

機能性食品—現状と未来—

不破 英次*

Functional Foods

Hidetsugu FUWA

ABSTRACT

A brief review and horizon of "functional foods" and "designer foods".

キーワード：機能性食品、ファンクショナルフーズ、デザイナーフーズ、特定保健用食品

1. はじめに

人間の歴史は「飢えと渇きからの脱出」の歴史といわれるように、人間は太古から食物と水を探し求めて生きてきた。このように、食品は先ず第一に食品中の栄養素が生体に対して短期間かつ長期的に果たす生命維持の機能（栄養機能）をもっている。

次に、現在の日本のように多種多様の食品が豊富に供給される状況では、いかに栄養素に富んだ食品であっても、美味しくないと消費者に食べてもらえない。したがって、味がよく、食欲をそそる良い香りを持ち、見た目にも美しく、食感（テクスチャー）もよいというように、食品成分が生体感覚に訴える味覚・臭覚・視覚・触覚応答機能（感覚機能）が食品に必要な第二の機能である。

さて、二十世紀は科学と技術の時代と言われている。食品の分野における科学と技術の進歩も目覚ましく、食品や種々の食品成分と健康とのかかわり合いについても多くの知見がえられてきた。すなわち、生体防御・免疫系、内分泌系、神経系、循環系、消化系、細胞分化・増殖系などの生理系統を調節する新しい機能が存在することが明らかとなってきた。そこで、もともと食品のもつ栄養機能と感覚機能とに加えて、ここ十数年来、食品の生理機能（あるいは生体）調節機能ともいべき第三の機能が特に注目され、食品成分研究の主な標的となってきた。その理由の主たるものは色々の食品素材の中から多様な生理機能性をもった成分が次々と発見されてきたことによるもので、これらの機能をもった食品が「機能

性食品」と呼ばれている。

ただ、大抵の食品は生体機能調節物質（機能性因子）を含んでいるが、微量の場合が圧倒的に多く、それらは機能性食品とは言わない。機能性食品とは「食品機能を効率よく利用できるよう設計され、加工変換された食品のことである」と定義されている¹⁾。すなわち、通常の食品の摂取では含有されている機能性因子が十分に有効利用されない場合、新規な方法で不要部分を除去し、加工、濃縮、修飾などの処理を施して、機能性因子の目的にかなった活用を可能にした食品に与えられる概念であり、期待効果の発現を可能にする食品を機能性食品と言うのである。

一方、米国の国立科学アカデミーが「食と栄養と癌」報告書を刊行し、これを契機に「植物化学物質による癌予防」を目的に1990年よりアメリカで開始された「デザイナーフーズ」計画は、日本における食品成分の化学的研究に大きな影響力を与えてきた。その特長は、多くの免疫学的研究を背景に野菜や果物、あるいは香辛料などのGRAS（米国 Food and Drug Administration により Generally regarded as safe と認定され食品）の範疇に入る既知の食品素材を対象に「癌予防」の役割を、分子レベルから臨床レベルまでとらえようとするものである²⁾。これらの食品素材は、ほとんどが長い食習慣があり一般的に受け入れられるもので、実際の「癌予防」食品への応用・開発には問題がない点が大きな利点である。

*食品工学科

以上のような背景の下で、「機能性食品」の現状を紹介し、さらに将来の展望を行ってみたい。

2. 機能性食品の「特定保健用食品」としての制度化

上述のように、ここ十数年で食品の第三の機能、すなわち生体調節機能への関心が深まった。例を筆者の専門分野である糖質にとると、繊維はもともとエネルギー源にならず、腸の動きをよくし便秘を防ぐ効果をもつ、ぐらいにしか考えられていなかった。ところが、その繊維の中のあるものが大腸癌の発症を防ぎ、また血中コレステロールを低下させて動脈硬化を防ぎ、その結果脳卒中や心筋梗塞にかかりにくくする効果があることが明らかとなり、大いに注目されるようになった。今日、食物繊維という言葉は一般にも定着しているといつてよからう。

