

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32696

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K14035

研究課題名（和文）真空調理を用いた新規高齢者向け高タンパク質食品の開発

研究課題名（英文）Development of novel high-protein foods for the elderly using sous-vide cooking

研究代表者

土岐田 佳子（TOKITA, Yoshiko）

駒沢女子大学・人間健康学部・講師

研究者番号：10549398

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高齢者向け新規高タンパク質食品の開発を目指し、真空調理により調製した卵加工品の力学特性および嗜好性を明らかにすることを目的とした。卵白に卵黄または全粉乳または豆乳粉を添加したタンパク質混合試料では、添加するタンパク質の種類や濃度を変えることで、咀嚼・嚥下機能レベルに応じた硬さや弾力の異なる卵加工品の調製が可能であることが示された。また、連続相である卵ゲルに形状および配合量を変化させて枝豆を添加することで、様々な物性の卵加工品を調製できることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、高齢者の低栄養予防を目的として、様々な咀嚼・嚥下機能レベルに対応可能な高齢者向け高タンパク質食品を創製し、その力学特性および嗜好性について検討した。研究の成果として、添加するタンパク質の種類や濃度を変えることで、硬さや弾力を調整できることが明らかとなった。さらに、連続相である卵ゲルに形状や添加量を変化させて枝豆を分散させることで、物性の制御が可能となることが示唆された。また、卵加工品の調製において、真空調理は有効な調理法であることが示された。これらの知見は、今後、介護食品の開発や高齢者施設等の特定給食施設において活用できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The aim of the current study was to ascertain the mechanical properties and palatability of egg products prepared using sous-vide cooking in order to develop new high protein foods for the elderly. The protein mixture samples, which consisted of egg white with added egg yolk, or whole milk powder, or soy milk powder, demonstrated that varying the type and concentration of added proteins allowed the preparation of egg products with different levels of hardness and elasticity suitable for different levels of chewing and swallowing functions. Additionally, it was shown that by adding edamame to the continuous phase of egg gel and varying its shape and amount, it is possible to prepare egg products with various physical properties.

研究分野：調理科学

キーワード：真空調理 卵加工品 静的粘弾性 破断特性 テクスチャー特性 官能評価 枝豆

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会であるわが国において、介護予防の必要性はますます高まっており、なかでも高齢者の低栄養予防とその改善は喫緊の課題として挙げられる。高齢者は、活動量の低下や咀嚼・嚥下機能障害などの理由で食事量が減少し、低栄養に陥りやすい。そのため、1回の食事で栄養バランスが取れたものや良質なタンパク質を十分な量摂取できるような栄養密度の高い食事が求められている。

鶏卵はアミノ酸スコア 100 と良質なタンパク質源ではあるが、加熱操作によって硬くなり、特に卵黄部分はパサついて高齢者が飲み込みにくい食品として挙げられている。真空調理法は食材を調味料とともに真空包装し、袋ごと加熱する調理法であり、利点として旨味や風味、水溶性ビタミンの流出を抑制できること、酸化による食品の劣化を緩慢にできることなどが挙げられるが、なかでも保存性が高い点は高齢者施設や配食サービスでの活用が期待できる調理法であると言える。そこで、鶏卵を主材料とした高齢者向けの新規高タンパク質食品について、真空調理法を用いて創製することを考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高齢者の低栄養の予防および改善のため、高齢者向けの新規高タンパク質食品を開発し、その調理特性を明らかにすることである。まず、鶏卵の卵白を主原料とし、卵黄部分を卵黄と同じ水中油滴型エマルションである牛乳および豆乳に置換した卵加工品を真空調理により調製し、力学特性および嗜好性について検討を行った。

さらに、より摂食・嚥下機能レベルに対応可能な高齢者向け食品を開発するため、物性制御の観点から、全卵に副材料として形状を変化させた枝豆を添加した卵加工品を調製し、その力学特性および嗜好性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) タンパク質混合ゲルの調製方法

卵白 84 g に、タンパク質濃度が 5、10、16.5、20% となるように、卵黄または全粉乳または豆乳粉を蒸留水で希釈したものを添加した。卵白と各種タンパク質が十分に混合するよう攪拌し、万能濾し器で濾した卵液を、ガラスリング (内径 30 mm × 高さ 15 mm) を入れた、真空包装用フィルムに 140 g 分注し、真空包装した。対照として、同様に調製した試料液を袋に入れた後、シールのみをした非真空調理試料を同時に調製した。加熱条件は、中心温度 80 で 5 分間一次加熱し、20 まで急速冷却後、75 で 1 分間二次加熱を行った。試料の中心温度が 20 になるまで急速冷却し、ガラスリングから切り出したゲルを測定用試料とした。

