

## 清酒及び醸造副産物の機能性

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	伊豆,英恵 鎌田,直樹 高橋,千秋
発行元	日本醸造協会
巻/号	110巻4号
掲載ページ	p. 198-206
発行年月	2015年4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



# 清酒及び醸造副産物の機能性

近年の消費者の健康意識の高まりとともに、日本酒の機能性や健康効果に関する論文や報告が数多く出されている。本稿では清酒だけでなく酒粕関連も含め、また研究報告に限らず解説や学会発表と特許も含めて網羅的に調査し、有用な機能性について項目ごとにまとめられている。是非ご一読いただき、科学的な裏付けのある日本酒の健康効果を消費者に広めるための参考にして戴きたい。

伊豆英恵・鎌田直樹・高橋千秋

## 1. はじめに

これまでに発表された清酒をはじめとした醸造副産物に関する機能性研究について内容を整理・分類して収録した。広く研究を紹介するため、抄録したものは研究報告だけでなく、学会発表や解説、特許等も対象とした。これらの報告・発表等を「清酒」や「清酒及び酒粕ペプチド」等10項目に分類し、各項目においても、その内容によってそれぞれ2～8分野に分類して示した。

## 2. 清酒

清酒に関する機能性研究は、その内容から「皮膚」、「抗不安」、「胃粘膜保護」、「抗酸化」、「ガン、抗変異原性」、「肝保護」、「D-アミノ酸」、「抗炎症」の8分野に大きく分類することができた。以下に、それぞれ行われている研究の概略を記載した。

### 2.1 皮膚

特許「入浴剤及びその製法」<sup>1)</sup>では、清酒醪を真空乾燥後、風呂に入れてヒトモニター試験を行い、皮膚の保湿性、清浄化の促進、疲労回復、入浴後の保温性等を確認した。また、特許「化粧品」<sup>2)</sup>では、化粧品に清酒とコウジ酸もしくはその誘導体を併用することで優れた美白作用、しっとり感、ハリ、ツヤの相乗効果をヒトモニター試験で確認した。純米酒やアルコール水摂取後の肌の水分量をヒトモニター試験で測定した結果、純米酒で保湿効果が高くなった<sup>3)</sup>。

### 2.2 抗不安

マウスにエタノール、清酒等を経口投与し、高架式十字迷路試験で抗不安作用を評価した。エタノールよりも本醸造酒で、さらに吟醸酒で抗不安作用が高いことがわかった。カプロン酸エチル、酢酸イソアミルを吟醸酒と同程度になるよう本醸造酒に加えたところ、抗不安作用が促進され、吟醸香成分の抗不安作用が示唆された<sup>4)</sup>。その他、焼酎、清酒、清酒エキス溶液をマウスに与えて自発運動量測定を行い、清酒で有意な沈静効果を確認しており、この作用への清酒特有の低分子化合物や香気成分の寄与が示唆された<sup>5)</sup>。また、 $\gamma$ -アミノ酪酸 (GABA) 以外の清酒成分がリラックス効果に關与する GABA<sub>A</sub> 受容体活性を活性化することが示された<sup>6)</sup>。

### 2.3 胃粘膜保護

エタノール、アルコール飲料には胃粘膜刺激作用がある。ラット胃膜電位測定、ラット正常胃粘膜細胞を用いた試験で、エタノール、白ワイン、清酒、ウイスキー（一律アルコール濃度15%）の胃粘膜刺激作用を比較し、白ワイン、清酒の胃刺激作用はエタノール、ウイスキーよりも穏やかであり、この作用へのグルコースの寄与が推測された<sup>7)</sup>。

### 2.4 抗酸化

清酒に原料米よりも強い抗酸化活性があり、フェルラ酸、チロゾールの寄与が示唆された<sup>8)</sup>。他に、清酒製造工程で製麹開始40時間後に抗酸化能の指標となる DPPH 消去能が急増し、清酒の DPPH 消去能に趨

そのもの及び麹が生産する物質が主に寄与すると示唆された。また、活性炭処理で清酒の DPPH 消去能は約半分に減少した<sup>9)</sup>。

## 2.5 ガン, 抗変異原性

日本酒や酒粕がマウス神経芽細胞腫に与える影響を調べ、醗日数後半の醗が癌細胞生存率を低下させることがわかった<sup>10)</sup>。この他、サルモネラ菌を用いて蒸留酒、醸造酒の抗変異原性を調べ、赤ワイン、清酒で抗変異原性が高い傾向を認めた<sup>11)</sup>。

## 2.6 肝保護

特許「肝機能保護剤又は改善剤」では、肝障害を惹起させたラットへの清酒濃縮物の投与により、肝障害抑制が認められたことから、清酒濃縮物の肝保護作用を示した<sup>12)</sup>。

## 2.7 D-アミノ酸

清酒に D-アスパラギン酸, D-アラニン, D-スレオニン等の様々な D-アミノ酸が存在し、特に生醗における D-アミノ酸高含有がわかった<sup>13-17)</sup>。原料米には D-アスパラギン酸, D-グルタミン酸, D-セリン, D-バリン等が存在するが、精米歩合 70% の原料米に D-アラニンは含まれず<sup>13, 18, 19)</sup>、清酒中の D-アラニン生成への微生物由来アミノ酸ラセマーゼの関与が示唆された<sup>13, 20)</sup>。また、官能評価により、D-アラニン, D-アスパラギン酸, D-グルタミン酸が清酒の味や総合評価を高めることがわかった<sup>20)</sup>。

