

New Food Industry

食品加工および資材の新知識

<http://www.newfoodindustry.com>

2016 Vol.58 No.10

10

論 説

- スポーツフードの研究・開発の最新動向
- 霊芝菌糸体培養培地抽出物の2型糖尿病マウス肝臓の脂質代謝に与える影響
Influence on lipid metabolism by a water-soluble extract from culture medium of Ganoderma lucidum mycelia in the liver of type 2 diabetic mice
- レトルトパウチ食品に緑色を付与できる天然素材
～紅藻ダルスの素材特性と利用技術
- 脂肪燃焼組織・褐色脂肪の食品成分による活性化と抗肥満効果
- N-アセチルグルコサミンをはじめとした当社素材の機能性表示対応可能性
- Effects of a Yeast Extract with a High Glutathione Content on Breath Alcohol and Hepatic Function in Human Volunteers
- Beauty effects of Glutathione

これだけは知っておきたい豆知識

- カテキンについて

連載 野山の花 - 身近な山野草の食効・薬効 -

- サラシナショウマ *Cimicifuga simplex* (Wormsk. ex DC.) Turcz. (キンポウゲ科 Ranunculaceae)

連載 デンマーク通信

- デンマークの誕生日

ILS コラム

- 女子大学生競技選手へのヘム鉄摂取試験 -貧血改善への試み-

ベジタリアン栄養学

- 歴史の潮流と科学的評価（第5節 ベジタリアン食の世界規模の問題と非栄養学的視点）

News Release

- 第20回トレハロースシンポジウム開催について 株式会社林原



New Food Industry

目 次

食品加工および資材の新知識

2016 Vol.58 No.10

論 説

- スポーツフードの研究・開発の最新動向
..... 矢澤 一良 1
- 霊芝菌糸体培養培地抽出物の2型糖尿病マウス肝臓の脂質代謝に与える影響
Influence on lipid metabolism by a water-soluble extract from culture
medium of *Ganoderma lucidum* mycelia in the liver of type 2 diabetic mice
..... 神内 伸也, 新藤 由梨, 岩田 直洋, 岡崎 真理,
浅野 哲, 飯塚 博, 日比野 康英 5
- レトルトパウチ食品に緑色を付与できる天然素材
～紅藻ダルスの素材特性と利用技術
..... 木下 康宣 13
- 脂肪燃焼組織・褐色脂肪の食品成分による活性化と抗肥満効果
..... 岡松 優子 21
- N-アセチルグルコサミンをはじめとした当社素材の機能性表示対応可能性
..... 久保村 大樹 26
- Effects of a Yeast Extract with a High Glutathione
Content on Breath Alcohol and Hepatic Function in Human Volunteers
..... Naoto Kaji, Toru Konishi, Yusuke Sauchi 33
- Beauty effects of Glutathione
..... Tomohiro Nakagawa, Naoto Kaji, Toru Konishi 38

Contents

2016年 10月号

連載

- これだけは知っておきたい豆知識 カテキンについて
..... 一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC 第一理化学検査室 45
- 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —
サラシナショウマ *Cimicifuga simplex* (Wormsk. ex DC.) Turcz.
(キンポウゲ科 Ranunculaceae)
..... 白瀧 義明 48
- デンマーク通信 デンマークの誕生日
..... Naoko Ryde Nishioka 50
- ILS コラム 女子大学生競技選手へのヘム鉄摂取試験 -貧血改善への試み-
..... I L S 株式会社 52

ベジタリアン栄養学

- 歴史の潮流と科学的評価
(第5節 ベジタリアン食の世界規模の問題と非栄養学的視点)
..... ジョアン・サバテ, 訳:山路 明俊 54

News Release

- 第20回トレハロースシンポジウム開催について 株式会社 林原
..... 前付 6

おいしさと健康に真剣です。

酵素分解調味料なら
大日本明治製糖へ



酵母エキス系調味料
コクベース

セラチン＆小麦グルテン
酵素分解調味料
エンザップ



大日本明治製糖株式会社

食品事業部

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3 日本橋西川ビル7F TEL (03) 3271-0755

新発売! 乳製品にベストマッチな調味料

コクベース
ラクトイックイーストエキス
乳加工品・製パン・製菓・チーズ・パッタへの
コクづけ、味や風味の底上げなど、ユニークな
特長がある乳酵母エキスです。

スポーツフードの研究・開発の最新動向

矢澤 一良 (*YAZAWA Kazunaga*)

早稲田大学 ナノライフ創新研究機構 規範科学総合研究所ヘルスフード科学部門

Key Words : ヘルスフード メタボリックシンドローム ロコモティブシンドローム 抗酸化系食品

1. ヘルスフード科学に基づくスポーツ栄養の考え方

狭義のスポーツ栄養であれば、特殊な食品やドリンクを摂取したトップアスリートが鮮やかなパフォーマンスを披露し、その因果関係を明らかにできないまま、口コミで伝わるようなケースもあり得る。しかしここでは、科学的なエビデンス、機能のメカニズムの理論的根拠と安全性を有する機能性食品、すなわち「ヘルスフード科学」にフォーカスをあてて、スポーツ機能を向上し、それに止まらず生活習慣のなかで健康の維持増進に役立つような食品・食材の有用性を概説したい。

健康の考え方として、その対象となるものは「身体の健康」、「脳の健康」、そして「心の健康」である。このような健康の3要素が満たされて、本当の健康といえると考える。わが国における食生活の急激な変動が、生活習慣病の増加をもたらしていることは論を待たない。このようなかで重要なことは、悪くなつた病気を治す「治療医学」よりも、病気になる時期を遅らせる「予防医学」であり、知恵を使った予防医学的な「知的生活習慣」や「知的食生活」を必要とする。さらにより高次の健康（スポーツ機能の向上）やQOL（生活の質）の向上を求める人たちに

とっても、これまでの栄養学指導だけでは、「栄養素の無い食品やカロリー過多の食品」、「危ない食品」などが氾濫している食環境や、「昼夜逆転」、「運動不足の生活」、「劣悪な環境」などの生活環境を是正出来ない。

ヘルスフードの機能は、ヒトの「体・脳・心の健康」に障害となるもの、例えば、認知症や生活習慣病、特に近年認識されるようになってきた「メタボリックシンドローム」や現在深刻な社会問題となっている各種ストレス障害、「ロコモティブシンドローム」などの発症を未然に防ぐ事に止まらず、過負荷をかけた後の「超回復」や筋力増強による「運動機能の向上」においても有効な手段として期待できる。ここにおいて重要なことは、栄養・運動・休養のバランスを取ることである。

体は意識して重力に逆らいながら動かさないと動かなくなり、筋力は衰える一方である。食べるのも意識して選択しないと健康の維持・増進にならないばかりか、逆効果となることもある。バランスの良い食生活は基本であるが、それにさらに「ヘルスフード」を取り入れることにより、その効果が相乗的に改善され、効果的な生活習慣病やメタボリックシンドローム予防、さらにはスポーツパフォーマンスを向上さ

せることが期待できる。

2. 抗疲労系食品、エネルギー生産系食品とメタボリックシンドローム対策

疲労は、身体運動などによるエネルギー代謝の関与により生ずる肉体的疲労と、心理的要因が深く関与する精神的疲労があり、これら両者は互いに関与し合っている。その定義や概念もさまざまである。医学辞典における疲労(fatigue)は、

①精神的または肉体的に活動した後に続く、仕事量の減少、遂行の非能率化などを特徴とする状態。通常、倦怠感、眠気、怒りっぽいことなどを伴う。様々な原因によりエネルギー消費量が再生過程を上回った場合にも起こることがあり、単一の器官に限定されることがある。

②単調なことや刺激のないことからくる退屈感や倦怠感、または周囲の物に対する興味の欠如。身体的あるいは精神的作業を連續して行ったときの、倦怠感、不快感、脱力感などの自覚的疲労。

とある。医学用語としても、「疲労」とは客観的な生理現象のことであり、同時に自覚的疲労という主観的な側面も含めているわけである。このように、「疲労」という言葉は曖昧で解り難いものである。「持久力」「抗疲労」の正確な定義はまだないが、一般日常生活や仕事で感じる「疲れ」を和らげることに止まらず、スポーツ分野での運動能力向上に関連するものまで、その対象は広いと考えられる。

身体活動・運動による疲労は、次のような要因が上げられる。

第1点目として、身体活動・運動によって、細胞・組織にダメージを与え、血液中にタンパク質(ミオグロビンやエネルギー代謝系補酵素)が漏出、また赤血球の破壊などが起こること、

第2点目としては、身体活動・運動が体内のエネルギー代謝を最大限に動員することによ

り、グリコーゲンなどの消耗を促し、エネルギーを消耗・枯渇させること、

第3点目として、それらの過程で、身体活動・運動が体内に活性酸素を充満させ、乳酸などの代謝物質を产生・残存させること、の3点があげられる。

従って、身体活動による疲労は、まず身体に生じたダメージを修復することが必要である。すなわち、漏出した細胞・組織成分を再合成・補充すること、消耗したエネルギー源を再合成・補充すること、そして体内蓄積物を分解・排出することが必要である。このように、身体に生じたダメージを早期に修復する、あるいは、身体に生じるダメージを最小限とする事が、抗疲労に繋がると考えられる。したがって抗疲労作用とは、疲労回復を促進させる効果あるいは疲労を起こしにくくする効果であると言える。われわれの研究室では、「疲労を起こしにくくする」という事=「持久力を向上させる」事でもあると考えている

持続的な運動に対して身体がどのように反応し、適応するのか、運動時のエネルギー代謝に関与する内分泌ホルモン系、呼吸・心臓循環器系の評価など、運動と代謝との関連、また、血液生化学的性状などの要因の評価、さらに、運動時の脳・神経系における代謝的変化などについて、評価を行っていくことが必要である。

また、運動時は筋収縮のためにエネルギーが必要である。このエネルギーがどのような形で供給されるか調べる為に、ミトコンドリア内に存在する酵素活性である Cytochrome c oxidase や Succinate dehydrogenase を測定することは好氣的代謝の指標となり得る。持久力を中心とした体力の指標として糖代謝・脂質代謝など生化学的活動能力を評価する事も必要である。エネルギー基質の中でも脂肪酸は他のエネルギー基質と比較しても効率がよく、有用性の高い基質であることから、 β 酸化系を介した脂肪酸の酸化の指標である 3-hydroxyacyl CoA dehydrogenase の活性は今後も、大変重要であると考えられる。現在のところ疲労の定量化法は、未だ確立した

ものが存在せず、疲労のメカニズムも不明な点が多いといえる。しかし近年、中枢性疲労の発生と脳内TGF- β との関係や、酸化ストレスと脳の疲労の関連など多くの研究が行われており、疲労のバイオマーカーが確立されつつあり、抗疲労の食品・薬品における抗疲労効果のメカニズムの実証において非常に重要な役割を果たすと考えられる。疲労のバイオマーカーとそれを用いた評価法の確立とともに、疲労の分子・神経メカニズムの解明は、アスリートの最高のパフォーマンスを引き出すだけではなく、現代人の疲労を減らす糸口やロコモティブシンドローム改善、リハビリテーションなどのQOL改善になると考えられる。

3. 抗酸化系食品と血流改善

スポーツ実践の時の激しい運動を行うと活性酸素・フリーラジカルが産生され、筋肉の機能及び調和に有害であることが知られるようになり、これが疲労の本体との認識が一般化してきた。特に運動選手の高度なパフォーマンスにとってこの筋障害を予防や除去することは重要である。アスタキサンチンのような強力な抗酸化成分は、アスコルビン酸やトコフェロールなどの抗酸化ビタミン群とともに、生体内酸化ストレスを抑制するために有用といわれている。前臨床研究として、マウスを用いる遊泳持続実験を行なった結果、比較的早期にその持久力が有意に延長することを確認した。

鮭の河川を遡上する原動力には、体内に蓄積されたエネルギー源となる脂質である‘DHA’と、過激な有酸素運動で発生する活性酸素の被害を抑制する抗酸化成分‘アスタキサンチン’の2つの生体成分が重要である。鮭にとってもアスタキサンチンは筋組織に蓄積された抗疲労物質であったといえる。人においても同様のメカニズムにおいて、アスタキサンチンが有効であろう事は容易に推察できる。多くの臨床データが示すのは、眼精疲労の主原因である毛様体筋の疲労にもアスタキサンチンが有効であるという事実である。多くの疲れた現代人のうち

50.7%以上が目の疲れを訴えており、次ぎに肩こり(37.5%)、腰痛(30.2%)となっているという調査結果も得られており、今後のヘルスフードあるいは特定保健用食品としての研究・開発が求められていると考えられる。

エネルギー生産に必須な酸素を運搬するのは赤血球である。容易に想定されるように、血行促進作用を有する栄養素の積極的な摂取は有酸素運動の効率化に関連する。DHAは細胞膜リン脂質に組み込まれており、その化学構造に由来して細胞膜流動性を高め、また赤血球変形能を高める事が知られている。すなわち血管の柔軟性や毛細血管での血行促進作用を高めることで、酸素供給が改善されることが推定される。このようなメカニズムを期待して、順天堂大学澤木啓祐らは陸上競技部箱根駅伝選手を対象としたヒト試験を行った(1995年)。その結果摂取後(4ヶ月)の10,000mの記録において、平均51秒の向上が見られた(有意差あり)。摂取しなかったトレーニングのみでは20.7秒の短縮に止まつたことから、サプリメントの有効性が示唆された。

血行促進はスポーツパフォーマンス向上に止まらず、次に来る高次トレーニングにも耐えられるだけの疲労回復作用も期待できるものと考えられる。

4. ロコモティブシンドロームの予防 (骨・関節・筋肉の健康)

運動を支えるものは骨格と関節の動きである。疲労骨折や関節障害を起こすことの多いトップアスリートに止まらず、一般スポーツ愛好者や栄養バランスの悪い人、過体重の人にも、栄養補助食品が必要である。失った成分、足りない物を補充するためのサプリメントは有効である。

最近ロコモティブシンドロームに関する関心が深くなってきた。「健康寿命」すなわち寝込むまでの時期、健康と自覚できる時期を少しでも遅らせることが出来れば、本人の健康自覚も医療費抑制も考慮できる。すなわちロコモ

ティブシンドローム（運動器障害）にならないようにするには、上述の筋肉持続力を高める事と、骨格と関節の障害を予防・強化する事が重要である。

具体的なヘルスフード処方としては、蛋白質（プロテイン・アミノ酸など）摂取や、グルコサミン・コンドロイチン、コラーゲン、ヒアルロン酸、カルシウム、イソフラボンなどの機能性成分の摂取が予防的にも改善にも望ましいと考えられる。

5. 生活習慣病予防およびスポーツ系ヘルスフードの役割

トップアスリートを理想の健康体と思うことは必ずしも正しくはない。しかしながら一般スポーツ愛好者や競技志向の人たちにとって、健康体以上のより高次のパフォーマンスを得ることは理想であり、いわゆるQOL向上を目的としてスポーツ系ヘルスフードはますます利用されると考えられる。また、趣味としてランニング、スイミング、太極拳、ヨガ、種々のダンス（フラダンス、フラメンコ・・・）などを楽しむ人が増えているが、これらは思いのほか（見た目以上に）過激な運動である。この場合、必要とされる栄養素の種類や摂取の方法には、個人差があるだろう。

通常の食生活の中では、日々の食事内容、運動直前、運動中（運動の種類により異なる）、運動直後（30分以内）、運動後から就寝前など、生体側の代謝を考慮した摂取時期とヘルスフードの選択が良い結果をもたらすと思われる。

アスレティックトレーナー、フィジカルトレーナー、コンディショニングトレーナー、メンタルトレーナー、スポーツ科学スタッフ、ニュール

トリショントレーナーと共に、多様化する競技内容やライフスタイルに対応するヘルスフードトレーナー（高度管理栄養士）の存在が必要であると思っている。

スポーツ系に止まらずに、生活習慣病予防としての特定保健指導に関わる運動の奨励は、リスク一的な疾患の発症予防に何よりも重要である。しかしながら運動は継続することが大前提であり、そのためにも抗疲労サプリメントは有用である。

生活習慣病予防もスポーツ機能向上も必要とされる基礎知識は同じであり、多くのヘルスフード・アドバイザーやコーディネイターの育成が急務である。

2020年オリンピック・パラリンピック東京開催に向けて、多くの一般人がスポーツに興味を示すこのタイミングにて、一過性のブームに終わらない真に健康に寄与するスポーツ習慣を生活習慣に取り込む事が重要である。食品の機能性表示が可能な法整備がなされる来年度に向けて益々この分野の研究・開発に力を注ぐことが国民の健康福祉に社会貢献し、企業振興にもつながるものと確信をしている。

スポーツ系ヘルスフードの開発における基礎研究の応用により、「ロコモティブシンドローム」「サルコペニア」「フレイル」等の状況を未然に防ぐことが出来ると考えている。即ち「要支援」状況から「要介護」に発展して、「認知症」への進行にまで関連する事が近年の研究により明らかにされて来ていることから、この分野の基礎研究と応用研究の社会的重要性が評価されて来ている。

靈芝菌糸体培養培地抽出物の 2型糖尿病マウス肝臓の脂質代謝に与える影響

Influence on lipid metabolism by a water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* mycelia in the liver of type 2 diabetic mice

神内 伸也 (*KAMIUCHI Shinya*) ¹ 新藤 由梨 (*SHINDOU Yuri*) ¹ 岩田 直洋 (*JWATA Naohiro*) ¹
岡崎 真理 (*OKAZAKI Mari*) ¹ 浅野 哲 (*ASANO Satoshi*) ² 飯塚 博 (*IIZUKA Hiroshi*) ³
日比野 康英 (*HIBINO Yasuhide*) ^{1*}

¹ 城西大学薬学部 医療栄養学科

² 国際医療福祉大学薬学部 薬学科

³ 野田食菌工業株式会社

¹ Department of Clinical Dietetics and Human Nutrition, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Josai University

² Department of Pharmaceutical Sciences, School of Pharmacy, International University of Health and Welfare

³ Noda Shokukinkogyo Co., Ltd.

Key Words : 靈芝菌糸体培養培地抽出物（MAK） 脂質代謝 インスリン抵抗性 メトホルミン ピオグリタゾン
Water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* mycelia (MAK),
lipid metabolism, insulin tolerance, metformin, pioglitazone

Abstract.

A water-soluble extract from the culture medium of *Ganoderma lucidum* mycelia (MAK), which is commercially available as a nutritional supplement, was prepared from a solid medium composed of bagasse and defatted-rice bran overgrown for about 4 months with its mycelia. It was reported that long-term intake of MAK reduced hyperglycemia and enhanced glucose transporter-4 (GLUT4) translocation to the plasma membrane in skeletal muscles and adipose tissue in a type 2 diabetic animal model with obesity. Furthermore, MAK affects hepatic carbohydrate metabolism, which may derive from the suppression of gluconeogenesis through the modulation of related enzymes and enhancement of glucose uptake, glycolysis and glycogen synthesis. In the present study, we investigated the effect of MAK on hepatic lipid metabolism and compared with the results with the effects of pioglitazone and metformin. The mice with the high-fat ingestion showed a gradual increase in the levels of blood glucose and body weight. In the MAK-treated mice, the blood glucose level was suppressed after 2 weeks of intake. The amount of liver triglyceride in the MAK or metformin-treated mice was decreased, compared to control, but that of liver triglyceride in pioglitazone-treated mice was increased. These results indicate that MAK affects hepatic lipid metabolism, which may derive from the suppression of triglyceride synthesis similar to metformin.

***Correspondence to:** Yasuhide Hibino, Department of Clinical Dietetics and Human Nutrition,

Faculty of Pharmaceutical Sciences, Josai University,

1-1 Keyakidai Sakado, Saitama 350-0295, Japan

TEL : +81-49-271-7285 FAX : +81-49-271-7284 E-mail : seitaib@josai.ac.jp

連絡先：〒350-0295 埼玉県坂戸市けやき台1-1

城西大学薬学部 医療栄養学科 生体防御学研究室

Tel : 049-271-7285 Fax : 049-271-7284 E-mail : seitaib@josai.ac.jp

はじめに

肝臓は、糖の代謝恒常性を維持するうえで重要な役割を果たしている。肝臓における糖輸送体はグルコーストランスポーター（GLUT）2が担い、骨格筋などのGLUT 4とは異なりインスリンによる調節を受けない。そのために、肝臓細胞はグルコースを細胞内外へ自由に透過させることができる。通常、摂食時の血中グルコースは、肝臓の細胞膜上に常時発現しているGLUT2によって濃度勾配依存的に取り込まれ、グルコキナーゼによってグルコース6-リン酸に変換され、解糖系経路による代謝もしくはグリコーゲンとして蓄積されて食後の高血糖を抑制する。一方、絶食時には糖産生が優位に進行することから、糖の産生は、グリコーゲン分解と糖新生によって成り立っていると言える。この際、肝臓での代謝を制御する最も重要な因子はインスリンであり、摂食後の肝臓への糖取り込みを亢進するとともに糖の産生を抑制する。しかし、2型糖尿病態では、インスリン作用の障害により糖新生酵素の発現が増加して糖新生が亢進する¹⁾。

現在、糖尿病治療にはインスリンや作用機序の異なる6種類の経口糖尿病治療薬が用いられている。中でも、インスリン抵抗性を改善するビグアナイド薬とチアゾリジン薬²⁾は、肝臓における糖新生を抑制するとともにインスリン抵抗性を改善する³⁾。その作用は、ミトコンドリア呼吸鎖をcomplex 1で阻害し、ATPの産生を阻害してAMP/ATPの比率が増大することでAMPキナーゼ（AMPK）を活性化する⁴⁾。この酵素は、インスリン様作用を示し、糖新生抑制や脂肪酸β酸化の亢進、脂肪酸の合成を抑制して、結果的にインスリン感受性を亢進させ血糖の上昇を抑制する^{5,6)}。

一方、糖尿病予防の観点から、薬物によらない血糖上昇抑制作用を有する食品成分や生薬成分の研究が行われている。靈芝菌糸体培養培地抽出物（MAK）は、マンネンタケ菌糸体をバガスと米糠を含む固体培地に接種し、子実体発生直前に菌糸体が繁茂した培地ごと破碎し、熱

水抽出・凍結乾燥したもので、滋養強壮を目的とした健康食品として長く用いられている。これまでに、MAKが2型糖尿病モデルマウスのKK-A^yマウスにおいて、α-グルコシダーゼ阻害作用による食後過血糖改善効果を示すこと⁷⁾、さらに、長期摂取によって血糖の上昇が抑制され、その作用メカニズムに骨格筋及び脂肪細胞におけるGLUT4の膜移行促進作用^{8,9)}、加えて肝臓での糖新生抑制など糖代謝にも深く関与することが明らかになった¹⁰⁾。そこで、本研究では肝臓での糖代謝が脂質代謝と密接に関連することから、KK-A^yマウスの肝臓を用いて、MAKの脂質代謝に及ぼす影響を解析した。

1. 実験材料および方法

1-1. 実験材料

本研究で用いたMAKは、野田食菌工業（株）において製造された「MAK」を使用した。その製造工程は、靈芝菌糸体ペレットをバガス（砂糖キビ搾汁残渣）と脱脂した米糠の混合固体培地に接種し、4ヶ月間培養後、子実体発生直前に培地ごと破碎して蒸留水で懸濁、熱水抽出する過程を経たもので、最終的には、抽出物を珪藻土上で濾過した後、メンブランフィルター（0.45 μm）にて濾過滅菌し、濾液の噴霧乾燥標品を実験に供した。

1-2. 実験動物と飼育

雌性KK-A^yマウス（6週齢、日本エスエルシー、浜松）を温度23±2°C、湿度55±10%、照度サイクル12時間（明期7:00～19:00）の環境下、固体飼料（CE-2、日本クレア、東京）および水を自由に摂取させ馴化させた。1週間の予備飼育後、コントロール群は高脂肪飼料（Quick Fat、日本クレア）、MAK群は0.5%MAK含有高脂肪飼料とし、自由摂取により8週間飼育した。さらに対照群として、ピオグリタゾン（Pioglitazone 10 mg/kg；アクトス錠15、武田薬品工業（株）、大阪）もしくは、メトホルミン（Metformin 50 mg/kg；SIGMA、St. Louis, USA）をコントロール群の飼育6週目より1日

1回、2週間経口投与した。これら4群のマウスを17時間絶食後、肝臓を摘出した。すべての動物実験は、環境省の「実験動物の飼養及び保管並びに苦痛の軽減に関する基準」および「城西大学動物実験規定」に従って行った。

1-3. 血糖値の測定

マウスの尾静脈より血液を採取し、血糖値測定用の検体とした。血糖値の測定には簡易型血糖値測定器（デキスターZII、バイエル薬品、大阪）を用いた。

1-4. 肝臓トリグリセライド（TG）量の解析

肝臓中の脂質を常法¹¹⁾に従って抽出した。肝臓100mgに対してKCl溶液(0.1M KCl:100% methanol = 1:2.5)を1mL加え、氷中にてポリトロンホモジナイザーで粉碎した。組織懸濁液に同濃度のKCl溶液を1.5mL加え、さらにクロロホルム1.375mL加え攪拌して、室温で3時間静置した。その後、1,300×g、4℃で15分間遠心し、下層を15mLチューブに移した。続いて、上層にKCl溶液を0.875mL、クロロホルム1.425mL加え攪拌して10分間静置した。同様に1,300×g、4℃で15分間遠心し、下層を回収して前記の下層と混合した。次に、蒸留水を0.25mL加えて攪拌した後10分間静置して、1,300×g、4℃で15分間遠心した。下層をトリグリセライドEテストワコー（和光純薬工業（株）、東京）を用いて、マニュアルに従って測定した。

1-5. 肝臓の組織化学的評価

摘出した肝臓をホルマリンで浸漬固定したサンプルについて、ヘマトキシリニエオシン染色およびOil red O染色を行った。これらの染色プレパラートの調製は、Narabyouri research Co., Ltd（奈良）に依頼した。標本は、顕微鏡（BX51W1、オリンパス（株）、東京）を用いて観察し、画像をデジタルカメラ（DP72、オリンパス（株））によって保存した。細胞情報は、画像解析ソフト（Scion Image 1.62, Scion

Corporation, MD, USA）により評価した。

1-6. 統計処理

データは、平均値±標準偏差として表示し、一元配置分散分析（ANOVA）後、Tukey'sの検定により解析した。検定における有意水準は5%とした。

2. 結果

2-1. KK-A^yマウスにおけるMAKの血糖上昇抑制効果

1週間の馴化後、7週齢時より週1回血糖値を測定した（図1）。KK-A^yマウスにMAKを混合した高脂肪飼料を8週間自由摂取させ、血糖値の推移をコントロール群と比較した。飼料摂取前の血糖値は約200mg/dLであったが、高脂肪飼料負荷後は徐々に上昇し、コントロール群では4週後に約420mg/dLを示した。MAK群においても血糖値の上昇傾向が認められたものの、コントロール群と比較してMAK摂取2週後から血糖上昇の抑制が認められ、4週後より血糖値は約350mg/dLを推移した。一方、ピオグリタツン、メトホルミンをコントロール群に6週後より投与したが、薬剤投与2週間でコントロール群と比較して著しく低下した。因みに、データは示さないが、コントロール群、MAK

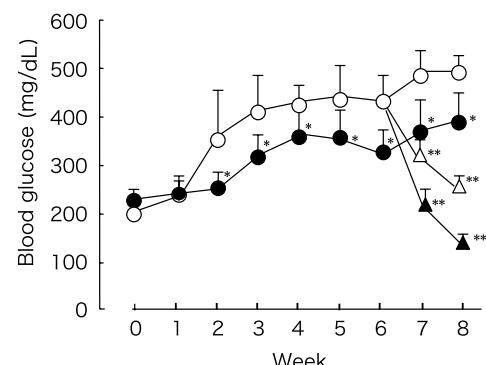


図1 MAKの長期摂取による血糖値の推移
雌性KK-A^yマウスを1週間馴化後、7週齢時より週1回血糖値を測定した。○コントロール群（Control）、●MAK群、△ピオグリタツン群、▲メトホルミン群。各値は、平均値±標準偏差で示した。（n=4-6）**p<0.01, *p<0.05 vs. Control group

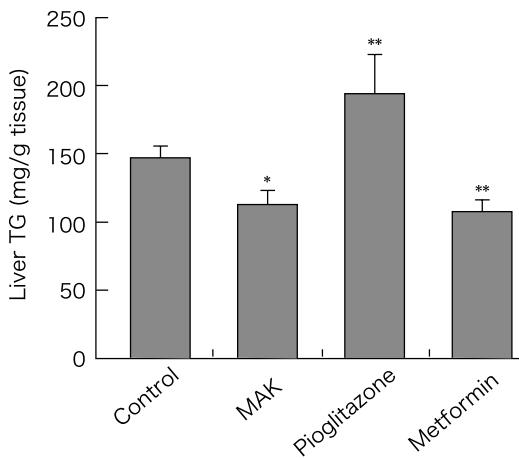


図2 肝臓中のトリグリセライド量

雌性 KK-A^y マウス肝臓のトリグリセライド量を測定した。各値は、平均値土標準偏差で示した。(n = 4-6) ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ vs. Control group

群およびピオグリタゾン群の体重の変動は認められなかつたが、メトホルミン群は飼育 8 週目において有意に減少した。

2-2. 肝臓トリグリセライド量の測定

肝臓中の TG 量を、トリグリセライド E-テストワコによって測定した(図2)。肝 TG 量は、コントロール群と比較して MAK 群、メトホルミン群でそれぞれ約 23%, 27% 有意に減少し、

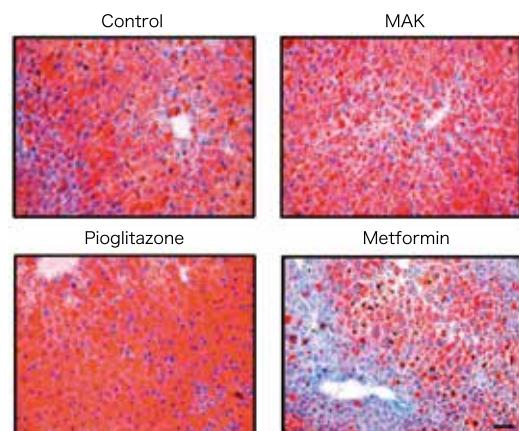


図3 肝臓の組織染色による中性脂肪の評価
雌性 KK-A^y マウス肝臓の中性脂肪を、Oil red O 染色により解析した。赤色の染色部分は中性脂肪(トリグリセライド)を、青色の染色部分は細胞核を示す。Scale bar = 50 μm

