

長期冷凍保存コロッケの破裂

長尾慶子

I 緒言

家庭における冷凍保存が容易になったことと、主婦の就業率が増加していることとあいまって近年冷凍調理食品の消費の伸びが著しい¹⁾。また家庭で調製された半調理品あるいは調理済み食品を冷凍することも広く行われている。その中で、コロッケは日常の惣菜料理として良く利用されている調理品である。時間の余裕のあるときに家庭でコロッケを調製し冷凍保存しておき、食卓に供する前に揚げ加熱を行えば時間的にも合理的である。しかし冷凍コロッケは揚げ加熱中にしばしば破裂することが調理上の問題点であるといわれる。

冷凍コロッケの破裂については、揚げ温度の影響が大きいことを藤井・金谷らが報告している²⁾が、詳細な研究報告は少ない。

著者は冷凍コロッケの破裂の機構について検討しており、先に衣の厚さの異なるコロッケの破裂について報告した³⁾。室温で破裂しやすい材料配合で調製したコロッケが、薄衣(厚さ約1mm)の場合、冷凍すると可食率³⁾が100%になり、冷凍処理は破裂抑制に効果的であった。また厚衣(2および3mm厚)コロッケの場合には、室温で100%全体破裂して非可食であったものが冷凍すると約50%の可食率となった。しかも2mm衣コロッケでは室温調製時に全体破裂していたものが冷凍処理によりすべて表層部の部分的な破裂に移行した。

冷凍処理は内容物の温度が低いために内部

の膨張が少なく破裂抑制に有効だといえる。なおこれらの実験は内容物温度が -20°C になるまでに要する時間(7時間)保存したものであり、短時間の冷凍保存を想定して行ったものである。しかし実際には日常冷凍食品を利用する場合、調製後かなりの期間冷凍保存したものを使用することも多い。

そこで本実験では、長期間冷凍保存した場合の破裂の様相および物性変化について、7時間冷凍処理コロッケの場合と比較した。

II 試料および実験方法

1. 試料の調製

1) 実験材料 ポテトコロッケの試料および揚げ油は前報³⁾⁻⁵⁾と同様、小麦粉(薄力粉, フラワー, 日清製粉(株)), 乾燥マッシュポテト(雪印マッシュポテト, 雪印乳業, 水分7.8%), パン粉(フライスターソフトパン粉, フライスター(株), 煤焼式ストレート法, 水分12.0%)およびコーンサラダ油(味の素(株))を用いた。小麦粉は20メッシュのふるいで2回ふるい, パン粉は9メッシュのふるいをおして使用した。

2) コロッケの調製

コロッケ内容物の材料配合は前報同様³⁾⁻⁵⁾破裂の多発した配合割合とし、前報に準じて試料を調製した。すなわち乾燥マッシュポテト40gに対し5倍量の湯(75 $^{\circ}\text{C}$)200mlを加えた内容物をラップで密閉し、10分間放置後25gずつに分け俵型に成型した。

なお外皮と内容物との境界をはっきりさせるために、乾燥マッシュポテトに加える湯に食用緑色素約0.05 gを添加し色をつけた。これに35%小麦粉バターおよびパン粉をつけて外皮1 mm衣試料とした。

同様に20.6 gおよび16.5 gの内容物を俵型に成型後、同様の衣をそれぞれ2回および3回重ねつけし、2および3 mmの試料コロッケとした。

このようにして調製した試料はすべて1個あたり重量約28 g、 ϕ 2.9cm \times 3.7cmとなった。これらの試料を2個ずつフリーザーバッグ(リード Ziploc フリーザーバッグ, ライオン(株), 13.5cm \times 17.7cm, ポリエチレン製)に入れて家庭用冷凍冷蔵庫(松下冷機・NR306, G-F)の冷凍室(-20 \pm 1 $^{\circ}$ C)で保存した。

保存期間は冷凍庫内4週間(1ヶ月), 6週間, 8週間(2ヶ月), 10週間および12週間(3ヶ月)とした。対照試料として内部温度が-20 $^{\circ}$ Cになる7時間保存したものをを用いた。これらを前報^{3)~5)}同様180 \pm 0.5 $^{\circ}$ Cの油中で揚げ加熱した。

