

麴甘酒を添加した食物アレルギー対応マドレーヌの 物性と嗜好性

Texture Profile and Palatability of Food Allergy Friendly Madeleine with Rice Malt Amazake

俵 万里子

要旨

食物アレルギー対応マドレーヌの物性と嗜好性に及ぼす麴甘酒添加の影響を検討した。卵・乳・小麦不使用のマドレーヌは気泡が大きくキメが粗いのに対し、麴甘酒を添加したマドレーヌは中央部が大きく膨らみ、気泡が均一でキメが細くなった。水分量60%の麴甘酒添加マドレーヌは物性測定による硬さが低値を示し、官能評価は良好であった。麴甘酒の添加は卵・乳・小麦不使用マドレーヌの嗜好性を高め、その程度は麴甘酒のでんぷん量及び水分量が影響していることが示唆された。

キーワード：マドレーヌ (madeleine) / 麴甘酒 (rice malt amazake) /
物性 (texture profile) / 嗜好性 (palatability)

I はじめに

麴甘酒は米を米麴で発酵させて作る、日本の伝統的な発酵甘味飲料である¹⁾。発酵は微生物が行う生命活動の一つであり、微生物の働きによって食物が変化し、人間にとって有益に作用した食品のことを発酵食品という²⁾。世界には多数の発酵食品が存在し、利用される微生物は多種多様であるが、日本の伝統的な発酵食品には麴菌が欠かせない。麴菌を蒸した米に付着させ、麴菌を培養・繁殖させたものを米麴という。米麴の中には、麴菌が繁殖する際に作り出したアミラーゼやプロテアーゼなど多種類の酵素が豊富に含まれており、食品のタンパク質や炭水化物などを分解し、甘みや旨味を生む³⁾。麴甘酒は米麴と米飯、水を混和し、酵素が活性化される50~60度で12~24時間保温し作られる。以上の過程により、デンプンがブドウ糖に、たんぱく質がアミノ酸に分解され、甘みと旨味が増し、体内に効率良く吸収される形に変化する。さらに麴甘酒には麴菌が繁殖する際に

作り出したビタミンB₁、B₂、B₆、パントテン酸、イノシトール、ビオチンなどの栄養素も含まれる⁴⁾。近年、麴甘酒はその栄養価の高さから健康機能に対する関心が高まっており、麴甘酒の機能性に関する研究が報告されている⁵⁾。また、麴甘酒は甘さを呈することから、飲用に限らず料理や菓子の副材料としての活用も期待されている。麴甘酒の利用法に関しては、甘酒をクッキーの特徴付けとして添加し、その効果について検討した報告がある⁶⁾。また、料理書で卵・乳・小麦不使用のケーキに麴甘酒を活用した菓子のレシピが紹介されており、その中で卵やバターを用いない菓子に甘酒が欠かせないと述べられている⁷⁾。その理由として麴甘酒のとろみが材料の乳化の助けとなることが挙げられている。ケーキなどの焼き菓子では水と油を均一に混ぜ合わせる乳化が出来上がりの性状やテクスチャーなど美味しさに関わる重要な工程である⁸⁾。食材では卵黄のレシチンが強い乳化力を持ち、バターケーキ類などの生地調整で、配合原料の均一分散に大きな役割を果たす⁹⁾。そのため、乳化の工程が品質に及ぼす影響が大きいマドレーヌやパウンドケーキなどバターケーキ類で

TAWARA, Mariko

北陸学院大学短期大学部 食物栄養学科
調理学実習

は特に、卵を用いず作成する場合に、卵の代用となる食材が必要である。近年、食物アレルギーの増加に伴い、食物アレルギーの主要原因食物である卵、乳、小麦の代替品を用いた菓子の調整に関する報告がされている¹⁰⁻¹¹⁾。しかし麴甘酒を代替品として用いて菓子を調整し、その性状や嗜好性について検討した報告はみられない。そこで本研究では卵、乳、小麦不使用のマドレーヌに麴甘酒を添加し、物性について検討するとともに嗜好性を評価することを目的とした。

