SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

Effects of Type of Rice on Saccharification and Palatability of Koji Amazake

メタデータ	言語: jpn
	出版者:
	公開日: 2021-12-20
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 鈴木, 絢子, 村上, 陽子
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00028504

米の種類が麹甘酒の糖化および食嗜好性に及ぼす影響

Effects of Type of Rice on Saccharification and Palatability of *Koji Amazake*

鈴木　絢子[1]，村上　陽子[1]
Ayako SUZUKI and Yoko MURAKAMI

（令和 3 年 11 月 30 日受理）

ABSTRACT

Foundational to Japanese cuisine are fermented foods that utilize microorganisms. *Koji amazake,* which is made from rice and rice malt, has been attracting attention in recent years for its nutritional benefits. *Koji amazake* contains no alcohol and can be consumed by people of all ages. In addition, it has a natural sweetness and no added sugar. However, the composition and palatability of *koji amazake* have not been thoroughly investigated. In this study, the effects of the ingredients on the composition of and preference for *koji amazake* were investigated. Sugar content, maltose concentration, and glucose concentration of *koji amazake* differed depending on the type of rice used and saccharification time. It was found that the type of rice affected the taste, texture, and appearance of *koji amazake*, resulting in different food preferences. These results suggest that type of rice has a significant effect on the composition of and food preference for *koji amazake*.

１．はじめに

我が国の食文化は，微生物を利用した発酵食品によって支えられている。微生物を利用した伝統的な食品として，甘酒が挙げられる。甘酒には，米麹を用いるもの（麹甘酒）と，酒粕を用いるもの（酒粕甘酒）の２種類に大別される。前者は，米麹と米（炊飯米）と水を材料とする。米麹の糖化酵素によって米デンプンからグルコースが生成されるため，自然な甘味を呈し[1)]，砂糖添加は不要である。また，麹甘酒はアルコールを含まないという特徴を有する。一方，酒粕を用いる甘酒（酒粕甘酒）では，砂糖を添加して甘味をつけ，アルコール分を飛ばして飲用される。いずれもアミノ酸やビタミンなどが豊富に含まれていることから[2) 3)]，甘酒の機能性に関する研究[4) 5)]や栄養補給飲料としての開発研究[6)]などが報告されている。

麹甘酒は千年を越える歴史を有し[7)]，「日本書紀」にその記載がある[3)]。米麹甘酒は，古くから疲労回復や熱中症防止の飲み物として親しまれており，江戸時代には健康に良い栄養飲料として飲まれていた記録がある[8)]。また，飲み物として嗜好される以外にも，砂糖やみりんなどに代わる調味料としての活用も期待されている。

さらに近年の研究により，麹甘酒にはソホロースやゲンチオビオース，ラフィノースなどの

[1] 家政教育系列

難消化性のオリゴ糖に加えて，イソマルトースやトレハロースなど生理的・構造的に多様な糖類が含まれていることが報告されており，栄養効果・健康効果の面でも注目を集めている[1) 3)]。しかし，その調製方法は経験によるところが大きく，科学的な検証はほとんど行われていないのが現状である。また，近年では材料を工夫することによって様々なレシピが提供されているが，その成分組成や嗜好性については詳細に検討されていない。

麹甘酒の米について着目すると，我が国には多種多様の米が存在する。その一つに古代米がある。古代米とは，古代の稲の特徴を色濃く残したもので，生育に際して病害に強く，少肥で済むため，環境への負担が少ない[9)]。栄養面では，ミネラルが豊富で，抗酸化作用を有することなどから健康増進への期待もされている[9)]。古代米の中には，赤や黒などの色を呈する有色米があり，健康効果や見た目の美しさから注目されている。有色米（色素米）とは，糠層，すなわち，玄米の種皮と果皮のいずれか，または両方に赤色系色素または葉緑素が含まれるものをいい，タンニン系赤色色素を持つ「赤米」，アントシアン系で黒色に近い紫黒色の色素をもつ「紫黒米」などがある[9)]。有色米の色や栄養的特徴を生かすには，玄米のまま用いるのが理想的である[10)]。

玄米とは，収穫された籾米から籾殻のみを除去した状態の米であり，糠層（果皮，種皮，糊粉層），胚乳，胚芽で構成されている[11)]。玄米から糠層を十分に除去した状態の米が，精白米である[12)]。玄米の糠層と胚芽には，食物繊維やビタミン，ミネラルが豊富に含まれていることから，玄米は精白米に比べて栄養価が高いといわれている[13) 14)]。また，有色米・白色米（白米）の別によらず，玄米にはγ-アミノ酪酸など生体調節機能成分が多く含まれていることから[15)]，生活習慣病予防などの機能性にも優れており[16) 17) 18) 19)]，健康増進に寄与すると考えられる。一方，玄米の果皮・種皮にはセルロース，ヘミセルロース，リグニンなどの消化性の悪い成分が含まれているため[13) 20)]，果皮は軟化しにくく，玄米飯には硬さやぼそぼそ感が残り，食味が白米より劣る[21) 22)]。

食味の低さは利用の低さにも繋がっており，農林水産省の「食料品消費モニター調査」（平成18年度）[23)]では「購入している米の種類」を玄米とした人は全体で24%であり，玄米の利用率は低いのが現状である。さらに，有色米を含む古代米は，食味の点で白米と比べて劣るため[9)]，炊飯時に精白米に少量添加して用いられることが多い。JA総合研究所の調査（平成20年度）[24)]で「日常食べる米以外に買い置きしている米」として古代米・赤米・黒米は11.5%であり，玄米・胚芽米23.8%より低く，大半が「日常食べる以外の米（精白米）以外は利用（買い置き）しない」と回答しており，日常的な利用は行われていないといえる。

加えて，米は，デンプン組成，すなわち，アミロースとアミロースペクチンの含量により，種類が分けられる。アミロースを含まずアミロペクチンのみから成るものを「モチ種（モチ米）」，アミロースとアミロペクチンを含むものを「ウルチ種（ウルチ米）」という[25)]。モチ種は，餅やおこわなどの料理に加えて，みりんの原料などに使用され，ウルチ種より糖化されやすい性質があるといわれている[26)]。