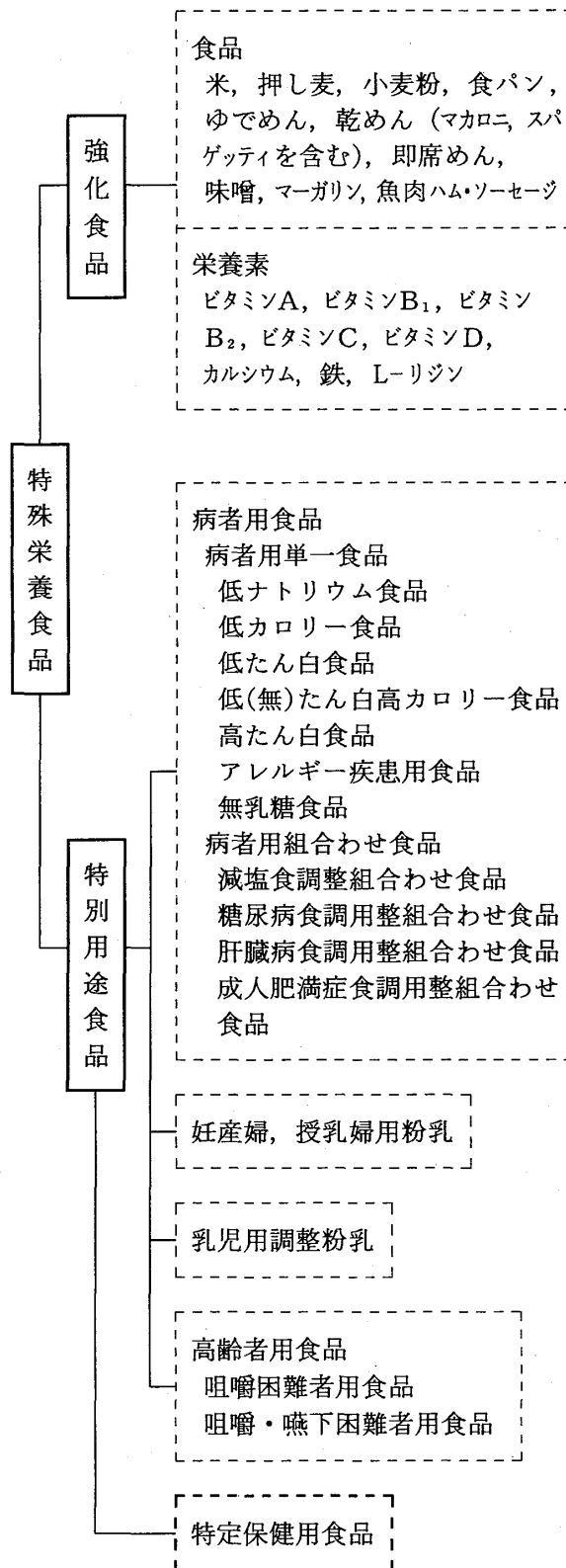
また、ショ糖（砂糖）は食品として優れた特長をもつが、特に大多数の人に好まれる甘みがあり、即効性のエネルギー源として重要である。しかし、多量に摂取するとむし歯になりやすい。またエネルギー摂取過剰の状態ではショ糖を多量に摂取すると肥満になりやすく、その結果、糖尿病はじめ種々の成人病発症の原因となるという欠点をもっている。そこで低う蝕性（むし歯になりにくい）あるいは抗う蝕性（むし歯を防ぐ）の新しい糖類、低エネルギーの新しい糖類の開発へとつながり、さらにそれらの開発の途上で小腸の消化酵素ではほとんど分解されずに大腸に入り有用微生物であるビフィズス菌や乳酸菌の生育にはよく役立つが、都合の悪い大腸菌やウェルシュ菌にはほとんど利用されず、腸内細菌叢の改善に役立つオリゴ糖や糖アルコールが開発された。これらが、「機能性オリゴ糖」ブームを起こしている。

