

【論文】

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

○ 村上 陽子

静岡大学大学院教育学領域

要約

米飴は、もち米と麦芽で作られる、我が国の伝統的な麦芽糖化飴（麦芽水飴）である。米飴は水飴の一つであり、和菓子等の材料として用いられる。伝統的製法においては、米飴は、材料の少なさ（もち米と麦芽）、豊かな風味、琥珀色などを特徴とする。一方、現在では、水飴は、デンプンに精製酵素を加えて工業的に作られ（酵素糖化飴）、無色透明で大半が水分と糖質である。そのため、米飴の伝統的製法の衰退は、食文化の危機と考えられる。そこで本研究では、我が国の伝統的な食文化の一つである米飴に着目し、その製法と食嗜好性について検討した。米飴調製用の米は、こがねもちとヒメノモチを用い、麦芽添加量は米 100g に対して 15～35% まで変化させ、各種成分を測定した。麦芽添加量の増加に伴い、糖度、マルトース、いずれも経時的に増加し、4～10 時間で平衡に達した。食嗜好性は、米の品種と麦芽添加量により異なっており、ヒメノモチ 15% が最も嗜好性が高かった。

キーワード

米飴, 伝統的製法, 調製, 成分, 食嗜好性

1. はじめに

近年、伝統文化継承の重要性が叫ばれている。食文化についてみると、平成 25 年 12 月に和食がユネスコ無形文化遺産に登録されるなど、世界的に注目されるようになっていく。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^{1) 2)}。

本研究では、我が国固有の甘味料である水飴に着目した。水飴は、我が国の伝統文化の一つである和菓子の材料となる。水飴を主材料として作られる和菓子として飴物がある（有平糖、翁飴など）³⁾。また、水飴を副材料として用いる和菓子には、干菓子（落雁、煎餅など）や生菓子（練り切り、求肥など）、半生菓子（錦玉、州浜など）など多種多様あり⁴⁾、水飴は和菓子において不可欠な材料といえる。

水飴は、材料や製法により、いくつか分類される。そのため、材料や製法に着目し、理解を深めることは、食文化理解に繋がると考えられる。そこで本研究では、水飴の一つである「米飴」の材料と製法を検討することとした。

2. 米飴とは

(1) 文化的背景と利用

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り⁵⁾、伝統的な甘味料である。その歴史は古く、『日本書紀』に「水なしあめ」として記されている⁵⁾。

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⁶⁾。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⁷⁾。

米飴は、炊飯米に麦芽を混ぜて作るもので、原料も工程もシンプルである。また、米飴の材料（米、麦芽）は国内で自給できるものであり、設備も日用の鍋釜で足りたことから、古くから米飴づくりは家庭でも行われてきた⁶⁾。デンプンの糖化は、はじめは米のもやしによっていたが、後に糖化の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⁶⁾。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、我が国の伝統的な製法とされている^{6) 8)}。

(2) 米飴の特徴

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もので、麦芽による独特の琥珀色と上品な風味、素朴な甘さを特徴とする⁶⁾。また、各種のタンパク質分解酵素も含まれているため、米飴特有の旨味、風味、芳香が生成される⁷⁾。

栄養面をみると、米飴の主成分として、麦芽糖（マルトース）が含まれている⁵⁾。マルトースは、体内でゆっくりと分解・吸収されるため、血糖値が急激に上がることがないという健康上のメリットもある⁹⁾。さらに、米飴は添加物を含まない甘味料¹⁰⁾であり、子どもや高齢者にも優しく安全であり、食品として重要な存在である。

古い時代から、米飴は食品・調味料・薬品として広く用いられており、日常の暮らしに留まらず、年中行事にも食

べられるなど、人の生活に深くかかわってきた⁶⁾。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⁶⁾、我が国の重要な食文化の一つといえる。

(3) 水飴の工業的製法と環境との関わり

近年、科学技術の発達と経済性の重視により、水飴は麦芽を用いた方法ではなく、工業的に大量生産されるようになってきている。工業的製法には2種類ある。すなわち、安価な地下デンプン（ジャガイモ、サツマイモなど）やコーンスターチなどを原料として、硫酸、塩酸、蔞酸のような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である¹¹⁾。現在では、酵素糖化法が主流になっており、麦芽による製法は減少しているのが現状である⁶⁾。酵素糖化法で作られた水飴（酵素糖化飴）は安価であるが、米飴のような琥珀色を呈しておらず、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の製造には、伝統的製法で作られる米飴は不可欠であり⁶⁾、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¹²⁾、一般には水飴に対する興味・関心は低いと考えられる。