(2) 枝豆添加ゲルの調製方法

全卵に、顆粒調味料 (全量の 0.85%) を添加し、バーミックスで 10 秒間攪拌した後、形状を半球体形、1/2 半球体形、みじん切り、ペーストに変化させた枝豆を、配合割合が 0、20、40、60、80、100% となるように添加した。卵液と枝豆が十分に混合するよう攪拌し、ガラスリング (内径 30 mm × 高さ 15 mm) を入れた、真空包装用フィルムに 140 g 分注し、真空包装した。対照として、同様に調製した試料液を袋に入れた後、シールのみをした非真空調理試料を同時に調製した。加熱条件は、中心温度 85 で 5 分間一次加熱し、20 まで急速冷却後、75 で 1 分間二次加熱を行った。試料の中心温度が 20 になるまで急速冷却し、ガラスリングから切り出したゲルを測定用試料とした。

(3) 測定方法

水分含量

タンパク質混合ゲルの水分含量を水分計 (ハロゲン水分計 MB: メトラー・トレド株式会社) を用いて測定した。試料を 105 で加熱し、重量変化率が 1 mg/120sec になるまで継続し、恒量を得た。

色度

タンパク質混合ゲルおよび枝豆添加ゲルの表面の色度を測色色度計 (NR-3000: 日本電色工業株式会社) を用いて、明度 (L^*)、赤度 (a^*)、黄度 (b^*)、白度 (W) を測定し、色相 (b^*/a^*)、彩度 ($\sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$) を算出した。

静的粘弾性

直径 30 mm、高さ 15 mm のタンパク質混合ゲルおよび枝豆添加ゲルをクリープメーター (RE-3305: 株式会社山電) を用いて測定した。4 要素モデルで解析し、フック部の弾性率 (E_H)、ニュートン部の粘性率 (η_N)、ケルビン・フォークト部の粘弾性定数 (EV 、 η_V)、遅延時間 (τ) を算出した。測定条件は 40 mm 円盤形プランジャーを用い、測定時間 5 分、測定温度 20 とした。

破断特性

縦 10 mm、横 30 mm、高さ 15 mm に切り出したタンパク質混合ゲルおよび枝豆添加ゲルをクリープメーター（RE-3305：株式会社山電）を用いて測定し、破断ひずみ、破断応力、破断エネルギー、みかけの弾性率を算出した。測定条件は、くさび形プランジャー（底面積 30×1 mm²）を用い、圧縮速度 1 mm/sec、圧縮度 99%、測定温度 20 とした。また、枝豆添加試料については、直径 30 mm、高さ 15 mm の枝豆添加ゲルを、直径 55 mm 円盤形プランジャーを用いて同様に測定した。

テクスチャー特性

直径 30 mm、高さ 15 mm のタンパク質混合ゲルおよび枝豆添加ゲルをクリープメーター（RE-3305：株式会社山電）を用いて測定し、硬さ、凝集性、付着性、脆さ、ガム性を算出した。測定条件は、直径 8 mm の円柱形プランジャーを用い、圧縮速度 10 mm/sec、クリアランス 5 mm、測定温度 20 とした。

組織観察

タンパク質混合ゲルおよび枝豆添加ゲルを 2.5% Glutaraldehyde-0.1M Phosphate Buffer (pH7.4) に浸漬しタンパク質固定を行った。さらに 1% OsO₄-0.1M Phosphate Buffer (pH7.4) に浸漬しオスミウム固定を行った後、エタノールで段階的に脱水した。脱水後、臨界点乾燥し、イオンスプッターを用いて白金パラジウム蒸着を行った後、走査型電子顕微鏡（SU8220；株式会社日立ハイテクノロジーズ）を用いて組織構造を観察した。観察倍率は、100～1 万倍とした。

官能評価

タンパク質混合ゲルの嗜好性について、真空調理試料と非真空調理試料間、真空調理における試料間について 2 種類の官能評価を実施した。真空調理試料と非真空調理試料間の比較では、各種タンパク質濃度 16.5% の非真空調理試料を基準とし、Scheffé の一対比較法を用いて実施した。真空調理における試料間の比較は、タンパク質濃度 16.5% の卵黄添加試料を基準として、同タンパク質濃度の全粉乳添加試料および豆乳粉添加試料について、採点法を用いた。評価は、-3～+3 の 7 段階尺度とし、パネルは 20～40 代女性 30 名とした。

