

令和 5 年 5 月 16 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05908

研究課題名（和文）介護食用レトルトパウチ入り食品の内容物の硬さと封液粘度の未開封・非破壊・全数計測

研究課題名（英文）Unopened, non-destructive, whole-product inspection of the hardness and sealed-liquid viscosity of the contents of retort pouch-packed foods for caregiver diets.

研究代表者

羽倉 義雄 (Hagura, Yoshio)

広島大学・統合生命科学研究所（生）・教授

研究者番号：50237913

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）：材料試験機の下部ステージに2次元応力センサーを取り付け、微小変位下のパウチ全面の応力分布の変化を測定した。得られた応力と歪から、食材内の微小部位ごとのヤング率を算出した。パウチを開封し、プランジャー突き刺し試験により、パウチ内容物の微小部位ごとの硬さを測定した。パウチ内容物の応力-歪み曲線の初期の傾き（ヤング率）は、食材の硬さと良好な相関関係があった。2次元応力センサーを用いることにより、パウチ内に密封された複数の食材の物性や食材内の局所的な硬さの違いを計測することが可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レトルトタイプの介護食は、常温で長期保存が可能であり、家庭での食事の提供には有効であるが、被介護者の嚥下・咀嚼能力への対応は不十分である。現在のレトルト介護食は、4段階程度の区分しかなく、被介護者の嚥下・咀嚼能力に応じた「硬さ」を持つ詳細な区分の食品の提供はできていない。本研究では、介護食としてのレトルトパウチ食品について、パウチ内の食材の硬さを容器外から非破壊的に全数測定する新たな計測技術を確立した。これにより、パウチ入り介護食の未開封・非破壊による物性計測に可能にし、超高齢社会が抱える問題への対応の一つの提案を行った。

研究成果の概要（英文）：The two-dimensional stress sensor was mounted on the lower stage of a material testing machine to measure changes in load (stress) distribution over the entire surface of the pouch under micro-displacement. From the stress and strain obtained, Young's modulus was calculated for each small area within the foodstuff. The pouch was opened and the hardness of each small area of the pouch contents was measured by plunger puncture test. The initial slope of the stress-strain curve of the pouch contents (Young's modulus) showed a good correlation with the hardness of the foodstuff. By using the 2D stress sensor, it is now possible to measure the physical properties of multiple foodstuffs sealed in a pouch and local differences in hardness within the foodstuffs.

研究分野：食品工学

キーワード：2次元応力センサー 硬さ測定 パウチ封入食品 未開封計測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 高齢者人口の増加に伴い、我が国では超高齢社会への対応が課題となっている。超高齢化社会では、家庭内での介護が重要になり、食事面では簡便なレトルトタイプの介護食の必要性が高まってくる。現在のレトルトタイプの介護食は、常温で長期保存が可能であり、家庭での食事の提供には有効であるが、被介護者の嚥下・咀嚼能力への対応は不十分である。すなわち、現在のレトルト介護食は、4段階の区分しかなく、被介護者の嚥下・咀嚼能力に応じた「硬さ」や「粘度」を持つ詳細な区分の食品の提供はできていない。現状のレトルト食品では、原料の個体差やレトルト殺菌庫内の温度ムラに由来する物性(特に、硬さ)のばらつきがある。このばらつきは、介護食としての安全性や機能性を低下させるとともに、正確な物性表示を困難にしている。そして、レトルト介護食の普及の足枷にもなっている。本研究課題では、パウチ入り介護食の未開封・非破壊による物性計測に可能にし、超高齢社会が抱える問題への対応の一つの提案を行う。

(2) 工業的規模で生産される食品の品質管理は抜き取りによる開封検査が主流である。特に、レトルト殺菌済みの包装食品では、未開封検査による力学的な物性の評価方法は存在しない。そこで本研究課題では、レトルトパウチ入りの介護食を未開封・非破壊で全数測定する新たな計測方法を提案する。これにより、厳密な品質管理(物性表示)を可能にする。さらに、原料の個体差やレトルト殺菌庫内の温度ムラに由来する「硬さ」のばらつきを含んだ物性の計測を可能にする。さらに、生産された個々のレトルトパウチ入り介護食に対して、嚥下・咀嚼能力に応じた厳密な区分や表示を可能にする。本研究は、災害時・平時を問わず、家庭における被介護者と介護者のQOLの向上に繋がる。

