

鹿児島みその整腸作用とその強化

加藤由貴子*, 内村望空*, 下野かおり*, 亀澤浩幸*, 安藤義則**,
宮地彩乃***, 福元悠哉***, 坂尾こず枝***, 侯 徳興***

The Intestinal Regulation of Kagoshima Miso and Their Enhancement

Yukiko KATO, Miku UCHIMURA, Kaori SHIMONO, Hiroyuki KAMESAWA, Yoshinori ANDO,
Ayano MIYAJI, Yuya FUKUMOTO, Kozue SAKAO and De-Xing HOU

鹿児島みその整腸作用の強化を目的として、大麦β-グルカンを豊富に含む「もち麦」と「減塩」を応用したもち麦減塩鹿児島みそを製造した。もち麦は、吸水時間の調整により塩分を半分以下にする減塩製法にも応用でき、β-グルカン強化しつつ食味に遜色のない鹿児島みその製造が可能であった。各種みそを用いた動物試験の結果、鹿児島みその継続摂取が腸内細菌叢を改善し、それに伴う脂質代謝改善、抗炎症機能を示す可能性が見出された。これらの機能を示す要因の一つとして、みその熟成過程で大麦β-グルカンが低分子化し、オリゴ糖の含量が増加することが考えられた。

Keyword: 鹿児島みそ, 整腸作用, 大麦β-グルカン, もち麦, 減塩

1. 緒 言

九州周辺では、大麦を麴原料にした麦みそが伝統的に製造され、特に鹿児島では、麦麴の使用割合が大きく醸造期間が短い麦みそがその市場を確保してきた。しかし、近年では和食離れや県外大手メーカーの米みそ商品等の台頭により、麦みその出荷量は激減している¹⁾。一方で、鹿児島みそは水溶性食物繊維が豊富な大麦を主原料とする発酵食品であり、整腸作用が期待されることから、このことを前面に出すことができれば市場の挽回が期待できる。

本研究では、まずこの整腸作用をさらに強化するために、もち麦を原料として、減塩鹿児島みそ²⁾の製造を検討した。大麦に特徴的な水溶性食物繊維である大麦β-グルカンは、通常のうるち麦に比べてもち麦に多く含まれており、もち麦を使用することでみそ中の大麦β-グルカンの増加が期待できる。さらに、塩分を通常の半分以下である4%まで低減することで、健康機能性の向上をアピールできる。

次に、もち麦減塩みそを含む各種鹿児島みその整腸作用を評価した。近年の遺伝子解析技術の進展により、腸内細菌叢解析による整腸作用の評価が一般的になってきたが、麦みその摂取が腸内環境に及ぼす具体的な影響については十分に研究されていない。そこで本研究では市販の鹿児島みそおよびもち麦減塩みその整腸作用を評価し、もち麦の使用や減塩化がどのような効果をもたらすか検証した。

2. 実験方法

2. 1 原材料

大麦は、うるち麦品種の「はるか二条」と「マンネンボシ」、もち麦品種の「ダイシモチ」と「フクミファイバー」を使用した。搗精歩合は、はるか二条が75%、その他3品種は70%とした。フクミファイバーは、農研機構が開発した高β-グルカン含有のもち麦品種である³⁾。種麴は(株)ビオック製の黄麴 (*Aspergillus oryzae*)、大豆は中国産丸大豆を使用した。

2. 2 大麦の総デンプン含量分析

AOAC 996.11に準拠した酵素分解法による総澱粉量分析キット(AA/AMG) (K-TSTA-100A, メガザイム社)を用いて分析した。

2. 3 大麦β-グルカン分析

AOAC 995.16に準拠したβ-グルカン分析キット (β-1, 3;-1, 4混合型) (K-BGLU, メガザイム社)を用いて分析した。みその試料には凍結乾燥粉末を用いた。分析のフローを図1に示す。本キットでは、大麦はA法により、みそなどの大麦加工品はB法により測定される。B法では、50%エタノールによる洗浄で加工品に含まれる糖類やオリゴ糖を除去し、高分子量の大麦β-グルカン量を測定する。本報告では、みそ熟成時におけるβ-グルカンの変動を調べるため、両手法により分析し、A法の測定値からB法の測定値を減じた値を、便宜上のβ-グルカン由来オリゴ糖含量とした。なお、みそ試料の測定ではばらつきが大きくなる⁴⁾ため、2回以上測定し平均値を算出した。

