

冷凍厚衣コロッケにおける破裂の抑制

長尾慶子

I 緒言

著者等はこれまでに、室温調製コロッケの外皮厚さが1mmの薄衣コロッケと2および3mmの厚衣コロッケの破裂の様相を観察し、破裂の機構を推定した¹⁾²⁾。

すなわち薄衣コロッケの破裂は、外皮表面に部分的にピンホール状の穴があき内容物が飛び出る表層部破裂であり、外皮境界部の温度を飽和蒸気圧に換算した値(a)が外皮強度の圧力換算値(b)よりも大きくなった時($a > b$ の時)に破裂が起きることを実証した。

一方、厚衣コロッケの破裂は、縦に亀裂が入り内容物が飛び出る全体破裂であり、加熱による内容物の膨張量(c)が外皮の伸び率より算出した外皮の推定限界体積膨張量(d)を上回った時($c > d$ の時)に起きることを認め、加熱による内容物の膨張圧が外皮強度を上回った時に円周応力が働いて縦に破裂したと推定した。

さらに薄衣コロッケについて破裂抑制方法を検討し、水分量の多い内容物の回りに水分量の少ない内容物をまぶしてから外皮をつけることで、嗜好的に好まれる状態で破裂を抑制する方法を見いだした¹⁾。厚衣の場合は外皮の厚さを4mm程度にすると破裂は抑制出来たが²⁾、外皮が厚すぎると嗜好的に劣るものとなる。そこで室温で調製した揚げる前のコロッケを5℃以下の低温にすれば、外皮境界部の蒸気圧も高まらず、また内容物の膨張量も少なくなって破裂が抑制できると考えた。そこで冷凍・冷蔵保蔵したコロッケについて、破裂の様相および抑制方法を検討した³⁾⁴⁾。そ

の結果、薄衣(1mm)コロッケでは、冷蔵または冷凍により試料の加熱前温度を下げることで揚げ加熱中の破裂の抑制に効果があった³⁾。冷凍した厚衣(2mmおよび3mm)コロッケでは約50%の可食率(表1, 註4参照)となり、破裂の種類は2mm衣では室温調製コロッケの全体破裂に代わり表層部破裂となり、3mm衣では全体破裂のままであった。また外皮および内容物の物性が変化し⁴⁾、室温とは異なる破裂の機構が考えられた。

そこで、冷凍厚衣コロッケの破裂の機構を次のように推定した。すなわち、2mm衣では部分的に薄い場所が早く加熱され、皮下の遊離水が境界部に溜まり易いこととあいまって、その部分の飽和蒸気圧が高まり、脆弱な外皮強度に打ち勝って表層部破裂になること、一方3mm衣の厚さになると、外皮が厚いために加熱初期の表層部破裂は防げるが、加熱後期になると内容物の膨張による圧力に外皮が耐えられず、少ない膨張量でも全体破裂を起こすと推定した⁴⁾。

本報では、この冷凍厚衣コロッケの破裂の機構に基づいて破裂の抑制方法を検索し、推定した機構が適当であるかどうかを検討した。

II 試料の調製及び実験方法

1. 材料 ポテトコロッケの材料および揚げ油は前報^{1)~4)}と同様、小麦粉(薄力粉, フラワー, 日清製粉), 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）とした。

小麦粉バターおよび外皮境界部に加える食品添加物として、澱粉と結晶セルロースの混合物（セキセルDP，旭化成），キサントガム（サンソフト，太陽化学），部分アルファ化澱粉（PCS-FC50，旭化成），粉ゼラチン（宮城化学）および乾燥マッシュポテトを用いた。

2. コロッケの調製方法 前報³⁾⁴⁾同様，乾燥マッシュポテトに5倍量の湯を加えた内容物に35%の小麦粉バター（小麦粉35g+水65g）およびパン粉を交互につけて外皮の厚さ2mmおよび3mmのコロッケを作り，これを対照試料とした。試料コロッケは以下のように目的に応じて2種類調製した。

