

調理によるコロッケの

内部温度の変化について(第1報)

亀城 和子

町田 真理子

石和田 初江

大谷 陽子

I 目 的

コロッケを揚げる温度は一般に 170°C ¹⁾前後とされているが、このように高温で揚げたコロッケの内部温度も、揚げる前の状態で可成り左右される。この事は最近多く用いられ始めた冷凍コロッケを揚げて、しばしば経験する所である。そこで、より好ましい調理方法を見出すことを目的に、コロッケを普通に調理した場合と、冷凍保存したコロッケを油で揚げた場合とについて、大きさ、形、揚げ温度などを変えて、その内部温度の変化を調べた。

II 実 験 方 法

コロッケの材料の違いからくる熱伝導の差によってばらつきが出るのを避け、実験条件を一定にするために今回は、じゃがいものみのコロッケを用いて内部温度の測定を行った。

1. 試料調整

じゃがいもを適宜に切って茹で、こふきいもの要領で水分を飛ばし皮をむく。熱いうちに、いもつぶし器でマッシュし、室温に放冷する。大きさは、じゃがいものみの種で40gと80gにし、型は小判型¹⁾とたわら型にして大・小2種類ずつ作る。小麦粉にまぶし、卵液(卵1ヶに対して水100ml)、パン粉の順につけて出来上がりのコロッケの重量を計っておく。コロッケを冷凍保存する場合は、内部温度測定のための穴を温度プローブの先で中心部まであけ、器に並べてラップで覆い、冷凍庫(-25°C 以下)に保存する。

2. 使用天ぷら油

市販の味の素天ぷら油

3. 器 具

温度計

a) 高感度記録計II形8C12-1119 (三栄測器株式会社)

熱 電 対

b) 温度記録計8C12-M7

温度プローブK-5-B型 (サーミスタ)

(三栄測器株式会社)

c) 200°C アルコール温度計

秤

a)寺岡式二回転上皿自動秤(秤量4kg 目盛10g)

b)無錘式上皿桿秤(秤量1kg 感量0.5g)

ガスコンロ

リンナイガスコンロ(R-1K型)

鍋

中華鍋(Toyo製 直径30cm)

ストップウォッチ

4. コロッケの揚げ方および内部温度測定法

コロッケの中心にプローブの先が当たるようにさし込み、さし込み口は、小麦粉を卵液で溶いてのり状にしたもので閉じる。中華鍋に油600gを入れ、油の温度がそれぞれの目的の温度180℃、170℃または160℃に保てるように火力の調節をしてから一旦火を止めてメーターの読みを記録し、実験を開始する。コロッケをフライ返しにのせて静かに油の中へ入れ、同時にストップウォッチと記録計のスイッチを入れる。油の温度が常に180℃を保つように注意し、1分で裏返し、揚げ時間3分で火を止め、同時にフライ返しで静かにすくい上げ、そのまま10秒間油をきって油切りの網の上に置き、内部温度は、スタートより9分間継続して記録させる。ガスの消費量およびコロッケの油吸着量を算出し、コロッケについては、色の観察と出来上がりの重量を測定する。尚、たわら型80gの場合に限り、コロッケが油から出てしまうため油の量を800gにして行う。また、揚げ油は、30個位揚げた所で新しい油と交換する。

III 実験結果及び考察

揚げ時間3分の場合の室温及び冷凍コロッケの形、大きさ、揚げ温度別の内部温度の平均値を表1に示す。

最高内部温度に関してはすべての場合、揚げ終わり3分の時よりも余熱で相当上昇すること、しかしそれが形、大きさ、揚げ温度によって可成り特徴があること、そして冷凍コロッケの内部温度が、室温コロッケより可成り低いことなどが伺われる。揚げ温度160℃では、いずれの場合も色が薄く、油切れも悪くコロッケとして不適當であったので以下170℃と180℃について個々に検討する。図1は揚げ温度別に内部温度の経過を示したものである。

