

嚥下・咀嚼機能の低下した患者や高齢者に対する
食感改良に関する研究

2017 年 3 月

兵庫県立大学大学院環境人間学研究科
博士論文

畦西克己

目次

| | |
|---|----|
| 緒言 | 1 |
| 第1章 針入式簡易粘度計を用いた市販各種とろみ調整食品の粘性比較と 官能評価および塩分添加への影響 | 4 |
| 1. 緒言 | 4 |
| 2. 方法 | 6 |
| (1) 試料 | |
| (2) 試料調整方法 | |
| (3) 測定装置と測定方法 | |
| (4) とろみ調整食品に関する官能評価 | |
| (5) 統計処理 | |
| (6) 倫理的配慮 | |
| 3. 結果 | 8 |
| (1) 市販とろみ調整食品の粘性の強度別分類と経時変化の特性 | |
| 1) 各製品のパンフレットの指示にある3段階の中で最も低粘度になるとされ ている濃度（ポタージュ状）に溶解した場合 | |
| 2) 各製品のパンフレットの指示にある3段階の中で真ん中の粘度に なるとされている濃度（ヨーグルト状）に溶解した場合 | |
| 3) 塩分を添加してヨーグルト状濃度に溶解した場合 | |
| (2) 官能評価 | |
| 4. 考察 | 10 |
| (1) 針入式簡易粘度計を用いた物性測定 | |
| (2) 官能評価 | |
| 5. 結語 | 14 |
| 第2章-1 市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性および官能評価 | 15 |
| 1. 緒言 | 15 |
| 2. 実験方法 | 16 |
| (1) 試料 | |
| (2) 試料調製方法 | |
| (3) 力学的物性評価 | |
| (4) pH 測定 | |

| | |
|-------------|----|
| (5) 官能評価 | |
| (6) 統計処理 | |
| (7) 倫理的配慮 | |
| 3. 結果 | 18 |
| (1) 力学的物性評価 | |
| 1) 硬さ | |
| 2) 凝集性 | |
| 3) 付着性 | |
| (2) pH 測定 | |
| (3) 官能評価 | |
| 4. 考察 | 20 |
| (1) 力学的特性 | |
| (2) 官能評価 | |
| 5. 結語 | 24 |

第2章ー2 市販ゲル化剤を用いた食品ゼリーにおける温度変化の影響 25

| | |
|-------------|----|
| 1. 緒言 | 25 |
| 2. 実験方法 | 26 |
| (1) 材料 | |
| (2) 試料作製方法 | |
| (3) 力学的物性評価 | |
| (4) 官能評価 | |
| (5) 統計処理 | |
| (6) 倫理的配慮 | |
| 3. 結果 | 28 |
| (1) 力学的物性評価 | |
| 1) 硬さ | |
| 2) 凝集性 | |
| 3) 付着性 | |
| (2) 官能評価 | |
| 4. 考察 | 29 |
| 5. 結語 | 32 |

第3章 市販ゲル化剤を用いた食品ゼリーにおける温度変化の影響 33

1. 緒言 33

2. 試料および実験方法 34

 (1) 試料

 (2) 調製方法

 (3) 測定方法

 (4) 官能評価

 (5) 筋電位測定

 (6) 統計処理

 (7) 倫理的配慮

3. 結果 38

 (1) 重量測定

 (2) 貫入試験

 (3) テクスチャー測定

 (4) 官能評価

 (5) 筋電位測定

 (6) 試料の重量変化、物性、嗜好性および咀嚼性の関連

4. 考察 41

5. 結語 46

総合考察 47

総括 51

謝辞 55

引用文献 56

図表 63

要旨

緒言

2015 年国勢調査によると¹⁾65 歳以上人口が全人口の 26.7%を占め、少子高齢化社会が急速に進行している。また、平成 23 年以降、死因の第 3 位は肺炎でその 9 割が 65 歳以上の高齢者が占めており、肺炎の要因の 6 割が誤嚥性肺炎によるものである。誤嚥性肺炎の要因の一つには、摂食・嚥下障害があり、これらをもつ高齢者が急増しており、摂食・嚥下障害による窒息では、認知機能の低下や臼歯部咬合の喪失、義歯装着時の不具合などがリスク因子といわれている。摂食・嚥下障害に対する対策と機能の改善をはかり、少しでも食事を与えることが必要であるが、摂食・嚥下障害に対する食事形態についても、統一された規格がなく、十分に摂食・嚥下障害に対応した食事が整えられていないのが現状である。そこで、少しでも経口摂取の可能性が残されている患者に対しては、安全性の確保、安全な食事の開発が求められる。

2013 年国民健康・栄養調査報告（厚生労働省）から²⁾、健康日本 21（第 2 次）の目標として、60 歳代における咀嚼良好者の割合の増加目標値として 80%を挙げている。また、食べ物や飲み物が飲みにくく感じたり、食事中にむせたりすることが頻繁にあると回答した者の割合は、60 歳代で 14%、70 歳以上で 22%であり、低栄養傾向を示す者のうち 24%以上は、食べ物や飲み物が飲みにくく感じたり、食事中にむせたりすることが頻繁にあると答えている。

近年、80 歳において残歯 20 本の確保（8020 運動）をスローガンに老人歯科保健に力が注がれている³⁾ことから、高齢者における 20 本以上の歯の保有する割合は増加している³⁾。しかし、歯の喪失は年齢が高くなるほど進むことは変わらない⁴⁾。

摂食は食物を認識して食欲が起こり、口に運び、咀嚼により食塊を形成する。その食塊が口腔、咽頭を通過し食道、胃へと送られていく一連の動作である。摂食障害は咽頭への送り込み、咽頭通過、食道への送り込みが上手くいかない嚥下機能低下と歯の喪失などから起こる咀嚼機能低下に区別することができる。そこで、医療や福祉の現場では、嚥下および咀嚼機能低下に応じた食事の適応が必要不可欠となる。

摂食・嚥下障害のある患者が経口摂取できる食形態は、ゼリー食品やペースト食などの限定された調理形態となり、水やお茶のような液状食品や飲料はそのままの状態では、誤嚥の危険性が高いとされている。最近では、液状食品や飲料に添加するだけで粘度が得られるとろみ調整食品が市販されており、嚥下障害を持つ患者の食事である嚥下食に欠かせないものになっている。また、きざみ食などのように口の中でバラバラになるような形態の食事にも、とろみ調

整食品を用いて粘性を加えることにより、まとまって飲み込むことができるようになる。

吉村らは、きざみ食にとろみ剤を付与した場合の物性特性と嗜好性について以下のように報告している⁵⁻⁸⁾。とろみ剤の粘弾性は、きざみ食にまとまりを与え、嗜好性に影響を与えると述べている。また、きざみ食の嗜好性を高め、食べやすく、飲み込みやすくするとろみ剤の濃度は、高齢者と若年者では異なることを報告している。また、高齢者の場合、歯の状態によっては、噛みやすさは試料の大きさにより異なる影響を受けると述べている。混合系とろみ剤を用いた研究では、レオロジー特性が高齢者にとってきざみ食を飲み込みやすくすることを示している。また、高齢者パネルの歯の状態が、きざみ食の咀嚼回数および咀嚼時間に影響を及ぼしたと報告している。

毎日の食事は大きな楽しみであり、安全でおいしく食べられることが QOL の維持向上に繋がると考えられる。

とろみ調整食品は、嚥下機能低下から起こる誤嚥を防止するために、流動状食品や飲料などの飲み込みにくい食べ物に粘性（とろみ）を付けることにより、テクスチャーを改良することを目的としている。例えば、お茶を飲む時にむせる患者には、とろみ調整食品を振り入れて、粘性を付けることにより、むせずにスムーズに飲み込むことができる。

病院や介護施設で一般的に提供されているペースト食（ミキサー食）は、「色々な材料の味が混ざってしまい、本来の料理の味でなくなる」、「ドロドロ状で見た目や食感が悪く食べにくい」などの問題点が挙げられてきた。近年、ゼリー状食品は、嚥下および咀嚼障害のある患者に使用されており、ゼラチンや寒天以外のゲル化剤が臨床現場において利用されている。

また、病院や介護施設で提供される普通食などの食事は、きざみ食やミキサー食と比較すると外観、味、食感のすべてにおいて優れているといわれている。しかし、食肉および魚肉は良質なタンパク質の供給源であるが、咀嚼機能が低下した高齢者では、硬く、咀嚼しにくいテクスチャーであることが知られており、食べにくい食品の一つになっている。実際に病院や介護施設で普通食などに使用されている食肉は硬く、パサつきが強い食材が多く、食べにくいのが現状である。

現在、嚥下調整食や咀嚼機能低下した人の食事および料理についての報告や、その材料となるゲル化剤やとろみ調整食品の報告は数多く見られる。また、食品および料理などの物性評価をクリープメータで測定しており、この測定機は高価で簡便に測定することはできない。しかし、簡便な方法で物性評価できる先行研究はこれまでに少なく、市販ゲル化剤の成分や組成および配合などが明確にされている報告はほとんどなく、市販ゲル化剤を用いて食品ゼリーを作製

し、加温状態にしたゼリー食の研究はない。また、市販食品品質改良剤を用いた軟化処理と加熱条件の違いによる物性の影響を比較した研究も見られない。

そこで、本研究は、①針入式簡易粘度計の有用性の検討および飲み込みやすい市販とろみ調整食品溶液を比較検討する。②異なる成分の市販ゲル化剤の成分や組成を明確にし、それらを用いて作製したゼリーの特徴について比較検討する。③市販ゲル化剤を用いて作製した食品ゼリーを加温状態にした時の物性の安定性と嗜好性について比較検討する。④市販食品品質改良剤による軟化処理と加熱条件の違いによる物性、嗜好性、咀嚼性について比較検討する。以上の①～④を目的とした。

すなわち、第1章では、簡便な粘度測定機器を使用し、9種類のキサンタンガム系の市販とろみ調整食品を用いて作製した試料の粘性について比較検討した⁹⁾。若年健常者を対象にほうじ茶に添加し、官能評価を試みた。次に、試料に塩分を添加（だし醤油）した場合の粘性の変化について検討し、この試料を用いて若年健常者に官能評価を行なった。また、簡便な粘度測定機器の有用性についても検討を試みた。

また、第2章では、3種類の市販ゲル化剤を用いて調製し、牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶の5種類の食品をゼリー状に固め、テクスチャー特性について検討するとともに、この5種類の食品をゼリーにした時の市販ゲル化剤の特徴についても分析した。また、若年者および健常高齢者に官能評価を行い、比較検討を行うとともにテクスチャー特性と官能評価の関連性についても検討した¹⁰⁾。

次に、市販ゲル化剤の種類と濃度および加温温度の影響についてテクスチャー特性と官能評価の関連性から検討した¹¹⁾。2種の市販ゲル化剤を用いて調製し、里芋、ほうれん草、鮭ペーストに溶解および冷却し、ゼリー状に固め、設定温度を常温および加温した温度で比較検討した。

さらに、第3章では、食肉・魚肉品質改良剤製剤を用いて、食肉および魚肉を軟化させることを試みた。短時間で簡単に調理ができ、食べやすく、美味しい調理法の検討として、一般家庭や病院などで使用されている普通鍋と圧力鍋を用いて、軟化処理の有無と加熱条件の違いによる食肉および魚肉の物性への影響について比較検討した。また、若年者と高齢者による嗜好性および筋電図による咀嚼性との関連についても比較検討を行なった。

第1章から第3章における医療現場や介護施設での針入式簡易粘度計の測定方法や市販とろみ調整食品、ゲル化剤、食品品質改良剤の活用方法について総合考察した。

第1章

針入式簡易粘度計を用いた市販各種とろみ調整食品の 粘性比較と官能評価および塩分添加の影響

1. 緒言

わが国では今世紀半ばには、65歳以上人口が全人口の1/3を占める勢いで、現在、少子高齢社会が急速に進行している。加齢や疾病、特に、脳血管障害の急性期にはその3割が嚥下障害を呈する。嚥下機能の低下は誤嚥性肺炎や脱水など、生命に関わる危険性が高いため、医療や福祉の現場では、摂食・嚥下障害のある人に対して、経腸栄養や静脈栄養が適用される場合が多い。近年、食形態の工夫や摂食訓練により、少しでも経口摂取ができるように変化してきており、口から食べることは日常生活において、単に栄養素を補給するためだけでなく、心理的・社会的意義においても食べる楽しみは必要不可欠なことである。特に、わが国は超高齢社会を控え、「いかにして健康な生活を営むか」が重要であり、その基本は食生活にあるといっても過言ではない。

加齢や疾患に伴って咀嚼・嚥下などの生理機能が低下すると、食品に求められる特性は、栄養価・味・生体調節機能に加えて、食べやすさの要因であるテクスチャー特性が重要となってくる¹²⁾。しかし、摂食・嚥下障害のある人が経口摂取できる食形態は、ゼリー食品やペースト食などの限定された調理形態となり、水やお茶のような液状食品や飲料はそのままの状態では、誤嚥の危険性が高いとされている。最近では、液状食品や飲料に添加するだけで粘度が得られるとろみ調整食品が市販されており、嚥下障害を持つ患者の食事である嚥下食に欠かせないものになっている。

とろみ調整食品は、誤嚥を防止するために、流動状食品や飲料などの飲み込みにくい食べ物に粘性（とろみ）を付けることにより、テクスチャーを改良することを目的としている¹³⁾。例えば、お茶を飲む時にむせる患者には、とろみ調整食品を振り入れて、粘性を付けることにより、むせずにスムーズに飲み込むことができる。また、きざみ食などのように口の中でバラバラになるような形態の食事にも、とろみ調整食品を用いて粘性を加えることにより、まとまって飲み込むことができるようになる。しかし、医療や介護福祉施設などの現場において、どのとろみ剤が適切な粘性を示し、飲み込みやすいか検討されずに、使用されているのが現状であり、どの程度のとろみの粘度が摂食・嚥下障害がある対象者に対して有効であるかを明確にする必要がある。

とろみ調整食品に必要とされる機能は、(1)「ダマ」になりにくく、常温で容易に分散、溶解すること (2) 実用的な粘度の発現が早く、経時的变化が少ないこと (3) 食品の成分に関係なく、安定した粘度を発現すること (4) 付着性が小さく、保形性（食塊形成性）が高いこと (5) 食品の嗜好性（味や外観）を損なわないことなどが挙げられる¹⁴⁾。

また、キサンタンガムは耐酸性、耐塩性、耐熱性、耐凍結解凍性を示し、溶液に高濃度の食塩を添加したり、低 pH に調整したり、レトルト殺菌のような強い加熱を施した場合においても、グアーガムなどの他の増粘多糖類と比較して、その粘度・粘性に大きな変化が少ないという報告がある¹⁵⁾。現在、市販されているとろみ調整食品は 20 種類以上（ゲル化・固形化目的も含めると数十種類ともいわれている）に及んでおり、キサンタンガムを主原料とした商品が主流となってきている。キサンタンガム系は、上記のとろみ調整食品に必要とされる機能を満たしている製品が多く、各メーカーは摂食・嚥下障害のある対象者に適用しやすい商品の開発に力を注いでいることがうかがわれる。

また、病院および介護施設では、市販とろみ調整食品を用いて、料理や食品、水分などに溶解して粘度を調整し、患者に提供している。しかし、実際に調理師などが厨房内で調理を行う場合、感覚的にとろみを付ける場合が多いことから、毎回、均一で適正な粘性であるとはいいいがたい。また、患者個人ごとの障害の度合いによっても粘性を区別することが本来は重要であるといえる。一般的に物性の測定は、クリープメーターや B 型粘度計を使用するが、そのような機器を病院や介護施設で利用することは難しい。そこで、簡単に粘性を測定できる粘度計が必要であると考えられる。簡便な方法で物性評価できる先行研究として、LST 法（Line Spread Test の略、中央に同心円の描かれたシートの中心部分に規定量の試料を用いて、その広がり方と大きさを粘性の指標とする方法）、傾斜法などが開発されている¹⁶⁻¹⁹⁾。

今回、市販されている 9 種類のキサンタンガム系のとろみ調整食品（2007 年時点）について粘性を比較検討し、さらに、健常者を対象にほうじ茶に添加し、官能評価を行い、「飲み込み特性」について検討した。また、とろみ調整食品の主原料であるキサンタンガム試料に塩分を添加した場合、粘性の低下が少ないと報告されている¹⁵⁾。そこで、9 種類のキサンタンガム系のとろみ調整食品を用いて調整した試料に塩分を添加（だし醤油）した場合、粘性にどのような影響があるかについて検討した。また、健常者を対象にだし醤油溶液にとろみ調整食品を溶解し、調整した試料における「飲み込み特性」についても検討した。

本研究では簡便な粘度測定機器の有用性の検討も目的の 1 つとしており、明治乳業と大阪市立大学の西成勝好教授が共同で考案し、井元製作所が製作した

「針入式簡易粘度計」を用い粘性の指標とした。電源や圧縮空気等の動力源が不要で、小型・軽量という特長を有し、かつ粘度測定方式として広く用いられている「針入式」を採用している点が従来の LST 法、傾斜法に比べて有用と判断したものである。

2. 方法

(3) 試料

トロメリン Hi ((株) 三和化学研究所)、ソフティア (ニュートリー (株))、とろみファイン (キューピー (株))、トロミパーフェクト (日清サイエンス (株))、トロメイク SP (明治乳業 (株))、つるりんこ ((株) クリニコ)、トロメリン S ((株) 三和化学研究所)、ネオハイトロミール ((株) フードケア)、トロミクリア (ヘルシーフード (株)) の主原料がキサンタンガムであることをメーカーに確認した 9 種類のとろみ調整食品を試料とし、それぞれを A、B、C、D、E、F、G、H、I とした。(表 1)

市販とろみ調整食品の成分に関しては、表 1 に示すとおりであるが各原料の配合割合については、各製品のパンフレットに記載がないため、不明である。また、表 1 の記載分量はポタージュ状およびヨーグルト状の濃度にするために、100ml の水などの液体に加えるパンフレットの指示量を示している。

(2) 試料調整方法

実験 1 では、各製品のパンフレットの指示にある 3 段階の中で最も低粘度になるとされている濃度 (ポタージュ状) に溶解したものを試料とした。各とろみ調整食品の指示量を 20℃のイオン交換水 100ml に添加し、攪拌機 (プロペラ型、直径 4cm) で 500rpm × 2 分間攪拌を行い各試料の粘性を均一にした。

実験 2 では、各製品のパンフレットの指示にある 3 段階の中で真ん中の粘度になるとされている濃度 (ヨーグルト状) に溶解したものを試料とした。各とろみ調整食品の指示量を 20℃のイオン交換水 100ml (塩分添加なし) と 20℃のイオン交換水 90ml に市販だし醤油であるキッコーマン本だしを 10ml (塩分 1 g 相当) 入れたもの (以後、塩分添加と記す) に添加し、攪拌機 (プロペラ型、直径 4cm) で 500rpm × 2 分間攪拌を行い各試料の粘性を均一にした。

(3) 測定装置と測定方法

測定は、針入式簡易粘度計を用いた。この簡易粘度計を用いて各市販トロミ調整食品をイオン交換水で溶解して、トールビーカーに入れ、先端に円錐治具を取り付けた樹脂棒を落下させ、支持棒の先端が、ガイドの「赤ライン」に達

するまでの時間を計測した。攪拌終了後の試料の粘性の測定は、15 分、30 分、60 分後の落下時間とした（図 1）。円錐治具は直径 6、8、10、12mm の 4 種類（図 2）あり、落下時間が長いほど、粘度が高いことを表している。また、円錐治具は直径が大きいほど試料との抵抗力が大きくなるため、落下時間は遅くなる。攪拌終了 15 分、30 分、60 分後の各試料の粘性の指標として、治具の落下時間を測定した。測定は 3 回実施し、その平均値を用いた。

（４）とろみ調整食品に関する官能評価

沸騰させたイオン交換水を用いて、ほうじ茶を作成し、測定した粘性（落下時間）を強度別の 3 つの区分に分類した。その中から E、H、I の 3 種類を選び、冷却したほうじ茶にこれらを溶解し、攪拌機を用いて、粘性の測定時と同様な試料調製方法でテスト当日に官能検査用試料を作成した。また、各試料は調製後、30～60 分位、温度は $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ でパネリストに提供し、嗜好評価を行った。

官能検査のパネリスト（評価者）は、栄養士養成施設女子学生 32 名（平均年齢 27.2 ± 6.4 歳）とした。パネリストは、高齢者など嚥下機能が低下した人を対象とするのが本来の目的からは妥当であるが、誤嚥の危険性や感度のことを考慮して、健常者とした。

次に、沸騰したイオン交換水にだし醤油を添加して、だし醤油溶液を作成し、前実験同様に測定した粘性（落下時間）を強度別の 3 つの区分に分類した。その中から E：トロメイク SP、H：ネオハイトロミールとル、I：トロミクリアの 3 種類を選び、冷却しただし醤油溶液にこれらを添加し、攪拌機を用いて、粘性の測定時と同様の試料調製方法でテスト当日に官能検査用試料を作成した。また、各試料は調製後、30～60 分間に温度は $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ でパネリストに提供し、嗜好評価を行った。

官能検査のパネリストは、栄養士養成施設女子大学生 28 名（平均年齢 20.8 ± 0.5 歳）とした。

ほうじ茶試料およびだし醤油試料とも 30 g ずつプラスチック製カップに入れ、色シールを貼って区別した。シール色と呈示順序がランダムになるように組み合わせた 3 種類の試料を各パネルに摂取してもらった。また、次の試料を評価する前に水道水でうがいを行い、口中の試料の残留を除去した。

評価項目は「舌触りのなめらかさ」、「風味」、「べたつき感」、「飲み込みやすさ」、「口中における残留感」及び「総合評価（好ましさ）」の 6 項目とした。評価基準は、舌触りのなめらかさについて + 2：非常になめらか \longleftrightarrow - 2：非常にざらつく、同様に、風味については + 2：非常に風味がよい \longleftrightarrow - 2：非常に風味が悪い、べたつき感については + 2：非常にさらりとしている \longleftrightarrow - 2：非常にべたつく、飲み込みやすさは + 2：非常に飲み込みやすい \longleftrightarrow - 2：非

常に飲み込みにくい、口中における残留感は+2：非常に残留感が少ない←→
-2：非常に残留感が多い、総合評価については+2：非常に好ましい←→-
2：非常に好ましくないとして、各項目につき5段階基準を設定した。

（５）統計処理

嗜好性の評価としての統計処理は、クラスカル・ウォリス検定を行い、その後、ウィルコクソンの順位和検定を用いて、有意差検定を行った。有意水準は $p < 0.05$ および $p < 0.01$ とした。また、ほうじ茶試料と塩分添加試料の嗜好性の評価の平均値の差について、 t 検定を行った。塩分添加なし試料（ヨーグルト状）と塩分添加試料の粘性の平均値の差についても t 検定を行った。

（６）倫理的配慮

研究参加者には、研究目的や方法、参加は個人の自由意志であることを説明し、書面による同意を得た。研究参加者の情報はすべて ID 番号で管理し、個人が特定できないように配慮した。尚、官能評価の実施前にパネリストにこの研究の目的ととろみ調整食品の安全性について 30 分程度の説明を行い、同意の得られたもののみが参加した。

3. 結果

（１）市販とろみ調整食品の粘性の強度別分類と経時変化の特性

1) 各製品のパンフレットの指示にある3段階の中で最も低粘度になるとされている濃度（ポタージュ状）に溶解した場合

円錐治具の落下時間は、図3に示すとおりである。試料の粘性の強度が小さい順に 1) A：トロメリン Hi、B：ソフティア、C：とろみファイン、D：トロミパーフェクト、E：トロメイク SP、2) F：つるりんこ、G：トロメリン S、H：ネオハイトロミール、3) I：トロミクリアの3つのグループに分類した。15、30、60 分の粘性の経時変化においては、とろみ調整食品間での粘性の順位は変化がないが、時間ごとに粘性が増加を示す傾向があるものは A、G、I であった。著しい変化がなく、安定した傾向を示すものは B、C、D、E、F であった。また、粘性が低い試料が経時的に安定であった。

2) 各製品のパンフレットの指示にある3段階の中で真ん中の粘度になるとされている濃度（ヨーグルト状）に溶解した場合

塩分添加なしの試料では直径 8mm での治具の落下時間は図4に示すとおりである。とろみ調整食品をポタージュ状に溶解した試料とヨーグルト状のもの

(塩分添加なし) とでは、異なる粘性強度の順を示した。

試料 H の落下時間は 600 秒以上になったため、これ以上の測定が不可能と判断した。

3) 塩分を添加してヨーグルト状濃度に溶解した場合

塩分添加試料の直径 8mm および 10mm での治具の落下時間は、図 5 に示すとおりである。塩分添加試料のとろみ調整食品の粘性の強度が小さい順に 1) B: ソフティア、G: トロメリン S、A: トロメリン Hi、E: トロメイク SP、F: つるりんこ、2) D: トロミパーフェクト、C: とろみファイン、I: トロミクリア、3) H: ネオハイトロミールの 3 つのグループに分類した。

とろみ調整食品に塩分を添加した場合、無添加と比較し、15、30、60 分後いずれにおいても試料 C を除く、全ての試料で治具の落下時間が著しく短縮し、有意に ($p < 0.05$) 粘性の低下を示した。粘性低下を示した塩分添加試料の中で、H は 60 分後の落下時間がその他のものと比較して、低下した割合は小さかった。

10mm 治具、試料 H の落下時間は 600 秒以上になったため、これ以上の測定が不可能と判断した。

(2) 官能評価

ほうじ茶試料 (ポタージュ状の濃度) での官能評価で得られた各特性に対する評価点の平均値ととろみ調整食品の全試料間の有意差検定結果を図 6 に示した。「舌触りのなめらかさ」、「べたつき感」、「飲み込みやすさ」、「口中における残留感」、および「総合評価 (好ましさ)」の評価項目において、とろみ調整食品間に有意な特性の差が認められた。また、各試料間において「舌触りのなめらかさ」では、試料 E は H、I よりも、試料 H は I よりも有意に舌触りがなめらかと評価された。次に、「べたつき感」についても、試料 E は H、I よりも試料 H は I よりも有意にべたつき感が少ないと評価された。「飲み込みやすさ」については、試料 E は H、I よりも有意に飲み込みやすいと評価された。また、「口中における残留感」についても、試料 E は H、I よりも有意に口中における残留感が少ないと評価された。最後に、「総合評価 (好ましさ)」は、試料 E は H、I よりも、試料 H は I よりも有意に好ましいと評価された。

次に、塩分添加試料での官能評価で得られた各特性に対する評価点の平均値ととろみ調整食品の全試料間の有意差検定結果を図 6 に示した。「舌触りのなめらかさ」、「べたつき感」、「飲み込みやすさ」、「口中における残留感」、および「総合評価 (好ましさ)」の評価項目において、とろみ調整食品間に有意な特性の差が認められた。また、各試料間において「舌触りのなめらかさ」、「べたつき感」、「総合評価 (好ましさ)」の項目で、試料 E は H、I よりも有意な差が認められた。また、「飲み込みやすさ」では、試料 E は H よりも有意に飲みやすく、「口

中における残留感」では、試料 E は I よりも有意に残留感が少ないと評価された。

官能評価で用いたほうじ茶試料と塩分添加試料の各特性における有意差は、「舌触りのなめらかさ」の評価項目では、試料 E と H 間において有意差が認められた。また、「べたつき感」では試料 I、「飲み込みやすさ」では試料 E および試料 H、「口中における残留感」では試料 E 間で有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

図 7 にほうじ茶試料（ポタージュ状の濃度）および塩分添加試料（ヨーグルト状の濃度）の各官能評価項目の平均値と試料調整 60 分後の 8mm 治具の落下時間との関連性を示した。ほうじ茶試料では、8mm 治具において落下時間が短い（粘性が低い）とろみ調整食品試料ほど官能評価の平均値は高い傾向が認められた。また、塩分添加試料では、ほうじ茶試料ほど顕著ではないが、8mm 治具において落下時間が短い（粘性が低い）とろみ調整食品試料ほど官能評価の平均値は高い傾向が認められた。

塩分添加によって粘性低下が認められたため、とろみ調整食品の添加量を増やし（約 1.5～2 倍）、ヨーグルト状となるように調整を試みたが、それでも塩分無添加のほうじ茶のポタージュ状に調製した場合に比べて、低粘度となった。

4. 考察

（1）針入式簡易粘度計を用いた物性測定

針入式簡易粘度計による落下時間と粘性との関連の有意性については、先行研究において報告がある²⁰⁾²¹⁾。簡易粘度計を用いて、粘性の強度の分析は可能と考えられる。

この針入式簡易粘度計の長所は操作が簡単で小型・軽量のため、持ち運びが便利でどこでも測定が可能であり、粘性の目安がすぐに判断できることが挙げられる。また、反対に短所は粘性が非常に大きい試料では治具の落下が不可能になり、測定することができなくなる場合や逆に粘性が非常に小さい場合は治具の落下速度が極端に速くなり、測定するのが難しくなることが挙げられる。しかし、治具の大きさ、重さを変えれば対応可能と考える。

今回の研究では、この簡易粘度計を用いて、キサンタンガム系の市販とろみ調整食品試料の粘性（落下時間）の比較および官能評価を行った。

これまでの先行研究では、市販されているとろみ調整食品試料を用いた粘稠な液状食品の力学的特性と官能評価による飲み込み特性の関係について検討している²²⁻²⁸⁾。これらの研究は、澱粉系試料、グアーガム系試料および、これらの混合試料を水溶液に加えて、液状、ヨーグルト状、ペースト状、ムース状に

した食品を力学的特性（テクスチャー特性）である硬さ、凝集性、付着エネルギーや降伏応力、動的粘弾性の測定と官能評価を行い、これらの形状の食品での各とろみ調整食品別の飲み込みやすさについて検討している。

従来の研究において、ゲル状食品は圧縮速度の増加に伴い、硬さが増加することが報告されている²⁹⁾。澱粉系及びグアーガム系試料を用いた粘稠な液状食品では、テクスチャー特性の応力の圧縮速度依存性が飲み込みやすさに関与し、硬さは圧縮依存性を示し、粘度は回転数依存性を表しており、硬さの圧縮速度依存指数が小さく、粘度の回転依存指数が低いほど飲み込み特性が優れていることを報告している²⁷⁾。ここではB型回転粘度計を速く回すと回転数が大きくなり、粘度は小さくなる。また、B型回転粘度計をゆっくり回すと回転数は小さくなり、粘度は大きくなる。また、圧縮速度を変化させ、テクスチャー特性の応力と付着エネルギー間に高い正の相関が認められるということも示している²³⁾。本研究での簡易粘度計の場合においては、12mmの治具ではゆっくり落下するが、6mmの治具では速く落下することを表している。治具を複数活用することで、試料の圧縮速度依存性や回転数依存性などの有無や程度を知る手がかりとなると考えられる。治具の大きさ、重さを系統的に変えれば、B型回転粘度計の回転数を変える場合に対応させることは可能である。

ポタージュ状に調整した試料において、簡易粘度計の治具4種類(6～12mm)の試料A～Iの経時変化ごとの粘性は同じ傾向を示している。また、治具4種類(6～12mm)とも試料A～Iはそれぞれの粘性に差があることが認められた。このことは、簡易粘度計の先行研究と同様に粘性の分析に有用と考えられる。

主原料がキサンタンガムであるとろみ調整食品に塩分を添加した場合、著しい粘性の低下が認められた。先行研究では、蒸留水と0.8、2、3%食塩水に澱粉系のとろみ調整食品を溶解した場合、蒸留水よりも塩分濃度が増加するとともに粘性の低下を示し、澱粉系のとろみ調整食品試料は外的要因である温度、酸、その他の食品、唾液などが加わると粘性が低下することを示している³⁰⁾。今回の研究でも、試料C、H以外の試料において、塩分を添加すると著しい粘性の低下を示した。キサンタンガム系とろみ調整食品試料の粘性の低下は主原料のキサンタンガムの特徴として、塩分添加の常温及び冷却した溶液には水和しにくい性質があり、塩分添加の加熱した溶液にキサンタンガムを添加する場合やキサンタンガムを添加した溶液を加熱する場合は、溶解性を示し、粘性の低下は小さいとの報告がある³¹⁾。また、試料C、Hの粘性の低下が認められない、または少ないのは、常温で塩分を加えた時に離水を防止する成分が含まれていると推測することができる。外的要因である温度変化や塩分、酸などが加わるとキサンタンガム系を含むほとんどのとろみ調整食品の粘性は変化することになる。そこで、摂食・嚥下機能障害がある対象者に応じた適切な粘性を把握す

るためには外的要因である温度変化や塩分、酸などが加わった場合まで考慮することが重要である。そのためには、どの程度の粘性であるか確認ができ、簡単に粘性を測定できる器具が必要となる。今後、医療、介護施設に今回の研究に用いた簡易粘度計を設置し、摂食・嚥下機能障害がある対象者に対して正確な粘性を測定することにより、嚥下機能障害に応じた適切な粘性をもつ料理を提案することが重要であると考ええる。今回の針入式簡易粘度計は、測定操作が簡単で粘性強度について正確に測定できるため、とろみの粘性の目安を把握するためには、有効であると考えられる。

また、市販とろみ調整食品の各製品パンフレットの指示に従って、ヨーグルト状に調製したにも関わらず、それらの粘度を比較することにより、ポタージュ状よりもはるかに大きな差があることが確認された。現在、日本介護食品協議会では、「とろみの目安」を設定し、「とろみの目安表示」の統一化をすすめている。今後、各メーカーは、市販とろみ調整食品の改良を行い、実用的に使用できる製品の開発の取り組みだけでなく、この「とろみの目安表示」に沿った各製品のパンフレットの指示量と粘性を作成することが重要であると考ええる。

（２）官能評価

先行研究では²³⁾、飲料４種類（水、牛乳、ジョース、すまし汁）に市販とろみ調整食品を添加し、ヨーグルト状の硬さに調整して、健常者を対象に官能評価を行った。その結果、舌触りのなめらかさはとろみ調整食品を添加した飲料の種類で異なったが、いずれの飲料においても、グアーガム系試料が澱粉系試料に比べ、べたつき感があり、飲み込みにくく、口中の残留感があると報告している。以上のことから、澱粉系試料はグアーガム系試料に比べ、プレーンヨーグルト程度の硬さを有する粘稠な試料では、飲み込み特性が優れていることを示している²³⁾。しかし、プレーンヨーグルト状の硬さであれば比較的口腔内に滞留する時間も長いため、唾液中の酵素の影響も受けやすいと考えられる。

とろみ調整食品を使用したほうじ茶の官能評価は先行研究にもみられる。とろみ調整食品（澱粉系）を使用した温度が異なったほうじ茶試料の比較研究では³²⁾、60℃のほうじ茶は常温に近い30℃のものより飲み込みやすく、おいしさにおいても同様であると報告されている。これは温度の異なる「ほうじ茶試料」がとろみ調整食品の添加量が一定の場合、温度が低いほど高粘度を呈するためであると考えられる。また、ほうじ茶を使用した澱粉系試料での粘度の違いによる比較研究では、濃度が0、3、5％の場合、「飲み込みやすさ」、「総合評価」などの評価項目において、粘度が高いほどおいしさが損なわれるということが示されている³³⁾。

