

食品の生体調節機能と肥満に有用な食品成分に関する研究の紹介

京都府中小企業特別技術指導員／京都大学大学院農学研究科 准教授 後藤 剛

食品は栄養機能のみならず生体調節機能を有しており、食品の有する生体調節機能に着目した「機能性食品」の研究開発がさかに行なわれています。機能性食品を活用した生活習慣病などの疾患の予防は超高齢化社会における医療費削減や健康寿命の延伸において重要な役割を担うものと考えられます。本稿では、食品の有する機能および種々の生活習慣病発症と深く関与する肥満について概説し、私達が行なっている肥満予防に寄与する食品成分の研究について紹介します。

食品の機能

現在、食品には生物学的な意味で大きく3つの機能が存在するとされており、「一次機能」、「二次機能」、「三次機能」と称されています。食品の有する第一の機能(一次機能)は栄養機能であり、食品には生命活動に必要な栄養素を供給する機能があります。この機能を担っている食品成分は、炭水化物、脂質、タンパク質、ビタミン、ミネラルで、これらは五大栄養素と呼ばれています。

食品の二次機能は感覚機能です。ヒトは味覚(味)、嗅覚(匂い)、視覚(形や色)や触覚(テクスチャー)などの感覚を使って食品からさまざまな情報を得ることで、好ましい食品と忌避すべき食品を選別しています。食品にはこれらの感覚に訴えかける成分が存在し、感覚機能を担っています。感覚機能は元来、食品の安全性を確認するためにきわめて重要な機能であったと考えられています。

食品の三次機能は生体調節機能と呼ばれ、病気の一次予防(病気にならないようにすること)の助けとなる非栄養性成分の生理学上の機能とされています。食品中の成分は、上記の1つの機能だけでなく、複数の機能を重複して持っている場合もあります(図1)。



図1 食品の3機能

食品機能研究は社会背景に強く影響を受け発展してきました。1910~1950年頃は、世界的な食料不足・栄養素の摂取不足といった問題があり、食品機能研究は一次機能に関する研究が中心でした。高度経済成長期以降、食事を楽しむ余裕を持てるようになってくると、二次機能に着目した研究が発展するようになってきました。1980年以降、「飽食の時代」と表現された弊害が顕在化してきた現在では、三次機能に着目した食品機能研究もさかに行なわれるようになってきています。

食品の三次機能は、食の欧米化や飽食などの食生活の急激な変化とともに、老年人口の増加と生活習慣病の社会問題化などの背景から特に注目されています。食品の三次機能は国家プロジェクト支援のもと1980年代に世界に先駆けて日本の研究者が提唱したものです。三次機能の概念は中国に古くからある薬食同源思想に通じるものであり、古の先人たちは食品が生体調節機能を有することを理解し、食物を薬のように捉え、病気を防ぎ健康を保つことに大きな関心を抱いていたと考え

られます。しかし、この関心は必ずしも科学的な根拠に裏付けられたものではなく、現代科学に裏付けられた生体調節機能を有する食品が「機能性食品」であり、食品の三次機能について研究する学問は「食品機能学」と呼ばれています。

機能性食品の代表的なものとして、「特定保健用食品(トクホ)」や「機能性表示食品」が挙げられます。これらは特定の保健の目的が期待できる旨を表示することを消費者庁より認められています。2018年度の特定保健用食品、機能性表示食品の市場規模はそれぞれ6432億円、2240億円とされ(図2)、特に2015年に制度化された機能性表示食品の市場は拡大を続け、機能性食品に対する関心の高まりが示唆されます。

