

Mechanical Properties and Sensory Attributes of Sponge Cakes Prepared Using Emulsified Oils and Fats

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-03-03 キーワード (Ja): キーワード (En): Emulsified oils and fats, Sponge cakes, Mechanical properties, Sensory attributes 作成者: 隅田, 衣江, 金子, 芽生, 安藤, 加奈子, 渡辺, 雄二 メールアドレス: 所属:
URL	https://otsuma.repo.nii.ac.jp/records/5993

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



起泡性乳化油脂を添加したスポンジケーキの 力学特性と食味特性

隅田衣江・金子芽生・安藤加奈子・渡辺雄二
大妻女子大学家政学部食物学科

Mechanical Properties and Sensory Attributes of Sponge Cakes Prepared Using Emulsified Oils and Fats

Kinue Sumita, Mei Kaneko, Kanako Ando and Yuji Watanabe

Key Words: 起泡性乳化油脂 (Emulsified oils and fats), スポンジケーキ (Sponge cakes), 力学特性 (Mechanical properties), 食味特性 (Sensory attributes)

1. 緒言

スポンジケーキは、焼成時の膨化作用を利用した食品である¹⁾。そのメカニズムは、スポンジ生地に含まれる気泡が加熱により膨張し、それにともない生地が膨張して多孔質構造が形成される。したがって、生地の膨化の良否が多孔質構造の評価の指標となる。すなわち、多孔質構造の良否は、生地に含まれる気泡状態に依存し、生地に含まれる気泡状態の数量化は、スポンジケーキの多孔質構造の制御に不可欠である。スポンジケーキの調製法には、コールド・スポンジ (別立て) 法、ホット・スポンジ (共立て) 法およびオールインミックス (AIM) 法がある¹⁻⁴⁾。家庭でのスポンジケーキの調製には、別立て法と共立て法がよく用いられることから、これらの調製法に関する書物や文献は数多い⁵⁻¹⁰⁾。

一方、製菓・製パン工場で行われている AIM 法に関する文献は、荒木ら¹¹⁾ の小麦粉の代替に全粒粉を用いて AIM 法で調製したスポンジケーキの性状についての報告以外は、ほとんど見受けられない。AIM 法で調製したスポンジケーキに関する報告が少ない理由として、家庭での起泡性乳化油脂の入手困難が挙げられる。しかし、AIM 法は、別立て法や共立て法に比べて、“泡立ての技術”が不要であるために、子どもたちのケーキづくりの方法として適している。

本研究では、AIM 法によるケーキづくり普及活動の一環として、起泡性乳化油脂の添加量とスポンジケーキの力学特性および食味特性との関係について調べた。

2. 方法

1) 原料

原料の銘柄または製造所名は表 1 に示したとおりである。鶏卵は、ケーキの調製に供する前に卵黄係数を測定して、その値が 0.40~0.49 のものを使用した。なお、卵黄係数は卵黄の高さ (mm) を卵黄の径 (mm) で除した値で、これらの計測には、新潟精機株式会社のデジタルノギス BLD-100 を用いて行った。

2) 基本配合

基本配合を表 2 に示した。予備実験の結果から、起泡性乳化油脂の添加量は、0 g、2 g、4 g、6 g、8 g、10 g とし、水 20 g に分散させて加えた。

3) AIM 法によるケーキの調製法

AIM 法によるケーキの調製法は、以下のとおりである。

- ① ボウルに全卵、水に分散させた起泡性乳化油脂、砂糖を加えて、へらで溶解する
- ② 篩にかけた薄力粉を加えて、へらで分散させる
- ③ 株式会社エフ・エム・アイのキッチンエイド・ミキサー KSM5 の速度調節レバー 10 (200 r.p.m) で、60 秒間攪拌する
- ④ 直径 15 cm の型に生地を 200 g 入れる
- ⑤ シャープ株式会社ウォーターオープンヘルシオ AX-PX2 の手動加熱 (予備加熱有) で、150℃、35 分間焼成する
- ⑥ 放冷後、ラップに包む

