

食品機能性研究の歩みと今後の展望

株式会社フードファクターサイエンス 代表取締役／人間総合科学大学客員教授／
名古屋大学名誉教授 大澤 俊彦



近年の健康意識の高まりを背景に、様々な機能性食品が開発されています。中でも注目されているのが発酵食品です。大澤俊彦先生は、早くから発酵食品としてのチョコレートに注目し、その機能性を研究。その後も各種の食品素材を用いた研究を通じ、発酵によって抗酸化性が高まり、吸収率も向上することなどを明らかにしています。1995年に設立された日本フードファクター学会の初代理事長を務め、現在も第一線で研究を続ける大澤俊彦先生に、食品の機能性研究の変遷と現在地、今後の展望を伺いました。

機能性食品因子(ファンクショナル・フードファクター)の重要性に早くから着目

●先生は食品の機能性に関する研究に長年携われ、「フードファクター」という概念を提唱されています。その経緯をお聞かせください。

近年の疫学研究の結果から、食生活によってがんをはじめ様々な生活習慣病の予防が期待できるという報告が数多く出され、野菜や魚介類を中心とした食生活の見直しが提案されています。その先陣を切ったとも言えるのが、1984年に東京大学農学部の荒井綜一先生や上野川修一先生らが中心となって始めた「食品の機能性」に関するプロジェクトで、「ファンクショナルフード」(機能性食品)の概念を浸透させる契機となりました。

また、アメリカでは1990年に「デザイナーフーズ計画」がスタートしました。これは、植物性食品成分(ファイトケミカル)が「がん予防」にどのような機能を果たすのかを科学的に解明しようというものです。このとき米国立がん研究所は、約

40種類の野菜や果物、香辛料などに含まれるファイトケミカルが、がん予防において重要な役割を果たすことを示したピラミッド型の図を作成しました【図1】。なお、この図ではガーリックが頂点にあって最もがん予防効果が高そうに見えますが、実際は発表されている論文数に準じて「重要度」を示したもので、上位にあるから予防効果が高いわけではありません。

当時、私は名古屋大学農学部の助教授として酸化ストレスや抗酸化食品を研究していました。そのような背景もあり、デザイナーフーズ計画に

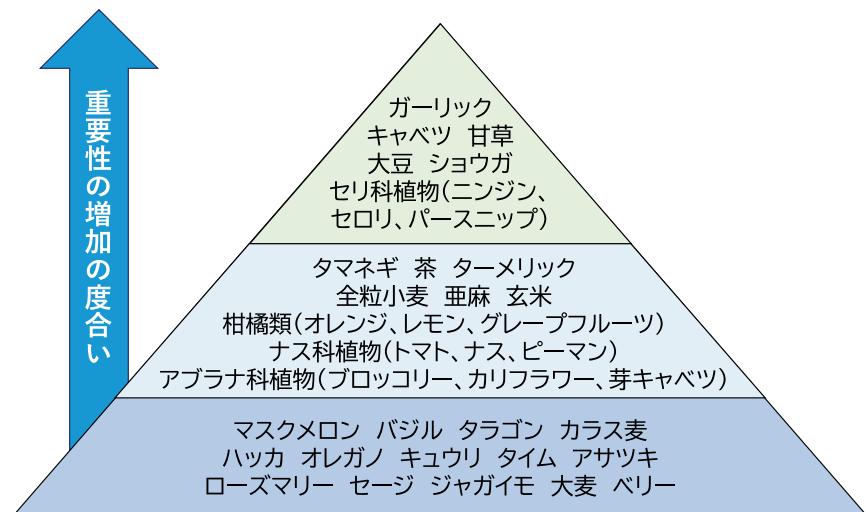


図1 デザイナーフーズ・ピラミッド(がん予防の可能性のある食品)

は、日本からは私と国立がんセンター研究所におられた西野輔翼^{ほよく}先生が参加していました。デザイナーフーズ計画では、ファイトケミカルによるがん予防のメカニズムの解明に、酸化ストレスやフリーラジカル*が重要だろうという議論がされていました。そのような中、突然、私に国際会議開催の呼びかけがあったのです。私が所属する日本農芸化学会や酸化ストレス学会を中心となって準備を進め、1995年に浜松で国際フードファクター会議を開催することとなりました。

