

特産農産物セミナー
香酸カンキツ類の機能性と産地育成

香酸カンキツ類の機能性について

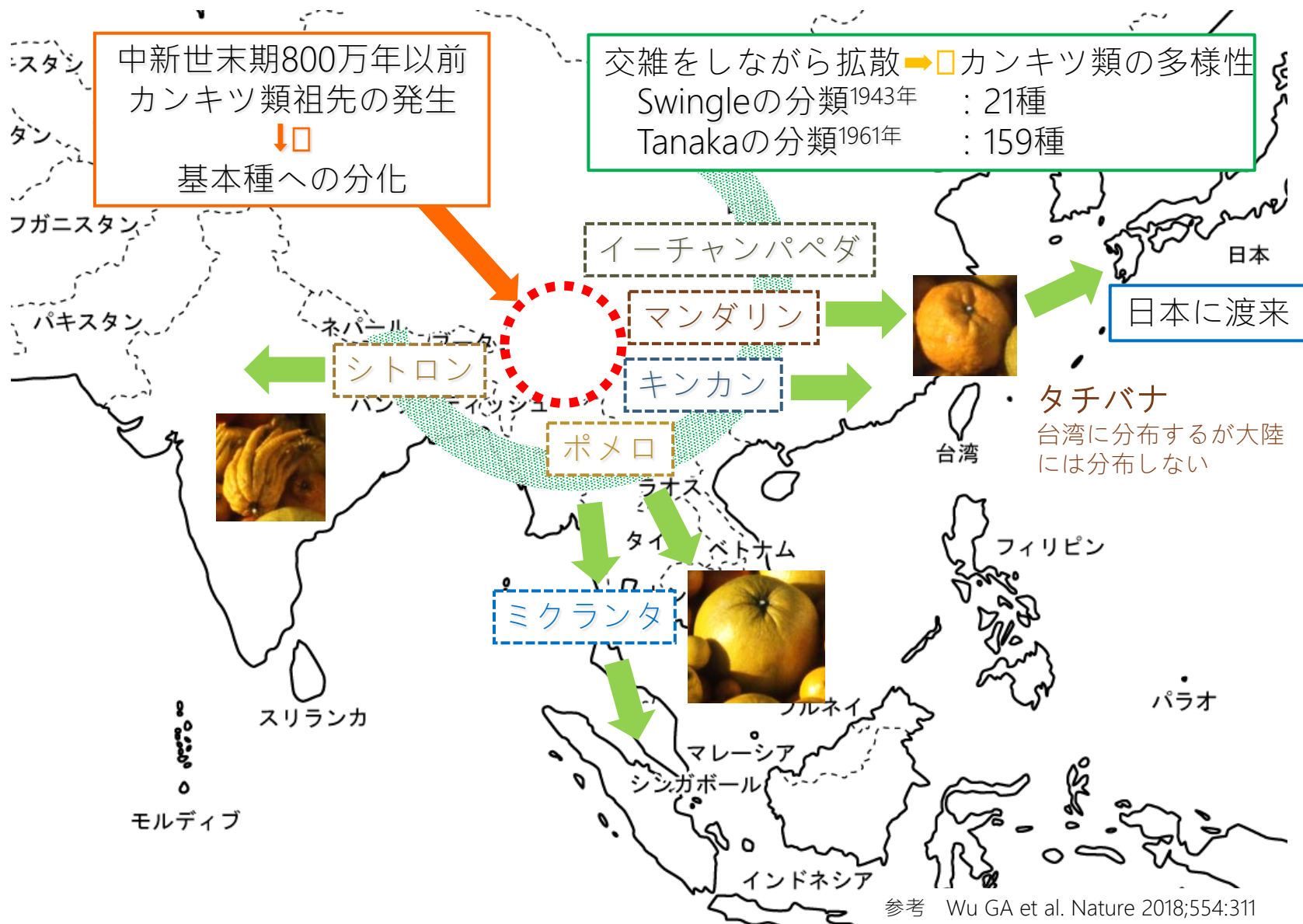
(2019.1.24)



果樹茶業研究部門
ブドウ・カキ研究領域
小川一紀 農研機構フェロー



カンキツ類の発生と拡散



参考 Wu GA et al. Nature 2018;554:311

2018/11/23 修正

日本に渡来した果樹と伝来時期

時代区分	品目
地質時代	？
縄文 -前3世紀頃	
弥生 -後3世紀中	杏，梨，桃胡，桃
古墳	梅，柿，李，橘，蜜柑
飛鳥 ⁵⁹² ₋₇₁₀	
奈良 -794	莓，九年母，柑子，石榴，橙，棗，枇杷，葡萄，木瓜，無患子，橘（柰）
平安 -1185	豊後梅
鎌倉 -1333	銀杏
室町 ¹³³⁶ ₋₁₅₇₃	温州蜜柑（雲州橘），金柑，仏手柑
安土桃山 -1603	唐蜜柑
江戸前期 -1744	紀州蜜柑，巴旦杏，無花果，枳殻，榲桲，丸金柑，唐蜜柑，文旦，龍眼，荔枝，香圓，榎植，桜桃
江戸後期 -1868	夏蜜柑，阿月渾子，枸櫞，オリーブ
明治初期 -1880	桜桃，水蜜桃

参考：安達巖・日本食物文化の起源（自由国民社，1982）

多くの果物は海外からの伝来：朝鮮・台湾経由，遣唐使・遣隋使，南蛮貿易
 太字：カンキツ類（過去の品名と現在の品名との対応には不明な点も多い）

日本産カンキツ類

形態学的・地理学的考察による類縁関係の類推

田中長三郎の分類 (Bull Univ Osaka Pref Ser B, 1969; 21:139–145)

ミカン属を2亜属8区に分類して学名を付与：159種

田中諭一郎の日本柑橘図譜 (上下巻, 1946・養賢堂；続編, 1980, 養賢堂)

168種 (上下巻) および98種 (続編) について詳細な考察と図譜

遺伝解析による日本産カンキツ類の起源推定 (Shimuzu T et al. : PLoS One, 2016;11:e0166969)

基本となる品種

タチバナ, キシュウミカン, コウジ, クネンボ, ユズ, ダイダイ, スイートオレンジ

キシュウミカンを起源とする品種

(キシュウミカン - クネンボ) → ウンシュウミカン

(キシュウミカン - ?) → ナツダイダイ

ユズを起源とする品種

(ユズ - クネンボ) → ジャバラ, モチユ, カボス, キズ, ヘンカミカン

(ユズ - ?) → スダチ, イーチャンレモン, ジャボン

(ユズ - タチバナ) → ハナユ

- 海外から渡来したカンキツから多様な雑種が生まれた
- ユズは耐寒性があり青森県にも分布
- ユズ雑種が多い理由：耐寒性を持つ雑種が生き延びた？

香酸カンキツ…用語はいつ頃生まれたか

時期	使用状況
1946年	日本柑橘図譜（田中諭一郎・養賢堂） － 柚…果は酸味強く到底生食に堪えざるも高尚なる香気と酸味を賞でてこれを料理用に供することは人のよく知る所なり …「香気と酸味」とあるが、香酸と略されてはいない － スダチと謂うは酢橘の意にして古来この果汁を酢として料理用に供するが為
1980年以前	スダチやユズを酢ミカンあるいは酸用カンキツと説明 …香酸カンキツの使用を見ない
1981年	種苗特性分類調査報告書（徳島県果樹試験場編） 標題：香酸カンキツ（ユズおよびユズの血を引く品種、橙、レモン および雑品種）
1990年以降	香酸カンキツの使用例が増える
1999年	カンキツ総論（岩堀修一・門屋一臣編・1999年・養賢堂） 第4章-11・香酸（酸果）カンキツ（酢ミカン） － 糖が少なく酸含量が高い種類は古来酢の代用として利用 － 果皮の精油の香りを賞することもあり － 低糖・高酸・香気を持つ品種が選ばれた

低糖・高酸で異臭がないカンキツは酢ミカンとして利用できる

健康増進に役立つカンキツ品種・加工品

異分野融合研究支援事業成果発表会（2006年）
「健康増進に役立つカンキツ品種・加工品」フェアを同時開催

カンキツの機能性成分を活用した 保健機能食品の開発

- 1 機能性成分高含有カンキツの開発
 - － RP-55*（オーラプテン）
 - － たまみ（ β -クリプトキサンチン）
 - － β -クリプトキサンチンの蓄積機構
- 2 シイクワシャーの保健機能解明と機能性食素材開発
 - － シイクワシャーペースト（抗肥満）
- 3 ウンシュウミカンの保健機能解明と機能性食素材開発
 - － β -クリプトキサンチン高含有飲料（糖尿病・肥満・血糖値）
- 4 β -クリプトキサンチンによるがん予防：ヒトレベルでの検証
 - － C型肝炎ウイルス性肝がん