工業的に大量生産される酵素糖化飴や酸糖化飴は、食料需給や環境面においても懸念すべき課題がある。上述したように、これら製法ではデンプンを原料とするが、我が国で流通しているデンプンの約9割は輸入トウモロコシから製造されるコーンスターチであり¹³⁾、その大半が水飴や異性化糖など糖化製品の製造に利用されている¹⁴⁾。水飴の材料であるコーンスターチの製造には、亜硫酸水による浸漬法（ウェットミリング）が用いられている¹⁵⁾。この方法は、回収率が高い反面、水やエネルギーを多く消費することが問題視されている¹⁴⁾。加えて、食料生産におけるパルチクルウォーターの利用や原料の輸送や製造にかかるエネルギーなどの点から、環境への負荷が大きいことが指摘されている。環境保全については、平成29年告示の学習指導要領において言及されている¹⁾²⁾。米飴の材料や製法に着目することにより、食品という日常のものから身近な環境を考え、地球規模の環境へとつなげる想像力や、環境を保全しようとする態度の育成が期待できる¹⁾²⁾。

先述したように、米飴は、原料も工程もシンプルである。また、米飴の材料は、国内で自給できるものであり⁶⁾、大掛かりな設備や大量のエネルギーも必要としない。伝統的製法による米飴を見直すこと、すなわち、材料や製法は、文化継承のみならず、持続可能な社会構築の面からも意義があり、食育・環境教育に寄与することができるといえる。

(4) 米飴に関する先行研究と研究の意義

米飴は、やわらかめに炊いた米に麦芽を入れて糖化させて作られる。一方で、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、作り

手によってまちまちであり⁹⁾¹⁶⁾⁻¹⁹⁾、詳細が検討されていないことが多い。米飴に関する先行研究として、福島県南会津地域における麦芽水あめの製造²⁰⁾、蔗糖を結合した水あめの製造²¹⁾、紫黒米色素を用いた麦芽水あめの製造²²⁾などがあるが、糖化過程の変化や食嗜好性に関する論文はほとんどない。

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。米の種類や麦芽の添加割合、糖化時間などが米飴の成分変化および食嗜好性に及ぼす影響を検討したので、ここに報告する。

3. 方法

(1) 米飴の調製方法に関する文献調査

材料の分量および調製方法について検討するために、文献調査を行った。本稿では、材料の種類・分量、調製方法などの記載が見られるものを検討した。

(2) 調製方法が米飴の物理特性および官能特性に及ぼす影響

1) 材料

もち米は、「こがねもち」（精白米、新潟県産、平成28年度産）、「ヒメノモチ」（精白米、岩手県産、平成28年度産）を用いた。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。

こがねもちは、食味の良さを特徴とする²³⁾。また、ヒメノモチは作付面積が多い品種であり²⁴⁾²⁵⁾、もち米の中では比較的あっさりとした食味をもつ品種である。

2) 米飴の調製方法

米飴の調製方法は、文献⁹⁾¹⁶⁾⁻¹⁹⁾を参考に、米の加熱方法や炊飯時の水分量などについて予備実験を行った。その結果、調製方法は以下の通りとすることとした。

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12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。

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。

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%)¹¹⁾。経時的に採取した試料について、各種成分(糖度, マルトース)を, 麦芽糖濃度計(PAL-20S, ATAGO), 糖度計(PAL-S, 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品種と麦芽添加量が米飴の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 28 人を対象とした(調査期間 2018 年 6 月)。評価は 5 段階尺度法を用いた。

試料は, 6 種類の米飴とした。すなわち, こがねもちとヒメノモチの 2 種類のもち米を用いて, 麦芽を米の乾物重量 100g に対して 15g, 25g, 35g を添加して調製した米飴とした。

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「とても好ましい」ものから「全く好ましくない」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…」のように, 6 位まで順位をつけてもらい, 1 位を 1 点, 2 位を 2 点, 3 位を 3 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。

尚, 予備調査により, 酵素糖化法により作られた酵素糖化飴(「水あめ」, 富澤商店)と, 本研究で調製した米飴の官能評価を行ったところ, 「色, 香り, 風味, 旨味, 甘味」のすべてにおいて, 米飴が有意に高い評価であった ($p <$

0.01) ことを予め断っておく。

5) 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 tukey 法, Newell&MacFarlane の順位法により求めた。

4. 結果および考察

(1) 米飴の調製方法に関する文献調査

伝統的製法による米飴の調製について, 材料の分量および調製方法を検討するために, 文献調査を行った(表 1)。

結果をみると, 材料となる米の種類は「もち米」が多かったが, 品種の記載は全ての文献において見られなかった。また, もち米は通常, 蒸して調理されることが多いが, 米飴の調理においては「炊く」が多かった。これは, 米そのものを食べるために加熱調理するのではなく, 米をやわらかく仕上げることを目的としているため, 加水量を調節できる「炊く」方法が用いられていると思われる。

麦芽の種類については, 大麦が多く, 次いで小麦であり, 多くは乾燥・粉碎したものをそのまま用いていた。

表 1 の方法 G は, 炊飯米への加水量や麦芽の用い方が他と大きく異なっていた。これは, 地域的なことと関係している。通常, 米飴は, 糖化が終わった液(あめ水)を粘りが出るまで煮詰めて用いる。これにより, 甘味が強まるとともに, 保存性も増す。本研究で検討している米飴もこれに該当する。一方, 方法 G は福島県・南会津地域で用いられており, 煮詰める前の液体状のものを舐めたり飲んだりするために作られている。方法 G は, 他とは用途が全く異なることから, 他の製法と性質を異にすると考えられる。

