

## 健康と美容に貢献する「酒粕」の成分

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者	渡辺, 敏郎
巻/号	107巻5号
掲載ページ	p. 282-291
発行年月	2012年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 健康と美容に貢献する「酒粕」の成分

平成 22 年 11 月に NHK の「ためしてガッテン」が、酒粕の効能と調理方法について取り上げ放送したところ、消費者から大きな反響があり、酒粕の在庫切れなどを招いたことは記憶に新しい。レジスタントプロテインは番組で取り上げられた食物繊維様の活性を持つ物質である。レジスタントプロテインは米貯蔵タンパク質のプロラミンに由来するタンパク質で、醗中で溶解せず、胃酸でも分解されことなく小腸に達し、種々の生理機能を発揮する。

発酵食品である酒粕は栄養学的に優れているのみならず、多くの機能が報告されているが、ここでは、レジスタントプロテインを中心にその機能性を紹介していただいた。まだまだ遅れている酒粕の有用性研究の発展と酒粕の復権につながれば幸いである。

渡 辺 敏 郎

## はじめに

酒粕の利用には、これまで甘酒、粕漬け、粕汁等、主として原料資材として利用されてきたが、食生活の変化に伴い、その利用範囲は確実に減少している。酒粕は、米由来の成分と麹菌や酵母の菌体成分、またこれらの菌が生産した代謝産物等が含まれており、栄養学的に見てもたいへん優れている。また酒粕はコレステロール上昇抑制効果<sup>1)</sup>、血圧降下作用<sup>2)</sup>、健忘症予防効果<sup>3)</sup>、肝障害抑制効果<sup>4)</sup>等、様々な効果効能が報告されているが、これ以外にもまだ多くの機能性を持つ可能性を秘めた発酵食品素材といえる。

酒粕は原料である酒米と比べて食物繊維含量が増加している。同時にタンパク質含量も増加しているが、特に液化仕込みによって得られた酒粕はタンパク質含量が顕著に高い。そのタンパク質は消化吸収されにくく、消化管を介して健康の維持に役立つとされるレジスタントプロテインを含んでいることが明らかとなった<sup>5)</sup>。

日本人は欧米人と比べて昔から肥満者の割合が低く、それは米を主食とする食生活にも関係していると思われる。しかし、この数十年で日本人の食生活は欧米化

が進み、一見、食生活は豊かになったように見えるが、栄養バランスは大きく偏った。かつて、日本人の摂取エネルギーに占める脂肪の割合はわずか5%であったものが、現在ではその5倍以上に達している。昔の食卓のように、ご飯に味噌汁、焼き魚、野菜の煮物といった食事が減り、肉類を食べる機会が増え、炒める、揚げる等、油を使う調理法が増えたためと考えられる。それと共に、わが国の肥満人口は急激に増加し、なかでも腹腔内脂肪蓄積を基盤に耐糖能異常、脂質代謝異常、血圧上昇等が一個人に集積するメタボリックシンドロームは、動脈硬化性疾患の進展リスクを高めることから特に問題視されている。昔の日本人は発酵食品を好んで食べており、酒粕も料理だけでなく、そのまま焼いて食する等、たいへんなじみのある健康食材であった。古人は経験により酒粕は健康に良い成分が存在すると考えていたが、それが何であるのか、またどのくらい食すれば効果があるのか、詳しく調べられたことはなかった。そこで本研究では、酒粕が健康と美容に貢献する食材であることを特にレジスタントプロテイン等の難消化成分に着目して検証し、酒粕を毎日摂取した場合の効果効能について実験したので、その内容について解説する。

Ingredients in "Sake Cake" Contribute to Health and Beauty.  
Toshiro WATANABE (Food analysis Lab., YAEGAKI Bio-industry, Inc.)

