは、ウンシュウミカン濃縮果汁の製造のみで経営を維持することは困難であり、中晩柑類の搾汁、あるいは野菜汁など他の一次加工品の製造、さらに飲料の充填請負業務などにより経営を成り立たせているのが現状である。近年では、ストレート果汁の製造も行われるようになり、より新鮮さを求める消費者のニーズに合致する形で、その市場を拡大している。これまで、いわゆる「すそもの処理」と「生果の価格調整」を主な視点に行われてきた加工事業であるが、最近では農業者自身が自らの生産物の付加価値を高めるために果汁加工などを手がけるケースも増加しつつある。今後のウンシュウミカン加工においては、このような視点が新たな展開を開くものと期待している。また、消費者ニーズと健康機能性研究の成果をどのような形で製品開発に反映させるかということが、現時点での大きな課題であろう。

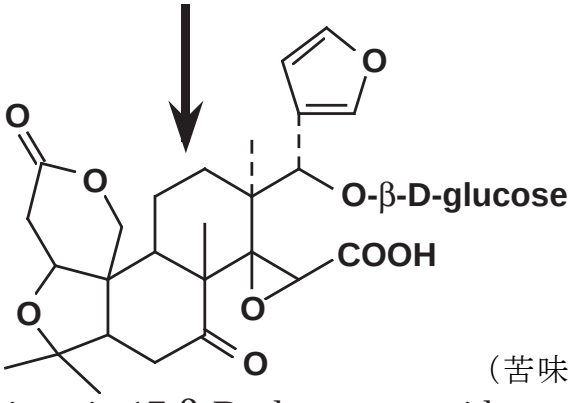


Limonin （苦味あり）



（苦味なし）

Limonoate A-ring lactone
(LARL)



（苦味なし）

Limonin 17-β-D-glucopyranoside
(LG)

図１　リモニンの三つの存在形態と苦味の関係

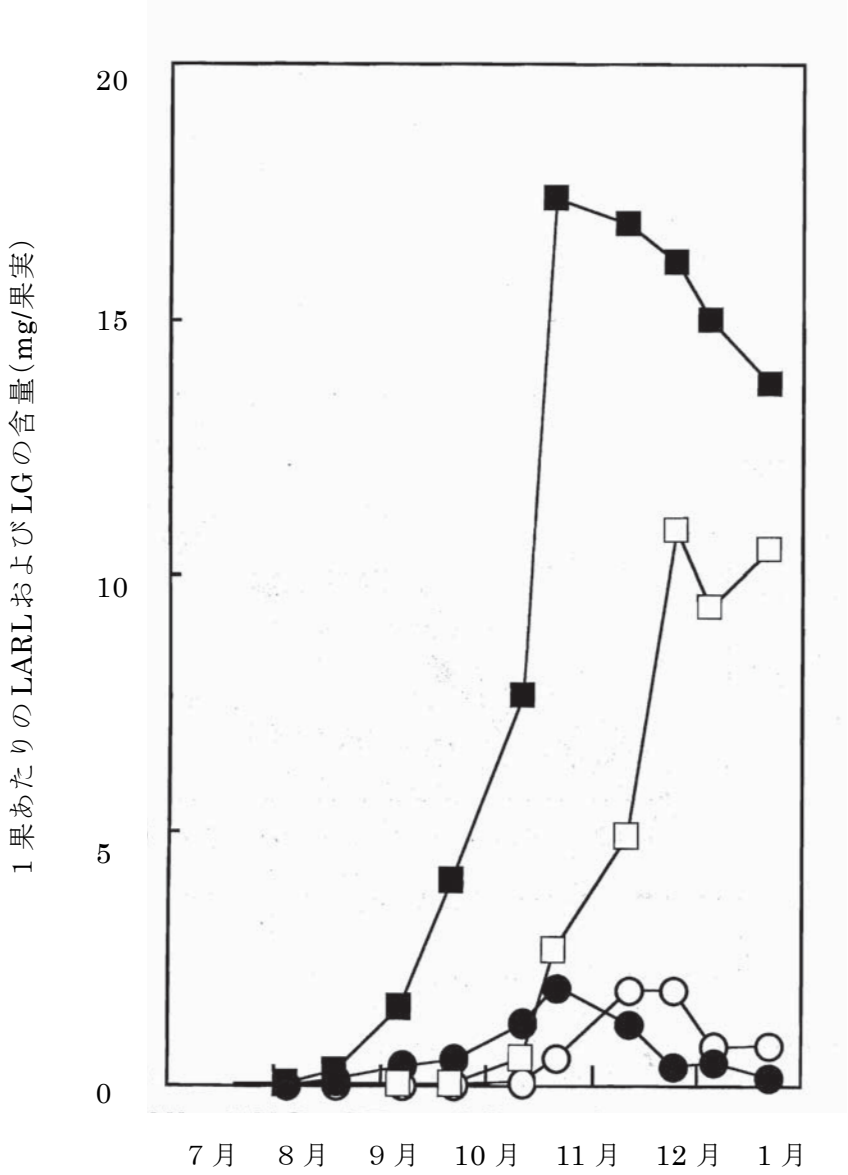


図２　ウンシュウミカン果実の成熟に伴うリモノエイトＡ環ラクトン（ＬＡＲＬ）とリモニン配糖体（ＬＧ）の変化
■：果肉中のＬＧ、□：果皮中のＬＧ、●：果肉中のＬＡＲＬ、
○：果皮中のＬＡＲＬ

vii）引用文献

１）日本缶詰協会,缶詰業界の歩みと団体活動, pp.12-13,社団法人日本缶詰協会,東京,(2007)
２）山中四郎,日本缶詰史,pp356-359,社団法人日本缶詰協会,東京,(1962)
３）濱口文二,柑橘剥皮方法,特許出願公告第 3722 号,(1934)
４）果樹農業発達史編集委員会編,農林省蚕糸園芸局監修,果樹農業発達史,p706,財団法人農林統計協会,東京,(1974)
５）藍青也,果汁･果実飲料事典,pp9-11,朝倉書店,東京,(1987)
６）福永忠彦,全果式柑橘搾汁機の構造と変遷,ＦＦＩジャーナル,No.173,79-83,(1997)
７）伊福靖･前田久夫,温州ミカン果汁の品質改善と果皮利用に関する研究(第１報)インラ

イン式とチョッパーパルパー式搾汁機による温州ミカン果汁の品質の差違について,日食工誌,22(5),211-216,(1975)
８）伊福靖･前田久夫,温州ミカン果汁の品質改善と果皮利用に関する研究(第５報)精油添加果汁におけるエマルジョンの性質について,日食工誌,23(11),531-536,(1976)
９）渡辺敦夫･飯野久栄･太田英明･大谷敏郎･木村進,温州ミカン用試作搾汁機の特性,日食工誌,29(5),277-282,(1982)
10）渡辺敦夫･飯野久栄･太田英明･大谷敏郎･木村進,温州ミカン用試作搾汁機によるミカン果汁の品質,日食工誌,29(5),283-289,(1982)
11）真部孝明,温州ミカン果汁の加熱に伴う低沸点成分の変化と異臭生成との関連について,日食工誌,22(7),337-342,(1975)
12）沢村正義･下田満哉･米沢崇夫･筬島豊,温州ミカンの加熱臭に関する研究(2),農化,51(1),7-13,(1977)
13）沢村正義･下田満哉･筬島豊,温州ミカンの加熱臭に関する研究(3),農化,52(7),281-287,(1978)
14）下田満哉･綾野茂･前田久夫･末綱邦男･筬島豊,温州ミカンの加熱臭に関する研究(IV),農化,58(12),1217-1223,(1984)
15）荒木忠治･伊藤修･榊原英公,オレンジ果汁香気成分の加熱による変化,日食工誌,39(6),477～482,(1992)
16）下田満哉･二反田貴治･門田直明･太田英明･末綱邦男･筬島豊,温州ミカン果汁の香気のプラスチックフィルムによる吸着,日食工誌,31,697-703,(1984)
17）吉田企世子･太田英明･百留公明･青柳英夫･岡部光雄･薄田亘,貯蔵中における温州ミカン果汁の品質におよぼす各種容器の影響について,日食工誌,30,467-475,(1983)
18）小川浩史･福久一馬･福本治次,農化,63(6),1109-1114,(1989)
19）横山理雄･大塚雄三編,次世代無菌包装のテクノロジー―品質と安全を極める,サイエンスフォーラム,東京,(2004)
20）Raso, J. and G. V. Barbosa-Canovas, Nonthermal preservation of food using combined processing technologies., ***Crit Rev Food Sci Nutr***, 43(3),265-285.,(2003)
21）北川博敏･亀井諭･川田和秀･樽谷隆之,イオン交換樹脂によるミカン果汁の減酸処理,園学雑,52(2),189-195,(1983)
22）Hasegawa, S., Biochemistry of Limonoids in Citrus in “Citrus Limonoids Functional Chemicals in Agriculture and Foods” ed. By Berhow, M. A. *et al.*, ***American Chemical Society***, pp9-30, (2000)
23）Ozaki, Y., Ayano, S., Inaba, N., Miyake, M., Berhow, M. A., Hasegawa, S., ***J Food Sci***, 60, 186-189,194.,(1995)
24）石川(高野)祐子･生駒吉識･金子勝芳,極早生ウンシュウの果汁成分 特にリモノイド含量の系統間差違,園学雑,61(3),675-684,(1992)
25）石川(高野)祐子･生駒吉識･金子勝芳,極早生ウンシュウの果汁成分 特にリモノイド含量の成熟期における変化,園学雑,61(4),941-950,(1993)
26）前田久夫･高橋保男･三宅正起･伊福靖,イオン交換樹脂および合成樹脂吸着剤によるハッサクの苦味成分除去と減酸について,日食工誌,31(6),413-420(1984)