## 2.8 抗炎症

ピログルタミルペプチドには抗炎症作用などの生理活性があるが、液体クロマトグラフィー質量分析法で発酵食品中ピログルタミルロイシン含量を分析した結果、清酒 46  $\mu\text{M}$ 、他のアルコール飲料 10  $\mu\text{M}$  程度が検出された<sup>21)</sup>。

## 3. 清酒及び酒粕ペプチド

清酒及び酒粕には、原料米等を由来とするペプチドが含まれており、これに関する機能性研究は、「アンジオテンシン変換酵素阻害」、「プロリルエンドペプチダーゼ阻害」、「肝保護」、「副交感神経活動」の 4 分野に分類することができた。

### 3.1 アンジオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害

清酒中に 3 種類、酒粕中に 6 種類の ACE 阻害活性のあるペプチド (2~5 残基) が同定され<sup>22-27)</sup>、この中から、高血圧自然発症ラットへの投与で高血圧改

善効果があるペプチドを見いだした<sup>28, 29)</sup>。

### 3.2 プロリルエンドペプチダーゼ (PEP) 阻害

PEP は大脳の海馬に多く、痴呆や健忘症と深く関連づけられる。清酒や酒粕分解物から PEP 阻害ペプチドが単離され、酒粕から単離したペプチド配列は米グルテン中に存在していた<sup>30-32)</sup>。健忘症モデルマウスにおいて、単離 PEP 阻害ペプチドが有意な健忘症抑制を示した<sup>33)</sup>。

### 3.3 肝保護

ヒト肝細胞にエタノールで細胞死を誘導させたが、酒粕ペプチドは生存率を高めた<sup>34)</sup>。酒粕ペプチドを 10% 配合した飼料を摂取した肝障害モデルマウスで、肝機能が改善された<sup>34)</sup>。酒粕ペプチド中に抗酸化活性を持つ 17 種類のペプチドを同定したが、グルタチオンより高い活性を持つものがあつた<sup>34)</sup>。

### 3.4 副交感神経活動

酒粕ペプチドは胃副交感神経を活性化し<sup>5)</sup>、消化管の蠕動を促進して食物の消化・吸収能を高めると期待された。

## 4. エチル $\alpha$ -D-グルコシド ( $\alpha$ -EG)

$\alpha$ -EG は清酒中に 0.2~0.7% 程度含まれる清酒特異的な糖成分であり、即効性の甘味と遅効性の苦味両面を持つ呈味性成分である。この  $\alpha$ -EG に関する機能性研究は、「皮膚」、「肝保護」、「利尿、体重抑制」、「腸内環境」の 4 分野に分類することができた。

### 4.1 皮膚

紫外線 B 波照射により経皮水分蒸散率が増えるが、清酒濃縮物や  $\alpha$ -EG の皮膚への塗布で蒸散率は抑制され、荒れ肌抑制効果が示唆された<sup>35-38)</sup>。清酒濃縮物や  $\alpha$ -EG の塗布により、老齢マウスの表皮の脂質含量が増加した<sup>39)</sup>。また  $\alpha$ -EG は角質細胞の分化を促進した<sup>35, 39)</sup>。

### 4.2 肝保護

慢性アルコール性肝障害モデルマウスにおいて、清酒濃縮物または  $\alpha$ -EG による肝障害抑制が示唆された<sup>40)</sup>。ガラクトサミン誘導性肝障害モデルマウスにおいて、清酒濃縮物または  $\alpha$ -EG はインターロイキン-6 産生を抑制し、肝障害を抑制することが示唆された<sup>41)</sup>。

### 4.3 利尿, 体重抑制

ラットで  $\alpha$ -EG 摂取量増加に伴い、飼料摂取量が減少し、顕著な体重増加抑制が確認できた<sup>42-43)</sup>。 $\alpha$ -EG

はそのままの形態で血中や尿中に存在していた。グルコース投与と比較し、 $\alpha$ -EG投与でインスリン分泌量が減少し、分泌のピーク時間も遅延した。また、 $\alpha$ -EG投与ラットでは水分摂取量の増加に伴い、尿量が増加した<sup>44)</sup>。

#### 4.4 腸内環境

特許「腸内菌叢改善剤及び該腸内菌叢改善剤を含有する腸内菌叢改善物」で、 $\alpha$ -EGが腸内菌叢改善剤として機能しうることが示唆された<sup>45)</sup>。 $\alpha$ -EGは難消化性でビフィズス菌や乳酸菌などの善玉菌に炭素源としてよく資化されたが、悪玉菌であるウェルシュ菌や大腸菌、ブドウ球菌に資化されず、腸内菌叢改善剤としての効果が期待された。

### 5. $\alpha$ -D-グルコシルグリセロール ( $\alpha$ -GG)

$\alpha$ -GGは清酒に約0.5%程度含まれており、アルコール発酵中に麹の酵素である $\alpha$ -グルコシダーゼによりグリセロールから変換される。 $\alpha$ -GGはスクロースの55%の甘さで、酒に味幅を与える。 $\alpha$ -GGに関する機能性研究は、「皮膚、毛髪」、「血糖値」「脂質代謝、肥満」の3分野に分類することができた。

