

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500954

研究課題名(和文) 食べやすさ・機能性を考慮した高齢者のためのパン調理・加工品の開発研究

研究課題名(英文) Development of bread processed food for the elderly considering ease of eat and function

研究代表者

高橋 智子(Takahashi, Tomoko)

神奈川工科大学・応用バイオ科学部・教授

研究者番号：10364861

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：ミルクの一部をサラダ油に置換した液状食品を材料としたゲル状パン粥を基本パン粥、加えて基本パン粥試料の表面にとろみを付加した試料を用い、ゲル状パン粥にとろみを付加することがヒトの嚥下状態にどのように影響するかを検討した。硬さは品温20℃パン粥試料が45℃試料に比べ、硬いことが認められた。官能評価より、品温20℃でとろみを付加したパン粥試料は、とろみを付加しないものに比べ、口中でべたつかず食べやすいと評価された。品温20℃の嚥下直前の食塊の硬さは顕著に軟らかくなることが示された。品温45℃試料は20℃試料に比べ嚥下時筋活動時間が短いことがわかった。嚥下内視鏡検査の結果は被験者により大きく異なった。

研究成果の概要(英文)：The present study used as basic bread porridge sample, which was prepared with bread, liquid food whose milk solution content was partially replaced with salad oil, and native gellan gum as gelling agent. This study was investigated that the sample added semi-liquid foods to the surface of the bread porridge, and examined how it affected the condition of swallowing by the person consuming the sample in this study. The subjects evaluated at 20℃ sample added semi-liquid foods to the surface as "less sticky in the mouth, and easier to eat" compared the basic bread porridge sample. Hardness of the sample temperature at 20℃ was shown to be significantly softer in bolus form in the mouth. The basic bread porridge sample at 45℃ was found to have shorter muscle activity duration during swallowing, compared with the sample at 20℃. The result of the endoscopic examination of swallowing was found to differ by subjects.

研究分野：調理科学

キーワード：ゲル状パン粥 とろみ テクスチャー特性 嚥下時筋活動 嚥下内視鏡検査 官能評価

1. 研究開始当初の背景

高齢者の低栄養状態を引き起こさないためのエネルギー源確保として、米飯、パンなどの主食の安全な経口摂取が重要課題である。高齢者の唾液分泌量は減少し、唾液のみかけの粘性率は高くなる傾向を示すことを報告した。ことに、多孔質で唾液を吸いやすいパンは、咀嚼中、上顎に付着しやすく、誤嚥や窒息を誘引する主たる原因食品として報告されている。そこで、一部の高齢者施設でパン食の提供をひかえたり、また提供しても牛乳などで軟らかく煮たパン粥の形態で供食されている。近年、家族構成、食文化の変化などにより、パン食を好む高齢者が増加傾向にある。そこで、高齢者でも安全に食べることができるよう加工した食パンが、食品メーカーより開発・販売されるようになった。多くの高齢者施設では、摂食嚥下機能が低下した高齢者のパン食をパン粥、ことにパン粥プリンのような均一ゲル状の食形態で提供していることが多い。さらに提供する際には、施設ではジャム、あるいは軟らかいゼリー状フルーツソースをトッピングすることが多く、これにより味の変化や摂取エネルギー量、および栄養素の付加、また食べやすさを補っていると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、高齢者施設などで提供されているパン粥プリンを想定した均一ゲル状パン粥試料の食べやすさの検討を行った。食品メーカーより既に販売されている、高齢者でも安全に食べることができるように加工した食パンには、エネルギー補給のために植物性油脂が添加されている。本研究では、高齢者のためのエネルギー補給を考え、ミルク溶液の一部をサラダ油に置換した均一ゲル状パン粥を試料とした。また、神奈川県川崎市高齢者介護施設Sでは、風味付け、および高齢者の飲みこみをよくするために、流動食用なめらかプラスいちごソース(キューピー(株))をパン粥重量の10%程度、表面に付加