1) 外皮に展延性を付与

キサントガムを小麦粉重量の0.03，0.05および0.1%添加した粉と，部分アルファ化澱粉を5%添加した粉を用いて35%バターを調製した。

2) 外皮境界部に保水性を付与

成形した内容物の回りに澱粉・結晶セルロース，乾燥マッシュポテト，粉ゼラチンおよび部分アルファ化澱粉をそれぞれまぶした後に，前報³⁾⁴⁾同様バターおよびパン粉の衣をつけた。

なお1) 2) 共，内容物と外皮との境界が区別しやすくように内容物調製時の乾燥マッシュポテトに加える湯に食用色素を入れ着色させた。

以上の試料コロッケを内容物温度が -20°C になるまで $-20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ の冷凍室に7時間保蔵後， 180°C の油温で5.5分揚げ加熱した。

3. 測定項目

1) コロッケの破裂の種類および破裂の程度

表層部破裂または全体破裂の有無，および表層部破裂における可食の可否を前報同様^{1)~3)}評価した。

2) コロッケ外皮強度および伸び率

揚げ加熱したコロッケから外皮のみを剝離

し，前報同様^{1)~4)}に引張強度および伸び率をネオカードメーターで測定した。

3) 外皮の走査型電子顕微鏡観察

走査型電子顕微鏡（日本電子，JSM-T220型）により前報同様⁴⁾⁵⁾外皮断面を観察した。

III 実験結果および考察

1. 添加物を加えた衣で調製したコロッケの破裂の種類および破裂の程度

1) 2mm衣の境界部に添加

前報⁴⁾において，冷凍処理により，外皮が脆性を呈し外皮の強度が低下していること，および外皮の厚さが不均一で部分的に薄くなること，また内容物については保水性が低下していることを認めた。これらから，厚さ2mm衣の冷凍コロッケにおいては，外皮のより薄い部分から熱が早く伝わり，その部分の蒸気圧が他よりも早く高まり，表層部破裂を引き起こすと推定した⁴⁾。また外皮境界部には，加熱解凍されて内容物より出て来た水が，内容物に保水されずに存在しており，飽和蒸気圧の発生ししやすい環境になっていると考えられた⁴⁾。そこで保水性のある物質を内容物の周りにまぶし，これに内容物より浸出した水分を吸収させれば揚げ加熱中の破裂を抑制できると考え，成形した内容物に乾燥マッシュポテト，澱粉・結晶セルロース混合物等をまぶしつけ，直ちに対照試料と同様に衣をつけて2mm衣コロッケを調製し，7時間冷凍保蔵した後揚げ加熱し，破裂の様相を評価した（表1）。その結果，乾燥マッシュポテトおよび澱粉・結晶セルロース混合物（セキセル）を加えると，加熱初期の表層部破裂を90%抑制出来たことより，内容物から遊離してきた水を保水したと考えた。しかし加熱過程の後期になると全体破裂となった。

② 3mm衣の外皮に添加

冷凍3mm衣の破裂は，2mm衣よりは皮が厚

いために、外皮境界部の飽和蒸気圧が高まらずに加熱初期の表層部破裂は押さえられたが、室温試料に比べて少ない内容物の膨張圧に耐えられずに全体破裂となった⁴⁾と推定した。

そこで脆性となっている皮に展延性を持たせて強度を強めれば、破裂は抑制出来ると考え、増粘剤のキサンタンガムをバターに添加してみた(表1)ところ、小麦粉の0.03~0.1%の微量添加のものに破裂抑制効果が認めら

れた。キサンタンガムを添加した試料は全体破裂が抑制され、可食コロッケを増加させた。

外皮の厚さ(mm)は、無添加試料のものが 2.9 ± 0.1 、キサンタンガム0.03%添加試料が 2.9 ± 0.3 、同0.05%が 3.0 ± 0.4 、同0.1%が 3.4 ± 0.4 (いずれもn=20の結果)であり、キサンタンガムの添加量が多くなるにつれ若干厚くなった。

