

## 米の搗精度が麦芽糖化飴(米飴)の糖化および食嗜好性に及ぼす影響：玄米および有色米に着目して

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学教育学部附属教育実践総合センター 公開日: 2020-03-10 キーワード (Ja): 玄米, 有色米, 米飴, 麦芽, 糖化, 食嗜好性, 搗精度 キーワード (En): brown rice, colored rice, komeame, malt, saccharification, preference, milling degree 作成者: 村上, 陽子 メールアドレス: 所属: URL
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00027119">https://doi.org/10.14945/00027119</a>

# 論文

## 米の搗精度が麦芽糖化飴（米飴）の糖化および食嗜好性に及ぼす影響

### —玄米および有色米に着目して—

村上 陽子

Effects of Milling Degrees on Components and Palatability of *Komeame* (Rice Syrup) :  
Focus on Brown Rice and Colored rice

MURAKAMI Yoko

#### Summary

*Komeame* (rice syrup) is a traditional Japanese malt syrup made only from glutinous rice and barley malt. *Komeame* is used as a material for *wagashi*, one of Japanese traditional cultures. *Komeame* has a light flavor and an amber color. Currently, starch syrup is manufactured industrially by adding purified enzyme isolates to starch and hydrolyzing it. Starch syrup manufactured through enzymatic saccharification is clear and colorless and contains only water and carbohydrates. Therefore, the decline in the use of the traditional process of *komeame* can be regarded as a loss for Japanese food culture. The present study examined traditional methods and palatability in the making of *komeame*. *Koganemochi*, *Akunemochi* and *Shikokumai* were the varieties of rice used, and the amount of malt was changed to 15-35% per 100 grams of rice. Maltose content was increased and reached a balance within 4-10 hours as the amount of malt was increased. Palatability of *komeame* differed depending on the type of rice and the degree of milling. The palatability of brown rice was lower than that of polished rice. Understanding traditional manufacturing methods can contribute to the maintenance of Japanese food culture.

キーワード：玄米 brown rice, 有色米 colored rice, 米飴 *komeame*, 麦芽 malt, 糖化 saccharification, 食嗜好性 preference, 搗精度 milling degree.

#### 1. 緒言

水飴は、人の手によって作られた、我が国最古の甘味料である<sup>1)</sup>。その歴史は古く、『日本書記』に「水なしあめ」として記されている<sup>1)</sup>。水飴は、米・粟などの穀類やイモ類などのデンプンを酵素で糖化して作られる、やわらかい液状の飴である<sup>2)</sup>。水飴のうち、米と麦芽を材料とするものを「米飴」（麦芽糖化飴）という<sup>3)</sup>。米飴の材料（米、麦芽）は国内自給が可能であり、設備も家庭の調理器具で足りたことから、古くから米飴づくりは家庭でも行われてきた<sup>2)</sup>。

米飴は、麦芽に含まれる糖化酵素が米のデンプンを糖化して作られる。デンプンの糖化は、はじめは米のもやしによっていたが、後に糖化酵素がより強い麦もやしを用いるようになったとされる<sup>2)</sup>。麦芽を使って作る方法は古くから知られており、平安時代の『延喜式』（905）にはもち米と小麦麦芽、江戸時代幕末に刊行された『古今名物御前菓子秘伝抄』（1718）には、もち米と大麦麦芽を用いて作るとあり、我が国

伝統的な製法とされている<sup>2) 4)</sup>。

米飴は、独特の琥珀色と上品な風味、素朴な甘さを特徴とする<sup>2)</sup>。また、麦芽にはタンパク質分解酵素も各種含まれているため、米飴は特有の旨味や風味、芳香を呈する<sup>3)</sup>。栄養面をみると、米飴の主成分として含まれる麦芽糖（マルトース）<sup>1)</sup>は、体内での分解・吸収が緩やかであるため、血糖値が急激に上昇しないという健康上のメリットがある<sup>5)</sup>。さらに、米飴は添加物を含まない甘味料であり<sup>6)</sup>、子どもや高齢者にも優しく安全で、古い時代から食品・調味料・薬品として広く用いられている。日常の暮らしに留まらず、年中行事にも食べられるなど、米飴は人の生活に深く関わってきた<sup>2)</sup>。加えて、宮中行事から庶民の習俗にいたるまで幅広く用いられてきたことから<sup>2)</sup>、米飴は我が国重要な食文化の一つといえる。

一方、近年、水飴は安価な地下デンプン（ジャガイモ、サツマイモなど）やコーンスタークなどを原料として工業的に大量生産されるようになっている。工業的製法には2種類あり、硫酸、塩酸、磷酸などの強酸

を使って加工する酸糖化法と、精製した糖化酵素を用いる酵素糖化法に大別される。これら製法で作られた米飴は、それぞれ「酸糖化飴」「酵素糖化飴」と呼ばれる<sup>7)</sup>。現在は、酵素糖化法が主流になっており、麦芽による製法（麦芽糖化法）は激減しているのが現状である<sup>2)</sup>。

工業的製法による米飴は、安価という経済的利点を有するが、食料需給や環境面において懸念すべき課題がある。第一に、原料であるデンプンの大半を輸入に頼っていること<sup>8)</sup>、第二に、デンプン製造過程で水やエネルギーを多量に消費することである<sup>9)</sup>。加えて、原料生産におけるバーチャルウォーターの利用や原料の輸送、製造にかかるエネルギーなどの点からも環境への負荷が大きいことが指摘されている。

先述したように、麦芽糖化による米飴の製造においては、材料は国内自給が可能であり<sup>2)</sup>、大掛かりな設備や大量のエネルギーも不要である。伝統的製法による米飴を見直すこと、すなわち、材料や製法を見直すことは、文化継承のみならず、持続可能な社会構築の面から意義がある。

また、利用面をみると、酵素糖化飴は無色透明で、旨味や風味に欠ける。そのため、味を大切にする和菓子づくりには、伝統的製法で作られる米飴は不可欠であり<sup>2)</sup>、継承すべき食文化である。しかし、和菓子の喫食頻度が減少している今日においては<sup>10)</sup>、米飴に対する興味・関心は低いと考えられる。

一方、近年、伝統文化の継承が重視されており、食育基本法（平成 17 年）では食育による食文化の継承、平成 29 年告示の学習指導要領では、伝統や文化に関する教育の充実が求められている<sup>11) 12)</sup>。米飴が我が国固有の甘味料であること、材料が我が国の基幹作物である米であること、伝統的製法により調製されることなどから、米飴に着目すること、特に米飴の材料や製法に着目して理解を深めることは、食文化理解に繋がると考えられ、食育や環境教育に寄与することができるといえる。