ウルチ種は，我が国では一般に主食用に栽培されており，その多くがアミロース含量15～20%の中アミロース米である（コシヒカリ，キヌヒカリなど）[27)]。近年，食味改善のために低アミロース化を目指す研究が進み，一般品種（中アミロース米）とモチ種の中間的な性質を示す低アミロース米（アミロース含量５～15%）が開発・育成されている（例：ミルキークイーン（アミロース含量10%），桑小町（アミロース含量12%）など）[27) 28)]。また，多用途利用の促進に向けて，粘りが少なくピラフや米利用に向く高アミロース米（ホシユタカ（アミロース

含量 28%)，夢十色（アミロース含量 28%)）等の品種育成が進展している[28]。麹甘酒について，一般的にはアミロペクチン含量の高いモチ種を用いた方が甘味が強いといわれているが[29]，詳細な報告は殆どない。

そこで本研究では，米のデンプン組成，搗精度（精製度），色素成分（有色米，白米）に着目することとし，これら米の違いが麹甘酒の物理特性と食嗜好性に及ぼす影響について検討することとした。

２．方法

本研究では，材料である米が麹甘酒の成分や食嗜好性に及ぼす影響について，①米のアミロース含量（モチ種，ウルチ種)，②搗精度（玄米，精白米)，③色素成分（有色米，白米）の観点から，検討することとした。

（１）材料

米はジャポニカ型のモチ種，またはウルチ種を用いた。麹は乾燥米麹（みやここうじ，伊勢惣)，水は蒸留水を用いた。米麹は，箱盛り板麹を粒単位にほぐしたバラ麹を用いた。

１）アミロース含量

米のアミロース含量の影響を検討するために，アミロース含量の異なる７種類の米(精白米)を用いた。アミロースを含まない米（モチ種）としてヒヨクモチ（佐賀県産)，こがねもち（新潟県産)，低アミロース米としてミルキークイーン（静岡県産)，さわぴかり（群馬県産)，中アミロース米としてキヌヒカリ（滋賀県産)，ひとめぼれ（岩手県産)，高アミロース米として，とおせんぼ（徳島県産）である。低アミロース米，中アミロース米，高アミロース米はいずれもウルチ種である。アミロース含量は，JULIANO の簡易ヨード比色定量法[30]により測定した。

２）搗精度

米の搗精度（精製度）の影響を検討するために，玄米と精白米を比較した。試料は，中アミロース米であるキヌヒカリ（滋賀県産）とした。米は玄米の状態のまま４℃で貯蔵し，実験時に精米機（匠味米 MB-RC02SW，山本電機）を用いて 90%精白したものを用いた。

３）有色米

米には糠層に赤や黒などの色がついた「有色米」という品種がある。本研究では，有色米４種類と白米（白色米）１種類を比較することとした。赤色を呈する赤米として，純系日本赤（ウルチ種，岐阜県産)，古代赤（ウルチ種，群馬県産)，黒色を呈する紫黒米として，おくのむらさき（ウルチ種，山形県)，紫黒苑（モチ種，山形県産)，色を有しない白米（白色米）としてキヌヒカリ（ウルチ種，滋賀県産）について，いずれも玄米のまま用いた。

（２）調製方法

麹甘酒の調製には KAMOSICO（タニカ電機）を用いた。材料の配合割合は，参考文献[31][32]や上記甘酒調製機器に記載されている調製方法を参考にした。器具類は滅菌したものを使用した。

米 75g を蒸留水で５回すすぐように洗い，米の５倍量の蒸留水を加えて，常温にて 30 分間吸水させ，おかゆモードで炊飯した（マイコン炊飯ジャー極め炊き NS-WB10-CA，ZOJIRUSHI)。炊飯後，炊いた粥全量を保温容器に入れ，滅菌水 100ml を加えて撹拌し，全体の温度が 60℃にな

ったら麹を 100g 入れてよく混ぜた。機器本体（KAMOSICO）に材料が入った容器を入れて，60℃で保温した。２時間ごとに無菌的に攪拌し，成分測定のため試料を採取した。

（３）成分の測定方法

成分の測定は，各試料につき５回ずつ計測した。糖度，マルトース濃度，グルコース濃度について，それぞれ糖度計（PAL-S，ATAGO），麦芽糖濃度計（PAL-20S，ATAGO），ブドウ糖濃度計（PAL-15S，ATAGO）を用いた。また，上記に加えて，糖化による米の性状の変化を目視により観察した。

（４）洗米および浸漬による吸水率の測定

米の吸水率の測定は，早渕らの方法[33]に準じた。米粒 20.0g を 50ml ビーカーに入れて実験前日に準備し，実験直前まで 20℃にて保存した。洗米および浸漬に用いる蒸留水は，通年の平均温度を考慮して 20℃のものを使用した。浸漬はクールインキュベーター（CN-25C，三菱電気エンジニアリング）を用いて 20℃で行った。

米粒 20.0g の入ったビーカーに蒸留水 40ml を加え，ガラス棒を用い同一人が手動式で洗米条件が一定になるように１分間撹拌した後，速やかに換水した。本操作を３回繰り返した後，ザルに入れて水気を切り，濾紙で迅速に米粒表面の付着水を除去し，洗米直後の吸水重量を測定した。これをビーカーに移して米粒が十分浸漬できる程度の蒸留水 40ml を加え，浸漬を開始した。浸漬時間は，玄米は 120 分までは 10 分ごと，その後 72 時間まで測定した。精白米は 120 分までの吸水率を 10 分ごとに測定した。実験誤差を少なくするため，浸漬開始時および浸漬終了時における米粒表面の付着水の拭き取りは，同一人が濾紙で米粒内部の水分を吸い出さないように速やかに水分除去操作を行った。その後，米重量を測定し，吸水率を算出した。この実験を５回繰り返して，各測定値の平均を算出した。吸水率は，次式により求めた。

吸水率（%）＝（浸漬後の米粒重量―水洗前の米粒重量）×100／水洗前の米粒重量

（５）官能評価

麹甘酒の食嗜好性を官能評価により検討した。60℃で８時間糖化した麹甘酒を試料として，識別試験と嗜好試験を行った。被験者は，静岡大学教育学部食物学研究室６名とした。評価は，日光の入らない部屋で行い，室温 20～24℃に保持し，照度は 1000lx の環境とした。

