

電子レンジ調理におけるスポンジケーキの材料配合 と品質について

Studies on the Ingredients and the Quality of the Sponge Cake baked in the Microwave Oven

柴 山 キヨ子

Kiyoko SHIBAYAMA

Abstract

The role of the ingredients and the preferable amount of each ingredient of the sponge cakes baked in the microwave oven were investigated. Weight, volume, hardness and moisture of the sponge cakes were determined. Using the sensory test (by the ranking method and Scheffé's method of paired comparisons), the aspects of cohesiveness, hardness, sweetness, tastiness and preference were examined.

The results of the experiment were as follows: the ingredients for the best sponge cakes contained 100g of flours, 150g of eggs, 150g of sugar, 50 or 100g of butter, and 60g of water. Substituting 150g of sugar for 100g lowers the cake's rank in the sensory test. Using either 50 or 100g of butter does not affect the sensory test. 60g of water is necessary. Sugar increases the sponge cake's volume, but butter and /or water decreases it, because of the egg foam stability.

I 緒 言

スポンジケーキは、電子レンジで焼くと、膨化状態の優れたものができるが、食味は、軟らかさに乏しく、舌ざわりの悪いものになる。馬場ら¹⁾は、この点について、調理中の水分ロスが大きいことが原因と考えられるとし、水を添加した材料配合でスポンジケーキを焼き、ガスオーブンで焼いたものと同じ水分（35%）のケーキは味覚テストにおいても最も美味であったとし、また、生地油脂を添加することも食味的に有効であったと述べているが、これについての詳述はないようである。

一方、鈴木らの研究²⁾では、バターケーキを電子レンジで焼いたものと電気オーブンで焼いたものを比較しているが、その結果として、電子レンジで焼いたケーキが電気オーブンで焼いたケーキより優れているとはいえないこと、更に、材料の配合や焼き方について研究の必要があることを指摘している。

電子レンジの出力は、最近のものでは以前とちがってきていることも考え、電子レンジで焼くスポンジケーキについて、材料の品質への影響と、好まれる製品の材料配合について研究したので報告する。

II 実験材料および実験方法

1 実験材料

鶏卵：高知市養鶏農業協同組合からMサイズのもの

小麦粉：日清製粉株式会社 フラワー薄力粉

砂糖：三井製糖株式会社 スプーン印上白糖およびグラニュー糖 840 μ 孔径の篩を通した。

バター・マーガリン・ショートニング：雪印乳業株式会社 北海道バター，雪印マーガリン（ケーキ用），雪印ショートニング450g缶

2 試料の調製

1) 材料配合：卵150g，砂糖150g，小麦粉100g，ヴァニラエッセンス3滴を基本の配合とし，バターを25，50，75，100(g) および水を45，60，70，90(cc) とそれぞれ加えた。

2) 試料の調製：生地調製は共立て法により行った。卵は割卵してよくときほぐし，840 μ 孔径の篩を通したのち定量を秤取し，これに砂糖と水を加え1分間攪拌し，砂糖を溶かしたのち，ハンドミキサー(1000rpm)で3分間泡立て，小麦粉を加えゴムべらでさっくりと混合し，続いて，ヴァニラエッセンスとバターを加えて40秒間混合して均質にした。ケーキ型（パイレックス製，直径18cm）の内側にサラダ油を塗り，底に紙を敷き，定量の生地を流し入れ軽く20回打ちつけ，プラスチックフィルムで上をおおい，電子レンジ（出力500w）で7分間加熱した。焼成後のケーキは，型から取り出し室温に2時間放冷した後プラスチックフィルムに包んで保存し，測定に供した。

3 実験方法

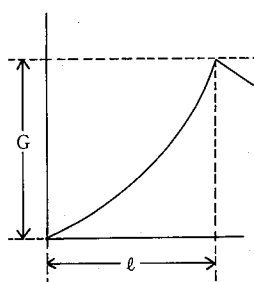
1) 気孔率：焼き上り体積を焼き上り重量で除して求める，即ち比容積である。体積は菜種法により測定する。

