

味噌を科学する

管理栄養学科 江崎 秀男

1. はじめに

わが国には、味噌、醤油、納豆、濱納豆、豆腐、油揚げ、清酒、甘酒、かつお節、塩辛、くさや、なれ寿しなど、さまざまな伝統食品がある。これらの伝統食品は、その土地の風土や気候をたくみに生かし、長年の試行錯誤の結果造り出されたもので、いわば人間の英知の結晶であり、そのなかには先人の合理的な技や工夫が潜んでいる。

近年、食生活は豊かになり、飽食の時代ともいわれている。反面、食生活の偏りによる生活習慣病の増加にも目をはなすことはできない。栄養バランスの偏り、食習慣の乱れ（食の外部化・簡便化、不規則な食生活、生活リズムの夜型化、ダイエット、脂質の過剰摂取、野菜の摂取不足）など、私たちの回りには生活習慣病の元凶となる因子は数多く存在する。

現代の人々、特に若年層は、目新しい食品や珍しい食品を食生活のなかに好んで取り入れる傾向にある。古い時代から伝承されてきた伝統食品には、その栄養的価値や嗜好的価値があり、また人の健康を維持・増進するさまざまな機能が秘められている可能性も大きい。

本稿では、これらの伝統的な発酵食品のひとつである味噌について、その歴史・文化、種類、製造法、特性（成分変化）、機能性（生理機能）などについて紹介する。

2. 味噌の歴史と文化

味噌はわが国で独自に発達した調味料である¹⁾。温かいご飯と一杯の味噌汁は、日本人の食事の原点であり、人のところに安らぎと温もりを与えてくれる。わが国の味噌造りは、飛鳥時代（6世紀末）に朝鮮半島から渡来した高麗人が、尾張、美濃、近江地域でその製法を伝えたのが始まりであり、その味噌は大豆だけを使用したいわゆる「豆味噌」であった。その後、平安時代後期になると、稲作の普及とともに米麴を使用した「米味噌」が造られ始めた。また、米を入手しにくい地方では、「麦味噌」が造られた。当時の味噌は、そのまま舐めたり、豆腐や野菜に塗る「なめ味噌」であり、一部の上流階級の人の口にしか入らなかった。

鎌倉時代になると、禅僧の覚心によって中国から「金山寺（徑山寺）みそ」の製法が紀州に伝えられた。この味噌は大豆と麦から造った麴に、下漬けしたナスやキュウリなどを加え、塩水とともに仕込み発酵させたもので、代表的な「なめ味噌」であった。この頃より大豆の生産も盛んとなり、この味噌の製法も各地に広がり始めた。一方、鎌倉時代には「粒味噌」をすり鉢ですり潰して「漉し味噌」を造り、いわゆる「味噌汁」としてこの味噌を食べ始めた。これまで「なめ味噌」（一品のおかず）として利用されていた味噌が、汁

物として食事に組み込まれ、「一汁一菜」の食事形式がここに生まれた。

戦国時代になると、味噌は米や塩とともに陣中食、兵糧として重宝がられた。地方の武将によって味噌造りが督励され、各地に特徴ある味噌の銘柄品が出現した。

伊達政宗は、城内に「御壇噌蔵」（おえんそぐら）と呼ばれる味噌造りの工場を構え、貯蔵性の高い辛口系の味噌を造った。この赤色辛口味噌は、今日の仙台味噌のルーツでもある。信州では武田信玄が兵糧として味噌造りを奨励し（信州味噌）、一方越後では上杉謙信が味噌造りを奨めた（越後味噌）。これらの味噌は、その後も各地域の気候・風土や食習慣などに見合った味噌に改良され、ふるさとの味として多くの銘柄味噌を現在に伝承している。

室町時代から江戸時代になると、味噌も次第に庶民に親しまれるようになった。また、自家用の味噌造りも行われるようになり、「手前味噌」などという言葉も生まれた。一方、各地に味噌の醸造を専門的に行う味噌屋も出現し、その製造法もほぼ確立されていった。