会議は1,000人規模となり、海外からも著名な研究者がたくさん参加されました。このとき初めて「フードファクター」という概念を提唱し、ファンクショナル・フードファクター（機能性食品因子）研究の重要性を呼びかけたのです。また、同年に日本フードファクター学会を設立し、その研究を推進してきました。

なお、国際フードファクター会議は1995年以降4年に1度の間隔で開催されており、第9回目の会議は2026年10月にパシフィコ横浜で開催される予定です。

* フリーラジカル：不対電子（対になっていない電子）を持つ、反応性の高い原子や分子のこと。安定しようとして周囲の分子から電子を奪う性質があり、これが細胞を傷つけたり、老化や生活習慣病の原因になったりすると考えられている。

●日本版デザイナーフーズを提唱されていますが、どのようなものでしょうか。

アメリカのデザイナーフーズはがん予防に着目したものでしたが、食品の機能性はがん予防にとどまりません。そこで、デザイナーフーズ計画に入っていない、日本人になじみの深い食品素材も含め、12の食品群に分類しました【表1】。ここで重要なのは、一つの分類の食品素材を大量に摂取するのではなく、できれば1～2日の食事で12の食品群をまんべんなく食べることです。

発酵によるメリットは、風味の改善だけでなく抗酸化性向上など数多い

●発酵が食品の機能性向上に関与しているそうですが、詳しくお聞かせください。

これまで私は、大豆を発酵させたインドネシアの伝統的食品のテンペや八丁味噌、レモン果皮の発酵物、カカオポリフェノールなどを対象に共同研究を行ってきました。発酵食品の利点として風味の改善が挙げられますが、その他にも、発酵によって抗酸化性が高まるとともに、吸収率も向上することが分かっています。

その研究の一例が、前述の12の食品群にもあるチョコレートです。チョコレートは、まずカカオ

表1 がんをはじめとする生活習慣病の予防が期待できる12の食品群

	野菜・果物類	機能性が期待できる主なファイトケミカル
ユリ科	タマネギ、ニンニク、アサツキ、ニラ	硫化アリル、フラボノイド
アブラナ科	キャベツ、ブロッコリー、カリフラワー、ダイコン、カブ、芽キャベツ	イソチオシアネート、インドール、フラボノイド
ナス科	トマト、ナス、ピーマン、ジャガイモ	アルカロイド、カロテノイド、フラボノイド
セリ科	ニンジン、セロリ、パースニップ、パセリ、セリ	カロテノイド、テルペノイド、フラボノイド
ウリ科	キュウリ、メロン、カボチャ	ポリフェノール、テルペノイド、カロテノイド
●キク科	ゴボウ、シunjギク	食物繊維、テルペノイド
ミカン科	オレンジ、レモン、グレープフルーツ	アスコルビン酸、フラボノイド、テルペノイド、カロテノイド
●キノコ類	シイタケ、エノキ、マッシュルーム、キクラゲ、コブリーノ	β-グルカン、食物繊維、エルゴチオネイン、ポリフェノール
●海藻類	ヒジキ、ワカメ、コンブ	ヨウ素、ハロゲン化フェノール
穀類・豆類・油糧種子	玄米、全粒小麦、大麦、亜麻、カラス麦、大豆、インゲン豆、オリーブ	セレン、ポリフェノール（リグナンなど）、フィチン、食物繊維
香辛料	ショウガ、ターメリック（ウコン）、ローズマリー、セージ、タイム、バジル、タラゴン、カンゾウ、ハッカ、オレガノ、ゴマ、シソ	テルペノイド、ポリフェノール類（リグナン、クルクミノイドなど）、アルカロイド
嗜好品	緑茶、紅茶、ウーロン茶、ココア、コーヒー、チョコレート	カテキン、ポリフェノール類（プロアントシアニジンなど）、アルカロイド

