

地域素材を活用した高機能性食品の開発

—宮崎完熟きんかん「たまたま」を使用した加工特性解析と加工品の開発—

山崎有美、坂元亜美、河野愛未、大島達也、高橋幸毅、篠原有紀子、
福井敬一、吉山佳世、近藤知己、山崎正夫

Development of highly functional food utilizing local materials

— Analysis of processing characteristics and development of processed products using
“Tamatama”, a ripe kumquat produced in Miyazaki —

Yumi YAMASAKI, Ami SAKAMOTO, Ami KAWANO, Tatsuya OSHIMA, Koki TAKA-
HASHI, Akiko SHINOHARA, Keiichi FUKUI, Kayo KIYOYAMA, Tomomi KONDO, Ma-
sao YAMASAKI.

1. 背景及び目的

宮崎県が栽培面積・収穫量ともに日本一を誇る地域食資源として、きんかんが挙げられる（農林水産省 2019）。きんかんは中国南部の原産で、ニンポウキンカン（ネイハキンカン、メイワキンカン）（*Fortunella crassifolia* Swingle）、ナガキンカン（ナガミキンカン）（*F. margarita* Swingle）、マルキンカン（マルミキンカン）（*F. japonica* Swingle）、ナガバキンカン（*F. polyandra* Tanaka）、チョウジュキンカン（*F. obovata* Tanaka）、マメキンカン（*F. hindsii* Swingle）の6種があるが、日本で現在一般に栽培されているのはニンポウキンカンであり、宮崎でも同様である（Yoshida ら、2003）。中でも完熟きんかん「たまたま」は宮崎ブランド認証品目であり、2019年度1月には栄養機能食品（ビタミンC・ビタミンE）として販売される等、宮崎を代表する品目となっている。他にも、きんかんには、カロテノイドの一種であり近年注目されている成分である β -クリプトキサンチンを含む食品として知られている（有村ら、2019）。

β -クリプトキサンチンは、キサントフィル類に分類される黄橙色のカロテノイドの一種で、イヨノン環を有する β -クリプトキサンチンはヒト体内でビタミンAに変換されるプロビタミンAである（喜多野ら、2016）。ビタミンAは、水にとけにくく油にとけやすい脂溶性ビタミンの1つで、主に動物性食品に含まれ、体内ではレチノール、レチナール、レチノイン酸といった3種の形で作用する。ビタミンAは目の正常な機能の維持、皮膚や粘膜の正常保持、成長および分化に関与しているため、不足すると夜盲症、皮膚や粘膜の乾燥、成長障害、胎児の奇形などを引き起こすおそれがあることからヒトは食事から摂取する必要がある。しかしながら、ビタミンAを成人が過剰摂取した場合、短期間では吐き気、頭痛、めまい、目のかすみなどが（日本ビタミン学会編、2010、日本人の食事摂取基準、2020）、長期間では中枢神経系への影響、肝臓の異常、骨や皮膚の変化などの過剰症が認められることが明らかとなっている。一方で、 β -クリプトキサンチンをはじめとしたプロビタミンAに分類されるカロテノイドを食事から摂取する場合は、ビタミンA特有の過剰症は心配ないことが報告されており（国立研究開発法人 医療基盤・健康・栄養研究所、2021）、 β -クリプトキサンチンをはじめとし

たプロビタミン A に分類されるカロテノイドは、私たちの日々の食生活における重要な栄養素であることがわかる。

近年、 β -クリプトキサンチンは、骨代謝促進作用 (Sugiura ら、2008, 2011) や免疫賦活作用 (Terao ら、2019) 等の生態調節機能を示すことが近年報告されている。中でも、骨代謝促進作用については、国内主要ミカン産地である静岡県三ヶ日町の住民を対象にした栄養疫学調査 (三ヶ日町研究) において、 β クリプトキサンチンの血中濃度が高い人ほど骨密度が高く、また骨密度低値出現のリスクが有意に低いこと、血中 β -クリプトキサンチン濃度が高かった人では低かった人達に比べて骨粗しょう症の発症リスクが約 92 % 低くなることが報告されている (杉浦ら、2014)。また近年、健康な骨を維持する上でビタミン C の重要性が指摘されている。これはビタミン C が抗酸化作用を有するとともに骨組織の形成に重要なコラーゲンの合成に必要な栄養素であるためである。三ヶ日町研究においても、ビタミン C と β -クリプトキサンチンの両方の摂取量が多い場合においてのみ、骨密度低値のリスクが有意に低いことが明らかとなったことが報告されている (杉浦ら、2012)。これらの知見をもとに、三ヶ日町農協の出荷する三ヶ日みかんは 2015 年に機能性表示食品として受理され、地域発の高機能ブランドみかんとしての地位を確立している。