一方、平成元年に農林水産省食品流通局の委託を受けて、日本リサーチ総合研究所が行った消費者の食品に対するニーズの動態調査の結果は、「健康増進志向」「安全志向」「簡便志向」「過分制限志向」（すなわち、塩分、糖分、エネルギーなどの過剰を避けたい）が上位を占め、これに対して、「ブランド志向」「鮮度志向」などはあまり重要視されていないことがわかった。

こうなると、食品産業の側は「この食品に

は健康によい食物繊維がこんなにたくさん含まれています」とか「この食品はお腹に優しいオリゴ糖を含みます」というように、セールスポイントとして強調し、売り上げを延ばそうと努力する。確かに一面では結構なことで

図1 特定保健用食品の位置づけ



あるが、行き過ぎると誇大広告となる。このように、日本のみならずアメリカやヨーロッパなどの先進国では食品の健康強調表示が花盛りで、食品の表示の問題はどこ国でも頭を悩ませているのが現状である。

日本においても確かに健康の維持・増進に役立つ「健康食品」は多々あるが、中にはいかがわしい「健康食品」も巷にあふれていたのも事実である。この点を反省して、厚生省は「機能性食品」の制度化には極めて慎重に対処した。すなわち、学識経験者からなる「機能性食品懇談会」を諮問機関として発足させ、関連業界及び学者グループの意見を十分聞いた上で、平成元年3月「懇談会」の中間報告を受けさらに検討を続けた。この間に「懇談会」を改組して「機能性食品検討会」とし、その最終答申を受けてはじめて制度化に踏み切った。しかも、検討の途上、機能性という言葉の使用は薬事法の「人または動物の身体の構造または機能に影響を及ぼすものはすべて薬品である」という定義に抵触するとの配慮から図1に示すように「特定保健用食品」という名称で、栄養改善法第12条に基づく特殊栄養食品の1つとして表示を許可し、規制することとした。すなわち「食品や食品成分と健康とのかわりに関する知見からみて、ある種の保健の効果が期待される食品であって、食生活において特定の保健の目的で使用される人に対し、その摂取によりその保健の目的が期待できる旨の表示が許可された食品」と定義されている³⁴⁾。

このような経過で厚生省は平成3年7月「特定保健用食品」を市場に導入するための許可・指導・取扱などについての規則を明らかにした。すなわち、栄養改善法の施行規則の一部を改正し、すでに強化食品や病者用食品を法律的に規制している特殊栄養食品の1つとして「特定保健用食品」の制度を平成4年9月1日から施行することを決定した。平成6年10月までに認可を受けた食品(表1)は、アレルギーの少ない米、リンやカリウムの少ないミルク、カルシウム製品、オリゴ糖、食物繊維、糖アルコールなど23品目である。

α-リノレン酸、エイコサペンタエン酸(EPA)、ドコサヘキサエン酸(DHA)やレシチン類などについてはなお検討中である。

いずれにしる健康の維持・増進に役立つ食品が入手できることは消費者にとってプラスである。また、健康維持の結果、高齢者社会での医療費の軽減につながれば、国民の総医療費が24兆円を超えている今日、国にとっても好都合である。今後も、厚生省を中心に十分な監督の下に許可が出され、内容表示が親切・適切で、真に安全で効果のある食品が市場に出ることを期待している。ただ、消費者としては「特定保健用食品」の効果は、漢方薬(生薬)と同様に個人差があるものが多いことに十分注意して、自分に適したものを選び、適量摂取すること

表1 特定保健用食品として標示許可された食品(平成6年10月17日現在)