(2) 調製方法が米飴の物理特性に及ぼす影響

1) 糖化成分の経時変化

米飴の糖度の経時変化を図 1 に示す。図中の異なるアルファベットは, 同じ糖化時間における麦芽添加量の相違を表している。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, 糖度は時間の経過とともに増加した。詳細を見ると, 米飯に麦芽を添加後 0.1 時間で急激に増加し, その後 4 時間まで有意に増加した ($p < 0.01$)。4 時間以降は平衡に達し, 有意な増加は見られなかった。これは, いずれの麦芽添加量でも同様であった。糖度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, 米の品種がヒメノモチの場合でも, 同様の傾向を示した。

表1 米飴(麦芽水飴)の調製方法に関する文献調査

		項目	A	B	C	D	E	G
材料の種類・分量など	米	米の種類	もち米	もち米	もち米	もち米	もち米	もち米
		米の量	10kg	2.5合	1kg	2合	300~400g(2合)	—
		米の品種	—	—	—	—	—	—
	浸漬	浸漬時の水分量	—	—	—	—	—	—
		浸漬(吸水)時間	—	—	一晚	一晚	よく吸わせる。短時間でもよい。	6時間以上
	加熱	炊飯時の水分量	—	—	3倍の水	もち米の3倍の量	3倍の水	—
		加熱方法	蒸す	炊く	炊く	炊く	炊く	蒸す(または炊く)
		加熱器具	—	炊飯器	—	炊飯器	炊飯器か鍋	—
		炊飯後に添加する水分量	米の2~3倍量の60°Cの熱湯	ぬるま湯 750ml	—	—	—	もち米の約15倍量
	麦芽	麦芽の種類	—	大麦	大麦	できれば大麦	小麦	大麦
乾燥処理の有無		—	乾燥	乾燥	乾燥	乾燥	乾燥	
添加する麦芽の状態		粉碎	粉碎	粉碎	粉碎	粉碎	粉碎したものを布袋に入れて40°Cの湯(もち米の12~14倍量)でもみだす	
添加する麦芽分量		2.5kg	100g	100g	15g	100g	もち米1升に対し1合(50~70g)	
調製	糖化	糖化温度	はじめは50°Cぐらいで徐々に温度を上げる(最後は65°Cぐらい)	—	60°C	50~60°C	—	炬燵の中
		糖化時間	5~9時間	約4時間	5~8時間	3~4時間	半日	8時間程度
		出来上がりの目安	—	なめる(甘さを確認)	上部に透明な液が出来る	液がサラサラになる	お米がとろとろに溶ける	—
	仕上	あめ水の搾りに使う道具	麻袋	ザル、さらし布	布袋	ザル、目の粗い布	こし布	布袋
		煮詰める目安	しゃもじですくい上げたとき、糸をひくようになるまで	あめ水が半分になるまで	しゃもじですくいあげて、糸がひく状態	好み	粘りがでたら	目的の濃度に達するまで
		主な用途	甘味料など	甘味料など	甘味料など	甘味料など	甘味料など	そのまま飲用
文献番号		16	9	17	18	19	20	