1. 室温コロッケ

1) 形：大きさ40g、揚げ温度180℃の場合の小判型とたわら型については、揚げ時間3分後の内部温度がそれぞれ $71.6 \pm 6.57^\circ\text{C}$ と $64.3 \pm 7.43^\circ\text{C}$ に対し、とり出して後の余熱による最高内部温度は $86.7 \pm 1.25^\circ\text{C}$ と $90.4 \pm 2.16^\circ\text{C}$ に上昇しており、その間の巾、すなわち余熱による上昇度は表2に示す通り、 $15.1 \pm 8.37^\circ\text{C}$ と $26.1 \pm 5.59^\circ\text{C}$ である。これらの間には危険率5%で有意の差があった。同様に揚げ温度170℃の場合の小判とたわら型については、揚げ終わり時 $61.8 \pm 3.21^\circ\text{C}$ と $61.1 \pm 5.19^\circ\text{C}$ 、最高内部温度 $81.4 \pm 1.34^\circ\text{C}$ と $84.4 \pm$

表1 コロッケの平均内部温度

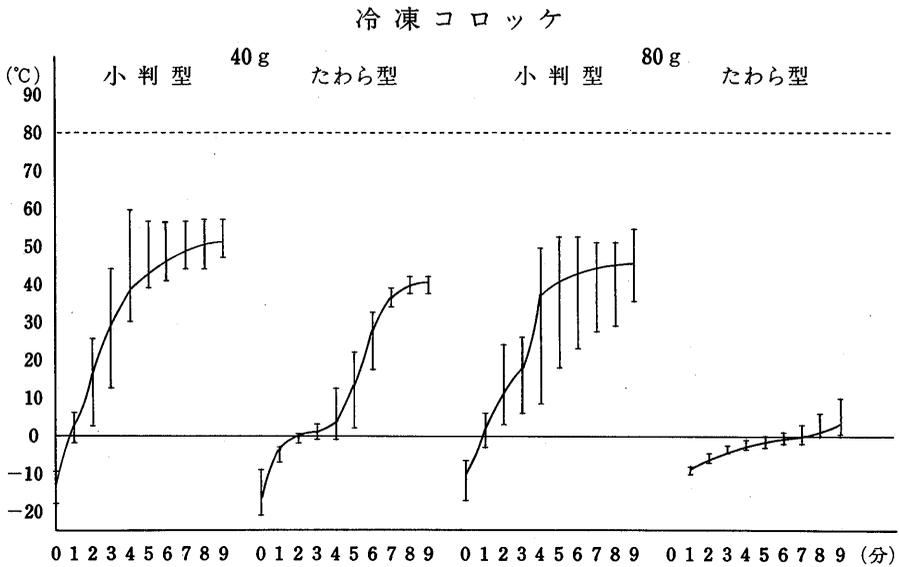
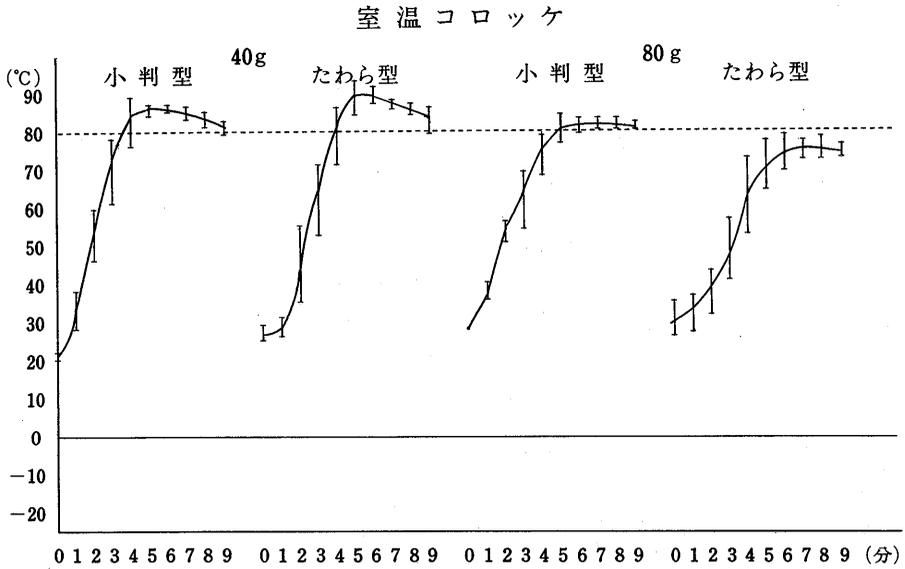
(室温20~30℃)