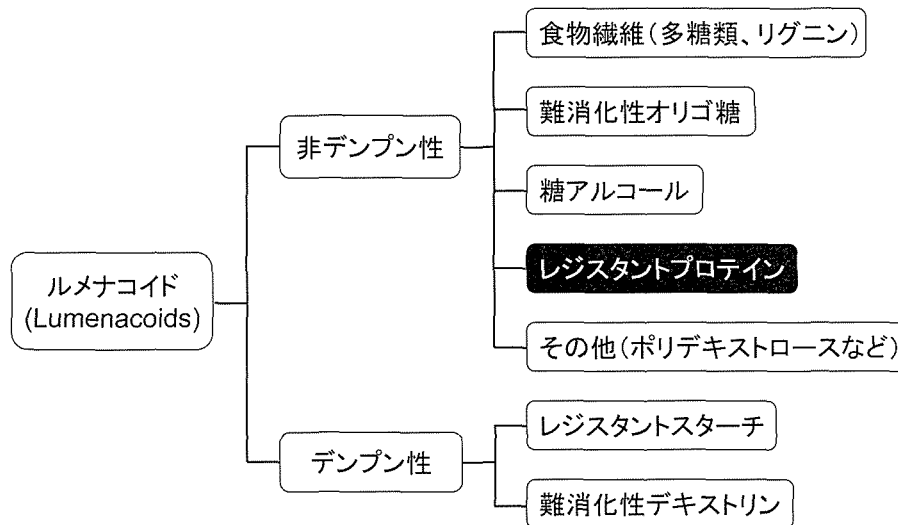
## 1. レジスタントプロテインとは

食物繊維を多く摂取する人々ほど、心臓疾患、動脈硬化症、高血圧、高脂血症、糖尿病、腸疾患等にかかりにくいことは、多くの統計調査で疫学的に確認されている<sup>6)</sup>。食物繊維の定義<sup>7)</sup>として狭義的には「植物由来でヒトの消化酵素で分解されない多糖類およびリグニン」が挙げられるが、日本では「ヒトの消化酵素で消化されない食物中の難消化成分の総体」とされ、この定義は、動物起源のものも含む等、広範な意味を含んでいる<sup>8)</sup>。日本食物繊維学会では、1998年に「ヒトの小腸内で消化・吸収されにくく、消化管を介して健康の維持に役立つ生理作用を発現する食品成分」を何らかの生理作用を持つ物質の総称として「ルメナコイド」と定義し、第1図のように分類している。これらルメナコイドに分類される食品成分には、難消化性オリゴ糖、糖アルコール、レジスタントスターチ、難消化性デキストリン等があり、これらを有効成分とする生理機能が数多く報告されている<sup>9)</sup>。このうち、食物繊維様の生理機能を示す食品成分で、唯一、タンパク質成分のものがレジスタントプロテインである<sup>10)</sup>。タンパク質は、消化されて必須アミノ酸や窒素源として利用されるので、栄養学的に非常に有用である。しかし、近年、適度に消化性が低いタンパク質、つまりレジスタントプロテインは健康維持に対して有効であることが報告されている<sup>11)</sup>。このようにレジスタント

プロテインが、むしろ健康維持につながるという新しい概念を加藤らのグループが世界で最初に発表した<sup>12)</sup>。レジスタントプロテインを含む食品には、酒粕<sup>13)</sup>、そば<sup>14,15)</sup>、絹タンパク<sup>16)</sup>、大豆<sup>17,18)</sup>等があり、いずれもコレステロール低下作用や肥満抑制作用等の生理機能を示すが、レジスタントプロテイン含量を高めた食品素材として工業的に成功した事例は少なく、酒粕を再度発酵させてレジスタントプロテインと食物繊維含量を高めた新規機能性素材「酒粕発酵物」の開発がはじめての成功事例である。酒粕の有効成分を濃縮した酒粕発酵物の機能性を調べることで、酒粕が健康と美容に寄与することが同時に明らかとなった。

## 2. レジスタントプロテインを高含有する酒粕発酵物

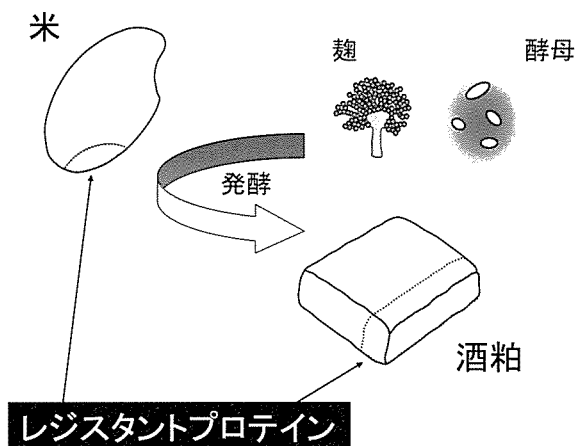
清酒の主原料である米に含まれる貯蔵タンパク質のプロラミンが、レジスタントプロテインであることが報告されている<sup>19)</sup>。清酒は麴と酵母の並行複発酵により米に存在する澱粉質がエタノールに変換されたものであるが、ここで醸造副産物として得られた酒粕は加水分解酵素によって消化されなかった成分が濃縮されている。酒粕はペプシンやパンクレアチンでは消化されにくいレジスタントプロテインが米よりも高含有であった(第2図)。そこで、酒粕を食品用酵素製剤と清酒酵母で再発酵することで酒粕よりも更にレジスタントプロテインや食物繊維含量を高めた酒粕発酵物



第1図 食物繊維の定義

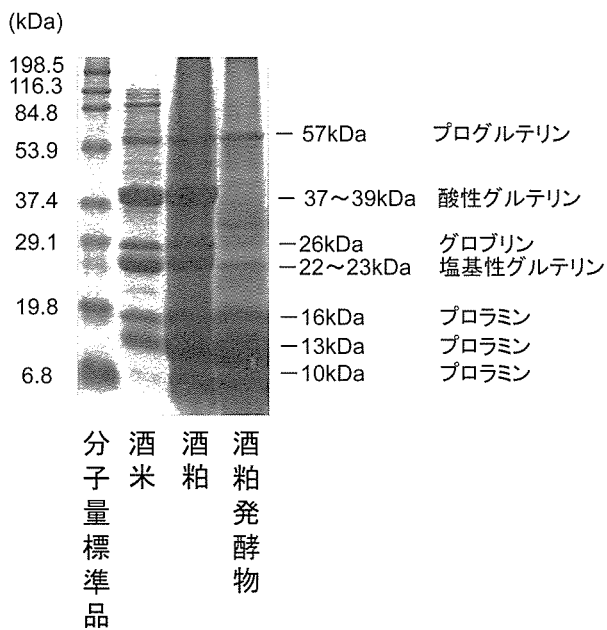
を製造した。酒粕発酵物は、酒粕を再発酵してレジスタントプロテインと食物繊維の含有量を高めた乾燥・粉末品で“酒粕から生まれた機能性酒粕”といえる。SDS-PAGEにより酒米、酒粕、酒粕発酵物のタンパク質泳動パターンを解析した結果、第3図に示すとおり、米に含まれる酸性グルテリン(37-39 kDa)、グロブリン(26 kDa)、塩基性グルテリン(22-23 kDa)、プロラミン(16, 13, 10 kDa)が酒粕にそのまま移行