※記載がなかった場合は「-」で記した。

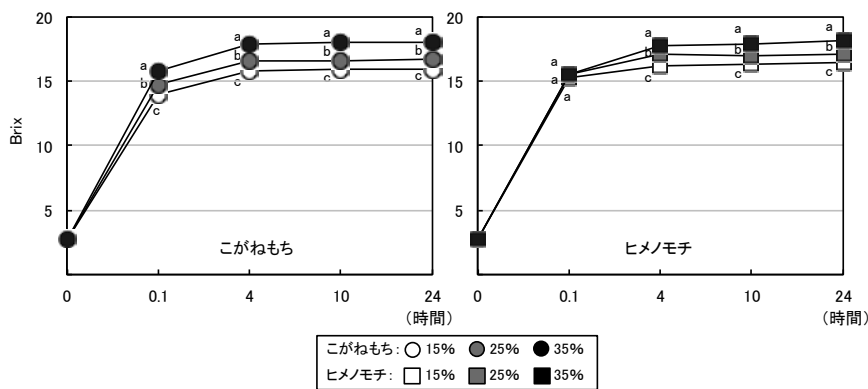


図1 麦芽添加量が米飴の糖度に及ぼす影響

※異なるアルファベットは、同じ糖化時間における麦芽の添加量間で有意差があることを示す ($p < 0.01, n = 10$)。

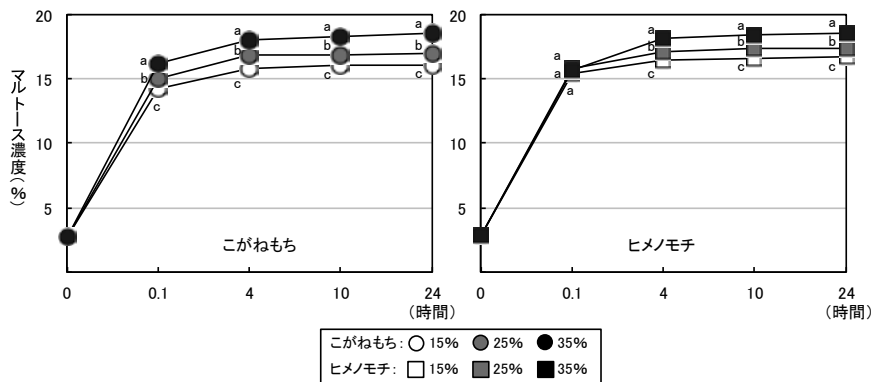


図2 麦芽添加量が米飴のマルトース濃度に及ぼす影響

※異なるアルファベットは、同じ糖化時間における麦芽の添加量間で有意差があることを示す ($p < 0.01, n = 10$)。

米飴の主成分であるマルトース濃度の経時的変化についても、糖度と同様の変化が見られた (図2)。マルトース濃度も糖度同様、麦芽添加量が多いほど、濃度が高かった。また、マルトース濃度の変化を見ると、いずれの添加量においても 10 時間までは有意に増加し ($p < 0.01$)、その後、平衡に達した。

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。米飴調製の際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²⁰⁾。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、 α -アミラーゼ、 β -アミラーゼ、枝切り酵素、 α -グルコシダーゼなど様々あり、それぞれ作用部位や作用が異なる^{20) 26) 27)}。糖化の主な過程として、まず、デンプンは α -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^{20) 26)}。次に、可溶性デンプン (デキストリン) に枝切り酵素や β -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、 β -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²⁶⁾。さらに、マルトースは α -グリ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²⁷⁾。 α -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、ジアスターゼ力 (デンプン分解酵素力)²⁸⁾の主体である β -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²⁹⁾、 α -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、 α -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。

2) 麦芽 1g 当たりの糖生成率

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、乾燥させて粉末にしたものである³⁰⁾。大麦の生産状況については、実需者サイドの都合で変化すること、近年、全国的に大麦作付面積や生産量が減少していること³¹⁾、生産量 (供給) に対して購入希望量 (需要) が多いこと³²⁾、大麦を作る農家が減少していること³⁰⁾などが報告されている。

また、麦芽をつくるには、「力価」(デンプンを糖化する麦芽の力)の強い大麦の入手と、大麦の性質を理解した麦もやしづくりが必要とされる³⁰⁾。気候状態も麦芽の品質に影響をもたらすため、麦芽は貴重品扱いられている²⁰⁾。そこで、麦芽 1g 当たりの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、米の品種によらず、こがねもち・ヒメノモチいずれも添加割合 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3, $p < 0.01$)。このことから、麦芽 1g 当たりの糖生成効率の

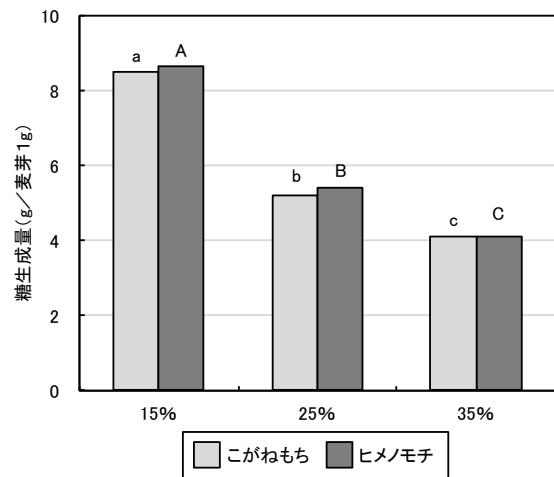


図3 麦芽 1g 当たりの糖生成量 (24 時間糖化後)

麦芽 1g 当たりの糖生成量を比較した。異なるアルファベットは有意差を示す (tukey 法, $p < 0.01$)。こがねもちは小文字、ヒメノモチの大文字で記した。

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ことが明らかとなった。

参考文献においては^{9) 16) -19)} (表1)、麦芽添加量は約 10%~33% など、まちまちであった。また、米の乾物重量に対するものか、加熱調製した米重量に対する添加量なのかの表記も曖昧であった。本研究の結果 (図1, 図2, 図3) より、総体として、糖 (米飴) の生成量を多くしたい場合には、麦芽添加量が多い方がよく、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といえる。

3) 米飴の色彩構成

調製した米飴の色彩構成を検討した。表2は、24 時間糖化したものを濾過した原液 (24 時間糖化液) の結果、表3は、官能評価用に、24 時間糖化・濾過液を加熱濃縮したもの (濃縮糖液) の結果を示す。

原液について、L*値は麦芽添加量が増えるほど有意に低くなった ($p < 0.01$)。麦芽の添加量の増加とともに、麦芽による着色が増し、明度が低下したためと考えられる。

a*値は、麦芽添加量や米の品種の違いによる有意な差は見られなかった。

b*値は、添加量が増えるほど有意に高く、黄みが強くなった ($p < 0.01$)。これは、麦芽添加量の増加とともに、麦芽による着色が増したため、黄みが増したと考えられる。