本研究では、官能評価結果から、健常者ではほうじ茶の場合には、キサンタ

ンガム系試料の粘性が低いほど飲み込みやすく、好まれる結果となった。また、8mm 治具での落下時間と各官能評価項目間には、落下時間が小さい（粘性が低い）試料ほど官能評価は高い傾向を示した。このことにおいても粘性が低いほうじ茶の方が飲み込みやすいことを示すことができた。

次に、ほうじ茶試料の官能評価結果では、「舌触りのなめらかさ」、「風味」、「べたつき感」、「飲み込みやすさ」、「口中における残留感」および「総合評価（好ましき）」のすべての評価項目において、いずれもとろみ調整食品間に特性の差が認められた。また、塩分添加試料の場合でも、同様の評価項目において、とろみ調整食品間に特性の差が認められた。健常者はほうじ茶の場合では、とろみ調整食品の粘性が低いほど飲み込みやすく、好まれることが明らかとなった。しかし、塩分の添加により、試料 C、H を除いて、著しい粘性の低下を示した。この粘性の低下が、とろみ調整食品間の粘性の差を小さくし、評価することが難しくなったと考えられた。そのため、ほうじ茶試料の場合、粘性が最も大きい試料 I がすべての評価項目において一番低い評価を得たが、塩分添加試料では、最も粘性が大きい試料 H が同様の結果とはならなかった。また、試料 I の 30 分後と 60 分後の落下時間（粘性）では著しい粘性の差がみられた。パネリストに試料を提供するのは試料調整後、30～60 分後になるため、この粘性の差が評価を難しくしたことも考えられた。

また、とろみ調整食品の主原料であるキサンタンガムのみを使用した薄口醤油で味付けしたキザミ食に添加した研究では、次のように示されている^{5,7)}。同粘度のキサンタンガム、グアーガム、ローストビーンガムを付与したきざみ食の嗜好特性については、若年者パネルによる官能評価では、キサンタンガム、グアーガムを付与したきざみ食は、ローカストビーンガムを付与したきざみ食に比べ、飲み込みやすいと評価されたが、高齢者パネルでは、この 3 種類のすべてにおいて、飲み込みやすく総合評価で好ましいと評価される傾向を示した⁵⁾。また、同様の味付けのきざみ食で、キサンタンガム濃度を 0.6、1.2、2.0% とした嗜好特性についての官能評価より検討している。若年者パネルでは、0.6% キサンタンガムを添加したきざみ食は、きざみ食だけの場合に比べ、飲みやすく、総合評価において良い評価を得ている。しかし、2.0% キサンタンガムは、飲み込みにくく、総合評価で好ましくないと評価されている。高齢者パネルでは、いずれの濃度のキサンタンガムを添加したきざみ食の場合も飲み込みやすく、食べやすく、総合的な好ましきにおいて、無添加のきざみ食に比べてよい評価が得られたと報告している⁶⁾。健常者では、きざみ食においても粘性が低い方が飲み込みやすく、好まれることが考えられる。しかし、「飲み込みやすいこと」と「安全に飲み込めること」は異なるという点は認識する必要がある。今後、健常者だけでなく、高齢者や摂食・嚥下機能障害がある対象者についての

研究も必要である。

摂食・嚥下障害がある対象者に対して、歯科医師などが嚥下機能の状態を VE、VF 検査などから評価し、経口摂取できる食事形態を把握することが必要である。しかし、摂食・嚥下障害の度合いは個人差があり、とろみが付いた食事がすべての対象者に当てはまる訳ではない。しかし、とろみの粘性を測定し、分析することで、摂食・嚥下障害の状態に応じたとろみの目安を設定することが必要である。この目安の粘性に調整することが「飲み込みやすい粘性」となる。

また、誤嚥などの障害を防ぐためにとろみ調整食品などを使用して、とろみを付けた調理形態にすることが重要とされている。しかし、とろみを付けるだけで、とろみの粘性の強弱まで考慮されていないのが現状であり、どの程度のとろみの粘度が摂食・嚥下障害の対象者に対して有効であるかわかっていない。また、「飲み込みやすい正確な粘性」に関しても現在のところ、研究報告は少ない。本研究により、とろみ調整食品の粘性は著しい差があることが確認された。

「飲み込みやすい粘性」は食材によって、検討する必要がある、針入式簡易粘度計は、とろみ調整食品の粘度の確認に有効であった。今回の研究を含めて、準備期、口腔期、咽頭期、食道期の各段階の摂食・嚥下機能障害に応じた適切な粘性を対象者に処方することが「飲み込みやすい粘性」のみならず、適切な硬さ、凝集性などの要因について、検討が必要と考える。

5. 結語

キサンタンガム系のとろみ調整食品は使用する調味料や食材により、粘性が異なることが示唆された。また、とろみ調整食品の使用には、主原料による分類に従うだけでなく、同じ主原料を用いる場合でも、製品ごとの物性の比較に基づく必要がある、今後、対象者の摂食・嚥下機能状態ととろみ調整食品の物性との関係を検討し、とろみ調整食品を用いて最適な粘性を調整するための規準を構築する必要があると考えられた。

第2章－1

市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性および官能評価

1. 緒言

加齢や疾患に伴って咀嚼・嚥下などの生理機能が低下すると、食品に求められる特性は、栄養価・味・生体調節機能に加えて、食べやすさの要因であるテクスチャー特性が重要となり、咀嚼・嚥下障害のある人が「安全に」、「おいしく」食べられることが必要とされる。そのためのテクスチャー特性としては、「やわらかいこと」、「べたつき感が少ないこと」、「飲み込みやすいこと」などが報告されている³⁴⁾³⁵⁾。機械的なテクスチャー測定から求められる「硬さ」、「凝集性」、「付着エネルギー」などの力学的物性値は、口腔内や飲み込みにおける感覚から求められる官能評価と対応していることが明確になっている²³⁾。

病院や施設などでは、咀嚼・嚥下障害のある人が経口摂取できるようにゼリー状食品やミキサー食、とろみ食などの様々な食事形態を工夫し、提供している。しかし、医療や福祉の現場で一般的に提供されているペースト食（ミキサー食）は、「色々な材料の味が混ざってしまい、本来の料理の味でなくなる」、「ドロドロ状で見た目や食感が悪く食べにくい」などの問題点が挙げられてきた。しかし、最近では医療や福祉の現場において、市販ゲル化剤を用いた「ミキサー固形食」、「ミキサーゼリー食」という形態の食事を提供している施設が増加してきている。

ゼリー状食品は、摂食・嚥下障害者によく使用されている。特に、ゼラチンゼリーは嚥下開始食などとして広く使用されてきた。しかし、長く口腔や咽頭に貯留すると体温により融解する恐れがあり³⁶⁾³⁷⁾、重度の摂食・嚥下障害患者への適用には一定の注意が必要である。

近年、ゼラチンや寒天以外のゲル化剤は臨床現場において利用されている。しかし、この市販ゲル化剤においては、成分や組成および配合などが明確にされておらず、利用者側である臨床現場において、これらの情報は重要なことと考えられる。

そこで、本研究では、3種類の市販ゲル化剤を用いて、牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶の5種類の食品をゼリー状に固め、テクスチャー特性について検討するとともに、この5種類の食品をゼリーにした時の市販ゲル化剤の特徴についても分析した。また、若年者および健常高齢者に官能評価を行い、比較検討を行うとともにテクスチャー特性と官能評価の関連性についても検討

した。

2. 実験方法

(1) 試料

試料には、牛乳ゼリー、味噌汁ゼリー、粥ゼリー、オレンジジュースゼリー、緑茶ゼリーを用いた。ゼリー化する材料として、実際に医療および福祉施設で使用されている 3 種類の市販ゲル化剤であるゲル化剤 A、ゲル化剤 B、ゲル化剤 C（以下、A、B、C と示す。）を用いた。一般に、食品であるゲル化剤以外にゼリー食調製食品、ゼリー化補助食品、ゲル化調製食品などの名称が用いられている。ここでは、ゲル化剤という名称を用いることとする。溶媒には、牛乳（明治おいしい牛乳：明治乳業（株））、味噌汁（液体味噌料亭の味：マルコメ食品（株））、お粥（白がゆ：味の素（株））、オレンジジュース（ポンジュース：（株）えひめ飲料）、緑茶（お〜いお茶緑茶：（株）伊藤園）を用いた。

市販ゲル化剤の成分に関しては、表 2 に示すとおりであるが各原料の配合割合については、各製品のパンフレットに記載がないため、不明である。また、表 3 の記載分量は 100ml の水などの液体に加えるパンフレットの指示量を示している。

(2) 試料調製方法

牛乳ゼリー、オレンジジュースゼリー、緑茶ゼリーの調製は、牛乳、オレンジジュース、緑茶 300ml をビーカーに入れて加熱し、攪拌しながら各ゲル化剤の指示量を加え、80℃に到達するまで加熱した。味噌汁ゼリーの調製はビーカーにイオン交換水 270ml と液体味噌 30ml を加えて加熱し、攪拌しながら各ゲル化剤の指示量を加え、80℃に到達するまで加熱した。粥ゼリーの調製は、ステンレス鍋に粥 240g とイオン交換水 60ml を加え加熱し、攪拌しながら各ゲル化剤の指示量を加え、80℃に到達するまで加熱した。牛乳ゼリー、味噌汁ゼリー、粥ゼリー、オレンジジュースゼリー、緑茶ゼリーのすべてにおいて、80℃に加熱したイオン交換水を蒸発量と同量を加え混合後、物性測定用である直径 40mm、高さ 10mm のシャーレに充填した。その後、室温に 10 分間静置して粗熱を取り除き、冷氣による乾燥を防ぐため、シャーレを蓋のできるステンレス製ケースに入れ、5±2℃の冷蔵庫に 2～3 時間静置した。冷蔵庫から取り出した後、20℃のインキュベーターで保管（0.5～1 時間）した。官能評価用試料は各 10g をプラスチックカップに注ぎ、蓋をし、同条件下で保管した。

(3) 力学的物性評価

物性の測定には、クリープメーター（RE3305：山電（株））を用いた。直径 40mm、高さ 15mm のシャーレに厚さ 10mm の試料を充填し、直径 16mm のアクリル樹脂製プランジャーを用いて、クリアランス 5mm、圧縮速度 1mm/s で定速 2 回圧縮した。品温 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ で測定を行った。高橋ら³⁸⁾は、介護食の物性測定時に試料の厚さをシャーレと同じ高さにすると圧縮時に試料がシャーレからあふれ、プランジャーの上部に付着する恐れがあるため、正確な物性値を示さないことがあると述べている。そこで、本研究では、試料の厚さは 10mm、プランジャーの直径を 16mm とし、プランジャーの上部に付着することがないことを確認した。また、得られたテクスチャー曲線より、硬さ、凝集性、付着性を算定した。測定は 6 回実施し、その平均値を用いた。

（４）pH 測定

使用した食品において、pH 測定器（PH-230SD：（株）マザーツール）を用いて pH 値を 3 回測定し、その平均値を用いた。

（５）官能評価

官能評価パネルは、栄養士養成施設女子学生 37 名（平均年齢 21.5 ± 0.8 歳）及び女性健常高齢者 27 名（平均年齢 78.3 ± 6.0 歳）とした。

調製した試料ゼリーは、色シールを貼って区別した。シール色と呈示順序がランダムになるように組み合わせた各 3 試料の 5 種類を各パネルに摂取してもらった。また、次の試料を評価する前に水道水でうがいを行い、口中の試料の残留を除去した。

評価項目は「硬さ」、「べたつき感」、「口中でのまとまりやすさ」、「飲み込みやすさ」、「口中における残留感」、及び「おいしさ」の 6 項目とした。評価基準は、硬さ（+2：非常に硬い \longleftrightarrow -2：非常に軟らかい）、べたつき感（+2：非常にさらりとしている \longleftrightarrow -2：非常にべたつく）、口中でのまとまりやすさ（+2：非常にまとまりやすい \longleftrightarrow -2：非常にバラけやすい）、飲み込みやすさ（+2：非常に飲み込みやすい \longleftrightarrow -2：非常に飲み込みにくい）、口中における残留感（+2：非常に残留感が少ない \longleftrightarrow -2：非常に残留感が多い）、おいしさ（+2：非常においしい \longleftrightarrow -2：非常においしくない）として、各項目につき 5 段階の基準を設定した。

（６）統計処理

統計処理は以下のように実施し、力学的物性評価は、一元配置分散分析を行った。有意水準は $p < 0.05$ および $p < 0.01$ とした。官能評価は、クラスカル・ウォリス検定を行い、その後、マン・ホイットニーの検定を用いて、有意差検

定を行った。また、同ゲル化剤試料同士の有意差検定は、フリードマン検定を行い、その後、ウィルコクソンの順位和検定を用いた。世代ごとの有意差検定は、反復測定分散分析を行った。統計解析は SPSS (SPSS16.0J for Windows) を用いた。有意水準は $p < 0.05$ および $p < 0.01$ とした。

(7) 倫理的配慮

本研究は、「兵庫県立大学研究倫理指針」、「本学部研究倫理委員会規定」、「研究倫理委員会運営要綱」および「人を対象にした研究に関する倫理規定」に則り、本学部の倫理委員会に倫理審査を申請し承認された（承認番号 024 および 111）。研究参加者には、研究目的や方法、参加は個人の自由意志であることを説明し、書面による同意を得た。研究参加者の情報はすべて ID 番号で管理し、個人が特定できないように配慮した。尚、官能評価の実施前にパネリストにこの研究の目的と市販ゲル化剤の安全性について 30 分間程度の説明を行い、同意の得られたもののみが参加した。

3. 結果

(1) 力学的物性評価

図 8 に 3 種類の市販ゲル化剤を用いたゼリー食の硬さ、図 9 は凝集性、図 10 は付着性を示した。

1) 硬さ

牛乳および味噌汁ゼリーにおいて、C 牛乳ゼリーは A 牛乳ゼリーおよび B 牛乳ゼリーより有意に軟らかくなり、C 味噌汁ゼリーは A 味噌汁ゼリーおよび B 味噌汁ゼリーより有意に軟らかかった。粥ゼリーでは、B 粥ゼリー > A 粥ゼリー > C 粥ゼリーの順に有意に軟らかくなり、オレンジジュースゼリーでは、A オレンジジュースゼリー > B オレンジジュースゼリー > C オレンジジュースゼリーの順に有意に軟らかくなることが分かった。また、緑茶ゼリーは、B 緑茶ゼリー > A 緑茶ゼリー > C 緑茶ゼリーの順に有意に軟らかかった。

2) 凝集性

味噌汁ゼリーでは、B 味噌汁ゼリーおよび C 味噌汁ゼリーは A 味噌汁ゼリーより有意に凝集性が高く、オレンジジュースゼリーでは、C オレンジジュースゼリー > B オレンジジュースゼリー > A オレンジジュースゼリーの順に有意に低くなった。また、緑茶ゼリーでは、B 緑茶ゼリー、C 緑茶ゼリーは A 緑茶ゼリーより有意に凝集性が高かった。

3) 付着性

粥ゼリーでは、A 粥ゼリー > B 粥ゼリー > C 粥ゼリーの順に有意に低くなった。

(2) pH 測定

pH 測定の結果を示した。牛乳 6.73 ± 0.02 、味噌汁 5.45 ± 0.01 、粥 7.65 ± 0.01 、オレンジジュース 3.79 ± 0.02 、緑茶 6.30 ± 0.01 となり、オレンジジュース < 味噌汁 < 緑茶 < 牛乳 < 粥の順に pH 値が大きくなった。オレンジジュースは酸性を示した。

(3) 官能評価

栄養士養成施設女子学生と健常高齢者における世代ごとの官能評価で得られた評価点の平均値および標準偏差と有意差検定結果を表 4 に示した。おいしさを除く評価項目において世代間に有意差 ($p < 0.01$ および $p < 0.05$) は認められた。また、官能評価平均値はおいしさを除く全ての評価項目において、学生より健常高齢者の方が高値を示した。

1) 女子学生を対象とした官能評価

栄養士養成施設女子学生を対象とした牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶ゼリーでの官能評価で得られた各特性に対する評価点の平均値と各種食品ゼリーの全試料間の有意差検定結果を図 11 に示した。

粥ゼリーを除く 4 種類のゼリーにおいて、C 使用試料は A 使用試料および B 使用試料より有意に「軟らかい」、「バラけやすい」と評価され、また、牛乳ゼリー、味噌汁ゼリーおよびオレンジジュースゼリーでは、C 使用試料は A 使用試料および B 使用試料より有意に「口中における残留感が多い」と評価された。しかし、逆に、粥ゼリーでは、C 使用試料は A 使用試料および B 使用試料より有意に「べたつきにくい」、「飲み込みやすい」と評価された。

2) 健常高齢者を対象とした官能評価

次に、健常高齢者を対象とした牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶ゼリーでの官能評価で得られた各特性に対する評価点の平均値と各種食品ゼリーの全試料間の有意差検定結果を図 12 に示した。

粥ゼリーでは、C 使用試料は A 使用試料および B 使用試料より有意に「べたつかない」、「飲み込みやすい」と学生と同様な評価となった。しかし、粥ゼリー以外の 4 種類のゼリーでは、同様な評価を示さなかった。

3) 女子学生と健常高齢者の同ゼリー試料を用いた官能評価比較

次に、栄養士養成施設女子学生と健常高齢者間における同じ市販ゲル化剤 A および B および C を用いて調製したゼリー試料間での有意差検定結果を図 13、14、15 に示した。

緑茶ゼリーの A 使用試料、B 使用試料、C 使用試料間のほとんどの評価項目および緑茶ゼリーを除いた 4 種類のゼリーの「おいしさ」を除く評価項目（一部除く）において、学生より健常高齢者の方が高い評価結果となった。官能評

価の各試料間の差は、学生の方が健常高齢者より大きかった。

4. 考察

(1) 力学的特性

現在、ゲル化剤として数多く市場に存在している。海藻抽出物の寒天やカラギーナン、果物から抽出される多糖類のペクチン、微生物が発酵で産生する多糖類のキサンタンガムやジェランガム、動物性たんぱくのゼラチンなどがあり、歯ごたえのある食感からゆるい食感のものまで、消費者の嗜好に合わせて製品が開発されている³⁹⁾。臨床現場では、摂食・嚥下障害患者の食事にこのような原材料を使用した市販ゲル化剤が用いられており、調製した試料は、①適度な硬さである ②付着性が少ない ③食塊形成性に優れている ④離水が少ない（均一性が高い）ことが求められている⁴⁰⁾。これらの市販ゲル化剤の成分は不明であり、できあがりの食感は様々である。ゼラチンおよび寒天はそれらが100%主原料であり、ゼラチンゼリーは食塊性に優れているが耐熱性が劣り、寒天は耐熱性が高いが食塊性が弱いとされている。これらの欠点を改良するものとして、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤が開発されている⁴¹⁾。本研究では、ゲル化剤 A がキサンタンガム製剤の特徴を示し、また、引用文献から、今回、使用したゲル化剤 A については、キサンタンガム製剤であることが推察されている⁴²⁾。また、主原料がジェランガムであるゲル化剤も開発されている⁴¹⁾。各種ゲル化剤の特性として、ゼラチン、寒天、キサンタンガム製剤、ジェランガムなどは、それぞれ異なった性質を示す。溶解温度、凝固（ゲル化）温度、融解温度が異なり、キサンタンガム製剤はゼラチンと寒天の中間の物性であり、ジェランガムはゼラチンと同様な弾力のあるゲルを生じる⁴¹⁾。キサンタンガム製剤の原材料である増粘多糖類の成分は、ローカストビーンガムとキサンタンガムであり、それぞれ単品では増粘するのみの特性しかないが、それらを併用し、両者を加熱溶解すると良好に反応し、非常に弾力性に富んだゲルを形成することができるという報告がある⁴³⁾。また、キサンタンガムは耐酸性、耐塩性、耐熱性、耐凍結解凍性を示し、溶液に高濃度の食塩を添加したり、低 pH に調製したり、レトルト殺菌のような強い加熱を施した場合においても、グアーガムなどの他の増粘多糖類と比較して、その粘度・粘性に大きな変化が少ないという報告がある¹⁵⁾。一方、ゲル化剤の主原料に用いられているジェランガムはネイティブ型ジェランガムであり、白色で、弾力が強く、やわらかい食感のゲルを形成する。また、ゲルを冷凍・解凍しても物性の変化が小さく、離水ない性質であるという報告がある⁴⁴⁾。

今回の研究から、同一食品試料間で、物性特性の硬さにおいて、C を用いた

試料は、A および B を用いた試料より著しい低値を示した。A と B を用いて調製したすべての試料は、ゼリー状を示したが、C を用いた牛乳および味噌汁ゼリーは、ヨーグルト状となり、オレンジジュースおよび緑茶ゼリーは非常に軟らかいゼリー状を示した。また、粥ゼリーにおける物性特性の付着性において、C 粥ゼリーは A 粥ゼリー、B 粥ゼリーより著しい低値を示し、A 粥ゼリー、B 粥ゼリー、C 粥ゼリー間で大きな有意差が見られた。A、B を用いて調製したゼリーは米粒がしっかり残っていたが、C 粥ゼリーは、米粒が溶けて小さく、少量になっていた。このことから、ゲル化剤 C の表示にある酵素はデンプン分解酵素と考えられた。

以上のことから、A、B を用いて調製したゼリーは、粥ゼリーを除いて、C を用いて調製したゼリーよりも総合的に安定した物性特性を示すことから、A と B の原材料である増粘多糖類の主成分は類似しており、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤と推測できた。また、C を用いて調製した味噌汁ゼリー、オレンジジュースゼリー、緑茶ゼリーは白濁色を示したことから、C の原材料である増粘多糖類の主成分は A、B と異なることが考えられる。オレンジジュースの pH 値は酸性を示したことから、C は酸の影響を受けやすいと考えられ、C を用いて調製したオレンジジュースゼリーは非常に軟らかいゼリーとなった。これらの実験からゲル化剤 C の原材料の主成分はネイティブ型ジェランガムであることが推測できた。ネイティブ型ジェランガムは耐酸性に劣り、溶媒がカルシウムおよびナトリウムなどのカチオン類を含有する場合、溶解温度を 85～90℃以上にすることが報告されている⁴⁴⁾⁴⁵⁾。C を用いた牛乳および味噌汁ゼリーではカルシウムおよびナトリウムなどのカチオン類を含有し、そのため 80℃では溶解が不十分でゼリー状を形成しなかったことが考えられた。そこで、確認のため 90℃で加熱したところ、ゼリー状を形成することが明らかになった。これらのことから、ゲル化剤 C を用いる場合、他のゲル化剤とは異なり、使用食品によって加熱温度を変える必要があることが示された。

ある特定のゲル化剤を各製品のパンフレットの指示量どおり使用した場合においても、ゲル化剤の原材料である増粘多糖類の主成分が異なるため、使用食品によって物性特性に違いが生じる。そのため使用食品に応じた市販ゲル化剤を用いる必要があることが示唆された。

(2) 官能評価

1.0%、1.3%、1.5%のゲル化剤で調製したほうじ茶ゼリーを 20℃の状態に加熱した場合の官能評価の「まとまりやすさ」の項目において、1.5%ゼリーが最も評価が高い結果を示している⁴⁶⁾。本研究の緑茶ゼリーの場合、物性の「硬さ」

および「凝集性」が安定した結果であった A 緑茶ゼリーまたは B 緑茶ゼリーが「まとまりやすさ」の項目において、評価が高い結果を示した。また、粥ゼリーを除く、牛乳、味噌汁、オレンジジュースゼリーにおいても同様の結果が認められた。山縣ら⁴⁷⁾は、緑茶および牛乳に市販ゲル化剤と寒天を使用し、調製したゼリーの官能評価から「えん下困難者用食品許可基準（案）」について検証を行っている。特に「許可基準 I で提供してよい」と評価された理由として、「咽頭通過がスムーズ」、「離水がない」、「まとまりがよい」、「適度な軟らかさ」が多く、緑茶ゼリーでは、市販ゲル化剤の濃度が 1.25%と 1.75%であり、牛乳ゼリーでは、1.00%と 1.50%をその基準に当てはめている。このことは市販ゲルの濃度が薄くても濃くても安全で適正なゼリーを調製できないことが示唆される。本研究において、市販ゲル化剤の使用量は、各製品のパンフレットの食品別に記載のある指示量とした。それは、臨床の現場で市販ゲル化剤を用いる際、この指示量を参考にするケースが最も多いと考えられるためである。また、学生での官能評価項目の「硬さ」と「まとまりやすさ」において、粥ゼリーを除く試料で、A 使用試料と C 使用試料および B 使用試料と C 使用試料間で有意差が認められた。すなわち、力学的物性値と官能評価の関係から、粥ゼリーを除いた物性評価での「硬さ」の数値が低い C を用いて調製した 4 種類のゼリーは、A、B で調製したゼリーよりも軟らかく、バラけやすいことが考えられた。しかし、高齢者では学生の官能評価と同様な結果を示さず、粥ゼリーを除く試料では A 使用試料、B 使用試料、C 使用試料間で有意差が認められたのはわずかであった。また、C を用いて調製した粥ゼリーにおいて、「べたつき感」と「飲み込みやすさ」の項目は学生と高齢者において、有意に高い評価が認められた。すなわち、力学的物性値と官能評価の関係から、物性評価での「付着性」および「硬さ」の数値が低い C で調製した粥ゼリーは A、B で調製した粥ゼリーよりもべたつきが少なく、飲み込みやすいことが伺える。これは、C で調製した粥ゼリーがデンプン分解酵素の影響により、米粒が少なくなることから、べたつかず、飲み込みやすいことがわかった。

以上のことから、A、B と C では原材料である増粘多糖類の成分は異なることが推測でき、C はデンプンが主体である食品に有効であるが、それ以外の食品の使用には問題があることが考えられる。乳タンパク、塩分、酸などの食品に利用しやすく、適応するゲル化剤は、キサンタンガム製剤であり、粥などのでんぷん食品は主成分がゲル化剤 A、B と異なった増粘多糖類にデンプン分解酵素が添加された製品が適応することが示唆された。すなわち、使用食品に応じた市販ゲル化剤を用いることにより、安定した物性特性が得られることが考えられる。丹治ら⁴⁸⁾は、カラギーナン製剤、ゼラチン、寒天の 3 種類のゲル化剤を用いて、硬さを等しく調製した軟らかなお茶ゼリーについて、高齢者およ

び若年者を対象に飲み込み特性の検討を行っている。カラギーナン製剤ゼリーの物性は、キサンタンガム製剤ゼリーと類似しているため、寒天ゼリーよりもまとまりやすく、ゼラチンゼリーよりも飲み込みやすいという評価を受け、介護食用ゲル化剤として望ましい特性を備えていること示唆されている。また、藤井ら⁴⁹⁾は、官能評価の結果において、ゼラチンと寒天を用いた牛乳ゼリーが好ましいと評価し、ミルクゼリーのおいしさの要因には、粘らず、口どけやのどごしの良いことが関連していると報告している。本研究では、学生での官能評価結果から、「適度な硬さ」であり、「まとまりやすく」、「口中の残留感が少ない」A および B で調製した牛乳ゼリーは、おいしさにおいて、C で調製したゼリーと大きな差は認められなかった。また、おいしさにおいて、味がはっきりしている味噌汁およびオレンジジュースゼリーは製品の種類に関係なく良好であることがわかった。

次に、栄養士養成施設女子学生と健常高齢者における世代ごとの官能評価では、おいしさを除く評価項目において世代間に有意差は認められ、健常高齢者の方がおいしさ以外の項目において、高値を示した。特に、緑茶ゼリーを除く、物性特性の硬さで A、B より著しく低値を示した C を用いて調製したゼリーでは、官能評価の「硬さ」、「まとまりやすさ」、「口中の残留感」の項目において、学生より健常高齢者の方が高い評価を示した。学生ではパネル間において、高い評価点と低い評価点をつける傾向が見られたが、健常高齢者では、同じような評価点をつける傾向を示した。また、各試料間における評価点の差は、学生の方が健常高齢者より大きくなり、官能評価平均値は健常高齢者が若年者より高値を示した。以上のことから、官能評価値の標準偏差値は健常高齢者と比較して、学生の方が大きくなったことが考えられ、加齢による口腔機能の変化が推測することができる。

加齢に伴い口腔組織は薄くなり、筋肉組織は硬くなり、脂肪組織へ変化していく。感覚受容器は減少し、形態が変化する。感覚・運動神経も伝道速度が遅くなるため、最終的には、運動が緩慢化になり、正確な動作が困難になる。感覚刺激認知の鋭敏さも減少することから⁵⁰⁾、咽喉頭の感覚閾値は上昇することが報告されている⁵¹⁾⁵²⁾。また、口腔粘膜の角化が進み、舌の糸状乳頭と茸状乳頭が萎縮すると、舌の表面が平滑な状態になる⁵⁰⁾。唾液分泌では、加齢により安静時唾液の減少を認めているが、刺激時唾液には差がないことが報告されている⁵³⁾⁵⁴⁾。高齢者は筋活動量の低下を咀嚼回数の増加で補っていることが報告されている⁵⁵⁾。実際にゼリーを用いた食塊のテクスチャー特性に及ぼす唾液の影響は大きく、高齢者の食塊の付着エネルギーは若年者に比べて高く、唾液の粘性率が高いことが影響していると考えられる。すなわち高齢者の食塊のほうが口中および喉に付着しやすく残留しやすいものであることが推測される⁵⁶⁾。ま

た、高齢者における咀嚼嚥下障害の原因の一つとして、この食塊の送り込み能力の減退および口腔期の延長を招く舌運動機能の低下⁵⁷⁾と加齢に伴う舌・舌筋の下垂および運動の異常などが報告されている⁵⁸⁾。また、グミゼリーを用いた口蓋への舌接触圧についての研究では、高齢者有歯顎者は、若年有歯顎者に比較し、舌の緊張低下に伴って咀嚼運動機能の様相が変化しており、舌接触時間を広範囲で延長することによって、咀嚼に必要な仕事量を確保し、補償していると推察されている⁵⁹⁾。また、健常な高齢者の嚥下造影検査での検討では、咽頭期の嚥下機能は加齢の影響を受けにくく、咽頭期嚥下の遅延ならびに嚥下量の変化に対応して、喉頭の前方や食道入口部開大の対応能の低下が生じることが報告されている⁶⁰⁾。このように加齢に伴う高齢者の口腔機能の低下は病的なものではないため、摂食・嚥下は通常は安全で、偶発的事故もなく遂行されていると考えられる。以上のことから、健常高齢者では市販ゲル化剤A、B、Cを用いて調製したゼリーの官能評価項目における各試料間の平均値が学生よりも高いことは、加齢による感覚刺激認知機能の低下、唾液の粘性率の上昇、舌運動機能の低下などから、学生では明確に識別できる物性の違いを高齢者では識別できないことが推測される。

加齢によって嚥下機能は低下するが、嚥下障害が必ずしもみられるわけではない。多くは潜在的な機能低下であり、それが脳血管障害の発症、認知症、頭頸部癌の治療、神経筋疾患などが原因で顕在化する。嚥下障害がある場合の食事は、ゼリー食やとろみ食が必要不可欠とされている。高齢者に多い歯の欠損などによる咀嚼障害は食欲低下を招き、食事摂取量の低下に繋がる。それを予防するために軟らかい料理や食べやすい食事形態に変える工夫が必要となる。今後、野菜、魚、肉などの食品を使用し、温かく、おいしく食べられるゼリー食を考案するため、温度変化の影響を検討することが必要と考える。

5. 結語

市販ゲル化剤の原材料はジェランガムや、キサントガムにローカストビーンガムを混合したキサントガム製剤であることが推測できた。また、これらの市販ゲル化剤は、食材、塩分、酸、温度などの影響より、力学的物性値が変化することが明らかになった。

健常高齢者では市販ゲル化剤を用いて調製したゼリーの官能評価項目における各試料間の平均値が学生よりも高いことが認められた。このことは、加齢による感覚刺激認知機能の低下、唾液の粘性率の上昇、舌運動機能の低下などから、粥とは異なるゼリー状の形態になると学生では明確に識別できる物性の違いが高齢者では識別できないことが推測できた。

第2章－2

市販ゲル化剤を用いた食品ゼリー食における温度変化の影響

1. 緒言

現在、多くの医療や福祉の現場では咀嚼・嚥下機能の低下に応じ、きざみ食やミキサー食で対応している⁶¹⁾。しかし、ミキサー食は食事摂取量の減少を伴うという報告がなされている⁶²⁾。そこで、食事の安全性を重視し、誤嚥性肺炎の誘発を防止するためにゼラチンや寒天などの食材や市販ゲル化剤を利用した調理方法が注目されてきている⁶³⁻⁶⁵⁾。また、市販ゲル化剤を用いて作製した「ミキサー固形食」、「ミキサーゼリー食」は嚥下障害がある人のみでなく、咀嚼障害がある人にも有効である。しかし、このような市販ゲル化剤においては、主成分や組成および配合などが明確にされておらず、利用者側である臨床現場において、これらの情報は重要なことと考えられる。

前報の研究¹⁰⁾では、3種類の市販ゲル化剤を用いて、牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶の5種類の食品をゼリー状に固め、テクスチャー特性について検討するとともに、この5種類の食品をゼリーにした時の市販ゲル化剤の特徴について分析した。また、若年者および健常高齢者に官能評価を行い、比較検討を行うとともにテクスチャー特性と官能評価の関連性について検討した。その結果、市販ゲル化剤の主成分は、ネイティブ型ジェランガム、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤であると推測することができた。官能評価値の各試料間の差は、若年者の方が高齢者より大きく、デンプン分解酵素が添加されたゲル化剤で作製した粥ゼリーは、べたつかず、飲み込みやすいとの結果を得た。

市販のゲル化剤を各製品のパンフレットの指示量どおり使用した場合においても、ゲル化剤の原材料である増粘多糖類の主成分が異なるため、使用食品によって物性特性に違いが生じたことから、使用食品に応じた市販ゲル化剤を用いる必要があることが示唆された。また、ある特定のゲル化剤においては、使用食品によって溶解温度が異なる影響がみられた。

そこで、本研究では、ゲル化剤の原材料である増粘多糖類の主成分がキサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤とネイティブ型ジェランガムである市販ゲル化剤を用いて溶解温度を一定とし、3種類の食品ゼリーを作製した。医療現場において味噌汁などの食事の提供温度が65℃であることを考慮し、作製した食品ゼリーに及ぼす市販ゲル化剤の種類と濃度、加

温温度の影響についてテクスチャー特性と官能評価の関連性から検討した。

医療機関や高齢者施設の給食では、温冷は配膳車で食事を加温および保冷を行なっていることから、65℃の加温状態においても物性の変化がないゼリーを作製することが必要であるため、本研究では、試料ゲルの測定温度を 20℃および 65℃に設定し、提供時の加温における物性値の安定性が最適となる市販ゲル化剤の適用についての検討を目的とした。