前述のように、きんかんには β -クリプトキサンチンだけでなくビタミン C も豊富に含むことから、宮崎産完熟きんかん「たまたま」も三ヶ日みかんのように骨粗しょう症リスクを低減する食品としてのブランド化が期待されている。また、柑橘類において、 β -クリプトキサンチンはフラベド (外皮) に多く含まれることが知られており (塩入ら、1954)、皮ごと食するきんかんは β -クリプトキサンチンを効率的に摂取することができる食品であると言える。しかしながら、その独特の香りや苦み、外皮の食感等からきんかんを苦手とする層が一定数存在する。また、宮崎県における生食用きんかんの出荷時期は 1 月中旬から 3 月下旬までと限定的であり、通年食することはできない。加工食品として、ジャム、甘露煮等もあるが、品目が限定的であり、また、これらの加工法は長時間の熱加工が必要となることから β -クリプトキサンチンの含有量が減少することが予想される (Margaret ら、2017)。更には、 β -クリプトキサンチンは UV (Ultra Violet、紫外線) 照射によっても減少することが報告されており (Delia ら、1997, Yasuda ら、2018)、主に UV 透過性包材が使用されるジャム、甘露煮等では β -クリプトキサンチンは大幅に減少すると推察される。宮崎県産完熟きんかん「たまたま」を年間通して手軽に食することができ、また、機能性成分である β -クリプトキサンチンを保持した加工食品の開発が期待されている。

本稿では、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンの加工特性を解析し、 β -クリプトキサンチンの健康増進機能を生かし嗜好性の高い加工品を開発した研究について報告する。

2. 材料及び方法

(1) 試料と凍結乾燥粉末の調整

完熟きんかん「たまたま」は、宮崎県経済農業協同組合連合会よりご提供いただいたものを用いた (図 1)。きんかん試料は、液体窒素を用いて急速凍結後、凍結乾燥機 (FDU2110, 東京理化工機株式会社) を用いて乾燥した。凍結乾燥物は、アブソリュートミル (ABS-W、大阪

ケミカル) を用いて粉碎し、きんかん凍結乾燥粉末を調整した。



図 1. 宮崎県産完熟きんかん「たまたま」

(2) β -クリプトキサンチンの抽出・精製

きんかん凍結乾燥粉末にエタノール及びピロガロールを加え、吸引ろ過にて固形物を除去した。ろ液に蒸留水を加え、60% KOH を加え 56℃ で 20 分攪拌し鹼化した。鹼化後、ロータリーエバポレーター (RE301, ヤマト科学株式会社) を用いて 60℃ に加温、エタノールを除去し、1%NaCl、2-プロパノール、酢酸エチル、ヘキサンを加え 10 分間攪拌後静置し、上層を回収した。下層に再度 1%NaCl、2-プロパノール、酢酸エチル、ヘキサンを加え同様の操作を 3 回繰り返し、回収した上層を、ロータリーエバポレーターを用いて 60℃ に加温、有機溶媒を除去し、回収したカロテノイド画分にエタノールを加え、 β -クリプトキサンチンを抽出・精製した。

(3) β -クリプトキサンチンの定量

抽出・精製した完熟きんかん「たまたま」の β -クリプトキサンチン含有量は、High Performance Liquid Chromatography (HPLC) 法を用いて定量した。HPLC 解析は、以下の条件にて実施した。

【HPLC 解析条件】

- ・移動相：A 溶媒エタノール (100%)
B 溶媒アセトニトリル (100%)
- ・カラム：XBridge BEH130 C18 3.5 μ m 4.6 × 150mm Columu
- ・測定時間：45min
- ・流速：0.5mL/min
- ・測定波長：450nm
- ・グラジエント：
時間 (min) : 0 → 5 5 → 10 10 → 20 20 → 25 25 → 35 35 → 45
B% : 5 → 5 5 → 35 35 → 35 35 → 100 100 → 100 100 → 5 5 → 5

(4) 熱耐性試験

500 μ g/mL に調整した完熟きんかん「たまたま」 β -クリプトキサンチン抽出画分を 100 μ L ずつ分注し、以下に示す条件で加熱試験を実施した。加熱試験後、上述 (3) に示す HPLC 法にて β -クリプトキサンチン量を定量した。

【加熱条件 (60-100℃)】

- ・ 温度帯 (℃) : 60, 70, 80, 90, 100℃
- ・ 加熱時間 : 0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10 h
- ・ 使用機器 : アルミブロック恒温槽 ドライサーモユニット (DTU-1CN, TAITEC)

【加熱条件 (-20-50℃)】

- ・ 温度帯 (℃) : -20, 4, 25, 30, 35, 40, 45, 50℃
- ・ 加熱時間 : 0, 24, 48, 72 h
- ・ 使用機器 : アルミブロック恒温槽 ドライサーモユニット (DTU-1CN, TAITEC)
バイオマルチクーラー (KGT-4010HC)