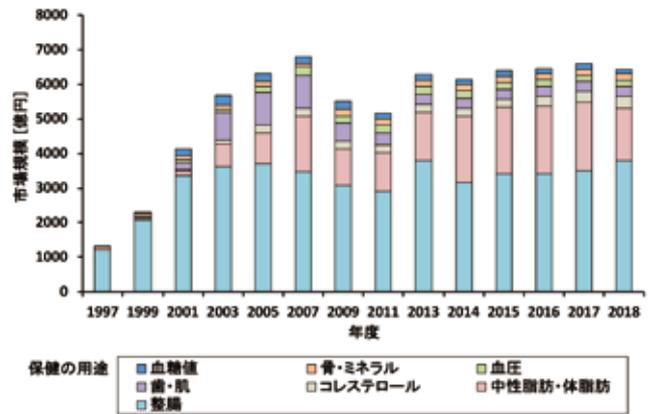


図2 特定保健用食品の市場規模と保健の用途の推移 (公益財団法人 日本健康・栄養食品協会より)

保健の用途別の市場構成を見ると、「整腸」、「中性脂肪・体脂肪」、「コレステロール」に対する用途が上位を占め、その他さまざまな保健の用途をもった機能性食品が上市されています。以降では、種々の生活習慣病の発症と密接に関与する肥満について概説し、肥満に対して有用と考えられる食品成分研究について私達の研究結果も含めて紹介します。

肥満および肥満に伴う生活習慣病

肥満(内臓脂肪蓄積)はメタボリックシンドロームの必須の診断項目とされています。メタボリックシンドロームは、日本人の死因において上位を占める動脈硬化性疾患(心疾患や脳血管疾患)の高リスク状態とされ、肥満度と動脈硬化性疾患での死亡には正の相関があります。また、肥満度はがんや呼吸器系疾患による死亡とも正の相関があることが示されており、さまざまな生活習慣病の発症リスクを高めることが知られています。

肥満は脂肪組織の過剰蓄積状態と定義されます。ヒトの脂

脂肪組織はその機能により褐色脂肪組織と白色脂肪組織に大別され、ヒトの場合、体内の脂肪組織のほとんどが白色脂肪組織で構成されています。そのため、一般に「脂肪組織」・「体脂肪」というと白色脂肪組織を意味します。白色脂肪組織は主に、食事等で獲得した余剰エネルギーを中性脂肪として蓄積し、絶食や飢餓のような際にはエネルギー源として全身に再供給する役割を担っています。現代こそ飽食の時代となりましたが、人類の歴史の99%以上は飢餓との闘いでした。そのため、人類は進化の過程で余剰なエネルギーを効率よく体内に蓄える能力を持つように遺伝子が淘汰されてきたといえます。中性脂肪は炭水化物やタンパク質に比べ単位重量あたりのエネルギー量が大きく、余剰エネルギーを体内に効率よく蓄積するには優れた形態であるといえます。このように進化の過程を考えると、現代社会で肥満が大きな健康問題となっていることが理解しやすいのではないのでしょうか。

脂肪組織は蓄積部位に応じて皮下に存在する皮下脂肪組織と消化管の周囲などに存在する内臓脂肪組織に区分され、女性は皮下脂肪が多く、男性は内臓脂肪が蓄積しやすいことがわかっています。特に内臓脂肪組織の蓄積量は肥満に伴う生活習慣病の発症と深く関係することが明らかにされています。内臓脂肪組織の過剰蓄積が生活習慣病を惹起するメカニズムは完全には解明されていませんが、肥満状態の脂肪組織では中性脂肪の過剰蓄積により個々の白色脂肪細胞が肥大化し、免疫細胞の浸潤が確認されます(図3)。肥大化白色脂肪細胞と浸潤免疫細胞との相互作用が、肥満時の病態発症において重要な役割を担うことが示されています。

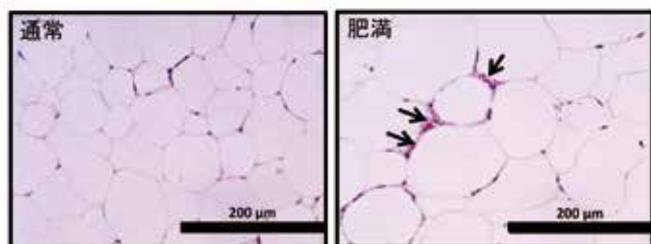


図3 通常マウス・肥満マウス由来の白色脂肪組織の断面画像
写真中の円状に縁取られたものが個々の白色脂肪細胞を示している。肥満マウス由来白色脂肪組織(右)では、白色脂肪細胞の肥大化および白色脂肪細胞間隙に免疫細胞の浸潤(矢印)が観察される。