2. 実験方法

(1) 材料

2 種類の市販ゲル化剤を用い、主原料がネイティブ型ジェランガムと推測したものをゲル化剤 A、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤をゲル化剤 B、C（以上 A、B、C を示す。）とした。また、ゲル化剤 A および B の使用濃度は、各ゲル化剤のパンフレットの指示量であるゲル化剤 A は 1.5%、ゲル化剤 B は 0.75%とし、ゲル化剤 C は 1.5%とした。ゼリーにするために用いた食品は、冷凍里芋（中国産）、冷凍ほうれん草（宮崎産）、冷凍鮭（チリ産）とした。

市販ゲル化剤の原材料に関しては、表 5 に示すとおりであるが、各原材料の配合割合については、各ゲル化剤のパンフレットに記載がないため不明である。また、水などの液体 100ml に加える量としてパンフレットに記載されていた値は、ゲル化剤 A は 1.5g、ゲル化剤 B は 0.75g であった。ゲル化剤 C は B の 2 倍量の 1.5g とした。

(2) 試料作製方法

里芋ゼリーの作製は、鍋にイオン交換水を入れ、沸騰させ、そこに冷凍里芋を入れ、沸騰後、3 分間加熱した。ミキサー（(株) テスコム製、TM816）にボイルした里芋 400g、里芋の半量のイオン交換水 200ml、各ゲル化剤の指示量であるゲル化剤 A 9.0g、ゲル化剤 B 4.5g、ゲル化剤 C 9.0g を加え、2 分間攪拌後、ステンレス鍋で 90℃まで加熱した。ほうれん草ゼリーの作製は、鍋にイオン交換水を入れ、沸騰させ、そこに冷凍ほうれん草を入れ、沸騰後、2 分間加熱させた。ミキサーにボイルしたほうれん草 400g、ほうれん草の半量のイオン交換水 200ml、各ゲル化剤の指示量であるゲル化剤 A 9.0g、ゲル化剤 B 4.5g、ゲル化剤 C 9.0g を加え、2 分間攪拌後、ステンレス鍋で 90℃まで加熱した。鮭ゼリーの作製は、鍋にイオン交換水を入れ、沸騰させ、そこに冷凍鮭を入れ、沸騰後、5 分間加熱させた。ミキサーにボイルした鮭 300g、同量のイオン交換水 300ml、各ゲル化剤の指示量であるゲル化剤 A 9.0g、ゲル化剤 B 4.5g、ゲル化剤 C 9.0g

を加え、2 分間攪拌後、ステンレス鍋で 90℃まで加熱した。

里芋ゼリー、ほうれん草ゼリー、鮭ゼリーのすべてにおいて、90℃に加熱したイオン交換水を蒸発量と同量加え混合後、物性測定用の直径 40mm、高さ 15mm のシャーレに厚さ 10mm まで充填した。その後、室温に 10 分間静置して粗熱を取り除き、乾燥を防ぐため、シャーレを蓋のできるステンレス製ケースに入れ、20℃のインキュベーターで保管（1～2 時間）し、テクスチャー測定用の試料ゼリーとした。また、官能評価に用いた食品ゼリーは各 8g を紙カップに入れ、蓋をし、同条件下で保管した。

官能評価用食品ゼリーは味噌（液みそ料亭の味：マルコメ食品（株））を使用し、塩分濃度を 0.8%に調整した味噌汁を 65℃に加温し、ゼリーが入ったカップに味噌汁 30ml を加えたものとした。

（3）力学的物性評価

測定には、クリープメーター（RE3305：山電（株））を用いた。試料を直径 20mm のアクリル樹脂製プランジャーを用いて、クリアランス 5mm、圧縮速度 1mm/s で定速 2 回圧縮を行った。高橋ら³⁸⁾は介護食の物性測定時に試料の厚さをシャーレと同じ高さにすると圧縮時に試料がシャーレからあふれ、プランジャーの上部に付着する恐れがあるため、正確な物性値を示さないことがあることを報告している。そこで、本研究では、試料の厚さは 10mm、プランジャーの直径を 20mm とし、プランジャーの上部に付着することがないことを確認した。

測定は品温が 20℃±2℃と保温槽で試料ゼリーの中心温度が 65℃±2℃まで上昇させた時の 2 点の温度で行った。

得られたテクスチャー曲線より、硬さ、凝集性、付着性を算定した。測定は 10 回実施し、その平均値を用いた。

（4）官能評価

官能評価パネルは、栄養士養成施設女子学生 28 名（平均年齢 22.5±0.9 歳）とした。

作製した 3 種類の食品ゼリーは、紙カップに色シールを貼って区別した。食品ゼリーの入った紙カップに 65℃の味噌汁を注ぎ、食品ゼリーの中心温度が 65℃まで上昇したのを確認後、各パネルに 3 試料をランダムに呈示し、味噌汁に浮いているゼリーは、スプーンを用いて摂取してもらった。次の試料を評価する前に水道水でうがいを行い、口中の試料の残留を除去した。

評価項目は「硬さ」、「舌ざわりのなめらかさ」、「べたつき感」、「口中でのまとまりやすさ」、「飲み込みやすさ」、「口中における残留感」、及び「おいしさ」

の 7 項目とした。評価基準は、硬さ (+2: 非常に硬い←→-2: 非常に軟らかい)、舌ざわりのなめらかさ (+2: 非常になめらか←→-2: 非常にざらつく)、べたつき感 (+2: 非常にさらりとしている←→-2: 非常にべたつく)、口中でのまとまりやすさ (+2: 非常にまとまりやすい←→-2: 非常にバラけやすい)、飲み込みやすさ (+2: 非常に飲み込みやすい←→-2: 非常に飲み込みにくい)、口中における残留感 (+2: 非常に残留感が少ない←→-2: 非常に残留感が多い)、おいしさ (+2: 非常においしい←→-2: 非常においしくない) として、各項目について 5 段階の基準を設定した。

(5) 統計処理

統計解析は SPSS (SPSS16.0 J for Windows IBM) を用いて、一元配置分散分析によるボンフェローニの検定を行った。有意水準は $p < 0.05$ および $p < 0.01$ とした。

(6) 倫理的配慮

本研究は、「兵庫県立大学研究倫理指針」、「兵庫県立環境人間学部研究倫理委員会規定」、「同運営要綱」および「同人を対象にした研究に関する倫理規定」に則り、本学部の倫理委員会に倫理審査を申請し承認された (承認番号 024 および 111)。研究参加者には、研究目的や方法、参加は個人の自由意志であることを説明し、書面による同意を得た。研究参加者の情報はすべて ID 番号で管理し、個人が特定できないように配慮した。官能評価の実施前にパネリストにこの研究の目的と市販ゲル化剤の安全性について 30 分間程度の説明を行い、同意の得られたもののみが参加した。

3. 結果

(1) 力学的物性評価

ゲル化剤別の里芋ゼリー、ほうれん草ゼリー、鮭ゼリーにおける 20℃と 65℃および同温度での硬さの比較を図 16、凝集性を図 17、付着性を図 18 に示した。

1) 硬さ

20℃および 65℃ゼリーを比較すると 65℃のすべての食品ゼリーで有意に低下していた。すべての食品の A ゼリーは B、C ゼリーよりも硬さにおいて温度による変化が小さいことが認められた。

2) 凝集性

65℃の里芋ゼリーでは、ほうれん草および鮭ゼリーより凝集性が高くなる傾向を示した。

3) 付着性

すべての 20℃食品ゼリーにおいて、A ゼリーは B、C ゼリーよりも付着性が有意に低下していた。また、鮭の 65℃ゼリーで 20℃ゼリーより付着性が有意に低下した。

(2) 官能評価

ゲル化剤別の里芋ゼリー、ほうれん草ゼリー、鮭ゼリーの官能評価結果を図 19 に示した。

里芋ゼリーでは、テクスチャー特性の凝集性と付着性の項目で低値を示した A ゼリーは B および C ゼリーよりも「なめらか」、「さらりとしている」、「まとまりやすい」、「残留感が少ない」と評価された。

ほうれん草ゼリーでは、テクスチャー特性の付着性の項目で低値を示した A および B ゼリーは C ゼリーよりも「飲み込みやすい」、「残留感が少ない」と評価された。

鮭ゼリーでは、テクスチャー特性の付着性の項目で低値を示した A ゼリーは C ゼリーよりも「さらりとしている」、「残留感が少ない」と評価された。

以上のことから、官能評価において、すべての食品 A ゼリーは硬く、残留感が少ないと評価された。

4. 考察

第 2 章－1 の研究¹⁰⁾で、現在、医療現場で使用されている市販ゲル化剤の原材料はジェランガムや、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤であることが確認できた。ジェランガムはネイティブ型であり、この特徴は、溶解温度が 85～90℃以上と高く、融解温度も 70～90℃と極めて高いと報告している⁴⁴⁾⁴⁵⁾。また、溶解温度および融解温度はカチオン類の添加によって上昇し、そのゲルの食感は柔らかくて弾力があり、離水が少ない性質を示しており、特に高い耐酵素性を有し、一般に市販されている酵素や微生物によって分解されないと報告されている⁴⁴⁾⁴⁵⁾。また、キサンタンガム製剤の特徴は、溶解温度が 85℃、融解温度は 50～55℃であり、ゼラチンゲルに似た極めて粘弾性に富むゲルを形成すると報告されている¹⁵⁾。そこで、本研究において、市販ゲル化剤の溶解温度は 90℃とした。

医療機関や高齢者施設などの臨床現場では、摂食・嚥下障害患者の食事にこれらの原材料を使用した市販ゲル化剤が用いられている。そこで提供されている食事は、温冷配膳車内で加温および保冷を行ない、加温する温度は 65℃以上に設定されている。そのため、味噌汁などの食事の提供温度が 65℃の加温状態

においても物性の変化がないゼリーを作製することが必要である。そのため、本研究では、試料ゲルの測定温度を 20℃および 65℃に設定し、温度の影響を検討した。

すべての食品ゼリーにおいて、物性値の硬さを比較すると 20℃より 65℃ゼリーの方が低下していた。特に、鮭の C ゼリーでは、著しい低下が認められた。また、A ゼリーは B および C ゼリーと比較したところ、温度変化による物性値の硬さの低下は小さく、安定していた。65℃のゼリー間では、B ゼリーは、物性値の硬さが A ゼリーおよび C ゼリーより大きく低下しており、官能評価からも軟らかいことが確認できた。

先行研究において、鮭ムースのおいしさとかたさの官能評価結果では、おいしいとされたムースは、かたさが中くらいか、ややかたいものであったという報告がある⁶⁶⁾。また、シロサケムースは「色」「におい」「風味」で高い評価を得て最も好まれ、次いで「かたさ」「なめらかさ」「もろさ」で高い評価を得たという報告がある⁶⁷⁾。本研究では、A ゼリーは、官能評価結果の「硬さ」において、中くらいか、かたい評価を得られた。また、「べたつき感」、「飲み込みやすさ」、「口中の残留感」において、良好な評価が示された。

物性値の硬さは、すべての食品ゼリーにおいて、65℃ゼリーでは 20℃ゼリーよりも低下したことから、主成分がネイティブ型ジェランガムおよびキサンタンガム製剤である市販ゲル化剤で作製したゼリーは、加温による低下が見られた。ネイティブ型ジェランガムはキサンタンガム製剤より、硬さの低下率が小さいため、硬さにおける安定性が高いことを示すことが明らかになった。また、同じゲル化剤でゲル化剤 B の 2 倍濃度で作製した C ゼリーは、物性値の硬さの比較において、B ゼリーより大きく、特に鮭の 20℃ゼリーでは著しく大きな数値の差が認められた。鮭ムースの開発に関する先行研究において、鮭の割合を多くした場合や増粘剤の配合を多くすると、他の食品より硬さが上昇するという報告がある⁶⁸⁾。以上から、鮭は他の食品より、このような傾向が大きいことを推測できた。

凝集性はすべての食品の B ゼリーにおいて、65℃では 20℃よりも増加を示した。凝集性において、A および C ゼリーは B ゼリーよりも温度変化の影響を受けにくく、安定した数値を示すことが明らかになった。

付着性ではすべての鮭ゼリーおよびいずれの食品の B ゼリーにおいて、65℃ゼリーでは 20℃ゼリーよりも低下したことから、付着性は加温により小さくなることが考えられた。また、里芋およびほうれん草ゼリーでは、65℃の A ゼリーは B および C ゼリーよりも低下が小さく、安定性が認められ、A ゼリーは B および C ゼリーよりもべたつき感が少なく、口中の残留感が少ないことが示された。

また、付着性において、20℃里芋の B および C ゼリーが著しく高値を示しことは、里芋のデンプンによる粘性であると考えられた。20℃里芋の A ゼリーが B および C ゼリーよりも付着性が小さいのは、A に含まれるデンプン分解酵素の影響であることが推察され、この影響で A ゼリーは、べたつきが少なく、まとまりやすく、口中の残留感が少ないことが考えられた。前報の研究¹⁰⁾の粥ゼリーについて同様な結果を報告している。

しかし、20℃里芋の A ゼリーにおいて、付着性が小さいにも関わらず、物性値の硬さが B ゼリーより大きくなる傾向が見られた。通常、ゲル化剤は液体に溶解し、ゲル化剤の粒子がきれいに分散した状態で十分なゲル化を発揮するが、ゲル化剤 A のようにデンプン分解酵素が添加されているとデンプンを分解することで、デンプンが抱え込んでいた水分が放出され、ゲル化剤の溶解および分散が良くなり、ゲル化の効力を十分に発揮できると考えられた。しかし、ゲル化剤 B および C のようにデンプン分解酵素が入っていないゲル化剤は、デンプン食材である里芋のべたつきが水分を抱え込み、ゲル化剤の溶解および分散が十分にできないため、物性値の硬さが減少したと推測した。20℃ほうれん草の A ゼリーの付着性は B ゼリーより小さい値を示しているが、物性値の硬さを比較すると、ほうれん草の A ゼリーは、B ゼリーよりも低値を示した。嚥下ピラミッドによるペースト・ムース食レシピ集⁶⁹⁾に記載のある、ポテトサラダのペースト食とムース食の物性値の比較では、硬さはムース食の方が硬く、付着性は逆にペースト食の方が高くなっており、付着性と硬さの傾向が一致しないことが推測できる。

摂食・嚥下障害者に段階的嚥下食として提供している 3 段階の物性について検討した報告がされている⁷⁰⁾。その結果、硬さは、段階 1 では $2\sim7\times10^3\text{N/m}^2$ 以下、段階 2 では $1\sim10\times10^3\text{N/m}^2$ 以下、段階 3 では $1.2\times10^4\text{N/m}^2$ 以下に分布しており、凝集性については、段階 1 は 0.2~0.5、段階 2 および段階 3 では 0.2~0.7 に分布していた。また、付着性については、段階 1 および段階 2 は $2\times10^2\text{J/m}^3$ 以下、段階 3 は $3\times10^2\text{J/m}^3$ 以下に分布していることを示している。本研究では 20℃および 65℃において、A ゼリーのみ、段階 2 または 3 に分布し、B および C ゼリーは、ここに入らないことが認められた。これらのことから、テクスチャー特性の硬さ、凝集性、付着性において、A ゼリーは B、C ゼリーよりも温度変化の影響が小さく、適度な硬さを示し、安定した凝集性であり、付着性が小さいことが認められた。また、B ゼリーは 65℃において、硬さおよび付着性で低下が認められ、ゼリー内部は溶けていた。C ゼリーは 65℃において、硬さで著しい低下があり、このような大きな物性変化が生じる場合は実用には不向きであることが考えられた。

以上のことから、A ゼリーは B および C ゼリーより、物性特性および官能評

価において良好な結果が認められた。そのため、65℃の加温状態でゼリー食を提供するにはAゼリーが有効であることが示唆された。

野菜、魚、肉などの食品に市販ゲル化剤を用いてゼリー食として提供するためには、温度変化による物性への影響が少ないゼリーが有効と考えられた。しかし、市販ゲル化剤を用いたゼリー食は、温かい状態での物性への影響を受けやすいため、温かい状態においても物性への影響が少なく、軟らかく、食べやすい食事の提供についての検討が必要であると考ええる。

5. 結語

65℃の加温状態でのゼリー食を提供するには安定した物性特性および官能評価値が高いことが認められた主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーが有効であることが示唆された。

第3章

食肉および魚肉の物性・嗜好性・咀嚼性に及ぼす 食品品質改良剤と加熱条件の影響

1. 緒言

食物を食べるという行為は、日常生活において最大の楽しみと言える。加齢や疾患に伴って咀嚼・嚥下などの生理機能が低下すると、食品に求められる特性は、栄養価・味・病態調節機能に加えて、食べやすさの要因であるテクスチャー特性が重要となる³⁴⁾³⁵⁾。現在、高齢者介護施設では、咀嚼・嚥下機能の低下に応じて、きざみ食やミキサー食で対応しているが⁶¹⁾、提供されている食事の形態によって、栄養状態に違いが見られ、咀嚼が必要でない食事を摂取する場合、栄養状態が悪いという報告をしている⁷¹⁾。しかし、咀嚼・嚥下障害者を対象とした食事は、きざみ食やミキサー食およびゼリー食など安全性や機能性を重視したものが多く、QOLの視点で問題があると言える。本来、食事は栄養的に優れていることはもちろんのこと、色彩、味、香りに加え、形状も重要な構成要素であり、食欲の低下は低栄養化の要因となっている。また、食事の楽しみや親睦・交流の場を与える機能が求められる。すなわち、美味しく、楽しく食べることが健康維持に繋がり、長生きにも繋がることになる。

病院や介護施設で提供される普通食などの形状がある食事は、きざみ食やミキサー食と比較すると外観、味、食感のすべてにおいて優れているといわれている。しかし、食肉は良質なタンパク質の供給源であるが、咀嚼・嚥下機能が低下した高齢者では、硬く、咀嚼しにくいテクスチャーであることが知られており、食べにくい食品の一つになっている。食肉および魚肉の軟化処理としては、プロテアーゼによる酵素処理⁷²⁻⁷⁴⁾や重曹によるタンパク質の水和の増加⁷⁵⁾⁷⁶⁾が肉の軟化を生じると考えられている。また、近年、食材組織を分解する酵素を食材内部に導入させ、形状を損なうことなく食材自体を軟化させる技術が開発され、動物素材である筋原繊維タンパク質を効率的に分解する凍結含浸法が開発されている⁷⁷⁾。

実際に病院や介護施設の普通食などに使用されている食肉および魚肉は硬く、パサつきが強い食材が多く、食べにくいのが現状である。咀嚼障害のある高齢者が、このような食材を簡単に軟らかくすることが重要であり、在宅でも容易に使用できることが必要である。そこで、本研究では食肉・魚肉品質改良剤製剤（以下、食品品質改良剤）を用いて、豚ヒレおよびブリの肉片を軟化させることを試みた。また、短時間で簡単に調理ができ、食べやすく、美味しい調理法

の検討として、一般家庭や病院などで使用されている普通鍋と圧力鍋を用いて、加熱条件の違いによる食肉および魚肉の物性への影響について比較検討し、若年者と高齢者による嗜好性および筋電図による咀嚼性との関連についても比較検討を行なった。

2. 試料および実験方法

(1) 試料

試料はアメリカ産冷凍豚ヒレ肉および国産冷凍ブリ切り身を使用した。また、食品品質改良剤としてスベラカーゼミート（株式会社フードケア）を使用した。食品品質改良剤の原材料は、クエン酸三ナトリウム（42%）、炭酸水素ナトリウム（35%）、コハク酸二ナトリウム（3%）、カラギナン（1%）、パパイン（0.125%）、食品素材（18.875%）であった。

(2) 調製方法

−20℃で冷凍保存した豚ヒレ肉のブロック状およびブリ切り身を20℃の恒温器で1時間解凍した。その後、半解凍で縦20×横20×厚10mmの直立体に成形し、1個体当たりの重量は $4.4 \pm 0.3\text{g}$ および $4.0 \pm 0.3\text{g}$ とした。

高橋ら⁷⁸⁾は、豚ロース肉の肉線維に対する切断方向による試料肉のみかけの硬さを比較した実験において、軟化未処理肉、重曹溶液浸漬肉のいずれについても、肉線維に対して平行に切断した試料肉の方が肉線維に対し垂直に切断した試料肉よりも硬いことが認められたと報告している。本研究において、試料食肉および魚肉は、肉線維に対して平行に切断したものをを用いた。

食肉および魚肉100gを蒸留水100gに浸漬させた食肉および魚肉を軟化未処理試料（以下Aと示す）とし、食肉および魚肉100gを蒸留水100gと食品品質改良剤3gを加えた溶液に浸漬させた食肉および魚肉を軟化处理試料（以下Bと示す）とした。それぞれを5℃の冷蔵庫内で15時間浸漬した。浸漬後、10分間ざるで魚肉と浸漬液を分離し、除いた分の浸漬液と同量の蒸留水と、蒸留水の塩分濃度が0.8%になるように調理用だし（キッコーマン株式会社 本つゆ）30mLを加えた。それをステンレス製の圧力鍋（QSA30. ワンダーシェフ. 直径18cm）に入れ、IH クッキングヒーター（KZ-PH1 National）を用いて以下に記載した加熱条件で調理を行なった。普通鍋は圧力鍋の蓋を外した状態のものとし、圧力鍋は蓋をして加熱したものとした。

1) 普通鍋加熱（以下Nと略す）

普通鍋では、予備実験より、蒸発量を計算し、50mLを加えた。IH クッキングヒーターは500Wで、予備実験から普通鍋加熱・軟化未処理試料（NA）およ

び普通鍋加熱・軟化処理試料 (NB) の加熱時間は食肉では 10 分間、魚肉では 5 分間と設定した。加熱後、ざるで 10 分間水切りしたものを測定用試料とした。

2) 圧力鍋加熱 (以下 P と略す)

IH クッキングヒーターは 700W で 1 分間加熱後、1400W で圧力がかかるまで加熱し、その後、350W で加熱した。350W で加熱した時間を加熱時間とすることとし、予備実験から圧力鍋加熱・軟化未処理試料 (PA) および圧力鍋加熱・軟化処理試料 (PB) は食肉では 8 分間、魚肉では 5 分間と設定した。加熱終了後、圧力鍋内の圧力が無くなるまでの蒸らし時間を食肉は 7 分間、魚肉は 5 分間とした。圧力鍋の作動圧力は 140kPa(0.14MPa)であった。加熱後、ざるで 10 分間水切りしたものを測定用試料とした。

(3) 測定方法

1) 重量測定

食肉および魚肉の浸漬前および浸漬後の重量を測定したところ、浸漬後の重量が変化したことから、次式より、重量増加率を算出した。また、食肉および魚肉の浸漬後と加熱調理後の重量を測定したところ、加熱調理後の重量が減少したことから、次式より、重量減少率を算出した。

浸漬前から浸漬後の重量増加率 (%)

$$= \frac{[\text{浸漬後食肉および魚肉重量(g)} - \text{浸漬前の食肉および魚肉重量(g)}]}{\text{浸漬前の食肉および魚肉重量 (g)}} \times 100$$

浸漬後から加熱調理後の重量減少率 (%)

$$= \frac{[\text{浸漬後の食肉および魚肉重量 (g)} - \text{加熱調理後の食肉および魚肉重量(g)}]}{\text{浸漬後の食肉および魚肉重量 (g)}} \times 100$$

2) 物性測定

圧縮測定は、加熱調理後、直立体に成形された食肉および魚肉 1 片ずつを、クリープメーター(RE2-3305B 株式会社山電製)を用いて、定速圧縮貫入測定を行った。測定条件は直径 3.0mm のアクリル樹脂製プランジャーを用い、最大荷重 20N、貫入速度 1.0mm/sec で、試料の高さの 95%圧縮とした。測定温度は 20℃とし、貫入応力を測定した。測定項目は、食肉は初期弾性率、破断点が見られなかったので、歪 0.6 時点の貫入応力および貫入エネルギーとした。力を加える方向によって硬さが変わることとを考慮し、プランジャーの貫入方向は肉の線維に対して平行とした。1 種類の試料につき、10 個の測定を行った。

テクスチャー測定は貫入測定と同様に、食肉および魚肉 1 片をクリープメーター(RE2-3305B 株式会社山電製)で測定した。測定条件は直径 8.0mm のアクリル樹脂製の円柱形プランジャーを用い、最大荷重 20N、圧縮速度 1.0mm/sec で、試料の高さの 60%圧縮とした。測定温度は 20℃とし、測定項目は、硬さ、

凝集性、付着性とした。また、貫入測定と同様、プランジャーの圧縮方向は肉の線維に対して平行とした。1種類の試料につき、10個の測定を行った。

(4) 官能評価

食肉の官能評価パネルは若年者 20 名（男性 1 名、女性 19 名、平均年齢 21.6 ± 2.5 歳）、高齢者 42 名（男性 5 名、女性 37 名、平均年齢 75.2 ± 7.0 歳）とした。また、魚肉の官能評価パネルは若年者 35 名（女性 35 名、平均年齢 21.6 ± 2.5 歳）、高齢者 42 名（男性 5 名、女性 37 名、平均年齢 75.2 ± 7.0 歳）とした。被験者の歯の状態は、官能評価の事前調査から、咀嚼に問題がなかった。

試料は普通鍋加熱と圧力鍋加熱において、それぞれ軟化未処理の魚肉および軟化処理した食肉および魚肉の計 4 種類（NA、NB、PA、PB）とした。なお、高齢者においては、試料の種類が多いと疲労により評価に支障をきたすことを考慮し、圧力鍋加熱で軟化未処理の食肉および魚肉（PA）を除く 3 種類（NA、NB、PB）を試料とした。試料は官能評価当日に調理し、食肉各試料 1 片（平均重量 2.7 g）と魚肉各試料 1 片（平均重量 3.0 g）を皿に乗せ、乱数表によりランダム番号をつけた。食べ方は指定せず、自由に咀嚼、嚥下させた。また、次の試料を評価する前に水道水でうがいを行い、口中の試料残留を除去した。

官能評価は、5 段階評点法（-2～+2 点）を用いて行なった。普段食べているものを 0 点として評価し、「風味」、「軟らかさ」、「べたつき感」、「まとまりやすさ」、「噛みやすさ」、「飲み込みやすさ」、「あと味」、「おいしさ」の 8 項目とした。評価基準は、風味（+2：非常に良い←→-2：非常に悪い）、軟らかさ（+2：非常に軟らかい←→-2：非常に硬い）、べたつき感（+2：非常にさらりとしている←→-2：非常にべたつく）、口中でのまとまりやすさ（+2：非常にまとまりやすい←→-2：非常にバラけやすい）、噛みやすさ（+2：非常に噛みやすい←→-2：非常に噛みにくい）、飲み込みやすさ（+2：非常に飲み込みやすい←→-2：非常に飲み込みにくい）、あと味（+2：非常に良い←→-2：非常に悪い）、おいしさ（+2：非常においしい←→-2：非常においしくない）として、各項目につき、5 段階の基準に設定した。

官能評価実施前に被験者にこの本研究の目的と食肉・魚肉品質改良剤製剤（食品品質改良剤）の安全性について 30 分間程度の説明を行い、同意の得られたもののみが参加した。なお、個人情報の保護に十分に配慮した。

(5) 筋電位測定

食肉における被験者は若年者（女性 9 名、平均年齢 21.1 ± 0.8 歳）とし、また、魚肉における被験者は若年者（女性 10 名、平均年齢 21.4 ± 0.8 歳）とした。被験者の歯の状態は、全員が第三大臼歯以外の歯列に欠損がなく、治療の必要がな

い状態であった。

試料は加熱調理後の食肉および魚肉の各 4 種類 (NA、NB、PA、PB) とした。被験者への試料の提供方法は、同一試料を 2 回繰り返し、ランダムに提供した。摂取方法については、食肉 1 片(平均重量 2.7g)と魚肉 1 片(平均重量 3.0g)を一口で口に入れること、噛んで食べること、第一嚥下終了時に手を挙げることの 3 点を指示した上で自由に咀嚼および嚥下をさせた。

筋電位測定は神山ら⁷⁹⁾⁸⁰⁾の方法を参考に行った。表面筋電位測定装置 (Personal-EMG、追坂電子機器) を用いて、被験者の左右の咬筋と舌骨上筋群に表面電極 (プルーセンサー M-00-S/50, Ambu) を貼付した。筋電位は 1,000 倍に増幅して記録し、左右の平均値を用いた。咀嚼特性値として、咀嚼開始から第一嚥下終了までの咀嚼回数、咀嚼時間、総筋活動量 (筋電位の時間積分値)、総筋活動時間と、第一嚥下終了から最終嚥下終了までの咀嚼時間と総筋活動量を求めた。

1 回噛みしめる毎に閉口筋である咬筋と開口筋である舌骨上筋群の筋電位が交互に現れ、嚥下の状態に到達すると、咬筋と舌骨上筋群の筋電位が同時に出現することから、筋電図記録の最初に咬筋と舌骨上筋群が同時に出現するところを確認し、第一嚥下とみなした。神山らは固形状食品の自由な摂取において、嚥下が複数回起こり、第一嚥下までとそれ以後では筋電図のパターンが異なることを示している⁸¹⁾。第一嚥下までは、リズムカルな咬筋活動が認められるが、第一嚥下後はリズムが遅く変動が大きく、咬筋活動が小さく、そのかわり舌骨上筋群の活動が顕著になることを解説している⁸¹⁾。

本研究においても、第一嚥下までは試料を噛み、食塊の形成をするが、第一嚥下以降は噛む動作よりも口の中に残った試料を舌でかき集めて飲み込む動作の方が多くなり、飲み込む動作の際に咬筋が動くと咀嚼回数を正確に測定することが困難であるため、第一嚥下までと第一嚥下から最終嚥下までに分けて解析を行った。

筋電位測定前に被験者にこの本研究の目的と食肉・魚肉品質改良剤製剤 (食品品質改良剤) の安全性について 30 分間程度の説明を行い、同意の得られたもののみが参加した。なお、個人情報の保護に十分に配慮した。

(6) 統計処理

統計処理は SPSS (SPSS16.0 J for Windows) を用いた。有意水準は $p < 0.05$ および $p < 0.01$ とした。重量測定、物性測定は、一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合には、その後の検定として、チューキーの HSD の方法による多重比較を行った。官能評価と筋電位測定では対応ありの一要因の分散分析を行なった。有意差の認められた項目について、ボンフェローニの方法によ

る多重比較を行った。また、重量測定値、物性測定値、官能評価値、筋電位測定値から有意差が認められた項目について、重量減少率、貫入応力、硬さ、凝集性、軟らかさ、まとまりやすさ、噛みやすさ、飲み込みやすさ、おいしさ、咀嚼開始から第一嚥下までの咀嚼回数、咀嚼時間および第一嚥下から嚥下終了までの咀嚼時間の平均値を用いて、ピアソンの相関係数を求めた。

（７）倫理的配慮

本研究は、「兵庫県立大学研究倫理指針」、「本学部研究倫理委員会規定」および「人を対象にした研究に関する倫理規定」に則り、本学部の研究倫理委員会に倫理審査を申請し承認された（承認番号 066 および 113）。研究参加者には、研究目的や方法、参加は個人の自由意志であることを説明し、書面による同意を得た。研究参加者の情報はすべて ID 番号で管理し、個人が特定できないように配慮した。

3. 結果

（１）重量測定

図 20、21 に食肉および魚肉試料 NA、NB、PA、PB の浸漬後の重量増加率を示し、図 22、23 に加熱調理後の重量減少率を示した。どちらも浸漬後の重量増加率は、試料 B は A よりも有意に大きい値を示した。また、加熱調理後の重量減少率は、普通鍋加熱と圧力鍋加熱はともに試料 B は A よりも有意に低値が認められた。食肉では試料 NA と PA および NB と PB において重量減少率に有意差が認められた。試料 NA、NB、PA、PB の重量減少率を比較すると $NB > PB > NA > PA$ の順に低値を示した。また、魚肉では試料 NA と PA および試料 NB と PB において、重量変化率に有意差が認められなかった。試料 NA、NB、PA、PB の重量減少率を比較すると $NB > NA$ 、 $PB > PA$ となった。

（２）貫入試験

食肉の貫入試験の結果を図 24 に示した。食肉の初期弾性率、貫入応力、貫入エネルギーにおいて、試料 A と B では、試料 B が有意に低値を示し、試料 B が軟らかくなった。また、貫入応力、貫入エネルギーにおいて、試料 N と P では、試料 P が有意に低値を示し、試料 P が軟らかくなった。

次に、魚肉の貫入試験の結果を図 25 に示した。魚肉は貫入応力において、食肉と同様に試料 A と B では、試料 B が有意に低値を示し、試料 B が軟らかくなった。また、普通鍋加熱（N）と圧力鍋加熱（P）では、試料 PA が NA より有意に低値を示し、試料 PA が軟らかくなり、試料 PB と NB においては、有意差が

認められなかった。

(3) テクスチャー測定

食肉および魚肉のテクスチャー測定の硬さ、凝集性、付着性の結果を図 26、27 に示した。

食肉の硬さにおいては、試料 A と B では、試料 B が有意に低値を示し、試料 B が軟らかくなった。試料 N と P では、試料 P が有意に低値を示し、試料 P が軟らかくなった。

魚肉の硬さにおいては、食肉と同様に試料 A と B では、試料 B が有意に低値を示し、試料 B が軟らかくなった。また、普通鍋加熱 (N) と圧力鍋加熱 (P) では、試料 NA と PA および試料 NB と PB では、有意差が認められなかった。

食肉の凝集性は試料 PA が他の 3 試料と比べて有意に低値を示し、魚肉においては、試料 PA が試料 B と比べて、有意に低値が認められ、食肉および魚肉は試料 PA がまとまりにくい結果となった。

食肉の付着性はすべての試料間に有意差が見られたが、すべての試料において低値を示した。また、魚肉においては、試料 PA が他の 3 試料と比べて有意に低値を示し、パサつきやすい結果となった。

(4) 官能評価

食肉の若年者を対象とした官能評価結果を図 28 に示した。

「風味」を除くすべての項目において、試料 A と B の間で、有意差が認められた。食品品質改良剤に浸漬した試料 NB および PB は、試料 NA および PA より有意に軟らかく、まとまりやすく、噛みやすい、飲み込みやすく、あと味がよく、おいしいと評価された ($p<0.05$)。また、試料 N と P との間では、有意差が認められなかった。

食肉の高齢者を対象とした官能評価結果を図 29 に示した。

すべての評価項目において有意差が認められた。食品品質改良剤に浸漬した試料 NB および PB は試料 NA より有意に風味がよく、軟らかく、まとまりやすく、噛みやすく、飲み込みやすく、あと味がよく、おいしいと評価された ($p<0.05$)。

