

KAO HEALTH CARE REPORT

2021.KAOヘルスケアレポート

NO.
66

花王健康科学研究会

花王健康科学研究会は、みなさまの健康・体力づくりを応援します。

特集

自然の力、 ポリフェノールの可能性

植物が身を守るためにつくり出す成分「ポリフェノール」には、さまざまな健康機能があることが明らかになっています。今号の特集では、ポリフェノールの種類や食生活に取り入れる際のポイント、リンゴやコーヒーに含まれるポリフェノールの機能性、ポリフェノールの酸化によって引き起こされる褐変作用について、研究や活用の最前線をお届けします。

CONTENTS

02	巻頭インタビュー ポリフェノールの健康価値	茨城キリスト教大学 名誉教授／日本ポリフェノール学会 理事長 板倉 弘重
04	研究・健康レポート1 リンゴポリフェノールの有用性	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品研究部門 食品健康機能研究領域 食品・感覚機能グループ 主席研究員 庄司 俊彦
06	研究・健康レポート2 食品の褐変とその制御	東京農業大学 応用生物科学部 教授 村田 容常
08	研究・健康レポート3 クロロゲン酸類の健康機能	花王株式会社 生物科学研究所 主席研究員 落合 龍史
09	コラム ワインによる地方創生と社会貢献	有限会社ココ・ファーム・ワイナリー 専務取締役 池上知恵子
10	映画にみるヘルスケア「ブルゴーニュで会いましょう」 「ワイン造りは家族あってこそ。一人じゃ虚しい…」 —土と汗の赤ワイン造りに癒された父子、蘇った心身の健康	映画・健康エッセイスト 小守 ケイ 監修：公益財団法人結核予防会 理事 総合健診推進センター 所長 宮崎 滋
11	インフォメーション 2021年度 第19回花王健康科学研究会研究助成 助成者11名が決定	

ポリフェノールの健康価値

1990年代に赤ワインのポリフェノールがもつ抗酸化作用を明らかにし、
ポリフェノール研究を先導してきた板倉弘重氏。
ポリフェノールの種類やさまざまな健康効果、
食生活への摂り入れ方などについて、教えていただきました。

茨城キリスト教大学 名誉教授

日本ポリフェノール学会 理事長

板倉 弘重

植物が身を守るためにつくった成分

六角形のベンゼン環に水酸基が一つ付いた化合物をフェノールといい、これが複数つながった化合物をポリフェノールと呼びます。ポリフェノールはほとんどの植物に含まれ、苦みや渋み、香り、色素の元となっています。そして、害虫や有害微生物、紫外線などの多様なストレスから身を守る働きをしています。特に多く含まれる部位は、実や種、皮です。その全容はまだ把握されていませんが、自然界には8,000種類を超えるポリフェノールが存在するといわれています。

人間は野菜や果物、穀物やナッツ類を食べることで、植物がつくったポリフェノールを体に摂り込んでいます。特にポリフェノールが多く含まれる食品は、リンゴやブドウ、ベリー類、タマネギ、セロリ、ナス、大豆、クルミ、ピーナッツなどです。また、コーヒー や緑茶、ココアなどの飲料にも、ポリフェノールは豊富に含まれます。図1は、主なポリフェノールの種類と食品例をまとめたものです。

現代人にうれしい多様な健康効果

人間の体の中に活性酸素が増えると細胞を傷つけ、色々な病気を引き起します。ポリフェノールには、この活性酸素の働きを抑える抗酸化作用があり、動脈硬化や糖尿病、肥満やメタボリックシンドロームを予防する働きが報告されています。さらに、骨粗鬆症、認知症、免疫力、肌状態など研究分野が広がっています。

こういったポリフェノールの健康効果が注目されたのは、1990年前後のことです。私はその少し前から動脈硬化の研究に注力しており、動脈硬化の大きな要因が、活性酸素により血管中のコレステロー

ルが酸化されることだと突き止めました。そして、抗酸化作用を持つ成分を探していた時に注目したのが赤ワインです。フランス人は高脂肪食を食べているのになぜか動脈硬化が少ないという「フレンチパラドックス」現象に目をつけ、フランス人がよく飲む赤ワインに鍵がひそんでいるのではないかと考えたのです。そして研究を進め、1994年に、赤ワインに含まれるポリフェノールの動脈硬化予防作用について、英国の医学雑誌に発表しました。

ところが当初は、海外の先生方から懐疑的な意見が寄せられました。ポリフェノールは栄養素ではなく、非常に少量しか体内に吸収されないため、そんな効果は考えられない、というのです。しかしその後は一気にポリフェノールの健康効果についての検証が進み、その効果が確認されていきました。私自身も、カカオポリフェノールやカテキンの健康効果について研究を続けてきました。最近注目しているのは、腸内環境改善作用です。この分野の研究が進み、ポリフェノールの未知なる力が解明されることを期待しています。

現代人が悩まされている生活習慣病は、脂質や糖質の摂りすぎ、食事バランスの乱れなどが誘因となっています。ポリフェノールは、飽食の時代を生きる皆さんにとって、体を整え守ってくれる強い味方なのです。

食べ物・飲み物を組み合わせ、こまめな摂取を

1日のポリフェノール摂取の目安は、1,000～1,500mg程度といわれていますが、まだよくわかっていないません。しかし、エネルギーの摂りすぎや運動不足が指摘される現代人にとって、ポリフェノールは非常に重要な成分といえます。では、ポリフェノールを十分に摂るためにどうしたらよいのでしょうか。