3. 味噌の分類と種類

味噌は、日本農林規格（JAS）では、蒸煮大豆に麹菌を培養した麹を加えたものに食塩を混合し、これを発酵、熟成させた半固形状のものと定義されている²⁾。使用する麹の原料が米の場合は「米味噌」、大麦または裸麦の場合は「麦味噌」、また大豆の場合は「豆味噌」の3種類に分類される。その他に「調合味噌」があり、これには米味噌、麦味噌、豆味噌のうち2種類以上混合した味噌、また米麹、麦麹、豆麹のうち2種類以上を混合して製造した味噌が含まれる。

味噌の一般的な分類および米味噌、麦味噌、豆味噌の麹歩合（主原料の大豆に対する米や麦の配合比）、食塩濃度（主原料の大豆に対する塩の配合比）と主な産地を表1に示した³⁾。

米味噌や麦味噌は、塩辛味の強弱により甘味噌（西京味噌、江戸甘味噌

など）、甘口味噌（相白味噌、御膳味噌など）、辛口味噌（信州味噌、仙台味噌など）に分類される。さらに、味噌の色の濃淡により白、淡色、赤の味噌に細分化される。一般に、甘口系の味噌においては、使用される米麹や麦麹の配合比は辛口系より高く、逆に食塩の配合比は低い。米辛口味噌は北海道全域、また太平洋側では東北地方から関東を経て静岡県あたりまで広がっている。一方、京都などの近畿各府県や岡山県、広島県、徳島県などの比較的暖かい地方では、白（甘）味噌や甘口味噌が製造されている。麦味噌は主に九州、

表1 味噌の分類

原料による分類	味や色による分類		麹歩合		食塩濃度 (%)		産地
			範囲	(一般例)	範囲	(一般例)	
米味噌	甘味噌	白	15~30	(20)	5~7	(5.5)	近畿各府県と岡山, 広島, 山口, 香川
		赤	12~20	(15)	5~7	(5.5)	東京
	甘口味噌	淡色	8~15	(12)	7~12	(7.0)	静岡, 九州地方
		赤	10~15	(14)	11~13	(12.0)	徳島, その他
	辛口味噌	淡色	5~10	(6)	11~13	(12.0)	関東甲信越, 北陸地方, その他全国的に分布
		赤	5~10	(6)	11~13	(12.5)	関東甲信越, 東北, 北海道地方, その他ほぼ全国各地
麦味噌	甘口味噌	15~25	(17)	9~11	(10.5)	九州, 四国, 中国地方	
	辛口味噌	8~15	(10)	11~13	(12.0)	九州, 四国, 中国, 関東地方	
豆味噌		(全量)		10~12	(11.0)	中京地方(愛知, 三重, 岐阜)	

(醸造・発酵食品の事典, 朝倉書店, 2002 より引用)

四国、中国地方で生産されている。また、豆味噌は愛知県、岐阜県、三重県に限って生産されている。

4. 味噌の製造法と成分変化

味噌の醸造工程を図1に示した³⁾。米味噌は、まず浸漬・蒸煮した米に麴菌（種麴：*Aspergillus oryzae*）を接種し、35℃前後の麴室（製麴装置）に引き込む。麴菌の胞子は水分を吸収した後、4時間後には発芽を始め、8～10時間後には盛んな生育を行う。18時間位