(5) UV (Ultra Violet : 紫外線) 照射試験

500 μ g/mL に調整した完熟きんかん「たまたま」 β -クリプトキサンチン抽出画分を 100 μ L ずつ分注し、アルミによる遮光有り、無しの2つの試験区に分け UV を照射した。UV 照射後、上述 (3) に示す HPLC 法にて β -クリプトキサンチン量を定量した。

【UV 照射条件】

- ・ 照射波長 : 254 nm
- ・ 照射時間
- ・ UV 照射群 : 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 24, 48 h
- ・ UV 遮光群 : 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 days
- ・ 使用機器 : Handy UV Lamp (SLUV-8 254, AS ONE)

(6) 加工食品の開発と官能評価

本研究で得られた β -クリプトキサンチンの加工特性結果を基軸として、野菜果実 Lab と共同できんかんタブレットチョコレート (Milk, White) 及びきんかんボーンクッキー (Milk, White) を開発した。開発したきんかんタブレットチョコレート (Milk, White) を用いて、2020年1月27日に宮崎大学地域デザイン棟にて教職員・学生78名を対象に試食評価会及び官能評価を実施した。官能評価では、各チョコレートの「好ましさ」及び「きんかんの味や香りの強さ」について7段階で評価した。

3. 結果

(1) 完熟きんかん「たまたま」の β -クリプトキサンチン含有量

図2及び表1に、HPLC法による完熟きんかん「たまたま」の β -クリプトキサンチン含有量解析結果を示す。図2より、 β -クリプトキサンチンはリテンションタイム 12.586 分に検出されることが確認できた。当該条件において、完熟きんかん「たまたま」より抽出した β -クリプトキサンチン抽出物の β -クリプトキサンチン含有量を測定したところ、完熟きんかん「たまたま」凍結乾燥粉末 100 g 中に含まれる β -クリプトキサンチン量は 3.222 mg であった (表1)。本結果を元に、完熟きんかん「たまたま」生果 100 g に含まれる β -クリプトキサンチン含有量は、0.7333 mg と算出された。

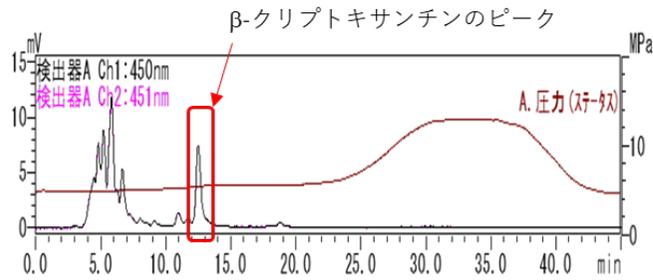


図2 HPLCによるβ-クリプトキサント定量解析

表1. 完熟きんかん「たまたま」のβ-クリプトキサント含有量

サンプル	β-クリプトキサント (mg)
完熟きんかん「たまたま」凍結乾燥粉末 100 g 中のβ-クリプトキサント含有量	3.222
完熟きんかん「たまたま」生果 100 g 中のβ- クリプトキサント含有量	0.733

(2) 完熟きんかん「たまたま」由来β-クリプトキサントの熱耐性試験

(1) で調整した完熟きんかん「たまたま」より抽出したβ-クリプトキサント画分を用いて、β-クリプトキサントの熱耐性について評価した結果を図3及び図4に示す。本試験では、完熟きんかん「たまたま」より抽出したβ-クリプトキサント画分を高温度帯である60～100℃、0～10時間、低温度帯である-20～50℃、0～72時間でそれぞれ処理し、残存β-クリプトキサント量をHPLC法にて測定した。

図3に、60～100℃下、0～10時間処理における完熟きんかん「たまたま」より抽出したβ-クリプトキサント含有量の変化を示す。図3より、β-クリプトキサントは、処理温度60℃処理区、1時間では、含有量に変化は認められなかった。しかしながら、同処理区2時間後以降は、β-クリプトキサント含有量の低下が認められ、その後処理時間依存的にβ-クリプトキサント含有量は減少した。一方で、70℃以上の温度帯の処理区では、処理開始後30分の時点でβ-クリプトキサント含有量の低下が認められた。処理温度70℃では処理時間依存的に緩やかなβ-クリプトキサント含有量減少が認められたが、80℃以上の温度帯の処理区では、熱処理開始より著しいβ-クリプトキサント含有量の低下が認められた。

以上より、β-クリプトキサントは、高温・短時間処理において処理温度依存的に減少することが明らかとなった。また、その現象は処理時間に依存した。本実験より、処理温度60℃程度までであれば、1時間程度熱処理を行ってもβ-クリプトキサント含有量に大きな変化は認められないことが明らかとなった。