表 1 実験に供した原料

原料	銘柄	製造所
鶏卵 ¹⁾	阿武隈高原たまご	(有)酒井養鶏場 (福島・石川郡)
砂糖	スプーン印上白糖	三井製糖株式会社
薄力粉	バイオレッド薄力小麦粉	日清製粉株式会社
起泡性乳化油脂	マリッシュゴールド	花王株式会社
水	天然水南アルプス	サントリーフーズ株式会社

1) 鶏卵は、供する前に卵黄計数を測定し、その値が 0.40～0.49 のものを使用した

表 2 スポンジケーキの基本配合

原料	配合
鶏卵	150 g (3 個分)
砂糖	120 g
薄力粉	100 g
起泡性乳化油脂 ¹⁾	8 g
水	20 g

1) 起泡性乳化油脂の添加量は、0 g、2 g、4 g、6 g、8 g、10 g とした

4) 生地重量の測定

生地を容器（下部径 46.85 mm、上部径 60.72 mm、水容量 65 ml）に詰め、パティナイフですりきり後の重量を、株式会社エー・アンド・デイのホームスケール（UH-3201）の秤で測定した。

5) 生地に含まれる気泡状態の数量化

みかけの比重は、「攪拌後の生地重量」を水重量 65g で除して算出した。なお、攪拌後の生地重量の測定は、調製法 ③ で行った。

攪拌前後の生地重量比は、「攪拌後の生地重量」を「攪拌前の生地重量」で除して算出した。なお、攪拌前の生地重量の測定は、調製法 ② で行った。

空気含量は、空気重量、すなわち「攪拌前の生地重量」から「攪拌後の生地重量」を引いたものを「攪拌前の生地重量」で除し、それに 100 を乗じて算出した。気泡体積の算出は、水越¹²⁾の文献に準じて行い、「攪拌後の生地重量」を 1.4 で除したものを「攪拌後の生地体積」から引いて求めた。

6) ケーキ体積の測定

計測によるケーキ体積の測定は、ケーキを二等分に切断し、切断面のケーキの高さと直径を計測し、半径の二乗に高さを乗じて算出した。ナタネ変法によるケーキ体積の測定は、ナタネの代わりに粟を用いて、ケーキ体積で容器に入りきれなかった粟重量からケーキ体積を算出した。

7) ケーキの膨化およびきめの状態の観察

二等分にしたケーキの断面を、ソニー株式会社のデジタルカメラ NEX-5ND で撮影し、その拡大画像からケーキの膨化およびきめの状態を観察した。

8) ケーキの力学測定

株式会社山電の CREEP METER RE2-33005 を用いて、2 kg 用の荷重センサーで全体圧縮による応力緩和試験とテクスチャー試験を行った。各試験によって得られた波形の解析には、同社の破断強度およびテクスチャー解析ソフトウェアを用いた。各試験の測定条件は表 3 のとおりである。測定に供する

表 3 機器測定条件

測定モード	応力緩和（破断強度）測定	テクスチャー測定
荷重センサー	2 kg	2 kg
プランジャー	アクリル製直径 40 mm の円板型	アクリル製直径 40 mm の円板型
圧縮率	90%	線形性領域 40% 非線形性領域 80%
測定速度	1 mm/sec	1 mm/sec
試料の大きさ	20×20×20 mm	20×20×20 mm

試料の調整は、次のように行った。スポンジケーキ焼成後、室温状態で網の上で 60 分間放冷後、ラップに包み、24 時間室温下で保存した。乾燥を防ぐために、測定直前にスポンジケーキを二等分にし、20 mm×20 mm×20 mm の大きさに超音波カッター（株式会社山電）で調整し、測定に供した。

