

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：33604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K02194

研究課題名（和文）加熱調理中の音響モニタリングによる食品の品質評価に関する研究

研究課題名（英文）Research on food quality evaluation by acoustic monitoring during cooking

研究代表者

石原 三妃（Ishihara, Miki）

松本大学・大学院 健康科学研究科・准教授

研究者番号：30290109

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：揚げ物調理の調理中の音変化から揚げあがりの状態を推測した。併せて物性評価、水分量測定、重量変化記録、映像記録、官能評価より、揚げ調理の変化を推測した。冷凍試料では、加熱直後では大きく、その後小さくなった後、変化が小さくなっていく傾向が見られ、映像記録から泡の大きさに変化が観察された。冷凍試料と常温試料では音の変化が異なり、食材による違いはあるものの、加熱直後は音が小さく加熱時間の経過に伴いいずれの周波数でも音は大きくなった。衣の存在がない試料では、水分量と音に相関がみられた。適正な揚げあがりの指標としては音のみでなくそれ以外の因子も含めた複合的な判定が必要なのではないかと推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

揚げすぎや加熱不十分など、わかりにくいとされている揚げ物の適正な揚げ上がりの指標としてさまざまな食材と調理法における加熱調理中の性状変化を、調理音を中心に検討した。調理音と水分量、重量変化、感応評価結果、画像記録を検討することにより、揚げ物調理の調理中の変化を知り、食中毒を防ぐ安全かつ嗜好性の高い料理の提供に寄与する知見を得ることが出来た。

研究成果の概要（英文）：In the deep-fried food cooking, the sound change during cooking was monitored and the state of frying was inferred. At the same time, changes in frying and cooking were inferred from physical property evaluation, water content measurement, weight change recording, video recording, and sensory evaluation. In the frozen sample, there was a tendency for the change to become smaller after becoming larger immediately after heating and then smaller, and a change in the size of the bubbles was observed from the video recording. Although the change in sound was different between the frozen sample and the sample at room temperature, and there were differences depending on the ingredients, the sound was small immediately after heating and the sound became louder at both frequencies with the passage of heating time. It was speculated that a complex judgment that includes not only sound but also other factors is necessary as an indicator of appropriate frying.

研究分野：調理科学

キーワード：揚げ物調理 音 破断試験 水分測定 重量変化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、これまで、調理加工条件が食品の物性に及ぼす影響について研究^{1)~9)}、を行ってきた。併せて、栄養士・管理栄養士対象のアンケート調査を行い、学生時代に学ぶべき料理として、揚げ物調理が挙げられていること^{10)、11)}、学生の作成した献立に、揚げ調理の出現数が少ないことを報告している¹²⁾。しかし、揚げ物は仕上がりのタイミングがつかみ難く安全性に不安がある場合がある。調理場における『衛生管理&調理技術マニュアル』¹³⁾では、かき揚げの加熱不足によるサルモネラ菌の食中毒事例が示されている。鶏肉については、電子レンジ加熱とオープン加熱の物性と食味についての比較¹⁴⁾あるいは真空調理と茹で調理の比較などがされている¹⁰⁾が、揚げ物については、調理中の食品変化についての知見は少ない。研究申請者は調理のレシピ本に記される加熱調理について検討しており揚げ物については、油の温度や加熱時間の記載があるものの、どのような状態になった時が加熱終了か、といったタイミングについてはあまり触れられていないことを調べている¹⁴⁾。調理学分野において、音についての報告は調理後食品の咀嚼破砕音についての検討¹¹⁾が主であり、調理操作中における音の変化についての報告はされていない。しかし近年PCのフリーソフトを利用した音の分析が容易になっていることから、これまで調理操作の分析に用いられなかった音響分析の利用を検討できるようになっている。そこで研究申請者は、調理音のモニタリング及び分析を試み、調理時間の経過により、調理音は変化していくことを確認した業績¹⁴⁾。近年、外食中食の広がりと共に、若年者の調理能力が落ちていることが報告されており¹⁵⁾、新たな調理のコツを示すことは、食育の観点からも重要であると考えられる。以上の事柄を踏まえ、本申請研究は、新たな調理操作の判断基準として“音”に注目し、加熱調理中の食品の変化をとらえようとするものである。