27) Klavons, J. A., Bennett, R. D. and Vannier, S. H, Nature of the protein constituent of commericial orange juice cloud., *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 39(9) 1546-1548, (1991)
28) Baker, R. A. and Cameron, R. G., Clouds and ciotrus juices and juice drionks., *Food Technol.*, (53), 64-69, (1999)
29) Rouse, A. H., Gel formation in frozen citrus concentrates thawed and stored at 40 C, *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, (62), 170-173, (1949)
30) Baker R. A. and Bruemmer, J. H.:Pectinesterase stabilization of orange juice cloud, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (20), 1169-1172 (1972)
31) Croak, A. and Corredig, M., The role of pectin in orange juice stabilization, Effect of pectin methylesterase and pectinase activity on the size of cloud particles, *Food hydrocolloids*, (20), 961-965, (2006)
32) 前田久夫･高橋保男･三宅正起･伊福靖,温州ミカン搾汁工程中のヘスペリジンの挙動について,日食工誌,32,202-207,(1985)
33) 前田久夫･高橋保男･三宅正起･伊福靖,合成吸着剤による温州ミカン果汁中のヘスペリジンの吸着除去について,日食工誌,32,344-348,(1985)
34) 前田久夫,樹脂吸着法による高品質カンキツ果汁の製造に関する研究,果汁協会報,345,34-45,(1986)
35) 西村隆久･米谷 峻･中江貴司･滝井寛･岡田茂孝,ヘスペリジン配糖体によるオレンジ果汁飲料中のヘスペリジンの沈殿抑制効果,日食科工誌,46(6),389-394,(1999)
36) 隅田孝司･東 誠広･濱田 智･小川浩史,温州ミカン果汁からの高カロテノイド含有パルプの調製,日食科工誌,46(6),404-409,(1999)
37) 隅田孝司･東 誠広･濱田 智,凍結･融解による温州ミカンパルプ中のカロテノイド高濃度化,日食科工誌,46(12),833-838,(1999)
38) 隅田孝司･東 誠広･濱田 智･小川浩史･多田幹郎,温州ミカン果汁の加熱処理、光照射、貯蔵における全カロテノイド及びβ－クリプトキサンチン含量の変化,日本食品化学会会誌,6(2),106-110,(1999)
39) 反すう動物用飼料への動物由来たん白質の混入防止に関するガイドライン,(平成 15 年 9 月 15 日付 15 消安第 1570 号農林水産省消費･安全局長通知,(2003)
40) Nelson, D. B., Smit, C. J. B., and Whiles, R. R., in "Food hydrocolloids", ed. by Graham, H. D., Avi Publ. Co., Westport, CT, pp. 418-437, (1977)
41) Hendrickson, R. and Kesterson, J. W., Purification of Crude Hesperidin, *Proceedings of Florida State Horticultural Society*, (68), 121-124, (1955)
42) Sakai, T. and Okushima, M., Microbial production of pectin from citrus peel, *Appl Environ Microbiol*, 39, 908-912, (1980)
43) 稲葉伸也･綾野 茂･尾崎嘉彦･三宅正起･前田久夫･伊福靖,酵素利用による温州ミカン搾汁粕からのヘスペリジンの抽出、回収, 日食工誌,40(12),833-840,(1993)
44) 吉田弘之･市隆人, 植物残渣の分解方法,日本国公開特許公報 2004-298772,(2004)
45) 小口美津夫･前田 芳聰・久保田 満,有機廃棄物及び有機排水の再資源化システム,日本国特許第 3716286 号,(2005)

46) 東 順一・井上剛史・椿俊太郎・小川一紀・大西清高,マイクロ波照射を用いた温州ミカン摘果果実からのヘスペリジンの抽出,第３回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム講演要旨集,214-215,(2009)

（３）地方特産のカンキツ類

① ユズ

高知県農業技術センター果樹試験場　田中満稔

ⅰ）歴史、産地および栽培状況など

「ユズ」は中国揚子江上流が原産地で、797 年に完成した続日本紀に「柚子」の記載があることから、平安時代以前に朝鮮半島を経由して渡来したと考えられている。

平成19年の全国の栽培面積は2,034haで生産量は20,378ｔである。出荷量は18,845ｔで、そのうち加工用が14,181ｔと75％を占めている。東北地方から九州まで多くの都府県で栽培されているが、高知、徳島、愛媛の四国３県で栽培面積の59％、生産量の73％を占めている（図１）。

ⅱ）成分情報と機能性

五訂日本食品成分表によると、食物繊維が果皮で690mg/100g、果汁で40mg/100g含まれる。食物繊維のなかではペクチンが多い。ペクチンは未熟な果皮に多く、成熟に伴い減少する（図２）。ペクチンなどの食物繊維は、消化管機能や腸の蠕動（ぜんどう）運動を促進し、栄養素の吸収を緩慢にさせて、血糖値やコレステロール値の増加を抑える働きがある。

また、他のカンキツ果実同様にカリウムやビタミンＣを多く含んでいる。カリウムは果皮で140mg/100g、果汁で210mg/100g、ビタミンＣは果皮で150mg/100g、果汁で40mg/100g含まれている。カリウムは細胞内の浸透圧維持、細胞の活性維持等を担い、ビタミンＣは体の抵抗力を強くしてウイルス病等の疾患から守ってくれるばかりではなく、抗変異原を有することもわかってきている。

果皮に含まれる精油はｄ-リモネン、γ-テルピネン等、数百種類あり、抗ストレス効果が認められている。

機能性成分としては、フラボノイド類のナリルチン、ナリンギン、ヘスペリジン、ネオヘスペリジン等を比較的多く含んでいる。フラボノイド類は毛細血管の強化、血中コレステロール値の改善、血流改善、抗アレルギー作用、発ガン抑制作用等の様々な効果が認められている。また、発ガン抑制作用が認められているオーラプテンも含んでいる（表１）。

１果あたり20～30粒ほどの種子を含み、その重さは果実重の9％前後である。種子中にはリモネン、リモノイド類、ヘスペリジン等が含まれ、コレステロール値の改善や発ガン抑制効果が認められている。また、種子エキスにはメラニン生成抑制（美白効果）、表皮細胞（基底細胞）、真皮成分及び線維芽細胞の生成促進効果、肌の保湿効果等が認められている。

