

# 大豆発酵食品の生体調節機能 特に「抗酸化性」について

江崎 秀 男

## 1. はじめに

最近よく「食品の機能性」という言葉を耳にする。食品の第1の機能は「栄養機能」であり、第2の機能は嗜好性を左右する「感覚機能」である。また、食品成分の中には生体をコントロールし、健康な体を維持するための「生体調節機能」すなわち第3の機能を有するものもある。

大豆も畑の肉といわれるように、良質のタンパク質や脂質などの栄養成分を豊富に含んでいる。また、大豆には様々な生理活性物質が含まれていることが古くから知られている。なかには、大豆中の有害成分として知られていたが、近年、これらの成分が第3の機能を示すことが明らかになったものもある。例えば、大豆中のトリプシンインヒビター（トリプシン阻害物質）は膵臓肥大をひきおこす有害物質としても知られてきた<sup>1)</sup>が、最近、この物質が糖尿病の治療や予防に有効であることが示唆されている<sup>2)</sup>。また、大豆中の難消化性オリゴ糖であり鼓腸の原因ともなるスタキオース、ラフィノースが、腸内フローラの善玉菌であるビフィズス菌の栄養源として選択的に利用されることも明らかになった<sup>3)</sup>。その他、大豆成分の「生体調節機能」として、レシチンによる脂質代謝改善作用、大豆タンパク質による血圧降下および抗コレステロール作用、ヘマグルチニンによる抗腫瘍作用、大豆サポニンによる抗コレステロール作用、HIV（エイズ原因ウイルス）抑制効果、血小板凝集抑制効果などが知られている<sup>4)</sup>。

ところで、この大豆にも様々な問題点もある。トリプシンインヒビター、ヘマグルチニンのほかにも、フィチン酸、抗ビタミン物質、甲状腺肥大物質、アレルゲンなどの有害物質が生大豆中に含まれている<sup>5)6)</sup>。大豆には特有の不快臭、不快味があり<sup>7)</sup>、これも見逃すわけにはいかない。また、大豆の組織は他の豆類や穀物に比較して非常に硬く、普通の豆の調理法では十分な消化は期待できない。一般に、煮豆やいり豆のタンパク質の消化率は約65%といわれている。

人々は古くから大豆を、安全で、おいしく、かつ栄養豊かに食べるために様々な加工食品を造りあげてきた。豆腐や油あげは大豆組織を破碎した後、不消化性成分や有害成分をとり除き、蛋白質を主体とした栄養成分をとり出した加工食品である。また、納豆、味噌、醤油等は、大豆に十分な加熱処理を施した後、さらに微生物の作用で組織を軟化させて消化性を高めた大豆発酵食品である。納豆や味噌の消化率は80%以上である。

さてここでは、特に後者の大豆発酵食品について考えてみたい。発酵食品においては、先にも述べたように微生物の働きにより原材料に含まれる物質が低分子の物質に変化したり、または新しい物質を生成する可能性もある。従って、原材料には認められなかった新

たな「栄養機能」、「感覚機能」、「生体調節機能」が発現されることも十分にあり得る。例えば発酵に利用した微生物が、生きてまま我々の体内に食物として供される場合もある。仮に加熱後食品として利用される場合でも、その菌体成分、或いは新たに生産された物質が生理活性を有する例もある。このような意味においても、発酵食品は様々な第3の機能、すなわち「生体調節機能」を有する可能性は大である。以後、大豆発酵食品の「生体調節機能」について述べるとともに、特に著者らが数年来行ってきた大豆発酵食品の「抗酸化性」についても紹介したい。

## 2. 大豆発酵食品について

日本をはじめ、東アジアには様々な大豆発酵食品がある。納豆（糸引納豆）は無塩大豆発酵食品の一つで、これは蒸煮大豆に納豆菌 (*Bacillus natto*) を接種し発酵させたものである。その他の無塩大豆発酵食品として、テンペやキネマが有名である。テンペは本来ジャワ人の食べ物であったが、現在ではインドネシアを代表する発酵食品となった。このテンペは、蒸煮大豆を原料としてテンペ菌 (*Rhizopus oligosporous*, *Rhizopus oryzae*) により発酵させたもので、日本の納豆のような特有の匂いもなくネバネバした粘性もない。キネマはネパールの無塩大豆発酵食品で枯草菌 (*Bacillus subtilis*) により発酵させたものである。

他方、加塩された大豆発酵食品の中には、味噌、醤油、溜、塩納豆（浜納豆、大徳寺納豆）などがある。味噌は、大豆、米または麦に味噌用麹菌 (*Aspergillus oryzae*) を繁殖させた麴に蒸煮大豆と塩水を加え発酵させたものであり、特に熟成期においては種々の酵母や乳酸菌などの影響を受ける。

中国には味噌様大豆発酵食品として、醬（ジャン）、豆鼓（トウチー）、豆腐乳（トフルー）などがある。醬は小麦粉、大豆、ソラ豆などを原料とした味噌に似た調味食品である。豆鼓は日本の浜納豆に似ている。豆腐乳は水分を十分にきった豆腐の表面に *Mucor* などのカビを繁殖させた後塩漬し、さらにもろみに漬け込んだ調味食品である。

## 3. 大豆発酵食品の機能性

近年、大豆発酵食品の「生体調節機能」について多くの研究が行われている。ここでは、特に我々になじみの深い納豆、味噌、醤油についてその例を紹介する。

### (1) 納豆の機能性

納豆の生理作用面での研究は抗菌性に関する報告に始まる。1931年武藤<sup>9)</sup> は、納豆菌の液体培養を行いこの培養液体中にチフス菌などを接種したが、これらの病原菌は増殖しない事実を認めた。さらに大豆中においても、納豆菌は病原菌の生育を著しく阻害するか、あるいはこれらを死滅させることを報告している。また江口ら<sup>9)</sup> は、フン便中にパラチフスB菌を排泄している保菌者に納豆菌を投与し、フン便中への排菌が消失したことを報告した。さらに松本<sup>10)</sup> は、この抗菌性の原因物質として溶菌作用を示す酵素とジピコリン酸を確認している。