-
- ① 低アレルギー米
 - ② 低リンミルク
 - ③ ヨーグリーナ(乳酸菌飲料、キシロオリゴ糖)
 - ④ カルシウムパーラー(清涼飲料、CCM)
 - ⑤ カルシウム160(清涼飲料、CCM)
 - ⑥ メイオリゴ(顆粒)(テーブルシュガー、フラクトオリゴ糖)
 - ⑦ メイオリゴ(シロップ)(テーブルシュガー)
 - ⑧ アセロラ エクストラブレンド(清涼飲料、大豆オリゴ糖)
 - ⑨ オリゴCC(清涼飲料、大豆オリゴ糖)
 - ⑩ 大豆オリゴ糖シロップ(テーブルシュガー)
 - ⑪ グッデント(GOODENT)
(ガム、パラチノース・マルチトール入り)
 - ⑫ エルスト(ロップ)(テーブルシュガー、大豆オリゴ糖)
 - ⑬ エルスト(顆粒)(テーブルシュガー、大豆オリゴ糖)
 - ⑭ オリゴコーヒー(清涼飲料、フラクトオリゴ糖)
 - ⑮ オリゴタイム(シロップ性テーブルシュガー、イソマルトオリゴ糖)
 - ⑯ プロテインがんも(がんもどき、大豆たん白質)
 - ⑰ MSメイオリゴ(シロップ性テーブルシュガー、フラクトオリゴ糖)
 - ⑱ 大豆からあげ(からあげ、大豆たん白質)
 - ⑲ オールブラン(シリアル、食物繊維)
 - ⑳ G-9(清涼飲料、大豆たん白質)
 - ㉑ *大豆オリゴ糖シロップ(テーブルシュガー)
 - ㉒ オリゴヨーグルト(錠菓、フラクトオリゴ糖)
 - ㉓ オリゴキャンデー(錠菓、フラクトオリゴ糖)
-