2. 研究の目的

揚げ調理は、調理終了後の食品の性状についての検討はされているが、調理操作中の変化については、油脂劣化の観点から検討されているのみで、食品自体の変化について検討されたものは見当たらない。また、調理と音の関係については調理済み食品の咀嚼音および破砕音を中心に検討されており、調理操作中の音についての報告は見当たらない。本研究は、調理音を調理操作のポイントに置くことで、新たな調理の指標を示すことを試みるものであり、「揚げ調理操作」に関する基礎的知見を得るためにも必要であると考えられる。本申請研究の目的は、調理音による調理終了時の新たな指標を示すことで、安全性、嗜好性が高い料理の提供を可能とする。調理初心者や学生が調理能力を向上させるための知見を得るものである。

3. 研究の方法

1) 試料

試料として、「冷凍フライドポテト シューストリング」(オレアイダ製)(以下冷凍フライドポテトと示す)を用いた。揚げ油は、日清キャノーラ油(日清オイリオ、1000g/本)(以下油と示す)を使用した。その他の生鮮食品試料としてじゃがいも、にんじん、ズッキーニ、豆腐、鶏肉を用いた。からあげの衣は、北海道特産 ホクレン片栗粉(ホクレン、375g/袋)を使用した。天ぷらの衣は、日清コツのいらぬ天ぷら粉揚げ上手(日清製粉Welna、300g/袋)を使用した。フライの衣は、日清薄力粉(日清製粉Welna、500g/袋)、パン粉はフライスター7(フライスター、180g/袋)、卵は森のたまご(イセ食品、10個/パック)を使用した。

2) 揚げ調理

温度調節を油音設定ダイヤルで調節のできるCuisinart 電気フライヤー(形名:CDF-100JBS コンエアージャパン合同会社)を使用した。油の温度は170℃とした。1回に投入する冷凍フライドポテトは、94.0±0.5g(約30本)とする。揚げ時間になったら、すくい網で取り出し直後および3分後に重量を量った。揚げ終わりから5分後から水分測定・破断測定を行なった。

3) 音測定・映像記録

音解析ソフトとして研究前半は「SoundEngine ver. 5.21」を用いた。マイクロホンはPC MIC 高音質 PC 用ボーカルマイクエレクトレットコンデンサーマイクロホン ECM-PCV80U (SONY) (以下、マイクロホンとする。)を使用した。マイクロホンの録音時の落下を懸念し、マイクホルダーをガムテープで補強した。研究の後半では普通騒音計NL-42A (RION 株式会社) (以下、普通騒音計とする)を使用した。三脚にビデオカメラあるいはスマートフォンを取りつけ、フライヤーの中全体を撮れるよう設置した。普通騒音計による結果はRION 波形処理ソフトウェア AS-70により解析した。

4) 破断強度測定

YAMADEN 製の RHEONER II (クリープメーター RE2-33005、サンプル厚さ計 HC2-33005S、コントローラー RE2-33005S) を用いて、破断強度測定を行った。プランジャーとしてくさび型、カッターナイフもしくはディスク型を用いた。

5) 水分測定

測定には赤外線水分計 (Kett の Infrared Moisture Determination Balance FD-610) を用いた。試料の質量は 1.000g 前後とした。

6) 顕微鏡観察

実体顕微鏡 S8AP0 (Leica) により、水抜き前豆腐、水抜き後豆腐の 30 秒ごとの試料の断面を観察した。カプサンチン (パプリカ抽出物) (植物油溶液) (東京化成工業株式会社) で染色した油で揚げ調理を行い断面の観察をした。

7) 官能評価

官能評価パネルは、松本大学健康栄養学科の 19~22 歳男女学生 53 名を対象に行った。評価は、換気をした広い部屋で仕切り板を用いて 2m 以上離れた状態で官能評価を行った。

試料は、鶏むね肉を加熱時間 150 秒、180 秒、210 秒の 3 種類を素揚げ、フライにしたものを用いた。官能評価は、7 点評点法 (-3 ~ +3) を用いて行なった。「かたさ」「噛み応え」「ジューシー感」「飲み込みやすさ」「総合評価」の 5 項目について評価した。評価基準はかたさ (軟らかい-かたい)、噛み応え (ない-ある)、ジューシー感 (ない-ある)、飲み込みやすさ (飲み込みにくい-飲み込みやすい)、総合評価 (好ましくない-好ましい) とした。

4. 研究成果

1) 音量

① 冷凍フライドポテトの音量

音解析ソフト「SoundEngine ver. 5.21」を用いて、音測定を行った。4,000Hz、32,000Hz、192,000Hz 各周波数における音量の変化をグラフに示した。