#### 5.1 皮膚、毛髪

インスリン様成長因子 (IGF) -1は正常な皮膚の形態維持やコラーゲン産生等に重要であるが、マウスへの $\alpha$ -GG塗布により、表皮のIGF-1が増加した<sup>46)</sup>。また、ヒト試験でも、 $\alpha$ -GG塗布により、皮膚の弾力性が増すことがわかった<sup>47)</sup>。正常ヒト表皮繊維芽細胞への $\alpha$ -GG添加でコラーゲン及びヒアルロン酸産生が増加したため、特許で $\alpha$ -GGの「真皮マトリックス産生促進剤」としての機能が示唆された<sup>48)</sup>。 $\alpha$ -GG暴露は大腸菌、黄色ブドウ球菌、緑膿菌、腐敗菌、表皮ブドウ球菌の菌数を減少させる一方、ヒトの皮膚に対しては安全であり、特許で $\alpha$ -GGの「抗菌剤」としての機能が示唆された<sup>49)</sup>。血管内皮細胞増殖促進因子は毛包細胞で毛髪の成長を促進するが、 $\alpha$ -GGは正常ヒト表皮細胞で血管内皮細胞増殖促進因子産生を促進した。 $\alpha$ -GG添加ヘアローションのヒトパネル試験で髪の太さや密度に改善傾向があり、 $\alpha$ -GGの「頭皮頭髮外用剤、育毛剤、及び血管内皮細胞増殖因子産生促進剤」としての利用が特許で提案された<sup>50)</sup>。

#### 5.2 血糖値

特許で $\alpha$ -GGの血糖値上昇抑制作用から、「急激な血

糖値の上昇を抑制する血糖値上昇抑制剤及び食品」としての利用が提案された<sup>51)</sup>。アディポネクチンは糖尿病や肥満予防に関連があり、 $\alpha$ -GGのアディポネクチン産生促進作用が示され、特許で「アディポネクチン産生促進剤」としての利用が提案された<sup>52)</sup>。

#### 5.3 脂質代謝、肥満

特許で脂肪細胞における $\alpha$ -GGの中性脂肪の蓄積抑制効果に着目し、「中性脂肪蓄積抑制剤」としての利用が提案された<sup>53)</sup>。

## 6. 樽酒

樽酒は杉材で作られた樽に清酒を一定期間貯蔵して提供され、その色や香りに特徴がある。樽酒に関する機能性研究には「抗酸化、消臭」と「料理との相性」があった。

#### 6.1 抗酸化、消臭

樽貯蔵酒で抗酸化及び消臭活性を有するノルリグナン類のアガサレジノールとセクイリンC含有を明らかにした<sup>54)</sup>。また、清酒の樽貯蔵によってDPPHラジカル捕捉活性が増加した<sup>55)</sup>。

#### 6.2 料理との相性

樽酒に脂っこい料理の脂分を洗い流し、魚介類などの旨味を持続させる効果があった<sup>56)</sup>。

## 7. 酒粕

酒粕は米由来成分、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に富み、栄養的に価値が高い。特に、酵素で原料米を液化処理する製造法で作られた酒粕はたんぱく質がより多いという特徴がある。酒粕に関する機能性研究は、「皮膚」、「血管」「腸内環境」、「脂質代謝」、「抗酸化」、「肝保護」、「自発運動活性」、「ガン、免疫、その他」の8分野に分類することができた。

#### 7.1 皮膚

酒粕抽出液を風呂に入れて入浴させて皮膚の保湿及び角質除去効果を確認し、酒粕の「入浴剤」としての利用を特許で提案した<sup>57)</sup>。酒粕のエタノール抽出物を風呂に入れて入浴させて皮膚の保湿効果を確認<sup>58)</sup>、またチロシナーゼ阻害活性が確認され、美白効果が期待された<sup>59)</sup>。酒粕のエタノール抽出物添加によって、マウスメラノーマ細胞においてチロシナーゼ活性及びメラニン合成阻害が観察され<sup>60)</sup>、皮膚の色素沈着や

シミ、そばかす防止効果が期待された。酒粕抽出物に含まれる分子量 500 以下のチオール基を持つ成分がチロシナーゼ活性阻害を有し、抽出物の美白効果を確認した<sup>61)</sup>。皮膚炎発症マウスの患部への酒粕添加ワセリンの塗布によって、皮膚炎が改善し、主婦湿疹も改善した<sup>62)</sup>。酒粕ヘキササン抽出物中のトリアシルグリセロール類、そのうちのトリオレイン、トリリノレインは強いチロシナーゼ阻害活性を有し、美白効果が期待できた<sup>63,64)</sup>。加齢による上皮成長因子 (EGF) 分泌低下が肌老化をもたらすため、化粧品及び頭髮化粧品による EGF 補給が肌老化防止に役立つが、EGF は皮膚のプロテアーゼで分解失活する。酒粕由来のプロテアーゼインヒビターは EGF 分解を防止し、皮膚浸透性の向上をもたらす利点を示された<sup>65)</sup>。この他、酒粕による美肌効果が認められた<sup>66)</sup>。

## 7.2 血管

血管新生はがん、肥満、アルツハイマー病等の各種疾病、シワやしみの発生に参与する。酒粕のエタノール抽出液がラット動脈片の微小血管伸長を減少させ、血管新生を抑制した<sup>66,67)</sup>。また、これに含まれるオレオイルエタノールアミド、リノレイルエタノールアミドの 2 成分の血管新生抑制作用を確認した<sup>68)</sup>。

## 7.3 腸内環境

ビフィズス菌優勢の腸内細菌叢形成は健康に有益であるが、酒粕のエタノール抽出物にビフィズス菌増殖促進効果があった<sup>69,70)</sup>。凍結乾燥酒粕を飼料に混ぜてラットに投与した結果、盲腸内細菌叢に影響はなかったが、盲腸内 pH が変化した<sup>71)</sup>。