次に、加熱濃縮した試料について検討した。試料の写真を図3に示す。

L*値について、原液同様、麦芽添加量が増えるほど有意に低くなった ($p < 0.01$)。また、いずれの品種・添加量においても、原液よりも L*値は有意に低かった ($p < 0.01$)。

a*値は、添加量が増えるほど有意に高く、赤みが強くなった ($p < 0.01$)。

b*値は、添加量の増加に伴い、有意に低くなった ($p <$

表2 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	
こがねもち	15%	48.0 ± 0.09	ad	1.08 ± 0.06	a	-0.15 ± 0.01	a
	25%	48.2 ± 0.27	acd	1.06 ± 0.08	a	0.74 ± 0.01	b
	35%	47.5 ± 0.10	b	1.03 ± 0.07	a	0.91 ± 0.02	c
ヒメノモチ	15%	48.5 ± 0.11	c	1.03 ± 0.03	a	-0.16 ± 0.00	a
	25%	48.3 ± 0.19	ac	1.08 ± 0.03	a	0.55 ± 0.02	d
	35%	47.9 ± 0.10	d	1.13 ± 0.01	a	0.73 ± 0.02	b

※有意差検定はtukey法を用いた。異なるアルファベットは有意差があることを示す($p < 0.01$, $n=10$)。

表3 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	15%	44.4 ± 0.39	a	2.12 ± 0.04	a	6.76 ± 0.06	a
	25%	41.8 ± 0.07	b	3.39 ± 0.03	b	5.76 ± 0.04	b
	35%	41.3 ± 0.04	c	3.77 ± 0.07	c	5.04 ± 0.07	c
ヒメノモチ	15%	45.5 ± 0.20	d	1.89 ± 0.04	d	7.82 ± 0.13	d
	25%	43.4 ± 0.07	e	2.94 ± 0.03	e	6.56 ± 0.07	e
	35%	41.9 ± 0.02	b	3.43 ± 0.04	b	5.15 ± 0.02	c

※官能評価用に加熱濃縮したものを試料とした。

※有意差検定はtukey法を用いた。異なるアルファベットは有意差があることを示す($p < 0.01$, $n=10$)。

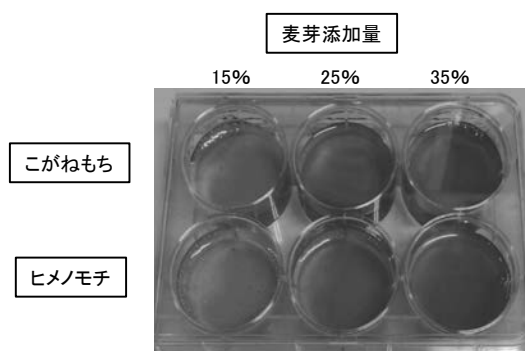


図4 官能評価用の米飴試料

※すべて加熱濃縮したものである。

0.01)。a*値の増加とb*値の低下の理由について、試料調製のための加熱濃縮により、メイラード反応が進んだと考えられる。また、麦芽添加量が多いほど糖分が多く、反応が促進されるため、麦芽添加量増加に伴い黄みが強まったと考えられる。

(3) 調製方法が米飴の官能特性に及ぼす影響

1) 識別試験

識別試験の結果を図4に示した。

色について、こがねもち・ヒメノモチ、いずれにおいても、麦芽添加量が増えるほど有意に「濃い」と評価された。米飴の色彩構成をみると(表3)、明度を示すL*値は麦芽添加量の増加に伴い低下しており、また、色度(a*値・b*値)は高くなっていたことから、有意に赤みと黄みが強くになっていた。そのため、色調が「濃い」と評価されたと考えられる。

えられる。また、こがねもちとヒメノモチを比べると、同じ麦芽添加量の場合、ヒメノモチはこがねもちよりも色が薄いと判断されており、ヒメノモチ25%とこがねもち15%、ヒメノモチ35%とこがねもち25%がほぼ同様の色調と評価されていた。

香りについては、麦芽添加量が増加するにしたがい、強まる傾向がみられた。また、こがねもちの方がヒメノモチの方より香りが強い傾向が見られ、こがねもち35%は15%・25%よりも有意に香りが強く($p < 0.01$)、ヒメノモチ25%と35%は15%よりも有意に香りが強かった($p < 0.01$)。

風味は、麦芽添加量が増えると、風味は「濃い」と評価された。同じ麦芽添加量においては、こがねもちとヒメノモチの間で有意差は見られなかった。

雑味は、ヒメノモチ15%は他よりも「雑味がしない」と有意に評価された($p < 0.01$)。こがねもち・ヒメノモチ、いずれの米も麦芽添加量が増加するにしたがって、雑味が強く感じられており、こがねもちもヒメノモチも35%が最も強く感じられていた($p < 0.01$)。

