

清酒醸造から機能性素材の開発

堤 浩子

「酒は百薬の長」と言われるように、清酒はアルコール飲料としてだけでなく、さまざまな薬理・薬効を持つものとして受け継がれている。近年、甘酒ブームも加わり、スローフードや発酵食品は機能性食品の一つとして注目されている。甘酒の原料には、清酒醸造には欠かせない米麴や清酒醸造の副産物である酒粕を用いたものもある。清酒醸造では、米を原料として麴菌や清酒酵母が代謝することで、米の主成分であるデンプンやタンパク質を、一次機能、二次機能、三次機能を有する代謝物へと変換する。これらのうちで、醸造副産物である酒粕や酒粕分解ペプチド、麴菌の機能性ペプチドや甘酒の機能性について紹介する。

酒 粕

これまでに、酒粕にはコレステロール上昇抑制¹⁾、血圧上昇抑制²⁾、アルコール吸収抑制³⁾の効用があることを見いだしている。酒粕は体に良いというイメージが定着しつつあるが、どのようなイメージを持たれているのかの調査を行った。1546人（男性832人、女性714人）に対して「酒粕のイメージ調査」（2013年、月桂冠調べ）を実施したところ、「体が温まる」というイメージが一番強く持たれていることが分かった（図1）。

酒粕の体が温まる効果 そこで、「酒粕にアルコールが含まれているから温まる」のではなく、酒粕素材そのものに体が温まる効果があるかどうかを検証した。

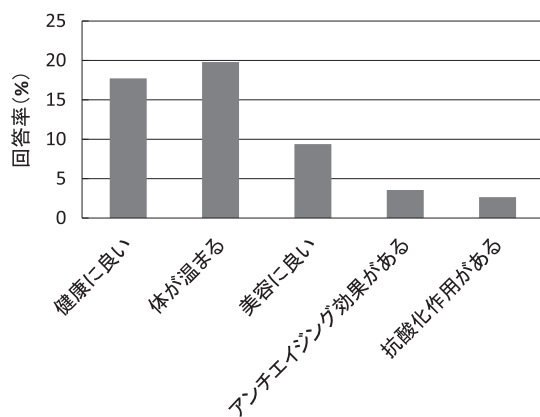


図1. 酒粕に対するイメージ

冷え性の症状がある男女8名に、アルコールを除いた酒粕粉末10gおよびコントロールの米粉10gを摂取してもらい、その40分後に、手の冷却負荷試験を実施した。冷却負荷試験は、15°Cの水に1分間手を浸し、その後時間の経過とともに手の表面温度をサーモグラフィにより測定し、冷却負荷からの回復度合いを調べた。図2に冷却負荷の直後から5分ごとに30分後までの指先平均の温度変化を示した。その結果、対照被検食（米粉）と比較してアルコールを除いた酒粕を摂取することで、指先の表面温度に上昇傾向が見られ、酒粕を食べるとすぐに体が温まることを確認した⁴⁾。

NO産生測定 冷え性の血流改善効果のメカニズムを明らかにするため、血管内皮細胞に、酒粕分解ペプチドを添加し、培養液中に産生された一酸化窒素量を経時的に測定した。酒粕分解ペプチド無添加の細胞に比べて、添加10分後に、酒粕分解ペプチド250 ppmの区分で19%、500 ppmで22%、1000 ppmで31%、一酸化窒素産生量が有意に増加した。これにより酒粕分解ペプチドが、血管内皮の一酸化窒素の産生を活性化させ血管を拡張、指血流を改善する可能性が示唆された。

酒粕分解ペプチド

これまでに酒粕分解物が、血圧上昇抑制機能（アンジオテンシン変換酵素阻害活性²⁾）、健忘症抑制機能（プロリルエンドペプチダーゼ酵素阻害活性⁴⁾）を有することを明らかにし、それらに参与するペプチドを見いだしている。

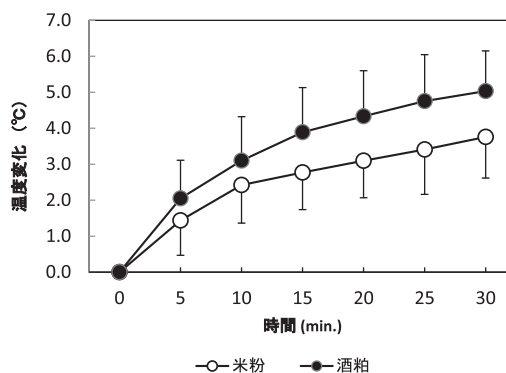


図2. 冷却負荷試験後の指先表面温度変化

酒粕分解ペプチドの体が温まる効果 冷え性が顕著な方(男女各4名, 計8名)に, 酒粕分解ペプチド(タンパク質分解酵素で処理した酒粕)と米粉をそれぞれ10g摂取してもらい, 40分後, 15°Cの冷水に手を1分間浸し冷却負荷, 5分ごとに, 指先5本の平均表面温度をサーモグラフィーカメラで測定した. 指先の血流についても血流測定装置で測定した. 酒粕分解ペプチドを摂取した場合は, 対照被検食(米粉)と比較して, 冷却負荷30分後の指先平均表面温度が顕著に上昇し, 平均で5.6°C高くなった. 血流も冷却負荷20分後で32%, 30分後で41%, 上昇することを確認した⁶⁾.