ピオグリタゾン群では約 32% 有意に増加した。

2-3. 肝臓細胞の組織化学的評価

KK-A^y マウス肝臓の中性脂肪を、Oil red O 染色により解析した(図3)。赤色の染色部分は TG を、青色の染色部分は細胞核を示しており、赤色の TG 陽性部位は、MAK 群においてコントロール群と比較して若干の減少が認められた。一方、ピオグリタゾン群では陽性部位が増加し、メトホルミン群では顕著に減少した。

肝臓組織をヘマトキシリン-エオシン染色法により解析した(図4)。全ての群で小葉中心

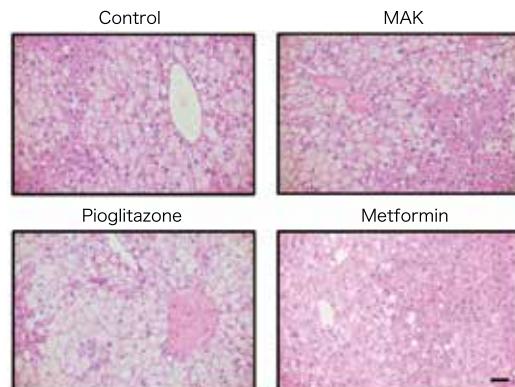


図4 肝臓組織のヘマトキシリン・エオシン染色
雌性 KK-A^y マウス肝臓組織を、ヘマトキシリン・エオシン染色法により解析した。Scale bar = 50 μm

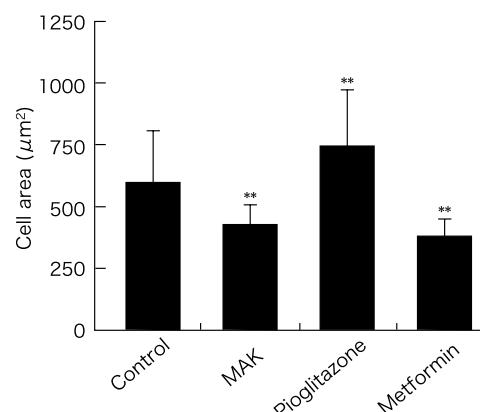


図5 肝臓細胞の面積

雌性 KK-A^y マウス肝臓組織のヘマトキシリン・エオシン染色像から、細胞(各群 100 個)の面積を測定した。各値は、平均値土標準偏差で示した。(n = 4-6) ** $p < 0.01$ vs. Control group

性の肝細胞空砲化が認められ、コントロール群と MAK 群では同程度であったが、ピオグリタゾン群では顕著であり、メトホルミン群では軽度から中等度であった。続いて、この染色像から各細胞の面積を測定した（図 5）。その結果、コントロール群と比べてピオグリタゾン群の細胞面積が約 26% 有意に増加したのに対して、MAK 群とメトホルミン群でそれぞれ 29%，36% 有意に低下した。

3. 考察

KK-A^yマウスは、高血糖を早期に呈し、過食、肥満、高インスリン血症および血中アディポネクチンの低下を示す 2 型糖尿病自然発症モデルマウスである。本研究において、KK-A^yマウスに MAK を 0.5% 混合した高脂肪飼料を 8 週間摂取させたところ、高脂肪飼料単独群と比べて飼育期間の経過に伴う血糖値の上昇抑制が認められた。一方、2 型糖尿病治療薬であるメトホルミンおよびピオグリタゾンの薬物投与群では、両者ともに投与直後から顕著な血糖値の低下を示した（図 1）。これらの結果は、MAK が血糖の上昇抑制作用を有するもののその作用は薬物群と比較して緩やかなものであり、継続的な摂取によって急激な血糖低下による低血糖などの副作用を誘起しにくい食品であることを示唆している。

これまでに MAK は、 α -グルコシダーゼ阻害作用を有し、正常血糖マウスにおけるマルトース負荷後の血糖上昇に対して比較的マイルドな抑制作用を示すことが明らかとなっている⁷⁾。さらに、2 型糖尿病モデルマウスに MAK を長期摂取させると血糖の上昇が抑制され、そのおもな作用機序に骨格筋および脂肪組織での GLUT4 の膜移行の促進作用によることも明らかとなっている⁸⁾。その詳細なメカニズムは、MAK 中の活性成分が骨格筋に直接的に作用し、PI3K/Akt および PKC シグナル伝達経路を活性化して GLUT4 の細胞膜への移行を増加させ、細胞内へのグルコースの取り込みを促進し、同時に AMPK の活性化や脂肪代謝に関

与するアセチル CoA カルボキシラーゼ (ACC) を介してインスリン抵抗性の改善が血糖上昇抑制に寄与しているものと考えられている⁹⁾。一方で、このような 2 型糖尿病における血糖値の上昇の抑制に対して、糖の取り込み亢進のみならず、肝臓における糖質代謝にも影響を及ぼす。MAK は、KK-A^yマウス肝臓での GLUT2 の発現を亢進させ、同時に、解糖系を亢進させる一方で糖新生系を抑制し、さらにグリコーゲンの合成を促進させることで、結果的に血糖値の上昇を抑制することが明らかになっている¹⁰⁾。

本研究で用いたビグアナイド系薬剤のメトホルミンは、骨格筋において AMPK の活性化を介して、GLUT4 の細胞膜への移行を促進させる^{12, 13)}。一方、チアゾリジン誘導体は、骨格筋細胞に対して GLUT4 の膜移行を促進させるとともに¹⁴⁾、脂肪細胞に発現する PPAR γ に結合し、脂肪細胞の分化を促進することでインスリン抵抗性を惹起する TNF- α ^{15, 16)} や遊離脂肪酸¹⁷⁾ の分泌を抑制する。従って、これら両薬剤の作用メカニズムは、インスリン抵抗性を改善して GLUT4 の細胞膜への移行を促進させ、その結果血糖を低下させるものと考えられる¹⁸⁾。

ところで、脂質代謝の異常は、中性脂肪を蓄積し肥満状態を誘起してインスリン抵抗性を惹起して、肝臓での糖新生系抑制経路の調節が不十分となり糖新生が亢進する。従って、インスリン抵抗性が改善されれば糖の放出が抑制され、結果的には血糖上昇の抑制につながると考えるものである¹⁹⁾。つまり、血糖値の上昇抑制は肝臓での糖代謝ばかりでなく脂質代謝とも密接に関連していることから、肝臓での脂質代謝にも注目する必要がある。

脂質代謝の観点から薬物の作用を評価すると、メトホルミンは、肝臓での AMPK を活性化して中性脂肪を減少させる。この作用は、糖新生酵素の転写コアクチベーターである PGC1 α を阻害して、転写因子 Foxo1 の核外移行が阻害され、グルコース 6- ホスファターゼ (G6Pase)，ホスホエノールピルビン酸カルボキ

シキナーゼ (PEPCK) などの糖新生酵素の遺伝子発現を抑制する。さらに、脂肪酸合成に関する ACC の活性化を抑制し、アセチル CoA からマロニル CoA への変換が抑えられ脂肪酸合成を低下させる。続いて、マロニル CoA の減少により脂肪酸をミトコンドリア内に輸送する酵素 CPT1 を活性化し、ミトコンドリアでの脂肪酸の β 酸化が亢進する。また、脂肪酸合成酵素遺伝子発現に関する転写因子 SREBP1c の発現や、脂肪酸合成に関する FAS の発現を抑制する^{5, 20)}。つまり、肝臓での脂肪酸が低下することで肝臓の脂肪が減少し、インスリン感受性が改善されるメカニズムである。

一方、ピオグリタゾンは脂肪組織に作用し、善玉アディポカインであるアディポネクチンの分泌を亢進させて脂肪酸の放出を抑制する。その結果、二次的に肝臓への脂肪酸の取り込みが減少し、中性脂肪の合成が低下する。加えて、肝臓では AMPK が活性化する²¹⁾。具体的には、脂肪細胞において、核内転写因子 PPAR γ とともに標的遺伝子のプロモーター部位に結合して転写を活性化し関連タンパク質の合成を促進する。その際、合成されるアディポネクチンの増加によって TNF- α が減少し、インスリン抵抗性が改善する。さらに、アディポネクチンは、皮下脂肪に TG を蓄積させ、肝臓の AMPK を活性化して糖新生を抑制し、過剰な中性脂肪の蓄積を抑制する⁶⁾。従って、ピオグリタゾンは、内臓脂肪を減らす一方で皮下脂肪を増やすことから、体内の脂肪分布が大きく変化するとの報告がある²²⁾。

本研究において、KK-A γ マウスの肝臓中の TG が MAK やメトホルミン投与群では減少していることが示された。一方、ピオグリタゾン投与群で増加傾向を示す結果については、肝臓への脂肪蓄積に何らかの影響があったものと考えられる。いずれにしても、インスリン抵抗性改善薬の中でも、ビグアナイド薬とチアゾリジン薬の作用機序はお互い異なることを示している。これらを総合すると、MAK が肝臓の中性脂肪を低下させ、さらに形態学的にも細胞の面

積を減少させるなどの情報は、メトホルミンの作用に類似することを示唆している。

これまでに、肝臓でのインスリン抵抗性に対して改善効果を有する食品成分が報告されている。オリーブの皮から抽出されたマスリン酸が、糖尿病態で異常となった肝臓の糖新生を抑制して、インスリン感受性を亢進させるとともに血中インスリンを低下させる²³⁾。また、カレーに含まれるクルクミンは、AMPK を活性化することで糖新生系酵素の PEPCK と G6Pase 活性を低下させるとともにインスリン抵抗性を改善させ血糖の上昇を抑制する²⁴⁾。さらに、ぶどうの皮や赤ワインに含まれるレスベラトロールは、AMPK を活性化させてインスリン抵抗性を改善する²⁵⁾ とともに中性脂肪を減少させることが明らかとなっている²⁶⁾。

健康食品として使用されている MAK は、マンネンタケ菌糸体を固形培地に接種し、子実体発生直前に培地ごと粉碎、熱水抽出・凍結乾燥させたものであり、マンネンタケとは異なり菌糸体成分に加え、固形培地由来の成分からの分解物や自己消化産物が多く含まれる²⁷⁾。靈芝は、サルノコシカケ科に属するマンネンタケ (*Ganoderma lucidum*) の生薬名であり、古くから滋養強壮、鎮静、血圧降下などの効果をもつ和漢薬（生薬）として使用され、免疫調節作用²⁸⁾、抗悪性腫瘍作用²⁹⁾、抗ウイルス作用³⁰⁾、コレステロール低下作用³¹⁾、抗酸化作用³²⁾などの報告があり、加えて血糖上昇抑制作用についてもいくつかの報告がなされている³³⁾。これに対して、MAK は、マンネンタケの菌糸体成分に加え、水溶性リゲニンをはじめとした菌糸体による固形培地の分解物や菌糸体の自己消化成分等を含有していることから、マンネンタケとは異なる生理活性を有する可能性が考えられる。マンネンタケ成分の血糖への影響については、子実体に含まれる多糖類のガノデラン A および B による血糖降下作用³⁴⁾、分子量約 58 万の多糖類によるインスリン分泌促進作用³⁵⁾、 α -グルコシダーゼ阻害活性を示す SKG-3 の知見³⁶⁾などがある。MAK には、多糖体、プロ

テオグリカン、テルペノイドなどのマンネンタケ菌糸体由来成分に加え、菌糸体による固体培地の分解物である水溶性リグニンや菌糸体の自己消化成分などの水溶性生理活性物質が含まれていると考えられる。今後、肝臓においてインスリン抵抗性を介した血糖の上昇抑制効果と脂肪蓄積を抑制する MAK 中の活性本体を明らかにしていく必要があると考えている。

このように、血糖の調節に影響を及ぼす化合物の存在が食品成分中に認められていることから、薬物に頼ることなく血糖の上昇をマイルドに抑制する食品成分を適切に利用した食事設計の概念が、糖尿病などの予防対策に益々重要な要素になってくる。

参考文献

1. 笹子敬洋、植木浩二郎、門脇孝：糖代謝と肝臓、臨床消化器内科、**23** (6): 685- 691, 2008.
2. 井上敬：脳による肝臓糖代謝調節機構、肝臓、**53** (6): 329- 335, 2012.
3. 稲垣暢也：糖尿病治療薬のサイエンス - From Bench to Bedside -, 南山堂
4. Zhou G., Myers R., Li Y., et al.: Role of AMP-activated protein kinase in mechanism of metformin action. *J. Clin. Invest.* **108** (8): 1167- 1174, 2001.
5. Owen MR., Doran E., Halestrap AP.: Evidence that metformin exerts its anti-diabetic effects through inhibition of complex 1 of the mitochondrial respiratory chain. *Biochem. J.* **15** 348 Pt 3 607- 614, 2000.
6. Li Y., Xu S., Mihaylova MM., et al.: AMPK phosphorylates and inhibits SREBP activity to attenuate hepatic steatosis and atherosclerosis in diet-induced insulin-resistant mice. *Cell Metab.* **13** (4): 376- 388, 2011.
7. Kawahara Y., Kamiuchi S., Okazaki M., et al.: Inhibitory effects of a water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* (Reishi) mycelia on postprandial blood glucose elevation in type 2 diabetic mice and additional effect with α -glucosidase inhibitors. *Jap. J. Compl. Alter. Med.* **8** (1): 1- 9, 2011.
8. Kamiuchi S., Hatta Y., Miyazato A., et al.: Hypoglycemic effects of a water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* (Reishi) mycelia in type 2 diabetic mice. *Jap. J. Compl. Alter. Med.* **7** (1): 999- 1006, 2010.
9. Kamiuchi S., Nishikawa Y., Okamura K., et al.: Induction of translocation of glucose transporter 4 in rat skeletal muscle cells by a water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* mycelia. *Jap. J. Compl. Alter. Med.* **12** (1): 19-27, 2015.
10. Kamiuchi S., Shinndo Y., Utsumi Y., et al.: Influence of a water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* mycelia (WER) on carbohydrate metabolism in the liver of type 2 diabetic mice. *Jap. J. Compl. Alter. Med.* **11** (1): 57-66, 2014.
11. Shoukry MI.: Extraction of lipids from mammalian liver using nontoxic solvents. *J Biochem. Biophys. Methods.* **3** (4): 219-24, 1980.
12. Liu Y., Wan Q., Guan Q., et al.: High-fat diet feeding impairs both the expression and activity of AMPKa in rats' skeletal muscle. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **13** (2): 701-707, 2006.
13. Kurth-Kraczek EJ., Hirshman MF., Goodyear L.J., et al.: 5' AMP-activated protein kinase activation causes GLUT4 translocation in skeletal muscle. *Diabetes* **48** (8): 1667-1671, 1999.
14. Yonemitsu S., Nishimura H., Shintani M., et al.: Troglitazone induces GLUT4 translocation in L6 myotubes. *Diabetes* **50** (5): 1093-1101, 2001.
15. Yamauchi T., Nio Y., Maki T., et al.: Targeted disruption of AdipoR1 and AdipoR2 causes abrogation of adiponectin binding and metabolic actions. *Nat. Med.* **13** (3): 332-339, 2007.
16. Popa C., Netea MG., van Riel PL., et al.: The role of TNF-alpha in chronic inflammatory conditions, intermediary metabolism, and cardiovascular risk. *J. Lipid Res.* **48** (4): 751-762, 2007.
17. Hirosumi J., Tuncman G., Chang L., et al.: A central role for JNK in obesity and insulin resistance. *Nature* **21** (6913): 333-336, 2002.
18. 小林正：脂肪細胞における TNF- α の発現調節とインスリン抵抗性における意義、医学のあゆみ、**184** (6): 562-566, 1998.
19. Barnea M., Haviv L., Gutman R., et al.: Metformin affects the circadian clock and metabolic rhythms in a tissue-specific manner. *Biochim. Biophys. Acta.* **1822** (11): 1796-1806, 2012.
20. Kubota N., Terauchi Y., Kubota T., et al.: Pioglitazone ameliorates insulin resistance and diabetes by both adiponectin-dependent and -independent pathways. *J. Biol. Chem.* **281** (13): 8748- 8755, 2006.

21. 山崎勝也, 戸邊一之:新しい糖尿病治療薬4メトホルミンとピオグリタゾン合剤の使い方, 月刊糖尿病, **1** (3): 74-75, 2011.
22. Saha AK., Kurowski TG., Colea JR., et al.: Lipid abnormalities in tissues of the KKAY mouse: effects of pioglitazone on malonyl-CoA and diacylglycerol. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* **267**: E95-E101, 1994.
23. Liu J., Sun H., Duan W., et al.: Maslinic acid reduces blood glucose in KK-Ay mice. *Biol. Pharm. Bull.* **30** (11): 2075-2078, 2007.
24. Kim T., Davis J., Zhang AJ., et al.: Curcumin activates AMPK and suppresses gluconeogenic gene expression in hepatoma cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **388** (2): 377-382, 2009.
25. Fullerton MD., Steinberg GR.: SIRT1 takes a backseat to AMPK in the regulation of insulin sensitivity by resveratrol. *Diabetes* **59** (3): 551-553, 2010.
26. Jeon BT., Jeong EA., Shin HJ., et al.: Resveratrol attenuates obesity-associated peripheral and central inflammation and improves memory deficit in mice fed a high-fat diet. *Diabetes* **61** (6): 1444-1454, 2012.
27. Okazaki M., Tanaka A., Hatta Y., et al.: Antioxidant properties of a water-soluble extract from culture medium of *Ganoderma lucidum* (Reishi) mycelia and antidiabetic effects in streptozotocin-treated mice. *Jap. J. Compl. Alter. Med.* **5** (3): 209-218, 2008.
28. Zhu XL., Lin ZB.: Effects of *Ganoderma lucidum* polysaccharides on proliferation and cytotoxicity of cytokine-induced killer cells. *Acta. Pharmacol. Sin.* **26** (9): 1130- 1137, 2005.
29. Gao Y., Gao H., Chan E., et al.: Antitumor activity and underlying mechanisms of ganopoly, the refined polysaccharides extracted from *Ganoderma lucidum*, in mice. *Immunol. Invest.* **34** (2): 171- 198, 2005.
30. Liu J., Yang F., Ye LB., et al.: Possible mode of action of antiherpetic activities of a proteoglycan isolated from the mycelia of *Ganoderma lucidum* *in vitro*. *J. Ethnopharmacol.* **95** (2-3): 265-272, 2004.
31. Hajjaj H., Macé C., Roberts M., et al.: Effect of 26-oxygenosterols from *Ganoderma lucidum* and their activity as cholesterol synthesis inhibitors. *Appl. Environ. Microbiol.* **71** (7): 3653-3658, 2005.
32. Wong KL., Chao HH., Chan P., et al.: Antioxidant activity of *Ganoderma lucidum* in acute ethanol-induced heart toxicity. *Phytother. Res.* **18** (12): 1024-1026, 2004.
33. Zhang HN., Lin ZB.: Hypoglycemic effect of *Ganoderma lucidum* polysaccharides. *Acta. Pharmacol.* **25** (2): 191- 195, 2004.
34. Hikino H., Konno C., Mirin Y., et al.: Isolation and hypoglycemic activity of ganoderans A and B, glycans of *Ganoderma lucidum* fruit bodies I. *Planta Med.* **51** (4): 339-340, 1985.
35. Kim SD., Nho HJ.: Isolation and characterization of alpha-glucosidase inhibitor from the fungus *Ganoderma lucidum*. *J. Microbiol.* **42** (3): 223-227, 2004.
36. Zhang HN., Lin ZB.: Hypoglycemic effect of *Ganoderma lucidum* polysaccharides. *Acta. Pharmacol.* **25** (2): 191- 195, 2004.

レトルトパウチ食品に緑色を付与できる天然素材 ～紅藻ダルスの素材特性と利用技術

木下 康宣 (KINOSHITA Yasunori)

北海道立工業技術センター 研究開発部 食産業技術支援グループ

Key Words : 紅藻 ダルス 色調 緑色 レトルト 素材特性 利用技術

はじめに

北米の大西洋岸やヨーロッパ北部に広く分布し、アイルランドやカナダなどの国で古くより利用されてきた海藻の一つに、紅藻に分類されるダルス (*Palmaria sp.*, 以下ダルスと称する) がある。この海藻は、これらの国々において、生でサラダなどに利用したり、素干ししたものをそのまま、あるいは調味料などとして食されていることが知られている¹⁾。一方、我が国では、北海道を中心に岩手県以北に生息しているとされているが、これまでのところ産業利用の例が聞かれない。ダルスは、函館市にある南かやべ地区だけでも、年間約1,000～2,000トンが繁茂していると推計されていることから、その利用用途が開発されれば、新たな産業種としての活用が大いに期待される海藻の一つということができる。

我々はこれまで、この海藻の食資源としての利用を目的に、様々な素材特性や利用適性に関する研究開発を進めてきた。その結果、ダルスはコンブやワカメなどの褐藻とは異なり、紅紫色を呈している生の原藻が、一定条件で加熱したり²⁾、あるいは紅藻のトサカノリや褐藻のワカメ³⁾で報告されているものと同様にアルカリ処理することによって緑色化することや、そ

れらを海水中で120℃、30分間加熱しても緑色が失われない^{2,4)}という、優れた食品科学的特性を持っていること、また、様々な優れた栄養機能特性を有していることなどを明らかにしてきた⁵⁾。こうした特徴は、従来、実現が難しいと考えられてきた、レトルトパウチ食品のような高温で加熱殺菌を施す食品群に緑色を付与したり、特定の栄養成分を効率的に摂取することを意識した各種食品群の開発にとって極めて有益と考えられ、新たな商品性を有する食品素材として注目され始めている^{6,8)}。

しかしながら、一方では、これを料理・調理・加工といった様々な場面で利用しようとした時に、いくつかの解決しなければいけない問題が存在することも明らかとなってきた。

本稿では、これまでにわかつてきたダルスの特性を概説した上で、最近得られた利用加工上の知見を解説し、加えてこうした情報を活用することにより生まれた現状の産業利用例を紹介させていただきたい。

1. 素材特性⁹⁾

1-1. 色調に係わる特徴

上述のごとく、ダルスは古くより、海外の一部の国で利用してきた海藻である。海外にお

ける利用研究の例を眺めると、栄養機能については生の原藻を試料に評価分析が進められ、実流通では多くが乾燥品として利用されている様子が窺える。これらは、我が国での利用用途開発を進める上で、有益な基礎知見といえるが、同じアプローチをしていては日本人の嗜好に沿った新たな知見が得にくいと思われる。一方で、我が国の特徴ある海藻文化として、海外ではまず見ることができないボイル利用が挙げられる。これは、我が国では昭和40年頃に湯通し塩蔵ワカメ製造の産業技術が開発されたといわれている³⁾ことから、少なくとも50年以上の経験を有している文化ということができる。そこで、我々は、こうした日本人ならではの視点から用途開発することを意識し、諸検討を進めることとした。

はじめに、ダルスをボイルしてどのような品質変化が起こるのかを確認した。その結果、生では紅紫色を呈している藻体が、ボイルすることにより緑色化することがわかった。そして、さらに、他の食材では得られない知見を求めて種々の検討を進めた結果、その色調が海水中で120℃、30分の加熱を施しても失われないことを明らかにした^{2,4)}。このことは、緑色化したダルスの色調が高い加熱耐性を有していることを示している。なお、この時の色合いを注意深く観察すると、加熱時間が長いほど、緑色は保持しつつも明るさが増す傾向にあることがわかった⁵⁾。一般に、緑色を呈するボイルワカメ、ニラ、ネギなどの食材は、鍋でグツグツと長時間の煮熟を施すと灰褐色化してしまう。このため、レトルトパウチ食品のような、過酷な加熱処理を行う製品群の中で緑色を表現することは困難とされている。このことから、ダルスは、加熱調理型の各種製品群に新たな商品性を付与できる可能性があり、興味深い素材といえる。

次に、こうしたダルスの特徴ある色調変化がなぜ起こるのかを知るための検討を行った。食品の呈色性は一般に、含まれる色素の組成によることが知られている。ダルスが有する色素の既知情報を整理すると、水に溶ける色素と溶け

ない色素が含まれていることがわかる。そこで、原藻から水溶性の色素と脂溶性の色素を抽出し、溶液の状態で加熱処理を施して、それぞれの色調変化を観察した。その結果、水抽出物には赤色・青色・紫色を呈するフィコビリ色素と呼ばれる色素が含まれる¹⁰⁾が、既報¹⁰⁾と同様、それらの呈色性は加熱により見かけ上失われ、透明化することが確認された。一方で、アセトン抽出物には、緑色を呈するクロロフィルなどの色素が含まれるが、これらは加熱後も呈色性が失われず、目視上も緑色を保持していることが明らかとなった。このことは、ボイル加熱による緑色化は、赤色・青色・紫色の呈色性が消失することに伴って、緑色が顕色化するためであることを示唆すると同時に、レトルトパウチ食品の製造条件に近い加熱を行った際に緑色の明るさが増す現象には、水溶性色素の関与がないことを意味している。

そこで次に、薄層クロマトグラフィーにより、120℃で0～30分間加熱した試料から得たアセトン抽出物の色素組成を評価した。その結果、加熱時間が長くなるほど緑色色素が減少する傾向にある一方で、黄色色素には顕著な減少が認められない様子が示された。このことから、加熱に伴って緑色の明るさが増すのは、緑色色素が保存される中で相対的に黄色みが強くなることが理由であると考えられた。なお、ここで認められた黄色色素は、その移動度などから、β-カロテンやルテインといったカロテノイドが主体と推察された⁵⁾。

さらに、なぜダルスの緑色色素が加熱耐性に優れるのかといった疑問を解決するために、同様の手法を用いて、加熱により灰褐色化する現象が知られているコンブやワカメとの色素組成の比較を行った。それぞれの試料について、加熱前の藻体から得たアセトン抽出物を薄層クロマトグラフィーに供したところ、緑色を呈するものはその移動度から各試料間で相違ない様子が示された。海藻に含まれる緑色色素の主体はクロロフィルで、それにはa, b, cなどがあることが知られているが、その中心的存在はクロ

ロフィル a といわれている^{11, 12)}。このことから推察すると、ダルスに含まれるクロロフィルは、コンブやワカメが有するものと何ら変わらないクロロフィル a だろうと考えられる。しかしながら、レトルト加熱後の藻体から得られたアセトン抽出物の色素組成を確認すると、コンブやワカメでは灰褐色を呈するバンドが検出されるのに対して、ダルスではそれがほとんど見受けられない様子が示された。クロロフィル a は、長期保存や加熱処理といった様々な環境変化に伴い、灰褐色を呈するフェオフィチン a などへ変換されることが知られている¹³⁻¹⁵⁾。そして、こうした変換は、ワカメや柿などを試料とした検討から、生理的 pH の変化¹⁶⁾ や酸性物質の存在¹⁷⁾ などによって促進されることが示唆、報告されている。このことから、ダルスが有する緑色が加熱耐性に優れるのは、コンブやワカメなどに比べて藻体に含まれる酸性成分が少ないなどの理由により、クロロフィル a がフェオフィチン a へ変換されにくいことが原因である可能性が高いと推察される。この詳細については現在、鋭意検討を進めているところである。

以上の素材特性に係る詳細は、既報⁹⁾ を参照されたい。

1-2. 栄養成分に係る特徴¹⁸⁾

海藻は一般に、脂質が少なく、食物繊維、鉄、ビタミン類が豊富でヘルシーというイメージが強いが、ダルスの利用を進める上で、その栄養成分に係る特徴を整理することは重要である。

我々日本人が古くより利用してきた海藻の一つとして、褐藻に分類されるコンブやワカメが挙げられる。これらには、海藻一般に知られる特徴以外にも、多様なミネラルやビタミン C などが豊富に含まれていることが知られている。

一方で、ダルスは、北米や北欧で「海のパセリ」と称して親しまれてきた海藻で、上述した特徴以外に、ビタミン B₁₂ という魚肉や畜肉などに多いとされる特殊な成分が含まれていたり、シャキシャキとした独特の食感を有していることも大きな特徴の一つである。この海藻は、

北欧などで極寒の野菜が乏しい季節に壞血病などを防ぐ貴重な食べ物として利用されてきたといわれており、今でもスナックや伝統的な料理食材として地元の人に食されている¹⁹⁾。しかしながら、日本国内で採取されたダルスの栄養成分が海外産のものと同じである保証はない。

そこで、2014年2月に函館市南かやべ地区で採取されたダルスを試料として、一般成分、ミネラル、ビタミン、重金属類を中心とした栄養成分の分析を行った。その結果、我が国で採取されたダルスにも、海外産と同様、タンパク質や食物繊維の他、カリウムやビタミン類といった、優れた栄養成分が豊富に含まれていることが確認された。こうした成分は、処理や加工によって変動すると予想されるが、代表的なものの分析値を乾燥重量当たりに換算し、日本食品標準成分表 2010²⁰⁾ に記載のある食品素材の一部と比較すると、乾燥したダルスでは、タンパク質が「佃のお肉」と例えられる大豆（国産、乾）40.3g/100g 並みの 42.3/100g、食物繊維では 35.4g/100g とごぼう（根・生）の 31.1g/100g を上回る含有量にあることがわかった。また、生の原藻では、ナトリウムの尿排泄を促す効果があるとされるカリウムがパセリ（葉・生）の 6.5g/100g を上回る 21.6g/100g も含まれており、カリウム / ナトリウムの割合も 5.8 と優れていた。

β-カロテンを含むビタミン A、鉄、ヨウ素は、世界的に摂取不足が懸念される三大栄養素として知られている成分であるが、ダルス原藻ではヨウ素が「まこんぶ」の約 1 割、ボイル塩蔵品では β-カロテンが「にんじん（根、皮むき、生）」の約 3 割、鉄は原藻でもボイル塩蔵品でも「ぶた肝臓（生）」の約 2 割含まれている。さらに、ダルスには、ビタミン K も「糸引き納豆」の 3 割に相当する量が含まれていることから、ダルスは様々な栄養成分を摂取するために有益な食品素材の一つといえる。なお、重金属類としてヒ素、カドミウム、鉛なども分析したが、今回分析に供したダルス（原藻、ボイル塩蔵品、乾燥品）では、何れも健康被害が懸念されるよう

な含有量にはないことを確認している⁵⁾。

先に述べた通り、ダルスはノリと同じ紅藻に分類される海藻であり、コンブやワカメは褐藻に区分されるものである。大局的にそれぞれの栄養成分を眺めると、紅藻は褐藻に乏しい成分を豊富に含んでおり、褐藻は紅藻に乏しい成分を補う成分を含有しているという、相補的な関係があるように思えてくる。今後、さらに、ダルスが有する栄養成分の詳細を精査すると共に、栄養学的観点で見た場合、我が国で良く利用されている海藻の中でどのような役割を果たすのかといったアプローチも行い、その特徴を明らかにしていきたいと考えている。