して提供している。均一ゲル状パン粥に付加するとろみの有無、および付加するとろみの粘性率の違いによる嚥下状態の相違について検討した。

3. 研究の方法

(1) 基本パン粥試料の調製

試料調製に用いたパンは、強力小麦粉(日清カメリヤ,日清フーズ(株))、ドライイースト(日清スーパーカメリヤ,日清フーズ(株))、砂糖(上白糖,三井製糖(株))、および食塩を材料とした。強力小麦粉250.0g、ドライイースト2.8g、砂糖17.0g、食塩5.0g、蒸留水170.0gを1回分の焼成量とし、ナショナル自動ホームベーカリーにより焼成した。焼成したパンは外皮をつけたまま室温で30分間放置後、食品包装用ラップフィルムで二重に覆い、20℃恒温器中24時間保存した。保存後、外皮を取り除き15mm厚にスライサーで切断し、縦、横15mm角に切断したものをパン粥試料に用いた。本研究では、パン粥調製時に用いる牛乳生乳の代わりに、日本食品標準成分表2010に基づき、乳脂肪分26.7%の全粉乳を蒸留水に溶解し、15w/w%ミルク溶液として用いた。基本パン粥に混合する液状食品(ミルク溶液およびサラダ油)は、パン重量に対し4倍重量とした。混合した液状食品のうち10%重量をサラダ油、90%重量をミルク溶液とした。基本パン粥試料に用いたゲル化剤は、ネイティブ型ジェランガムである。本研究では、品温20℃における基本パン粥試料のテクスチャー特性の硬さを、消費者庁による特別用途食品・えん下困難者用食品の許可基準Ⅱの上限値^①である $1 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 程度になるよう、ゲル化剤の添加率を設定した。品温20℃におけるゲル化剤の添加率と基本パン粥試料の硬さの関係を検討したところ、ペースト状パン粥へのゲル化剤添加率は、ペースト状パン粥重量外割0.05w/w%で硬さ $1 \times 10^4 \text{N/m}^2$ 程度の基本パン粥試料が得られた。パン50g、ミルク溶液180g、サラダ油20g、ゲル化剤0.125gを真

空充填用専用袋に入れ、AUTO VACUUM PACKER (TOSPACK V-221 : TOSEI DENKI)により真空度 600mmHg で 15 秒間脱気を行い真空包装した。真空包装したものを 95°Cの恒温水槽中 20 分間、加熱を行った。加熱後、高速ミキサーにて回転速度 1,200rpm、攪拌時間 10 秒間で均一ペースト状まで攪拌・粉碎したものを試料とした。本研究では、テクスチャー特性を含む力学的特性に加えて、官能評価、嚥下状態の把握も基本パン粥試料の品温を 20±2°C、および 45±2°Cで測定試料とした。

(2) とろみを付加したパン粥試料の調製

基本パン粥に付加するとろみの調整にはグルコマンナンを主原料とした市販とろみ調整食品を用いた。本研究では、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類 2013 (とろみ) ^②が定めた段階3濃いとろみ、および特別養護老人ホームSで使用している流動食用なめらかプラスいちごソースのずり速度 50 (s⁻¹)における粘性率と同程度になるよう、2 段階のとろみを調整した。すなわち、段階3濃いとろみと同程度の粘性率を有するとろみの調整は、市販とろみ調整食品を 20°C蒸留水に対し重量の外割 1.50%を添加した。また、流動食用なめらかプラスいちごソースと同程度の粘性率を有するとろみの調整は、市販とろみ調整食品を 20°C蒸留水に対し重量の外割 2.25%を添加した。本研究では、基本パン粥試料、および基本パン粥試料に2段階の異なる粘性率を有するとろみを表面に付加したとろみ付加パン粥2試料、合計3種類の試料を用いた。とろみ付加パン粥試料は、日本摂食嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類 2013 (とろみ) 段階3の濃いとろみ程度のとろみ付加パン粥試料 (以後とろみパン粥試料 A と呼ぶ)、流動食用なめらかプラスいちごソース程度とろみ付加パン粥試料 (以後とろみパン粥試料 B と呼ぶ) である。とろみ付加パン粥試料はいずれも基本パン粥重量の 10%重量の品温 20°Cとろみを、

測定直前に表面に均一付加して測定試料とした。

(3) パン粥試料のテクスチャー特性

基本パン粥試料のテクスチャー特性 (硬さ、付着性、凝集性) の測定は、内径 53mm、高さ 20mm の透明プラスチック製試料容器にパン粥試料を厚さ 15mm 充填し、レオナー (RE - 33005, (株) 山電)により直径 20mm の円柱型プランジャーで圧縮量 10mm、圧縮速度 10mm/s で2回圧縮して測定した。測定時、試料表面に付加したとろみの厚さを予め確認し、とろみの厚さを除いて圧縮量を 10mm とした。