2) 形均整率：中心を通る切断面中央部の高さを末端部の高さで除して求める。

3) 水分：赤外線水分計を用いて常法³⁾により測定する。

4) 硬さ：スポンジケーキの内部のスポンジ状組織を円形抜き型で直径4cmに抜き，高さ1.5cmに切り試料とする。測定機械はレオメーターNRM-2002J型（不動工業株式会社）を使用し，アダプター直径1.5cm，応力設定ダイヤル5.0，チャート速度20mm/Mで行った。結果は第1図の解析方法で解析し，硬さ $=\frac{1}{l} \cdot \frac{GL}{a}$ で表わした⁶⁾。

5) 官能検査：パネルは本学家政学科および食物栄養学科4回生10人または20人とし，シェッフエの一対比較法⁴⁾により口中でのくずれやすさ，うま味，硬さ・弾力性，甘味，総合的な好みそれぞれの項目につき，5段階または7段階評価を行った。また，順位法⁴⁾により，くずれやすさ，やわらかさ，甘さ，味の好ましき，総合的な好ましきの項目につき，5種類の試料に順位を



$$\text{硬さ} = \frac{GL}{l \cdot a} \text{ dyn/cm}^2$$

$$G = (gr \times 980) \text{ dyn}$$

L = 試料の高さ

l = 圧縮した距離

a = アダプターの面積

第1図 記録曲線と解析方法

第1表 油脂の添加によるスポンジケーキの形状、硬さ、水分の変化

焼成の熱源	無塩バター g	重量 g	体積 cc	気孔率 %	形均整率 %	硬さ ($\frac{1}{T}$)			水分 %
						上層部	下層部	平均	
電気オーブン	0	348.5	996.7	286.0	122.7	—	—	0.81	32.6
電子レンジ	0	336.4	1063.3	316.1	96.4	1.13	2.19	1.66	17.5
	25	358.1	1076.7	300.7	91.4	0.97	2.00	1.49	17.5
	50	378.2	1093.3	289.1	88.1	0.95	1.59	1.27	19.5
	75	401.1	991.7	247.2	89.3	1.01	1.48	1.24	19.5
	100	412.6	920.0	223.0	90.2	1.08	1.19	1.14	19.6

第2表 油脂の種類によるスポンジケーキの形状、硬さ、水分の変化

添加量 g	油脂名	重量 g	体積 cc	気孔率 %	形均整率 %	硬さ ($\frac{1}{T}$)			水分 %
						上層部	下層部	平均	
50	無塩バター	378.2	1093.3	239.1	88.1	0.951	1.586	1.269	19.5
	無塩マーガリン	371.7	1073.3	288.8	92.9	0.942	2.091	1.517	17.7
	有塩バター	373.4	1051.3	281.5	94.5	0.995	1.609	1.302	17.1
	ショートニング	366.7	1060.0	289.1	91.4	0.910	1.908	1.409	16.7
100	無塩バター	412.6	920.0	223.0	90.2	1.083	1.191	1.137	19.6
	無塩マーガリン	418.3	953.3	227.9	88.7	1.044	1.318	1.181	17.8
	有塩バター	421.0	1040.0	247.0	88.1	0.912	1.341	1.127	17.1
	ショートニング	421.3	1036.7	246.1	89.7	0.979	1.542	1.261	15.9

つけ、ケンドールの一致性の係数検定およびクレマーの順位合計の検定を行った。

III 実験結果および考察

1) 油脂の添加による品質の変化

無塩バターの添加量を変えて調製したスポンジケーキと、無塩バター・マーガリン・有塩バター等添加する油脂の種類を変えて調製したスポンジケーキについて、それぞれ製品の形状を測定した。電気オーブンで焼いたものとの比較も行った (第1表, 第2表)。

製品の膨化の度合は、気孔率によってみる事ができる。電子レンジで焼いたケーキは電気オーブンのものより膨化は良い。また、油脂の添加は膨化を抑え、添加量が増えるに従って気孔率は低下する。