## 7.4 脂質代謝

凍結乾燥後に粉碎した酒粕粉末をラットに与え、糞便重量と糞中タンパク質増加、盲腸内 pH 低下、血清コレステロール上昇抑制を観察した<sup>72)</sup>。液化仕込み酒粕による高タンパク酒粕をラットに与えた結果、血清及び肝臓コレステロールと肝脂質量が減少し、胆汁酸増加による脂質排泄量増加が観察された<sup>73,74)</sup>。

## 7.5 抗酸化

酒粕のエタノール抽出画分に強い抗酸化作用を見出し、不飽和脂肪酸酸化抑制効果が認められた<sup>75)</sup>。また、この画分は線維芽細胞の増殖、細胞外マトリックスのヒアルロン酸、コラーゲン合成能を促進した<sup>75)</sup>。酒粕のエタノール抽出液を化粧品用クリーム、化粧水、洗髪剤、育毛剤、ダイエット用クッキーに加え、活性化

素ラジカルを消去するスーパーオキシドジムスターゼ様活性に優れた製品を得た<sup>76)</sup>。

## 7.6 肝保護

マウスへの酒粕投与がガラクトサミン誘発肝障害を抑制した<sup>77)</sup>。酒粕投与で肝臓の S-アデノシルメチオニン含量が増加しており、酒粕が肝臓のメチオニン代謝を強化する可能性がある<sup>77)</sup>。

## 7.7 自発運動活性

酒粕摂取によって、ラットの自発運動量が増加した<sup>78)</sup>。

## 7.8 ガン、免疫、その他

酒粕抽出液によるヒト末梢血リンパ球におけるナチュラルキラー活性の活性化、ヒト急性前骨髄性白血病細胞における増殖抑制を確認した<sup>79)</sup>。酒粕のエタノール抽出液において、細胞の増殖、分裂、分化に関与し、ガン関連酵素である DNA ポリメラーゼ、DNA トポイソメラーゼ、テロメラーゼ活性阻害が認められた<sup>66,67)</sup>。酒粕によるヒト胃癌細胞増殖抑制が認められた<sup>66)</sup>。酒粕の水抽出液によるナチュラルキラー細胞活性化作用、インスリン様作用、アミラーゼ及びトキソホルモン-L 阻害作用が確認できた<sup>80,81)</sup>。このうちインスリン様物質はナイアシンであった<sup>81)</sup>。

## 8. 酒粕再発酵及び酵素分解物

酒粕を再発酵あるいは酵素分解することによって、アミノ酸、有機酸、ビタミン等の有効成分をさらに増加させ、酒粕の機能性を高めることが検討されている。酒粕再発酵及び酵素分解物に関する機能性研究は、「血圧」、「腸内環境、脂質代謝、肥満」「皮膚」、「脂質代謝」の 4 分野に分類できた。

### 8.1 血圧

酒粕を清酒酵母で再発酵させた酒粕再発酵物、市販酸性プロテアーゼで酵素処理した酒粕酵素処理物では、酒粕よりも ACE 阻害活性が増し、高血圧自然発生ラットに酒粕再発酵物を与えると収縮期血圧の上昇が抑制された<sup>82)</sup>。液化酒粕再発酵物は酒粕に比べて高タンパクで高アミノ酸含有であり、DPPH 消去能、スーパーオキシドジムスターゼ様活性、ACE 阻害活性が増加した<sup>83)</sup>。

### 8.2 腸内環境、脂質代謝、肥満

ヒトの酒粕発酵物摂取において、肥満抑制、便秘改善が観察された<sup>84)</sup>。酒粕発酵物摂取ラットやマウス

でも、脂質代謝改善、コレステロール胆石形成抑制、肥満抑制が確認された<sup>84)</sup>。

### 8.3 皮膚

特許「酒粕または焼酎蒸留粕の発酵生成物からなる化粧料」では、酒粕に水を加え3日以上再発酵させて入浴剤を作成してヒト入浴試験で温浴及び保湿効果を確認した<sup>85)</sup>。特許「酒粕発酵物からなる化粧料用素材」では、リンゴ酸高産生酵母を用いて酒粕を再発酵させ、化粧料に添加してヒトモニター試験を行い、荒れ肌やくすみ改善、角質ターンオーバー促進を確認した<sup>86)</sup>。酒粕にプロテアーゼ及びアミラーゼを反応させて酒粕酵素分解物を作成し、エストロゲン様作用や表皮角化細胞増殖促進効果を確認した<sup>87,88)</sup>。

### 8.4 脂質代謝

液化仕込み酒粕による高タンパク酒粕をラットに与えた結果、血清及び肝臓コレステロール、肝脂質量が減少したが、高タンパク酒粕にプロテアーゼを作用させると脂質代謝改善効果がさらに増した<sup>73,74)</sup>。

## 9. 酒粕難消化性成分

酒粕には食物繊維様の生理活性を示すレジスタントプロテインが多く含まれ、液化仕込みの酒粕に特に豊富に含まれている。酒粕中の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、胃酸でも分解されることなく小腸に達する難消化成分である。酒粕難消化性成分の高純度化を目的に液化仕込み粕を消化酵素で処理して酒粕難消化性成分調製が試みられ、「脂質代謝、肥満」に関する機能性研究が行われた。