9) 食味評価

食味評価は、本学食物学科第二食品学研究室の研究スタッフ 9 名のパネリストによる感覚評価で行い、自由記述で評価したのちに、パネリスト間の意見を調整した。

10) 統計処理

主成分分析および相関分析の統計処理を行うために、日科技連株式会社の多変量解析ソフトウェア JUSE-MA1 を用いた。

3. 結果

1) 起泡性乳化油脂の添加量によるケーキ生地に含まれる気泡状態

生地に含まれる気泡状態の数量化の指標として、

“みかけの比重”、“攪拌前後の生地重量比”、“空気含量”、“気泡体積”をそれぞれ算出した（表 4）。添加量の増大により、“みかけの比重”と“攪拌前後の生地重量比”は減少の、一方、“空気含量”と“気泡体積”は増加の傾向をそれぞれ示した。これらの傾向は、起泡性乳化油脂の添加量増大により、攪拌後の生地に含まれる気泡量が多くなることを示唆している。

2) 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの体積

“焼成直後の計測によるケーキ体積”、“放冷 1 日後の計測によるケーキ体積およびナタネ変法によるケーキ体積”を、表 5 に示した。添加量の増大にともない“焼成直後の計測によるケーキ体積”は、増加の傾向を示し、添加量 8% と 10% のものは、0% のものに比べて約 3 倍の体積であった。放冷 1 日後のケーキ体積でも、計測およびナタネ変法ともに、添加量増大によるケーキ体積増加の傾向が観察され、両者の体積を比較すると、すべての添加量ともに、計測による体積のほうが高い値を示した。

表 4 起泡性乳化油脂の添加量によるケーキ生地に含まれる気泡状態

添加量 (%)	みかけの比重	攪拌前後の生地重量比	空気含量 (%)	気泡体積 (cm ³)
0	0.82	0.74	22.1	106.5
2	0.78	0.71	31.1	128.3
4	0.65	0.58	44.7	130.6
6	0.60	0.54	45.8	154.6
8	0.51	0.46	53.5	204.5
10	0.46	0.42	57.7	216.4

表 5 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの体積

添加量 (%)	焼成直後のケーキ体積 (cm ³)	放冷 1 日後のケーキ体積 (cm ³)	
	計測による方法	計測による方法	ナタネ変法による方法
0	341.1	308.6	256.3
2	432.7	391.6	357.8
4	693.3	654.9	473.1
6	705.4	689.5	545.0
8	903.8	839.7	585.7
10	938.6	855.0	612.2

3) 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの膨化およびきめの状態

スポンジケーキの膨化状態をケーキの高さからの評価で行った。図 1 に示したとおり、添加量の増大によりケーキの高さは増す傾向が観察され、0% のものに比べて、10% のものは約 2 倍以上の高さであった。きめの状態は、0% のものが粗く、添加量の増大により細くなる傾向を示した (図 2)。起泡性乳化油脂は、卵や水への乳化性を高めるとともに、小麦粉の分散をよくするので、細かいきめが形成されと考えられた。

4) 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの力学特性

応力-歪曲線から算出した“線形性歪率”、圧縮

率 80% (非線形性領域) におけるテクスチャー曲線から算出した“かたさ応力”と“A1 エネルギー”、圧縮率 40% (線形性領域) におけるテクスチャー曲線から算出した“かたさ応力”、“凝集性”、“ガム性応力”、“A1 エネルギー”および“A2 エネルギー”の各特性値を表 6 に示した。添加量の増大により減少の傾向を示した特性値は、非線形性領域の“A1 エネルギー”、線形性領域の“かたさ応力”、“ガム性応力”、“A1 エネルギー”および“A2 エネルギー”であった。