* RP-55はオーラスターとして品種登録

各地の香酸カンキツを紹介

品種名	産地
新姫	三重
ジャバラ	和歌山
ジャボン	広島
長門柚吉	山口
スダチ	徳島
ユズ	高知
レモン	愛媛
木酢	佐賀
ゆうこう	長崎
カボス・祖母の香	大分
へべス	宮崎
岬の香	鹿児島
シイクワシャー	沖縄

香酸カンキツへの期待: 半世紀前にも

有望雑カンの作り方 (前田 知編・1972年・農山漁村文化協会)

- 徳島・大分・和歌山・高知の各県試験場等の研究者による共同執筆
- ...1970年代はウンシュウミカン生産の最盛期→生産過剰と価格の低迷

スミカン類に注目

- ユズ, スダチ, キズ, 阿波ユコウ, カボス, 田熊スダチ, ハナユ (トコユ), ダイダイ

背景

- 最近は酸味のある食品やデザートを好む傾向がある
- あと10年もすると、牛乳のようにスミカンジュースが家庭で消費される
- 甘いミカン作りは過去のもの、酢ミカンの時代の幕が開こうとしている
- 国産スミカンのフレーバーを外国人観光客向けの日本料理に生かす
- ...機能性についての言及なし (食品機能性の概念は1980年代後半に広まる)

売り方

- うまい果実をつくってうまい時に食べてもらう
- 宣伝も大事だが果実のイメージが悪ければ続かない (→ 加工品も同じである)

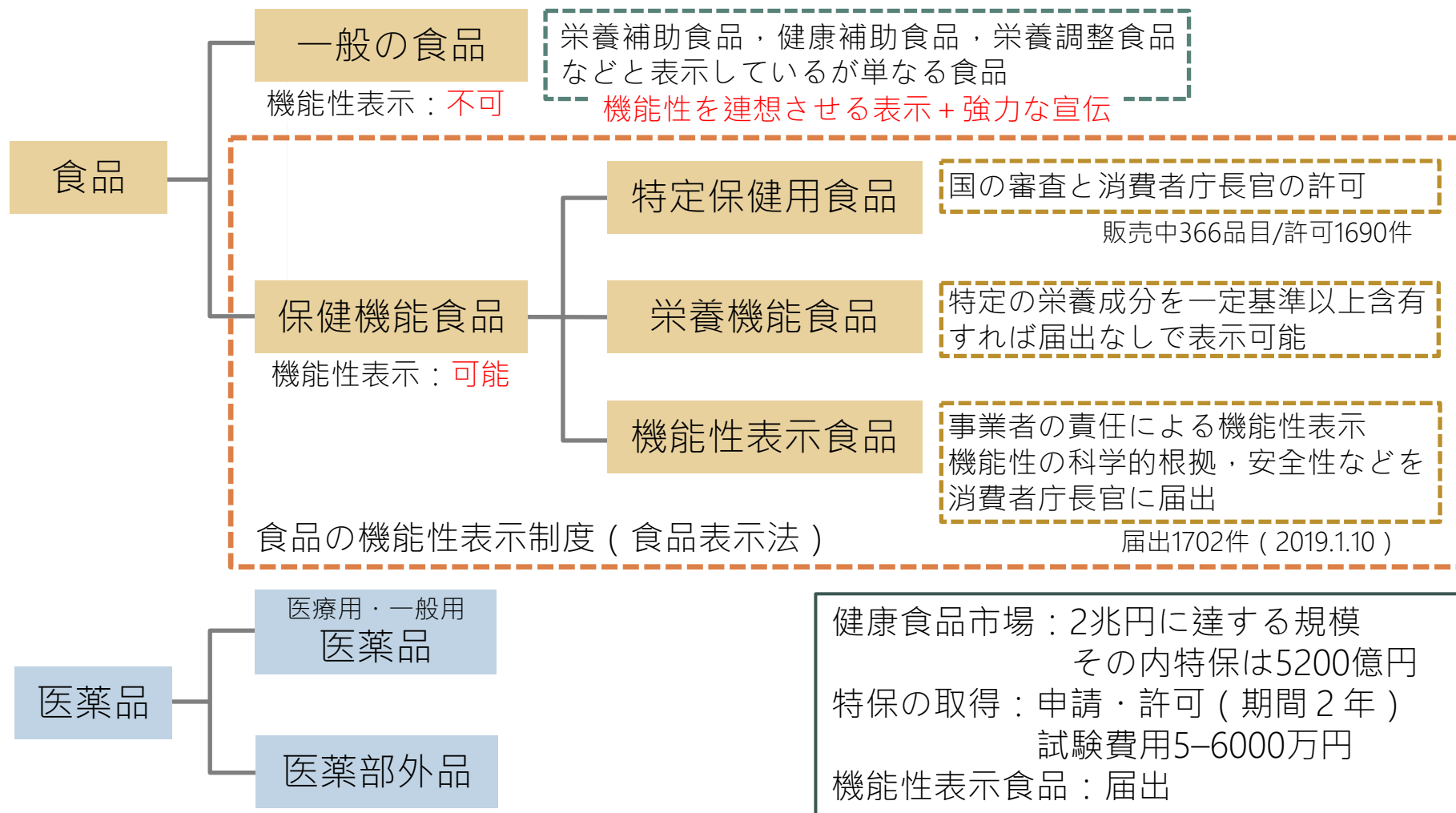
売り先

- 農協による都市市場への大量出荷 (消費者の購入量変化→スタンドパック)
- 観光と売店の組合せ (→ 6次産業化を取り込んだ観光農園の成功例)
- 都市の有名果実商やスーパーマーケットとの特約 (→ 影響力を持つ販売者)
- 団地や高級住宅街など特定地域での直売 (→ 都市部ではタワーマンション)
- 特産地をTVで紹介 (→ TVショッピングに発展)
- 通信販売 (→ オンラインショッピングに発展)

生体調節機能の研究と機能性表示食品

時期	取り組み
1984-87	食品機能の系統的解析と展開（文部省特定研究） <ul style="list-style-type: none">- 一次機能：栄養機能- 二次機能：感覚機能- 三次機能：生体調節機能 ...生体調節機能を強化した加工食品を機能性食品
1988-90	食品の生体調節機能の解析（文部科学省重点領域研究） <ul style="list-style-type: none">- 食品の生体調節機能の重点的な解析
1991-2000	バイオルネッサンス計画（農林水産省） <ul style="list-style-type: none">- 新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発
1996-2001	新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業（農林水産省） <ul style="list-style-type: none">- カンキツによるがん予防に関する基礎的研究
1992-94	機能性食品の解析と分子設計（文部科学省重点領域研究） <ul style="list-style-type: none">- 機能性食品の設計・開発
2002	特定保健用食品制度 <ul style="list-style-type: none">- 体調調節機能を期待できる食品（機能性食品）の積極的活用- 科学的根拠（臨床試験）に基づく表示の許可と規制
2015	機能性表示食品制度 <ul style="list-style-type: none">- 最終製品または機能性関与成分に関する研究レビューによる届出

保健機能食品と機能性成分の利用



- 治療薬は医師により治療効果の確認が行われるが、保健機能食品の効果は利用者 (病気ではない人) の自己判断による。
- まずは正しい食生活習慣の実践であり、保健機能食品はその補助である。

健康機能性を評価する方法と情報の信頼性

機能性の試験法	
難易度	種類
高	ヒト試験
✓	動物試験
✓	細胞試験
✓	酵素反応試験
低	化学反応試験

疫学研究の種類とエビデンスレベル	
レベル	種類
高	系統的レビュー・メタ解析
✓	ランダム化比較研究
✓	非ランダム化比較研究
✓	前向きコホート研究
✓	症例対照研究・横断研究
✓	症例報告・症例集積など
低	専門家の報告・意見・経験

- 機能性成分はランダム化比較研究が可能
- 食習慣は介入研究が難しいので前向きコホート研究
- 複数の研究のメタ解析（できれば量反応の解析）

健康情報が信頼できるかどうかの判断をするためのチェック		
1	具体的な研究なのか	昔から健康に良いと言われる...
2	研究対象はヒトか	人でも効果があるような誤解...
3	論文としての報告	学会誌にも色々ある（特許は別物）
4	研究の計画は適切か	論文も完全ではない
5	複数の研究による支持	〇〇先生だけの研究は信頼性が低い

果実の種類と含まれる成分の特徴

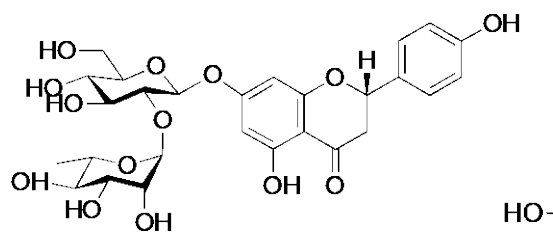
分類	成分		
	カンキツ (509)	リンゴ (44)	ブドウ (145)
精油	リモネン		
カロテノイド	β -クリプトキサンチン ビオラキサンチン		
クマリン	オーラプテン 6',7'-ジヒドロキシベルガモチン		
リモノイド	リモニン・ノミリン		
フラボノイド	フラバノン配糖体 (ヘスペリジン・ナリンジン) ポリメトキシフラボノイド (ノビレチン・タンゲレチン)	ケルセチン配糖体 フロレチン プロシアニジン エピカテキン	アントシアニン類
ポリフェノール	クロロゲン酸類	クロロゲン酸類	レスベラトロール