2. 研究の目的

(1) レトルト殺菌処理を行ったレトルト食品では、原料由来の不均一性や製造条件のばらつき等により、同一ロット間でも製品の「硬さ」にばらつきが生じる。そのため、同一ロット間の硬さの違いを厳密に計測する技術が求められている。これらの技術は、現状よりも細かな「食べ易さの表示区分」の設定を可能にする。そこで本研究課題では、介護食としてのレトルトパウチ食品について、パウチ内の食材の硬さを容器外から非破壊的に全数測定する新たな計測技術の確立を目指した。

(2) 具体的には、2次元の圧力分布測定装置(以下、2次元応力センサー)を荷重(応力)検出器として用いることにより、パウチ内に密封された複数の食材の弾性率(硬さ)、パウチ内の局所的に硬い部分(骨や異物)を計測する技術を確立する。これにより、パウチ入り食品の全ての内容物の「硬さ」の未開封・非破壊計測を可能にする。

3. 研究の方法

(1) ダイコン、ニンジン、ジャガイモ、豚ロースを所定のサイズに整形し、実験試料とした。ダイコン、ニンジン、ジャガイモ試料をパウチに封入し、レトルト殺菌装置または恒温槽を用いて、加熱温度・加熱時間を変化させて異なる硬さの試料を調製した。豚ロース試料については、酵素溶液に任意の時間浸漬した後、パウチに封入し、90℃の恒温槽内で30分間加熱することにより異なる硬さの試料を調製した。

(2) 材料試験機の下部ステージに2次元応力センサーを取り付け、非破壊の圧縮試験を行った。圧縮試験は60 mm/minで行い、試料を歪みが0.20になるまで圧縮した。微小変位下のパウチ全面の荷重(応力)分布の変化を測定した。パウチ内に複数封入されている食材(パウチ内容物)の個々の荷重-変位曲線を記録した。2次元応力センサーでは、食材が接触している(加圧されている)部分の面積を読み取ることができる。この面積情報から、食材ごとの正確な応力を算出した。

(3) パウチ内の食材はそれぞれ高さが異なる。食材の高さは、食材の歪みに影響する。そこで、2次元応力センサーを用いて加圧時のオンセット変位を部位ごとに把握し、食材ごとの正確な歪みを計測した。微小変位による圧縮試験時の食材ごとの正確な応力と歪みを用いて、パウチ内容物の局所的な応力-歪み曲線をそれぞれ作成した。得られた応力-歪み曲線の初期の傾きからヤング率を算出した。

(4) パウチを開封し、テクスチャー試験機のステージ上に試料を静置し、10 mm/minで降下させ、突き刺し試験を行った。突き刺し試験の変位-荷重曲線から最大荷重を読み取り、その値を試料の硬さとした。このとき、2次元応力センサーを用いてパウチ内容物のヤング率を求めた部位に針状プランジャーを突き刺すことにより、試料の局所的なヤング率とその硬さを対応させた。

4. 研究の成果

(1) 非破壊の圧縮試験において、応力-歪み曲線の初期の傾きは歪みと共に下に凸の曲線状に増加した。応力-歪み曲線から初期の傾きを読み取る際の歪み量の設定は、算出されるヤング率に大きく影響する。そこで、ヤング率を算出するための歪み量の設定を行った。野菜試料では、歪み0.05を基準点として、その前後2点を直線で繋いだ直線の傾きからヤング率を求めた時に、ヤング率と硬さの間の決定係数が最も高くなった。このことから、パウチに封入した野菜試料に