納豆の制癌作用については亀田らの報告<sup>11)</sup>が有名である。彼らはマウスの左右両ソケイ部（足のつけ根）にエールリッヒ癌細胞を移植し、その2、3日後に右ソケイ部のみに納豆菌を注入し、左ソケイ部の癌細胞との増殖の差を比較した。11日後に両ソケイ部を調べたところ、納豆菌を注入した右ソケイ部には全く腫瘍が認められない（15匹中で6匹）か、認められたとしても左ソケイ部腫瘍の半分以下の重量であった。

納豆の「生体調節機能」として最近注目を浴びたのは、ナットウキナーゼ(NK)の発見<sup>12)</sup>である。今日、血栓症が原因となる疾病の数は多い。脳梗塞、心筋梗塞のほか、糖尿病、難聴などの多くが血管内での血栓形成が引き金となっている。現在大きな社会問題となっている老人性ボケも、その60%が血栓性のものといわれている。このNKは、血栓の主成分であるフィブリンを分解する強力な酵素であり、これらの疾病の予防・治療にその効果が期待されている。

その他、納豆の機能性として血圧上昇抑制作用<sup>13)</sup>、発癌プロモーション抑制作用<sup>14)</sup>などが知られている。

## (2) 味噌の機能性

味噌汁を頻繁に飲む人は胃癌の危険性が少ないといわれていた<sup>15)</sup>。その後日本癌学会で平山らは、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の結果を発表した<sup>16)</sup>。40才以上の成人を対象に13年間調査を続け、味噌汁摂取頻度別に胃癌の年齢標準化死亡率を計算した(図1)。人口10万人当たり、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の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、また他の部位の癌にも味噌汁が有効的であることを報告している。

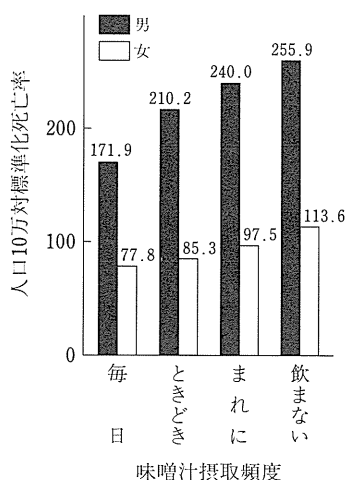


図1 味噌汁摂取頻度別にみた胃癌標準化死亡率 [平山雄 1984]<sup>16)</sup>

ところで、これらの癌を抑制する抗腫瘍性物質の検索は極めて長期にわたる労力と多額の費用を要する。岡崎ら<sup>17)</sup>は微生物を用いた抗変異原活性測定法にて、味噌中の抗変異原性物質の検索を行った。味噌の脂溶性画分に抗変異原性を認め、活性物質を単離・同定したところ、リノレン酸のエチルエステルであった。このリノレン酸エチルは原料大豆中には存在せず、味噌醸造行程において新たに生成する物質であった。

最近マウスを用いた実験で、伊藤ら<sup>18)</sup>は味噌に肝臓癌抑制効果があることを確認した。雄、雌各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飼料を与え、13ヵ月間飼育し、肝腫瘍の発生を観察した。2回の実験の結果、雄においては味噌無添加群の癌発生率は2回とも約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、一般的に肝臓癌の発生率が低い雌においても同様の傾向が示された。

その他、味噌の機能性として、コレステロール抑制作用<sup>19)</sup>、放射性物質の排泄促進作用<sup>20)</sup>、胃潰瘍（十二指腸潰瘍）の予防効果<sup>21)</sup>などが知られている。

### (3) 醤油の機能性

醤油の「生体調節機能」としては、胃液分泌効果<sup>22)</sup>、殺菌効果<sup>23)</sup>が古くから知られている。

近年、血圧上昇抑制を示唆するアンジオテンシン変換酵素（ACE）阻害因子の検索が数多く行われている。岡本ら<sup>24)</sup>は、醤油、清酒、食酢、みりん、魚醤の単位容量当りのACE阻害活性を測定し、特に醤油、魚醤に強い活性を認めた。また彼らは、醤油をはじめとする大豆発酵食品に含まれるメイラード反応物にも、ACE阻害活性が存在することを報告した<sup>25)</sup>。

## 4. 大豆発酵食品の抗酸化性

### (1) 食物抗酸化成分の役割

大気中には約20%の酸素が存在する。この酸素は三重項酸素（ $^3\text{O}_2$ ）と呼ばれ、ほとんどの生物にとって不可欠の物質である。しかしこの酸素は、食品中或いは生体内において種々の活性酸素種を生成し（図2）、様々な問題をひき起こす場合もある（図3）。食品中においては特に不飽和脂肪酸の過酸化を誘導し、食品の酸化による変敗や変色を進行させ品質低下を招く。またこれらの活性酸素種は、脂質のみならずあらゆる食品成分に酸化的に作用する。例えばビタミンCやEをはじめとする栄養成分に作用して食品の栄養価を低下させたり、蛋白質の断片化・多量化を進行させて食品の物性を変化させる<sup>26)</sup>。

生体内においても同じような反応をひき起こす可能性が考えられる。これらの活性酸素種は、生体膜リン脂質を攻撃し、生体膜の機能を低下させる。また酵素蛋白を失活させたり、DNA鎖の切片・修飾などの酸化的障害をひき起こす。これらの酸素障害が発ガン、虚血性疾患、糖尿病などの成人病の発生や老化の進行に深く関わっているのである<sup>27)</sup>。