地域素材を活用した高機能性食品の開発
 一宮崎完熟きんかん「たまたま」を使用した加工特性解析と加工品の開発一

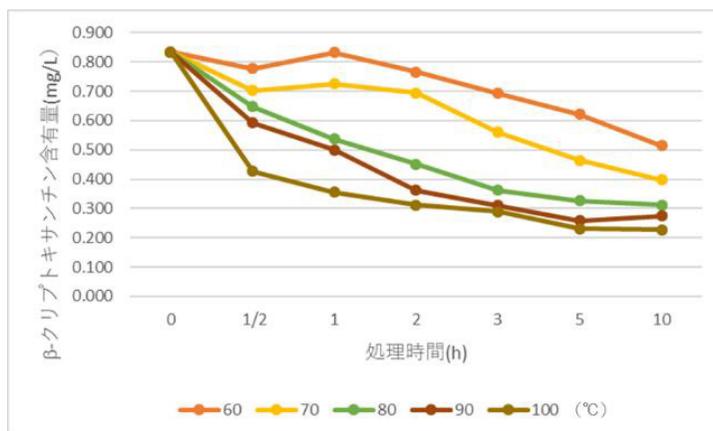


図 3. 60 ~ 100°C処理におけるきんかん由来β - クリプトキサンチン量の変化 (左)

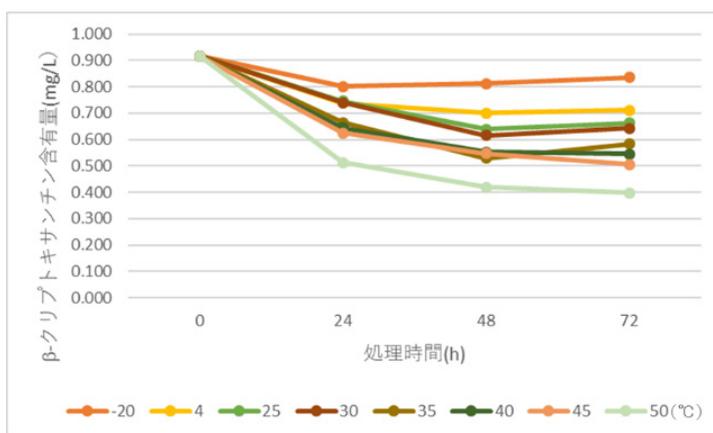


図 4. -20 ~ 50°C処理におけるきんかん由来β - クリプトキサンチン量の変化 (右)

以上より、β - クリプトキサンチンは、低温・長時間処理においても処理温度依存的に減少することが明らかとなった。低温処理帯においても、その現象は処理時間に依存した。

本試験より、処理温度 60°C 程度までであれば、1 時間程度熱加工処理を行っても β - クリプトキサンチン含有量に大きな変化は認められないこと、処理温度 50°C 以下であれば比較的長時間の熱加工処理が可能であることが明らかとなった。

(3) 完熟きんかん「たまたま」由来β - クリプトキサンチンの UV 耐性試験

(1) で調整した完熟きんかん「たまたま」より抽出した β - クリプトキサンチン画分を用いて、β - クリプトキサンチンの UV 耐性について評価した結果を図 5 及び図 6 に示す。本試験では、完熟きんかん「たまたま」より抽出した β - クリプトキサンチン画分を、UV(254nm) 照射群 (図 5) と遮光群 (図 6) に分け、UV 照射後の β - クリプトキサンチン含有量を HPLC 法にて測定した。図 5 に、UV 照射における完熟きんかん「たまたま」より抽出した β - クリプトキサンチン含有量の変化を示す。図 5 より、β - クリプトキサンチン含有量は、UV 照射により処理後 1 時

間で半減し、その後も処理時間依存的に現象を続け、照射1日で検出限界を下回ることが明らかとなった。一方で、アルミによるUV遮光群では、UV照射7日後においてもβ-クリプトキサンチン含有量に変化は認められなかった(図6)。

