

## 丹波の黒豆の魅力

食品技術懇話会

技術士（生物工学部門）、農学博士 酒井重男



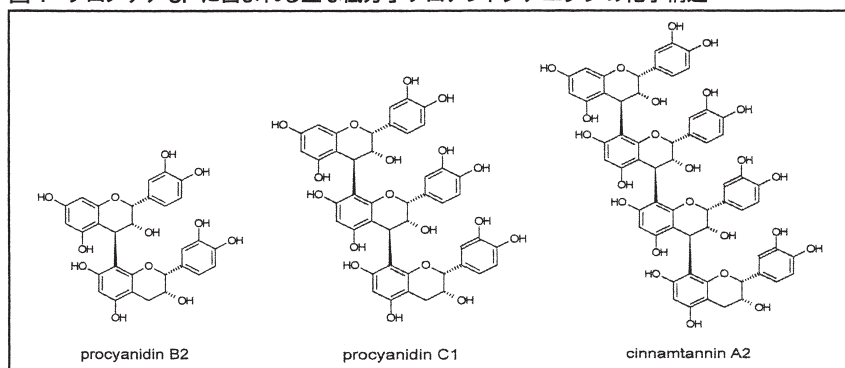
### はじめに

黒大豆（黒豆）は、お正月のおせち料理には欠かせないものである。おせちの黒豆には、「まめ（元気、健康）に暮らせるように」と云う無病息災の意味があり、縁起物として必ず添えられるが、これは単なる語呂合せではなく、実際に黒大豆が健康に良いことを昔の人が経験的に知っていたのでないかと考えられる。日本の伝統的民間療法で、黒大豆の代表的な品種「丹波黒」の産地である丹波・篠山地方を中心に、黒大豆の煮汁が「のどに良い」、「冷え性改善」、「利尿効果」など有るとして古くから利用されている。以下にフジッコ(株)が開発した黒大豆ポリフェノール素材「クロノケアSP」について、物性、機能性について述べる。

### 1. クロノケアSPの成分の特徴

黒大豆種皮にはポリフェノールが10%前後含まれている。伊藤ら<sup>1)</sup>はこの種皮中のポリフェノールを「黒大豆ポリフェノール」と呼んでいる。クロノケアSPは黒大豆種皮を原料としてポリフェノール成分を抽出・精製した機能性食品素材であり、黒大豆ポリフェノールを58%以上含んでいる。クロノケアSPに含まれる黒大豆ポリフェノールの主要な化合物は、プロアントシアニジン（PA）、(-)-エピカテキン、アントシアニンなどである。この中、PAが約6割を占める。黒大豆由来のPAの化学構造は(-)-エピカテキンのみを構成単位とし、4→8位あるいは4→6位で結合したB型PAである。クロノケアSPの場合、多く含まれるのが図1に示すような、procyanidin B2（2量体）、

図1 クロノケアSPに含まれる主な低分子プロアントシアニジンの化学構造



procyanidin C1 (3量体)、cinnamtannin A2 (4量体)である。クロノケアSPの特徴は、これら2~4量体を中心とした低分子PAの割合が多いことである。PAはSephadex LH-20で分画すると、重合度2~9程度の低分子に分画することができるが、クロノケアSPの場合、この低分子PAが9割以上を占める。これは、同じくPAを含むブドウ種子エキスや松樹皮エキスと比べて遥かに高い。原料となる黒大豆種皮の全PA量に対する低分子PAの割合は、本来7割程度であるが、クロノケアSPは、独自の製法によってさらにこれを9割以上まで高めている。この低分子PAの割合が高いと云う特徴が、クロノケアSPの物性や機能性に深く関わっている。

## 2. クロノケアSPの機能性

### ① 抗酸化活性

強力な抗酸化物質であるPAを多く含むクロノケアSPは、優れた抗酸化作用を有する。クロノケアSPのin vitroでのSOD様活性はtroloxの約20倍と高い。このクロノケアSPの生体内での抗酸化活性を、他のポリフェノール素材と比較した。クロノケアSP、ブドウ種子エキス、ブルーベリーエキス、松樹皮エキスをそれぞれ500mg/kg、5週齢のICRマウスに単回経口投与し、投与1時間後の血中の抗酸化活性(TBARS量)を測定したところ、エキスのポリフェノールとin vitroでの抗酸化能はほぼ同じであるにも係らず、抗酸化活性はクロノケアSPが最も高いと云う結果であった。

