

愛媛県産カンキツの β -クリプトキサンチン含量に関する研究

石々川英樹

The beta-cryptoxanthin content of citrus fruits cultivated in Ehime prefecture

ISHIISHIKAWA Hideki

要 旨

愛媛県が育成した‘愛媛果試第 28 号’や‘甘平’を含む中晩柑類数品種について、 β -クリプトキサンチン (β -cry) を対象成分とした機能性表示を検討するため、品種別の平均値やバラツキの程度、糖度との相関について解析を行った。その結果、 β -cry 含量は品種間差が大きく、‘カラ’が 1.6 mg/100g であるのに対し、イヨカンでは 0.1 mg/100g であった。バラツキの程度を示す変動係数は、 β -cry 含量の全品種の平均が 20%程度であるのに対し、糖度は 8%程度であった。 β -cry 含量と糖度との間には全ての品種で有意な正の相関がみられ、‘カラ’は他の品種と比較して糖度の変化が β -cry 含量に大きく影響する傾向がみられた。

キーワード：機能性表示、カンキツ、 β -クリプトキサンチン、糖度、相関、変動係数

1. 緒言

β -クリプトキサンチン（以下、 β -cry）は、カンキツ類に多く含まれる橙色のカロテノイド色素で、ウンシュウミカンなどマンダリン系のカンキツとその加工品に多く含まれる成分である（矢野ら，2005）。 β -cry の生理機能については、肝機能障害の改善に有効である可能性を示した事例（大島ら，2010）がある他、三ヶ日町（現：静岡県浜松市）の住民を対象に継続的に行われた栄養疫学調査（三ヶ日町研究）から、 β -cry の血中濃度が高いほどインスリン抵抗性やメタボリックシンドローム、骨粗しょう症のリスクを低下させることが示されている（杉浦，2014）。

食品の機能性表示については、機能性食品表示制度（2015 年 4 月）に基づき、これまでに論文として公表されている機能性関与成分に関する研究内容について網羅的に調査し、質の高いデータからバイアスなどを取り除くなどの分析（システマティックレビュー）を行ったうえで、健康増進への機能が肯定的と判断された場合には、表示を行おうとする者が消費者庁に届け出ることによって、その機能を表示して販売することが可能となっている。2018 年 9 月 30 日現在、消費者庁のホームページでは 11 件

が β -cry を対象成分とする機能性表示食品として受理されており、1 日あたり 0.3~6 mg の β -cry を 4~12 週継続して摂取することによって骨代謝の促進機能があることの表示が可能とされている。11 件の内訳は、6 件がウンシュウミカン果実で最も多く、2 件が清涼飲料水（ミカンジュース）、2 件が栄養補助食品（うち 1 件は製造中止により届出が撤回されている）、1 件が粉末飲料である。

愛媛県では、ウンシュウミカン以外のカンキツ類の生産量も多く、平成 28 年産ウンシュウミカンの生産量が 77,058 トンであるのに対し、その他かんきつの生産量は 87,166 トンである（愛媛県農林水産部農業振興局園芸農産課，2018）。さらに、その他かんきつの品種別生産量に注目すると、愛媛県が育成した‘愛媛果試第 28 号’および‘甘平’については全量が愛媛県産で、それ以外の品種についてもイヨカン‘せとか’‘カラ’の全国生産量に占める愛媛県産の割合はそれぞれ 90%、75%、72%と非常に高い（平成 27 年産特産果樹生産動態等調査から算出）。そのため、これらの品種の販売戦略を検討するうえで、 β -cry に代表される機能性成分に関する情報が有効であり、愛媛県産カンキツの消費拡大や新たな付加価値の付与につながることを期待される。

そこで、愛媛県育成品種をはじめ、県内である程度まとまった生産量があり、かつβ-cry含量が比較的多い中晩柑品種を中心に、2016年産および2017年産果実についてβ-cry含量を測定した。また、ウンシュウミカンではβ-cry含有量と糖度に正の相関があることが知られていることから(久永ら, 2018)、今回の供試品種における傾向を明らかにするために果汁の糖度を測定し、各測定項目の品種間差や個体間のバラツキの程度、β-cry含量と糖度との相関について解析し、機能性表示食品としての届け出を行う際に有効と思われる知見を得たので報告する。