形状をみると、電子レンジで焼いたものは表面は必ずしも平らではなく、ゆるやかに凹凸があり、表面には気泡の跡が全面にみられ焦げ色はつかない。形均整率に表われているとおり、電気オーブンで焼いたケーキは中央が高くなるのに対し、電子レンジで焼いたものはいずれの場合も低くなる。

硬さをみると、電子レンジで焼いたケーキは、上層部と下層部では上層部の方がやわらかく、下層部は硬く、部位による差が生じ、電気オーブンで焼いたケーキのように均一な製品にはならない。ケーキの断面は下層部は気孔が小さく緻密であり、上層部とくらべ膨化していない。そのために下層部が硬いのであるが、その硬さの差は、油脂の添加量が増すとともなって小さくなり、全体は均質化する傾向がみられる。油脂の添加量が増えるに従い、硬さは小さくなるが、油脂の添加50g以上

では硬さの変化は小さい。

水分は電子レンジで焼いたものは非常に少なく、乾燥したものになっている。バターを25g添加したものでは水分は変わらず、50~100g添加すると無添加のものより水分は2%高くなった。この時の調理中の蒸発分を計算すると、14.3%から9.1%まで、バターの添加量が増加するにもなって逆に減少しており、バター添加により水分ロスの防止効果があることが認められる。

無塩バターを添加した3種のスポンジケーキ A (0 g), B (50g), C (100g) について官能検査をおこなった結果, B, CはAよりおいしく, やわらかく, 好ましいと判定された。やわらかさはバターの添加量が多いCの方がやわらかいと判定されており, 測定結果と一致した (第2図)。

次に, 添加油脂の種類をかえてその影響をみると, 水分は無塩バター添加のものが多く, ショートニング添加のものでは少ない。バターやマーガリンに由来する水分として1.5~3%の水分増加が見込めるが, 結果はそれを反映したものとなっている。また, 有塩バター添加と無塩バター添加の水分の差については, マイクロ波加熱では食塩は昇温速度に影響することから⁵⁾, それによる水分ロスによるものとも考えられるが, この点について更に検討するに至らなかった。気孔率や硬さへの影響についても検討できなかった。

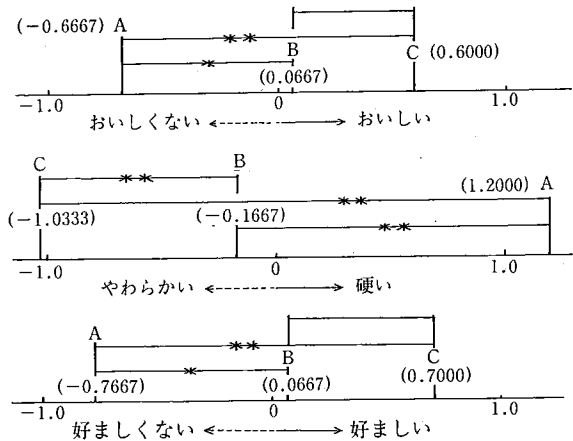
2) すべての材料配合組合せによる官能検査

小麦粉と卵は一定とし, 砂糖, バター, 水の量をそれぞれ砂糖 (50, 100, 150g), バター (50, 100g), 水 (0, 45, 60, 75, 90cc) と変えて組合せをつくり, その配合で焼成したスポンジケーキを試料として5種類の試料ごとに順位法による官能検査を行い, 次いで順位の高い試料間でシェッフェの一对比較法による官能検査を実施し, 最終的にもっとも好まれる材料配合を求めることを試みた (第3表, 第4表, 第3図)。

官能検査Iは, 砂糖とバターは各50g添加され, 水量を変化させた試料群であり, 結果は, 試料4は有意にやわらかいが, 試料1は硬さ, 味の好ましさ, 総合的な好ましさにおいて有意に順位が最下位であった。この理由として, 試料1は水無添加であるため, 食味はパサつき, 舌ざわりが悪いためだと思われる。また, くずれやすさが最下位の試料5は添加水の割合が全試料中で最も多い試料であり, それによって組織に気泡が入らずスポンジ状にならなかったため, くずれにくいと感じられたと考えられる。試料2, 3については, どの項目においても有意差はみられなかった。