ⅲ）加工・利用の現状

加工用原料には、農協等から青果のままで加工会社に出荷される形態と搾汁

後、果皮・果汁・種子等に分別して、それぞれの加工会社に出荷される形態がある。

果汁は大部分が18Ｌ容量のバックインボックスで冷凍流通される。果皮も冷凍流通が主体であるが、粉末やペースト状、精油等に二次加工される場合もある。

加工品には、花から未熟な青い果実、熟した黄色い果実まで利用され、利用部位も果皮、果汁、種子と幅広い。また、食品用だけでなくアロマテラピーや化粧品等にも利用されている（表２）。

このように、「ユズ」の加工品は多岐にわたっているが、今後はその機能性をより活かした、加工品の開発が期待される。

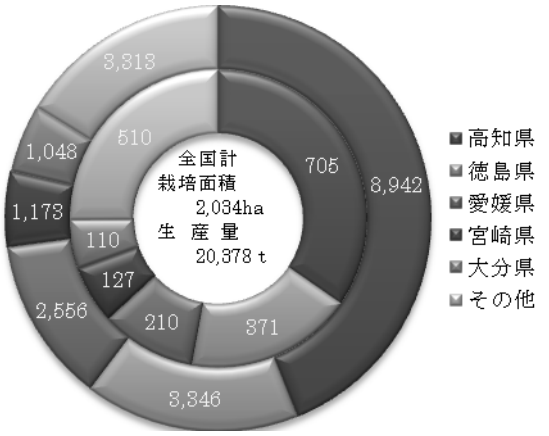


図１　「ユズ」の栽培面積と生産量（2007）

注）内円：栽培面積（ha）
　　外円：生産量（ｔ）

出展）平成 19 年産特産果樹生産動態等調査

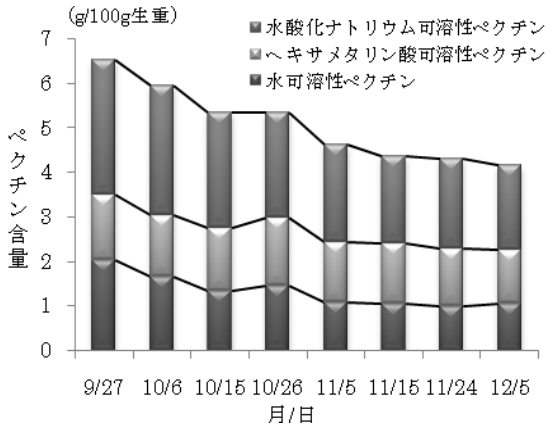


図２　「ユズ」果皮中のペクチン含量の推移

出展）高知県農業技術センター果樹試験場平成５年度試験研究実績報告書

表１　高知県産「ユズ」におけるオーラプテン、フラボノイド類の含有量

部位	オーラプテン	フラボノイド類（mg/100g 乾物重）					
		ナリルチン	ナリンギン	ヘスペリジン	ネオヘスペリジン	ルチン	ナツダイダイン
果皮	43.1	539.8	390.0	1088.7	393.5	10.9	1.10
果肉	6.9	32.3	24.9	39.2	17.2	n.d.	0.47

注）果樹研究所カンキツ研究興津拠点による分析（2002年産果実）

表２　「ユズ」の利用部位とその利用例

利用ステージ	利用部位	主な利用例※
花	花器	菓子（ゼリーなど）
未熟果 （青ユズ）	主として果皮	薬味（ユズ胡椒など）、漬けユズ、菓子（ユズ胡椒風味）
	主として果肉（果汁）	調理酢(ポン酢）、清涼飲料水、菓子類
熟果 （黄ユズ）	主として果皮	薬味（ユズ胡椒、ふりかけ）、ユズ味噌、ゆず茶、マーマレード、リキュール、菓子類、化粧品、入浴剤など
	主として果肉(果汁)	調理酢（ポン酢）、清涼飲料水、リキュール、菓子類（飴など）
	種子	化粧品、食用油、機能性食品

※「ユズ」を利用した、主な加工製品・試作品等の一例。

② 土佐文旦（とさぶんたん）

高知県農業技術センター果樹試験場　又川浩司

ⅰ）歴史、産地および栽培状況など

ブンタン類はマレー半島原産で室町時代末期に九州に伝播したといわれ、現在では九州と四国を中心に多くの地方品種が栽培されている。「土佐文旦」は、昭和４年に高知農事試験場（現高知県農業技術センター果樹試験場）が鹿児島県姶良郡から導入したブンタン類の一系統が高知県内で増殖されて普及したもので、昭和 34 年から「土佐文旦」と名称統一されて販売されている。品種特性と導入の経緯から鹿児島県の大橘（おおたちばな）と同一品種ではないかと考えられている。

主な産地は高知県中央部の土佐市と西部の宿毛市である。栽培面積は平成 5 年頃まで増加を続け、収穫量もその成園化にともなって増加したが、近年は栽培面積、収穫量ともに安定的に推移している。現在の栽培面積は約 440ha、収穫量は約 8,500ｔで、それぞれ国内産ブンタン類の 36％と 42％を占めている（図１）。

「土佐文旦」の果実は、500～600g 程度でブンタン類の中では小型に分類される。果皮は黄色で滑らか、果形は扁球形である（写真１）。熟期は 2 月下旬～3 月上旬であるが、果実の凍結を避けるため、高知県では厳寒期前の 12 月～1 月に収穫して貯蔵し、2 月頃から出荷される。

ⅱ）成分情報と機能性

出荷期の果実は、果汁の糖度計示度 12、クエン酸含量 1.1％程度で、果肉には特有の爽やかな芳香と微かな苦味があり、風味豊かで美味である。「土佐文旦」の苦みは主に果汁 100g 当たり 9mg 程度含まれるナリンギンによるもので、これが特有の風味を与えている（表１）。ナリンギンはブンタン類に比較的多く含まれるフラボノイドの一種で、毛細血管を強くし高血圧や動脈硬化を予防する効果があるといわれている。

他に果肉にはリモノイドとその配糖体およびγ-アミノ酪酸、果皮にはオーラプテンが含まれている。リモノイドはブンタン類に含まれるもう一つの苦み成分であり、土佐文旦の果汁に含まれる主なリモノイドはリモニンとノミリンである（図２）。リモノイドとその配糖体には発ガン抑制作用があることが知られている。

γ-アミノ酪酸は、ＧＡＢＡとも呼ばれるアミノ酸で発芽玄米などに多く含まれ、血圧降下作用が注目されている。「土佐文旦」の果肉 100g にも 33～37mg と比較的多く含まれている。オーラプテンはクマリン化合物の一種で、発ガン抑制作用があることが知られている。最近の研究では、ブンタン類の果皮には乾物 1g 当たり 0.1～0.2mg と比較的多く含まれ、特に果皮表面のフラベド部分に多いことが明らかになっている。

iii）加工・利用の現状

「土佐文旦」の加工品には、ジュース、シャーベットおよびゼリーなどの果汁や果肉を利用したものに加え、果皮を利用したマーマレードがある（写真２）。「土佐文旦」の果皮は果実重の 33～40%を占めるため材料の確保が容易である。加工には、果皮を煮て苦味成分を減らす作業が必要だが、果皮に含まれるオーラプテンは、水煮では溶出や分解が少なく果皮に多く残存することが報告されている。従って、「土佐文旦」のマーマレードは最も効率的にオーラプテンを摂取できる機能性食品の一つとして注目される。

「土佐文旦」を食べるには、果皮やじょうのうを剥き種子を除去する必要がある。そのため、手間がかかる、手が汚れる、残さが多いなどの点で消費者に敬遠されがちである。しかし、その果実品質や機能性に目を向けると大変付加価値が高い果実である。生食に加え、加工利用の観点からも再度見直してみる必要がある。

