

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01613

研究課題名（和文）咀嚼中の食塊物性の経時的変化が澱粉性食品の口どけ感に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effect of changing in bolus properties during mastication of starchy foods on the kuchidoke sensory characteristics

研究代表者

西津 貴久（Nishizu, Takahisa）

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：40228193

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,300,000円

研究成果の概要（和文）：咀嚼シミュレーターによる人工食塊作製法を新たに確立し、試料の調製条件や咀嚼条件を任意に調節することで米菓の口どけ感の要因の抽出を試みた。口どけ感の良い米菓ほど、人工食塊中の固形粒子の平均粒子径、澱粉の平均重合度の減少速度、および食塊の硬度減少速度は咀嚼の進行とともに大きくなった。食塊の付着性は咀嚼の進行とともに増加するが、口どけ感の良い米菓は咀嚼過程途中で（約15秒経過後）に減少した。官能評価の結果も含めた主成分分析の結果から、咀嚼初期で破碎が進行し、その後、口どけ感の良い米菓は食塊がまとまらず消えてなくなり、口どけ感の悪い米菓は食塊がまとまった状態が続くことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した咀嚼シミュレーターを用いることで、食品試料の材料や製法の違いのみならず、若年から老年までのヒトの唾液分泌量や咀嚼力の違いを実現し、咀嚼中の食塊物性の経時変化の物性測定結果から食品の咀嚼特性を考察した点に学術的意義がある。本研究の成果は食感研究に新しい知見を提供するだけでなく、特定の食感を想定した食品開発やオーラルフレイル対策の進展にも貢献するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We developed a new method for making the artificial boluses by using the mastication simulator which was newly developed in this project and succeeded to extract the factors strongly related to the kuchidoke sensory characteristics of rice crackers by adjusting the conditions of sample preparations and the mastication conditions. The kuchidoke score of samples became better the higher the decrease rates of the average size of solid particles in the bolus, the degree of polymerization of starch. The hardness of the bolus of some samples whose kuchidoke scores were higher decreased after 15 seconds of mastication. In the initial stage of mastication large pieces are broken into small pieces, and the bolus is cohered in the oral cavity in the next stage. The principal component analysis of physical properties of the artificial boluses and sensory evaluations showed that the boluses were not cohered easily for the samples whose kuchidoke scores were higher.

研究分野：食品工学

キーワード：食塊形成過程 口どけ感 咀嚼シミュレーター 米菓 澱粉

1. 研究開始当初の背景

食品テクスチャー研究は、1960年代後半にアメリカの Szczesniak が提唱したテクスチャープロファイルを嚙矢として始まり、食品を対象とした物性評価(機器分析)と官能評価をセットで行うという研究スタイルが、50年近く経過した現在も基本的に変わっていない。図1に示すように、前者と後者の得られる結果はそれぞれ機器の応答とヒトの応答であるため、両者は直接的因果関係にないことは明白である。そのため統計的手法により両者の関係を記述することで、実用的には機器分析の結果から官能評価結果を推定することが試みられてきた。しかし官能評価では違いが見られるのに機器分析結果には違いがないことがしばしば起こる。このことは従来の研究スタイルの限界を示すものと言える。官能評価では、無意識のうちに経時的な変化をとらえた結果を食感評価に反映していると考えられる。一方、機器分析では、そもそもヒトの応答を測定していないだけでなく、咀嚼中に口腔で刻々変化する食塊のレオロジー特性を経時的にとらえることは考慮されてこなかった。このことが従来の研究スタイルの限界の原因と考える。本研究では、この観点から限界を緩和するために、機器分析においても、咀嚼過程における食塊のレオロジー特性の経時変化を測定し、TI法やTDS法の結果との関係を統計的・速度論的に解析することで50年来の問題を一部解決できるものと考えた。