参考： Dictionary of Natural Products (ver. 16:1) ・カッコ内は収録成分数

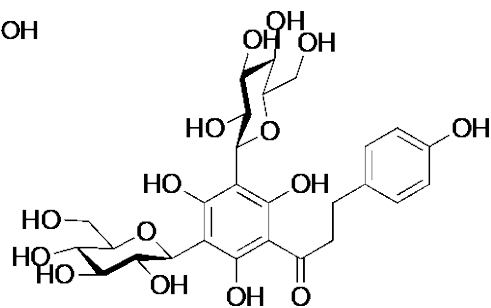
- 果実には遍在的な成分と各果実種に特徴的な成分が含まれる
- カンキツは多様な成分を含んでいる
- 機能性表示食品の関与成分を含む果実品種もある
- 品種によっては薬と相互作用を起こす成分があるので注意
(例：6',7'-ジヒドロキシベルガモチン)

カンキツ類の分類と主要成分の分布の概要

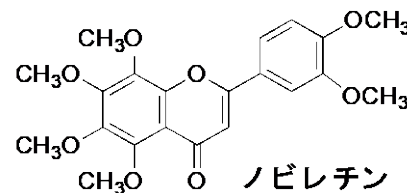
属	亜属	区	フラバノン配糖体				ノビレチン	オーラプ テン	シネフリ ン	β-クリ プト キサンチ ン
			NRTN	NRGN	HSP	NHSP				
ミカン属	初生柑橘 亜属	パペダ区					✓果皮のみ			
		ライム区		✓	✓	✓				
		シトロン区				✓				
		ザボン区	✓	✓		✓		✓		
	後生柑橘 亜属	ダイダイ区		✓		✓	✓果皮のみ	✓		
		ユズ区	✓	✓	✓	✓	✓果皮のみ	✓		
		ミカン区	✓		✓		✓果皮のみ		✓	✓
		トウキンカン区			*					
キンカン属					*					
カラタチ属			✓	✓			✓			



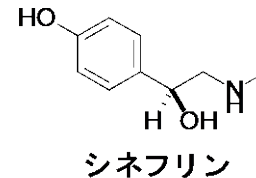
ナリンジン (NRGN)



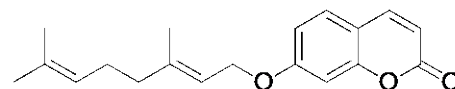
* 3',5'-ジ-C-β-グルコ
ピラノシルフロレチン



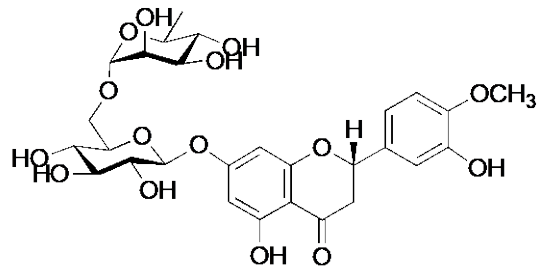
ノビレチン



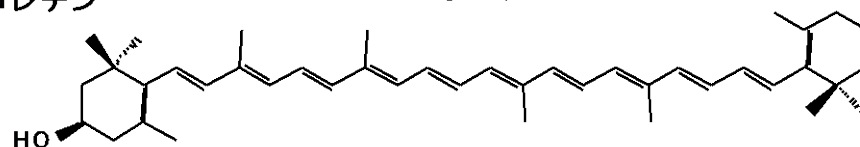
シネフリ
ン



オーラプ
テン



ヘスペリジン (HSP)



β-クリ
プト
キサンチ
ン

香酸カンキツの主要成分含量

名称	主な産地	総フラバノン配糖体*		ポリメトキシ フラボノイド	オーラプテン**	
		果肉	果皮	果皮	果肉	果皮
新姫	三重	+		+		
ジャバラ	和歌山	3.2	14.1	0.25		
ジャボン	広島	+				
長門ユズキチ	山口	+		+		
スダチ	徳島	0.8	5.5	0.04	0.003	0.004
ユコウ	徳島	+		+		
ユズ	高知	1.3	3.3	0.05	0.055	0.376
カボス	大分	1.2	3.7	0.10	0.026	0.310
木酢	佐賀	+				
ユウコウ	長崎	+		+		
へべズ	宮崎	1.0	4.5	0.59		
シクワシャー	沖縄	1.0	6.7	2.0	-	-
カラモンジン(シキキツ)	フィリピン	0.3	1.0	0.26	-	-
ナツダイダイ(夏ミカン)	山口	1.7	5.9	0.54	0.022	0.586
サワーオレンジ		4.8	16.6	0.78	-	-
タチバナ		1.6	4.8	3.2	-	-
未熟ウンシュウミカン(9月)		2.4	16.0	0.8	-	-
レモン	広島	1.1	7.7	-	-	-
ライム		1.6	7.3	-	-	-

数値 (演者測定データ) : * mg/g 生重 , ** mg/g 乾物重 , - (不検出)
 文献等の情報 : + (含有), 空欄(情報なし)

機能的表示食品の機能的性：分類と関与成分

機能的分類	機能的関与成分 (2019.2.28調査)
中性脂肪・体脂肪	葛の花イソフラボン (テクトリゲニン類として) , リンゴポリフェノール (リンゴ由来プロシアニジン由来プロシアジン , モノグルコシルヘスペリジン , ローズヒップ由来ティリロサイド , ターミナリアベリノール (没食子酸として) , アフリカマンゴノキ由来エラグ酸 , 甘草由来グラブリジン , ガレート型カジンジャー由来ポリメトキシフラボン , 熟成ホップ由来苦味酸 , リコピン , グロビン由来バリン-バリンロリン , ラクトフェリン , 酢酸 , ポリデキストロース , キトグルカン , キトサン , 大麦グルカン , ガセEPA/DHA
糖吸収・血糖値	サラシア由来サラシノール , ルテオリン , アミノレブリン酸 , 難消化デキストリン
血圧	カカオフラバノール , コーヒ豆由来クロロゲン酸 , ボタンボウフウ由来クロロゲン酸 , 燕龍茶フラボノイドおよびイソクエルシトリン) 特保 , ヒハツ由来ピペリン , γ -アミノ酪酸 , γ -グルタミル-S-アリルシスン酸 , ラクトトリペプチド , わかめペプチド , いわし (サーデン) ペプチド
目・眼	ビルベリー由来アントシアニン , ルテイン , シアニジン , アスタキサンチン , DHA
肌	N-アセチルグルコサミン , こんにゃくグルコシルセラミド , 米由来グルコシルペプチド , ヒアルロン酸
腸	ビフィズス菌
膝関節	S-アデノシルメチオニン , グルコサミン塩酸塩 , コラーゲンペプチド , テアニン , クレアチン , プロテ変成II型コラーゲン
睡眠	セサミン , L-セリン , L-テアニン , グリシン , 清酒酵母GSP6 , ラフマ (燕龍茶と同じ) フラボノイドイソクエルシトリン)
体温 (末梢血流)	モノグルコシルヘスペリジン
筋力	ブラックジンジャー由来ポリメトキシフラボン
骨	β -クリプトキサンチン , 大豆イソフラボン , ロイシン40%含有必須アミノ酸
疲労感	低分子ライチポリフェノール , テアニン , イミダゾールペプチド , CoQ10
目・鼻の不快感	メチル化カテキン
認知	DHA, イチョウ葉フラボノイド・テルペンラクトン
精神ストレス	γ -アミノ酪酸
肝臓	クルクミン

ポリフェノール類 , カロテノイド , アミノ酸

フラボノイド摂取と疾病リスクの低下

種類	循環器系疾患					2型糖尿病
	心血管	脳卒中	脳梗塞	心筋梗塞	アテローム性動脈硬化	
総フラボノイド	↓					↓
カルコン						
フラバノン	↓		↓	-	-	
フラボン					-	
フラバン-3-オール					↓	↓
フラボノール		↓ 男性			↓	↓ ミリセチン
アントシアニジン	↓		-	↓ 非致死性	-	
プロアントシアニジン	↓				-	↓ 2量体
イソフラボン					-	

↓：リスク減少， -：関連性なし，空欄：情報なし

- 前向きコホート研究では食品別の摂取量が調査されている
- 食品別のポリフェノールデータベースが構築されている
- ポリフェノールの種類別摂取量と疾病リスクとの関連性がわかる
- 観察研究の結果を確実にするためには介入研究が求められる
- 疾病の発症を調べる介入研究は難しい（長期間の食事介入は不可能）