しているが、酒粕発酵物では酸性グルテリン、グロブリン、塩基性グルテリンが減少し、プロラミンが増加していることが確認された。つまり、酒粕発酵物はレジスタントプロテインであるプロラミンを酒粕以上に濃縮されたものであることを確認した<sup>13)</sup>。



米に含まれているレジスタントプロテインは僅かな量であるが、麴と酵母の発酵により得られた酒粕はレジスタントプロテイン量が濃縮されている。

第2図 米および酒粕に含まれるレジスタントプロテイン



第3図 SDS-PAGEによる酒米、酒粕、酒粕発酵物の比較

### 3. 酒粕発酵物の機能性

#### (1) 油吸着効果

酒粕発酵物の表面構造を電子顕微鏡で観察すると多孔性組織であった<sup>20)</sup>。多孔性組織を示すものは物質吸着能力に優れているものが多いことから酒粕発酵物の油吸着能について検討した。一般に食物繊維は油吸着の効果は低いですが、酒粕発酵物は高い油吸着効果を示し、それは発酵することで効果が増大することがわかった(第4図)。食物繊維の一種であるキトサンも高い油吸着効果を示すが、キトサンは人工胃液の条件下では、油との相互作用は認められず、人工腸液の条件下において油との吸着効果が認められた。一方、酒粕発酵物は、不溶性素材のため、pH2~7の範囲条件化であれば油と吸着することから、キトサンと比べ優位性の高いことが考えられた。

#### (2) 高コレステロール食における脂質代謝改善効果

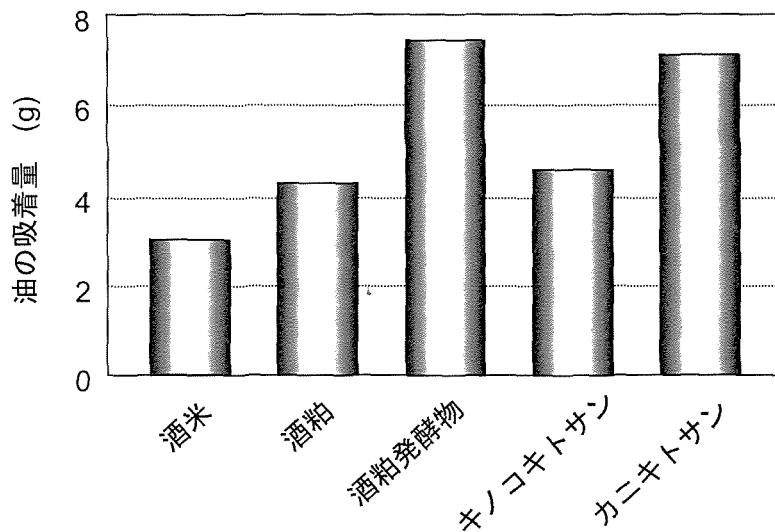
一般には、不溶性の食物繊維は腸内のぜん動運動を促進し、便秘改善を促す効果があり、水溶性の食物繊維は、生活習慣病の予防・改善に働く効果があることで知られている。酒粕発酵物は不溶性の難消化成分を含んでいることから、前者の機能性が考えられたが、高い油吸着効果を示すことから、後者の機能性を示す可能性も考えられた。そこで、動物実験により酒粕発

酵物の脂質代謝改善効果について調べた。

試験は、コレステロールとコール酸ナトリウムを含む試験飼料を自由摂取させたラットの対照群とそれに酒粕発酵物を添加した実験飼料を自由摂取させた酒粕発酵物摂取群の2群に分けておこなった。試験3週間後に解剖し、酵素法で脂質レベルを測定した。試験期間中の飼料の摂取量は両群間において差は認められなかった。第5図に示すように、血清脂質および肝臓脂質レベルでは、酒粕発酵物摂取群において総コレステロール値の低下を確認した。酒粕発酵物の摂取により、糞の排泄量が増加し、特に中性ステロールを体外へ排泄する効果が増大することを認めた。これらの結果から、酒粕発酵物は脂質成分であるコレステロールを吸着、体外に排泄し、血中や肝臓中のコレステロール蓄積を抑制する効果があるものと考えられた<sup>21)</sup>。