褐色脂肪組織と食品成分による活性化について

余剰エネルギー蓄積機能を担う白色脂肪組織に対して、褐色脂肪組織は高い熱産生能(エネルギー消費能)を有し、生理的には寒冷環境下での体温維持に寄与する脂肪組織です。肥満はエネルギー摂取量がエネルギー消費量を慢性的に上回った場合に惹起されますので、褐色脂肪組織の活性化は肥満の予防・改善に有効であると考えられます。褐色脂肪組織は成人では限られた量しか存在しませんが、その活性が肥満や肥満に伴う生活習慣病の発症率と負に相関することが示されています。

褐色脂肪組織を活性化させる刺激として最も代表的な刺激は寒冷刺激ですが、近年の研究により特定の食品成分の摂取が褐色脂肪組織を活性化させることがわかってきました。褐色脂肪組織を活性化させる作用が最もよく研究されている食品

成分として、辛みの少ないトウガラシにおいて見出されたカプサイシン(トウガラシの辛味成分)類似化合物(カプシノイド)が挙げられます。カプシノイドの単回摂取が褐色脂肪組織の機能依存的にエネルギー消費量を亢進させることがヒトで示されています。実験動物を用いたメカニズム研究によって、摂取したカプシノイドは消化管で受容されたのち、交感神経の活性化を介して褐色脂肪組織機能を活性化させることが明らかにされています。また、ヒトでの体脂肪低減効果が認められている茶カテキンの単回摂取によるエネルギー消費の亢進も褐色脂肪組織機能依存的であることが報告されています。

私達の研究グループでは褐色脂肪組織機能亢進作用を示す食品成分の研究を行っており、マウスを用いた実験において魚油中に豊富に含まれるn-3系多価不飽和脂肪酸であるエイコサペンタエン酸(EPA)やドコサヘキサエン酸(DHA)(図4)がカプシノイドと同様のメカニズムで褐色脂肪組織機能の亢進を惹起し、抗肥満・抗生活習慣病作用を発揮することを明らかにしています。また、植物性油脂などに豊富に存在するリノール酸が腸内細菌によって代謝されることで生成する、オキソ型脂肪酸(10-oxo-cis-12-octadecenoic acid, KetoA)(図4)についても、同様のメカニズムで褐色脂肪組織機能を活性化し、抗肥満作用を示すことを動物実験で見出しました。今後のヒトでの機能検証を経てこれらの食品成分が機能性食品へ応用されることが期待されます。

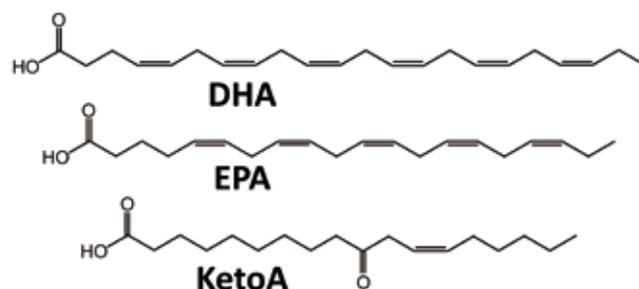


図4 褐色脂肪組織機能の活性化作用を有する脂肪酸の構造

おわりに

食品の多様な生体調節機能の活用は、来たるべき超高齢化社会を健康で明るい社会にするためにきわめて重要であると考えられます。今後のさらなる研究の進展を期待しつつ攔筆いたします。

謝辞

本稿で紹介した私達の研究は、私達の研究グループに加え、多くの共同研究先の先生方のご指導のもと行ないました。深く御礼申し上げます。



後藤 剛氏
京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了後、日本学術振興会特別研究員(PD)、岐阜大学応用生物科学部・助教、京都大学学際融合教育研究推進センター・特定助教、京都大学大学院農学研究科・助教を経て、2014年10月より現職。