2. 材料および方法

2.1 分析材料と前処理方法

分析用の果実は、愛媛県農林水産研究所果樹研究センター(松山市下伊台町)、同みかん研究所(宇和島市吉田町)、今治支局産地育成室岩城実証圃場(越智郡上島町)において慣行露地栽培され、収穫した果実を中心に、直売所や量販店から購入した果実について各品種20果程度を分析の対象とした。分析に供した品種は、収穫時期に順じて年次別に表1に示した。

果実はフラベドおよびアルベドを取り除いた後、一部の果肉から糖度を測定するための果汁を採取し、β-cry分析用の果肉をブレンダーで磨砕した。この際、各品種の可食部を想定し、イヨカンはじょうのう膜を除去して砂じょうのみを磨砕し、その他の品種は、じょうのう膜を除去せずに房ごと磨砕した。

表1 分析対象品種

| | 2016年産 | 2017年産 |
|-----|----------|----------|
| 品種名 | はれひめ | はれひめ |
| | 愛媛果試第28号 | 愛媛果試第28号 |
| | — | ボンカン |
| | — | 甘平 |
| | 不知火 | 不知火 |
| | イヨカン | — |
| | せとか | せとか |
| | カラ | カラ |

2.2 分析方法

果汁の糖度は、デジタル糖度計(ATAGO PAL-1)により測定した。β-cryの測定は隅田ら(1999)の方法に準じて行った。すなわち、2.1で処理した果実の磨砕物を2g程度精秤し、エタノールを加えて静かに攪拌した後、珪藻土を薄く敷いたガラスフィルター(G3)に、この懸濁液を注ぎ入れ、残渣の色が無くなるまでエタノールとアセトンで抽出した。この抽出液を分液漏斗に移し、エーテルと蒸留水を加えて振とうを行い、カロテノイドをエーテル層に分配した。このエーテル層を減圧濃縮し、同量の5%メタノール性KOH溶液を添加後、1時間以上静置してケン化処理を行った。処理後の溶液からエーテルで不ケン化物を分画し、アルカリが除去されるまで蒸留水で洗浄した後、溶媒を減圧留去した。最後に移動相溶媒を加えて5mLに定容し、0.45μmのメンブレンフィルターでろ過した溶液をHPLCの供試液とした。

β-cryの定量は、HPLC(日本分光)装置にYMC社製カロテノイド5μC₃₀(4.6mmI.D.×150mm)分析カラム、紫外可視波長検出器(日本分光社製UV-2075Plus)を接続して行った。なお、分析条件について、カラム温度は32℃、移動相はメタノール:t-ブチルメチルエーテル(92:8)に0.1%酢酸アンモニウムを添加した溶液、検出波長は450nm、流速は1.0mL/分、注入量は10μLとした。

検量線の作成については、β-cry標品の約20μg/mLのヘキサン溶液を原液として調製し、この原液をヘキサンで10倍希釈して、分光光度計(島津製作所製UV-1200)で451nmにおける吸光度を測定した後、光路長1cmにおける吸光度の文献値(E^{1%}=2460)から原液濃度を算出した。次に、原液のヘキサンを窒素雰囲気下で留去後、移動相溶媒で同じ濃度に戻し、さらに移動相溶媒で2, 4, 8倍に希釈した溶液について、各10μLをHPLCに供して、各ピーク面積から検量線を作成した。

3. 結果および考察

3.1 2016年産果実の分析結果

2016年産果実の品種別分析果実数、β-cry含量、糖度と両者の相関係数を表2に、各品種のβ-cry含量と糖度との関係を図1に示した。β

-cry 含量はイヨカンが 0.1mg/100gFW で最も少なく、‘カラ’が 1.7mg/100gFW で最も多くなった。β-cry 含量の変動係数は‘せとか’が 14.5% で最も小さく、イヨカンが 26.0% で最も大きくなった。糖度の変動係数は全ての品種で β-cry の変動係数よりも非常に小さく、イヨカン (4.5%) や‘愛媛果試第 28 号’ (5.3%) で顕著であった。全ての品種で β-cry 含量と糖度と

の間には有意な正の相関が認められ、糖度の高い果実は β-cry 含量が多くなる傾向がみられた。また、図 1 より‘カラ’の近似線は他の品種の近似線よりも傾きが大きいことから、個体間の糖度の差が β-cry 含量に影響する程度が他品種よりも大きいことが示された。