識別試験は，麹甘酒の色，米のつぶつぶ感，香り，のどごし，甘さ，後味，風味の７項目について，５段階尺度法により評価を行った。尚，香りとは，食品を口腔に入れる前に直接嗅細胞で感知したもの（aroma），風味とは，食品を口腔に入れた後に，嚥下作用とともに口腔から鼻咽喉を通って刺激され，味と一体となって感じられる感覚（口中香：flavor）を示す[34]。被験者には，試験実施前にこれらについて口頭にて説明を行った。嗜好試験では，上記評価項目に総合評価の項目を加えた８項目について，「とても好ましい」から「全く好ましくない」まで５段階尺度法により評価を行ってもらった。また，自由記述欄を設けた。

（６）統計処理

物理特性について，得られたデータは t 検定，tukey 法により統計的に分析した。官能評価

について，パネル判定の一致性は Friedman の検定，試料間の有意差は t 検定，tukey 法，Newell&MacFarlane の順位法により求めた。

３．結果および考察

（１）米のアミロース含量が麹甘酒の糖度に及ぼす影響（モチ種とウルチ種）

１）アミロース含量

米はデンプン組成の違いにより，モチ種とウルチ種に大別される。麹甘酒の甘さはグルコースに由来する[1]といわれていることから，糖に分解されやすいデンプン（アミロペクチン）を多く含むモチ種の方が甘い甘酒ができるといわれている[29) 35)]。そこで，アミロース含量に着目し，アミロースを含まないモチ種（ヒヨクモチ，こがねもち），低アミロース米（ミルキークイーン，さわぴかり），中アミロース米（キヌヒカリ，ひとめぼれ），高アミロース米（とおせんぼ）を用いて甘酒を調製し，生成糖量や食嗜好性を比較することとした。

図１にアミロース含量を示す。モチ種はいずれも０％であった。低アミロース米であるミルキークイーンとさわぴかりは約８％であり，両者間に有意差は見られなかった。中アミロース米であるキヌヒカリとひとめぼれは約 19%であり，両者とも低アミロース米より有意に高く，約２倍のアミロース含量を示した($p<0.01$)。高アミロース米であるとおせんぼは，中アミロース米の約 1.5 倍であり，他の米より有意に高かった（$p<0.01$）。

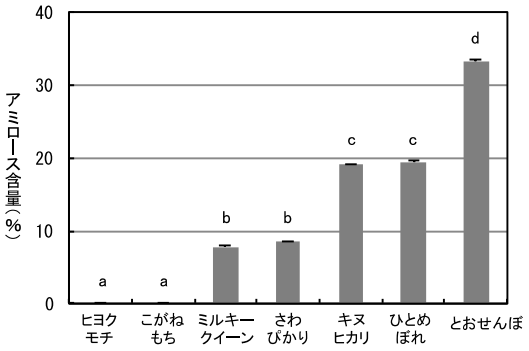

図1　米のアミロース含量

異なる文字は試料間で有意差があることを示す（n=5、$p<0.01$）。

２）アミロース含量が麹甘酒の糖度に及ぼす影響

米のアミロース含量が甘酒の糖度に及ぼす影響を検討した。いずれの米も，時間の経過とともに糖度が増加し，６時間以降平衡に達した（図２）。

品種間の相違をみると，糖化時間が同一の場合，品種によって糖度が異なった。平衡に達した８時間では，モチ種であるヒヨクモチと，低アミロース米（ミルキークイーン，さわぴかり）は，他より有意に高かった。一方，こがねもちはモチ種であるが，他より有意に低かった。

また，ウルチ種のアミロース含量に着目したところ，低アミロース米と並んで，高アミロース米も同程度の高さを示した。こうした傾向は，マルトース濃度，グルコース濃度においても同

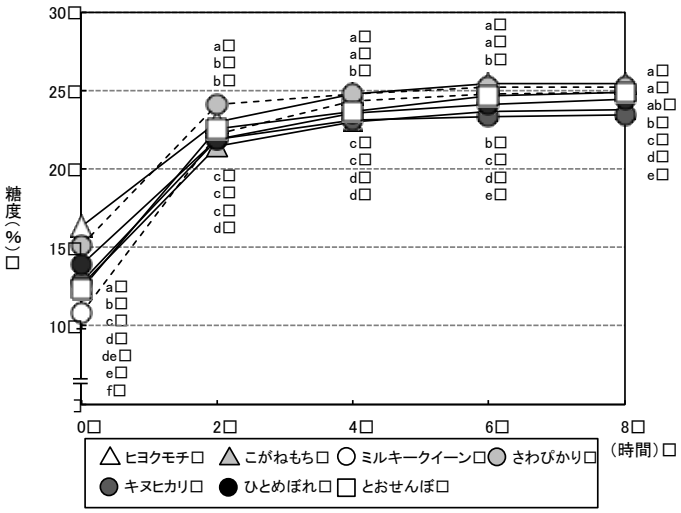

図2　米のアミロース含量が甘酒の糖度に及ぼす影響

有意差は、同一糖化時間における試料間の差異を検討した。
異なる文字は試料間で有意差があることを示す（n=5、$p<0.01$）。

様であった。

麹甘酒の材料である米麹には，糖化に関わる酵素が多く含まれており，その種類として，α-アミラーゼ，α-グルコシダーゼ，グルコアミラーゼなどが挙げられる[36]。α-アミラーゼは，デンプンのα-1, 4 結合をランダムに加水分解する[37]。α-グルコシダーゼは，典型的な exo-型の糖加水分解酵素で，α-グルコシド結合をもつ基質の非還元末端側からグルコースを遊離させる作用を持つ[38]。グルコアミラーゼもα-グルコシダーゼ同様にグルコースを遊離させるが，生成物のアノマー型が異なり，α-グルコシダーゼはα-グルコースを，グルコアミラーゼはβ-グルコースを生成する[38]。