3) 2mm衣の外皮と境界部に添加

表1 添加物を加えたコロッケの破裂の状況

試料	添加物	添加場所 及び 添加量(%) ¹⁾	破裂の種類(%)			可食率 ⁴⁾ (%)
			破裂なし	表層部 ²⁾	全体 ³⁾	
2mm衣	なし		30	70	—	55
	澱粉・結晶セルロース (セキセルDP)	外皮境界部	—	10	90	10
	乾燥マッシュポテト	〃	10	10	80	10
	部分アルファ化澱粉	〃	—	50	50	30
	粉ゼラチン	〃	30	40	30	40
	乾燥マッシュポテト +キサンタンガム	外皮境界部 +外皮(0.05) ¹⁾	40	10	50	40
		〃(0.03)	50	10	40	50
	澱粉・結晶セルロース +キサンタンガム	外皮境界部 +外皮(0.05)	50	—	50	50
		〃(0.03)	—	—	100	0
	3mm衣	なし		45	—	55
キサンタンガム		外皮(0.1) ¹⁾	85	15	0	100
		〃(0.05)	95	5	0	95
		〃(0.03)	80	10	10	80

1) 小麦粉に対する重量(%)である。

2) 外皮表層部に起きるピンホール状破裂

3) 長径方向に大きく裂ける破裂

4) 破裂穴の長径と短径の総和が0.5cm以下のコロッケ(可食コロッケ)の出現率

外皮境界部に添加することで、表層部破裂は抑制できたが加熱後期に全体破裂を起こした、マッシュポテトおよび澱粉・結晶セルロース混合物（セキセル）をそれぞれ外皮境界部にまぶし、併せて外皮に展延性を持たせ強度を高めて全体破裂を抑える目的で、3mm衣に効果のあったキサントランガムを加えたバッ

