

〔論説〕

青森県立保健大学における栄養学研究～食品からのアプローチ～ 地域食資源の栄養と生理機能に関する研究

岩井 邦久^{1), 2)*} 森永 八江^{1), 2)} 川村 仁^{2), 3)} 西嶋 智彦^{2), 4)} 倉本 修助^{2), 5)}
成田 嵩信^{2), 6)} 中館 洋一^{2), 7)} 松江 一^{1), 2)}

キーワード：地域食資源，生理作用，機能性成分

Key Words：regional food resources, physiological actions, bioactive ingredients

1. はじめに

生物は、生命を維持するために必要な物質を食物（食品）から体内に取り入れ、エネルギーを産生し、細胞や生体構成成分を作り出している。そのために体外から取り入れなければならない物質を栄養素といい、食品と栄養は切っても切れない関係にあるのは言うまでもない。

食品と栄養に関わる研究は、その時代背景によって内容が変わってきた（図1）。終戦直後の食糧不足の時代には、飢餓や栄養不良といった状況から、人々に必要な栄養素やカロリーに関する一次機能の研究が主流であった。その後の経済成長とともに人々は食に美味しさを求めるようになり、食味や嗜好に関する二次機能の研究が多くなった。そして現在、食の機能性に関わる三次機能の研究が増えている。即ち、食品に関する研究は、量から質へ、そして質から機能性へと移り変わってきた。この背景には、医療技術の進歩等によって日本が世界で有数の長寿国となる一方で、生活習慣病の増加がある。人々の願いは寝たきりで長生きするのではなく、健康な状態

で長生きすることである。そのため、慢性疾患を予防できるような機能性が食品にも求められ、病気を薬で治すのではなく、病気になるような食事や食生活が人々の関心となっている。食品の機能性に関する研究は重要な位置を占めるようになった^{1, 2)}。

ここでは、食品の持つ三次機能の研究に焦点を当て、

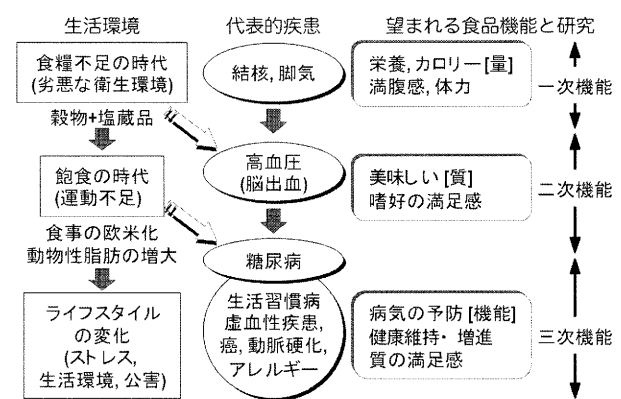


図1 生活環境，疾病の変遷と食品に期待される機能

- 1) 青森県立保健大学・健康科学部・栄養学科
Department of Nutrition, Faculty of Health Sciences, Aomori University of Health and Welfare
- 2) 青森県立保健大学大学院・健康科学研究科・生活健康科学分野
Department of Life Sciences, Graduate School of Health Sciences, Aomori University of Health and Welfare
- 3) 社団法人青森県薬剤師会衛生検査センター
Aomori Pharmaceutical Association, Sanitary Inspection Center
- 4) グリコ乳業株式会社・中央研究所・研究開発部
Glico Dairy Products Co., Ltd.
- 5) 青森市経済部
Division of Economy, Aomori City
- 6) 特別養護老人ホーム寿幸園
Jukoen Nursing Home for the Aged
- 7) 財団法人21あおもり産業総合支援センター
21 Aomori Support Center for Industrial Promotion

*連絡著者

* Corresponding author

栄養学における食品の研究の位置づけと我々の研究成果を紹介する。

2. 食品の三次機能と機能性食品

現在、生活習慣病あるいはその予備軍の増加および発症の低年齢化が問題になっている。従って、高齢化の進行、医療費の抑制、人々の健康意識の高まり等の観点から、病気になってから薬で治すのではなく、病気にならないような生活習慣の改善が重要視されており、その補助の一つとなるのが、保健効果を期待できる機能性食品である。

食品には栄養、嗜好、生体調節の3つの機能があり、通常の食品にも何らかの生体調節に関わる三次機能成分が含まれている。この中で、元々少量であった機能性成分を顕在化するために、それを増量させ、濃縮し、付与する、あるいは機能性素材へ変換する、このような加工によって優れた機能性成分が有する保健機能、具体的には高血圧予防や糖尿病予防等の効果を発現しやすくしたものが機能性食品である(図2)。