一方生体には、この酸化的障害をもたらす活性酸素種に対して巧妙な防御機構が備わっ

ていることも明らかになってきた。スーパーオキシドディスムターゼ、カタラーゼ、グルタチオン-S-トランスフェラーゼ、ペルオキシダーゼなどの抗酸化酵素が活性酸素を消去する。またアスコルビン酸、グルタチオン、トコフェロール、β-カロチンなどの生体内

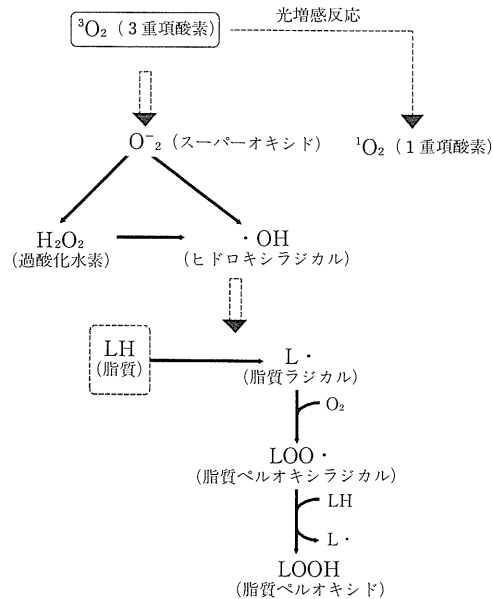


図2 活性酸素種の生成と脂質過酸化

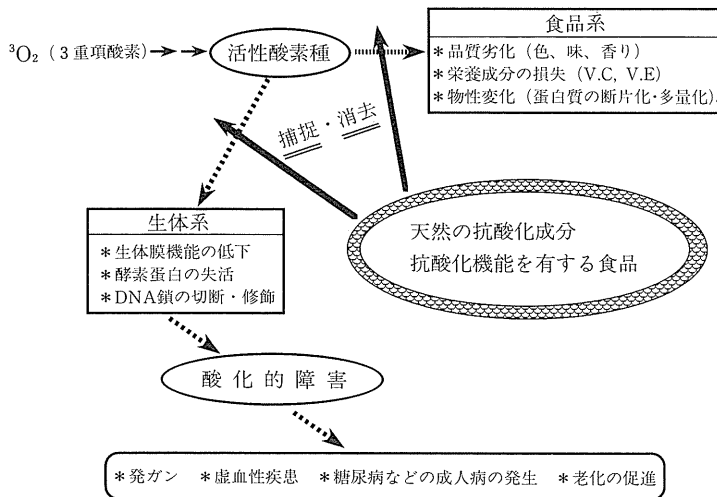


図3 活性酸素による弊害と抗酸化成分

抗酸化物質も活性酸素を不活性化する。従って我々の体が正常に機能していれば、これらの抗酸化酵素や抗酸化物質の共同作用で、生体内で生じた種々の活性酸素種は不活性化さ

れるはずである。しかし時には活性酸素が過剰に発生したり、生体防御機構が十分に機能しない場合もあり得る。このような時に天然の抗酸化成分、或いは高い抗酸化能を有する食品への期待が大となるのである。食品として摂取された抗酸化成分が、過剰に発生した活性酸素種や脂質過酸化に伴うフリーラジカル類を捕捉・消去することが期待される(図3)。

大豆に多く含まれるトコフェロールも天然の抗酸化剤としてよく知られているが、生体内においても、活性酸素によってもたらされる様々な疾患の抑制に有効的であることが報告されている<sup>28)</sup>。

## (2) 納豆、テンペ、味噌の抗酸化性

テンペは発酵前的大豆より脂質安定性が高いことが知られている<sup>29)</sup>。我々はこのテンペに加えて、納豆、味噌を凍結乾燥した後その粉末を40℃、暗所に貯蔵することにより、これら的大豆発酵食品の脂質安定性を検討した。その結果を図4に示したが、いずれの大豆発酵食品も原料である蒸煮大豆より脂質安定性が高いことが判明した。つまり大豆を発酵させることにより、抗酸化力が増強されたのである。特にテンペ、味噌においては強い抗酸化性が認められ、30日間近く貯蔵してもほとんど過酸化物を生成していなかった<sup>30)</sup>。これらの事実は、発酵・熟成中に種々の抗酸化物質が発酵食品中に生成されたことを示唆している。

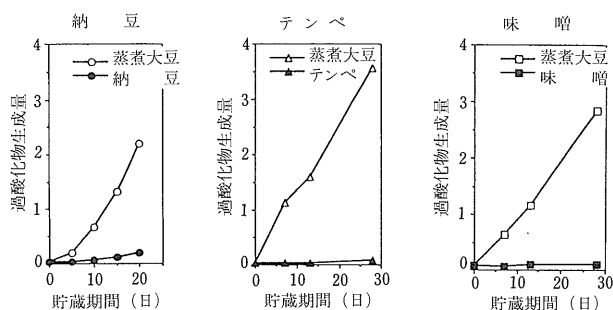


図4 大豆発酵食品の脂質安定性

## (3) イソフラボン類の抗酸化性

大豆発酵食品の抗酸化力増強の一因子としてダイゼイン、ゲニステインが報告されている<sup>31)32)</sup>。これらのイソフラボン類は、図5に示されるように、原料の蒸煮大豆においては主に配糖体であるダイジン、ゲニスチンの型で存在しており、発酵・熟成中に微生物の生産する $\beta$ -グルコシダーゼにより加水分解されて生成するのである。