魚肉の若年者を対象とした官能評価結果を図 30 に示した。

「べたつき感」、「まとまりやすさ」を除くすべての項目において、試料 A と B の間で、有意差が認められた。食品品質改良剤に浸漬した試料 NB および PB は NA および PA より有意に風味がよく、軟らかく、噛みやすく、飲み込みやすく、あと味がよく、おいしいと評価された ($p<0.05$)。

試料 NA と PA との間では、「風味」以外に有意差は認められなかった。また、試料 NB と PB 間においては、すべての項目において有意差を示さなかった。

魚肉の高齢者を対象とした官能評価結果を図 31 に示した。

「べたつき感」、「噛みやすさ」を除くすべての項目において有意差が認められた。食品品質改良剤に浸漬した試料 NB および PB は NA より有意に風味がよく、軟らかく、まとまりやすく、噛みやすく、飲み込みやすく、あと味がよく、おいしいと評価された($p<0.05$)。

(5) 筋電位測定

食肉および魚肉の咀嚼開始から第一嚥下終了時までの舌骨上筋群である開口筋および咬筋である閉口筋の測定の結果を図 32 および図 33 に示した。咀嚼回数、咀嚼時間、総筋活動時間、総筋活動量を算出した。

食肉の咀嚼回数、咀嚼時間、総筋活動時間、総筋活動量において、舌骨上筋群では、試料 NA と NB、PA と PB、NA と PB、PA と NB 間に有意に減少が認められた($p<0.05$)。また、咬筋においても試料 NA と NB、PA と PB、NA と PB、PA と NB 間に有意に減少が認められた($p<0.05$)。舌骨上筋群および咬筋のどちらにおいても試料 B は A より咀嚼回数が減少し、咀嚼時間および総筋活動時間も短縮し、総筋活動量が低下する結果となった。

魚肉の咀嚼回数、咀嚼時間、総筋活動時間において、舌骨上筋群では、試料 NA と NB および PA と NB 間において有意に減少が認められた($p<0.05$)。また、咬筋においても試料 NA と NB および PA と NB 間において有意に減少が認められた($p<0.05$)。舌骨上筋群および咬筋のどちらにおいても試料 NB は試料 NA および PA より咀嚼回数が減少し、咀嚼時間および総筋活動時間も短縮し、総筋活動量が低下する結果となった。

次に、食肉および魚肉の第一嚥下以降から最終嚥下終了までの測定結果を図 34、35 に示した。

食肉の咀嚼時間において、試料 NB と PB は、有意に減少が認められた($p<0.05$)。短くなった総筋活動量は、舌骨上筋群および咬筋のどちらにおいても各試料間で有意差は認められなかった。

また、魚肉の咀嚼時間において、試料 NA と NB 間において有意に減少が認められた($p<0.05$)。短くなった総筋活動量は、咬筋において試料 NA と NB 間において有意に減少が認められた。

(6) 試料の重量変化、物性、嗜好性および咀嚼性の関連

表 6 に食肉の加熱調理後の重量減少率と物性測定値、若年者による官能評価と咀嚼から第一嚥下終了時および第一嚥下終了から最終嚥下終了時までの筋電位測定値のピアソンの相関係数を示した。重量減少率は官能評価のおいしさ($r=-0.985$)との間に負の相関がみられ、食肉の重量減少率が小さいほど、

おいしい結果となった。また、咀嚼から第一嚥下終了時の咬筋による咀嚼回数は官能評価の軟らかさ ($r=-0.966$)、噛みやすさ ($r=-0.979$)、飲み込みやすさ ($r=-0.987$) との間に負の相関を示し、また、咀嚼から第一嚥下終了時の咬筋による咀嚼時間は官能評価での軟らかさ ($r=-0.972$)、噛みやすさ

($r=-0.984$)、飲み込みやすさ ($r=-0.991$) 間において負の相関がみられた。咀嚼回数が少なく、咀嚼時間が短いほど食肉は軟らかく、噛みやすく、飲み込みやすい結果となった。テクスチャー測定 of 凝集性は、第一嚥下終了から最終嚥下終了時の咀嚼時間 ($r=-0.963$) との間に負の相関が認められた。食肉のまとまりがよいほど咀嚼時間が短くなる結果となった。

表 7 に魚肉の加熱調理後の重量減少率と物性測定値、若年者による官能評価と咀嚼から第一嚥下終了時および第一嚥下終了から最終嚥下終了時までの筋電位測定値のピアソンの相関係数を示した。重量減少率はテクスチャー測定 of 硬さ ($r=0.992$) との間に正の相関を示し、官能評価の軟らかさ ($r=-0.975$)、噛みやすさ ($r=-0.993$)、飲み込みやすさ ($r=-0.997$) との間に負の相関がみられた。魚肉の重量減少率が小さいほど物性は軟らかい値を示し、軟らかく、噛みやすく、飲み込みやすい結果となった。また、貫入応力は官能評価の軟らかさ ($r=-0.955$) との間に負の相関を示し、テクスチャー測定 of 硬さは官能評価の軟らかさ ($r=-0.995$)、噛みやすさ ($r=-0.992$)、飲み込みやすさ

($r=-0.993$) との間に負の相関がみられた。凝集性は官能評価のおいしさ ($r=0.957$) と、付着性は官能評価のまとまりやすさ ($r=0.974$) との間に正の相関が認められた。物性が軟らかい値を示すほど軟らかく、噛みやすく、飲み込みやすい結果となった。また、凝集性が大きいほどおいしくなり、付着性が小さいほどバラけやすい結果となった。咀嚼から第一嚥下終了時の咬筋による咀嚼回数はテクスチャー測定 of 硬さ ($r=0.956$) との間に正の相関を示し、官能評価の軟らかさ ($r=-0.973$) との間にも負の相関が認められた。また、咀嚼から第一嚥下終了時の咀嚼時間はテクスチャー測定 of 硬さ ($r=0.962$) との間に正の相関を示し、官能評価での軟らかさ ($r=-0.978$) との間にも負の相関がみられた。咀嚼回数が少なく、咀嚼時間が短いほど魚肉は軟らかい結果となった。第一嚥下終了から最終嚥下終了時の咀嚼時間においてもテクスチャー測定 of 硬さ ($r=0.957$) との間に正の相関を示し、官能評価での軟らかさ

($r=-0.978$) との間にも負の相関が認められた。魚肉の咀嚼時間が短いほど軟らかい同様の結果となった。

4. 考察

肉および魚の筋肉タンパク質は筋原線維タンパク質、筋形質タンパク質、肉

基質タンパク質から構成されており、赤身魚であるブリは牛肉や豚肉などの食肉より筋原線維タンパク質割合が多く、肉基質タンパク質の割合が少ないことが分かっている⁸²⁾。そのため、ブリの魚肉は加熱すると牛肉や豚肉などの食肉より脱水率が小さいが、筋原線維タンパク質の凝固および収縮が大きく、肉質が脆くなることが知られている⁸²⁾。また、加熱した魚肉の硬さは、筋形質タンパク質の量が影響しているといわれている。一般に赤身魚に多く含まれており、加熱したブリの魚肉は硬くなることが知られている⁸²⁾。

魚肉の軟化についての研究⁸³⁾は、酢漬けした魚肉では、筋肉に存在するタンパク質分解酵素が酸性になることによって活性化し、魚肉タンパク質を分解することで軟化すると報告している。また、味噌漬けした魚肉においては、味噌に含まれているタンパク質分解酵素が筋原線維タンパク質を分解し、軟化することを示し⁸⁴⁾、粕漬けした魚肉においても味噌漬けした魚肉と同様の軟化作用を示す⁸⁵⁾と報告している。魚肉の硬さの変化に関しては各種調理に伴う軟化の研究について報告されている⁸⁶⁾。

筋原線維タンパク質を効率的に分解し、従来の調理技術では成し遂げなかった外見は全く崩すことなく理想的な軟らかさを有する凍結含浸法⁸⁷⁾や酵素処理によって食物の骨格を形成するタンパクや食物繊維が容易に消化され、低分子化させる保形軟化食品の開発⁸⁸⁾などの報告がある。

本研究において、食肉を軟化させる働きがある食肉・魚肉品質改良剤製剤スベラカーゼミートを用いた。スベラカーゼミートの成分は、炭酸水素ナトリウム（重曹）とパパインが含まれている。

食肉の重曹溶液浸漬による軟化処理について、高橋ら⁸⁹⁾の報告によれば、牛肉、豚肉ともに、浸漬する重曹溶液濃度が高くなるに従い、生肉に対する試料肉の重量減少率が低くなったと述べている。これは、食肉を浸漬する重曹溶液濃度が高くなるに従い、水和が増加し、保水性が大きくなることによると推測されると報告している。また、高橋ら^{89) 90)}は、力学的物性においては、重曹に浸漬した食肉は蒸留水に浸漬した肉に比べ、有意に軟らかく、重曹未処理肉と重曹溶液浸漬肉の破断点が認められなかったが、歪におけるみかけの応力の圧縮速度依存性は異なる傾向を示すと述べている。

金ら⁹¹⁾は、豚肉の物性および嗜好性に及ぼす高圧処理の影響において、重曹処理肉を 400MPa で高圧処理したものが、水分含有量率が高く、重量減少率は低く、テクスチャー特性の硬さは軟らかくなったと報告している。しかし、本研究で用いた圧力鍋は 0.14MPa での処理のため、圧力による肉の軟化の影響は金らの研究より小さいと推測した。

重曹添加の影響についての研究では、カジキやマグロ肉への重曹の添加によって、保水性が高くなり、弾性に富むかまぼこを作ることができると述べてい

る^{92) 93)}。

また、パパインやプロメラインなどの植物起源システインプロテアーゼは、アクチン、ミオシンなどの筋原線維タンパク質やコラーゲン等を加水分解するため、食肉軟化剤として用いられている⁹⁴⁾。パパインの最適 pH は 3-10 であることが知られている⁹⁵⁾⁹⁶⁾。スベラカーゼミート 3% 溶液の pH は 8 を示し、これはパパインの最適 pH に一致する。これは同原料の炭酸水素ナトリウムは弱アルカリ性を示し、pH 調整剤の役割も果たしていると考えられる。

本研究において、食肉および魚肉は食品品質改良剤に浸漬することにより保水性が大きくなり、試料 NB および PB は試料 NA および PA よりも重量は増加し、生肉に対する試料肉の重量増加率が有意に高くなった。また、試料 NB および PB は試料 NA および PA よりも加熱調理前後の試料肉の重量減少率が有意に小さくなり、試料食肉および魚肉が軟化したと考えられた。

力学的物性においては食肉では、圧縮測定 of 初期弾性率および歪 0.6 (m/m) の貫入エネルギーは、試料 NB、PB が試料 NA、PA よりも有意に小さくなり、テクスチャー測定 of 硬さにおいても軟らかくなった。また、魚肉でも貫入応力および硬さは、試料 NB は NA より、試料 PB は PA より有意に小さくなり、軟らかくなった。食品品質改良剤に浸漬した試料 NB および PB は、タンパク質の分解が起き、軟らかくなることが明らかになった。

食品品質改良剤の成分であるパパインが食肉および魚肉のタンパク質を分解し、炭酸水素ナトリウム（重曹）が肉の保水性を大きくすることから、重量が増加し、軟化したと考えられた。すなわち、酵素と重曹の両方の作用により、軟化したことが認められた。

しかし、魚肉では試料 NA と PA および試料 NB と PB において、重量減少率、力学的物性の貫入応力および硬さは有意差が認められなかったことから、加熱方法の影響による重量変化は食肉より小さいことが考えられた。

本来、食肉および魚肉の硬化は肉タンパク質の熱変性によるものであり、筋肉の収縮と脱水を伴うことが知られている。凝集性において、食肉は試料 PA が他の 3 試料と比較して、有意に小さくなり、魚肉においても試料 PA が試料 NB および PB よりも有意に小さくなり、まとまりにくくなった。付着性では食肉および魚肉試料において、PA が他の 3 試料に比べて著しく小さくなり、パサつきが大きくなった。これは、普通鍋の場合の沸点が 100℃ に対し、圧力鍋は 110℃ 以上になる。そのため、筋原線維タンパク質の分解が大きくなり、魚肉の缶詰肉では弾力性が低く、固くてもろい感じを与え、練り製品の場合も弾力性が低下して品質が劣化することが知られている⁹⁷⁾。

本研究においても、試料 PA は付着性が著しく低下したと推測できた。しかし、同様に圧力鍋を使用した試料 PB はパパインと重曹の影響によるタンパク質の

軟化が起こり、試料 PA より加熱調理後の重量減少率が低下し、力学的物性の貫入応力と硬さが小さくなり、凝集性と付着性は大きくなったと考えられた。

高橋ら⁸⁹⁾は、官能評価において、重曹溶液に浸漬した試料肉は、咀嚼時に軟らかく、咀嚼後に形成された肉食塊は飲み込みやすく、口中の残留感も少ないことを示し、食べやすい肉であることを示している。

本研究の食肉では、若年層および高齢者において、試料 B は A よりも軟らかく、噛みやすく、まとまりやすく、飲み込みやすいことを示し、あと味がよく、おいしいことを示した。また、魚肉でも若年者および高齢者において、試料 B は A よりも軟らかく、噛みやすく、飲み込みやすいことを示し、風味およびあと味がよく、おいしいことが認められた。

食肉および魚肉の官能評価において、普通鍋加熱と圧力鍋加熱による加熱方法の違いでは、有意差が認められなかった。しかし、食肉では力学的特性での貫入応力、貫入エネルギーおよび硬さにおいて、圧力鍋加熱が普通鍋加熱より軟らかくなった。また、食肉および魚肉では、試料 PA と他の試料間において有意差は認められなかったが、試料 PA は他の試料よりバラけやすく、べたつき感が少ない傾向を示した。

高橋ら⁹⁸⁾は、口中で感じる硬さは若年者と高齢者では同様の傾向を示すと述べているが、本研究において食肉と魚肉では同じ傾向を示し、試料 A、B 間の点数の差が高齢者では、若年者より小さくなることが明らかになった。高齢者において、咀嚼および嚥下時での試料の識別があいまいになることが認められた。

中沢⁹⁹⁾らは、咀嚼中の第一臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係について、咀嚼開始から終了まで速度変化が少ない食品として、魚類や肉類などを挙げている。魚類や肉類は咀嚼 1 回目または噛み終わりまでの咀嚼閉口速度の変化が少なく、肉元来の水分量は比較的高く、咀嚼が進むと細くなるが、噛んで唾液が混ざっても食品の吸収性が少なく、食品の物性の変化が小さい食品であると報告している。また、高橋ら⁷⁸⁾⁹⁰⁾は、食肉の破断特性およびテクスチャー特性と咀嚼運動の関係について検討を行っている。みかけの応力が大きい重曹未処理肉は重曹溶液浸漬肉より、嚥下終了までの咀嚼回数は多く、閉口相時間は長く、最大閉口速度も遅くなったと報告している。重曹未処理肉は、咀嚼回数を増加させ、唾液と混合させることで、重曹溶液浸漬肉とほぼ同程度の硬さの肉食塊として嚥下していることが示されたと述べている。

本研究の食肉では、試料 B は試料 A より、咀嚼開始から第一嚥下終了までの咀嚼回数および総筋活動量は減少し、咀嚼時間および総筋活動時間は短縮した。また、魚肉においては、試料 NB および PB が試料 NA および PA より、咀嚼開始から第一嚥下終了までの咀嚼回数は減少し、咀嚼時間および総筋活動時間は

短縮した。

食肉での第一嚥下終了から最終嚥下終了までの咀嚼時間は、試料 NB および PB は PA より有意に短縮し、総筋活動量は試料 NA、NB、PB が PA よりも低下傾向となった。また、魚肉においての第一嚥下終了から最終嚥下終了までの咀嚼時間は、試料 NB は NA より有意に短縮し、総筋活動量は咬筋において、試料 NB が NA よりも低下した。

第一嚥下以降は咀嚼だけでなく、咀嚼中に口中に散らばった残存する肉片を舌でかき集めるのに要する時間であると考えられ、官能評価で飲み込みやすいと評価された食肉の試料 NB および PB は PA より咀嚼時間が短くなり、魚肉では試料 NB が NA より咀嚼時間が短縮し、総筋活動量は減少することが認められた。食肉の試料 PA は、第一嚥下後、口中に散乱した試料を集めて嚥下するまでに時間がかかり、口中でまとまりにくいことが考えられ、テクスチャー測定での凝集性が小さいことが推測できた。また、魚肉の試料 NB は第一嚥下後、口中に散乱した試料を集めて嚥下するまでの時間が短縮し、口中でまとまりやすいことが分かった。試料が軟らかく、それほど咀嚼をしなくてもよい場合は、咀嚼回数や咀嚼時間はさらに短縮することが考えられた。

戸田ら¹⁰⁰⁾は、咀嚼中の咀嚼速度と食品物性の関係について、牛すね肉は加熱時間が長くなると凝集性が小さくなってほぐれやすくなり、5 分間と 15 分間加熱のもも肉に隠し包丁を入れると硬さがそれぞれすね肉 60 分から 180 分および 180 分に相当することを確認している。また、切り込み操作をすることで肉の物性は、軟らかく、ほぐれやすくなると報告している。今後、表面積が大きい食材を用いて調理する場合、切り込み操作を行ってから、食品品質改良剤溶液に浸漬することにより、効果的な軟化方法として活用できることが期待される。

軟化処理した食肉および魚肉は未処理の食肉および魚肉より、水分の保水性が高まり、物性特性である硬さが軟らかくなり、凝集性および付着性が増加することにより、咀嚼回数は減少し、咀嚼時間および総筋活動時間は短縮し、総筋活動量の低下が認められた。これらのことから、軟らかく、噛みやすく、まとまりやすく、飲み込みやすく、おいしくなることが認められた。

加熱調理方法において、食肉の普通鍋加熱と圧力鍋加熱の比較では、軟化処理の有無に関係なく、圧力鍋加熱は食肉の物性特性である硬さを低下させることによって、軟らかく、バラけやすくなった。しかし、保水性が減少し、おいしさまでが低下すると考えられた。また、凝集性においては、軟化未処理試料 PA は NA より、小さくなった。圧力鍋加熱は食肉を軟らかくするが、保水性を減少させ、重量減少率が大きくなり、凝集性を低下させるため、バラつきが大きくなることが示された。魚肉の普通鍋加熱と圧力鍋加熱の比較では、軟化処理の有無に関係なく、硬さおよび凝集性は食肉より加熱方法の違いによる変化

が小さかった。しかし、圧力鍋加熱・軟化未処理試料 PA は著しく付着性が低下した。このことは圧力鍋加熱の影響による凝集性および付着性の低下から、パサつき感が強くなり、バラけやすいことが認められた。

本研究で用いた市販食品品質改良剤の原材料であるパパイソおよび炭酸水素ナトリウムの働きにより、食肉および魚肉の筋原線維タンパク質を軟化させ、保水性を増加させることにより、軟らかく、噛みやすくなることから、咀嚼障害がある高齢者に有効であることが示唆された。

5. 結語

加熱調理後の軟化未処理の食肉、魚肉より軟化処理した食肉、魚肉の方が保水性は増加し、咀嚼時に軟らかく、バラつきおよびパサつきが少なく、噛みやすく、飲み込みやすく、おいしいことが認められた。また、加熱調理方法の比較では、圧力鍋加熱は食肉の軟化が認められたが、魚肉の軟化は加熱調理方法の違いによる影響が小さいことが示された。また、圧力鍋による加熱は食肉ではバラつき、魚肉ではパサつきが大きくなることが示された。食品品質改良剤を用いて軟化した食肉および魚肉は、歯の状態の悪い高齢者に有効であり、在宅でも簡単に利用することができると考えられた。

総合考察

第1章では、針入式簡易粘度計の長所は操作が簡単で小型・軽量のため、持ち運びが便利でどこでも測定が可能であり、粘性の目安がすぐに判断できることがあげられた。また、反対に短所は粘性が非常に大きい試料では治具の落下が不可能になり、測定することができなくなる場合や逆に粘性が非常に小さい場合は治具の落下速度が極端に速くなり、測定するのが難しくなることが分かった（治具の大きさ、重さを変えれば対応可能である）。

各キシタンガム系のとろみ調整製品をパンフレットの指示にある濃度（ポタージュ状）で比較したところ、粘性に著しい差があることが確認できた。また、ヨーグルト状濃度に調整した試料に塩分（だし醤油）を添加すると、塩分を添加しない試料と比較するとほとんどのもので著しい粘性の低下を示した。キシタンガム系とろみ調整食品を使用する場合、調味料や食材により、粘性が異なることが明らかになった。

また、官能評価から、健常者では粘性が低いほど「飲み込みやすい」、「舌触りがなめらか」、「べたつき感が少ない」、「口中の残留感が少ない」、「総合評価がよい」という結果を示し、好ましい粘性であると考えられた。

以上のことから、とろみ調整食品の粘性は著しい差があることが確認された。「飲み込みやすい粘性」は食材によって、検討する必要がある、針入式簡易粘度計は、とろみ調整食品の粘度の確認に有効であった。また、とろみ調整食品の使用には、主原料による分類に従うだけでなく、同じ主原料を用いる場合でも、製品ごとの物性の比較に基づく必要がある、今後、対象者の摂食・嚥下機能状態ととろみ調整食品の物性との関係を検討し、とろみ調整食品を用いて最適な粘性を調整するための規準を構築する必要があると考えられた。

第2章では、今回の研究で用いた市販ゲル化剤の原材料はジェランガムや、キシタンガムにローカストビーンガムを混合したキシタンガム製剤であることが確認できた。

また、ジェランガムはネイティブ型であり、この特徴は、先行研究において、溶解温度が 85～90℃以上と高く、融解温度も 70～90℃と極めて高いことが示され、溶解温度および融解温度はカチオン類の添加によって上昇し、そのゲルの食感は柔らかくて弾力があり、離水が少ない性質を示し、特に高い耐酵素性を有し、一般に市販されている酵素や微生物によって分解しないとされている。本研究では、粥および里芋を使用して作製したゼリーは付着性が小さく、べたつきにくく、飲み込みやすいことが確認できた。このことから、使用した市販ゲ

ル化剤の原材料にデンプン分解酵素が含まれていることが分かった。また、牛乳および味噌汁ゼリーはカルシウムおよびナトリウムなどのカチオン類が含有するため、80℃では溶解が不十分でゼリー状を形成しなかったことが考えられた。そこで、確認のため 90℃で加熱したところ、ゼリー状を形成することが明らかになった。これらのことから、主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いる場合、他のゲル化剤とは異なり、使用食品によって加熱温度を変える必要があることが示された。さらに、オレンジジュースゼリーは非常に軟らかいゼリーとなった。オレンジジュースの pH 値は酸性を示したことから、酸の影響を受けやすいと考えられた。さらに、味噌汁ゼリー、オレンジジュースゼリー、緑茶ゼリーは白濁色を示したことからこのゲル化剤の主原料はネイティブ型ジェランガムであることが推測できた。

医療機関や高齢者施設の給食では、温冷配膳車内で食事を加温および保冷を行ない、加温する温度は 65℃以上に設定されている。そのため、味噌汁などの食事の提供温度が 65℃の加温状態においても物性の変化がないゼリーを作製することが必要である。そのため、本研究では、試料ゲルの測定温度を 20℃および 65℃に設定し、温度の影響を検討した。

硬さ、凝集性、付着性において主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーはキサントガム製剤を用いて作製したゼリーよりも温度変化の影響が小さく、適度な硬さを示し、安定した凝集性であり、付着性が小さいことが認められた。官能評価においても、すべての官能評価項目において良好な評価が認められ、軟らか過ぎず、口中の残留感が少ないという評価となった。65℃の加温状態でのゼリー食を提供するには、安定した物性特性および官能評価値が高いことが認められた主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーが有効であることが示唆された。

市販レトルト粥を用いた高橋らの先行研究では口中で感じる硬さおよび飲み込みやすさは若年者と高齢者では同様の傾向を示すと報告している⁹⁸⁾。本研究においては、健常高齢者では市販ゲル化剤を用いて調製したゼリーの官能評価項目における各試料間の平均値が若年者よりも高いことが認められた。このことは、加齢による感覚刺激認知機能の低下、唾液の粘性率の上昇、舌運動機能の低下などから、粥とは異なるゼリー状の形態になると学生では明確に識別できる物性の違いが高齢者では識別できないことが推測できた。

第3章では、市販食肉・魚肉品質改良剤製剤（スベラカーゼミート）の原材料であるパパイインおよび炭酸水素ナトリウムの働きにより、食肉および魚肉の筋原線維タンパク質を軟化させることを試みた。

また、一般家庭や病院などで使用されている普通鍋と圧力鍋を用いて、加熱

条件の違いによる食肉および魚肉の物性への影響について比較検討し、若年者と高齢者による嗜好性および筋電図による咀嚼性との関連についても比較検討を行なった。その結果、加熱調理後の軟化未処理の食肉、魚肉より軟化処理した食肉、魚肉の方が保水性は増加し、咀嚼時に軟らかく、バラつきおよびパサつきが少なく、噛みやすく、飲み込みやすく、おいしいことが認められた。また、加熱調理方法の比較では、圧力鍋加熱は食肉の軟化が認められたが、魚肉の軟化は加熱調理方法の違いによる影響が小さいことが示された。また、圧力鍋による加熱は食肉ではバラつき、魚肉ではパサつきが大きくなることが示された。食品品質改良剤を用いて軟化した食肉および魚肉は、咀嚼機能が低下した高齢者に有効であり、在宅でも簡単に利用することができると考えられた。

嚥下および咀嚼能力の低下は、脳血管疾患などの様々な病気や加齢による老化もその要因の一つであると言われている。病院や福祉施設などの臨床現場で提供されている食事は、普通食以外にミキサー食・きざみ食、とろみ食、ゼリー食などがあり、患者の各人の病状の程度に応じて区分されている。食事とは喫食者の人間としての尊厳を重視し、食べ物の楽しみを与え、自分の口で食べることにより、病気の回復への気力を取り戻すことができる。そのためには、安全性や機能性の他においしさと食べやすさも重要視される。

本研究から、市販とろみ調整食品によるとろみ食の粘性における安全性および機能性においては、粘度を短時間に簡単に測定できる小型軽量である針入式簡易粘度計を用いる利便性を報告した。さらに、とろみ調整製品をパンフレットの指示にある濃度で比較したところ、粘性に著しい差があることが確認できた。また、試料のとろみ溶液に塩分を添加すると、ほとんどの試料で著しい粘性の低下を示した。キサンタンガム系のとろみ調整食品は使用する場合、調味料や食材により、粘性が異なることが明らかになった。官能評価から、粘性が低いほど「飲み込みやすい」などの結果を示し、好ましい粘性であると考えられた。

また、市販ゲル化剤によるゼリー食の機能性および食べやすさによる研究では、市販ゲル化剤の原材料はジェランガムや、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤であることが確認できた。

主原料がジェランガムである市販ゲル化剤にはデンプン分解酵素が含まれていることから、これを用いて作製した粥および里芋ゼリーは付着性が小さく、べたつきにくく、飲み込みやすいことが確認できた。また、牛乳および味噌汁などのカルシウムおよびナトリウムなどのカチオン類が含有する食品を用いる場合、80℃では溶解が不十分でゼリー状を形成しないことが確認できたことから、90℃で加熱する必要があることが明らかになった。さらに、主原料がネイティ

ブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いる場合、他のゲル化剤とは異なり、使用食品によって加熱温度を変える必要があることが示された。

常温である 20℃および 65℃に加温したゼリーの物性比較において、主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーはキサントガム製剤を用いて作製したゼリーよりも温度変化の影響が小さく、適度な硬さを示し、安定した凝集性であり、付着性が小さいことが認められた。また、官能評価においても、軟らか過ぎず、口中の残留感が少ないという評価となった。65℃の加温状態でのゼリー食を提供するには主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーが有効であることが示唆された。

食肉および魚肉の食品品質改良剤製剤（スベラカーゼミート）の使用および加熱条件の違いによる機能性、おいしさ、食べやすさにおける研究では、加熱調理後の軟化未処理の食肉および魚肉より軟化処理した食肉および魚肉の方が保水性は増加し、咀嚼時に軟らかく、バラつきおよびパサつきが少なく、噛みやすく、飲み込みやすく、おいしいことが認められた。また、加熱調理方法の比較では、圧力鍋加熱は食肉の軟化が認められたが、魚肉の軟化は食肉より加熱調理方法の違いによる影響が小さいことが示された。また、圧力鍋による加熱は食肉ではバラつき、魚肉ではパサつきが大きくなることが示された。

総括

本研究では、病院や要介護施設などの臨床現場における嚥下・咀嚼機能の低下した人や患者に対する食品の食感改良の研究を目的として、(1)とろみ調整食品において、針入式簡易粘度計の有用性の検討を行い、飲み込みやすい市販とろみ調整食品を比較検討した。また、(2)ゲル化剤では、異なる市販ゲル化剤の成分や組成を明確にし、それらを用いて作製したゼリーの特徴について比較検討し、(3)市販ゲル化剤を用いて作製した食品ゼリーを加温状態にした時の物性の安定性と嗜好性について比較検討した。さらに、(4)市販食品品質改良剤を用いて、食肉および魚肉を軟化处理させ、軟化处理の有無と加熱条件の違いによる物性、嗜好性、咀嚼性について比較検討した。

第1章では、簡便な粘度測定機器を使用し、9種類のキサンタンガム系の市販とろみ調整食品を用いて作製した試料の粘性について比較検討した。また、若年健常者を対象にほうじ茶に添加し、官能評価を試みた。さらに、試料に塩分を添加（だし醤油）した場合の粘性の変化について検討し、この試料を用いて若年健常者に官能評価を行なった。また、簡便な粘度測定機器の有用性についても検討を試みた。その結果、以下の知見を得た。

1. 各とろみ調整製品をパンフレットの指示にある濃度（ポタージュ状）で比較したが、粘性には著しい差があることが確認された。
2. 官能評価から、ほうじ茶試料の場合には、粘性が低いほど「飲み込みやすい」、「舌触りがなめらか」、「べたつき感が少ない」、「口中の残留感が少ない」、「総合評価がよい」という結果を示し、好ましい粘性であると考えられた。
3. 各製品パンフレットの指示にある濃度（ヨーグルト状）で調整した試料の粘性強度の順位は、ポタージュ状の濃度の場合と異なっていた。ヨーグルト状濃度に塩分（だし醤油）を添加し、塩分を添加しない試料と比較すると、ほとんどの試料で著しい粘性の低下を示した。以上のことは、キサンタンガム系のとろみ調整食品は使用する調味料や食材により、粘性が異なることを示唆した。
4. ほうじ茶試料では、粘性が低いほど官能評価の平均値は高い傾向を示した。また、塩分添加試料の場合には、ほうじ茶試料と比較して相対的に粘性との関連性は低いと推測された。
5. 使用した針入式簡易粘度計は簡単に粘性が測定でき、とろみの粘性の目安を把握するのに有効であると考えられた。

第2章では、3種類の市販ゲル化剤であるゲル化剤 A、ゲル化剤 B、ゲル化剤

C を用いた。各ゲル化剤の使用濃度は、パンフレットの指示量である濃度に調製し、牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶の 5 種類の食品をゼリー状に固め、テクスチャー特性について検討するとともに、この 5 種類の食品をゼリーにした時の市販ゲル化剤の特徴についても分析した。また、若年者および健常高齢者に官能評価を行い、比較検討を行うとともに、テクスチャー特性と官能評価の関連性についても検討した。その結果、以下の知見を得た。

1. 物理的特性と官能評価は、市販ゲル化剤の 3 種類間で変動がみられた。一方、各試料の物理的特性と官能評価との間の傾向は同様であった。
2. 官能評価値の各試料間の差は、若年者の方が高齢者より大きかった。ゲル化剤 A とゲル化剤 B の食品ゼリー（牛乳、味噌汁、オレンジジュース、緑茶）は、ゲル化剤 C の食品ゼリーより硬いことが物性測定と官能評価から評価された。
3. ゲル化剤 C を用いて作製した粥ゼリーは、軟らかく、粘り気が少なく、飲み込みやすいことが明らかになった。これらより、ゲル化剤 A とゲル化剤 B の成分は類似しているが、ゲル化剤 C は A および B とは異なり、澱粉分解酵素を含むことが推察された。
4. それぞれの食品で物理的性質と官能評価に適するように市販ゲル化剤を使用することが重要であることが明らかになった。

次に、市販ゲル化剤の種類と濃度および加温温度の影響についてテクスチャー特性と官能評価の関連性から検討した。2 種の市販ゲル化剤を用い、主原料がネイティブ型ジェランガムと推測したものをゲル化剤 A、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤をゲル化剤 B、C とした。また、ゲル化剤 A および B の使用濃度は、各ゲル化剤のパンフレットの指示量である濃度とし、ゲル化剤 A は 1.5%、ゲル化剤 B は 0.75% とし、ゲル化剤 C は B の 2 倍濃度の 1.5% に調製した。里芋、ほうれん草、鮭をペースト状にしたものに各ゲル化剤を加熱溶解後、冷却し、ゼリー状に固めた。ゼリーの設定温度は 20℃ と 65℃ とした。その結果、以下の知見を得た。

1. 65℃ で、ゼリー食の硬さおよび付着性は低下し、凝集性は増加した。
2. ゲル化剤 A を用いて作製したゼリーはゲル化剤 B、C を用いて作製したゼリーより、温度および食品成分の影響が少ないことが認められた。
3. テクスチャー測定と官能評価の結果より、ゲル化剤 A を用いて作製したゼリーはゲル化剤 B およびゲル化剤 C を用いて作製したゼリーより、適度な軟らかさを示し、付着性が小さく、べたつきが少なく、口中の残留感が少なく、良いという評価となった。
4. ゼリー食を提供する場合は、ゲル化剤の主成分、温度、濃度および食品成分

により、力学的物性値や官能評価値が異なることが示唆された。

第3章では、食肉・魚肉品質改良剤製剤（スベラカーゼミート）を用いて、食肉および魚肉を軟化させることを試みた。短時間で簡単に調理ができ、食べやすく、美味しい調理法の検討として、一般家庭や病院などで使用されている普通鍋と圧力鍋を用いて、軟化処理の有無と加熱条件の違いによる食肉および魚肉の物性への影響について比較検討した。また、若年者と高齢者による嗜好性および筋電図による咀嚼性との関連についても比較検討を行なった。その結果、以下の知見を得た。

1. 食肉および魚肉の軟化処理試料は軟化未処理試料と比較して、重量変化率が高く、貫入応力および貫入エネルギーが小さいことが明らかになった。
2. 官能評価では、若年者および高齢者とも、軟化処理した食肉および魚肉は軟らかく、まとまりやすく、噛みやすく、飲み込みやすく、おいしいという回答を得た。
3. 筋電図測定では、軟化処理した食肉および魚肉は咀嚼開始から第一嚥下まで、咀嚼回数が減少し、活動時間および咀嚼活動時間が短縮し、咀嚼活動量も低下した。また、第一嚥下以降は、食肉において、まとまりがよい軟化処理試料が咀嚼時間の短縮が認められた。
4. 加熱方法の比較では、食肉において、圧力鍋加熱試料は普通鍋加熱試料より、重量変化率が低く、貫入応力および貫入エネルギーが小さいことが明らかになった。また、テクスチャー特性の硬さは小さくなり、軟化が認められた。
5. 魚肉は加熱方法による軟化は認められなかった。
6. 食肉の圧力鍋加熱・軟化未処理試料では、凝集性の著しい低下を示し、魚肉では付着性の著しい低下が認められた。