旨味および甘味は、麦芽添加量の増加に伴い、強く感じられていた。旨味は品種に関わらず35%、25%、15%の順で有意に強く感じられており($p < 0.01$)、品種間の相違は見られなかった。甘味についても、麦芽添加量が高い方が甘さが強く感じられていた。甘味は、こがねもちよりもヒメノモチの方が高く評価されていた($p < 0.01$)。

以上の結果から、麦芽の添加量が増加するにしたがって、全体的に色・風味・旨味・甘味などが強まることが示唆された。

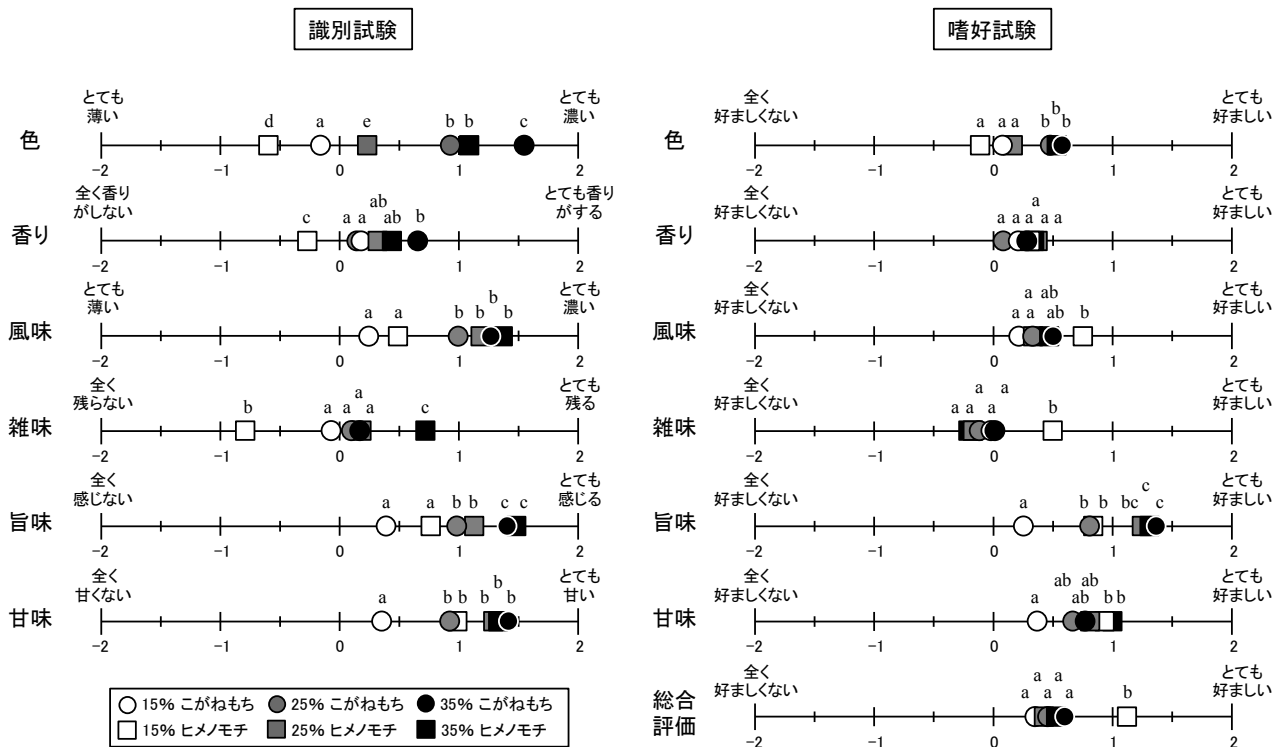


図5 米の品種と麦芽添加量が米飴の嗜好に及ぼす影響
 ※有意差はtukey法による。異なるアルファベットは有意差があることを示す($p < 0.01$)。

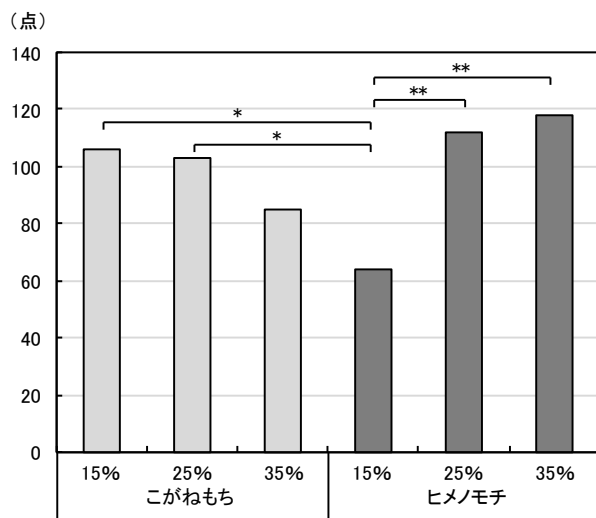


図6 順位法による米飴の嗜好性
 ※有意差はNewell&MacFarlaneの順位法による
 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)。

