

## マドレーヌの性状と嗜好性に及ぼす生地 of 寝かせ時間の影響

### Effect of Resting Time of Batter on Properties and Palatability of Madeleine

俵 万里子\*<sup>1</sup>、増 泰\*<sup>2</sup>

#### 要旨

マドレーヌの性状と嗜好性に及ぼす生地 of 寝かせ時間の影響を検討した。寝かせ時間は0時間(0h)、1時間(1h)、3時間(3h)、6時間(6h)とした。比容積は1hが3h、6hより、凝集性は1hが6hより有意に高値を示した。破断荷重は1hが6hより、付着性は1hが3h、6hより有意に低値を示した。官能評価では6hが高評価を得た。比容積、力学的特性、官能評価の結果から、1hは弾力のあるやわらかな食感となり、6hは弾力が弱まり、しっとりした食感になると考えられた。

キーワード：マドレーヌ (madeleine) / 生地 of 寝かせ時間 (resting time of batter) / 比容積 (specific volume) / テクスチャー (texture)

#### I はじめに

マドレーヌは主材料の1つとしてバターを用いるバターケーキ類の一種であり、バターの風味としっとりとした食感が特徴的な焼き菓子である<sup>1)</sup>。同じくバターケーキ類の一種にパウンドケーキがある。パウンドケーキ、マドレーヌともに基本材料は小麦粉、バター、卵、砂糖である。配合は4つの基本材料を同じ割合とする四同割が基本とされている<sup>2)</sup>。このようにパウンドケーキとマドレーヌは基本的に同じ材料、配合であるが、焼き上がりの形状や食感が異なる。この違いは製法(材料を混ぜる順番)の違いによる。パウンドケーキは小麦粉を最後に加え、さっくりと混ぜ合わせる。そのため、グルテンが形成されにくく、焼成前に生地を寝かせる必要がない。一方、マドレーヌは溶かしバターを加える前に小麦粉と卵を混ぜ合わせるためグルテンが形成されやすい。グルテンは小麦貯蔵タンパク質であるグリアジンとグルテニンが水和して形成される複合タンパク質である<sup>3)</sup>。

グリアジンは球状蛋白質で分子間の結合力が弱く、粘性と伸展性がある。一方、グルテニンは、バネのようなスパイラル構造を持つ多数の分子がジスルフィド結合により連結している。分子間の結合力は強く、弾力性が高い。グルテンの中では、弾力に富むグルテニンが多数結合することにより骨格を作り、全体がバネの束のような構造を持っている。マドレーヌの場合、攪拌直後の生地は、バネ状のグルテンが引き伸ばされた状態にあり、弾性(元の形に戻ろうとする力)が強まっている。このままの状態生地を焼成した場合、気泡が膨張する力よりも、グルテンの弾性が勝り、その結果、気泡の膨張が抑えられ、生地 of 膨らみが悪くなってしまふ。これを防ぐためには、攪拌後、生地を寝かせる必要がある。生地を寝かせることにより、グルテンの結合に関与するジスルフィド結合が、生地中の酵素作用や化学的変化により還元(切断)され、時間の経過とともにグルテンの弾性が徐々に低下する<sup>4)</sup>。そのため寝かせた状態の生地を焼成した場合、気泡の膨張する力が、グルテンの弾性より大きくなり、生地 of 膨らみが良くなる。以上の理由により、マドレーヌ生地は焼成前に寝かせる必要があるとされている。しかし、寝かせる時間については、「約1時間」「約3時間」

\*<sup>1</sup> TAWARA, Mariko  
北陸学院大学短期大学部 食物栄養学科  
調理学実習

\*<sup>2</sup> MASU, Yasushi  
北陸学院大学短期大学部 食物栄養学科

「一晚」など、料理書によってさまざまである。また、これまでマドレーヌの性状と嗜好性について、攪拌時間、攪拌温度、油脂添加温度、室温の影響などを検討した報告があるが<sup>5-8)</sup>、生地寝かせ時間の視点から検討した報告はほとんど見られない。そこで本研究ではマドレーヌの性状に及ぼす生地寝かせ時間の影響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

複数の料理書を参考に予備実験を実施し、マドレーヌの材料を選択した。小麦粉は薄力小麦粉(バイオレット、日清製粉(株))、砂糖はグラニュー糖(伊藤忠製糖(株))、鶏卵は市販新鮮卵(pH 8)、バターは無塩バター(雪印メグミルク(株))を使用した。膨張剤はベーキングパウダー(共立食品(株))を使用した。配合割合はバターケーキ類の基本である四同割とした。1回の調整に用いた各材料の重量は薄力小麦粉100g、グラニュー糖100g、鶏卵100g、無塩バター100g、ベーキングパウダー2gとした。