本研究において，モチ種間で糖化に相違がみられた。モチ種はアミロペクチンのみから成るが，品種によりアミロペクチンの構造（鎖長分布）や餅硬化性が異なることが報告されている[39]。ヒヨクモチとこがねもちの餅硬化性を比較すると，ヒヨクモチは硬化性が低く，こがねもちは硬化性が高いことで知られている[40] [41]。これは，こがねもちのアミロペクチン鎖長の長鎖比が他より高いためと考えられており[42]，同じモチ種であっても品種によって特性は異なる[41]。米麹中の糖化酵素はデンプン（アミロース，アミロペクチン）を分解するが，モチ種の場合にはアミロペクチンに作用するため，その構造が糖化の違いに影響していると考えられる。また，米は，品種以外にも，生産地や栽培年などにより特性が影響を受けるといわれている[41]。

以上のことから，一般的にいわれている「ウルチ米より，モチ米を用いた方が甘い甘酒ができる」というのは，必ずしも当てはまるわけではなく，品種により異なることが示唆された。

（２）米の搗精度が麹甘酒の糖度に及ぼす影響（玄米，精白米）

玄米とは，糠部と胚芽を有する米の状態であり，糠部と胚芽にビタミンや無機質を多く含むため，栄養価が高い[10]。しかし，炊飯米において，糠部分が残る玄米は，糠層の無い精白米に比べて食味的に低下するといわれている[10]。玄米で麹甘酒を調製することにより，果皮の軟化が糖化時間とともに進み，玄米を美味しく摂取することができるようになると考えられる。そこで，米の搗精度の違いが麹甘酒の糖化におよぼす影響について検討した。

玄米と精白米について比較すると，０時間から８時間まで全ての時間帯で精白米が玄米より有意に高かった（図３）。

玄米は精白米と同様の方法で炊飯すると，吸水・糊化が十分行われず，消化吸収も悪いという面もある[21]。そこで，玄米と精白米の吸水率を経時間的に測定した。

玄米の吸水速度は，精白米より有意に遅かった（図４）。精白米が浸漬 30 分後に平衡に達したのに対して，玄米は 360 分後でも吸水率は増加し続けており，両者で相違がみられた。このことから，精白米と同じ浸漬時間では玄米は吸水が不十分であり，それが炊飯時の糊化，および，その

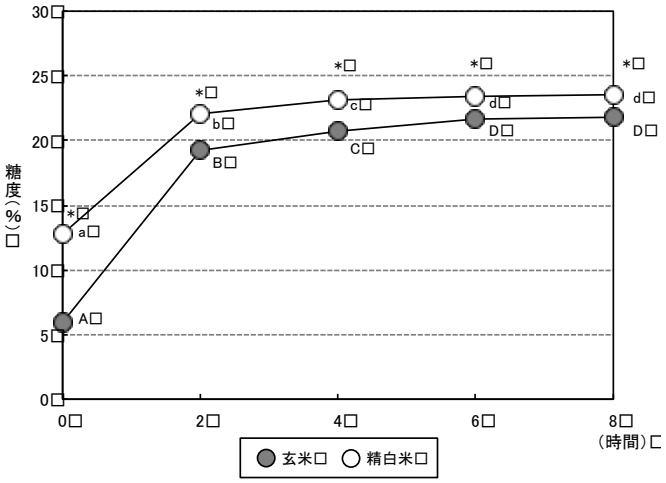

図3　搗精度が甘酒の糖度に及ぼす影響

同一糖化時間における試料間の差異は、t検定により検討した。有意差がある場合は、精白米の上に記した（n=5、＊ $p<0.01$）。
異なる文字は、同一試料における糖化時間による差異を示す（n=5、$p<0.01$）。

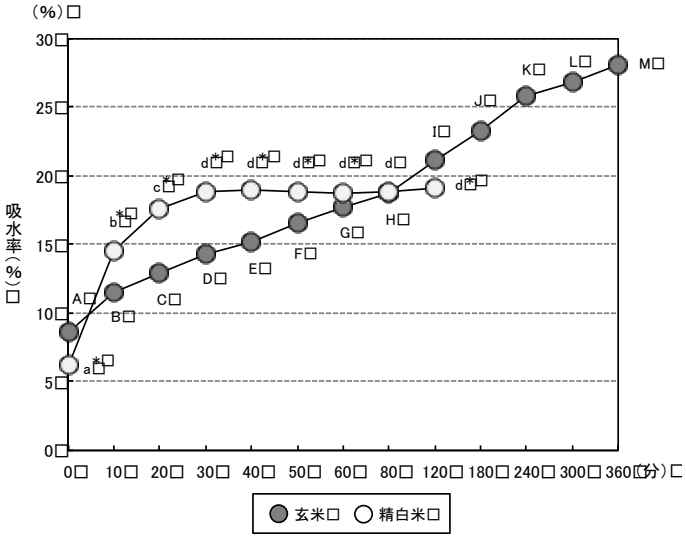

図4　玄米および精白米の吸水率（白米ウルチ種）

同一吸水時間における試料間の差異は、t検定により検討した。有意差がある場合は、精白米の上に記した（n=5、＊ $p<0.01$）。
異なる文字は、同一試料における吸水時間による差異を示す（n=5、$p<0.01$）。