### 9.1 脂質代謝、肥満

高脂肪食摂取ラットに酒粕難消化成分配合飼料を摂取させた結果、脂肪組織減少による肥満抑制効果、肝臓コレステロール及びトリグリセリド低下が観察された<sup>89)</sup>。酒粕難消化成分はカニ由来キトサンよりも高い脂質吸着能を示し、酒粕難消化成分投与ラットで内臓脂肪重量減少、糞中脂質排泄量増加を確認した<sup>90)</sup>。普通酒粕や吟醸酒粕と比べ、液化酒粕にたんぱく質が多く含まれ、全糖量が少なかった。液化酒粕から得た酒粕難消化成分で全食物繊維とレジスタントプロテインが液化酒粕よりもさらに多くなり、脂質吸着量がキノコキトサンの約1.5倍となった<sup>91)</sup>。酒粕難消化性成分をラットに摂取させた結果、血清及び肝臓脂質減少、

糞中中性ステロール排出量増加等の脂質代謝改善が観察された<sup>92-94)</sup>。酒粕難消化成分を摂取させたヒトモニターにおいて、体重や体脂肪に差が見られ、基準範囲外者の酒粕難消化成分摂取群は中性脂肪値が基準値に近付いた<sup>94)</sup>。

## 10. 乳酸菌による酒粕発酵物

酒粕よりもさらに高い生理活性を有する組成物の作成を目的として、液化仕込みから生じる液化粕を乳酸菌で発酵させた乳酸菌発酵液化粕を調製し、「肥満、高脂血、健忘症、脱毛」、「血圧」、「副交感神経活動」について機能性が評価された。

### 10.1 肥満、高脂血、健忘症、脱毛

乳酸菌発酵液化粕をマウスに摂取させた結果、体重と腹腔内白色脂肪組織量の増加抑制、血清中性脂肪上昇抑制が認められた<sup>95-98)</sup>。スコボラミン投与による健忘症モデルマウスで乳酸菌発酵液化粕による健忘症抑制が見られた<sup>95-98)</sup>。抗がん剤を与えたラットに乳酸菌発酵液化粕エキスを同時投与し、脱毛の進行を抑制し、発毛が見られた<sup>95-98)</sup>。

### 10.2 血圧

液化酒粕に水を加え滅菌し、ラクトバチルス属乳酸菌あるいは乳酸菌とアスペルギルス属の麹菌を加えて培養して得た酒粕発酵物はGABAやクエン酸を多く含み、高血圧自然発生ラットで血圧上昇を抑制した<sup>99)</sup>。また、酒粕を乳酸菌で再発酵させることで、ACE阻害活性が増えた<sup>100)</sup>。

### 10.3 副交感神経活動

乳酸菌発酵液化粕は胃副交感神経の活動を活性化することで、消化管の蠕動を促進し、食物の消化・吸収能を高めると期待された<sup>5)</sup>。

## 11. 甘酒

甘酒はビタミンやアミノ酸が豊富に含まれており、栄養価の高い飲料として親しまれている。甘酒には、麴と飯米を混ぜて作る麴甘酒だけでなく、酒粕と米麴を混ぜて作る酒粕甘酒もあり、その機能性が評価されている。甘酒に関する機能性研究は、「肥満、血圧、健忘症」と「皮膚、脂質代謝、腸内環境」に分類された。

### 11.1 肥満、血圧、健忘症

肥満・高血圧誘発マウスに甘酒を摂取させた結果、

体重増加と血清中性脂肪量が抑制され、血圧上昇も抑制傾向であった<sup>101-103</sup>。健忘症誘発マウスに甘酒を摂取させた結果、発症が予防された<sup>101-103</sup>。

## 11.2 皮膚、脂質代謝、腸内環境

酒粕甘酒の摂取で皮膚水分量・皮膚油分量が増加し、肌のきめが整った<sup>84</sup>。また、脂質代謝や便通改善も観察された<sup>84</sup>。

## 12. おわりに

分析機器の発展に伴い、これまでに明らかにされていなかった清酒成分の存在が明らかにされつつある。機能性の検証には至っていないものの、今後、機能性解明が期待される成分の検討等についても、今回、記述した。

酒粕は栄養成分に富んだ素材であるが、さらに高機能化を試みた素材の開発が、近年、目立った。

なお最後になるが、本作業のきっかけは、平成25年9月に日本酒造組合中央会から「清酒の健康効果に関する論文のとりまとめ」の依頼があり、当研究所で検討を開始したことである。本記事が清酒及び醸造副産物の機能性研究の俯瞰に役立ち、さらなる研究発展に広く寄与することを期待したい。

(独立行政法人酒類総合研究所)