フラバノン配糖体の機能性研究

前向きコホート研究

脳血管疾患	脳虚血疾患リスク↓ (フラボノイド摂取・>63 mg/日) 脳血管疾患リスク↓ (フラバノン摂取・4.7–26.8 mgアグリコン/日)
心血管疾患	心血管疾患リスク↓ (日常的カンキツ摂取習慣) 心血管疾患リスク↓ (フラバノンを含むフラボノイド摂取)
血管	血管機能の改善 (日常的フラボノイド摂取) 高血圧発症リスク↓ (総フラボノイド摂取; アントシアニン・プロアントシアニジン摂取・女性)
代謝	メタボリックシンドロームリスク↓ (日常的フラバノン摂取) 2型糖尿病発症リスク↓ (フラバノンを含むフラボノイド摂取)

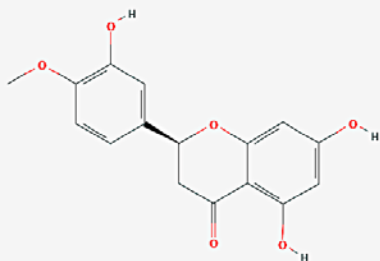
ヒト介入試験

血圧	グレープフルーツ摂取 (収縮期血圧↓-2.43 mmHg・3研究のメタ解析) オレンジジュース/ヘスペリジン摂取 (収縮期血圧↓, 微小血管の反応改善)
血管機能	オレンジジュース・均質化オレンジ果実 (血管内皮機能障害を改善, 用量反応関係なし, フラバノン代謝物血中濃度と連動) グレープフルーツジュース (閉経女性, 頸動脈-大動脈脈波伝播速度低下)
脂質代謝	オレンジジュース摂取 (単回摂取, 心血管リスクマーカーに変化なし) ベルガモット抽出物 (血漿脂質↓, リポタンパクプロファイルの改善)
認知機能	フラバノン強化オレンジジュース摂取 (平均年齢67歳, 認知機能テストの改善) フラバノン強化オレンジジュース摂取 (若年, 脳血流量増加, 注意力評価試験成績の向上) フラバノン強化オレンジジュース摂取 (中年, 認知機能試験の改善)

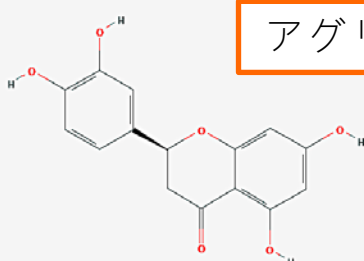
カンキツに含まれるフラバノン配糖体

フラバノン配糖体名	別名
ヘスペリジン	ヘスペレチン 7-O-ルチノシド
ネオヘスペリジン	ヘスペレチン 7-O-ネオヘスペリシド
ナリルチン	ナリンゲニン 7-O-ルチノシド
ナリンジン	ナリンゲニン 7-O-ネオヘスペリシド
エリオシトリン	エリオジクチオール 7-O-ルチノシド
ネオエリオシトリン	エリオジクチオール 7-O-ネオヘスペリシド
ネオポンシリン (ジジミン)	イソサクラネチン 7-O-ルチノシド
ポンシリン	イソサクラネチン 7-O-ネオヘスペリシド

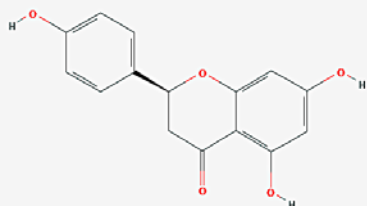
アグリコンと糖の組合せ



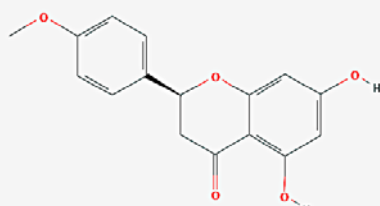
ヘスペレチン



エリオジクチオール

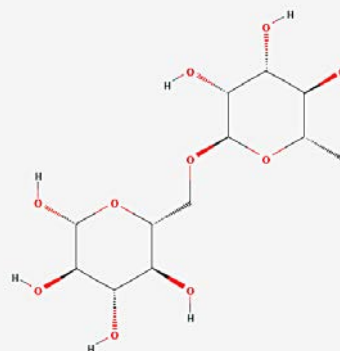


ナリンゲニン

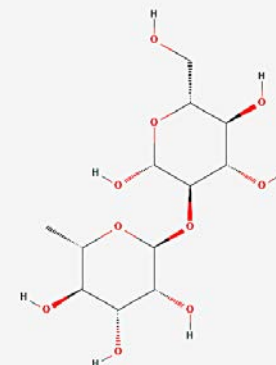


イソサクラネチン

アグリコン部分 (4種類)



ルチノース



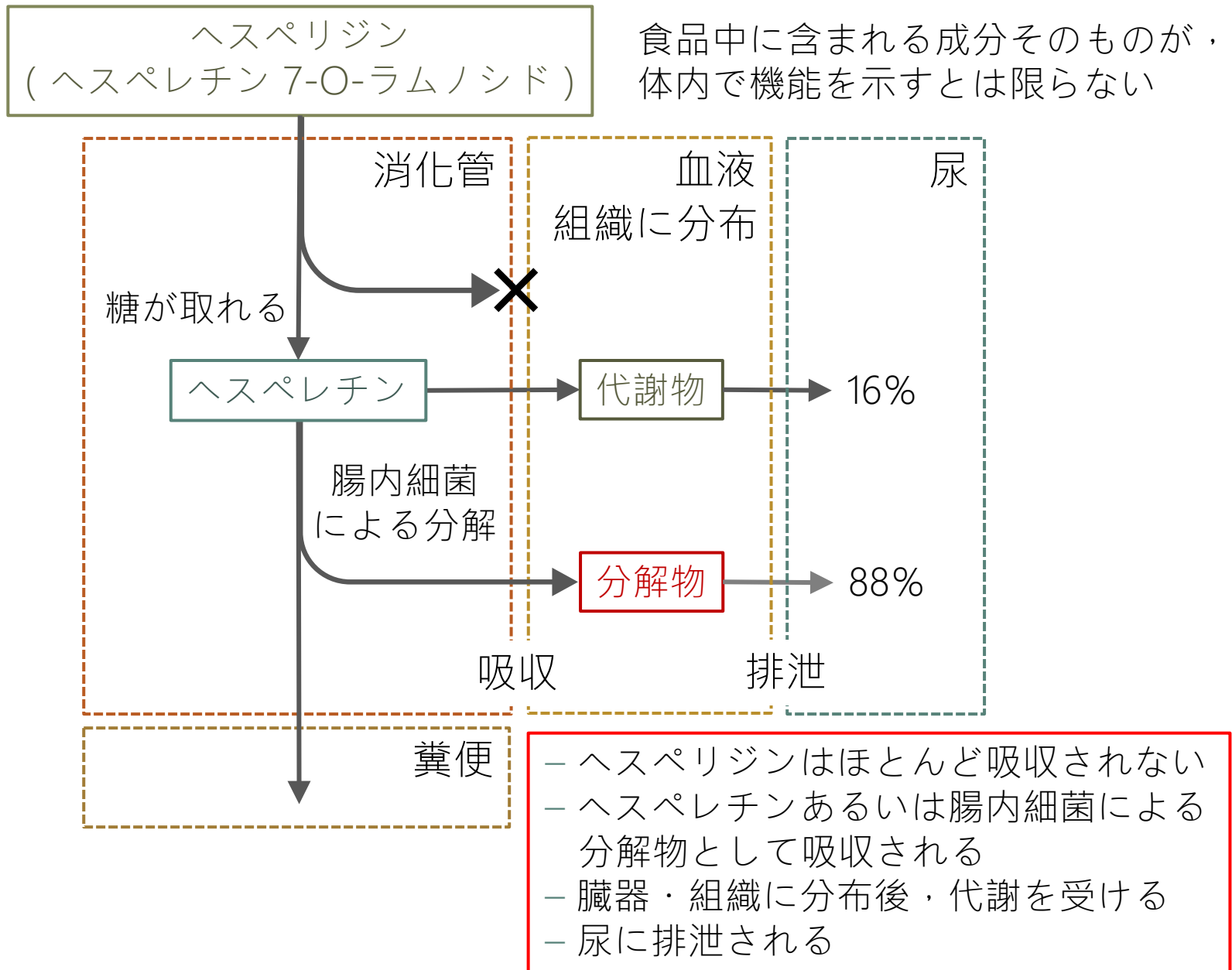
ネオヘスペリドース

糖部分 (2種類)