形		揚げ温度	スタート時	揚げ終わり時 (3分)	余熱時の最高温度 (5~9分)	
室温 コ ロ ッ ケ	小	g	180℃	21.2±0.84℃	71.6±6.57℃	86.7±1.25℃
		40	170	19.7±0.91	61.8±3.21	81.4±1.34
			160	19.4±0.55	67.1±9.61	80 ±3.18
	判	80	180	28 ±2.07	63.5±5.39	82.3±1.57
			170	27.4±0.82	63.3±5.63	79.1±3.27
			160	29.4±0.55	64.8±2.02	77.7±2.02
	た わ ら	40	180	26.6±1.47	64.3±7.43	90.4±2.16
			170	27.5±2.57	61.1±5.19	84.4±3.68
			160	25.6±2.75	56.5±4.88	85.3±4.45
		80	180	28.7±3.63	49.9±6.53	75.3±2.17
			170	24 ±0.71	34.5±1.27	70.9±1.60
			160	23.7±0.76	32.8±1.15	67.4±1.08
冷凍 コ ロ ッ ケ	小	40	180	-12.1±3.60	30.8±12.21	51.8±5.95
			170	-9.4±2.53	18.3±8.53	53.2±2.22
			160	-12.9±0.55	31.0±9.57	48 ±2.15
	判	80	180	-11.6±4.05	17.5±7.28	44.3±8.22
			170	-17.6±5.02	8.1±6.37	30.6±6.43
			160	-15.2±2.68	3.3±3.42	28.7±3.25
	た わ ら	40	180	-15.7±5.38	1.2±1.79	40.8±1.96
			170	-11.4±2.46	-1.3±1.25	37.4±1.34
			160	-17.8±2.17	-3.7±1.96	20.2±3.13
		80	180	—	-3.7±0.91	3.8±4.44
			170	—	-4.1±1.19	1.3±1.19
			160	—	-3.9±0.42	0.2±1.86

注 ±は標準偏差

図1 コロケの内部温度 (揚げ時間3分)