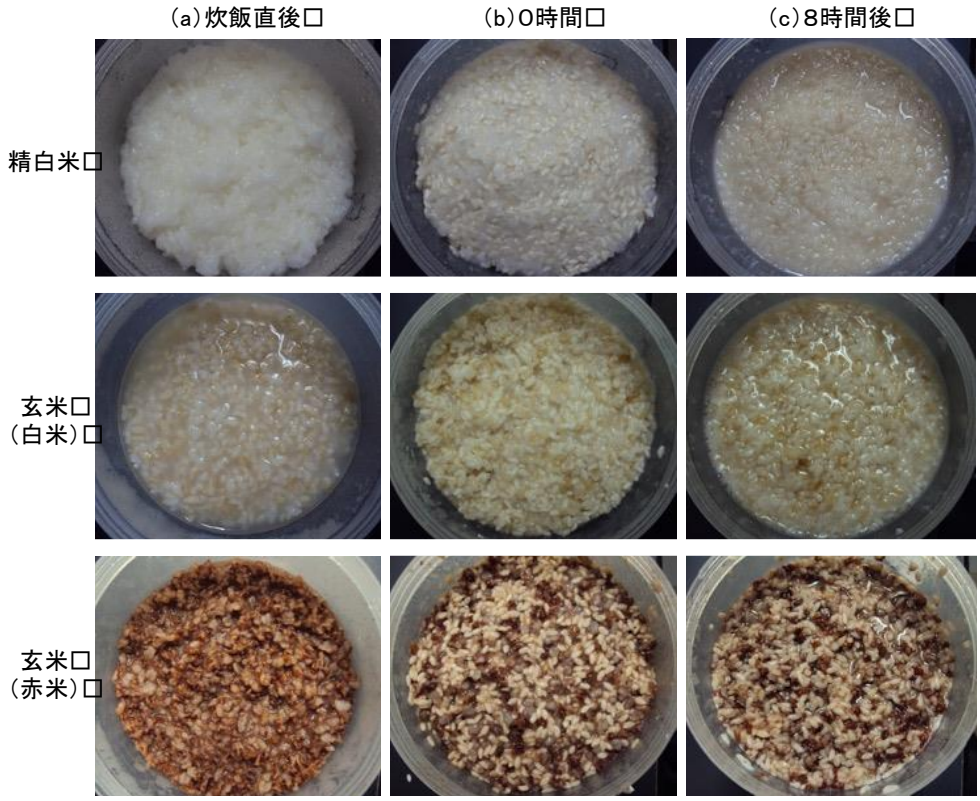

図5　精白米（白米）、玄米（白米、赤米）を用いた麹甘酒

搗精度（精白米、玄米）と種類（白米、有色米）の異なる米を用いて麹甘酒を調製した。
(a)は炊飯直後、(b)は炊飯米と米麹を混ぜたもの（0時間）、(c)は糖化8時間後の結果を示す。

後の米麹による糖化において影響を及ぼすと考えられる。

また，玄米を粥状に炊飯した状態では，精白米の粥に比べて硬く，炊飯米でも米粒の形状が

残っていた。(図５)。米麹を添加後，玄米と精白米いずれも時間の経過とともに軟化が進んでいた。こうした変化は糖度とも関連しており，玄米は０時間から２時間まで糖度の増加速度が精白米よりも有意に大きかった（図３）。

以上のことから，玄米は精白米より糖度は低いものの，米麹の糖化作用により飯粒の軟化と糖化が促進されるといえる。

（３）有色米の種類が麹甘酒の糖度に及ぼす影響（赤米，黒米）

有色米には赤米や黒米などがある。近年では，赤米や黒米などの有色米は，各地で村おこしの材料として生産され，酒や味噌などの加工品が作られるようになっている[27]。本稿では，赤米２種（ウルチ種）と黒米２種（ウルチ種，モチ種）を，白米（ウルチ種）と比較した。

いずれの品種も，時間の経過とともに糖度が有意に増加した（図６）。８時間後を比べると，白米ウルチ種（キヌヒカリ）が最も高く，次いで黒米モチ種（紫黒苑）であり，黒米ウルチ種（おくのむらさき），赤米ウルチ種（古代赤）と続いた（おくのむらさきと古代赤の間で有意差なし）。最も低かったのは，赤米ウルチ種（純系日本赤）であった。

このことから，黒米ではモチ種の方がウルチ種より糖度が高いこと，赤米では品種により糖度が異なることが示唆された。また，ウルチ種に着目すると，白米，黒米，赤米の順で糖度が高かった。

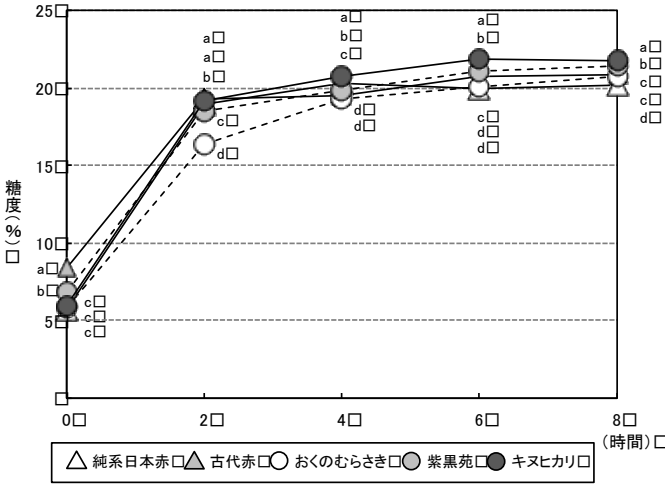

図6　有色米が甘酒の糖度に及ぼす影響

有意差は、同一糖化時間における試料間の差異を検討した。
異なる文字は試料間で有意差があることを示す（n=5、$p<0.01$）。

これは，玄米の構造，すなわち，果皮・種皮の硬さの違いによるものと考えられる。綾部ら[43]は，白米ウルチ種（コシヒカリ）と黒米ウルチ種（おくのむらさき）の玄米米飯の物性を比較し，　同じウルチ種でも硬さが異なることを報告している。その理由として，品種によって果皮や種皮の軟らかさが異なるため，これらが吸水速度に影響を及ぼす[43]と考察している。

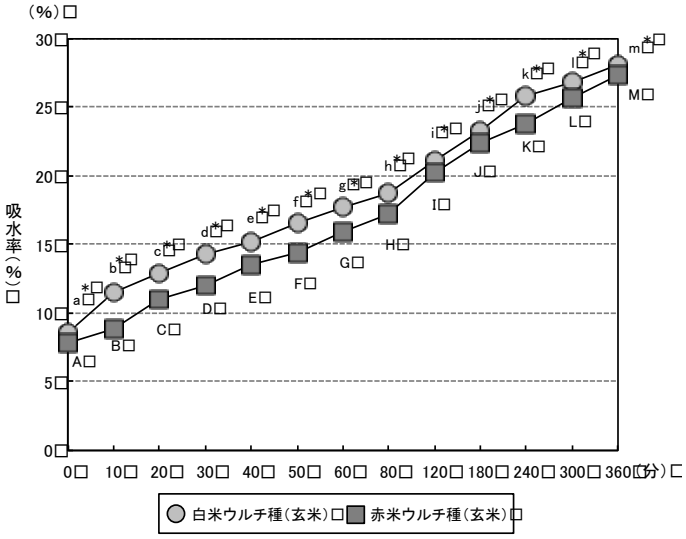

図7　品種の異なる玄米の吸水率（ウルチ種）

同一吸水時間における試料間の差異は、t検定により検討した。有意差がある場合は、白米ウルチ種の上に記した（n=5、＊$p<0.01$）。
異なる文字は、同一試料における吸水時間による差異を示す（n=5、$p<0.01$）。