## 文 献

### 2. 清 酒

- 1) 特開平 06-092840
- 2) 特開平 09-110668
- 3) 横田朋宏, 杉田淳, 原武昭憲, 池本毅, 立原徹, 樋詰和久, 広常正人: 清酒のヒト肌状態に与える影響について, 醸協, 100 (10), 738 (2005)
- 4) 伊豆英恵, 山田康枝, 後藤邦康, 須藤茂俊: 清酒飲用の抗不安作用 - マウスの高架式十字迷路試験による評価 -, 醸協, 105 (10), 664-671 (2010)
- 5) 堤浩子, 鈴木佐知子, 秦洋二, 裏出良博, 安部泰久: 清酒と清酒副産物の自律神経活動に及ぼす影響, 醸協, 104 (10), 819 (2009)
- 6) 山田康枝, 江口将也, 伊豆英恵, 後藤邦康, 須藤茂俊: GABA<sub>A</sub> 受容体に対する日本酒成分の効果, 醸協, 105 (9), 609-614 (2010)
- 7) Nakagiri Akari, Fukushima Kazuhiro, Kato Shinchi, Takeuchi Koji: Less irritative action of wine and Japanese sake in rat stomachs: a comparative study with ethanol, *Dig. Dis. Sci.*, 51 (2), 289-97 (2006)
- 8) 太田剛雄, 高下秀春, 轟木康市, 岩野君夫, 大場俊輝: 清酒中に存在する抗酸化性物質, 醸協, 87 (12), 922-926 (1992)
- 9) 北垣浩志: 清酒の製造工程における DPPH 消去能の推移, 醸協, 98 (8), 589-593 (2003)
- 10) 田口隆信, 高橋仁, 渡邊誠衛, 大野剛, 若林三郎, 宮崎敏夫, 伊藤英晃: 日本酒発酵濾液及び酒粕の癌細胞増殖に及ぼす影響, 醸協, 102 (9), 705 (2007)
- 11) 江村隆幸, 小林周太郎, 後藤邦康, 高橋利郎: 清酒中に存在する抗変異原性, 醸協, 96 (9), 645 (2001)
- 12) 特開 2006-306792
- 13) 老川典夫: 日本酒中の D-アミノ酸の存在と生成機構, 生工講演要旨, 190 (2010)
- 14) 岡田かおり, 郷上佳孝, 松井大亮, 老川典夫: 日本酒中の D-アミノ酸の定量的解析, 農化講演要旨, 90 (2010)
- 15) 岡田かおり, 郷上佳孝, 森山昌和, 溝口晴彦, 老川典夫: 日本酒醸造方法の日本酒中の D-アミノ酸含有量に及ぼす影響, 農化講演要旨, 86 (2011)
- 16) 岡田かおり, 郷上佳孝, 老川典夫: 日本酒中の D-アミノ酸の定量と生成機構の解析, 微量栄養素講演要旨, 17 (2011)
- 17) 郷上佳孝, 岡田かおり, 森山昌和, 溝口晴彦, 老川典夫: 生もと造りは日本酒中の D-アミノ酸含有量を高める, 生工講演要旨, 62 (2011)
- 18) 保井美保, 郷上佳孝, 松井大亮, 老川典夫: 日本酒原料米中の D-アミノ酸の定量的解析, 農化講演要旨, 90 (2010)
- 19) 郷上佳孝, 保井美保, 岡田かおり, 老川典夫: 日本酒原料米中の D-アミノ酸含量の地域差と局在性, 微量栄養素講演要旨, 7 (2011)
- 20) 老川典夫: 日本酒中の D-アミノ酸: 定量的解析, 生成機構, 機能, 生工講演要旨, 19 (2012)
- 21) 清野珠美, 朴恩榮, 中村志志, 佐藤健司, 木村紫晃, 大塚真帆: 抗炎症性ペプチド pGlu-Leu の発酵食品中での分布, 農化関西・中部支部合同大会要旨, 106 (2011)

### 3. 清酒及び酒粕ペプチド

- 22) 齊藤義幸, 川戸章嗣, 今安聰: 米由来のアンギオテンシン変換酵素阻害剤, 農化講演要旨, 80 (1991)
- 23) 齊藤義幸, 中村圭子, 川戸章嗣, 今安聰: 米および清酒中のアンギオテンシン変換酵素阻害, 醸協, 86 (9), 722 (1991)
- 24) 齊藤義幸, 中村圭子, 川戸章嗣, 今安聰: 清酒および副産物中のアンギオテンシン変換酵素阻害, 農化誌 66 (7), 1081-1087 (1992)
- 25) 中村圭子, 齊藤義幸, 川戸章嗣, 今安聰: 清酒および酒粕由来 ACE 阻害ペプチドの構造と活性, 農化講演要旨, 290 (1993)
- 26) Yoshiyuki Saito, Keiko Wanezaki (Nakamura), Akitsugu Kawato, and Satoshi Imayasu: Structure and Activity of Angiotensin I Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Sake and Sake Lees, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58 (10), 1767-1771 (1994)
- 27) 特開平 05-294844
- 28) 齊藤義幸, 中村圭子, 川戸章嗣, 今安聰: SHR ラットに対する清酒及び副産物の降圧効果, 農化講演要旨, 290 (1993)
- 29) Yoshiyuki Saito, Keiko Wanezaki (Nakamura), Akitsugu Kawato, and Satoshi Imayasu: Antihypertensive Effects of Peptide in Sake and Its By-products on Spontaneously Hypertensive Rats, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58 (5), 812-816 (1994)
- 30) 大浦新, 齊藤義幸, 川戸章嗣, 杉並孝二, 今安聰: 米由来のプロリルエンドペプチダーゼ阻害ペプチドの単離, 農化講演要旨, 340 (1995)
- 31) Yoshiyuki Saito, Shin Ohura, Akitsugu Kawato, and Koji Suginami: Prolyl Endopeptidase Inhibitors in Sake and Its Byproducts, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 720-724 (1997)
- 32) 特開平 10-077300
- 33) 大浦新, 相川元庸, 齊藤義幸, 川戸章嗣, 安部泰久, 杉並孝二: 清酒及び酒粕由来ペプチドの牛脳プロリルエンドペプチダーゼ阻害活性ならびに健忘症モデルマウスを用いた *in vivo* 試験, 生工講演要旨, 235 (1998)
- 34) 大浦新, 堤浩子, 秦洋二, 川戸章嗣: 「酒粕ペプチド」の肝機能保護効果, 醸協, 105 (10), 689 (2010)

