

キウイフルーツ果実からソラレン等のフロクマリンは検出されない

西山 一朗*

Furocoumarins, including psoralen, have not been detected
in the fruits of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* and *A. chinensis*).

Ichiro NISHIYAMA*

Abstract

Many web sites written in Japanese provide very suspicious information that the fruits of kiwifruit are rich in psoralen, a phototoxic furocoumarin. In order to deny the suspicious information, the furocoumarin content in the fruit of 'Hayward' and 'ZESY002' kiwifruit was determined using reversed-phase high performance liquid chromatography (HPLC). Furocoumarins (psoralen, 5-methoxypsoralen, 8-methoxypsoralen and angelicin) have not been detected in the fruits of both cultivars. The content of each furocoumarin in the fruits was estimated as less than 2.36 μg per 100 g flesh weight from the detection limit in the HPLC system. The results in the present study have obviously shown it is the false information that the fruits of kiwifruit are rich in psoralen.

Key words: Kiwifruit, Psoralen, 5-Methoxypsoralen, 8-Methoxypsoralen, Furocoumarin, Contents, Food faddism

1. 要約

日本語で記載されたウェブサイトには、「キウイフルーツには光毒性を示すソラレンが多く含まれている」という大変疑わしい情報が数多く認められる。この真偽を明らかにするために、キウイフルーツの主要な商業栽培品種であるグリーンキウイ（‘ヘイワード’種）ならびにサンゴールドキウイ（‘ZESY002’種）果実を試料として、ソラレン等各種フロクマリンが検出されるかどうかを、高速液体クロマトグラフィーを用いて確認した。その結果、いずれの

品種においても可食部からソラレン、5-メトキシソラレン（ベルガブテン）、8-メトキシソラレン（オクソラレン）、アングェリシン（イソソラレン）といったフロクマリンは検出されなかった。剥皮せずに皮を含む果実全体を用いて試料調製を行った場合にも、これらのフロクマリン類は検出されなかった。本測定法における各フロクマリン標準物質の回収率は84.8～95.6%であり、また、検出限界値はいずれの標準物質においても0.025 $\mu\text{g}/\text{mL}$ であった。これらの結果より、キウイフルーツ果実に含まれる

*人間健康学部 健康栄養学科
連絡先：inishiya@komajo.ac.jp

それぞれのフロクマリン濃度は、可食部100 g 当たり0.00000236 g 未満と算出された。経口摂取によって皮膚に影響が生じる可能性があるフロクマリンの量を10 mg とすると、キウイフルーツ423.7 kg を皮ごと摂取したとしても、皮膚への影響は生じない計算となった。本研究の結果より、多くのウェブサイトに記載されている上記の情報は完全な虚偽であり、キウイフルーツ果実の果肉にも皮にも、ソラレン等のフロクマリンは実質的に含まれていないということが示された。

2. 諸言

植物性食品の中には、フロクマリン（フラノクマリン）と呼ばれる光毒性を有する物質を含むものがあることが知られている。ソラレンや5-メトキシソラレン、8-メトキシソラレンなどのフロクマリンは、皮膚に付着したり経口摂取したりすると光増感物質として作用し、日焼けを促進し、また、重篤な場合には日光性皮膚炎を生じ、皮膚や粘膜に紅斑や腫脹、水疱などを生じる例も知られている^{1,2)}。

ソラレン等のフロクマリンを含む代表的な食品としては、グレープフルーツなどの果物、パセリや菌核病を発症したセロリなどの野菜が挙げられる³⁾。そのため、これらの食品を極端に多く摂取した後に、日焼けサロンなどで故意に紫外線を浴びるような行為は、日光性皮膚炎を招く危険性があることが知られている⁴⁾。その他、オレンジやライムなどの皮や、イチジクの葉などにも多量のフロクマリンが含まれており、柑橘類の果皮から圧搾法で製造されたアロマオイルが皮膚に付着した場合^{5,6)} や、イチジク果樹の管理に携わる場合⁷⁾ には、日光性皮膚炎に注意が必要である。一方、食品としてのオレンジ果肉やイチジク果肉にはほとんどフロクマリンが含まれていないことが示されている³⁾が、