枝豆添加ゲルの嗜好性についても同様に、2 種類の官能評価を実施した。真空調理試料と非真空調理試料間の比較では、枝豆を 40% 添加した試料について非真空調理試料を基準とし、Scheffé の一対比較法を用いて -3～+3 の 7 段階尺度で評価した。真空調理における試料間の比較は、枝豆を 40% 添加した真空調理試料について、10 段階採点法を用いて実施した。パネルは 20～40 代女性 30 名とした。

4. 研究成果

(1) タンパク質混合ゲル

水分含量

各種タンパク質混合ゲルの水分含量を Fig.1 に示す。タンパク質混合ゲルの水分含量は 60% から 87% の範囲となり、タンパク質の種類を比較すると、タンパク質濃度 5～16.5% では、全粉乳添加試料の水分含量は卵黄添加試料および豆乳粉添加試料に比べ有意に低くなった。全粉乳添加試料のみ水分含量が低値を示した理由としては、全粉乳に含まれるカゼインは高い親和性を持っていることから、水はタンパク質分子と結合し、結合水が増えたと考えられる。真空調理試料と非真空調理試料を比較したところ、調理法の違いはほとんど見られなかった。

色度

タンパク質混合ゲルの色度は、添加するタンパク質の種類を変えることで差がみられ、明度は、全粉乳添加試料が最も高く、次いで卵黄添加試料、豆乳粉添加試料の順であった。黄度と彩度は、卵黄添加試料が最も高値となり、次いで豆乳粉添加試料、全粉乳添加試料となった。白度、色相は、全粉乳添加試料、豆乳粉添加試料、卵黄添加試料の順に高値を示した。

力学特性

静的粘弾性については、フォークト部の弾性率およびフォークト部の粘性率は、卵黄添加試料において、タンパク質濃度の増加に伴い高値を示した。これより、卵黄添加試料はタンパク質濃度の増加に伴い、粘弾性のある卵ゲルとなることが示唆された。この傾向は非真空調理試料において特に顕著に認められた。

破断特性の結果を Fig.2 に示す。破断応力、破断エネルギーのいずれも、卵黄添加試料および全粉乳添加試料はタンパク質濃度の増加に伴い高値となり、また、タンパク質濃度が増加するほど、調理法の影響が顕著にみられ、真空調理試料は非真空調理試料に比べ有意に高値となり、硬くくずれにくいゲルとなった。これに対し、豆乳粉添加試料はタンパク質濃度および調理法の違いに差はみられなかった。以上の結果より、卵黄添加試料および全粉乳添加試料はタンパク質濃度を高くするほど、また真空調理を用いることで、しなやかで弾力のある硬いゲルとなり、豆乳添加試料は、タンパク質濃度および調理法の影響を受けにくく、脆く壊れやすいゲルとなることが明らかとなった。

テクスチャー特性については、硬さは、タンパク質濃度 10%以下では、添加するタンパク質の種類および調理法の違いによる差はみられなかったが、タンパク質濃度が 16.5%以上になると、豆乳粉添加試料は卵黄添加試料および全粉乳添加試料に比べ有意に低値を示した。

組織構造

タンパク質濃度 16.5%におけるタンパク質混合ゲルの組織構造の結果を Fig.3 に示す。全粉乳添加試料の組織構造は凹凸が少なく、密になっている様子が観察された。一方、豆乳粉添加試料では凹凸が多く、粗い組織構造であった。また、豆乳粉添加試料は、オイルボディが観察された。豆乳粉添加試料の破断応力および破断エネルギーが卵黄添加試料や全粉乳添加試料に比べて低値となったのは、オイルボディがタンパク質を主成分とする連続相に分散することで、ネットワーク構造を阻害し強度が弱くなったためと考えられる。

官能評価

各種タンパク質混合ゲルの真空調理試料と非真空調理試料間の官能評価の結果を Fig.4 に示す。分析型評価において、いずれの試料も、真空調理試料は非真空調理試料に比べ、きめが細かくつやがあり、歯切れが良く、なめらかでべたつかず、口中でまとまり、飲み込みやすいと評価された。嗜好型評価では、いずれの試料も、真空調理試料は非真空調理試料に比べ、外観が好ましく、総合的にも好ましいと評価され、新規卵加工品の調製において真空調理は有用であると推察される。