主なポリフェノールの種類と食品例							
フラボノイド系				非フラボノイド系			
アントシアニン ブルーベリー ナス 赤ワイン 黒豆	イソフラボン 大豆および大豆由来食品 (豆腐、みそ汁など)	カカオポリフェノール ココア チョコレート	カテキン 緑茶 紅茶 ウーロン茶	クルクミン ウコン ショウガ	クロロゲン酸 コーヒー ゴボウ リンゴ モロヘイヤ		
ケルセチン タマネギ ブロッコリー エシャロット リンゴ	タンニン 柿 レンコン 茶 赤ワイン	フラバノン レモン ミカン	ルチン そば アスパラガス	セサミン ゴマ	レスベラトロール 赤ワイン ピーナッツ(薄皮)		

※二つのベンゼン環が三つの炭素で結合した基本構造を持つポリフェノールをフラボノイド系、それ以外を非フラボノイド系と呼ぶ。

図1 主なポリフェノールの種類と食品例

まずは野菜や果物を積極的に食べ、食生活を整えることが大切です。ただ、生の野菜や果物に含まれるポリフェノールは100gあたり数十mg程度と少なく、野菜や果物だけで必要なポリフェノール量を補うことは困難です。そこで頼りになるのが、コーヒー、緑茶、ココア、赤ワインなどの飲料です。例えば、コーヒー100ccには200mg程度のポリフェノールが含まれています。食べ物と飲み物をうまく組み合わせ、楽しみながらポリフェノールを摂取してください。

また、ポリフェノール摂取のポイントは、こまめに体に入れることです。ポリフェノールの抗酸化作用は摂取後数時間で失われていきますので、1日3回の食事の他に、10時頃や15時頃に一息つく時間を設け、コーヒーやお茶を飲んでいただくと良いでしょう。人間はポリフェノールの存在など知らなかった時代からコーヒーやお茶をこまめに飲んでいましたが、これは実に理にかなったことだと思います。

それから、「赤ワインだけ」「コーヒーだけ」などと偏った摂り方ではなく、さまざまな食品から多様な種類のポリフェノールを摂取することも大切です。どんな食品でも、1種類に偏って摂ることは体に良くありませんし、アルコールやカフェインの過剰摂取による健康リスクも心配です。さらに注意を呼びかけたいのは、砂糖の添加です。ポリフェノールを摂るためにと、砂糖たっぷりのコーヒーやココアを飲んでしまっては活性酸素がかえって増えてしまい、動脈硬化や糖尿病を引き起こす恐れも出てきます。摂り方には十分気をつけてください。

ポリフェノールを活用して健康寿命の延伸を

日本ポリフェノール学会は、ポリフェノール研究を

推進し人々の健康づくりに寄与することを目的とした団体で、私はその理事長を務めております。同会は2020年に、11月26日を「ポリフェノールの日」に制定しました。「健康にいい(11)ポリフェ(2)ノール(6)」という語呂合わせからです。今後は、ポリフェノールの日にちなんだセミナーやシンポジウムを開催したいと考えています。また、ポリフェノールの研究者、食品メーカー、保健師や栄養士の方々とともにこの記念日を活用して、ポリフェノールの健康効果をわかりやすく発信していきたいと考えています。

ポリフェノールは栄養素には分類されておらず、『日本人の食事摂取基準』(厚生労働省)にも出てきません。ですが、体の調整役として非常に重要な役割を持っています。食生活が乱れがちな現代人にとって、タンパク質やビタミンといった栄養素と同等に、意識して摂取したい成分です。保健師や栄養士といった人々の食生活を改善する立場の方には、ポリフェノールの役割をより詳しく知っていただき、一人ひとりの体質や生活習慣、食の好みと向き合い、きめの細かい食事指導をしていただきたいと思います。ポリフェノールの力で人々の健康寿命が延伸し、生き生きと過ごしていただこうことを願っております。

板倉 弘重 Itakura Hiroshige

茨城キリスト教大学 名誉教授

日本ポリフェノール学会 理事長

東京大学大学院医学研究科博士課程修了。医学博士。同大学第三内科助手、講師を経て、1985年から1996年まで国立健康・栄養研究所の臨床栄養部長。2000年から2010年まで茨城キリスト教大学生活科学部食物健康科学科教授。日本臨床栄養学会理事長、日本栄養改善学会理事、日本栄養・食糧学会副会長、日本動脈硬化学会評議員名誉会員、日本病態栄養学会理事などを歴任。2006年「瑞宝双光章」受章。2009年度国際栄養科学連合(IUNS)のFellowに認定。2010年「動脈硬化疾患の予防と治療に関する栄養学的研究」により日本栄養・食糧学会功労賞を受賞。

リンゴポリフェノールの有用性

「1日1個のリンゴは医者を遠ざける」と西洋のことわざにあるように、人間は古くからリンゴを食べ、健康づくりに役立ててきました。生産地の人々に寄り添い、リンゴの健康有効性の研究を続ける庄司俊彦氏に、リンゴポリフェノールの特徴や健康効果、リンゴの機能性表示食品の開発などについて、教えていただきました。

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
食品研究部門 食品健康機能研究領域 食品・感覚機能グループ 主席研究員

庄司 俊彦

リンゴポリフェノール(プロシアニジン類)の力

リンゴには約50種類のポリフェノールが含まれていますが、その6割以上を占めるのがプロシアニジン類です(図1)。プロシアニジン類は、カテキンが2～15個結合した複雑な構造をしています(図2)。

プロシアニジン類には、高血圧・動脈硬化・糖尿病といった生活習慣病や肥満の予防、抗アレルギー作用、老化予防、紫外線による炎症抑制などの健康効果があることが確認されています。

日本人にとって身近な果物で、赤ちゃんからお年寄りまで、年間を通して頻繁に食べているリンゴには、体を守ってくれるパワーが備わっているのです。

こうしたリンゴポリフェノールの健康効果は、人に対する試験でも証明されています。私たちが静岡県掛川市で行った二重盲検ヒト介入試験^{*1}をご紹介しましょう^{*2}。糖尿病予備軍(空腹時血糖値が100～125mg/dl)に属する30歳以上60歳未満の男女88名を、1日あたり600mgのリンゴポリフェノールを摂取する群とプラセボ群に分け、12週間の試験を行いました。そして12週間後に、空腹時血糖値およびブドウ糖負荷^{*3}後30分、2時間の血糖値を測定しました。すると、リンゴポリフェノール摂取群は、30分後の血糖値上昇が有意に抑制されていたのです。試験に参加した方からは、ぜひリンゴポリフェノールを摂取し続けたいという声も聞かれました。