5) 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの食味特性

起泡性乳化油脂の添加量によるケーキの食味特性を表 7 にまとめた。すべてのパネリストともに 6%

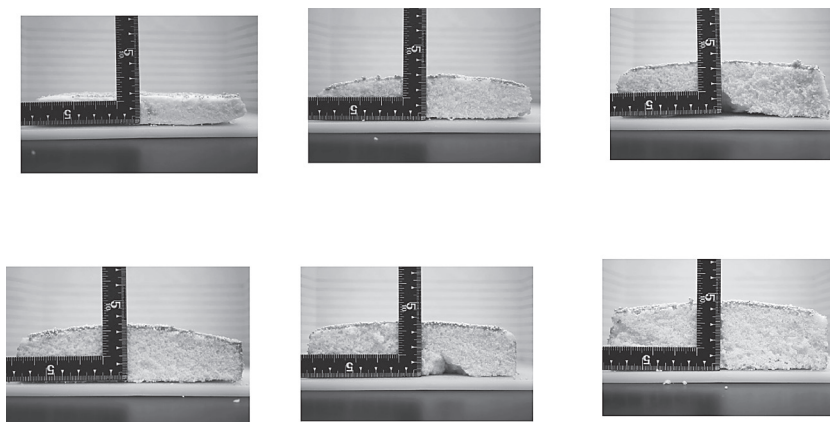


図 1 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの高さ
上段左から 0%、2%、4%、下段左から 6%、8%、10%

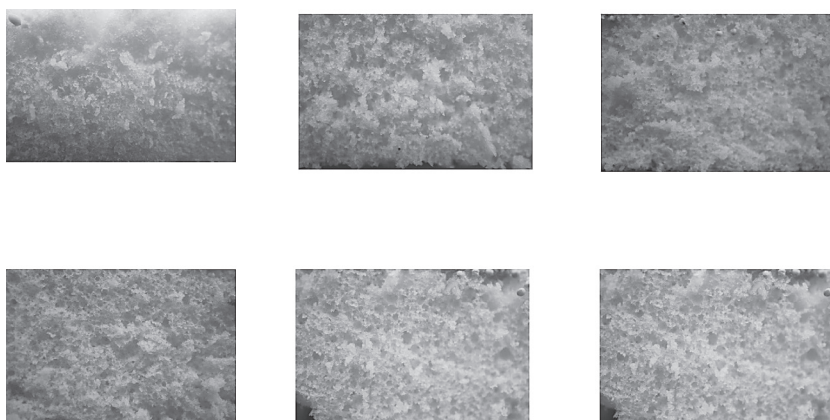


図 2 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキ組織のきめ
上段左から 0%、2%、4%、下段左から 6%、8%、10%

表 6 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの力学特性値

添加量 (%)	応力-歪 線形性率 (%)	圧縮率 80% におけるテクスチャ特性値		圧縮率 40% におけるテクスチャ特性値				
		かたさ応力 (N/m ²)	A1 エネルギー (J/m ²)	かたさ応力 (N/m ²)	凝集性	ガム性応力 (N/m ²)	A1 エネルギー (J/m ²)	A2 エネルギー (J/m ²)
0	26.4	43,560	12,380	10,400	0.7658	7,965	2,160	1,654
2	38.8	37,020	9,945	6,729	0.7723	5,197	1,711	1,321
4	49.7	39,520	9,039	4,171	0.7711	3,217	1,184	913
6	52.6	32,730	7,034	3,132	0.7595	2,379	919	698
8	57.8	22,360	5,481	2,536	0.7605	1,928	731	555
10	57.1	15,910	3,355	2,080	0.7626	1,586	601	458

表 7 起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの食味特性

添加量 (%)	スポンジケーキの食味特性
0	スポンジケーキ特有の弾力性、フワフワ感がまったくなくない。目がつまっていて、外観的にスポンジケーキに見えない。
2	0% に比べて、ケーキの膨化が見られる。しかし、スポンジケーキ特有の弾力性、フワフワ感は感じられない。
4	ケーキ切断面の多孔質構造は見られるが、スポンジケーキ特有の弾力性、フワフワ感は乏しい。
6	4% に比べて、スポンジケーキ特有の弾力性、フワフワ感は感じる。しかし、市販のスポンジケーキに比べてその感じ方は弱い。
8	6% に比べて、スポンジケーキ特有の弾力性、フワフワ感は強く感じ、その感じ方は市販のスポンジケーキとはほぼ同じである。
10	8% に比べて、スポンジケーキ特有の弾力性、フワフワ感が顕著で、市販のスポンジケーキにはない食感である。