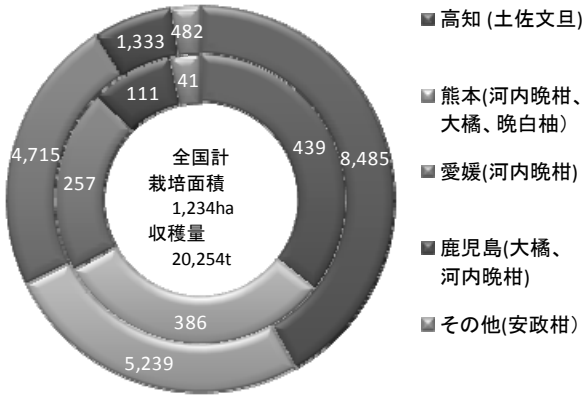


図1　ブンタン類の栽培面積と収穫量（2007）

注）内円：栽培面積(ha)、外円：収穫量(t)、（　）内は各県の主たる品種　平成19年産特産果樹生産動態調査より作成

写真１　収穫期の「土佐文旦」

表１　「土佐文旦」の果汁成分　（果汁 100g 中）

ショ糖 (g)	果糖 (g)	ブドウ糖 (g)	クエン酸 (g)	ナリンギン (mg)	ビタミン C (mg)
4.53	1.60	1.54	1.08	8.5	50.2

注）採取２月８日　高知県土佐市産

出典）垣内典夫ら(1972)，雑柑の果実成分，昭和 47 年度園芸試験場興津支場試験研究年報（果樹および加工編），87-88 より作成

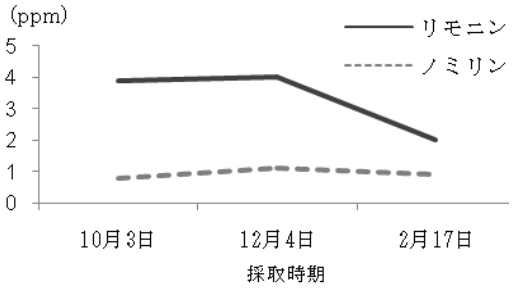


図２ 土佐文旦果汁のリモノイドの経時的変化

山本雅史ら(1994)，カンキツにおける果汁及び茎のリモノイドの品種間差異，園学雑63別1，126-127より作成

写真２　「土佐文旦」のマーマレード

表２　「土佐文旦」の利用部位とその利用例

利用ステージ	利用部位	主な利用例※
熟果	主として果皮	マーマレード、砂糖漬け
	主として果肉(果汁)	ジャム、ゼリー、菓子類(飴など)、シャーベット、清涼飲料水、リキュール、ドレッシング

※「土佐文旦」を利用した、主な製品・試作品等の一例。

③ じゃばら

和歌山県果樹試験場　中地克之

ⅰ）歴史、産地および栽培状況など

「じゃばら」（写真１）は、和歌山県北山村及び対岸の三重県熊野市に江戸時代には存在していたと考えられ、北山村では庭先果樹として生活に密着し正月用のさんま寿司などに食酢として利用されてきた。北山村は世界遺産・熊野川の支流・北山川北岸にある小さな村（面積約4,800ha，人口約570人）で、周辺を三重県と奈良県に囲まれた飛び地の村である（図１）。「じゃばら」の名は「邪（気）を払う」から正月料理に縁起物の果実として珍重されてきたことから付けられたとされるが、もともとジャケチイバラと呼んでいたものが、「じゃばら」になったと推測される。1971年に品種登録され、この地方の呼び名が学名に用いられた。現在の栽培面積は約10ha、収穫量はピーク時に約80ｔ（1989年）あったが、その後40～60ｔ程度となっている（図２）。

ⅱ）成分情報と機能性

「じゃばら」は近縁の「ユズ」と比較して、果実の比重が重く、果肉歩合および果汁割合が高い。クエン酸含量は同等である（表１）。ミネラルやビタミン類、カロテンなどの栄養成分は豊富に含まれ、「ユズ」と同様、果汁より果皮に多く含まれている（表２）。フラボノイド含量は、ナリルチンやナツダイダインが特異的に多く含まれ、ナリンギンも多い。しかし、他の香酸柑橘カンキツ類（ユズ・スダチ・カボスなど主に香りと酸味を楽しむカンキツ類を指す）に多く含まれるヘスペリジンやネオヘスペリジンは全く含まれていない（表３）。
ナリルチンは果皮中に多く含まれ、和歌山県工業技術センターの木村らの研究によりアレルギー反応の原因となる脱顆粒化現象を抑制する可能性が高いことが明らかになった。その後、岐阜大学ではスギ花粉症に対する臨床試験を行い、じゃばら果汁が症状の改善、生活の質（ＱＯＬ）改善に有効であるとの報告があった。ナツダイダインは、果樹研究所カンキツ研究興津拠点によりカンキツ由来のフラボノイドの中で最も強い発がんガン抑制効果、ガン細胞の増殖抑制効果をもつことが明らかになっている。

ⅲ）加工・利用の現状

「じゃばら」加工品売り上げは機能性の研究結果が後押しするような形で好調である（写真２）。主にフラボノイドを多く摂取するために、果汁割合の高い飲料（30%以上）や果皮を含んだ加工品（皮入り果汁など）、さらには化粧品への利用も試みられている。また、生果は果汁率が高い上にす上がり（砂じょうの生理傷害による異常：乾燥・ゼリー化・粒状化などが見られる）しにくく、貯蔵性に優れる。ポリ個装などで冷暗所に置くだけで春先までみずみずしい状態を保つことが可能である。

写真１　「じゃばら」果実

図１　北山村の位置

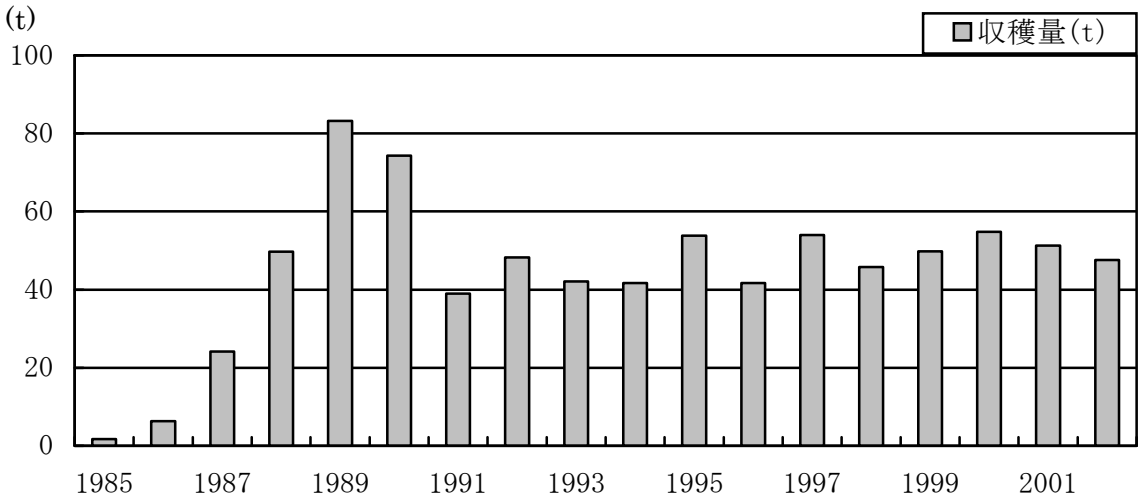


図２　北山村内産「じゃばら」果実収穫量の推移（1985～2002年）

写真２　「じゃばら」加工品例

表１　「じゃばら」と「ユズ」の果実特性（調査年：2005年11月）

		じゃばら（北山村産）	じゃばら（和果試場内）	ユズ（和果試場内）※
果実	果実重(g)	136.4	160.1	131.1
	横径(mm)	63.8	71.2	70.8
	果形指数	108.1	118.5	130.4
	比重	－	0.93	0.79
果肉歩合	(%)	67.7	67.1	60.2
水分含量	果肉(%)	90.8	85.4	82.8
	果皮(%)	74.0	77.5	82.4
種子数	完全	0.8	26.6	29.0
	不完全	0.2	0.8	2.8
果実品質	糖度(Brix %)	9.70	7.80	8.38
	クエン酸	5.35	5.52	5.34