表 2 2016 年産果実の品種別分析結果

| 品種名 | 分析 果実数 | β-cry 含量 (mg/100gFW) | 糖度 (°Brix) | 相関係数 |
|------------|-----------|-------------------------|---------------|----------|
| はれひめ | 24 | 0.7 (20.1) | 11.4 (9.7) | 0.558 ** |
| 愛媛果試第 28 号 | 26 | 0.6 (17.0) | 11.7 (5.3) | 0.457* |
| 不知火 | 20 | 0.6 (21.8) | 14.4 (8.9) | 0.492* |
| イヨカン | 9 | 0.1 (26.0) | 11.8 (4.5) | 0.958** |
| せとか | 23 | 1.1 (14.5) | 12.7 (8.4) | 0.606** |
| カラ | 30 (10) | 1.7 (22.7) | 14.0 (10.4) | 0.808** |

注 1) 分析果実数のカッコ内は量販店等で購入した果実数

注 2) β-cry 含量および糖度のカッコ内は変動係数 (単位は%)

注 3) 相関係数の*は 5%, **は 1%水準で有意であることを示す

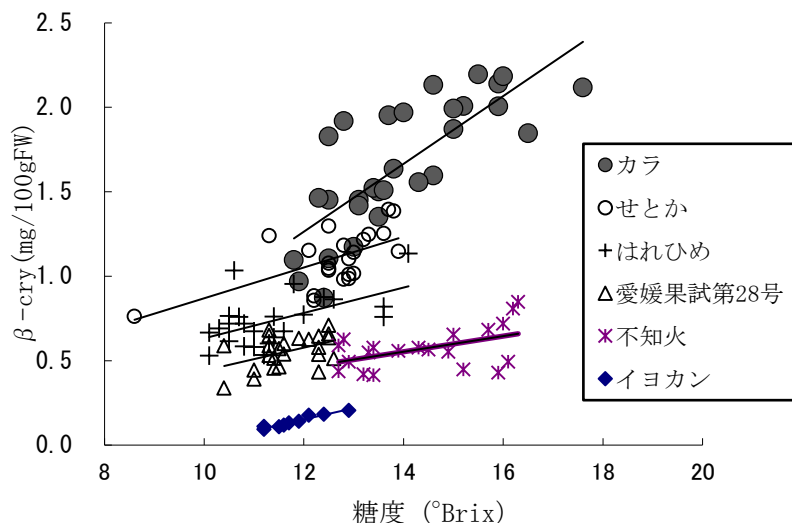


図 1 各品種における β-cry 含量と糖度との関係 (2016 年産果実)

3.2 2017 年産果実の分析結果

2017 年産果実の品種別分析果実数、β-cry 含量、糖度と両者の相関係数を表 3 に、各品種の β-cry 含量と糖度との関係を図 2 に示した。なお、2016 年産果実の調査で β-cry 含量が顕著に少なかったイヨカンを生試品種から除き、県内生産量が多いポンカンと‘甘平’を新たに加えた。

‘はれひめ’‘愛媛果試第 28 号’不知火‘せとか’‘カラ’における品種別の傾向は 2016 年産果実と同様で、β-cry 含量は‘カラ’が 1.5mg/100gFW で最も多く、‘愛媛果試第 28 号’が 0.5mg/100gFW で最も少なくなった。β-cry 含量の変動係数は‘はれひめ’が 21.5% で最も大きく、不知火が 13.3% で最も小さくなった。糖度の変動係数も 2016 年産と同じ傾向で β-cry

含量の変動係数よりも小さく, ‘愛媛果試 28号’ (5.2%) や不知火 (5.3%) で顕著であった. 不知火 ‘せとか’ ‘カラ’ のβ-cry 含量は2016年産よりも少なく, その要因は3品種とも糖度が2016年産よりも低いことによるものと推察された. β-cry 含量と糖度との相関係数は2016年と同様に, 全ての品種において5%以上

の水準で有意性が認められた. また, 図2より2017年産のデータにおいても, ‘カラ’ の近似線は他の品種よりも傾きが大きく, 糖度の差がβ-cry 含量に影響する程度が他品種よりも大きい特徴が再確認された.