までの添加量のものは、スポンジケーキ特有の“弾力性”、いわゆるフワフワ感が足りないという評価であった。8%と10%のものは、すべてのパネリストがスポンジケーキ特有の“弾力性”を有すると評価し、“弾力性の好み”においては、パネリストのほぼ半数で評価が分かれた。

6) 主成分分析による起泡性乳化油脂の添加量によるスポンジケーキの特徴

起泡性乳化油脂添加のケーキの特徴を調べるために、表4～表6に示した測定値を主成分分析に適用し、得られた因子負荷量を表8に、各主成分に対する主成分得点を表9に示した。主成分1に最も高い因子負荷量を示したパラメータは、“線形性領域のA2エネルギー”で、次いで“線形性領域のA1エネルギー”と“ナタネ変法によるケーキ体積”であったので、この主成分を「ケーキの弾力性とやわらかさに関する特性」と解釈した。この主成分の寄与率は、91.3%であった。主成分2では、“線形性領域の凝集性が高い値を示した。しかし、主成分1の寄与率91.3%に比べて主成分2は5.2%と低かったために、この主成分の解釈を行わなかった。主成分3についても同様の理由による。各主成分に対する各

添加量のケーキの主成分得点では、表9に示したとおり、起泡性乳化油脂の添加量増大によって、各主成分における主成分得点の符号が異なり、8%と10%のものは、各主成分における主成分得点の符号がすべてマイナスで、他のものとは異なる挙動を示すことが観察された。表9の主成分得点を三次元図に示したのが図3である。食味特性でスポンジケーキ特有の弾力性が認められた8%と10%のものは、原点周辺に位置していた。

4. 考察

1) スポンジケーキの体積の予測に有用な生地に含まれる気泡状態の指標

緒言で述べたとおり、スポンジケーキの多孔質構造の良否は、生地に含まれる気泡状態に依存し、生地に含まれる気泡状態の指標、すなわち数量化は、ケーキの多孔質構造の制御および予測に不可欠である。本実験では、気泡状態の数量化の指標として、“みかけの比重”、“攪拌前後の生地重量比”、“空気含量”、“気泡体積”を用いた。これらの指標と焼成直後の計測によるケーキ体積との相関係数を比べた

表8 各主成分に対する変数の因子負荷量

変数名	主成分1	主成分2	主成分3
みかけの比重	0.992	0.061	0.035
攪拌前後の生地重量比	0.991	0.051	0.009
空気含量	-0.991	0.112	-0.008
気泡体積	-0.936	-0.199	-0.279
焼成直後計測によるケーキ体積	-0.989	0.029	-0.022
放冷1日後計測によるケーキ体積	-0.989	0.037	0.057
放冷1日ナタネ変法によるケーキ体積	-0.993	0.059	0.087
線形率	-0.972	0.191	0.108
圧縮率80%のかたさ応力	0.902	0.212	0.367
圧縮率80%のA1エネルギー	0.978	0.060	0.162
圧縮率40%のかたさ応力	0.963	-0.221	-0.111
圧縮率40%の凝集性	0.611	0.722	-0.323
圧縮率40%のガム性応力	0.965	-0.213	-0.114
圧縮率40%のA1エネルギー	0.993	-0.080	-0.079
圧縮率40%のA2エネルギー	0.994	-0.069	-0.084
寄与率 (%)	91.3	5.2	2.7

表 9 各主成分に対するスポンジケーキの主成分得点

添加量 (%)	主成分 1	主成分 2	主成分 3
0	1.446	-1.173	-0.065
2	0.843	0.767	-0.872
4	0.089	1.595	0.562
6	-0.364	-0.414	1.587
8	-0.891	-0.488	-0.030
10	-1.124	-0.287	-1.183