3) コロッケ評価

コロッケの破裂程度の評価は前報同様⁶⁾, コロッケ外層部に亀裂などの損傷がなく、内容物の流出がみられないものを最適なコロッケとし、以下の基準による5段階評点法により評価した。

すなわち、一個のコロッケにつきすべての破裂穴の長径と短径をノギスで計測し、その総和(t) cmを求め、破裂の程度を以下のように採点評価した。

評点5 : $t = 0$, 評点4 : $0 < t < 0.5$,

評点3 : $0.5 \leq t < 1.0$,

評点2 : $1.0 \leq t < 1.5$,

評点1 : $1.5 \leq t$

なお評点4以上を可食コロッケと判定した。

また破裂の様相として、前報同様^{3)~5)}破裂

が外皮表層部に起りピンホール状であるものを表層部破裂、コロッケ全体が大きく縦状に亀裂し内容物が突出する破裂の様相を全体破裂として区別した。

4) 外皮強度の測定

揚げ加熱を終了したコロッケより直ちに外皮のみを剝離し、約2.5cm角四方に切り取り、カードメーターマックス(飯尾電器・ME-303)で破断強度を測定した。スプリングおよびウエイト重量400 g, 感圧軸直径3 mmとした。

5) 外皮および内容物の水分含量

プラスチックフィルム常圧105 $^{\circ}$ C乾燥法⁷⁾で測定した。揚げ加熱前の試料を外皮と内容物とに分けてそれぞれ1.5 gおよび2.5 g程度を採取して水分量を測定した。内容物については外皮境界部から約0.5cmまでの部分を除いた内側を用いた。

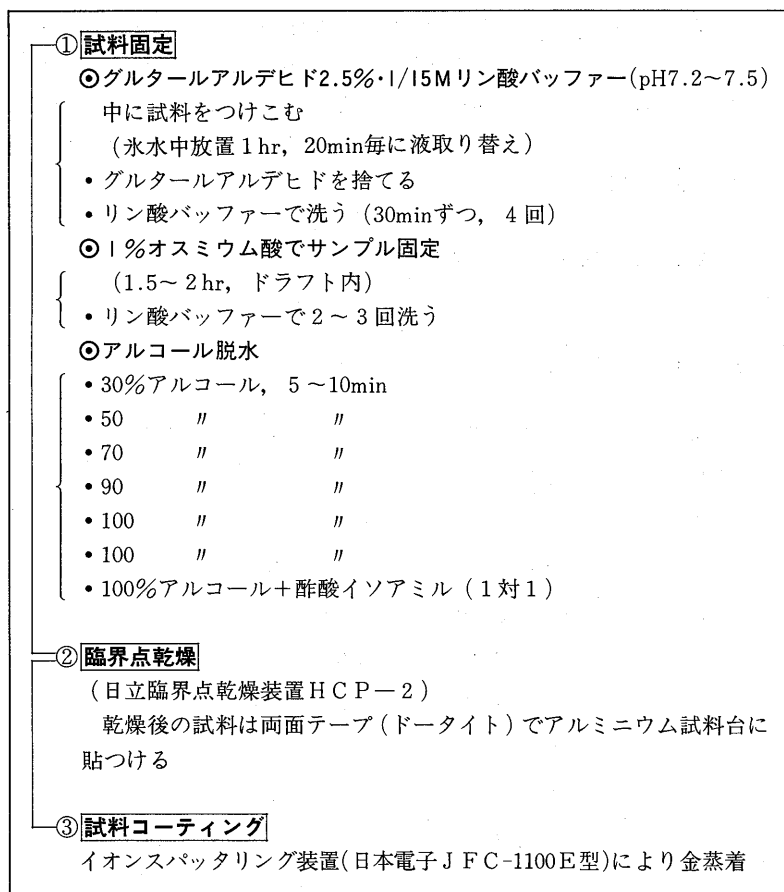
6) コロッケ内容物の保水性

4週間冷凍保存した試料を5 $^{\circ}$ Cの冷蔵室に15時間保蔵して解凍後、外皮を剝離し、内容物約6 gを取り出し試料とした。目盛りつき遠沈管を用いて、2000 \times g(重力加速度)で15分間遠沈後の残渣を求め、遠沈残渣の元の重量に対する割合(%)を保水性とした。対照として7時間冷凍処理後15時間冷蔵保蔵したコロッケの内容物を用いた。