官能検査IIは, Iの配合から砂糖を100gに増量した試料群であり, 結果は, 水無添加の試料6は5試料中最も硬く, 最も甘くなく感じられ, 総合的にも最も好まれなかった。食感がパサつき, 舌ざわりが悪かったためと思われる。試料7はどの項目においても有意差はみられない。試料8は味の好ましさおよび, 総合的な好ましさにおいて有意に好まれた。これは, やわらかさ, 甘さともに適度であるためと思われる。

官能検査IIIは, 砂糖をIIの配合から更に150gに増量した試料群であり, 結果は, I, IIと同様, 水無添加の試料11と水添加の多い試料15は有意に順位が下位である。適度な水分をもち適度なスポン



A : バター 0 B : バター50g C : バター100g
* 95%有意 ** 99%有意
第2図 無塩バター添加スポンジケーキのシェッフェの一对比較法による官能検査結果

第3表 官能検査試料の材料配合

材料 試料	小麦粉	砂糖	卵	バター	水
試料1	100(28.6)	50(14.3)	150(42.8)	50(14.3)	0(0)
試料2	100(25.3)	50(12.6)	150(38.0)	50(12.6)	45(11.4)
試料3	100(24.4)	50(12.2)	150(36.6)	50(12.2)	60(14.6)
試料4	100(23.5)	50(11.8)	150(35.3)	50(11.8)	75(17.6)
試料5	100(22.7)	50(11.4)	150(34.1)	50(11.4)	90(20.4)
試料6	100(25.0)	100(25.0)	150(37.5)	50(12.5)	0(0)
試料7	100(22.5)	100(22.5)	150(33.7)	50(11.2)	45(10.1)
試料8	100(21.7)	100(21.7)	150(32.6)	50(10.9)	60(13.0)
試料9	100(21.1)	100(21.1)	150(31.6)	50(10.5)	75(15.8)
試料10	100(20.4)	100(20.4)	150(31.6)	50(10.2)	90(18.4)
試料11	100(22.2)	150(33.3)	150(33.3)	50(11.1)	0(0)
試料12	100(20.2)	150(30.3)	150(30.3)	50(10.1)	45(9.1)
試料13	100(19.6)	150(29.4)	150(29.4)	50(9.8)	60(11.8)
試料14	100(19.0)	150(28.6)	150(28.6)	50(9.5)	75(14.3)
試料15	100(18.5)	150(27.8)	150(27.8)	50(9.2)	90(16.7)
試料16	100(25.0)	50(12.5)	150(37.5)	100(25.0)	0(0)
試料17	100(22.5)	50(11.2)	150(33.7)	100(22.5)	45(10.1)
試料18	100(21.7)	50(10.9)	150(32.6)	100(21.7)	60(13.0)
試料19	100(21.1)	50(10.5)	150(31.5)	100(21.1)	75(15.8)
試料20	100(20.4)	50(10.2)	150(30.6)	100(20.4)	90(18.4)
試料21	100(22.2)	100(22.2)	150(33.3)	100(22.2)	0(0)
試料22	100(20.2)	100(20.2)	150(30.3)	100(20.2)	45(9.1)
試料23	100(19.6)	100(19.6)	150(29.4)	100(19.6)	60(11.8)
試料24	100(19.0)	100(19.0)	150(28.6)	100(19.0)	75(14.3)
試料25	100(18.5)	100(18.5)	150(27.8)	100(18.5)	90(16.7)
試料26	100(20.0)	150(30.0)	150(30.0)	100(20.2)	0(0)
試料27	100(18.3)	150(27.5)	150(27.5)	100(18.3)	45(8.4)
試料28	100(17.9)	150(26.8)	150(26.8)	100(17.9)	60(10.7)
試料29	100(17.4)	150(26.1)	150(26.1)	100(17.4)	75(13.0)
試料30	100(16.9)	150(25.4)	150(25.4)	100(16.9)	90(15.4)