●印を付けた食品群は、デザイナーフーズ計画にはなくて日本食に特有なもの。

豆をバナナの皮で包んだりして乳酸菌や酵母によって発酵させます。その後乾燥させて焙煎し、すり潰した状態のカカオマスにココアバター や砂糖、ミルクを加えて製造します。ですからチョコレートも立派な発酵食品なのです。この発酵過程で、カカオ豆に含まれるポリフェノールはポリフェノールオキシダーゼという酵素によって酸化します。それによってカカオ豆は茶褐色になるとともに独特的の風味が生まれるのであります。

このカカオポリフェノールの機能性を実証するために、愛知学院大学在職中の2014年、蒲郡市・愛知学院大学・(株)明治の产学官で大規模研究「蒲郡スタディ」を行いました。蒲郡市内の45～69歳までの347人に4週間、カカオポリフェノールを多く含むカカオ分72%のチョコレートを毎日一定量(1日5gを5枚、カカオポリフェノール650mg、約150kcal)摂取してもらい、摂取後の血圧測定や血液検査などで身体状態の変化を検証しました。その結果、【表2】のような結果が明らかになりました。

表2 蒲郡スタディの主な研究結果

- 体重・BMI*(肥満度)の変化は認められなかった。
- 正常血圧の人は変化が小さかったが、高血圧群の人は大きく血圧が低下した。
- 善玉コレステロールと呼ばれるHDLコレステロールの値が上昇した。
- 抗炎症マーカー(hs-CRP)と酸化ストレスマーカー(8-OHdG)の数値が高かった上位4分の1の人では、それぞれの値が有意に低下した。
- 健康調査アンケート(SF-36)で精神的スコアの改善がみられた。
- 脳にとって重要な栄養分であるBDNF(脳神経由来栄養因子)が有意に上昇した。

*BMI : Body Mass Indexの略。体重(kg) ÷ [身長(m) × 身長(m)] の値をもとに肥満度や痩せを判定する。

ちなみに、カカオポリフェノールは発酵過程で高分子になるため、ヒトの腸内で吸収されにくいのではないかと考えられていました。しかし、腸内細菌によって低分子化されて腸管から吸収されることが明らかになっています。また、吸収されなかった分子も腸の受容体で感知され、その情報が脳に伝えられて脳のはたらきに好影響をもたらしている(脳腸相関)のではないかという研究報告も数多く出されています。

腸内細菌による代謝物が 強力な抗酸化作用を発揮することを確認

● 腸内細菌によって食品の機能性が変化する可能性もあるということですね。そのような食品は他にもあるのでしょうか。

カレー料理に使われる調味料のターメリック(ウコン)も腸内細菌が関与して変化します。ターメリックに含まれるクルクミンという色素成分は黄色なのですが、私たちは動物実験で、腸の上皮細

