

揚げ物調理中におけるマイクロ波の照射効果

富吉靖子, 富和美智子, 根本勢子,
白岩法子, 白石徳子, 高野富美恵, 神長和子

Effect of a Microwave on Cooking while Frying

SEIKO TOMIYOSHI, MICHIKO FUWA, SEIKO NEMOTO,
NORIKO SHIRAIWA, NORIKO SHIRAISHI, TOMIE TAKANO,
and KAZUKO KAMINAGA

ファーストフードやファミリーレストラン等で、客の注文に応じ、短時間に揚げた料理を提供するという要求にもとずいて、マイクロ波誘電加熱を組み込んだ、マイクロウェーブ・コンビネーション・フライヤーが開発^{3) 9)}された。このフライヤーを利用するとフライ時間の短縮化の他に油の劣化速度の遅延や出来上り製品が均質化すると云われているがマイクロウェーブ・コンビネーション・フライヤーを用いた研究はまだ見られない。そこで今回、著者等は光ファイバーを用いて、この機種でのマイクロ波照射中の油温、および材料の内部温度の経時変化を調べた。さらに材料の揚げ時間と揚げあがり食品に対する外観と味覚について、通常のフライヤーを用いた食品と比較検討した。あわせて加熱による重量減少についても調べたので報告する。

材料と方法

1. 材料

揚げ油は大豆白絞油 1987年度生産（日清製油K. K）を使用した。揚げ材料として、

市販冷凍食品のコーンクリームコロッケ、エビコロッケ、カニクリームコロッケ、野菜コロッケを $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ に、鶏骨付きもも肉を $5 \pm 2^\circ\text{C}$ に保存、使用した。じゃがいも（男爵、北海道産）等の調製方法は表1に示した。なお鶏肉につけた調味料の量は鶏肉の重量に対する百分率で示した。

2. 器具

Microwave Combination Fryer SMF-C 1001（三洋電機特機株式会社）。各部の各称と構造は図1に示す。通常フライヤーの上部に電子レンジを載せた形で、マイクロ波を発振させるためドアが付けられている。電波3相200V 50, 60Hz専用、定格消費電力9.8W、高周波出力1,000W、発振周波数2,450MHz、油温制御範囲 $100 \sim 190^\circ\text{C}$ 、ヒーター容量7.6KW、油量標準14ℓである。加熱原理は図2の通りである。

光ファイバー・サーモメーター（FT1010）（ガデリウス株式会社）。計測レンジ $0 \sim 200^\circ\text{C}$ 、精度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 、温度分解 0.1°C 、装置時定

Key Word

microwave. fried food. combination fryer

第1表 材料の形状と添加食品名

コーンクリームコロッケ	φ 3.0cm × 長さ5.0cm 25 g / 個 俵形
エビコロッケ	φ 3.5cm × 長さ6.5cm 25 g / 個 俵形
カニクリームコロッケ	φ 6.5cm × 厚さ1.5cm 60 g / 個 円形
野菜コロッケ	5.9cm × 8.3cm × 1.5cm 60 g / 個 だ円形
鶏骨付きもも肉	A (小麦粉 1%) B (塩 1%・コショウ 4ふり・小麦粉 1%) 200 g / 個
鶏骨付きもも肉	C (スパイス 1%・小麦粉 1%) D (しょうゆ 1%塩分・小麦粉 1%) 200 g / 個
じゃがいも (小)	φ 2.3cm × 長さ2.3cm 20 g / 個 円筒形
じゃがいも (大)	φ 3.7cm × 長さ3.5cm 40 g / 個 円筒形
じゃがいも (ボール状)	φ 5.2cm 50 g / 個 球形