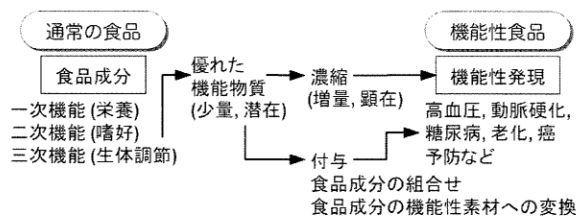


図2 機能性食品の概念

さらに、その保健効果と安全性が科学的根拠に基づいて認められ、厚生労働省が認可したものが特定保健用食品となる。特定保健用食品における代表的な保健効果(表示内容)とそれを現す関与成分を表1に示した。生活習慣病の予防に関心が高い現在では、新たな食品素材・資源から保健効果を探索し、機能性食品の開発も視野に入れた機能性と関与成分を解明する研究が多数行われている。

3. 三次機能としての抗酸化作用…活性酸素と生活習慣病

癌や生活習慣病の原因が様々な角度から研究されてきた結果、生体内で過剰に発生した活性酸素やフリーラジカルが生体構成成分の損傷(酸化傷害)を引き起こし、これが発癌や生活習慣病の引き金、さらには老化の遠因にもなっていることが明らかとなってきた^{3,4)}。

活性酸素は、病原菌等を殺すために好中球等で自然に発生し、体を病原菌から守り、余剰の活性酸素は、ビタミンEや抗酸化酵素等の消去機構によって消去される。即ち、健康体では活性酸素を生成する機構と消去する機構がバランス良く働いている。しかし、活性酸素は過度の運動、喫煙、ストレス等の日常的な要因によっても発生するため、これを体内で消去しきれないと正常な細胞や組織に酸化傷害が及び、発癌や生活習慣病の引き金となる⁵⁾。最近では、酸化傷害を防御したり、活性酸素の発生を防ぐことに主眼をおいた健康志向が増えている。

表1 特定保健用食品における代表的な保健効果と関与成分

期待できる保健効果・表示内容	関与成分
1 お腹の調子を整える食品(健康で規則的な便通、腸内環境の健康)	イソマルトオリゴ糖, ガラクトオリゴ糖, ポリデキストロース, キシロオリゴ糖, グアーガム分解物, サイリウム種皮, フラクトオリゴ糖, 大豆オリゴ糖, 難消化性デキストリン, 乳果オリゴ糖, ビフィズス菌, 乳酸菌等
2 血圧が高めの方に適する食品(血圧を高める要因を抑える)	カゼインドデカペプチド, かつお節オリゴペプチド, サーデンペプチド, ラクトトリペプチド, 杜仲葉配糖体等
3 コレステロールが高めの方に適する食品(血中コレステロールの上昇を抑える)	キトサン, サイリウム種皮由来食物繊維, リン脂質結合大豆ペプチド, 植物ステロール, 低分子化アルギン酸ナトリウム, 大豆たんぱく質等
4 血糖値が気になる方に適する食品(糖の小腸からの吸収を緩やかにする)	L-アラビノース, グァバ葉ポリフェノール, 難消化性デキストリン, 小麦アルブミン, 豆鼓エキス
5 ミネラルの吸収を助ける食品(ミネラルを効果的に吸収させる)	クエン酸リンゴ酸カルシウム(CCM), カゼインホスホペプチド(CPP), フラクトオリゴ糖, ヘム鉄等
6 食後の血中の中性脂肪を抑える食品(中性脂肪の食後吸収を抑え血中での分解促進)	ジアシルグリセロール, グロビン蛋白分解物等
7 虫歯の原因になりにくい食品(虫歯菌の栄養源にならない, 増殖を抑える)	マルチトール, パラチノース, 茶ポリフェノール, 還元パラチノース, エリスリトール等
8 歯の健康維持に役立つ食品(脱灰の抑制と再石灰化の促進)	CPP-ACP, キシリトール, マルチトール, リン酸一水素カルシウム, フクロノリ抽出物, 還元パラチノース等
9 体脂肪がつきにくい食品(中性脂肪の上昇と体内蓄積を抑える)	ジアシルグリセロール, 植物性ステロール(β -シトステロール)等
10 骨の健康が気になる方に適する食品	大豆イソフラボン, 乳塩基性タンパク質等

この活性酸素の働きを抑える作用が抗酸化活性であり、抗酸化性を備えた食品を摂取することによって体内の抗酸化活性を高め、過剰な活性酸素を消去し、発癌や疾患を予防することが期待されている。

4. 地域の食資源の生理機能

このようなことから、我々も抗酸化性の高い食品を探索、研究してきた。青森県は農林水産資源が豊富であり、それを原材料とした加工食品も数多いことから、抗酸化活性を切り口として地域の食資源が持つ生理機能を探索し、作用成分を解明し、健康に有益な効果の詳細を明らかにすべく機能性の研究を重ねている。また、高付加価値化と有効利用のために地域資源だけでなく未利用資源も研究対象とし、さらに地域産業の振興のために企業との共同研究も行っている。

ここでは、青森県の特徴を活かした食品の機能性に関する研究を紹介する。

1) ガマズミ果実の研究⁶⁾

我々は、地域食資源の抗酸化活性の探索において、ガマズミ (*Viburnum dilatatum* Thunb) 果実の抗酸化活性を見出した。全国の丘陵地には様々な種類のガマズミがあり、晩秋に熟す小果実を食べることができる(図3)。三戸地方にはガマズミが多数自生しており、マタギが山中で疲労回復のためによく食べたとも言われていたことから、地域の人々はこの果実を新たな作物として活用できないかと考えていた。そこで我々は、抗酸化活性の結果から生理機能への期待を持ち、また地域色の豊かさに興味を深め研究を開始した。