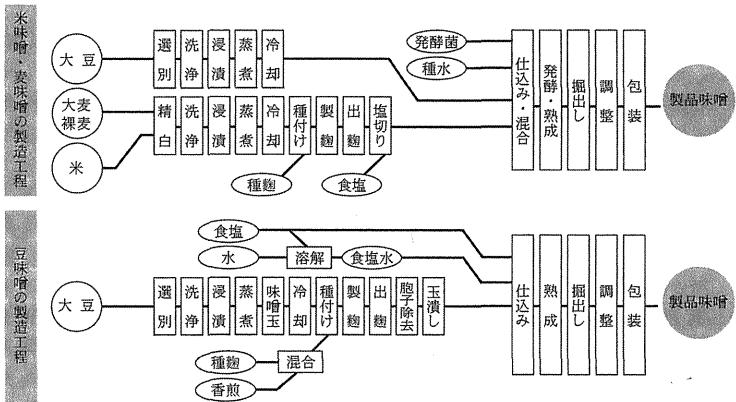


図1 味噌の製造工程(醸造・発酵食品の事典, 朝倉書店, 2002より引用)

を経た頃から急激な発熱が起こるので、攪拌操作(手入れ)を行って麴の品温を下げる。一般に、麴歩合の高い甘味噌や甘口味噌にはアミラーゼ活性の強い菌株が、また麴歩合の低い辛口味噌にはプロテアーゼ活性の強い菌株が使用される。また、製麴温度を低温で維持するとプロテアーゼ活性が強くなり、逆に製麴温度を高温(35～40℃)で維持するとアミラーゼ活性が強くなる。汚染微生物が少なく目的の酵素活性の強い麴造りは、上質の味噌を製造する上での重要なポイントとなる。

製麴工程によって得られた米麴(出麴)は、麴菌の呼吸による発熱が盛んであるので、食塩を混合してこの発熱を停止させる(塩きり)などの工程を経る。その後、この麴を蒸煮大豆、食塩、種水(酵母や乳酸菌を含む)と混合し、熟成容器への仕込みを行う。味噌の発酵・熟成期間や熟成温度は、味噌の種類によって異なるが、一般に米麴歩合が高く食塩濃度の低い甘口系の味噌の熟成は、比較的高い温度で、短期間で行う(江戸甘味噌では2週間程度)。

麦味噌の醸造法も米味噌に準ずるが、豆味噌の場合はその製法はかなり異なる。この味噌は米や麦を使用せず、蒸煮した大豆をすり潰した後、まず味噌玉(1.5から7cm程度の径)を作る。この味噌玉にプロテアーゼ活性の強い麴菌を、直接に接種し、3日～4日間の製麴を行う。大豆中にはでんぷんが含まれていないので、香煎(麦こがし)を混合したものを種付けしている。多少の孢子着生の進行した出麴は、玉潰しを行った後、食塩と種水を混合し、仕込みを行う。この豆味噌の醸造期間は長く、通常の天然醸造では1年以上、また八丁味噌では2～3年の熟成を行う。豆味噌は濃赤褐色で、独特の香り、濃厚な旨み、味をひきしめて味にまとまりや深みを付与する、かすかな苦味や渋味を併せ持っている。この豆味噌は、若い人々に嗜的に受け入れられにくいところもあるが、合わせ味噌としての赤だしの材料としては欠かすことはできない。

次に味噌の発酵・熟成中の成分変化と香味・色の形成を図2に示した³⁾。大豆や米中のタンパク質は、麹菌の産生するプロテアーゼによって、味噌の発酵・熟成期間中も低分子のペプチドやアミノ酸などの旨み成分を生成する。特にこの分解は、大豆の配合比が高く熟成期間の長い豆味噌において顕著に進む。米や麦中