はくずれやすく感じられ、試料19はやわらかく感じられている。官能検査Vでは、試料23が味の好ましさ、総合評価において最も好まれ、試料25、21は最も好まれず、また、添加水量の多い試料25は最もくずれにくく感じられている。水無添加の試料21は最もくずれやすいが、最も硬く感じられた。官能検査VIでは、総合的には試料28、29が好まれ、試料29はまた、最もやわらかく感じられている。試料26はIV、Vと同様、水無添加のため最もくずれやすく感じるが最も硬く感じられた。

I～VIを通してみると、水無添加の試料は硬く感じられ、好まれず、一方、水が多く入っている試料はスポンジ組織を形成しにくく、好まれなかった。水は多すぎても少なすぎてもスポンジケーキとして好成績を得られず、水が品質に及ぼす影響は大きい。

全試料において気孔率との関連をみると、砂糖は多い方が膨化がよく、気孔率は高くなる。バターは50gより100gの方が気孔率は低くなり、添加水量は多くなるにともなって気孔率は低下した。試料20、25のように、添加水量が多く、バターを100g添加し、砂糖を50gまたは100g添加すると、製品はほとんど膨化せず、そのためやわらかさ、味のよさはあるが全くスポンジケーキのようにな

ンジ組織を形成した試料12は、くずれやすさで有意に上位であり、水添加60ccの試料13は甘さ、味の好ましさ、総合的な好ましさで有意に上位である。

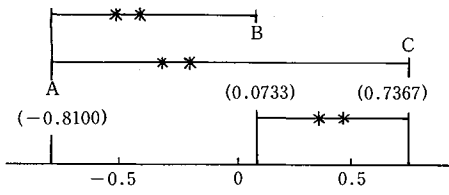
官能検査I、II、IIIのいずれにおいても、水無添加の試料と、添加水量の最も多い試料は好まれず、添加水量60ccの試料は好まれた。また、膨化のよい試料はくずれやすさにおいて、また、水分が多く膨化も適度なものは、甘さにおいて順位が高かった。

次に官能検査IV、V、VIでは、バターはすべてに100g添加し、砂糖はそれぞれ50g、100g、150g添加し、添加水量を変化させた試料について検査を行った。官能検査IVでは、味の好ましさ、総合的な好ましさには有意差がみられず、くずれやすさ、やわらかさ等の食感の面に差がみられた。試料16

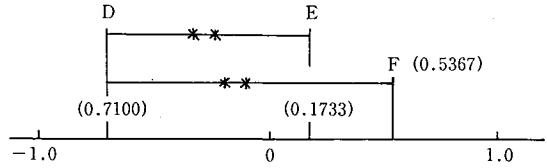
第4表 順位法による官能検査結果

官能検査	I 試料1~5		II 試料6~10		III 試料11~15		IV 試料16~20		V 試料21~25		VI 試料26~30	
	クレママーの順位合計検定の一致性	係数 W	クレママーの順位合計検定の一致性	係数 W	クレママーの順位合計検定の一致性	係数 W	クレママーの順位合計検定の一致性	係数 W	クレママーの順位合計検定の一致性	係数 W	クレママーの順位合計検定の一致性	係数 W
検定	高順位	低順位	高順位	低順位	高順位	低順位	高順位	低順位	高順位	低順位	高順位	低順位
	1	5	12	15	16	17	21	25	23	25	28	30
試料 No.	1	5	12	15	16	17	21	25	23	25	28	30
	2	*	*	**	*	*	*	**	**	**	**	**
くずれやすさ	4	1	15	11	19	16	22	21	21	21	29	26
	*	**	**	**	*	**	**	*	*	*	*	*
やわらかさ	5	3	13	11	18	16	24	21	21	21	29	26
	1	3	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*
甘さ	4	1	13	11	17	19	23	25	25	25	28	26
	**	**	*	*	*	*	**	**	**	**	*	*
味の好ましさ	4	1	13	11	17	19	23	25	25	25	28	26
	**	*	*	*	*	*	**	**	**	**	*	*
総合的な好ましさ	4	1	13	11	17	20	23	25	25	25	28	26
	**	*	*	**	**	*	**	**	**	**	*	*