図3 ガマズミ果実(11月)

(1) ガマズミ果実の生理作用

電子スピン共鳴法(ESR)によるラジカル消去活性の測定で、ガマズミ果実粗抽出物(CEV)が強いヒドロキシルラジカル消去活性を持っていることが分かった⁷⁾。食品の機能性を評価する上で重要なのは *in vivo* での効

果であることから、我々はCEVを与えたラットに水浸拘束ストレス(WIRS)を負荷する実験を行った。ストレスにより生体内で発生した過剰な活性酸素は脂質過酸化反応を引き起こし、これが膜脂質の酸化やタンパク質の変性を介して消化管粘膜障害を生じることが明らかになっており⁵⁾、我々はガマズミの抗酸化作用がこの酸化傷害を軽減するのではないかと考えた。

その結果、WIRS負荷ラットでは出血性胃潰瘍が多数認められたが、CEVを与えてWIRSを負荷したラットでは潰瘍の形成が抑制され、チオバルビツール酸反応生成物濃度として測定した血漿および胃の過酸化脂質濃度も有意に低下した(図4)⁷⁾。この時、生体の活性酸素防御機構であるスーパーオキシドディスムターゼ等の抗酸化酵素活性はWIRS負荷によって半減したが、CEVの摂取により酵素活性の減弱は抑制された⁸⁾。一方、ストレスを負荷しない場合では、抗酸化酵素活性にCEVの摂取は影響しなかったが、CEV摂取ラット肝臓の酸化は遅延・抑制された。即ち、ストレスによる酸化傷害をCEVが抑制したのは、抗酸化酵素が誘導されて抗酸化能が高まったのではなく、CEVの抗酸化成分が作用しているためであることが明らかになった⁸⁾。これらの結果は、抗酸化活性の高い食品を食べることで生体内の酸化傷害を抑制し、ひいては酸化傷害が引き金となって発症する生活習慣病等を予防し得ることを示唆した。

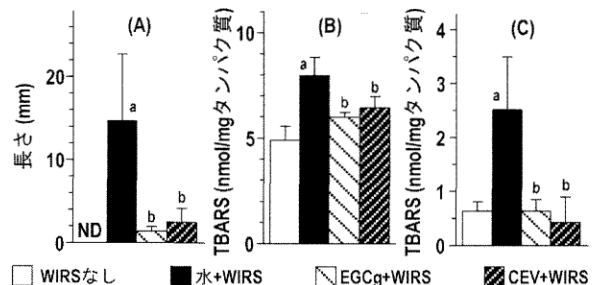


図4 CEV(ガマズミ果実粗抽出物)摂取後に水浸拘束ストレス(WIRS)を負荷したラットの胃潰瘍長総和(A)、血漿中過酸化脂質濃度(B)および胃中過酸化脂質濃度(C)各溶液を2週間摂取した雄性SD系ラットに絶食下で6時間のWIRSを負荷した。ND、検出されず。データは各群5匹の平均値±標準偏差を表示し、^aWIRSなし群、^b水+WIRS群に対する有意差を表示した(P < 0.05)。

CEVの酸化抑制作用は、糖尿病ラットにおいても血漿および赤血球の過酸化脂質濃度の増加を抑制したことで確認された⁹⁾。糖尿病では体内の酸化が亢進し、酸化傷害が合併症の遠因になっていることが明らかにされていることから¹⁰⁾、ガマズミの抗酸化効果は糖尿病の合併症予防にも有用であることが示された。さらに、CEVを摂取した糖尿病ラットの血糖値は摂取しない糖尿病ラットよりも低いレベルで推移し(図5)、ガマズミに糖尿病予防効果も期待された⁹⁾。そこで、その作用を調

べると、ガマズミのポリフェノールのいくつかに α -グルコシダーゼ阻害活性のあることが分り、CEVを与えた糖尿病ラットに経口糖負荷試験を行うと、CEVの摂取量依存的に血糖値の上昇が抑制された。インスリン濃度への影響はなかったことから、CEVの α -グルコシダーゼ阻害作用により糖質の分解、吸収が抑制されることで血糖値の上昇抑制が生じたことが示唆された¹¹⁾。

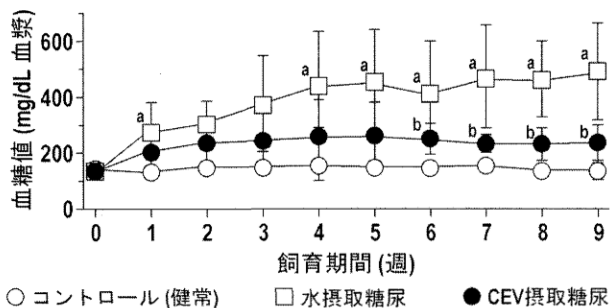


図5 糖尿病ラットにCEVを摂取させた時の血糖値の推移

ストレプトゾトシン誘発糖尿病ラットにCEVを摂取させ、毎週非絶食下で尾動脈より採血し、血漿中グルコース濃度を測定した。データは各群5匹の平均値±標準偏差を表示し、^aコントロール(健常)群、^b水摂取糖尿群に対する有意差を表示した(P < 0.05)。