今回我々は、これらダイゼイン、ゲニステインの大豆油中での抗酸化力を測定したが、その活性は極めて弱いものであった。また、実際に蒸煮大豆に市販の $\beta$ -グルコシダーゼを作用させ、大豆中の配糖体をすべてダイゼイン、ゲニステインに変換した酵素処理物の抗酸化性を調べた(図6)。その結果、 $\beta$ -グルコシダーゼ処理物と酵素処理前の蒸煮大豆との間には顕著な抗酸化力の差が存在しない事が判明した。また、同時に行ったテンペ、味

噌の抗酸化力は、原料大豆に比較して極めて強いものであった。

これらの結果は、これまで大豆発酵食品の抗酸化力増強因子として評価されていたダイゼイン、ゲニステインに疑問を投げかけるものであった<sup>33)</sup>。また、テンペや味噌中には、ダ

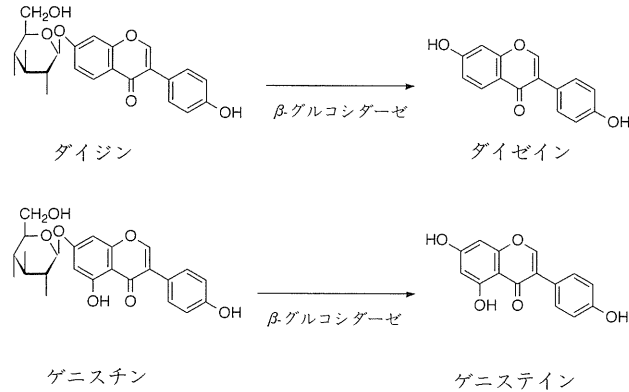


図5 ダイジンおよびゲニスチンの発酵中の変化

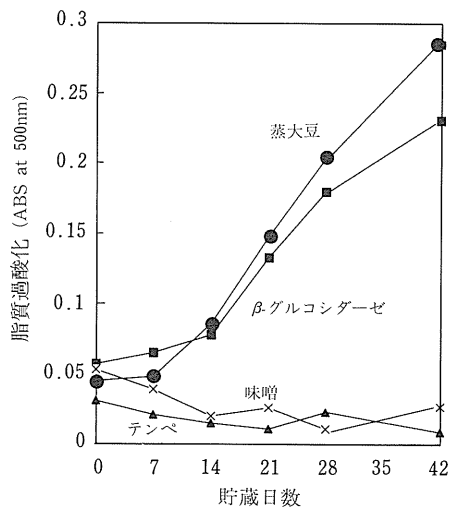


図6 蒸大豆β-グルコシダーゼ処理物の脂質安定性

イゼイン、ゲニステイン以外により強い抗酸化物質が存在することが示唆されたわけである。

#### (4) テンペ中の抗酸化物質

テンペは強い抗酸化性を有する食品のひとつである。インドネシアにおいては、乾燥させたテンペパウダーが、川や湖で捕えた魚の油揚げを防ぐのに利用された時代もあった。

テンペ中の抗酸化物質としては、“Factor 2”と呼ばれる6,7,4'-トリヒドロキシソフラボン(図7)が有名である<sup>34)</sup>。またダイゼイン、ゲニステインも抗酸化物質として報告

されている<sup>31)</sup>。しかし池畑らの研究<sup>35)</sup>によると、このFactor 2も水溶液中では強い抗酸化性を示すが、大豆油や大豆パウダー中では脂質酸化を全く抑制しないことが判明した。

これらの事実より、我々は、テンペ中には大豆油に対して実際に抗酸化性を示す他の物質が存在すると考え、研究を進めた。まず、テンペ凍結乾燥パウダーを用いて種々の溶媒抽出物の抗酸化力を調べ、特にメタノール抽出物が蒸煮大豆に比較して極めて強い抗酸化性を有することを確認した。そこで大量のテンペよりメタノール抽出物を調製し、テンペの抗酸化力増強因子の分離・精製を試みた。種々のクロマトグラフィーを繰り返すことにより、新たな抗酸化物質を単離した。様々な機器分析の結果、この活性物質を3-ヒドロ

6,7,4'-トリヒドロキシイソフラボン (Factor 2)

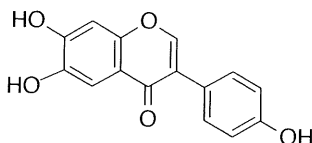


図7 テンペ中の抗酸化物質

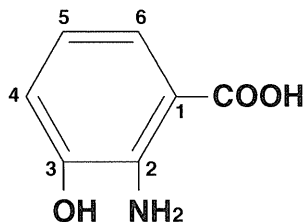


図8 テンペより単離・同定された新しい抗酸化物質 (HAA)

キシアントラニル酸 (HAA) と同定した (図8)。この物質は、1分子中にフェノール性水酸基とアミノ基を有する新しいタイプの抗酸化物質であった<sup>36)</sup>。

このHAAは図9に示すように、大豆油に対して強い抗酸化性を発揮した。その抗酸化力は、天然の抗酸化物質である $\alpha$ -トコフェロールやゲニステインより、また合成抗酸化剤であるBHTよりも強いものであった。そして大豆パウダーに対してもFactor 2とは異なり抗酸化力を発揮した。HAAはまた、赤血球ゴースト膜を用いた抗酸化試験法においても $\alpha$ -トコフェロールに匹敵する抗酸化性を示した (図10)。

次に、発酵日数の異なるテンペを調製し、そのHAA含量および抗酸化力を測定した。その結果 (図11)、HAAは蒸大豆中には存在せずテンペ菌の発酵により生産されるものであ