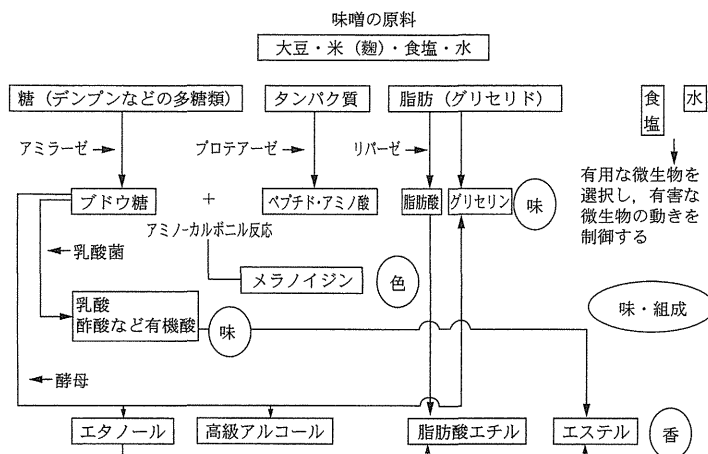


図2 味噌の発酵・熟成中の成分変化と香味・色の形成
(醸造・発酵食品の事典, 朝倉書店, 2002 より引用)

麹菌の産生した α -アミラーゼやグルコアミラーゼなどの作用によって、その80~90%がグルコースまで分解される(糖化)。このグルコースは味噌の甘味にも寄与するが、多くは酵母や乳酸菌の栄養源となり、エタノールや乳酸・酢酸などの有機酸を生成する。生成したエタノールと有機酸は、脱水反応によりエステル化合物を形成し、味噌の香気となる。また、グルコースの一部は、アミノ酸やペプチド類と反応(アミノ-カルボニル反応、メイラード反応)して味噌の褐変化をひき起こす。

一方、麹菌の産生するリパーゼは、脂質を分解して遊離脂肪酸を生成するが、この脂肪酸の一部は、酵母によって生成したエタノールと反応して、味噌の香気の根幹となる脂肪酸エチルを形成する。味噌の発酵・熟成期間はその種類によって異なるが、このような成分変化によって、味噌特有の香味や色が形成される。

麹菌は「酵素の宝庫」ともいわれ、これらの酵素以外にも、多種多様な酵素を産出する。味噌の醸造過程すなわち製麹、発酵・熟成期間中に、この麹菌由来の各種酵素が作用してさまざまな物質を生成(微生物変換)する可能性は極めて高い。すなわち、原料大豆には見られない生理・生体調節機能が、味噌において新たに発現する場合も十分にあり得る。

5. 味噌の生理機能

古くから、味噌汁を頻繁に飲む人は胃癌の危険性が低いといわれてきた。平山ら⁴⁾は、味噌汁の摂取頻度と胃癌死亡率との関係について疫学的調査を行った。40才以上の成人を対象に13年間の調査を続け、味噌汁摂取頻度別に胃癌の年齢標準化死亡率を算出したところ、人口10万人あたり、男では味噌汁を毎日飲んでいる人の死亡率は171.9人であり、ほとんど飲まない人の死亡率255.9人に比較すると、明らかに味噌汁を飲む機会の多い人は胃癌の死亡率が低いことが分かった。この傾向は女性の場合でも同様であり、また、他の器官の癌にも味噌汁が有効であることが報告されている。

岡崎ら⁵⁾は微生物を用いた手法で、味噌中の抗変異原性物質の探索を行い、活性物質と

してリノレン酸エチルを同定した。このものは原料大豆中には存在せず、味噌醸造工程において新たに生成する物質であった。一方、伊藤ら⁶⁾は、雌雄各60匹のマウスに中性子線を照射した後、2群に分け、それぞれに乾燥味噌10%を含む飼料と無添加のものを与え、13ヶ月間飼育し、肝腫瘍の発生を観察した。雄における味噌無添加群の癌発生率は、2回の実験においてともに約60%であった。しかし、味噌添加群においては1回目は約35%、2回目は約13%の発生率となり、明らかに癌発生の抑制効果が認められた。また、雌においても同様の傾向が得られた。

その他、味噌の生理機能として、コレステロール抑制作用⁷⁾、放射性物質の排泄促進作用⁸⁾、胃潰瘍（十二指腸潰瘍）の予防効果⁹⁾、メラニン生成抑制作用¹⁰⁾などが報告されている。