さらに、クロノケアSPのヒト体内での抗酸化作用を確かめるため、健常な男性5名を被験者に、クロノケアSP100mgを摂取させ、摂取前及び摂取後30、60、90、120、150分後の血中の過酸化脂質量(TBARS量)を測定することで抗酸化活性を評価した(単盲検クロスオーバー比較試験)。その結果、摂取後30分にはTBARS量が下がり始め、摂取後60分以降でプ

ラセボ摂取時と比較し、有意な効果が認められた。以上の結果から、クロノケアSPの黒大豆ポリフェノールは、ヒト体内でも速やかに吸収され、効果を発揮することが確認された。

### ② 美肌作用

メラニン色素は本来、紫外線による皮膚障害を緩和するために大切な役割を果たしているが、過剰にメラニン産生が更進することによって局所的に発生する色素沈着(シミ)は、女性にとって美容上の大きな問題となる。マウス由来メラノーマ細胞(B16細胞)を用いて、クロノケアSPのメラニン産生抑制作用を調べたところ、用量依存的なメラニン産生抑制作用が認められ、コウジ酸の約100分の1の濃度でコウジ酸と同等の活性が認められた。

### ③ ダイエット、抗メタボリックシンドローム効果

クロノケアSPには、内臓脂肪蓄積作用、脂質代謝改善作用、血糖値上昇抑制作用などもある。これらの作用には、黒大豆ポリフェノールの中でも特に2~4量体のPAが、重要な役割を果たしていることが伊藤らの研究で分かった。2量体であるprocyanidin B2は、熱産生によるエネルギーの促進や脂質代謝改善に関与するPPAR- $\gamma$ 、アディポネクチン、UCP-2の遺伝子発現を特に亢進する。またL6骨格筋細胞におけるグルコース輸送体(GLUT4)の細胞膜移行による糖の取り込み促進作用においては、3量体であるprocyanidin C1と4量体であるcinnamtannin A2に強い作用がある。

### ④ 血流改善作用

黒大豆は古来より生薬として利用され、様々な効果が漢方書に記載されている。特に、その血流改善効果については、複数の書物(神農本草経、補欠肘后方、張文中)に見られる。また実際に黒大豆の煮汁の摂取により血流の促進、

高血圧や狭心症が改善したと云う臨床報告がある。黒大豆の煮汁を飲むことが血液の循環に良いと云う事実は、民間療法としても広く知られるものである。

難波ら<sup>2)</sup>はクロノケアSPの血流改善作用について、血管内皮細胞を用いた試験を行った。その結果、クロノケアSPの添加により、細胞のNO産生能が上昇することが確認された。NOは血管においてeNOS (NO合成酵素) の働きにより生合成される血管拡張因子である。NOは血管平滑筋に作用し、cGMPの産生促進を介して、血管平滑筋の弛緩を促すことが知られている。またNOは血小板の凝集を抑制する作用を持ち、血栓の発生を予防する効果があることも知られている。

ヒトへの投与試験においてクロノケアSP-100mgを1週間摂取することで、尿中に排泄されるNO代謝産物の量が有意に増加した。このことから、クロノケアSPは血管内皮の機能を改善し、NO産生能を促進することで血管が拡張し、血流改善作用を示すものと考えられた。さらに、冷え症者を対象とする試験では、クロ

ノケアSPを摂取することで、図2に示すように低温負荷した手の表面温度の回復を促進することが確認された。血流改善作用は、肩こりやむくみ、冷えと云った症状の改善が期待できる外、代謝が促進されることで慢性的な疲労が軽減されたり、皮膚の血流が良くなることによってクマやくすみ、吹き出物も改善されることが期待される。