皮や葉と果肉とが混同され、可食部にもソラレン等のフロクマリンが多く含まれるとの誤解が多い。

これらの食品のほかにも、「キウイフルーツにはソラレンが多く含まれるため、朝食べてから日光を浴びると日焼けやシミが増す」とするインターネット上の記載が、日本語のサイトには非常に多く見られる。しかし、そのいずれのサイトにも、根拠となる文献が全く引用されておらず、また、実際の含有量についての記載もない。文献検索を行っても、キウイフルーツ果実にソラレンが含まれるとする先行研究は皆無である。さらには、インターネット上においても英語で記載されたサイトには、このような情報はほとんど認められない。これらの状況から、このネット上の記載は極めて疑わしく、日本国内で発生した虚偽の情報が拡散している可能性が高いものと思われる。本研究では、この記述の真偽を明らかにすることを目的とした。すなわち、キウイフルーツ果実を試料として、ソラレン、5-メトキシソラレン（ベルガプテン）、8-メトキシソラレン（オクソラレン）およびアンゲリシン（イソソラレン）などのフロクマリンが検出されるかどうかを確認した。

3. 実験方法

(1) 材料

キウイフルーツ果実試料としては、緑肉種ならびに黄肉種それぞれの最も一般的な商業栽培品種であるグリーンキウイ（‘ヘイワード’種）およびサンゴールドキウイ（‘ZESY002’種）を用いた。いずれも、東京都内の青果店で市販されているニュージーランド産の適熟期果実を購入し、実験に供した。一果重は、グリーンキウイが 118.1 ± 2.65 g、サンゴールドキウイが 118.1 ± 2.63 gであった。一方、陽性対照試験の試料としては、イチジク（‘ドーフィン’種）

の葉および市販のライムの皮を用いた。イチジクの葉は東京都内の農家より供与を受けた。また、ライムは市販のメキシコ産果実を用いた。

高速液体クロマトグラフィー (HPLC) 分析用の標準物質として、ソラレンおよびアンゲリシンは富士フィルム和光純薬から、また、5-メトキシソラレンおよび8-メトキシソラレンはシグマ-アルドリッチから購入して使用した。HPLC用のアセトニトリルは、富士フィルム和光純薬から購入して実験に供した。エタノールおよびメタノールは特級試薬を用いた。

(2) 標準溶液の調製

それぞれの標準物質は、250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ となるようエタノールに溶解し、保存溶液とした。実験に際しては、これをメタノールで0.025 ~ 4.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ に希釈して、HPLC分析の標準溶液とした。

(3) キウイフルーツ果実抽出液の調製

グリーンキウイならびにサンゴールドキウイをそれぞれ30果ずつ実験に供した。果実を2群に分け、15果は剥皮し、残りの15果は剥皮せずに皮ごと用いた。それぞれにつき5果ずつ3反復の実験を行った。

果実を適当な大きさに切った後、フードプロセッサーでピューレ状に破碎した。作製したピューレ2.50 gを計り取り、ポリプロピレン製の遠心管中で凍結した後、凍結乾燥機 (FDU-2200型、東京理化) により凍結乾燥処理を24時間行った。ここに氷冷したメタノール10 mLを加え、ミキサー型ホモジナイザー (ウルトララックス T25型、IKE) によりホモジナイズした。これを遠心分離 (10,000 $\times g$ 、4 $^{\circ}\text{C}$ 、10分間) した後、上清を分取した。沈殿に再び冷メタノール10 mLを加え、同様にホモジナイズし遠心分離を行い、上清を回収した。同様の

操作をもう1回行い、得られた3回分の上清を合して、ロータリーエバポレーター (N-1100型、東京理化) で濃縮乾固した。ここに冷メタノールを加えて2.0 mLに定容した後、ディスクフィルター (0.22 μm) でろ過し、HPLC分析用の試料とした。

(4) HPLC分析

フロクマリンの分析は、LiChroCART 250-4 LiChrospher 100 RP-18e (5 μm) カラム (4 mm \times 125 mm、メルク社) を用いた HPLC 法により行った。カラム温度は30 $^{\circ}\text{C}$ にセットした。移動相はアセトニトリル-水 (35:65、体積比) を用い、流速1.0 mL/分のイソクラティック溶出を行った。注入する試料の体積は10 μL とした。検出器はL-2455 PDA (日立) を用い、検出波長は310 nmとした。

(5) 回収率の確認

直線形フロクマリンの回収率の確認のためには、上記(3)の方法により作製したピューレ2.50 gを遠心管に入れた後、これにソラレン、5-メトキシソラレン、8-メトキシソラレンをそれぞれ25 μg 加え攪拌した。これを上記と同様に凍結乾燥し、抽出液を作製した。得られた試料をメタノールで5倍に希釈して、HPLC分析に供した。アンゲリシンは、HPLC分析で8-メトキシソラレンとピークが重なるため、直線形フロクマリンとは別に、上記と同様の方法で試料に混和し同様に HPLC 分析を行った。