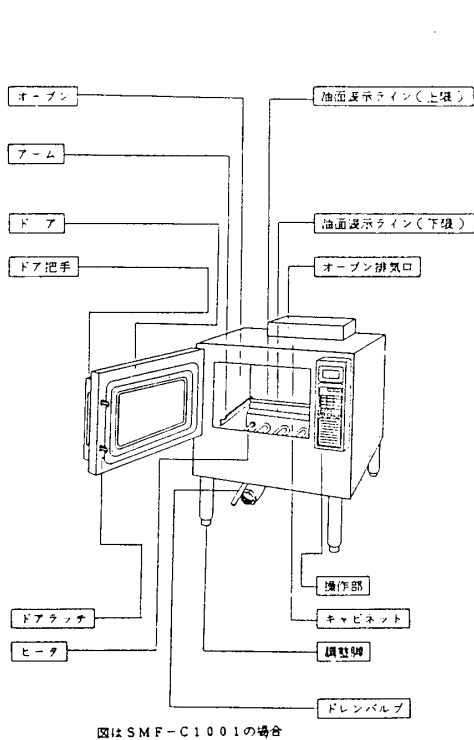


図1 各部の名称と構造

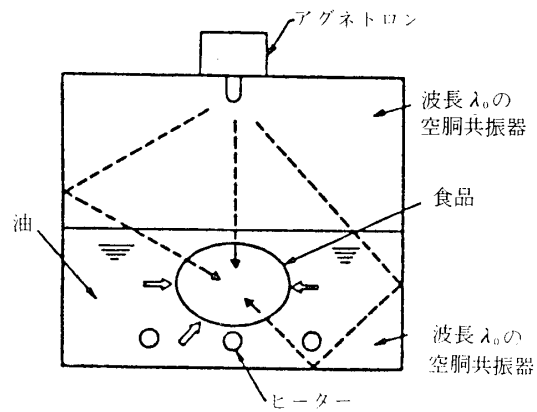


図2 マイクロウエーブ・コンビネーション・フライヤの加熱原理

数0.1, 0.5, 1, 2, 5秒。アナログ出力4~20mA, 0~20mA, 0~10Vである。波長は0.1°Cに相当する分解能で検知されている。

3. 揚げ油温及び時間

比較対象としてのフライヤー（以後電気フライヤーとする）調理は、マイクロウエーブ・コンビネーション・フライヤー（以後電子フライヤーとする）同機種を用い、マイクロ波照射を停止して行った。コロケは表面の色や揚げあがり中心部温度75°Cの状態から判断した。鶏骨付きもも肉は表面の色や中心部温度75°Cの状態のほかに、皮切れ・保水性・味・香等から総合的に判断した。じゃがいもについては表面の色・皮の厚みと食用に適する最も早い揚げ時間等から総合して揚げ時間を決めた。これら電気フライヤー調理の油温と揚げ時間は表2に示した。なお材料の形状、揚げ

4. 重量の変化

材料の揚げる前と揚げた後の重量変化から、減少率を計算した。

5. 色相

電気フライヤーと電子フライヤーによる最適時間の揚げものについて、標準色票JIS Z 8721準拠を用いて調べた。なお試験は日の出3時間後から日没3時間前の間の直射日光をさけた自然光を用いた。無彩色のマスキを試料および標準色票の上において確認した。

6. 官能検査

電気フライヤーと電子フライヤーによる最適時間の揚げものについて差があるかどうかを調べるため2点識別試験法で行った。パネラーは本学調理学研究室員7名である。質問項目はコロケについては、表面の色合い、香、口ざわり、油っぽさと総合で評価した。鶏骨

第2表 電気フライヤーの油温及び調理時間

食品名	油温 (°C)	揚げ調理時間 (分)
コーンクリームコロケ	175	5
エビコロケ	170	4
カニクリームコロケ	170	8
野菜コロケ	170	8
鶏骨付きもも肉 A及びB	170	14
鶏骨付きもも肉 C及びD	160	15
じゃがいも (小)	170	8
じゃがいも (大)	170	15
じゃがいも (ボール状)	130	25

時間、一度に揚げる量は表3の通りである。電子フライヤー調理の揚げ時間については、前述の電気フライの予備実験結果と同じ状態に揚げあがる時点を確認した。なおマイクロ波照射は、フライヤー操作開始と同時に必要時間発振させた。

付きもも肉はこげ色、外側の触感、内部肉質の色、味、香、油っぽさと総合で、じゃがいもについては表面の色合い、香、口ざわり、油っぽさと総合で評価した。

第3表 揚げ調理中のマイクロ波最良照射時間

食品名及び形状 添加食品名	揚げ重量 g	油温 ℃	揚げ調理時間 (分)	マイクロ波照射 時間 (分)
コーンクリームコロッケ	250	175	3	1 * ○2
エビコロッケ	250	170	2	○2
カニクリームコロッケ	600	170	4	1 2 ○3
野菜コロッケ	600	170	4	1 2 ○3
鶏骨付きもも肉 A・B	800	170	6	4 ○5
鶏骨付きもも肉 C・D	800	160	8	6 ○7
じゃがいも (小)	200	170	5	3 3 ○3
じゃがいも (大)	400	170	8	3 4 ○5
じゃがいも (ボール状)	500	130	9	5 7 ○9