* 食品・化学部

** 企画支援部

*** 鹿児島大学農学部

A 法 (大麦測定法)**試料採取**

- ↓ 試料中のデンプンの糊化
 - ↓ 酵素 (リケナーゼ) 処理による大麦 β -グルカンのオリゴ糖化
 - ↓ 酵素 (β -グルコシダーゼ) 処理によるオリゴ糖の分解
 - ↓ グルコースの吸光度測定
 - ↓ グルコース標品検量線による濃度換算
 - ↓ 酵素処理前試料中グルコース濃度の減算
- 試料中の大麦 β -グルカン濃度算出

B 法 (大麦加工品測定法)**試料採取**

- ↓ 試料中のデンプンの糊化
 - ↓ 50%エタノール洗浄による糖類やオリゴ糖の除去
 - ↓ 酵素 (リケナーゼ) 処理による大麦 β -グルカンのオリゴ糖化
 - ↓ 酵素 (β -グルコシダーゼ) 処理によるオリゴ糖の分解
 - ↓ グルコースの吸光度測定
 - ↓ グルコース標品検量線による濃度換算
 - ↓ 酵素処理前試料中グルコース濃度の減算
- 試料中の大麦 β -グルカン濃度算出

※本報告では、みそにおける [A 法測定値-B 法測定値] を β -グルカン由来オリゴ糖含量として定義

図 1 β -グルカン分析フロー

2. 4 大麦吸水試験

大麦各 20 g を、複数の穴を開けた 50ml チューブに入れ、水温 25℃の水浴中で浸漬し、水切り後の重量増加分を吸水量として吸水率を算出した。

2. 5 みその小仕込み試験

大麦 3 kg 分を水温 25℃、適宜の時間で吸水させ、蒸煮して使用した。製麴には試験用製麴機 ((株)河内源一郎商店製) を用い、品温 37℃で 21 時間、その後 35℃で 9 時間に設定し、計 30 時間で出麴とした。麴の α -アミラーゼ活性は α -アミラーゼ測定キット (キッコーマン(株)) を用い、グルコアミラーゼ活性は国税庁所定分析法⁵⁾に従い分析した。小仕込み試験は麴歩合 30 歩、塩分は減塩みそでは 4 %、通常塩みそでは 10%とし、約 3 kg で仕込んだ。熟成条件は 25℃とした。

2. 6 小仕込みみその分析

水分は、蒸し麦、麦麴については 105℃で 1 時間、みそについては 135℃で 3 時間加熱乾燥し、重量減少量から算出した。pH はみそ 2 g を 20ml の水に溶解したものを測定した。呈味成分については、麦みそ 5 g を蒸留水 100ml に溶解し、ろ紙(No. 5C)でろ過して分析に供した。塩分はポケット塩分計 ((株)アタゴ製) を用い、グルコース濃度は既報の条件⁶⁾にて HPLC (日本分光(株)製) で分析し、ホルモール窒素はしょうゆ試験法⁷⁾に従って分析した。食味試験は、当所職員等 8 名がみその香り、味、組成について評価した。

2. 7 動物試験

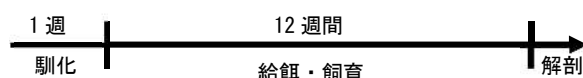
動物実験は「国立大学法人鹿児島大学における動物実験に関する規則」に従って、動物実験委員会の審査・承認(承

認番号: 第 A19011 号) を得て実施した。実験用マウスは、日本エスエルシー株式会社より 5 週齢の C57BL/6NcrSlc マウスを購入した。飼育条件は、23℃、12 時間明暗周期、飼料と水は自由摂食とした。体重測定は週 1 回行った。1 週間の予備飼育期間は全てのマウスに標準食 (ND) と水を与え、予備飼育期間終了後、群分けをして 12 週間の本飼育を行った。また、マウスの糞を予備飼育終了後と実験終了直前に回収した。実験期間終了後、マウスは麻酔で安楽死させ、血清及び肝臓を回収し、各種の解析に用いた。マウス試験は 2 回実施した (図 2)。