表3 2017年産果実の品種別分析結果

| 品種名 | 分析 果実数 | β-cry 含量 (mg/100gFW) | 糖度 (°Brix) | 相関係数 |
|------------|-----------|-------------------------|---------------|---------|
| はれひめ | 19 (5) | 0.8 (21.5) | 11.5 (6.6) | 0.649** |
| 愛媛果試第 28 号 | 18 (6) | 0.4 (16.3) | 12.0 (5.2) | 0.497* |
| ポンカン | 26 (5) | 0.8 (16.6) | 12.8 (9.6) | 0.610** |
| 甘 平 | 29 (9) | 0.9 (16.7) | 13.8 (12.5) | 0.781** |
| 不知火 | 15 (0) | 0.5 (13.3) | 13.7 (5.3) | 0.688** |
| せとか | 30 (9) | 0.9 (17.8) | 11.2 (8.3) | 0.544** |
| カ ラ | 23 (23) | 1.5 (15.5) | 12.8 (6.4) | 0.679** |

注1) 分析果実数のカッコ内は量販店等で購入した果実数

注2) β-cry 含量および糖度のカッコ内は変動係数 (単位は%)

注3) 相関係数の*は5%, **は1%水準で有意であることを示す

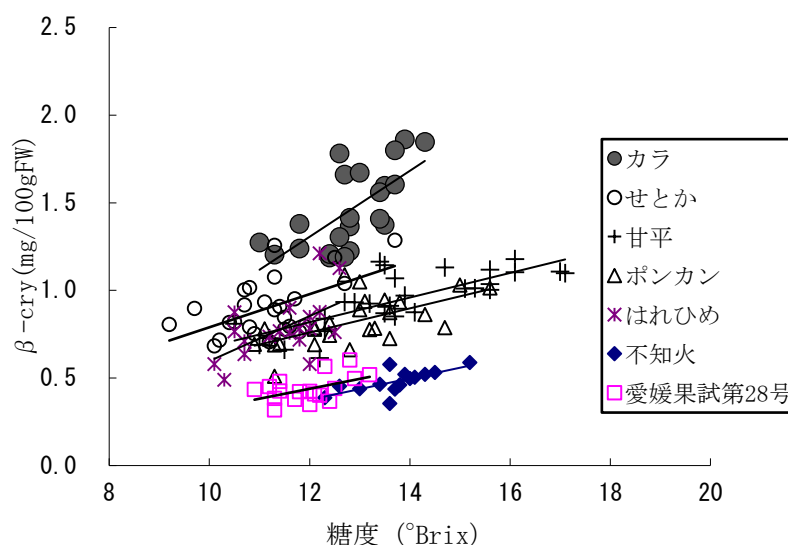


図2 各品種におけるβ-cry 含量と糖度との関係 (2017年産果実)

次に, ‘はれひめ’ ‘愛媛果試第 28 号’ 不知火 ‘せとか’ ‘カラ’ の5品種について, 2年間の分析データによるβ-cry 含量と糖度との関係を図3に示した. ‘愛媛果試第 28 号’ については, 2016年と2017年の近似線のずれが他品種よりも大きく, 糖度が平均値に近い12°であった場合のβ-cry 含量推定値は2016年産果実が0.58mg, 2017年産果実が0.44mgで

0.14mgの差がみられた. ‘愛媛果試第 28 号’ 以外の4品種については, 生産年による近似線のずれが非常に小さいことから, 2016年の近似線を2017年のデータに適用した場合においても, 糖度からβ-cry 含量の推定が可能と考えられたが, この傾向についてはさらなるデータ蓄積による検証が必要である.