(6) 陽性対照試験

イチジクの葉ならびにライムの皮を試料として、上記と同様にフロクマリンの抽出を行った。得られた抽出液は、適切に希釈した後に上記と同様の HPLC 分析に供した。

4. 実験結果と考察

(1) フロクマリン標準物質の検出とその定量性

直線形フロクマリン標準物質を HPLC 法で分析したところ、ソラレン、8-メトキシソラレンおよび5-メトキシソラレンは、保持時間5.76分、6.24分および8.52分にそれぞれ認められた(図1A)。このクロマトプロファイルより、この分析法によって、相互の分離が可能であることが確かめられた。一方、角度型フロクマリンであるアンゲリシンの保持時間は6.26分であり、8-メトキシソラレンと近接することが確かめられた(図1B)。しかし後述するように、キウイフルーツ抽出液の HPLC 分析ではこれらのフロクマリンが溶出する時間帯にピークが一切認められなかったため、本実験系で分析操作を行うこととした。

それぞれの標準物質について、その濃度と

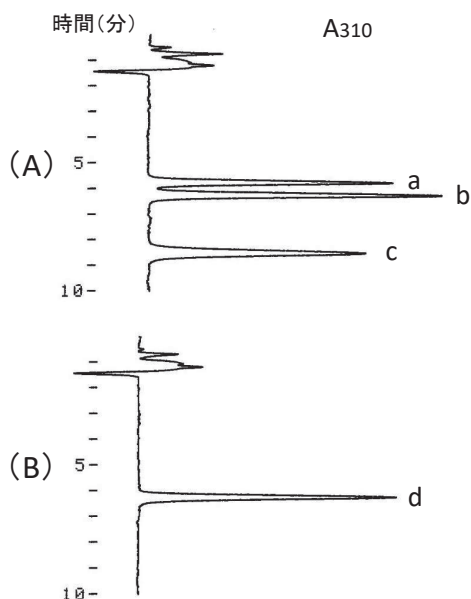


図1 フロクマリン標準物質の HPLC 分析
直線型フロクマリン (A) ならびに角度型フロクマリン (B) 標準物質について、HPLC 分析を行った。a: ソラレン、b: 8-メトキシソラレン、c: 5-メトキシソラレン、d: アンゲリシン。

ピーク面積とをプロットしたところ、いずれの場合も少なくとも $1 \sim 4 \mu\text{g/mL}$ の濃度範囲内では良好な直線性を示した(図2)。回収率を求める実験や陽性対照試験では、この範囲内に収まるように抽出液を希釈して、定量を行った。

(2) 各標準物質の検出限界

S/N 比を10に設定して HPLC 分析を行ったところ、各標準物質の濃度を $0.025 \mu\text{g/mL}$ に希釈した場合でも、それぞれのピークの認識は可能であった。これをさらに2倍に希釈して分析したところ、S/N 比10では各標準物質のピークの検出が困難となった。この結果より、各標準物質の検出限界値は、 $0.025 \mu\text{g/mL}$ と判定した。

(3) 陽性対照試験

陽性対照としてのイチジクの葉ならびにライムの皮の抽出液を、上記と同様の HPLC 分析に供した結果を、図3に示す。

イチジクの葉では、ソラレンならびに5-メトキシソラレンの明瞭なピークが観察された(図3A)。このフロクマリン構成は、先行研究⁸⁾の結果と一致した。ソラレンならびに5-メトキシソラレンそれぞれの濃度は、イチジク葉の湿重量100 g 当り27.5 mg ならびに10.7 mg であった。一方、ライムの皮では、5-メトキシソラレンのピークが明瞭に検出された(図3B)。その含量は、ライム皮の湿重量100 g 当り29.8 mg であった。

(4) キウイフルーツ抽出液の HPLC 分析

キウイフルーツ抽出液を上記と同様の条件で HPLC 分析に供した結果を、図4 (グリーンキウイ) ならびに図5 (サンゴールドキウイ) に示す。グリーンキウイならびにサンゴールドキウイ果肉のいずれの抽出液においても、ソラレ