真空調理試料における卵黄添加試料を基準にした際の各種タンパク質混合ゲルの分析型官能評価では、全粉乳添加試料は、卵黄添加試料に比べ、噛み切る時に軟らかく、脆く、歯切れが悪くボソボソしていて、べたつくと評価された。一方、豆乳粉添加試料は、きめが粗く、つやがなく、軟らかくて、脆く、歯切れが悪くべたつき、口中でまとまらず、残留感があると評価された。

(2) 枝豆添加ゲル

色度

枝豆をペーストにして添加したゲルの色度は、枝豆の配合割合を変えることで差がみられた。赤度は、枝豆の配合割合が大きくなるほど高値を示した。これは、枝豆の緑色が濃くなるためと考えられた。

力学特性

まず、枝豆添加ゲルの破断特性を測定する上で、使用するプランジャーの検討を行った。2種類の異なるプランジャーを用いて測定した破断応力の結果を Fig.5 に示す。くさび形プランジャーで測定した結果、枝豆の形状が大きくなるほど高値を示した。一方、55 mm 円盤形プランジャーを用いた測定では、枝豆の形状の違いによる影響はみられず、枝豆の配合割合の増加に伴い低値を示した。このように、連続相であるゲルに不均質な副材料を分散させた試料では、使用するプランジャーによって力学測定値が異なることが明らかとなった。枝豆を添加した卵ゲルの破断特性に関しては、同一の試料間において、応力-ひずみ曲線のばらつきが小さかった 55 mm