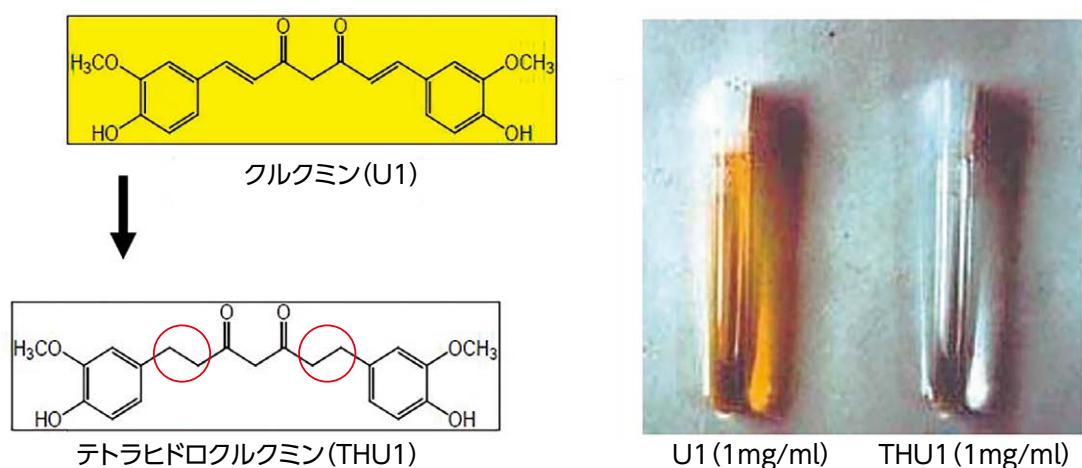


図2 腸の上皮細胞でのクルクミン(U1)からテトラヒドロクルクミン(THU1)への変換

表3 クルクミンとテトラヒドロクルクミンの生理機能の比較

抑制効果	クルクミン	テトラヒドロクルクミン
脂質過酸化	○	○
皮膚がん	○	○
大腸がん	○	○
乳がん	○	—
腎臓がん	○	○
動脈硬化	○	○

○：強い抑制作用 ○：弱い抑制作用 —：未検討

胞で吸収される際に無色・無臭のテトラヒドロクルクミンに変わることを確認しました【図2】。

インドやインドネシアには、お祭りなどでターメリックの色素を体に塗る習慣がありますが、これは皮膚の感染症を防ぐことが目的と考えられています。また、ターメリックには皮膚がんの予防効果があるという論文も多く発表されています。

このクルクミンとテトラヒドロクルクミンの機能性を動物モデルで調べたところ、皮膚がんの抑制作用はクルクミンが強いのですが、腎臓がんや大腸がんなどの抑制作用はテトラヒドロクルクミンのほうが強いことが分かりました【表3】。つまり、クルクミンを経口で摂取すると、腸内細菌によってテトラヒドロクルクミンに変換され、強力な抗酸化作用を持つようになるわけです。また、無色になることで、様々な食品への応用も期待できます。

食品中の乳酸菌や、腸内細菌などによる代謝物の研究が今後はさらに重要になる

●「免疫能」測定装置の開発にも関わられていると伺いましたが、どのようなものでしょうか。

免疫能を的確に測定できれば、機能性素材の効果判定などに役立ちます。そこで、浜松ホトニクス（株）と一緒に、白血球の一種である好中球の活性評価システムの開発研究を進めています。

好中球は、免疫力をはじめ、酸化ストレスや慢性炎症疾患への関与が多数報告されており、好中球活性は、健康チェックマーカーとして非常に有望視されています。好中球は、体内に侵入してきた細菌などの外敵に対して活性酸素を産生して攻撃する、自然免疫の最大の担い手です。しか

し、活性酸素産生量の加減ができないため、過剰に活性化すると宿主の細胞まで障害し、炎症や酸化ストレスを引き起こします。そのため、好中球活性のバランスが重要なのです。

私たちが共同開発したシステムは、指先から採取したわずかな血液を希釈するだけの簡単な操作で、短時間かつ高い精度で好中球活性を測定できます。このシステムを活用すれば、食や運動による軽微な影響を検出できる可能性があり、新たな機能性素材などの開発ツールになり得ると期待しています。

●機能性食品の研究について、今後の展望をお聞かせください。

味噌やしょうゆなどの発酵食品は、乳酸菌や麹菌などによって様々なファイトケミカルが活性の強い物質に変化する作用を利用したものです。このような活性化は、食物中だけでなく私たちの腸内でも起こっています。今後、摂取した食品成分が腸内細菌によってどのように代謝され、どのような機能性を発揮するかを調べる研究は、ますます重要になるはずです。

また、発酵食品の中で生じた代謝物（メタボライト）の解明も非常に注目されます。現在、ヨーグルトや乳酸菌飲料などの機能性の研究は、乳酸菌やビフィズス菌自体の保健作用に焦点を当てたものがほとんどです。発酵に伴って食品内部で生成された活性代謝物の研究も意義深く、今後は食品産業におけるこの分野の研究がさらに関心を集めると期待しています。

私は2025年4月に（株）フードファクターサイエンスという会社を立ち上げました。その事業の中心は新たな機能性素材の探索ですが、これまでの基礎研究で効果がみられた機能性素材のうち、ヒトレベルで利用されていないものに新たな光を当てることも、事業目的の一つです。実際に、私が研究に関わった約60の機能性素材で特許を取得していますが、実用化されているものはごくわずかです。これをもう一度見直し、興味を持っていたいた企業と一緒に改めて研究を進めていきたいと考えています。