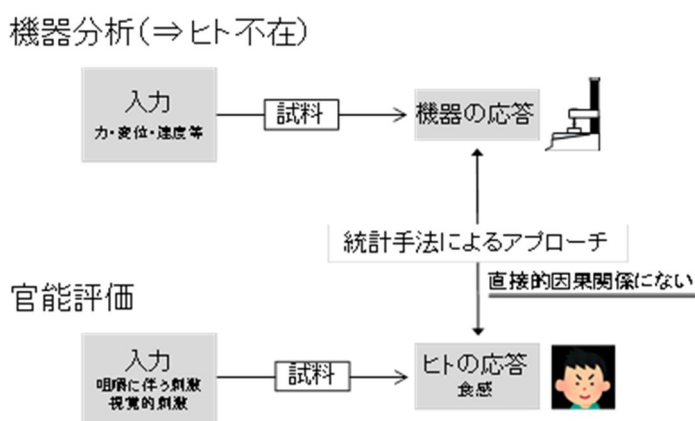


図1 現在行われている機器分析と官能評価の関係記述の方法

2. 研究の目的

食感とは食品咀嚼時に口腔内の感覚器に与えられる物理的的刺激により知覚される感覚のことである。咀嚼中に形成される食塊の物理的性質は時間とともに変化していくため、感覚器に与えられる物理的的刺激も変化する。咀嚼中の食塊の特性の経時変化が食感に及ぼす影響が明らかになれば、食品テクスチャーの学問的進展に寄与するだけでなく、食品開発に有効な情報となる。本研究では、以下のことを実施する。

市販の機器を利用して咀嚼時の食塊形成過程を模擬するシミュレーターを開発する。

上記の装置を用いて、食材の食塊特性の経時変化が口どけ感に及ぼす影響について定量的な評価・検討を行い、経時変化に着目した分析法の有効性を検証する。

3. 研究の方法

本研究は主として次の3つの課題からなる。

咀嚼時の食塊形成過程を模擬するシミュレーターの開発

澱粉性食品の食塊特性および口どけ感を定量的な評価

経時変化に着目した分析法の有効性の検証

初年度は、咀嚼シミュレーターの設計・試作、食塊の三要素の定量的測定、目標とする三要素のパラメーターに一致する操作条件の探索を行った。2年度は、初年度に判明した技術的課題を解決するために、せん断機構を組み込んだ新方式に変更し、新たに設計・試作を行った。さらに、試作した咀嚼シミュレーターの操作条件を探索した。3年度、前年度の知見をベースに人工食塊作製法を確立し、咀嚼条件を任意に調節することで米菓の口どけ感の要因の抽出を試みた。

(食塊の三要素の定量的測定)

食塊の固形粒子の粒度分布は、篩い分析法とX線μCTにより測定し、粒度分布、粒子のサイズ(D50値)、球形度の経時変化と変動速度を決定する。

食塊の唾液混合比・混合度は、絶乾法とX線μCTにより測定し、混合比・混合度の経時変化と変動速度を決定する。

オリゴ糖分析や澱粉側鎖の鎖長分析には、微量測定可能なHPAEC-PAD法を用いて、鎖長比率、糖量等の経時変化と変動速度を決定する。

食塊の物性は、舌・上顎口蓋模型を組み込んだクスターアナライザーと動的粘弾性装置により測定し、粘弾性の経時変化と変動速度を決定する。

(目標とする三要素のパラメーターに一致する操作条件の探索)

ボールミルによる粉碎粒度に関する論文に基づき、材料の種類、試料・ボールの投入量、唾液の供給量、容器の大きさ、回転数を操作条件とし、米菓で測定した三要素パラメーターに合う条件を探索する。

(咀嚼シミュレーター2号機の設計・試作)

1号機の技術的課題を解決するために、せん断機構を組み込んだ咀嚼シミュレーターを試作・設計する。米菓を試料とし、食塊物性三要素のうち粒度分布に特に注目して、操作条件の探索を行う。

(食塊物性と官能評価データの解析)

咀嚼シミュレーターで調製した人工食塊物性の経時変化と経時的官能評価データについて統計分析を行う。

4. 研究成果

試作した咀嚼シミュレーター2号機は、ヒトの歯列に相当する圧子と口腔に相当する容器からなる口腔部と、圧子を一定速度・ストロークで往復動させながら、同時に回転動させるための卓上型ロボット、そして人工唾液口腔部に送液するための定量ポンプから構成される。チラーにより口腔部温度を37℃に保った。20 mMリン酸緩衝液(pH 6.9)に枯草菌由来のα-アミラーゼを加えて15分間振とうし、ろ過したものを人工唾液とした。人工咀嚼装置を用いて米菓を5, 10, 20秒間破碎しながら人工唾液と混合したものを人工食塊試料とした。三要素の評価によって基本となる操作条件を決定することができた。