※ 和果試場：和歌山県果樹試験場

表２　「じゃばら」と「ユズ」果皮および果汁の成分（可食部100g当たり）

		じゃばら果皮※	じゃばら果汁※	ユズ果皮※※	ユズ果汁※※
エネルギー(kcal)		95	33	92	23
水分		73.6	90.6	74.7	91.4
タンパク質		0.9	0.6	1.8	0.5
脂質		0.4	0.3	0.8	0.1
炭水化物		24.6	8.0	21.9	7.6
灰分		0.54	0.48	0.8	0.4
無機質	Ｎａ			9	1
	Ｋ			260	210
	Ｃａ	91	20	75	20
	Ｐ	14	13	17	11
	Ｆｅ	0.9	1.8	0.5	0.1
ビタミンA	レチノール当量			0	0
	カロテン	2.18	0.10	80	0
	ビタミンA効力	45.5	2.2	44	0
ビタミンＢ１		0.04	0.05	0.07	0.05
ビタミンＢ２		0.07	0.02	0.10	0.02
ナイアシン				0.5	0.2
ビタミンＣ		117.9	38.5	150	40

※ 日本冷凍食品検査協会、※※ 成分表　より引用

表３　「じゃばら」と他の地域特産香酸カンキツ（果皮・果肉）に含まれる主なフラボノイド含量（mg/100g 乾物重）

フラボノイド名	部位	じゃばら	無核ユズ	スダチ	カボス	ニホンタチバナ
ナリルチン	果皮	6605.55	889.40	758.99	493.05	11.25
	果肉	1106.93	170.45	142.75	40.50	26.41
ナツダイダイン	果皮	268.16	4.85	0	1.26	0
	果肉	0.85	0.47	0	0	0
ナリンギン	果皮	176.22	626.25	0	691.43	0
	果肉	6.01	131.31	138.87	23.80	0
ヘスペリジン	果皮	0	1349.55	1532.20	296.79	800.76
	果肉	0	145.22	61.14	46.84	1289.22
ネオヘスペリジン	果皮	0	404.65	855.07	337.43	0
	果肉	0	64.46	78.28	33.74	0
ノビレチン	果皮	0	0	0	8.31	666.93
	果肉	0	0.12	0	0	1.26

（矢野、吉澤、大原らの調査データを抜粋）

表４　「じゃばら」の利用部位とその利用例

利用ステージ	利用部位	主な利用例※
熟果	主として果皮	ジャム、ママレード、はちみつ漬け、 ペースト、乳牛用飼料 果皮入りドリンク（清涼飲料水）、 菓子類（ケーキ・羊羹・タルトなど） せっけん
	主として果肉（果汁）	調理酢（ポン酢）、清涼飲料水、100％果汁、 リキュール、ワイン、シャーベット、菓子類（飴・ケーキなど）

※「じゃばら」を利用した、主な製品・試作品等の一例。

④ カラ

三重県農業研究所　紀南果樹研究室　大野秀一

ⅰ）歴史、産地および栽培状況など

「カラ」はカリフォルニア大学のフロスト博士が「尾張系温州」に「キングマンダリン」を交配して育成した品種で、1935年に命名し発表された。1954年に田中長三郎博士がカリフォルニアから種子を持ち帰り、三重県南勢町（現南伊勢町）の桂清吉方に移して栽培させ、「伽羅」と名付けて一般に広めた（写真１、２）。当時はかいよう病に弱いことや収量が低いことから安定的な生産が難しかったため、県内にあまり広まらなかった。しかし、味を重視した消費の時代に変わってきたこと、栽培技術の改善が図られてきたことから年々栽培が増えてきた。三重県では、冬期に凍害を受けにくい東紀州地域（熊野市及び御浜町、紀宝町）が主な栽培地帯で、南伊勢町でも一部栽培されている。東紀州地域では御浜町を中心に約20haが栽培され、300ｔ前後が出荷されている。また、県外では愛媛県や和歌山県でも栽培されている。

「カラ」は４月以降に成熟する晩生カンキツであり、カンキツ類の中では、比較的糖度が高い品種である。成熟期の果実糖度は14％程度で、クエン酸は４月上旬で1.0～1.5％となる。果実の外観はウンシュウミカンによく似ており、果皮の色は橙色でウンシュウミカンと同程度かやや濃く、果実重は150～200ｇ前後である。また、果皮の厚さは3.5㎜前後で、ウンシュウミカンほどではないが比較的容易に剥くことができる（表１）。

ⅱ）成分情報と機能性

「カラ」の交配親である「キングマンダリン」は、ウンシュウミカンと比較し、発ガン抑制効果があるとされるナツダイダインの含有量が多く、ナリルチン、ヘスペリジンは同程度含まれていることがわかっている。「カラ」についても、これらの機能性成分が含まれている。当研究室の調査では、「カラ」の外果皮には他の品種に比べてナツダイダインがかなり高い量で含有されており、タンゲレチンやナリルチン、ヘスペリジンも比較的多く含まれていた。また、じょうのうや砂じょうの可食部にも、ナリルチンやヘスペリジンが含まれていることがわかった（表２）。ナリルチンは和歌山県の地域特産物で、花粉症に効くとされる「じゃばら」にも多く含まれている（**③じゃばら**の項目を参照）。これらのことから、「カラ」の果実は食味の良さだけでなく、生理機能性の視点から見ても貴重なカンキツであると言え、春の食卓を飾る１品として広く消費されることを望みたい。

ⅲ）加工・利用の現状

加工はジュースへの利用が中心となっている。現況は産地内のジュース工場で規格外品を搾汁後ビン詰めし、果汁100％のジュースとして販売やＰＲ活動に利用されている。果汁はウンシュウミカンに比べて甘みが強く、生理機能性も

期待されることから、プリン等の菓子やリキュールへの利用も行われている。また一部、搾汁後の果皮を凍結乾燥させて粉末にし、シフォンケーキに添加したものも商品化し販売されている。その他にも果皮粉末を添加したみかん餅、果実を丸ごと搾汁して添加したドレッシングなどが試作されている。

写真１　「カラ」の果実

写真２　「カラ」の樹姿（三重県御浜町）

表１　「カラ」成熟期の果実品質

品種	果実重（ｇ）	果形指数	果肉率（%）	果皮厚（mm）	果皮色（C.C）	果肉色（C.C）	糖度（Brix %）	クエン酸（%）
カラ	195	125	77.9	3.77	8.1	8.3	14.7	1.42
興津早生	97	125	81.7	2.20	4.8	7.7	9.9	0.91

注）調査は「カラ」2002年４月15日、興津早生2001年11月１日（三重農研・紀南果樹）

表２　「カラ」成熟果の部位別フラボノイド含量

調査部位	フラボノイド含量（mg/100g 乾物重）				
	ﾅﾘﾙﾁﾝ	ﾍｽﾍﾟﾘｼﾞﾝ	ﾉﾋﾞﾚﾁﾝ	ﾅﾂﾀﾞｲﾀﾞｲﾝ	ﾀﾝｹﾞﾚﾁﾝ
ﾌﾗﾍﾞﾄﾞ（外果皮）	387± 36	4,612±338	112±9	125±12	63±5
ｱﾙﾍﾞﾄﾞ（内果皮）	1,436±215	9,742±156	n.d.	n.d.	n.d.
維管束	2,096± 89	7,229±235	n.d.	n.d.	n.d.
じょうのう	1,222±123	2,320± 21	n.d.	n.d.	n.d.
砂じょう	176± 14	1,013± 39	n.d.	n.d.	n.d.
種子	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

注）果実採取日は2003年４月９日（三重農研・紀南果樹）

⑤ 新姫（にいひめ）

三重県農業研究所　紀南果樹研究室　市ノ木山浩道

ⅰ）歴史、産地および栽培状況など

新品種である香酸カンキツ「新姫」は三重県熊野市新鹿町に自生していたカンキツである。熊野市やその周縁の海岸地帯には古くから野生の「タチバナ」が自生しており、「タチバナ」は熊野市の天然記念物として指定されている。「新姫」は「タチバナ」そのものではないが、変わり物の大樹で貴重なため「タチバナ」の中に含めて昭和 45 年３月９日に市の天然記念物として指定され保存が図られた。平成９年 11 月に熊野市が権利を譲り受けて種苗登録を行い、地域特産物として振興を図っている。また、平成３年より県の試験研究機関において生産性、果実品質などについて調査し栽培性が明らかになってきている。収穫時期は 10 月上旬から 11 月上旬で、着色前の緑果を収穫する。収量（樹１本あたり一年間の収穫量）はキコクを台木にした 17 年生樹で約 36kg/樹（2,700 果/樹）である。着花性は良好なので計画密植を行えば多収が期待できる。栽培面積は平成 21 年度で 2.2ha となっている。果実は 10 月収穫では 15～20g 程度で、１月上旬には完全着色となり鮮やかな橙色となる（写真１）。果皮の香気は多く、「ユズ」と異なる独特な香りがする。果汁の量は中程度で果汁歩合は約 30%である。種子は多く、１果当たり９個程度である。果実の糖度は 12 月下旬には約 10%となり、クエン酸含量は１月上旬には３～４%になる（表１）。