以上の結果により、今後、臨床現場である病院や要介護施設に針入式簡易粘度計を設置し、とろみ食の適正な粘性を把握するために針入式簡易粘度計を用い、必要に応じて測定することにより、適正な粘性のとろみ食が提供できることが期待できる。また、とろみの付けすぎによる窒息などの事故も大幅に減少すると考えられる。

また、加温状態のゼリー食の調理が普及し、野菜、芋、魚などを使用したゼリー状の味噌汁の具材、煮物、あんかけ料理などが病院や要介護施設において提供されることが期待できる。

さらに、咀嚼機能が低下した高齢者にミキサー食やきざみ食の代わりに市販食品品質改良剤を使用して軟らかくした食肉や魚肉料理が病院や要介護施設だけでなく、在宅においても普及することが期待できる。

今後、とろみ食、ゼリー食、軟化した食材を組み合わせ、新しい介護食の開発に取り組むことを考えている。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、終始ご懇切な指導とご鞭撻を賜りました北元憲利教授、吉村美紀教授、加藤陽二教授に深甚なる感謝の意を表します。

最後に、研究にご協力いただきました関係者各位、対象者の方々に心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 1)総務省：国勢調査(平成 27 年)
- 2)厚生労働省：国民健康・栄養調査報告書(平成 25 年)
- 3)日本歯科医師会ホームページ：<http://www.jda.or.jp/8020/Index.html>
- 4)厚生労働省：歯科疾患実態調査(平成 23 年)
- 5)吉村美紀，桑野稔子，田中満智子，西成勝好：きざみ食に付与した増粘剤のレオロジー的性質と嗜好特性について，日咀嚼誌，13(1) 22-28(2003)
- 6)吉村美紀，桑野稔子，盛崎利恵，西成勝好：キサンタンガムを添加したきざみ食の嗜好特性について，日咀嚼誌，14(2) 50-61(2004)
- 7)吉村美紀，桑野稔子，船見孝博，西成勝好：固有粘度の異なるキサンタンガムの物性とニンジンのきざみ食の咀嚼性，日咀嚼誌，15(2) 48-57(2005)
- 8)吉村美紀，桑野稔子，船見孝博，西成勝好：高齢者用食品としてのキサンタンガム・ジェランガム混合トロミ剤ときざみ食の咀嚼性，日咀嚼誌，18(1) 49-59(2008)
- 9)畦西克己，舘村卓，外山義雄，奥田豊子，吉村美紀，北元憲利，西成勝好：針入式簡易粘度計を用いた市販各種とろみ調整食品の粘性比較と官能評価および塩分添加への影響，日本健康体力栄養学誌，16，1，10-20(2011)
- 10)畦西克己，吉村美紀，北元憲利，阪井丘芳：市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性と官能評価，日本食生活学会誌，25，3，171-183(2014)
- 11)畦西克己，阪井丘芳，吉村美紀，北元憲利：市販ゲル化剤を用いた食品ゼリー食における温度変化の影響，日本食生活学会誌，26，4，189-196(2016)
- 12)柳沢幸江：おいしさ，テクスチャー．柴田博，藤田美明，五島孜郎(編著)，高齢者の食生活と栄養，光生館，p. 92-107(1994)
- 13)大越ひろ：テクスチャー調整食品—最近の傾向と使い方のヒント，臨床栄養，105，178-185(2004)
- 14)船見孝弘，堤之達也，岸本一宏：とろみ調整食品や介護食品に使用されている増粘剤およびゲル剤．日本調理科学会誌，39，233-239(2006)
- 15)大本俊郎：キサンタンガムの特性と食品への応用(特集：食品における多糖類の構造と物性(2))，FFI JOURNAL，208，935-942(2003)
- 16)丸山彰子，高橋智子，宮本勲ほか：粘稠液状食品の力学的性状に対する簡便な客観的評価法の検討，日家政会誌，57:263-270 (2006)
- 17)高橋智子，大須賀彰子，川野亜紀ほか：リング法を用いた粘稠液状食品の簡便な物性評価の有効性，栄養誌，65，113-122 (2007)
- 18)船見孝博，飛田昌男，星正弘ほか：とろみ調整食品の力学測定法に関する検討

- (Texture Profile Analysis の有用性について), 日摂食嚥下リハ会誌, 13(1), 10-19 (2009)
- 19)中村愛美, 吉田智, 岩品有香ほか:とろみ調整食品で調整した粘稠液状食品の Line Spread Test 一部改変法(シリンジ法)による評価, 日摂食嚥下リハ会誌, 13(3), 197-206 (2009)
- 20)外山義雄, 竹端彩, 高見正雄, 村尾周久:簡易粘度計の試作検討ととろみ評価への適用, 日摂食嚥下リハ会誌, 8, 213-213(2004)
- 21)外山義雄, 竹端彩, 金保叔, 西成勝好:簡易粘度計で得られる落下時間とレオロジー特性値との関係, 日摂食嚥下リハ会誌, 9, 101-101(2005)
- 22)高橋智子, 丸山彰子, 大越ひろ:嚥下補助食品としての増粘剤の利便性についてーテクスチャー特性及び官能評価からの検討ー, 栄養学雑誌, 55, 253-262 (1997)
- 23)高橋智子, 大越ひろ:粘稠な液状食品の飲み込み特性と力学的特性の関係, 家政誌, 50, 333-339(1999)
- 24)高橋智子:粘稠な液状食品の力学特性と嚥下, 日本調理学会誌, 35, 310-316 (2002)
- 25)Takahashi T. Ogoshi H. Miyamoto K. et al. Viscoelastic Properties of Commercial Plain Yoghurts and Trial Foods for Swallowing, *Nihon Reorogi Gakkaishi* 27, 169-172(1999)
- 26)高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ, 大塚義顕, 向井美恵:極めて粘稠なムース状食品の力学的特性, 飲み込み特性と舌運動の関係, 日摂食嚥下リハ会誌, 4(1), 3-10(2000)
- 27)丸山彰子, 高橋智子, 渡辺敦子ほか:液状食品の飲み込み特性を反映する簡便な力学物性の測定方法の検討, 栄養学雑誌, 58(2), 23-28(2000)
- 28)高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ:デンプン-グアーガム混合系増粘剤により調整した粘稠ゾル食品の粘弾性挙動と官能評価, 日本レオロジー学会誌, 33, 2, 87-92(2005)
- 29)神山かおる, 西成勝好:豆腐の物性測定に影響する諸因子の検討, 食工, 39, 715-721(1992)
- 30)河原和枝, 畑岡幹枝, 山口知夏:嚥下補助食品(増粘剤)の粘度に及ぼす諸因子に関する検討, JJPEN, 19, 993-1000(1997)
- 31)三栄源・エフ・エフ・アイ資料, テクニカルレポート, キサンタンガム, 1-12
- 32)田沼智恵子, 小林志保子, 大崎潤子:増粘剤を使用したとろみ茶の提供方法の検討ー官能評価結果からー成人看護Ⅱ, 36(57), 169-171(2005)
- 33)市村久美子ほか:液状・ゾル状食品の粘度とおいしさの関係ー官能評価からー. 茨城県立病院医学雑誌, 18, 9-17(2000)

- 34)道脇幸博, 横山美加, 道建一ほか: 嚥下訓練食のテクスチャー特性に関する検討, 日本摂食嚥下リハ学会誌, 4, 28-32(2000)
- 35)高橋智子, 増田邦子, 佐々木真希ほか: 摂食機能に応じた食事形態のテクスチャーの特徴ー特別養護老人ホームの食事と市販レトルト介護食の比較ー, 栄養学雑誌, 62, 83-90(2004)
- 36)渡瀬峰男: 嚥下開始食の機能特性, 食品工業, 44, 41-48(2001)
- 37)稲田晴男, 藤島一郎, 本多知之ほか: 市販ペクチンゲル製品の有用性, 難病と在宅ケア, 8, 45-47(2002)
- 38)西成勝好: 食品の物理的性質と測定における諸問題, 日本家政学会誌, 64(12), 811-822(2013)
- 39)食品と開発編集部: ゲル化剤・増粘安定剤の市場動向, 食品と開発, 42, 49-57(2007)
- 40)手塚雅子, 渡瀬隆也, 土肥慎吾ほか: 咀嚼機能の低下した人に向く食品の開発(第2報)ー咀嚼・嚥下しやすい食品の模索ー静岡県静岡工業弓術センター研究報告, 42, 31-38(1997)
- 41)臨床栄養: 摂食・嚥下障害の栄養ケア, 119, 4, 375-379(2011)
- 42)山縣誉志江, 栢下淳: 市販ゲル化剤を用いた嚥下造影検査食に関する基礎的な検討, 県立広島大学人間文化学部紀要, 3, 21-31(2008)
- 43)西成勝好, 矢野俊正: 食品ハイドロコロイドの科学, 朝倉書店, p.203(1990)
- 44)大本俊郎, 宇野喜貴: ジェランガムによる新食感デザートの開発, 食品加工技術, 21, 61-73(2001)
- 45)大本俊郎: ジェランガムの基礎と食品への応用, **FFI JOURNAL**, 209, 910-918(2004)
- 46)西尾正輝, 森下博己, 飯野登志子, 田中康博: 非温度依存性即席ゲル化剤の開発とそのテクスチャー特性, 日摂食嚥下リハ会誌, 12, 49-60(2008)
- 47)山縣誉志江, 藤谷順子, 柴本勇, 河原和枝, 柏木淳: 官能評価による特別用途食品えん下困難者用食品許可基準(案)の検証, 日摂食嚥下リハ会誌, 14, 17-26(2010)
- 48)丹治彩子, 高橋智子, 大越ひろ: 異なるゲル化剤を用いた3種のお茶ゼリーの飲み込み特性ー若者と高齢者の比較ー, 日摂食嚥下リハ会誌, 9, 62-70(2005)
- 49)藤井恵子, 赤堀博美, 川辺知子, 川畑章子, 大越ひろ, 中濱信子: ゲル化剤の異なるミルクゼリーの性状について, 日本調理学会誌, 34, 261-269(2001)
- 50)金子芳洋訳: 摂食・嚥下メカニズム **UPDATE**, 構造機能からみる新たな臨床への展開, 医師薬出版, 東京, p.106-111(2006)
- 51)Aviv JE, Martin JH, Jones ME, et al. : Age-related changes in

- pharyngeal and supraglottic sensation, *Ann Otol Rhinol Laryngol* , 103, 749-752(1994)
- 52)Shaker R, Ren J, Zamir Z, et al. : Effect of aging, position, and temperature on the threshold volume triggering pharyngeal swallows. *Gastroenterology*, 107, 396-402(1994)
- 53)Ben-Aryeh, H. , Miron, D. , Szargel, R. , and Gutman, D : Whole-Saliva Secretion Rates in Old and Young Healthy Subjects, *J. Dent. Res.* , 63, 1147-1148(1984)
- 54)Heintze, U. , Birkhed, D. , and Bjorn, H : Secretion Rate and Buffer Effect of Resting and Stimulated Whole Saliva as a Function of Age Sex, *Swed. Dent. J.* , 7, 227-238(1983)
- 55)Kohyama, K. , Mioche, L. , and Martin, J-F : Chewing Patterns of Various Texture Foods Studied by Electromyography in Young and Elderly Populations, *J. Texture stud.* , 33, 269-283(2002)
- 56)川野重紀, 高橋智子, 大越ひろ : 若年者と高齢者の唾液および寒天ゼリー食塊の性状, 日本家政学会誌, 56, 301-307(2005)
- 57)金子功 : 嚥下における舌骨運動の X 線学的解析—男女差及び年齢変化—, 日耳鼻会報, 95, 974-987(1992)
- 58)Feinberg, M. J : Radiographic techniques and interpretation of abnormal swallowing in adult and elderly patients, *Dysphagia* , 8, 356-358(1993)
- 59)内藤善仁, 成田達哉, 塩田洋平, 近藤雄学, 福本宗子, 竹内健, 由木智, 祇園白信仁 : 若年有歯顎者と高齢有歯顎者における咀嚼時舌接触圧の比較, 老年歯学, 26, 69-77(2011)
- 60)大前由紀雄, 杉浦むつみ, 茂木立学 : 超高齢者の嚥下機能—加齢にともなう嚥下機能の変化, 日気食会報, 54(1), 1-7(2003)
- 61)小城明子, 藤綾子, 柳沢幸江, 植松宏 : 要介護高齢者施設における食物摂取の実態, 栄養学雑誌, 62, 329-338(2004)
- 62)山下由美子, 赤田望 : 食形態の変化が栄養摂取に及ぼす影響, 広島文化短期大学紀要, 37, 15-22(2004)
- 63)大越ひろ : 嚥下障害者のための食事—高齢者を対象とした食事の安全性とテクスチャーの面から—, 日本食生活学会誌, 17(4), 288-296(2007)
- 64)坂井真奈美, 栢下淳 : 嚥下障害者に対して誤嚥を防ぐための食品物性, 日本バイオレオロジー学会誌, 20(2), 10-19(2006)
- 65)小原仁, 土肥守 : 摂食・嚥下障害を有する慢性期リハビリテーション患者におけるゼラチンを活用した嚥下障害食の栄養状態に対する効果, 栄養学雑誌,

- 64(4), 237-242(2006)
- 66)下坂智恵, 高橋ユリア, 下村道子: サケ肉ムースのかたさにおよぼす材料の影響, 日本家政学会誌, 40(9), 815-819(1989)
- 67)三輪里子, 飯田文子, 松田由美子: ムースの原料に適した魚介類, 日本調理科学会誌, 31(2), 123-129(1998)
- 68)武山進一, 三浦誠, 小野昭男, 遠山良: 介護予防のための煮魚製品開発(Ⅲ), 岩手県工業技術センター研究報告書, 16(2009)
- 69)栢下淳: 嚥下食ピラミッドによるペースト・ムース食レシピ 230, 医歯薬出版, 東京, p. 79(2013)
- 70)坂井真奈美, 江頭文江, 金谷節子, 柏木淳: 臨床的成果のある段階的嚥下食に関する食品物性比較, 日摂食嚥下リハ会誌, 10, 239-248(2006)
- 71)林静子: 高齢者の栄養ケアにおける疑問と検証(1), 臨床栄養, 医歯薬出版, 東京, p. 145(2002)
- 72)鮫島邦彦, 崔 一信, 石下真人, 他: アクチニジン (キウイフルーツタンパク質分解食肉軟化剤) による筋肉構成タンパク質の分解, 日食工誌, 38, 816-821(1991)
- 73)堤ちはる, 三好恵子, 谷 武子, 他: キウイフルーツの豚肉軟化効果について, 家政誌, 45, 603-607(1994)
- 74)和辻敏子, 宮本悌次郎: キウイフルーツの牛肉軟化効果について, 調理科学, 18, 128-132(1985)
- 75)楊 萬里: 『秘密の中国料理－誰も言わなかった味の方法－』, (株)経済会, 東京, p. 166(1979)
- 76)中濱信子: 『調理の科学』, 三共出版, 東京, p. 87-98(1976)
- 77)坂本宏司: 硬さ制御技術 (凍結が含浸法) を用いた高齢者・介護用食品の開発, 食品工業, 50, 62-70(2007)
- 78)高橋智子, 中川令恵, 道脇幸博, 川野亜紀, 鈴木美紀, 和田佳子, 大越ひろ: 食べ易い食肉のテクスチャー特性と咀嚼運動, 日本家政学会誌, 55, 3-12(2004)
- 79)小泉敦, 西村豊, 神山かおる: 筋電図によるおやつ・おつまみの咀嚼性評価, 日本咀嚼学会, 18, 60-68(2008)
- 80)神山かおる, 早川文代: 固形状食品における力学物性と咀嚼挙動との関係, 日本咀嚼学会, 17, 35-44(2007)
- 81)神山かおる, 西成勝好: 食品ハイドロコロイドの開発と応用Ⅱ, シーエムシー出版, p. 239-245(2015)
- 82)下村道子, 橋本慶子(編): 『調理科学講座 5 動物性食品』, 朝倉書店, 東京, p. 46-59(1993)
- 83)下村道子, 松本十一郎: しめさば処理における魚肉の物性とタンパク質の変化,

- 日水誌, 51, 583-591(1985)
- 84)下村道子, 松本十一郎:サワラ肉のみそ漬処理によるタンパク質の変化, 日水誌, 53, 627-632(1987)
- 85)下村道子, 松本十一郎:粕漬け処理におけるサワラ肉タンパク質の変化, 日水誌, 51, 783-791(1985)
- 86)下村道子:魚の調理に関する研究, 家政誌, 48, 753-762(1997)
- 87)永井崇裕, 福馬敬紘, 中津沙弥香ほか:凍結含浸した魚介類の軟化と筋肉タンパク質の変化, 日水誌, 77, 402-408(2011)
- 88)東口高志:保形軟化食品“あいと”の開発とその物性評価ならびに人工消化液浸漬試験による崩壊性と消化性の検討, 静脈経腸栄養, 26, 95-105(2011)
- 89)高橋智子, 齋藤あゆみ, 川野亜紀, 朝賀一美, 和田佳子, 大越ひろ:牛肉, 豚肉の硬さおよび官能評価におよぼす重曹浸漬の影響, 日本家政学会誌, 53, 347-354(2002)
- 90)高橋智子, 川野亜紀, 飯田文子, 鈴木美紀, 和田佳子, 大越ひろ:食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動, 日本家政学会誌, 54, 357-364(2003)
- 91)金娟廷, 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ:豚肉の物性及び嗜好性に及ぼす高圧処理の影響, 日本調理科学会誌, 39, 10-15(2006)
- 92)浜田盛承, 柳原聡子, 村川信博, 片山寂, 都留隆, 末綱邦夫, 甲斐徳久, 田上博:重曹添加無晒しカジキ肉を用いたかまぼこの折り曲げ特性, 水産大学校研究報告, 52, 149-152(2004)
- 93)浜田盛承, 梅林恵子, 沖本詠, 片山寂, 都留隆, 和田律子, 末綱邦夫, 甲斐徳久, 田上博:無晒マグロかまぼこもゲル特性に及ぼす重曹添加の影響, 水産大学校研究報告, 54, 71-75(2006)
- 94)下村道子, 橋本慶子(編):『調理科学講座4 植物性食品』, 朝倉書店, 東京, p. 145(1993)
- 95)石下真人, 鮫島邦彦:酵素としての植物プロテアーゼ, New Food Industry, 36, 53-56(1994)
- 96)石下真人, 鮫島邦彦:酵素処理による食肉の軟化, 食肉の科学, 36, 5-10(1995)
- 97)山澤正勝, 村瀬誠, 志賀一三:レトルトかまぼこの品質改良に関する研究-I 加熱条件がかまぼこの品質劣化におよぼす影響について, 日水誌, 45, 187-192(1979)
- 98)高橋智子, 増田邦子, 川野亜紀, 大越ひろ:物性の異なる市販レトルト粥に対する口腔感覚および飲み込みやすさの検討ー若年者と高齢者の比較ー, 栄養学雑誌, 64, 153-159(2006)
- 99)竹下登紀子, 中沢文子:咀嚼中の第一臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係, 日本家政学会誌, 58, 129-137(2007)

100)戸田貞子，早川文子，香西みどり，畑江敬子：高齢者に対する牛肉の食べやすさの調理による向上，家政誌，59，881-890(2008)

表 1 9種類の市販とろみ調整食品の成分と指示量

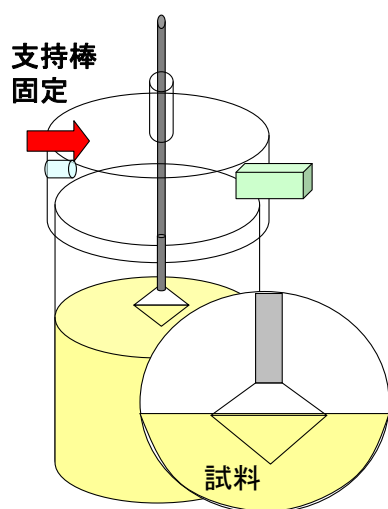
| | トロミ剤名 | 成分 | 添加量1 (g/液体100ml) | 添加量2 (g/液体100ml) |
|---|-----------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|
| A | トロメリンHi | キサンタンガム、グアーガム、デキストリン | 1.0 | 2.0 |
| B | ソフティア | キサンタンガム、デキストリン | 1.0 | 1.5 |
| C | とろみファイン | キサンタンガム、デキストリン | 1.0 | 1.5 |
| D | トロミパーフェクト | キサンタンガム、デキストリン、塩化カリウム | 1.0 | 2.0 |
| E | トロメイクSP | キサンタンガム、デキストリン、塩化カリウム | 1.0 | 1.5 |
| F | つるりんこ | キサンタンガム、デキストリン、乳酸カルシウム、 クエン酸三ナトリウム | 1.5 | 2.0 |
| G | トロメリンS | キサンタンガム、グアーガム、デキストリン | 1.0 | 1.5 |
| H | ネオハイトロミール | キサンタンガム、デキストリン、pH調整剤 | 1.0 | 2.0 |
| I | トロミクリア | キサンタンガム、デキストリン | 1.5 | 2.3 |

添加量1: 水などの液体に添加し、ポタージュ状にする量

添加量2: 水などの液体に添加し、ヨーグルト状にする量

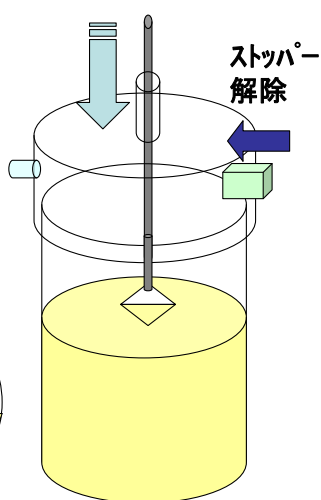
①セッティング

治具中心が試料表面となる位置で支持棒を固定。



②測定開始

ストッパーを解除し、棒を落下させる



③測定終了

規定位置まで落下した時点でストップ

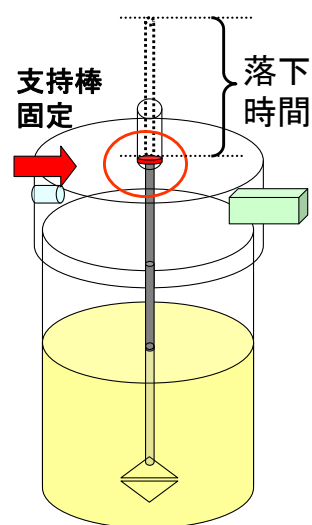


図1 針入式簡易粘度計の測定方法

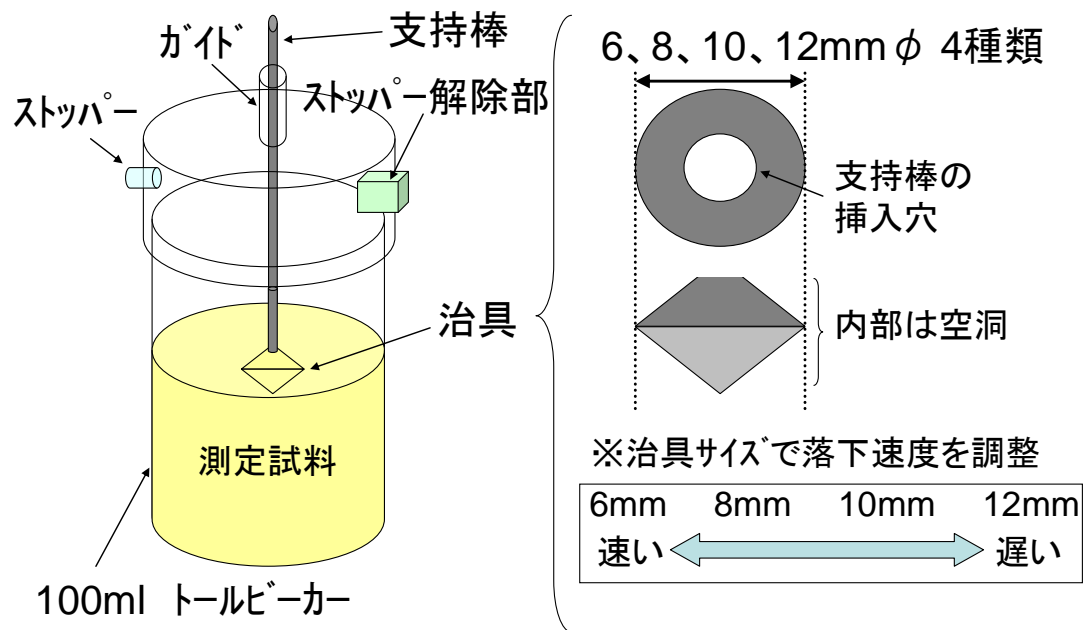


図 2 針入式簡易粘度計の概要

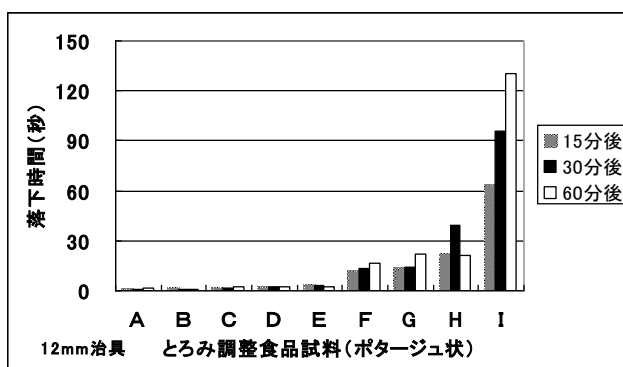
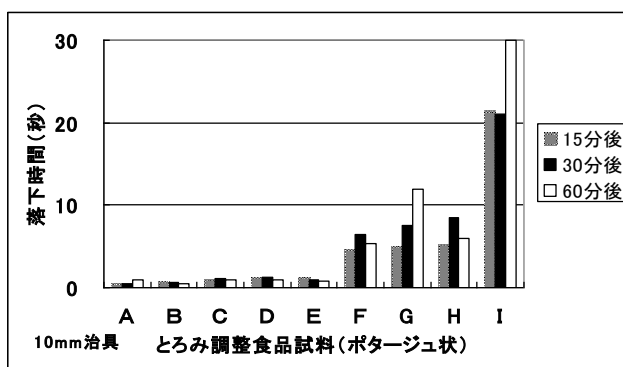
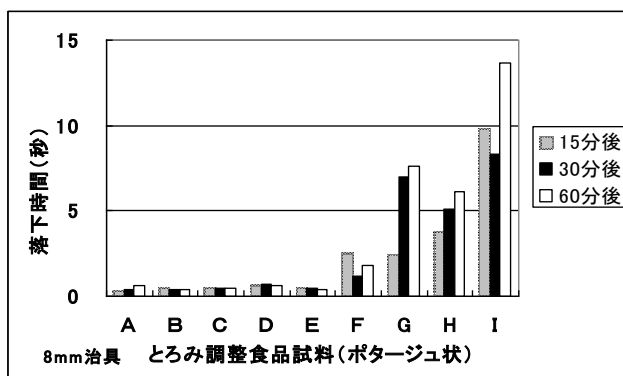
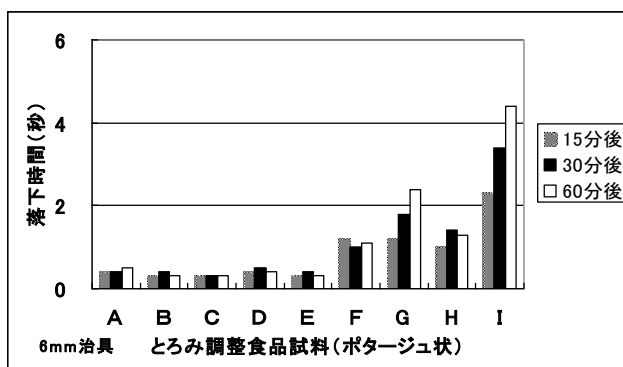


図3 試料A~Iの15・30・60分後の治具6・8・10・12mmの落下時間結果

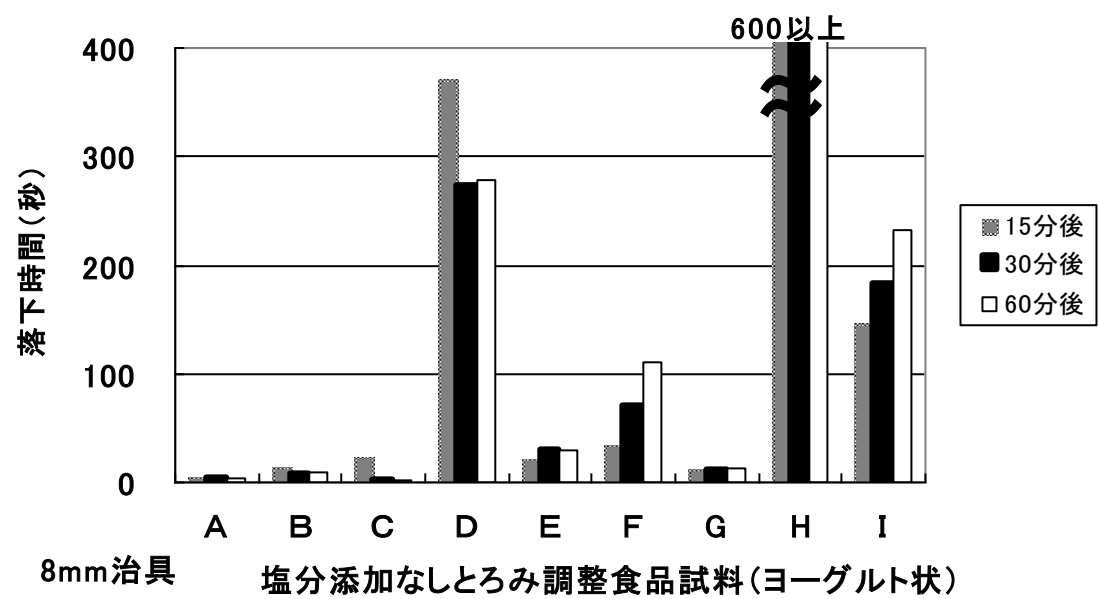
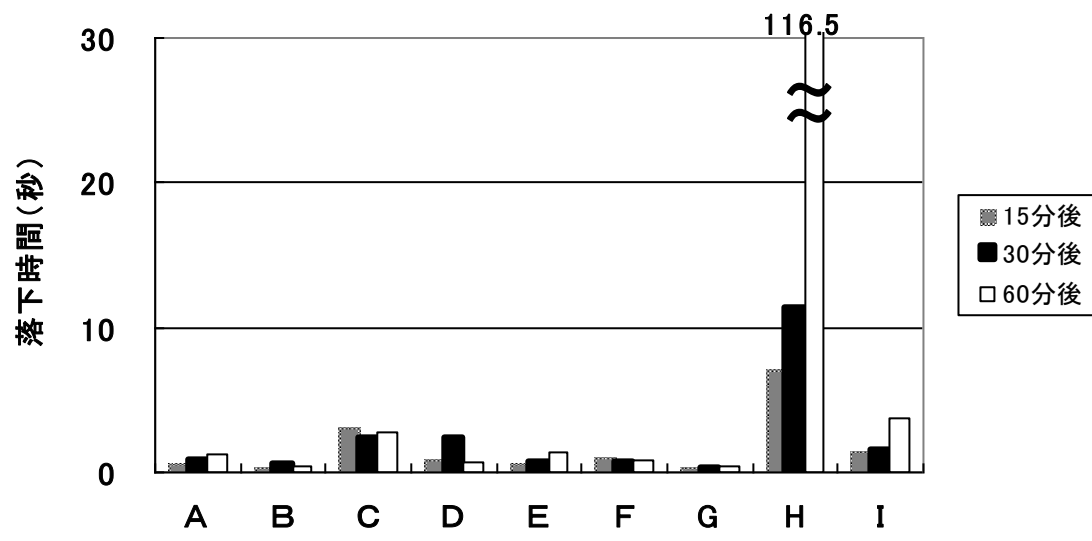
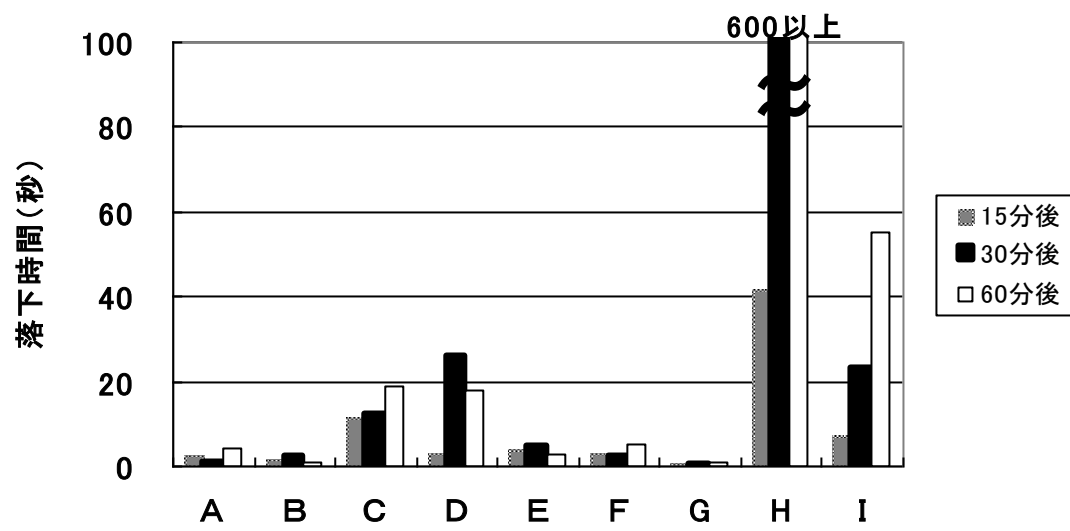


図 4 塩分添加なし試料 A～I の 15・30・60 分後の治具 8mm の落下時間結果



8mm治具 塩分添加とろみ調整食品試料(ヨーグルト状)



10mm治具 塩分添加とろみ調整食品試料(ヨーグルト状)