米飴の製法に関する課題は、用いる材料（米、麦芽）の種類や配合割合、調製温度などは経験によるところが大きく<sup>5) 13-16)</sup>、詳細が検討されていないことが挙げられる。米飴に関する先行研究がいくつかあるが<sup>17-19)</sup>、糖化過程の変化や食嗜好性に関する報告はほとんどない。

我が国固有の甘味料である米飴の伝統的製法を明らかにすることにより、文化的側面・科学的側面から米飴を理解し、食文化継承に繋げることができると考えられる。そこで、本研究では、伝統的製法による米飴

の調製法を検討することとした。前報<sup>20)</sup>において、伝統的製法による米飴の調製方法について文献調査を行うとともに、米飴調製における米の品種と麦芽の添加割合の影響について検討した。その結果、調製方法は文献により異なること、米の品種や糖化時間などの詳細が検討されていないこと、米の品種によって食嗜好性が異なることなどが明らかとなった。

米飴の主材料である米に着目すると、我が国には様々な種類の米が存在する。古くから作られてきた米として、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<sup>21)</sup>。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、環境にも人体にも優しいといわれている<sup>21)</sup>。古代米の中には、黒や赤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」、アントシアニン系で黒色に近い紫黒色の色素をもつ「紫黒米」、さらにクロロフィル（葉緑素）による「緑米」などがある<sup>21)</sup>。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<sup>22)</sup>。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<sup>22)</sup>。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<sup>22)</sup>。加えて、有色米を含む古代米は、食味の点で白色米（白米）と比べて劣るため<sup>21)</sup>、炊飯時に白米に少量添加して用いられることが多いのが現状である。

そこで本研究では、米の種類として有色米、米の状態として搗精度（玄米・精白米）に着目することとし、有色米の玄米を米飴の原材料として用いた場合の物理特性と嗜好性について検討することとした。

## 2. 方法

### （1）材料

米は、ジャポニカ型モチ種を用いることとした。有色米として緑米（あくねもち、岐阜県産、平成 29 年度産）、および黒米（紫黒米、岐阜県産、平成 29 年度産）を用いた。赤米はウルチ種であるため、本報では除いた。有色米の比較として、白色米（こがねもち、新潟県産、平成 29 年度産）を用いた。こがねもちは、食味の良さを特徴とするもち米である<sup>23)</sup>。

米は玄米の状態のまま4℃で保存し、使用時に精米機（匠味米 MB-RC02、山本電機）にて、「3分搗き米」「5分搗き米」「7分搗き米」「精白米」に精白して用いた。

先述したように、玄米は、栄養面では糠部や胚芽にビタミンや無機質を多く含み、高い栄養価を示す。一方、調理・食味面では、玄米の糠が吸水を妨げ、米の軟化・粘りの出現を抑制するというマイナス面をもつ<sup>22)</sup>。そのため、炊飯を容易にし、おいしさを向上させるために、玄米から糠部を削り取る処理を行う<sup>22)</sup>。この処理操作を「搗精」（精米）という。玄米の糠部を全て取り除いた米を「精白米」、糠の部分を一定の比率で残して搗精した精白米を「分搗き米」といい、糠を7割残したのが「3分搗き米」、5割残したのが「5分搗き米」、3割残したものが「7分搗き米」である<sup>22)</sup>。削り取られる糠は、精白米で米重量の約10%程度である<sup>22)</sup>。

乾燥麦芽は、「オーガニック麦芽」（ピルスモルト、Certified Organic Malt, Weyermann）を用い、ミルサー（IFM-800、岩谷産業）にて粗く粉碎した。水は蒸留水を用いた。

## （2）米飴の調製方法

米飴の調製方法は、前報<sup>20)</sup>に従った。調製方法は以下の通りである。

もち米100gを蒸留水で数回洗浄後、5倍量の水を加えて常温で16時間吸水させた後、おかゆモード（象印炊飯器IH式 極め炊き1升、NP-VQ18-TA、象印）で炊飯した。炊飯後、滅菌容器に移し、米の温度が60℃になるまで冷まし、麦芽を加えてよく混合した。麦芽の添加量が米飴の糖化に及ぼす影響を検討するために、米の乾物重量100gに対して麦芽15%，25%，35%を添加した。これを直ちに60℃で保温した（KAMOSICO KS-12、タニカ電器）。糖化の変化を把握するために、経時的に試料をサンプリングした。

## （3）物理特性の測定方法

麦芽水飴の主な甘味成分はマルトースである（マルトース57%，デキストリン40%，グルコース3%<sup>7)</sup>）。経時的に採取した試料について、マルトース生成量を麦芽糖濃度計（PAL-20S、ATAGO）により測定した。ここで測定した試料は、煮詰める前のもの（24時間糖化液）である。

色彩構成は、色彩色差計（CR-400/410、コニカミノルタセンシング）を用いて、 $L^*a^*b^*$ 値を測定した。 $L^*a^*b^*$ 値表色系では、 $L^*$ 値は明度を示し、値が大きい

ほど明るいことを示す。 $a^*$ 値、 $b^*$ 値は色度を示し、 $a^*$ 値はプラス側で赤、マイナス側で緑を示す。 $b^*$ 値はプラス側で黄色、マイナス側で青を示す。

## （4）官能評価

米飴の材料である米の種類と麦芽添加量が米飴の食嗜好性に及ぼす影響を検討するため、識別試験と嗜好試験による官能評価を行った。被験者は、静岡大学教育学部50人を対象とした（調査期間2018年11月）。評価は5段階尺度法を用いた。

試料は、4種類の米飴とした。すなわち、こがねもちと紫黒米の2種類のもち米について、玄米と精白米の状態で調製した米飴とした。食嗜好性調査用の試料は、24時間糖化させたものを常温まで冷ました後にさらし布で濾過し、濾液を4分の1量に加熱濃縮し、実験に供した。

識別試験では、色、香り、風味、雑味、旨味、甘味の6項目について評価してもらった。嗜好試験では、上記項目に加えて総合評価の項目を追加した。尚、色と香りは、試料を食す前に評価してもらい、それ以外は、実際に食した後で評価してもらった。

識別試験における評価は、正の評価をそれぞれ「色が濃い、香りがする、風味が濃い、雑味が残る、旨味を感じる、甘味が強い」とし、負の評価を「色が薄い、香りがしない、風味が薄い、雑味が残らない、旨味を感じない、甘味が弱い」とし、各項目について+2～-2に点数化し、統計的に処理した。嗜好試験での評価は、上記項目について「とても美味しい」ものから「全く美味しい」ものまで評価してもらい、識別試験同様、点数化した。さらに、食べたい順に「1, 2, 3, 4」のように順位をつけてもらい、1位を1点、2位を2点、3位を3点、4位を4点のように点数化し、統計処理を行った。また、食べた感想について自由記述欄を設けた。