2) 嗜好試験

嗜好試験の結果を図5に示した。

色について、こがねもちもヒメノモチも麦芽添加量が多い方が好まれる傾向にあった。識別試験で最も色が薄いと評価されたヒメノモチ15%と、次いで色が薄いと評価されたこがねもち15%は、いずれも他より嗜好性が低かった($p < 0.01$)。このことから、米飴特有の琥珀色を呈していた方が好まれるといえる。

香りについては、品種・麦芽添加量による相違は見られ

なかった。

風味について、ヒメノモチ15%がこがねもち15%よりも有意に好まれていた。

雑味について、こがねもちは麦芽添加量による相違は見られなかった。ヒメノモチは、15%が25%や35%よりも有意に好まれていた($p < 0.01$)。また、品種間の差では、こがねもち(25%)とヒメノモチ(15%)の間で有意な相違が見られ、ヒメノモチの方が好まれていた($p < 0.01$)。

旨味は、こがねもち・ヒメノモチいずれも、麦芽添加量が高くなるにつれて有意に評価が高くなった。

甘味は、こがねもちよりもヒメノモチの方が評価が高かった(15%, 35%)。

総合評価では、こがねもち15%~35%間の有意差はみられなかった。ヒメノモチは15%が25%・35%よりも評価が高かった($p < 0.01$)。ヒメノモチ15%は識別試験において、雑味が他より有意に低く、旨味や甘味は他と同様に高かったため、総合評価が高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。

こがねもち15%とヒメノモチ15% ($p < 0.05$)、こがねもち25%とヒメノモチ15% ($p < 0.05$)、ヒメノモチ15%とヒメノモチ25% ($p < 0.01$)、ヒメノモチ15%とヒメノモチ35% ($p < 0.01$)との間に有意な差がみられた。

また、こがねもち15~35%、ヒメノモチ15~35%の中から「最も好きなもの」を調査したところ、ヒメノモチ15%

を選ぶ割合が最も高かった (58%)。

このことから、米飴の食嗜好性について、麦芽添加量の影響をみると、こがねもちが麦芽添加量による相違はないこと、ヒメノモチは麦芽添加量による差異がみられ、15%が最も好まれることが明らかとなった。また、品種間で比較すると、麦芽添加量が15%の場合、ヒメノモチの方がこがねもちよりも有意に好まれることが示唆された。さらに、「最も食べたいもの」を1つ選択してもらったところ、ヒメノモチ15%が最も多く、60%の人が選択していた。

以上より、米飴について、米の品種によって好まれる麦芽添加量が異なるといえる。また、米の品種によって嗜好性が異なることから、原料である米の種類が米飴の嗜好性にも影響するといえる。本研究で用いたこがねもちもヒメノモチも良食味といわれている^{23) 24) 25)}。米飴にした場合、あっさりした呈味を示すとされるヒメノモチの方が嗜好性が高く、特に風味や旨味などで高い評価であった。これら香り成分や旨味成分は、米に含まれるタンパク質に由来する⁷⁾。ヒメノモチは、こがねもちよりもタンパク質含量が高いことが報告されている³³⁾ことから、原料である米に含まれる各種成分が米飴の嗜好性に影響を与えると推測される。今後は、米の品種をさらに増やして検討していく。

(4) 食育教材としての活用

上記結果より、米の品種や麦芽添加量によって糖度・マルトース含量など成分が異なること、また、同じ種類・添加量の麦芽であっても色、香り、風味、旨味、甘味などの官能特性が異なることが明らかとなった。

本研究で得られた成果の教材化について、材料の米の品種や麦芽添加量によって風味や味などの美味しさが異なることは、家庭科における「美味しさ」の学習に繋がり、味覚教育の充実を図ることができる³⁴⁾。

また、糖度とマルトース濃度の結果より、麦芽による糖化は短時間で進むこと、麦芽添加量により糖化速度が異なることが示唆された。米飴における糖化(酵素反応)の早さは、視覚的かつ感覚的にも分かりやすいという特徴をもつ。すなわち、粘りのある炊飯米が、麦芽の添加によって粘度が低下し、サラサラになるという状態変化を観察できる。これは、デンプンが麦芽に含まれる酵素によって分解されるための性状変化であり、視覚的に酵素の働きを理解することができる。加えて、糖度計による測定などを行うことにより、酵素反応を数的にも理解することができる。これについては、家庭科の調理実習に加えて、小学校理科第6学年「B生命・地球 (1)人の体のつくりと働き」の「消化」や、「B (2)植物の養分と水の通り道」の「でんぷんのでき方」など関連づけて学ぶことができる³⁵⁾。

また、製法が米飴の物理特性に及ぼす影響については、算数・数学における「日常の事象から見出した問題を解決する活動」や「数学的に表現し伝え合う活動」などの数学

的活動にも繋がる^{36) 37)}。さらに、製法について、伝統的製法と工業的製法を比較することにより、食文化や食料生産や食品加工、郷土や地域に関する教育、消費者に関する教育などと関連づけて、家庭科、社会科、技術科、理科などで学ぶことができ、食育に繋げることができる。