図5 塩分添加あり試料A~Iの15・30・60分後の治具8・10mmの落下時間結果

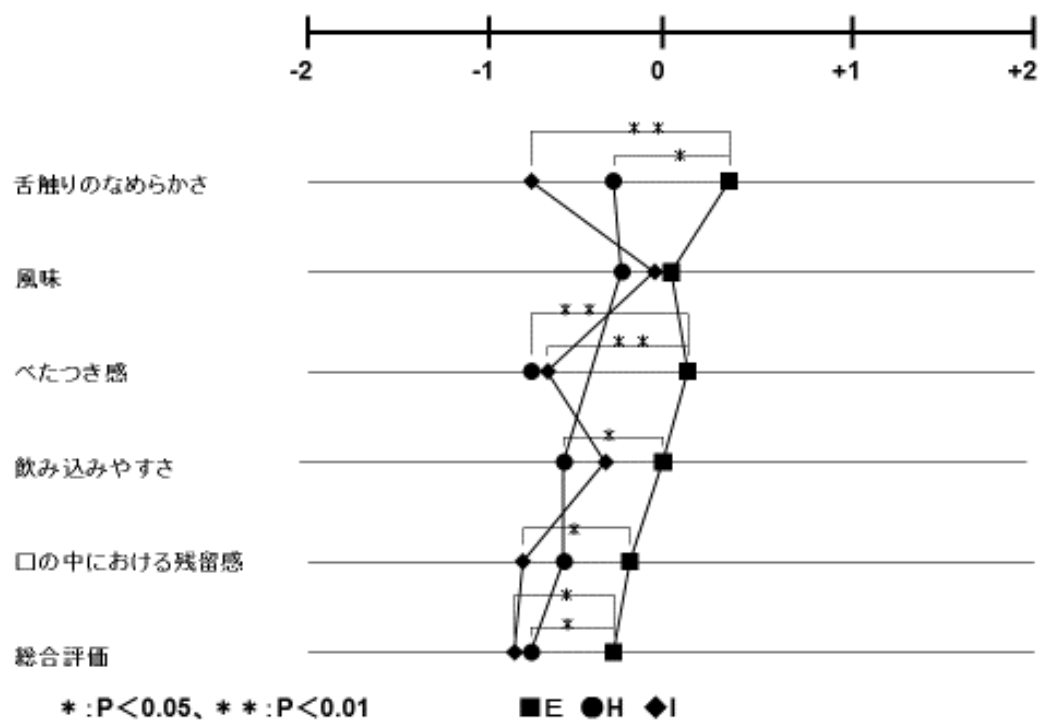
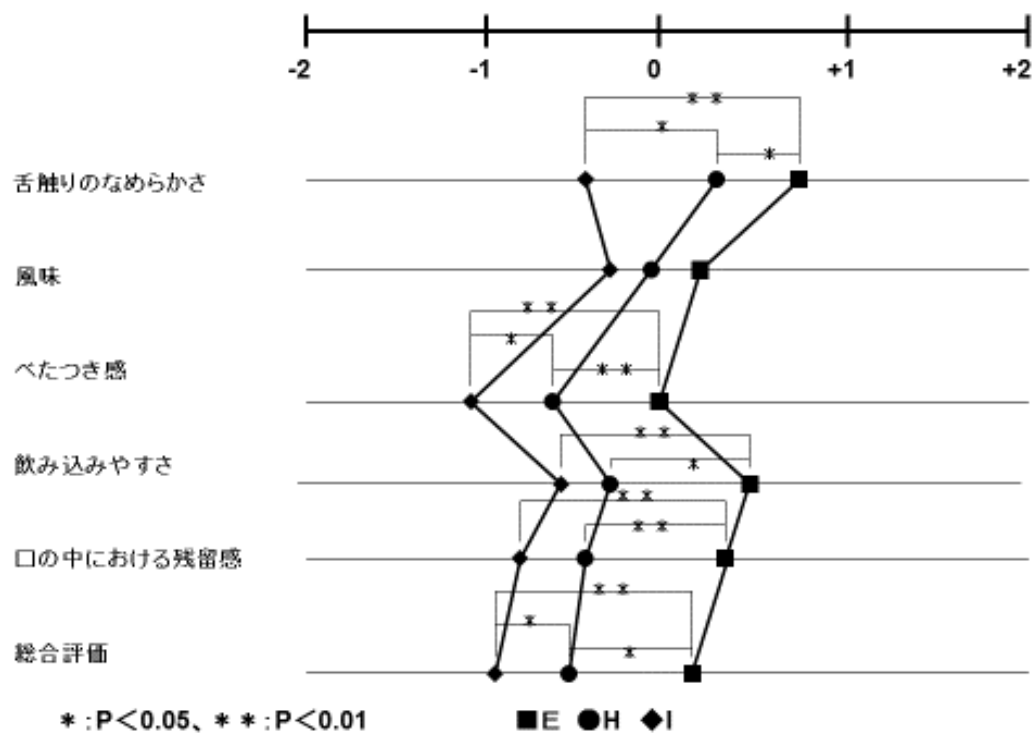


図 6 各試料間の官能評価結果

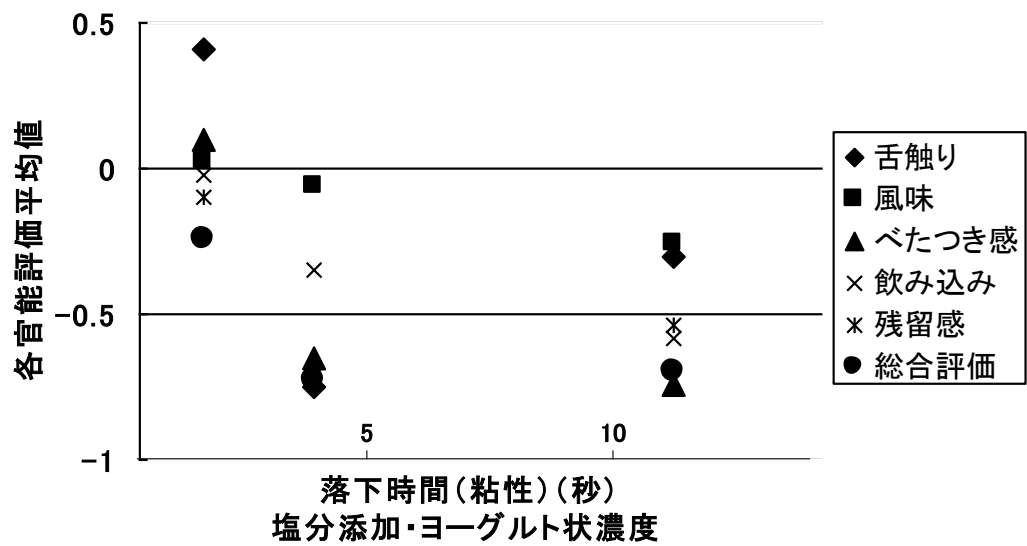
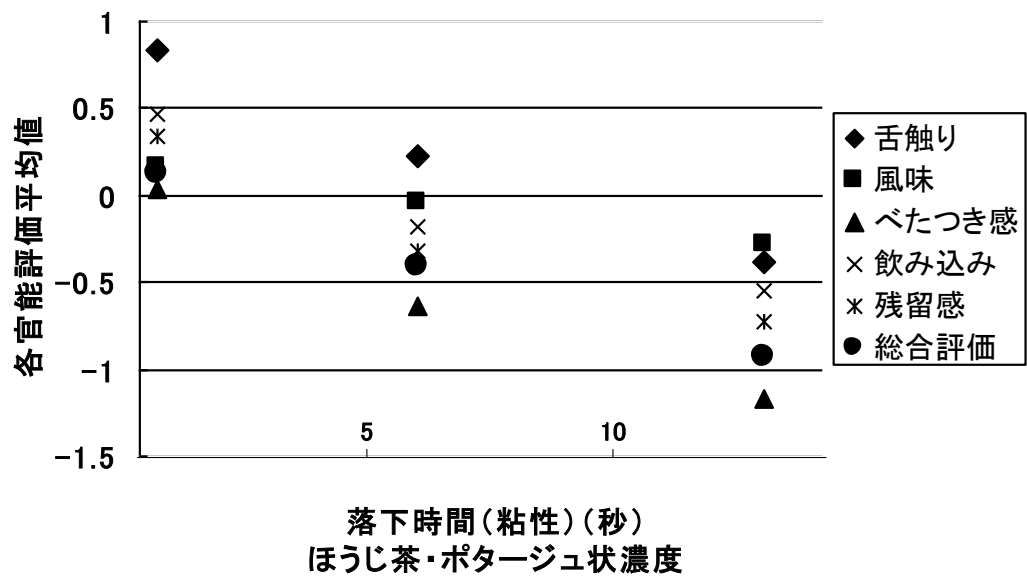


図 7 落下時間（粘性）と各官能評価平均値の関連性

表 2 各市販ゲル化剤原材料

| | |
|-------|------------------------|
| ゲル化剤A | デキストリン、増粘多糖類 |
| ゲル化剤B | デキストリン、寒天、増粘多糖類、クエン酸Na |
| ゲル化剤C | デキストリン、増粘多糖類、トレハロース、酵素 |

表 3 各食品 100 g に対する市販ゲル化剤の添加量

| | 牛乳 | 味噌汁 | 粥 | オレンジジュース | 緑茶 |
|-------|-------|-------|------|----------|-------|
| ゲル化剤A | 0.75g | 0.75g | 1.0g | 0.75g | 0.75g |
| ゲル化剤B | 1.25g | 1.5g | 2.5g | 1.0g | 1.2g |
| ゲル化剤C | 1.0g | 1.0g | 1.5g | 1.0g | 1.0g |

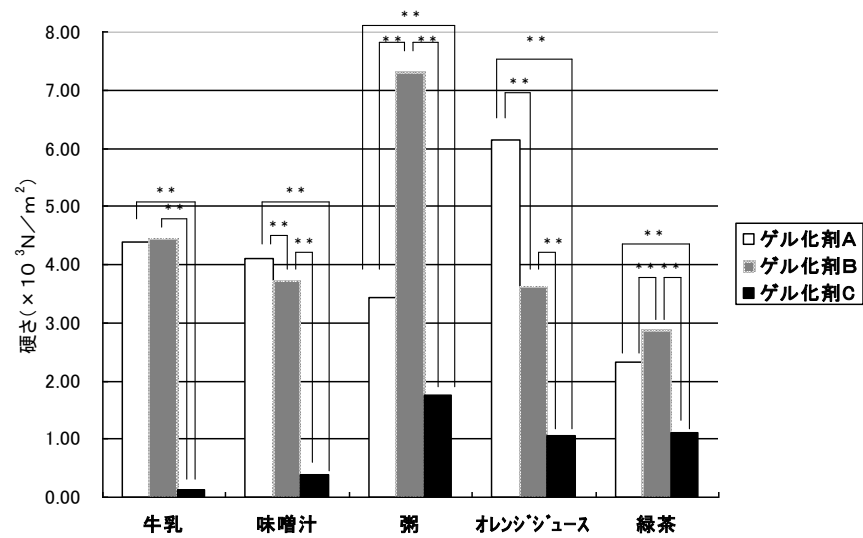


図 8 3 種類の市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性（硬さ）
結果
**P<0.01

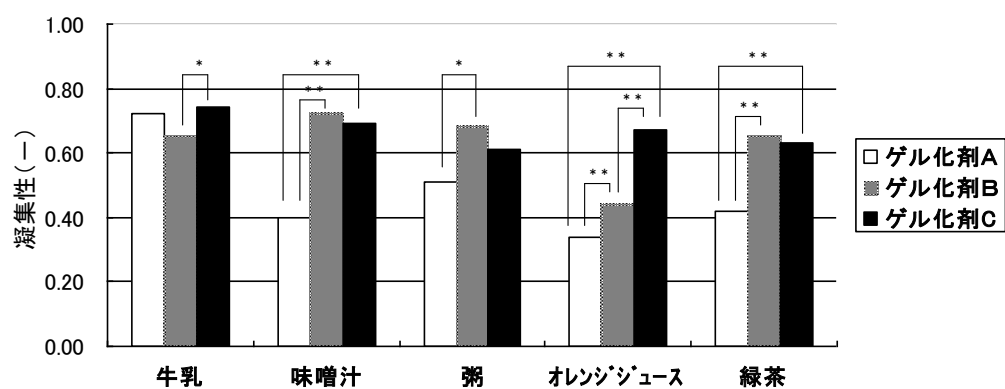


図9 3種類の市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性(凝集性)結果
 ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

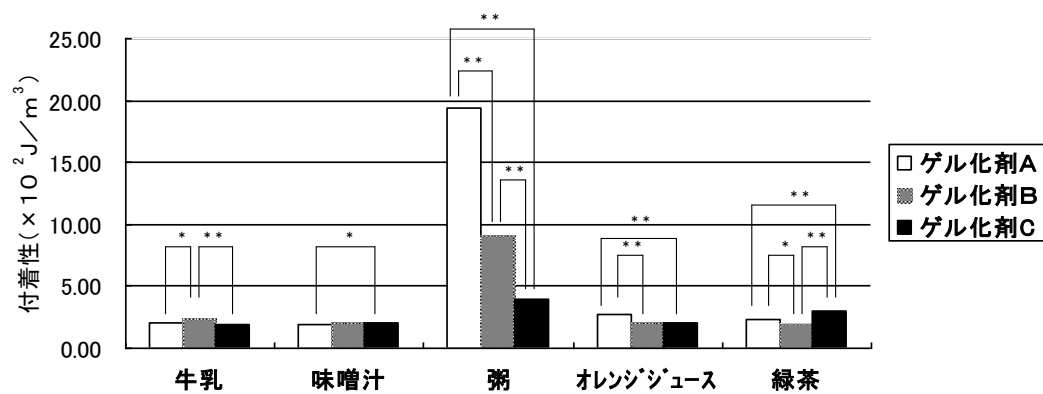


図 10 3 種類の市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性（付着性）結果
 **P<0.01, *P<0.05

表 4 世代ごとの官能評価平均値および全試料間の有意差検定

| 世代ごとの官能評価値 | | | | |
|------------|------------|-----------|--------|------|
| | 学生 | 高齢者 | F値 | P |
| 硬さ | -0.66±1.21 | 0.20±1.05 | 56.828 | ** |
| べたつき感 | 0.41±1.14 | 0.59±0.85 | 5.368 | * |
| まとまりやすさ | 0.01±1.24 | 0.76±0.76 | 54.534 | ** |
| 飲み込みやすさ | 0.39±1.18 | 0.92±0.66 | 39.584 | ** |
| 口中の残留感 | 0.31±1.17 | 0.82±0.81 | 52.460 | ** |
| おいしさ | 0.40±1.02 | 0.27±0.92 | 2.975 | n.s. |

: $P < 0.05$ 、: $P < 0.01$ 、n.s.: 有意差なし

学生: $n = 37$ (年齢: 21.5 ± 0.8)

高齢者: $n = 27$ (年齢: 78.3 ± 6.0)

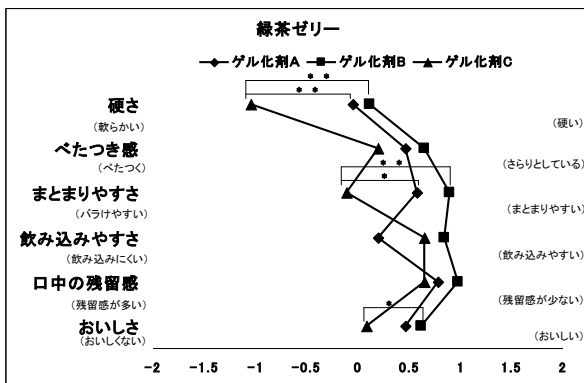
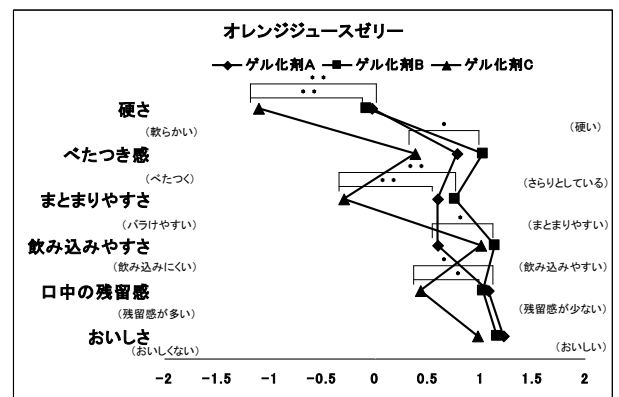
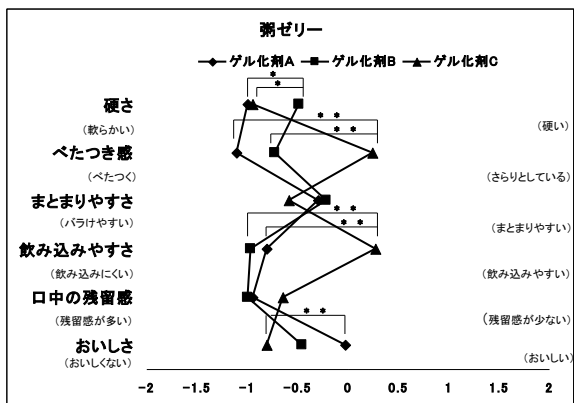
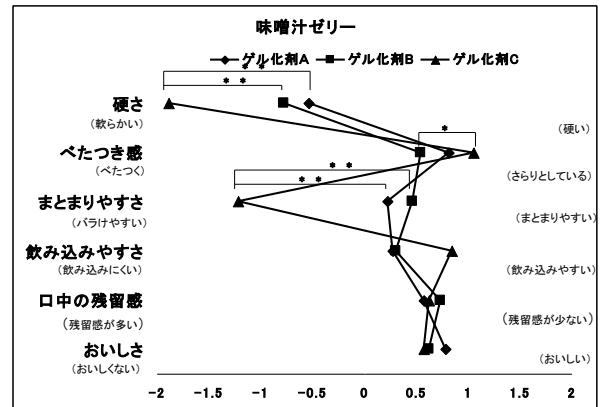
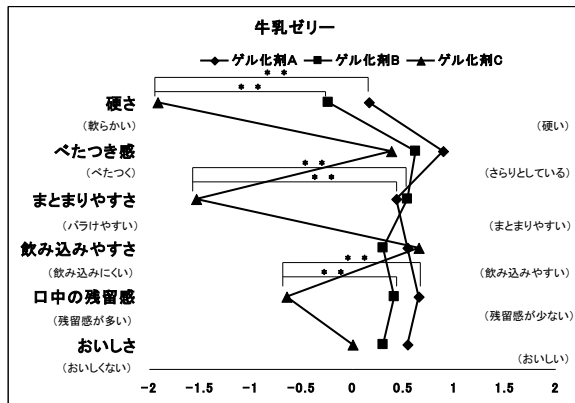


図 11 学生における各試料間の評価結果

**P<0.01, *P<0.05

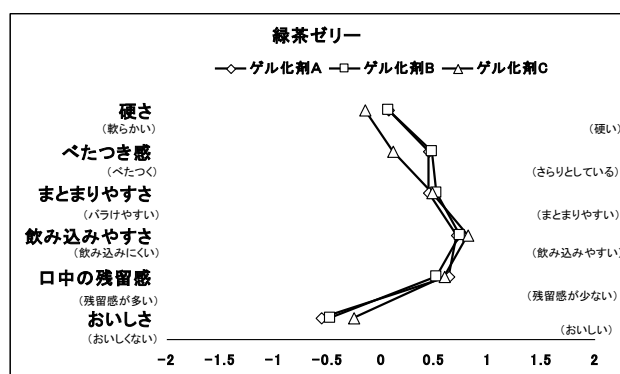
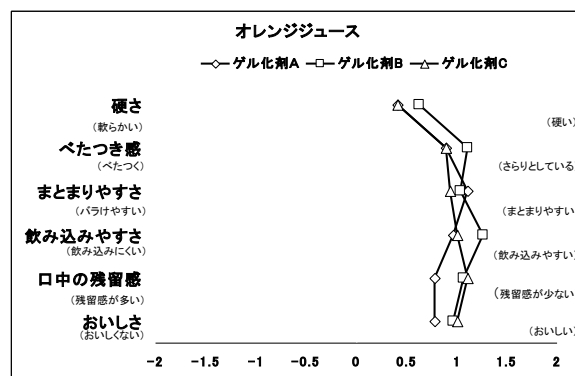
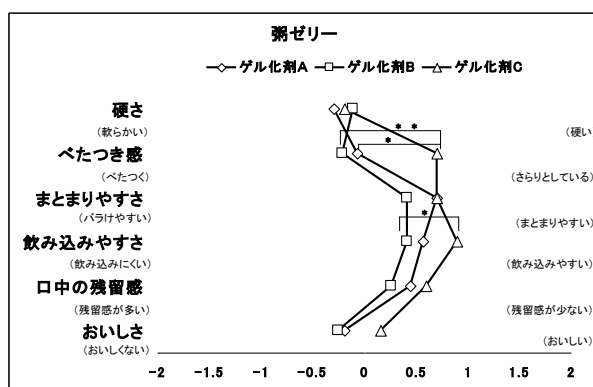
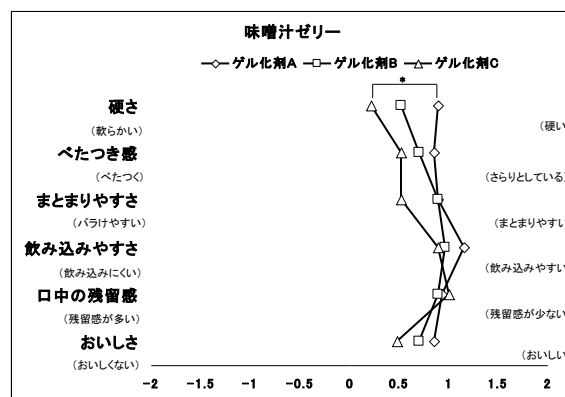
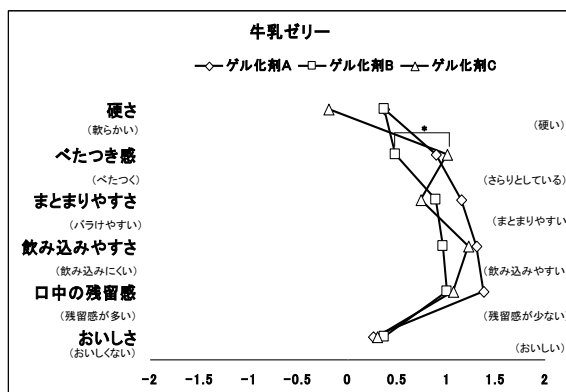


図 12 高齢者における各試料間の評価結果

**P<0.01, *P<0.05

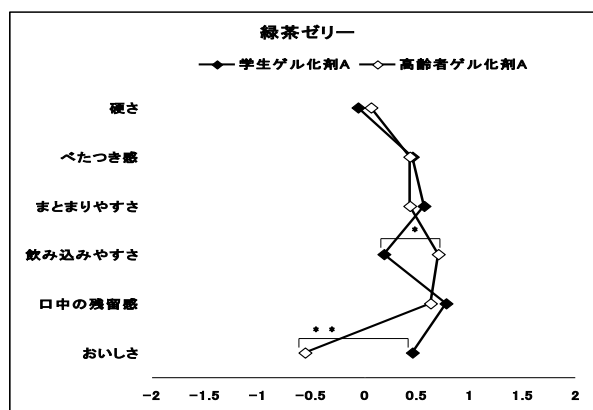
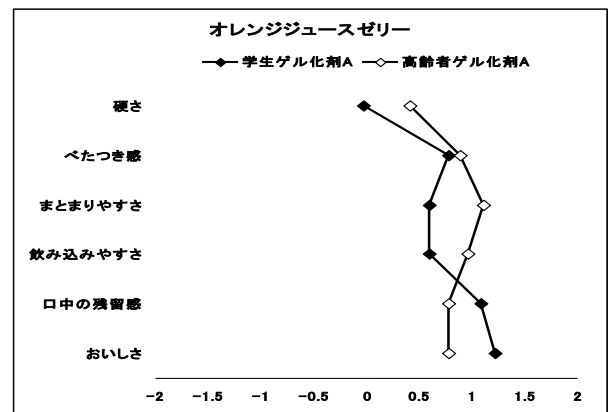
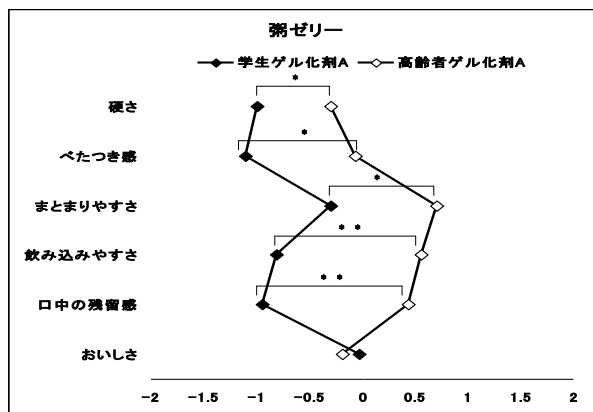
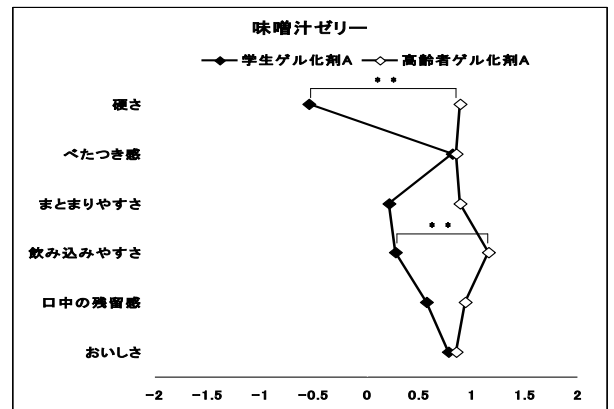
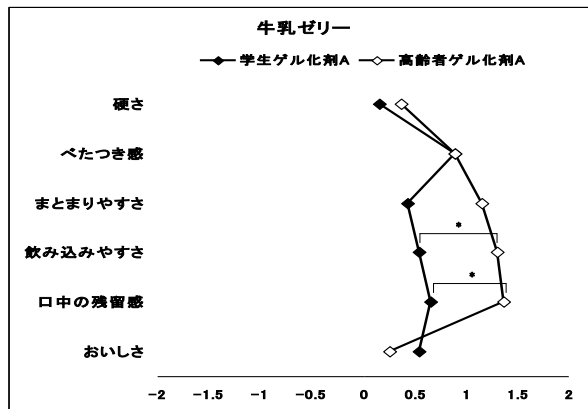


図 13 ゲル化剤Aにおける学生および高齢者間の評価結果

**P<0.01, *P<0.05

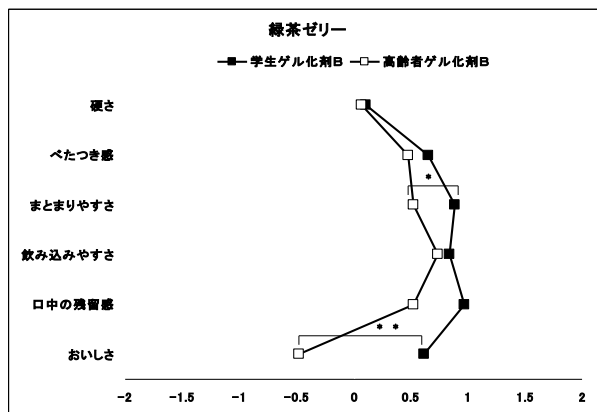
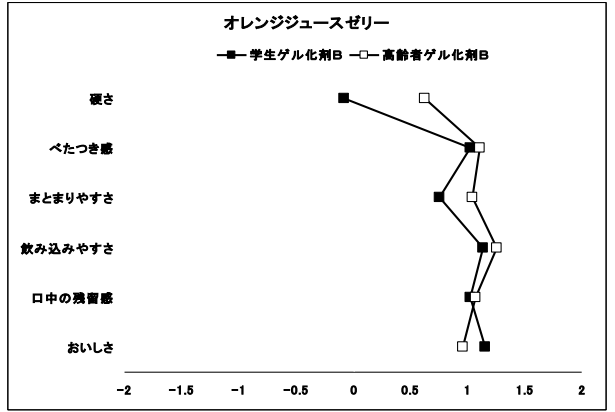
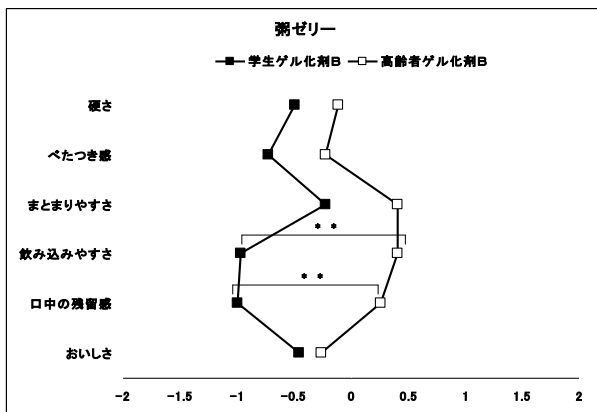
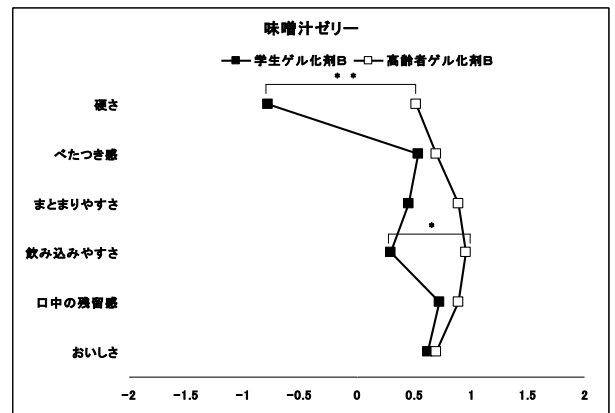
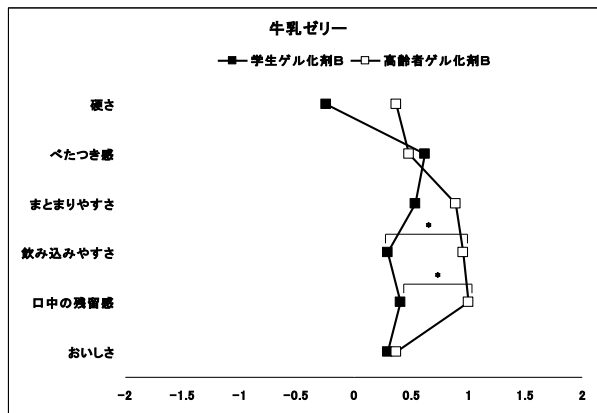


図 14 ゲル化剤Bにおける学生および高齢者間の評価結果
 $**P<0.01$, $*P<0.05$

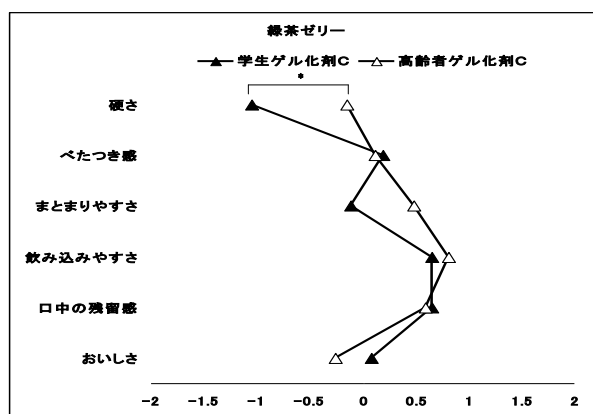
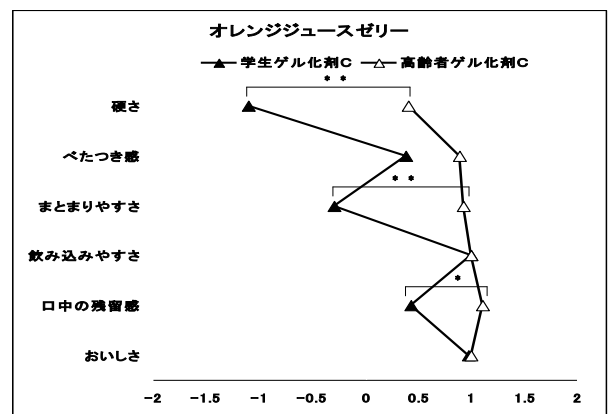
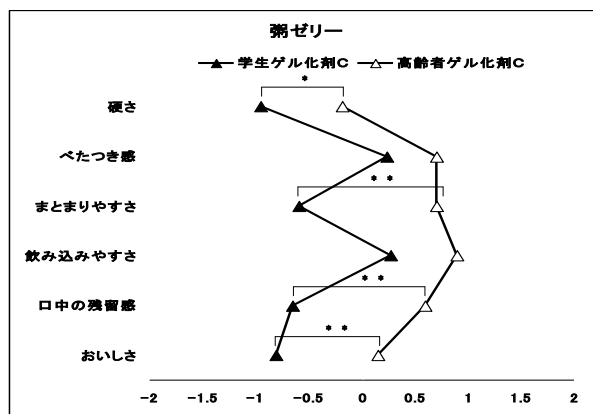
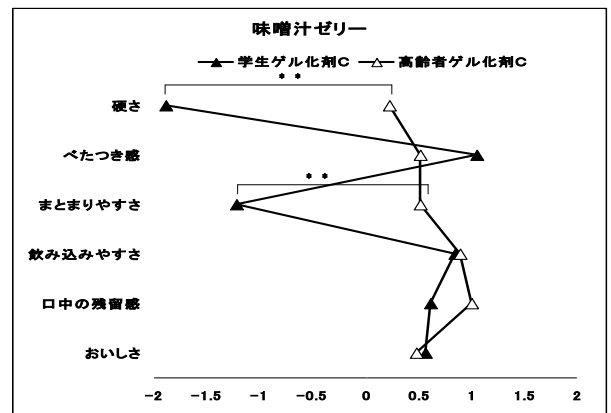
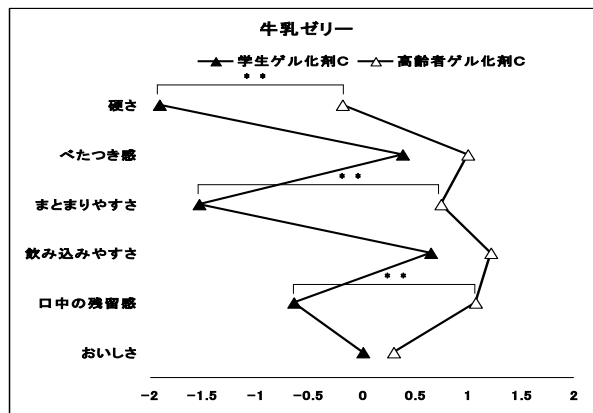


図 15 ゲル化剤 C における学生および高齢者間の評価結果
 **P<0.01, *P<0.05

表 5 各市販ゲル化剤の原材料

| | |
|---------|---------------------------|
| ゲル化剤A | デキストリン, 増粘多糖類, トレハロース, 酵素 |
| ゲル化剤B・C | デキストリン, 増粘多糖類 |