## （5）統計処理

物理特性について、得られたデータは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tukey法、Newell&MacFarlaneの順位法により求めた。

## 3. 結果および考察

### （1）調製方法が米飴の物理特性に及ぼす影響

#### 1) 麦芽量が精白米・玄米を用いた米飴のマルトース生成に及ぼす影響

麦芽添加量が米飴の糖化に及ぼす影響について検討した。搗精度の比較として精白米と玄米、麦芽添加量は 15%, 25%, 35% とし、糖化液中のマルトース生成量の経時的变化を検討した。同一麦芽添加量における経過時間の間の有意差は、文中で述べる。

こがねもちの結果をみると、マルトース量は時間の経過とともに増加した(図1)。詳細を見ると、米の搗精度や麦芽添加量に関わらず、米飴に麦芽を添加後 0.1 時間で急激に増加した( $p<0.01$ )。精白米の場合、10 時間まで有意に増加したが、それ以降は有意な増加は見られず、平衡状態であった。これは、いずれの麦芽添加量でも同様であった。一方、玄米の場合は、精白米が平衡に達した後も緩やかに増加していた( $p<0.01$ )。

マルトース量は麦芽添加量が多いほど高く、糖化時間に関わらず、35%, 25%, 15% の順で有意に高かった( $p<0.01$ )。この傾向は、有色米(あくねもち・紫黒米)においても同様の傾向を示したことから、米の種類によらず、麦芽の添加量が高い方がマルトース生成量が高いといえる。

糖化時間と麦芽添加量が同一の場合について、玄米と精白米のマルトース量を比較すると、精白米の方が玄米よりも有意に高かった( $p<0.01$ )。

こうした変化の理由として、麦芽中の糖化酵素が関係していると考えられる。米飴調製時にデンプンを分

解するのは、麦芽に含まれる糖化酵素(アミラーゼ)である<sup>17)</sup>。麦芽添加量の増加に伴い、酵素量も増加するため、糖化がより進行したと考えられる。

デンプンの分解や糖化に関与する酵素には、 $\alpha$ -アミラーゼ、 $\beta$ -アミラーゼ、枝切り酵素、 $\alpha$ -グルコシダーゼなど種々あり、それぞれ作用部位や作用が異なる<sup>17) 24) 25)</sup>。糖化の主な過程として、まず、デンプンは $\alpha$ -アミラーゼの作用によりランダムに切断され、可溶性デンプン(デキストリン)に分解される<sup>17) 24)</sup>。次に、可溶性デンプン(デキストリン)に枝切り酵素や $\beta$ -アミラーゼなどの他の酵素が作用し、より小さな分子に分解する。この際、 $\beta$ -アミラーゼが補助的に作用し、可溶性デンプンはこれらの酵素によりマルトース(麦芽糖)に分解される<sup>24)</sup>。さらに、マルトースは $\alpha$ -グルコシダーゼの作用により、最終的にグルコースに分解される<sup>25)</sup>。 $\alpha$ -アミラーゼはデンプンの分解初期に主導的役割を果たすとともに、ジアスター活性(デンプン分解酵素力)<sup>26)</sup>の主体である $\beta$ -アミラーゼが作用し得るデンプン非還元末端を増加させ、分解反応を促進する役割をもつことから<sup>27)</sup>、 $\alpha$ -アミラーゼの役割は大きいといえる。麦芽添加量を増やすことで、 $\alpha$ -アミラーゼをはじめとする酵素も増加し、デンプンに対して働く酵素量が増え、糖化が進んだと考えられる。

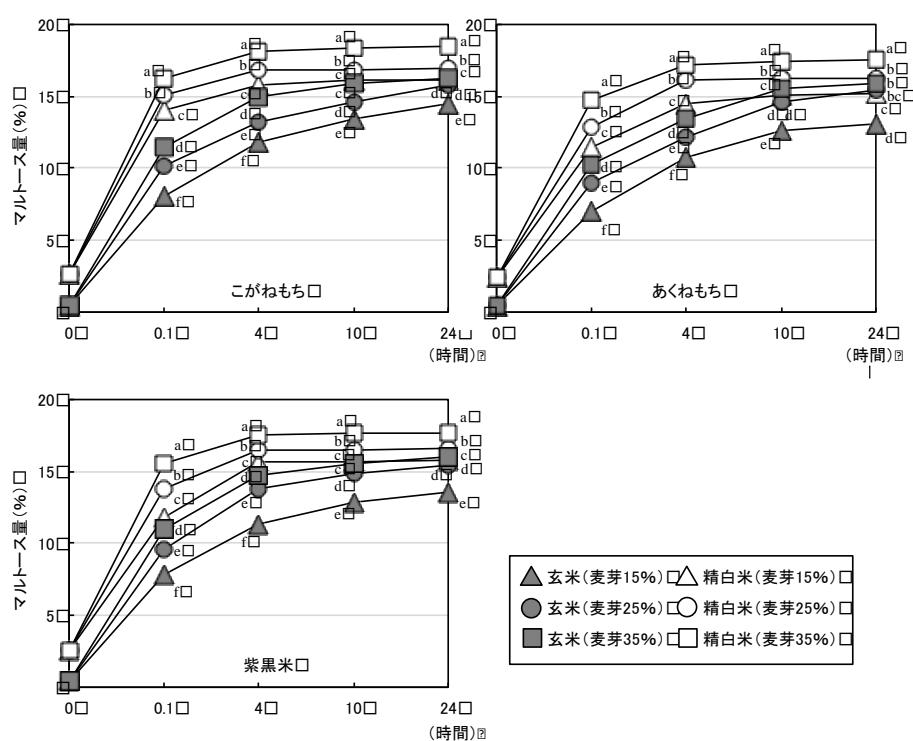


図1 麦芽添加量が米飴のマルトース生成に及ぼす影響(玄米・精白米)<sup>17)</sup>

※同じ糖化時間における米の搗精度の影響を検討した。  
異なるアルファベットは有意差があることを示す( $p<0.01$ 、 $n=5$ )。

## 2) 麦芽 1g 当たりのマルトース生成率

米飴づくりで用いられる麦芽は、大麦を粒ごと水につけて発芽させて「麦もやし」をつくり、乾燥させて粉末したものである<sup>28)</sup>。麦芽をつくるには、「力価」(デンプンを糖化する力)の強い大麦の入手が必要である<sup>28)</sup>。近年の大麦の生産状況については、大麦生産農家の減少<sup>28)</sup>、大麦作付面積や生産量の全国的な減少<sup>29)</sup>、実需者サイドの都合による生産量の変化、生産量(供給)に対する購入希望量(需要)の過剰<sup>30)</sup>などが報告されている。また、麦芽づくりには、大麦の性質を理解した麦もやしづくりが必要であり<sup>28)</sup>、気候状態も麦芽の品質に影響をもたらすため、麦芽は貴重品扱いされている<sup>17)</sup>。そこで、麦芽 1g 当たりのマルトース生成量(糖生成量)を検討することとした。