品種とフラボノイド配糖体分布の傾向

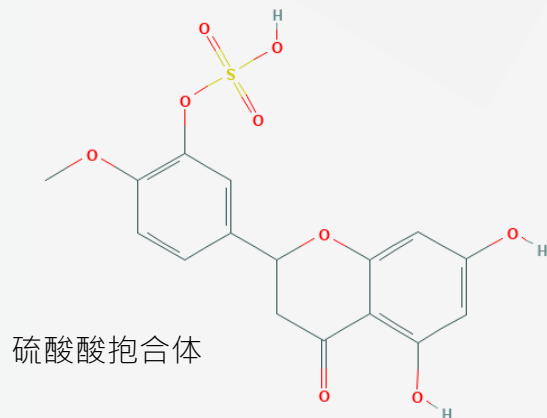
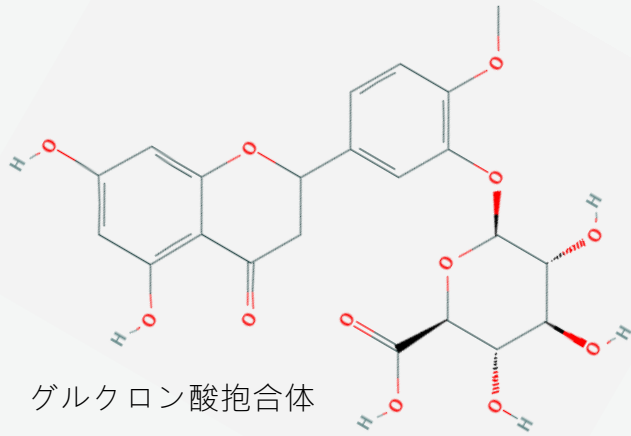
フラバノン配糖体								フロレチン誘導体	品種名
エリオシトリン	ネオエリオシトリン	ナリルチン	ナリンジン	ヘスペリジン	ネオヘスペリジン	ネオポンシリン	ポンシリン		
									シトロン
■									レモン
			■						ポメロ・イーチャンレモン
				■					たちバナ, キシュウミカン, シイクワシャー
		■							シシユズ, テング, ジャバラ, オーラスター
■		■		■					ユコウ, ビンキツ, コウジ, サンポウカン
		■		■					クネンボ, ウンシュウミカン, スイートオレンジ
	■		■			■			サワーオレンジ, ダイダイ
		■	■	■	■				ユズ, スダチ, ヘベス, カボス
		■		■		■			タンカン
			■				■		カラタチ
								■	キンカン, シキキツ

フラバノン配糖体は機能性をしめすのか？

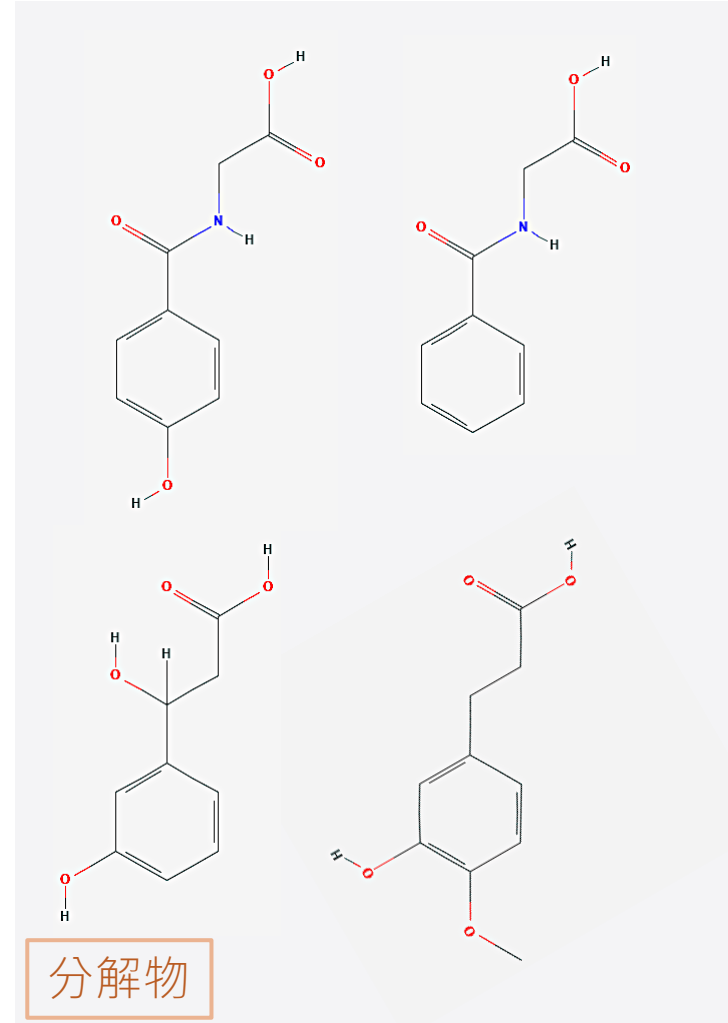


フラバノン配糖体の代謝物と分解物

- フラバノン配糖体の試験管内・動物試験 \neq ヒト体内での効果
- 代謝物や分解物を用いた試験管内試験・動物試験 \approx ヒト体内での効果？
...アグリコンには動物・細胞試験で抗炎症に關与する多様な作用