については、歪み 0.05 を基準点にヤング率を算出することで非破壊的に硬さの推定が可能であることを明らかにした（図 1）。

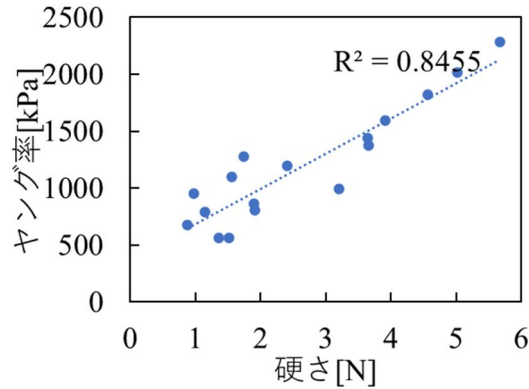


図 1 パウチ封入ダイコンの歪み 0.05 におけるヤング率と破壊試験による硬さとの関係

(2) 豚ロース試料の応力 - 歪み曲線は、初期の歪みで傾きが小さく、歪みの増加と共に曲線の傾きが大きくなり、直線状になった。そこで、応力が直線的に増加し始めた部分の傾きをヤング率算出に用いたところ、歪み 0.02 の時の決定係数が最も大きく、歪みが大きくなるほど決定係数は小さくなった。このことから、パウチに封入した豚ロース試料では、始点から歪み 0.02 を基準点に設定し、その前後 2 点を直線で繋いだ直線の傾きからヤング率を算出することで、非破壊的に硬さの推定が可能であることを明らかにした。

(3) 試料の高さが異なるパウチに封入試料のヤング率と硬さの関係を検討した。非破壊の圧縮試験において、2次元応力センサーを用いて各試料のオンセット変位を部位ごとに把握し、正確な歪みを計測し、ヤング率を算出した。その結果、全ての試料において、各試料の部位ごとの硬さとその部位のヤング率との間には良好な正の相関関係が認められた。この結果から、試料の高さが変化しても二次元応力センサーを用いたヤング率測定により、非破壊的にパウチに封入した試料の硬さの推定が可能であることを明らかにした（図 2）。さらに試料内の硬さ分布も同時に測定可能であることを示すことができた（図 3）。

(4) これらの結果より、パウチ内の食材の硬さを容器外から非破壊的に全数測定する計測技術を確立することができた。

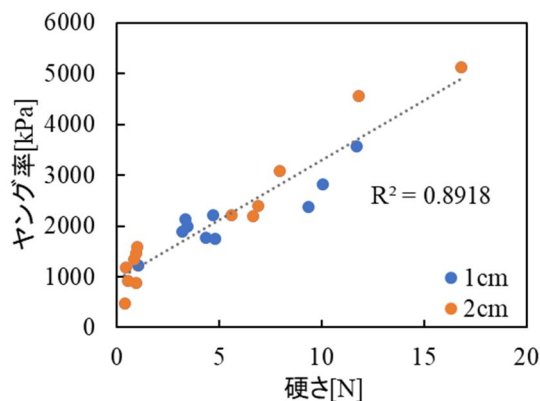


図 2 高さの異なるパウチ入りニンジン試料のヤング率と破壊試験による硬さとの関係

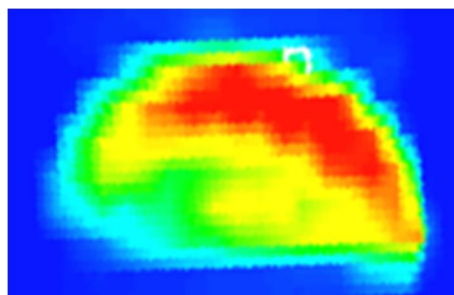


図 3 パウチ封入食品の試料内の硬さ分布の測定

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山路愛, 羽倉義雄
2. 発表標題 2次元応力センサーを使用したレトルトパウチ食品内容物の非破壊的品質評価
3. 学会等名 日本食品工学会第23回（2022年度）年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山路愛、川井清司、羽倉義雄
2. 発表標題 二次元応力センサーを使用したレトルトパウチ内容物の非破壊的品質評価
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部第59回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山路愛、川井清司、羽倉義雄
2. 発表標題 二次元応力センサ を用いたレトルトパウチ内容物の品質評価
3. 学会等名 日本食品工学会第22回年次大会
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
---------	---------