7) 外皮の顕微鏡観察

外皮は揚げ加熱終了後すみやかに内容物から剝離し、ミクロトーム用替え刃で0.5cm角以下に切断した。撮影用試料調製は図1のように行い、走査型電子顕微鏡(日本電子JSM-T220型)により外皮断面および内容物側の観察・写真撮影をした。

図1 走査型電子顕微鏡用試料調製方法



III 実験結果および考察

1. 破裂の状況

薄衣 (外皮厚さ 1mm) の場合の破裂の様相および破裂の程度を表1に示した。

今回の冷凍庫内 4週間の長期保存で 50% 起きた破裂はすべて表層部の小さい破裂であり、しかもその 60% は、微弱な破裂音が聞こえはするが、破裂穴が見付けられにくい $t = 2\text{mm}$ 以下の大きさであり、破裂なしと同等の評点 5 とみなした。その他の破裂もすべて評点 4 以上の可食コロッケであった。

外皮が薄いコロッケは低温にすることで破

表1 4週間冷凍保存, 1mm衣コロッケの破裂の状況

n	破裂の様相	破裂開始時間	破裂穴の大きさ (cm)	t (cm)	評点	評価
1	破裂なし	—	—	—	5	可食コロッケ
2	"	—	—	—	5	"
3	表層部破裂	2'20"	ほとんど見えない	0.1以下	5	"
4	"	2'50"	(0.1×0.1)	0.2	5	"
5	"	2'00"	(0.1×0.15)	0.25	4	"
6	破裂なし	—	—	—	5	"
7	表層部破裂	2'30"	(0.1×0.1)	0.2	5	"
8	破裂なし	—	—	—	5	"
9	破裂なし	—	—	—	5	"
10	表層部破裂	2'20"	(0.15×0.15)	0.3	4	"

裂抑制に効果があることを前報³⁾で認めたが、1ヶ月程度の長期冷凍保存でも破裂抑制の効果が十分あることを認めた。

外皮2mmの厚衣の場合の破裂の様相および破裂の程度を表2に示した。

対照の7時間冷凍の場合、表層部破裂が70

%であり、評点4以上の可食コロッケを55%としたが³⁾、4週間冷凍保存すると表層部破裂の程度が大きくなり、また一部は全体破裂に移行し100%非可食となった。8週間冷凍保存のものも同様であり、長期保存は破裂を増加させた。

表2 2mm衣コロッケの破裂の状況

表2-1) 4週間冷凍保存

n	破裂の様相	破裂開始時間	破裂穴の大きさ(cm)	t (cm)	評点	評 価
1	表層部破裂	2'55"	(2.0, 1.5)	3.5	1	非可食コロッケ
2	"	2'30"	(2.0, 2.0)	4.0	1	"
3	"	2'05"	(2.4, 2.4)	4.8	1	"
4	"	1'40"	(0.4, 0.2)	0.6	3	"
5	表層部→全体	2'40"	縦 亀 裂	—	1	"
6	表層部破裂	1'30"	(1.8, 1.2)	3.0	1	"
7	"	1'35"	(0.8, 0.7)	1.5	2	"
8	表層部→全体	3'00"	縦 亀 裂	—	1	"
9	表層部破裂	1'55"	(0.9, 0.7)	1.6	1	"
10	"	1'58"	(1.2, 0.9)	2.1	1	"

表2-2) 8週間冷凍保存

n	破裂の様相	破裂開始時間	破裂穴の大きさ(cm)	t (cm)	評点	評 価
1	表層部→全体	1'51"	縦 亀 裂	—	1	非可食コロッケ
2	表層部破裂	1'10"	(0.5, 0.2)	0.7	3	"
3	"	1'07"	(1.3, 0.6)	1.9	1	"
4	"	1'24"	(1.2, 0.9)	2.1	1	"
5	"	2'10"	(0.5, 0.2)	0.7	3	"
6	"	1'35"	(0.4, 0.2)(0.3, 0.3)	1.2	2	"
7	表層部→全体	1'53"	縦 亀 裂	—	1	"
8	表層部破裂	2'20"	(1.0, 0.9)	1.9	1	"
9	"	2'11"	(1.1, 0.1)	1.2	2	"
10	表層部→全体	3'13"	縦 亀 裂	—	1	"