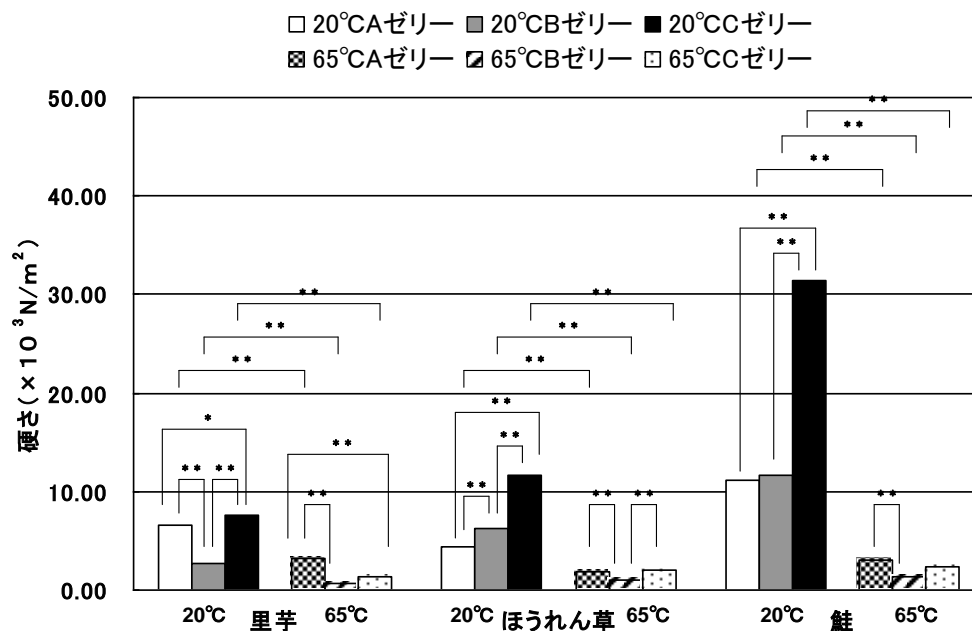


図 16 各食品における温度によるテクスチャー特性（硬さ）の比較

20°Cと 65°Cおよび同温度の里芋，ほうれん草，鮭ゼリーの硬さにおける有意差は一元配置分散分析によるボンフェローニの検定で評価した (**P<0.01, *P<0.05)。

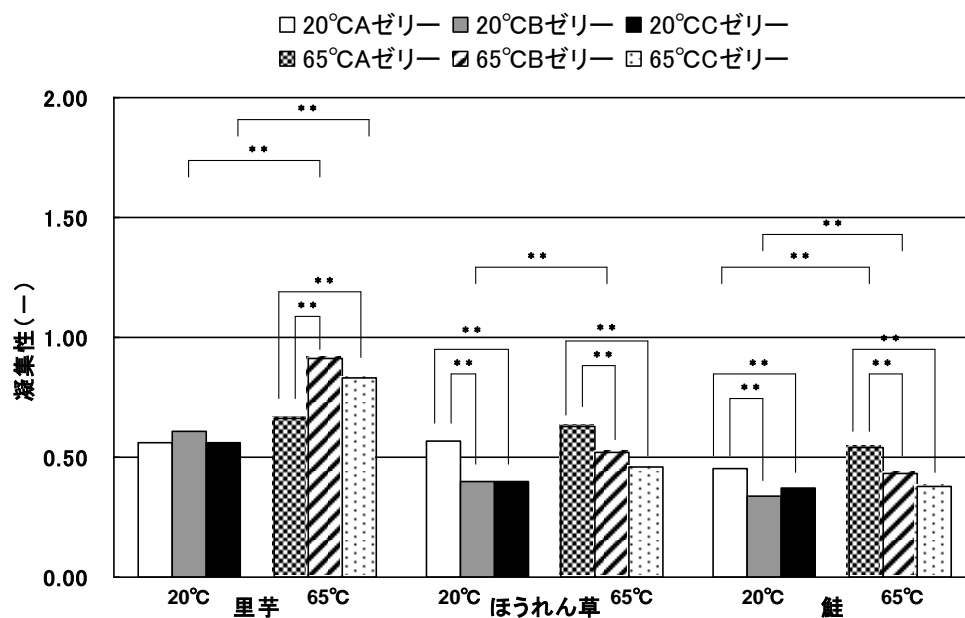


図 17 各食品における温度によるテクスチャー特性（凝集性）の比較

20°Cと 65°Cおよび同温度の里芋，ほうれん草，鮭ゼリーの付着性における有意差は一元配置分散分析によるボンフェローニの検定で評価した (**P<0.01, *P<0.05)。

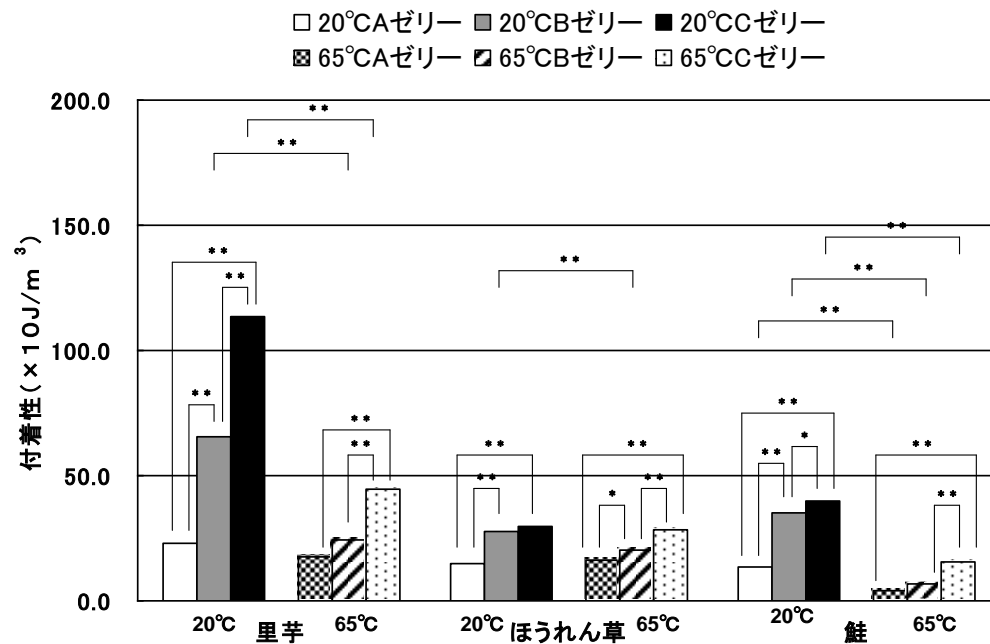


図 18 各食品における温度によるテクスチャー特性（付着性）の比較

20°Cと 65°Cおよび同温度の里芋，ほうれん草，鮭ゼリーの付着性における有意差は一元配置分散分析によるボンフェローニの検定で評価した (**P<0.01, *P<0.05)。

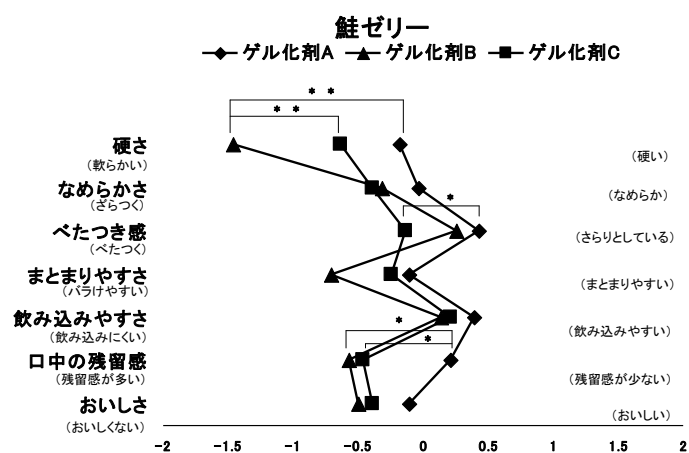
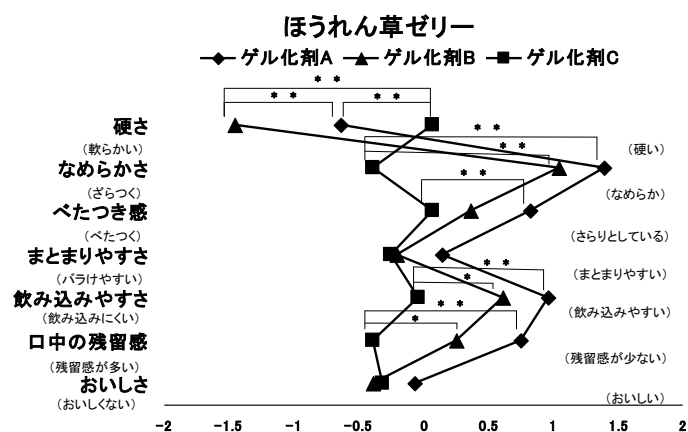
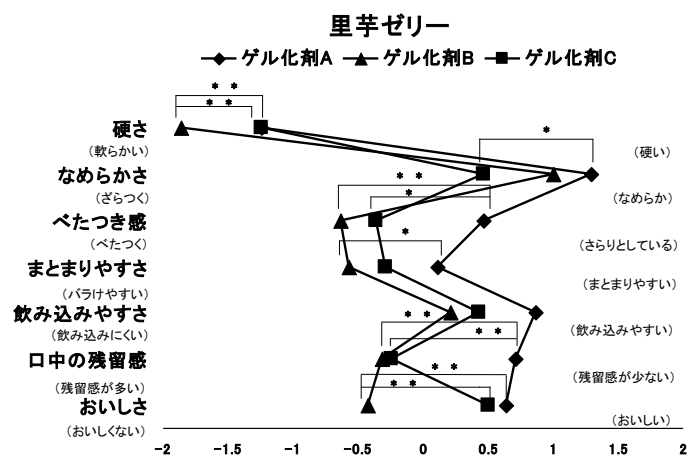


図 19 学生における各試料間の評価結果

一元配置分散分析によるボンフェローニの検定で評価した (**P<0.01, *P<0.05)。

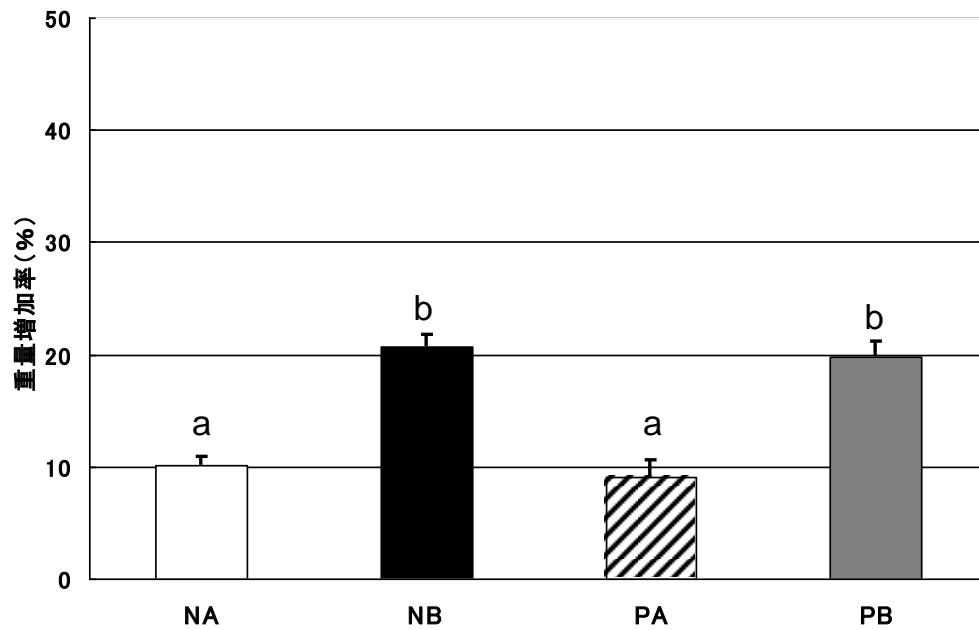


図 20 食肉試料 NA、NB、PA、PB の試料液浸漬後の重量増加率結果

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料)
 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
- 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料)
 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

値は平均値±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり ($p<0.05$)

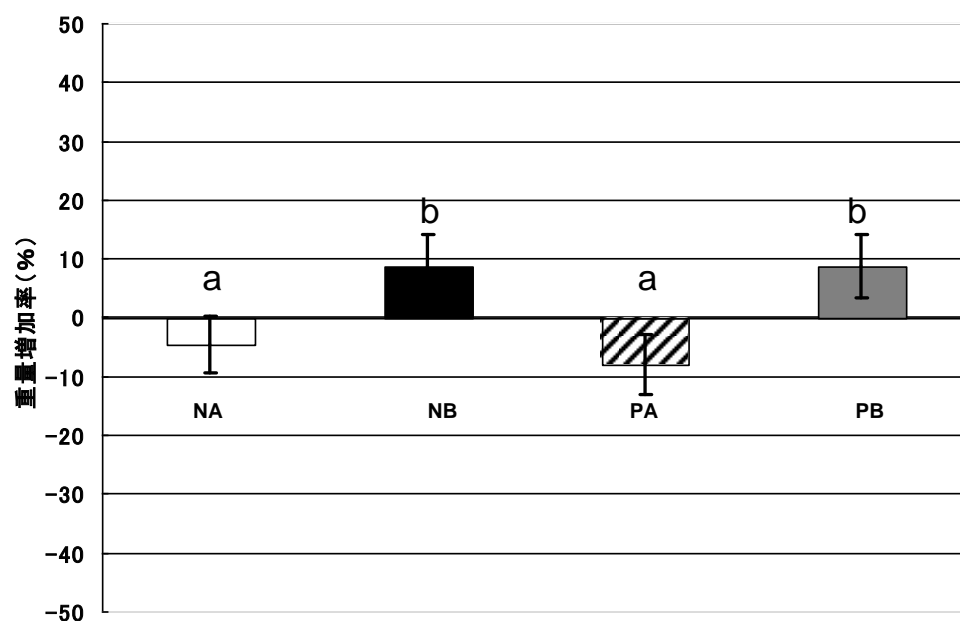


図 21 魚肉試料 NA、NB、PA、PB の試料液浸漬後の重量増加率結果

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

値は平均値±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり ($p<0.05$)

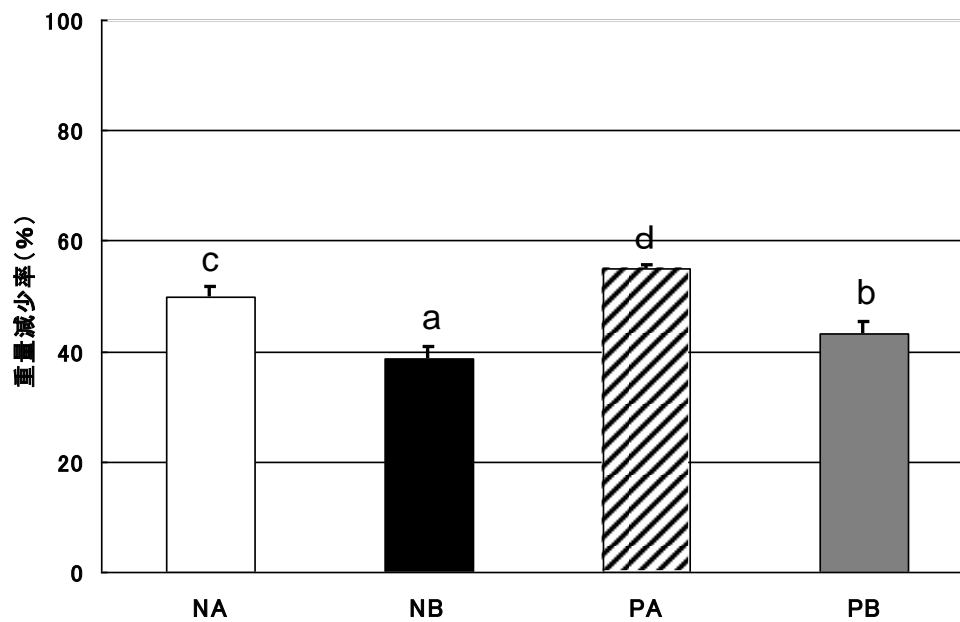


図 22 食肉試料 NA、NB、PA、PB の加熱調理後の重量減少率結果

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料)
 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
- 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料)
 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

値は平均値±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり ($p<0.05$)

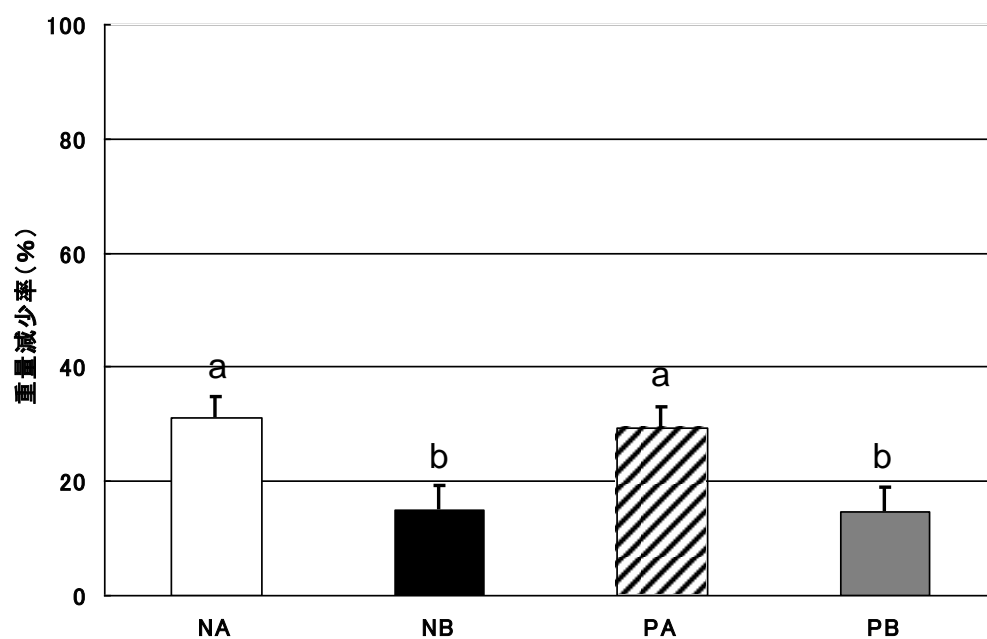


図 23 魚肉試料 NA、NB、PA、PB の加熱調理後の重量減少率結果

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ▩ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

値は平均値±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)

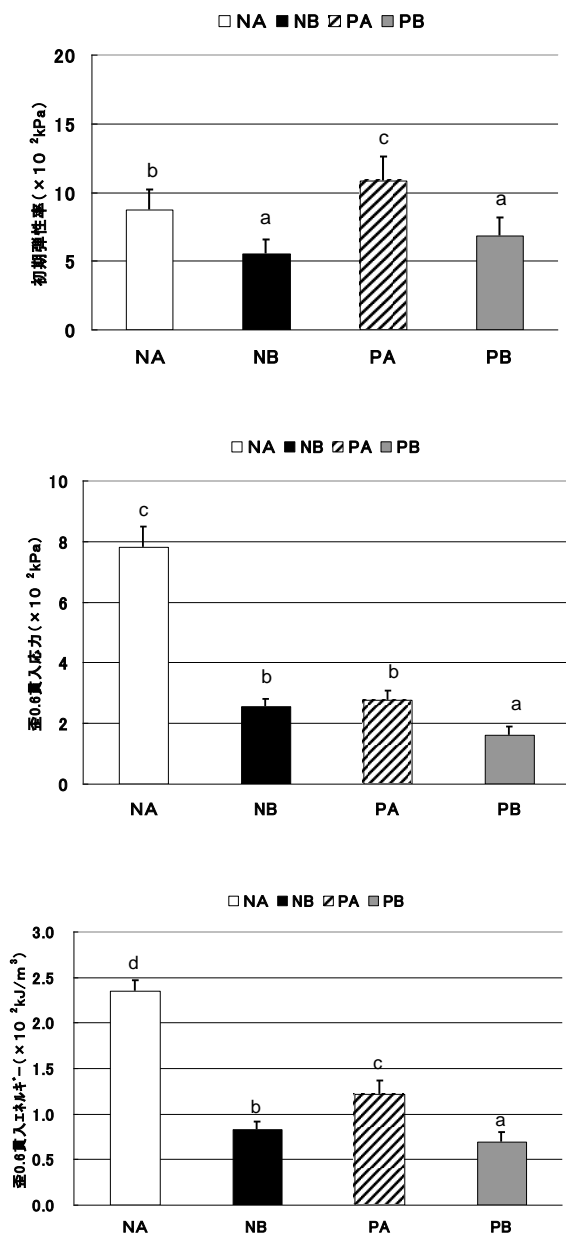


図 24 食肉試料 NA、NB、PA、PB の初期弾性率、歪 0.6 の貫入応力および貫入エネルギー結果

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料)
 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
- 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料)
 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

値は平均値±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)

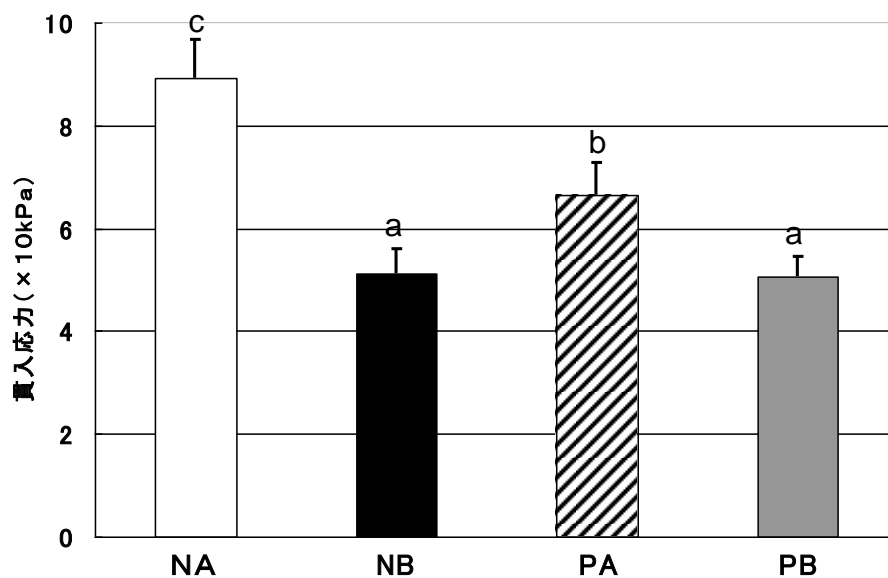


図 25 魚肉試料 NA、NB、PA、PB の貫入応力結果

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| □ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) | ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料) |
| ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) | ■ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料) |

値は平均値±標準偏差

異なるアルファベット間に有意差あり ($p<0.05$)

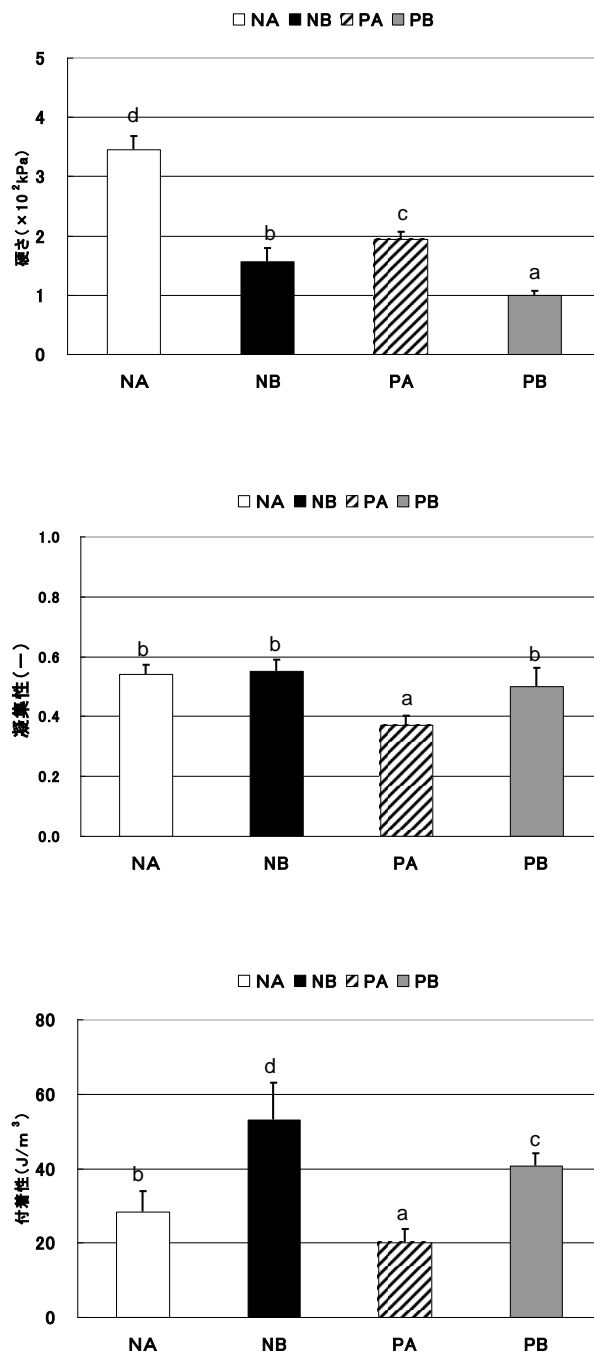


図 26 食肉試料 NA、NB、PA および PB のテクスチャー特性の測定結果

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)
- 値は平均値±標準偏差 各グラフごと、異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)

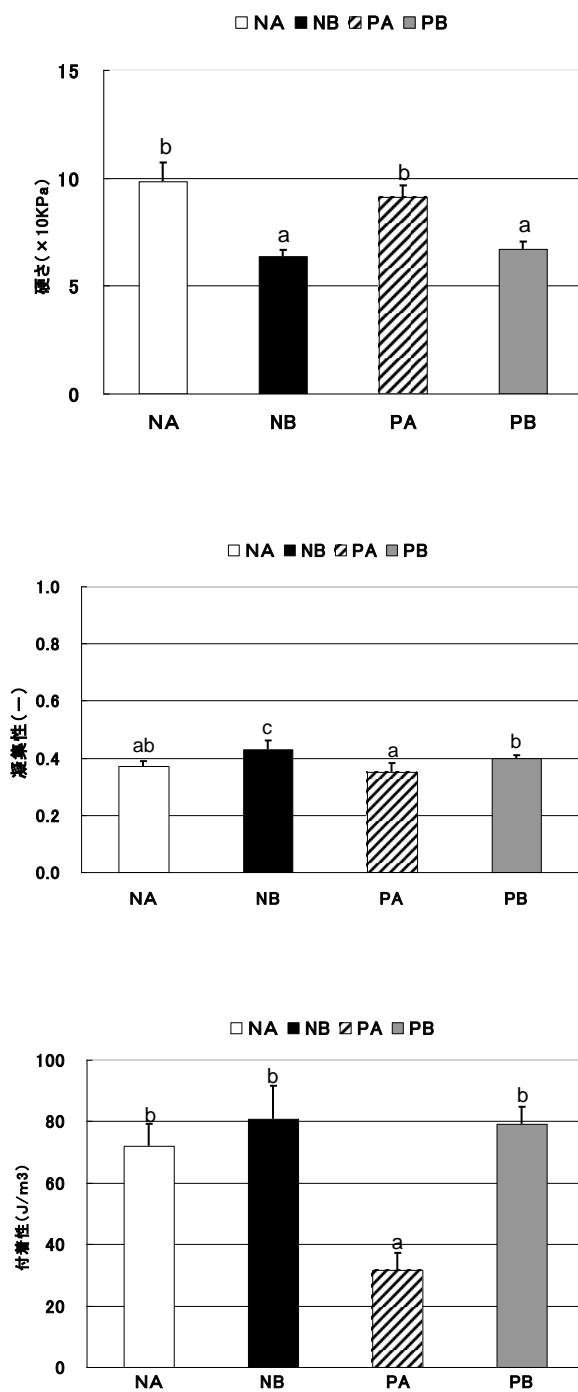


図 27 魚肉試料 NA、NB、PA および PB のテクスチャー特性の測定結果

□ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ▩ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

値は平均値±標準偏差 各グラフごと、異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

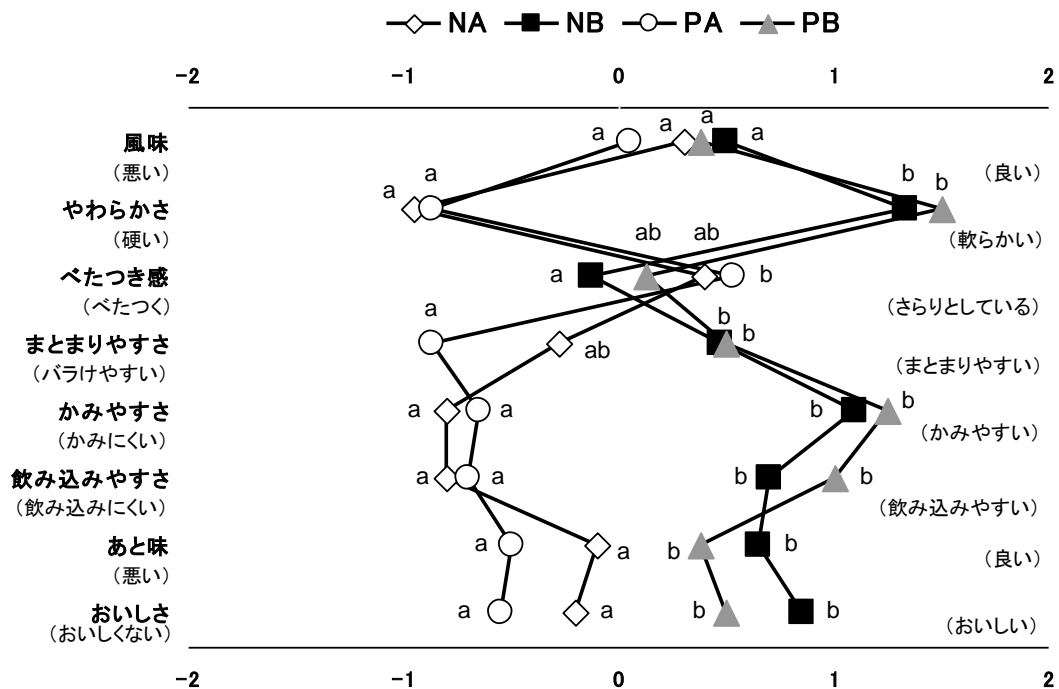


図 28 食肉における若年者を対象とした官能評価結果

- ◇ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ○ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ▲ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

若年者：n=20 (年齢：21.6±2.5)

値は平均値 評価項目ごと，異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

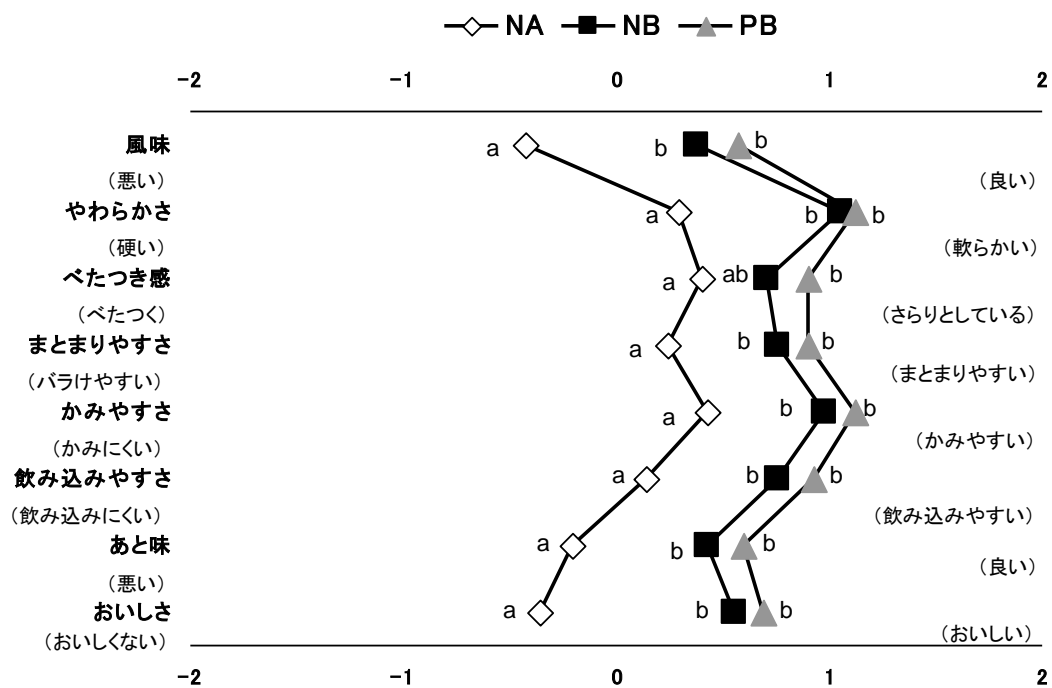


図 29 食肉における高齢者を対象とした官能評価結果

◇ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)

▲ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

高齢者: n=42 (年齢 75.2±7.0 歳)

値は平均値 評価項目ごと, 異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

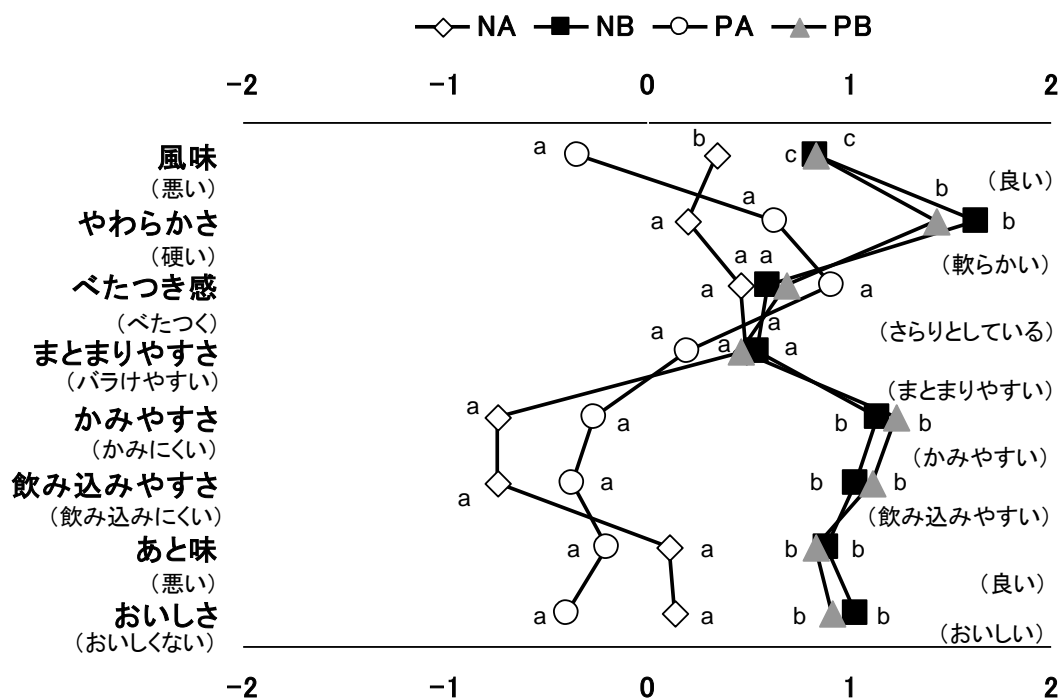


図 30 魚肉における若年者を対象とした官能評価結果

- ◇ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ○ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ▲ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)
- 若年者：n=35 (年齢：21.6±2.5 歳)
- 値は平均値 評価項目ごと，異なるアルファベット間に有意差あり (p < 0.05)