実際に，白米（キヌヒカリ：ウルチ種玄米）と赤米（古代赤：ウルチ種玄米）の吸水率を比べると，

同一浸漬時間における吸水率は，白米の方が赤米より大きかった（図７）。このことから，炊飯時の吸水が悪いと糊化が進みにくいため，有色素米を用いた場合は白米より糖化が遅いと思われる。

また，有色素米は種皮や果皮にアントシアニンやタンニンなどを含むため，赤色や紫黒色を呈し，作成した甘酒にもその色が反映されていた（図５）。これら色素はポリフェノールの一種であり，抗酸化作用を有すること，その抗酸化活性は加熱や調味料添加によって減少しない[44]ことが報告されている。このことから，有色素米を用いた甘酒は白米よりも糖度（甘さ）が控えめとなるが，抗酸化性などの機能性に優れており，健康効果を有する麹甘酒と考えられる[43]。

（４）麹甘酒の食嗜好性

１）アミロース含量が麹甘酒の食嗜好性に及ぼす影響（モチ種，ウルチ種）

モチ種，ウルチ種，いずれの麹甘酒も，見た目や色，香り，風味，のどごし，甘さ，後味などにおいて高い嗜好性を示した。特に，中アミロース米（ウルチ種）を用いて調製した麹甘酒は，見た目や香り，風味，のどごし，甘さ，後味などの点で，モチ種を用いたものよりも評価が高く，「のみやすい」という評価が得られた。中アミロース米は，我々が日常的に食している米であるため，なじみやすい味やくせのない味・風味が評価されたと考えられる。モチ種は，ウルチ種に比べて，甘さや風味が強いという評価が多かった。糖度の低かった「こがねもち」は，他よりも香りや風味が弱いという評価が多かったが，食嗜好性は高かった。

２）搗精度が麹甘酒の食嗜好性に及ぼす影響（玄米，精白米）

中アミロース米の精白米と玄米で調製した麹甘酒について，精白米は玄米より白く，米のつぶつぶ感が少ないと評価され，食嗜好性は玄米よりも高かった。玄米は，糠層由来の黄褐色を呈しており，精白米に比べて香りが少なかった。風味は，精白米・玄米いずれも「ある」と評価され，高い食嗜好性を示した。精白米は玄米に比べて甘さが強く，のどごしも良いことが評価されており，精白米の食嗜好性が高かった。玄米は果皮の食感が残りやすいが，「米の皮が残るが，味がよい」「食感を楽しみたい甘酒」「噛んで飲む甘酒」などの感想が得られた。このことから，精白米は「飲む甘酒」，玄米は「食べる甘酒」として嗜好されることが示唆された。

３）有色米の種類が麹甘酒の食嗜好性に及ぼす影響（赤米，黒米）

有色米を用いた場合，赤米は赤褐色，黒米は小豆色の色調を呈していると評価された。品種により色調や色の濃淡に差が見られ，黒米はモチ種の方がウルチ種より濃いと評価された。香りはいずれも「ある」と評価され，嗜好性も高かった。また，赤米の方が黒米よりも香りが強く感知されており，自由記述において赤米は「甘い米の香り」「栗の渋皮のような香り」などの記述がみられた。甘味はいずれも「甘い」と評価され，高い嗜好性を示した。味は，赤米は「おいしい」という評価であり，黒米は「独特な味」「渋味がある」「苦味がある」という記述がみられた。総合評価ではいずれの食嗜好性も高かったが，赤米の方が黒米よりも評価が高かった。

有色米の麹甘酒が白米（玄米）や精白米の麹甘酒と比べて見た目や味などが大きく異なるのは，有色米に含まれるポリフェノールが関連していると考えられる。赤米と黒米は，それぞれポリフェノール色素のタンニンとアントシアニンにより独特の色を呈している[45] [46] [47] [48]。三浦ら[49]は，黒豆や小豆のように種皮部分が色素に富んだ豆類の場合，種皮の色素であるアント

シアニンなどのポリフェノールが煮汁へ溶け出し褐色～黒色の煮汁になると報告している。このことから，赤米や黒米に含まれる色素が麹甘酒の調製過程（炊飯や糖化）で溶出すること，黒米は玄米の果皮などに含まれるアントシアニンの渋味などを感じやすく，タンニン系の赤米の方が味や後味が良いといえる。以上より，有色米の色素は，麹甘酒の色調や味などの食嗜好性に影響を及ぼすと考えられる。

４）総合考察

麹甘酒の甘さは，米デンプンから糖化酵素により生成されるグルコースである[1)]。麹甘酒の糖化過程では，デンプンをグルコースに分解するだけではなく，他の糖も生成することが報告されている[1)]。イソマルトースは，麹甘酒中に最も多く含まれるオリゴ糖であり，α-アミラーゼによるデンプンの加水分解とトランスグルコシダーゼによる糖転移により生成され[50)]，清酒中の酷味成分[51) 52)]，ビフィズス菌の増殖促進などの効果などが報告されている[1)]。他の二糖類や三糖類も，トランスグルコシダーゼによって触媒される糖転移によって生成される[53)]。これらのオリゴ糖はシュクロースとは異なる甘味があり[53)]，ゲンチオビオースは麹甘酒の味に重要な苦味[54)]を与えることが報告されている。さらに，グルコースからなる二糖類でも，醸造に使用される微生物により様々な種類が生成される[1)]。たとえば，ニゲロース（α1-3結合），コージビオース（α1-2結合），ゲンチビオース（β1-6結合），ソホロース（β1-2結合），パノースなどの希少な二糖類や三糖類は，物理的性質のみならず生理的機能性にも違いがあり[51)]，健康に役立つとされる[55)]。本研究において，黒米は他の米に比べて渋味や苦味を感じる人が多かったが，これはアントシアニンに加えて，糖化過程で生成される糖類の種類や量に違いがあることも推測される。これについては，今後検討していく必要がある。