ターで試料コロッセを調製し、破裂抑制効果を見た（表1）が、可食コロッセを増やすことは出来なかった。

2. 添加物を加えた外皮の物性変化

外皮の引張試験から伸び率を測定した。

図1は冷凍3mm衣外皮にキサントランガムを0.03および0.05%添加した場合の結果である

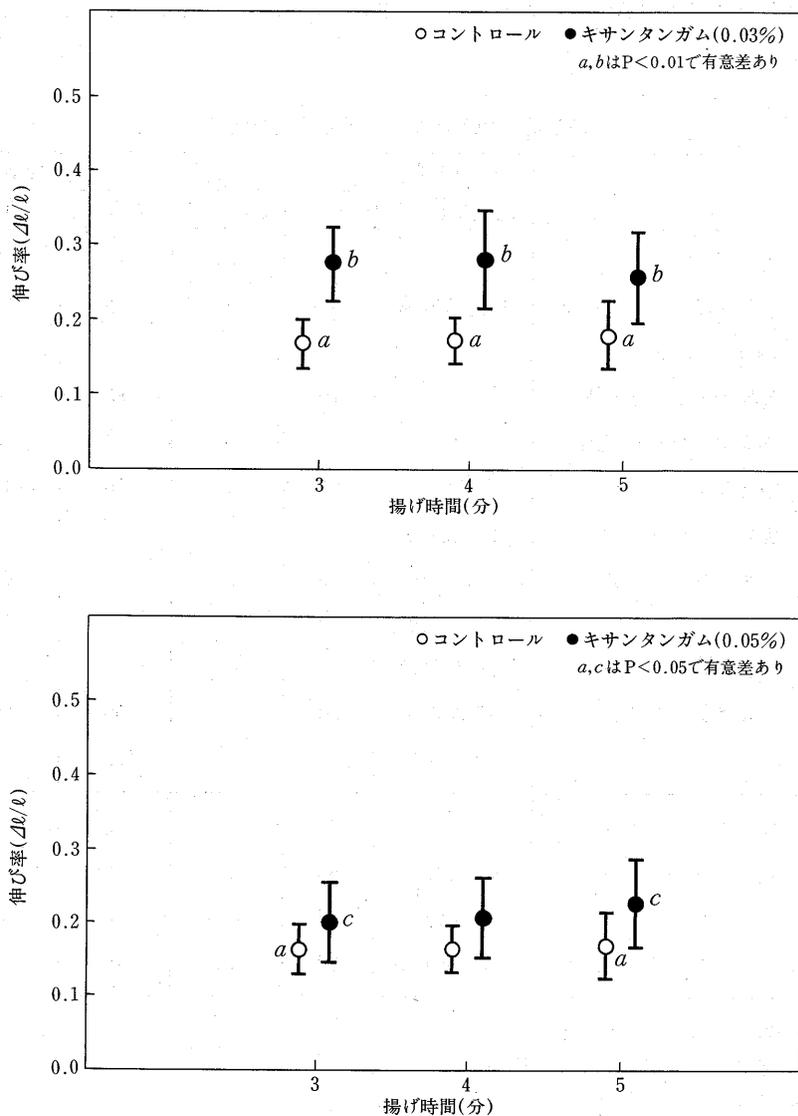


図1 冷凍3mm衣外皮の伸び率

が、無添加対照試料（コントロール試料）の引張強度に比べて、キサントタンガムを添加した外皮の方が伸び率が大きかった。2 mm衣の場合も（図2）、キサントタンガム添加試料の伸び率は大きかった。

無添加冷凍試料では、塑性変形が少なくすぐ破断に至る性質、すなわち脆性を示すことが認められたが⁴⁾、これらの実験結果から、キサントタンガムを添加することで展延性が増していることが明らかとなった。次に引張強度

試験結果をみると、3 mm衣においては（図3）、キサントタンガム添加外皮の方が明らかに強度が大であった。しかし、2 mm衣の引張強度試験では、添加することによる明らかな差は出なかった。このことより、2 mm程度の厚さでは外皮強度を高めるのに限度があり、破裂抑制効果はないと判断した。

3. 外皮の組織観察結果

図4は外皮断面を走査型電子顕微鏡により観察したものである。冷凍無添加外皮のほうは、組織がポーラスであり外皮厚さも不均一で薄くなっており、一方キサントタンガムを添加した外皮は、組織が密であり厚さもあることが観察された。