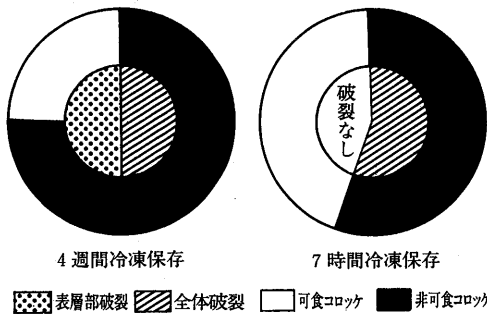


図2 3mm衣コロケの破裂の状況

3mm衣コロケも(図2), 7時間冷凍の場合に破裂なしであったものが4週間冷凍保存により表層部破裂に変化した。うち50%が加熱後半に全体破裂へ移行しており可食コロケの割合も減少した。

冷凍することで表面から水分が蒸散し, 外皮の性状は室温調製コロケに比べて脆性となり強度も弱くなること, 内容物の保水性が低下し遊離水が皮下に集まり易いことを先

に報告した⁸⁾が, 長期冷凍保存した場合はこの性質がさらに強まるのであろうか。そこで外皮と内容物の物性を比較検討した。

2) 物性測定結果

図3に2mm衣外皮の破断強度測定結果を示した。4週間保存の場合は対照試料との間に強度の差はみられなかったが, 3ヶ月もの長期保存になると, 外皮の劣化は著しいものがあった。揚げ時間が長い程強度の差は顕著に現れた。

冷凍保存中, 冷凍庫内と試料表面の間には蒸気圧に差が生じるので, 試料表面から徐々に水蒸気が蒸発していく⁹⁾。そこで外皮の水分量を比較してみた。表3は2mm衣コロケを6週間および10週間冷凍保存した時の外皮の水分含量を7時間冷凍の場合と比較したものである。

6週間および10週間保存したものは対照7

表3 外皮及び内容物の水分含量(%) (冷凍2mm衣コロケ)

試料	外 皮			内 容 物	
	7時間冷凍	6週間冷凍	10週間冷凍	7時間冷凍	6週間冷凍
1	51.7	52.7	54.2	82.4	83.0
2	52.5	49.7	47.5	82.7	83.5
3	51.8	47.6	42.8	82.8	83.0
4	49.8	38.2	41.3	82.0	83.2
5	52.9	44.6	51.8	84.1	82.5
6	53.4	45.5	39.1	83.4	83.7
7	53.8	49.9	43.0	82.9	83.4
8	52.3	54.0	42.5	82.7	83.1
9	52.2	—	—	82.7	—
10	53.7	—	—	82.6	—
平均	52.4±1.2 ^{a,b}	47.8±5.0 ^a	45.3±5.3 ^b	82.8±0.6	83.2±0.4

同一記号間はP<0.01で有意差あり

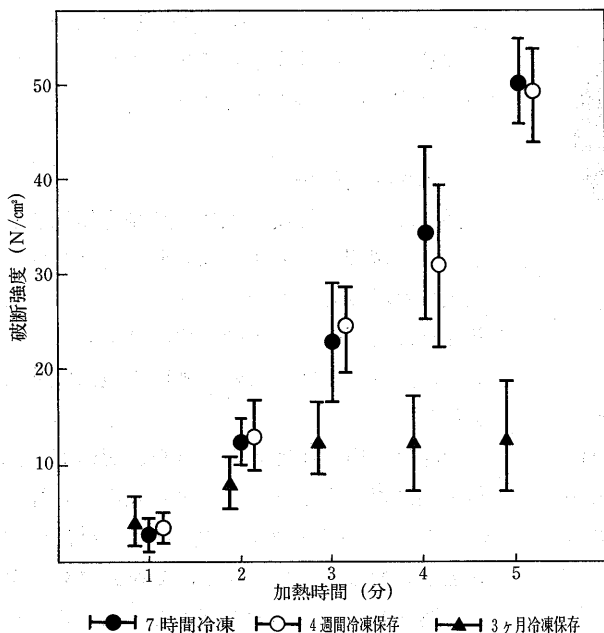


図3 外皮破断強度 (冷凍2mm衣)