麦芽 1g 当たりの糖生成量を見ると、こがねもち・あくねもち・紫黒米いずれの米においても添加割合 15%で最も多く、次いで 25%, 35%の順であり、有意差が見られた(図 2,  $p < 0.01$ )。また、玄米・精白米においても同様であった。このことから、麦芽 1g 当たりの糖生成効率の面では、より少ない麦芽添加割合で効率よく糖生成が行われるといえる。

玄米・精白米いずれにおいても、こがねもち、紫黒米、あくねもちの順で生成量が有意に多かった。また、麦芽添加量が多くなるにつれて、玄米と精白米における糖生成量の差は有意に小さくなつた。

参考文献においては<sup>5) 13-16)</sup>、麦芽添加量は約 10%~33%など、表記は曖昧であり、米の品種などの記載も見られなかった<sup>20)</sup>。本研究の結果(図 1)より、総量として糖(米飴)の生成量を多くしたい場合には麦芽添加量は多い方がよいこと、用いる麦芽に対して

効率よく糖を生成したい場合には、麦芽添加量が少なくした方がよいこと、米の種類により糖生成量が異なることが明らかとなった。また、精白米と同程度の糖生成を求める場合は、麦芽添加量を多くすると両者の差が小さくなることが示唆された。

## 3) 搗精度が米飴のマルトース生成に及ぼす影響

図 1 の結果より、玄米と精白米とでは、精白米の方が糖化の進行が早いことが明らかとなった。そこで、搗精度を、玄米、3 分搗き米、5 分搗き米、7 分搗き米、精白米と変化させて糖化の状態を検討することとした。麦芽添加量は 15%とした。経過時間の間の有意差については、文中で述べる。

こがねもちの結果をみると、マルトース量は時間の経過とともに増加した(図 3)。米の搗精度が高くなるとともにマルトース生成量は増加し、精白米、7 分搗き米、5 分搗き米、3 分搗き米、玄米の順で有意に高かった( $p < 0.01$ )。精白米と 7 分搗き米、5 分搗き米は 10 時間後に平衡に達したが、3 分搗き米、玄米は 24 時間経過後も緩やかに増加していた( $p < 0.01$ )。また、7 分搗き米と 5 分搗き米は、10 時間経過後はマルトース量に有意差が見られなかった。これは、あくねもち・紫黒米でも同様であった。

糖化時間と麦芽添加量が同一の場合、各搗精度のマルトース量を比較すると、いずれの米においても精白米の方が分搗き米や玄米よりも有意に高かった( $p < 0.01$ )。米の搗精度が低いほど、糖化に時間がかかった理由として、米飯粒の組織構造が考えられる。

Kong *et al.*<sup>31)</sup>は、玄米と精白米の人工消化試験を行い、玄米果皮が消化酵素の浸透を阻害し、胚乳細胞壁の軟化を抑制することを報告している。田村ら<sup>32)</sup>は、玄米果皮に被覆された胚乳部のデンプンは殆ど分解さ

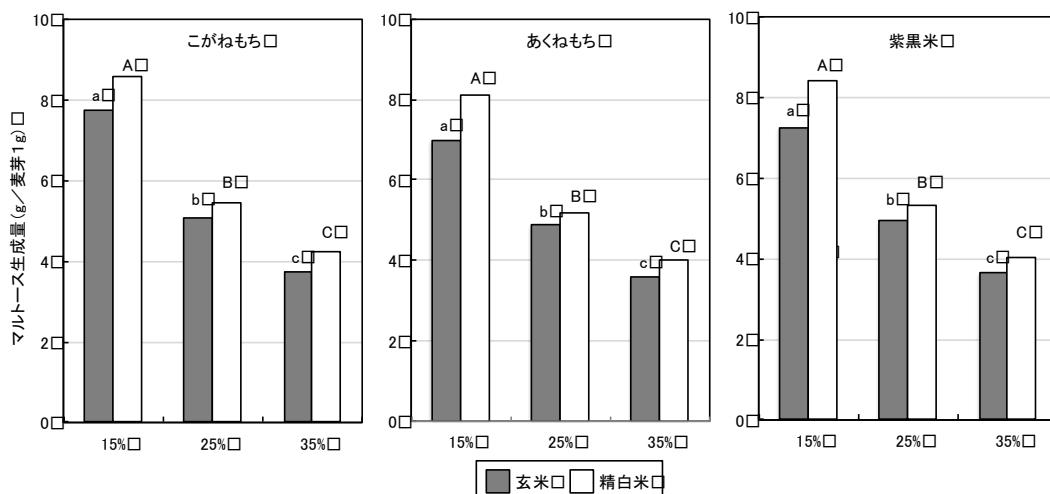


図2 麦芽 1gあたりのマルトース生成量(24時間糖化後)□

麦芽 1gあたりのマルトース生成量を比較した。異なるアルファベットは有意差を示す(tukey法,  $p < 0.01$ )。□玄米は小文字、精白米の大文字で記した。□