* ○印は、最良時間を示す。

結果及び考察

1. 油温の経時変化

加熱中の油温の変化を図3, 4, 及び5に示す。

油温130℃・160℃・170℃に設定しおのこの経時変化を見ると、平均加熱温度は133℃, 163℃, 173℃であり設定温度よりいずれも3℃の油温上昇が見られた。じゃがいも

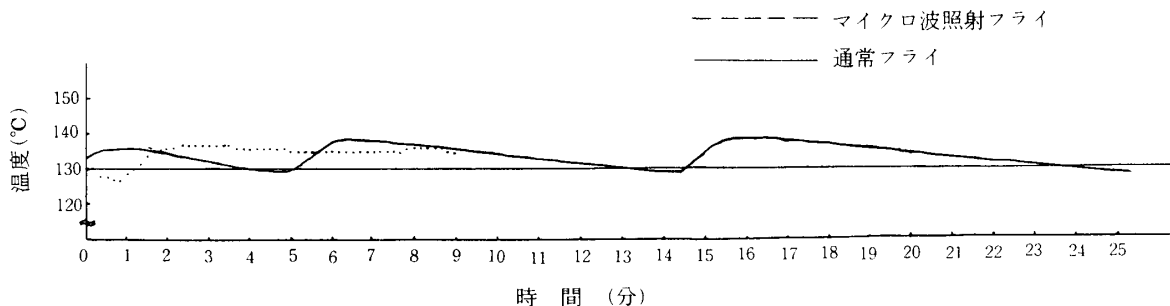


図3 油温経時変化 (じゃがいもボール状50g × 10個)
マイクロ波照射フライ 通常フライ

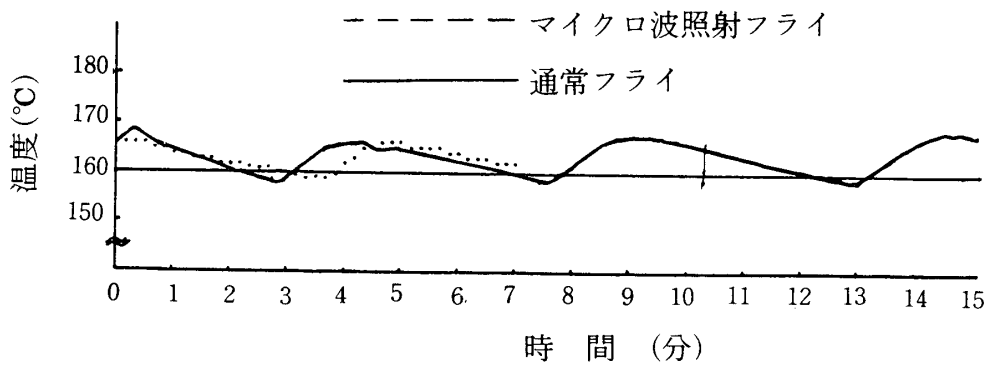


図4 油温経時変化（鶏骨付きもも肉200g×4個）
マイクロ波照射フライ 通常フライ

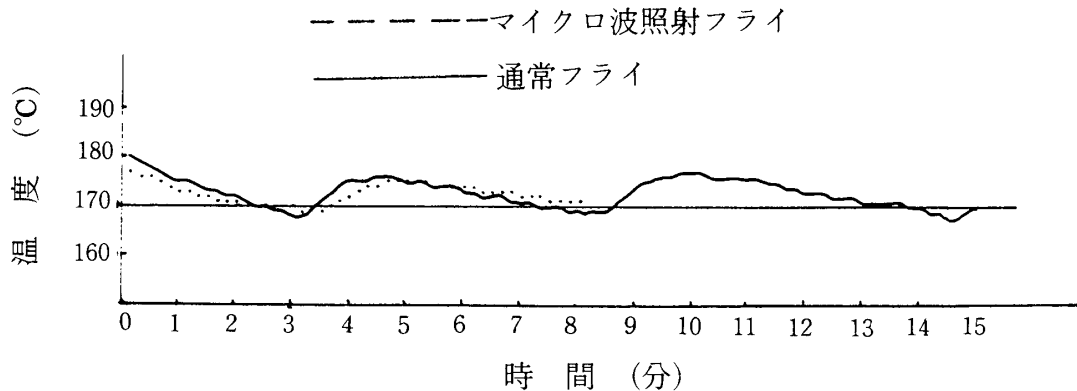


図5 油温経時変化（じゃがいも（大）40g×10個）
マイクロ波照射フライ 通常フライ

（ボール状）は揚げ温度設定が130°Cと低かったためか、電子フライヤの油温変化は見られなかった。電気フライヤの温度変化はじゃがいも（大）や鶏肉の場合も同じであった。油温変化の周期は4分30秒から5分で、設定した温度に対する測定値との誤差は+7.5°C～-1.5°Cでほぼ類似していた。

2. 電子フライ加熱所要時間と食品内部温度

電子レンジ加熱を普通加熱の調理時間と比較した神長等^{1) 4) 5) 6) 7) 8)}の研究によると、調理時間が1/2～1/3に短縮されているのでこれを参考として、フライ時間にマイクロ波を照射する時間について検討した。

表3に示すようにコーンクリームコロッケは調理時間3分、マイクロ波1分照射の場合、

こげ色が表面全体に淡くついており、一方、裏面はより淡く、色むらとなっている。中心部温度は70°Cであった。調理時間3分でマイクロ波2分照射したものは、表面裏面ともこげ色がよく、中心部温度は76°Cと内部状態もよかった。

エビコロッケ調理時間2分、マイクロ波照射2分は、中心部温度が87°Cであり揚げ上りがよかった。