1 回目の試験では、標準食 (ND) 群、西洋食 (WD) 群、西洋食に各種凍結乾燥粉末みそを 5 % 添加した各群として市販米みそ (RM) 群、市販鹿児島みそ (BM) 群、フクミファイバー減塩みそ (FML) 群、未発酵フクミファイバー減塩みそ (UFML) 群の合計 6 群で実施した。UFML には、FML に用いた蒸麦・蒸大豆・食塩を同配合で混合し粉末化したものを用いた。

2 回目の試験では、標準食 (ND) 群、西洋食 (WD) 群、西洋食に各種粉末みそを 2.6 % (日常生活において摂取可能なみその量に相当⁸⁾) 添加した各群としてダイシモチみそ (DM) 群、ダイシモチ減塩みそ (DML) 群、フクミファイバー減塩みそ (FML) 群の合計 5 群で実施した。

各試験用みそ粉末は定法により栄養成分を分析した。その分析値をもとに、WD 群とみそ添加群で飼料中のタンパク質・脂質・炭水化物量が一定になるよう、カゼイン、大豆油、コーンスターチの配合量を調整した。マウスは各群 4 匹、標準食給餌による 1 週間の馴化後、各飼料を 12 週間与えて飼育し、その後解剖した。既報⁹⁾に従い、糞便の腸内細菌叢の解析、血清生化学的指標の測定、肝臓の組織形態学分析を実施した。

試験スケジュール**試験区分**

1 回目	
ND 群 :	標準食
WD 群 :	西洋食 (高脂肪・高糖食)
RM 群 :	WD+市販米みそ
BM 群 :	WD+市販鹿児島みそ
FML 群 :	WD+減塩もち麦みそ (フクミファイバー)
UFML 群 :	WD+FML の未発酵原料
2 回目	
ND 群 :	標準食
WD 群 :	西洋食 (高脂肪・高糖食)
DM 群 :	WD+もち麦みそ (ダイシモチ)
DML 群 :	WD+減塩もち麦みそ (ダイシモチ)
FML 群 :	WD+減塩もち麦みそ (フクミファイバー)

図 2 動物試験計画

3. 結果と考察

3. 1 原料大麦のβ-グルカン含量

みその製造に供した大麦について、大麦β-グルカン含量を測定した結果を図3に示す。通常、麦みその原料として広く利用されているうるち麦2種（はるか二条、マンネンボシ）の平均値に比べ、ダイシモチは約1.5倍、フクミファイバーは約3倍の大麦β-グルカンを含んでいた。これらもち麦を利用することで、みその大麦β-グルカン含量の増加が期待でき、特に麦麴の使用割合が大きい鹿児島みそにとって、その増加寄与は大きいと考えられた。

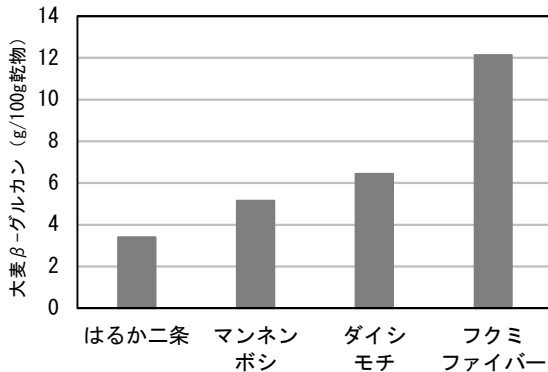


図3 原料大麦β-グルカン含量

3. 2 もち麦の吸水特性ともち麦減塩みその製造

みその製造において、麴原料の吸水率は、その後の麴やみその品質に大きく影響する。また、減塩製法²⁾を応用する場合、仕込み時の水分を50%以下に抑える必要があり、麴の水分が重要となる。一般的に、大麦の吸水率を38~42%にすることで麦麴を理想的な水分にできる¹⁰⁾。

そこでまず、水温25℃における各大麦の浸漬時間と吸水率の関係を測定した(図4)。その結果、はるか二条とマンネンボシは目標吸水率に達するまでに90分を要したが、ダイシモチとフクミファイバーは45分であった。