II 方法

1. 材料

マドレーヌの基本配合は卵、砂糖、小麦粉、バターが4同割で、一般的にオールインワン法が用いられることが多い。オールインワン法とはバター生地製の製法の一つで、バター以外の材料を混ぜ、全体を乳化させ、最後に溶かしたバターを加える方法である¹²⁾。乳化とは、水と油が均一に混ざり合った状態のことをいう。乳化した生地は水分と油分の結合性が高く、加熱による水分の蒸発が少ない。そのためしっとりした質感の焼き上がりとなる。一方、乳化が不十分な生地は、水分と油分が分離した状態のため加熱による水分の蒸発が多く、きめが粗く油っこい焼き上がりになってしまう⁸⁾。乳化作用は卵黄に含まれるレシチンが持つ特性である。そのため、卵を除去しマドレーヌを作成する場合には、水分と油分をつなぐ役割を担う別の食材で代用する必要がある。本研究では麴甘酒のとりみに水分と油分をつなぐ作用があると仮定し卵の代用とすることとした。麴甘酒は米麴と米の量に対して調整水が少ない濃縮タイプと調整水が多いストレートタイプ、米麴のみから作る全麴甘酒といった3タイプに分けられる。さらに、濃縮タイプには粒状とペースト状がある¹³⁾。本研究では粘度の異なる2種類の濃縮タイプ・ペースト状の麴甘酒を使用した。そして、水分含有率約50%の麴甘酒（白米こうじあま酒、マルクラ食品）を高粘度甘酒、水分含有率約60%の麴甘酒（純あま酒、(株)伊豆フェルメンテ）を低粘度甘酒とした。甘酒を加えず調整したマドレーヌをコントロールとした。

その他の材料については、複数の料理書を参考

に、予備実験を実施し選択した。小麦粉の代用には米粉（ニップン(株)）と片栗粉（前原製粉(株)）を使用した。バターの代用には、風味と酸化安定性が高く、汎用的な使い方ができる米油（日清オイリオ(株)）を使用した。砂糖はきび砂糖（日新製糖(株)）、膨張剤はベーキングパウダー（共立食品(株)）を使用した。アーモンドプードル（共立食品(株)）は風味を増加させる目的で添加した。また、豆乳の起泡性に着目し、膨化を補助する目的で無調整豆乳（キッコーマンソイフーズ(株)）を使用した。

材料の配合を表1に示す。

表1 マドレーヌの配合

材料	試料*(g)		
	A	B	C
高粘度甘酒	–	45	–
低粘度甘酒	–	–	45
きび砂糖	75	52.5	52.5
米粉	45	45	45
片栗粉	15	15	15
アーモンドプードル	45	45	45
ベーキングパウダー	4.5	4.5	4.5
米油	30	30	30
無調整豆乳	105	105	105

* A試料：甘酒添加なし

B試料：高粘度甘酒（水分量約50%）添加

C試料：低粘度甘酒（水分量約60%）添加

甘酒を加えない試料をA試料、高粘度甘酒を添加した試料をB試料、低粘度甘酒を添加した試料をC試料と表示した。コントロールの1回の調整に用いた各材料の重量は米粉45g、片栗粉15g、アーモンドプードル45g、ベーキングパウダー4.5g、無調整豆乳105g、米油30g、きび砂糖75gとした。高粘度甘酒、低粘度甘酒は各45gとした。3種の試料の甘さを均一にするため、甘酒を添加した場合は甘酒の糖度を50%として、きび砂糖を52.5gとした。

2. 試料の調整方法

室温は生地調整時の温度変化を少なくするため24℃前後に保った。米粉、片栗粉、アーモンドプードル、ベーキングパウダーは均一に混ざるように、計量・混合後に2回ふるった。無調整豆乳は約40℃に加熱した後、ボウルに移し、ハンドミキサー（MK-H4、パナソニック(株)）を用いて、高速で