### 2. 試料の調整方法

パウンドケーキやマドレーヌなどに使用されるバター生地の製法には、シュガーバター法、フラワーバター法、オールインワン法の3種類があり、製法の違いにより出来上がりの食感に違いが生まれる<sup>9)</sup>。マドレーヌはしっとりした生地の状態を作るため一般的にオールインワン法が用いられることが多く、本実験でもオールインワン法を採用した。オールインワン法とはバター以外の材料を混ぜ最後に溶かしバターを加える方法である。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。薄力小麦粉とベーキングパウダーは均一に混ぜるように、計量・混合後に2回ふるった。無塩バターは60℃の湯煎にかけて溶かし40℃位に調整した。材料の攪拌はハンドミキサー(MK-H4、パナソニック(株))を用いた。卵(24.0±1.0℃)は溶きほぐし、こし器で濾し、計量した。まず卵にグラニュー糖を加え、低速で1分間攪拌した。次に、その卵液をふるい合わせた薄力小麦粉、ベーキングパウダーに加え、低速で30秒間攪拌した。最後に溶かしバターを3回に分

け加えながら低速で40秒間攪拌した。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のバターを薄く均一に塗った。生地重量は型1ヶ当たり23gとした。乾燥を防ぐためにラップフィルムをかけ、冷蔵庫内(温度9.0℃)で寝かせた。寝かせ時間は0時間、1時間、3時間、6時間に設定した。寝かせ時間1時間、3時間、6時間の試料については温度が低下し、焼成時の生地温の上昇および製品の性状に影響を与える可能性が考えられるため、冷蔵庫から取り出し後、生地の温度が常温(23℃位)まで上昇する時間を予備実験で確認し、焼成の30分前に冷蔵庫から取り出すこととした。試料記号は寝かせ時間を示す0h、1h、3h、6h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14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、室温で1時間放冷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(c<sub>m</sub><sup>3</sup>/g)は体積を菜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12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

焼成後のマドレーヌを1時間室温で放冷し、テクスチャー(破断荷重、凝集性、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12個のマドレーヌを測定し、その平均値を求めた。

#### (3) 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4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45名(女性43名、男性2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6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：2022-11）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の説明を行い、同意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) statistics25 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1hで最も低値を示した。0h、1h、6hに有意差はみられないが、3hは1hより有意に高値を示した。

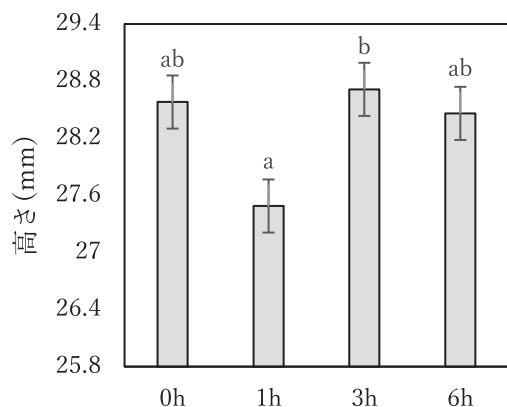


図1 マドレーヌの高さ

a, b : 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1hが最も高値を示したが、0hと1hに有意差はみられなかった。3h、6hは0h、1hより有意に低値

を示した。生地を寝かせることにより、グルテンの弾性が低下し、生地の膨らみが良くなるとされている。

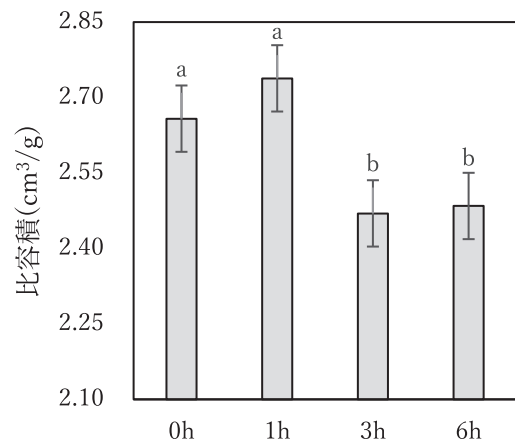


図2 マドレーヌの比容積

a, b : 異符号間に有意差有り ( $p < 0.01$ )