４．まとめ

米のアミロース含量や搗精度，種類が麹甘酒の糖度や食嗜好性に及ぼす影響を検討した。

米のアミロース含量に着目すると，糖度は米の品種特性や鎖状の違いによって相違が見られた。一般的に，モチ種で調製した方がウルチ種より甘い麹甘酒ができるといわれているが，米の品種により甘味や味が異なることが示唆された。

米の搗精度による違いを検討した結果，精白米を用いた方が玄米よりも糖度が高かった。このことから，糖度（甘味）の高い麹甘酒をつくるには精白米が適しているといえる。

有色米を用いた麹甘酒は，白米を用いた麹甘酒より糖度が低かったが，有色米特有の色調については食嗜好性が高かった。また，品種により，色調や甘さが異なった。

玄米や有色米は，多様な機能性を有することから，これらを用いた麹甘酒は従来の麹甘酒よりも健康効果が期待される。一方で，玄米由来の果皮の食感や糠層に含まれる色素由来の味や風味は，精白米を用いた麹甘酒とは異なり，評価が分かれる場合がある。そのため，利用者の好みや用途に合わせて米を選択し調製していくことで，米に対する理解を深めるとともに，健康に寄与することが期待できる。

麹甘酒は，米や米麹など我が国の伝統的な食材や発酵食品と関連があり，かつ，調製も容易である。また，米麹を用いた糖化の仕組みについて，文化的・科学的に理解することが可能である。本研究で得られた成果をもとに，食育教材・食文化教材の開発と実践につなげ，麹甘酒や米麹に対する興味関心の向上，家庭での調理機会の増加，食文化理解に繋げていきたい。

引用・参考文献

1）Oguro, Y., Nakamura, A., and Kurahashi, A. : Effect of temperature on saccharification and oligosaccharide production efficiency in *koji amazake*, *J. Biosci. Bioeng*., **127**, 570-574 (2018)

2）辰巳桃子，鮫島由香，松井徳光：米麹の保存状態及び甘酒の塩分濃度がプロテアーゼ活性に及ぼす影響，日本調理科学会誌，52，329-334（2019）

3）Oguro, Y., Nishiwaki, T., Shinada, R., Kobayashi, K., and Kurahashi, A. : Metabolite profile of koji amazake and its lactic acid fermentation product by *Lactobacillus sakei* UONUMA, *J. Biosci. Bioeng*., **124**, 178-183 (2017)

4）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，日本醸造協会誌，102，781-788（2007）

5）住吉和子，中尾美幸：便秘に関する甘酒摂取の効果，日本看護技術学会誌，16，36-40（2017）

6）東原史華，影山志保，太田実，諸岡信久：栄養補給飲料甘酒ミルクの研究，日本家政学会研究発表要旨集，69，3H-1（2017）

7）倉橋敦，中村彩奈，小黒芳史，渡辺賢一，尾崎信紘，後藤博，平山匡男：麹甘酒は健常者の食後血糖およびインスリンの上昇を抑制する有用成分を含有する，日本醸造協会誌，115，43-53（2020）

8）喜多川守貞，類衆近世風俗志：原名守貞漫稿上，（國學院大學出版部東京），第 5 編生業下，164（国立国会図書館デジタルコレクション，http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/991466/89?tocOpened=1（1908）

9）猪谷富雄:赤米・紫黒米・香り米 「古代米」の品種・栽培・加工・利用，農山漁村文化協会，p. 1，p. 14，pp. 31-39（2000）

10）貝沼やす子：お米とごはんの科学，建帛社，p. 16，p. 23（2012）

11）松尾孝嶺，山崎耕宇，星川清親，前田英三，清水正治：稲学大成第 1 巻（形態編），農山漁村文化協会，pp. 64-69（1997）

12）荒木理沙，橋本幸一：表面加工玄米のヒト介入試験による機能性評価：健康に良くておいしい新たな玄米に関する研究，生物と化学，55，345-350（2017）

13）石谷孝佑，大坪研一：米の科学，竹生新治郎監修，朝倉書店，pp. 20-25，pp. 32-34（1995）

14）島田淳子，下村道子：植物性食品 I，朝倉書店，pp. 1-6（1994）

15）Babu, P. D., Subhasree, R. S., Bhakyaraj, R., and Vidhyalakshmi, R. : Brown Rice-Beyond the Color Reviving a Lost Health Food, *Am. Eur. J. Agron*., **2**, 67-72 (2009).

16）Kazemzadeh, M., Safavi, S. M., Nematollahi, S., and Nourieh, Z. : Effect of Brown Rice Consumption on Inflammatory Marker and Cardiovascular Risk Factors among Overweight and Obese Non-menopausal Female Adults, *Int. J. Prev. Med*., **5**, 478-488 (2014)

17）Wang, B., Medapalli, R., Xu, J., Cai, W., Chen, X., Hea, J. C., and Uribarria, J. : Effects of a whole rice diet on metabolic parameters and inflammatory markers in prediabetes, *ESPEN J.,* **8**, 15-20 (2013)

18）Vuksan, V., Jenkins, A. L., Jenkins, D. J., Rogovik, A. L., Sievenpiper, J. L., and Jovanovski, E. : Using cereal to increase dietary fiber intake to the recommended level and the effect of fiber on bowel function in healthy persons consuming North American diets, *Am. J. Clin. Nutr*., **88**, 1256-1262 (2008)

19）Kozuka, C., Yabiku, K., Sunagawa, S., Ueda, R., Taira, S., Ohshiro, H., Ikema, T., Yamakawa, K., Higa, M., Tanaka, H. *et al.*: Brown rice and its component, γ-oryzanol, attenuate the preference for

high-fat diet by decreasing hypothalamic endoplasmic reticulum stress in mice, *Diabetes*, **61**, 3084-3093 (2012)

20）渋谷直人：米の細胞壁の化学構造と品質，日食工誌，37，740-748（1990）

21）栗田寛子，寺本あい，治部祐里，田淵真愉美，渕上倫子：玄米飯の物性と微細構造，日本調理科学会誌，44, 137-144（2014）

22）山本誠子，島田保子：玄米飯と白米飯の組織化学的変化と食味評価，調理科学，19，144-148（1986）

23）農林水産省 消費・安全局 消費・安全政策課：米の消費及び購入動向等について（平成 18 年食料品消費モニター第４回定期調査結果），https://www.maff.go.jp/ j/heya/ h_moniter/pdf/ h1804.pdf（2007/11/13 取得）