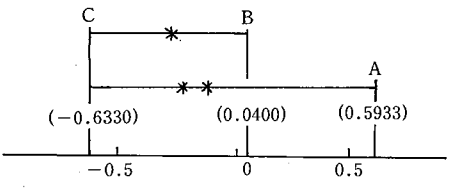
**99%有意, *95%有意



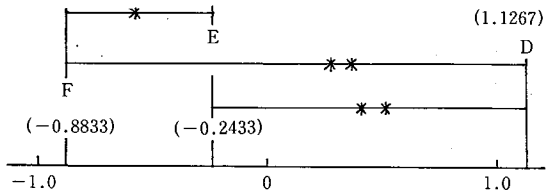
くずれにくい ← → くずれやすい



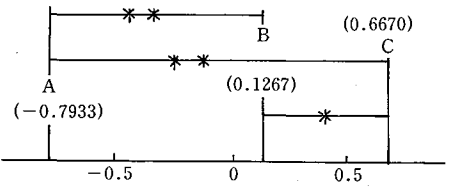
くずれにくい ← → くずれやすい



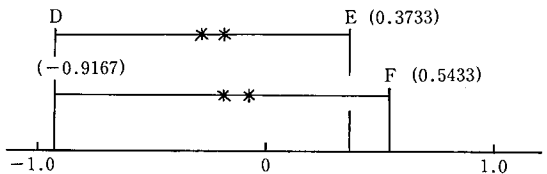
やわらかい ← → やわらかくない



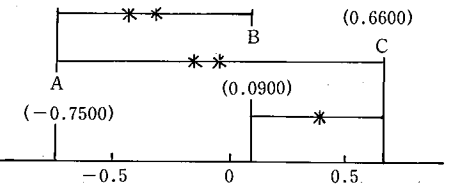
やわらかい ← → やわらかくない



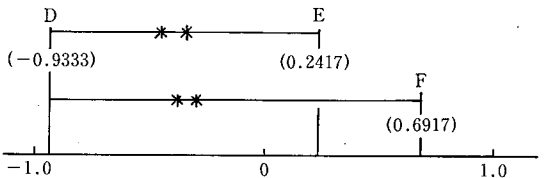
甘くない ← → 甘い



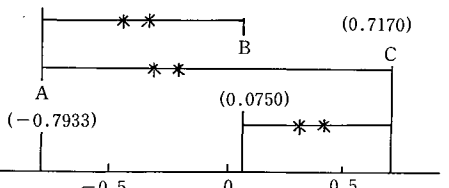
甘くない ← → 甘い



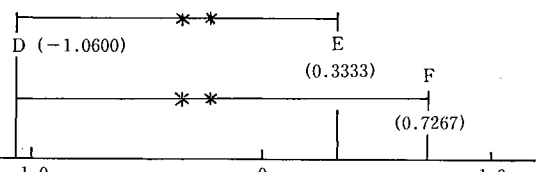
おいしくない ← → おいしい



おいしくない ← → おいしい



好ましくない ← → 好ましい



好ましくない ← → 好ましい

A: 試料4 B: 試料8 C: 試料13 D: 試料17 E: 試料23 F: 試料28 * 95%有意 ** 99%有意

第③図 シェッフェの一対比較法による官能検査結果

第5表 官能検査試料の気孔率

官能検査	試料	気孔率 %	官能検査	試料	気孔率 %
I	1	240	IV	16	217
	2	200		17	179
	3	174		18	123
	4	147		19	112
	5	150		20	106
II	6	298	V	21	251
	7	229		22	208
	8	190		23	176
	9	171		24	124
	10	152		25	104
III	11	243	VI	26	255
	12	290		27	220
	13	215		28	195
	14	217		29	154
	15	181		30	145