プロシアニジン類と腸内環境の関係

プロシアニジン類はポリフェノール類の中でも分

子量が大きく、摂取した量の1%程度しか吸収されません。動物実験でプロシアニジン類を投与すると、カテキンが2～4個結合した低分子のプロシアニジン類は血液からわずかに検出できますが、5個以上結合した高分子のものは検出できません。高分子のプロシアニジン類は、いくら食べても排出されてしまうのです。それにも関わらず先述したようなさまざまな生体調節機能があるのはなぜなのか、そのメカニズムは謎に包まれていました。

そこで私たちは、マウスを使った実験を行いました^{*4}。肥満させたマウスに、高脂肪・高ショ糖食のみ、高脂肪・高ショ糖食+低分子プロシアニジン類、高脂肪・高ショ糖食+高分子プロシアニジン類をそれぞれ与え、体重の変化を観察したのです。すると、プロシアニジン類を与えた群はどちらも、体重増加が有意に抑制されていました。

次に私たちは、腸内細菌の解析を行いました。まず結果が現れたのが、F/B比です。F/B比とは、Firmicutes門とBacteroidetes門に属する細菌の割合のことで、これが高いと肥満になりやすいことが報告されています。解析の結果、高分子プロシアニジン類群ではF/B比の増加が有意に抑制されていました。興味深いことに、この現象は低分子プロシアニジン類群では認められませんでした。また、プロシアニジン類の摂取は、腸内細菌の種類別の数にも大きな影響を及ぼしていました。特に興味深かったのが、高分子プロシアニジン類群で、Akkermansia菌が有意に増加していたことです。この菌は肥満者に少なく、腸管バリア機能を向上させることが知られています。

これらの結果から、高分子のプロシアニジン類を

*1 二重盲検ヒト介入試験

実験者と被験者の両方とも、どの群がどの処置を受けているか知らない状態で行う試験方法。プラセボ効果や先入観を防ぎ、客觀性を持つて結果を出すことが目的。

*2 T.Shoji, M.Yamada, T.Miura, K.Nagashima, K.Ogura, N.Inagaki & M.Maeda-Yamamoto: *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 129, 43-51 (2017).

*3 ブドウ糖負荷

ブドウ糖を溶かした甘い飲料を飲むこと。その後の血糖値の上昇程度をみて、糖尿病の可能性を判断する。

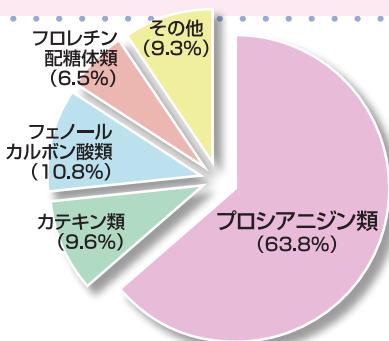


図1 リンゴに含まれるポリフェノールの種類

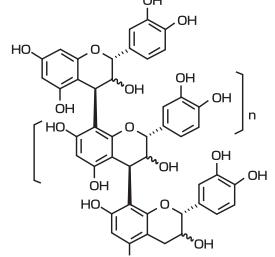


図2 プロシアニジン類の構造 ($n=0\sim13$)

摂取することで腸内環境や腸管バリア機能が整い、肥満が抑制されていると考えられます。これは非常に興味深い結果です。今後も研究を続け、*Akkermansia* 菌の詳しい働き、プロシアニジン類が腸内細菌を経由するとどのような代謝物が生まれるのかなどを解明していきたいと思います。

リンゴの機能性表示食品化を実現

2015年に機能性表示食品^{*5}の制度が出来た時、私たちはぜひともリンゴを機能性表示食品にしたいと考え、弘前市、JAつがる弘前、弘前大学、地域公設試験研究機関などと連携したプロジェクトをスタートしました。サイズや成分が不安定である生鮮食品について、科学的エビデンスを明らかにして機能性を表示するのは困難です。ですが、消費者の方にもっとリンゴを食べてもらうきっかけとなるよう、また、リンゴ生産に携わる農家やJAつがる弘前の方のモチベーションアップにつながるようにと思い、尽力しました。

何よりも大変だったのは、リンゴにどれくらいプロシアニジン類が含まれているかのデータ収集です。さまざまな品種、産地、栽培法、収穫期のリンゴを集め、年次変動を鑑みて3年間にわたって分析を行いました。趣旨に賛同したJAつがる弘前からは5,000～6,000個のリンゴをご提供いただき、トータル1万個弱のリンゴを分析しました。その他、機能性に関する文献調査や安全性試験なども進め、2018年1月に消費者庁へ届出、同年3月に無事に受理されました。

こうして可食部300g以上の大さく立派なリンゴの機能性表示食品が誕生しました。価格は相場よりも2～3割高く設定されています。販売開始から今年で4年目になりますが、消費者の方からはご好評をいただき、販売数は順調に伸びています。生産者の収益増加にもつながり、リンゴ農家の方から「苦労が