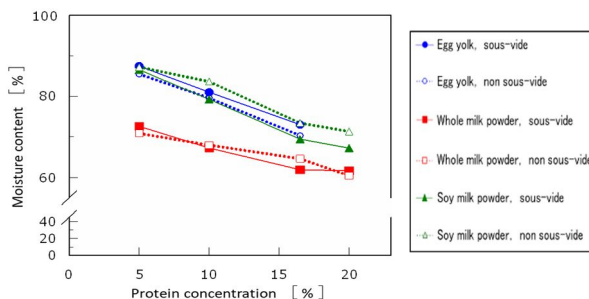


Fig1. タンパク質混合ゲルの水分含量

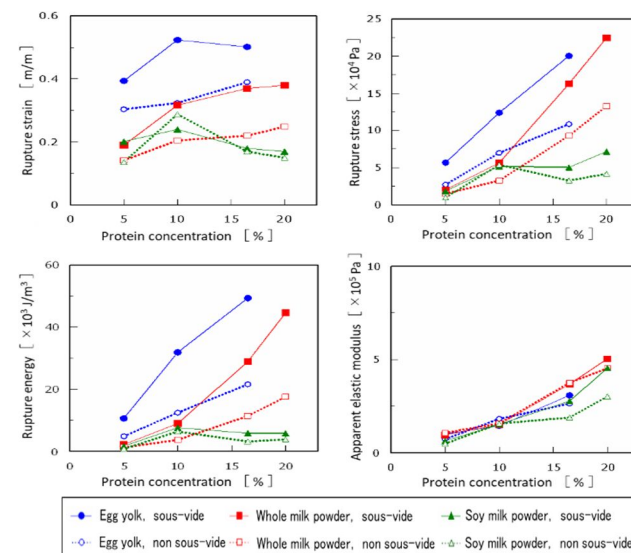


Fig2. タンパク質混合ゲルの破断特性

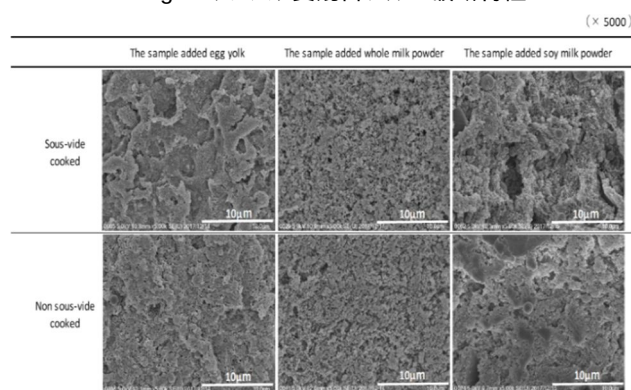


Fig3. タンパク質濃度 16.5%におけるタンパク質混合ゲルの組織構造

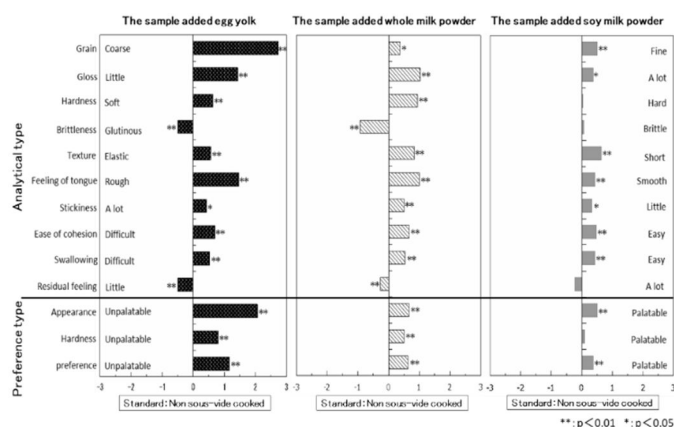


Fig4. タンパク質混合ゲルの真空調理試料と非真空調理試料間の官能評価結果

円盤形プランジャーを用いて測定するのが適していると考えられた。

55 mm 円盤形プランジャーで測定した破断ひずみ、破断エネルギー、みかけの弾性率の結果を Fig.6 に示す。枝豆の形状に関係なく、配合割合の増加に伴い、破断ひずみ、破断エネルギーは低値となり、くずれやすく軟らかいゲルとなることが示された。

テクスチャー特性については、硬さはいずれの形状も枝豆を 20% 添加することで硬くなり、さらに添加量を増やすと、半球体形添加試料、1/2 半球体形添加試料では硬く、ペースト添加試料では軟らかくなる傾向を示した。付着性は、半球体形添加試料、1/2 半球体形添加試料、みじん切り添加試料では、枝豆を 20% 添加すると有意に低値となったが、ペースト添加試料は有意に高値となった。もろさについても、枝豆の形状と添加量に影響を受け、半球体形添加試料および 1/2 半球体形添加試料では、枝豆を 60% 添加すると有意に脆くなった。この傾向は、真空調理試料で顕著にみられた。

組織構造

枝豆を添加していない卵ゲルは滑らかで均一であるのに対し、ペースト状の枝豆を 40% 添加した試料では、滑らかな部分と凹凸部分が混在している様子が観察された。凹凸部分は、枝豆の崩れた細胞壁と考えられ、枝豆を添加することで不均質な内部構造となり、破断特性におけるくずれやすさに影響を与えたと考えられる。

官能評価

枝豆を 40% 添加した真空調理試料と非真空調理試料間の官能評価の結果を Fig.7 に示す。真空調理試料は非真空調理試料に比べ、すだちがなく、口中でまとまり、飲み込みやすく、総合的にも好ましいと評価され、真空調理の有用性が示された。

また、枝豆の形状が嗜好性に与える影響を比較したところ、ペースト添加試料は、他の試料と比べて、べたつき、歯切れが悪いと評価された。官能評価と力学特性値の相関からは、添加する枝豆の形状が大きいほど付着性が小さくべたつきにくく、くずれやすいことが示された。

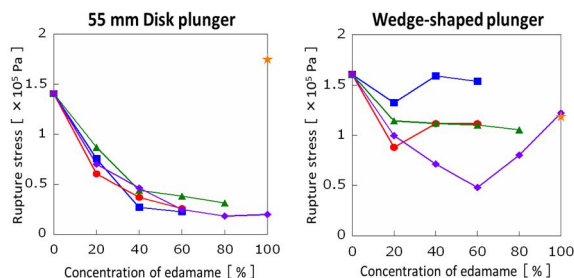


Fig5. プランジャーの形状が破断応力に及ぼす影響 (真空調理試料)