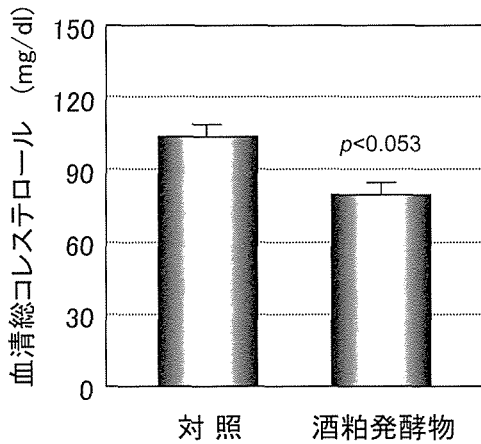
#### (3) コレステロール胆石形成抑制効果

酒粕発酵物は、コレステロール低下作用が認められたので、コレステロール値の上昇に伴って起こるコレステロール胆石症も抑制することが考えられた。わが国ではこれまでコレステロール胆石の患者数は少なかったが、食の欧米化に伴い、現在ではコレステロール胆石の患者数が増加している。高脂肪の食事やストレス等の生活習慣が原因でコレステロール胆石になることが考えられるので、マウスによる酒粕発酵物のコレ

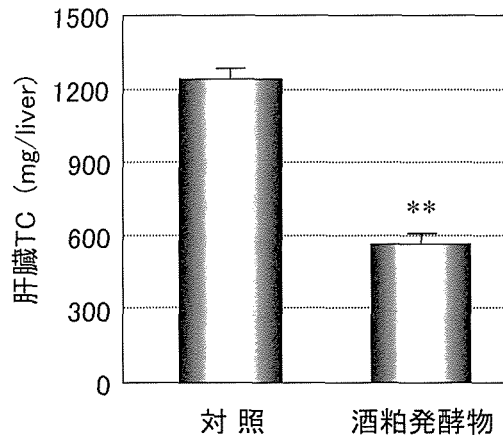


第4図 酒粕発酵物の油吸着量について  
5gの試料に、吸着する油(コーンオイル)の量を定量比較

### 血清総コレステロール



### 肝臓コレステロール



平均値±標準誤差      \*\*:  $p < 0.01$

第5図 酒粕発酵物のコレステロール低下作用

ステロール胆石形成抑制効果について調べた。

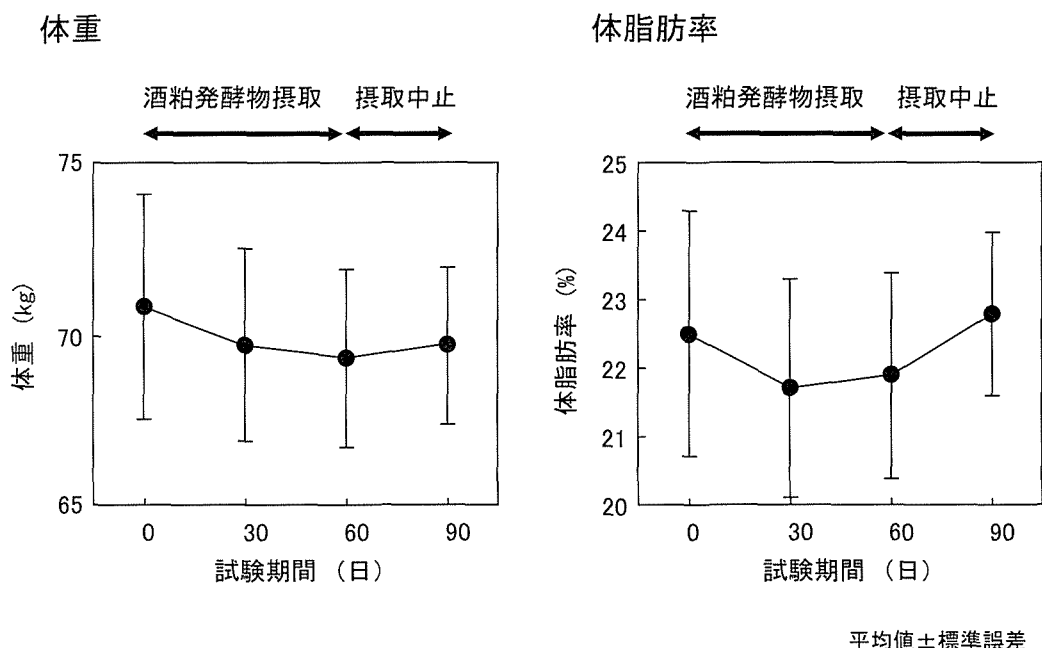
試験は、コレステロールとコール酸ナトリウムを含む試験飼料を自由摂取させた対照群とそれに酒粕発酵物を添加した実験飼料を自由摂取させた酒粕発酵物摂取群の2群に分けておこなった。試験3週間後に解剖し、胆石の形成度を肉眼評価した。対照群のマウスは80%のマウスがコレステロール胆石を形成したが、酒粕発酵物摂取群は、すべてのマウスが全く胆石を形成しなかった。酒粕発酵物摂取群は対照群に比べて胆嚢中のコレステロール濃度が有意 ( $p < 0.01$ ) に低く、これはプロファイバーが脂質代謝改善作用を促し、コレステロール胆石症の予防につながることを示唆する結果といえる<sup>21)</sup>。