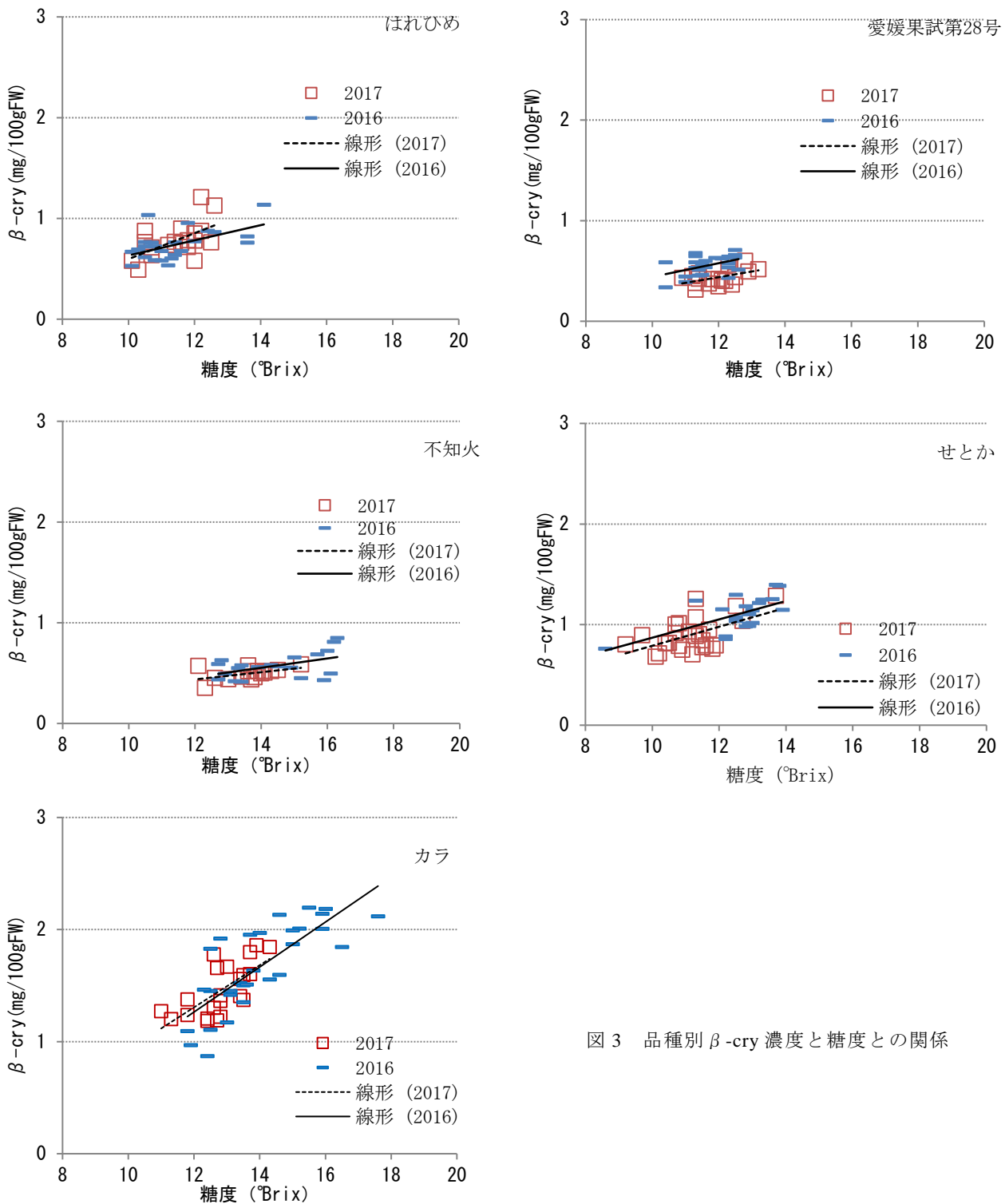


図3 品種別 β -cry 濃度と糖度との関係

3.3 機能性表示への課題

「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」では、早生および普通ウンシュウミカンのじょうのう 100g に含まれる β -cry は、それぞれ 1.9mg と 1.7mg とされている。本試験で供試した品種で β -cry 含量がウンシュウミカンを上回る品種はみられなかったが、「カラ」の2年間の平均

値は 1.6mg で、ウンシュウミカンにほぼ匹敵する値であった。さらに、「はれひめ」ポンカン「甘平」「せとか」についても 1mg 前後の含量であり、これらの品種も β -cry を効率よく摂取するために適した品種と考えられる。

ここで、ウンシュウミカンの時期別流通量に注目すると、例年 11, 12 月の流通量が年間全

体のそれぞれ 22% および 33% を占めており（青果物卸売市場調査報告，2018），消費者がウンシュウミカンを購入しやすい時期はこの 2 か月に集約される．一方，図 4 より今回の分析で比

較的 β-cry 含量の多かった 5 品種は，1 月から 5 月下旬まで継続的に出荷されることから，ウンシュウミカンの出荷終了後には，これらの品種が有力な β-cry の供給源になると考えられる．