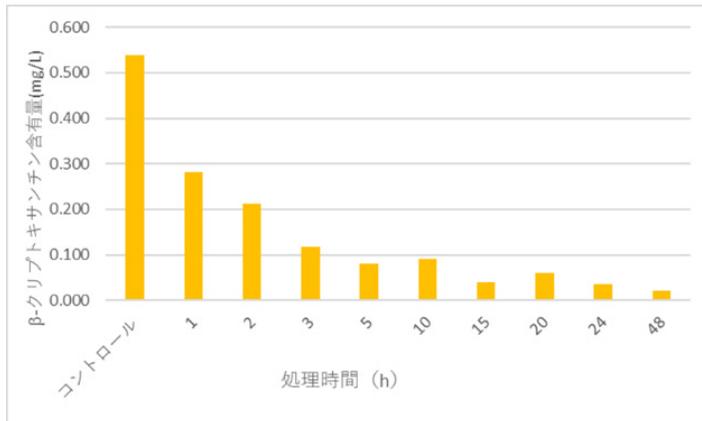


図5. UV (254nm) 照射によるきんかん由来β-クリプトキサンチン量の変化

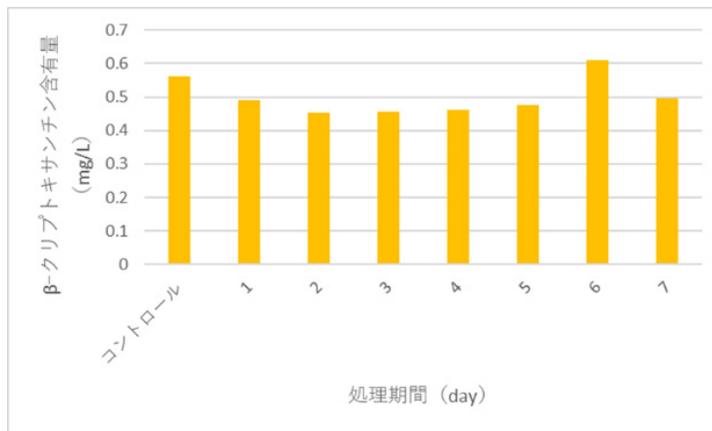


図6. 遮光下におけるUV (254nm) 照射によるきんかん由来β-クリプトキサンチン量の変化

以上より、β-クリプトキサンチンは、アルミで遮蔽することによってUVによる含有量の減少を大幅に抑制できることが明らかとなった。

(4) 完熟きんかん「たまたま」を用いた新規加工食品の開発

完熟きんかん「たまたま」に含まれる機能性成分であるβ-クリプトキサンチンを保持した新規食品を開発する際の加工条件は、上記(2)熱耐性試験より、加工時に処理できる温度及び保存時の温度は60℃程度までであることが明らかとなった。また、(3)UV耐性試験の結果より、加工やその後の保存では遮光が重要であることが示された。池田ら(2017)の報告より、β-クリプトキサンチン等のカロテノイドは、脂質と併せて摂取することで体内への吸収率が向上することが知られている。以上と本研究の目的より、完熟きんかん「たまたま」を用いた新規

地域素材を活用した高機能性食品の開発
—宮崎完熟きんかん「たまたま」を使用した加工特性解析と加工品の開発—

加工食品の開発では、①加工時及び保存時の温度が60℃以下、②遮光処理、③脂質含有食品、④手軽に通年食することができる嗜好性の高い食品の4つの条件を満たすことが重要であることが示唆された。以上の4条件を満たす食品として、本研究では、高機能性食品ギルト・フリー・スイーツとしてチョコレート製品を開発することとした。

チョコレートの加工時温度は50～60℃であり、また、チョコレートの保存は一般に常温～冷凍であるため、①加工時及び保存時の温度が60℃以下という条件を満たす。加工においても、光照射下での作業は不要で、包装もアルミによる遮光が行われていることから、②の遮光処理に条件も満たす。更には、チョコレートは100g重量当たりの脂質の含有量が約40%（日本食品標準成分表2015年版（七訂））と脂質含有量が非常に高い食品であることから、上記③の脂質含有食品を満たした。チョコレートで使用するきんかんは、30～40℃、48時間、熱風乾燥法にて調整したきんかんドライフルーツを使用しており①の条件を満たしている。また、ドライフルーツとすることできんかんの長期保存が可能となり、通年しよくすることが可能となる。更には、チョコレートは常温保存が可能な食品であり、手軽に食することができるという条件も満たした。

開発したきんかんタブレットチョコレート Milk ときんかんタブレットチョコレート White を、図7に示す。きんかんタブレットチョコレートに供する完熟きんかん「たまたま」は、30～40℃の温度で熱風処理したドライフルーツを用いた。調整した完熟きんかん「たまたま」ドライフルーツはチョコレート内に混ぜ込み、また、いちご、温州ミカン、パパイア（他のドライフルーツも全て宮崎県産）、ピスタチオと共にチョコレート表面に加えた。また、包材にアルミ素材のものを使用し遮蔽した。



図7. きんかんタブレットチョコレート（Milk(左)、White(右)）

開発したきんかんボーンクッキー Milk ときんかんボーンクッキー White を、図8に示す。きんかんボーンクッキーは、ジンジャークッキーの表面に、きんかんタブレットチョコレートをコーティングし、表面に完熟きんかん「たまたま」ドライフルーツとピスタチオを加えた。きんかんボーンクッキーについてもきんかんタブレットチョコレートと同様に、包材にアルミ



図8. きんかんボーンクッキー（Milk(左)、White(右)）

素材のものを使用し遮蔽した。

以上の結果より、上記の条件を満たす食品として、チョコレート加工品4種（きんかんタブレットチョコレート、きんかんボーンクッキー（それぞれ Milk と White））を開発し、試食評価会を実施（図9）した。