次に各大麦を適宜の時間で浸漬し、水切り後に蒸煮し製麴を行った。その結果、すべての大麦で蒸し麦水分が38~40%、出麴水分が33~36%となり、理想的な水分状態¹⁰⁾が得られた。これにより、もち麦を使用しても仕込み時の水分を抑えることができ、塩分を4%まで低減しても微生物汚染なくみその製造が可能であった。

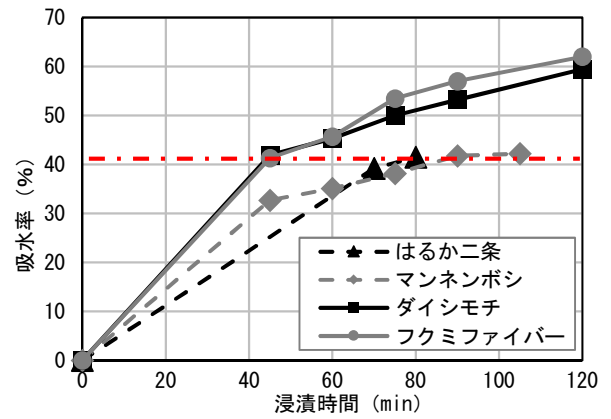


図4 大麦の浸漬時間と吸水率

3. 3 もち麦減塩みその特性

もち麦の利用が麴の酵素活性やみその食味、大麦β-グルカン含量に与える影響を検討するため、各大麦で製造した減塩鹿児島みその分析を行った(表1)。麴のα-アミラーゼ活性およびグルコアミラーゼ活性は、原料による明確な差異が認められなかった。一方、みその大麦β-グルカン含量は、マンネンボシみそに比べて、ダイシモチを使用することで約2倍、フクミファイバーでは約7倍に増加した。さらに、β-グルカン由来オリゴ糖含量も、もち麦を使用したみそで増加しており、原料の大麦β-グルカン含量の影響が示唆された。

呈味成分では、塩味を示す塩分、酸味の指標となるpH、旨味を示すホルモール窒素の数値について、3種のみそで大きな差異は認められなかった。しかし、甘みを示すグルコース含量はフクミファイバーみそで10.5%と低く、やや甘みに欠ける結果であった。一方、ダイシモチみそは、通常の麦みそと全く遜色なく、β-グルカンを強化しつつも、甘みが強く麦麴の香り豊かな鹿児島みその特徴を引き出していた。

フクミファイバーは、大麦β-グルカン含量を高めると同時にデンプン合成が抑制される遺伝子変異を伴っているため^{3) 11)}原料大麦の総デンプン含量は45%で、マンネンボシの64%、ダイシモチの60%に比べて低かった。このことから、みそにおけるグルコース含量が低くなったと考えられた。

表1 各大麦を用いた麦麴および減塩鹿児島みその分析結果

	麴		みそ						
	α-アミラーゼ活性 (U/g 乾物)	グルコアミラーゼ活性 (U/g 乾物)	大麦β-グルカン (g/100g 乾物)	β-グルカン由来オリゴ糖 (g/100g 乾物)	水分 (%)	塩分 (%)	pH	ホルモール窒素 (mg/100g)	グルコース (g/100g)
マンネンボシ	906	106	0.5	4.2	46.9	4.4	5.7	459	18.2
ダイシモチ	962	103	1.2	5.0	44.9	4.6	5.5	479	18.5
フクミファイバー	1193	108	3.8	6.5	46.7	4.4	5.6	514	10.5

3. 4 みその熟成時における大麦β-グルカンの変動

みその発酵過程での大麦β-グルカンの変動を確認するため、熟成中の麦みそを仕込み日から各週経過後に採取し、β-グルカン含量を測定した。特にフクミファイバー減塩みそでの結果を図5に示す。分析の結果、熟成に従い大麦β-グルカンが減少すると同時に、β-グルカン由来オリゴ糖が増加し、これらの合計値は31週経過したみそでも減少しなかった。この傾向は、塩分や大麦品種を変えたみそにおいても確認された。このことから、大麦β-グルカンが麴のβ-グルカナナーゼ¹²⁾によって分解され、低分子化してオリゴ糖が生成していると考えられた。また、黄麴のβ-グルコシダーゼ活性はわずかである¹³⁾ため、オリゴ糖の分解が進みにくいことが推察された。通常、鹿児島みそは25℃4週間程度熟成され、賞味期限は6か月間に設定されるが、今回の分析結果から、賞味期限まで常温保管してもβ-グルカン由来オリゴ糖は残存することが示唆された。