#### (4) 肥満抑制効果

酒粕発酵物は油吸着効果があるので、酒粕発酵物が食事由来の脂質の取り込みをコントロールすれば、肥満抑制に対して効果を示すことが期待できる。そこで、動物実験により酒粕発酵物の肥満抑制効果について調べた。ラットに高脂肪食を与え40日間飼育し、解剖により脂肪組織重量および筋肉重量を測定した。酒粕発酵物を与えることで、脂肪組織重量は対照に比べて低値を示し、筋肉重量においては大きな違いがなく、

酒粕発酵物を摂取することで脂肪の蓄積を抑え、筋肉量は低下させないことが明らかとなった。また、酒粕発酵物を与えると肝臓におけるリンゴ酸酵素活性およびグルコース-6-リン酸脱水素酵素活性が低下し、脂肪酸合成酵素の活性を抑えることで肥満を抑制することも示唆された<sup>21)</sup>。

次に、ヒトにおいて肥満抑制効果を示すのか検証した。被験者には、血液検査でコレステロール値および中性脂肪値が基準値を超えた男性9名を選択した。試験はヘルシンキ宣言に則り、倫理委員会の承認を得たプロトコル下で、被験者へのインフォームドコンセントを十分におこない、試験参加への同意を文書で得たうえで実施した。被験者は酒粕発酵物をカプセル化したものを750mgずつ毎日摂取した。被験者の体組成変化では、第6図に示すように、体重および体脂肪率において酒粕発酵物摂取期間で減少する傾向がみられた。また酒粕発酵物の摂取を中止すると体重および体脂肪率ともに増加した。血液検査では、特に中性脂肪値が有意 ( $p < 0.05$ ) に低下し、レプチンの低下、アディポネクチンの増加傾向が認められ、それは動物実験の結果とほぼ一致した。血圧測定では、酒粕発酵物の摂取により値が安定した。食物繊維の有効摂取量は、通常3~5g程度とされているが、酒粕発酵物はわず



第6図 酒粕発酵物摂取における体重および体脂肪率の変化

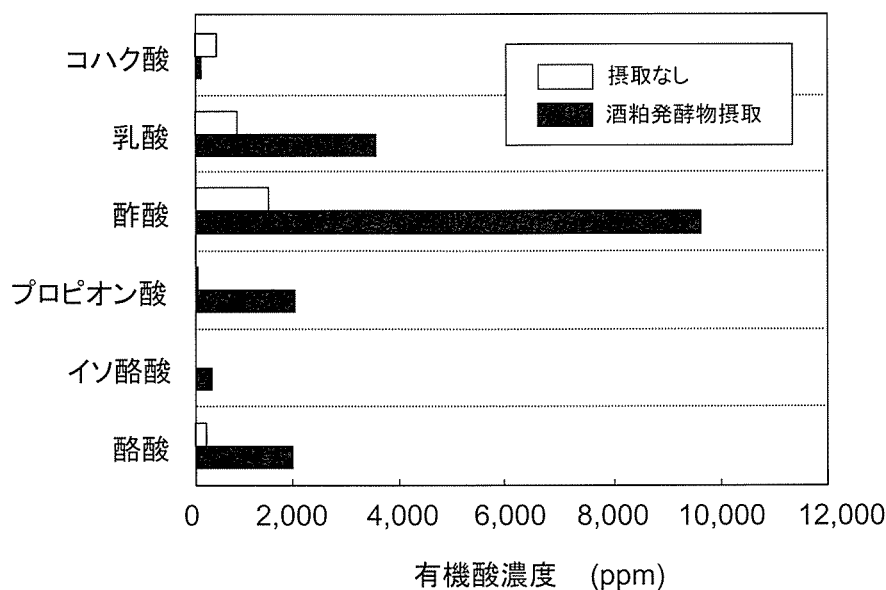
か750mgの摂取で、様々な機能効果を示した。つまり、酒粕発酵物の中で主として働く成分は米由来の不溶性食物繊維ではなく、レジスタントプロテインが有効成分として少量かつ多機能に働くことが考えられた<sup>22)</sup>。

#### (5) 腸内環境改善効果

酒粕発酵物を摂取することでヒトの便通改善に対する効果を検証した。便秘気味の女性72名について750mgの酒粕発酵物を夜寝る前に摂取すると、アンケート調査によって便秘が改善された被験者数の割合が増加し、便の質、量、臭いも改善され、排便後もすっきりする体感を得た。そこで、その効果を検証するため動物実験をおこなった。

試験は、標準飼料を自由摂取させた対照群と酒粕発酵物を添加した実験飼料を自由摂取させた酒粕発酵物摂取群の2群に分けておこなった。試験4週間後に解剖し、糞便中の*Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Clostridium*の生菌数を各種選択培地でカウントした。また糞便中の有機酸組成を調べることで腸内細菌の発酵性について調べた。その結果、酒粕発酵物の摂取により糞便中の有機酸は、第7図に示すように、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸が増加した。糞便中に有機酸が増