以上の栄養成分に係る概要は、既報¹⁸⁾を参照されたい。

2. 利用加工技術に関する知見²¹⁾

これまでの取り組みから、ダルスの優れた特徴の一端が明らかとなってきた。しかしながら、その嗜好性が日本人に広く受け入れられるものであり、かつ料理・調理・加工といった様々な場面で利用しやすい素材でなければ産業利用には結びつかない。そこで、2014年春より、函館市南かやべ地区で試験収穫されたダルスをボイル塩蔵加工して試験販売を行ってきた。その結果、ノリに良く似た香味を持ち、シャキシャキとした食感があつて美味しいとの評価をいただく一方で、①水道水でボイルをすると藻体が軟化しやすい、②酢に浸けると変色しやすい、③保存環境によっては退色するといった、利用上の諸問題があることもわかつてきた。そこで、ダルスの利用性向上を目的に、関連する知見の収集を進めた。ここからは、こうした問題の解決に結びつくことが期待される取り組み結果を、実験方法を交えて解説する。

2-1. ミネラルが組織性状に及ぼす影響

試験販売でご利用いただく一般消費者の方、業務筋や飲食提供を行う調理人の方、加工素材としてサンプルを提供した各種メーカーの方から、ボイル塩蔵加工したダルスを水道水で加熱

すると、藻体が軟化し崩れてしまうというご指摘をいただいた。これまでの我々の経験では、天然海水や人工海水を用いて加熱処理を施した際にこういった現象は観察されていない。そこで、この理由の一端が溶液に含まれるミネラルにあると予想し、その影響を検討した。

2015年2月に、函館市南かやべ地区で得られたダルスを用いて製造されたボイル塩蔵品(野村水産(株))を-20℃で保存し、これをおよそ50倍量の蒸留水に5分間浸漬することによって塩抜きしたものを実験材料とした。実験材料3.0gを試験溶液でリソスした後、50mlのディスポチューブに投入し、25mlの試験溶液を加えて95℃で4時間煮熟処理を行い、その後、氷水中で30分冷却したものをろ紙(ADVANTEC No.2, φ185mm)上に広げることで藻体の崩れの様子を観察し、写真にて記録した。試験溶液には、蒸留水、水道水に加えて、様々なミネラルを含有する天然海水および人工海水を使用した。その結果、蒸留水および水道水では、煮熟過程で官能的な藻体の軟化が進行し、煮熟後には藻体が崩壊しているものが多く存在する様子が示された。一方、天然海水および人工海水で同様の実験を行ったものでは、これまでの経験同様、顕著な崩壊が認められなかった。このことから、水道水で煮熟した際に見られる藻体の軟化あるいは崩壊は、溶液の塩濃度やそこに含まれるミネラルの影響が大きいことが確認された。

一般的な料理・調理・加工の場面では、嗜好性の向上を主目的に食塩が使われる。食塩には様々なものがあるが、各種のミネラルを含むか否かといった観点でみると、典型的な例として、ナトリウムの含有率を高めた精製塩と、にがり成分として知られるマグネシウムやカルシウムなどのミネラルが豊富に含まれる天日塩が挙げられる。そこで、次に藻体の軟化を抑制する技術に係る知見を得る目的で、天日塩の使用が藻体性状に及ぼす影響を検討した。天日塩を0~1%濃度となるよう水道水に溶解した試験溶液を用いて同様の実験を行った結果、天日塩を溶

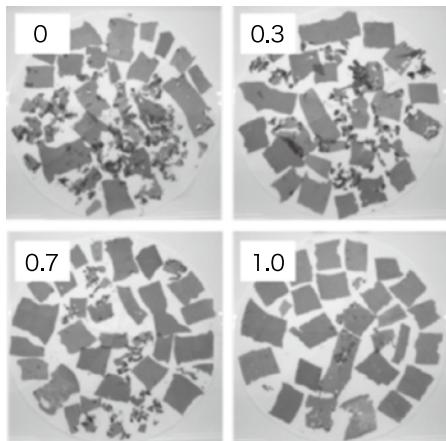


図1 天日塩の濃度が煮熟後の藻体性状に及ぼす影響（図中の数字は水溶液中の天日塩の濃度（%））

解することにより、煮熟時に見られる組織崩壊が抑制できることが確認された（図1）。

さらに、ここでは結果を示さないが、ミネラル種の影響を詳細に検討するため、その組成の異なる人工塩水を作製して同様の試験を行った。基本溶液には、500mM NaCl, 12mM CaCl₂, 14mM MgCl₂, 12mM KCl₂となるよう調整したものを用い、試験溶液では CaCl₂, MgCl₂, KCl₂ を含まないものも調製して使用した。なお、試験溶液では、イオン強度の影響がないよう、NaClの溶解量を調整して使用した。その結果、藻体の軟化や組織崩壊はカルシウムを含まない溶液で処理したものが最も顕著であることが確認された。このことは、藻体の組織性状を維持するためにはカルシウムの存在が必須であることを示唆している。コンブやワカメを用いた実験では、藻体に含まれるアルギン酸含量が物性値と正の相関関係にあること²²⁾、また、ボイル加熱時に見られる軟化はアルギン酸カルシウムからカルシウムが離脱することが大きな要因であること²³⁾、そして、カルシウム処理を行うと不溶性多糖類が増えて物性が向上することが報告されている²⁴⁾。このことから、今回認められた現象は、天日塩に含まれるカルシウムがアルギン酸カルシウムからのカルシウム離脱を防ぎ、結果的にアルギン酸の水溶性化を抑制することによって組織崩壊が防止さ

れたものと考えられた。

以上の結果から、煮熟時に見られる藻体の軟化は、天日塩や食品添加物として利用されているカルシウム製剤を上手く利用することによって抑制できることが明らかとなった。

2-2. pH が色調に及ぼす影響

流通されている食品の一部では、より安定した保存性を確保するために、pH 調整剤を使用して弱酸性環境にする工夫が行われている。一方で、色素一般の性質として、同じ色素でも pH によって呈色性が変わることも良く知られた事実である。そこで、様々な場面におけるダルスの利用性を知る目的で、ダルスの色調に及ぼす pH の影響を検討した。

各種の有機酸（乳酸、クエン酸、サリチル酸、フタル酸、プロピオン酸、りん酸、酢酸、硫酸）を用いて pH2 ~ 6 に調整した水溶液に、ボイル加熱を施すことにより緑色化させたダルス藻体を浸漬し、5℃で3日間静置した前後の色調を測定した。色調測定は、ミノルタ（株）の SPECTROPHOTOMETER CM-3500d を用いて実施し、その評価は反射スペクトルを測定することにより行った。結果は、ワカメ²⁵⁾やコンブ²⁶⁾の鮮度評価方法を参考に 560nm / 600nm の反射率比を算出し、緑色度として表した。こ

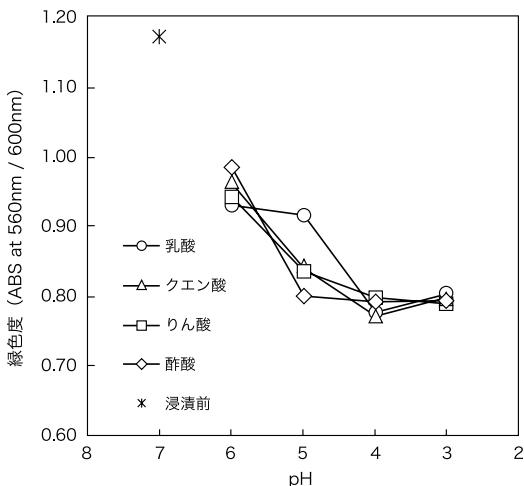


図2 有機酸の種類と pH が緑色度に及ぼす影響

れは、数値が小さいほど、生の原藻が呈する紅紫色に近い色調であることを意味し、大きいほど新鮮な原藻をボイル加熱した時に見られる濃い緑色を呈していることを示す指標である。その結果、ここでは食品加工の場で利用されやすいいくつかの有機酸を代表例として示すが、ダルスの緑色度は、用いた有機酸の全てでpHが低いほど低下することが示された(図2)。現状では、pHによる色調変化のメカニズムは定かでないが、得られた知見はpHが低い環境では赤色化が起こるという啓発資料としてあるいは、より積極的に赤色化させたダルスの利用技術を開発するための知見として活用できると考えている。

2-3. 光が色調に及ぼす影響

食品の色合いは、流通保管あるいは陳列時に起こる射光によって、退色してしまうことがある。そこで、ダルスの緑色が光にも耐性を有しているのか、また実流通上の留意点を知る目的で、射光下での保存試験を行った。

実験材料 30g を 10 倍量の 34% 人工海水と共に透明パウチに投入してシールした後、(株) 日阪製作所の熱水式レトルト殺菌装置 (RCS-60SPXTG) を用いて 120℃ で 15 ~ 60 分間加熱処理を行い、太陽光および蛍光灯のもとで 35 日間室温保存した。蛍光灯には、National LOVEEYE INVERTER (FPL27EX-N 3 波長形昼白色) を使用し、保存はその約 30cm 直下に試料を設置することにより行った。評価は、上述と同様の方法で保存前後の藻体の色調を測定し、結果は黄色みを示す b* 値の保存前後の比で表した。人工塩水には、富田製薬(株) 製の人工海水「MARINE ART Hi」を 34% になるよう蒸留水に溶解して使用した。

太陽光と蛍光灯に 35 日間曝露した際の色合いを目視により評価したところ、太陽光に曝露したものでは、保存に伴い色合いが失われ、緑色を呈する藻体が白色透明化してしまう様子が窺えた。同様の実験を夏と秋に行ったが、秋に試験したものよりも夏に行ったものの方

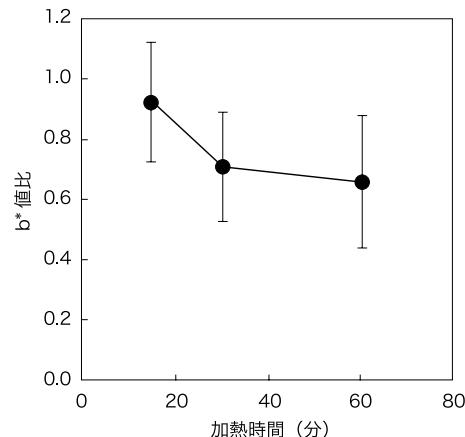


図3 保存前後の b* 値の変化

が早く退色することが確認された。一方で、紫外線を含まない蛍光灯下で保存したものでは、保存中に起こる変化が軽微であることがわかった。一般に、多くの食品では、紫外線の照射によって含有される色素の光酸化が進み、呈色性を失うものが多いことが知られている。このことから、今回観察された退色も、主に紫外線の量による影響と推察された。なお、こうしたもののが b* 値は、加熱時間が長い試料ほど顕著に低下する傾向にあることが示された(図3)。

b* 値は、食品の色調評価の場面で黄色みを示す指標として利用されているものである。そして、前述したとおり、薄層クロマトグラフィーによる色素組成の評価結果から、ダルスには黄色みを呈することが知られている β- カロテンやルテインが含まれていることがわかっている。このことから、ここで観察された b* 値の低下は、当該成分が光により分解を受けたことによるもので、それは加熱履歴によって強い影響を受けるものと考えられた。こうした結果は、ダルスを食品加工の場で利用する際に安定した色調を維持するためには、アルミパウチなどの遮光性に優れた包装資材を使用することが好ましいことを示唆している。

これらの利用加工技術に関する知見の詳細は既報²¹⁾を参照されたい。

おわりに

これまでに、ダルスの食資源化を目的として、様々な取り組みを行ってきた。その結果、海外にはない、多くの有益な知見を得ることができた。

現在は、協力機関である民間企業により、得られた知見を活用したボイル塩蔵品や、それを用いた飲食提供および二次加工品の開発が進められている（図4）²⁷⁻³¹⁾。また、より積極的な健康機能に係る知見収集も進められており、ダルスが有するフィコビリタンパク質由来のペプチドに、血圧上昇に関与することが知られているアンジオテンシンⅠ変換酵素の活性を阻害す



図4 ダルスを活用したボイル塩蔵品（左）とそれを加工した佃煮（右）

参考文献

1. 川口栄男, 神谷充伸: 海藻の生産と利用・食用, 藻類ハンドブック, 渡邊信監修, 東京, NTS, 636-639, 2012.
2. 特開 2015-122963, 緑色化させた紅藻ダルス属の保存方法
3. 小野寺宗仲: 冷凍生ワカメの開発と商品化について, 冷凍, 85 (997): 53-59, 2010.
4. 木下康宣, 今村珠美: レトルト食品に緑を添えませんか? —新しい食品素材・紅藻ダルスの食品科学的特性—, FOOMA JAPAN 2014 アカデミックプラザ研究発表要旨集, 21: 274-277, 2014.
5. 木下康宣, 今村珠美: 魅力的な海藻: ダルス—その栄養機能と加工特性—, FOOMA JAPAN 2015 アカデミックプラザ研究発表要旨集, 22: 263-266, 2015.
6. 紅藻「ダルス」活用に期待, 5月28日, 函館新聞, 2014.
7. 加熱で緑に・期待の海藻, 6月17日, 北海道新聞, 2014.
8. 「海のバセリ・ダルス」商品化研究・高温で長時間ボイルしても緑色維持, 3月23日, 水産新聞, 2015.
9. 木下康宣: 養殖コンブ生産の高付加価値化に向けた新たな取り組み –未利用紅藻ダルスの利用技術開発を中心に-, 冷凍, 90 (1055): 20-28, 2015.
10. 菅原達也: フィコビリタンパク質の機能, 水産物の色素, 平田孝・菅原達也編, 東京, 恒星社厚生閣, 9-18, 2008.
11. 野田宏行: 色素, 水産利用化学, 鴻巣章二, 橋本周久編, 東京, 恒星社厚生閣, 312-325, 1992.
12. 天野秀臣: 海藻の生化学とバイオテクノロジー, 水産生物化学, 山口勝己編, 東京, 恒星社厚生閣, 189-192, 1991.

る効果があること³²⁾など、新たな知の集積も進められている。

実利用の場面では、まだまだ解決を図るべき問題も残されているが、今後多くの方のご指導とご協力を得ながら、幅広い産業分野から注目をいただける素材として進展するよう努力していきたいと考えている。

謝辞

本稿記載の素材特性に係る知見の一部は、文部科学省「地域イノベーション戦略支援プログラム」、北海道・函館市「高度技術開発・応用研究に係る研究開発事業」、農林水産省「新需要創造支援事業」、「6次産業化・新産業創出促進事業」および同省の委託事業「平成27年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(発展融合ステージ)」にて行った成果である。また、これらの取り組みは、北海道大学大学院水産科学研究院 院長 安井肇氏, 同准教授 岸村栄毅氏, 同准教授 細川雅史氏, 同准教授 井上晶氏, 南かやべ漁業協同組合 常務理事 吉崎欣也氏, 野村水産株式会社 代表取締役 野村譲氏他の協力を得て実施したものである。ここに記して、関係者の皆様に深謝する。

13. 片山修, 田島眞共著: 食品と色, 光琳, 71-117, 2003.
14. 石谷孝佑: 食品の変色の化学, 木村進, 中林敏郎, 加藤博通編著, 光琳, 159-183, 1995.
15. 下田洋輔: クロロフィルタンパク質複合体の構築と分解に関する研究, 博士論文, 北海道大学, 2014.
16. 佐藤照彦, 船岡輝幸: 海藻類の加工について (1) ワカメの鮮度保持事件, 北水試月報, 7 (23): 45-61, 1966.
17. 佐伯俊子, 中西洋子, 濱戸美江他, 緑葉クロロフィルの熱安定性に関する研究 一柿葉加熱時の変色とその防止ー, 調理科学, 23 (1): 106-110, 1990.
18. 海藻「ダルス」産業利用へ前進・幅広い用途／栄養素バランス良く, 函館新聞, 2015
19. マリタイム・ガーデンズ・オブ・カナダ, <http://www.maritime.jp/11/>
20. 日本食品標準成分表 2010, 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会, 2010
21. 木下康宣, 齊藤美帆: 未利用海藻ダルスの産業利用に関する研究 – 加工上の問題点とその解決方法 -, FOOMA JAPAN 2015 アカデミックプラザ研究発表要旨集, 23: 261-264, 2016.
22. 佐藤孜郎, 彌益あや, 中永征太郎: 諸地域産わかめの性状と多糖類, ノートルダム清心女子大学紀要 生活経営学・児童学・食品栄養学編, 16 (1): 43-53, 1992
23. 中川禎人, 奥田弘枝: 乾燥コンブの軟化度に及ぼす調味成分の影響 第3報 乾燥コンブのアルギン酸の性状に及ぼす調味成分の影響, 調理科学, 24 (2): 108-112, 1991
24. 芝恵子, 佐藤孜郎: Ca^{2+} および Mg^{2+} による処理に伴うワカメ藻体の物性とアルギン酸組成の変動, ノートルダム清心女子大学紀要 生活経営学・児童学・食品栄養学編, 8 (1): 57-63, 1984
25. 木下康宣, 吉岡武也, 宮崎俊一 他: 生鮮ワカメの鮮度に与える酸素の影響, 日食工誌, 9 (4): 297-302, 2008.
26. 木下康宣: 生鮮コンブの食品科学的特性, 冷凍, 88 (1025): 67-74, 2013.
27. ダルスに关心, 11月23日, 水産新聞, 2015.
28. ダルス実用化に向け加速, 3月14日, 水産新聞, 2016.
29. 紅藻ダルスでつくだ煮, 4月18日, 水産新聞, 2016.
30. 海の厄介者・味な変身 海藻「ダルス」でつくだ煮, 5月26日, 北海道新聞, 2016
31. 海藻ダルス・商品化加速 南茅部産「栄養価高いスーパーフード」, 5月27日, 北海道新聞, 2016
32. Furuta T., Miyabe Y., Yasui H. et al.: Angiotensin I Converting Enzyme Inhibitory Peptides Derived from Phycobiliproteins of Dulse *Palmaria palmata*, *Marine Drugs*, 14 (32; doi: 10.3390 / md14020032):, 2016.

脂肪燃焼組織・褐色脂肪の食品成分による活性化と抗肥満効果

岡松 優子 (OKAMATSU Yuko)¹

¹ 北海道大学 大学院獣医学研究科 生化学教室

Key Words : 褐色脂肪 脱共役タンパク質 エネルギー消費 肥満 カプシノイド

はじめに

動脈硬化や脳卒中などを引き起こすメタボリックシンドロームの増加が世界中で問題となっている。その最大のリスクファクターである肥満症は、エネルギー消費量の減少と摂食量の増加が原因であり、病態解析と予防・解消方法の開発が求められている。褐色脂肪は、エネルギー消費の側面からの肥満対策のターゲットとして注目されている特殊な脂肪組織であり、食品成分を含めて活性化因子の探索が活発に行われている。本稿では褐色脂肪の機能とその制御機構を概説し、抗肥満作用を持つ食品成分カプシノイドの作用における褐色脂肪の役割について紹介したい。

1. 褐色脂肪とは

私たちの体には白色と褐色、二種類の脂肪組織が存在する(図1)。一般的に体脂肪、内臓脂肪などと呼ばれる白色脂肪は、全身

に広く存在しており、細胞内には大きな単一の脂肪滴(单房性脂肪滴)を含んでいる。褐色脂肪は、肩甲骨付近や腎周囲などの特定部位に少量だけ存在しており、細胞内には小さな複数の脂肪滴(多房性脂肪滴)を含む。両者はともに脂肪を蓄える能力を持つ点は共通しているが、生理的な役割は対照的である。白色脂肪は余剰なエネルギーを中性脂肪として蓄え、必要に応じて脂肪酸として全身に供給するエネルギーの

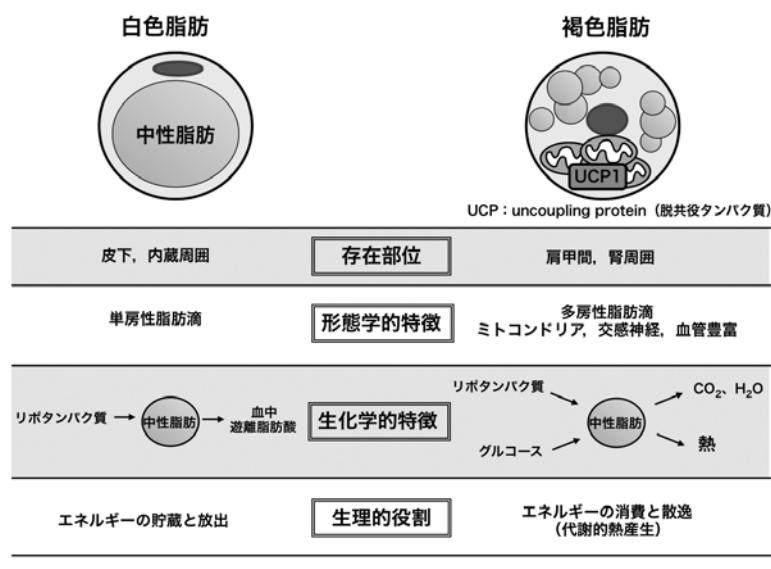


図1 白色脂肪と褐色脂肪

貯蔵庫としての役割を持つ。一方で、褐色脂肪は脂肪を燃焼して熱を産生する特殊な脂肪組織である^{1,2)}。

褐色脂肪は冬眠動物が冬眠から覚醒する際に体温を上昇させるために機能する非ふるえ熱產生の部位として発見されたが、ほとんどの哺乳類動物に存在し、新生児期や寒冷環境での体温維持に重要な役割を持つ。ヒトを含めた大型の哺乳類では、成長に伴い体重に対する体表面積の割合が減少して熱放散量が低下するので、熱產生の必要性も低くなり褐色脂肪量は減少する。しかし、成人においても機能的な褐色脂肪が存在している³⁾。褐色脂肪は熱產生のために脂肪エネルギー（脂肪酸）を消費するが、その脂肪酸は自身が細胞内に蓄えた中性脂肪由来のものに加え、白色脂肪から供給されるものである。したがって、褐色脂肪が活性化すると体脂肪（白色脂肪）が減少することになる。そのため、エネルギー消費の側面からの肥満対策のターゲットとして認識されている。

2. 褐色脂肪の熱產生と制御機構

褐色脂肪はその名の通り「褐色」であるが、その色はミトコンドリアによるものである。豊

富なミトコンドリアの内膜に存在する脱共役タンパク質 Uncoupling Protein 1 (UCP1) が熱產生を担っている。ミトコンドリアでは、呼吸鎖によって作られる内膜を隔てたプロトンの濃度勾配を利用して ATP 合成酵素により ATP が合成されるが、UCP1 は ATP 合成を伴わずにプロトン濃度勾配を解消し、そのエネルギーは熱として散逸される（図 2）。

UCP1 の活性化は交感神経により厳密に制御されている。すなわち、寒冷刺激などが脳に伝わると褐色脂肪を支配する交感神経が活性化し、神経終末から放出されたノルアドレナリンは褐色脂肪細胞膜上の β アドレナリン受容体に結合する。細胞内ではアデニル酸シクラーゼの働きで cAMP 濃度が上昇し、プロテインキナーゼ A が活性化してホルモン感受性リバーゼをリン酸化する。ホルモン感受性リバーゼは細胞内に蓄積された中性脂肪を加水分解し、遊離した脂肪酸は β 酸化により代謝されて熱產生のためのエネルギー源となるとともに、UCP1 に直接作用してプロトンチャネル機能を活性化する。UCP1 の活性化に関わる脂肪酸はミトコンドリア膜より供給されるという報告もある⁴⁾。いずれにしても、UCP1 の活性化には脂肪酸が

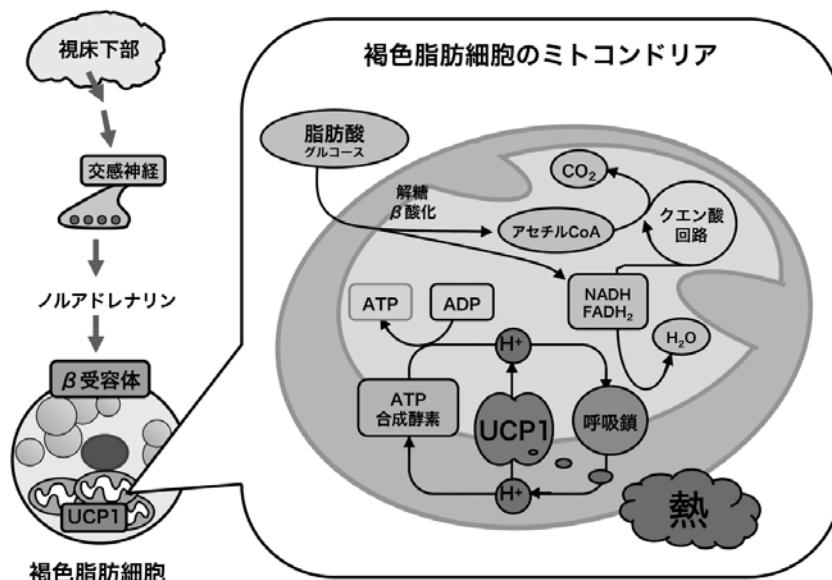


図 2 UCP1 による熱產生と活性調節

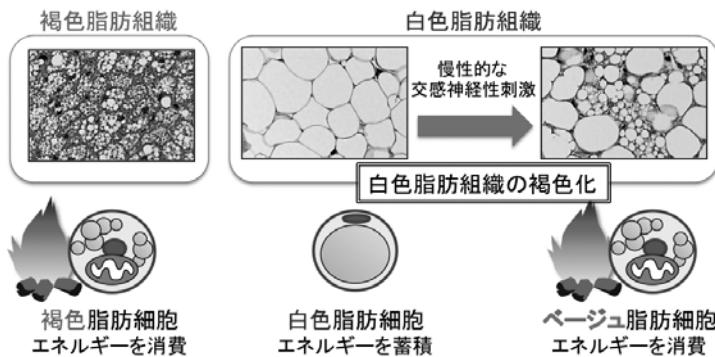


図3 二種類の脂肪組織と白色脂肪組織の褐色化

必須であり、活性化して初めてエネルギー消費能を発揮することになる。

上記の活性化経路は UCP1 の発現量も増加させる。プロテインキナーゼ A により種々の転写因子が活性化し、UCP1 やミトコンドリアの増生に関わる遺伝子の発現を増加させる。交感神経の活性化が長期に渡れば、UCP1 のみならず褐色脂肪細胞そのものの数が増加して組織が増生する。加えて白色脂肪にも UCP1 発現が誘導され、組織学的にも多房性脂肪滴を含む褐色脂肪細胞に酷似した細胞が認められる（図3）。この現象は「白色脂肪の褐色化」として古くから知られており、誘導される UCP1 発現細胞は褐色脂肪細胞と同じようにエネルギー消費能を持つ⁵⁾、近年の研究により誘導される細胞は遺伝子発現パターンが褐色脂肪細胞とは異なることが明らかとなり^{6,7)}、ページュ脂肪細胞と呼ばれている。ヒト褐色脂肪はページュ脂肪細胞から成るという報告もあり^{7,8)}、その誘導機序などの研究が盛んにおこなわれている。これらの機構により全身の UCP1 量が増加することで、動物は寒冷環境に適応する。

3. 褐色脂肪と肥満

エネルギー消費分子である UCP1 が体脂肪量の調節に関わっていることは、いくつかの遺伝子改変マウスにより示されている。例えば、UCP1 プロモーターの下流でジフテリア毒素を発現させたトランシスジェニックマウス（UCP1-DTA マウス）は褐色脂肪量が 3 分の 1 程度に

減少するが、通常のマウスよりも太りやすいことが報告されている⁹⁾。反対に、UCP1 を様々な組織で過剰発現させたトランシスジェニックマウスは肥満抵抗性になる¹⁰⁻¹³⁾。また、薬剤を用いた検討もある。アドレナリン受容体のうち、脂肪細胞に特異的に発現している β3 受容体の作動薬を投与すると、UCP1 が活性化して全身のエネルギー消費量が増加して体温が上昇するし、長期的に投与すると肥満が解消される¹⁴⁾。また、脂肪細胞から分泌されて食欲を抑えるホルモンであるレプチシンは、内因性の褐色脂肪活性化因子の一つであり、長期的に投与すると UCP1 依存的にエネルギー消費を亢進させ、摂食量低下作用とあわせて体脂肪減少作用を示す¹⁵⁾。ヒトにおいても褐色脂肪量は体脂肪量と逆相関を示すことから³⁾、褐色脂肪が体脂肪量の調節に関わっていると考えられる。

4. 食品成分による褐色脂肪の活性化と抗肥満作用

以上のように、褐色脂肪を活性化すると体脂肪が減少することは多くの動物実験により示されており、機能性食品成分を含めて活性化因子の探索が行われている。寒冷刺激は温度受容体である transient receptor potential (TRP) チャネルを活性化し、感覚神経を介して脳に伝えられて上述の交感神経—褐色脂肪—UCP1 の経路を活性化する。TRP チャネルは温度、pH、浸透圧、機械刺激など様々な刺激により活性化するが、TRP ファミリーの一つ TRPV1 は唐辛子の辛み

成分であるカプサイシンにより活性化する。カプサイシンを摂取するとエネルギー消費量（酸素消費量）が増加し、慢性的に摂取すると体脂肪が減少することがヒトやマウスの実験で示されている¹⁶⁻¹⁹⁾。褐色脂肪への作用については報告が少ないものの、UCP1を増加させる可能性がラットを用いた実験により示されている²⁰⁾。つまり、カプサイシンはTRPV1チャネルを通して上記経路を活性化する可能性がある。

残念ながら、カプサイシンは強い辛みを示すため肥満対策に利用するには適していないが、カプサイシンの類似体であるカプシノイドは辛みが少なく（カプサイシンの1000分の1）、カプサイシンと同様にTRPV1チャネルを活性化する²¹⁾。カプシノイドはカプシエイト、ジヒドロカプシエイト、ノルジヒドロカプシエイトからなり、マウスやヒトにおいて、摂取するとエネルギー消費量が亢進し^{22,23)}、長期摂取により肥満が軽減されることが示されている^{24,25)}。カプシノイドの体脂肪減少作用はTRPV1欠損マウスでは認められず、胃からの迷走神経切除によっても消失することから²²⁾、摂取したカプシノイドは胃のTRPV1チャネルを活性化し、迷走神経を通して脳に情報が伝えられると考え

られる。さらに、動物実験では、カプシノイド摂取による褐色脂肪を支配する交感神経活動の増加、組織温度の上昇、UCP1発現量の増加などが示されている^{26,27)}。また、ヒトにおいても褐色脂肪量が多いヒトではカプシノイド摂取による酸素消費量の増加が認められる²⁸⁾。これらの事実から、カプシノイドの体脂肪減少作用に褐色脂肪が関わることが示唆される。