大麦β-グルカンは、低分子化により腸内菌叢改善に伴う生理活性が高まるという報告¹⁴⁾もあり、発酵による機能性の強化が期待できる。ただし、今回のβ-グルカン由来オリゴ糖の分析値にはβ-グルコシド結合を有するオリゴ糖がすべて含まれる。黄麴はセルラーゼ活性もわずかに示す¹³⁾ため、セルロース由来オリゴ糖の存在も否定できない。これらオリゴ糖の分子量や分子種の組成については、今後の詳細な分析が必要である。

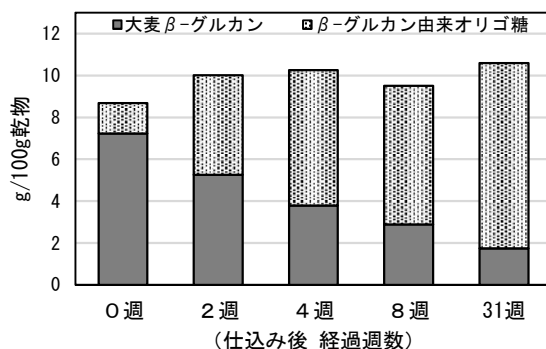


図5 もち麦減塩みそ熟成時のβ-グルカン変化

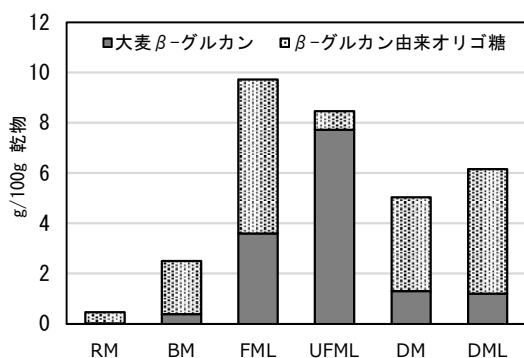


図6 動物試験みそのβ-グルカン含量

3. 5 動物試験に供したみそのβ-グルカン含量

大麦β-グルカンやβ-グルカン由来オリゴ糖を含む鹿児島みその整腸作用、また「もち麦」と「減塩」の応用が整腸作用に及ぼす効果を検討するため、動物試験を実施した。各試験用みそのβ-グルカン組成を図6に示す。米みそ(RM)では大麦β-グルカンは検出されず、β-グルカン由来オリゴ糖がわずかに検出されたが、これは3.4で述べたようにセルロース由来のオリゴ糖と考えられる。一方、市販鹿児島みそ(BM)を含むすべての麦みそでは大麦β-グルカンが検出された。さらに、もち麦を原料としたみそ(FML, DM, DML)では、大麦β-グルカンおよびβ-グルカン由来オリゴ糖が増加しており、表1の結果を反映している。特にFMLについては、未発酵原料(UFML)と比較すると、大麦β-グルカンが減少しオリゴ糖が増加しており、この変動は図5の結果とも一致していた。

3. 6 鹿児島みそによる腸内細菌の変化

1回目の動物試験におけるマウス腸内細菌組成を図7に示す。各マウス群で腸内細菌の組成に違いが見られ、特にFML群ではFirmicutes門細菌の減少とBacteroidetes門の増加が顕著であった。Firmicutes門は肥満マウスで優勢な細菌群、Bacteroidetes門は痩せマウスで優勢な細菌群とされ、その相対存在量比(F/B比)は肥満の指標となる¹⁵⁾。