材料の品種や産地、麦芽の作り方などは、生活科や総合的な学習の時間、社会科および理科、中学校・技術分野などと関連づけることができる。また、伝統的製法と工業的製法については、理科³⁵⁾や技術科³⁸⁾をはじめとした全ての教科と関連させて環境の学習^{1) 2)}へと発展できるため、教科横断的な学びができると考えられる。これらは一例であるが、米飴の伝統的製法に着目することで多面的・多角的な学びが期待できるといえる。尚、教材化と実践については、次報にて報告する予定である。

4. まとめ

麦芽の添加量が米飴の物理特性および食嗜好性に及ぼす影響について、以下の2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、糖度やマルトースなど糖化に関わる成分が増加した。これは、麦芽添加量の増加に伴い、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えたことに起因するものと考えられる。また、麦芽添加量の増加に伴い、甘味成分は増加した。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、用いるもち米の種類により、米飴の食嗜好性が異なった。また、好まれる麦芽の添加量も変化した。米の品種によって米あめの嗜好性に有意差がみられたことから、米飴の材料の選択は重要といえる。

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、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。

謝辞

アンケート調査にご協力いただきました静岡大学教育学部学生の皆様に深謝いたします。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) 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)
- 2) 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)
- 3) 黒川光明，西山松之助監修：四季の和菓子 秋，講談社，p.185 (1990)
- 4) 全国菓子工業組合連合会：いろいろな和菓子の説明，

- http://www.zenkaren.net/_0300/_0301/_030101
(2019. 3. 19 取得)
- 5) 日高秀昌, 岸原士郎, 斎藤祥治編: 砂糖の事典, 東京堂出版, p. 16, p. 108, p. 139 (2009)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 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, No. 77, 11月号, 6-9 (2010)
- 10) 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)
- 11) 橋本仁, 高田明和編: 砂糖の科学, 朝倉書店, p. 217 (2006)
- 12) 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)
- 13) 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)
- 14) 高橋禮治: でん粉製品の知識, 幸書房, pp. 16-17 (1996)
- 15) 農畜産業振興機構: コーンスターチの特性と新加工・料技術, https://www.alic.go.jp/joho-d/joho08_200805-01.html (2019. 10. 18 取得)
- 16) 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)
- 17) いわたの文化情報大事典: 麦芽水あめ,
<http://www.bunka.pref.iwate.jp/archive/food114> (2019. 9. 15 取得)
- 18) 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)
- 19) 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)
- 20) 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)
- 21) 岡田茂孝, 北畑寿美雄: 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)
- 22) 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)
- 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/jyouthou/H14/to152.html> (2002) (2019. 9. 15 取得)
- 24) 米穀機構米ネット: 平成 30 年水稻の品種別作付動向について, <http://www.komenet.jp/pdf/H30sakutuke.pdf> (2019. 9. 15 取得)
- 25) coop 日本生活協同組合連合会: コープのお米探訪,
https://goods.jccu.coop/feature/promise3/okome_tanbou/brand/himenomochi.html (2019. 9. 15 取得)
- 26) 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)
- 27) 水野昭博, 篠田典子, 野村佳司: α -グリコシダーゼを利用したビールの高濃度醸造(第4報) α -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)
- 28) 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ゼ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)
- 29) 栃木農業試験場栃木分場: 麦芽 α -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 (2019. 9. 15 取得)
- 30) 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)
- 31) 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 (2019. 10. 20 取得)
- 32) 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 (2019. 10. 20 取得)
- 33) 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, 日本食品保蔵学会誌, 332, 63-69 (2007)
- 34) 文部科学省: 小学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 家庭編, 東洋館出版, pp. 40 (2018)
- 35) 文部科学省: 小学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 理科編, 東洋館出版, pp. 84-89 (2018)
- 36) 文部科学省: 小学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 算数編, 日本文教出版, p. 75 (2018)
- 37) 文部科学省: 中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 数学編, 日本文教出版, p. 39 (2018)
- 38) 文部科学省: 中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説 技術・家庭編, 開隆堂, p. 20 (2018)

【連絡先 著者名 E-mail】

村上陽子, murakami.yoko@shizuoka.ac.jp

Effects of Traditional Method on Constituent Profile and Palatability of *Komeame* (Rice Syrup)

Yoko Murakami

Academic Institute College of Education, Shizuoka University

ABSTRACT

Komeame (rice syrup) is a type of starch syrup and 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. Traditionally, *komeame* is made by adding a small amount of sprouted barley grains (barley malt) to cooked rice in a solution of heated water. It 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*. A literature review was conducted to investigate various issues such as preparation methods and the amount of malt that should be added. *Koganemochi* and *Himenomochi* were the varieties of rice used, and the amount of malt was changed to 15-35% per 100 grams of rice. The results are as follows. Sugar and maltose content were increased and reached a balance within 4-10 hours as the amount of malt was increased. An addition of 15% malt was most efficient for the generation of sugar. Palatability differed depending on the type of rice and the amount of malt. Fifteen percent *Himenomochi* was the most preferable amount and variety of rice compared to other types of *komeame*.

Keywords

Komeame (rice syrup), Traditional method, Preparation, Constituent profile, Palatability