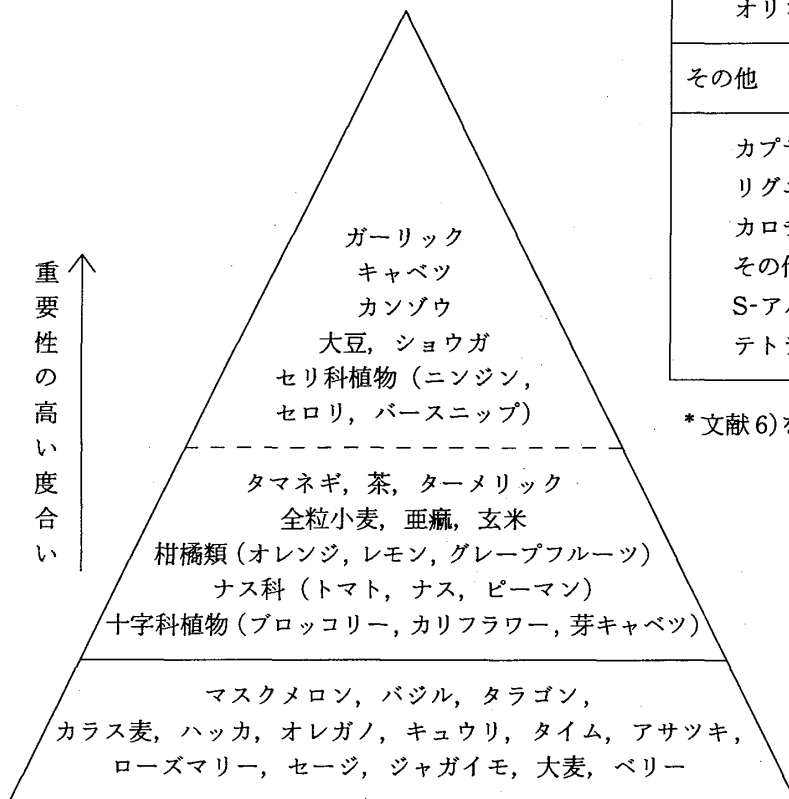
* ⑩とは規格およびメーカーが異なる。

が大切である。

3. 「次世代の機能性食品」に向かって

さて、現在までに食品成分（表2）のもつ多くの生理的機能が知られている（表3）⁹⁾。しかし「特定保健用食品」に認可されている23品目はオリゴ糖などの既に製品化されている食品素材が添加された場合がほとんどである。また前述の「デザイナーフーズ」計画で「癌予防の可能性のある食品素材」として挙げられているものは、野菜、果物、茶、ハーブ、香辛料、ガーリック、甘草など多種多様である⁷⁾⁸⁾⁹⁾。それらの内、臨床研究に最短距離にあるものはカロチノイドをはじめ、天然色素や香辛料、種々の植物抽出物などで（図2）、これらを食品群別に分類すると次の頁の表4のように日本での市場にも出回っているものである。しかし「癌」をはじめ「疾病の予防」について最近行われている多くの研究があるが、例えば中国とフィンランドにおけるβ-カロチンの研究のように、有効と無効という相反する結果のえられている場合もある。すなわち「癌の予防」をはじめ「疾病の予防」は、単一の食品成分のみの摂取では不十分であり、異なったタイプの成分を化学的な根拠に基づき組み合わせることで摂取することの必要性を示唆している。

図2 癌予防の可能性のある食品



さて、前述のように大抵の食品は機能性因子を含んでいるが、微量の場合が圧倒的に多く、その場合は機能性食品とは言わない。機能性食品の資格を整えるためには、食品機能を効率よく利用できるよう設計され、加工変換

表2 生体調節機能をもつ食品成分*

蛋白質・ペプチド・アミノ酸系
各種ホルモン, 酵素類, レクチン類, トランスフェリン類, オピオイドペプチド, 平滑筋作動性ペプチド, ファゴサイトーシス促進ペプチド, 胆汁酸吸収阻害ペプチド, カルシウム吸収促進ホスホペプチド, 血小板凝集阻害ペプチド
脂質系
抗エンテロトキシンガングリオシド, リノール酸, オレアノール酸, α-リノレン酸, パルミトオレイン酸, エイコサペンタエン酸, ドデカヘキサエン酸
糖質系
抗腫性多糖, トリオースレダクトン, オリゴ糖, 単糖, 糖アルコール, 食物繊維
その他
カプサイシン, アリシン, 大豆サポニン, リグニン, タンニン, ポリフェノール, カロチノイド, アスコルビン酸, ビタミンE, その他の抗酸化成分, タウリン, S-アルキルシステインスルフォキサイド, テトラヒドロクルクミン

*文献6)を参考にして著者が作成

表3 食品中の生体調節機能性因子の作用部位*

作用部位	蛋白質・ペプチド・アミノ酸	糖 質	脂 質	そ の 他
神 経 系	オピオイドペプチド (アゴニスト, アンタゴニスト)		α -リノレン酸	カプサイシン
循 環 系	アンジオテンシン転換酵素阻害ペプチド, 血小板凝集阻害ペプチド, 毛細血管透過性昂進ペプチド		リノール酸, パルミトレイリン酸, エイコサペンタエン酸, ドコサヘキサエン酸, レシチン	食物フラボノイド, タウリン, S-アルキルシステインスルホオキサイド, メチルアリルトリスルフィドレシチン
生体防御・免疫系	免疫グロブリン, トランスフェリン類, リゾチーム, パーオキシダーゼ, カタラーゼ, プロタミン, 各種レクチン, オリザシスタチン, ファゴサイトーシス促進ペプチド	抗腫瘍性多糖, トリオース, リダクトン	リノール酸, オレアノール酸, 抗エンテロトキシン性ガングリオシド, テトラとドロクルクミン	アリシン, リグニン, タンニン, ポリフェノール
細胞分化・増殖系	上皮細胞増殖因子, 血小板由来増殖因子, 神経増殖因子, コロニー刺激因子, トリプシンインヒビター			
消 化 系	消化酵素阻害物質, カルシウム吸収促進ペプチド, 胃液分泌抑制ペプチド, 胆汁酸吸収促進ペプチド	オリゴ糖, 糖アルコール, 食物繊維	大豆ステロール	大豆サポニン
内分泌系	乳汁中の各種ホルモン(甲状腺刺激ホルモン, 甲状腺刺激ホルモン放出因子, 成長ホルモン放出因子, 副腎皮質刺激ホルモン, プロラクチンなど), 植物由来の動物ホルモン様活性(黄体形成ホルモン放出因子様, 甲状腺刺激ホルモン放出因子様, ソマトスタチン様活性)			