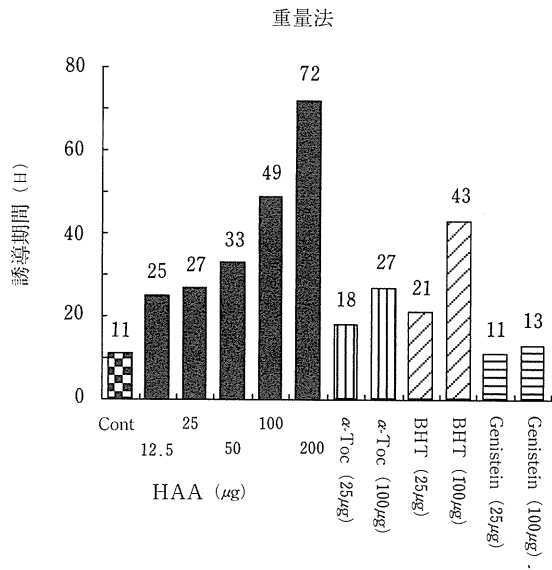


図9 HAAの大豆油中での抗酸化性

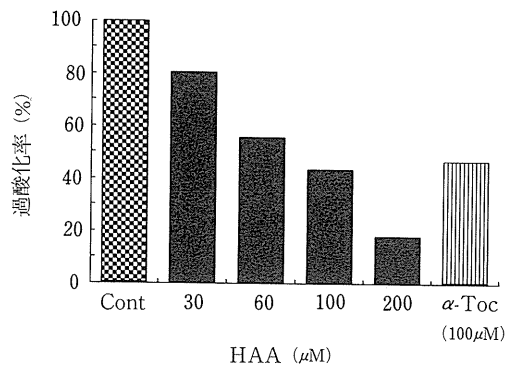


図10 HAAの赤血球ゴースト膜に対する抗酸化性

り、そして発酵日数の経過とともにその含量は増大し、2日後に最大値（約50mg/100g・乾物）を示した。また同じテンペを用いて抗酸化試験を行ったところ、2日目の抗酸化力が最も大となり、しかも他の発酵日数においても、HAA含量と抗酸化力との間には高い相関性があることが判明した。

これらの一連の実験結果より、今回我々が単離したHAAは、実際のテンペ中において十

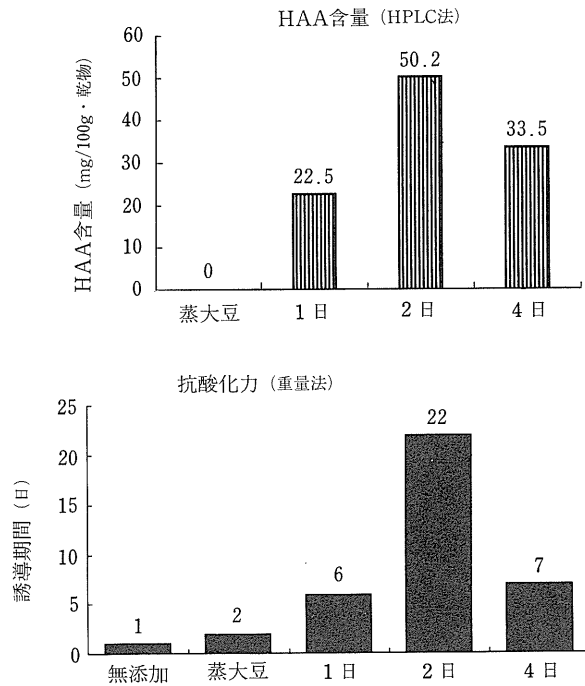


図11 発酵日数の異なるテンペのHAA含量と抗酸化力

分に抗酸化性を発揮する主要な活性物質であると推定された<sup>37)</sup>。現在HAAの生体内における抗酸化効果をラットを用いて検討中である。

#### (5) 味噌中の抗酸化物質

味噌もまた抗酸化性の高い食品のひとつである。生いわしを味噌漬けにすると、いわし中の脂質の酸化が著しく抑制される。また、味噌煮の魚の場合も同様である<sup>38)</sup>。

味噌中の抗酸化物質としては、発酵・熟成中に生成された種々のペプチドやメラノイジンが報告されている<sup>39)</sup>。その他、先にも述べたようにダイジン、ゲニスチンより生成したダイゼイン、ゲニステインも抗酸化力の増強因子といわれている<sup>32)</sup>。今回我々は、豆味噌より抗酸化性を有するバニリン酸 (VA)、*p*-ヒドロキシ安息香酸 (HB) および*p*-ヒドロキシ桂皮酸 (HC) を単離・同定した。これらの物質は、原料蒸大豆中にも微量存在するが、発酵・熟成中にその含量は、VAにおいては5倍に、HBにおいては7倍に、またHCにおいては9倍に増加していた (図12)。

これらVA、HBおよびHCの抗酸化力をリポソームを用いた系(生体膜のモデル系)で調べたところ(図13)、VAおよびHCは強い抗酸化性を示し、その活性はダイゼインやゲニステイン以上のものであった。ところでこの抗酸化試験は、それぞれのサンプルの最終濃度を0.1mMで行った結果であった。他方、図12における味噌中のVA含量(約300 $\mu$ g/g・乾物)より味噌ペースト(水分含量:約45%、比重1.20)中のVA濃度を計算すると、約1.3mMとなる。すなわち、味噌ペースト中のVA濃度は、ここで行った抗酸化試験法でのVA濃度の13倍となるのである。また、HCについてもペースト中での濃度は約2.4倍となる。以上