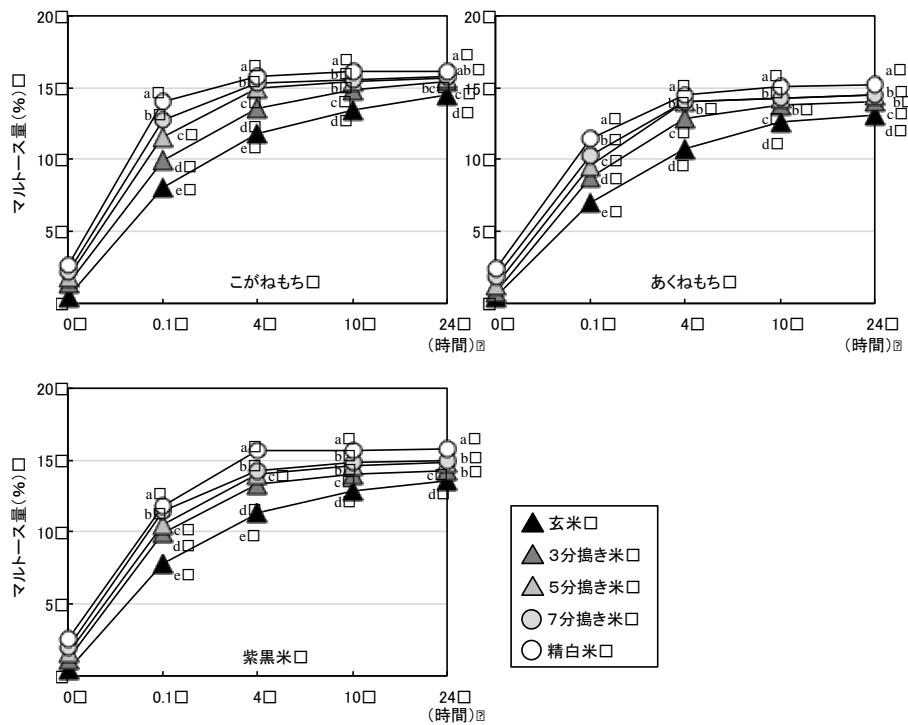


図3 米の搗精度が米飴のマルトース生成に及ぼす影響<sup>20)</sup>

※同じ糖化時間における米の搗精度の影響を検討した。  
異なるアルファベットは有意差があることを示す( $p < 0.01$ )。

れないこと、果皮の損傷によって露出した胚乳部が消化酵素にさらされると、細胞に内包されるデンプンが分解されて消失すること、搗精時に除去される果皮などの構造体が米飯粒に含まれるデンプンの消化に強く関係することを報告している。つまり、搗精度が低い（果皮に覆われた面積が大きい）ものは、糖化酵素に触れる面積が小さくなる<sup>32)</sup>。そのため、デンプンが分解されにくく、糖化に時間がかかったと考えられる。

また、米の種類間で比較すると、こがねもち、紫黒米、あくねもちの順でマルトース生成量が高かった。米の種類間でマルトース量に差があった理由として、米に含まれる酵素活性が考えられる。

モチ米の内在アミラーゼの活性量は、ウルチ米より大きいこと<sup>33) 34)</sup>、また、アミラーゼ活性はモチ米の品種によって異なること<sup>35)</sup>が報告されている。岩田ら<sup>36)</sup>は、有色米（赤米）の酵素活性を測定し、 $\alpha$ -グリコシダーゼは白色米より低いとしている。 $\alpha$ -アミラーゼはデンプンを可溶性デンプンに、 $\beta$ -アミラーゼは可溶性デンプンをマルトースに、 $\alpha$ -グルコシダーゼはマルトースをグルコースに分解するため、酵素活性の強弱は米飴の糖生成や成分組成に大きく関与する<sup>37)</sup>。このことから、今回用いた米の種類（白色米、緑米、黒米）の酵素活性の差異が、糖生成の結果に関係していると考えられる。米の酵素活性が米飴の成分に及ぼす影響については、今後検討していく。

#### 4) 搗精度が米飴の色彩構成に及ぼす影響

調製した米飴の色彩構成を検討した。表1は、24時間糖化したもの濾過した原液（24時間糖化液）の結果を示す。

玄米について、 $L^*$ 値を比較すると、紫黒米はこがねもちやあくねもちより顕著に低かった（ $p < 0.01$ ）。これは、有色米の玄米では、ほとんどの色素成分が表層10%程度（糠層）に分布するためである<sup>21)</sup>。紫黒米の玄米はアントシアニン系の黒色色素を有し、黒色は明度が低いため、他の米より $L^*$ 値が低かったと考えられる。一方、緑米のあくねものは、白色米のこがねもちと同程度の $L^*$ 値を示した。緑米の緑色は、クロロフィルに由来し<sup>21)</sup>、その色調は他の有色米（赤米、黒米）より薄い。炊飯した場合も、赤米や黒米のように色移りしない<sup>38)</sup>。そのため、同じ有色米である黒米とは異なる色彩構成を示したと考えられる。

搗精度の影響をみると、いずれの米も、 $L^*$ 値は搗精度が高くなるほど有意に増加した。こがねもちとあくねものは、3分搗き以上の搗精度間（3分搗き米・5分搗き米・7分搗き米・精白米）で相違は見られなかった。紫黒米は、搗精度の進行とともに $L^*$ 値が有意に増加した。有色米の色素は糠層に存在するため、完全に精米すると白色米とほぼ区別できない<sup>21)</sup>とされる。そのため、精白米では、紫黒米もこがねもち（白色米）の $L^*$ 値に近似した値となったと考えられる。

表1 米の種類と麦芽量が米飴の色彩構成に及ぼす影響(24時間糖化液)

	L*		a*		b*	
	Avg	± SD	Avg	± SD	Avg	± SD
玄米	47.7	± 0.03	a	1.06	± 0.02	a
	48.5	± 0.09	b	1.20	± 0.08	bc
	48.5	± 0.07	b	1.14	± 0.03	ab
	48.6	± 0.13	b	1.08	± 0.02	a
	48.7	± 0.06	b	1.24	± 0.02	c
こがねもち	48.2	± 0.04	a	1.03	± 0.02	a
	48.5	± 0.05	ab	1.04	± 0.08	a
	48.8	± 0.03	b	1.07	± 0.03	ab
	49.1	± 0.02	b	1.07	± 0.02	ab
	49.2	± 0.40	b	1.09	± 0.02	b
あくねもち	36.7	± 0.08	a	7.88	± 0.10	a
	41.2	± 0.12	b	6.02	± 0.20	b
	46.8	± 0.14	c	3.02	± 0.15	c
	47.0	± 0.15	d	2.12	± 0.06	d
	47.9	± 0.15	e	1.35	± 0.02	e
紫黒米	30.4	± 0.03	a	2.50	± 0.05	b
	3.02	± 0.15	c	1.40	± 0.02	c
	2.12	± 0.06	d	1.22	± 0.01	d
	1.35	± 0.02	e	1.08	± 0.01	e
	1.08	± 0.01	e			

※有意差検定はtukey法を用いた。異なるアルファベットは、同一品種において、搗精度の違いによって有意差があることを示す( $p<0.01$ 、n=5)。

a\*値は、こがねもち・あくねもちでは、搗精度との関連は見られなかった。紫黒米では、搗精度が高くなるにつれてa\*値が有意に低下した。

b\*値は、いずれの米においても、搗精度が高くなるにつれて有意に低下した( $p<0.01$ )。これは、搗精度の進行とともに糠層の除去率が高まるため、糠層に存在する色素が除去されるためと考えられる。