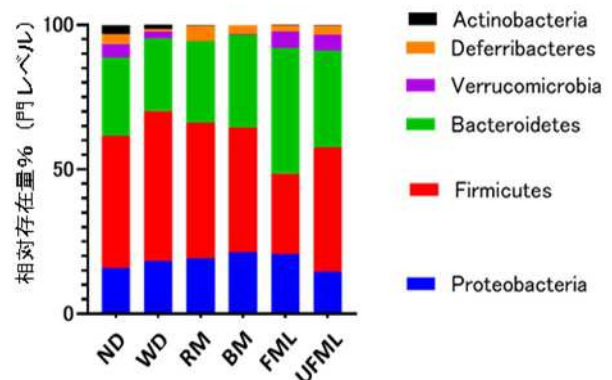


図7 マウス腸内細菌組成に対する各みその影響

各マウス群におけるF/B比を図8に示す。標準食のND群に比べて、高脂肪・高糖食のWD群で増加する傾向が見られ、WDにみそを添加した各群すべてでWD群より低下する傾向があった。この傾向はRM群>BM群>UFML群>FML群の順で、特にFML群は有意差が認められた。

次に、コレステロール低下に関与するBacteroides acidifaciens種の相対存在量を図9に示す。ND群に比べWD群で低下する傾向が見られ、WDにみそを添加した各群すべてでWD群より増加する傾向があった。この傾向はFML群>BM群>UFML群>RM群の順で、特にFML群は有意差が認められた。また、腸内の有機酸産生に関わる菌の相対存在量を図10に示す。乳酸産生に関わるLactobacillus属は、WD群に比べてFML群とUFML群で増加する傾向が見られた。また、短

鎖脂脂肪酸の一種である酪酸を産生する*Faecalibacterium prausnitzii*種については、BM群とFML群でのみ検出された。

これらの結果から、腸内環境が乱れる西洋食であっても、みそを同時に継続摂取することでその乱れを防ぐ可能性が示された。特に、麦みその摂取が肥満指標を改善し、コレステロール低下に関連する菌や有機酸産生菌を増加させることが示唆された。また、市販米みそより市販鹿児島みそ、さらにもち麦減塩みそで効果が顕著であり、大麦を麹原料として用いることの効果がうかがえた。それに加え、未発酵原料に比べてみそにすることで効果が増大することから、発酵による効果も確認された。これは、図5や図6で示した熟成による大麦β-グルカンの低分子化や、麹菌由来成分の関与によるものと推察された^{16) 17)}。

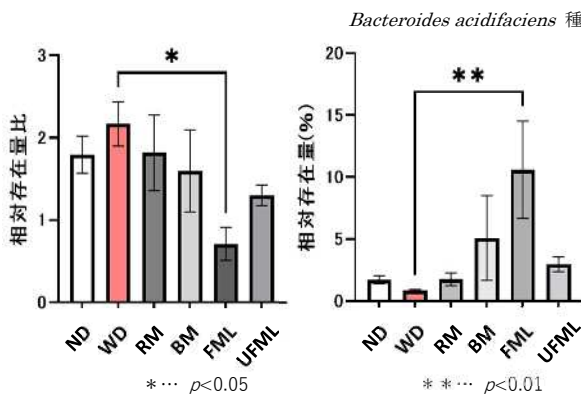


図8 F/B 比に対する各みその影響

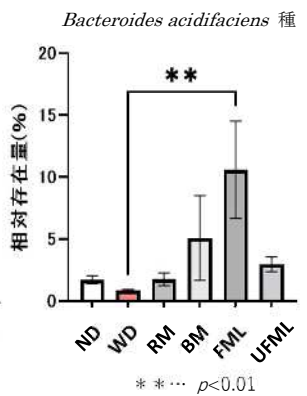


図9 *B. acidifaciens* 相対存在量に対する各みその影響

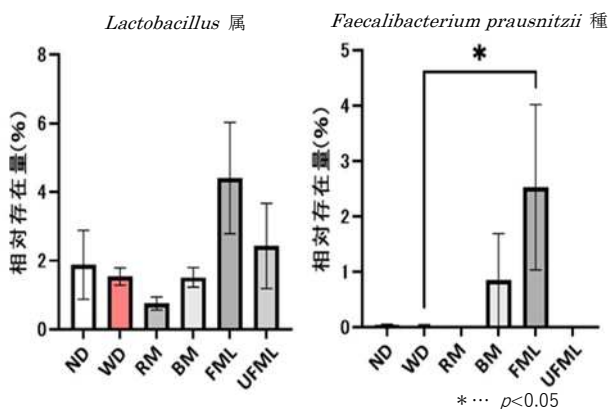


図10 有機酸産生菌の相対存在量に対する各みその影響

3. 7 もち麦鹿児島みその脂質代謝改善・抗炎症機能

2回目のマウス試験では、みその塩分やもち麦の品種の影響を検討するため、各種もち麦みそを試験に供し、マウス生体への影響を中心に分析した。また、飼料へのみそ粉末添加量を1回目の試験の5%から2.6%に減らして検討した。マウス肝臓脂肪率の結果を図11に示す。ND群に比べてWD群で有意に増加し、DM群、DML群、FML群すべてにおい