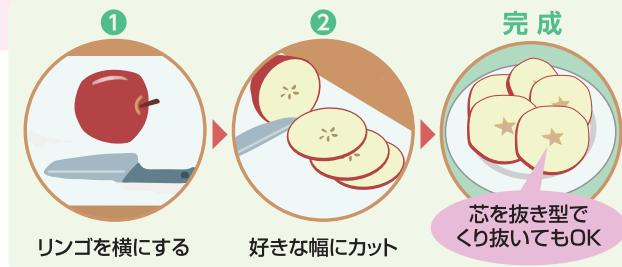


図3 リンゴのスターカット

多い栽培の励みになる」という声を聞くと、とてもうれしく思います。今後は「松阪牛」のように地域の名を冠したブランドリンゴなどを発信していくなら、地域がより盛り上がっていくのではないかと考えています。

果物を積極的に食べて健康づくりを

青森県などリンゴの産地では、秋に収穫したリンゴをCA貯蔵庫^{*6}で長期保存することで、年間を通してリンゴを出荷しています。旬のリンゴと貯蔵リンゴのポリフェノール量にはあまり差は見られませんので、ぜひ年間を通してリンゴを食べて、リンゴポリフェノールの力を取り入れていただければと思います。

また、ポリフェノールは皮や芯の部分に特に多く含まれています。そこでおすすめしたいのが、青森県りんご対策協議会が推奨するリンゴの「スターカット」です(図3)。これは水平に輪切りにして皮ごと食べる方法で、可食部が増え無駄が少なくなりますので、ポリフェノールをよりたくさん摂取できます。

リンゴを始めとする果物には、ポリフェノール、ビタミン、ミネラルなどが豊富に含まれ、体の健康を保つ手助けをしてくれます。しかし日本人の果物摂取量は欧米やアジア諸国と比べると少なく、特に若い世代は「フルーツ離れ」が深刻です。保健師や栄養士といった食生活の指導をする立場の方には、果物の健康効果を正しく人々に伝えていただき、果物の力を見直すきっかけをつくっていただければ幸いです。

庄司 俊彦 Shoji Toshihiko

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

食品研究部門 食品健康機能研究領域 食品・感覚機能グループ 主席研究員

1990年北海道大学農学部農芸化学科卒業。食品メーカー勤務、農林水産省食品総合研究所食品機能部機能成分研究室出向等を経て、2010年独立行政法人(2015年からは国立研究開発法人)農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所、2016年同機構果樹茶部門 生産・流通研究領域 流通利用・機能性ユニット ユニット長。2018年同機構 食品研究部門 食品健康機能研究領域食品機能評価ユニット ユニット長。2021年4月から現職。農学博士(2003年北海道大学)。2004年日本果汁協会技術賞、2009年日本食品化学会奨励賞、2021年園芸振興奨励賞(リンゴの機能性表示食品の開発)。

*4 S. Masumoto, A. Terao, Y. Yamamoto, T. Mukai, T. Miura & T. Shoji: *Sci. Rep.*, 6, 31208 (2016).

*5 機能性表示食品

事業者の責任で、科学的根拠を基に商品パッケージに機能性を表示するものとして、安全性及び機能性の根拠に関する情報などを消費者庁に届け出された食品。

*6 CA貯蔵庫

酸素や二酸化炭素、窒素、温度、湿度を調整して鮮度を保つ貯蔵庫。

食品の褐変とその制御

リンゴやゴボウなどの皮をむいた後そのままにすると茶色く変色しますが、この変化を「褐変」といいます。こうした変色を防ぐために、食材を食塩水や酢水につけるといった調理法も広く知られています。この褐変の詳しいメカニズムや制御方法について、長年、褐変の研究に取り組まれてきた村田容常氏に伺いました。

東京農業大学 応用生物科学部 教授

村田 容常



食品の褐変とは

褐変とは、食品が調理・加工・貯蔵などにより茶色っぽくすんで褐色になる状態を指し、英語では Browning といいます。褐変は、酵素が関与する酵素的褐変と関与しない非酵素的褐変(メイラード反応)の2種類に分けられます(表1)。野菜や果物など生鮮食品を加工・貯蔵した際に茶色くなるのが、植物の細胞内の酵素が働くことによる酵素的褐変で、リンゴ、カットレタス、紅茶などで見られます。それに対して、加熱や醸造などによって起こるのが非酵素的な褐変(メイラード反応)で、コーヒー、パン、肉類・魚類、味噌、醤油、ビールなどで見られます。

褐変による影響としては、消費者の嗜好性によって制御が求められることが挙げられます。例えばリンゴはジュースにすると茶色くなるため、購入意欲の面から褐変の制御が必要になります。褐変自体は健康に影響ないのでですが、鮮度が落ちて何もしなければ腐敗し、場合によっては健康被害が起きる可能性を経験的に知っているので、避ける心理が生まれるのでしょうか。一方で、例えば紅茶のように、当初心から褐変している状態の食品は影響ありません。リンゴジュースも紅茶も、起こっている化学反応は同じなのですが、消費者の受け取り方によって制御の必要性が変わってくるのです。一方、非酵素的褐変は、食品を加熱したり醸造したりすることで起きる反応で、その際に糖とアミノ酸やタンパク質が反応し複雑な工程を経て茶色に変色します。この時香りの形成を伴うことが多く、食品の付加価値を高める効果をもたらします。例えばパンをトーストすると茶色く褐変し、同時に香ばしい香りがします。私たちは色と香りを同時に認識するため、トーストしたパンを美味しいものだと

感じます。こうした香りと同時に起こる褐変を美味しいと認識するのは、生物学的な反応ではありません。人間が経験に伴って獲得した嗜好性であり、食文化だといえるでしょう。

酵素的褐変とその制御

ここからは、酵素的褐変について詳しく説明します。酵素的褐変とは、基質のポリフェノール類が、ポリフェノールオキシダーゼ(PPO)などの酸化酵素によって酸化され、ポリフェノールがさらに重合して茶色くなる反応です。植物性食品はほぼポリフェノールを含み、通常はPPOも存在します。普段はポリフェノールと酵素は別々に存在しているため反応しないのですが、細胞が壊れると基質ポリフェノール類と酵素が接触し、さらに酸素の存在により反応が起き、茶色くなっています。これは植物が傷ついた時に起こる一種の防御反応のようなもので、人間が収穫したり皮をむいたりすると反応が起こるわけです。褐変の程度はポリフェノールの量や種類、酵素の強さ、さらに酸素との接触しやすさに影響されます。