(4) 官能評価

基本パン粥試料、とろみパン粥試料 A、およびとろみパン粥試料 B の官能評価を、基本パン粥試料品温 20°C、45°Cで各々行った。官能評価方法は、シェッフエの一对比較原法を用いた。パネルは 22 歳の健常な女子大学生のべ 24 名である。官能評価は、午後 2 時から 3 時の間、室温 25±2°Cにおける個室法で行った。1 口量を 5g とし、所定のプラスチック Spoon を用いて供食した。ただし、とろみ付加パン粥試料 A、B は、1 口量 5g に 0.05g のとろみを評価直前に表面に付加して供食した。本研究で用いた試料は嚥下困難者用食品許可基準 II を指標としたため、咀嚼を行わず、舌と口蓋による食塊形成を行った後、嚥下するよう指示嚥下を行った。嚥下後、次の項目について評価してもらった。口中でのかたさ、口中でのべたつき感、口中から喉への送り込みやすさ、口中や喉の残留感の 4 項目である。

(5) 嚥下時筋電位測定

嚥下筋電位測定はパワーラプシステム 4/25T (ADInstruments.com) を用いた。舌骨上筋群の皮膚表面に 10mm 直径の双局表面銀電極を電極間距離 20mm で粘付し、粘付した舌骨上筋群 (顎二腹筋) の電極より嚥下時筋電位を得た。嚥下困難者用食品を指標とした試料のため、咀嚼を行わずに、口中で舌と口

蓋により食塊形成を行った後、嚥下するよう指示して嚥下してもらった。1口量は5mlで、嚥下開始から嚥下終了までの嚥下時舌骨上筋群（顎二腹筋）の筋活動より、筋活動時間、最大振幅、筋活動量を得られた生体信号より、読み取った。

(6) パン粥食塊のテクスチャー特性の測定

① パン粥食塊の採取

官能評価を行ったパネル 12 名により、基本パン粥試料、とろみパン粥試料 A、B の 3 種類の試料を、官能評価と同様に供食し、嚥下直前の食塊を 100ml ビーカーにはき出してもらった。食塊 1 個ではテクスチャー特性の測定試料としては不足するので、各試料、各々 5 回分の食塊をまとめ、1 試料とした。

② テクスチャー特性の測定方法

直径 30mm、高さ 15mm のガラス製リングにパン粥食塊を充填し、直径 20mm の円柱状プランジャーにより測定を行った。測定条件は、圧縮速度 10mm/sec、圧縮量 10mm である。

(7) 嚥下内視鏡検査

官能評価、嚥下筋電位測定を行った被験者に対し、嚥下直後の梨状陥凹における各試料の残留状態を、研究分担者耳鼻咽喉科医師立ち会いのもと、検討した。

(8) 倫理性の配慮

本研究は神奈川工科大学、ヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会の許可を得たものである。

4. 研究成果

(1) テクスチャー特性

硬さは、すべての試料において、品温 20℃のほうが 45℃に比べ、有意に硬いことが認められた。品温 20℃では、とろみ付加パン粥試料が基本パン粥試料に比べ、有意に軟らかいことが認められた。一方、品温 45℃ではとろみ付加パン粥試料が基本パン粥試料に比べ、軟らかい傾向を示したが、試料間で硬さに有意差は認められなかった。付着性はすべての試料において、品温 20℃のほうが 45℃に比

べ、有意に大きいことが認められた。また、いずれの品温においても、とろみ付加パン粥試料 2 種の付着性が基本パン粥試料に比べ、有意に小さいことが認められた。また、品温 20℃基本パン粥試料の付着性は他の試料に比べ、有意に大であることが認められた。凝集性は、パン粥部分の品温 45℃の基本パン粥試料は他の試料に比べ、有意に大きいことが認められた。

(2) 官能評価

品温 20℃において、口中でのかたさの評価項目には試料間に差は認められなかったが、その他の評価項目において、とろみ付加パン粥試料 2 種類が基本パン粥試料に比べ、有意に口中でのべたつき感がなく、口中から喉への送り込みやすく、口中や喉の残留感が少ないことが認められた。品温 45℃において、いずれの評価項目においても有意差は認められず、とろみ付加の口腔感覚への影響は認められなかった。