加することで腸内における悪玉菌の増殖を抑制することが考えられ、また酒粕発酵物を摂取することで、ラット糞便量が増加し、含水量も増加する結果が得られたことは、ヒトの便通改善効果のアンケート結果とも一致した。腸内細菌の数では、酒粕発酵物の摂取により、*Lactobacillus*や*Clostridium*の数では大きな変化がなかったが、*Bacteroides*の増加が確認された。*Bacteroides*は日和見菌と呼ばれ、腸内で善玉菌が優勢のときはおとなしく、悪玉菌が優勢のときは有害な作用を及ぼす細菌である。近年、腸内細菌の食物分解能の差から*Bacteroides*が優勢である人は、栄養の吸収や蓄積がされにくく、肥満者は肥満でない者に比べ、腸内の*Bacteroides*の数が低くなるとの報告<sup>23)</sup>があり、酒粕発酵物を与えることで、*Bacteroides*が増える状況にあることは、酒粕発酵物の肥満抑制効果を裏付ける一つの要素である。実際に、ヒトで確認するため750mgの酒粕発酵物摂取前後の糞便についてT-RFLP解析により、各種腸内細菌の割合を求めた。その結果、*Lactobacillus*や*Bifidobacterium*は、酒粕発酵物の摂取により、やや増えることがわかった。最も割合が増加した細菌は*Bacteroides*であり、*Clostridium*や*Prevotella*は減少した。善玉菌とされる*Lacto-*



第7図 酒粕発酵物摂取における糞便中の有機酸含量の増加

*bacillus* や *Bifidobacterium* が増加したことにより、日和見菌の *Bacteroides* は、腸内環境を善玉の方向に傾けていることが推測され、これらの細菌は有機酸を高生産する菌であり、動物実験の結果とも一致した<sup>24)</sup>。

以上の結果より、酒粕発酵物は被験者の肥満抑制効果を示す、いわゆる抗メタボリックシンドロームに適しているだけでなく、腸内の細菌叢を善玉に傾け、糞便量や含水量を調節できる機能性食品となりうるということが考えられた。

#### 4. 酒粕の摂取による健康と美容効果

酒粕発酵物は、難消化成分が濃縮されたものであるため、多くの生理機能効果を示したが、市販酒粕をヒトが摂取し続けた場合でも同じように効果があるのか検証した。数種類の市販酒粕からレジスタントプロテイン含量を測定したところ平均値は0.22%であった。酒粕発酵物に含まれるレジスタントプロテインは約15%で、効果が得られる推奨摂取量は前述のとおり750mgであることから、酒粕では50g摂取すれば効果が得られるものと計算された。そこで、酒粕50gに水250mlを加え、加熱・溶解し、エネルギーを抑える目的で砂糖の代わりに果糖ぶどう糖液糖と高甘味度甘味料を加えて酒粕甘酒300mlを調整し、この酒粕甘酒を男性5名(平均年齢41歳)、女性7名(平均

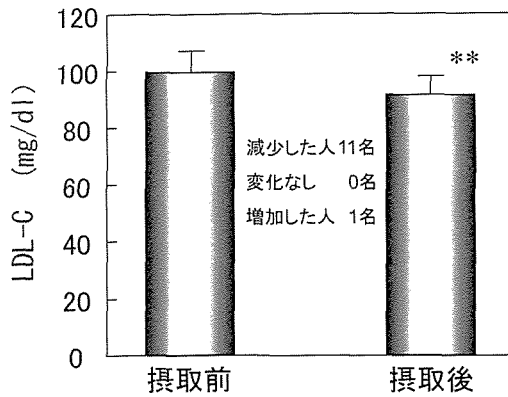
年齢39歳)の合計12名に、3週間、毎日飲み続けてもらう試験を実施した。なお、この酒粕甘酒300mlのエネルギーは141kcalで、これは一般的な牛乳200ml分に相当し、エネルギー摂取としては特別高くない飲み物である。被験者には、便通日誌を毎日記入してもらい、試験の開始時と終了時には、血液検査をおこなった。

その結果、飲用前と比べて体重と体脂肪率には大きな変化が見られなかったが、LDL-コレステロールの値が有意( $p<0.01$ )に低下し、12名の被験者のうち11名が減少した。特にコレステロール値が高めの人ほど顕著に低下していた。逆に善玉コレステロールであるHDL-コレステロールは有意( $p<0.05$ )に増加し、12名の被験者のうち7名が増加しており、酒粕甘酒の摂取が動脈硬化の予防につながる可能性が示唆された<sup>25)</sup>(第8図)。

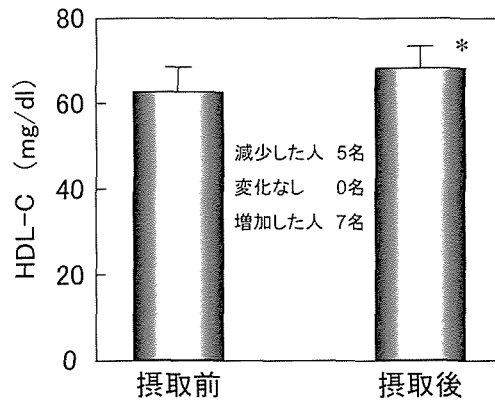
毎日の便通日誌をスコア化し解析したところ、排便回数スコアは被験者12名中、8名のスコアが上昇し、排便回数の有意( $p<0.01$ )な増加が確認された。また、排便量のスコアも12名中、10名で増加し、有意( $p<0.01$ )に排便量が増加することが示された(第9図)。酒粕摂取の効果は、酒粕発酵物の機能性結果と同様な結果が得られ、レジスタントプロテイン等の消化されにくい成分がもたらす効果であることが示唆さ