そこで、我々はカプシノイドによる抗肥満作用に褐色脂肪—UCP1がどの程度寄与するのかを調べるために、UCP1欠損マウスを用いて検討した²⁹⁾。野生型マウスおよびUCP1欠損マウスに高脂肪食（30% 脂肪、w/w）を12週間与えると両マウスとも通常食群に比べて体重が有意に増加して肥満した。カプシノイドを0.3%含む高脂肪食を与えると、野生型マウスでは高脂肪食群に比べて体重増加が有意に抑制され、体脂肪量も少なかった。高脂肪食により誘導された脂肪肝も改善されていた。一方、UCP1欠損マウスではカプシノイドの影響は認められず、体重、体脂肪量、肝臓の脂肪含量はいずれも高脂肪食群とカプシノイド群の間で差は認められなかった。これらの結果から、カプシノイドによる抗肥満作用はUCP1に依存していると

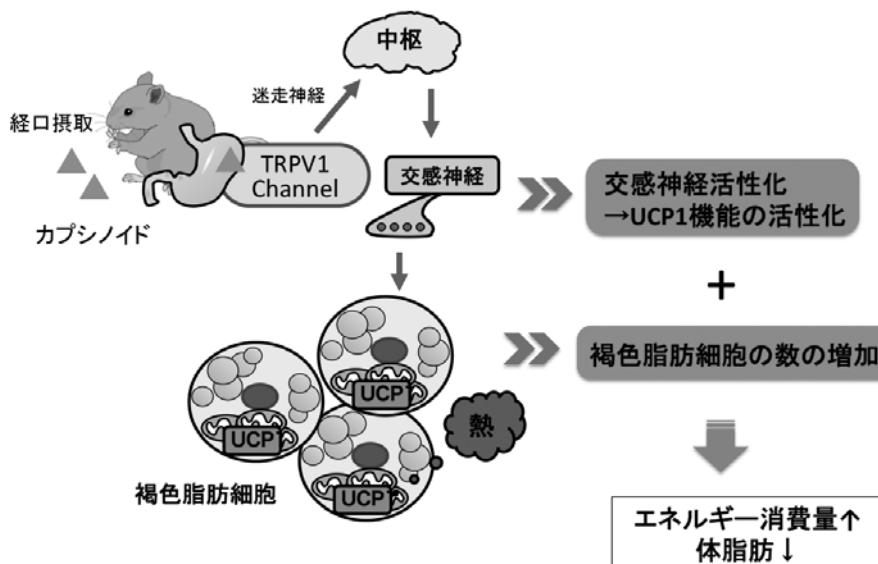


図4 カプシノイドは褐色脂肪細胞の機能と数を増加させ、体脂肪を減少させる

考えられた。野生型マウスの褐色脂肪組織ではDNA含量（細胞数）の増加とUCP1含量の増加が認められ、UCP1の活性化のみならず褐色脂肪細胞の数の増加が起こり、組織が増成していることがわかった。一方、白色脂肪でのベージュ脂肪細胞の誘導は認められなかった。

以上の結果から、カプシノイドは胃のTRPV1チャネル—迷走神経—脳—交感神経—褐色脂肪—UCP1という一連の経路を活性化してエネルギー消費量を亢進させ、肥満を軽減することが明らかになった（図4）。

おわりに

日常的に手軽に摂れる食品成分により肥満を予防できれば理想的である。これまでに、消化管からの栄養素（脂肪、糖質）の吸収を抑制したり、筋肉での脂肪消費を亢進するなど様々な

機能を示す食品成分が肥満対策に有用である可能性が示されているが、本稿ではエネルギー消費増加作用をもつ食品成分としてカプシノイドについて紹介した。

カプシノイドが褐色脂肪を活性化するだけでなく組織の増生を誘導することは、一時的なエネルギー消費量亢進作用だけでなく、基礎代謝量の増加による太りにくい体質の獲得に結び付く可能性を示している。一方で、多くの交感神経性刺激は褐色脂肪の活性化・増生だけでなく白色脂肪の褐色化を誘導するが、カプシノイドの摂取ではベージュ脂肪細胞の誘導は認められなかった。ベージュ脂肪細胞の誘導には交感神経ではなく、組織内に存在するマクロファージなどの免疫系細胞が関わるという報告もあるので、他の交感神経活性化因子との違いについては今後の検討が必要である。

文 献

- 斎藤昌之・大野秀樹（編）. ここまでわかった燃える褐色脂肪の不思議、ナップ. 2013.
- Cannon B., et al. *Physiol Rev*, **84** (1), 277. 2004.
- Saito M., et al.: *Diabetes*, **58** (7), 1526. 2009.
- Fedorenko A., et al.: *Cell*, **151** (2), 400. 2012.
- Okamatsu-Ogura Y., et al.: *PLoS ONE*, **8** (12), e84229. 2013.
- Petrovic N., et al.: *J Biol Chem*, **285** (10), 7153. 2010.
- Wu J., et al.: *Cell*, **150** (2), 366. 2012.
- Sharp LZ., et al.: *PLoS ONE*, **7** (11), e49452. 2012.
- Lowell BB., et al.: *Nature*, **366** (6457), 740. 1993.
- Li B., et al.: *Nat Med*, **6** (10), 1115. 2000.
- Kopecky J., et al.: *J Clin Invest*, **96** (6):2914. 1995.
- Stefl B., et al.: *Am J Physiol*, **274** (3 Pt 1):E527. 1998.
- Ishigaki Y., et al.: *Diabetes*, 54(2):322. 2005.
- Inokuma, K., et al.: *Am J Physiol Endocrinol Metab*, **290** w(5), E1014. 2006.
- Okamatsu-Ogura Y., et al.: *Obes Res Clin Prac*, **1**: 233. 2007.
- Kawada T., et al.: *Proc Soc Exp Biol Med*, **183** (2), 250. 1986.
- Watanabe T., et al.: *Am J Physiol Endocrinol Metab*, **255** (1), E23. 1988.
- Yoshioka M., et al.: *Br J Nutr*, **80** (6), 503. 1998.
- Kawada T., et al.: *J Nutr*, **116** (7), 1272. 1986.
- Kawada T., et al.: *J Agric Food Chem*, **39** (4), 651. 1991.
- Kobata K., et al.: *J Nat Prod*, **62** (2), 335. 1999.
- Kawabata F., et al.: *Biosci Biotechnol and Biochem*, **73** (12), 2690. 2009.
- Inoue N., et al.: *Biosci Biotechnol and Biochem*, **71** (2), 380. 2007.
- Ohyama K., et al.: *Am J Physiol Endocrinol Metab*, **308** (4), E315. 2015.
- Snitker S., et al.: *Am J Clin Nutr*, **89** (1), 45. 2009.
- Ono K., et al.: *J Appl Physiol*, **110** (3), 789. 2011.
- Masuda Y., et al.: *J Appl Physiol*, **95** (6), 2408. 2003.
- Yoneshiro T., et al.: *Am Clin Nutr*, **95** (4), 845. 2012.
- Okamatsu-Ogura Y., et al.: *J Funct Foods*, In press. 2015.

N-アセチルグルコサミンをはじめとした当社素材の機能性表示対応可能性

久保村 大樹 (KUBOMURA Daiki)¹

¹ 焼津水産化学工業株式会社 開発センター 開発 G

Key Words : N-アセチルグルコサミン アンセリン テアフラビン ポリフェノール

はじめに

2015年4月の食品表示法、食品表示基準の施行に伴い、健康食品産業各社が待ち望んだ食品の機能性表示制度が開始された。消費者庁が平成23年度に実施した食品の機能性評価モデル事業と日本健康・栄養食品協会が継続実施した「食品の機能性評価事業」を源流とし、内閣府規制改革会議から出された「一般健康食品の機能性表示を可能とする仕組みの整備」を求める答申を基に検討を重ね、策定に至ったものである。今までの保健機能食品制度にあった特定保健用食品では、最終製品による大規模な臨床試験の実施が必須であることに加え、新規素材・新規訴求での許可取得のハードルが非常に高いことなどから、一握りの大手企業を除き十分な対応を取ることは困難であった。これに対し、機能性表示食品制度では食経験を安全性の根拠としたり、関与成分の既存データによるシステムティックレビューを機能性の根拠としたりすることができるなど、中小業者にとっても比較的ハードルが下がった制度設計になったと考えられる。

本稿では、N-アセチルグルコサミン（NAG）やアンセリン含有カツオ・マグロ抽出物をはじめとした当社の機能性素材について、当該制度

に対応するための機能性根拠データを中心に紹介する。さらに、近年新しく研究を進めている素材であるテアフラビンについても機能性表示の可能性について併せて解説する。

1. NAG

1) NAG とは

NAGは、自然界に幅広く存在する天然の単糖であり、多糖類キチンの構成単位としてカニ・エビなどの甲殻類の殻、キノコや菌類の細胞壁、昆虫の外皮などに存在している。グルコースの2位のヒドロキシル基がアセトアミド基に置換された構造（図1）を有するアミノ糖の一種であり、砂糖に似た味質をもち、甘味度はショ糖の約半分である。また、NAGは牛乳中に遊離の状態で存在する¹⁾ほか、ヒトの体内においても様々な形で存在し生命活動において重要な役割を果たしている。中でも、ヒアルロン酸は、NAGとグルクロン酸が交互に結合したグリコサミノグリカンであり、皮膚、腱、軟骨、血管

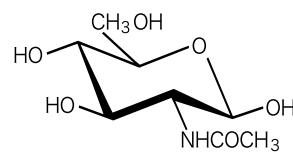


図1 NAGの構造

などに広範に分布し、皮膚の水分保持の役割を担っている²⁾。しかし、このヒアルロン酸自体が加齢により減少することに加え、そのヒアルロン酸を構成する分子がNAGではなく脱アセチル化されたグルコサミンに変化しており、正常なヒアルロン酸が加齢により顕著に減少していることが示されている³⁾。このことから、ヒアルロン酸の減少を一因とする皮膚の乾燥や関節機能の低下をNAGの摂取により緩和することができると考えられ、研究が進められてきた。実際に、肌質改善機能^{4,5)}、関節保護効果^{6,7)}、記憶学習能の改善⁸⁾、消化器の保護効果⁹⁾などが認められているが、ヒトによる試験結果が報告されている皮膚、関節への効果について以下に記載する。

2) NAGによる肌質改善効果

N-アセチルグルコサミンを継続摂取させることによる皮膚水分量の改善効果に関しては、2つの臨床試験結果が論文として報告されている。査読付き論文である柴田らの報告では、肌が乾燥しがちな女性に対してプラセボ対照二重盲検試験を実施し、NAGの乾燥肌改善効果について有効性を確認している⁵⁾。被験者は、NAG(500 mg/day)配合乳飲料もしくは通常の乳飲料(プラセボ)群に割りつけ、8週間にわたり継続摂取させている。検査項目は水分計による肌水分量測定、自覚症状、写真による診断とし、試験開始直前、摂取4週間後、8週間後に評価している。その結果、左外眼角下、左頬部で摂取8週間後のNAG群で皮膚水分量角層水分量の有意な改善効果が認められ、左頬部ではプラセボ群との群間有意差が確認された(図2)。顔面写真の臨床的評価においても、NAG群で最も皮膚の乾燥所見の改善度が高かった。以上より、NAG 500 mgを含有する食品を8週間摂取することが、乾燥肌の女性に対する肌皮膚の保湿に有効であることが示唆された。

また、梶本らは、乾燥肌で肌荒れのある女性22名を対象に、プラセボ錠とNAGを1日あたり1,000 mg配合した錠剤を8週間投与した二

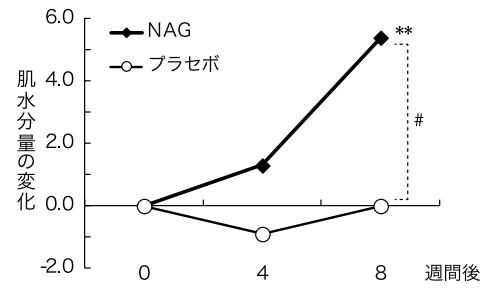


図2 NAG摂取による肌水分量への効果

重盲検試験を報告している⁴⁾。検査は日本皮膚科学会認定の医師数名による皮膚科学的診察・問診を行い、結果を数値化した他、肌水分量などを測定した。診察結果では、「乾燥」、「潮紅」の観察項目において、摂取4、8週間後で有意な改善が認められた。さらに、水分量においては、NAG群の左外眼角下部で8週間後に有意な上昇が確認され、NAG 1000 mgの摂取についても有効であることが示された。

「NAGの摂取は肌の乾燥を抑制するか」というリサーチクエスチョンに対し、以上の2報がシステムティックレビューの対象となった。研究方法、結果、バイアスリスク評価の結果、NAGを1日1000 mg、8週間継続摂取することにより肌水分量が増加し、肌が乾燥しがちな方の肌のうるおいに役立つものと結論付けられた。本レビューは、1本30 mLあたりNAGを1,000 mg配合した美容ドリンク「ナグプラス うるるん肌ドリンク」の機能性表示食品申請における機能性の根拠として使用したものである。ただし、1日摂取量500 mgの場合であっても、機能性の根拠としては査読付き論文である柴田らの報告を採用することができるところから、同様の表示が可能であると考えられる。

3) NAGによる関節保護効果

N-アセチルグルコサミンを継続摂取させることによる関節軟骨の保護効果に関しては、変形性膝関節症の患者を含む被験者に対して4例の報告がなされており^{6,7,10,11)}、いずれも有用であるとの結果が出されている。例えば、波多野らは膝関節に軽度の疼痛や違和感を有する未

治療者 67 例について、NAG の膝関節への影響を評価する無作為化比較対照二重盲検試験を実施した⁷⁾。試験は、1 日あたり NAG を 1250mg 添加した豆乳 200 mL、もしくは通常の豆乳を投与する群に被験者を割り付けた、12 週間にわたり 1 日 1 本投与した。試験期間は摂取前の観察期間 4 週間、摂取終了後の 4 週間を加え、全 20 週間とした。評価項目は自覚症状(VAS)、膝関節可動域検査などとし、4 週間毎に判定を行った。その結果、NAG 摂取群では摂取 8 週間後以降に階段昇降時および安静時の膝関節の疼痛、および膝関節可動域の有意な改善が認められた(図 3)。

一方、機能性表示の届出に関しては、健常者のみが対象であることが求められており、上に挙げたような変形性膝関節症の患者を含む試験をシステムティックレビューに含めることはできない。しかし、K-L 分類で 0 または I と分類される健常者は自覚症状がないため、従来の試験でアウトカムとされた JOA、JKOM、WOMAC などの指標では判断できないと考えられてきた。そこで、膝関節症の病態を客

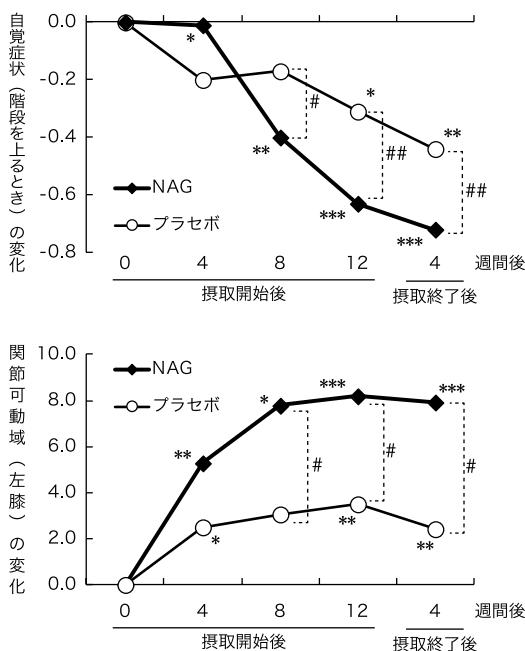


図 3 NAG 摂取による膝関節への効果

観的に評価することを目的に検討されている血中バイオマーカーのうち、軟骨基質の主要成分である II 型コラーゲンの分解を示すマーカー (Collagen Type II Cleavage; C2C) および合成を示すマーカー (Procollagen II C-terminal Propeptide; PIICP) を測定することにより、健常者への NAG の効果を実証することが試みられた¹²⁾。

具体的には、分解 / 合成 (C2C/PIICP) 比が減少、すなわち合成側が相対的に優位になることを改善とみなしている。平均年齢 48.6 歳の健常者を 3 群に分け、NAG500 mg/day、NAG1,000 mg/day 含有粉末もしくはプラセボ粉末 (マルトデキストリン) を 16 週間摂取させた。その結果、NAG 摂取群でプラセボ群に比べ C2C/PIICP 比が低下傾向を示し、中でも試験開始時の代謝が悪化していた被験者についてその傾向が顕著であった。本結果および類例を持って我々はシステムティックレビューを実施し、関節軟骨の保護を訴求する機能性表示食品の申請を予定している。

2. アンセリン含有カツオ・マグロ抽出物

1) アンセリンとは

特別な食品が疲労した体を癒すという伝統は、洋の東西を問わず存在している。ヨーロッパ諸国や中国においては、古くからチキンスープを飲むと疲労回復に役立つといわれ広く食されてきた¹³⁾。日本の鹿児島県や沖縄県ではカツオ節にお湯を注ぎ味噌を溶かしたインスタントスープである「茶節」「鰹湯」という伝統食があり、疲労時や病人の体力を回復させるために古くから使われてきた¹⁴⁾。後にこれらの肉には様々な種類のアミノ酸に加え、共通の成分として 20 世紀初頭に発見されたアンセリンやカルノシンといったイミダゾール残基を持つジペプチドが豊富に含まれていることが分かり、その生理活性について疲労回復効果と関連付けた研究がなされてきた。

イミダゾールジペプチドの抗疲労効果については激しい嫌気的運動によって產生する水素イ

オンを中和する生体内 pH 緩衝作用に加え、ミオシン ATPase の活性化¹⁵⁾、解糖反応の促進¹⁶⁾、活性酸素消去能¹⁷⁾などが寄与していると考えられてきた。さらに、最終糖化産物の生合成抑制作用¹⁸⁾などの生理活性が報告されている。以下では、この抗疲労機能に加え、当社の研究により明らかとなった血清尿酸値の低下作用についても国内外の研究結果と機能性食品素材としての可能性について概説する。

2) アンセリン含有カツオ・マグロ抽出物による疲労抑制効果

アンセリンの抗疲労効果についての臨床試験は、筋疲労について評価した以下の試験が代表例として挙げられる。健康な男性 17 名（平均年齢 35.5 ± 5 歳）に対し、アンセリン 11 mg/kg を 200 mL の水に溶かして摂取させ、運動負荷をかけて筋電図と心電図を測定した¹⁹⁾。運動負荷に関しては、万人が大きな疲労を感じる方法として以下の方法を採用した。各被験者に椅子に座った安静状態でアンセリンを摂取させ、20 分後に片足を水平に保つ運動負荷を 5 分かけ、その後 15 分の安静を保った後、40 分後に再び脚上げ負荷を 3 分行い、再び安静状態を 5 分保った。対照としてアンセリンを含まない水のみの摂取実験を行った。

疲労の評価法としては、被験者個人の生活スタイル等の違いによる実験日当日の体調の差に起因するデータのバラツキが発生し、各数値の絶対値での比較が困難になる場合が多いと考えられることから、本実験では筋肉が疲労すると筋電図の平均中心周波数 (Mean Power Frequency, MPF) が低下することを利用し、一回目の運動負荷中の MPF の低下速度（傾き）を a1、二回目のそれを a2 として、a2/a1 の比を筋疲労度の比較指標とした。つまり、疲労が早く進むほど各被験者においてこの比率 (a2/a1) は大きくなることになる。これにより、筋疲労度に関しては、水摂取時と比べアンセリン摂取時では有意に疲労の亢進が抑制され、アンセリンは単回摂取により筋疲労を軽減させる効果が

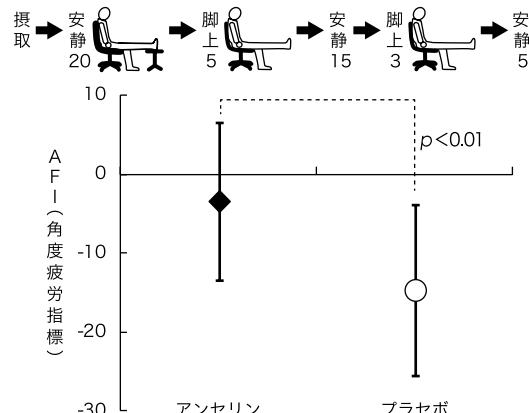


図 4 アンセリン摂取による筋疲労への効果

あることが示唆された（図 4）。

一方、日頃慢性的にストレスや疲労を感じている者を対象に、アンセリンを含むカツオ・マグロ抽出物（マリンアクティブ®；焼津水産化学工業製）の疲労低減効果についてアンケート形式で調査した結果も報告されている。被験者にはアンセリンを 50 mg 含む試験食品あるいは対照食品を 8 週間毎日摂取させ、「持久力」、「疲労感」の度合いを 5 段階評価で記入させ評価した。その結果を図 5 に示した。図の縦軸は、初期値（0 日目）の個人差を考慮して、初期値からのスコアの差を示した。いずれも、スコアが低いほど改善していることを示す。「持久力」、「疲労感」に関して、対照食品群と比較すると試験食品群では、スコアは有意に低下した。その傾向は摂取 1 週間後からみられ、摂取 8 週間後まで効果が持続した。すなわち 1 日 50 mg のアンセリンを摂取すると、持久力が改善し疲労

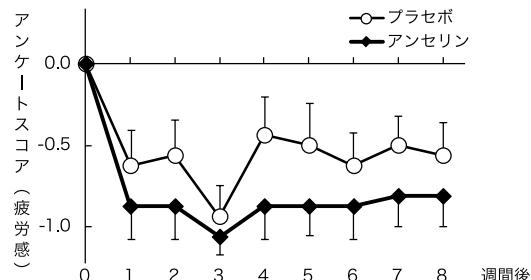


図 5 アンセリン含有カツオ・マグロ抽出物摂取による疲労感低減効果

感が低減すると考えられた。

3) アンセリン含有カツオ・マグロ抽出物による尿酸値低下効果

尿酸は、プリン体を多く含む食品の過剰摂取や腎不全などにより、血中濃度が正常より高くなる。この高尿酸血症を放置すると針状の尿酸結晶が関節に沈着し、痛風発症に至る。当社ではアンセリンを含むカツオ・マグロ抽出物を当初、疲労抑制や抗酸化といった分野での提案を実施していたが、使用した方の声を集める中で尿酸値の検査値が改善したといったものがあることを発見したことから、まず動物試験により機能の確認を行った。

高尿酸状態にしたラットにアンセリンを1週間経口投与したところ、アンセリン群で血中尿酸値の低下傾向がみられた。その際、プリン体代謝酵素である HPRT（ヒポキサンチンホスホリボシルトランスフェラーゼ）および LDH（乳酸脱水素酵素）の関与が示唆された。アンセリンは HPRT を活性化することによって尿酸の再利用を促すとともに、LDH の活性化により尿酸の再吸収を抑制することによって尿酸値の上昇を防ぐと推測された²⁰⁾。

これらの結果を踏まえ、血清尿酸値 6.5～7.8 mg/dL の成人男性 48 名を対象に臨床試験を行った²¹⁾。2 用量のアンセリン含有食品（25 mg/日、50 mg/日）もしくはプラセボを 4 週間連続摂取させ、血清尿酸値の変化量について評価を行った。その結果、摂取前と比較してプラ

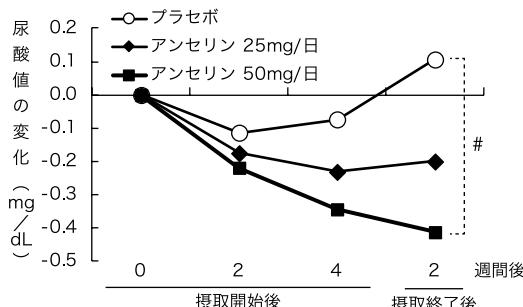


図 6 アンセリン含有カツオ・マグロ抽出物摂取による血清尿酸値低下効果

セボ群では有意な変化は見られなかったのに対し、低用量群、高用量群ともに 4 週間後に低下傾向、高用量群で摂取終了 2 週間後に有意な低下がみられた（図 6）。以上より、尿酸値がやや高めの方に対してアンセリンの継続摂取に症状低減効果があることが示唆された。

3. 紅茶ポリフェノール「テアフラビン」

テアフラビンは紅茶の赤色を呈するポリフェノールであり、緑茶に含まれるエピカテキン類（2種；エピカテキン、エピカテキンガレート）とエピガロカテキン類（2種；エピガロカテキン、エピガロカテキンガレート）がポリフェノールオキシダーゼによる酸化縮合反応をすることで、生成される成分である。カテキンの組み合わせにより、4種類のテアフラビンが生成される²²⁾。紅茶の健康効果については、アフタヌーンティー文化が定着している英国や伝統薬として用いられている中国で広く研究されており、抗酸化作用²³⁾、抗菌・抗ウイルス作用²³⁻²⁵⁾、血中 LDL コレステロールの低下や血圧抑制による循環器疾患の予防効果²⁶⁾等が報告されているが、これらの効能には紅茶特有のポリフェノールであるテアフラビンが深く関与するものと考えられている。さらに、われわれの参画した地域結集型研究開発プログラムにおいて血糖値上昇抑制機能²⁷⁾、エネルギー消費量の向上²⁸⁾、血流改善効果²⁹⁾なども明らかになってきている。

ただし、現状では *in vitro* や動物による前臨床試験が中心であり、機能性表示食品の機能性根拠としてガイドラインに準拠したヒト試験データは得られておらず、今後の研究の進展が待たれる。

おわりに

NAG、アンセリンともに生体吸収性、安全性、加工安定性に優れた機能性食品素材である。いずれも明確な根拠に基づいて機能性を謳うことが可能になっている。これらの素材を利用した機能性表示食品の受理にはまだ至っていないも

の、届出中もしくは届出準備段階の商品も多く、今後の利用の広がりが期待される。また、テアフラビンについては茶どころ静岡県の産官学が結集して開発されたストーリー性の高い素材であることに加え、機能性表示食品届出が可

能なエビデンスの取得を進めており、近いうちに先に挙げたような機能を表示することが可能になると考えられる。本稿により、優位性の高い商品開発に当社機能性素材を検討頂ければ幸いである。

参考文献

- Hoff JE.: Determination of N-Acetylglucosamine-1-Phosphate and N-Acetylglucosamine in Milk. *J. Dairy Sci.* **46** (6): 573-574, 1963.
- 佐藤稔秀：ヒアルロン酸. 機能性食品と薬理栄養 **2** (6): 323-328, 2005.
- Longas MO, Russell CS., He XY. Evidence for structural changes in dermatan sulfate and hyaluronic acid with aging. *Carbohydr. Res.* **159** (1): 127-136, 1987.
- 梶本修身, 大磯直毅, 又平芳春, et al.: N-アセチルグルコサミン配合食品における美肌効果の臨床的検討 3次元的画像解析による客観的評価. 新薬と臨床 **49**(5): 539-548, 2000.
- 柴田歌菜子, 坪内利江子: N-アセチルグルコサミンの乾燥肌に対する臨床効果の検討. 日本美容皮膚科学会誌 **18**: 91-99, 2008.
- 梶本修身, 又平芳春, 菊地数晃, et al.: 天然型 N-アセチルグルコサミン含有ミルクの変形性膝関節症に対する治療効果. 新薬と臨床 **52** (3): 301-312, 2003.
- 波多野健二, 林田賢治, 中川聰史, et al.: N-アセチルグルコサミン配合調整豆乳の変形性膝関節症に対する長期摂取時の有効性および安全性の検討. 薬理と治療 **34** (1): 149-165, 2006.
- 菊地数晃, 渡邊一浩, 又平芳春, et al.: 老化促進マウス (SAMP8) の学習・記憶障害に及ぼす N-アセチルグルコサミンの経口摂取の影響. 新薬と臨床 **53** (3): 293-297, 2004.
- Yamada J, Hattori T, Ueno T, et al.: Oral Intake of N-acetyl-D-glucosamine Suppresses the Growth of Helicobacter Pylori in Gastric Mucosa of Mongolian Gerbils by Increasing Gland Mucus. *J. Life Sci. Technol.* **2** (2): 60-64, 2014.
- 勝野真也, 佐藤薰, 江口知佐, et al.: N-アセチルグルコサミン含有乳飲料の膝関節痛, およびII型コラーゲン代謝マーカーに対する効果および安全性の検討—オープン試験による予備的検討—. 薬理と治療 **38** (5): 435-445, 2010.
- 横井香里, 藤本祐三: N-アセチルグルコサミン含有食品の膝関節痛および軟骨代謝マーカーに対する効果. 新薬と臨床 **62** (9): 1758-1768, 2013.
- Tomonaga A, Watanabe K, Fukagawa M, et al.: Evaluation of the effect of N-acetyl-glucosamine administration on biomarkers for cartilage metabolism in healthy individuals without symptoms of arthritis: A randomized double-blind placebo-controlled clinical study. *Exp. Ther. Med.* **12** (3): 1481-1489, 2016.
- Lo HI, Tsai D, Tan ACL, et al.: Effects of postexercise supplementation of chicken essence on the elimination of exercise-induced plasma lactate and ammonia. *Chin. J. Physiol.* **48** (4): 187-192, 2005.
- 黒田素央:かつおだしの健康機能—疲労改善効果を中心に—. 食品工業 **50**: 34-44, 2007.
- Avena RM, Bowen WJ.: Effects of carnosine and anserine on muscle adenosine triphosphatases. *J. Biol. Chem.* **244** (6): 1600-1604, 1969.
- DAVEY CL.: The effects of carnosine and anserine on glycolytic reactions in skeletal muscle. *Arch. Biochem. Biophys.* **89**: 296-302, 1960.
- Boldyrev A, Bulygina E, Leinsoo T, et al.: Protection of neuronal cells against reactive oxygen species by carnosine and related compounds. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.* **137** (1): 81-88, 2004.
- Szwerdgold BS.: Carnosine and anserine act as effective transglycating agents in decomposition of aldose-derived Schiff bases. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **336** (1): 36-41, 2005.
- Kishi H, Kubomura D, Sugiura T: Verification of anti-fatigue effect of anserine by angle fatigue indicator based on median frequency changes of electromyograms. *Funct. Foods Heal. Dis.* **3** (10): 389-399, 2013.
- 野口有希, 清水純, 真野博, et al.: プリン体代謝に及ぼす Anserine 投与の影響. 日本栄養・食糧学会講

演要旨集 **60**: 268, 2006.