ⅱ）成分情報と機能性

「新姫」成熟果実の可食部分にはナリルチンやヘスペリジンなどのフラボノイド類が含まれている。ナリルチンは「タチバナ」、「シークヮーサー」に比べて多く含まれており約 180mg/100g 乾物重含まれていた。さらに、ヘスペリジンも約 900mg/100g 乾物重と多く含まれていた。これは「興津早生」の可食部分に含まれる量の約２倍にあたり、「タチバナ」、「シークヮーサー」と比べても多い（図１）。また、成熟果の果皮部分には、可食部分と同様ナリルチン、ヘスペリジンが多く含まれていた。特に、果皮部分には可食部分にはほとんど含まれていなかったポリメトキシフラボノイド類のノビレチンが約 1,000mg/100g 乾物重含まれていた（図２）。ポリメトキシフラボノイドはカンキツに特徴的なフラボノイドとして知られており、血糖値上昇や皮膚ガンなどに抑制効果があるとされている。果皮に含まれるフラボノイド類は可食部分より多く、その含有量も多いことから、今後可食部分の利用以外に果皮に含まれる機能性成分の有効利用方法の開発が望まれる。

ⅲ）加工・利用の現状

昔から、自家用として魚料理や刺身に果汁が利用されていた。果実横経が 40mm 前後と比較的小玉であることから料理などの添え物としての利用価値が高い。また、香酸カンキツであることから果汁としての利用が考えられる。平成 21 年

度には100%果汁、10%果汁飲料などの製品が試作販売される予定である。なお、果実は名古屋市の高級食材店で販売されている。さらに、果実が小さいため観賞用果樹としての利用も考えられる（写真２）。

表１　「新姫」の果実品質の推移

調査項目	10/24	11/5	11/14	11/25	12/9	12/16	12/25	1/5	1/13
果重(g)	19.0	16.6	21.6	23.9	26.6	27.4	29.5	27.0	26.5
横径(mm)	34.6	33.2	36.4	38.9	41.2	41.6	42.6	42.0	41.7
糖度(Brix %)	8.0	9.5	9.9	9.8	9.4	9.9	10.0	10.2	10.3
クエン酸(%)	6.74	6.84	5.91	5.02	3.97	3.87	3.74	3.86	3.61

（1995 年 4 年生樹）

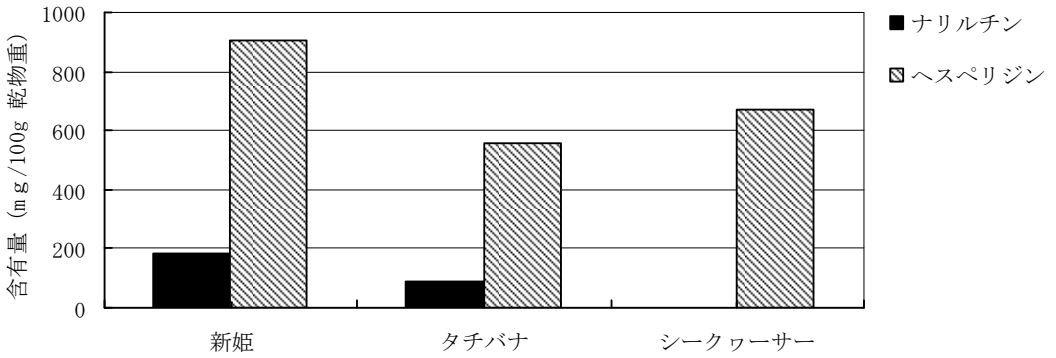


図１　「新姫」成熟果の可食部に含まれるフラボノイド含有量（2003 年）

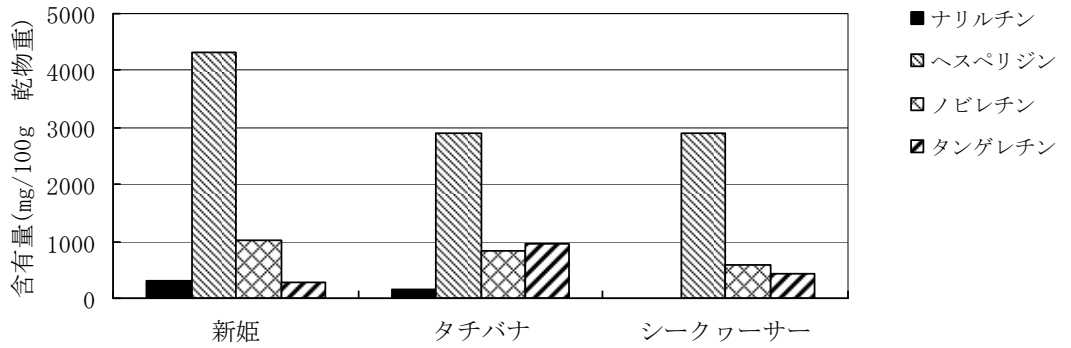


図２　「新姫」成熟果の果皮に含まれるフラボノイド含有量（2003 年）

写真１　「新姫」の成熟果

写真２　「新姫」の鉢植え

写真３　「新姫」の未熟果

表２　「新姫」の利用部位とその利用例

利用ステージ	利用部位	主な利用例※
未熟果	主として果皮	エッセンシャルオイル、石鹸、ジャム、新姫味噌、薬味（新姫胡椒、ふりかけ）、地鶏用飼料
	主として果肉（果汁）	調味料（ぽん酢、ドレッシング、マヨネーズ）、アイスクリーム、シャーベット、ドリンク、希釈用飲料、マーマレード、菓子類、入浴剤、リキュール

※「新姫」を利用した、主な製品・試作品等の一例。

（４）果樹研究所育成カンキツ類

① 清見

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　カンキツ研究興津拠点　吉岡照高

ⅰ）品種の育成過程

「清見」は 1949 年（昭和 24 年）に早生温州「宮川早生」に早熟のスイートオレンジ「トロビタ」オレンジの花粉を交配して育成した交雑品種である。獲得した種子は、胚分離培養法により播種し、同組み合わせからは 3 個体の交雑実生を得た。1956 年（昭和 31 年）に実生を圃場に定植したところ、1963 年に初結実した。その後の調査で果実品質の優秀性が確認され、1974 年（昭和 49 年）より「カンキツ興津 21 号」の系統名で系統適応性特性検定試験に供試され、1979 年（昭和 54 年）に「清見」と命名され「タンゴール農林１号」として登録された。わが国で育成された最初のタンゴール（タンジェリンとオレンジの交雑種の総称：tangerine × orange ＝ tangor）である。

ⅱ）果実特性と栽培の状況

果実は 200～250ｇ程度であるが、着果量や種子数により変動する。果面は黄橙色で比較的滑らかである。果皮の厚さは 3～4mm で剥皮性はやや悪い。果肉は橙色で、柔軟多汁である。果汁の糖度は 11～12％程度とあまり高くなく、クエン酸含量は 3 月には 1％程度となる。

平成 18 年の全国の栽培面積は 1,244ha で、生産量は 19,065ｔである。主産地は愛媛、和歌山、佐賀、広島県である。「清見」は成熟期が 3 月と遅いため、冬季に低温になりやすい地域では寒害による果皮のしおれ、ヤケなどの果皮障害や果肉の苦味を生じるおそれがある。できれば年平均気温 16℃以上で冬季温暖な地域での栽培が望ましい。樹体の耐寒性はウンシュウミカンよりやや弱い傾向である。