以上より、玄米は精白米よりもL\*値が低く、搗精度の進行によりL\*値が高まることが示唆された。また、有色米の中でも紫黒米の変化が大きいこと、緑米(あくねもち)は白色米(こがねもち)とよく似た色調を示すことが明らかとなった。このため、官能調査には、こがねもちと紫黒米を用いることとした。

## (2) 調製方法が米飴の官能特性に及ぼす影響

官能評価では、24時間糖化液を加熱濃縮した米飴について、食嗜好性を検討した。用いた試料の写真を図4、色彩構成を表2に示す。

米飴について、こがねもちでは、玄米は色味が薄く、精白米は明るく黄みがあった(図4)。紫黒米では、玄米は色調が濃く、精白米は赤みが強かった。

色彩構成をみると(表2)、同じ搗精度の場合、L\*値とa\*値はこがねもちの方が紫黒米よりも有意に高かった。搗精度を比較すると、L\*値はこがねもち・紫黒米とも、精白米は玄米より高かった( $p<0.01$ )。a\*値は、こがねもちは玄米、紫黒米は精白米の方が高かった( $p<0.01$ )。b\*値は玄米の場合は、こがねも

ち、精白米の場合は紫黒米の方が有意に高かった。

これらの差の理由として2つ考えられ、一つには、原液に含まれる糖量の差(図1～図3)が加熱濃縮時のメイラード反応において着色の度合いとして表出したと考えられる。もう一つには、玄米の糠層の色に起因すると考えられる。紫黒米の色調は、糠層に存在するアントシアニン色素に由来する<sup>21)</sup>。アントシアニン色素は水溶性であるため、本色素が豊富な紫黒米の玄米では、糖化過程で色素が溶出し、米飴自体にその色が反映され、濃い色調を呈したと考えられる。

### 1) 識別試験

識別試験と嗜好試験の結果を図5に示した。

色について、こがねもちでは、精白米は玄米に比べ



図4 官能評価用の米飴

米飴調製に用いた米試料を左図、官能評価に用いた米飴(24時間糖化液を加熱濃縮したもの)を右図に示す。

表2 米の種類と麦芽量が米飴の色彩構成に及ぼす影響(濃縮糖液)

	L*		a*		b*	
	Avg	± SD	Avg	± SD	Avg	± SD
こがねもち	38.4	± 0.07	a	1.80	± 0.09	a
	45.9	± 0.09	b	0.91	± 0.04	b
紫黒米	35.7	± 0.03	c	1.94	± 0.02	c
	38.8	± 0.07	d	4.05	± 0.01	d
玄米	1.82	± 0.04	a	-1.05	± 0.01	c
精白米	5.37	± 0.02	b	2.79	± 0.03	d

※有意差検定はtukey法を用いた。異なるアルファベットは、品種と搗精度の違いによって有意差があることを示す( $p<0.01$ 、n=5)。

て有意に「濃い」と評価された。紫黒米では、玄米の方が精白米よりも有意に「濃い」と評価された。白色米（こがねもち）と有色米（紫黒米）において、玄米と精白米の評価が逆だったのは、上述したように玄米糠層の色素の有無が考えられる。有色米玄米に存在するアントシアニン色素は水溶性であるため、糠部分が残る玄米の方が濃い色になったといえる。反対に、白色米玄米の場合は、糠層の存在により精白米に比べて糖化が遅れるため、色調が薄くなつたと考えられる。

香りについて、こがねもちは玄米・精白米との間で相違は見られなかった。紫黒米は、玄米の方が精白米より「香りがする」と評価された。また、紫黒米は、こがねもちよりも「香りがする」と有意に評価された。

風味は、こがねもちは、玄米は精白米よりも有意に「風味が薄い」と評価された。紫黒米は、玄米・精白米との間に相違は見られなかった。こがねもちと紫黒米では、紫黒米の方が「風味が強い」と評価された。

雑味は、紫黒米の玄米は他と相違が見られ、有意に「雑味が残る」と評価された（ $p<0.05$ ）。こがねもちは、玄米と精白米の雑味の評価は変わらなかつたが、紫黒米の玄米は精白米と比べて「雑味が残る」とされた。このことから、同じ搗精度（玄米）であつても、米の種類によって雑味の感じ方が異なるといえる。

旨味は、雑味と反対の傾向が見られ、紫黒米の玄米に比べて、紫黒米の精白米、こがねもちの玄米・精白米は「旨味を感じる」と評価された。また、こがねも

ちの玄米・精白米で相違は見られなかつた。

甘味は、紫黒米の精白米が最も甘味を強く感じられており（ $p<0.05$ ），次いで紫黒米の玄米とこがねもちの精白米（両者間で有意差なし），こがねもちの玄米と続いた。甘味は、同一品種においては異なる搗精度間で、同一搗精度においては異なる品種間で差異が見られた。以上の結果から、米の品種や搗精度の違いによって、色・香り・風味・雑味・旨味・甘味などが異なることが示唆された。

## 2) 嗜好試験

色について、こがねもちでは、玄米・精白米との間で差異は見られなかつた（図5）。紫黒米では、玄米は精白米と比べて「好ましくない」とされており（ $p<0.05$ ），こがねもち（玄米・精白米）よりも有意に評価が低かつた。紫黒米の玄米は、識別試験において色が「最も濃い」と評価されていた。こがねもち（玄米・精白米）や紫黒米の精白米は琥珀色を呈していたのに対し（図4），紫黒米の玄米は濃い色調であつた。このことから、米飴の色調は嗜好性に影響し、黒に近い濃い色は嗜好性が低いといえる。