*文献6)を参考にして著者が作成

表4 癌予防の可能性のある食品(群別)

野 菜		フルーツ	
ユリ科	タマネギ, ニンニク	ミカン科	オレンジ, レモン, グレープフルーツ
アブラナ科	キャベツ, ブロッコリ, カリフラワー, 芽キャベツ	バラ科	メロン, イチゴ
セリ科	ニンジン, セロリ, パースニップ	穀類	全粒小麦, 大麦, 胚芽, 玄米
ナス科	トマト, ナス, ピーマン, ジャガイモ	嗜好品	
ウリ科	キュウリ	茶類	緑茶, 紅茶, ウーロン茶
スパイス	ショウガ, 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, アサツキ, オレガノ		

される必要がある。そのためには、少なくとも、①好ましい機能性因子を増加（付加）する、②好ましくない機能性因子を除去する、③好まし機能がその食品の摂取前に加工や貯蔵によって劣化しないようにし、さらに摂取後に十分機能が発揮されるようにすることが必要である。文部省科学研究費による「食品の生体調節機能の解析」（昭和63年～平成2年）の研究代表者であった千

葉英雄教授⁶⁾（当時、京都大学農学部）によると、食品起源の生体調節機能性因子の系統的解析の手順、機能性因子の作用の解析、機能性食品化の条件、機能性食品創製のための大まかな手順、及び機能性食品創製のための技術的基盤はそれぞれ表5～9に示したとおりである。

すなわち、今後の動向は、有効な食品成分（機能性因子）を「食品因子」としてとらえ、まず、新しい生理活

表5 食品起源の生体調節機能性因子の系統的解析の手順⁶⁾

① 機能活性の検索	アッセイ法の選択と効果表示法の開発
② 構造解析	分離精製、純化、構造決定、合成による再確認
③ 作用機構の解明	生化学的、生理科学的、分子生物学的理解の達成
④ 作用の種別化	相互作用、刺激作用、独立作用の究明
⑤ 作用部位の決定	各生理系での役割解明
⑥ 作用効果の整理	有効作用範囲の濃度関係の解明

表6 食品起源の生体調節機能性因子の作用の解析⁶⁾

A 作用の解析 (<i>in vitro</i>)	
(a) ホルモンに関する作用	〔相乗, 拮抗, 代用 (類似) 作用の区別〕, 〔ホルモンの生合成, 分泌への効果作用〕
(b) 酵素に関する作用	〔活性化, 阻害等の効果の有無〕, 〔酵素の生合成, 分泌への効果作用〕
(c) 細胞機能に関する作用	〔細胞の分化・増殖への効果作用〕
(d) 各種調節系に関する作用	〔代謝系, 情報伝達系等への効果作用〕
(e) 生物防御系に関する作用	〔免疫系等への効果作用〕
B 作用の解析 (<i>in vivo</i>)	
(a) 体内強制導入 (動物)	〔血中, 腹腔内投与, 強制摂食で期待効果を検討〕
(b) 経口投与 (動物)	〔期待効果を検討〕
C 機能性食品としての作用	
(a) 経口投与 (動物)	〔期待効果を解析〕, 〔安全率検討〕
(b) 経口投与 (ヒト)	

表7 機能性食品化の条件⁹⁾

- ① 明確な作製目標を有すること
- ② 経口投与で効果を発揮すること
- ③ 化学構造が解明されている機能性因子を含有すること
- ④ 食品中での存在形態（結合型または遊離型）が明確であること
- ⑤ 機能性因子の作用機作が解明されていること
- ⑥ 安全性が高いこと（危険量／有効量が小さいこと）
- ⑦ 食品中で安定に存在しうること
- ⑧ 食品としての受諾性を有すること