図9. 試食評価会の様子

試食評価会では、きんかんタブレットチョコレート（Milk と White）の官能評価を実施した。官能評価では、各チョコレートの好ましきについて調査したところ、きんかんタブレットチョコレート Milk は100.0%の対象者が、きんかんタブレットチョコレート White は88.1%の対象者が好ましいと回答した(表2及び3)。Milk と White では、Milkの方が好まれる傾向にあった。

表2. きんかんタブレットチョコレート Milk の好ましき

質問票	回答割合(%)
非常に好ましくない	0.0
かなり好ましくない	0.0
やや好ましくない	0.0
普通	0.0
やや好ましい	31.6
かなり好ましい	10.5
非常に好ましい	57.9

表3. きんかんタブレットチョコレート White の好ましき

質問票	回答割合(%)
非常に好ましくない	0.0
かなり好ましくない	0.0
やや好ましくない	2.6
普通	9.2
やや好ましい	28.9
かなり好ましい	27.6
非常に好ましい	31.6

また、きんかんの味や香りの強さについても評価したところ、きんかんタブレットチョコレート Milk は 78.9% の対象者が、きんかんタブレットチョコレート White は 68.4% の対象者がきんかんの味や香りがちょうど良い～強いと回答し（表 4 及び 5）、どちらのチョコレートもきんかんを味わうことができる加工品であることが示唆された。当該試食会による対象者の意見を基に改良を加えて、2020 年 2 月 3 日より数量限定各 50 個を販売・完売した（追加で各 20 個の販売も、いずれも完売）。

表 4. きんかんタブレットチョコレート Milk の味や香りの強さ

質問票	回答割合(%)
非常に弱い	0.0
弱い	6.6
やや弱い	14.5
ちょうどよい	40.8
やや強い	23.7
強い	10.5
非常に強い	3.9

表 5. きんかんタブレットチョコレート White の味や香りの強さ

質問票	回答割合(%)
非常に弱い	0.0
弱い	6.6
やや弱い	26.3
ちょうどよい	35.5
やや強い	17.1
強い	6.6
非常に強い	9.2

4. 考察

本研究は、宮崎県の特産物である完熟きんかん「たまたま」の機能性成分である β -クリプトキサンチンに着目し、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンの熱耐性、UV 耐性を解析し、 β -クリプトキサンチンを保持した新規加工食品を開発することを目的としたものである。

前述のように、きんかんは全国一位の生産量を誇る宮崎を代表する地域食資源であり（農林水産省 2019）、ビタミン C・ビタミン E 等の栄養素を豊富に含んでいることから栄養機能食品としても展開されている地域特産品である。また、きんかんは、近年骨粗しょう症作用があるとして注目されている β -クリプトキサンチンを含んでおり（Sugiura ら、2008, 2011）、その機能性にも注目が集まっている。しかしながら、その独特の香りや苦み、外皮の食感等からきんかんを苦手とする層が一定数存在するため、嗜好性の高い加工食品の開発が求められている。また、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」の生果流通期間は約 3 ヶ月と短いことから、通年手軽に食することができる加工食品の開発が求められている。しかしながら、機能性成分である β -クリプトキサンチンは、加熱及び UV 照射により減少することが想定される（Margaret ら、2017, Delia ら、1997, Yasuda ら、2018）。 β -クリプトキサンチンの機能性を生かした宮崎県産完熟きんかん「たまたま」を活用した加工食品を開発するためには、宮崎県産完熟きんかん

「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンの熱耐性、UV耐性を解析し、当該 β -クリプトキサンチンを保持する加工条件を解析する必要がある。

まず、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンの熱耐性試験を実施した。その結果、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンは、70℃以上で加熱するとその含有量が大幅に減少することが明らかとなった(図3)。特に、80℃以上の温度帯の処理区では、熱処理開始より著しい β -クリプトキサンチン含有量の低下が認められ、加熱開始1時間の時点でその量は半減した(図3)。この結果は、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンを保持する加工品の開発を念頭に置いた場合、ジャムや甘露煮、焼き菓子等の高温処理を行う食品は適していないことが示唆された。一方で、処理温度60℃処理区、1時間では含有量に変化は認められず、4～50℃の温度帯の処理区では、処理開始後24時間の時点で β -クリプトキサンチン含有量の低下が認められ、時間依存的に減少する傾向が認められたものの48時間以降は含有量に変化は認められなかった(図4)。また、処理温度-20℃処理区、72時間では、含有量に変化は認められなかった(図4)。以上より、加工時の温度が50℃以下であれば宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンの減少は抑えられ、その温度は低いほど抑制率は高いことが示された。また、加工後の保存温度についても、その温度は低いほど宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチン減少抑制率は高いことが示唆された。