(2) ガマズミ果実の作用成分

ガマズミ果実にはポリフェノールが多く、我々は作用成分としてアントシアニン類に着目した。CEVをSephadex LH-20 カラムクロマトグラフィーにて分画し、ESRによるラジカル消去活性を指標に活性画分を収集した。その画分から高速液体クロマトグラフィー(HPLC)によってラジカル消去活性を示すピークを分取・精製し、活性ポリフェノールを得た。これらを核磁気共鳴(NMR)および液体クロマトグラフィー質量分析(LC/MS/MS)等によって分析し、分子構造を解析した。

その結果、5種類のポリフェノール、即ちシアニジン3-サンプビオシド(C3S)、シアニジン3-グルコシド(C3G)、クロロゲン酸(5-CQA)、4-メトキシクロロゲン酸(MeO-CQA)およびケルセチン(Qrt)を同定した(図6)^{12,13)}。C3SおよびMeO-CQAはガマズミに特徴的な成分であり、C3Sおよび5-CQAには抗酸化活性、ラジカル消去活性および α -グルコシダーゼ阻害活性等が認められ、果実中含量も多いことから、これらが主要な

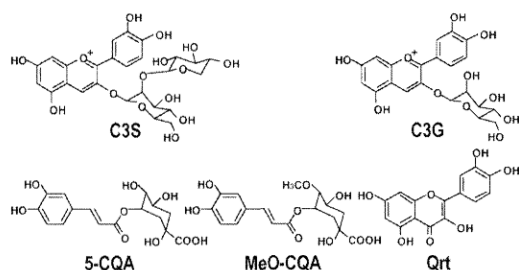


図6 ガマズミ果実から同定したポリフェノール類

作用成分として上述の酸化傷害抑制効果や血糖上昇抑制効果に關与していることが示唆された^{14,15)}。

(3) 研究成果の波及効果

これらの研究成果はガマズミ果汁の健康イメージを高める付加価値となり、知名度と生産者が増加し、開発当初の70倍を超える生産規模に成長した。また、ガマズミポリフェノール濃度の季節変動も明らかにしている。

一方、ガマズミ果実生産の増加とともに搾汁残渣も増大したことから、我々は残渣の処理手段構築がガマズミの産業的発展に重要であると考え、残渣の有効利用に着手した。その結果、抗酸化活性と成分は残渣の果肉皮部分に局在していることが示唆され、残渣から果肉皮のみを分離収集することに成功した。果肉皮のC3S濃度や抗酸化活性は残渣より上昇し、この技術は企業と共同で特許を取得した¹⁶⁾。現在は、実用レベルで果肉皮を新規素材とした製品開発が進められているとともに、生理機能の探索および種子に関する研究を行っている。

さらに、我々はガマズミ果汁や粉末の利用促進、新規製品開発ならびにガマズミの普及を目的にガマズミ活用研究会を組織し、ビジネスモデルの提示も行っている。これらは、食品の機能性研究が地域の食資源を探索し、地域産業にも発展する可能性を示した一例である。

2) アピオスの研究⁶⁾

アピオス(*Apios americana* Medikus)はマメ科のつる性多年草で、小さなイモ(図7)を食べることができる¹⁷⁾。原産は北米だが、日本では青森県で初めて試験栽培され、各地に広められた。アピオスは栄養価の高さ等から健康食品として注目を集め、便秘解消、産後の滋養、高血圧緩和等の様々な効果が体験談として伝えられた。その一方で、イソフラボン等が見出されてはいるが¹⁸⁾、生理作用に関する科学的報告は多くはなかった。そこで我々は、青森県が国内発祥といわれているアピオスの生理機能や成分の解明を行った。

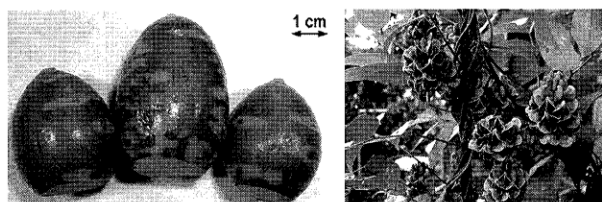


図7 アピオス・イモ(左)および花(右)

(1) アピオスの生理作用^{19,20)}

県産アピオスの一般栄養成分は、水分9.2%、タンパク質14.7%、脂肪1.3%、灰分3.8%、食物繊維21.8%、炭水化物49.2%であり、この組成比はジャガイモより大豆