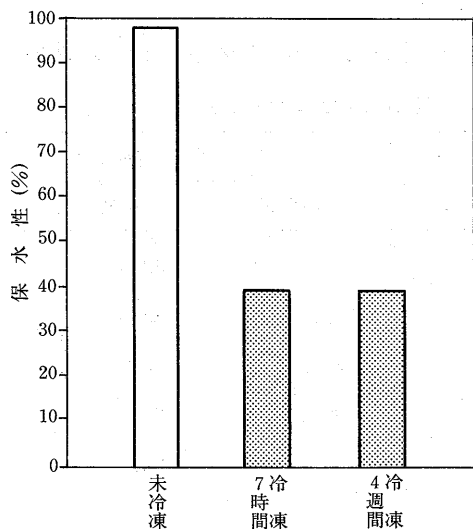


図4 内容物の保水性

時間試料に比べて有意に水分量が減少していたことより、長期冷凍保存は外皮からの水分蒸散が著しいことが本実験結果からも明らかとなった。

一方、内容物の水分含量をみると(表3)、冷凍7時間で $82.8 \pm 0.6\%$ 、6週間で $83.2 \pm 0.4\%$ と保存期間に有意な差は見られなかつ

た。外皮部分のこのような著しい水分減少が外皮の脆性を高める一要因と考えられる。また低温保存により外皮中の澱粉成分の老化も進行すると考えられ、これらが外皮強度の弱化につながったものと思われる。

内容物の保水性をみた結果では(図3)、7時間と4週間との冷凍保存期間に有意な差はみられなかった。いずれも未冷凍の室温試料では⁸⁾98%あった保水力が39%程度にまで低下していた。長期冷凍保存することで内容物においては主として澱粉の老化と組織の損傷が起こり、これが保水性の低下につながったものと推察された。そこで加熱中解凍された内容物から遊離してきた水が外皮境界部に溜まり易いことが考えられた⁸⁾。

本報でも外皮の劣化と境界部の水の存在が1及び2mm衣の表層部破裂につながったものと考えた。しかし、1mm衣の場合は衣が薄いために早く強固な外皮ができあがり、破裂穴が大きくならないうで可食コロッケになったものと思われる。

3mm衣は皮が厚いために2mm衣よりは破裂の程度が少なかったが、やはり長期冷凍保存で表面の水分が蒸散し外皮が一層脆くなっているため、内容物の小さな圧力でも容易に亀裂が生じ破裂したものと考えた。

3. 外皮の顕微鏡観察

冷凍保存中に起きた外皮の変化をミクロ的に把握するために、揚げ加熱した試料からランダムに採取した外皮を走査型電子顕微鏡により観察した。

図5は冷凍外皮と未冷凍外皮の内側部分である。未冷凍試料では、剝離した外皮に内容物が付着している様子が観察されたが、冷凍すると澱粉の老化のため内容物の外皮への付

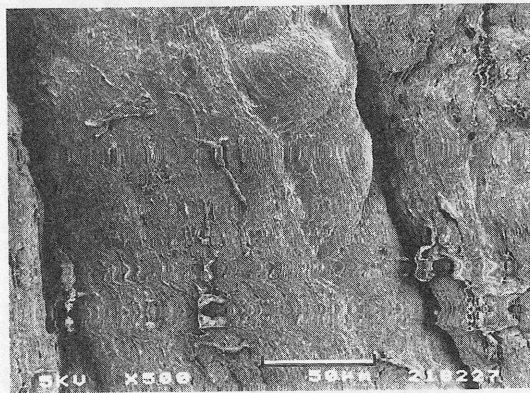
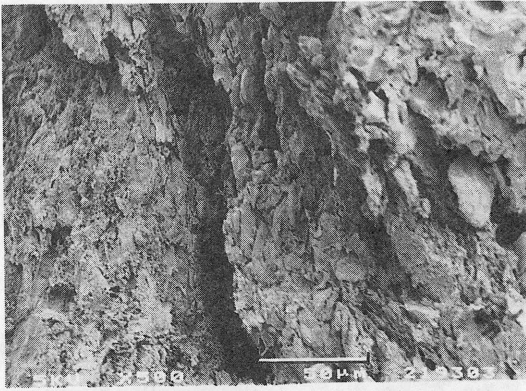