### 4. エチル $\alpha$ -D-グルコシド ( $\alpha$ -EG)

- 35) Nobuo Kitamura, Yukiko Ota, Akinori Haratake, Takeshi Ikemoto, Osamu Tanno, Toshio Horikoshi: Effects of ethyl alpha-D-glucoside on skin barrier disruption, *Skin Pharmacol.*, 10 (3), 153-159 (1997)
- 36) 広常正人: 清酒中に含まれる $\alpha$ -エチルグルコシドの新たな機能性, 醸協, 99 (12), 836-841 (2004)
- 37) 原武昭憲, 小宮亜矢, 杉田淳, 池本毅, 立原徹, 駒井強, 樋詰和久, 尾関健二: 清酒濃縮物の飲用摂取による美肌効果, 栄食講演要旨, 136 (2004)
- 38) Masato Hirotsune, Akinori Haratake, Aya Komiya, Jun Sugita, Toru Tachihara, Tsuyoshi Komai, Kazuhisa Hizume, Kenji Ozeki, and Takeshi Ikemoto: Effect of ingested concentrate and components of sake on epidermal permeability barrier disruption by UVB irradiation, *J. Agric. Food Chem.*, 53, 948-952 (2005)
- 39) Michio Nakahara, Tomoyuki Mishima, and Takashi Hayakawa: Effect of a sake concentrate on the epidermis of aged mice and confirmation of ethyl alpha-D-glucoside as its active component, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71 (2), 427-434 (2007)
- 40) 伊豆英恵, 樋詰和久, 後藤邦康, 広常正人: マウスの慢性アルコール性肝障害モデルにおける清酒濃縮物,  $\alpha$ -エチルグルコシド投与の影響, 醸協, 103 (8), 646-652 (2008)
- 41) Hanae Izu, Kazuhisa Hizume, Kuniyasu Goto, and Masato Hirotsune: Hepatoprotective Effects of a Concentrate and Components of Sake against Galactosamine (GalN) -Induced Liver Injury in Mice, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 71 (4), 951-957 (2007)
- 42) 三嶋智之, 柘植治人, 早川享志, 長谷川和哉, 尾関健二: エチル- $\alpha$ -D-グルコシドの生理効果の検索 (I), 農化講演要旨, 34 (2001)
- 43) 三嶋智之, 柘植治人, 早川享志, 長谷川和哉, 尾関健二: エチル- $\alpha$ -D-グルコシドの生理効果の検索 (II), 農化講演要旨, 34 (2001)
- 44) Tomoyuki Mishima, Yumiko Katayama, Yoshie Takagi, Kenji Ozeki, Takashi Hayakawa and Haruhito Tsuge: Ethyl alpha-D-glucoside



increases urine volume and causes renal morphologic changes in rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 51, 22-26 (2005)

45) 特開 2002-348242

## 5. $\alpha$ -D-グルコシルグリセロール ( $\alpha$ -GG)

46) Naoaki Harada, Juan Zhao, Hiroki Kurihara, Naomi Nakagata, and Kenji Okajima: Effects of Topical Application of  $\alpha$ -D-Glucosylglycerol on Dermal Levels of Insulin-Like Growth Factor-1 in Mice and on Facial Skin Elasticity in Humans, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 74 (4), 759-765 (2010)

47) 特開 2004-331578

48) 特開 2004-331579

49) 特開 2004-331577

50) 特開 2004-331575

51) 特開 2004-331576

52) 特開 2006-290744

53) 特開 2004-331580

## 6. 樽酒

54) 松永恒司, 高橋孝悦, 古川恵司, 原昌道: 樽酒の成分について (2), 醸協, 99 (8), 585-590 (2004)

55) 折原佑輔, 和気洋子, 宇都宮仁, 青島均: 樽酒の成分と生理活性への貯蔵期間の影響, 醸協, 101 (5), 349-356 (2006)

56) 高尾佳史, 高橋俊成, 溝口晴彦, 藤田晃子, 松丸克己: 樽酒が料理の食味に及ぼす影響, 醸協, 107 (10), 797 (2012)

## 7. 酒粕

57) 特開平 05-255064

58) 特開平 08-133960

59) 特開平 08-168378

60) 内田智子, 服部隆史, 榎原修, 谷久典, 大石一二三: 酒粕由来阻害物質のチロシナーゼ活性に対する影響, 農化講演要旨, 169 (1997)

61) 特開平 11-079934

62) 特開 2005-15456

63) 全亨濬, 野田正文, 的場康幸, 熊谷孝則, 杉山政則: 酒粕に含まれるチロシナーゼ阻害剤と酵素阻害の速度論的解析, 生工講演要旨, 111

(2006)

64) Hyung Joon Jeon, Masafumi Noda, Masafumi Maruyama, Yasuyuki Matoba, Takanori Kumagai, and Masanori Sugiyama: Identification and Kinetic Study of Tyrosinase Inhibitors Found in Sake Lees, *J. Agric. Food Chem.*, 53 (4), 948-952 (2006)

65) 特開 2008-127313

66) 特開 2005-325100

67) 浅井拓也, 西村顕, 松原主典, 水品善之, 棚橋孝雄: 酒粕の生理活性機能に関する研究, 醸協, 99 (9), 678 (2004)

68) 山崎旭, 浅井拓也, 松永将義, 水品善之, 松原主典, 棚橋孝雄: 酒粕の新規機能性に関する研究, 醸協, 104 (10), 821 (2009)

69) 松本光晴, 廣中貴宏, 服部隆史, 山内康生, 大石一二三: 酒粕由来ビフィズス菌増殖促進物質, 農化講演要旨, 46 (1998)