表2 アピオスを摂取させて飼育した SHR の 3 週間での血圧の増加

	平均血圧		収縮期血圧		拡張期血圧	
	(mmHg)	(%)	(mmHg)	(%)	(mmHg)	(%)
N	58.8 ± 25.7	35.6 ± 14.1	51.7 ± 13.9	27.0 ± 7.1	65.1 ± 29.6	42.3 ± 16.6
C	57.8 ± 5.9	34.9 ± 2.0	46.0 ± 6.0	24.7 ± 3.2	63.5 ± 10.5	40.7 ± 3.8
NA	35.5 ± 16.0	24.4 ± 10.4	37.9 ± 12.8	22.2 ± 7.5	34.2 ± 18.1	25.7 ± 12.3
CA	37.4 ± 7.3	25.0 ± 4.9	39.3 ± 9.1	22.8 ± 4.9	36.4 ± 9.9	26.3 ± 7.0

N, 正常食; C, コレステロール食; NA, 正常 + アピオス食; CA, コレステロール + アピオス食. データは各群 5 匹の平均値 ± 標準偏差を示した.

に近似し、カルシウム、カリウムおよびビタミン C 含量は大豆より多く、良質な栄養素を有する食資源であることを改めて確認した。

我々は、高血圧に対する作用に焦点を当て、高血圧自然発症ラット (SHR) に AIN-93G 組成の正常食 (N 食)、1%コレステロールを添加したコレステロール食 (C 食)、正常食にアピオス粉末を 5% 添加した正常 + アピオス食 (NA 食) および C 食にアピオス粉末を 5% 添加したコレステロール + アピオス食 (CA 食) を与えて飼育した。その結果、アピオスを摂取した群では 2 ~ 3 週目に血圧の上昇が抑制され、その血圧は非添加食群に比べて 8 ~ 11% 低く、収縮期血圧は有意な低値を示した。3 週間で N および C 食群の血圧は 45 ~ 65 mmHg (25 ~ 42%) 上昇したのに対し、NA および CA 食群では 34 ~ 39 mmHg (22 ~ 26%) の上昇に抑えられた (表 2)。これらの結果から、アピオスには血圧上昇抑制効果のあることが示された^{19, 20)}。

(2) アピオスの活性成分²¹⁾

アピオスの降圧成分と作用機序を解明する一環として、水抽出物 (AWE) およびメタノール抽出物を調製し、これらのアンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害活性を測定した。その結果、AWE に阻害活性が見られたものの、ACE 阻害剤であるカプトプリルやリジノプリルよりも弱い活性であった。また、AWE を各種ゲルろ過によって分画したところ、ACE 阻害活性を持つ多糖類を発見した²²⁾。この多糖は高メトキシ型の新規なペクチン様多糖であったが、精製すると ACE 阻害活性は減弱し、降圧成分ではないことが結論づけられた。

そこで、アピオスを酵素消化したところ、AWE の 20 倍以上の ACE 阻害活性が得られ、これを SHR に経口投与すると約 20% の血圧低下が認められた。これらの結果より、アピオスの降圧作用は消化物による ACE 阻害作用が要因であることが示された²²⁾。さらに、この消化物を Sep-Pak にて分画し、HPLC にてペプチドを分析・分取・精製し、ACE 阻害ペプチドを得た。アミノ酸組成分析、気相エドマン分解法によるアミノ酸配列分析、MALDI-TOF-MS による分子量測定等を行い、アミノ酸

残基数 4 ~ 6 個の数種類のペプチドを決定した²³⁾。これらのペプチドの ACE 阻害活性は、食品由来のペプチドとしては強く、ACE 阻害剤に匹敵することも期待されている。

これらの研究により、単なる伝承ではなく、アピオスの血圧上昇抑制作用が科学的根拠をもって解明され、その効果は他の食品に比較しても強い可能性が示された。これらの成果を活用した新たな加工食品も開発されており、現在進めているペプチドの研究はさらなる発展が期待されている。

(3) アピオス花の生理作用および作用成分に関する研究

一方、アピオスの栽培では夏に咲く花 (図 7) を摘み取ることが良いイモを作るノウハウであると言われ、廃棄されている花の有効利用が求められている。そこで、我々はアピオス花の機能性食資源としての可能性を探索した結果、DPPH ラジカル消去活性および α -グルコシダーゼ阻害活性を見出し²⁴⁾、その血糖に及ぼす効果を検討した。

花抽出物を Sephadex LH-20 カラムクロマトグラフィーで分画し、マルターゼ阻害活性の強い画分から HPLC によって主要なピークを分取し、さらに HPLC で精製した。これを LC/MS/MS および NMR で分析し、分子構造を解析した結果、5 種類のマルターゼ阻害成分を得ることに成功し、その一つは、カフェ酸誘導体であることが解明された²⁵⁾。また、活性画分を糖尿病マウスに投与したところ、マルトース経口投与後の血糖値が対照群より有意に低下した。この結果より、アピオス花に血糖上昇抑制効果のあることが明らかとなり、それには活性画分のマルターゼ阻害作用が関与していることが示唆された。これらの研究は、アピオス花の機能性食資源として活用する道を創出した。