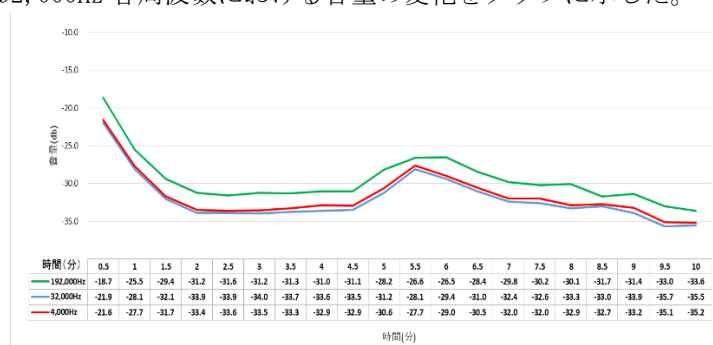


図1 冷凍フライドポテトの最大音量

平均最大音量は、試料投入直後 (30 秒後) では 4,000Hz では -21.6db、32,000Hz では -21.9db、192,000Hz では -18.7db と値が大きいが、その後 2 分時は 4,000Hz では -33.4db、32,000Hz では -33.9db、192,000Hz では -31.2db となり、急激に小さくなった。

② 生鮮食品の音量

野菜、肉、豆腐について、揚げ時間による音量変化を記録した。その結果、加熱当初は音が小さく、次第に大きく、その後再び音が小さくなることか示唆された。食品ごとに、変化の仕方は異なった。

③ 揚げ衣による音の違い

鶏むね肉について、素揚げ、からあげ、フライの調理法による音の違いを普通騒音計を用いて測定、記録した。揚げ調理中の周波数ごとの音量を図 2 に示した。加熱 300 秒間を通して、最大音量である周波数に大きな変化がなかったため、代表して肉の中心まで完全に火が通った加熱 150 秒時点での結果を示した。その結果、衣量の多い天ぷら、フライは、衣がないあるいは粉だけである素揚げ、から揚げより素揚げでは、最大音量は大きかった。素揚げは 30 秒以降徐々に音が小さくなったが、衣がある他の試料は時間の経過に伴い音の大きさが変化した。

(図 3)