#### ⑤ 抗糖尿病作用、脂質代謝改善作用

厚生労働省の推計によると、2010年現在での糖尿病有病者は1,000万人を超えるとされており、血糖値の抑制、糖尿病予防に有効な食品が期待されている。そこで、難波らはクロノケアSPの糖尿病予防効果について評価を行った。マウス由来筋芽細胞株を用いて、クロノケアSPによるAMPキナーゼ (AMPK) の活性化の点から検討した結果、筋管細胞においてクロノケアSPはAMPKを活性化させ、細胞内グルコースの取り込みを有意に上昇させた。2型糖尿病モデルマウスにコントロール食、あるいはクロノケアSPを添加した飼料を自由摂食させ

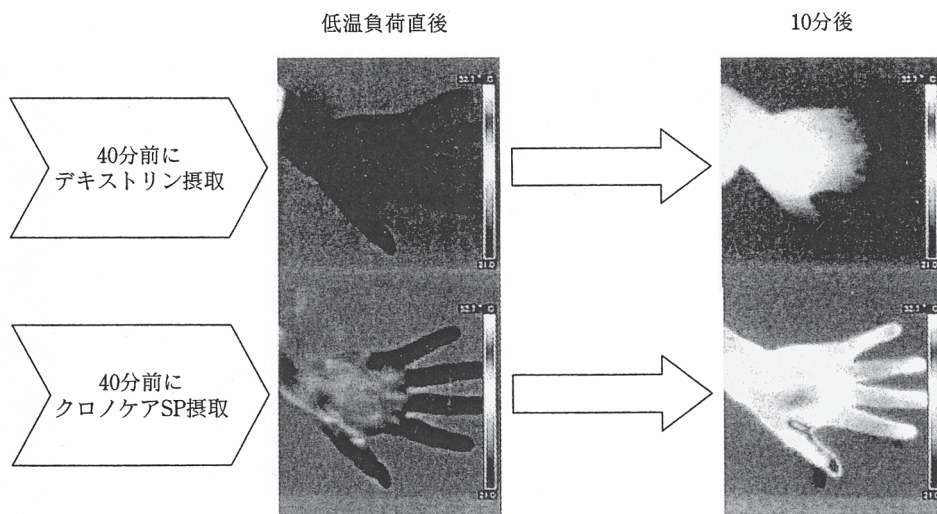


図2 クロノケア SP 摂取による低温負荷後の体表面温度変化  
冷え症女性2名に、クロノケア SP (500mg) またはデキストリンを充填したカプセルを単回投与し、40分後に15℃の水に1分間左手首まで浸水し、低温負荷した。低温負荷直後と10分後にサーモグラフィカメラで、表面の温度を観察した。

たところ、クロノケアSP投与群はコントロール食群と比較して血中グルコース濃度の上昇が有意に抑制された。またC57BL/6マウスを用いた試験では、クロノケアSP投与によって、高脂肪食摂取による血漿グルコース及びインスリン濃度の上昇が抑制された。これらのことから、クロノケアSPは筋肉への糖取り込みを促進し、インスリン抵抗性と糖代謝を改善することで糖尿病の予防作用を有することが示唆された。さらに、ヒトへの単回投与試験（100mg）でも、ブドウ糖摂取後の血糖値の上昇が有意に抑制された。

#### ⑥ 脳機能改善作用

20世紀の初頭に書かれた比較的新しい中国の漢方書には、黒大豆には脳を清める効果があるとされている。脳は人間の臓器の中でも最も酸素を消費する組織の一つであり、さらに不飽和脂肪酸が多く含まれるため、酸化ストレスに

晒されやすい。従って、非常に高い抗酸化作用を有するクロノケアSPは、脳機能に対しても有効であると考えられた。そこで、クロノケアSPの脳機能に対する影響を調べるため、ラットへの投与試験を行った。クロノケアSP投与群では、大脳組織中のTBARSが有意に低下し、酸化ストレスが抑制されていることが分かった。さらに、記憶や学習に関与する神経伝達物質であるアセチルコリンの合成酵素、コリンアセチルトランスフェラーゼのmRNA発現量が亢進し、逆に分解酵素であるアセチルコリンエステラーゼの発現は抑制された。そして、アセチルコリンの大脳粗組織中濃度が有意に上昇した。

#### 参考文献

- 1) 伊藤千秋:食品と開発、46 (9) , 62 (2011)
- 2) 難波文男:食品工業、54 (18) , 65 (2011)