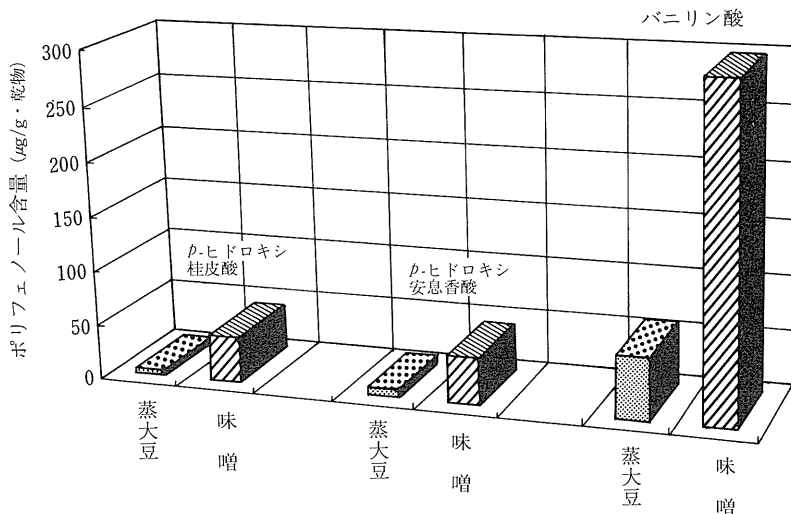


図12 味噌中のVA、HBおよびHC含量 (HPLC)

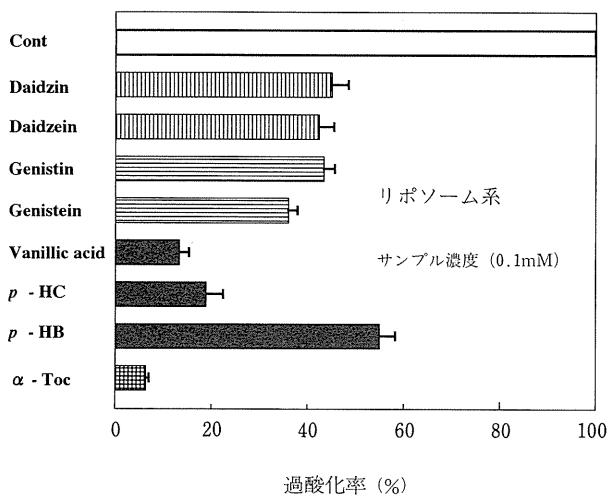


図13 VA、HBおよびHCの抗酸化性 (リポソーム系)

の事実より、今回新たに単離・同定したVAおよびHCも、味噌ペースト中において抗酸化性を発揮している物質であると推察された。

#### (6) *Aspergillus saitoi* 大豆発酵物中の抗酸化物質

大豆は、最初に述べたように栄養価の高い食品である。また、様々な生理活性物質を含む点からも注目を浴びている。ところで我が国では、古くから様々な麹菌を利用して、味噌、醤油、溜、清酒、焼酎、甘酒などの発酵食品が作られてきた。今回我々は、大豆の抗酸化力を増強する目的で、大豆にこれらの食用微生物（30種）を接種し大豆発酵物を調製した。そして得られた発酵物の抗酸化力を測定したところ(図14)、ほとんどの大豆発酵物が原料蒸大豆より強い抗酸化性を示した。特に焼酎の醸造に利用される *Aspergillus saitoi* の大豆発酵物が顕著な抗酸化力を示した。そこでこの大豆発酵物より抗酸化物質の分離・精製を行い、2,3-ジヒドロシキ安息香酸(2,3-DHBA)<sup>40)</sup> およびAS-9A、AS-9B、AS-13を主要な抗酸化成分として単離した。2,3-DHBAは、ダイゼインやゲニステインより強い抗酸化力を示し、また大豆中に存在する他のポリフェノール類よりも、コーヒー酸を除いて

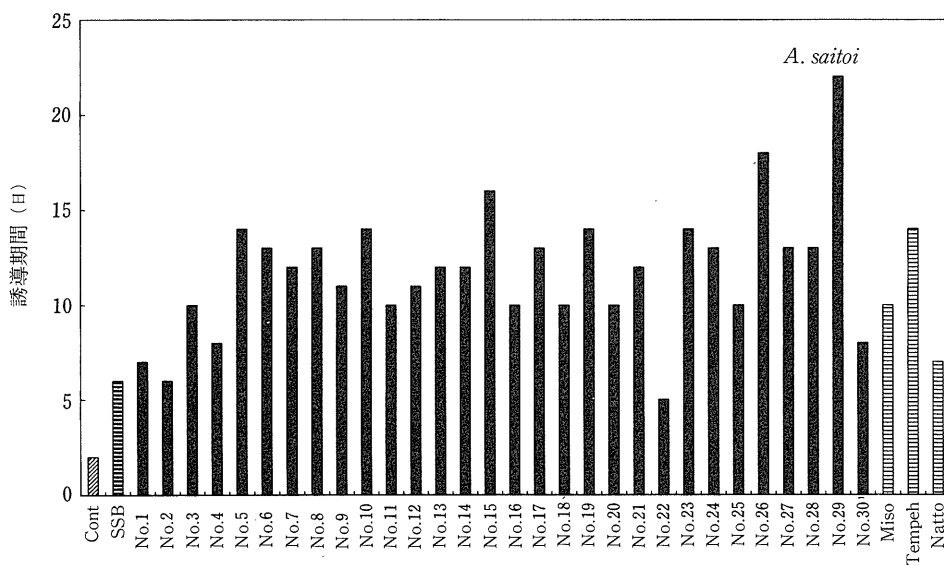


図14 食用微生物を用いた大豆発酵物の抗酸化性（スクリーニング試験）

は強い活性を示した<sup>41)</sup>。この抗酸化物質は、味噌、醤油、納豆、テンペなどの大豆発酵食品には存在しなかった。

AS-9A、AS-9BおよびAS-13もダイゼインやゲニステインより顕著に強い抗酸化性を示す物質であった。詳細な構造については、現在種々の機器分析にて検討中であるが、少なくともイソフラボン骨格を有するフェノール性物質であると推察している。