カニクリームコロッケは調理時間4分、マイクロ波1分照射の場合、揚げ色は淡いこげ色で表面の中心1cmの円形が白く、中心部温度は51°Cと低い。さらに、調理時間4分、マイクロ波2分照射したものも色合いはよくな、中心部温度67°Cと食用に適さなかった。調理時間4分、マイクロ波3分照射したもの

は、こげ色もよく中心部温度78°Cとよかった。

野菜コロッケは調理時間4分、マイクロ波照射1分の場合と2分の場合、それぞれ裏面の中心が3×3cm、2.5×2.5cmと白く、ともに中心部温度65°Cと食用に適さない。さらに調理時間を増して4分・マイクロ波3分照射した場合、こげ色よく中心部温度82°Cとよい状態が得られた。

鶏骨付きもも肉の場合、調理時間5分、マイクロ波4分照射したものは表面のこげ色が淡く、中心部（特に骨と肉との接触部分）に血液の赤い色が多い。保水性は高くやわらかであるが、食用には適さなかった。調理時間6分、マイクロ波5分照射したものは、表面の色、中心部の色ともによく、中心部の温度は小麦粉のみ添加した（A）の場合95°Cであり、塩・コショウ・小麦粉の添加（B）は81°Cであった。スパイステン・小麦粉（C）としょうゆ・小麦粉（D）を添加したものは、調理時間を長めに7分、マイクロ波照射6分にした。揚げ色はいくらか濃いめであったが、中心部温度97°Cであり肉質もやわらかで、また皮離れしにくく、骨離れよく、骨に庖丁が楽に入る位に熱の通りがよく、よい状態が得られた。

じゃがいも（小）はマイクロ波照射時間を一定に3分とし、調理時間を3分、4分、5分と変えて加熱を行った。中心部温度は97~99°Cであったが、3分、4分は中心部はややかたさが残り、5分照射したものがよかった。

じゃがいも（大）の場合は調理時間を8分、そのうちマイクロ波照射時間を3分、4分、5分と変えて加熱した。その結果いずれも表面の色は淡く、中心部温度96~100°Cに達していたが、3分照射したものは中心部が生状態であった。4分照射したものは生ではないが、中心部にかたさが残った状態で、5分照射したものは総合的に良くできていた。