(3) 嚥下時筋電位測定

嚥下筋電位測定結果、最大振幅および筋活動量に有意差は認められなかった。筋活動時間に有意差が認められ、品温 20℃基本パン粥試料の筋活動時間は、品温 45℃とろみ付加パン粥試料 2 種に比べ、有意に長いことが認められた。また、すべての試料において、品温 20℃試料の筋活動時間は品温 45℃試料に比べ、長い傾向を示した。

(4) 試料食塊のテクスチャー特性

試料品温 20℃の嚥下直前の食塊の硬さは、口中で食塊形成中に顕著に軟らかくなることが示された。しかし、試料品温 20℃に比べ軟らかかった品温 45℃では、試料の硬さと食塊の硬さに大きな変化は認められず、試料品温 20℃と 45℃の嚥下直前の食塊の硬さの差は小さいものとなった。食塊になる前の試料では、品温 20℃の基本パン粥試料の付着性が有意に大きく、一方品温 45℃のとろみ付加パン粥試料の付着性は有意に小さいことが示された。

しかし、嚥下直前の食塊の付着性には有意差は認められず、品温 20℃基本パン粥試料の付着性は、食塊になることで顕著に減少していることがわかった。

(5) 嚥下内視鏡検査

咽頭の梨状陥凹における試料の残留状態は試料の特性による差よりも、被験者による差が顕著であった。試料の残留が多い被験者の嚥下時筋電位測定値は残留が少ない被験者に比べ、大である傾向を示した。

(6) 基本パン粥試料の力学的特性と官能評価

本研究で行った官能評価の喫食方法は、口中に試料を入れて咀嚼を行わず、口蓋と舌で食塊形成を行い嚥下するというものである。その結果、試料品温 20℃において硬さは基本パン粥試料がとろみ付加パン粥試料に比べ、有意に硬いという結果が得られたが、官能評価における口中で感じるかたさの評価結果では、試料間に有意差は認められなかった。本研究では口中で咀嚼による圧縮動作をできるだけ行わず、口蓋と舌による食塊形成直後に嚥下するように指示したため、テクスチャー特性の硬さが、口中で感じる試料のかたさの違いに反映できなかったものと考えられる。官能評価において口中でのかたさ以外の評価項目で有意差が認められた試料品温 20℃において、有意に口中のべたつき感を多く感じ、口中から喉へ送り込みにくく、口中や喉における残留感を多く感じた基本パン粥試料は、とろみ付加パン粥試料に比べ、テクスチャー特性の硬さは有意に硬く、付着性が大きいことが認められた。一方、試料品温 45℃において、すべての官能評価項目において試料間に有意差が認められなかった。品温 45℃試料のテクスチャー特性の付着性は、基本パン粥試料がとろみ付加パン粥試料に比べ大であったが、硬さは 20℃試料に比べ、顕著に軟らかく、テクスチャー特性の硬さに試料間の差が認められなかった。品温 45℃試料のように付着性や凝集性に有意差が認めら

れていても、軟らかく、硬さの差が小さいと、口中のべたつき感等口腔感覚にも差がでにくくなることが推測される。

(7) 食塊の力学的特性と嚥下状態

試料品温 20℃の嚥下直前の食塊の硬さは、基本パン粥、とろみ付加パン粥ともに口中で食塊形成中に軟らかくなることが示され、ことに基本パン粥食塊は顕著に軟らかくなった。しかし軟らかい品温 45℃試料はいずれの試料も、試料と食塊の硬さに大きな変化は認められず、試料品温 20℃と 45℃の嚥下直前の食塊の硬さ、付着性の差は小さいものとなった。この結果は、喫食前の試料のテクスチャー特性が大きく異なっているにもかかわらず、嚥下直前の食塊のテクスチャー特性の差は小さくなっていることを示すものである。