他方、これらのAS-9A、AS-9BおよびAS-13の生成メカニズムについても検討中である。これらの物質は、*Aspergillus saitoi* を米やフスマに接種して発酵させても生産されなかった。次に、発酵日数の異なる *Aspergillus saitoi* 大豆発酵物を調製し、イソフラボン類

の変動を調べるとともに、これらの抗酸化物質の生成量を検討した。発酵日数の経過とともに原料大豆中に存在したイソフラボン配糖体であるダイジン、ゲニスチンの量は減少し、逆にそれらのアグリコンであるダイゼイン、ゲニステイン含量が増加した。しかし、ダイゼイン、ゲニステインの生成量は、ダイジン、ゲニスチン1分子よりそれぞれダイゼイン、ゲニステイン1分子が生成するというを考慮すると不十分なものであった。他方強い抗酸化性を有するAS-9A、AS-9BおよびAS-13の生成状況を大豆油スプレー法で調べたところ、これらの物質は、*Aspergillus saitoi*の孢子形成とともに生産されることが示唆された。そこで次に、大豆抽出液を培地とした *Aspergillus saitoi*の液体培養法において実験を進めることにした。この実験においては、菌を接種した後、3日間は回転培養法にて栄養菌糸だけを伸長させ、その後同じ培養フラスコを7日間まで静置培養することにより孢子形成を進行させた。培養日数の異なる培養ろ液の大豆油スプレー法を行ったところ(図15)、0~3日目の栄養菌糸伸長期では抗酸化性を示すAS-9A、AS-9BおよびAS-13は検出されなかった。しかし、孢子形成が始まった4日目の培養ろ液においてはこれらの抗酸化物質が検出され、さらに孢子形成が進行した7日目においては非常に多くのAS-9A、AS-9BおよびAS-13の生産を確認することができた。

これらの一連の実験結果より、*Aspergillus saitoi*大豆発酵物が高い抗酸化能を有する理由として図16に示すようなメカニズム(仮説)を考えている。すなわち、原料の蒸大豆中に含まれるイソフラボン配糖体であるダイジン、ゲニスチンは、*Aspergillus saitoi*の栄養菌糸が生産する $\beta$ -グルコシダーゼによって加水分解され、それぞれのアグリコンであるダ

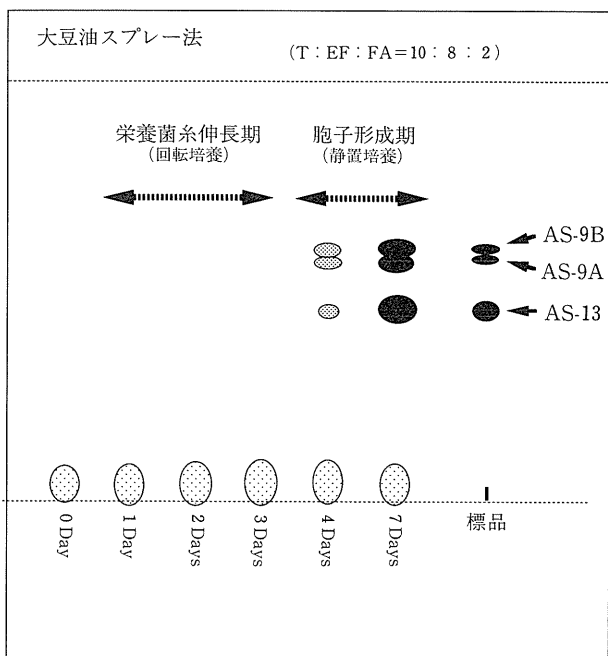


図15 孢子形成期におけるAS-9A、AS-9BおよびAS-13の生産

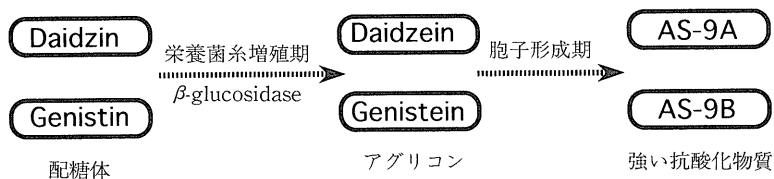


図16 *Aspergillus saitoi*大豆発酵物中の抗酸化物質の生成機構

イゼイン、ゲニステインを生成する。しかし、これらの遊離イソフラボンにはさほど強い抗酸化性を示さない。ところが、このダイゼイン、ゲニステインが胞子形成時にAS-9A、AS-9Bに変換され、これらの変換物が*Aspergillus saitoi*大豆発酵物の高い抗酸化能に寄与しているのである。今後、この仮説を実証するとともに、この高い抗酸化能を有する大豆発酵物の食品素材としての利用法を検討していきたい。

#### (7) 微生物変換による抗酸化物質の生産

上記の実験により、胞子形成時に遊離イソフラボン類が強い抗酸化力を有する物質に変換されることが分かった。ところで胞子は、微生物学者にとっても一般に不活性であると考えられてきた。しかし、最近胞子の示す以外に高い有機物変換活性に興味を持たれつつある。そこで我々も、実際にゲニステインに*Aspergillus saitoi*胞子を作用させてみることにした。種々の条件を検討したところ、ゲニステインが効率よく抗酸化力の強いAS-9Bに変換することが判明した。また、ダイゼインもAS-9Aに変換されることが分かった。現在、この変換機構を解明するとともに、胞子の固定化を行うことによりカラム法による抗酸化物質の連続生産への可能性を検討中である。