じゃがいも（ボール状）は調理時間中全部にマイクロ波を照射し、5分、7分、9分と変えて比較した。5分加熱は中心部がまだ生の状態であり、7分では少しかたく、9分は

やわらかく表面の色も茹った状態で最もよかった。

以上のことから揚げもの調理にマイクロ波を照射するとコーンクリームコロッケの場合は2分短く、フライ時間の3/5の時間で出来上り、エビコロッケは2分短く1/2の時間で、カニクリームコロッケと野菜コロッケについては共に4分短く1/2の時間に短縮された。

鶏骨付きもも肉の場合はA及びBについて見ると調理時間は8分短く1/2弱の時間ででき、CとDはそれぞれ、7分短く、約半分の時間に短縮になる。

じゃがいもの場合、（小）では3分短く電気フライヤの2/3の時間、（大）は7分短く1/2に、（ボール状）のものは16分短く1/3に短縮された。

じゃがいもについては1個の体積の大きいもの程、時間の短縮が大きかった。

3. 内部温度測定

従来の電子レンジ加熱内部温度の測定は断続的に食品を取り出して測定されたが、光ファイバーの開発によって、食品にマイクロ波を照射しながら内部温度を測定することができる。光ファイバーサーモメーターを用いて、食品の中心部にセンサを挿入して、中心部の温度変化を測定した。

図6はじゃがいも（大）及びじゃがいも（ボール状）の中心部温度の経時変化を示した。電気フライと比較すると電子フライの昇温速度は常に10°C程度高かった。

図7は調味割合のことなる鶏骨付きもも肉の電気フライと電子フライと内部温度の経時変化を示す。内部温度の昇温速度はA、D、C、Bの順に速かった。黒田²⁾によれば、電子レンジ加熱の場合、食塩添加すると、温度の上昇が抑制され、かつ加熱時間も遅延するといわれているが、この場合もその傾向があるように見うけられた。