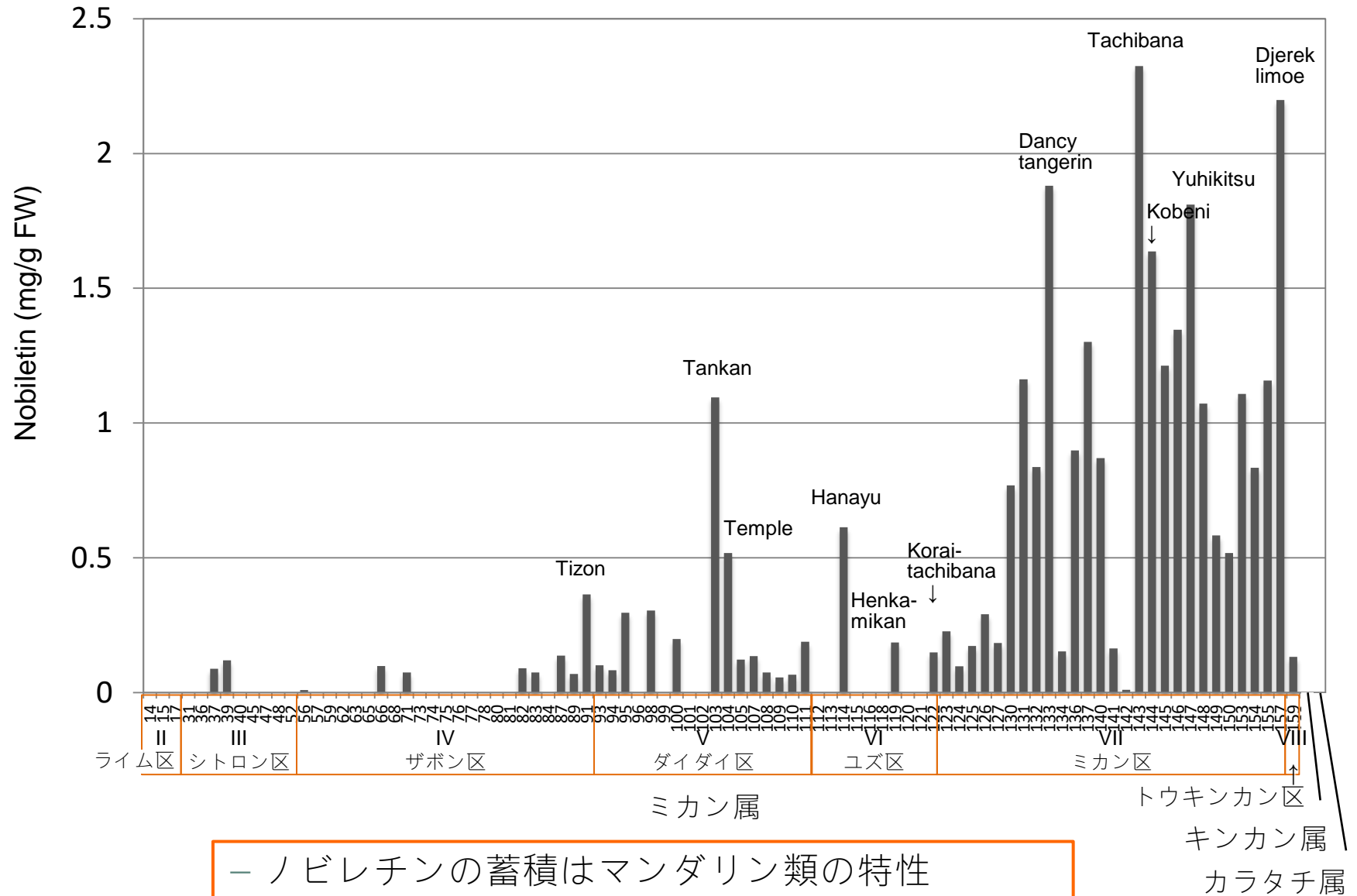
代謝物



ノビレチンの機能性研究

機能性分類	研究例 (約400報・2018.11.30調査)
発がん抑制	SV40T抗原導入遺伝子を有するラットにおける前立腺がん発症抑制 ヒト乳がんおよび結腸がん細胞のG1期進行抑制 C57B1/6マウスにおける乳腺異型過形成病変抑制 (オレンジ果皮) Apc(Min/+)マウスにおける結腸がん進行抑制 (オレンジ果皮) AOM誘導による結腸発がんの抑制 アポトーシス誘導によるマウスにおける抗がん作用 RAW264.7細胞におけるLPS誘導COX-2発現の抑制 MMP発現抑制
動脈硬化	3T3-L1脂肪細胞の分化・脂肪分解亢進 コレステロール・トリアシルグリセロール代謝の改善 ホルボールエステルによる単球 (TPH-1) の酸化LDLレセプター (LOX-1) mRNA発現抑制
皮膚関連	メラニン生成誘導・チロシナーゼ活性誘導 チロシナーゼ阻害・B16細胞増殖抑制 UVB照射による表皮肥厚・皮脂腺過形成・皮脂蓄積・角化細胞COX-2発現の抑制
抗炎症作用	NF- κ BのDNA結合活性の阻害 LPS誘導によるNO発生抑制 COX-2の誘導抑制 喘息ラットにおける好酸球による気道炎症に対する拮抗 ウサギ滑膜結合組織のMMP-9/コラゲナーゼB・PGE2の生成・発現の抑制
抗アレルギー	RBL-2H3 (ラット好塩基球白血球細胞) からのIgE惹起ヒスタミン・ β ヘキソアミニダーゼ遊離抑制
脳関連	NMDA型受容体アンタゴニストによる学習障害の改善 $A\beta$ によるグルタミン酸誘導CREBリン酸化抑制に対抗 $A\beta$ 惹起ADモデルラットの学習障害の予防効果 CRE依存転写・神経突起発生の促進 老化促進マウスでの学習能低下抑制・酸化の抑制・死亡率の低下
その他	Caco-2細胞でのP-gpによるタリノロール移行阻害 マウスでの主代謝産物は4'-デメチルノビレチン 抗肥満作用
疫学研究	情報なし 参考：ポリメトキシフラボン類 (ショウガ科生薬由来) のヒト試験 (脂肪消費) あり

果皮ノビレチン

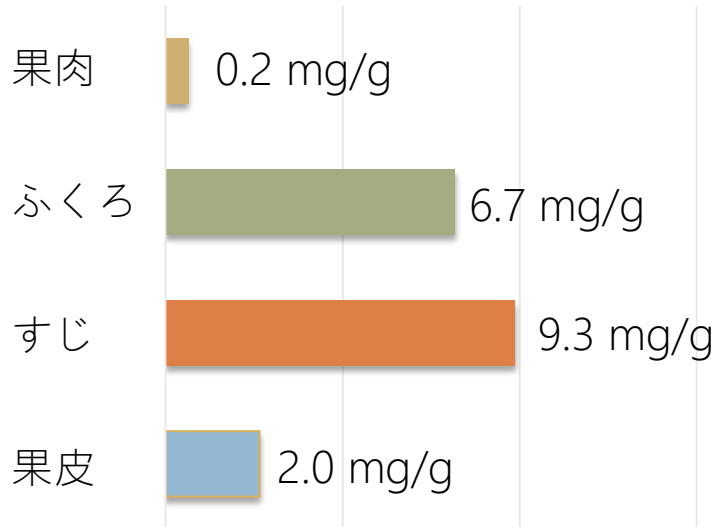


- ノビレチンの蓄積はマンダリン類の特性
- 果皮のみに蓄積し果肉には含まれない
- マンダリン類未熟果を香酸カンキツとして利用

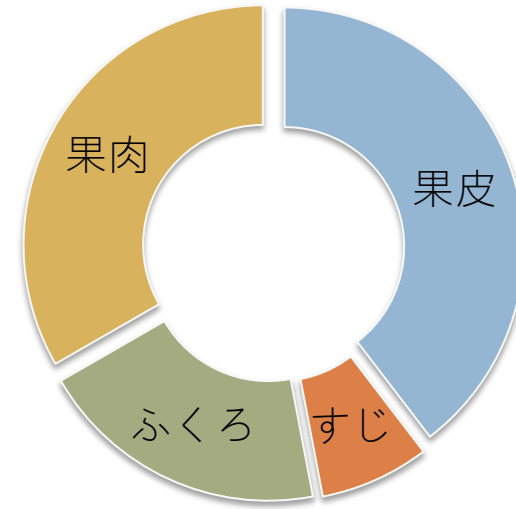
成分を多く含む部位

ウンシュウミカンの部位別総フラバノン配糖体量

部位別の濃度



1果実中の含有量割合



果肉中の濃度はかなり低いしかし..... 1果で見ると全体の1/3の含有量

- 香酸カンキツの利用：料理の添え物（全果・果皮）・果汁
- 保存性を考えると果汁利用が主となる
- 搾汁残渣（果皮とじょうのう膜^{ふくろ}）の有効利用が重要

搾汁と果皮のノビレチン利用の両立

シイクワシャー搾汁方法の比較			
搾汁方法	収量	風味	PMF含量
ベルトプレス	△	○	△
スクリュープレス	◎	△	◎
遠心	○	◎	○

優位性：◎ > ○ > △

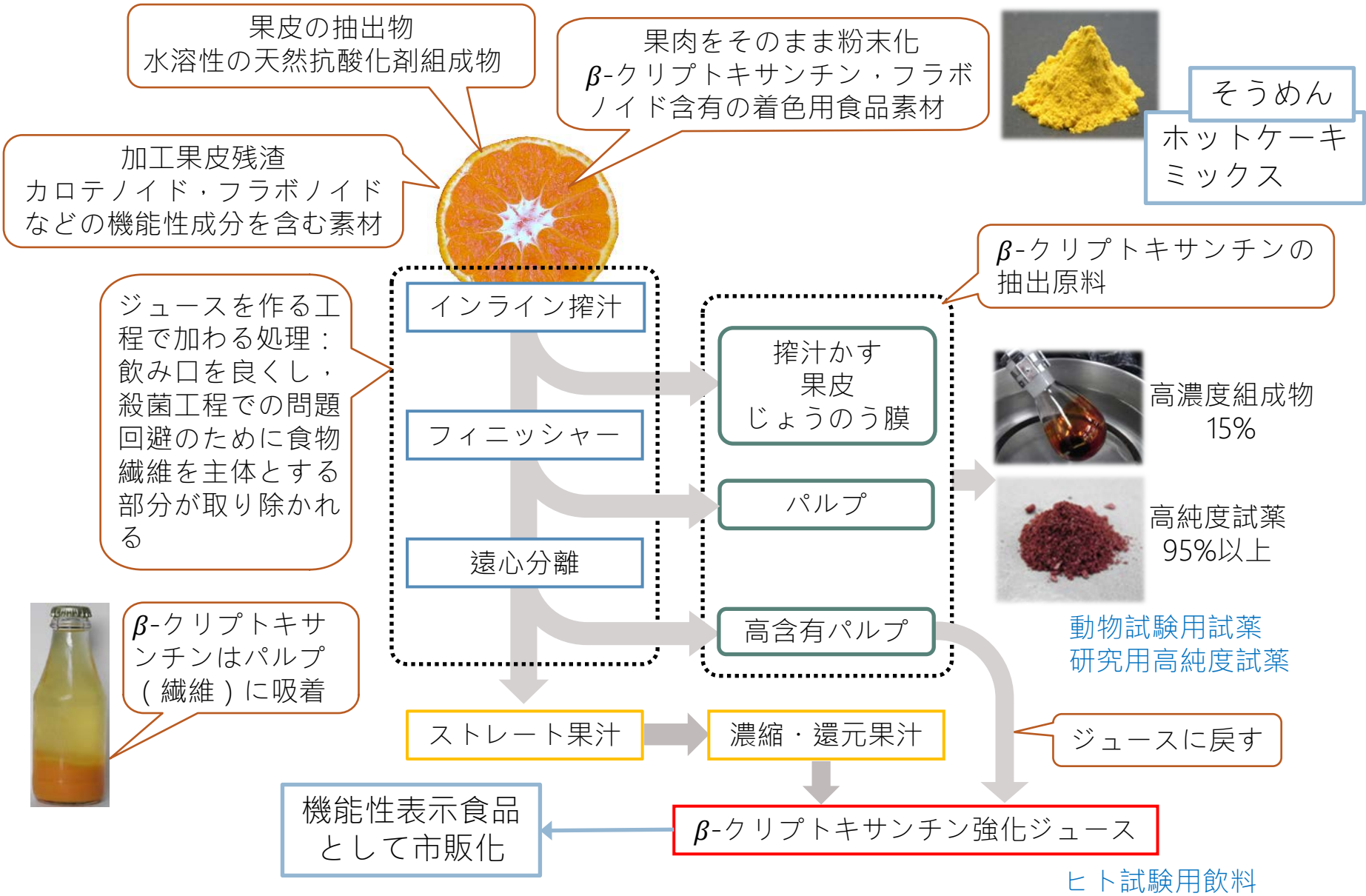
参考：Takenaka M et al.: Food Sci Technol Res, 2007;13:281-285