3) エチゼンクラゲの有効利用

大型クラゲのエチゼンクラゲは、大量発生すると漁業に甚大な被害を及ぼす。クラゲの利用としては、ペプシン消化による 6 種類の降圧ペプチドが報告されており²⁶⁾、我々もエチゼンクラゲから ACE 阻害ペプチドを得てい

る²⁷⁾。しかし、クラゲは97%が水分であることから、従来法では低濃度の溶液しか調製できない等、その利用には限界があったため、青森県産業技術センター下北ブランド研究所では、ドラムドライヤー法でクラゲの粉末化を行った²⁸⁾。我々は、この粉末クラゲを用いた降圧ペプチド溶液の高濃度化と、新たなACE阻害ペプチドの探索を行っている。

粉末クラゲの消化処理物をSep-Pakに負荷し、トリフルオロ酢酸-アセトニトリル溶出でACE阻害画分を分離した。この画分からHPLCで分析・分取したACE阻害ピークをさらに精製し、3種類のペプチドを得た。アミノ酸配列を分析したところ、ACE阻害ペプチドは新規のペプチドであり、現在これらの詳細を検討している。

以上に示したように、食品の機能性研究は、新たな生理作用や成分を発見し学術的な知見を得るとともに、その有益性や活用法を示すことで食資源の高付加価値化や有効利用にもつながり、地域住民の健康維持・増進にも寄与し得るものとなっている。

5. 機能性成分の吸収と生体利用率

一方、優れた生理活性物質だとしても、その効果を発現するためには体内に吸収されなくてはならないことから、消化吸收の影響を考慮する必要がある。ビタミン類等は、栄養学的見地から吸収動態等が明らかにされているが、非栄養素であるポリフェノール等は、摂取量が1日当たり数十～数百mgと見積もられながら充分には解明されていない²⁹⁾。そのため、近年では機能性成分のバイオアベイラビリティや体内動態の重要性が認識されるようになった。特に、フラボノイドに関しては、その吸収率は低く、吸収部位、吸収速度、代謝機構等は種類によって異なり、また食品中では殆どが配糖体として存在するため糖の種類も関与すると考えられ、その解明が進められている³⁰⁾。

我々は、フラボノイドの吸収・代謝に影響を与える食物因子という観点から、野菜や果物に含まれるオリゴ糖等の難消化性糖質について研究している。食物繊維はヒト消化酵素では分解されないが、水溶性のペクチンやグアーガム等は栄養素の消化吸収に影響を及ぼすことが明らかであり、腸内環境を変化させることでフラボノイドの消化・吸収・代謝にも影響すると予想されるからである。

研究では、リンゴペクチンを含む餌で飼育したラットに代表的なフラボノイドであるケルセチンを経口投与した。すると、代謝物のケルセチン抱合体およびイソラムネチン抱合体の血漿中濃度ならびに濃度-時間曲線下面積がセ

ルロス摂取ラットよりも有意に増大した(図8)³¹⁾。同様の結果はマウスでも得られ、ペクチンがケルセチンの吸収性を向上させる作用を持つことが示された³²⁾。さらに、肝臓等の一部臓器中のケルセチン代謝物濃度もペクチン摂取により高まることが明らかとなり、ペクチンによってケルセチンの体内挙動が緩やかになることが示唆された。また、ペクチンの吸収増大効果はそのメチル化重合度に依存することも明らかになった³³⁾。これらの知見は、難消化性糖質の新しい生理機能を示すとともに、フラボノイドの吸収性向上にアプローチすることで、生体内抗酸化作用を高めて健康保持・増進に寄与することにもつながる。

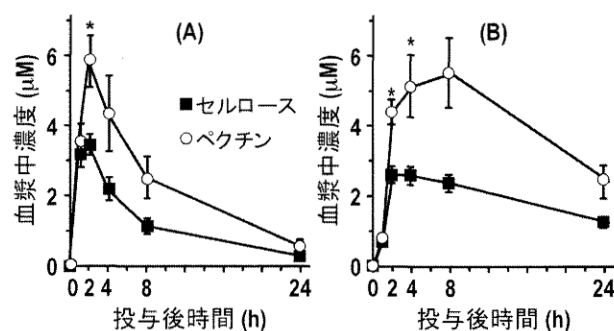


図8 ペクチン食で飼育したラットにケルセチンを単回経口投与した時のケルセチン抱合体(A)およびイソラムネチン抱合体(B)の血漿中濃度推移
各試験食で6週間飼育したラットに、20時間の絶食下で1% CMCに懸濁したケルセチンを50 mg/kg 経口投与した。データは5匹の平均値±標準偏差を示した。*はセルロース食群に対する有意差を表す(P < 0.05)。

食品の機能性研究において、機能性成分が活性本体として生体内で機能を発現していることを証明することは、*in vivo*で生理効果が発現されることを証明することと同じ様に重要である。我々は、食品由来フラボノイドの体内挙動における食物因子の影響の解明を進めているが、他の生理機能成分についても生体内での吸収・代謝・排泄等の体内動態の研究が重要性を増すと思われる。