70) 特開平 11-228424

71) 持田和美, 齊藤憲司, 栗林喬, 菅原正義: 酒粕粉末の調製とその腸内細菌への影響, 農化講演要旨, 127 (1998)

72) 持田和美, 栗林喬, 齊藤憲司, 菅原正義: ラットのコレステロール改善効果を有する酒粕粉末の調製, 日食工誌, 47 (2), 78-84 (2000)

73) 芦田優子, 齊藤義幸, 川戸章嗣, 杉並孝二, 今安聰: 高蛋白質粕の特性, 醸協, 90 (9), 728 (1995)

74) 芦田優子, 齊藤義幸, 川戸章嗣, 杉並孝二, 今安聰: 酒粕がラットのコレステロール代謝に及ぼす影響, 農化誌, 71 (2), 137-143 (1997)

75) 服部隆史, 桐原修, 谷久典, 大石一二三: 酒粕由来抗酸化物質の機能について, 農化講演要旨, 263 (1997)

76) 特開 2002-284632

77) 伊豆英恵, 後藤邦康, 家藤治幸: マウスのD-ガラクトサミン誘発肝障害における酒粕投与の影響, 醸協, 101 (11), 893-899 (2006)

78) Yasuko Manabe, Megumi Shobayashi, Takayuki Kurosu, Shogo Sakata, Toru Fushiki, Haruyuki Iefuji: Increase in Spontaneous Locomotive Activity in Rats Fed Diets Containing Sake Lees or Sake Yeasts, *Food Sci. Technol. Res.*, 10, 6-9 (2004)

79) 関島善行, 嶋田文之, 政田正弘: 各種ヒト培養細胞に対する酒粕抽出液の影響について, 農化

講演要旨, 204 (2004)

- 80) 特開平 10-146166
- 81) 奥田拓道：清酒・酒粕中の生理活性物質の解明, 醸協, 98 (11), 750-755 (2003)

### 8. 酒粕再発酵及び酵素分解物

- 82) 湯川雅之, 峰時俊貴, 広常正人, 吉田和利, 辻啓介：酒粕再発酵物の血圧上昇抑制効果について, 農化講演要旨, 210 (2006)
- 83) 特開 2006-193496
- 84) 渡辺敏郎：健康と美容に貢献する「酒粕」の成分, 醸協, 107 (5), 282-291 (2012)
- 85) 特開平 10-130121
- 86) 特開 2004-137235
- 87) 大原裕美子, 溝口弘子, 土肥圭子, 中原達雄, 神原敏光, 伴光博, 西村頤：加圧加温条件にて得られた酒粕酵素分解物の機能性について, 農化講演要旨, 225 (2006)
- 88) 特開 2007-99718

### 9. 酒粕難消化性成分

- 89) 湯川雅之, 峰時俊貴, 井上美保, 渡辺敏郎, 友竹浩之, 広常正人, 加藤範久：酒粕難消化成分の肥満抑制効果, 生工講演要旨, 161 (2007)
- 90) 井上美保, 渡辺敏郎, 湯川雅之, 峰時俊貴, 広常正人, 友竹浩之, 加藤範久：酒粕難消化成分の脂質吸着効果, 農化講演要旨, 298 (2008)
- 91) 湯川雅之, 伊藤大輔, 峰時俊貴, 渡辺敏郎, 広常正人：酒粕を原料とした難消化成分の製造とその性質, 醸協, 104 (12), 963-968 (2009)
- 92) 湯川雅之, 峰時俊貴, 井上美保, 渡辺敏郎, 友竹浩之, 広常正人, 永井史郎, 加藤範久：酒粕からのレジスタントプロテイン高含有素材の調

製とその生理機能, 農化講演要旨, 262 (2007)

- 93) 井上美保, 渡辺敏郎, 湯川雅之, 峰時俊貴, 友竹浩之, 広常正人, 永井史郎, 加藤範久：酒粕からの難消化成分の脂質代謝改善作用, 農化講演要旨, 262 (2007)
- 94) 湯川雅之, 樋詰和久, 渡辺敏郎, 広常正人：酒粕難消化成分「プロファイバー」のヒト介入試験, 醸協, 104 (10), 818 (2009)

### 10. 乳酸菌による酒粕発酵物

- 95) 特開 2007-099731
- 96) 鈴木佐知子, 大浦新, 入江元子, 秦洋二, 安部泰久：植物性乳酸菌で発酵させた酒粕の *in vivo* 機能性評価, 農化要旨, 273 (2007)
- 97) 鈴木佐知子, 入江元子, 大浦新, 秦洋二, 安部康久：酒粕を植物性乳酸菌で発酵させた新規食品素材の機能性, 栄食講演要旨, 171 (2007)
- 98) 大浦新, 鈴木佐知子, 入江元子, 秦洋二, 安部泰久：酒粕を植物性乳酸菌で発酵させた酒粕の新規機能性, 醸協, 102 (9), 708 (2007)
- 99) 特開 2006-094713
- 100) 特開 2006-3333721

### 11. 甘酒

- 101) 鈴木佐知子, 大浦新, 金森洋治, 秦洋二, 川戸章嗣, 安部泰久：*in vivo* マウス試験による甘酒の機能性評価, 農化講演要旨, 59 (2003)
- 102) 特開 2004-261119
- 103) 大浦新, 鈴木佐知子, 秦洋二, 川戸章嗣, 安部康久：マウス試験による甘酒の機能性評価, 醸協, 102 (10), 781-788 (2007)