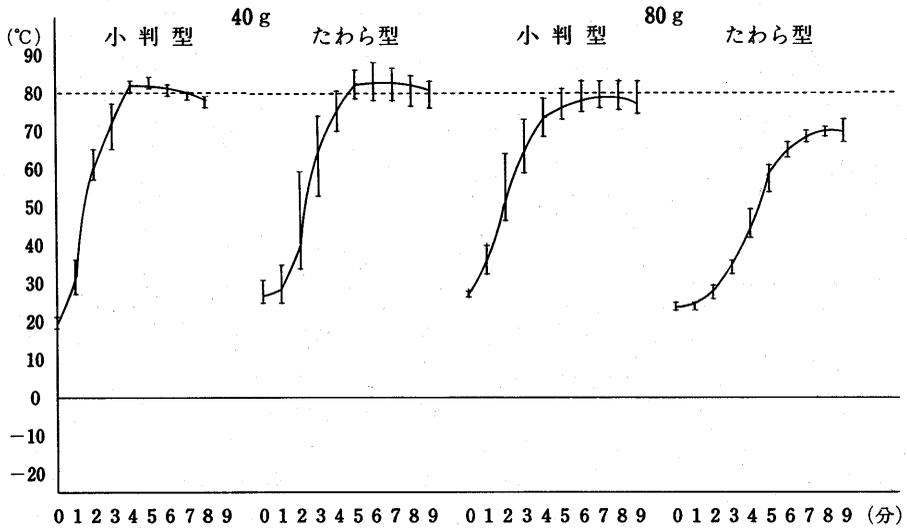
a) 揚げ温度 180°C



┌┐は最大最小を示す

b) 揚げ温度 170°C

室温コロッセ



冷凍コロッセ

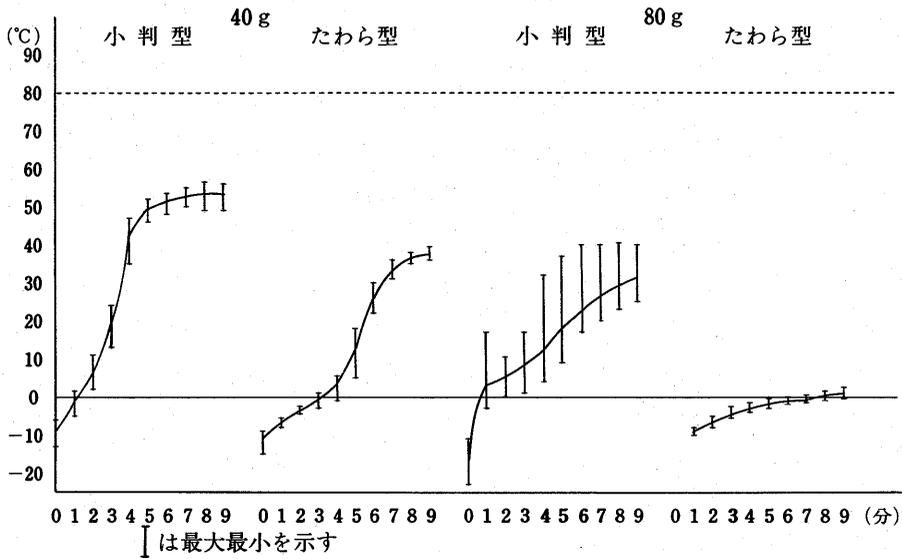


表-2 室温および冷凍コロッケの余熱による内部温度の上昇度

大きさ g		40		80	
		小判	たわら	小判	たわら
室温	180	15.1 ± 8.37 °C	* 26.1 ± 5.59 °C	18.8 ± 6.33 °C	25.4 ± 6.96 °C
	170	19.6 ± 2.22	23.3 ± 10.36	15.8 ± 5.34	** ● 36.4 ± 2.48
冷凍	180	21 ± 5.33	** △△ 39.6 ± 3.25	26.8 ± 6.21	7.5 ± 3.69
	170	△ 34.9 ± 7.05	△△ 38.7 ± 1.96	25.5 ± 5.76	5.4 ± 0.59

注 ±は標準偏差
 同重量、同温度の形による差 : ** P<0.01
 * P<0.05
 同形、同温度の大小による差 : ● P<0.05
 同重量、同温度、および同型の室温 : △△ P<0.01
 と冷凍による差 △ P<0.05

3.68°Cにそれぞれ上昇し、それらの上昇度は19.6 ± 2.22°Cと23.3 ± 10.36 °Cである。40 gの同重量の場合のコロッケの内部温度については、たわら型が小判型より揚げ終わり時の内部温度がやや低いにもかかわらず、余熱によって最終的には小判型より高くなっているという興味ある現象を得た。

大きさ80 gでは、揚げ終わり時、余熱時共に最高内部温度は小判型の方が高いが、揚げ終わり後の余熱による上昇度は40 gと同様にたわら型の方が大きい。揚げ温度180 °Cの場合で、最高内部温度は小判型82.3 ± 1.57°C、たわら型75.3 ± 2.17°C、揚げ終わりからの上昇度はそれぞれ18.8 ± 6.33°Cと25.4 ± 6.96°Cである。揚げ温度170 °Cの場合では、小判型とたわら型の最高内部温度は79.1 ± 3.27°Cと70.9 ± 1.60°C、余熱時の上昇度は15.8 ± 5.34°Cと36.4 ± 2.48°Cで、この上昇度の差は危険率1%で有意であった。

