

## 鹿児島壺造り黒酢の発酵と機能性

### 坂元醸造株式会社 専務取締役 長野 正信

#### 【略歴】

- 1974年3月 東京大学薬学部製薬化学科 卒業
- 1974年4月 藤沢薬品工業株式会社（現在アステラス製薬）入社  
中央研究所にて医薬品合成研究に従事
- 1995年3月 藤沢薬品工業株式会社 退社
- 1995年4月 坂元醸造株式会社 入社  
現在専務取締役

#### 1. はじめに 食酢とは

食酢は世界最古の調味料と言われ、紀元前 5000 年のバビロニアで誕生し、お酒を酢酸菌によって発酵させることにより製造でき、世界中には様々な穀類、果実を原料とした醸造酢が存在している。アメリカはリンゴ酢、ヨーロッパではブドウ酢、麦芽酢が代表的な醸造酢であるが、日本では米を原料とした米酢が昔から造られている。食酢を英語で Vinegar というが、その語源はフランス語の Vinaigre(ピネーグル)で vin(ぶどう酒)+aigre(すっぱい)からきた言葉であり、食酢とはお酒がすっぱくなったものであることを表している。

#### 2. 鹿児島壺造り黒酢（以下黒酢）とは

黒酢は約 200 年前から鹿児島県霧島市福山町に伝わる米だけを原料とした伝統的な米酢であり、野天に並べた壺で発酵・熟成を行う世界でも珍しい製法で製造されている。霧島市福山町は錦江湾（鹿児島湾）の北端に位置し、三方を山に囲まれ南側は海に面しており、冬は暖かく 夏は海風で気温が比較的高くならないので微生物による発酵に適した土地柄である。また三方を囲む山は約 25000 年前にできた始良カルデラであり、中腹から出る豊富な湧き水は薩摩藩時代「廻(めぐり)の水」と呼ばれ藩内随一の水として折紙つきのものであった。更に霧島市福山町は薩摩藩時代には原料となる米が宮崎県都城盆地や大隅半島から集積し、鹿児島城下に上納米を搬送する港町として栄え、黒酢の製造に欠くことができない米と薩摩焼の壺を容易に入手することができたのである。これら黒酢造りに必要な米、地下水、壺そして発酵に適した気候であったことが江戸時代にマニファクチャーとして酢の製造が始まった大きな理由と考えられる。

#### 3. 黒酢製造法と発酵微生物の同定

黒酢は陶製の壺（胴径 43 cm、高さ 62 cm、内容量 54L）に蒸し米・米麴・地下水を加え、水面を覆うように米麴を粒一層の厚さで振り撒き（振り麴）、屋外で発酵を 3~6 ヶ月、熟成に 6 ヶ月以上かけるので仕込みから収穫まで 1 年以上の時間をかけて製造される。使用される麴は黄麴菌であり、一般の醸造酢は、原料を糖化・アルコール発酵した後、種酢を加えて酢酸発酵を行い製造されるが、黒酢は酵母・酢酸菌の添加が一切行われない伝統的な製法で製造される。特筆すべき点は振り麴が発酵の前期（糖化・アルコール発酵）では蓋となり外界からの微生物の侵入を防ぎ、後期（酢酸発酵）ではこれが液中に沈み、空気が必要な酢酸菌の菌膜が水面に張ることができる状況を作り出すことである。この結果、黒酢の製法は糖化・アルコール発酵・酢酸発酵が一つの壺で連続して行われる世界でも稀な独特なものになっている。なお、仕込みは春仕込み（4 月~6 月）と秋仕込み（9 月~10 月）の 2 シーズンに行なわれる。仕込み直後より発酵過程を解析すると、麴菌による糖化が始まると生成したブドウ糖を乳酸菌が乳