シイクワシャーの遠心搾汁

写真提供：矢野氏

ウンシュウミカン加工副産物の利用



オーラプテンの機能性研究

機能性分類	研究例 (約130報・2018.11.30調査)
発がん抑制	L1210細胞に対する増殖抑制 C57BL/KsJ-db/dbマウスのAOM惹起結腸前がん状態病変の抑制 SV40T抗原導入遺伝子を有するラットにおける前立腺がん発症抑制 急性白血病Jurkat T細胞に対するアポトーシス活性は小胞体カスパーゼ-8に関連 ICRマウスのDSS惹起潰瘍性大腸炎において、MMP活性を抑制 CD-1(ICR)マウスの大腸腺腫の発生抑制 ERK1/2介在の4EBP1・eIF4Bリン酸化を中断させproMMP-7蛋白合成の翻訳段階を標的 RAW264.7細胞におけるLPS誘導COX-2発現の抑制 F344ラットにおけるDEN誘導肝臓がんをイニシエーションの前・後投与双方で抑制 フォルボール・エンドトキシン誘導によるマウスマクロファージRAW264.7の炎症反応抑制 マウス肝臓においてP-450酵素活性を誘導せずGST活性を誘導 F344ラットにおいてNMBA惹起による食道発がん抑制 F344ラットにおいてAOM惹起による大腸発がん抑制とGSTとQRの活性亢進 F344ラットにおいて4-NQO惹起による口腔発がん抑制 F344ラットにおいてAOM惹起による結腸の異型腺窩巢形成抑制 ICRマウスにおいてDBA・TPAによる皮膚発がん抑制 BALB/cマウスにおいてマクロファージ活性とリンパ球のサイトカイン生成亢進
血液関連	トロンボキサンA2生成抑制による抗血小板作用 血小板凝集反応抑制
脳関連	全身性炎症モデルマウスで脳内の炎症反応予防 全脳虚血モデルマウスで再灌流後の炎症反応抑制 JNK活性化を介した γ -セクレターゼ活性促進による $A\beta$ 産生 血管性認知症ラットモデルにおける脳虚血誘導後の記憶増強と神経保護作用
その他	抗菌活性 リーシュマニアの成長阻害 AChE阻害作用
疫学研究	認知機能低下の予防に関するヒト試験 (オーラテン含有河内晩柑飲料)

オーラプテンの含量評価

品種名 (田中分類区)	mg/g 乾物重	
	果皮	果肉
ザボン区		
カオパン	0.227	0.012
グレープフルーツ	0.432	0.040
ハッサク	0.588	0.035
ダイダイ区		
ナツダイダイ	0.586	0.022
ユズ区		
ユズ	0.376	0.055
カボス	0.310	0.026
イーチャンレモン	0.094	0.521
ハナユ	0.009	0.002
スダチ	0.004	0.003
カラタチ	1.312	6.563
イヨ×カラタチ 雑種		
lyP269 (可食)	1.494	1.736
lyP283 (高含量)	9.809	6.229
加工品	mg/100g	
グレープフルーツ果汁	0.14	
ポン酢 (ユズ)	0.14	

- オーラプテンの蓄積はポメロとカラタチの特性に由来する
- 市販の加工品にも含まれる・摂取量は期待できない
- 高含有の専用品種や加工法に工夫が必要

オーラプテン高含有品種の育成

オーラスター
(ハッサク×ヒリュウ)×バンペイユ
<ul style="list-style-type: none">- 果肉にオーラプテンを含む (ca. 1mg/g DW) (交配親はすべてオーラプテン蓄積品種)- カラタチ臭なし- 糖度11°Brix・クエン酸2.2% (cf. レモン 4.6%)- 全果を利用した加工品の製造- 耐病性 (かいよう病)- 小規模ではあるが栽培されている



写真提供：吉岡氏

β-クリプトキサンチンと疫学研究

ミカンの摂取と健康に関する栄養疫学調査（三ヶ日町研究の実施）

- 静岡県浜松市北区三ヶ日地区（現在地名）
- 農研機構果樹茶業研究部門，浜松医科大学，三ヶ日町役場住民福祉課
- ウンシュウミカン産地（3万t）住民の参加
- 2005年開始，対象1073名

調査項目

- 食事調査，飲酒量，運動習慣
- 生理・生化学的指標測定
 血圧，血液生化学検査，空腹時血糖値，インスリン値
 血清カロテノイド，骨密度，脈波速度

縦断研究（10年間の前向きコホート研究）の結果

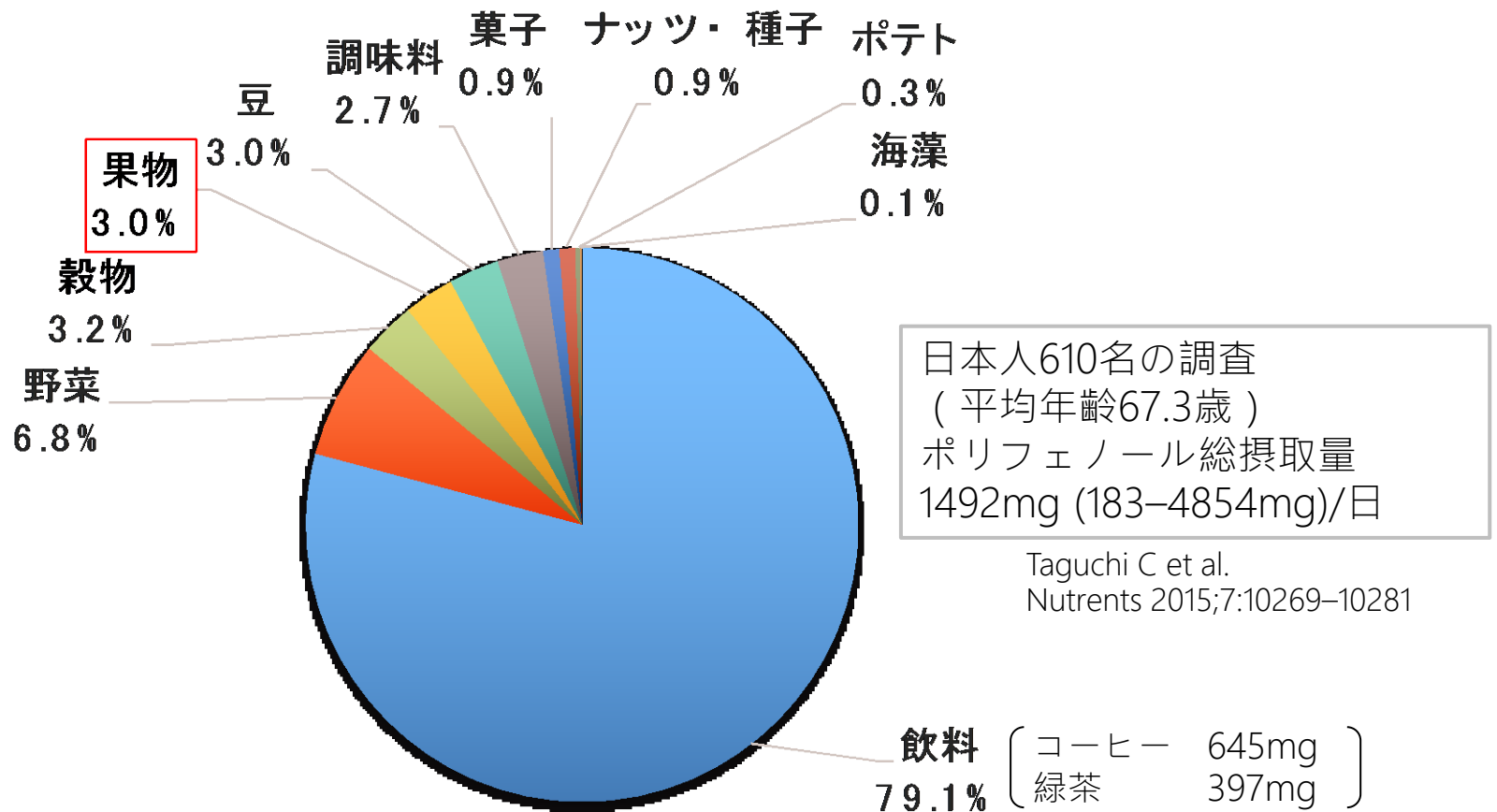
- 骨粗鬆症（閉経女性）のリスク : ↓
- 脂質代謝異常（中性脂肪値）のリスク : ↓
- 肝機能異常（ALT値）のリスク : ↓
- 動脈硬化のリスク : ↓
- 2型糖尿病のリスク : ↓

β-クリプトキサンチン高含有飲料によるヒト介入試験

- 骨代謝マーカーの改善
- 非アルコール性脂肪性肝疾患の患者の血清バイオマーカー
 酸化LDL・IL-6 ↓ ; SOD・IL-10 ↑

β-クリプトキサンチンを多く含む香酸カンキツはおそらくないだろう

ポリフェノールの摂取源



- コーヒー・緑茶などの飲料からの摂取量が8割を占める
- 果物からのポリフェノール摂取量は多いとは言えない
- 果物からしか摂取できないポリフェノールの存在

クロロゲン酸類の機能性

カフェ酸類とキナ酸の化合物で植物に遍在する成分

- コーヒーからの摂取量が多い
 - レギュラー：14-47 mg/100 mL
 - インスタント：17mg-60 mg/100 mL
- リンゴ：4.5-38 mg/100 g生重