表8 機能性食品創製のための大まかな手順⁹⁾

<p>[顕在的機能性因子]</p> <p>存在量が不十分な場合： 不要成分を除去した濃縮物，準純化物，純化物を含有する機能性食品</p> <p>存在量が十分あるが，摂取が困難な場合： 嗜好上の理由（不快物質が原因），因子の性質上の理由（溶解性，安定性，被吸収性等が原因）のとき，これらを克服する創意を施した機能性食品</p> <p>[潜在性機能性因子]</p> <p>前駆体の量が少ないため，顕在化したときの有効形態量が不十分な場合： 生理的条件下では十分量の有効形態出現が期待できない場合： 顕在化した物質の性質上の理由で，被吸収性，安定性等に問題がある場合： これらを克服する創意を施した機能性食品</p> <p>[共存有害因子，阻害因子への対策]</p> <p>除去後の活用が機能性食品の一形態</p>
--

表9 機能性食品創製のための技術的基盤⁹⁾

<p>①（機能性因子の利用度向上化）</p> <p>素材より不要，不快，有害各成分を除去して作製する濃縮技術の開発 素材より有効成分の遊離を容易化するための前処理技術の開発</p> <p>②（機能性因子の大量生産）</p> <p>有効配列を分子移植した遺伝子工学的手法の効率的開発 酵素・バイオリクターならびに発酵法による集中生産方式の開発 素材より選択分離した前駆体に適合した処理技術ならびに効果的精製技術の開発</p> <p>③（機能性因子の保護）</p> <p>機能性食品中での機能性因子の劣化防止のための技術開発（酸化，酵素的破壊，他成分との反応等への対策） 他の食品成分への意識的結合化技術の開発</p> <p>④（機能性因子の改良，改質）</p> <p>改良：吸収性や生体内分解に対する抵抗性の付与技術（マイクロカプセル化，リボソーム化等）の開発 改質：活性の増減を決定する化学構造の修飾のため誘導体化や部位指定変異を行う蛋白質工学的技術の開発</p>
--

性をもつ未知の成分を検索し、化学構造を含めた分子レベルでの役割を解明する。そうして食品の形態を保ちながら、その生理活性成分が有効に作用できるよう十分な量に濃縮した形にデザインする。すなわち、いわゆる「新世代デザイナーフーズ」あるいは「次世代の機能性食品」を開発しようとする流れに進みつつあると言える⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾。