### <LDL-コレステロール>



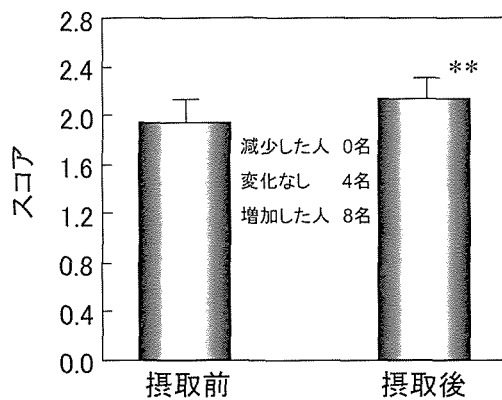
### <HDL-コレステロール>



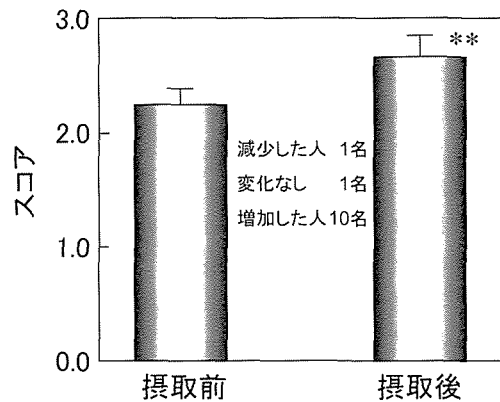
平均値±標準誤差 \* : $p<0.05$  \*\*: $p<0.01$

第8図 酒粕甘酒の脂質代謝改善作用

### <排便回数スコア>



### <排便量スコア>



平均値±標準誤差 \*\*: $p<0.01$

第9図 酒粕甘酒摂取における排便回数および排便量の変化

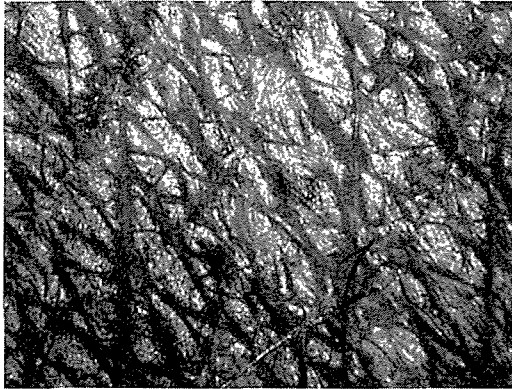
れた。

また酒粕甘酒が肌の状態に及ぼす影響についても検討した。酒粕甘酒を摂取する前、摂取3週間後に頬同一部位について、皮膚水分量、皮膚油分量、皮膚キメ面積率（一定面積中の皮溝の割合）の測定をマイクロスコープにより評価した。皮膚水分量および皮膚油分量は、摂取前と比較して摂取後に相対値として増加す

る傾向であった。理想的な肌の表面は、皮丘と皮溝からなる三角形の肌細胞のキメが細かく均等に並んでいる。しかし、肌表面が乾燥等の刺激があると、皮丘・皮溝の凹凸がなくなり、キメが乱れた状態になる。酒粕甘酒を摂取することで肌のキメ面積率は有意に増加し、肌表面画像からも、摂取前はキメが乱れた状態であったが、摂取3週間後には皮丘・皮溝の凹凸がはっ

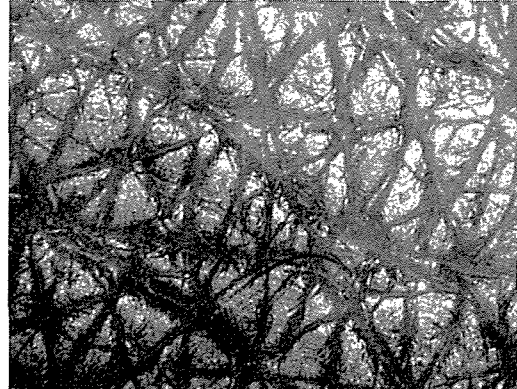
## 摂取前

肌のキメが粗く、まとまりがない



## 摂取3週間後

肌のキメの形が整っている



第10図 酒粕甘酒の肌キメ状態に及ぼす影響

きりと確認できるようになった（第10図）。

酒粕甘酒 300ml には、50g の酒粕が使用されているが、この酒粕甘酒には、タンパク質として2.5%、そのうちの12%が遊離アミノ酸であることが確認された。タンパク質は胃で分解・消化され、小腸で体内に吸収されるが、遊離アミノ酸は、そのまますばやく体内に吸収される。運ばれたアミノ酸は、体に必要な様々な種類のタンパク質に再構築され、一部は肌細胞に供給されるものと推測される。酒粕に含まれるレジスタントプロテインが腸内環境を整えることで、効率よく遊離アミノ酸が吸収され、それが肌の美容維持につながるものと考えられた。