21. Kubomura D, Yamada M, Masui A: Tuna extract reduces serum uric acid in gout-free subjects with insignificantly high serum uric acid: A randomized controlled trial. *Biomed. Rep.* (11): 254-258, 2016.
22. Sang S, Lambert JD, Ho C-T, et al.: The chemistry and biotransformation of tea constituents. *Pharmacol. Res.* **64** (2): 87-99, 2011.
23. Wang C, Li Y: Sciences L. Research progress on property and application of theaflavins. *Afr. J. Biotechnol.* **5** (3): 213-218, 2006.
24. Clark K, Grant P, Sarr A, et al.: An *in vitro* study of theaflavins extracted from black tea to neutralize bovine rotavirus and bovine coronavirus infections. *Vet. Microbiol.* **63** (2): 147-157, 1998.
25. Liu S, Lu H, Zhao Q, et al.: Theaflavin derivatives in black tea and catechin derivatives in green tea inhibit HIV-1 entry by targeting gp41. *Biochim. Biophys. Acta - Gen. Subj.* **1723** (1-3): 270-281, 2005.
26. Hartley L, Flowers N, Holmes J, et al.: Green and black tea for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* **6** (6): CD009934, 2013.
27. Takemoto M, Takemoto H, Sakurada A: Synthesis of theaflavins with *Camellia sinensis* cell culture and inhibition of increase in blood sugar values in high-fat diet mice subjected to sucrose or glucose loading. *Tetrahedron Lett.* **55** (36): 5038-5040, 2014.
28. Kudo N, Arai Y, Suhara Y, et al.: A single oral administration of theaflavins increases energy expenditure and the expression of metabolic genes. *PLoS One* **10** (9): e0137809, 2015.
29. Saito A, Nakazato R, Suhara Y, et al.: The impact of theaflavins on systemic-and microcirculation alterations: The murine and randomized feasibility trials. *J. Nutr. Biochem.* **32**: 107-114, 2016.

Effects of a Yeast Extract with a High Glutathione Content on Breath Alcohol and Hepatic Function in Human Volunteers

Naoto Kaji, Toru Konishi, Yusuke Sauchi

KOHJIN Life Sciences Company, Ltd., 1-3 Yurakucho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0006, Japan

Key Words: glutathione, GSH, supplementation, yeast extract, human trial

Summary

We obtained the following results in this study conducted to investigate the effectiveness of the oral intake of YH before alcohol consumption, in decreasing breath alcohol concentration and suppressing plasma AST levels after a 2-month long-term intake in human subjects.

- 1) It was demonstrated that the oral intake of YH immediately before alcohol intake significantly suppressed the breath alcohol compared to that of the placebo group.
- 2) It was demonstrated that the 2-month oral intake of YH suppressed the plasma AST level.

The results described in 1) and 2) demonstrated the effectiveness of the oral intake of YH on alcohol consumption-related stress, as well as its long-term improvement of hepatic function.

1. Introduction

Glutathione (γ -L-glutamyl-L-cysteine-glycine, GSH) is a tripeptide consisting of glutamic acid, cysteine, and glycine. In Japan, GSH is used medically as an antidote. It plays the role of an antioxidant by protecting cells from active oxygen and oxidants generated in the cells, is known to inhibit melanogenesis¹⁾, and has skin-clearing effects. GSH levels are known to decrease with age and has been reported to decrease owing to alcohol intake²⁾, medication³⁾, and stresses such as physical exercise. Alcohol consumption is known to induce hepatic steatosis by promoting hepatic steatogenesis⁴⁾ and causes biomembrane disorder⁵⁾ because of

hepatic lipid peroxidation. Hepatic steatosis may trigger various lifestyle-related diseases as well as hepatic cirrhosis because it decreases hepatic physiological function. Furthermore, it has also been reported that GSH protects the liver against alcohol intoxication⁶⁾.

Yeast is rich in GSH, which has been extracted from yeast since ancient times. In Japan, a pioneering study was conducted by Dr. Kuroiwa⁷⁾, and we obtained a yeast extract with a high GSH content (YH) after continuous pure cultivation of a developed torula yeast with a high GSH content in a large fermenter. Sugimura *et al.* demonstrated the efficacy of yeast extract with a high GSH content

against hepatic disorders by feeding rats with it; however, the efficacy has not been verified in humans⁸⁾.

Therefore, in this study, we focused on real-life stress in humans, especially alcohol consumption, and investigated the effects of YH intake just before drinking on breath alcohol concentration. In addition, we studied changes in the human plasma aspartate aminotransferase (AST) level, an indicator of hepatic function, in patients who had reached the upper limit of the indicator of mild hepatic disorder and had taken YH for a prolonged period. Here, we report the results of these investigations.

2. Methods

2.1 Effects of oral intake of YH on breath alcohol concentration

“HITHION YH-15,” which contains reduced GSH 15% (w/w), was the YH used in this study. HITHION YH-15 is a yeast extract manufactured by KOHJIN Life Sciences Co., Ltd. using a fermentative process of torula yeast. The breath alcohol concentration after alcohol consumption was measured in the 20 healthy men and women participants in the study. All the subjects received an explanation of the objectives, methods, and schedule of the study and were informed that they had the option to withdraw from the study at any time. The subjects were adult men and women with drinking experience and no history of drug use and alcoholism. Three study groups were defined, placebo, YH, and curcuma groups, who were treated with the tablets (test meals), consisting of 660 mg lactose; 670 mg YH (equivalent to 100 mg GSH), and curcuma (equivalent to 30 mg curcumin), respectively.

The subjects were requested to abstain from alcohol on the day before the study commenced

and consumed rice balls and the test meals approximately 1 hour before drinking alcohol on the day of the study. The whiskey (40 degrees) was double diluted with an amount equal to the subject’s weight × 1.25 mL, and the subject was instructed to drink the entire sample within 10 minutes.

The evaluated laboratory parameters were 1) breath alcohol concentration (mg/L) measured using an alcohol checker 20, 60, 120, and 180 minutes after alcohol consumption and 2) subjective feeling questionnaire. Furthermore, the breath alcohol concentration (parameter 1) was measured five times in total before and after drinking alcohol (before and 20, 60, 120, and 180 minutes after drinking alcohol), and parameter 2) consisted of seven items, “sobriety returned,” “sleepiness,” “headache,” “upset stomach,” “swelling,” “flush,” and “light-headedness” in the questionnaire, which were assessed using a five-point scale. Higher points indicated that the symptoms described above such as sleepiness and headache were milder. The study was a crossover comparative study, and each stage was conducted similarly at an interval of 1 week or more.

2.2 Effects of oral YH on human plasma components

12 patients who were confirmed to have reached the upper limit of the indicator of mild hepatic disorder (patients with hepatic steatosis or a tendency to develop hepatic steatosis) participated in the study.

2 study groups, the placebo and YH were defined and administered tablets consisting of dextrin and 333 mg YH (equivalent to 50 mg of GSH), respectively, as the test meals. The subjects took the test meals once daily, and the length of the study was 2 months. After the test substance

administration period, the plasma AST levels were measured.

In the statistical analysis, the mean AST level \pm standard deviation (SD) was calculated, and the difference between groups was determined using *t*-test.

3. Results

3.1 Effects of oral intake of YH on breath alcohol concentration

The results of this study, which investigated the effects of the intake of YH on the breath alcohol concentration after alcohol consumption in 12 healthy subjects, are shown in **Figure 1**. The breath alcohol concentration of the YH group significantly decreased 20, 60, 120, and 180 minutes after alcohol consumption compared to that of the placebo and curcuma groups. Therefore, the results suggest that YH intake possibly decreased the breath alcohol concentration.

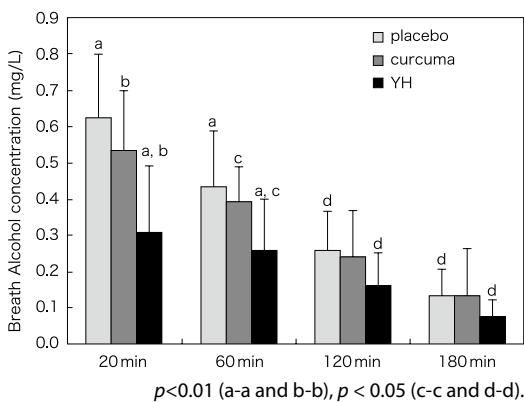


Figure 1 Effects of Oral Intake of Yeast Extract (YH) with a High Glutathione Content on Breath Alcohol Concentration

The results of the analysis of the subjective feeling questionnaire also demonstrated higher points in the YH and curcuma groups than in placebo group. Furthermore, the YH group was confirmed to have scored higher points in the “sleepiness,” “headache,” and “upset stomach”

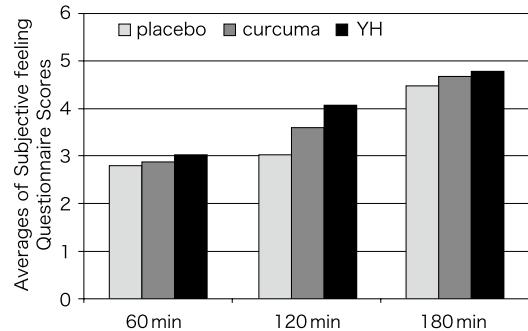


Figure 2 Effects of Oral Intake of Yeast Extract (YH) with a High Glutathione Content on Subjective Feeling Questionnaire Scores

items than the curcuma group did (**Figure 2**).

3.2 Effects of oral intake of YH on human plasma AST

The rate of change in the plasma AST levels of the subjects after 2 month, which is shown in **Figure 3**, reveals that the rate of the YH group was significantly lower than that of the placebo group. Therefore, the AST levels showed a tendency to decrease significantly after YH intake.

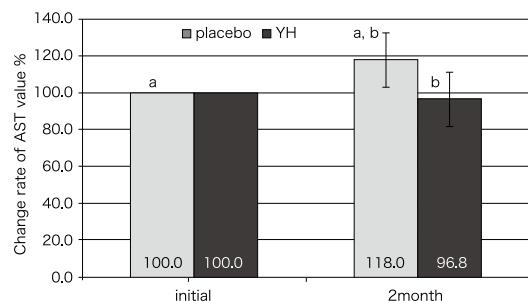


Figure 3 Changes in Human Plasma Aspartate Aminotransferase (AST) Concentration after Intake of Yeast Extract (YH) with a High Glutathione Content for 2 Months

4. Discussion

Following its absorption in the stomach and small intestine and circulation into the blood, alcohol is broken down into acetaldehyde by oxidation by hepatic enzymes. Acetaldehyde is the causative

substance responsible for the symptoms of alcohol intoxication such as headache and nausea. The results of this study showed a significant decrease in the breath alcohol concentration following the intake of the GSH-containing yeast extract 1 hour before alcohol consumption. Park *et al.* reported that the oral intake of GSH increased the plasma GSH levels after 60 to 120 minutes⁹⁾. As shown in our study, the increase was probably due to the ingested GSH, which circulated to the liver via the plasma 1 or 2 hours after the intake and subsequently converted the alcohol to acetaldehyde.

Considering that the subjects in the YH group showed a lower tendency to experience headache or nausea as a subjective feeling than those in the placebo group did, GSH, which is a principal component of YH-15, appeared to metabolize the acetaldehyde promptly. In addition, the changes in plasma AST after the 2-month intake of YH suggest that YH had a long-term effect on improving hepatic function, in addition to its immediate effects after alcohol consumption.

The production of active oxygen is considered to be involved in the progression of the alcoholic hepatic disorder. GSH acts as antioxidant to protect cell from reactive oxygen or peroxide compounds inside cells^{10, 11)}. GSH appears to delay this progression by removing active oxygen. Also GSH is reported to enhance the lipid metabolism by activating PGC-1α which upregulates the mitochondrial biogenesis.¹²⁾ This fact might suggest that GSH intake prevented the progress of the hepatic disorder by enhancing the hepatic lipid metabolism, which eventually suppressed AST level. Another possibility is that YH contains a small percentage of the amino acids, arginine and gamma-aminobutyric acid (GABA), as well as GSH. Some reports have indicated that the amino acids not only promote alcohol metabolism but they also effectively improve hepatic function^{13, 14)}. Therefore, the amino acids in the yeast extract used in our study might also have worked synergistically, to the delays observed in this study. Further investigation should be needed.

..... References

1. Mitsuo Matsuki, Toshihiko Watanabe, Ayako Ogasawara, *et al.*: Inhibitory mechanism of melanin synthesis by glutathione. *YAKUGAKU ZASSHI*, **128**, 1203-1207, 2008.
2. Videla L, Guerri C: Glutathione and alcohol. Glutathione: Metabolism and physiological functions (Vina J, ed). CRC press Boca Raton, Ann Arbor, Boston, 57-67, 1990.
3. Isobe M, Sone T, Takabatake E: Depletion of glutathione and hepatotoxicity caused by vinyl ethers in mice. *J Toxicol Sci*, **20**: 161-164, 1995.
4. Lieber C.S, Spritz N, DeCarli L.M: Role of dietary, Adipose, and endogenously synthesized fatty acids in the pathogenesis of the alcoholic fatty liver. *J. Clin. Invest.*, **45**: 51-62, 1966.
5. DiLuzio N.R: Enhanced peroxidation of lipid in pathogenesis of acute ethanol-induced liver injury, *Lab. Invest.*, **15**: 50-63, 1966.
6. Casciarri I, Tofanetti O, Longoni E, *et al.*: Blood-levels of ethanol and acetaldehyde following ethanol ingestion in rats-effect of glutathione, *IRCS Med. Sci.-Biochem.*, **14**: 158-159, 1986.
7. Yoshiro Kuroiwa: Studies on isolation of glutathione from yeast. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **23**: 380-385, 1950.
8. Yoichiro Sugimura, Kazuhiro Yamamoto: The protective effect of glutathione-enriched yeast extract on acetaminophen-induced liver damage in rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **51**: 189-193, 1997.
9. Eun Young Park, Nami Shimura, Toru Konishi, *et al.*: Increase in the protein-bound of glutathione in human

- blood after the oral administration of glutathione. *J. Agric Food Chem.*, **62**: 6183-6189, 2014.
- 10. Chance B, Sies H, Boveris A: Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiological Reviews*, **59**: 527-605, 1979.
 - 11. Burk RF: Glutathione-dependent protection by rat liver microsomal protein against lipid peroxidation. *Biochimica et Biophysica Acta*, **757**: 21-28, 1983.
 - 12. Wataru Aoi, Yumi Ogaya, Maki Takami, *et al.*: Glutathione supplementation suppresses muscle fatigue induced by prolonged exercise via improved aerobic metabolism. *JISSN*, **12**: 7, 2015.
 - 13. Norikura T, Kojima-Yuasa, Opare Kenedy D, *et al.*: Protective effect of gamma-aminobutyric acid(GABA) against cytotoxicity of ethanol in isolated rat hepatocytes involves modulations in cellular polyamine levels. *Amino Acids*, **32**: 419-423, 2007.
 - 14. Tanaka T, Imano M, Yamashita T, *et al.*: Effect of combined alanine and glutamine administration on the inhibition of liver regeneration caused by long-term administration of alcohol. *Alcohol Alcohol Suppl.*, **29**: 125-132, 1994.
-
-

Correspondence to: Naoto Kaji (e-mail: naoto.kaji@kohjinls.com)

KOHJIN Life Sciences Company, Ltd.,

Saiki Factory : 1-6 Higashihama, Saiki-shi, Oita 876-8580, Japan.

Tel: +81-972-22-1056, Fax: +81-972-24-1262

HQ : 1-3 Yurakucho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0006, Japan

Tel: +81-3-3539-1691, Fax: +81-3-3539-2891

Beauty effects of Glutathione

Tomohiro Nakagawa, Naoto Kaji, Toru Konishi

KOHJIN Life Sciences Company, Ltd., 1-3 Yurakucho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0006, Japan

Key Words: glutathione, supplementation, tyrosinase activity, Melanin, Type I collagen

Summary

We confirmed that glutathione ingestion improves the appearance of skin, by reducing pores and blemishes as well as whitening skin. Thus, taking glutathione improved the overall appearance of the skin.

In addition, we hypothesize that glutathione may have additional beauty effects, since it was confirmed that using glutathione and collagen peptides together *in vitro* generated a strong synergistic effect for accelerating production of type I collagen.

Here, we showed the beneficial effects of glutathione on the skin (skin whitening and improvement of skin appearance); however, glutathione is also thought to play additional essential roles in whole-body health, for example, removal of active enzymes⁵⁻⁷⁾ and detoxification of toxic substances produced by metabolism of alcohol.⁸⁻¹⁰⁾ Moreover, various other effects have recently been reported, such as improvement of lipid metabolism and anti-fatigue activity during cardiovascular exercise, due to activation of mitochondrial biosynthesis via PGC-1α.¹¹⁾

As discussed above, glutathione is expected to have various effects. It is highly recommended for everyone at any age to take it so that they can preserve their beauty and live a healthy life.

1. Introduction

Preserving the appearance of the skin is a major concern for women. Skin condition deteriorates with age, due to appearance of blemishes or wrinkles, and becomes slack due to factors such as aging, stress, and exposure to ultraviolet light. Various studies are being carried out to find ways to prevent deterioration or to improve such skin conditions. Markedly increased melanin formation, due to

activation of melanocytes in the skin, is known to cause blemishes such as freckles or pigmentation, especially after tanning. Glutathione is known to be one of materials to prevent deterioration or to improve such pigmentation-related skin conditions. Glutathione (GSH) is a tripeptide of glutamine, cysteine, and glycine, and it has been used as a medical drug for over 40 years in Japan. In addition, it acts as an antioxidant to protect cells

from reactive oxygen or peroxide compounds inside cells, and plays an important role in detoxification in living organisms, such as by removing foreign substances from cells. Reactive oxygen is a factor in creating melanin pigment in skin, and the anti-oxidant glutathione is known to inhibit pigmentation.

Many general foods also contain glutathione; however, because glutathione shows limited stability during cooking, dietary supplements are a more effective method to intake it. It has been confirmed that glutathione can be absorbed into the body when administered orally.¹⁾ In addition, it is known that glutathione levels decrease with age and due to various external factors.²⁾ Therefore, proactive supplementation with glutathione is recommended at any age.

In this study, we tested the beauty effects of glutathione supplementation.

2. Materials and Methods

2.1 Measurement of plasma concentrations of glutathione

Blood samples were collected from 40 healthy subjects (18 men, 22 women). The enzyme cycling method of Owens and others³⁾ was used to measure plasma concentrations of glutathione.

2.2 Measurement of tyrosinase activity

The following four reagents (A–D) were prepared. Solution A: 0.5 M phosphate buffer (pH 6.8).

Solution B: McIlvaine buffer (pH 6.8)

(2.58 g/L of citric acid, 12.46 g/L of Disodium Hydrogenphosphate).

Solution C: Tyrosinase solution (1.2 mg/solution A 5 mL, 800 units/mL) (Sigma, mushroom-derived, 3,320 units/mg solid).

Solution D: Tyrosine solution (6.0 mg/solution

A 30 mL, 1.11 μmol/mL, Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)

After adding 1.5 mL of solution B, 0.15 mL of sample solution, and 0.15 mL of solution C to cells, they were preincubated at 37°C for 10 minutes. Then, 1.5 mL of solution D was added immediately, and the OD₄₉₀ was measured with a spectrophotometer (HITACHI U-2900) at 0, 5, 10, and 15 minutes. Based on these measurements, a calibration curve was prepared with the sample concentration on the x-axis against the ratio of inhibition on the y-axis, and the IC₅₀ was calculated to compare the activity strength of each sample. The IC₅₀ is defined as the concentration of inhibitory sample at which the enzyme activity is reduced by half.

2.3 Melanin production inhibition test

Mouse melanoma B16 cells (RIKEN) were seeded in 6-well plates at 2×10^4 cells/well each, and they were cultured in Dulbecco's Modified Eagle's medium (DMEM) containing 5% fetal bovine serum (FBS) at 37°C at 5% CO₂. After 24 hours, cells were transferred into fresh media containing test samples. On the 4th day after seeding, the media were removed. Plates were washed with phosphate buffered saline (PBS), PBS was removed with 0.25% trypsin-EDTA solution, and cell pellets were collected by centrifugation (10,000 rpm, 3 minutes). After the collected pellets were washed twice with PBS, cell suspensions were prepared with 1 mL of PBS; 0.8 mL was used to measure melanin content and 0.2 mL was used to quantify proteins.

Pellets collected for measurement of melanin content were dissolved in 150 μL of 1 N NaOH (100°C, 10 minutes) and their 405-nm absorbance was measured using a microplate reader. For pellets collected for protein quantification, protein was quantified using the bicinchoninic acid (BCA)

method. Using cells treated with water as controls (melanin production at the time was set as 100%), melanin content per protein in cells cultured by adding sample was calculated as a rate of melanin formation.

2.4 Type I collagen production acceleration test

Human skin fibroblasts (ATCC) were seeded in 24-well plates at 1.0×10^5 cells/well each, and cultured in DMEM containing 10% fetal bovine serum (FBS) at 37°C with 5% CO₂. After 24 hours, they were transferred into fresh media (1.0% FBS) containing test samples and cultured at 37°C with 5% CO₂ for 72 hours.

After culturing, 100 µL of supernatant was collected from each well into an Eppendorf tube and 300 µL of 0.1% sirius red solution (0.5 M acetic acid) was added and shaken. Then, they were allowed to stand at room temperature for 30 minutes. Pellets were purified in 10 mM HCl by centrifugation (10,000 rpm, 5 minutes) three times, and the resulting pellets were dissolved in 500 µL of 0.5 N NaOH aq, and then absorbance was measured at 515 nm using a microplate reader.

2.5 Test of skin appearance following oral ingestion

For this test, 8 women in their 30s or early 40s were recruited; each took 3 tablets (equivalent to 100 mg of glutathione) daily. The test period was 2 months, and their skin condition at the beginning of the test and after 2 months was compared using the Robo Skin Analyzer. Five parameters were analyzed: skin brightness, amount of skin pigmentation, total area of skin pigmentation, number of pores, and number of wrinkles (under the eyes). Tests were conducted in the presence of dermatologists at dermatological clinics in Tokyo.

3. Results and Discussion

3.1 Relationship between age and plasma concentration of glutathione

The relationship between age and plasma concentration of glutathione is shown in **Figure 1**.

Plasma concentration of glutathione was found to decrease with age. Thus, as individuals are exposed to various external factors such as the environment or everyday stress, in short, as getting older, glutathione concentration in living body decreases.

Generally, plasma concentrations of glutathione remain steady; however, if the overall concentration shows a declining trend, as in our results, it is presumed that concentrations of glutathione in each tissue show more declining trend.

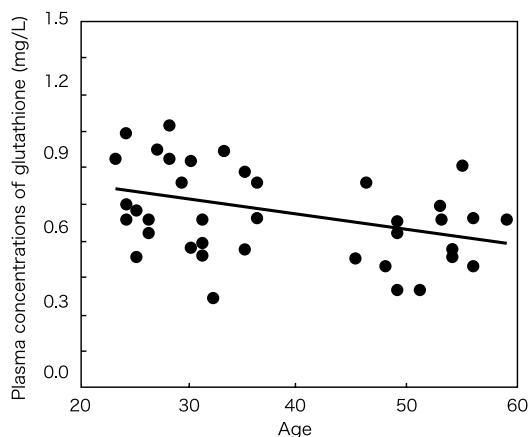


Figure 1 Relationship between age and plasma concentration of glutathione

3.2 Inhibition of tyrosinase activity

One mechanism for the formation of melanin pigment is shown in **Figure 2**. It is known that melanin plays an important role in protecting the skin from ultraviolet radiation; however, it also causes blemishes or freckles. In living body, after tyrosine is taken up from the bloodstream and oxidized by tyrosinase, it is metabolized to L-DOPA and to dopaquinone, and it eventually becomes melanin-autoxidized.

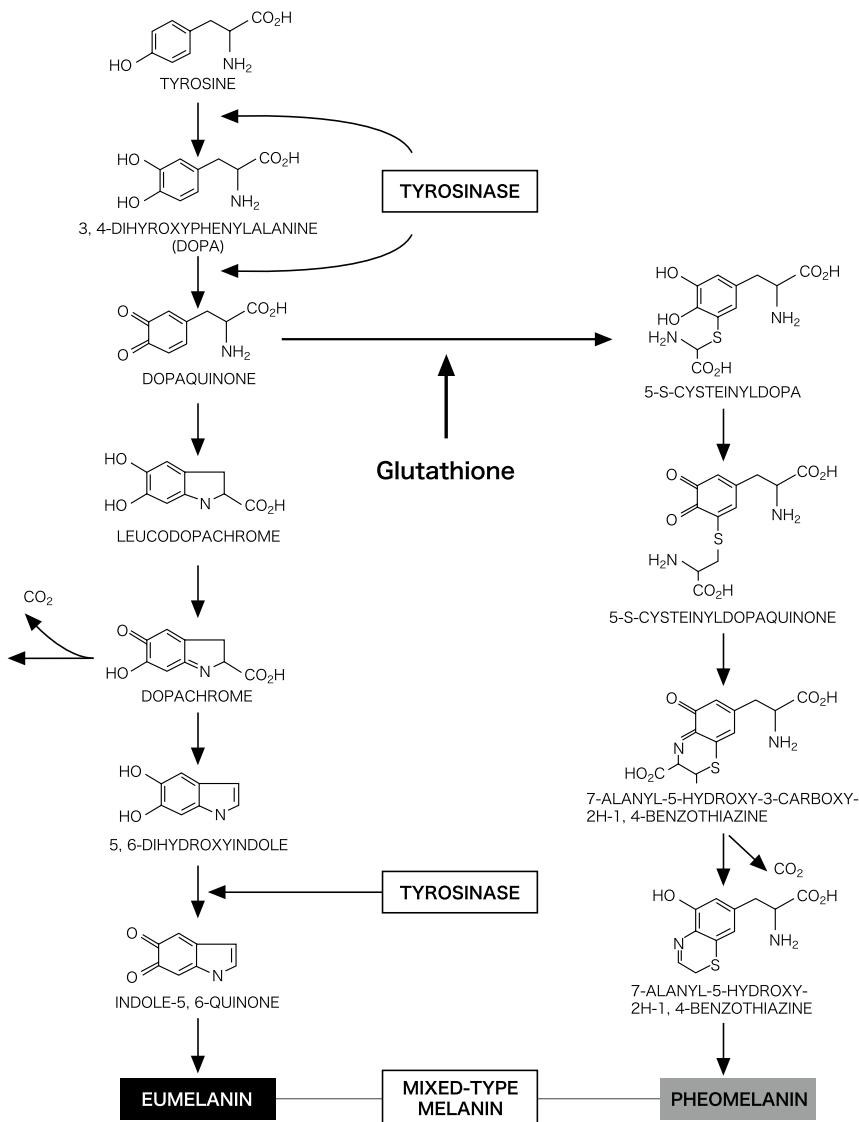


Figure 2 Mechanism for the formation of melanin pigments

Tyrosinase is the enzyme catalyzing those two reactions and is regarded as the rate-limiting enzyme in melanin formation.

Glutathione is known to have a strong skin-whitening ability owing to two effects: suppression of the development of eumelanin by inhibition of tyrosinase activity, and induction of a reaction system to the pheomelanin synthesis pathway.

Thus, a controlled trial was performed to study the relative inhibitory effect of glutathione on

tyrosinase activity compared to known antioxidants. The IC₅₀ value (concentration of each material required to inhibit tyrosinase activity) of each material was calculated, with the relative IC₅₀ value of glutathione set at 100.

Comparison of the capacity of glutathione (GSH), cysteine (Cys), N-acetylcysteine (NAC), and ascorbic acid (VC) to inhibit tyrosinase showed that glutathione had a much stronger inhibitory effect than the other materials (Figure 3). The results

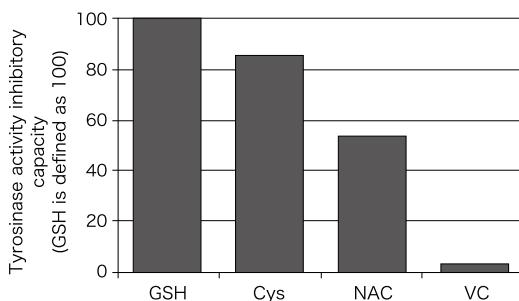


Figure 3 Controlled study of tyrosinase activity inhibitory capacity

suggest that glutathione is more effective than the other antioxidants as an inhibitor of tyrosinase activity for suppressing the formation of melanin.

3.3 Melanin production inhibition (*in vitro*)

Given the strongly inhibitory effect of glutathione on tyrosinase activity having conformed in the previous section, an assay using mouse melanoma B16 cells was performed to investigate whether it has an inhibitory effect on melanin production. This *in vitro* test system is used to study the whitening effects of cosmetic materials, functional foods, and others. Mouse melanoma B16 cells were cultured to test their ability to produce melanin in the presence of glutathione; melanin production was quantified.

Mouse melanoma B16 cells with glutathione showed inhibition of melanin production in a glutathione concentration-dependent manner (Figure 4). It appeared that adding glutathione

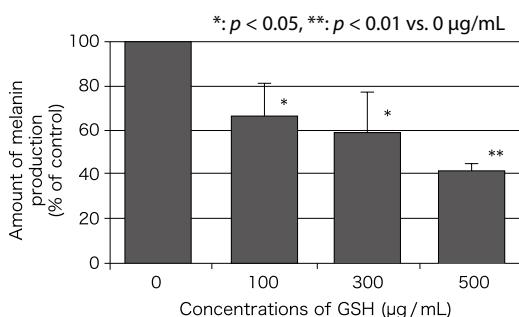


Figure 4 Melanin production inhibition test result

inhibited tyrosinase activity; the amount of melanin production decreased in some cells due to induction to pheomelanin synthesis pathway

3.4 Type I collagen production acceleration

Glutathione is known to be effective for skin whitening. In addition, it has been shown that glutathione also has an effect on accelerating production of type I collagen, which is expected to improving skin appearance.

When human skin fibroblasts were treated with glutathione, it was confirmed that glutathione showed an effect to accelerate type I collagen production in a concentration-dependent manner (Figure 5).

In addition, when fibroblast cells were treated with a collagen peptide, a typical material for improving skin appearance, type I collagen production was accelerated. Moreover, when

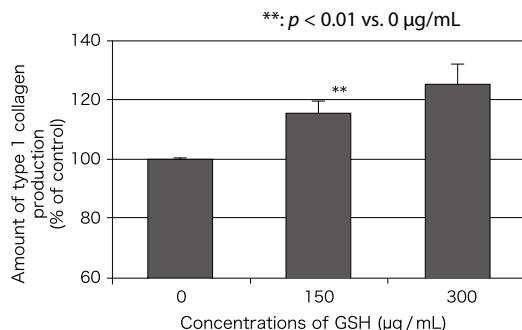


Figure 5 Type I collagen production acceleration test

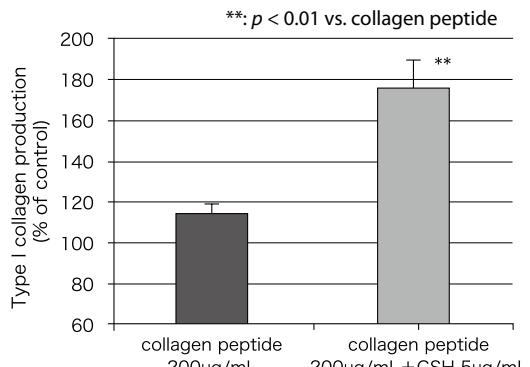


Figure 6 Synergy of glutathione with collagen peptide

collagen peptides and trace amounts of glutathione (1/20 of the amount of collagen peptide) were applied together, even higher type I collagen production was achieved (**Figure 6**).