私は30年以上前から、酵素的褐変をテーマに研究を行ってきました。研究を始めてすぐに、リンゴの酵素がタンパク質として単離されていないことに気づき、リンゴ40kgを使って酵素タンパク質の単離に成功しました。これがきっかけとなり、酵素的褐変の研究を続けています。

酵素的褐変の研究を進める中で、リンゴジュースはすぐに茶色くなるのに、カットレタスはカット後もなかなか茶色くならないことに気づきました。レタスジュースをつくってみましたが、やはり茶色くなりません。そこでレタスジュースに、リンゴと同量のポリ

表1 食品の褐変の種類などについて（監修：村田氏）

褐変の種類		褐変の原因	食品例	食品中の基質	関与酵素	実用的制御法
酵素的 褐変	即時型 (加工直後 もしくは 1時間以内 に褐変)	ジュース、カット、 皮むき	リンゴ、モモ、アボカド、 ナス、ゴボウ、ジャガイモ、 サツマイモ	ポリフェノール類(クロロゲン酸、 カテキン)、チロシン	ポリフェノールオキシダーゼ	加熱、塩水につける、 酢水やレモン水につける
	発酵	紅茶、ウーロン茶	ポリフェノール類 (カテキン)	ポリフェノールオキシダーゼ	発酵条件の コントロール	
	遅延型 (数日貯蔵 後に褐変)	カットして 貯蔵	カットレタス	十分に存在しないが、 貯蔵中に生成	ポリフェノールオキシダーゼ、 フェニルアラニンアンモニアリアーゼ	ヒートショック
	貯蔵	もやし	十分に存在しないが、 貯蔵中に生成	ポリフェノールオキシダーゼ、 フェニルアラニンアンモニアリアーゼ	ヒートショック	
非酵素的褐変 (メイラード反応)		焙煎	コーヒー	糖、アミノ酸、タンパク質、 クロロゲン酸	—	焙煎条件
		加熱調理	パン、肉、魚	糖、アミノ酸、タンパク質	—	加熱条件
		醸造	味噌、醤油、ビール	糖、アミノ酸、タンパク質	アミラーゼ、ペプチダーゼ	原料、仕込み、 発酵条件

フェノールを加えたところ、すぐに褐変しました。このことから、レタスには基質ポリフェノールがわずかしか存在せず、貯蔵中に新たにポリフェノールが合成されて褐変することがわかりました。レタスは、収穫やカットなどの障害が起こると防御反応を示しますが、その応答の一つとしてポリフェノールをつくることがあります。カットして貯蔵する間にポリフェノールがじわじわでき、反応していくわけです。

酵素的褐変は、基質ポリフェノール、酵素、酸素の三者が反応する酸化反応なので、その反応を阻害することで褐変を制御できます。具体的には、加熱して酵素を失活させる、pHを下げて酵素反応を抑える、酸素を除く、ポリフェノールを除く、阻害剤を添加するなどの方法が知られています。pHを下げて酵素反応を抑える方法は、家庭では酢水やレモン水が使われています。阻害剤についてまとめたのが表2です。こうした阻害剤は、家庭においてもアスコルビン酸(ビタミンC)による酸化反応阻害はレモン水、NaCl(塩化ナトリウム)による酵素阻害は食塩水といったように活用されています。また水につけるだけでも酸素が遮断されるため、一定の効果があります。工業的には、リンゴジュースを加熱殺菌すると同時にアスコルビン酸を添加する等により、褐変を制御しています。さらに海外では、PPO活性と褐変能を減少させたリンゴやジャガイモなどの遺伝子組み換え作物もつくられています。

カットレタスなど遅延型の褐変を防ぐポイントは、ポリフェノール生合成系の制御にあります。私の研究室では、ポリフェノールの生合成を阻害する試薬でレタスを処理すると褐変を制御できること、さらに試薬を実用的なものに代える方法などを研究していました。簡単にできる実用的な制御法として、50~60度のお湯にレタスを30~60秒ほど浸けるヒートショックが

表2 酵素的褐変の阻害剤

阻害剤のタイプ	例
還元剤	アスコルビン酸、SO ₂ 、ピロ亜硫酸ナトリウム
キノンカップラー	L-システイン、グルタチオン
銅キレート剤	NaCl、EDTA、トロボロン、CO、クエン酸
基質アナログ	ケイ皮酸、p-クマール酸、フェルラ酸
その他	PVP、4-ヘキシリレゾルソノール、コーボ酸、ノビレチン

出典：村田容常、化学と生物 Vol45, No6, 403, 2007.

あります。加熱は植物にとって大きな障害のため、ポリフェノールをつくる障害応答は止めて、主にヒートショックに対応します。これによってポリフェノールがつくられず褐変が制御されます。ただし、熱でダメージを受けているため、4、5日経つとひどく傷んでしまいます。家庭ではありませんお薦めできません。

バランスのとれた多様な食を大切に

近年は、低pHまたは胃酸条件下での、クロロゲン酸の大腸菌とサルモネラ属菌に及ぼす殺菌効果について研究を進めています。クロロゲン酸の抗酸化作用はよく知られていますが、抗菌作用についてはわかっていることが少ないため、取り組んでいます。また、今後は学生の育成に注力したいと考えています。食品学の研究では幅広い視野に立つことが必要ですが、一方で研究は1点にフォーカスしないと成果は出ません。学生には、一つの成分について調べる場合も、人間は動的な状態の中で多様な成分を食べており、その中の健康な食生活のあり方を考える必要性を伝えています。

