

## 醸造酢に含まれる酢酸菌菌体由来成分の機能性

東京農業大学応用生物科学部醸造科学科・教授 前橋 健二

### ■ 目的

食酢は世界で長い歴史を持つ酸味調味料である。近年、食酢製造に用いられる酢酸菌の免疫や抗アレルギー等の健康効果が明らかになったことから、発酵後に酢酸菌を除去せず残した製品が「にごり酢」と呼ばれ、食酢成分と酢酸菌の両方の健康効果を得られる酢として注目を集めている。酢酸菌を取り除いた酢に含まれる、原料由来成分や酢酸菌代謝物は、食酢のおいしさや健康効果に寄与することはすでに明らかにされている。一方、酢酸菌菌体成分であるリポ多糖(LPS)が壺造り黒酢に含まれることから、酢酸菌菌体成分も食酢成分の一つと考えられている。特に熟成期間が長期に及ぶ場合は発酵を終えた酢酸菌がもろみに長期間蓄積し続けるため、自己消化により酢酸菌菌体成分がより溶出することが推定される。酢酸菌由来 LPS には、トル様受容体(TLR4)を介して自然免疫系を調節する働きのあることが示唆されているが、以前から黒酢には免疫賦活作用のあることが知られていたため、黒酢のこの作用に酢酸菌菌体成分が関与している可能性が期待される。そこで本研究では、市販の醸造酢に酢酸菌 LPS がどれだけ含まれているかを調査し、酢酸菌菌体成分が食酢中に溶出していることを確認することを目的とした。

### ■ 方法

市販の米酢、黒酢、果実酢等の醸造酢を pH6 に調整し、エンドトキシンフリー水で希釈して試料とした。これらに含まれる LPS は市販のエンドトキシン定量試薬キットを用いたリムルス法に基づくテストにより定量した。エンドトキシン定量試薬キットにはエンドトキシンへの特異性や感度の点で様々なものがあるため、2種類の試薬キット(エンドスペシー50M 及びリムルスカラー KY)を利用した。LPS 量は大腸菌由来エンドトキシン溶液を標準液として作成した検量線から求め、エンドトキシン活性(EU/ml)として表した。また、リムルス法で擬陽性を示す $\beta$ -グルカンについても $\beta$ -グルカン定量試薬キットを用いて定量した。市販食酢の TLR4 活性化能の測定には、ヒト TLR4 遺伝子を MD-2、CD-14 及びアルカリフォスファターゼ(レポーター)遺伝子とともに発現している HEK293 細胞を用いて、細胞に発現している TLR4 が活性化された際のアルカリフォスファターゼ活性発現による発色を測定することで、試料中 LPS の TLR4 を介したシグナル伝達活性の評価を試みた。

### ■ 結果および考察

市販食酢 30 種類について、2種類の試薬キットを用いて LPS の定量を行った結果、両方においてほぼ同様の傾向がみられた。多くの黒酢に多量の LPS が多く検出されたが、8 試料中 2 試料にはほとんど検出されなかった。米酢は 6 試料中 3 試料に著量検出されたが、3 試料にはほとんど検出されなかった。リンゴ酢をはじめとする果実酢はいずれも LPS 量が少なかった。バルサミコは 3 試料すべてに著量検出され、ほかの食酢と比べて著しく LPS 含量が高かった。 $\beta$ -グルカンは、バルサミコにのみ多量検出されたが、ほかの製品ではほぼ同じに極微量検出された。TLR4 を発現している HEK293 細胞は、100 EU/ml 以上のエンドトキシン標準溶液に濃度依存的応答を示したが、多くの食酢中に検出されたレベルのエンドトキシン濃度では応答がみられなかった。そのため、食酢中 LPS の TLR4 活性化を知るためにはこの系では感度が不十分であると思われた。

### ■ 結語

ほとんどの市販食酢に LPS が検出され、種類ごとの平均含量はバルサミコ、黒酢、米酢、果実酢の順に多かった。しかし同種の食酢でもメーカーや原料によって大きく LPS 含量が異なっていた。