コロッケの形に関しては、たわら型の方が余熱時の上昇度が大きい。そして大きさも40 gと小さい場合は、揚げ終わりの温度が小判型と大差がないため、余熱時にそれを凌いで上昇するので最高内部温度は高くなるが、たわらの形が80 gと大きい場合は、揚げ終わり時の温度が50°C以下で、同重量の小判型とは、揚げ温度180 °Cの時は14°C、170 °Cの時は約30°Cも開き、余熱による上昇度が相当大きくても、小判型の温度までには至らず、結果として10°C前後低い温度で止まる。

2) 大きさ：小判型の大小、たわら型の大小について内部温度を比較すると、表1にみられるように、揚げ温度170 °Cの小判の大型(80 g)の揚げ終わりの温度が小型より平均値でわずか1.5°C高い外は、揚げ終わりの温度および余熱時の最高内部温度は、いずれも同型ならば小型の方が高い。しかし余熱による上昇度の方は、表2に示す通り同型の大小では大きな差もなく、どちらとも云い難い。ただし、揚げ温度170 °Cにおけるたわら型の場合だけが、大型36.4 ± 2.48°C、小型23.3 ± 10.36°Cであり、これらの間に危険率5%で

有意差が出たことについては、揚げ温度 170°C の場合のたわらの大型のみ揚げ終わり時の内部温度が $34.5 \pm 1.27^{\circ}\text{C}$ と非常に低いので、室温との差も小さく、したがって室温への放熱も少なく内部温度の上昇度がよくのびたのではないかと考えられる。

3) 揚げ温度：揚げ温度による差は、 180°C で揚げる方が 170°C で揚げるより、揚げ終わり時および余熱による最高内部温度は高い。

2. 冷凍コロッケ

1) 形：冷凍コロッケの内部温度は予想外に低く、小判型 40g を除くと食用にはならない。

大きさ 40g 、揚げ温度 180°C の場合の小判型とたわら型の揚げ終わり時の内部温度をくらべるとそれぞれ $30.8 \pm 12.21^{\circ}\text{C}$ と $1.2 \pm 1.79^{\circ}\text{C}$ で、たわら型は非常に温度が低くやっとなと解凍が行なわれたにすぎない。それらは余熱によって最高内部温度 $51.8 \pm 5.95^{\circ}\text{C}$ と $40.8 \pm 1.96^{\circ}\text{C}$ に上昇し、たわら型も何とか食べられるようになる。その上昇度は表 2 に示すように、 $21 \pm 5.33^{\circ}\text{C}$ と $39.6 \pm 3.25^{\circ}\text{C}$ で、室温コロッケの場合と同様にここでもたわら型の上昇度は大きく、これらの上昇度をくらべると危険率 1% で有意差があった。同じく揚げ温度 170°C の場合の小判型とたわら型については、揚げ終わり時 $18.3 + 8.53^{\circ}\text{C}$ と $-1.3 \pm 1.25^{\circ}\text{C}$ と非常に低いが高内部温度 $53.2 \pm 2.22^{\circ}\text{C}$ と $37.4 \pm 1.34^{\circ}\text{C}$ にそれぞれ可成り上昇し、それらの上昇度は大きく $34.9 \pm 7.05^{\circ}\text{C}$ と $38.7 \pm 1.96^{\circ}\text{C}$ になった。