村田 容常 Murata Masatsune
東京農業大学 応用生物科学部 教授

1979年東京大学農学部農芸化学科卒業。1979年サッポロビール株式会社総合研究所勤務。1988年お茶の水女子大学家政学部講師、1992年より同大学生活科学部助教授、2004年より同学部教授。2007年同大学大学院人間文化創成科学研究科教授。2021年より現職。

クロロゲン酸類の健康機能

長年、コーヒー豆由来のポリフェノールであるクロロゲン酸類の研究に取り組んできた花王株式会社の落合龍史氏。クロロゲン酸類に備わる体脂肪低減や血圧改善などの健康機能や、近年の研究知見などについてお話を伺いました。

花王株式会社 生物科学研究所 主席研究員
落合 龍史

コーヒー豆由来クロロゲン酸類の健康機能

コーヒー豆には主にカフェオイルキナ酸(CQA)、フェルロイルキナ酸(FQA)、ジカフェオイルキナ酸(di-CQA)からなる9種類の化合物が含まれており、これらの総称をクロロゲン酸類(コーヒーポリフェノール)といいます。

クロロゲン酸類の数ある健康機能の中から、花王が特に注目して研究を進めてきたのは、体脂肪低減と血圧改善のメカニズムです。

体脂肪低減のメカニズムには、脂肪酸の燃焼を亢進する機能と脂肪合成を抑制する機能の二つがあります。脂肪合成の抑制機能とは、食事により摂取した糖質を脂肪に代謝させにくくする作用です。この二つの機能によって体脂肪が低減されます。

血圧改善に関しては、血管内皮機能改善に起因した、以下三つの知見が確認されています。一つ目は高血圧の原因の一つである活性酸素の除去作用です。二つ目は食事や運動など必要に応じて血管を拡張させる一酸化窒素合成酵素を活性化する機能。三つ目が血管全体に活性酸素を生成するNADPH^{*1}酸化酵素を抑制する機能です。クロロゲン酸類のもつこれらの機能が互いに作用し合うことで、血圧改善に効果があると考えられています。

クロロゲン酸類の研究と焙煎による成分変化

生豆から抽出したクロロゲン酸類で血圧低下効果が認められました。しかしながら、コーヒー飲料の研究時の課題となったのは、コーヒー豆の焙煎による成分変化です(図1)。コーヒー独特的の味と香りは、コ

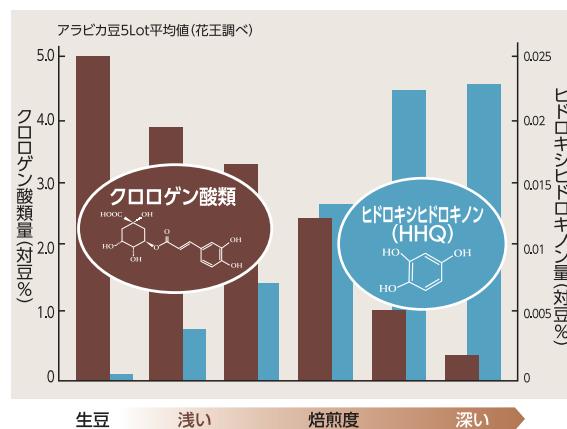


図1 コーヒー豆の焙煎による成分変化

ーヒー豆の焙煎により生み出されます。しかし、焙煎度が深くなるほどクロロゲン酸類の含有量は減少し、酸化成分ヒドロキシヒドロキノン(HHQ)が生成されます。このHHQがクロロゲン酸類の血圧低下の働きを阻害することが明らかとなっています。そこで私たち研究グループは、HHQを顕著に低減する研究を進め、コーヒー中のクロロゲン酸類の含有量を保ったまま、HHQを除去し、コーヒー特有の香りや苦味、酸味を保つつゝ、クロロゲン酸類の効果を発現させることができました。

クロロゲン酸類にはその他にも、疲労感の軽減、睡眠の質の向上、更年期症状の緩和といった自律神経機能に関する効果が期待されています。さらに最新の研究知見では、血管内皮機能への作用に付随した肌の末梢血管の血流改善や保湿作用など、肌状態の改善効果も報告されています。私たちの研究グループでは、コーヒーポリフェノールに着目しましたが、ストレスなどで緊張を感じているときの1杯のコーヒーには、緊張を緩和する作用が期待されます。私はこの研究を始める前からコーヒー愛好者で、休日は自宅でコーヒーの生豆を焙煎して、コーヒー豆や焙煎の違いを味わい楽しんでいました。この経験が上記の研究にもつながっています。

落合 龍史 Ochiai Ryuji

花王株式会社 生物科学研究所 主席研究員

1986年上智大学理工学部化学科卒業。1988年上智大学大学院理工学研究科化学専攻修了。1990年花王株式会社入社。2012年人間総合科学大学大学院心身健康科学博士後期課程修了。博士(心身健康科学)。入社以降、香粧品研究所を経て、生物科学研究所、ヘルスケア食品研究所において家庭品や食品の機能性評価業務に従事。2000年頃からコーヒーポリフェノール(クロロゲン酸類)の研究に取り組み、さまざまな健康価値を見出してきました。

*1 NADPH: ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸

ワインによる地方創生と社会貢献

栃木県足利市で1984年からワインづくりを行うココ・ファーム・ワイナリー。知的障がい者支援施設「こころみ学園」が母体となっており、除草剤をまかないブドウ畠の麓で丁寧な手作業から生まれたワインは、北海道洞爺湖サミットで提供されるなど、国内外で高い評価を得ています。