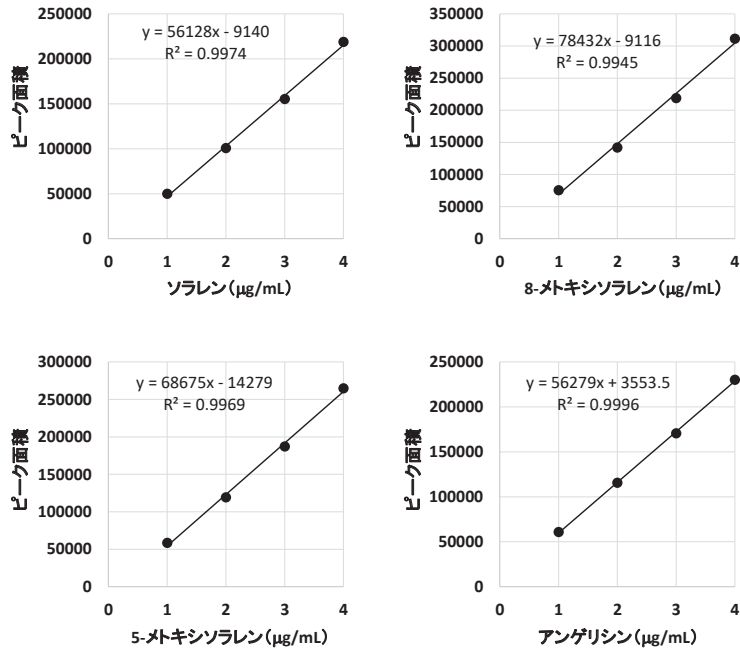


図2 HPLC分析におけるフロクマリン標準物質濃度とピーク面積との関係
 いずれの標準物質についても、少なくとも1～4 µg/mLの濃度範囲では、
 濃度とピーク面積との間に良好な直線性が認められた。

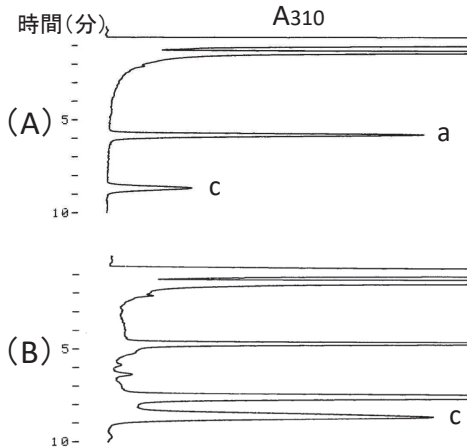


図3 陽性対照試験

試料として、イチジクの葉 (A) およびライム果実の皮 (B) を用いた。a: ソラレン、c: 5-メトキシソラレン。

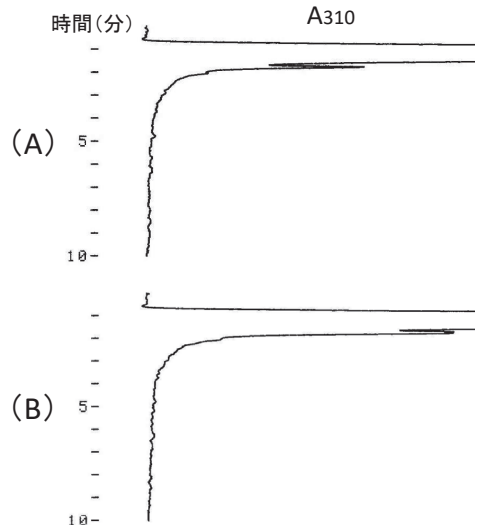


図4 グリーンキウイ抽出液のHPLC分析

キウイフルーツ (グリーンキウイ) の剥皮した果肉 (A) あるいは皮を含む果実全体 (B) から作製した抽出液を、HPLC分析に供した。ソラレン等のフロクマリンのピークは認められなかった。

ン等のフロクマリンが溶出する5.76分～8.52分の範囲には、ピークが全く検出されなかった(図4 A および図5 A)。また、剥皮せずに果実全体から試料調製を行った場合でも、やはりソラ

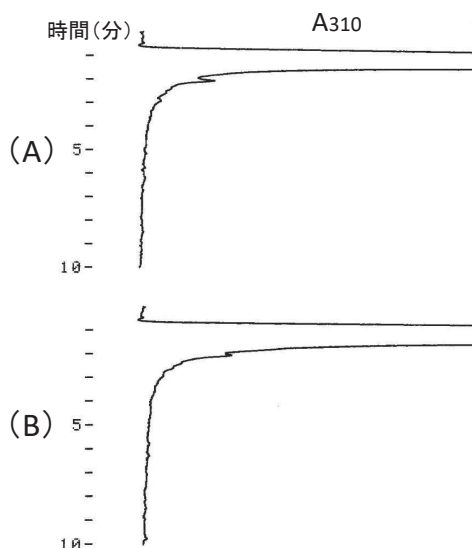


図5 サンゴールドキウイ抽出液のHPLC分析
キウイフルーツ（サンゴールドキウイ）の剥皮した果肉（A）あるいは皮を含む果実全体（B）から作製した抽出液を、HPLC分析に供した。ソラレン等のフロクマリンのピークは認められなかった。