4. 重量の変化

図8に示すとおり減少率を比較すると電気

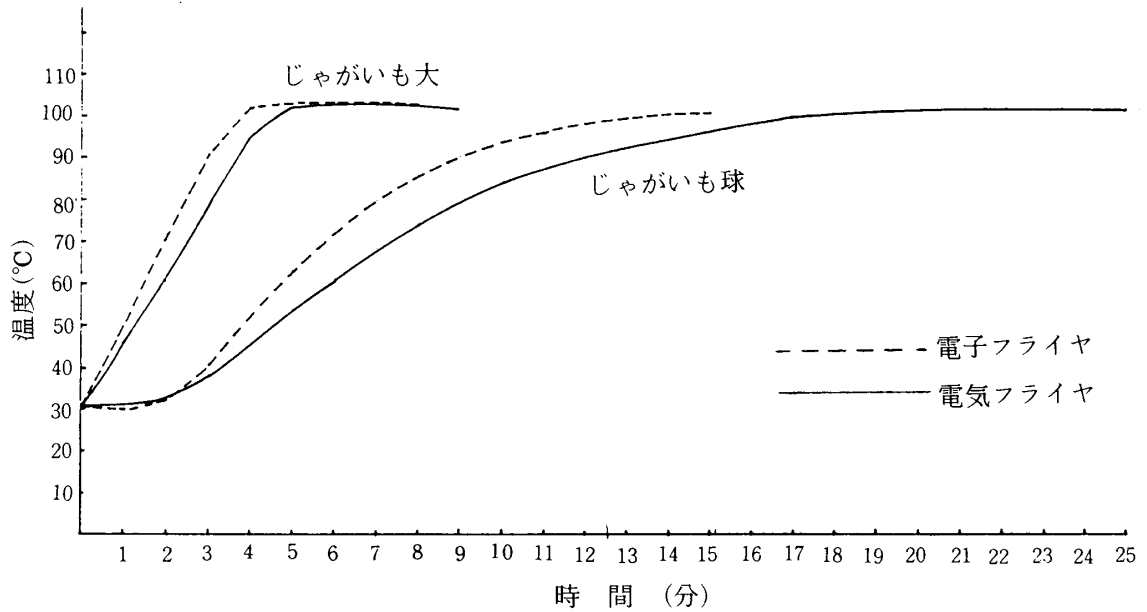


図6 じゃがいも内部温度経時変化
 じゃがいも (大) じゃがいも (ボール状) 電子フライヤ 電気フライヤ

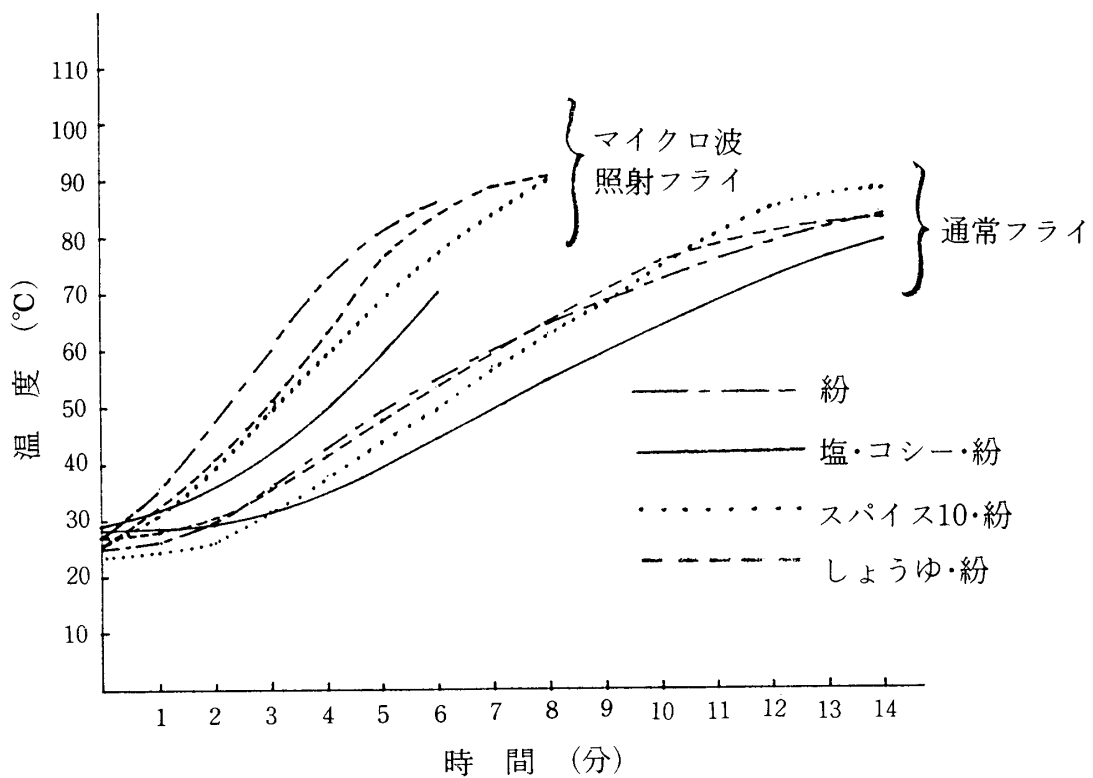


図7 鶏骨付きもも肉内部温度経時変化
 マイクロ波 照射フライ 通常フライ 粉, 塩・コシー・粉, スパイス10・粉, しょうゆ・粉

フライの方がいずれも高く、その差の最も大きいのはじゃがいも (小) の4.9%で、次いでカニクリームコロッケとコーンクリームコロッケが4.6%であった。少いのは鶏骨付きもも肉 (D) の0.7%と (C) の0.8%である。

電子レンジ加熱は加熱時間が短いにもかかわらず重量減少が大きいのが特徴の一つである。季家⁹⁾がマイクロウエーブの発泡効果が食品の目減りを少なくすると指摘しているとおり、電子フライの方は電気フライに比較し

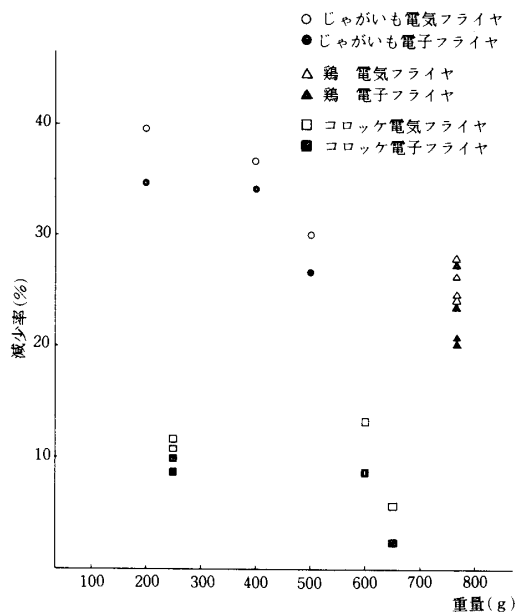


図8 加熱による重量減少率

わずかに少なかった。

5. 色相

表4に比較食品の色相を示す。コーンクリームコロッケ、エビコロッケについては電気フライの色相が7.5R4/6, 5/6であり、電子フライは10R6/8, 7/8で電気フライと比較すると明度が高く、彩度が明るく美しい黄金色の色相を示した。