第6表 スポンジケーキの品質

	気孔率 %	硬さ ($\frac{1}{f}$)			水分 %
		上層部	下層部	平均	
試料 13	215	0.81	0.65	0.62	24.5
試料 28	195	0.97	1.00	0.98	20.8

17の順に高く判定された。しかし、試料28と試料23はやわらかさの項目を除けば、その他の項目では有意差はみられない。試料17は砂糖量が少ないことから、甘味や感触面で好ましくなかったと思われる。

以上両グループから高く判定された試料13および試料28についてシェッフエの一对比較法を行ったところ、いずれの項目にも有意差なしであった。このことから、この2つの試料は30通りの試料の中で最も好まれているといえる。第6表に示すとおり、膨化はよく、硬さはやわらかく、水分も適度である。2試料のちがいはバター量だけであり、砂糖量は多く、水分は適度であるので、口ざわりがよく、甘さもよく、好ましいものになったと思われる(第6表)。

要 約

1. バター添加量が増加するに従い、気孔率は低下し、硬さは部位別の差が小さくなりつつ全体はやわらかくなる。
2. バター添加量が増加するに従い、調理中の水の蒸発分は減少することから、水分ロスの防止効果が認められる。
3. 砂糖添加により膨化はよくなる。
4. 水添加の増加によりスポンジ組織の形成は阻害され、気孔率は低下する。

らなかった。水量の多いものは卵の泡立て段階で粘りの少ない、やわらかい泡を形成し、焼成段階では、一時は沸き上るように膨化するが、その状態は持続されず、間もなく収縮して気孔率の低いものとなる。砂糖は多いほど泡を細かくし、安定化し、スポンジ状組織を形成しやすくすると考えられるが、バターには消泡作用があり、泡の安定性を阻害する。また、水の添加は泡の安定性への影響だけでなく、マイクロ波加熱においては含水量域によって特有の現象が表われる⁵⁾ことの影響も考えられる(第5表)。

次いで、上位に評価された試料4, 8, 13, 17, 23, 28について、バター量が同じグループに分けると試料4, 8, 13と試料17, 23, 28になり、それぞれについてシェッフエの一对比較法を行った。その結果を試料4, 8, 13についてみると、すべての項目(くずれやすさ、やわらかさ、甘さ、おいしさ、総合的嗜好)において試料13, 試料8, 試料4の順に高く判定された。試料13は砂糖量が多く、そのため卵の泡立ちは安定化し、スポンジ組織の形成が良く、弾力性が増したと思われ、水分も適度に加えられているので好ましい感触を与えたと思われる。試料17, 23, 28についてみると、すべての項目において試料28, 試料23, 試料

5. 添加水量に対する嗜好順位は60cc 添加に対して高かった。
6. 最も良い材料配合は小麦粉100, 砂糖150, 卵150, バター100または50, 水60 (g) であった。この配合で砂糖を100g とした場合、製品の評価は低下する。

本研究に協力された真鍋光恵, 刑部やえ子, 松根栄子, 曾我部敏江各氏に感謝いたします。

なお, 本論文要旨の一部は昭和62年10月, 第34回日本家政学会中国・四国支部研究発表会において報告した。

引用文献

- 1) 馬場美智, 辻野澄子: 大阪女学園紀要, **9**, 47 (1965)
- 2) 鈴木綾子, 堀越フサエ: 大阪女子大学紀要生活理学編, **4**, 91 (1967)
- 3) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会: “食品分析法”, 光琳 (1984)
- 4) 日科技連官能検査委員会: “官能検査ハンドブック”, 日科技連出版社 (1987)
- 5) 肥後温子: “電子レンジ・マイクロ波食品利用ハンドブック”, 日本工業新聞社, p. 13 (1987)
- 6) 浦上智子: “調理科学実験とその応用”, 理工学社, p. 249 (1983)