6. 味噌メラノイジンの生理機能

味噌中の生理機能成分としてメラノイジンとよばれる不規則な高分子化合物がある。この褐色色素は先にも述べたように、味噌の褐変化にも関与するが、長期にわたる発酵・熟成期間中にアミノ化合物（麹菌の産生するプロテアーゼによって生成したアミノ酸、ペプチド類など）とカルボニル化合物（アミラーゼによって生成した還元糖類）が反応し、最終産物として味噌中に蓄積される。このメラノイジンは高分子重合体であり、食物繊維様の生理機能をもつことが知られている。五明ら¹¹⁾は、メラノイジンが腸内善玉菌である乳酸菌の増殖を促進し、逆に悪玉菌である嫌気性菌の増殖を抑制することを明らかにした。また三浦ら¹²⁾は、高コレステロール食のラットの飼料にメラノイジンを添加（2%、4%）すると、ラットの肝臓および血中のコレステロール濃度が低下することを報告した。このコレステロール低下作用は、メラノイジン添加量を多くするとより効果的であった。

このメラノイジンには耐糖能改善作用が認められ、糖尿病の予防や改善に役立つ可能性も示唆されている。ラットに毎日10%砂糖水を給餌直前に強制投与した場合、メラノイジンを同時に投与すると、血糖値の著しい上昇が抑制された¹³⁾。この理由として、メラノイジンがスクロースの腸管内移送速度を低下させるとともに、粘膜消化酵素である α -グルコシダーゼ活性を阻害したためであると考察している。また、メラノイジンを添加したジャガイモデンプン団子をヒトに咀嚼させたところ、唾液 α -アミラーゼ阻害によるデンプン消化速度の遅延（メラノイジン無添加の団子を3分間咀嚼した場合の消化率を100%とすると、メラノイジン添加群の消化率は70%を示した）が認められた¹⁴⁾。

一方、メラノイジンはトリプシンを強く阻害する作用をもつ¹⁵⁾。トリプシンの阻害作用は、膵臓機能の亢進につながり、インスリン分泌を促進することが知られている。味噌中には、このトリプシン阻害作用を示すのに十分量のメラノイジンが含まれている。メラノイジンのもつ耐糖能改善作用やインスリンの分泌亢進作用を考慮に入れると、我々が日常摂取している味噌が、糖尿病の予防や改善の面からも注目される。今後の研究の進展が期待される。

その他、メラノイジンは癌や各種疾病の原因となる活性酸素を捕捉・消去する¹⁶⁾。また胃癌の原因物質として有名なニトロソアミンの生成を抑制し¹⁷⁾、肉や魚を焼いた時に生成

する種々の変異原性物質 (Trp-P-1、Trp-P-2、IQ、MeIQ など) を無毒化するという報告もある¹⁸⁾。近年、三輪ら¹⁹⁾は、八丁味噌および醤油中の高分子メラノイジンがヒト由来培養細胞 HL 60 の DNA 障害を抑制することを報告している。

7. 味噌ペプチドの生理機能

大豆などの原料中のタンパク質から生成したペプチド類やアミノ酸は、水溶性の抗酸化物質としても機能する²⁰⁾。近年、大豆タンパク質の酵素水解物より得られたペプチドや合成ペプチド類を用いて、その抗酸化性の作用機序が調べられ、この活性の発現に金属イオンとのキレート形成、一重項酸素やラジカル類の消去作用などが関与することが明らかになった²¹⁾。また、このペプチド類の多くは、トコフェロールなどの抗酸化物質と相乗作用を示す。しかも、個々のペプチドは、それぞれ異なった作用機序で抗酸化性を発揮することが分かった。これらの事実は、味噌中に生成するペプチド類がその含有量も多く、極めて多種多様なものであり、生体内で発生する種々の活性酸素やフリーラジカルによる酸化ストレスを防御するのに、味噌が極めて有利であることを示唆している。