レン類は全く検出されなかった（図4Bおよび図5B）。この結果および上記（2）の結果から、これらのキウイフルーツ抽出液に含まれる各フロクマリン濃度は、皮の有無にかかわらず0.025 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 未満であることが確かめられた。

（5）各標準物質の回収率

キウイフルーツのピューレにあらかじめ一定量のフロクマリン標準物質を混合して、上記と同様に試料作製ならびにHPLC分析を行った結果を、図6に示す。いずれの場合にも、それぞれの標準物質のピークが、明瞭に検出された。それぞれの検量線（図2）を用いて定量を行い、回収率を求めた結果を表1に示す。ソラレン、8-メトキシソラレン、5-メトキシソラレンおよびアンゲリシンの回収率は、それぞれ86.2、84.8、95.6および86.2%であった。この中で最も小さな値である84.8%を、以後の計算では用いることとした。

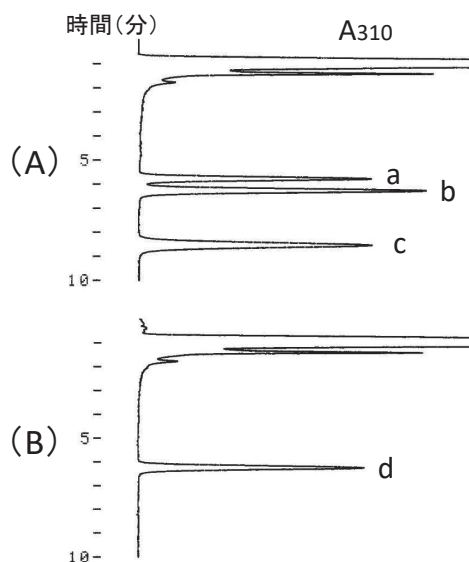


図6 HPLC分析におけるフロクマリン標準物質の回収率

あらかじめ直線型フロクマリン標準物質（A）あるいは角度型フロクマリン標準物質（B）を混合したグリーンキウイ果肉から抽出液を作製し、HPLC分析に供した。a：ソラレン、b：8-メトキシソラレン、c：5-メトキシソラレン、d：アンゲリシン。

表1 フロクマリン標準物質の回収率

標準物質	回収率 (%)
ソラレン	86.2 \pm 3.1 (n = 3)
8-メトキシソラレン	84.8 \pm 3.0 (n = 3)
5-メトキシソラレン	95.6 \pm 3.5 (n = 3)
アンゲリシン	86.2 \pm 3.4 (n = 3)

数値は、独立した3回の実験結果の平均値 \pm 標準誤差で示した。

（6）キウイフルーツ果実に含まれるソラレンの量

上記（4）において、キウイフルーツ抽出液に含まれるソラレン等フロクマリンの濃度は、0.025 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 未満であることが確かめられた。この値に抽出液の体積2.0 (mL) を掛け、可食部100 g 当りに換算するため $100/2.5 = 40$ を掛けると、キウイフルーツ可食部100 g 当たりの各フロクマリン含量は、2.0 μg 未満と計算され

る。回収率が84.8%であることを考慮すると、可食部100 g 当たり2.36 μg 未満と算出される。

ソラレン類を経口摂取した時に、皮膚に影響を及ぼす用量については、15 mg 程度がその閾値であるとされている⁹⁾。また、尋常性白斑治療剤として用いられるオクソラレン（8-メトキシソラレン）の医薬品添付文書情報¹⁰⁾によれば、成人では1日に20 mg を服用することとされている。安全のため、これらの値よりも小さい10 mg の摂取によって皮膚に影響が出る可能性があるものとして計算すると、423.7 kg のキウイフルーツを一度に食べても、ソラレンによる皮膚への悪影響を心配する必要はないことになる。標準的な成人体重の7倍もの質量のキウイフルーツを摂取しても皮膚に影響が出ないとすれば、実質的には「キウイフルーツ果実にソラレンは含まれていない」といって差し支えないレベルであるといえる。しかも、多くの柑橘類とは異なり、皮からも検出されないため、皮ごと食べた場合や剥皮せずに加工品を製造した場合であっても、ソラレン等フロクマリンの光毒性を心配する必要はないことになる。