香りは、品種・搗精度による相違は見られなかつた。

風味について、こがねもち・紫黒米、いずれも精白米の方が有意に好まれていた。品種に限らず、玄米間では相違が見られなかつた。

雑味は、こがねもちは搗精度による相違は見られなかつた。紫黒米は、玄米が精白米より有意に嗜好性が

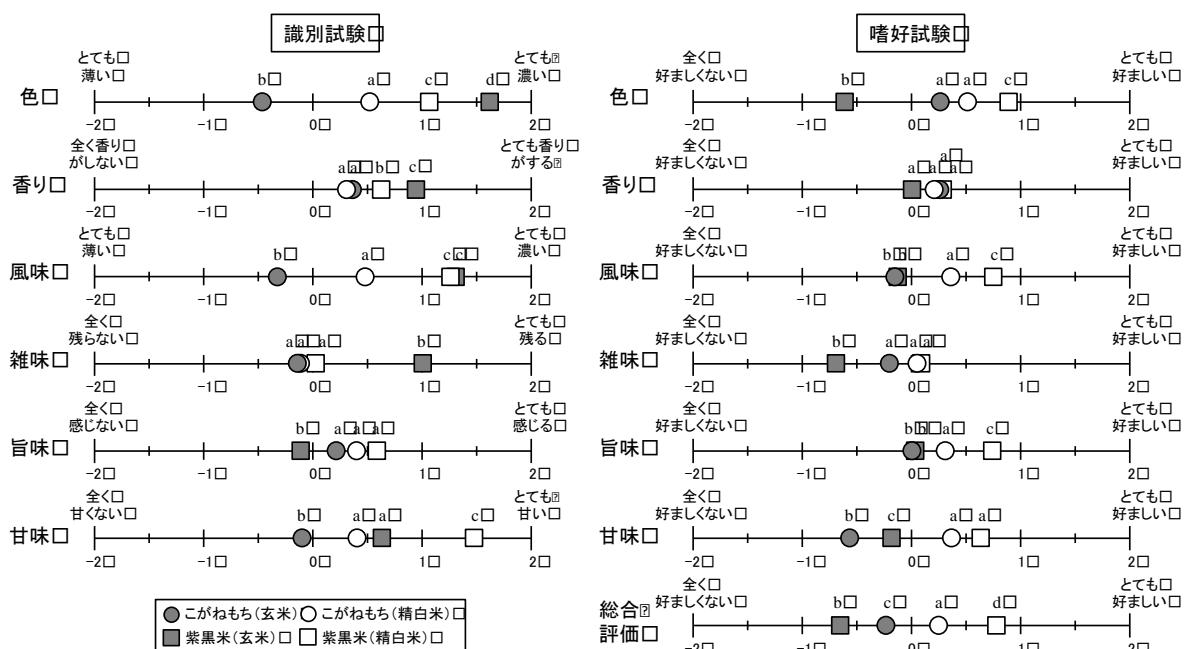


図5 米の品種と搗精度が米飴の嗜好に及ぼす影響□

※有意差はtukey法による。異なるアルファベットは有意差があることを示す（\*\*  $p<0.05$ ）。□  
有意差の表示は、こがねもち（精白米）を基準（a）とした。□

低かった。識別試験において、紫黒米の玄米は「雑味が残る」 ( $p < 0.05$ ) と評価されていたことから、雑味は嗜好性を左右するといえる。

旨味および甘味は、こがねもち・紫黒米いずれも、精白米の方が玄米より有意に評価が高かった。

総合評価では、紫黒米の精白米の評価が最も高かった。次いで、こがねもちの精白米と続き、こがねもちの玄米、紫黒米の玄米であった ( $p < 0.05$ )。紫黒米の玄米は色調や雑味が他より有意に強かったため、総合評価が低くなったと考えられる。

### 3) 順位法による評価

図6に、順位法による評価の結果を示した。点数の低い方が米飴としての評価が高いことを示す。

こがねもちでは、精白米の方が玄米より有意に評価が高かった。紫黒米においても、精白米の方が玄米より有意に評価が高かった。自由記述では、紫黒米の精白米は「色が他より美味しそう」「風味が強くておいしい」「こくがある」「甘味が強い」など高い評価を得ていた。このことから、米飴の食嗜好性について、米の搗精度による差異があるといえる。

以上より、米飴について、米の種類によって嗜好性が異なることから、原料である米の種類や搗精度が米飴の嗜好性にも影響するといえる。玄米は、いずれの種類でも精白米よりも嗜好性が低かったため、米に含まれる各種成分が米飴の嗜好に影響を与えるといえる。

## 4.まとめ

米の種類として有色米、米の状態として搗精度に着目し、搗精度の異なる有色米を米飴の原材料として用いた場合の物理特性と嗜好性について検討した。以下3点が明らかになった。

第一に、麦芽の添加量が増加するにしたがって、糖化に関わる糖成分（マルトース）が増加した。これは、麦芽添加量増加に伴い、米に含まれるデンプン量に反応可能なアミラーゼ量が増したことに起因するものと考えられる。一方、糖生成の効率の面からすると、麦芽添加量が少ないほど効率的であった。

第二に、搗精度が低いほど糖化は緩慢であり、玄米よりも精白米の方がマルトース生成量は高かった。これは、胚乳部が糠層により保護され、デンプンの糖化作用が抑制されているためと考えられる。

第三に、用いる米の種類や搗精度により、米飴の食嗜好性が異なった。

以上のことから、米飴の材料や搗精度の選択は、嗜好性の高い米飴づくりに際して重要といえる。米飴は伝統的に受け継がれてきた日本の食文化の一つであり、

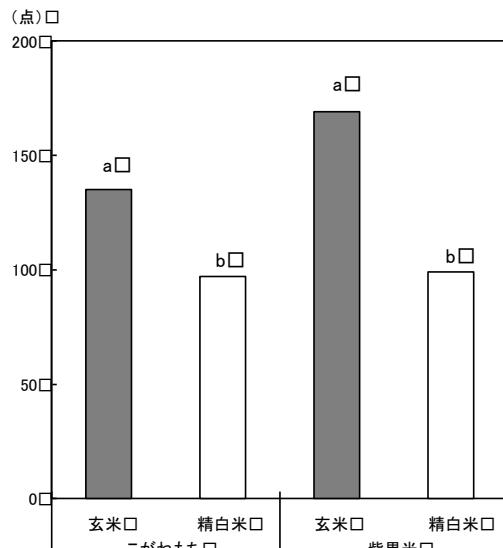


図6 順位法による米飴の嗜好性□

※1位を1点、2位を2点、3位を3点、4位を4点として計算□した。有意差はNewell&MacFarlaneの順位法による( $p < 0.05$ )。異なるアルファベットは有意差があることを示す。□

米飴の伝統的製法が衰退していくことは、食文化継承の面から懸念すべき状態である。今後は、得られた成果をもとに、学校教育における食育教材開発につなげ、食文化理解・継承の一助としたい。