大きさ 80g では、揚げ終わり時、余熱時共に内部温度は小判型の方が高い。しかし、図 1 からわかるように、たわら型の内部温度があまりに低く比較する意味がないほどである。揚げ温度 180°C の場合をくらべてみると、揚げ終わり時の内部温度は $17.5 \pm 7.28^{\circ}\text{C}$ と $-3.7 \pm 0.91^{\circ}\text{C}$ であり、余熱時の最高内部温度は $44.3 \pm 8.22^{\circ}\text{C}$ と $3.8 \pm 4.44^{\circ}\text{C}$ で、その上昇度は $26.8 \pm 6.21^{\circ}\text{C}$ と $7.5 \pm 3.69^{\circ}\text{C}$ となり、小判型は可成り上昇するがたわら型はあまり上昇しない。したがって冷凍コロッケは、外観はおいしそうに揚がっていてもその内部は、やっとなと解凍された状態にすぎず、食用にはならないことになる。

このことから、揚げ時間内に解凍すら出来なかつたたわら型 80g を除くとたわら型の方が、室温、冷凍共に余熱による上昇度は大きい。これは、たわら型の方が、熱が中心にまで伝わるのに時間がかかるが、一旦温たまると保温力が大きいと思われる。しかしたわら型 40g は、揚げ終わりの温度が低いため $39.6 \pm 3.25^{\circ}\text{C}$ の上昇度を持ちながら、かろうじて食用となる 40.8°C の内部温度にしかならない。したがって冷凍コロッケの場合は、解凍過程が加わるため表面積が大きい小判型の方が熱の通りが良く解凍は早い。しかし小判型 40g ですら余熱による最高内部温度が $53.2 \pm 2.22^{\circ}\text{C}$ であるから、細菌汚染など食品衛生の面から考えると、内部温度が 80°C 以上になるような形、大きさ、揚げ時間を検討する必要がある。

2) 大きさ：冷凍コロッケの場合は、前述したように解凍という過程が加わるため、小さい方が熱の通りが良く、余熱による温度上昇が大きい。形が大きいと解凍に時間がかかるので、余熱による内部温度の上昇も期待し難くなる。

3) 揚げ温度：揚げ温度による差は、小判型 40g の余熱による上昇度の比較において、

揚げ温度 170℃の方が180℃よりも少し高くなっている以外は、室温コロッケ同様に180℃の方が170℃で揚げるよりも、揚げ終わり時、最高内部温度共に高くなっている。

3. 室温コロッケと冷凍コロッケの比較

室温コロッケの場合は、たわら型80gを除くと最高内部温度が80℃以上になるので問題はないが、冷凍コロッケは室温コロッケに比較して、揚げ終わり時および余熱時の最高内部温度がはるかに低く、冷凍コロッケの最高内部温度は、それぞれの室温コロッケの揚げ終わり時の内部温度にも満たない。しかし内部温度の上昇度は、解凍のみに終わったたわら型80gを除けば、冷凍コロッケの方が室温コロッケより可成り大きい。このことはコロッケの温度と室温との間の温度差の大小によって、コロッケが高温のものは、室温に多く放熱するためとも考えられる。表2に示すように小判40gを170℃で揚げた場合、冷凍コロッケの内部温度の上昇度は、室温のそれに比べて有意(5%)の上昇をしており、たわら型40gでは、揚げ温度170℃、180℃共に冷凍コロッケの上昇度の方が有意(1%)に大きい。

次にスタート時と揚げ終わり時との内部温度の相関係数および揚げ終わり時と余熱時の最高内部温度との相関係数を表3に示す。

表-3 内部温度の相関係数

揚げ温度(℃) 大きさ 形			スタート時と揚げ終わり時		揚げ終わり時と 余熱時の最高温度	
			180	170	180	170
室 温	小判	40	0.641	0.424	0.664	0.386
	たわら	40	0.640	0.417	* 0.892	-0.455
冷 凍	小	40	0.482	0.744	0.813	0.682
	判	80	0.334	-0.203	** 0.979	0.594