食品のもつ高血圧抑制作用の指標として、血圧上昇のキーエンザイムであるアンジオテンシン変換酵素 (ACE) の阻害活性 (*in vitro* 系) が利用される。高浜ら²²⁾は米味噌醸造過程における ACE 阻害活性の変動を調べ、仕込み後に ACE 阻害能が増大することを見出した。また、この阻害因子としてジペプチドを単離・同定した。一方、自然発症高血圧ラット (SHR) を用いた実験 (*in vivo* 系) においても、味噌の熱水抽出物 (脱塩後)²³⁾ や麴²⁴⁾ が血圧降下作用を示すことが明らかになった (図3)。すなわち、味噌の血圧上昇抑制作用の一要因として、発酵・熟成中に生成した大豆タンパク質由来のペプチド類の関与が推測される。

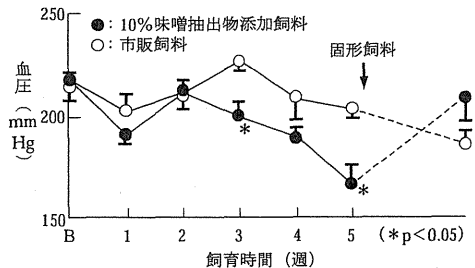


図3 味噌抽出物添加飼料による血圧変動 (岩下敦子ら, 醸協, 89, 869, 1994)

8. 味噌の抗酸化性

食品中の抗酸化物質は、食品の酸化的品質劣化を抑制するのみならず、生体内においても種々の活性酸素やフリーラジカルを捕捉・消去し、癌をはじめとする種々の生活習慣病の発症を抑え、老化の遅延に役立つ。味噌は古くから調味料として利用されてきたが、食品の保存性を高める役割をも担っている。魚を味噌漬けや味噌煮に

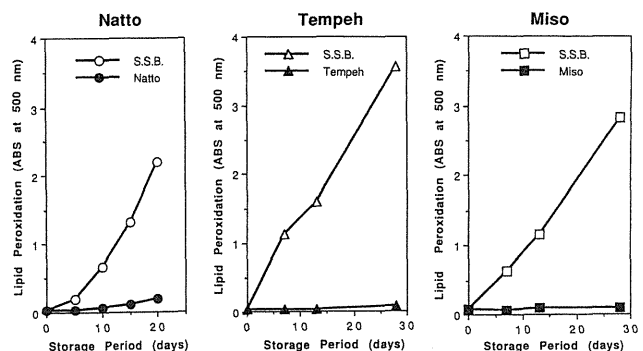


図4 大豆発酵食品の脂質安定性
Natto: 納豆, Tempeh: テンペ, Miso: 豆味噌, S.S.B.: 蒸煮大豆

した場合、味噌が魚油の酸化を抑制し、魚の保存性を向上させる²⁵⁾。

著者らは、豆味噌、テンペ（インドネシアの伝統的な大豆発酵食品）、納豆およびこれらの原料大豆の凍結乾燥物を調製し、その粉末を 40℃、暗所に貯蔵した。一定期間毎に脂質の過酸化度を調べたところ、味噌およびテンペにおいては脂質の過酸化反応はほとんど進行しなかった²⁶⁾（図 4）。一方、原料大豆では顕著な脂質過酸化反応が認められた。この結果は、これら大豆発酵食品の製造過程で新たな抗酸化物質が生成される可能性を示唆するものである。

著者らは、この抗酸化力の増強に関与する大豆発酵食品中の活性物質の分離・精製を行った。そして、豆味噌やその麴（味噌玉麴）から、原料大豆には含まれない強い抗酸化物質、8-ヒドロキシダイゼイン（8-OHD）、8-ヒドロキシゲニスチン（8-OHG）、6-ヒドロキシダイゼイン（6-OHD）を単離・同定した^{27,28)}（図 5）。これらの *o*-ジヒドロキシ構造をもつイソフラボン類（ODI）は、これまで味噌中の抗酸化物質として報告されているダイゼインやゲニスチンより顕著に強い抗酸化性を示した。