酸発酵する。そして発酵液の pH は乳酸濃度の上昇により発酵開始数日で急激に低下する。このため、多くの微生物の生育が抑えられ、壺を屋外に設置していても発酵が安定的に進行し得ると考えられる。エタノール濃度は発酵開始 7 日目では 5.5% となり、その後徐々に減少していき、エタノール濃度の減少に対応するように酢酸濃度が直線的に増加する。最終的な酢酸濃度は 6% 程度に達する。このことから、壺の中で糖化、乳酸発酵、アルコール発酵、酢酸発酵が順に生じていることが確認される。微生物叢の変遷を微生物を単離することなく壺から直接微生物の DNA を抽出し同定する DGGE 法 (denaturing gradient gel electrophoresis, 変性剤濃度勾配ゲル電気泳動) で 16SrRNA 遺伝子を調べると、1 日目以降には乳酸菌が中心で、*Lactobacillus fermentum* *Lactococcus lactis* が検出される。4 日目以降には *Pediococcus acidilactici* が検出され発酵開始後 15 日目まではこれらの乳酸菌が主要になっている。その後乳酸菌は自分自身が産生する乳酸の酸性により死滅していくが、唯一耐酸性の乳酸菌である *Lactobacillus acetotolerans* だけが熟成期まで生存し続けていることが判明している。酢酸菌については *Acetobacter pasteurianus* が発酵開始後 15 日目以降で検出され、酢酸濃度が直線的に上昇し始める時期と重なっており、酢酸生成に主として寄与していると考えられる。また、黒酢製造に関わる微生物の由来について解析すると、発酵初期で主要な *Lactobacillus fermentum*、*Lactococcus lactis*、*Pediococcus acidilactici* は米麹から検出され、また、アルコール発酵過程の主要酵母である *Saccharomyces cerevisiae* も米麹から検出される。一方、耐酸性乳酸菌 *Lactobacillus acetotolerans* と酢酸菌 *Acetobacter pasteurianus* は醸造に使用する壺の内壁から検出される。

#### 4. 黒酢の機能性

食酢に含有されている酢酸の機能性として静菌・殺菌作用、食欲増進作用、減塩効果、疲労回復効果などが知られているが、これらの作用以外に黒酢は ○赤血球変形能改善作用 ○脂質代謝改善作用 ○抗酸化作用 ○血圧調節作用 ○血糖値改善作用 ○肝機能改善作用 ○免疫力増強作用 ○潰瘍性大腸炎抑制作用などの機能性が確認されている。これらの機能性が主成分である酢酸の効果ではなく、乳酸菌を含む複雑な微生物の働きによって産生される機能性物質の効果であることが証明されてきており黒酢の独特な製造法が大きく関与していることは非常に興味深いものである。赤血球変形能改善作用はいわゆる「血液サラサラ」のことで、平成 8 年 6 月 26 日に NHK 総合テレビ番組「ためしてガッテン」で当社黒酢が紹介されて以来、消費者にも認知度が高い機能性である。その後男子陸上長距離選手の全血流動性に及ぼす黒酢の影響が発表されており、黒酢は血液の流れを良くするだけでなく、虚血や組織障害も防ぐことも報告されている。黒酢摂取により総コレステロール値、中性脂肪値が減少することはヒト臨床試験で確認されているが、動脈硬化症の本当の原因とされている酸化 LDL の生成を黒酢は用量依存的に抑制することが抗体法によって報告されている。また、黒酢には高血圧症の原因となるアンジオテンシン I 変換酵素 (ACE) を阻害するペプチドや血圧を下げる GABA (γ-アミノ酪酸) が含まれていることが報告されており、これは黒酢に含まれる機能性物質が分子レベルで初めて同定されたものである。更にヒト臨床試験において黒酢の摂取が血糖値を下げることも既に報告されているが、糖尿病自然発症マウス (KK A<sup>y</sup>マウス) を用いて詳細に黒酢の効果を検討し、その結果、経口投与により黒酢に含有されている血糖値の上昇を抑制する化合物の構造が同定され、作用メカニズムについても新しい知見が得られている。黒酢の機能性としては肝臓に対して黒酢が肝細胞機能改善作用を有することも報告されており、黒酢摂取が飲酒による二日酔い防止に役立つ理由はこの事実によると考えられる。また、黒酢が移植ガン細胞の生育を抑制するメカニズムは NK 細胞を活性化し免疫力を高めるからであり、黒酢を摂取すると風邪をひきにくくなる事実に結びついている。様々な作用を有する黒酢はメタボリック・シンドローム対策に有効な食品であることは間違いないと確信しているが、最近になり美容アミノ酸である D-アミノ酸が食品としては豊富に含有されていることが判明し注目を浴びるだけでなく、新しい効果として痴呆や長寿遺伝子にも良い影響を与えることが報告されている。