2分間攪拌した。別のボウルに米油、きび砂糖のみ、またはきび砂糖と麴甘酒を入れ、ハンドミキサーを用いて、高速で1分間攪拌した。そこにふるい合わせた米粉、片栗粉、アーモンドプードル、ベーキングパウダーを加え、泡だて器で攪拌した。次に、再度、高速で1分間攪拌した豆乳泡沫を2回に分け加えながら、泡だて器で攪拌した。型はマドレーヌ貝型（6個付、シリコン加工、188×195×13mm、新考社(株)）を使用した。型離れを良くするために型1ヶ当たり0.2gの米油を薄く均一に塗った。生地重量は型1ヶ当たり20gとした。各試料を180℃に予熱したコンベクション（リンナイ、RMC-S12E）で18分間焼成した。

3. 測定項目および方法

(1) マドレーヌの高さ・比容積

焼成後、室温に1時間放置し、放熱後フリーザーバッグ（旭化成、ポリエチレン製）に入れ、一晚室温に放置したマドレーヌの高さ、重量、体積を測定した。高さはマドレーヌの最も高く膨らんだ部分をノギス（Mefine、SH20）を用いて測定した。比容積（ cm^3/g ）は体積を菓種置換法により求め、重量で除して算出した。いずれの測定も1試料につき10個のマドレーヌを測定し、その平均値を求めた。

(2) マドレーヌのテクスチャー特性

焼成後、室温に1時間放置し、放熱後フリーザーバッグ（旭化成、ポリエチレン製）に入れ、一晚室温に放置したマドレーヌのテクスチャー（かたさ（荷重）、破断荷重、付着性）を測定した。測定装置は卓上型物性測定器TPU-2DL（山電(株)）を使用した。測定はプランジャーNo. 6（直径8mm）円筒型を用い、荷重20N、クリアランス1.0mm、測定速度2.5mm/secの条件で行った。1試料につき10個のマドレーヌを測定し、その平均値を求めた。

(3) 断面写真

マドレーヌの中央部を横断するように切り、断面をデジタルカメラで撮影した。

(4) 官能評価

官能評価用試料はII方法1の材料、2の試料の調整方法に準じて調整したマドレーヌを焼成後、室温に1時間放置し、放熱後フリーザーバッグ（旭化成、ポリエチレン製）に入れ、一晚室温に放置

した。各試料は中央から2等分し、その1片を供した。パネルは本学食物栄養学科2年次の学生47名（女性43名、男性4名）とした。評価は、きめの細かさ、やわらかさ、しっとり感、口どけ感、おいしさの5項目とした。各特性の大きいもの、または好ましいものの順に順位付けした。試料の試食順序はラテン方格により割り付けた。官能評価の実施に当たっては、北陸学院大学倫理審査委員会による承認（受付番号：2023-6）を得て実施した。対象者に対し研究開始前に研究の目的、方法、個人情報保護方針、安全管理の配慮、授業の成績とは関係しない旨を説明書を配布し説明し、同意書への署名が得られた者に対して行った。

(4) 統計処理

統計解析にはSPSS (IBM) statistics26 for windowsを使用した。各区分間の平均値の差の検定は、一元配置分散分析後、等分散している場合にはTukeyの検定、等分散していない場合にはGames-Howellにより多重比較を行った。官能評価の順位法では、パネルの一致性をケンドールの一致性係数Wで確認し、フリードマン検定およびボンフェローニの多重比較を用いて比較検討した。これらの検定の有意水準は5%および1%とした。

III 結果および考察

1. マドレーヌの高さ・比容積

マドレーヌの高さの結果を図1に示す。高さはA試料（甘酒添加なし）で最も低値を示し、B試料（高粘度甘酒添加）で最も高値を示した。各試料の間には有意な差が認められた。