これらの ODI は豆味噌の製麴過程において、原料大豆中のダイゼイン、ゲニスチンより生成したダイゼインやゲニスチンが水酸化されて生じることを明らかにした^{29,30)}。これらのイソフラボン類は、豆味噌の長期にわたる熟成期間中もほとんど分解・消失することなく、脂質などの酸化的劣化の抑制に大いに寄与していると考えられる。ODI は豆味噌³¹⁾、醤油³²⁾、濱納豆²⁸⁾に含まれていたが、米麴や麦麴を蒸煮大豆とともに仕込みを行った米味噌や麦味噌には存在しなかった³¹⁾

（図 6）（図中の麦味噌 BM(L) は、麦麴と大豆バラ麴を使用して醸造したもの）。すなわち、この強い抗酸化性を示す ODI の生成には、蒸煮大豆に直接に麴菌を接種して、製麴を行うことが重要となる。豆味噌は、米味噌や麦味噌に比べ長期にわたる醸造を行う。また、原料として多くの大豆を使用しているが、この大豆中には豊富な脂質が含まれており、その脂肪酸（リノール酸、リノレン酸）の不飽和度も高い。これらの不飽和脂肪酸は極めて酸化されやすいが、この豆味噌中に生成する ODI は抗酸化的に作用し、味噌の酸化的な品質劣化を抑制するのに大いに寄与していると考えられる。

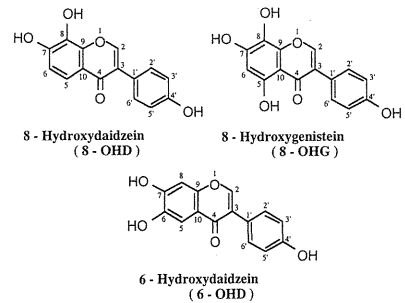


図 5 豆味噌(味噌玉麴)に見出された新規イソフラボン(ODI)

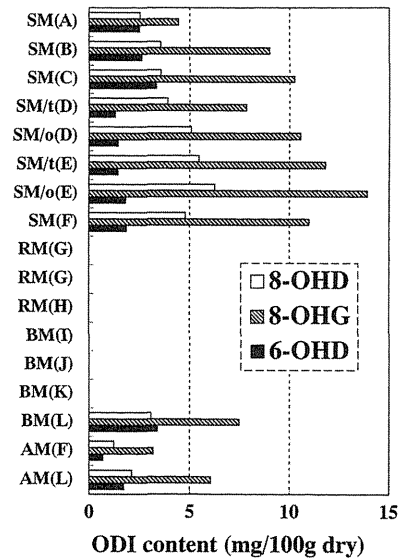


図 6 各種味噌中 *o*-ジヒドロキシイソフラボン含量
 SM: 豆味噌, SM/t: 天然醸造豆味噌, SM/o: 温醸豆味噌, RM: 米味噌, BM: 麦味噌, AM: 赤だし味噌,
 () 内は味噌の醸造メーカーを示す

9. ODIの生理機能

食品に含まれる抗酸化物質は、癌をはじめとする生活習慣病の予防や老化抑制に有望である。著者らは、これまでに8-OHDおよび8-OHGが、生体膜モデルであるリポソームを用いた抗酸化試験法において強い抗酸化性を示すことを明らかにした²⁷⁾。また、これらのODIは強いSOD (Superoxide dismutase: 活性酸素を消去する生体内抗酸化酵素) 様活性を発揮するとともに、チロシナーゼ (メラニン色素の生成に関与する酵素) 阻害活性などを示すことを見出した³³⁾。また、8-OHDに関しては、ラットを用いた体内動態(吸収、分布、代謝、排泄)を調べることにより、この抗酸化物質の体内吸収は、ダイゼインやゲニステインよりかなり早い時期に、また効率良く進むことを見出した³⁴⁾。さらに、8-OHDを投与したラットの肝臓において、脂質過酸化反応の抑制効果(生体内抗酸化作用)を確認することができた。現在、これらの8-OHDおよび8-OHGの抗アレルギー抑制作用、血糖値上昇抑制作用などの生理機能についても検討を行っている。