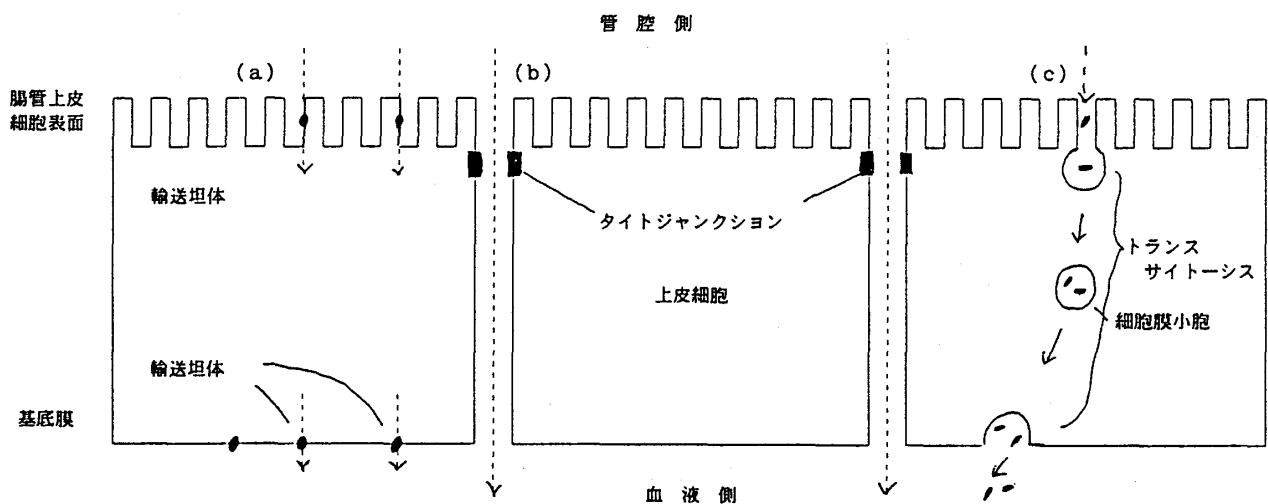
4. おわりに

さて、古くから「医食同源」と言われてきたが、機能性食品の分野は、バイオサイエンスとバイオテクノロジーに共通の重要課題であり、食品工学に関連する研究及び開発の分野として極めて魅力あるもので、二十一世紀における最重要課題の一つであることは間違いない。しかし、この分野における未解決で克服しなければならない問題点も多々残されており、それらを解決するためには優れた独創的な着想による研究を必要とすることは言うまでもない。同時に、新しい機能性因子の発見とそ有効利用にも大きな期待が寄せられており、食品工学の関連する前途洋々たる分野の一つである。

例へば、食品の抗酸化成分が脂質の酸化を防止する働

き以外に生体の活性酸素に対する防御に重要な役割をもつとの知見⁷⁾¹¹⁾が最近つぎつぎと明らかにされてきた。表3に示した食品中に含まれる機能性因子の内、抗酸化物質であるポリフェノール、タンニンなどをはじめ人の腸管内での消化吸収について明確にされていないものが多々ある。従来、糖質は小腸内で単糖まで加水分解された後吸収され、また、蛋白質やペプチドはアミノ酸まで加水分解されて吸収されると、一般に、教科書には記載されている場合が多かった。しかし、必ずしもそうではなく、ある種のジペプチドやトリペプチドはそのまま腸管上皮細胞表面の輸送担体を利用して吸収され、それ以上のオリゴペプチドも何らかの方法で腸管を通過し、あるいはそれぞれグルコース6個、7個、8個からなる環状の α -、 β -、 γ -シクロデキストリンも条件によってはそのまま腸管から吸収されると考えざるをえない実験結果がえられている。すなわち、担体輸送経路 (a) に対して細胞間経路 (b) やトランスサイトosis (c) の関与も想定されている (図3)。これらの点に関して、食品成分のタイトジャンクションの開閉を制御する糖ペプチドの発見¹²⁾などの新しい知見もえられており、今後の研究の進展が大いに期待される。

図3 腸管上皮細胞層における物質輸送



参考文献

- 1) 第5回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会編：「食品のもつ生体調節機能」－機能性食品の未来像－クバプロ、東京（1991）
- 2) C. T-. Ho, M. T-. Huang, T. Osawa, R. T. Rosen (Eds.)：“Food Phytochemicals in Cancer Protection” Vol. I & II, ACS, Washington (1994)
- 3) 平成7年食品衛生小六法
- 4) 福揚博保：特定保健用食品の有用性、食の科学、204号, pp.50-52 (1995)
- 5) 辻 啓介：健康に関する食品の表（標）示、食の科学、207号, pp.37-42 (1995)
- 6) 千葉英雄：機能性食品とは、第5回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会編、「食品のもつ生体調節機能」－機能性食品の未来像－, pp.8-20、クバプロ、東京（1991）
- 7) 大澤俊彦：植物の持つ抗酸化的防御機構と抗酸化成分の検索、Foods & Food Ingredients J. of Japan, No.163, pp.19-29 (1995)
- 8) 大澤俊彦：「がんを防ぐ52の野菜」法研（1994）
- 9) 大沢ヒデ：デザイナー・フーズ、食の科学、203号, pp.30-51 (1995)
- 10) 荒井綜一：新しい食品機能の開発－“次世代の機能性食品”をめざして、第5回「大学と科学」公開シンポジウム組織委員会編、「食品のもつ生体調節機能」－機能性食品の未来像－, pp.183-193、クバプロ、東京（1991）
- 11) 大沢ヒデ：高齢期の余命予知と老化を防ぐ食生活、食の科学、207号, pp.10-17 (1995)
- 12) 清水 誠：生理機能性食品成分と腸管吸収、日本食品科学工学会第42回大会講演集、pp.27-29 (1995)