カニクリームコロッケについては電気フライ、電子フライ共に7.5R5/8と同じ色相を示した。

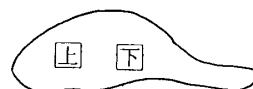
野菜コロッケは電子フライの方がわずかに色が淡かった。

鶏骨付きもも肉(A)は表面の色が均一に付き電気フライ・電子フライともに10R7/8とまったく同色相を示した。(B)は上の部分と下の部分で色相がちがひ、上の部分は

第4表 揚げ上り食品の色相

食 品 名	電気フライヤー	電子フライヤー
コーンクリームコロッケ	7.5 R 4/6	10 R 6/8
エビコロッケ	7.5 R 5/6	10 R 7/8
カニクリームコロッケ	7.5 R 5/8	7.5 R 5/8
野菜コロッケ	7.5 R 7/8	7.5 R 6/8
鶏骨付きもも肉 A	上 10 R 7/8	10 R 7/8
	下 10 R 7/8	10 R 7/8
鶏骨付きもも肉 B	上 7.5 R 6/8	7.5 R 6/8
	下 10 R 7/8	10 R 7/8
鶏骨付きもも肉 C	上 5 R 4/6	7.5 R 6/10
	下 7.5 R 6/8	7.5 R 7/6
鶏骨付きもも肉 D	上 2.5 R 3/3	2.5 R 4/3
	下 5 R 4/6	5 R 4/6
じゃがいも (φ3.7×35) (大)	2.5 R 7/6	2.5 R 8/8

鶏骨付きもも肉の部位



7.5R6/8, 下は10R7/8で, 電気フライと電子フライについてはともに同じ色相であった。

(C) は電気フライの上の部分が5 R4/6と色濃く, 下の部分と電子フライのものはほとんど同じ色相を示した。(D) は電気フライ, 電子フライともに色が濃く上の部分は2.5R4/3下の部分は5 R4/6を示し, しょうゆの添加が色を濃くするので食塩と半々に用いる等の一考を要する。

じゃがいもは色相にむらがあり, いちばん濃い部分を測定した。ほとんど差がなかった。

以上のようにいずれもマイクロ波を照射し

た方が短時間加熱のために表面のこげ色は, わずかに淡かった。

6. 官能検査

結果を表5-1, 2, 3, 4に示す。コロッケについては表面の色合いはコーンクリームコロッケとエビコロッケ, 野菜コロッケが1%の危険率で有意に差があり, 電子フライがわずかに色が淡く, 色相と一致した。香りについてはエビコロッケが1%の危険率で有意に差があり, 電子フライがより好ましい香りであった。鶏骨付きもも肉Cはこげ色が1

表5 官能検査結果

表5-1 コロッケ

		表面の色合い (人)	香 (人)	口ざわり (人)	油っぽさ (人)
コーンクリーム コロッケ	差無し	0	2	1	2
	差有り	※※7	5	6	5
エビコロッケ	差無し	0	0	2	1
	差有り	※※7	※※7	5	6
かにクリーム コロッケ	差無し	1	2	1	2
	差有り	6	5	6	5
野菜コロッケ	差無し	0	1	2	6
	差有り	※※7	6	5	1

表5-2 鶏骨付きもも肉

		焦げ色 (人)	触感 (人)	内部色 (人)	肉質・味 (人)	香 (人)
小麦粉	差無し	6	5	4	3	2
	差有り	1	2	3	4	5
塩+小麦粉	差無し	3	2	5	1	3
	差有り	4	5	2	6	4
スパイステン +小麦粉	差無し	0	2	5	4	3
	差有り	※※7	5	2	3	4
しょうゆ +小麦粉	差無し	2	3	6	1	4
	差有り	5	4	1	6	3

