

## 力学的物理特性による 冷凍コロケの食感評価

梅田智里, 中野敦博, 柿本雅史

Instrumental Evaluation of the Mouthfeel of Deep-Fried Frozen Croquettes in terms of Mechanical Properties

Chisato Umeda, Atsuhiko Nakano  
and Masashi Kakimoto

Crispness is one of the most important mouthfeel attributes of deep-fried frozen croquettes. Usually, mouthfeel is evaluated by means of sensory evaluation. This study examined a method to evaluate crispness mechanically by creep meter. The deformation ratio at rupture point and the score of differential data obtained from a rupture test performed using a wedge-shaped plunger reflected the crispness of croquette determined by sensory evaluation scores. This method can monitor the deterioration of crispness over time after frying and the potential applications of this evaluation method cover the area of product development and quality control in the frozen food industry.

食品のおいしさには味やにおいに加えて食感が大きな影響を与えている。日本語には食感を表す語彙が他言語に比べて特に多様であることから、日本の食文化における食感の重要性が窺える<sup>1)</sup>。また、近年の「もちもち」とした食品の流行や、「おいしい」を感じる言葉のランキング<sup>2)</sup>にも食感が消費者に対して高い訴求力を持つことが表れている。

加工食品の製品開発では、食感は官能的に評価されることが多い。フライ食品の場合、「サク味（サクサク感）」は消費者に対して高い訴求力を持つ特徴的な食感である。サク味をもたらす構造としては、薄い膜と細かい空隙をもったパン粉の重なり構造とその内側で具材を包むバター層の2つがある。これらを咀嚼すると、外側のパン粉の微細構造の破壊による繊細なサクサクとした食感と、バター層の脆く歯切れのよいサクッとした食感からなるフライ食品のサク味が感じられる。サク味を与

える構造と化学的性質は油ちょうによる脱水とガラス化によって形成されるが<sup>3)</sup>、具材から衣層（バター層およびパン粉）への水分の移行によってサク味は経時的に低下する。

フライ食品の製品開発においては油ちょう直後と時間をおいた製品の官能評価が必要となる。経時的な官能評価はパネルへの負担が大きく、試験精度の維持が難しい場合もあることから、これを補完する客観的評価技術が求められている。

本研究では、馬鈴しょ加工品である冷凍コロケをフライ食品の食感評価のモデルとして、サク味に關与する力学的物理特性の抽出を試み、これらを用いた食感の客観的評価法を検討した。

### 実験方法

#### 1. 物性測定条件の検討

冷凍コロケの食感評価のための代替特性として破断試験から得られる力学的物理特性値（以下、物性値）を用いることとし、測定条件および評価項目を検討した。

物性値の測定はクリープメーター（RE2-33005S, 株式会社山電）を用いて行った。測定条件はくさび型プランジャー P-64（W10mm, 先端幅 1 mm）または円柱型プランジャー P-5（φ 5 mm）を用い、速度 1 mm/sec, 圧縮率 80%として、得られた破断曲線およびその微分曲線を解析した。

測定条件の検討および官能評価との比較では試料に市販の冷凍コロケを用いた。冷凍コロケを業務用の電気フライヤー（FL-13TB, ホシザキ電機株式会社）を用いて冷凍コロケ製造企業が推奨する調理方法（温度, 時間）で油ちょうし、測定まで常温で保管した。

#### 2. 官能評価

直感的に感じる食感の程度を定量的に評価するため、QDA法（定量的記述分析法）に準じ、サク味をスケール上で評価した。スケールは左端、右端をそれぞれ「サクサク感を全く感じない」、「これ以上ないほどサクサクしている」とした。スコアは10点満点とし、スケールの左端からの距離を数値化した。訓練したパネルによる反復試験を行い、延べ10回の評価結果から平均スコアを算出した。