以上の結果より、冷凍厚衣コロケの破裂を抑制するためには、外皮は3 mm程度の厚さが必要であり、冷凍後脆性となった外皮に、展延性を持たせ強度を

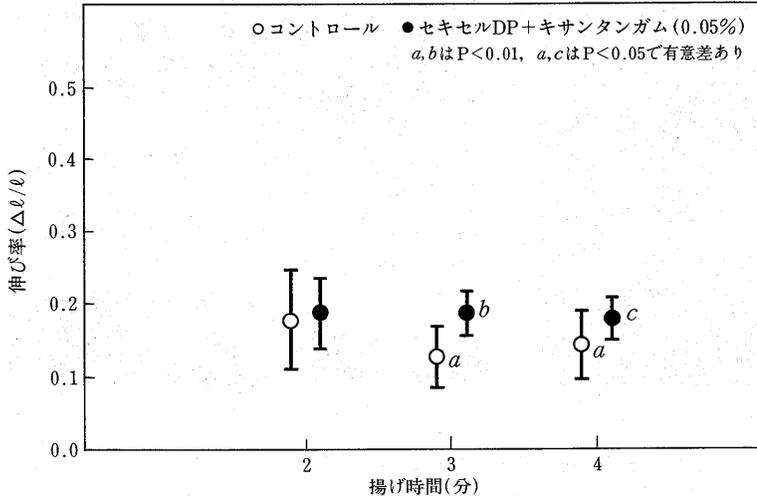


図2 冷凍2 mm衣外皮の伸び率

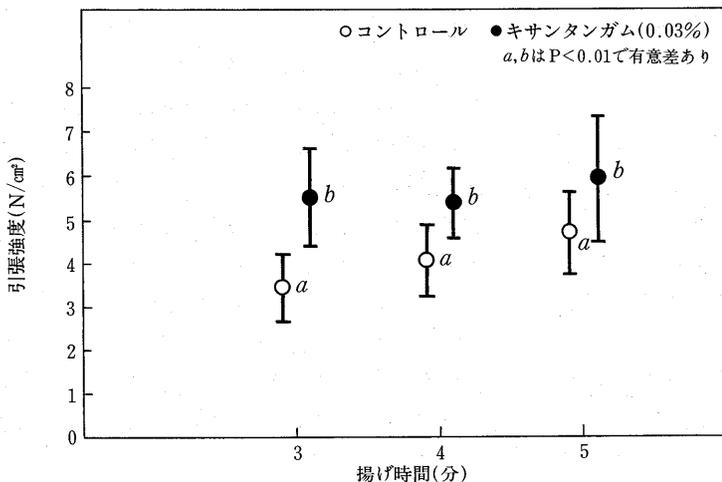
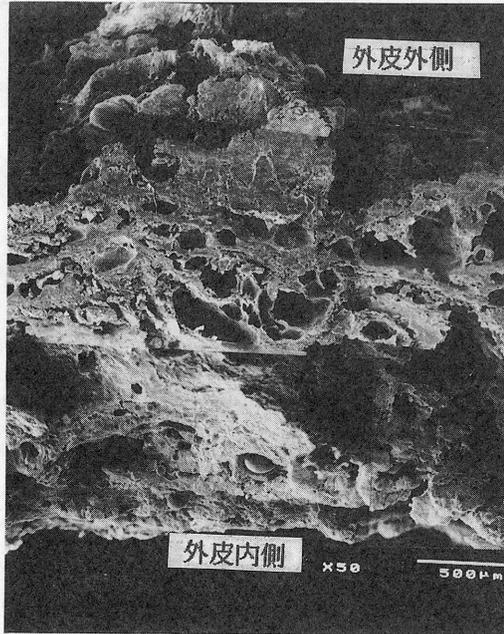


図3 冷凍3 mm衣外皮の引張強度



冷凍無添加試料



冷凍キサンタンガム試料

図4 外皮断面の走査型電子顕微鏡写真
(3mm衣, スケールは500 μ m)

強める物質を添加することで破裂抑制に効果があることが示唆された。

IV 要約

冷凍処理コロッケの破裂の機構は室温試料の場合と異なることが示された³⁾。

本報は、特に2および3mmの厚衣試料について前報⁴⁾で推定した破裂の機構を裏付けるために、その抑制方法を検討した結果、以下の結論を得た。

1) 2mm衣では、加熱解凍中に内容物から外皮境界部に浸出してくる水を吸収させるために保水力のある物質、ここでは乾燥マッシュポテトや澱粉・結晶セルロース混合物(セキセル)を内容物の周りにまぶしたコロッケを調製したところ、飽和蒸気圧が原因の、加熱過程の初期に起こる表層部破裂は抑制され、

推定した冷凍2mm衣の表層部破裂の機構⁴⁾が正しいことが裏付けられた。しかし、外皮が内容物の膨張による内部圧に耐える程の強度にならず、加熱後期に全体破裂した。

2) 3mm衣では皮が厚いために、外皮境界部が蒸気圧を高めるほどの高温にならず、表層部破裂は防げたが、外皮が脆性で弱いため、加熱後期に内容物の膨張圧に耐えられず全体破裂になった、と推定した⁴⁾。この推定機構を裏付けるために、外皮に展延性のある物質、キサンタンガムを添加した結果、外皮組織が密になり、引張試験による伸び率も増し、外皮強度も大となり、その結果全体破裂が抑制された。

終りに、本実験を行うにあたりご協力戴いた大口未菜子さん、並びに懇切にご指導下さいましたお茶の水女子大学の島田淳子教授、畑江敬子助教授に厚くお礼申し上げます。

<引用文献>

- 1) 長尾慶子, 加藤由美子, 畑江敬子, 島田淳子: 家政誌, **39**, 677 (1988)
- 2) 長尾慶子, 畑江敬子, 島田淳子: 家政誌, **40**, 373 (1989)
- 3) 長尾慶子, 畑江敬子, 島田淳子: 家政誌, **42**, 523 (1991)
- 4) 長尾慶子, 杉山智美, 畑江敬子, 島田淳子: 家政誌, **42**, 1059 (1991)
- 5) 長尾慶子: 文教大学女子短期大学部研究紀要, **35**, 83 (1991)