## 5. おわりに

最近、食品のもつ「生体調節機能」に関心がおかれ、さらには『機能性食品』（正確には、特定保健用食品）すなわち、『食品のもつ第三次機能をより積極的に生体に発揮できるように設計、加工された食品』が市場に出回りつつある。酸化的障害による成人病の発生や老化、発癌を予防する可能性をもった”抗酸化食品”への期待も大である。米国においても、1990年に『デザイナーフーズ』計画（植物性食品成分により癌予防）が始まり、抗酸化成分に期待が集められている<sup>42)</sup>。

ところで、大豆は多くの伝統的な発酵食品を生んできた。そしてこれら的大豆発酵食品は、多様な食品が出回るなかでも根強く我々の食生活の中に生き続けてきた。近年これら発酵食品のもつ「生体調節機能」の研究が進みつつある。我々も特に”抗酸化性という立場”から、伝統的な大豆発酵食品を今後も見直していきたい。

他方、大豆、豆乳、おからなどを用いた新規な食品の開発も進みつつある<sup>43)</sup>。豆乳に乳酸菌やカビを作用させて製造した発酵乳酸飲料やチーズ様食品もその例である。また、様々

な酵素や微生物を利用した新しい食品素材の開発も盛んである。今後、これらの分野における研究・開発も進展し、我々の食生活を豊かにしてくれることを期待したい。また同時に、伝統的な食品を含みこれらの食品が、健全な体を維持するのに少しでも寄与することを願うものである。

#### 参考文献

- 1) Chernick, S.S. et al. : *Am. J. Physiol.*, 155, 33 (1948)
- 2) Ge, Y.C. et al. : *American J. Anatomy*, 189, 207 (1990)
- 3) 住原泰雄：フードケミカル, 27, 766 (1989)
- 4) 山内文男, 大久保一良編：大豆の科学 (朝倉書店) P.69 (1992)
- 5) Anderson, R.L. et al. : In *Soy Protein and Human Nutrition*, Wilcke, H.L. et al. (eds), Academic Press, New York (1979)
- 6) Liener, I.E. : In *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*, Liener, I.E. (eds), Academic Press, New York (1980)
- 7) 大久保一良：日本食品工業学会誌, 35, 866 (1988)
- 8) 武藤正俊：衛生伝染病学誌, 26, 708 (1931)
- 9) 江口有ら：海軍医誌, 20, 245 (1933)
- 10) 松本宗人：調味科学, 18, 133 (1971)
- 11) Kameda Y. et al. : *Chem. Pharm. Bull.*, 19, 2572 (1971)
- 12) Sumi, H. et al. : *Expeimentia*, 43, 1110 (1987)
- 13) 岡本章子ら：日本醸造協会誌, 87, 682 (1992)
- 14) 高橋千春ら：1993年度 日本農芸化学会大会 講演要旨集, P.58
- 15) Segi, M. et al. : *Cancer in Japan and in the World*, Tokyo, Shindan to Chiryousha, P.175 (1960)
- 16) 平山雄：予防ガン学, P.146, 中外製薬株式会社 (1984)
- 17) 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)
- 18) 伊藤明弘ら：中国地区放射能影響学会研究会 (7月7日 1989)
- 19) 堀井正治ら：日本食品工業学会誌, 37, 147 (1990)
- 20) 伊藤明弘ら：中央味噌研究所研究報告, No.17, 49 (1989)
- 21) 水野忠興ら：日本医事新報, No.3358, P.25 (1988)
- 22) 小島猛男：臨床消化病, 2, 728 (1954)
- 23) 清水利貞ら：日本食品工業学会誌, 9, 198 (1962)
- 24) 岡本章子ら：日本醸造協会誌, 87, 681 (1992)
- 25) 岡本章子ら：1993年度 日本農芸化学会大会 講演要旨集 P.29
- 26) 川岸瞬朗ら：日本農芸化学会誌, 65, 1362 (1991)
- 27) 井上正康：化学と生物, 30, 184 (1992)
- 28) 福澤健治：食の科学, No.177, P.36 (1992)
- 29) Ohta, T. et al. : *The Report of Food Research Institute*, 18, 67 (1964)
- 30) Esaki, H. et al. : *In Food Phytochemicals for Cancer Prevention I*; Huang, M.-T. et al. Eds.; ACS: Washington, DC, 1994; pp353

- 31) Murakami, H. et al. : *Agric. Biol. Chem.*, **48**, 2971 (1984)
- 32) 池田稜子ら : 日本食品科学工学会誌, **42**, 322 (1995)
- 33) 江崎秀男 : 平成 8 年度 日本食品科学工学会中部支部大会シンポジウム 講演要旨集, P.7 (1996)
- 34) György, P. et al. : *Nature*, **203**, 870 (1964)
- 35) Ikehata, H. et al. : *Agric. Biol. Chem.*, **32**, 740 (1968)
- 36) Esaki, H. et al. : *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 696 (1996)
- 37) Esaki, H. et al. : *In Free Radical Scavengers in Foods and Biological Systems ; International Chemical Congress of Pacific Basin Societies ; Honolulu, Hawaii, USA* (1995)
- 38) 海老根英男ら : 味噌・醤油入門 (日本食糧新聞社), P.100 (1994)
- 39) Yamaguchi, N. : *J. Brew. Soc. Japan*, **87**, 721 (1992)
- 40) Esaki, H. et al. : *In Processed Foods*, International Conference on Food Factors : Chemistry and Cancer Prevention : Hamamatsu, Japan (1995)
- 41) 江崎秀男ら : 平成 8 年度 日本農芸化学会大会 講演要旨集, P.11 (1996)
- 42) 大澤俊彦 : 日本食品科学工学会誌, **42**, 726 (1995)
- 43) 山内文男 : 食品と開発, **25**, 14 (1990)