しかし、本実験においては、生地を1時間寝かせて焼成したマドレーヌと寝かせずに焼成したマドレーヌとで比容積、即ち膨化の程度に有意な差は認められなかった。また、寝かせ時間が3時間、6時間と長くなるほど、比容積が低値となった。その理由として、時間の経過とともにベーキングパウダーの化学反応が進んだことが挙げられる。マドレーヌは気泡の熱膨張とベーキングパウダーのガス化を利用した膨化食品である。ベーキングパウダーは炭酸水素ナトリウムが生地中の水分と熱に反応して二酸化炭素を発生させ、生地を膨らませる性質を持つが、常温でも炭酸ガスを発生させる酸性材を含み、加熱前から炭酸ガスを発生する<sup>10)</sup>。そのため、生地を長く寝かせることにより、生地中の炭酸ガスが減少し、膨化抑制につながったと考えられる。

#### 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3に示す。破断荷重は、1hが最も低値を示した。0h、1h、3hに有意な差はみられないが、6hは1hより有意に高値を示した。生地を1時間寝かせた場合、生地を寝かせない場合と破断荷重に有意な差は認められないものの、生地が膨らみやすくなり、柔らかくなる傾向がみられた。これは生地を1時間寝かせることによりグルテンの弾性が低下した影響と考えられる。

凝集性は、1hが最も高値を示した。0h、1h、3h、に有意な差はみられないが、6hは1hより有意に低値を示した。凝集性は、形を保持するのに必要な内部結合力、即ち加圧に対する保形性の強弱を表す。

付着性は、1hが最も低値を示した。0h、1hに有意な差はみられないが、3h、6hは有意に高値を占めた。

これらのことから、生地を1時間寝かせたマドレーヌは弾力のあるやわらかな食感となり、生地を3時間、6時間と長く寝かせたマドレーヌは弾力が弱まり、付着性が高く、しっとりした食感になることがわかった。これらは生地を長く寝かせ

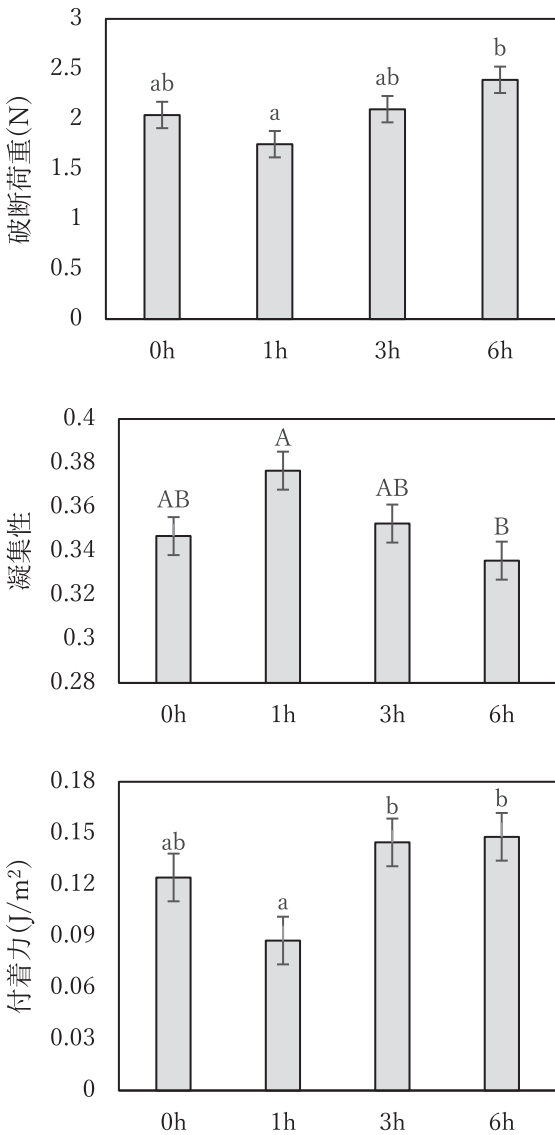


図3 マドレーヌの力学的特性

A, B, a, b : 異符号間に有意差有り  
(大文字 :  $p < 0.05$ 、小文字 :  $p < 0.01$ )