Thus, although glutathione alone is sufficient for improving skin appearance, a combination of glutathione and collagen peptide has a synergistic effect.

3.5 Effect of oral ingestion of glutathione on skin appearance

For this test, 8 women in their 30s or early 40s were recruited, and they took three tablets

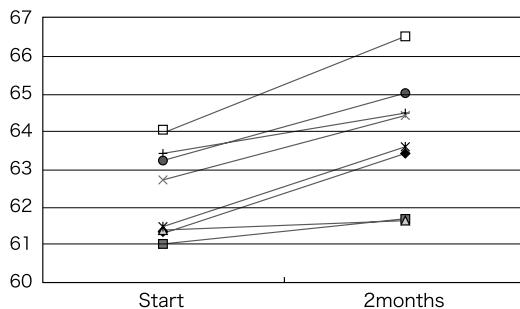


Figure 7 Skin brightness

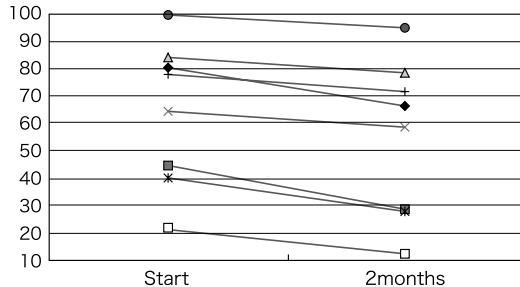


Figure 8 Degree of skin pigmentation

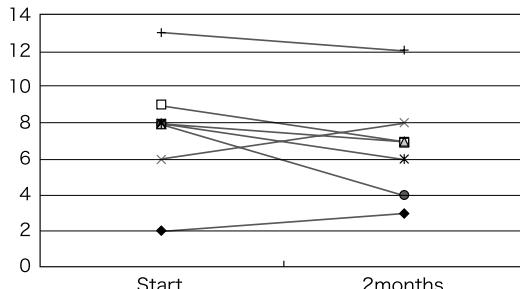


Figure 10 Number of wrinkles under the eyes

(containing 100 mg of glutathione) each time on a daily basis as a test meal. The study period was two months, and their skin conditions at the beginning of the study and after two months were compared by using Robo Skin Analyzer.

When subjects' skin brightness was measured on the second day of the study, the level of brightness for all subjects had improved (**Figure 7**). In addition, it was shown that the amount of skin pigmentation and the total area of skin pigmentation tended to decrease over the two months (**Figures 8 and 9**).

This suggests that blemishes and pigmentation were improved because adding glutathione inhibited the formation of melanin, leading to skin whitening. In addition to the whitening effect, the number of wrinkles under the eyes and pores also decreased (**Figures 10 and 11**).

Dermal collagen is strongly involved in the firmness and elasticity of the skin. Reduction of fibroblast cells due to damage caused by aging, active enzymes, ultraviolet radiation, etc. results

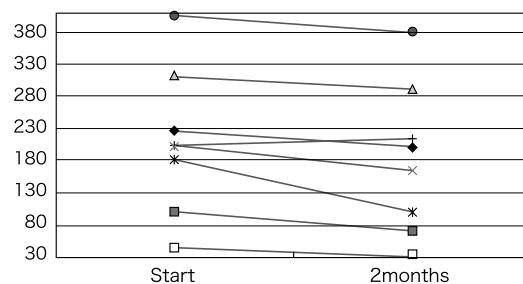


Figure 9 Area of skin pigmentation

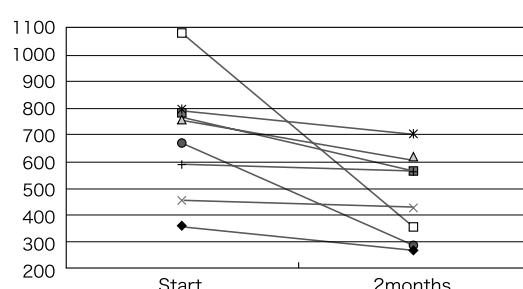


Figure 11 Number of pores

in reduction of collagen and causes skin aging or issues such as wrinkles and slackening of skin.⁴⁾

We hypothesized based on this study that taking glutathione destroyed active enzymes and led to a reduction of skin damage; production of type

I collagen in fibroblast cells was accelerated and led to increased formation of net-like structures compared to at test initiation; and firmness and elasticity of skin increased and led to reduction of blemishes and pores.

..... References

1. Eun Young Park, Nami Shimura, Toru Konishi, *et al.*: Increase in the protein-bound of glutathione in human blood after the oral administration of glutathione. *J. Agric Food Chem.*, **62**: 6183-6189, 2014.
 2. G A Hazelton, C A Lang: Glutathione contents of tissues in the mouse. *Biochem. J.*, **188**: 25-30, 1980.
 3. Owens CW, BELCHER RV: A colorimetric micro-method for the determination of glutathione. *Biochem. J.* **94**: 705-711, 1965.
 4. Gary J. Fisher, James Varani, John J.Voorhees, *et al.*: Looking older: fibroblast collapse and therapeutic implications. *Arch Dermatol.*, **144**: 666-672, 2008.
 5. Robert A. Jacob, Ph. D, F.a.C.N: The integrated antioxidant system. *Nutrition Research*, **15**: 755-766, 1995.
 6. T. Miyazawa, *et al.*: Characteristics of plasma low-level chemiluminescence upon stimulation with cigarette smoke. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **48**: 115, 1995.
 7. Pyke S, Lew H, Quintanilha A: Severe depletion in liver glutathione during physical exercise. *Biochem Biophys Res Commun.* **139**: 926-931, 1986.
 8. Jakoby W.B: The glutathione S-transferases: a group of multifunctional detoxification proteins. *Adv. Enzymol.*, **46**, 383-414, 1978.
 9. Vina J, Perez C, Furukawa T, *et al.*: Effect of oral glutathione on hepatic glutathione levels in rats and mice. *J. Nutr.*, **62**, 683-691, 1989.
 10. Casciarri I., Tofanetti O., Longoni E., *et al.*: Blood-levels of ethanol and acetaldehyde following ethanol ingestion in rats-effect of glutathione, *IRCS Med. Sci. Biochem.*, **14**: 158-159, 1986
 11. Wataru Aoi, Yumi Ogaya, Maki Takami, *et al.*: Glutathione supplementation suppresses muscle fatigue induced by prolonged exercise via improved aerobic metabolism, *JISSN*, **12**: 7, 2015
-

Correspondence to: Tomohiro Nakagawa (e-mail: tomohiro.nakagawa@kohjinls.com)

KOHJIN Life Sciences Company, Ltd.,
Saiki Factory : 1-6 Higashihama, Saiki-shi, Oita 876-8580, Japan.
Tel: +81-972-22-1056, Fax: +81-972-24-1262
HQ : 1-3 Yurakucho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0006, Japan
Tel: +81-3-3539-1691, Fax: +81-3-3539-2891

これだけは知っておきたい

豆 知 識

一般財団法人 食品分析開発センター SUNATEC
第一理化学検査室

カテキンについて

カテキンとは、主に緑茶葉に含まれるポリフェノールの一種で、その中のフラボノイド、さらにはフラバノール類という種類に入る。ポリフェノールはほとんどの植物に含まれる色素や苦渋味成分で、カテキンはお茶に特有の苦渋味成分のもととなる物質である。他にもポリフェノールの一種として知られている成分も多くあり、ゴマのセサミン、ウコンのクルクミン、ブルーベリーのアントシアニンなどがある。

お茶が体によいといわれているのは、実はカテキンの働きによるものが大きい。カテキンは単一の化学物質ではなく、さまざまな種類がある。それぞれのもつ機能も異なるため、多機能性物質として幅広い健康効果が期待されている成分である。

本豆知識では、カテキン類の特徴、作用、効果、また分析方法について紹介する。

カテキン類の特徴

緑茶、ウーロン茶、紅茶などはすべて茶の木 (*Camellia sinensis*) というツバキ科の植物の葉を乾燥させて製造する。生の葉をそのまま蒸すか炒ることにより殺青（葉の酸化作用を抑える工程）した後、乾燥させたものが緑茶（不発酵茶）であり、一方、殺青前に茶葉に内在する酵素により発酵させ、乾燥させたものが、ウーロン茶（半発酵茶）や紅茶（発酵茶）である。

茶葉中のカテキン類は、乾燥重量で約 10~20% を占め、品種や葉位、収穫時期によってカテキン類の組成が異なる。また、カテキン類は発酵中にテアフラビン類やテアシネシン類といった別の物質に変化する。したがって、発酵させない緑茶では、カテキン類の組成や含量は元の茶葉にほぼ一致するが、ウーロン茶（半発酵茶）から紅茶（発酵茶）へと発酵度が進むにつれて、カテキン類の組成が変わり、含量も低下する。緑茶のカテキン類の含量が 15% 前後に対して、紅茶では 5% 以下である。

生の茶葉中のカテキン類のうち、主なものは (-) - エピガロカテキンガレート、(-) - エピガロカテキン、(-) - エピカテキンガレート、(-) - エピカテキンの 4 種類である。その中でも前の二者の占める割合が大きく、また未熟な葉ほど (-) - エピガロカテキンガレートの割合が高い。また加熱工程がある缶飲料などにおいては、茶葉中に存在した 4 種類のカテキン類それがエピマー化した (-) - ガロカテキンガレート、(-) - ガロカテキン、(-) - カテキンガレート、(-) - カテキンが存在する。主要なカテキン類 4 種類の構造式を図 1 に示す。

カテキン類の作用、効果

カテキンには実際に多様な生理活性があることが報告されており、最近注目されている緑茶の機能といえば、



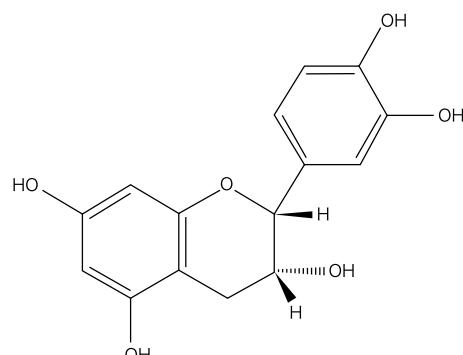
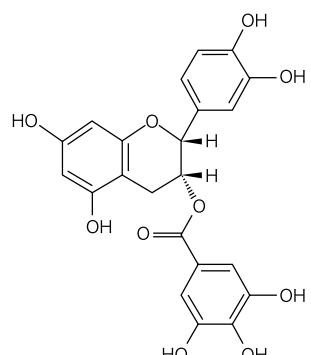
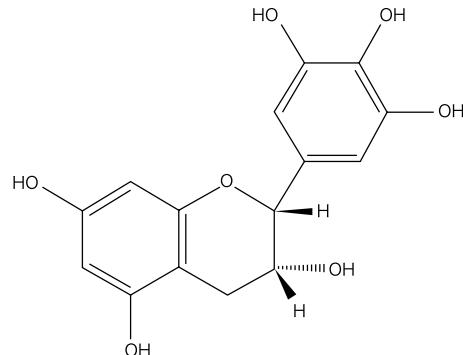
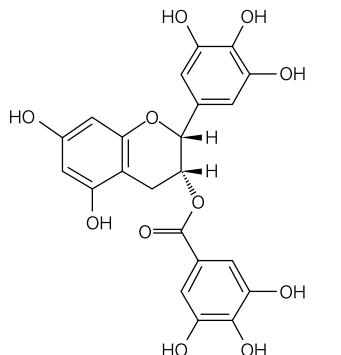


図1 主要なカテキン類の構造式

特定保健用食品にみられるような、脂肪を燃焼しやすくする作用や悪玉コレステロールを低下させる作用など、ダイエットやメタボリックシンドローム対策としての機能である。その他に抗菌・殺菌作用、抗ウイルス作用、活性酸素除去作用、抗アレルギー効果などがあるといわれている。カテキンはポリフェノールの一種であるため、過剰摂取など今後安全性についても議論される必要があるとともに、個別のカテキンを正確に定量することも重要である。

カテキン類の分析方法

カテキン類の定量については、逆相カラムを用いた高速液体クロマトグラフ法により分離定量する分析方法が一般的である。この方法ではカテキン類を分離し、各成分毎に定量できるため、特定の成分の定量や、組成の変化を確認することもできる。高速液体クロマトグラフ法により分析したカテキン類のクロマトグラ

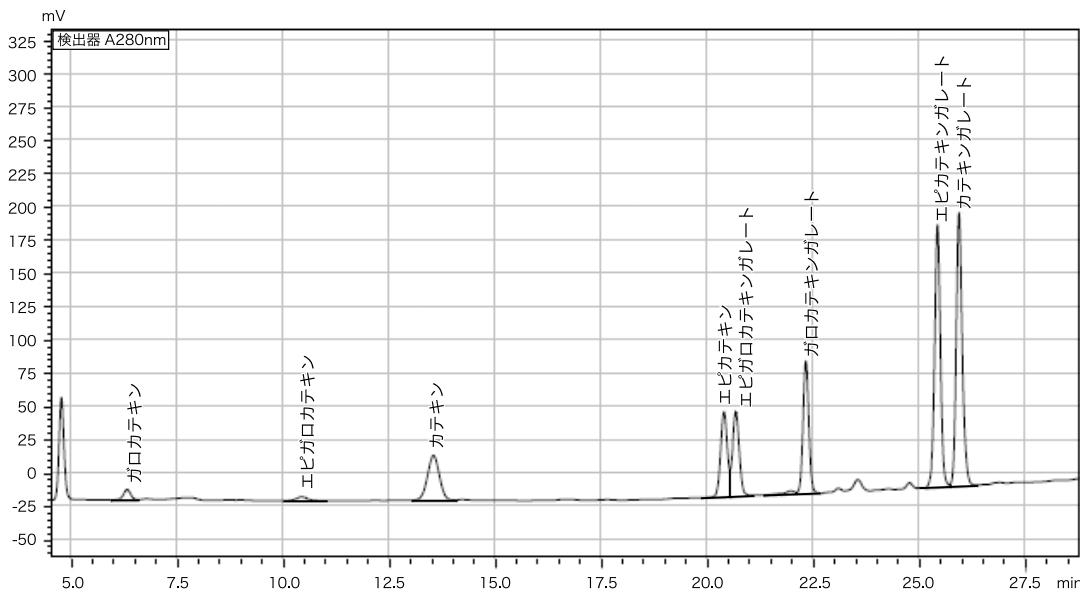


図2 カテキン類のクロマトグラム

ムを図2に示す。またカテキン類の総量を定量する分析方法として、緑茶中のポリフェノールの多くはタンニンであり、そのタンニンの多くがカテキン類であることから、カテキン類の合計量として、タンニンの比色により定量する方法も古くから使われている。危険な試薬も使用せず、操作性もよいため、簡易的にできる分析方法として、緑茶の品質評価などに用いられている。そのほかにもキャピラリーカラム電気泳動法を用いた分析方法もある。

おわりに

カテキンは、さまざまな機能をもつ機能性成分として、特定保健用食品や、新しい制度である「機能性表示食品」における機能性関与成分としても注目されている成分である。

また近年、多くの研究機関においてカテキンのもつ機能の研究がされており、食品としての利用の他、幅広い分野での活用も期待される。



野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

サラシナショウマ *Cimicifuga simplex* (Wormsk. ex DC.) Turcz. (キンポウゲ科 Ranunculaceae)

夏が去り、秋の気配が漂う野山を歩いていると、まるで試験管ブラシのような長くて白い総状花序をつけた草本を見ることがあります。これがサラシナショウマです。本植物は新芽を軽くゆで、水にさらして食用にし、また、葉は麻に似て、性が上升（昇）する（上に成長する性質がある）ことから「サラシナショウマ（晒し菜升麻）」と名付けられたそうです。

サラシナショウマは日本、千島、サハリン、カムチャッカ、シベリア、中国東北部、朝鮮半島、モンゴルなどの山地や草原に生える多年草で、高さ1~1.5m、葉はかなり大きく長さ35~55cm、互生し長柄があります。下の方の葉は3回3出複葉、上部は2回3出複葉となり、小葉は卵形、先端はとがり、辺縁は鋭浅裂、両面に短い毛をまばらにつけ、8~10月ごろ分枝した枝先の長い総状花序に長さ5~10mmの花柄のある白い小花を多数咲かせます。地上部の茎葉が枯れる11月頃、不規則な黒褐色の塊状で横にのび細い根を多数出した根茎を掘り取り、茎葉と細根を除いて水洗いし、日干しにしたもの

をショウマ（升麻, *Cimicifugae Rhizoma*, 黒升
麻、真升麻）と呼び、民間では、風邪で熱があり、頭痛のする扁桃腺炎や口内の腫れものなどに、煎液でうがいをすると熱が下がり、のどの痛みや口内の腫れものが軽減し、また、ウルシかぶれ、あせも等の湿疹、かぶれには患部を冷湿布すると良いとされています。漢方では、解熱、解毒、浮腫抑制薬として乙字湯、升麻葛根湯、補中益氣湯、辛夷清肺湯などに使われます。成分はトリテルペノイドのcimigenol(シミゲノール) やクロモン誘導体、桂皮酸誘導体などが知られています。



写真1 サラシナショウマ（花）



写真2 サラシナショウマ（葉）



写真3 イヌショウマ（花）



写真4 レンゲショウマ（花）



写真5 生薬：ショウマ（升麻）

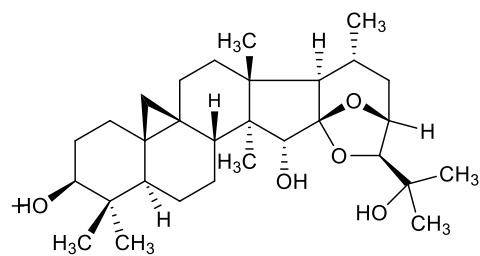


図 1 cimigenol の構造式

生薬のショウマには、中国産の北升麻の基原植物である興安升麻 *C. dahurica* をはじめ、基原植物が数種類あります。その他、日本に自生するショウマと名のつく植物にはイヌショウマ *C. japonica*、オオバショウマ *C. acerina var. acerina*、レンゲショウマ *Anemonopsis macrophylla*などがあり、レンゲショウマは1属1種の日本固有種で、東北地方南部から中部地方までの低山から亜高山の林の中に生え、根生葉は2～4回3出複葉、小葉は卵形で、長さ4～8cm。花は大きな円錐花序にまばらにつき、直径3～5cmと大きくて美しい。

アメリカ産の升麻 (black cohosh, black snakeroot) の基原植物は *C. racemosa Nuttall* で婦人病薬にされます。また赤升麻といって本品に代用されるものにはユキノシタ科のアカショウマ *Astilbe thunbergii*, トリアシショウマ *A. congesta*, アワモリショウマ *A. japonica*, チダケサシ *A. microphylla* 等の根茎があり、サラシナショウマとは全く異なったものです。

デンマークの誕生日

各国の祝い事には、その食文化が強く現れます。今回はデンマークの誕生日の食べ物について紹介します。誕生日会というと、日本では子供達が開く誕生日パーティを思い浮かべるのではないでしょうか？大人になると、誕生日を家族や友人と盛大に祝うのは、還暦などの節目の時くらい、という人も多いと思います。

デンマークの誕生日というと、子供達はクラスの友人を呼んで誕生会を開いたり、家族で祝ったり、そして、もちろんプレゼントをもらえることもあります。子供達が楽しみにする一大イベントもあります。この誕生日会ですが、大人になっても、友人を呼んで自宅でパーティを開く人も数多く、誕生日を迎える本人は、家族や友人に夕食や昼食をご馳走し、プレゼントをもらいます。デンマークでは10年ごとに節目の年を盛大に祝う習慣があり、30歳、40歳、50歳、60歳と、節目の歳には、お金をかけて、多くのゲストに美味しい食事を振舞い、パーティを開く人が多くいます。

このように、デンマークでの誕生日は、子供に限らず、大人にとっても大切な日としてデンマーク人の生活に根付いているイベントのようです。その誕生日に食べる食事、ですが、まず朝食。デンマーク人の誕生日は朝から始まります。誕生日の朝は、ブレッドロールと言われるパンを、通常は家族でいつしょに食べます。ブレッドロールは、手のひらサイズの丸っこいパンで、それを水平方向に半分にスライスして、バターやチーズ、ジャムなどと一緒に食べます。それをホームメードであれ、買ったものであれ、朝食とするのが誕生日の定番です。

その後、大人であれば、職場にケーキやブレッドロールを持って行き、同僚とおしゃべりしながら食べたり、小学生や幼稚園生であれば、学校や幼稚園にケーキを持って行って、みんなで食べることがよくあります。

では、大人から子供まで、みんなが祝う誕生日会では、どのような食べ物を食べるのでしょうか。ディナーに招待したり、レストランに招待する場合は、人それぞれで、個人の好みで食事の内容が決まることが多いですが、午後に開く誕生日会の定番としては、ブレッドロールと、ケーキ、そしてコーヒーと紅茶がふるまわれます。午後2時半くらいに始まり、まずはブレッドロールを食べ、その後、ケーキを食べます。ここで食べるケーキは、誕生日ならではの、Lagkage レイヤーケーキと言われるケーキです。日本のショートケーキに似ているレイヤーケーキは、その名前の通り、スポンジを何層かに重ね（通常は3層くらい）、



朝のブレッドロール



レイヤーケーキ



ケーキの人

その間に、ケーキクリームと言われるホイップクリームとカスタードクリームを混ぜたもののや、フルーツ（イチゴやラズベリー、バナナなど）、ジャムなどを塗ります。レイヤーケーキにもいろんなバリエーションがあり、フルーツをたくさん使ったり、粉砂糖を水で溶き、それをケーキに塗ったりと、いろいろです。

また、Brunsvigerと言われるケーキも誕生日によく食べるケーキですが、これは、平

たいパンのようなものの上に、ブラウンシュガーとバターを溶かして混ぜたものを塗ったものです。平たいパンのような生地なので、それを人の形にして、その上に、色とりどり形も様々、グミやキャンディーを飾り、Kagemand（ケーキの人）というケーキにもなります。人の形で、キャンディーがたくさん、とあれば、子供達は大喜びですね。このように、ブレッドロールとケーキ、コーヒー紅茶で午後の誕生日を祝うのはデンマーク誕生日会の定番です。

ちなみに、デンマーク人は祝い事には、デンマークの国旗を飾ります。誕生日会ともなれば、家の門から、部屋の中まで、いろいろなところにデンマークの国旗を飾るので、外を歩いていて、旗が戸口に飾ってあったら、誕生日会や祝い事をしている、と思ってくださいね。というわけで、デンマークの誕生日の食べ物を紹介しましたが、一年に一度の特別な日として、子供から大人までデンマーク人の生活の中で重要なイベントのようです。そして、その誕生日には、ブレッドロールとケーキが欠かせない食べ物となっているようです。

ILS コラム 「ヘム鉄」

女子大学生競技選手へのヘム鉄摂取試験 -貧血改善への試み- I L S 株式会社

2011 年度研究 (日本大学)

【目的】

「ヘム鉄」は、非ヘム鉄（無機鉄）より吸収性が良く、副作用が少ないことで鉄の補給に適していると言われております。「ヘム鉄」はポルフィリン環が鉄イオンの周りに存在しているため酸化還元反応が起こりにくく、お茶やコーヒーなどに含まれるタンニンや一般食材に含まれる食物繊維、カルシウム、リン酸などの成分と共に摂取しても吸収阻害を受けません。また、非ヘム鉄はビタミンCや動物性たんぱく質などと共に摂取する事で吸収効率の向上を促す事がありますが、「ヘム鉄」は単独で高い吸収率が得られます。

本試験では、貧血症状のある女子大学生競技選手において「ヘム鉄」を摂取することによる貧血改善効果と心理状態の変化を検証しました。

【試験方法】

被験者：本人に貧血症状の自覚症状がある競技スポーツを行う女子大学生 合計 30 名

軽度貧血グループ 20名：ヘモグロビン 13.4g/dL ~ 12.0g/dL, フェリチン 10ng/mL ~ 40ng/mL

中度貧血グループ 10名：ヘモグロビン 10.0g/dL ~ 12.0g/dL, フェリチン 2.8ng/mL ~ 10ng/mL

ヘム鉄摂取期間：軽度貧血グループ 2ヶ月間、中度貧血グループ 4ヶ月間 継続摂取

【摂取方法】

鉄として 7mg 相当 (3 カプセル / 1 回) を 1 日 2 回摂取 (朝食後および夕食後に摂取)

合計 鉄として 14mg/日

【検査方法】

試験前および試験後に採血し、血液一般検査 (鉄欠乏の指標として血色素量 (ヘモグロビン ;Hb),

表1 軽度貧血グループと中度貧血グループのヘム鉄の経口摂取前と後における血液検査の結果

	軽度貧血グループ			中度貧血グループ		
	2ヶ月間摂取		2ヶ月間摂取		さらに2ヶ月間摂取	
	摂取前	摂取後	摂取前	摂取後	摂取後	摂取後
血色素量 (Hb) g/dL	13.1 ± 0.1	13.7 ± 0.1	11.6 ± 0.2	12.1 ± 0.4	12.6 ± 0.3	
血清鉄 (Fe) mg/dL	93.5 ± 9.7	151.3 ± 11.4	49.2 ± 7.0	72.1 ± 12.5	108.5 ± 18.1	
フェリチン (Fer) ng/mL	31.4 ± 1.9	41.9 ± 3.1	6.3 ± 0.9	9.6 ± 2.9	11.7 ± 1.5	

表2 軽度貧血グループと中度貧血グループのヘム鉄の経口摂取前と後における気分プロフィール検査の結果

	軽度貧血グループ			中度貧血グループ		
	2ヶ月間摂取		2ヶ月間摂取		さらに2ヶ月間摂取	
	摂取前	摂取後	摂取前	摂取後	摂取後	摂取後
緊張 - 不安	13.0 ± 1.4	8.5 ± 1.5	12.7 ± 1.5	12.9 ± 1.4	7.6 ± 0.9	
抑うつ - 落ち込み	10.6 ± 2.1	9.5 ± 2.3	16.0 ± 1.3	13.8 ± 1.4	5.8 ± 1.5	
怒り - 敵意	11.5 ± 2.2	8.8 ± 2.6	16.0 ± 1.8	15.0 ± 1.4	4.4 ± 0.9	
活気	10.6 ± 1.5	10.4 ± 1.4	8.2 ± 0.9	9.8 ± 1.2	13.1 ± 0.9	
混乱	12.6 ± 1.4	9.3 ± 1.7	14.9 ± 0.6	9.9 ± 1.7	6.5 ± 0.9	

血清鉄(Fe)）およびフェリチン（貯蔵鉄;Fer）などを測定、比較しました。また、貧血症状が心理状態に及ぼす影響については、気分プロフィール検査（金子書房、日本語版POMS短縮版）を用いて評価しました。

【結果】

ヘム鉄力プセルの2ヶ月間の継続摂取は、血液検査から評価される貧血指標を軽度の貧血は改善しましたが、貧血症状が重い場合はその効果が低いことが考えられました。しかし、ヘム鉄をさらに2ヶ月間継続摂取（合計4ヶ月間摂取）することによって、血液の鉄状態を改善することが示唆されました（表1）。また、心理状態の変化については、中度貧血症状のスポーツ選手の4ヶ月間継続摂取後、気分や感情の状態が改善され、「生き生きする」などのポジティブな感情が上昇することが明らかとなりました（表2）。

【考察】

女性のスポーツ貧血の改善には「ヘム鉄」の経口摂取が有効であり、また、貧血症状が強く、運動量の多い選手には長期間のサポートがその効果をより向上させることが示唆されました。

鉄は意識的に摂ってもなかなか吸収されにくい栄養素です。鉄分を多く含む食品が意外と少なく、また、最近では摂取量を多くすることより吸収率が高いことが注目されております。ヘム鉄は、非ヘム鉄より鉄の吸収率がよく、スポーツ選手向けの鉄補給サプリメントとしてお役立て頂けます。

ILS商品ラインナップ

ヘムロンシリーズ	特徴
ヘムロン	ヘム鉄 鉄分1%含有
ヘムロン WS	水溶性ヘム鉄 鉄分1%含有
ヘムロン 2HiWS	水溶性高濃度ヘム鉄 鉄分2%含有

本コラムに関するお問い合わせは：大塚化学グループ I L S株式会社
〒302-0104 茨城県守谷市久保ヶ丘1-2-1 TEL:0297-45-6342

歴史の潮流と科学的評価

(第5節 ベジタリアン食の世界規模の問題と非栄養学的視点)

ジョアン・サバテ (Joan Sabate) *1 訳: 山路 明俊 (Akitoshi Yamaji) *2

*1 ロマリンダ大学栄養学部, *2 食のフロンティア塾

Key Words: ゾロアスター, 禁欲主義, ピタゴラス, ベジタリアンの哲学

20章 宗教、精神そしてベジタリアン食

1. はじめに

文明の夜明けから、食品と宗教の避けられない絡み合いがありました。記録のある歴史で最も新しいのは、相互の繋がりが流行ったことです。異なる行動と生活様式を持った文化の過剰は、まだ、一つだけの共通性を分け合っていて、それは、人間は魂から肉体の栄養物を分離できない理由があるからです。文明の信仰は多くあるので、肉のない、植物性に基づいた食事と一人一人の個人との関係を物語る試みは不可能であるばかりでなく、しばしば彼らが共通して保有する統一的な規則をも不明瞭にしてしまいます。ベジタリアンを実践する宗教的な正しさは、5つの異なるフェーズを通して発達してきて、また、これらを進歩的で連続的な発展としてとらえることは可能である一方、同時に出来る苦心作に対する議論もあります。これらのそれぞれのカテゴリーは現在も存在し、起源の古さを

指摘することができます。それぞれの場所は、弱さと真実と同様に強さを持ち、いつものように、両側の深淵を分けている峰を注意深く踏みしめることで見つけられるに違いありません。人間性が記録された歴史は数千年しかなく、記述した記録もなく、古代の過去を理解することの多くは、推定、伝説や推測として残されているに違いありません。ベジタリアンの思想と理想の明確な描写は、紀元前6世紀までは明らかではありません。これは、人類の知的で精神的な発展の変わり目として明記できるような時代です¹⁾。

Charles Potterは、彼の本、The faiths Men live byの中で述べています。「紀元前6世紀の大気中には何があったのだろうか。灼熱の太陽から放たれて来る宇宙線は、この古代の地球を襲い、預言者、哲学者や宗教の創始者である、天才をもたらすように人間の息子や娘の遺伝子と染色体を奮い立たせたのでしょうか」²⁾