次に、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンのUV耐性試験を実施した。その結果、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンは、254nmのUV照射により処理後1時間で半減し、その後も処理時間依存的に現象を続け、照射1日で検出限界を下回った(図5)。一方で、アルミを用いてUVを遮光した試験群では、UV照射7日後においても β -クリプトキサンチン含有量に変化は認められなかった(図6)。以上の結果より、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンを保持する加工品の開発を念頭に置いた場合、天日干し等のUV照射環境での加工は適していないことが示唆された。また、加工後の包材として、アルミ素材等のUV遮蔽効果のあるものを用いることが適切であることが示された。

以上に示す宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンの熱耐性、UV耐性を解析結果及び通年販売が可能で手軽に食することができる嗜好性の高い食品を開発することを念頭に、関係者と共同で開発商品の絞り込みを行った。まず、加工時に処理可能な温度帯として50℃以下が望ましいという結果が得られたことから、新規開発食品としてアイスクリーム等の氷菓、ムースやババロア等の冷菓、チョコレート、ドライフルーツが候補として挙げられた。これらの候補の中から、UV耐性試験の結果と各候補食品の流通形態や包材を考慮し再検討を行った。その結果、ドライフルーツは、フルーツの状態が見える包材が使用されるため一般に非遮光包材が使用されること、また、嗜好性の観点からその独特の香りや苦み、外皮の食感を解消できる加工法ではないと推察されることから、候補からは除外することとなった。また、アイスクリーム等の氷菓、ムースやババロア等の冷菓は、熱耐性、UV耐性の条件をそれぞれ満たしている。また、前述の β -クリプトキサンチンの効率的な摂取方法の一因である脂質含有食品であり、その独特の香りや苦み、外皮の食感を解消できる嗜好性の高い加工食品の開発が可能であると推察される。しかしながら、チョコレートと比較した場合、冷凍保存、冷蔵保存が必要なこと、冷菓においては賞味期限が短いことから、手軽さの点でチョコレー

トの方が勝ると判断し、本研究では完熟きんかん「たまたま」に含まれる機能性成分である β -クリプトキサンチンを保持したチョコレートを開発することに決定した。

近年、菓子摂取が、ヒトの感情に影響を及ぼすことが報告されている。Pilska ら (2016) は、菓子を食べている時被検者は幸福感を感じるものの、食後は大多数が罪悪感を経験することを報告している。このような背景より、女性を中心として、食べるときに罪悪を感じない、あるいは低減できるスイーツとして「ギルト・フリー・スイーツ (Guilt Free Sweets)」が注目されている。ギルト・フリー・スイーツは、摂取カロリーが控え目、動物性食品不使用、食物アレルギー対応等様々な観点から消費者の罪悪感を低減させるスイーツとして多品目が販売されており、その観点の一つとして健康に配慮したスイーツがある。本研究では、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」を使用した嗜好性の高い食品を開発するだけでなく、骨粗しょう症等生体調節機能を有する β -クリプトキサンチンを含む食品であることから、健康にも留意したギルト・フリー・スイーツとして、きんかんタブレットチョコレート Milk、きんかんタブレットチョコレート White、きんかんボンクッキー Milk、きんかんボンクッキー White を開発した。試食評価会では、きんかんタブレットチョコレート Milk 及びきんかんタブレットチョコレート White を用いて、その好ましさを評価する官能評価を実施した。その結果、きんかんタブレットチョコレート Milk は 100.0% の対象者が、きんかんタブレットチョコレート White は 88.1% の対象者が好ましいと回答したことから、多くの消費者が好ましいと感じる嗜好性の高い加工品開発という目標を達成できたことが示唆された。この時、きんかんの味や香りの強さについても、きんかんタブレットチョコレート Milk は 78.9% の対象者が、きんかんタブレットチョコレート White は 68.4% の対象者がきんかんの味や香りがちょうど良い～強いと回答したことから (表 4 及び 5)、どちらもチョコレートできんかんをマスキングするのではなく、きんかんを味わうことができる加工品となっていることが示唆された。以上より、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」を使用した手軽に通年食することができる嗜好性の高い加工食品の開発が実現したことが示唆された。開発した 4 種類の製品が販売開始直後に完売したことを鑑みると、宮崎県産完熟きんかん「たまたま」由来 β -クリプトキサンチンを保持することで高い機能性を有し、且つ、手軽に通年食することができる嗜好性の高いギルト・フリー・スイーツの開発が実現したと思慮する。なお、2021 年 2 月現在、野菜果実 Lab 様と開発した当該チョコレートは野菜果実 Lab 様ホームページにて『初春のいっぷくセット(きんかんタブレットチョコレート White)』としてオンライン販売を行っている。