本実験の結果は、「キウイフルーツがソラレンを多く含み、日焼けやシミの原因になる」という情報が完全な誤りであることを示した。この誤った情報の発信元は、一般向けの書籍における根拠のない記載であった¹¹⁾。また、この誤った情報が広く拡散した原因は、複数のテレビ局が、根拠資料の確認を怠ったままバラエティ番組を制作し、放送したためである¹²⁾。いわば、マスメディアが根拠のない虚偽の情報を不用意に広めたために生じた、フードファディズムであるといえる。

この明らかな誤情報は、上記テレビ番組が放送された2015年7月以降拡散を続け、一般人のみならず、医師、薬剤師、管理栄養士等の国家資格を有する専門職の者まで、根拠資料を確認

することなく、この虚偽の情報を広める例も散見されるようになった。さらには学術雑誌にまで、マスメディアの影響を受けたこの誤った情報が、文献の引用もないままレビューアーの審査をすり抜けて記載される例まで認められた¹³⁾。この現状を放置すれば、根拠のない誤った認識が既成事実化してしまう可能性さえも危惧される。

本実験では対象としなかったが、同様に「ソラレンが多く含まれる」との誤情報が広まっていると思われる食品が、キウイフルーツ以外にも存在する。例を挙げると、イチジク、オレンジ、アセロラなどの果実や、ジャガイモやキュウリなどの野菜がそれに相当する。これらの食品に関しても、ソラレン等のフロクマリンを多量に含むとする文献が存在しないにもかかわらず、根拠のない情報が流布している。

上記のようなフードファディズムは、それぞれの作物の生産・流通・販売に関わる者にとっての風評被害を生むとともに、公正な競争を妨げる結果をもたらしかねない。また、消費者にとっても、「光毒性を有する物質を含む」という虚偽の情報によって、それらの果実や野菜の摂取を控えるようなことがあれば、健康上の損失が生じる可能性も考えられる。この有害な誤情報を正し、正しい情報を周知する取り組みが今後必要であろう。

5. 利益相反

利益相反に相当する事項はない。

6. 参考文献

- 1) Abramowitz AI *et al.* (1993) Margarita photodermatitis. *New Engl J Med* 328: 891 (1993)
- 2) Sams WM (1941) Photodynamic action of lime oil (*Citrus aurantifolia*). *Arch*

- Dermatol Syphilol* 44: 571-587
- 3) Melough MM *et al.* (2017) Identification and quantitation of furocoumarins in popularly consumed foods in the U.S. using QuEChERS extraction coupled with UPLC-MS/MS analysis. *J Agric Food Chem* 65: 5049-5055
 - 4) Liunggren B (1990) Severe phototoxic burn following celery ingestion. *Arch Dermatol* 126: 1334-1336 (1990)
 - 5) 上原康男 他 (1974) 香料の光毒性について —天然柑橘精油についての例—. 日本化粧品技術者連合会誌 9: 31-35
 - 6) 沢村正義 他 (2016) 精油中のフロクマリン類分析. アロマセラピー学雑誌 17: 39-47
 - 7) Hussein A and Shugaev I (2012) Phototoxic response to *Ficus carica* leaf and shoot saps. *Isr Med Assoc J* 14: 399-400
 - 8) Innocenti G *et al.* (1982) Determination of the coumarinic constituents of *Ficus carica* leaves by HPLC. *Farmaco Sci* 37: 475-485
 - 9) Schlatter J *et al.* (1991) Dietary intake and risk assessment of phototoxic furocoumarins in humans. *Food Chem Toxicol* 29: 523-530
 - 10) 「医療用医薬品：オクソラレン」 https://www.kegg.jp/medicus-bin/japic_med?japic_code=00005874 (2020年9月16日)
 - 11) 「お詫びと訂正」 <https://web.archive.org/web/20200923073116/https://mikupub.com/message2.html> (2020年9月23日)
 - 12) 「『野菜や果物に含まれるソラレンの量はどのくらい?』にお答えします」 https://www.komajo.ac.jp/uni/window/healthy/he_diary_teacher_20002.html (2020年9月23日)
 - 13) 寺尾純二 (2016) 生体における一重項酸素の生成と消去 — 酸化ストレスとの関りを考える —. ビタミン 90: 525-536