嚥下筋電位測定の際の嚥下時筋活動時間において、品温 20℃基本パン粥試料の筋活動時間は、品温 45℃とろみ付加パン粥試料 2 種に比べ有意に長いことが認められた。喫食前の品温 20℃基本パン粥試料の硬さ、付着性は、他の試料に比べ有意に大きい。しかし、嚥下直前の食塊の硬さ、ことに付着性において、20℃基本パン粥試料と他の試料との間に有意差は認められていない。試料品温 20℃における口腔感覚の官能評価により、基本パン粥試料はとろみ付加パン粥試料に比べ、有意にべたつき感があり、口中から喉へ送り込みにくいと評価された。本研究では品温 20℃試料と 45℃試料を合わせて官能評価を行ってはいないが、テクスチャー特性の結果より、20℃基本パン粥試料が口中で最もべたつき感を感じ、口中から喉へと送り込みにくいと評価されることが推測される。先に、力学的特性の異なる粘稠ゾルの官能評価で、口腔内感覚だけで予測した飲み込みやすさと、実際に試料を飲み込んで得られた飲み込みやすさの評価結果が一致した。このことより、異なる力学的特性を有する粘稠ゾルに対応した飲み込みやすさは、嚥下する前の口腔感覚

により予測され、その結果、口腔から咽頭へ食塊を送り込むための舌の駆動力などの嚥下機能の準備をしているだろうことを報告した^③。本研究においても、口中に試料を入れた際に感じる口腔感覚が、その後にかかる嚥下に関わる機能（ここでは嚥下筋活動）に影響を与え、20℃基本パン粥試料の筋活動時間を延長させ、安全に飲み込むことができるようにコントロールしたものと推測する。以上の結果より、本研究で用いたパン粥試料はとろみを付加して供食することで口腔感覚も改善し、食べやすくなると考える。ことに、温かい状態で提供したパン粥が冷めた場合、とろみを付加することが、口腔感覚、嚥下状態に大きく影響することが示された。

〈引用文献〉

- ① 消費者庁,特別用途食品の表示許可等について,消費者庁食品表示第 277 号,平成 23 年 6 月 23 日
 - ② 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会 嚥下調整食分類 2013, 平成 25 年 12 月公表
 - ③ T. Takahashi, T. Nito, N. Tayama, H. Ogoshi, Effects of Physical Properties and Oral Perception on Transit Speed and Passing Time of Semiliquid Foods from the Mid-Pharynx to the Hypopharynx, Journal of Texture Studies, 33(6), (2003), 5-59
5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
〔雑誌論文〕(計 1 件)
1. 高橋智子, 河村彩乃, 大越ひろ, とろみを付加したゲル状パン粥の物理的特性と食べやすさの検討,日本調理科学会,査読有,投稿中〔学会発表〕(計 5 件)
 1. 高橋智子, 大越ひろ, 添加溶液の異なるパン粥の物理的特性の検討,日本調理科学会平成 25 年度大会,2013 年 8 月 23, 24 日,奈良女子大学,奈良
 2. 高橋智子, 大越ひろ, ゲル状パン粥の物

理的特性と食べやすさの検討,日本調理科学会平成 26 年度大会,2014 年 8 月 29, 30 日, 県立広島大学, 広島

3. 高橋智子, 大越ひろ, 田山二郎, とろみを付加したゲル状パン粥の力学的特性、および嚥下時筋活動、嚥下内視鏡検査による食べやすさの検討, 第 38 回日本バイオレオロジー学会年会平成 27 年 6 月 6 日, 学術総合センター(国立情報学研究所), 東京

4. 高橋智子, 大越ひろ, とろみを付加したゲル状パン粥の物理的特性と食べやすさの検討, 日本調理科学会平成 27 年度大会, 2015 年, 8 月 24, 25 日, 静岡県立大学, 静岡

5. 高橋智子, 大越ひろ, 田山二郎, 嚥下内視鏡検査および筋電位測定によるゲル状パン粥の食べやすさの評価, 第 21 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会, 2015 年 9 月 11, 12 日, 国立京都国際会館グランドプリンスホテル京都, 京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 智子 (TAKAHASHI, Tomoko)
神奈川工科大学・応用バイオ科学部・教授
研究者番号：10364861

(2) 研究分担者

田山 二郎 (TAYAMA, Niro)
国立研究開発法人国立国際医療研究センター・耳鼻咽喉科・医長
研究者番号：50221403

(3) 連携研究者

大越 ひろ (OGOSHI, Hiro)
日本女子大学家政学部食物学科・教授
研究者番号：80080698