本研究を通して、宮崎県の特産である完熟きんかん「たまたま」を使用した新規加工食品を開発することができた。本研究により、手軽に通年食することができる嗜好性の高いきんかん高機能食品の創出が実現したと思慮する。一方で、 β -クリプトキサンチンの骨粗しょう症効果をヒト体内で発現するためには、 β -クリプトキサンチン約 3mg を摂取する必要があるが (Sugiura ら、2011)、宮崎産完熟きんかん「たまたま」の場合 1 日に 30 個程度摂取に相当する。きんかんタブレットチョコレートやきんかんボンクッキーのみで目標量を摂取することは困難である。きんかん生果や他の食品からの β -クリプトキサンチン摂取による総合的な β -クリプトキサンチン摂取の提唱や、機能性成分を効率的に摂取可能することができる加工食品の開発が期待される。

5. 謝辞

本研究は、宮崎県経済農業協同組合連合会との共同研究として及び宮崎大学戦略重点経費の助成を受けて行われた。

6. 参考文献等

- 有村保次, 武安智樹, 米澤ゆう子, 永瀆清子, 神力はるな, 近藤知巳, 上野浩晶, 松元信弘, 江藤望, 榊原陽一, 水光正仁, 片岡寛章. (2019), 「完熟きんかん摂食に伴う血清 β クリプトキサンチン濃度の検討 - ランダム化非盲検非摂食同時対照群間比較試験 -」, 薬理と治療, Vol.47: 65-75.
- Delia B. R. (1997) “Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods”, OMNI/USAID, 1 – 93.
- 池田 彩子, 鈴木 規恵. (201). “食事中の脂質は脂溶性ビタミンの吸収を増加させる”. ビタミン. Vol 91: 613-616.
- 喜多野宣子, 近藤民恵, 水野裕士. (2016) 「食べ物と健康 I」, 化学同人.
- 国立研究開発法人 医療基盤・健康・栄養研究所, (2021) 「健康食品の安全性・有効性情報」. 厚生労働省, (2020). 「日本人の食事摂取基準 2020 年版」
- Margaret S., Jiaoying Y., Natalia P., Shellen R. G., Julie A. H., Christopher R. D., Torbert R., Sherry A. (2017) “Retention of Carotenoids in Biofortified Maize Flour and β -Cryptoxanthin-Enhanced Eggs after Household Cooking”, ACS Omega, Vol. 2: 7320-7328.
- 文部科学省, (2015). 「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」.
- 日本ビタミン学会編, (2010) 「ビタミン総合辞典」, 朝倉書店
- 農林水産省, (2016) 「特産果樹生産動態等調査」, 作物統計.
- Pilska M. Nesterowicz J. (2019) “Emotional Determinants of Sweets Consumption”, Journal of Nutrition and Health Sciences, Volume 3: Issue 4
- 塩入 英次, 木村 進 (1954), 「柑橘類果皮のカロチノイドの抽出利用」, 農産加工技術研究会誌, Vol. 1 1953-1954.
- Sugiura M., Nakamura M., Ogawa K., Ikoma Y., Ando F., Yano M. (2008) “Bone mineral density in post-menopausal female subjects is associated with serum antioxidant carotenoids”, Osteoporos Int. Vol. 19: 211-219.
- Sugiura M., Nakamura M., Ogawa K., Ikoma Y., Ando F., Shimokata H., Yano M. (2011) “Dietary patterns of antioxidant vitamin and carotenoid intake associated with bone mineral density: findings from post-menopausal Japanese female subjects”, Osteoporos Int. Vol. 22: 143-152.
- 杉浦実 (2012), 「 β -クリプトキサンチンと生活習慣病リスクとの関連：疫学研究からの知見」, オレオサイエンス, Vol.12: 515-523.
- 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」, 日本食品科学工学会誌, Vol 61: 373-381.
- Terao R., Murata A., Sugamoto K., Watanabe T., Nagahama K., Nakahara K., Kondo T.,

地域素材を活用した高機能性食品の開発
—宮崎完熟きんかん「たまたま」を使用した加工特性解析と加工品の開発—

- Murakami N., Fukui K., Hattori H., Eto N. (2019) “Immunostimulatory effect of kumquat (*Fortunella crassifolia*) and its constituents, β -cryptoxanthin and R-limonene” , *Food Funct.*, Vol.10: 38-48.
- Yasuda M., Kojima Y., Tabata M. (2018). “Discoloration of Carotenoids in Paprika Cultivars Subjected to Ultraviolet Irradiation” , *Journal of health and nutrition science in Nishikyusyu University*, Vol4: 1-10.
- Yoshida T., Nesumi H., Toshioka T., Ieki H., Ito Y., Nakano M., Ueno I., Yamada Y., Murase Y., Takishita F. (2003) “New Kumquat Cultivar ‘Puchimaru’” , *Bull. Natl. Inst. Fruit Tree Sci.* Vol 2: 9-16.