ⅲ）成分情報

五訂増補食品成分表によると果皮等を除いた砂じょう部の割合（五訂増補食品成分表での廃棄率に基づく）は 70％程度、可食部 100g 当たりの水分含量は 85.9g、エネルギー量が 50kcal で、12.7g の炭水化物、0.9g のタンパク質、0.1g の脂質、0.4g の灰分を含んでいる。無機成分は、可食部 100g 当たりにナトリウムを２mg、カリウムを 180mg、カルシウムを７mg、マグネシウムを９mg、リンを 18mg、亜鉛を 0.1mg、マンガンを 0.03mg 程度含む。ビタミン類はビタミンＡがβ－クリプトキサンチンを 880μg、β-カロテン当量で 550μg、ビタミンＥはα-トコフェロールを 0.3mg、ビタミンＢ１を 0.09mg、Ｂ２を 0.03mg、ナイアシンを 0.3mg、Ｂ６を 0.07mg、葉酸を 24μg、ビタミンＣを 53mg 程度含む。また、食物繊維の総量（水溶性および不溶性）は 0.5g である。

荒木らの調査では生果には 5～10ppm 程度のリモニンが含まれ、小果ほど含有量が高い傾向がある。またインライン搾汁した果汁中に 7～16ppm 程度のリモニンが含まれる。また果汁中には 35.0mg のアミノ態窒素が含まれ、フラボノイドの主要成分を 216mg 含有する。

ⅳ）加工等の利用の現状

「清見」の加工は果汁利用がほとんどである。果汁製造工程で重要な特性である搾汁率はインライン搾汁法で 55～56%と普通ウンシュウと同程度でカンキツ類では高い部類に入る。「清見」のビタミンＣ含量はウンシュウミカンより高いが、果汁の色調はやや黄色でウンシュウミカンより劣る。インライン搾汁による果汁製品の試飲官能試験での評価は、オレンジ様香気があり嗜好性は高い。

表１　「清見」の果汁の主要成分含量　（果汁 100mL 中）

糖度	クエン酸	ｐＨ	アミノ態窒素	フラボノイド	回収油	パルプ	ビタミンＣ	
							酸化型	還元型
(Brix %)	(%)		(mg)	(mg)	(mL)	(%)	(mg)	(mg)
11.5	0.94	3.3	35	216	0.029	12	57.5	5.3

表２　「清見」の果実及び果実果汁製品のリモノイド含量（ppm）

収穫日	果実サイズ	生果		果樹製品※	
		リモニン	ノミリン	リモニン	ノミリン
12 月 27 日	L	3.3	―※※	7.8	―
	M	5.3	―		
	S	9.9	0.2		
1 月 22 日	L	3.9	―	7.7	―
	M	4.5	―		
	S	6.6	―		
2 月 20 日	L	8.1	1.2	16.4	―
	M	10.2	0.2		
	S	14.3	0.4		

※ Ｌ、Ｍ、Ｓ果実のインライン搾汁による果汁の混合したもの。

※※ 痕跡程度

写真１　「清見」の果実

表３　「清見」の利用部位とその利用例

利用ステージ	利用部位	主な利用例※
成熟果	果汁	ジュース、ゼリー、羊羹、寒天ジュレ
	果皮	マーマレード、ピール（甘露煮の砂糖をまぶし）
		果実を容器としての利用（ゼリー、羊羹）
		香料

※「清見」を利用した、主な製品・試作品の一例。

② 不知火（しらぬひ）

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　カンキツ研究口之津拠点　今井篤

ⅰ）品種の来歴・栽培状況

「不知火」は 1972 年に、農林水産省果樹試験場口之津支場（現果樹研究所カンキツ研究口之津拠点）において、「清見」に「中野３号ポンカン」を交雑して育成されたカンキツ品種である。不知火の別名である「デコポン」は商標登録されており、糖度 13%以上の不知火の果実は「デコポン」という名称で販売されている。

写真１および写真２に「不知火」の果実と樹上の結実状況の写真を示した。果実の上側（果梗部側）の凸部が「デコポン」という名称の由来になっている。ただし、全ての「不知火」の果実が凸部を持つ訳ではなく、凸部を持たない果実もある。これは「不知火」の種類による違いではなく、栽培条件や気象条件などの影響である。

図１に「不知火」の栽培面積の推移を示した。「不知火」の栽培面積は全国的に増加傾向にある。平成 15 年の統計で「不知火」の栽培面積は 2,727ha であったが、平成 19 年の統計では 3,185ha となっている。主な生産地は熊本県が栽培面積第１位で、平成 19 年の統計で 1,008ha であり、全国の栽培面積のおよそ３分の１を占めている。次いで愛媛県が 788ha で第 2 位であり、以下広島県、佐賀県と続く。施設による「不知火」の加温栽培も盛んである。

表１に「不知火」の収穫量、出荷量および加工向けの出荷量を示した。平成 19 年の統計では「不知火」の収穫量は 38,560ｔ、出荷量は 34,947ｔであり、加工向けの出荷量は 1,806ｔとなっている。加工向けの出荷は、主に果汁飲料などに加工されている。

ⅱ）成分情報

「不知火」は果実の大きさが 230ｇ程度で、果実の形は倒卵形。果皮はやや粗いが、剥皮性は良好である。果肉は橙色で軟らかく、多汁。じょうのう膜はやや薄く、ウンシュウミカンと同様に果肉と一緒に食べることができる。糖度は 14～16%、クエン酸含量は 1.0～1.2%となり、食味良好である。

表２に五訂日本食品標準成分表に記載された果肉 100g 当たりの「不知火」の成分情報を示した。これは厳密には「不知火」の成分表ではなく、タンゴールの分析値として、「清見」および「不知火」の分析値に基づいて決定されている。また果汁についての成分情報は、これまでに公表されていない。

ⅲ）機能性について

「不知火」には機能性成分として、他のカンキツ類と同様にビタミンＣやクエン酸が多く含まれている。ビタミンＣは免疫力の向上などに効果があるとされ、クエン酸は疲労回復などに効果があるとされている。また「不知火」は近

年の研究で発ガン抑制効果などが実証されつつあり注目されているカロテノイドの一種のβ-クリプトキサンチンを多く含む。

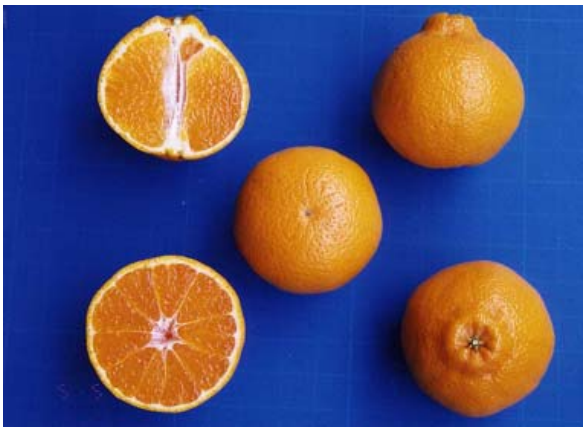


写真１　「不知火」の果実

写真２　「不知火」の結実状況

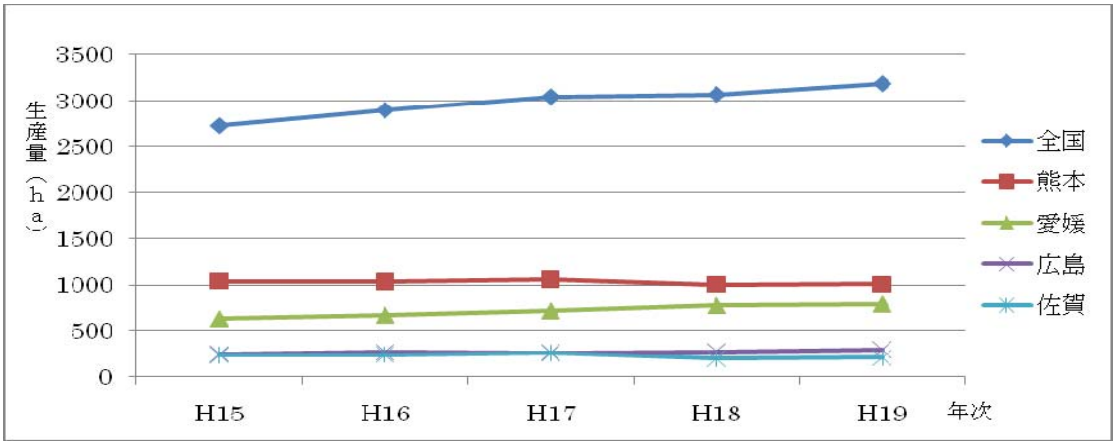


図１　「不知火」の栽培面積

表１　「不知火」の収穫量および出荷量　（ｔ）

年次	平成 15 年	平成 16 年	平成 17 年	平成 18 年	平成 19 年
収穫量	31,530.9	34,357.1	38,058.2	33,698.1	38,559.8
出荷量	27,633.8	29,314.1	33,193.3	29,657.2	34,946.9
出荷量（加工向け）	750.4	405.4	289.3	248.5	1805.8