6. おわりに

これまで、本県特有の食資源の生理機能性と作用成分の研究、および体内動態の研究を紹介した。この他にも海藻等の様々な地域食資源に関する研究を行っている。特に、機能性に関しては*in vivo*での評価を重視し、抗酸化活性を切り口とした生理作用について検討を積み重ねている。

一方、これらの生理機能が優れていたとしても、食品本来の役割を忘れてはならない。例えば、本稿でも紹介した血糖上昇抑制作用、降圧作用、 α -グルコシダーゼ阻害およびACE阻害等の作用と機序は、医薬品にも同様のものがある。薬物に類似する作用が食品成分にあるとはいえ、医薬品と機能性食品の違いは明白であり(図9)、いくら優れた作用を有する機能性食品であっても使い方

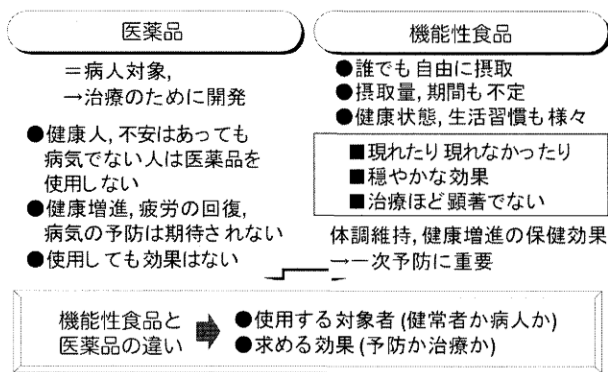


図9 医薬品と機能性食品の違い

を間違えてはいけな。機能性食品の有用性は、あくまでも一次予防に重要な保健効果であることを認識すべきである。

食品の研究は、栄養学だけではなく、人の健康と農学、畜産学、水産学、家政学等をつなぐ役割も持っている。何より、保健・医療・福祉の中では食による一次予防の科学的根拠の支えとなっている。即ち、食品の機能性研究で明らかになった成果(生理機能性)は、人々がこれらを食べて健康維持・増進、疾病予防に役立てることで還元される。さらに、この様な研究は、食産業の発展や地域産業の振興にも寄与し得るものでもある。

従って、身近に存在する食資源に有用な生理作用を見出し、役立つように研究を進めていくことは今後益々重要になり、研究成果をどのように地域へ還元するかというビジョンは基礎研究であろうとも必須である。幸い、青森県には健康イメージをアピールできる優れた食資源がまだ多数潜在していると考えており、我々は地域に埋もれた食素材の発掘を行っている。

今後も、栄養学の中で食品の機能性研究を充実・発展させ、食品の三次機能を人々の健康維持・疾病予防と地域産業への振興に役立てる可能性を追究したいと考えている。

謝辞

本稿で紹介した研究の多くは、株式会社小野寺醸造元、株式会社倉石地域振興公社、グリコ乳業株式会社、地方独立行政法人青森県産業技術センター・工業総合研究所、下北ブランド研究所等との共同あるいは連携で行われたものであり、関係者に深く感謝いたします。

参考文献

1) 田仲健二: 機能追究型食品のその後. 新しい食品素材と機能, BIO INDUSTRY 編集部編, シーエムシー, p.12-31, 1997.
 2) 渡邊昌, 君羅満: 生活習慣病に役立っている食品中の化学物質. 現代の医食同源, 和田昭允, 池原森男,

矢野俊正編, 学会センター関西, p.27-42, 1998.

3) 吉川敏一: 活性酸素と病気. 活性酸素と栄養, 水上茂樹, 五十嵐脩編, 光生館, p.201-247, 1995.
 4) 立川俱子: 成人病の予防と栄養. 栄養学と成人病, 吉村学, 清野裕, 糸川嘉則編, 建帛社, p.233-256, 1997.
 5) フリーラジカル, 近藤元治編, メジカルビュー, 1992.
 6) 岩井邦久: 共同研究による地域食資源の高付加価値化 - 食産業界との産学連携 -. 青森県立保健大学雑誌, 7, 303-308, 2006.
 7) Iwai K, Onodera A and Matsue H: Antioxidant activity and inhibitory effect of Gamazumi (*Viburnum dilatatum* THUNB.) on oxidative damage induced by water immersion restraint stress in rats. Int. J. Food Sci. Nutr., 52, 443-451, 2001.
 8) Iwai K, Onodera A and Matsue H: Mechanism of preventive action of *Viburnum dilatatum* Thunb (gamazumi) crude extract on oxidative damage in rats subjected to stress. J. Food Sci. Agric., 83, 1593-1599, 2003.
 9) Iwai K, Onodera A and Matsue H: Inhibitory effects of *Viburnum dilatatum* Thunb. (gamazumi) on oxidation and hyperglycemia in rats with streptozotocin-induced diabetes. J. Agric. Food Chem., 52, 1002-1007, 2004.
 10) 吉川隆一, 前田士郎: 糖尿病合併症の発症機序とその阻害薬. Pharma Medica, 15, 81-86, 1997.
 11) Iwai K, Kim MY, Onodera A and Matsue H: α -Glucosidase inhibitory and antihyperglycemic effects of polyphenols in the fruit of *Viburnum dilatatum* Thunb. J. Agric. Food Chem., 54, 4588-4592, 2006.
 12) Kim MY, Iwai K, Onodera A and Matsue H: Identification and antiradical properties of anthocyanins in fruits of *Viburnum dilatatum* Thunb. J. Agric. Food Chem., 51, 6173-6177, 2003.
 13) Kim MY, Iwai K and Matsue H: Phenolic compositions of *Viburnum dilatatum* Thunb. fruits and their antiradical properties. J. Food Comp. Anal., 18, 789-802, 2005.
 14) Iwai K, Kim MY, Onodera A and Matsue H: Physiological effects and active ingredients of *Viburnum dilatatum* Thunb fruits on oxidative stress. BioFactors, 21, 273-275, 2004.
 15) Iwai K: Healthy benefits and bioactive phenolic