### おわりに

日本人は欧米人に比べ、昔からスリムであったが、食が高脂肪、高タンパク質、低食物繊維に変化したことで、日本人も肥満者が増え、メタボリックシンドロームの進展リスクを意識しなければならなくなった。日本人は昔から酒粕等の発酵食品が体に良いことを知っており、発酵素材を積極的に摂取することで体の調子を整えてきた。例えば、酒粕から作られた甘酒は、夏場の栄養補給や体の調子を整える食品として知られており、それは酒粕が俳句の夏の季語であることから理解できる。なんとなく体に良いと思われていた酒粕を学術的に新たな切り口で研究すると、酒粕に含ま

れるレジスタントプロテインや遊離アミノ酸が健康と美容に働きかけることが分かった。もはや“酒粕”は“粕”ではなく“宝”であることが言える。今こそ、日本の伝統的発酵技術で得られた機能性食品を再認識すべきである。

### 謝辞

本研究の機能性評価に関して、ご指導、ご助言をいただいた加藤範久広島大学大学院教授に深謝申し上げます。また本研究の一部は、NHK「ためしてガッテン」の番組制作スタッフのご協力により実施いたしましたことを記して感謝いたします。

なお、本総説に記した酒粕発酵物は、大関株式会社との共同研究で得られた素材であり、商品名「プロファイバー<sup>®</sup>」としてヤエガキ醗酵技研株式会社より販売されています。プロファイバー<sup>®</sup>は、ヤエガキ醗酵技研株式会社と大関株式会社の登録商標です。

〈ヤエガキ醗酵技研株式会社〉

### 参考文献

- 1) 持田和美, 栗林 喬, 斉藤憲司, 菅原正義: 食科工, 47, 78-84 (2000)
- 2) 斉藤義幸, 中村圭子, 川戸章嗣, 今安 聡: 農化, 66, 1081-1087 (1992)
- 3) Saito, Y., Ohura, S., Kawato, A., and Suginami,

- K., *J. Agric. Food Chem.*, 45, 720-724 (1997)
- 4) 伊豆英恵, 後藤邦康, 家藤治幸: 醸協, 101, 893-899 (2006)
  - 5) 渡辺敏郎, 峰時俊貴, 友竹浩之, 加藤範久: *Food Style* 21, 11, 51-54 (2007)
  - 6) 山下亀次郎: 月刊フードケミカル, 6, 52-57 (1990)
  - 7) Trowell, H. C., *Am. J. Clin. Nutr.*, 25, 926-932 (1972)
  - 8) 桐山修八: 化学と生物, 18, 95-105 (1980)
  - 9) Kiriyama, Y., Ebihara, K., Ikegami, S., Innami, S., Katayama, Y., and Takehisa, F., *J. Jpn. Assoc. Dietary Fiber Res.*, 10, 11-24 (2006)
  - 10) 渡辺敏郎, 食品・臨床栄養, 4, 35-37 (2008)
  - 11) 桐山修八: 日本食生活学会誌, 16, 104-107 (2005)
  - 12) Kayashita, J., Shimokawa, I., Nakajoh, M., Yamazaki, M., and Kato, N., *J. Nutr.*, 127, 1395-1400 (1997)
  - 13) 湯川雅之, 伊藤大輔, 峰時俊貴, 渡辺敏郎, 広常正人: 醸協, 104, 963-968 (2009)
  - 14) Kayashita, J., Shimokawa, I., and Nakajoh, M., *Nutr. Res.*, 15, 691-698 (1995)
  - 15) Kato, N., and Iwami, K., *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 48, 1-5 (2002)
  - 16) Sasaki, M., Kato, N., Watanabe, H., and Yamada, H., *Oncology Rep.*, 7, 1049-1052 (2000)
  - 17) Azuma, N., Machida, K., Saeki, T., Kanamoto, R., and Iwami, K., *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 46, 23-29 (2000)
  - 18) 岩見公和, 東直之, 須田仁志, 岩寄浩恭, 金本竜平: 大豆たん白研究会会誌, 2, 129-137 (1999)
  - 19) 木崎康造, 井上康裕, 岡崎直人, 小林信也: 醸協, 86, 293-298 (1991)
  - 20) 渡辺敏郎, *New Food Industry*, 51, 27-36 (2009)
  - 21) 渡辺敏郎, 食品と開発, 44, 76-77 (2009)
  - 22) 渡辺敏郎, 山本明: *Food Style* 21, 13, 80-83 (2007)
  - 23) Turnbaugh, P. J., Ley, R. E., Mahowald, M. A., Magrini, V., Mardis, E. R., and Gordon, J. I., *Nature*, 444, 1027-1031 (2006)
  - 24) 渡辺敏郎, *New Food Industry*, 52, 24-30 (2010)
  - 25) NHK 科学・環境番組部編: 「ためしてガッテン15」, NHK 出版, 東京 (2011)