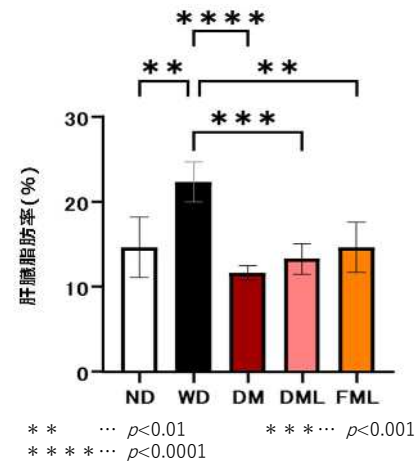


図11 肝臓脂肪率に対する各みその影響

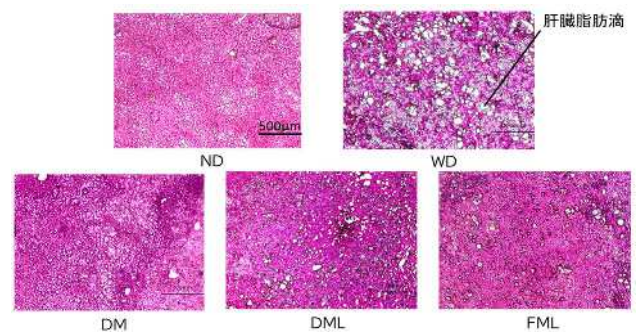


図12 マウス肝臓脂肪滴に対する各みその影響

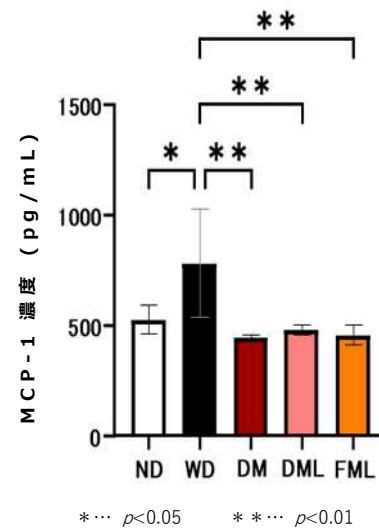


図13 血清MCP-1濃度に対する各みその影響

てWD群との比較で有意に減少した。マウス肝臓組織切片の顕微鏡写真(図12)では、ND群に比べてWD群で白色の脂肪滴が増大したが、DM群、DML群、FML群すべてにおいて、WD群からの減少が確認された。また、肝臓の炎症指標となる血清MCP-1濃度を図13に示す。ND群に比べてWD群で有意に上昇し、DM群、DML群、FML群すべてにおいてWD群との比較で有意に低下した。

これらの結果から、肝臓の脂肪増加や炎症を引き起こす西洋食であっても、もち麦鹿児島みそを同時に継続摂取することでその影響を予防する可能性が示された。3. 6で示したように、みその摂取が腸内細菌叢の改善に寄与し、脂質代謝や炎症の改善につながったと推察される。また、3種のみそ添加群の間には有意差は認められなかったことから、今回試験した範囲での塩分や β -グルカン含量の違いはこれらの機能には大きく影響しないことが示唆された。また、マウス飼料へのみそ粉末2.6%の添加は、ヒトでの摂食量に換算すると毎日1～2杯程度のみそ汁に相当し、日常的な摂取で効果が期待できる。

一方、今回の試験では、塩分が影響を及ぼす血圧や心臓・腎臓の傷害については分析しておらず、みその塩分が身体に与える影響は否定できない。塩分の過剰摂取はこれらの疾病を引き起こす可能性があり、これらの患者にとっては塩分摂取量の制限が必要である。そのため、みそ減塩化のメリットは依然として大きいと考えられる。