注 危険率1%で有意差 **
危険率5%で有意差 *

スタート時の内部温度と揚げ終わり時の内部温度との相関係数は、室温コロッケの揚げ温度180℃の場合、小判型40gが0.641、たわら型40gが0.640、冷凍コロッケの揚げ温度170℃の場合は小判型40gが0.744と、それぞれ有意ではないが、可成り高い相関関係を示している。

揚げ終わり時の内部温度と余熱時の最高内部温度の相関関係は室温コロッケの揚げ温度

180℃の場合のたわら型40gが危険率5%で、冷凍コロッケの小判型80gが1%で、それぞれ有意の相関を示した。また有意ではないが、室温コロッケの小判型40gおよび冷凍コロッケの小判型40gも可成り高い相関を示していた。

以上の事から冷凍コロッケを揚げる場合、内部温度が高くなるような方法、例えば揚げ温度を外観の色も考えて170℃で4～5分間揚げるとか、二度揚げするなどの揚げ方の工夫が今後の課題として残る。

IV ま と め

じゃがいも種40gと80gで小判型およびたわら型のコロッケを作り、室温のままのものと冷凍保存したものについて、揚げ時間を一定(3分)にして、揚げ温度180℃、170℃および160℃で揚げ、内部温度を測定した。その結果、揚げ温度160℃で揚げたコロッケは他の2つの温度で揚げたものよりおとるので除外し、180℃と170℃で揚げたコロッケについて検討した。

内部温度は揚げ時間3分でとり出して後も余熱で可成り上昇し、それが、形、大きさ、揚げ温度によって、それぞれ特徴のある変化を示した。

室温コロッケについては、形では、小判型の方が全体に高温が得られている。たわら型は小判型にくらべて、揚げ時間3分後の温度は低いがその後の余熱での上昇度が可成り大きいことがわかった。それは揚げ温度180℃では、40gのものの中で危険率5%で、170℃では、80gのものの中で1%で有意差があった。したがって、室温コロッケのたわらの小型(40g)の場合は余熱時の上昇によって小判型を凌いで内部温度が高くなった。

大きさでは、同型の場合小型(40g)の方が内部温度は高い。揚げ温度も、170℃より180℃の方が内部温度は高いという妥当な結果を得た。

冷凍コロッケについては、室温コロッケより、内部温度は可成り低く、たわら型の場合揚げ時間3分では、外観はおいしそうなコロッケに揚げられていても、内部は解凍が出来かねる状態であり、大型(80g)に至っては、余熱によってやっと解凍が出来た程度で食用にはならなかった。小判型も最高内部温度が53℃～30℃で何とか食べられても、細菌汚染など衛生上の安全性も問題となるなど結局、室温コロッケの揚げ条件は冷凍コロッケには不適當であることがわかった。

揚げ温度別にスタートの温度と揚げ時間3分後の温度と、この揚げ時間3分後の温度と余熱による最高内部温度との関係は、室温コロッケ40gのものは、揚げ終わり時の温度とスタート時および余熱時の最高内部温度のいずれとも可成り相関しており、冷凍コロッケでは小判型の40gが室温と同じ傾向であり、80gは揚げ終わり時と余熱による最高内部温度との相関が高かった。

コロッケの内部温度を80℃以上にするには、余熱による上昇度も考え、揚げ終わりの温度を60℃位に高くすることで内部温度を80℃以上に上昇することが出来ると推察される。そこで冷凍コロッケでは外観の色から、揚げ温度180℃3分が限度のように思えるので170

°Cで揚げ時間を長くするとか、2度揚げをするなど今後の課題として研究を続けたい。

温度記録計に関してご助言をいただいた川口武豊教授に深謝します。

V 文 献

- 1) 山崎清子, 島田キミエ: 調理と理論, 同文書院 (1971)
- 2) 松元文子: 調理実験 (1969)
- 3) 高井富美子他: 日常食品の調理実験, 医歯薬出版 (1969)
- 4) 島田淳子, 黒沢和子, 松元文子: 家政学雑誌 23, 32 (1972)