咀嚼中の唾液分泌速度を増加させたところ、焼成米菓は食塊の硬度、付着性の減少速度が大きくなり、遊離糖生成量、アミロペクチン短鎖割合が増加した。また、油ちょう米菓は加澱粉の平均重合度の減少速度が大きくなった。よって、唾液分泌速度が大きいほど唾液酵素による澱粉の加水分解が進行し、口どけ感が良くなる可能性が示唆された。咀嚼中の唾液分泌速度を減少させたところ、食塊の硬度、澱粉の平均重合度の減少速度は小さくなった。また遊離糖量とアミロペクチンの短鎖割合は全ての試料で咀嚼の進行とともに増加した。経時的官能評価(TDS)結果と食塊物性値を主成分分析し、PC1(正:食塊を噛み砕く感覚,負:食塊が消えてなくなる感覚)とPC2(負:付着性が増して食塊がまとまる感覚)平面上に各米菓の咀嚼曲線をプロットした。軌跡から咀嚼初期で破碎が進行し、口どけ感の良い米菓は食塊がまとまらず消えてなくなり、口どけ感の悪い米菓は食塊がまとまった状態であることが明らかにした。また、唾液分泌速度を変化させた人工食塊について、全ての試料において、唾液分泌速度が標準(3.5 mL/min)の場合と比較して、大きい場合(7.0 mL/min)の方が食塊の硬度と付着性の減少速度が大きくなり、標準の場合と比較して小さい場合(1.0 mL/min)の方が食塊の硬度と付着性、澱粉の平均重合度の減少速度が小さくなった。唾液吸収速度は唾液分泌速度に依存することから、米菓の口どけ感は唾液分泌速度の影響を受けるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 伊藤克祥, 細井友加里, 山谷健太, 竹井 亮, 高橋 肇, 勝野那嘉子, 今泉鉄平, 西津貴久	4. 巻 20
2. 論文標題 米菓の口どけ感評価のための簡易的な人口食塊作製法の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 美味技術学会誌	6. 最初と最後の頁 75-80
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 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山谷健太, 伊藤克祥, 竹井 亮, 高橋 肇, 勝野那嘉子, 西津貴	4. 巻 23
2. 論文標題 米菓の飲み込みやすさの解明に向けた食塊構造の可視化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本食品工学会誌	6. 最初と最後の頁 25-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11301/jsfe.21603	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山谷健太, 竹井 亮, 高橋 肇, 勝野那嘉子, 西津貴久	4. 巻 69
2. 論文標題 油による米菓食感の変化と油の浸透度の可視化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本食品科学工学会誌,	6. 最初と最後の頁 213-224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3136/nskkk.69.213	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 2件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 伊藤克祥, 勝野那嘉子, 山谷健太, 竹井 亮, 高橋 肇, 今泉鉄平, 西津貴久
2. 発表標題 米菓の口どけ感評価のための人工食塊モデル作成方法の検討
3. 学会等名 日本食品科学工学会大68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤克祥, 細井友加里, 山谷健太, 竹井 亮, 高橋 肇, 勝野那嘉子, 今泉鉄平, 西津貴久
2. 発表標題 米菓の口どけ感評価のための人工食塊作製法の検討
3. 学会等名 美味技術学会第21回例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西津貴久
2. 発表標題 食品物性評価と食感評価の関係に関する一考察
3. 学会等名 令和3年度日本応用糖質科学会中国四国支部セミナー 「食品の加工・計測・開発（招待講演）」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤克祥, 山谷健太, 竹井亮, 高橋肇, 勝野那嘉子, 今泉鉄平, 西津貴久
2. 発表標題 人工食塊を用いた米菓の口どけ感評価法の検討
3. 学会等名 日本食品工学会第23回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西津貴久, 伊藤克祥, 勝野那嘉子, 今泉鉄平
2. 発表標題 咀嚼中の食塊物性測定を目的とした人工食塊作製法の検討
3. 学会等名 美味技術学会第22回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西津貴久
2. 発表標題 パンの品質向上に向けた食感の数値化の取組と商品開発への応用
3. 学会等名 Cereals & Grains Association 日本支部 2023年度第1回講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西津貴久, 今泉鉄平
2. 発表標題 代替タンパク質における"おいしさ"改善技術の探求
3. 学会等名 FOOMA JAPAN 2023 アカデミックプラザ
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 有原圭三 監修	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 379
3. 書名 グリケーションの制御とメイラード反応の利用	

〔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
研究 分担者	勝野 那嘉子 (KATSUNO Nakako) (20743892)	岐阜大学・応用生物科学部・准教授 (13701)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	鷲尾 英明 (WASIO Hideaki)		

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