10. おわりに

本稿では、代表的な大豆発酵食品である味噌について述べてきたが、日本の伝統的な発酵食品の中には多くの秘められたパワーが存在する。これらの発酵食品中の生理機能性物質が、人の健康維持・増進や疾病の予防につながる可能性も十分にあり得ると思われる。今後も、この分野における研究の進展が望まれるところである。味噌中には、原料大豆に含まれる機能性成分、また醸造というプロセスを経て二次的に生成する機能性成分も多々ある。私たちが味噌を食した場合、その機能性の発現は、味噌中のさまざまな成分が相加的あるいは相乗的に作用した結果に基づくと思われる。毎日飲む一杯の味噌汁に感謝したい。

参考文献

- 1) 藤井建夫監修、伝統食品の知恵、柴田書店、p.177 (1993)
- 2) みそ品質表示基準、日本農林規格(農林水産省告示第1664号)(2000)
- 3) 吉沢淑ら編集、醸造・発酵食品の事典、朝倉書店、p.431 (2002)
- 4) 平山雄、予防ガン学、中外製薬株式会社、p.146 (1984)
- 5) 岡崎秀ら、昭和59年度日本農芸化学会大会講演要旨集、p.636 (1984)
- 6) 伊藤明弘ら、中国地区放射能影響学会研究会(7月7日、1989)
- 7) M. Horii *et al.*, *Nipponn Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **37**, 148 (1990)
- 8) 伊藤明弘ら、中央味噌研究所研究報告, No.17, 49 (1989)
- 9) 水野忠興ら、日本医事新報、No.3358, p.25 (1988)
- 10) 間和彦ら、日食科工、**45**, 205 (1998)
- 11) 五明紀春ら、日栄食誌、**36**, 331 (1983)
- 12) M. Miura *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 2403 (1988)
- 13) T. Gomyo *et al.*, Proceedings of the 3rd International Symposium on the Mail-lard Reaction, p.549 (1986)
- 14) 三浦理代ら、日栄食誌、**46**, 309 (1993)

- 15) M. Hirano *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, **58**, 940 (1994)
- 16) F. Hayase *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 3383 (1989)
- 17) H. Kato *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 1333 (1987)
- 18) S. B. Kim *et al.*, *Dev. Food Sci.*, **13**, 383 (1986)
- 19) M. Miwa *et al.*, *Food Sci. Technol. Res.*, **8**, 231 (2002)
- 20) 山口直彦、食工誌、**18**, 313 (1971)
- 21) 河村幸雄ら、*ダイズのヘルシーテクノロジー*、光琳、p.147 (1998)
- 22) A. Takahama *et al.*, *International News on Fats, Oils and Related Materials*, **4**, 525 (1993)
- 23) 岩下敦子ら、醸協、**89**, 869 (1994)
- 24) 辻啓介ら、醸協、**89**, 207 (1994)
- 25) 海老根英雄ら、*味噌・醤油入門*、日本食糧新聞社、p.100 (1994)
- 26) H. Esaki *et al.*, "Food Phytochemicals for Cancer Prevention I", p.353, American Chemical Society, Washington (1994)
- 27) H. Esaki *et al.*, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **62**, 740 (1998)
- 28) H. Esaki *et al.*, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **63**, 1637 (1999)
- 29) H. Esaki *et al.*, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **63**, 851 (1999)
- 30) 江崎秀男ら、日食工誌、**48**, 189 (2001)
- 31) 江崎秀男ら、日食工誌、**48**, 51 (2001)
- 32) 江崎秀男ら、日食工誌、**49**, 476 (2002)
- 33) 白崎友美ら、日本農芸化学会 2002 年度大会講演要旨集、p.253 (2002)
- 34) H. Esaki *et al.*, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **51**, 80 (2005)