24）JA 総合研究所：米の消費行動に関する調査結果（平成 20 年３月）https://www.japan.coop/wp/wp-content/uploads/2018/05/komechousa.pdf（2021/11/15取得）

25）川端晶子，畑明美：N ブックス　調理学，建帛社，p. 52（2016）

26）本間裕子，眞鍋久：伝統的甘味料「麦芽水あめ」製造時の糖化材料の検討:―もち米とうるち米の糖化状態の比較―，日本食生活学会誌 28，153-158（2017）

27）農林水産省：新たな用途をめざした稲の研究開発（農林水産研究開発レポート），No. 6，2003 https://www.affrc.maff.go.jp/docs/report/pdf/no06.pdf（2021/11/25 取得）

28）農林水産省：「販売」を軸とした米システムのあり方に関する検討会参考資料（平成 20 年 6 月），https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokuryo/0807/pdf/ref_data4.pdf（2021/11/25 取得）

29）館野真知子：新装版　からだに効く！おいしく食べる　あま酒レシピ，東邦出版，p. 8（2017）

30）Juliano, B.O. : A simplified assay for milled-rice amylose, *Cereal Sci. Today*, **16**, 334-340 (1971)

31）越前有機蔵マルカワみそ：麹−こうじ−，http://marukawamiso.com/item-cat/malt（2019/12/12 閲覧）

32）丸ごと小泉武夫 食マガジン，乾燥麹を生麹の風味に！乾燥麹の戻し方，https://koizumipress.com/archives/12682（2017/12/17 取得）

33）早渕仁美，中嶋加代子，小西史子：調理科学実験，医歯薬出版，20（2005）

34）川端晶子，畑明美：調理学，建帛社，p. 20（2002）

35）伊藤良仁，山口佑子：麹を用いたもち米の糖化，岩手県工業技術センター研究報告，11，11-14（2004）

36）岡崎浩：各種糸状菌のアミラーゼに関する研究（第８報）麹菌糖化酵素の精製と性質（その２），日本農芸化学会誌，28, 51-56（1954）

37）岡田茂孝：微生物のアミラーゼと基質特異性，日本醸造協会雑誌，70，546-552（1975）

38）今井泰彦，徳武昌一，山次信幸，鈴木勝：米麹中のα−グルコシダーゼ活性の測定法，日本醸造協会誌，92，296-302（1997）

39）平山裕治，前川利彦，品田博史，佐藤博一，木内均，佐藤毅，吉村徹，粕谷雅志，尾崎洋人，木下雅文，沼尾吉則，佐々木忠雄，藤井はるか:水稲糯新品種「きたふくもち」の育成，北海道立総合研究機構農業試験場集報，102，15-27（2018）

40）石崎和彦：もち品種の加工特性に関する研究（第1報）もち硬化性の簡易測定法，北陸作物学会報，29，26-28（1994）

41）丹野久，木下雅文，佐藤毅：寒地における水稲もち米品質の年次間と地域間の差異およびその発生要因，日本作物學會記事，78，50-57（2009）

42）佐藤弘一，斎藤真一，吉田智彦：水稲糯品種の餅硬化性，糊化特性，および尿素崩壊性による選抜方法，日本作物学会記事，74，310-315（2005）

43）綾部園子，和田尚子，大石恭子，香西みどり：黒米の炊飯による理化学的変化，日本調理科学会誌，47，76-83（2014）

44）Bao, H., Ren, H., Endo, H., Takagi, Y., and Hayashi, T. : Effects of heating and the addition of seasonings on the anti-mutagenic and anti-oxidative activities of polyphenols, *J. Food Chem.*, **86**, 517-524 (2004)

45）猪谷富雄，建本秀樹，岡本実剛，藤井一範，武藤徳男：有色米の抗酸化活性とポリフェノール成分の品種間差異，日本食品科学工学会誌，49，540-543（2002）

46）Tomoyuki Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I. and Sato, T., Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice, *J. Agric Food Chem.*, **50**, 7524-7529 (2002)

47）寺沢なお子，谷晴美：有色米のクッキーにおける脂質過酸化抑制効果および有色米色素のラジカル消去活性に対する各種処理の影響，日本家政学会誌，56，653-659（2005）

48）伊藤満敏，大原絵里，小林篤，山﨑彬，梶亮太，山口誠之，石崎和彦，奈良悦子，大坪研一：有色素米の抗酸化能とポリフェノール含量の測定，日本食品科学工業会誌，58，576-582（2011）

49）三浦孝之，高久未樹，青木哲也，阿久澤良造：大豆および小豆の煮汁を利用した新規チーズの製造について，日本食品科学工学会誌，64，157-161（2017）

50）PAZUR, J.H. and FRENCH, D. : The action of transglucosidase of *Aspergillus oryzae* on maltose, *J. Biol. Chem.*, **196**, 265-72 (1952)

51）加藤陽治，伊藤聖子，渡辺敏幸：植物細胞壁多糖構成中性糖及び各種グルコ二糖類の陰イオンクロマトによる分析，弘前大学教育学部紀要，94，47-52（2005）

52）Kohmoto, T., Fukui,F., Takaku,H., Machida,Y., Arai,M., and Mitsuoka,T.: Effect of isomalto-oligosaccharides on human fecal flora, *Bifidobact. Microflora*, **7**, 61-69 (1988)

53）Nagayoshi, E., Ozeki, K., Hata, M., Minetoki, T., and Takii, Y.: Transglycosilation activity of *Aspergillus oryzae*-derived α-glucosidase, *J. Biol. Macromol.*, **15**, 13-27 (2015)

54）海野剛裕，中久喜輝夫，貝沼征四郎，形浦宏一，岡田嚴太郎：β-グルコオリゴ棟含有シラップの生産とその諸性質，応用糖質科学，41，327-334（1994）

55）Sawangwana, T. and Samanb, P. : Prebiotic synthesis from rice using *Aspergillus oryzae* with solid state fermentation, *Agric. Nat. Res.*, **50**, 227-231 (2016)