#### 3. デンプン価の異なる原料を使用した冷凍コロケの試作

冷凍コロケ製造企業に依頼し、じゃがいも主体の冷凍コロケ（プレーン味）を試作した。じゃがいも「スノーマーチ」を各種濃度に調整した食塩水を用いて比

事業名：戦略研究

課題名：北海道の総合力を活かした付加価値向上による食産業活性化の推進

(2)加工適性や機能性に優れた農産物の選別技術の確立と高付加価値食品の製品化

②道産馬鈴しょを用いた高品質な加工食品の開発

重分別し、ライマン価 14.0～16.4（低デンプン価）および 16.4～19.3（高デンプン価）に分け、それぞれを用いて冷凍コロッケを調製した（保管温度－25℃）。これらを前述の電気フライヤーを用いて 180℃で 6 分間油ちょうし、物性測定に供した。

#### 4. 統計解析

破断試験によって得られた物性値の測定結果および官能評価の点数について各種統計解析を行った（エクセル統計 2012, 株式会社統計情報サービス）。

### 実験結果および考察

#### 1. 物性測定条件および評価項目の検討

油ちょう後に時間をおいたフライ食品では、衣層への水分の移行によって衣が吸湿し、サク味が低下することが知られている<sup>4)</sup>。経時的な食感の変化を評価するため、油ちょう 10 分後、120 分後、180 分後、240 分後のサンプルについて物性測定（破断試験）を行った。

##### (1) 破断曲線の解析

くさび型および円柱型のいずれのプランジャーを用いた場合にも破断曲線は歪率 10～20%前後でピークを示し、その後低下した。荷重がピーク（「破断荷重」）に達し、衣層全体が破断した時点の歪率を「破断歪率」、その後下がりがきり（「もろさ荷重」）、荷重がコロッケ生地に移行した点までを「もろさ歪率」とした（図 1）。また、破断曲線はなめからではなく、細かいピークをいくつも有しており、これらは衣層のパン粉の部分破壊によるものと推察されたことから、破断曲線を微分することでこれらの特性を解析した（図 1）。

##### (2) 評価項目

破断曲線の解析値を用い、コロッケのサク味を衣層全体とパン粉に分けて評価を試みた。すなわち、衣層の全体破壊に関わる項目として破断荷重、破断歪率、もろさ荷重、もろさ歪率を、パン粉の破壊に関わる項目として微分曲線の変化の「回数」および「頻度」を検討した。

微分曲線の解析については以下の通りである。

変化の回数：もろさ歪率に達するまでの変化の回数

変化の頻度（回/％）：変化の回数 / （破断歪率 + もろさ歪率）

くさび型（表 1 a）では破断荷重、破断歪率および微分曲線の変化の頻度で、円柱型（表 1 b）では破断荷重、破断歪率、もろさ荷重および微分曲線の変化の頻度で油ちょう後時間の間に有意差が認められた。

破断歪率は油ちょう後の時間経過により大きくなった。これは油ちょう後の食感変化のうち水分移行によ

て衣層の歯切れのよさが低下したことを示すと考えられる。

一方で、破断荷重およびもろさ荷重の経時変化については処理間の傾向が明らかではなかった。異なる市販製品を用いた比較においては、これらの項目はコロッケ生地性状の差異による影響も大きいと考えられ、衣層の食感の評価には適さなかった。

微分曲線の変化の頻度は経時的に低下した。微分曲線の変化の頻度はパン粉の微小な重なり構造の破壊の検出頻度であり、咀嚼時にはサクサクとした繰り返しの刺激による食感に寄与すると考えられる。つまり、この値の低下は油ちょう後に時間がたったコロッケではパン粉の食感を感じにくくなることと一致する。

以上から、衣層の全体破壊の早さ（歯切れの良さ）の指標となる破断歪率、およびパン粉の部分破壊の指標となる微分曲線の変化の頻度の 2 項目がサク味の評価に有効であることが示唆された。

##### (3) プランジャーの比較

サク味に寄与すると考えられた評価項目のうち、破断歪率は円柱型に比べてくさび型では高い値を示した（プランジャーの形状×時間の二元配置分散分析において有意差有り（ $p < 0.01$ ））。細い円柱型の先端はくさび型に比べて負荷が集中する形状であり、衣層を貫きやすいことによると考えられた。