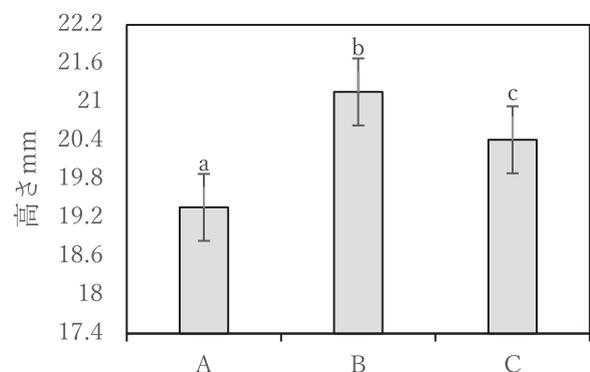


図1 マドレーヌの高さ

A：甘酒添加なし B：高粘度甘酒添加

C：低粘度甘酒添加

a, b, c：異符号間に有意差有り ($p < 0.05$)

比容積の結果を図2に示す。比容積はA試料(甘酒添加なし)が最も高値を示し、B試料(高粘度甘酒添加)が最も低値を示した。A試料とB試料の間には有意な差が認められた。

マドレーヌ中央部の断面写真を図3に示す。A試料(甘酒添加なし)は気泡が大きくキメが粗い。A試料は焼成前の生地が乳化が不十分のため加熱による水分の蒸発が多くなり、膨らみが小さく、

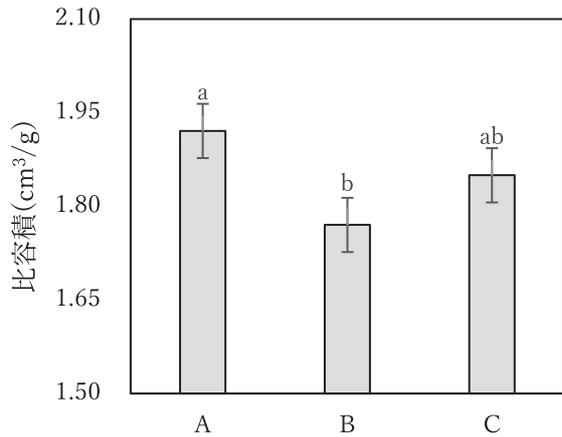


図2 マドレーヌの比容積

A: 甘酒添加なし B: 高粘度甘酒添加
C: 低粘度甘酒添加
a, b: 異符号間に有意差有り ($p < 0.05$)

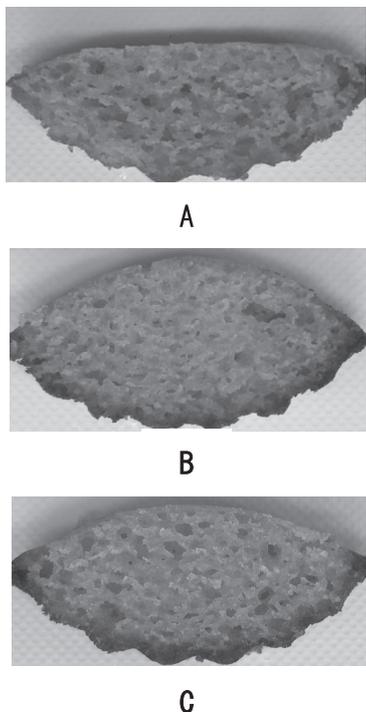


図3 マドレーヌの断面

A: 甘酒添加なし B: 高粘度甘酒添加
C: 低粘度甘酒添加

きめが粗い焼き上がりとなったと考えられる。

A試料に比べ、麴甘酒を添加したB試料、C試料は中央部が大きく膨らみ、気泡が小さくキメが細かい。これは麴甘酒が焼成前の生地水分と油分をつなぎ、加熱による水分の蒸発を抑制したためと考えられる。また、スポンジケーキの組織の膨化過程および固定化にはデンプンが中心的な役割を担っているとの報告がある¹⁴⁾。したがって、甘酒に含まれるデンプンが膨化に関わり、でんぷん量の多いB試料で大きく膨らんだと考えられる。