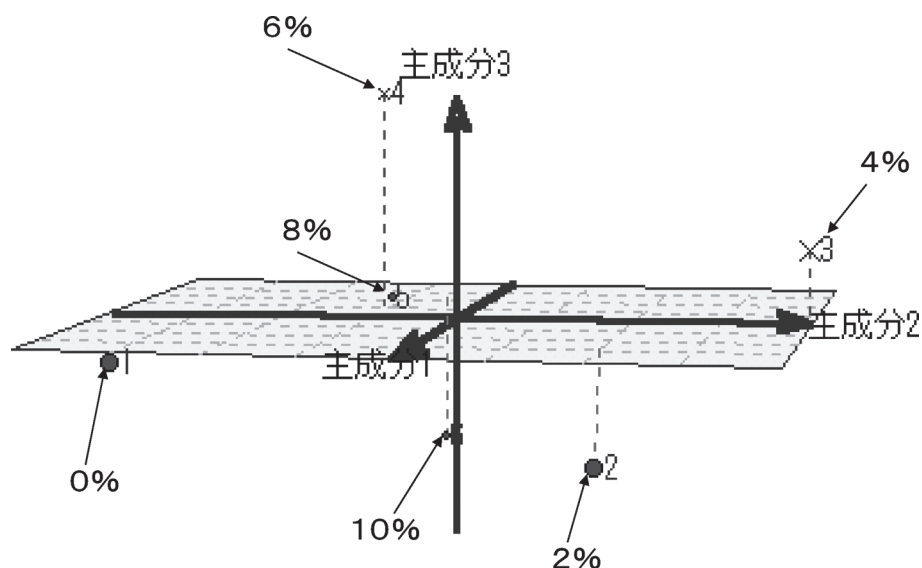


図 3 起泡性乳化油脂の各添加量で調製したスポンジケーキの主成分得点
図中の % 表示は起泡性乳化油脂の添加量

ところ、もっとも相関係数が高かったのは“攪拌前後の生地重量比” (-0.994)、放冷 1 日後の計測によるケーキ体積では、“攪拌前後の生地重量比” (-0.992) と“空気含量” (0.992)、放冷 1 日後のナタネ変法によるケーキ体積では、“空気含量” (0.988) であった。したがって、スポンジケーキの体積の予測に有用な生地に含まれる気泡状態の数量化としての指標は、“攪拌前後の生地重量比”であると考えられた。

2) 主成分 1 を「ケーキの弾力性とやわらかさに関する特性」と解釈した理由

結果で既述したとおり主成分 1 には“線形性領域の A2 エネルギー”と“線形性領域の A1 エネルギー”のパラメータが高い因子負荷量を示した。A2 エ

ルギーのパラメータは、テクスチャー曲線の第 2 波形の面積であり、線形性領域の場合は、第 1 波形との関係で“弾力性”に、また、A1 エネルギーは、第 1 波形の面積であることから、“やわらかさ”にそれぞれ関係していると考えられた。

3) AIM 法によるケーキの調製の有用性

緒言で述べたとおり、AIM 法は製菓・製パン工場で大量生産を目的とした製造法で、ケーキミキサーは“コンティニアスミキサー”という特殊な機器を要する。しかし、本研究のように家庭でのケーキ調製を前提とした少量配合の場合は、卓上型の小型ミキサーでも調製が可能であることが明らかになった。すなわち、起泡性乳化油脂の入手が可能になれば、食育の一環として子どもを対象としたケー

キづくりの普及に AIM 法は有用であると考えられた。今後は、家庭での起泡性乳化油脂の入手経路の確保に努めたい。

5. 要約

家庭におけるオールインミックス (AIM) 法によるスポンジケーキの調製条件の検討の一環として、起泡性乳化油脂の添加量とケーキの力学特性および食味特性との関係について調べ、次の結果が得られた。