微分曲線の変化の頻度は円柱型とくさび型で値に差はみられなかったが、変化の回数としては円柱型よりくさび型が多かった（プランジャーの形状×時間の二元配置分散分析において有意差有り（ $p < 0.01$ ））。上記の形状的理由から、もろさ歪率はくさび型の方が大きかったことによるもので、パン粉の構造の部分破壊をより多く検出できることを示している。以上から、プランジャー形状はくさび型がより適していると判断した。

### 2. 官能評価との比較

物性評価によって得られる値と官能評価との対応を検討するために、市販の冷凍コロッケを用いて各製品間の比較を行った。4 製品を試料とし、油ちょう 10 分後の評価を行った。うち 2 製品については、油ちょう 180 分後も評価を行い、計 6 点の物性評価および官能評価を実施した。

破断歪率および微分曲線の変化の頻度はそれぞれ官能評価点数と高い相関関係にあった（図 2）。また、破断歪率および微分曲線の変化の頻度を説明変数、官能評価点数を目的変数とした重回帰分析を行ったところ、得られた重回帰式の決定係数（ $R^2$ ）は 0.984 ときわめて高かつ

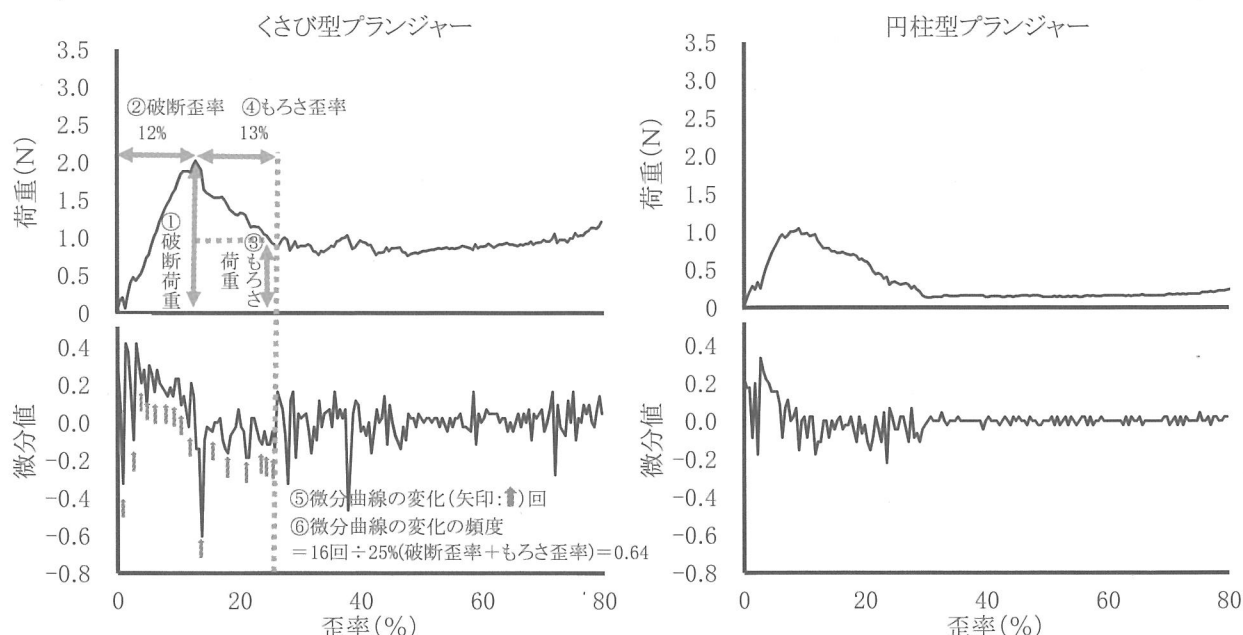


図1 コロケの破断曲線・微分曲線および評価項目

表1 a くさび型プランジャーを用いた物性評価の測定値

油ちょう後経過時間	破断荷重 (x10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> )	破断歪率 (%)	もろさ荷重 (x10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> )	もろさ歪率 (%)	微分曲線の変化の回数	微分曲線の変化の頻度
10分 (n=11)	1.67 ± 0.44 c	13.9 ± 4.7b	0.93 ± 0.46	19.5 ± 8.3	22.9 ± 5.5	0.68 ± 0.06 a
120分 (n=12)	2.16 ± 0.39 b	21.6 ± 4.1a	0.83 ± 0.28	14.0 ± 5.1	22.8 ± 5.4	0.63 ± 0.06ab
180分 (n=12)	2.68 ± 0.39 a	23.8 ± 4.2a	1.14 ± 0.33	16.8 ± 5.8	24.6 ± 5.9	0.60 ± 0.06 b
240分 (n=4)	2.58 ± 0.33ab	23.3 ± 2.3a	0.91 ± 0.32	16.4 ± 6.2	21.5 ± 5.5	0.54 ± 0.09 b