2. マドレーヌの力学的物性

マドレーヌのテクスチャー測定の結果を図4に示す。かたさ(荷重)はB試料(高粘度甘酒添加)

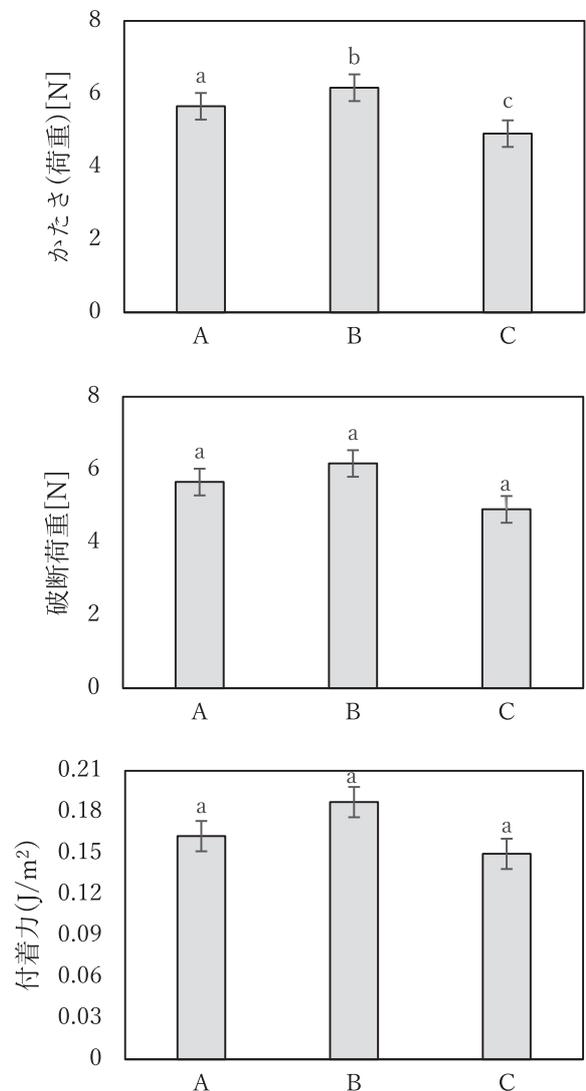


図4 マドレーヌの力学的特性

A: 甘酒添加なし B: 高粘度甘酒添加
C: 低粘度甘酒添加

a, b, c: 異符号間に有意差有り ($p < 0.05$)

が最も高値を示し、C試料（低粘度甘酒添加）が最も低値を示した。各試料間に有意な差が認められた。破断荷重、付着性は有意な差は認められなかったが、C試料が低い傾向がみられた

3. マドレーヌの嗜好性

各試料の「きめの細かさ」、「やわらかさ」、「しっとり感」、「口どけ感」、「おいしさ」の嗜好性について、順位法で評価した結果を表2に示す。いずれの項目もC試料（低粘度甘酒添加）の評価が最も高かった。

「きめ細かさ」「しっとり感」「口どけ感」「おいしさ」はA試料がB試料及びC試料に比べ評価が低く、有意な差が認められた。

「やわらかさ」はC試料の評価が最も高く、C試料とA試料の間およびC試料とB試料の間に有意な差が認められた。

C試料を一番おいしいと評価した理由としては、しっとりしてやわらかい、口どけが良いというコメントが多くみられた。

これらのことから、卵・乳・小麦不使用のマドレーヌに、麴甘酒を添加することはマドレーヌの嗜好性を高める上で有効であると考えられる。

また、麴甘酒がマドレーヌの嗜好性に及ぼす程度には麴甘酒の水分量及びでんぷん量が影響することが示唆された。しかしながら、本実験では麴甘酒が2種類であったため、今後は、麴甘酒の種類を増やし、さらに1回あたりの添加量を変えるなど、より詳細な検討が必要である。