図5 外皮内側表面の電子顕微鏡写真
〔上…未冷凍, 下…冷凍〕

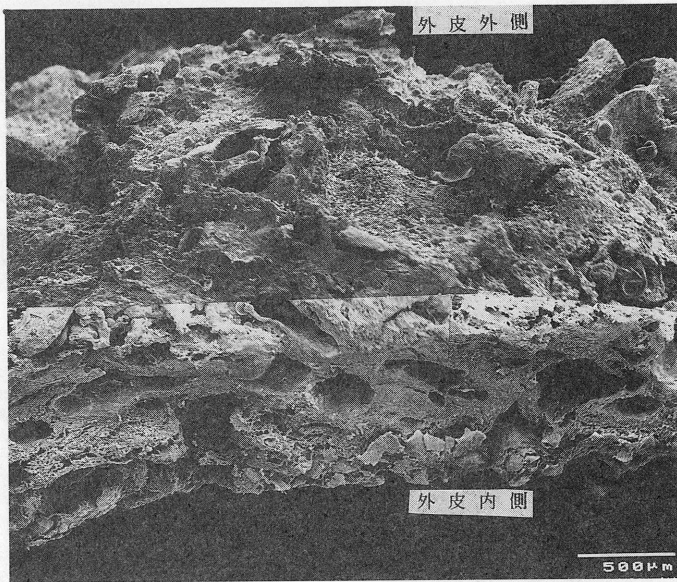


図6 外皮断面の走査型電子顕微鏡写真
— 3ヶ月冷凍保存コロッケ —

着力が弱くなり、内側は滑らかである様子が観察された。このことは、前報⁸⁾と同様な結果となった。

図6は2mm衣コロッケを3ヶ月間貯蔵した外皮断面の一部である。前報⁸⁾で冷凍外皮は未冷凍外皮に比べて組織がポーラスな部分が多いことを報告したが、今回の観察では冷凍保存期間による明瞭な差は判別できなかった。

IV 要約

冷凍処理はコロッケの破裂抑制に効果があり、特に薄衣においては100%可食コロッケとした³⁾。本報では長期間の冷凍保存が破裂に及ぼす影響をみた。

内部温度が -20°C になるまでに要する7時間冷凍処理したコロッケを対照とし、4週間(1ヶ月)、6週間、8週間(2ヶ月)、10週間および3ヶ月間冷凍保存したコロッケの破裂の状況および外皮の性状を調べた。

1) 長期冷凍保存は破裂を増加させた。しかし、外皮1mmの薄衣の場合では、表層部破裂の程度が小さく、4週間保存でも100%可食コロッケとなった。

2) 外皮は長期冷凍保存することで、水分の蒸散が著しいために、脆性を強め、強度の弱化をまねくものと推察した。

3) 長期冷凍保存では澱粉の老化と細胞損傷が起こることが推察され、これが内容物の保水性低下の一要因と考えた。

4) 揚げ加熱した外皮の顕微鏡

観察から、冷凍保存試料は外皮組織がポーラスであり、外皮と内容物間の付着力が弱くなっていることが認められた。

〈引用文献〉

- 1) 食品産業統計年報，平成3年版：食品産業センター編，P73—74（1991）
- 2) 藤井淑子，金谷昭子，田中美幸：神戸女子大学紀要，**18**，31（1985）
- 3) 長尾慶子，畑江敬子，島田淳子：家政誌，**42**，523（1991）
- 4) 長尾慶子，畑江敬子，島田淳子：家政誌，**40**，373（1988）
- 5) 長尾慶子：文教大学女子短期大学部研究紀要，**34**，15（1990）
- 6) 長尾慶子，加藤由美子，畑江敬子，島田淳子：家政誌，**39**，677（1988）
- 7) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会編：食品分析法，10（1982）
- 8) 長尾慶子，杉山智美，畑江敬子，島田淳子：家政誌，**42**，1059（1991）
- 9) 山田耕二監修：要説冷凍食品，建帛社（1979）