各油ちょう後時間における測定値について多重比較 (Tukey-Kramer) を行った。異符号間に有意差あり (p<0.05)。

表1 b 円柱型プランジャーを用いた物性評価の測定値

油ちょう後経過時間	破断荷重 (x10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> )	破断歪率 (%)	もろさ荷重 (x10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup> )	もろさ歪率 (%)	微分曲線の変化の回数	微分曲線の変化の頻度
10分 (n=11)	1.89 ± 0.34 b	10.7 ± 3.9b	1.43 ± 0.43ab	15.1 ± 4.4	17.8 ± 4.1	0.69 ± 0.08a
120分 (n=12)	2.42 ± 0.68ab	17.0 ± 2.4a	1.76 ± 0.62 a	14.7 ± 4.3	18.5 ± 2.5	0.59 ± 0.07b
180分 (n=12)	2.57 ± 0.51 a	19.9 ± 5.0a	1.76 ± 0.51 a	13.7 ± 4.1	18.9 ± 4.2	0.56 ± 0.10b
240分 (n=4)	1.66 ± 0.40 b	22.6 ± 1.5a	0.85 ± 0.36 b	13.1 ± 5.0	19.0 ± 2.9	0.53 ± 0.05b

各油ちょう後時間における測定値について多重比較 (Tukey-Kramer) を行った。異符号間に有意差あり (p<0.05)。

た。実施点数は6点のみであり、官能評価パネルも限定的であることから、冷凍コロケ全般に適用する予測式として推定することはできないと考えられるが、本評価法は官能評価の傾向と概ね一致し、「破断歪率が小さく」、「微分曲線の変化の頻度が大きなもの」ほどサク味は高いことが示唆された。

### 3. 原料品質 (デンプン価) が異なる冷凍コロケの物性評価

本評価法を製品開発に活用することを想定し、一例として、原料品質の影響を検討した (表2)。微分曲線の変化の頻度に有意差はなかったものの、油ちょう10分

後と180分後の評価値の差は、どちらの原料も表1と概ね同様の傾向を示した。しかしながら、180分後では低デンプン価において、高デンプン価に比べて破断歪率が大きい傾向が見られた。油ちょう後経過時間とデンプン価の交互作用は有意ではなかったが、油ちょう後のコロケ生地水分は低デンプン価で76.2%、高デンプン価で74.2%であり、こうした差がコロケ生地からの水分移行、延いては長時間経過後の食感に影響する可能性も考えられ、今後検討が必要である。