クロロゲン酸はグルコース代謝と脂質代謝に影響

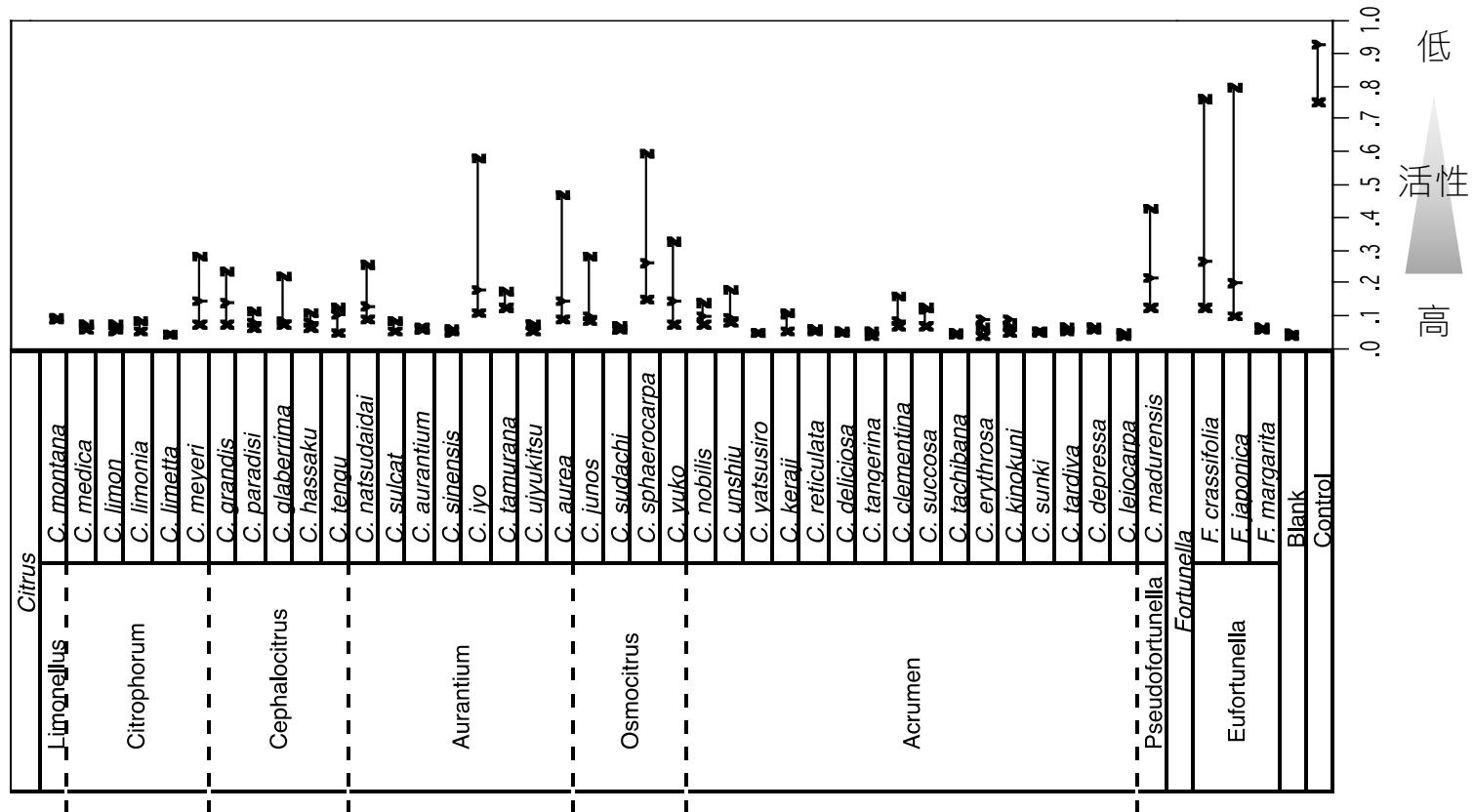
- 動物実験で様々なメカニズムが示唆されている
- クロロゲン酸類高含有コーヒーの内臓脂肪燃焼効果
 - 特保ヘルシアコーヒー (270mg/日)
- コーヒー摂取で2型糖尿病や肥満の予防・改善の可能性
- クロロゲン酸が有効かどうかははっきりしない
 - 一定規模のヒト介入試験が望まれる

クロロゲン酸摂取増と最高・最低血圧の低下との関連

- 複数の臨床試験のメタ解析が行われている
 - クロロゲン酸高濃度抽出物での実験
- 果物1日分から有効量を摂取するのは難しいかもしれない

香酸カンキツに含まれるクロロゲン酸類含量の情報は不足

カンキツ類果皮の抗酸化活性



- 果皮の水・含水エタノール抽出物の抗脂質過酸化作用の評価
高活性を示す品種差はマンダリン類 (Acrumen) に多い
香酸カンキツ類にも高活性を示す種類がある (スダチ)
- 活性成分はクロロゲン酸などのヒドロキシ桂皮酸誘導体の可能性
- 食品や化粧品の抗酸化剤として利用可能

果物のγ-アミノ酪酸(GABA)

GABA
<ul style="list-style-type: none"> - アミノ酸の一種 - 抑制的な作用を持つ脳内神経伝達物質
血圧と精神ストレス <ul style="list-style-type: none"> - 効果が期待される摂取量：10-30mg/日 - 果物からも摂取可能な量
観察研究の情報 <ul style="list-style-type: none"> - レーズンとブドウに血圧低下作用 - GABAの寄与は不明
機能性表示食品 <ul style="list-style-type: none"> - 届出数：約170 - ほとんどは乳酸発酵由来GABAを添加 - GABA米は添加なし - 生鮮トマトの届出
GABA含量が高いカンキツ類あり <ul style="list-style-type: none"> - 生鮮食品として機能性表示食品の可能性 - 香酸カンキツのGABA含量は未見 - 含量保証の必要性 - 通常の摂取量で有効量となる加工品

種類	含量 (mg/100g)
ウメ	0.5-18.9
モモ	0.2-0.5
ブドウ	2.7-19.9
アボカド	3.5
キウイフルーツ	1.1
バナナ	6.2
ビワ	1.1
ナシ	0.4-1.6
メロン	22.6-67.8
リンゴ	0.7-1.5
ネーブルオレンジ	39.1
グレープフルーツ	46.1
ハッサク	14.6
ウンシュウミカン	33.3

果物摂取と疾病予防

疾病予防と関連する5つの食品群

果物・野菜・全粒穀物・ナッツ・豆

カンキツ成分

- フラバノン配糖体
- ポリメトキシフラボノイド
- オーラプテン

.....

多様な作用

- 抗炎症作用
- 抗酸化作用
- 脂質代謝改善
- 血管内皮機能改善
- 血圧降下作用
- 認知機能改善

.....

香酸カンキツの機能性食品への利用

- 生食用カンキツの果皮を食べることは稀である
- 加工用途が主となる香酸カンキツは果皮も利用
- 果皮の機能性成分を効率的に摂取できる
- 問題点：安定した生産量の確保

疾病の種類	リスク	至適摂取量
総死亡	10% ↓	250-300g
冠動脈性心疾患	15% ↓	200g
脳卒中	20% ↓	200g
2型糖尿病	10% ↓	200-300g
高血圧	7% ↓	300g
フレイル	52% ↓	300g

Schwingshackl L et al. Am J Clin Nutr 2017;105:1462-73.

Bechthold A et al. Crit Rev Food Sci Nutr

2017;///doi.org/10.1080/10408398.2017.1392288.

Schwingshackl L et al. Eur J Epidemiol 2017;32:363-375.

Schwingshackl L et al. Adv Nutr 2017;8:793-803.

食生活指針(文科・厚労・農水各省決定)

食生活指針と食生活指針の実践を示す (H28.6に一部改正)

- 食事を楽しみましょう
- 1日の食事のリズムから、穏やかな生活のリズムを
- 適度な運動とバランスの良い食事で、適正体重の維持を
- 主食・主菜・副菜を基本に、食事のバランスを
- ごはんなどの穀類をしっかりと
- 野菜・果物・牛乳・乳製品・豆類・魚なども組み合わせて
- 食塩は控えめに、脂肪は質と量を考えて・
- 日本の食文化や地域の産物を生かし、郷土の味の継承を
- 食料資源を大切に、無駄や廃棄の少ない食生活を
- 食に関する理解を深め、食生活を見直してみましょう

食品の具体的な摂取量を「食事バランスガイド」で表現

果物は毎日2つ(可食部200g)

- 香酸カンキツは地域の特産物であり郷土の味にも利用されている
- 香酸カンキツは全果を有効利用した加工法により、無駄・廃棄を減らせる