表5-3 ジャがいも大

	中心部のやわらかさ (人)	表皮の固さ (人)	味 (人)	嗅い (人)	表面の色 (人)
差無し	1	2	4	3	1
差有り	6	5	3	4	6

※※1%危険率有意差あり

表5-4 総合評価

	総合的に見てどちらが好ましいか (人)		総合的に見てどちらが好ましいか (人)
コーンクリームコロッケ		鶏骨付もも肉 塩+小麦粉	
{ フライ	3	{ フライ	2
{ マイクロ波フライ	3	{ マイクロ波フライ	3
{ 差無し	1	{ 差無し	2
エビコロッケ		鶏骨付もも肉 しょうゆ+小麦粉	
{ フライ	3	{ フライ	0
{ マイクロ波フライ	3	{ マイクロ波フライ	5
{ 差無し	1	{ 差無し	2
かにクリームコロッケ		鶏骨付もも肉 スパイス+小麦粉	
{ フライ	3	{ フライ	3
{ マイクロ波フライ	4	{ マイクロ波フライ	2
{ 差無し	0	{ 差無し	2
野菜コロッケ		ジャがいも (大)	
{ フライ	0	{ フライ	4
{ マイクロ波フライ	5	{ マイクロ波フライ	1
{ 差無し	2	{ 差無し	2
鶏骨付もも肉小麦粉			
{ フライ	0		
{ マイクロ波フライ	3		
{ 差無し	4		

%の危険率で有意差があり、電子フライの方が淡く色相と一致する。他の項目については有意差は認められなかった。ジャがいも (大) については、表面の色合いが5%の危険率で有意差があり、電子フライは色が淡く色相と一致する。表に記入していない各判定項目は共に有意差は認められなかった。以上の官能検査の結果から総合すると嗜好の差はないといえよう。

なお使用フライヤは機器の性格上ドアがあり、食品の出し入れが多少やりにくく、取り出す際に油が床に落ちやすかった。一方食品

に氷や水が少々附着していても、油が外に飛散することがなく安全である。パン粉揚げ、素揚げに非常によいと考える。

要 約

フライ中にマイクロ波を照射した場合に揚げ物に及ぼす効果を電気フライの場合と比較検討した。

- 揚げものの調理にマイクロ波を照射すると電子レンジ加熱と同様に調理時間を2/3~1/3に短縮することができた。

2. ジャがいもの場合、加熱時間の短縮は1個の体積の大きいものほど、その効果が大であった。
3. 重量の変化はどの食品においても少なかった。特にカニクリームコロッケやジャがいも大では約5%の違いが認められた。
4. 色相は、わずかに淡かった。
5. しょうゆやスパイスの添加は表面の色を濃くした。
6. 塩分の添加は昇温を遅らせた。特に食塩添加はいちじるしい。
7. 官能検査の結果、揚げものの表面の色合いが淡く、電気フライよりも優れていた。その他の項目について差は認められなかった。
8. 光ファイバーサーモメーターを用い、マイクロ波照射中の食品内部温度を連続して記録した。

終りに臨み、研究について御援助いただいた、三洋電機特機株式会社、ガデリュース株

式会社に深く謝意を表します。

文 献

- 1) 神長和子, 富吉靖子, 宮良光子, 富沢綾子, 片田啓子, 鈴木久仁子: 聖徳栄養短期大学紀要, **10**, 1, (1979)
- 2) 黒田庸子: 香川短期大学紀要, **2**, 4, (1969)
- 3) 高島昌治: 冷凍-**60**, 59, (1985)
- 4) 辻野澄子, 馬場美智: 大阪女子学園短期大学紀要, **11**, 9, (1967)
- 5) 寺元芳子, 近藤照子, 内藤道子: 和洋女子大学紀要: **17**, 6, (1972)
- 6) 戸田裕子, 渋川祥子: 家政学雑誌, **21**, 6, 371, (1970)
- 7) 堀越フサエ: 調理科学, **4**, (3), 7, (1971)
- 8) 馬場美智, 辻野澄子: 大阪女子学園短期大学紀要, **9**, 47, (1965)
- 9) 季家隆美, 高島昌治: 電気加熱技術情報, **15**, 16, (1984)