有限会社ココ・ファーム・ワイナリー 専務取締役
池上 知恵子

ココ・ファーム・ワイナリーのはじまり

ココ・ファーム・ワイナリーの原点は、特殊学級の教師だった私の父が、知的障がいをもつ生徒たちがいきいきと暮らせる場をつくりたいと、生徒とともに開墾した畠にあります。学校や社会で頼りにされるこの少ない生徒たちは、自然の中では元気になります。そこで、やってもやってもやりきれないほどの仕事をこの地に用意しようと、平均斜度38度の急斜面を開墾し、ブドウの栽培やシイタケの原木栽培を始めました。草刈りも大切な仕事ですから、除草剤は一切使いません。するといろいろな草花が育ちいろいろな虫がやってきて、その虫を求めて鳥もやってきます。さらに鳥を追い払う仕事もできる……こうした積み重ねで、生徒たちのために多くの仕事をつくったのです。

ブドウ畠開墾が昭和33(1958)年、こころみ学園が出来たのが昭和44(1969)年です。そのうちブドウでワインをつくろうと考えましたが、こころみ学園は社会福祉法人で果実酒製造免許が取れないため、昭和55(1980)年に有限会社ココ・ファーム・ワイナリーを設立しました。私はその頃、東京の大学を卒業して一般企業に勤めつつ子育てをしていました。そんな中でワインづくりの話を聞き、役に立ちたいと思いました。そして醸造を学ぶために東京農業大学に入学したのです。ちょうど卒業の年に酒造免許を取得でき、以来ワインづくりに取り組んでいます。

学園と社会をつなぐワインづくり

ココ・ファーム・ワイナリーとこころみ学園の関係を示したのが図1です。ココ・ファーム・ワイナリーは、こころみ学園の園生が思いっきり色々な仕事ができるように機能しています。学園で栽培したブドウをココ・ファーム・ワイナリーが購入します。また、ココ・ファ



図1 こころみ学園とココ・ファーム・ワイナリーの関係
ココ・ファーム・ワイナリーWEBサイト <https://cocowine.com>

ム・ワイナリーでの仕込み・瓶詰め・ラベル貼りなどの作業を園生が行い、その労務費はココ・ファーム・ワイナリーから学園への業務委託費として支払います。工場で働くのが得意な園生はワインづくりをしますし、食事づくりや洗濯が得意な園生は学園で仕事をするなど、それぞれの得意とする分野に取り組んでいます。

ワインづくりの90%はブドウづくりです。私たちは栃木県南部の足利市と佐野市にある五つの自家畠(総面積約6ヘクタール)と、各地の契約農家の畠で、適地適品種のブドウを育てています。ワインづくりをしていると、自然とともにあることを実感します。葉緑素が光合成で糖分をつくるのは人間にはできませんし、醸造所でのブドウの発酵も微生物のはたらきによるものです。自然の力を借りてつくったワインを皆さんに飲んでいただいているわけです。

ココ・ファーム・ワイナリーには、学園と消費者や社会とをつなぐ役割もあります。ワイナリー併設のショップやカフェのほか、毎年ブドウ畠で秋に行う収穫祭は2日間で約1万5千人が参加し、園生たちも楽しみにしていました。昨年と今年は、コロナの影響でオンライン収穫祭を行っています。コロナ禍で酒類の販売は厳しい状況が続いているが、皆で乗り越えていきたいと思っています。ワインづくりは8,000年以上の歴史あるものです。私たちの仕事も100年単位の仕事だと考え、コツコツと取り組むことで、より美味しいワインをつくりたいと考えています。

池上 知恵子 Ikegami Chieko
有限会社ココ・ファーム・ワイナリー 専務取締役

1972年東京女子大学社会学科卒業。1984年東京農業大学醸造学科卒業。同年有限会社ココ・ファーム・ワイナリー入社。1989年ココ・ファーム・ワイナリー専務取締役に就任。2008年12月東京農業大学経営者大賞受賞。2009年4月社会福祉法人こころみる会理事長就任。

「ブルゴーニュで会いましょう」

(ジェローム・ル・メール監督、15年、仏)

「ワイン造りは家族あってこそ。一人じゃ虚しい…」

— 土と汗の赤ワイン造りに癒された父子、蘇った心身の健康 —

映画・健康エッセイスト 小守 ケイ

「タンニンの渋みが良い。14点」。人気ワイン評論家シャルリはブルゴーニュの老舗ワイナリーの息子。農家が嫌で父に抗い20歳でパリに出て成功はしたが、15年に及ぶ父との疎遠が心の傷に。そんな折、ブルゴーニュの古城での出版記念パーティで一人の女性と出会う。「ワイン農家は貴方の点数に一喜一憂よ」。惹かれ合い一夜を共にするも翌朝は一人抜け出し、車を実家方面へ……。



「エッ、パパが破産？ 畑が差し押さえに？」

実家近くの妹のレストラン。妹に依れば“父と妹の夫が造った赤ワインが売れず、会社更生法の対象に”と。「でも、7日以内に裁判所に再建責任者を出せば、1年間の猶予を貰える。兄さん、力を貸して！」。

パリに戻るも、脳裏には祖父の“特級赤ワイン”や美しいブドウ畠の光景……。意を決した彼は、翌日、再建責任者として署名する。一方、5年前に妻とも別れ一層頑固になった父、この事態下でも興味はワイン造りより釣りと船造りで、「破産しようと私の勝手だ！」。

「昔の方法でやろう」。翌日から作業着姿で畠に出た彼は、トラクタ一代わりに馬で畠を耕し、醸造には樽でなく中世の壺を提案。同時に、在庫は“ワイン評価のコネ”で旧知の業者に買わせ、全力で再建を目指す中、或る日、古城で

出会った女性が妹のレストランに！「兄さん、隣の畠の娘ブランシュよ。近く米国のワイナリーの息子と結婚するよ」。

「父親と伝統に背いて自分の道を拓き、立派だ」

「徐々に分かるさ」。実り始めたブドウが嵐で倒された日、彼が頭を抱えると、その真剣な取組に心を動かされたのか、父が優しく声を掛ける。それを機に「破産は俺のせい？」と尋ねた息子。父は「私も家業継承は苦だった」と打ち明け、そして「自分の努力で道を拓いたお前を誇りに思うべきなのに出来なかった……」。父子は、父の初醸造の66年赤ワインで小さく乾杯した。