以上から、くさび型プランジャーを使用した破断試験の破断歪率および微分曲線の変化の頻度によって冷凍コ

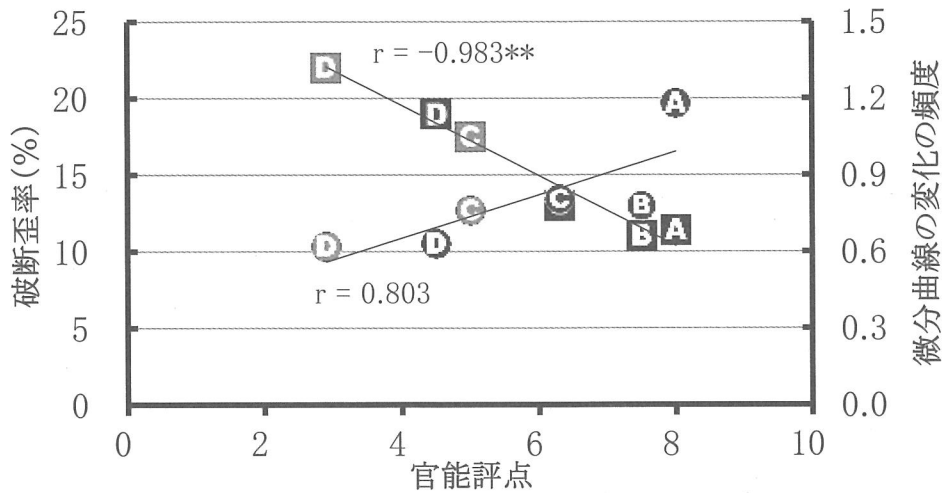


図2 市販品の物性評価および官能評価の比較

■, ●: 破断歪率(%), ●, ●: 微分曲線の変化の頻度の各平均値( $n=10\sim12$ ).  
市販製品の種類別にアルファベットを付した.

黒が油ちょう10分後, グレーが180分後を示す(180分後はC,Dのみ). \*\*:  $p<0.01$ で有意

表2 デンプン価が異なる原料を使用した冷凍コロッケの物性評価

処 理	破断歪率 (%)	微分曲線の変化の頻度
油ちょう10分後		
低デンプン価	11.2 ± 4.3b	0.83 ± 0.10
高デンプン価	11.9 ± 3.3b	0.81 ± 0.12
油ちょう180分後		
低デンプン価	22.8 ± 3.4a	0.77 ± 0.07
高デンプン価	20.1 ± 2.4a	0.77 ± 0.06
各物性項目への効果		
油ちょう後時間	**	n.s.
デンプン価	n.s.	n.s.
交互作用	n.s.	n.s.

各処理水準の  $n=11$  (油ちょう10分後・高デンプン価のみ  $n=12$ ).

全処理, 水準間で多重比較検定 (Tukey-Kramer)を行った.

異符号間に有意差あり ( $p<0.05$ ). 各処理の効果は二元配置分散分析により検定した.

\*\* : 有意な効果あり ( $p<0.01$ ), n.s. : 有意な効果なし

ロッケのサク味(サクサク感)を評価できることが示された. また本評価方法は, 経時変化の把握, 製品間の比較, および製品開発時などの評価に活用可能であると考えられた.

本研究を行うにあたって, 冷凍コロッケの製品試作等にご協力頂いた一般社団法人北海道冷凍食品協会に心から御礼申し上げます.

## 要 約

冷凍コロッケのおいしさにおいてサク味(サクサク感)は重要な特性であるが, この評価はもっぱら官能評価によって行われている. 本研究では, 力学的物理特性によるサク味の評価方法を検討し, くさび型プランジャーを用いた破断試験の破断歪率および微分曲線の変化の頻度がサク味を良好に反映し, 官能評点とも高い関連性を示すことを確認した. 本評価法は油ちょう後の経時変化,

製品間の比較などの品質管理および製品開発へ活用可能である.

## 文 献

- 1) 早川文代, 井奥加奈, 阿久澤さゆり, 齋藤昌義, 西成勝好, 山野善正, 神山かおる, 日本語テクスチャー用語の収集, 日本食品科学工学会誌, **52**, 337-346 (2005).
- 2) 大橋正房+シズル研究会編著, 「おいしい」感覚と言葉 (大橋正房, 東京), pp.16-17 (2010).
- 3) 鈴木徹, フライ調理における食品の状態の変化と油吸収, オレオサイエンス, **9**, 43-49 (2009).
- 4) 古橋敏昭, 北海道栗かぼちゃコロッケの開発, 日本食品工学会第13回(2012年度)年次大会講演要旨集 (日本食品工学会, 東京), pp.25 (2012).

北海道立総合研究機構 食品加工研究センター 研究報告 No.11 2015

---

平成 27 年 12 月 25 日 発行

発行 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 食品加工研究センター  
〒 069-0836 江別市文京台緑町 589 番地 4  
電話 (011) 387-4111  
FAX (011) 387-4664  
URL <http://www.hro.or.jp>

編集 食加研研究報告編集委員会  
田村吉史・柿本雅史・錦織孝史  
川上 誠・太田智樹・熊林義晃

印刷 北海道印刷企画株式会社

---