調査にご協力頂きました静岡大学教育学部学生の皆さんに深謝いたします。本研究の一部は、鈴木ひなのさん（当時、静岡大学教育学部4年）の尽力による。

## 引用・参考文献

- 1) 日高秀昌、岸原土郎、斎藤祥治編：砂糖の事典、東京堂出版、p. 16, p. 108, p. 139 (2009)
- 2) 牛嶋英俊：飴と飴売りの文化史、弦書房、p. 11, pp. 22-23, p. 64, p. 137, p. 165 (2009)
- 3) 日成産業株式会社：飴の糖化製法について、<http://www.nissei-sangyou.co.jp/touka.html> (2019. 3. 19 取得)
- 4) 鈴木晋一訳：古今名物午前菓子秘伝抄本（原本現代訳）、教育社、p. 86 (1988)
- 5) 農山漁村文化協会：蔵王のおばあちゃん直伝！麦芽あめづくり、食農教育、77(11), 6-9 (2010)
- 6) のむらゆかり：やさしい季節の和菓子、日東書院本社、p. 7 (2014)
- 7) 橋本仁、高田明和編：砂糖の科学、朝倉書店、p. 217 (2006)
- 8) 農畜産業振興機構：日本のでん粉事情、<https://www.alic.go.jp/content/000088026.pdf> (2019. 8. 10 取得)
- 9) 高橋禮治：でん粉製品の知識、幸書房、pp. 16-17

- (1996)
- 10) 全国菓子工業組合連合会：世帯主の年齢別でお菓子の消費を見た場合, <http://www.zenkaren.net/wp-content/uploads/2013/02/331324c59980.pdf> (2018. 7. 9 取得)
- 11) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 総則編，東洋館出版，pp. 29–30 (2018)
- 12) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 総則編，東山書房，pp. 29–30 (2018)
- 13) 伊野アイ，中川原美智子，十文字トシ：家庭でつくるこだわり食品 5，農山漁村文化協会，pp. 100–101 (1990)
- 14) いわての文化情報大事典：麦芽水あめ，<http://www.bunka.pref.iwate.jp/archive/food114> (2019. 9. 15 取得)
- 15) 岡本靖史：ひらめき！食べもの加工，農山漁村文化協会，pp. 26–27 (2015)
- 16) 農山漁村文化協会編：農家が教える手づくり加工・保存の知恵と技，農山漁村文化協会，pp. 72–73 (2015)
- 17) 本間裕子，角野猛，真鍋久：福島県南会津地域に伝わる「麦芽水あめ」の特性，日本食生活学会誌，22 (2), 106–113 (2011)
- 18) 岡田茂孝，北畠寿美雄：蔗糖を結合した水あめの製造とその性質，日本食品工業学会誌，22 (9), 420–424 (1975)
- 19) 小林明晴，清水恒，大坪研一：紫黒米色素の特性と紫黒米色素を用いた着色水飴の製造，北陸作物学会報，30, 55–57 (1995)
- 20) 村上陽子：伝統的製法による米飴の調製方法が成分および食嗜好性に及ぼす影響，教科開発学論集，8 (2019) (印刷中)
- 21) 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)
- 22) 貝沼やす子：お米とごはんの科学，建帛社，p. 16, p. 23 (2012)
- 23) 農研機構：良質良食味水稻糯新品種「もちむすめ」の採用，<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H14/to152.html> (2002) (2019. 9. 15 取得)
- 24) 前田巖，自見信子，谷口肇，中村道徳：大麦枝切り酵素の精製と澱粉粒分解におけるその役割，澱粉科学，26 (2), 117–127 (1979)
- 25) 水野昭博，篠田典子，野村佳司： $\alpha$ -グリコシダーゼを利用したビールの高濃度醸造（第 4 報） $\alpha$ -グリコシダーゼを利用した並行複発酵の利用，日本醸造協会誌，99 (12), 873–877 (2004)
- 26) 加島典子，石川直幸，大塚勝，小玉雅晴，谷口義則，河田尚之，早乙女敏規：ビール大麦の原麦ジアスター値からと他形質との関係，栃木県農業試験場研究報告，48, 47–52 (1999)
- 27) 栃木農業試験場栃木分場：麦芽  $\alpha$ -アミラーゼの品種間差異及びその麦芽品質との関係，（独）農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所，平成 17 年度成果情報冬作物部会，[http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto17/11/17\\_11\\_26.html](http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto17/11/17_11_26.html) (2019. 9. 15 取得)
- 28) 小玉光子，八田尚子，自然食通信編集部編著：手づくりのすすめ，自然食通信社，pp. 149–151 (2006)
- 29) 農林水産省：国内産麦の需要に応じた生産拡大のために産地で取り組むべき課題について，[http://www.maff.go.jp/primaff/kanko/project/attach/pdf/090700\\_21flow1\\_03.pdf](http://www.maff.go.jp/primaff/kanko/project/attach/pdf/090700_21flow1_03.pdf) (2019. 10. 20 取得)
- 30) 農林水産省：国内産麦の生産と流通の動向，[http://www.maff.go.jp/j/seisan/boueki/mugi\\_zyukyuu/attach/pdf/index-69.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/boueki/mugi_zyukyuu/attach/pdf/index-69.pdf) (2019. 10. 20 取得)
- 31) Kong,F., Ozturk, M.H., Singh, R.P., McCarthy, M.J.: Physical changes in white and brown rice during simulated gastric digestion, Journal of Food Science, 76(6), E450–E457, 2011.
- 32) 田村匡嗣，熊谷千敏，小川幸春：搗精度の異なる米飯粒の組織構造と人工消化試験系における消化性の関係，美味技術学会誌，12 (2), 30–36 (2013)
- 33) 庄司一郎，倉沢文夫：米ならびに米デンプンの調理科学的研究（14 報）もちおよびうるち米粉のアミログラム粘度におよぼす水洗，硫酸銅添加の影響，家政誌，39, 237–241 (1988)
- 34) 庄司一郎，倉沢文夫：米ならびに米デンプンの調理科学的研究（13 報）新米と古米の若干の理科学生について，家政誌，39, 159–163 (1988)
- 35) 辻井良政，北村亮子，内野昌孝，高野克己：モチ米の加工特性に及ぼす胚乳アミラーゼの影響について，日本食品保蔵科学会誌，33 (2), 63–69 (2007)
- 36) 岩田博，岩瀬新吾，高浜圭誠，松浦宏行，猪谷富雄，荒巻功：米  $\alpha$ -グルコシダーゼ活性と理化学特性値との関係，日本食品科学工学会誌，48 (7), 482–490 (2001)
- 37) 宝酒造：こうじに関する基礎知識，<https://www.takarashuzo.co.jp/products/seasoning/basicinfo/005.htm> (2019 年 1 月 24 日取得)
- 38) わたなべ農園：緑米とは，<https://circular.jimdo.com/about-farm/緑米とは> (2020 年 1 月 6 日取得)