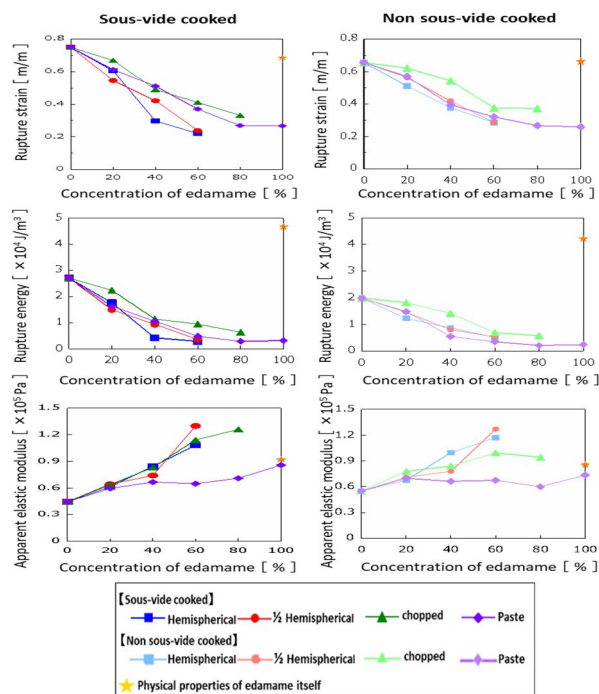


Fig6. 破断特性に及ぼす枝豆添加の影響

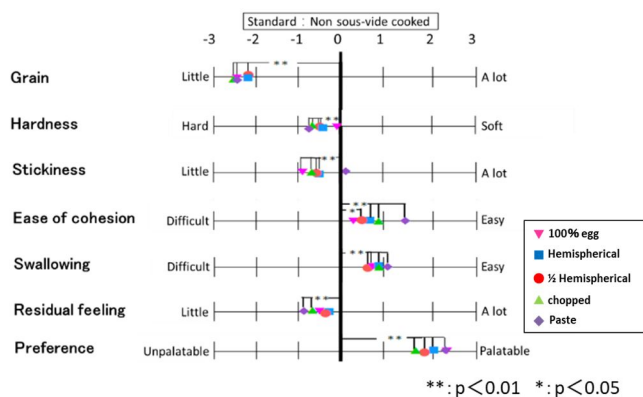


Fig7. 枝豆添加ゲルの真空調理試料と非真空調理試料間の官能評価結果

(3) 総括

タンパク質混合ゲルの静的粘弾性および破断特性の結果より、卵黄添加試料は、最もしなやかで粘弾性のある卵ゲルとなり、豆乳粉添加試料は、脆く壊れやすい卵ゲルになることが明らかとなった。卵黄添加試料および全粉乳添加試料では、真空調理試料は非真空調理試料に比べ、破断ひずみ、破断応力、破断エネルギーが有意に高値となったが、豆乳粉添加試料は、卵黄および全粉乳添加試料と比べ調理法の影響を受けなかった。

また、枝豆添加ゲルの破断特性およびテクスチャー特性の結果より、連続相である卵ゲルにサイズの異なる枝豆の粒子を分散させることで、物性を制御できることが明らかとなり、添加する副材料の形状や添加量を変えることで、様々な物性の卵加工品を調製できることが示された。

力学特性および官能評価の結果から、卵加工品の調製において、真空調理は有効な調理法であることが示され、調理従事者不足が問題となっている高齢者施設や配食サービス等でも活用が可能であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 土岐田佳子、浅尾菜月、岩崎愛美、藤井恵子	4. 巻 28
2. 論文標題 真空調理により調製した新規高齢者用卵加工品の調理特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科	6. 最初と最後の頁 199～209
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 土岐田佳子、野田直緒、半田晶子、小崎智恵、藤井恵子
2. 発表標題 高齢者用食品の物性制御を目的としたゲル粒子分散ゲルのレオロジー特性
3. 学会等名 日本調理科学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土岐田佳子、内野麻耶、深山若菜、藤井恵子
2. 発表標題 高齢者用ゲルのレオロジー特性に及ぼすたんばく質の種類の影響
3. 学会等名 第17回日本給食経営管理学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土岐田佳子、加藤絢、渡部花、藤井恵子
2. 発表標題 真空調理により調製した高齢者用卵加工品における枝豆添加の影響
3. 学会等名 日本調理科学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土岐田佳子、加藤絢、渡部花、藤井恵子
2. 発表標題 真空調理により調製した枝豆ペースト添加卵ゲルの物性と測定条件の検討
3. 学会等名 第68回日本栄養改善学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土岐田佳子、内野麻耶、深山若菜、藤井恵子
2. 発表標題 真空調理により調製した高齢者用卵加工品における調味料添加の影響
3. 学会等名 第16回日本給食経営管理学会学術総会
4. 発表年 2021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
---------	---------