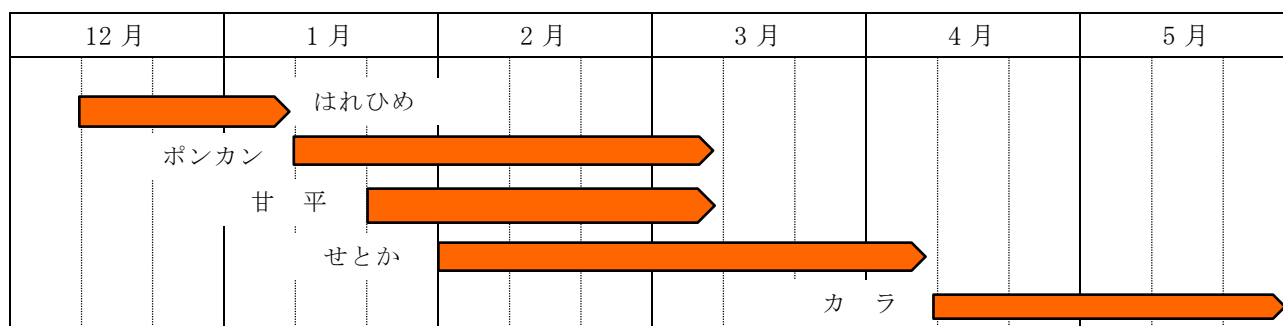


図 4 β-cry 含量が高い品種の出荷時期

（参考資料：愛媛のかんきつ 21 推進協議会「愛媛のかんきつ食べ頃カレンダー」より）

次に，機能性表示の際に不可欠となる「一日当たり摂取目安量」について考察する．既に届出が受理されているウンシュウミカンでは，1 日当たり 260～270g（可食部）を食べることで，3mg の β-cry を摂取できることが表示されており，可食部の β-cry 含量が 1.1mg/100g 以上であることを保証している．カンキツの果実に含まれる β-cry の量は個体ごとに異なることから，農林水産技術会議事務局（2015）は，機能性表示に向けた対応策を「農林水産物の機能性表示に向けた技術的対応について」に示しており，「一日摂取目安量当たりの成分含有量として下限値を表示する必要がある」としている．本試験で β-cry 含量が最も多かった‘カラ’の分析によって得られた，2 年間の全データの平均値と標準偏差から算出した片側 95% 下限値は 0.9mg/100g となり，1 日当たり 3mg の β-cry を摂取するのに必要な可食部重量（一日当たり摂取目安量）はウンシュウミカンよりも多い 333g となる．この量は，日本人の平均的な果実摂取量 100g（国民健康・栄養調査，2018）の 3 倍以上で，かなり多めの設定であるとともに，‘カラ’よりも β-cry 含量の少ない品種については，さらに多い摂取量が求められる．

そこで，‘カラ’について β-cry を対象成分とした機能性表示食品の届出を想定した場合，糖度と β-cry 含量との間に有意な正の相関がみられることから，マルチ栽培など果実糖度を高める栽培技術の導入や，光センサー選果機によ

り高糖度果実を厳選するなどの方法で，β-cry 含量が高く，その個体間差が小さいロットを確保することにより，ウンシュウミカンと同程度の摂取量で機能性表示が可能になると考えられる．さらに，緒言で述べたとおり，β-cry に関するシステマティックレビューでは，0.3～6mg/日の摂取により骨代謝の促進機能が認められているのに対し，現行の機能性表示制度に従って平均的なウンシュウミカン（270g（可食部）食べた場合の β-cry 摂取量は 4.9mg [1.8mg（食品成分表値）×2.7] /日と試算され，3mg を 63% も上回ることから，その設定値についても今後の慎重な検討が必要と考えられる．

引用文献

- 愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課（2018）：平成 28 年産果樹統計．
- 厚生労働省（2018）：平成 28 年国民健康・栄養調査．
- 久永絢美・吉岡照高・杉浦実（2018）：主要産地のウンシュウミカンに含有される β-クリプトキサンチン量の品種群間差および糖度との関連について．園学研，17（4）：459－464．
- 文部科学省（2015）：日本食品標準成分表（七訂）．
- 農林水産省（2018）：平成 27 年産特産果樹生産動態等調査．
<http://www.maff.go.jp/j/toukei/kouhyou/tokusan>

- _kazyu/
農林水産省 (2018) : 平成 28 年度青果物卸売市場調査報告.
http://www.maff.go.jp/j/toukei/kouhyou/seika_oroosi/
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 (2015) : 農林水産物の機能性表示に向けた技術的対応について—生鮮食品などの取り扱い—.
- 大島誠, 杉浦実, 上田佳代 (2010) : β -クリプトキサンチン高含有ウンシュウミカン果汁の摂取が肝機能および脂質代謝に及ぼす影響. 食科工誌, 57 (3) : 114–120.
- 杉浦実 (2014) : 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. 食科工誌, 61 (8) : 373–381.
- 隅田孝司, 濱田智, 東誠広, 小川浩史, 多田幹郎 (1999) : C₃₀ カラムによる温州ミカン果汁中の β -クリプトキサンチン定量法. 食科工誌, 46 (7) : 467–472.
- 矢野昌充, 生駒吉識, 杉浦実 (2015) : β -クリプトキサンチン研究最近の進歩. 果樹研報, 4 : 13–28.