「まだタンニンが……」。いよいよ収穫の時期。父は急かすも彼は隣の“優良ワインの名手ブランシュの母”の畠の収穫日を真似ようとする。しかし、ブランシュから「自分で味見を！ 種も噛んで“リコリス^{*1}の味がしたらOK”と祖父が言ってたわ」。彼は連日、味見し、数日後、父に「リコリスだ！ 皮や種も食べてみて！ タンニンが多く含まれる。収穫しよう」。収穫後は、心配する父を横目に“中世風の足踏み”でブドウを踏み潰し、壺で醸造へ。



■ 映画の見所 ■

「後はお前に」。息子の仕事を見届けた父は、完成した船と共に水辺の地へ。半年後、彼の初ワインが出来上がった頃、父に「家に戻って！ 皆が寂しがってる」。そして翌秋の父も見守る収穫時、何と、ブランシュから電話で「独り米国より帰郷した」と！ 美しい自然と人間愛に包まれて心が洗われる映画。シャルリに「イブ・サンローラン」の監督J・レスペール、父に仏映画の名優G・ランバンが出演。



「ブルゴーニュで会いましょう」
DVD 價格：4,180円(税込)
販売元：アルノトロス

赤ワインのポリフェノール

【監修】公益財団法人結核予防会 理事
総合健診推進センター 所長 宮崎 滋

赤ワインには多彩なポリフェノールが含まれ、赤い色はアンチオキシダント、渋みはタンニンが関わっています。これらのポリフェノールは、主に種子と果皮に含まれるため、発酵前にこれらを取り除く白ワインには少量しかありません。

タンニンなどポリフェノールには抗酸化作用があり、動脈

硬化の予防効果があります。有名なフレンチパラドックス（フランス人は肉や乳製品などの脂肪摂取量が多いにも拘らず、心筋梗塞の発症が少ない）は、フランス人が好んで飲む赤ワインの抗酸化作用によるものと言われています。しかし、赤ワインを日常的に飲むためアルコール過剰摂取となり、フランスでは肝硬変患者が多いと報告されています。

家族や友人と食事でワインを飲む際には、抗酸化作用を高め、健康的な食事とするためにも、適量を守ることが大事です。

*1 マメ科の植物

Information

2021年度 第19回花王健康科学研究会研究助成 助成者11名が決定

厳正な審査の結果、2021年度の研究助成は下記のとおり決定いたしました。なお、1年後に研究成果報告会の開催を予定しております。

氏名(所属)	研究テーマ名
エネルギー代謝、循環機能、運動生理、睡眠などに関する研究	
山中 章弘 (名古屋大学 環境医学研究所)	レム睡眠の改善による健康価値の新たな創造
中川 嘉 (富山大学 和漢医薬学総合研究所)	飢餓誘導調節因子による栄養代謝と生活習慣病の改善
林 悠 (京都大学大学院 医学研究科)	食事による睡眠の質と脳機能の改善およびそのメカニズムの解明
上田 壮志 (筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構)	睡眠因子可視化技術による持続的睡眠改善法の探索
西 裕志 (東京大学 医学部附属病院)	骨格筋(有酸素運動)が腎臓病に及ぼす効果の多面的解析
栄養、運動などに関する実践活動研究	
梅原 拓也 (広島国際大学 総合リハビリテーション学部)	高齢心不全患者のフレイル改善に効果的な運動療法の開発
澤田 実佳 (東京大学 医学部附属病院)	糖尿病患者の加齢に伴う食生活スタイル変化と性差に着目した新たな食事指導の探索
特定研究テーマ 1. 感染防御に関する研究、特に、新型コロナウイルスに関する研究	
藤田 雄 (東京慈恵会医科大学)	新型コロナウイルス感染症重症化における宿主免疫応答予測
高村 史記 (近畿大学 医学部)	呼吸器感染ウイルス感染防御ワクチン開発の基礎研究
谷口 一郎 (京都大学 ウィルス・再生医科学研究所)	新型コロナウイルスによる細胞の遺伝子発現抑制機構の解明
特定研究テーマ 2. 脳・神経機能と生活行動に関する研究	
若泉 謙太 (慶應義塾大学 医学部)	在宅勤務下の健康的な生活行動に関する脳神経基盤の検討 ～機能的MRIとウェアラブル・デバイスを用いたデフォルト・モード・ネットワークと客観的生活行動の関連～

〈研究助成について〉

花王健康科学研究会は、少子高齢化社会における、萌芽的な健康価値の創造およびそのしくみの構築にした研究に助成を行っています。過去の研究助成テーマは、<https://www.kao.com/jp/healthscience/> からご覧いただけます。



花王健康科学研究会について

花王健康科学研究会は、学術の振興、国民の健康増進への貢献を目的に、研究者への研究助成、KAOヘルスケアレポートによる最新の研究情報提供を行っています。

◆ホームページ&既刊のヘルスケアレポートについて

ホームページでは、研究助成やヘルスケアレポートをご覧いただけます（<https://www.kao.com/jp/healthscience/>）。勉強会などで既刊のヘルスケアレポートをご希望の方は、花王健康科学研究会事務局までお問い合わせください。

※花王のポリフェノール研究をはじめとした「栄養代謝の研究開発」情報は <https://www.kao.com/jp/nutrition/>で紹介しています。

◆みなさまの声をお寄せください

KAOヘルスケアレポートでは、みなさまの声を生かした紙面づくりを考えています。レポートを読まれたご感想や、今後取り上げてほしい特集テーマ、みなさまが取り組んでいる生活習慣病予防や健康づくりなどを、FAXまたはE-mailにてお寄せください。