この古代のルネッサンスは、ペルシャに於いて、神秘的な初期のゾロアスター、ダニエル等の多くの主要なヘブライ人の預言者、マハービーラやブッダ等の東洋の宗教的指導者、ピタ

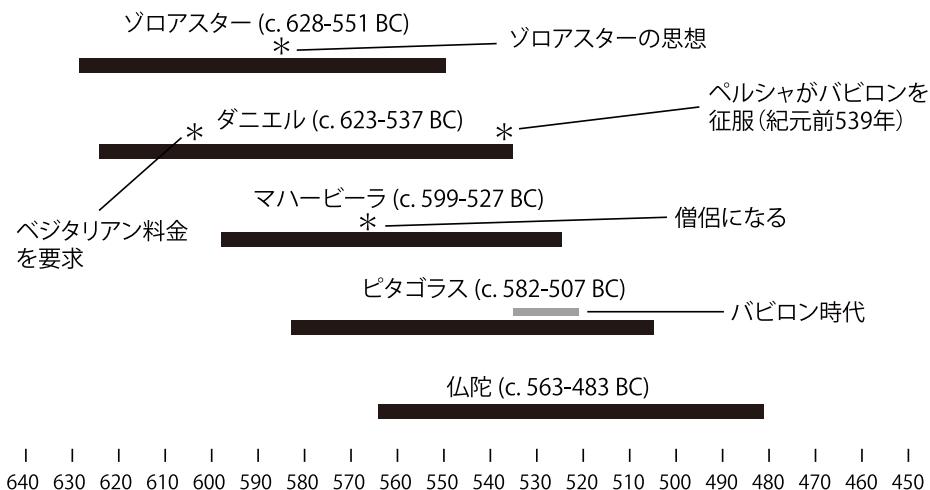


図 20-1 宗教に係る初期のベジタリアンが生きた年代

ゴラス等のギリシャ初期の哲学者を生みだしました。これらの幾人かの史実性について疑問視する人がいますが、これを議論するに当たっては、初期的な出来事として記述する伝統があります。ここで使用される年代は、ある程度の不確かさがありますが、これらの哲学者らは同時代であるという精度の高い証拠があります。(図 20-1)

これらの 5 人の有名人は、その時代の宗教的な思想の代表者で、ベジタリアンの規律を最初に、彼らの宗教的な行動と教育に組み入れたものとして選び抜かれています。肉食を避けることを開始させ、植物性食品を取り入れるようになった、様々な精神的で宗教的な教義は、これらの古代の哲学者の生活と教育の中で始まり示されました。

古代の世界での、これらの宗教的思想の指導者間の個人的な接触は推論でしかありませんが、ペルシャ帝国に浸透し、少なくともその思想を分かち合ったことは想像できないことではありません。これらの 5 人のマギ (magi) は、ベジタリアン主義を付随するその後の宗教的思想に対し枠組みを提供し、哲学的で宗教的なベジタリアン思想の 5 つのフェーズの見合った代

表者であります。

これらのそれぞれの哲学者は、ベジタリアンのライフスタイルの中でその内容を見出すことができるので、特別な精神的な面を代表するものとして選ばれていますが、これらの規律は同時に指導者とそれを受け継ぐ者の双方の思想と行動に、しばしば存在すると理解されなければなりません。これらの規律は単独で、しかも丁度良い時期に創始者が近くにいて発展したわけではなく、思想と実行が他の場所で議論が始まられたのは疑いもないことです。その代り、この部分はこれらのベジタリアンの生活法の、精神的な構成要素を理解することを補助するために、幾分任意に構築されたものと見なされるべきです。

2. 自然に対して注意を払う責務

ベジタリアン主義を正当化し、強要する最初の宗教的な構築は、自然に注意を払うことです。これは、その機能を保存し、持続させる面において、自然に対する責務を要求する宗教的な義務として理解されます。これは、この責務を人類に割り当てた創造者 / 創始者の信念か、自然

それ自身を、敬意と崇拜を要求する神性として理解することから発生します。どちらの場合でも、菜食と動物食双方の不必要な崩壊が原則の侵害として見られます。動物を低水準で適正に利用することが、認められる範囲内にあると主張することは可能としても、ベジタリアンの信奉者は、植物性の食料が十分にあれば、人間の繁栄のために動物の生活を破壊することは、必要ないと考えています。その結果、動物の食料としての低水準の利用は誤用と見なされ、また、保全機能を侵害するので罪深い行いとさえ見なされます。家畜における資源の非効率的な浪費の思想が近年、拡大しています。

A. ゾロアスター (c. 628-551 BCE)

この学派の起源は、少なくとも、ゾロアスターあるいはより正確にはペルシャ名として Zarathushtra と称される年代まで遡ることができます。この古代の神秘論者はゾロアスター教の創始者で、世界で最も古い信条に基づいた宗教の一つです。Zarathushtra についての殆どは、Gathas (賛歌) か、彼の「神の賛歌」から由来します。彼は、北ペルシアのアゼルバイジャン近郊で誕生したようです³⁾。青年の時、彼は牧師が行った動物のいけにえの血を見てうろたえました。そして、どうすることもできない動物の死は、どのように考えても、神を崇拜する価値のある行為であると考えることは不条理であることに気付きました。30歳の時、Zarathushtra は、予言の兆しを表す思想を持つに至ったことが記述されています。その中で、彼に教授した神の教えとは「他の創造物より自分が高い位置にいるとは考えてはいけない。植物と動物は汝よりも、純粋さを保持している。彼らを守り、世話をしなければならないことを忘れてはならない。そうすれば、彼らは汝を助けるであろう」⁴⁾

崇拜が定着している牧師との数年の闘争の

後、Vishtaspa の戦士、Chorasmia の王を見つけました。(Darius I 世の父と考えられている)そこは、現在、西タルキスタンです。その後、Zarathushtra によって伝導された宗教は繁栄し、その結果、Medo ペルシア帝国の正式な信条として採用されました。

ゾロアスター教は、1,000 年以上の長きに亘り、パルティアと第 2 次ペルシアン帝国にあって、大きな富と世俗的な力を持った宗教でした。西暦 7 世紀に入り、アラブ人がペルシアを征服し、次第にゾロアスター教は少数派に減少し、多くの人が信仰のために死にました。迫害された少数がインドに逃れて、ボンベイの近くに居住し、そこで子孫であるパールシーは、今も生き続け、活動しています。現在、約 200,000 人が宗教を信じ、ベジタリアンの生活をしています⁵⁾。

Zarathushtra は、一神論の形を教授し、善と悪を人の心の中にある絶え間ない闘争と見なしました。最高神である、アフラマズダは万物の創造者であり、崇拜に値すると考えられました。また、Zarathushtra は、この世と同じ来世があると信じていましたが、この来世は、神の永遠の法律で生きるのみが可能でした。自然に害をもたらすことは禁じられ、土と水を汚すことは、創造者の法を侵害することと考えられました。生命と物質は神の寛大さによるものと見なされ、それゆえに完全でした。それは、事実、最初の生態学的宗教でした。信条から、Zarathushtra は、肉食を拒みました⁶⁾。

B. 無殺生

およそ「非暴力」と訳される無殺生の概念は、殆どの西欧宗教の中心的な要件です。それは、命を神聖なものとするベジタリアンの感情にしばしば取り入れられ、ある種の西欧の宗教、その著名なものとしてジャイナ教の無殺生の概念は、土、水や空気の健全さに及ぶとしています⁷⁾。このように、最も効率的な利用のみがこれらの

要件であり、どんな場合でも、それらは利己的に利用され、損害を被らないようにと、生態学的な責務の要請があります。これは、信奉者によるベジタリアン食を必要とする原則の一つです。

C. キリスト教とユダヤ教の生態学的責務

ベジタリアンのキリスト教とユダヤ教の信奉者は、彼らの人間仲間を愛することと自然の支配という2重の責務に基づく生態学的ベジタリアン主義への支えを聖書に見出します。

1. 汝の隣人を愛する

旧約と新約聖書の誓約は双方共、次の戒律があります。「汝自身のように隣人を愛せよ」レビ記 19:18。「愛はあなたの隣人に害をもたらしません。それゆえ、愛は法にかなっています」ローマ 13:9&10。

このことは、様々なことを含め、隣人の健康や幸福をもたらす行動を実行することの重要性を意味しています。食事に関しては、このことは、ベジタリアン主義の健康効果の知識を共有するだけでなく、他の人の食物を奪うような食品の選択法と食欲を抑えることを意味しています。

キリスト自身の定義では、「隣人」は必要とされる人全てを対象にしています。このように、キリスト教徒は、食事を選ぶ時、最も健康的で個人的な利点ばかりでなく、特に供給量が少ない場合、入手できる食料の最も効率的な利用になるよう良く考へる必要があるという意識を持つことが要請されます。この責務は、地球上の現在の住人だけでなく、未来の世代にも拡大されます。なぜなら、現在の行動は未来の食糧供給に影響するからです。食料と他の選択は、現在と未来双方で、栄養的な要求に答えられる能力にマイナスに影響しないように実施されるという、隣人愛の原則が物語っています。

キリスト教徒と他のベジタリアン信奉者は、人口増加率は驚異的であることを指摘しています。現在、地球上には60億を超える人が居て、

たった150年前に比べ10億増加しています⁸⁾。現在の増加率と仮定して、同じ年数先を予想すると、2150年には、この惑星には、6,000億人の人がいることになります。この数を養うことは事実上不可能です。人口増加の90%以上が発展途上国で生じていますが、同時に、先進国は世界の農業生産の80%を消費しています⁹⁾。Cornel大学の研究は、米国に居住する標準的な人で、たった2億人だけを世界は支えることができると結論付けました¹⁰⁾。この主要な理由の一つは動物性食品に過度に依存していることがあります。

人口増加と自發的で人道にかなった方法での食料供給、双方に対し方策が取られないとすれば、自然は残酷で不道徳なやり方でそれを実行するでしょう。この「自然」の調整はすでに始まっています。現在、15億人が極度の貧困にあり、7億人以上が飢餓状態で、深刻な栄養不足です¹¹⁾。この中、毎年、1,300万人が栄養失調で死亡しています¹²⁾。

食料エネルギーが菜食生活のレベルで供給されるとして、動物性のレベルで考えられる食料と比較すると、12～25倍の人口を支えることが可能になります¹³⁾。このように、例えば、牛乳と肉食は、エーカー当たり0.28人しか支えることができませんが、米と豆食は、同じ土地の広さで7人に栄養を供給することができます。

2. 自然を支配する権利

第2番目の原則は、生活の低水準への責務についてです。ヘブライの聖書、創世記1:28の中の、アダムへの最初の戒律は、自然を「支配する」でした。「そして、神は彼らを祝福し、言いました。実り多くし、幾重にも地上を満たし、征服せよ。海の魚と空の鳥と地上に動くすべての生物を支配せよ」

ユダヤ教徒とキリスト教徒にとって、この神聖な戒律の責務は今もなお生きています、取り消されることはありません。しかし、作家である

Richard Schwartz が指摘したように、「征服は、乗っ取りと勝手に利用することは意味してなく、神は、動物の征服を人々に与えてすぐ、(創世記 1:28) 食品に利用することを禁じました(創世記 1:29)」

征服をするということは、注意をし、保護する責務があることを示します。このことは、全ての生き物と、同じく恐らく菜食生活にも及びます。なぜなら、アダムとイブ、彼らの子孫までも、「田園の果物を食べなければならない」ばかりでなく、「耕し続けなければならない」からです。「耕す」と訳される、ヘブライ語の abad は、田園を活用することを意味し、「維持する」と訳される shamar は、機能を守るあるいは保護することを意味します¹⁴⁾。

人間の食物は自然を消費することであってはならず、それと調和しなくてはならないと、多くのキリスト教徒とユダヤ教徒のベジタリアンは主張しています。このことは、自然の破壊を阻止するだけでなく、植物相と動物相の保護と保全を創出する、責任のある効率的な酪農という責務を示しています。期待された政治の変革が起こる以前、ユダヤ起源 (Judao) のキリスト教徒は、神聖な戒律による生態学的な責務を感じていました。

彼らの論理は説得力があります。化石燃料を含め、消費される全ての原料の 1/3 以上は、家畜の生産に費やされています¹⁵⁾。米国の耕作地の 64% 以上、穀物生産の 70% が家畜の飼育に使用されています¹⁷⁾。米国の飼料作物は 1,460 ポンド / 年の割合で消費され、その他の国では 255 ポンドです¹⁸⁾。米国の水使用量の半分以上が家畜飼料を栽培するために使用されています¹⁹⁾。10 ポンドのステーキを生産するために必要な水の量は、平均的な家庭が 1 年間に必要な水の量に等しいと Francis Moor Lappe は注視しています²⁰⁾。4 オンスのビーフパティ (ハンバーガー用) の生産は、55 平方フィート

の森林の破壊を表していると森林行動ネットワークは推定しています²¹⁾。2,000 年前、熱帯雨林は地球表面の 50 億エーカーを占めていました。介入の期間で、農場の建設はこの森の半分を破壊しました。この破壊の殆どは、過去 200 年の間に起こりました²²⁾。

この信条のベジタリアンは、隣人の責務が資源の利用の抑制を要請していると主張しています。世界の人々に食料を供給するためには、ベジタリアン食のみが、利己的でないと彼らは言い続けています。

キリスト教徒の生態学的責務は、恐らく、Loren Wilkenson の本、「地球の持続」「自然資源のキリスト教徒の責務」からの引用文が最も良く説明しています。「世界の貧困者と生物生存層の健全な多様性の持続に关心を向けると、北アメリカ人の殆どが慣れ親しんでいる食事については、大規模な変化が必要であることに気が付きます。経済的で政治的な生存の理由で、私達は食料生産のシステムへの個人的な影響を喜んで減らすでしょうか？私達と子供達は実行しなくてはならないかも知れません。しかし、個人的な健康の為というのではなく、感情、愛と責務的責任感の理由で、私達は消費を減らすことを望むのです。どちらの場合でも、近い将来、北アメリカ人には、何らかの食事の変化が避けがたいように見えます。キリスト教徒として、その変化を受けざるを得ないのか、あるいは、その影響をもたらす指導者となるべきか、私達は決めなくてはなりません。

3. 精神的、身体的機能の強化

身体的な健康は必ずしも、精神にとって必要な付属物とは見なされていません。事実、禁欲主義は肉体に価値を置きません。皮肉にも、肉体的健康と肉体的な欠陥はベジタリアン主義を正当化するのに利用されます。肉体的な健康を基にしたベジタリアン主義を正当化する信奉者は、精神的な健康は、肉体の健康に影響される

と言います。心は精神的な交信の媒介手段なので、健康な肉体は、交代しながら、神と上手に交信することができる健康的な心に要求される生活物質と環境を提供します。この原則は、また、来世は現世と同様な生活の延長と信じる人にも当てはまります。このように、楽園の食事は、現実の心と体の健康と、現在のベジタリアン食を最良に促進するものと同様なのです。さらに、楽園は死への準備を設けないので、結局、肉食は死のない来世には向かないのです。

4. ダニエル (c. 623-537 BCE)

ダニエルは、恐らく、ベジタリアン思想の最も議論のある代表者です。記述物を支持する特別な聖書の証拠がないので、聖書学者は長い間彼の存在を議論してきました。公になって約400年後に始まった聖書の記録には多くの年月があります。しかし、この点については、合意がなく、現在の文献は彼が紀元前に生存したという証拠を示しません²⁴⁾。存在の事実を示す歴史的な正確性にもかかわらず、ベジタリアン主義に適したダニエルの本に明解に説かれている原則は、現在でも、肉のない生活スタイルに対する主要な宗教的な理由の一つとして、肉体の健康を特徴付けるのに役立っています。

ヘブライ語で記述されたダニエルの本は、バビロニアの王である、Nebuchadnezzar II世が、エルサレムが攻撃された時の紀元前605年、最初にシリアに進攻した際に捕虜になったことを記しています²⁵⁾。バビロニアの習慣として、征服された人質は、忠誠心の浸透ばかりでなく、征服者の宗教と哲学が浸透するように、学校で再訓練と教育がなされました。

ダニエルの最初の章は、ベジタリアン食の信奉者に対して、実際の活用のために書かれた最初の内容が記載されていました。恐らく、バビロニア食を表した最初という事実から、王の食事の食品と同じにすることは望まず、しかし、また、その組み合わせのために、ヘブライ人の

捕虜4人は変更を求めました。ダニエルとその仲間は、zeroim（種子のようなもの）、別の言葉では種子から育った食品（植物性食品）から成る食事を要望しました。「それから、ダニエルは、Daniel, Hananiah, Mishael と Azariah の管理を命じた宦官の長の部下に話しました。10日間、召使いを試してみなさい。野菜と水を与えてみなさい」²⁶⁾

最初の10カ日間、何も際立った悪化を示さなかったので、彼らは教育のための残りの3年間を好きな食事を続けることが許されました。教育が終わった処で、彼らは他の生徒に遅れを取りなかつたばかりでなく、身体的、知的達成度において彼らよりも優れていたことが判明しました。「王の元に連れ出す最後の日、責任者は彼らを Nebuchadnezzar に会わせました。王は彼らと会話をし、Daniel, Hananiah, Mishael と Azariah と同じ者はいないことに気付きました。そういうわけで、彼らは王に仕えることになりました。王が質問した知恵と知識の全てに於いて、王国全体に居る全ての魔術師と機工妖術師よりも、10倍も優れていることを彼は見つけました」²⁷⁾

ダニエルは、王の助言者の位に格上げされ、彼の知性、高潔と夢を翻訳する能力のおかげで、バビロンの王権によって高い位にありました。退任後でさえ、彼の才能の記憶は残り、紀元前539年のMedoペルシャ人のバビロン征服の夜に、彼は、バビロン帝国の運命を表す別の道がないかを予測するために招聘されました。

ゾロアスターの教えを採用したミード人とペルシア人は、夢を解釈する人を高く尊敬しました。ダニエルのベジタリアン食はまた、ゾロアスター教の原理と共に鳴り、こうして、ダニエルは Medo ペルシアン裁判所の貴重な相談役となり、キュロス王の3期まで仕えました²⁸⁾。食事と精神状態の関係は、ヒポクラテスによつても明確に系統的に説明がされていて、彼は、

200年後、記述によって「ビーフは鬱の不調を悪化させ、消化を困難にさせます」と、公言しました²⁹⁾。

5. キリスト教のベジタリアンと健康

キリスト教徒にとって、食事の内容は、身体を「神殿」として扱う原則に従うことなのです。ユダヤ起源のキリスト教の伝統において、身体を健康な状態に維持して置くのは、個人の責任ということに、聖書は疑問を抱いていません。それは、コリント人の手紙、3:16&17の一節の中で示されていました。「あなたは神殿ではなく、神の精神はあなたに宿っていないことを知りなさい。もし、神殿を汚すことがあれば、神はあなたを破壊するだろう。なぜなら、神殿は神聖で、あなたはその中にいるのだから」

このことは、汚れを生じさせない方法で対処することを意味しますが、また、最良の健康を維持し、感覚を磨かせるもののみを摂取することを意味します。

興味あることに、ベジタリアン食の健康効果を探究している科学的研究は、ごく最近に始まったばかりです。植物性に基づく食養の、近代の科学的評価は1950年代初頭から始まりました。Mervin HardingeとFredrick Stareは、ベジタリアンの最適な栄養学的な状態を最も著名な研究報告書で示しました³⁰⁾。

それ以来、植物性に基づく食事は、生きる上で他よりも健康的であることを数多くの研究が示しました。セブンスデー・アドベンチスト教会に属する約30,000人の前向き研究である、アドベンチスト健康調査は、集団の中で、肉の摂取は全ての死亡原因と正の相関を示しました³¹⁾。特殊な疾患に注目した場合には、様々な食品の要因の中で、肉の摂取量は大腸がんの最も強力なリスク因子であることを、研究者はさらに報告しました³²⁾。

3. 生命の神聖さ

生命は身体的な機能とは区別されると、古代の人は初めは考えていました。体が無傷で、完全のように見える場合でさえ、死はしばしば訪れます。生命は、運動や感覚を生じさせて活気付かせる精神である、肉体に力を与える何かと見られていました。この事が人間にとて事実とすれば、獣にとってもまた、事実ではないのでしょうか？

その生命は2つの補足的な信念体系から由来します。其々の生物は、元の生物の死に際して、別の生命の形を宿らせ、生き続ける魂と精神を有するということがその一つです。この原理はエジプトの宗教的な考え方によ来するようです。そこでは、魂と精神は、陸から海へ、鳥へ、そして、最後には、人間の形へと転移するという観念を発展させました³³⁾。このように、ベジタリアン食は、別の魂を持った生物を破壊することはしない唯一のものです。この思想は、特に西欧の宗教的な考え方の中でさらに発展し、現代生活の質に合わせて、魂は前進したり後退したりします。このように、人間の手による早死はその過程を妨げ、おそらく、そうしなかった場合よりも程度の低い生活に委ねることになります。

神聖な生命という見方からのベジタリアンの思想の第2の理由は、下等動物の知覚が焦点です。もし、動物の世界が知覚、特に痛み、苦痛、恐怖と欠乏を感じるとすれば、それによって起こるこれらの否定的な感情は、その生物の生命を侵害することになります。死に至った場合は、このことはとても深刻なことになります。

下等動物が被る苦痛は、ギリシャの哲学者Empedokles（エムペドクレス）に大声を上げさせました。「ああ、最初は、無慈悲な日は私を壊しはしなかった。その前に肉を食べる残酷な

行為のために唇を準備した」³⁴⁾

殆どのキリスト教の神学者は、動物の世界の魂が人間が有するものと同様であるとしぶしぶ認めていましたが、反面、動物愛護への関心が高っていました。必ずしも、動物には魂があるとは信じていませんが、生命全てを同等の価値があるとする傾向が増加しています。このように、ベジタリアン食は、生命を奪うことを避けるためには必要です。死が容易に生じない黄金期を早期に重視することは、生命全体を神聖とする根本的な信念を生み出します。別の利益のために一つの生命を破壊することは、全ての生命は同等の価値があるとする創造者の思想に対する忌み嫌う階級制度の価値を、この姿勢は作り上げます。

A. Mahavira (c. 599-527 BCE)

紀元 599 年頃、Vaishali の近郊 Kundapura で誕生した Mahavira の信奉者であるジャイナ教徒程、生命の畏敬を深く表明し、実直に実行した人はどこにも見当たりません。

30 歳の時、Mahavira は、富、財産、妻、家族、親戚と欲求を放棄しました。Kundapura 村の公園の他には誰もいない Ashoka 木の根元で、水なしの断食を 2 日間実施した後、彼は全ての衣類を脱ぎ去り、頭の髪の毛を搔きむしり、一枚の衣類を肩にかけました。彼は、肉体を無視し、神の力や、人と動物から発する全ての災難を冷静に受け止めることを誓約しました。

Mahavira の信奉者はジャイナ教を創設し、今日でも、ベジタリアンの原則に関して、最も厳格な立場の一つを維持しています。

B. 佛教徒の思想

全ての生命に対する仏陀の主張は、ベジタリアンのライフスタイルに加えられますが、自身は、ベジタリアン主義を実直には実践しませんでした。仏陀が非暴力と無殺生を提倡する主

要な理由は、全ての生物に対する「慈悲」の精神に集約されます。動物を屠殺して、わざわざ用意された食品の受取人になることは間違いであると仏陀は教えました。他の生物の肉を食べることは、もし、その動物が食品となるために孤独にその生命を失くしたとするならば、野蛮な行為ということでした。この事は、又、結局悪魔の行為によるものに悩まされなければならないという因果応報の信仰を導きます³⁵⁾。しかし、仏陀は、需要があるとか仏陀や信奉者がいるとの認識がない他の無信仰の人によって用意されていれば、肉を食べてしまう実用主義者です。

仏陀の思想は、おそらく、彼自身が書いた原文とされる詩の中に最も良く要約されています³⁶⁾。

足のないもの

2 足を持つもの

そして多足のものに愛を。

全ての生き物、生きる全てのもの

情け深い全てのものに

禍が訪れないように。

そのもの達に悪魔が訪れないように。

C. ヒンズー教の哲学

ヒンズー教の哲学は仏教から多くを引用していました。「インドの古代の思想家にとって、生命は神の要素、起源物からの放射物、そして宇宙の連続体の一部と見なされています。水や木でさえも、其々の生命体は知覚とエネルギーを有すると彼らは、さらに考えていました。非暴力、無殺生とベジタリアン主義の初期の基本は、長い間、インドの宗教的な伝統の中心でした」³⁷⁾ 魂の再生は、動物を殺したり、食べたりすることを忌避することを神聖な義務としています。

D. キリスト教の思想

キリスト教徒は、下等動物を移動性の野菜以

上のものと見なすことをかなり嫌ってきました。しかし、その姿勢を再考しようとする声があります。英国、オックスフォードのマンスフィールド大学の神学教授で、熱心な動物福祉家である、Andrew Linzey 博士も同様に言っています。「罪のない苦しみを感じず、冷静でいられる神は、もはやキリスト教徒の神ではありません。私達に対して苦しみを減らす神学は、本当のキリスト教の神学ではありません」³⁸⁾

永遠の父は1羽のすずめにさえ、注目し、そして関心を持つとキリスト自身でさえも述べています。

新教キリスト教徒で、教師と作家である、Richard Dunkerly は述べています。「全ての人々を含めて、キリスト教徒は破壊者であってはなりません。私達は、治療者で調停者でなくてはなりません。私達は、(狼は子羊と共に横になり、幼子は彼らを導く)あるイザヤ書 11:6 の平和な世界で、これからどのようなことが待っているのか、私達は今を示さなければなりません。私達は今、家庭や教会で、子供達に神の創造に対し尊敬と愛を教えることを始めることができます」³⁹⁾

E. ユダヤ教の思想

ユダヤ教の思想は、また殆どの場合、動物の世界を食品の供給源程度にしか見なしていませんでした。しかし、再びその見方に挑戦する何人かがいます。当時の著名なユダヤ人のベジタリアン学者である、Issac Bashevis Singer は、单刀直入に「人間が食料のために動物を殺す時は、彼は彼自身の空腹のために正義を蔑ろにしている。人は慈悲のために祈りますが、それを他人に広げることは望んでいません。人はなぜ神の慈悲を期待するのでしょうか。あなたが与えることを嫌うものを期待するのは不公平です。それでは、一貫性がありません」⁴⁰⁾

食事に動物の肉を含むことを許している創世

記の記述は、誤用についての警告を示しているようです。「あなたの命である血は私が必要です。全ての獣の手は私が必要です」⁴¹⁾

その1節は、神に言わせているかのようです。「もし、あなたが必要としないのに殺すなら、弁明を求めます」

著名なロシアの小説家である、Count Tolstoi は書きました。「動物食の摂取は、道徳的な感情に対し暴力となる行動を要求するので、明らかに不道徳です」

肉食により生じる動物の苦しみを評論して、Henry David Thoreau は言いました。「全ての生物は死より生の方がよいのです。人、ムースや松の木、そしてそれを正しく理解する人は、破壊よりも生存させるのです」

肉の生産過程で受ける動物の苦しみに気づく人が増えています。Vegetarian Times によるベジタリアンの調査の 2/3 以上は、動物の虐待を感じるのは、ベジタリアン主義があるからとしています。7 百万人の米国人は、動物保護協会の会員か支持者です⁴²⁾。

最近の Los Angeles Times の世論調査によると、47% の米国人は、動物は痛みを感じ、利他主義で行動し、交信し、そして恐怖を感じるという重要な手段において、人と同様であると信じていると話しました⁴³⁾。

死それ自体は、動物が食料のために飼育されるという最も残酷な運命ではないのかも知れません。彼らの短い生命は、不安と苦痛の中の生活です。養鶏は「組み立てライン」を最初に作り上げました。今日、米国で利用される卵の 95% 以上は、これらのハイテク工場で作られ、そこでは、25 万～500 百万羽の鶏が、自分達よりもほんのわずかに大きい室内の密集した檻の中で飼育されています⁴⁴⁾。

プロイラー・ビジネスはあまり良いことはありません。これらの鶏は肉用にかなり過酷に飼育されているので、奇形となります。多くは歩

いたり立ったりすることができます。遺伝子操作で成長期間を半分にしました。これらの鶏は現在かなり早く飼育されているので、孵化から屠殺重量の 3・1/2 ポンドまでの期間はたった 7 週間です。

恐らく、最も残酷な肉・飼育行為は食用子牛に適用されています。これらの動物の百万頭以上が毎年屠殺されています⁴⁶⁾。これらは「子牛のしたたり」のためにすぐには殺さず、狭い牛舎の中で鎖に繋がれて短い 4 カ月を生き、運動することも、向きを変えることさえもできません⁴⁷⁾。これは肉がさらに柔らかくなるように筋肉を発育不足として保持します⁴⁸⁾。これらの食事は肉の色を薄く保持するために、貧血症を生み出すように設計されています⁴⁹⁾。

乳牛は良いことはあまりありません。この国の 1,100 百万頭の乳牛の約半分は、監禁状態で飼育されています。同様なことが、食用に飼育されている 95 百万頭の豚の約 80% で起きています⁵⁰⁾。

食料のための屠殺の残酷性に対しての抗議は、長い歴史があります。ピタゴラスはこのことをベジタリアン信仰の説得力のある理由の一つとして見出し、彼の信奉者も継続しました。彼は、動物の屠殺は殺人と同じと考え、動物に対する残忍な行為は、人間に対する暴力を育成すると理論付けました⁵¹⁾。

セブンスデー・アドベンチスト教会設立の一人である、Ellen White は、1863 年にベジタリアン食を最初に提唱しました⁵²⁾。しかし、彼女はそれを継続することは難しいと感じ、1894 年までは、肉食を定期的に続けました。ベジタリアン主義を恒久的な約束とすることに必要な印象付けを最終的に作ったのは、オーストラリアの 1 婦人からの請願でした。米国に居る友人宛ての手紙に、彼女は書きました。「邪悪な味覚を満足させるために動物の生命を奪うというわがままが、膝を曲げたカトリックの女性に現

れた時、私は恥ずかしくなり、悩みました。私は新しい光の中にそれを見つけ、もう屠殺人を援護はしないと言いました。死んだ肉を食卓には乗せません」⁵³⁾

Upton Sinclair は、彼の小説 *The Jungle* の中で言いました。「米国人の胃を擊て」彼が表現した問題は、動物への残酷性だけでなく、貿易に従事する人が示す残酷性があります。Sinclair の本が出版された 1907 年以来、明らかに変化したことはあまりありません。国際食品商業労働組合の Eleanor Kennely は、言います。「肉を包装する設備は、あなたが見たこともなく、想像もできないものです。それは地獄の様相のようです」⁵⁴⁾ 米国の屠殺場の従業員 135,000 人のうち、3 人に 1 人は、毎年、怪我をしていて、全体で 2 番目の最も危険な職業になっていると政府の統計は示しています⁵⁵⁾。