抗酸化活性 酒粕分解ペプチドの機能性探索として, 抗酸化活性(リノール酸自動酸化抑制活性)を測定した. その結果, 酒粕分解ペプチド中に含まれるペプチド種についてグルタチオンと同等の抗酸化活性を有していた(表1)⁷⁾. 酒粕は, タンパク質を多く含んでおり, 摂取した後に体内でプロテアーゼによりペプチドやアミノ酸まで分解され吸収されると考えられる. よって, 酒粕を摂取することで体内での抗酸化による効用が期待できる.

デフェリフェリクリシン

デフェリフェリクリシン(Dfey)は, 麹菌が産生する環状ペプチドである. 構造は3分子のアセチル化され

表1. 酒粕分解ペプチドの抗酸化活性

サンプル	リノール酸自動酸化抑制(%)
酒粕分解ペプチド	64
Thr-Trp	60
Ile-Trp	58
Val-Tyr	58
Val-Trp	56
グルタチオン	56
コントロール	0

5 ppm サンプル添加

表2. Dfeyの抗酸化活性

サンプル	スーパーオキシド消去能	DPPHラジカル消去能
デフェリフェリクリシン	503	45
フェルラ酸	568	5
アスコルビン酸	>2000	7

50%抑制濃度 (ppm)

たヒドロキシオルニチン, 2分子のセリンおよび1分子のグリシンが環状に結合したヘキサペプチドである. その水溶液は無色透明であり, 3価鉄イオンを特異的かつ強力にキレートする性質を有している. Dfeyに鉄がキレートした物質はフェリクリシンとよばれ, 酒中の着色原因物質として1967年に蓼沼らによって同定された⁸⁾.

Dfeyの抗酸化能 Dfeyの抗酸化活性を測定するため, スーパーオキシド消去能およびDPPHラジカル消去能を測定した¹⁾. 既知の抗酸化物質であるフェルラ酸, アスコルビン酸と比較し, 50%活性を抑制する濃度を示した. その結果, Dfeyはフェルラ酸と同程度のスーパーオキシド消去能を有し, DPPHラジカル消去活性を有することを確認した(表2). Dfeyは麹菌が産生する物質であり, 日本人にとっては長い食経験を有する食品素材である. よってDfeyには抗酸化機能を持つ食品素材として応用が期待できる.

甘酒の機能性

(米麴・酒粕の機能性の相乗作用)

甘酒には米麴だけで作るものもあるが, 市販の甘酒は酒粕と米麴の両方を原料としている. 酒粕には, その両方の機能性が含まれるだけでなく, これら機能性の相乗効果も期待できる. そこで甘酒の機能性を評価するために, マウスを用いた*in vivo*試験を行った. 高脂肪食負荷マウスに対しては, 体重, 血清中性脂肪, 脂肪組織増加が抑制され, 甘酒によるマウスの体重抑制効果が認められた(図3). 高塩分食負荷マウスに対しては, 血圧上昇を抑制した. スコポラミン投与マウスに対しては, 健忘症を抑制する効果を確認している⁹⁾.

このように甘酒には, 清酒やその副産物に認められる機能性を含んでいることが明らかとなった. 甘酒の場合は, 『飲む点滴』といわれるようにアミノ酸やビタミン

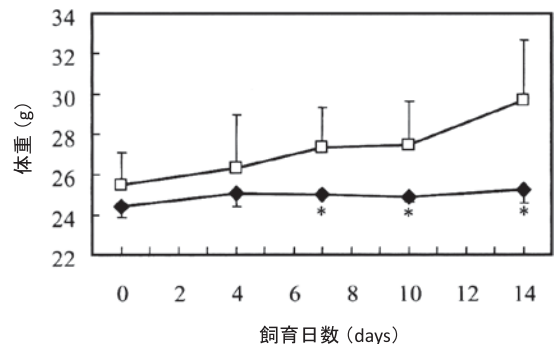


図3. 甘酒によるマウス体重抑制効果
*コントロール群との間に有意差あり (p<0.05)

なども多く含まれており健康飲料としての摂取も可能である。

おわりに

最近、甘酒や塩麴など発酵食品がブームとなり、スローフードにも注目が集まっている。食品の機能性の特徴として、一過性の急激な効果よりも長期摂取による体質改善効果を求められる場合が多い。「酒は百薬の長」を実証するためにも、醸造副産物などの成分分析や機能解析も進めていかなければならない。醸造微生物の培養・発酵過程を経ることで、栄養価や味などの1次機能・2次機能が上昇するだけでなく、健康という3次機能までも付与できることが示され、改めて醸造微生物の偉大な力に驚かされる。麴菌を利用した発酵食品や醸造産物は

ヒトに長年摂取され続けている。今後、発酵・醸造の特長を活かした機能性食品の開発を進めていきたい。

文 献

- 1) 芦田優子ら：日本農芸化学会誌, **71**, 137 (1997).
- 2) 齋藤義幸ら：日本農芸化学会誌, **66**, 1081 (1992).
- 3) 入江元子ら：日本醸造協会誌, **105**, 440 (2010).
- 4) 大澤麻水ら：日本醸造学会大会講演要旨集, **111**, 771 (2016).
- 5) 大浦 新ら：日本生物工学会講演要旨集, **235** (1998).
- 6) 村上直之ら：日本農芸化学会大会講演要旨集, 4F37a07 (2015).
- 7) 堤 浩子ら：日本栄養食糧学会講演要旨集, **246** (2010).
- 8) Tadenuma, M. *et al.*: *Agric. Biol. Chem.*, **31**, 1482 (1967).
- 9) 大浦 新ら：日本醸造協会誌, **102**, 781 (2007).