表2 マドレーヌの順位法による官能評価

項目	n	生地 of 寝かせ時間			W	p 値
		A	B	C		
きめ細かさ	47	2.79 ^a	1.64 ^b	1.57 ^b	0.466	0.000
やわらかさ	47	2.38 ^a	2.04 ^a	1.57 ^b	0.165	0.000
しっとり感	47	2.49 ^a	1.79 ^b	1.72 ^b	0.181	0.000
口どけ感	47	2.68 ^a	1.79 ^b	1.53 ^b	0.364	0.000
おいしさ	47	2.45 ^a	1.96 ^b	1.60 ^b	0.182	0.000

n：回答したパネル数。データは順位平均、

Wはケンドールの一致性係数

a,b：異符号間に有意差有り ($p < 0.01$)

IV おわりに

本実験では、食物アレルギー対応マドレーヌの物性と嗜好性に及ぼす麴甘酒添加の影響を検討し、

以下の結果を得た。

- (1) 卵・乳・小麦不使用のマドレーヌは気泡が大きくキメが粗いのにに対し、麴甘酒を添加したマドレーヌは中央部が大きく膨らみ、気泡が均一でキメが細かくなった。
- (2) 卵・乳・小麦不使用のマドレーヌに添加する麴甘酒のでんぷん量が多いほど、大きく膨らみ、焼き上がりの密度が高く、弾性が高まった。
- (3) 卵・乳・小麦不使用のマドレーヌは麴甘酒を添加した甘酒と比べて「きめの細かさ」、「やわらかさ」、「しっとり感」、「口どけ感」、「おいしさ」の評価が低かった。
- (4) 卵・乳・小麦不使用のマドレーヌに、麴甘酒を添加することはマドレーヌの嗜好性を高める上で有効であり、その程度は麴甘酒の水分量及びでんぷん量が影響することが示唆された。

(参考文献)

- 1) 北山かつ彦ら編. 食と微生物の辞典. 朝倉書店. 2017, p. 253.
- 2) 齋藤勝裕. 図解入門よくわかる最新発酵の基本と仕組み. 秀和システム. 2021, p. 216.
- 3) 村上英也. 麴学. 財団法人日本醸造協会. 1986
- 4) 倉橋敦, 小黒芳史. 麴甘酒に含まれる成分について. 日本醸造協会誌. 2017. vol. 112, no. 10, pp. 668-674.
- 5) 倉橋敦. 麴甘酒の成分・機能性・安全性. 生物工学会誌. 2019. vol. 97, no. 4, p. 190-194.
- 6) 堀光代, 平野可奈, 下山田真, 秋山美展, 鈴木徹, 長野宏子. クッキー副材料としての甘酒および抹茶の意義. 日本調理科学会誌. 2022. vol. 55, no. 2, pp. 97-104.
- 7) うかたま. 農山漁村文化協会. 2023. vol. 112, p. 122.
- 8) 中山弘典, 木村万紀. 科学でわかるお菓子の「なぜ?」基本の生地と材料のQ&A231. 柴田書店. 2009, p. 311.
- 9) 河田昌子. 新版お菓子「こつ」の化学. 柴田書店. 2019, p. 300.
- 10) 野口聡子, 品村亜沙子, 桜井記佳. 鶏卵を用いないスポンジケーキの調整-つくね芋を用いて-. 同志社女子大学生生活科学. 2010, vol. 44, pp. 54-61.
- 11) 西川陽子, 向井彩乃, 山口加奈. 小麦粉代替用米粉の利用拡大に向けた調理特性の解明. 茨木大学教育

学部紀要(自然科学). 2010, vol. 65, pp. 71-79.

- 12) 大阪あべの辻製菓専門学校監修. お菓子の基本大図鑑ガトー・マルシェ. 講談社. 2001, p. 464.
- 13) 九重彰寛. “甘酒について” 九重味噌製造.
<https://www.kokonoemiso.com/amazake/amazake-chigai/>
(参照2023-11-24)
- 14) 楠瀬千春. スポンジケーキ・パンの気孔構造の形成に及ぼす気泡と澱粉粒の相互作用. 調理科学会誌. 2004, vol. 37, pp. 135-142.