表２　「不知火」の成分（果肉 100g 当たり）

エネルギー	(Kcal)	50	レチノール	(μg)	0
水分	(g)	85.9	カロテンα	(μg)	0
タンパク質	(g)	0.9	カロテンβ	(μg)	110
脂質	(g)	0.1	クリプトキサンチン	(μg)	880
炭水化物	(g)	12.7	βカロテン当量	(μg)	550
灰分	(g)	0.4	レチノール当量	(μg)	45
ナトリウム	(mg)	2	ビタミンD	(μg)	0
カリウム	(mg)	180	トコフェノールα	(μg)	0.3
カルシウム	(mg)	7	トコフェノールβ	(μg)	0
マグネシウム	(mg)	9	トコフェノールγ	(μg)	0
リン	(mg)	18	トコフェノールδ	(μg)	0
亜鉛	(mg)	0.1	ビタミンK	(μg)	0
銅	(mg)	0.02	ビタミンＢ１	(mg)	0.09
マンガン	(mg)	0.03	ビタミンＢ２	(mg)	0.03
			ナイアシン	(mg)	0.3
			ビタミンＢ６	(mg)	0.07
			ビタミンB12	(μg)	0
			葉酸	(μg)	24
			パントテン酸	(mg)	0.29
			ビタミンC	(mg)	53

③ カンキツ中間母本農６号

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
果樹研究所　研究支援センター遺伝資源室　喜多正幸

ⅰ）品種の育成過程

カンキツ中間母本農６号は雌性不稔性に起因する無核性を有した高品質のミカンタイプの品種育成を目標とし、1986 年（昭和 61 年）にミカン類としては大果で果実の風味に富んだ「キングマンダリン」に高い剥皮性を有し、無核（種がない）で香りの良い「無核紀州」の花粉を交配して育成した交雑品種である。＜中間母本とは、有用な形質を有するが、実用化するには改良すべき点が残っているというような、品種育成の素材的な位置づけの品種を指す＞1988 年に高接ぎを行い、1991 年に初結実した。果実は経済栽培用中晩生品種としてはやや小ぶりであるが、あわせて 1996 年より行われていた健康機能性があるとされる成分の高含有個体として評価され、無核性、良食味性、機能性成分高含有の育種素材として有用であると判定された。2001 年に農林水産省育成農作物の中間母本の取扱要領に基づき、「カンキツ中間母本農６号」として登録、公表された。また、種苗法に基づき、2004 年に品種登録された。

ⅱ）果実特性と栽培の状況

果実は平均重 120g 程度である。無核であり、「ナツミカン」や「ヒュウガナツ」などの健全な花粉を人工授粉しても、通常は種子が入らず、無核果となる。果形は扁球形で、果皮は橙色で中程度の滑らかさである。果皮は 3.5mm 程度とやや薄く、剥皮性（皮の剥きやすさ）は中程度を示す。果皮の完全着色期は 1 月中旬頃であり、成熟期は 1 月下旬から 2 月上旬となる。2 月上旬で糖度が 13 度以上となり、クエン酸含量が 1%以下となる。

本品種は中間母本としての登録を行ったため、系統適応性特性検定試験を実施しておらず、栽培適地や栽培性等の情報は得られていないが、成熟期が 2 月となることから、冬季に低温になりやすい地域では寒害に留意する必要があると考えられる。なお、本品種は果樹種苗協会に許諾が出され、本年から本格的に苗木の流通が始まっている。

ⅲ）成分情報

果皮などをのぞいた可食部の割合は約 70%程度である。砂じょう部 100g あたりの総カロテノイド含量は 3.2mg、中でも強い発ガン抑制作用の期待されるβ-クリプトキサンチンを 0.58mg 含有する。本品種はカロテノイド以外にも、多種類の機能性成分を含有する特徴を示す。アドレナリン様の作用があり、血管収縮・血圧上昇・気管支筋弛緩作用が期待されるシネフリンを 100mg 乾物重あたりで砂じょう部は 0.21mg、果皮部は 0.48mg 含む。この含有量は既存の高含有品種である「シークヮーサー」や「タチバナ」に匹敵し、幼果期にはこれらの品種よりもさらに高含有であることが示されている。果汁中に含まれるノビレチ

ンをはじめとしたポリメトキシフラボノイド量が顕著に高く、果汁 1mL 中にノビレチンを 31.0μg、タンゲレチンを 7.0μg 含む。また、抗酸化作用を示すフェニルプロパノイドについても、比較的高含有である。

iv）加工等利用の現状

本品種は現在、本格的に苗木の流通がはじまりつつある状況にあり、大規模な生産地はない。果実がやや小さく、果皮の精油量が多いことが剥皮時に問題となるため、生食利用よりも加工用品種としての利用が期待される。本品種を利用し、ストレート果汁飲料を試作したところ、色調は明橙色で鮮やかな色調を示し、試飲官能評価では濃厚な味とともに、「体が温まる」という評価もあり、嗜好性は高いと思われる。

表１　カンキツ中間母本農６号の果実特性

果実重	糖度	クエン酸含量	種子数	果皮の厚さ	剥皮性
(g)	(Brix %)	(mg/100mL)	(個)	(mm)	
126	13.3	0.94	0	3.5	中

表２　カンキツ中間母本農６号の果実に含まれる健康機能性成分含量

	シネフリン			カロテノイド		ポリメトキシフラボノイド	
				総量	β-クリプトキサンチン	ノビレチン	タンゲレチン
分析時期	8月下旬	11月下旬	11月下旬	12月～2月	12月～2月	12月～1月	12月～1月
部位	砂じょう	砂じょう	果皮	砂じょう	砂じょう	果皮	果皮
	(mg/100mg 乾物重)			(mg/100g)		(mg/100mg 乾物重)	
中間母本農６号	1.45	0.21	0.48	3.21	0.58	5.45	1.04
シークヮーサー	0.38	0.17	0.62	1.01	0.11	4.65	2.31
タチバナ	0.53	0.2	0.53	0.53	0.03	11.22	5.68

表３　カンキツ中間母本農６号の果汁に含まれる健康機能性成分含量

	ポリメトキシフラボノイド		フェニルプロパノイド
	ノビレチン	タンゲレチン	
分析時期	12月～1月	12月～1月	12月～1月
	(μg/mL)		(μg/mL)
中間母本農６号	31.02	7.01	51.0
シークヮーサー	0.02	0.35	80.9
タチバナ	0.95	0.45	93.5

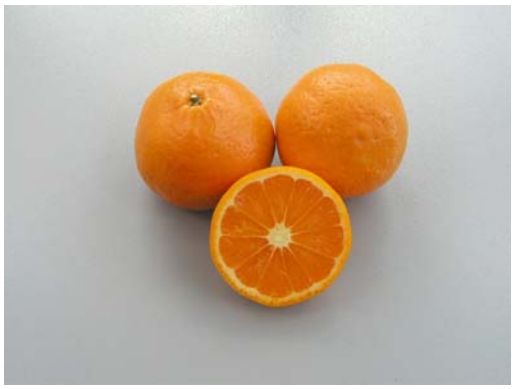


写真１　カンキツ中間母本農６号の果実