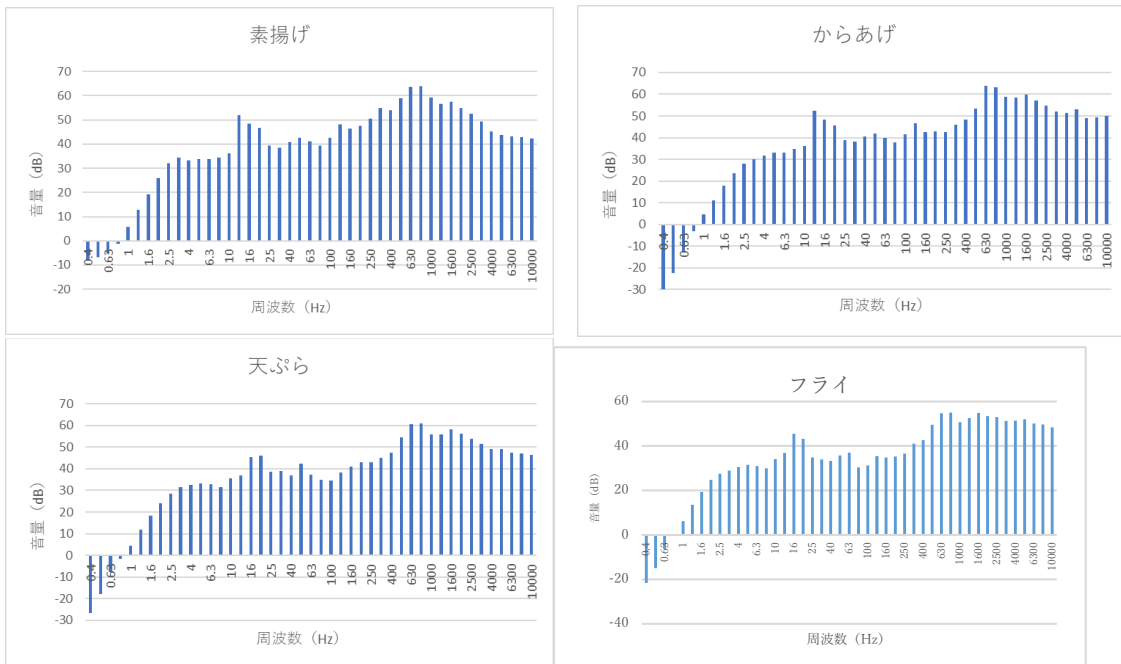


図2 150秒における音量とその周波数

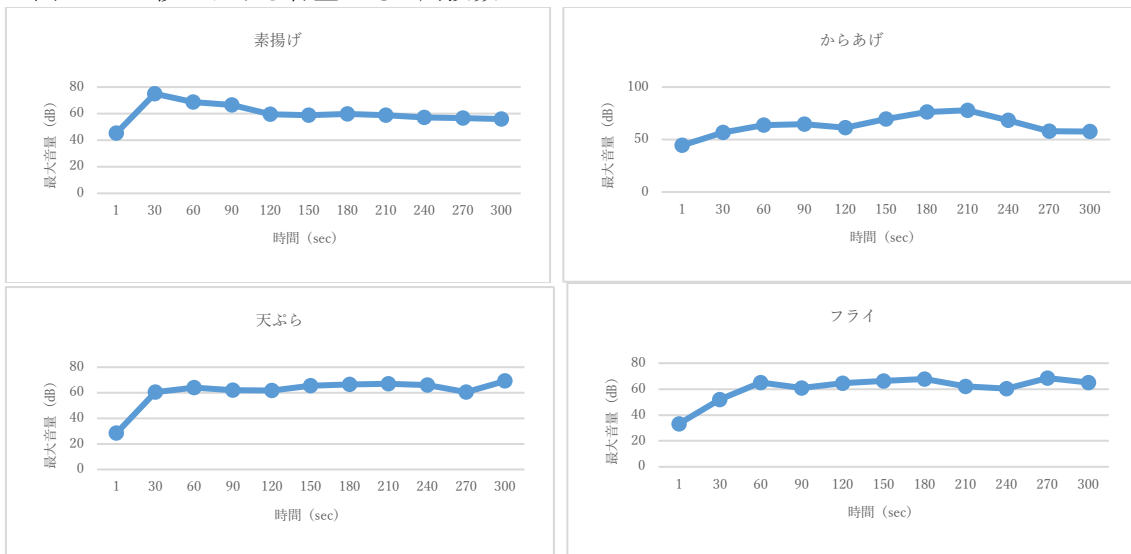


図3 衣揚げ試料の時間経過にともなう最大音量の変化

2) 揚げ加熱中の揚げ鍋の様子



写真1 素揚げ 30秒後 120秒後 300秒後

揚げ加熱中の鍋表面を映像で記録し、代表として素揚げの鍋の様子を示した(写真1) その結果加熱時間が短いほど、泡が多い様子が観察された。また、水分測定の結果、加熱時間の経過に伴

いずれの試料も水分量は減少したが、減少割合は試料や衣の状態によって異なった。衣のない鶏肉の場合水分量が多いほど最大音量は大きかったが、衣がある天ぷらでは、鶏肉の水分量と最大音量には相関は認められなかった(図4)。

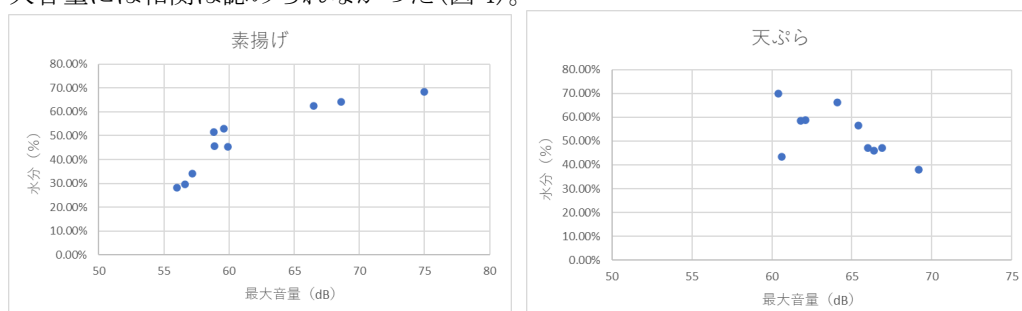
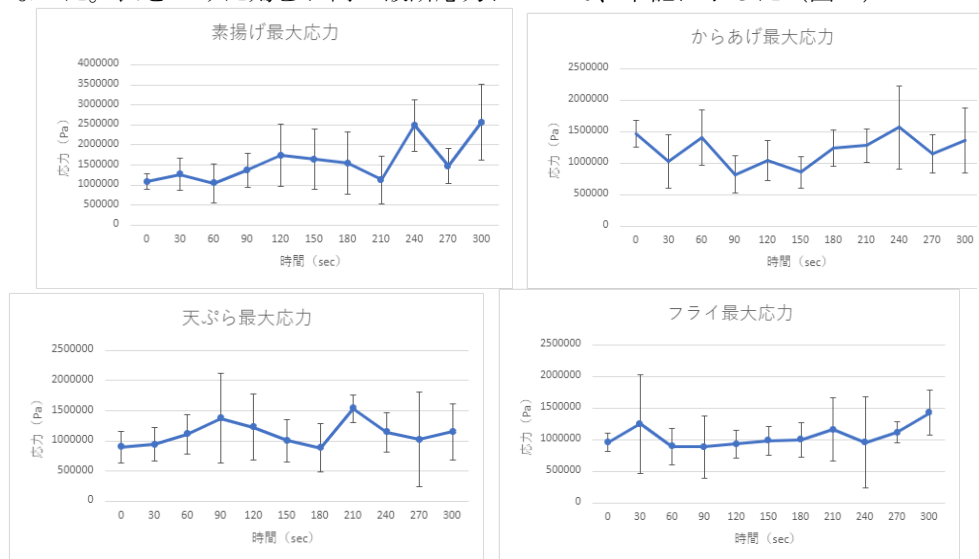