4. 神の食品と楽園の食事

実質的に、全ての宗教の戒律に共通しているのは、思想、力や実行において人間よりまさっている神への信仰です。靈的なものは、崇拜と恐れに値する超自然的な要素を要求します。人間の問題と神の重荷間の距離と同様に、違いがあることが必要とされます。心の中で想像した違いは、しばしば奇妙でグロテスクな形を取り、神は常にある程度人格化されてきました。このことは、人間との知的な対話と対抗する可能性を生んでいます。

殆ど全ての宗教的思想の中心は、神と同一に達するという考えです。文字の上の身体的な合体があるかどうかの議論がありますが、それでも、それは、人間と神の属性の結合を意味します。神のようになるということは、食品の選択は言うに及ばず、行動の変化が必要です。人間が神と交信した時には、人間の良心が集合した処に過ぎた日の記憶が存在するようです。万

人に共通するのは、至福の状態に戻りたいということです。食品の摂取が人間の生活に必要なのは明らかで、神が同様に飼い葉を求めると言えることは理にかなっていて、事実、必要なことです。しかし、同じく、人間と神が必要とする栄養には差を付けることは重要です。

A. ピタゴラス (c. 528-507 BCE)

オルフェウスの伝統を持ったピタゴラスは、他に先駆けて、神との再統合を試みたことを示しています。ピタゴラスは紀元前 582 年頃、セイモス島で誕生しました。彼と家族は裕福でしたが、島の暴君、 Polykrates とは不仲でした。その結果、ピタゴラスは、セイモスを去り、南イタリアに移りました。彼はイオニア、イスラエルとエジプトで学んだとの伝説があります。エジプト滞在時代、彼はバビロニア人の侵略者に捕えられ、およそ紀元前 530 年頃、バビロンで約 13 年を過ごしました。まもなくしてダニエルが死亡しましたが、ダニエルに影響されたことは十分に想像ができます。彼は、東はインド、西はガリアを探訪したと伝記は伝えています。彼は、また、夢を神の現れと考え、信奉者によって数百年間受け継がれたベジタリアンのライフスタイルを実践しました。事実、19 世紀の中頃までは、ベジタリアンは、ピタゴラス信奉者と言われました。

ピタゴラスは、古代ギリシャの宗教である、オーフィズムを取り入れ、実践しました。彼は、地上の生活を、苦痛と障害（悪の産物）の無情な連続でしかないと考えました。人間は、天と星（半神として）に属していますが、また、死と再生の繰り返しで生命に結びついていました。生命の目標は、地上の存在から逃れ、永遠の生命に解放されることです。「ああ、肉をたらいらげて自分の肉とし、他の肉体を詰め込んで貪欲な肉体を肥やし、別の死で与えられた一つの生物を生み出すとは、何と邪悪なことだろう！」

地球、最良の母のような幸福の中では、あなたを満足させるものは何もありません。残酷な歯であわれな傷を負わせる、 Cyclops のように振る舞うだけです。他の生命を破壊すること以外で、邪悪で貪欲な胃の切実な空腹を鎮めることはできない」オヴィディウス (Ovid) :Mary M. Innes の訳、 Metamorphoses。

神は、人間が生存に必要な食べ物と同じものを必要としていません。古代の詩人である Hesiod (c.800 BCE) は、神の晚餐の習慣を示しました。「オリンピアの大邸宅に住み、アムブローシア (Ambrosia) の純粋で血を含んでいない食べ物で不滅のもの」彼らの飲み物は花のネクタルでした⁵⁶⁾。

フランスの人類学者、Marcel Detienne は続けます。「実際、肉を食べることは、人間のために保存された家畜の肉を神に提供するのに等しく、焼成した骨と必要に応じて焼いた香辛料の香りを神の威光に対し提供することです。このように、人間と神との間の栄養面において、明快な区分が行われます。人間は生きるために、自分自身を構成する腐敗し易い肉を食べる必要があるので、肉を許容します。神は不死の力を蓄えた優れた食べ物を作る、香料や不朽の物質を手に入れる特権があります」⁵⁷⁾

この概念は、ヘブライの聖典に何度も現れます。神は大洪水からの救出を行ったノアから送られた焼けた生贋によって、「甘い香りを嗅いだ」とされています。（創世記 8:21） Pentatuch では、「神への甘い香り」として、必要とされたユダヤの生贋という記述が見られます。

神のようになる為には、神のような行為が必要です。神は「花のネクタル」で生活し、その種類の食物には肉はないので、それは人間が生きて行くことのできる物質の種類ではありませんでした。しかし、解決案は、肉も一緒に排除することでした。花を食べることは、ネクタルで生きると同じくらい良いことでした。

皮肉にも、動物の生贊は、人間が動物の肉を味わう最初の誘惑になる可能性があります。生贊に使われる火は、いつも、少なくとも焼けた肉の一部を残します。神は肉を食べないので、火が消失した後に残る試料は、抑えきれない誘惑のようでした。一人以上の嘆願者が彼の供物を食したことは疑いないことです。

満足できる香りを見つける為に、他の祭事でない場合にも拡大することを大目に見ることになったと考えることは、拡大解釈にはなりません。

神への捧げ物についての聖書の初期の記録は、植物は許されず、血の捧げ物のみが満足させたと記していました。この植物性産物の拒否は、他より満足できる食物として、肉の支配権を早めることになりました。事実、ヘブライ人の儀式は、この方法で、多くの食物を手に入れるように聖職者に用意をさせました。

肉のない食事について最初の記述は紀元前6世紀でしたが、それよりはるか以前に、食べる伝統はこれらの食事様式を紹介していました。聖書の解釈に対し類似の表現方法を取ったユダヤ人とキリスト教徒は、人間と動物に与えられた最初の食事は肉のないものであったと記している創世記 1:29-31 を信じています。「それから、神は言いました。汝らに、全ての地上と果実と種を含んだ全ての木に、種を持つ全ての植物を与えよう。それらは食べ物となろう。そして、地球上の全ての獣、鳥、地上で動く全ての生物（生命を宿す全てのもの）に、緑の植物を食料となるよう与えよう。そして、そうなりました」

創世記1と2に記述されているエデンの園は、人と獣と植物性の食事とが調和していて、ユダヤ起源のキリスト教徒の思想にとって特異的なことではありません。ローマの歴史家で、詩人である Ovid は書きました。「最初の千年は黄金時代で、真鍮製のトランペットの音もなく、剣のぶつかる音もなかった。春は永遠で、優し

いそよ風が透き通った暖かい空気で花を愛撫していた。田畠はいつも肥沃で、ネクタルの流れは続いていた。役立たずの脳がライオンの食事を羨み、貪欲な胃袋を満たす為に肉のごちそうを飲み込むまでは、人間の唇を血が汚すことにはなかった」

「エデンの園」の存在を信じることは世界的な特徴であることは、世界中の言葉で表されている様々な文化の神話学から明らかのことです。食欲の為に動物の生命を犠牲にする必要も望みもなかったので、神は人間と共に生き、人間と動物も平和に調和して生きていた時代の遠い過去とうっすらとした時代を、大多数の文化の伝説が思い起こさせます。Michael Moutain は、言いました。「北米のシャイエン族の人もまた、洪水と戦争と飢饉が来る前、先住民が無邪気で自由に歩き回った永久の春の時代のことを話します。北ヨーロッパの人は Frodi の平和の時代を祝います。その時代は争いもなく、魔法の臼が平和を挽き、満ちていました。南米では、スリナムのカリブ人の伝説が、木々が永遠に実を着け、小さなアーチがジャガーの羽根と戯れるようなこの上ない調和で動物が生きていた時代を物語っています。Krita Yuga、あるいはインドの完全な時代、そして中国の完全な美德の時代は、病気も苦しみも戦争もなかったと言われています。そして、中東の創生物語は、人間が労働や労苦の必要もなく、病気や死から解放され、エデンの園で神と共に自然に平和に暮らしていた時代のことを全て伝えています」⁵⁹⁾

多くの文化は、また、全てのことが平和で調和が取れていた「黄金時代」への回帰という伝統を有しています^{60) 61)}。このことは特に、人間も動物もエデンの園に回帰する新しい世界を地球上にできることを信じているという、キリスト教ユダヤの事実があります。「そして、狼は子羊と共に暮らし、豹は子供と一緒に横たわり、子牛と若いライオンは共に肥り、子供は彼

らを導き、牛と熊は餌を食べ、若いもの達は一緒に横たわり、ライオンは雄牛のように麦わらを食べます。そして、乳児は毒へびの穴の上で遊び、幼児はコカトリスの上に手を置きます。神は言います。神聖な山を傷つけてはなりません。なぜなら、水が海を満たすように、地球全体が神の知識で満たさるべきだから」(イザヤ 11:9)

この至福の世界への回帰を急がせる行動が、多くの忠実な信者にベジタリアンのライフスタイルを取り入れさせる刺激となることを理解することは困難なことではありません。

これを遠くにあっても、神聖な褒美と見る人は、熱烈に望んでいる神聖な文化の訪れを感じ、植物性に基づく物を取り入れるために足を運び、来世を信じることになります。

5. 肉の拒否

禁欲は、全ての宗教的な実際の行動の重要な要素です。2つの形を想定する傾向があります。一つは、「世俗のこと」を超えていることで、本当の信者は神との同一性に接近するので、実際の身体的な生活の減退が重要だと要求することです。もう一つは、最後の手段としての苦痛と欠乏を見ることです。もし、体の抑制が可能で、苦痛を受けることが可能ならば、おそらく、もっと純粋な魂は支配権を獲得でき、神との望ましい合体に達することができます。

A. 仏陀 (c. 563-483 BCE)

物質的な要求を全く持たない仏教は、この戒律に適合させる概念です。仏陀は、カトマンズの南東約 250km のネパール⁶²⁾ のリンピニで誕生したようです。当時のしきたりで、Siddhartha Gautama と名付けられ、裕福に育ちました。彼の父は、封建制度上の長で、地位と富が、可能とする全ての安樂を家族に与えるこ

とができたようです。それでも、若者は平穏を見出しが出来ず、29歳の前日、生きることの意味を探すために家と家族を離れました。彼は審美家の仲間に入り、半飢餓を含む禁欲の指導者になりました。彼は、断食中は一日に豆1粒という大変な少食だったので、「胃の皮膚に触ったと感じた時、実際に脊柱を掴んだ」というくらいでした⁶³⁾。

50年に及び、仏陀は弟子達と共に、悟りの教義、それは無限の慈悲という信仰を説きながら、村から村へと旅を続けました。しかし、信者は、厳しい労働によって外見上の死と再生の終わりのない輪廻を破り、悟りと苦痛の最終的な到達点に達するという、彼の宗教は厳しい自主努力のものでした。

彼は、4つの高貴な真理を説いていました。

1. 生きる者全ては、苦痛がある
2. 苦痛は、欲望から発する
3. 欲望を抑える時、苦痛は終わる
4. 中庸は苦痛を終わらせる

仏陀は、結果的には自主的な禁欲を拒否しましたが、欲望を最小にすることで不満を解消させる彼の原理は、多くの同様の行動を生じさせます。佛教徒は苦痛を欲望の結果として起こる避けられないものとし、他の多くの宗教的な哲学は、苦痛それ自体を美德、つまりある種の苦悩の中での恍惚として見出してきました。

地球上には常にベジタリアンが存在し、殆どの人は、食事の好みというより、生態学的な必要性の為にこの生活法を選択しています。可能な場所と可能な時に、肉の食品が常に食事に加えられてきました。一般的に、肉のない食事は劣っているもので、欠乏しているものと見なされてきました。それゆえに、肉のない食事は、千年の間、宗教的な行動を構成してきた概念である、肉体の征服ということを取り入れるには理想的でした。

B. ユダヤ教の禁欲主義

多くのユダヤ人は、同様な理由で、西暦70年の寺院の破壊に繋がる肉を避けてきました。神への生贊として似た様な動物を連れてくることが許されないとするならば、肉を食べることは神への冒涜と彼らは考えていました。ユダヤの民間伝承は、ヘブライの法律に違反したことに対する懺悔として、肉を禁欲した物語に満ちています。

Rueben は、父の妾の Billah と関係した7年間は肉を食べなかったと言い、同様に、Judah は Tamar との出会いに繋がる同様な禁欲を数年間続けたと信じられています。

C. キリスト教の禁欲主義

この概念は、初期のキリスト教の精神に浸透し、グノーシス派の二元論の哲学の教義には欠かせないものとなりました。このキリスト教の思想を持つ異教の学校は、人間は、2つの異なる、其々の要素から成るとの考えを持っていました。それは、悪魔の肉と純粋な精神です。丁度良い時期に、この思想が変化したものが正統派の教会にも浸透しました。まもなく、精神は肉に勝利するということを知るということが、キリスト教徒の義務であると知らされました。このことは、初期のキリスト教の行動において、食事制限を共通した要素としました。肉は、賢明なキリスト教徒が拒否する2つの感情である、喜びと悦楽の象徴である食品と一般的には見られていました。

全ての肉の中で最も美味しいので、神は豚肉と魚介類を禁止し、そして神は信者に悦楽と欲望を抑えることを望んだと、1世紀の哲学者 Philo は説きました。ベジタリアン主義は、さらに一つ上の抑制を選び、優れた精神と人間性の証しと見られていました。

この宗教的な信仰と食事の関係に対するキリスト教の元々の理解は、初期のキリスト教の時

代に限定されてはいませんでした。それは、ほんの少し表現方法が変化していましたが、殆どの世代に見出されていました。

中世の世界では、穀物と野菜は動物性食品と見なされていました。それは、貧困のため、人は肉の代わりにこれらの食物を食べるを得なかつたのです。事実、肉は階級を示す象徴となりました。肉を食べる頻度が高まる程、社会での地位が高まりました。Samuel Johnson の 1775 年の英語の辞書での「オーツ麦」の定義は、この偏見を露わにし、反スコットランドの感情を示していました。「オーツ麦：英国では一般的に馬に与えますが、スコットランドでは人に必要な、穀物です」

このように、人が人間性とキリスト教の教えを示したい時には、肉の禁欲は適切な行為でした。こうして、肉の代替品としての野菜は、懺悔の行為となりました。

このことは、過去においては厳格に強制されました。中世から 17 世紀のローマのカトリック教では、金曜、ある土曜の場合と四旬節には、肉食は禁じられました。事実、信心深いカトリック教徒にとっては、1 年のうち約 180 日は、肉食が禁じられています⁶⁴⁾。

ベジタリアン主義は、今日、ベネディクト会のトラピスト修道士等の修道院の規律として実施されている、禁欲主義の構成要素として生き残っています。

1800 年代の初頭の近代ベジタリアン運動の始まりに先立って、肉の懲罰に対するこの傾向は、自分自身をベジタリアン主義に専心する人の最初の動機付けでした。この行為は現在でも、肉食を罪と同等視しがちな人に見つけることができます。この信条のキリスト教徒は、絶えずわがままで罪深い肉体の調節を再生し維持させるように設計されている、ある種の「苦悩の悦楽」を体験します。

前記した 2 元論哲学の構成要素としての肉を

悪魔とする、初期のキリスト教の先入観は、近代ベジタリアン主義の中に確実に見出され、実践されてきました。このグループにとっては、主な問題点は肉体を征服することにありました。肉体から肉食を奪うことは健康にとって、それ程大きなこととは見なされず、むしろ、純粋な精神が悪魔の肉体を抑制するということを、他に居ない場合には、神や自分自身や世間に對し示す、一種の断食のようなものです。

D. 近代キリスト教のベジタリアン主義

信心深さの構成要素としての食事は、世界的には其々の国に特有なものです。その人気は、社会の宗教的な教えの強さと直接に関係して、増大したり弱まったりします。新世界は、この傾向には例外がないことを示しました。米国の宗教的な熱気とそれに付隨した食事制限は、周期のパターンがあることを示してきました。序々にピークに達して行く宗教的な関心と熱気は、興味を失う結果を導き、最後には、社会的な変動を起こして終焉していくのです⁶⁵⁾。

これらの周期は、米国社会では、非常に明白で、理解し易いので、「復興」と称されるようになります。それは、宗教の世界に影響する米国の特異的な現象です。信仰復興運動は、有能でカリスマ性のある伝道者による、大衆の福音主義を含んだ単なる福音主義とは異なります。「回心」は個人に集約されるように、「復興」は同様にグループが対象になります。その創生以来、米国は次の5つの周期を経てきました。

1. 国に影響を与えた最初の宗教的な復興は、英國革命について全盛を極めたピューリタン革命（1600-1640年）です。植民地は直接には対象ではありませんでしたが、その成果には関心を持っていました。
2. 1700年代の中頃は、「大覚醒」と称されるに至る宗教重視の建設が見られました。革

命戦争がこの時期、取って代わりました。

3. この周期は、William Millerとその仲間により特徴付けされる「第2期大覚醒」（1795-1835年）です。この周期は、1844年の大失望で頂点に達しましたが、南北戦争で終焉しました。
4. 州の間で戦争があったビクトリア時代（1875-1915年）の宗教重視は、FDRによる「ニューディール」政策で終焉しました。
5. 現在の宗教的な熱気の周期（1950-1980年）は、丁度、減少傾向にあります。

これらの宗教への関心の覚醒は、行動様式とライフスタイルの変化を伴うことは避けがたく、しばしば、食事が大きな役割を演じました。回心と復興を経験してきた人は、しばしば、生活と行動がある程度変化せざるを得ないということを感じます。このように、ベジタリアン主義は、これらの復興に付隨する行為でした。これは、これらの周期の後半の3点では特に事実といえます。

19世紀の健康改革者は、ベジタリアン主義を、肉体と精神を調整し、調和をもたらす理想的な食事と見なしていました。彼らは、疑似生態学的研究でした。例えば、ベジタリアンは「生命力」を肉食家よりもあまり利用せず、肉食に耽る人と同じ速さで生命力を浪費することもないで、ベジタリアンは長命であると、彼らは信じていました。

彼らの人間解剖学は、神は本当に人間を草食性にしたと確信させました。野菜は十分な必須栄養素を供給し、肉のように病理学的な「擬態」も起しません。キリスト教のベジタリアンは、人間性を食事に持ち込める啓蒙が出来ると確信しました。

自然の食事の法律は夜に隠れて横たわり
ベジタリアンは私達に光を授け
別の言葉で言えば

暗黒時代の人類はほとんどが肉食性でした

しかし、今は光が輝き、私達全てを果実で生きる人にしました

英國マンチェスターの William Cowherd は、この哲学の特徴的な例です。1800 年、彼は、聖書キリスト教会である、英國国教教会の一つの聖省が、飲酒と肉食を断つことを彼ら自身保証することを確信しました。事実、聖省の会員への要求事項は唯一、6 カ月間肉の禁欲を証明することだけでした⁶⁷⁾。

Cowherd の死後、運動は彼の養子である William Medcalfe によって米国に輸出されました。彼は、教区民のグループと共に、食事についてはかなり背信となった至難な旅の末、1817 年フィラデルフィアに上陸しました。グループはいつもと同じことを維持することを試みましたが、その生活法を維持することはほんの一握りしかありませんでした。宗教的な理由ではありませんが、食事計画を変更した一人に、グラハム・クラッカーで有名な Sylvester Graham がいました。1829 年、教会を訪れた後、彼はベジタリアン食を推奨し始めました。彼は、簡素な食事の教義を國に喚起させることに成功しました。彼は、菜食の価値を「組織を刺激しない」し、肉体の持ち主のしくみとうまく調和するものとして、公言しました。

「水治療家」の推奨者である、William そして Bronson Alcott と Russel Trall 等の米国の著名人は、Graham の支持者で、回心者でした。1850 年、Medcalfe と共に、彼らは、米国ベジタリアン協会を設立しました。56 歳の Graham の死は、信奉者の間に狼狽を生じさせましたが、彼らは、説明と時期尚早の逝去をわびることができました。彼らは、頑強でない体と、時折の美食による結果なのだと公言しました。

南北戦争に続いて、肉体を禁欲する哲学は、懲罰をさらに繊細な形にする道を開きました。John Harvey Kellogg 等の人に導かれ、ベジタリ

アン主義は、肉体を抑制するそれ程大きな方法でなく、感情や心、特に「動物の感情」を抑制する一つの方法ということが認知されるようになってきました。信奉者にとっては、動物の肉を食べることは、特に性的自然の点で、食べられた動物に似ている体質と性格を食べた人に与えることになるということは論理的なことでした。

つい最近の復興周期にいるキリスト教のベジタリアンは、人間性に対する責任感と利己的でない奉仕精神に基づいて、肉を禁止する傾向にあります。彼らはもはや、肉の禁欲を、形を変えた断食とは見なしていないことを十分に理解し、また、実際に、食事は健康的な利点をもたらすことを示し、肉の生産に必要な余剰な物を咎めることが必要と感じています。本当のキリスト教の精神は、あまり幸運でない人を援助することに犠牲を払い、植物性に基づく食事の摂取は、その責任感の一つであることを彼らは信じています。彼らは、又、同じ様に、動物飼育での苦痛を防ぐために、このことの必要性を広めることに熱心です。

6. まとめ

ベジタリアンの哲学と宗教的思想は、人間の文化を繋ぐリボンの中で、別々の要素ではありません。そうではなく、恐らく、其々が個別よりもお互いをうまく表現できる、編んだ壁掛けなのです。宗教的な思想は食事にその表現を求め、食事は宗教的な思想を反映します。ベジタリアンの哲学以外にそれを証明するものはありません。ベジタリアン主義の原則は、これらのライフスタイルを実践する宗教に関する以外は、適切には理解されません。全てを網羅している 5 つの精神的原則は、現代の支持者がいます。そして、大抵は、ベジタリアン主義を実践している人は、彼らの信仰に対する精神的な論拠の多様性を示すことができます。

参考文献

1. Grun,B. *The Timetables of History*. Simon and Schuster,New York,1975.
2. Potter,C.F. *The faiths Men Live By*.pp64. Ace Books,New York,1954.
3. *The World Book Encyclopedia*,Vol.21.Field Enterprises Educational Corporation, Chicago,1977.
4. Bernhardt,O.E. Zoroaster:*Life and Work of the Forerunner in Persta*.pp.189.Grail Foundation Press,1996.
5. Rosen,S. *Diet for Transcendence*. Torchlight,Badger,CA,1997.
6. Mehr,F. *An Introduction To The Ancient Wisdom of Zarathustra*.
7. Berry,R. *Food for the Gods, Vegetarianism and the World's Religious*. Phythagorean Publishers, New York,1998.
8. Blazar,J. Doomsayers of Overpopulation Sound a New Jeremiad, *Los Angeles Times*, June 7,1994.
9. Ibid
10. Ibid
11. Hoop,J. *Champion of the Diversity of Life, an Interview with Peter H. Raven*,1994 Science Year. World Book Inc.,Chicago,1994.
12. Woodwell,G. *Gloval Change*,1993 Science Year. World Book Inc.,Chicago,1993.
13. Scharfenberg,J.A. *The Problems with Meat*. Woodbridhe Press Publishing, Santa Barbara,1982.
14. Strong,J. *The Exhaustive Concordance of the Bible*. Riverside Book and Bible House, Iowa Falls,?.
15. The Environmental Impact of Meat vs. Vegetables. *Energy Times*, Mat/June 1994.
16. Ibid
17. U.S.Dept.of Agriculture, Economic Research Service. *World Agricultural Supply and Demand Estimates*, WASDE-256. USDA,Washington,D.C.,July 11,1991.
18. Blazar,J. Doomsayers of Overpopulation Sound a New Jeremiad. *Los Angeles Tomes*, June 7,1994.
19. Moll,L. Is There Such a thing as a Humane Pair of Shoes? *Vegetarian Times*,January,1989.
20. Rufkin,J. *Beyond Beef*. Dutton(Pengin Books), New York,1992.
21. Metzger,M.,Whittaker,C.P. *This Planet is Mine*. Simon and Schuster, New York,1991.
22. Caulfield,A. reporter at Large: The Rain Forests. *New Yorker*, Jan 14,1985.
23. Wikenson,L., quoted in Fox,M.W.,Personal choice or ethical imperative. *Vegetarian Times*, January,1987.
24. Ford,D. Daniel. Southern Publishing Association, Nashville TN,1978.
25. Unger,M.F. *Arhaeology and the Old Testament*. Zonfervan Publishing House,Grand Rapids,MI,1954.
26. Daniel 1:11&12. *Revised standard Version of the Holy Bible*.
27. Daniel 1:18-20. *New International Version of the Holy Bible*. Zondervan Bible Publishers, Grand Rapids MI,1978.
28. Daniel 10:1.
29. Quoted in Messina,M. and Messina,V. *The Simple Soybean and Your Health*. pp.9.Avery,Garden City Park,NY,1994.
30. Hardinge, M.G.,Stare, F.J. Nutritional studies of cvegetarians. *J.Clin.Nutr.*,2:73,1954.
31. Snowdon,D.A. Animal product consumption and mortality because of all causes combined, coronary heart diseses,stroke,diabetes, and cancer in Seventh-Day Adventists. *Am.J.Clin.Nutr.*,Sep;48(3 Suppl):739-48,1998.
32. Singh,P. and Fraser,G. *Am.J.Epidemiol.*,148:761-774,1998.
33. Dombroeski,D.A. *The Philosophy of Vegetarianism*. University of Massachusetts Press,Amherst MA,1994.
34. Wikins,J.,Harvey,D.,and Dobson,M.,Quoted in Food in Antiquity. Pp.217.University of Exeter Press,Exeter,1995.
35. Shywan,L.C. *Vegetarian Cooking*, Chinese Style,1995.
36. Rosen,S. *Diet for Transcendence*.pp.81.Torchlight Publishing, BaCA,1997.
37. Subramuniyaswami,S.S. Discussing Vegetariansim With a Meat-Eater: a Hindu View. *Hinduism Today*.
38. Linzey,A.A. Gospel for every Creature. *IVU News*,Issue 1-96.
39. Dunkerly,R. Hunting:What the Scripture says. *INROADS*, International Network for Religion and Animals,Number 14,Winter 1991.
40. Singer,I.J. In Rosen,S.,: *Food for the Sprit: Vegetarianism and the World Religions*. Bala Books,1987.
41. Genesis 9:5.
42. Balzer,J. Creatures Great-and Equal? *Los Angeles Times*, December 25,1993.
43. Ibid.
44. Pacelle,W. Bio-Machines: Life on the Farm Ain' t What it Used to Be. *Vegetarian Times*, January,1989.

45. Ibid.
46. Ibid.
47. Moran,V. Vegetarianism, the Ethics, the Philosophy, the Diet. *Vegetarian Times*,January,1989.
48. Pacelle,W. Bio-Machines: Life on the Farm Ain' t What it Used to Be. *Vegetarian Times*, January,1989.
49. Moran,V. Vegetarianism, the Ethics, the Philosophy, the Diet. *Vegetarian Times*,January,1989.
50. Pacelle,W. Bio-Machines: Life on the Farm Ain' t What it Used to Be. *Vegetarian Times*, January,1989.
51. Nicolson,G.P. Father of Vegetarianism: Phythagoras. *Vegetarian Times*, August,1986.
52. White,E.G. *Counsels on Health*. Pacific Press Publishing Association, Mountain View CA,1951.
53. White,E.G. Letter 73a,1986,in F.D.Nichols,*Ellen G.White and her Critics*. Review and Harold Publishing Assn.,Washington D.C.,1951.
54. Kerbs,A.V. *Heading Toward the Round Up*:The Big Three's Prime Cut. Prairie Fire Rural Action, Des Moines,June 1990.
55. Moll,L. Is there Such a Thing as a Humane Pair of Shoes? *Vegetarian Times*,January,1989.
56. Spencer,C. The Heretic's Feast: a History of Vegetarianism.pp.47.Fourth Estate Limited,London,1993.
57. Detienne,M. *The Gardens of Adonis: Spices in Greek Mythology*, translated by Janet Lloyd,Princeton University Press,Princeton,NJ,1994.
58. Ovid. *The Doctorines of Phythagoras*, translated by A.D. Melville. Oxford University Press,1986..
59. Mountain,M.The Golden Age. Best Friends Magazine,July 1997.
60. Spencer,C. The Heretic's Feast: *A History of Vegetarianism*. Fourth Estate Limited, London,1993.
61. Dombrowski,D.A. *The philosophy of Vegetarianism*. University of Massachusetts Press, London,1993.
62. Gard,R.A.*Buddism*. Geoge Braziller, NY,1962.
63. Smith,H. *The Religions of Man*.pp.93.Harper and Row, NY,1958.
64. Toussaint-Samat,M. *History of Food*, English Translation-Translated by Anthea Bell. Blackwell, London,1992.
65. GustE.S. *The Rise of Adventism*. Harper and Row, NY,1974.
66. Thomas,E. For the American Vegetarian. *American Vegetarian*,4:131,1854.
67. Unti,R. Vegetarian Roots. *Vegetarian Times*,April,1990.

白石カルシウムの炭酸カルシウム



**炭酸
カルシウム
とは？**

古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。

分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈殿を抑制したタイプ等、品揃えしております。

- 一般の栄養強化には、「ホワイトン」
- 機能を求めるならば、「コロカルソ」
- 飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては、弊社営業担当にお気軽にお尋ね下さい。



白石カルシウム株式会社

食品部：東京都千代田区岩本町 1-1-8 TEL 03-3863-8913
 本社：大阪市北区同心 2-10-5 TEL 06-6358-1181

New Food Industry のアドバイザリーボード

月刊 New Food Industry は、「アドバイザリーボード」を設置しております。本「アドバイザリーボード」は、今後の弊誌編集上の課題、学術業界誌としてふさわしい論文・解説記事の掲載等、社外の有識者の意見を得ることを目的として設置しているものです。弊誌の経営状況や編集課題を踏まえた、有意義なご指導・ご助言をいただき、今後の編集業務に役立てております。

■ボードメンバー（敬称略 / 五十音順）	
氏名	所属
大石 隆介 氏	(明海大学 経済学部経済学科)
大谷 元 氏	(信州大学名誉教授)
岡 希太郎 氏	(東京薬科大学名誉教授)
坂上 宏 氏	(明海大学大学院教授)
宮尾 茂雄 氏	(東京家政大学教授)
山口 正義 氏	(エモリー大学 医学部)

<http://www.newfoodindustry.com/>

ニューフードインダストリー 第58巻 第10号

印刷 平成 28 年 9 月 25 日
発行 平成 28 年 10 月 1 日
発行人 平井 朋美
編集人 今西 和政
発行所 株式会社食品資材研究会
〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町10(共同ビル新神田)
TEL :03-3254-9191(代表)
FAX :03-3256-9559
振込先:三井東京UFJ銀行 京橋支店(普通)0070318
三井住友銀行 日本橋支店(当座)6551432

印刷所 モリモト印刷株式会社
定価 本体2,000円 +税 (送料100円)

e-mail: newfood@newfoodindustry.com