ることによって起こるグルテンの弾性低下と生地中の二酸化炭素の減少の程度が時間の経過とともに変化し、影響したと考えられる。

### 3. マドレーヌの嗜好性

生地の寝かせ時間の異なるマドレーヌの「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1に示す。パネルが回答した順の欄には6hを一番おいしいとした理由として、しっとりしてやわらかい、全体的なバランスが良いというコメントが多くみられた。以上の結果より、しっとりした食感で口どけが良く、やわらかい食感のマドレーヌが好まれる傾向があることがうかがえた。以上の通り、官能評価では6hが最もやわらかく、おいしいという評価であった。しかし、テクスチャー測定では前述の通り、破断荷重が1hにおいて最も低く、6hは有意に高いという結果であり、官能評価と同様の結果が得られなかった。また、テクスチャー測定の結果では、いずれの特性も3hと6hの間に有意差はなかったが、官能評価では「しっとり感」を除く4項目で3hが6hより有意に低い評価となった。このようにテクスチャー測定と官能評価の結果が一致しなかった一因として、本実験ではテクスチャー測定を焼成後1時間後に行ったのに対して、官能評価は焼成日の翌日に実施したため、時間の経過により性状が変化し、結果に関与した可能性が考えられる。焼成後のマドレーヌの性状の変化に及ぼす生地の寝かせ時間の影響について、今後の検討が必要である。

表1 マドレーヌの順位法による官能評価

項目	n	生地の寝かせ時間				W	p 値
		0h	1h	3h	6h		
きめ細かさ	40	2.5 <sup>AB</sup>	2.4 <sup>AB</sup>	3 <sup>A</sup>	2.1 <sup>B</sup>	0.095	0.010
やわらかさ	39	2.8 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	0.259	0.000
しっとり感	39	2.6	2.3	2.6	2.5	0.011	0.735
口どけ感	39	2.7 <sup>AB</sup>	2.4 <sup>AB</sup>	2.8 <sup>A</sup>	2.1 <sup>B</sup>	0.071	0.040
おいしさ	40	2.6 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	0.090	0.013

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, a, b : 異符号間に有意差有り

(大文字 :  $p < 0.05$ 、小文字 :  $p < 0.01$ )



#### Ⅳ おわりに

本実験では、マドレーヌの性状と嗜好性に及ぼす生地 of 寝かせ時間（0・1・3・6時間）の影響を検討し、以下の結果を得た。

- (1) マドレーヌの高さは寝かせ時間1時間のマドレーヌが最も低く、寝かせ時間3時間のマドレーヌとの間に有意差が認められた。
- (2) マドレーヌの比容積は寝かせ時間1時間のマドレーヌが最も高値を示し、寝かせ時間3・6時間のマドレーヌとの間に有意差が認められた。
- (3) 破断荷重および付着性は寝かせ時間1時間のマドレーヌが最も低値を示し、破断荷重は寝かせ時間6時間のマドレーヌとの間に、付着性は寝かせ時間3・6時間のマドレーヌとの間に有意差が認められた。凝集性は寝かせ時間1時間のマドレーヌが最も高値を示し、寝かせ時間6時間のマドレーヌとの間に有意差が認められた。テクスチャー測定の結果から、寝かせ時間1時間のマドレーヌは弾力のあるやわらかな食感となり、生地を3時間、6時間と長く寝かせたマドレーヌは弾力が弱まり、付着性が高く、しっとりした食感になると考えられた。
- (4) 官能評価では、寝かせ時間6時間のマドレーヌの評価が最も高く、しっとりした食感で口どけが良く、やわらかい食感のマドレーヌが好まれる傾向がみられた。

#### 〈参考文献〉

- 1) 早川幸男. 菓子入門. 第2版. 日本食料新聞社. 2020, p. 253.
- 2) 中山弘典, 木村万紀子. 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.
- 3) 長尾精一. 小麦粉利用ハンドブック. 幸書房. 2011, p. 351.
- 4) 河田昌子. 新版お菓子「こつ」の化学. 柴田書店. 2019, p. 300.
- 5) 細田佳代, 浜田真理子. マドレーヌについて. 一宮女子短期大学紀要. 1983, vol. 22, p. 27-33.
- 6) 細田佳代, 浜田真理子. マドレーヌについて (第二報). 一宮女子短期大学紀要. 1984, vol. 23, p. 1-9.

- 7) 細田佳代, 浜田真理子. マドレーヌにおよぼす攪拌時間の影響. 一宮女子短期大学紀要. 1985, vol. 24, p. 1-6.
- 8) 高沢まき子, 遠藤弘美, 宮地洋子. マドレーヌのテクスチャーと官能特性におよぼす製法の影響. 日本調理科学会誌. 1999, vol. 32, no. 1, p. 24-31.
- 9) 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.
- 10) 田中京子. 「膨化」を科学する. 日本調理科学会誌. 2008, vol. 41, no. 3, p. 210-213.