- compounds in the fruit of *Viburnum dilatatum* Thunb. Recent Progress in Medicinal Plants, Vol. 23, Phytopharmacology & Therapeutic Values V, Singh VK and Govil JN ed., p.121-140, 2008.
- 16) 岩井邦久, 松江一, 小野寺昭夫: ガマズミ果肉皮の製造方法、ガマズミ果肉皮製造装置、ガマズミ果肉皮抽出物、ガマズミ果肉皮由来抗酸化剤、ガマズミ果肉皮由来粉末状素材およびガマズミ果肉皮使用加工品. 特許第 4324674 号.
- 17) Hoshikawa K and Juliarni: The growth of *Apios* (*Apios americana* Medikus), a new crop, onder field conditions. Jpn. J. Crop Sci., 64, 323-327, 1995.
- 18) Krishnan HB: Identification of genistein, an anticarcinogenic compound, in the edible tubers of the American groundnut (*Apios americana* Medikus). Crop Sci., 38, 1052-1056, 1998.
- 19) 岩井邦久: アピオス (アメリカホドイモ) の血圧降下作用. 日本未病システム学会雑誌, 11, 188-193, 2005.
- 20) Iwai K and Matsue H: Ingestion of *Apios americana* Medikus tuber suppresses blood pressure and improves plasma lipids in spontaneously hypertensive rats. Nutr. Res., 27, 218-224, 2007.
- 21) Iwai K, Kuramoto S and Matsue H: Suppressing effect of *Apios americana* on blood pressure in SHR and its active peptide. J. Clin. Biochem. Nutr., 43, 315-318, 2008.
- 22) 倉本修助, 岩井邦久, 松江一: アピオス (*Apios americana*) からの ACE 阻害活性成分. 日本農芸化学会 2006 年度大会講演要旨集, p.211, 2006.
- 23) 岩井邦久, 倉本修助, 松江一, 市田淳治: アピオス酢酸・酵素処理物製造方法、アピオス由来ペプチドおよびその製造方法. 特願 2006-59720.
- 24) 川村仁, 岩井邦久, 松江一, 小渡晃, 北村勉, 松尾俊介: アピオス花の生理活性および活性成分の探索. 第 13 回日本フードファクター学会大会講演要旨集, p.101, 2008.
- 25) 岩井邦久, 川村仁, 松江一, 倉石地域振興公社: アピオス花を用いた血糖値上昇抑制物質および糖尿病予防用食品素材. 特願 2009-189000.
- 26) 牛田崇博, 久保恵亮, 中山剛志, 東村具徳, 唐漢軍, 河村幸雄: 日本農芸化学会 2005 年度大会講演要旨集, p.276, 2005.
- 27) 岩井邦久, 松江一, 内沢秀光, 奈良岡哲志: クラゲの酢酸抽出物製造方法およびクラゲコラーゲン由来ペプチド. 特願 2006-59720.
- 28) 富田秀弘, 油野晃: 大型クラゲのドラム乾燥による粉末化. 下北ブランド研究開発センター試験研究報告, 第 4 号, p.70-73, 2005.
- 29) Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB and Kromhout D: Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. Lancet, 342, 1007-1011, 1993.
- 30) 宮澤陽夫, 仲川清隆, 浅井明: 天然抗酸化物質の吸収と代謝. 化学と生物, 38, 104-114, 2000.
- 31) Nishijima T, Iwai K, Saito Y, Takida Y and Matsue H: Chronic ingestion of apple pectin can enhance the absorption of quercetin. J. Agric. Food Chem., 57, 2583-2587, 2009.
- 32) 岩井邦久, 西嶋智彦, 瀧田佳樹, 齋藤康雄, 松江一: ケルセチンのマウス体内動態に及ぼすりんごペクチンの影響. 日本食品科学工学会第 55 回大会講演要旨集, p.66, 2008.
- 33) Nishijima T, Iwai K, Takida Y, Saito Y and Matsue H: High-methoxylated apple pectin enhances the intestinal absorption of quercetin. Polyphenols Communications 2008, 2, 813-814, 2008.