1) スポンジケーキの体積を予測するのに、もつとも有用な生地に含まれる気泡状態の指標は、“攪拌前後による生地の重量比”であった。

2) 力学特性では、起泡性乳化油脂の添加量増大によって、非線形性領域の“A1 エネルギー”、線形性領域の“かたさ応力”、“ガム性応力”、“A1 エネルギー”および“A2 エネルギー”の特性値が減少の傾向を示した。

3) 食味特性では、「起泡性乳化油脂添加 8% と 10% のものが、スポンジケーキ特有の弾力性を有している」と評価された。ただし、弾力性の好みに関しては、評価が分かれた。

4) 以上の結果から、AIM 法によるケーキの調製は家庭でも可能であり、子どものケーキづくり普及活動の一環として、起泡性乳化油脂の入手経路の確立に努めていきたい。

謝辞

本研究の遂行に際して、本学非常勤講師の水越正彦先生に多大なるご支援と貴重なご助言を賜り、深謝を申しあげる。また、起泡性乳化油脂の試料をご提供いただいた花王株式会社ケミカル事業ユニット食油営業部にお礼を申しあげる。

本研究は、平成 24 年度大妻コタカ記念会学術研究補助によって行われた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 渡辺長男・鈴木繁男・岩尾裕之・小原哲二郎 編：製菓事典 株式会社朝倉書店 東京 p 335 p 338~339 (1981 年)
- 2) 社団法人菓子総合技術センター編：洋菓子製造の基礎と実際 株式会社光琳 東京 p 143 (1991 年)
- 3) 渡辺長男・宮内昭・石井幹郎：菓子の実際知識 東洋経済新報社 東京 (1983 年)
- 4) 渡辺長男：菓子の科学 同文書院 東京 p 199 (1982 年)
- 5) 横溝春雄：お菓子和ケーキ おいしい生地の基本 成美堂出版 東京 p 16~39 (2011 年)
- 6) 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 株式会社柴田書店 東京 p 48~84 p 86~100 (2009 年)
- 7) 大阪あべの辻製菓専門学校：お菓子の学校 ケーキとデザート 主婦の友社 東京 p 4~9 (1990 年)
- 8) 前田智子・浅川具美・森田尚文：スポンジケーキの調製における卵泡沫構成タンパク質におよぼすバター添加温度の影響 日本家政学会誌 51 527~533 (2000)
- 9) 前田智子・浅川具美・森田尚文：スポンジケーキの性状におよぼすバター添加温度の影響 日本家政学会誌 50 571~579 (1999)
- 10) 市川朝子・伊東達子・荒木千佳子・中里トシ子：ケーキの加熱方法およびケーキ型の相違がスポンジケーキの性状におよぼす影響 日本家政学会誌 42 37~43 (1991)
- 11) 荒木千佳子・市川朝子：全粒粉を用いたスポンジケーキの調製 調理科学 25 207~215 (1992)
- 12) 水越正彦：ケーキの科学 4 分散質に関する現象 (2) ケーキ生地の熱膨張 Pain 5 38 46~49 (1991)
- 13) 竹林やゑ子：洋菓子材料の調理科学 株式会社柴田書店 東京 p 192 (1986)

Summary

Mechanical properties and sensory attributes of sponge cakes prepared using the emulsified oils and fats were examined.

The following results were obtained.

- 1) Reduction of “apparent specific gravity” and “ratio of batter’s weight by beating” were observed as the amount of the emulsified oils and fats increased.
- 2) Dynamic measured values of “hardness”, “A1energy” and “A2energy” were reduced as the amount of the emulsified oils and fats increased.
- 3) Sensory evaluation of “elastic characteristics” of sponge cakes prepared in addition of 8% and 10% of the emulsified oils and fats was appeared.
- 4) From the above results, preparation of cakes by the method of all in mix (AIM) is possible also at home. We want to strive for establishment of the acquisition course of the emulsified oils and fats.