図4 水分と最大音量の関係(左:素揚げ、右:天ぷら)

3) 破断測定

冷凍食品試料は加熱当初の破断応力は高く、加熱に伴い破断応力が小さくなり、加熱時間が長くなると再び高くなった。生鮮食品については食品について加熱時間に伴う破断特性の変化は異なった。衣をつけた鶏むね肉の破断応力について、下記に示した(図5)



素揚げと比較して衣揚げの破断応力の変化は小さく、衣の存在により、試料が硬くなることが防止されていることが示唆された。

図5 加熱時間経過による破断応力

参考文献

- 1) 「冷凍解凍寒天ゲルの性状に及ぼす増粘剤の影響」石原三妃、食科工学会誌 50. 5. p. 218-223 (2003)
- 2) 「ジェランガムゲルの力学特性および官能特性に及ぼすポリデキストロースの影響」石原三妃他、食科工学会誌 49. 2. p. 72-81 (2002)
- 3) 「ジェランガムゲルの官能特性に及ぼす大豆食物繊維の影響」石原三妃他、家政誌 52. 2. p. 53-58 (2001)
- 4) 「トルテイヤの力学特性に及ぼす炭酸カルシウム及び水酸化カルシウムの影響」大塚愛、石原三妃他、食科工学会誌 48. 10. p. 759-767 (2001)
- 5) 「コーンスターチの糊化・老化に及ぼす炭酸カルシウム及び水酸化カルシウムの影響」大塚愛、森高初恵、石原三妃他、食科工学会誌 48. 10. p. 751-758 (2001)
- 6) 「マッシュポテトの硬さと飲み込み特性の関係」石原三妃、渡辺敦子他、家政誌 51. 6. p. 481-487 (2000)
- 7) 「ジェランガムゲルの熱および力学特性に及ぼす大豆食物繊維の影響」石原三妃、森高初恵他、家政誌 51. 1. p. 33-40 (2000)
- 8) "Effects of Gellan Gum, Citric Acid and Sweetener on the Texture of Lemon Jelly" Hatsue Moritaka, Shigehiro Naito, Miki Ishihara, J. Texture studies, 30. 1. p. 29-41 (1999)
- 9) "Effects of Various Ingredients on the Texture of Milk Jelly" Hatsue Moritaka, Shigehiro, Miki Ishihara, 他 J. Texture studies, Vol. 29. 4. p. 387-396 (1998)
- 10) 「鶏肉の真空調理に関する研究(第1報)真空調理と茹で加熱した鶏肉の物性及び食味」西念幸江他 家政誌 54. 867-878 (2003)
- 11) 「音響解析および咀嚼圧力解析によるフライ調理食品のテクスチャー評価」豊島尊他、食工誌 51. 8. 388-394 (2004)
- 12) 「学生の献立作成における種々の要因の影響—栄養価計算が学生の献立作成時の材料選択に及ぼす影響」石原三妃他 松本大学研究紀要第10、1-12 (2014)
- 13) 「衛生管理&調理技術マニュアル」スポーツ・青少年局学校健康教育課学校給食係 (2011)
- 14) 「加熱方法の異なる鶏肉の物性と食味評価」田中佐知他、調科学会誌 43. 5. 306-313 (2010)
- 15) 「中学生の調理技能・技術の実態:1970・80年代と比較して」浅井直美、石井克枝、日本家庭科教育学会大会・例会・セミナー研究発表要旨集 55, 88, (2012)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石原三妃
2. 発表標題 冷凍ポテトの揚げ調理における音響モニタリングの試み
3. 学会等名 第65回日本栄養改善学会学術総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石原三妃
2. 発表標題 揚げ物調理中の変化に及ぼす衣の違い
3. 学会等名 第71回日本栄養改善学会学術総会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------