4. 結 言

本研究では、「もち麦」と「減塩」を応用した鹿児島みその製造とその整腸作用について検討し、以下のことが明らかにになった。

- (1) もち麦は、うるち麦に比べて吸水が早く、吸水時間を調整することで減塩鹿児島みその原料として適用できた。
- (2) もち麦を使用することで、うるち麦みそに比べて大麦 β -グルカン含量をダイシモチで約2倍、フクミファイバーで約7倍に増加させることができた。
- (3) みその熟成により、大麦 β -グルカンの低分子化と β -グルカン由来オリゴ糖の増加が確認された。
- (4) 鹿児島みその摂取は、コレステロール低下や有機酸産生に関わる腸内細菌の増加を促進し、腸内環境の改善に寄与する可能性が示された。
- (5) もち麦鹿児島みその摂取は、腸内環境の改善に伴う脂質代謝の改善や抗炎症作用に寄与する可能性が示された。

(4)や(5)の整腸作用には、大麦 β -グルカンの含有や熟成時の低分子化によるオリゴ糖の生成、麹菌由来成分の関与が示唆された。今後、麹菌の有無や熟成期間の違い、多糖類構成成分の詳細な解析により、これらのメカニズムの解明が必要である。

また、減塩により摂取量を増やすことで、大麦 β -グルカンやオリゴ糖などの機能性成分をより多く摂取できる可能性がある。さらに、塩分を制限している消費者にとっても、鹿児島みそは腸の健康に良い食品として有望な選択肢となり得ると考えられる。

謝 辞

本研究は、(公財)かごしま産業支援センター令和4年度新産業創出ネットワーク事業において結成された「鹿児島みそワーキンググループ」を中心に進められました。メンバーである鹿児島県味噌醤油工業協同組合、鹿児島県醤油醸造協同組合、吉村醸造株式会社、竹之内穀類産業株式会社の皆様には多大なご協力をいただきました。大麦の総デンプン含量分析は、竹之内穀類産業株式会社にご協力いただきました。また、鹿児島大学南九州・南西諸島域イノベーションセンター 瀬戸口眞治氏には、貴重なご助言と専門的なアドバイスをいただきました。皆様のご尽力に心より感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 全国味噌工業協同組合連合会：種類別出荷数量（2000-2023）
- 2) 加藤由貴子，下野かおり，安藤義則，松永一彦：鹿児島県工業技術センター研究報告，**34**，12-15（2020）
- 3) 農研機構 https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/ward/2018/warc18_s11.html
- 4) 加藤妙子，小川由高，磯部賢治：中央味噌研究所研報**42**，4-8（2022）
- 5) 第四回改正国税庁所定分析法注解，（財）日本醸造協（1993）
- 6) 松永一彦，下野かおり，瀬戸口眞治：鹿児島県工業技術センター研究報告，**25**，9-14（2011）
- 7) しょうゆ試験法，（財）日本醤油研究所（1985）
- 8) 都築毅：日本醸造協会誌，**112**（9），598-607（2017）
- 9) Keyu Chen, Kun Xie, Zhuying Liu, Yasushi Nakasone, Kozue Sakao, Md. Amzad Hossain, De-Xing Hou：Nutrients，**11**（6），1225（2019）
- 10) 全国味噌技術会：新・みそ技術ハンドブック，74-77（2006）
- 11) 塔野岡卓司，河田尚之，荒木均：育種学研究 **20**:144-150（2018）
- 12) 松田茂樹：日本醸造協会誌，**96**（8），520-525（2001）
- 13) 白石洋平，竹浦滯，奥津果優，吉崎由美子，二神泰基，玉置尚徳，和久豊，高峯和則：日本醸造協会誌，**116**（1），39-48（2021）
- 14) S.Aoe, K.Mio, C.Yamanaka, T.Kuge：Nutrients，**13**，130（2021）
- 15) Turnbaugh P J, Ley R E, Mahowald M A, Magrini V, Mardis E R, Gordon J I: Nature **444**，1027-31（2006）
- 16) 北垣浩志ら：生物工学会誌，**97**（4），182-184（2019）
- 17) 加藤範久ら：生物工学会誌，**97**（4），178-181（2019）