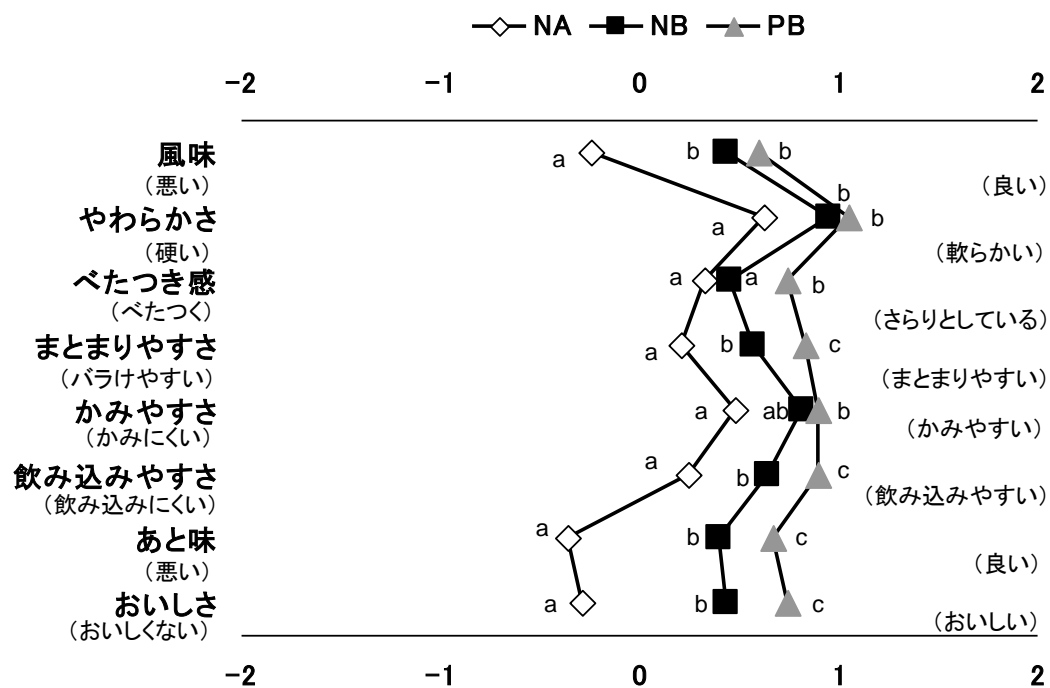


図 31 魚肉における高齢者を対象とした官能評価結果

◇ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ▲ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

高齢者: n=42 (年齢 75.2±7.0 歳)

値は平均値 評価項目ごと, 異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

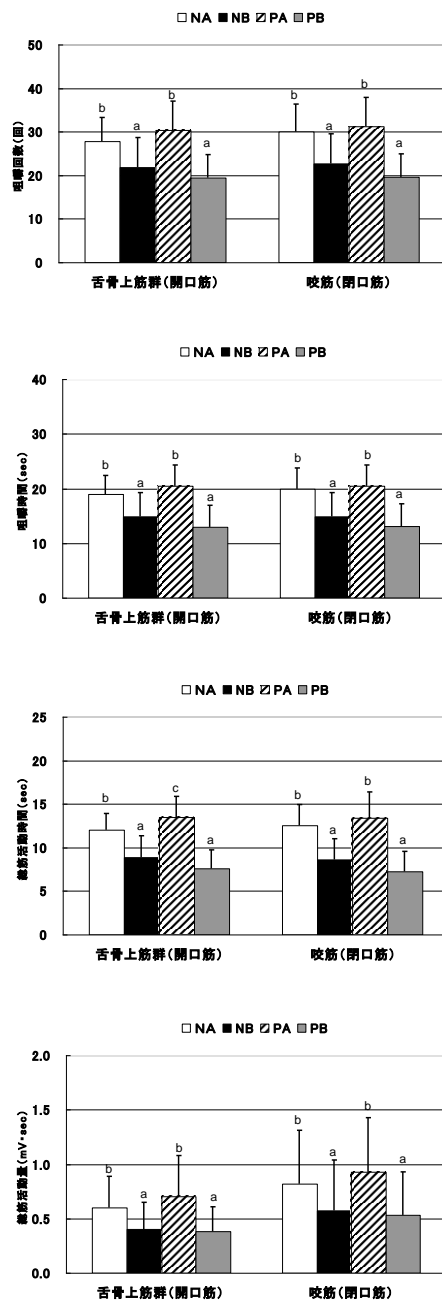


図 32 食肉における咀嚼開始から第一嚥下終了までの舌骨上筋群および咬筋の測定結果（咀嚼回数，咀嚼時間，総筋活動時間，総筋活動量）

- 試料 NA（普通鍋加熱・軟化未処理試料） ■ 試料 NB（普通鍋加熱・軟化処理試料）
 ▨ 試料 PA（圧力鍋加熱・軟化未処理試料） ▩ 試料 PB（圧力鍋加熱・軟化処理試料）

若年者：n=9（年齢：21.1±0.8）

値は平均値±標準偏差

各グラフ，各筋ごと，異なるアルファベット間に有意差あり（ $p<0.05$ ）

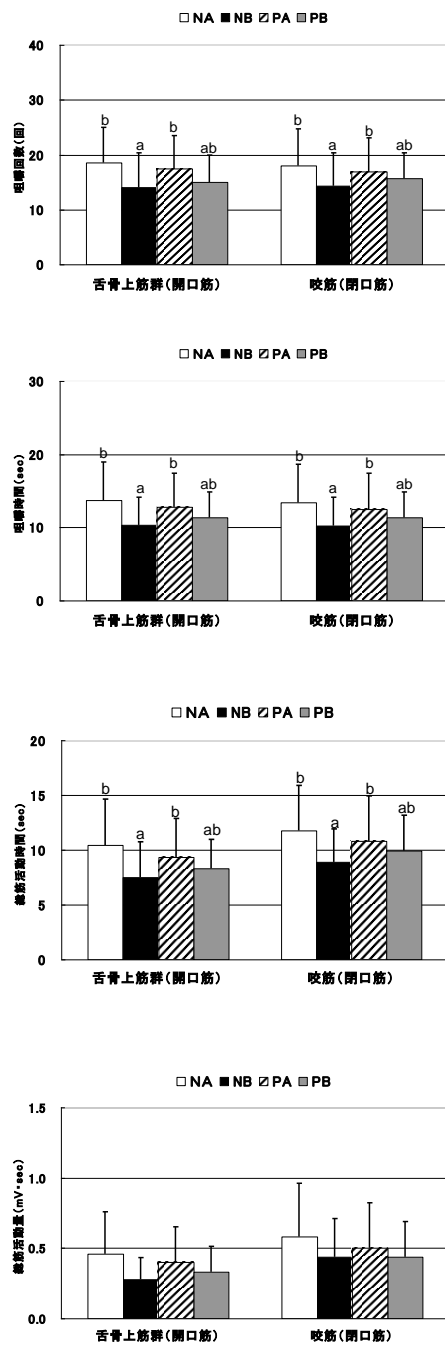


図 33 魚肉における咀嚼開始から第一嚥下終了までの舌骨上筋群および咬筋の測定結果（咀嚼回数，咀嚼時間，総筋活動時間，総筋活動量）

- 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化处理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ▩ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化处理試料)

若年者: n=10 (年齢: 21.4±0.8 歳)

値は平均値±標準偏差 各グラフ, 各筋ごと, 異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05)

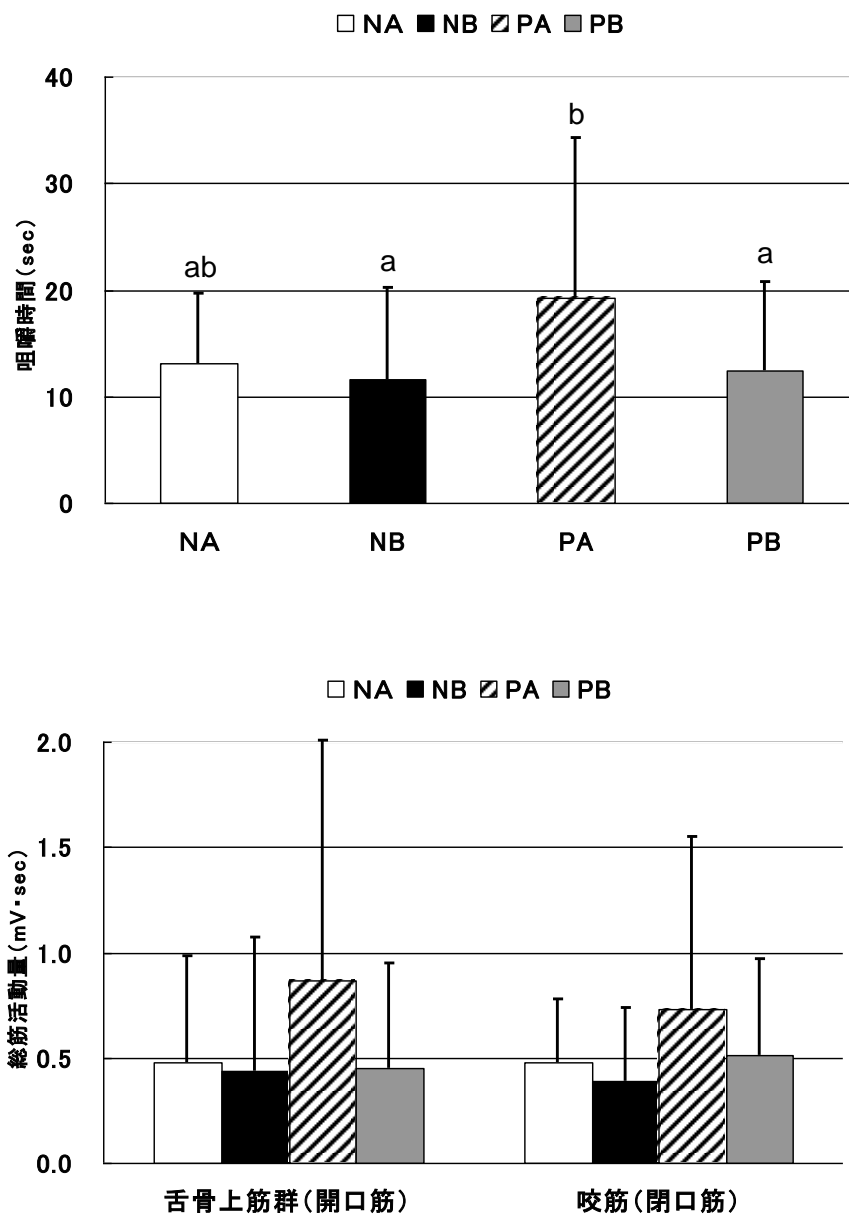


図 34 食肉における第一嚥下以降から最終嚥下終了までの測定結果 (咀嚼時間, 総筋活動量)

□ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化処理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化処理試料)

若年者: $n=9$ (年齢: 21.1 ± 0.8)

値は平均値±標準偏差

各グラフ, 各筋ごと, 異なるアルファベット間に有意差あり ($p < 0.05$)

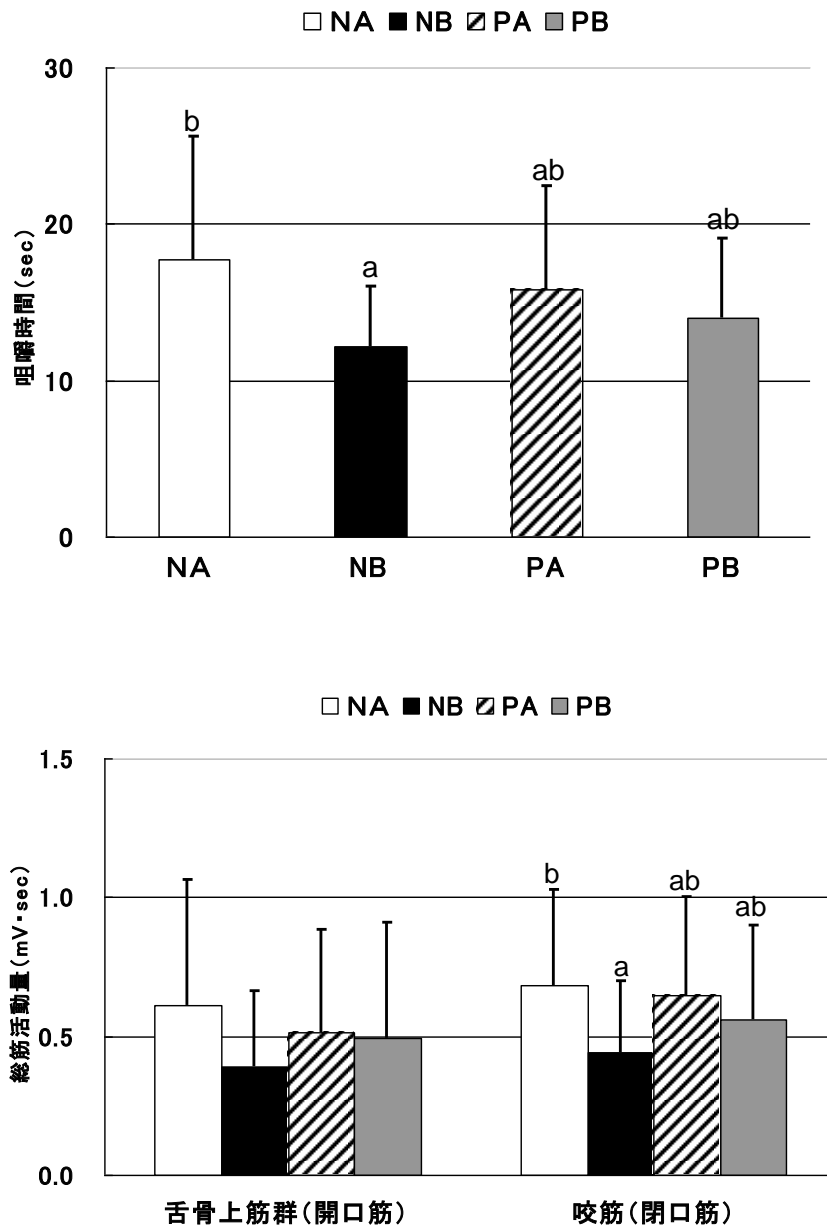


図 35 魚肉における第一嚥下以降から最終嚥下終了までの測定結果
(咀嚼時間, 総筋活動量)

□ 試料 NA (普通鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 NB (普通鍋加熱・軟化处理試料)
 ▨ 試料 PA (圧力鍋加熱・軟化未処理試料) ■ 試料 PB (圧力鍋加熱・軟化处理試料)

若年者: n=10 (年齢: 21.4±0.8 歳)

値は平均値±標準偏差

各グラフ, 各筋ごと, 異なるアルファベット間に有意差あり (p < 0.05)

表6 食肉試料の重量変化, 物性, 嗜好性および咀嚼性の関連

| | 重量減少率 | 貫入応力 | 硬さ | 凝集性 | 付着性 | 軟らかさ | まとまりやすさ | 噛みやすさ | 飲み込みやすさ | おいしさ | 咀嚼回数 | 咀嚼時間 (咀嚼開始～第一嚥下) | 咀嚼時間 (第一嚥下～嚥下終了) |
|-----------------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|--------|---------|---------------------|---------------------|
| 重量減少率 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| 貫入応力 | 0.359 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| 硬さ | 0.489 | 0.978* | 1.000 | | | | | | | | | | |
| 凝集性 | -0.758 | 0.326 | 0.162 | 1.000 | | | | | | | | | |
| 付着性 | 0.995** | -0.504 | -0.498 | 0.723 | 1.000 | | | | | | | | |
| 軟らかさ | -0.903 | -0.699 | -0.810 | 0.445 | 0.895 | 1.000 | | | | | | | |
| まとまりやすさ | -0.935 | -0.335 | -0.510 | 0.752 | 0.895 | 0.898 | 1.000 | | | | | | |
| 噛みやすさ | -0.880 | -0.711 | -0.826 | 0.422 | 0.866 | 0.997** | 0.899 | 1.000 | | | | | |
| 飲み込みやすさ | -0.863 | -0.707 | -0.829 | 0.414 | 0.844 | 0.991** | 0.904 | 0.998** | 1.000 | | | | |
| おいしさ | -0.985* | -0.469 | -0.606 | 0.681 | 0.972* | 0.958* | 0.963* | 0.945 | 0.935 | 1.000 | | | |
| 咀嚼回数 | 0.859 | 0.610 | 0.758 | -0.491 | -0.824 | -0.966* | 0.944 | -0.979* | -0.987* | -0.933 | 1.000 | | |
| 咀嚼時間(咀嚼開始～第一嚥下) | 0.861 | 0.629 | 0.772 | -0.478 | -0.830 | -0.972* | -0.938 | -0.984* | -0.991** | -0.935 | 0.998** | 1.000 | |
| 咀嚼時間(第一嚥下～嚥下終了) | 0.866 | 0.091 | 0.092 | -0.963* | -0.823 | -0.647 | -0.900 | -0.635 | -0.633 | -0.829 | 0.705 | 0.694 | 1.000 |

**: p<0.01

*: p<0.05

表7 魚肉試料の重量変化, 物性, 嗜好性および咀嚼性の関連

| | 重量減少率 | 貫入応力 | 硬さ | 凝集性 | 付着性 | 軟らかさ | まとまりやすさ | 噛みやすさ | 飲み込みやすさ | おいしさ | 咀嚼回数 | 咀嚼時間 (咀嚼開始～第一嚥下) | 咀嚼時間 (第一嚥下～嚥下終了) |
|-----------------|----------|---------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------------------|---------------------|
| 重量減少率 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| 貫入応力 | 0.902 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| 硬さ | 0.992* | 0.931 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| 凝集性 | -0.879 | -0.657 | -0.880 | 1.000 | | | | | | | | | |
| 付着性 | -0.636 | -0.240 | -0.569 | 0.812 | 1.000 | | | | | | | | |
| 軟らかさ | -0.975* | -0.955* | -0.995** | 0.850 | 0.488 | 1.000 | | | | | | | |
| まとまりやすさ | -0.516 | -0.107 | -0.463 | 0.791 | 0.974* | 0.387 | 1.000 | | | | | | |
| 噛みやすさ | -0.993** | -0.944 | -0.992** | 0.830 | 0.545 | 0.985* | 0.415 | 1.000 | | | | | |
| 飲み込みやすさ | -0.997** | -0.930 | -0.993** | 0.846 | 0.577 | 0.982* | 0.450 | 0.999** | 1.000 | | | | |
| おいしさ | -0.909 | -0.643 | -0.875 | 0.957* | 0.895 | 0.826 | 0.825 | 0.856 | 0.875 | 1.000 | | | |
| 咀嚼回数 | 0.912 | 0.909 | 0.956* | -0.867 | -0.437 | -0.973* | -0.382 | -0.920 | -0.916 | -0.777 | 1.000 | | |
| 咀嚼時間(咀嚼開始～第一嚥下) | 0.921 | 0.914 | 0.962* | -0.870 | -0.447 | -0.978* | -0.388 | -0.929 | -0.925 | -0.786 | 0.998** | 1.000 | |
| 咀嚼時間(第一嚥下～嚥下終了) | 0.913 | 0.930 | 0.957* | -0.841 | -0.400 | -0.978* | -0.336 | -0.927 | -0.922 | -0.756 | 0.998** | 0.998** | 1.000 |

** : $p < 0.01$

* : $p < 0.05$

学 位 論 文 の 要 旨

論文題目

嚥下・咀嚼機能の低下した患者や高齢者に対する食感改良に関する研究

印刷公表の方法及び時期 未公表

緒言

2015年国勢調査によると¹⁾65歳以上人口が全人口の26.7%を占め、少子高齢化社会が急速に進行している。また、平成23年以降、死因の第3位は肺炎でその9割が65歳以上の高齢者が占めており、肺炎の要因の6割が誤嚥性肺炎によるものである。誤嚥性肺炎の要因の一つには、摂食・嚥下障害があり、これらをもつ高齢者が急増しており、摂食・嚥下障害による窒息では、認知機能の低下や臼歯部咬合の喪失、義歯装着時の不具合などがリスク因子といわれている。摂食・嚥下障害に対する対策と機能の改善をはかり、食事を与えることが必要であるが、摂食・嚥下障害に対する食事形態についても、統一された規格がなく、十分に摂食・嚥下障害に対応した食事が整えられていないのが現状である。そこで、少しでも経口摂取の可能性が残されている患者に対しては、安全性の確保、安全な食事の開発が求められる。

2013年国民健康・栄養調査報告（厚生労働省）から²⁾、健康日本21（第2次）の目標として、60歳代における咀嚼良好者の割合の増加目標値として80%挙げている。また、食べ物や飲み物が飲みにくく感じたり、食事中にむせたりすることが頻繁にあると回答した者の割合は、60歳代で14%、70歳以上で22%であり、低栄養傾向を示す者のうち24%以上は、食べ物や飲み物が飲みにくく感じたり、食事中にむせたりすることが頻繁にあると答えている。

近年、80歳において残歯20本の確保（8020運動）をスローガンに老人歯科保健に力が注がれていることから、高齢者における20本以上の歯の保有する割合は増加している。しかし、歯の喪失は年齢が高くなるほど進むことは変わらない³⁾。

摂食は食物を認識して食欲が起こり、口に運び、咀嚼により食塊を形成する。その食塊が口腔、咽頭を通過し食道、胃へと送られていく一連の動作である。摂食障害は、咽頭への送り込み、咽頭通過、食道への送り込みが上手くいかない嚥下機能低下と歯の喪失などから起こる咀嚼機能低下に区別することができる。そこで、医療や福祉の現場では、嚥下および咀嚼機能低下に応じた食事の適応が必要不可欠となる。

とろみ調整食品は、嚥下機能低下から起こる誤嚥を防止するために、流動状食品や飲料などの飲み込みにくい食べ物に粘性（とろみ）を付けることにより、テクスチャーを改良することを目的としている。また、ゼリー状食品は、嚥下および咀嚼障害のある患者に使用されており、ゼラチンや寒天以外のゲル化剤が臨床現場において利用されている。

病院や介護施設で提供される普通食などの食事は、きざみ食やミキサー食と比較すると外観、味、食感のすべてにおいて優れているといわれている。しかし、食肉および魚肉は良質な蛋白質の供給源であるが、咀嚼機能が低下した高齢者では、硬く、咀嚼しにくいテクスチャーであることが知られており、食べにくい食品の一つになっている。

食事とは喫食者の人間としての尊厳を重視し、食べ物の楽しみを与え、自分の口で食べることにより、病気の回復への気力を取り戻すことができる。そのためには、安全性や機能性の他においしさも重要視される。毎日の食事は大きな楽しみであり、安全でおいしく食べられることがQOLの維持向上に繋がると考えられる。

現在、嚥下調整食や咀嚼機能低下した人の食事および料理についての報告や、その材料となるゲル化剤やとろみ調整食品の報告は数多く見られる。しかし、市販ゲル化剤の成分や組成および配合などが明確にされている報告はほとんどなく、市販ゲル化剤を用いて食品ゼリーを作製し、加温状態にしたゼリー食の研究はない。また、市販食品品質改良剤を用いた軟化処理と加熱条件の違いによる物性の影響を比較した

研究も見られない。また、食品および料理などの物性評価をクリープメータで測定しており、この測定機は高価で簡便に測定することはできない。簡便な方法で物性評価できる先行研究はこれまでに少ないのが現状である。

そこで、本研究では、病院や要介護施設などの臨床現場における嚥下・咀嚼機能の低下した人や患者に対する食品の食感改良の研究を目的として、(1)とろみ調整食品において、針入式簡易粘度計の有用性の検討を行い、飲み込みやすい市販とろみ調整食品を比較検討した。また、(2)ゲル化剤では、異なる市販ゲル化剤の成分や組成を明確にし、それらを用いて作製したゼリーの特徴について比較検討し、(3)市販ゲル化剤を用いて作製した食品ゼリーを加温状態にした時の物性の安定性と嗜好性について比較検討した。さらに、(4)市販食品品質改良剤を用いて、食肉および魚肉を軟化処理させ、軟化処理の有無と加熱条件の違いによる物性、嗜好性、咀嚼性について比較検討した。

第1章 針入簡易粘度計を用いた市販各種とろみ調整食品の粘性比較と官能評価、塩分添加への影響

簡便な粘度測定機器を使用し、9種類のキサンタンガム系の市販とろみ調整食品を用いて作製した試料の粘性について比較検討した。また、若年健常者を対象にほうじ茶に添加し、官能評価を試みた。さらに、試料に塩分を添加（だし醤油）した場合の粘性の変化について検討し、この試料を用いて若年健常者に官能評価を行なった。また、簡便な粘度測定機器の有用性についても検討を試みた。その結果、以下の知見を得た。

1. 各とろみ調整製品をパンフレットの指示にある濃度（ポタージュ状）で比較したが、粘性には著しい差があることが確認された。
2. 官能評価から、ほうじ茶試料の場合には、粘性が低いほど「飲み込みやすい」、「舌触りがなめらか」、「べたつき感が少ない」、「口中の残留感が少ない」、「総合評価がよい」という結果を示し、好ましい粘性であることがわかった。
3. 各製品パンフレットの指示にある濃度（ヨーグルト状）で調整した試料の粘性強度の順位は、ポタージュ状の濃度の場合と異なっていた。ヨーグルト状濃度に塩分（だし醤油）を添加し、塩分を添加しない試料と比較すると、ほとんどの試料で著しい粘性の低下を示した。
4. ほうじ茶試料では、粘性が低いほど官能評価の平均値は高い傾向を示した。また、塩分添加試料の場合には、ほうじ茶試料と比較して相対的に粘性との関連性は低いことが分かった。
5. 使用した針入式簡易粘度計は簡単に粘性が測定でき、とろみの粘性の目安を把握するのに有効であることが分かった。

第1章では、針入式簡易粘度計は、操作が簡単で小型・軽量のため、持ち運びが便利でどこでも測定が可能であり、粘性の目安がすぐに判断できる利点がある。ただし、粘性が非常に大きい試料では治具の落下が不可能になり、測定することができなくなる場合や、逆に、粘性が非常に小さい場合は治具の落下速度が極端に速くなり、測定するのが難しくなることが分かった。しかし、これらの短所は、治具の大きさ、重さを変えることにより十分対応可能であると考えられる。

これらの研究から、キサンタンガム系のとろみ調整食品は使用する調味料や食材により、粘性が異なることが示唆された。また、とろみ調整食品の使用には、主原料による分類に従うだけでなく、同じ主原料を用いる場合でも、製品ごとの物性の比較に基づく必要があり、今後、対象者の摂食・嚥下機能状態ととろみ調整食品の物性との関係を検討し、とろみ調整食品を用いて最適な粘性を調整するための規準を構築する必要があると考えられた。

第2章-1 市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性と官能評価

3種類の市販ゲル化剤（ゲル化剤A、ゲル化剤Bおよびゲル化剤C）を用いて、ゼリー食のテクスチャー特性と官能評価を比較検討した。各ゲル化剤の使用濃度は、パンフレットの指示量である濃度に調製し、牛乳、味噌汁、粥、オレンジジュース、緑茶の5種類の食品をゼリー状に固め、テクスチャー特性について

検討するとともにこの5種類の食品をゼリーにした時の市販ゲル化剤の特徴についても分析した。また、若年者および健常高齢者に官能評価を行い、比較検討を行うとともにテクスチャー特性と官能評価の関連性についても検討した。その結果、以下の知見を得た。

1. 物理的特性と官能評価は、市販ゲル化剤の3種類間で変動がみられた。一方、各試料の物理的特性と官能評価との間の傾向は同様であった。
2. 官能評価値の各試料間の差は、若年者の方が高齢者より大きかった。ゲル化剤Aとゲル化剤Bの食品ゼリー（牛乳、味噌汁、オレンジジュース、緑茶）は、ゲル化剤Cの食品ゼリーより硬いことが物性測定と官能評価から評価された。
3. ゲル化剤Cを用いて作製した粥ゼリーは、軟らかく、粘り気が少なく、飲み込みやすかった。これらより、ゲル化剤Aとゲル化剤Bの成分は類似で、ゲル化剤Cは異なっており、ゲル化剤Cは澱粉分解酵素を含むことが分かった。
4. それぞれの食品で物理的性質と官能評価に適するように市販ゲル化剤を使用することが重要であることが分かった。

第2章-1では、市販ゲル化剤の原材料はジェランガムや、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤であることが確認できた。また、ジェランガムはネイティブ型であり、この特徴は、先行研究において、溶解温度が85～90℃以上と高く、融解温度も70～90℃と極めて高いことが示され、溶解温度および融解温度はカチオン類の添加によって上昇し、そのゲルの食感には柔らかくて弾力があり、離水が少ない性質を示すことが分かっている。特にジェランガムは、高い耐酵素性を有し、一般に市販されている酵素や微生物によって分解しないとされている。本研究では、粥を使用して作製したゼリーは付着性が小さく、べたつきにくく、飲み込みやすいことが確認できた。また、使用した市販ゲル化剤の原材料にデンプン分解酵素が含まれていることが分かった。さらに、牛乳および味噌汁ゼリーはカルシウムおよびナトリウムなどのカチオン類が含有するため、80℃では溶解が不十分でゼリー状を形成しなかったことが考えられた。そこで、確認のため90℃で加熱したところ、ゼリー状を形成することが分かった。これらのことから、主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いる場合、他のゲル化剤とは異なり、使用食品によって加熱温度を変える必要があることが示された。オレンジジュースゼリーは非常に軟らかいゼリーとなった。オレンジジュースのpH値は酸性を示したことから、酸の影響を受けやすいと考えられた。味噌汁ゼリー、オレンジジュースゼリー、緑茶ゼリーは白濁色を示したことからこのゲル化剤の主原料はネイティブ型ジェランガムであることが確認できた。

市販レトルト粥を用いた先行研究では、口中で感じる硬さおよび飲み込みやすさは若年者と高齢者では同様の傾向を示すと報告している。本研究においては、健常高齢者では市販ゲル化剤を用いて調製したゼリーの官能評価項目における各試料間の平均値が学生よりも高いことが認められた。このことは、加齢による感覚刺激認知機能の低下、唾液の粘性率の上昇、舌運動機能の低下などから、粥とは異なるゼリー状の形態になると学生では明確に識別できる物性の違いが高齢者では識別できないことが推測できた。

第2章-2 市販ゲル化剤を用いた食品ゼリー食における温度変化の影響

次に、市販ゲル化剤の種類と濃度および加温温度の影響について、テクスチャー特性と官能評価の関連性から検討した。2種の市販ゲル化剤を用い、主原料がネイティブ型ジェランガムと推測したものをゲル化剤A、キサンタンガムにローカストビーンガムを混合したキサンタンガム製剤をゲル化剤B、Cとした。また、ゲル化剤AおよびBの使用濃度は、各ゲル化剤のパフレットの指示量である濃度とし、ゲル化剤Aは1.5%、ゲル化剤Bは0.75%とし、ゲル化剤CはBの2倍濃度の1.5%に調製した。里芋、ほうれん草、鮭をペースト状にしたものにゲル化剤を加熱溶解した後、冷却し、ゼリー状に固めた。ゼリーの設定温度は20℃と65℃とした。その結果、以下の知見を得た。

1. 65℃で、ゼリー食の硬さおよび付着性は低下し、凝集性は増加した。
2. ゲル化剤Aを用いて作製したゼリーはゲル化剤B、Cを用いて作製したゼリーより、温度および食品

成分の影響が少ないことが認められた。

3. テクスチャー測定と官能評価の結果より、ゲル化剤Aを用いて作製したゼリーはゲル化剤Bおよびゲル化剤Cを用いて作製したゼリーより、適度な軟らかさを示し、付着性が小さく、べたつきが少なく、口中の残留感が少なく、良いという評価となった。
4. ゼリー食を提供する場合は、ゲル化剤の主成分、温度、濃度および食品成分により、力学的物性値や官能評価値が異なることが分かった。

第2章-2では、医療機関や高齢者施設の給食では、温冷配膳車内で食事を加温および保冷を行ない、加温する温度は65℃以上に設定されている。そのため、味噌汁などの食事の提供温度が65℃の加温状態においても物性の変化がないゼリーを作製することが必要である。そのため、本研究では、試料ゲルの測定温度を20℃および65℃に設定し、温度の影響を検討した。その結果、硬さ、凝集性、付着性において主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーは、キサンタンガム製剤を用いて作製したゼリーよりも温度変化の影響が小さく、適度な硬さを示し、安定した凝集性であり、付着性が小さいことが認められた。官能評価においても、すべての官能評価項目において良好な評価が認められ、軟らか過ぎず、口中の残留感が少ないという評価となった。65℃の加温状態でのゼリー食を提供するには安定した物性特性および官能評価値が高いことが認められた主原料がネイティブ型ジェランガムであるゲル化剤を用いて作製したゼリーが有効であることが示唆された。

第3章 食肉および魚肉の物性・嗜好性・咀嚼性に及ぼす食品品質改良剤と加熱条件の影響

食肉・魚肉品質改良剤製剤（スベラカーゼミート）を用いて、食肉および魚肉を軟化させることを試みた。短時間で簡単に調理ができ、食べやすく、美味しい調理法の検討として、一般家庭や病院などで使用されている普通鍋と圧力鍋を用いて、軟化処理の有無と加熱条件の違いによる食肉および魚肉の物性への影響について比較検討した。また、若年者と高齢者による嗜好性および筋電図による咀嚼性との関連についても比較検討を行なった。その結果、以下の知見を得た。

1. 食肉および魚肉の軟化処理試料は軟化未処理試料と比較して、重量減少率が低く、貫入応力および貫入エネルギーが小さいことが分かった。
2. 官能評価では、若年者および高齢者とも、軟化処理した食肉および魚肉は軟らかく、まとまりやすく、噛みやすく、飲み込みやすく、おいしいという回答を得た。
3. 筋電図測定では、軟化処理した食肉および魚肉は咀嚼開始から第一嚥下まで、咀嚼回数が減少し、咀嚼時間および咀嚼活動時間が短縮し、咀嚼活動量も低下した。また、第一嚥下以降は、食肉および魚肉において、まとまりがよい軟化処理試料が咀嚼時間の短縮が認められた。
4. 加熱方法の比較では、食肉において、圧力鍋加熱試料は普通鍋加熱試料より、重量減少率が大きく、貫入応力および貫入エネルギーが小さく、テクスチャー特性の硬さは軟らかいことが分かった。
5. 魚肉は加熱方法による軟化は認められなかった。
6. 食肉の圧力鍋加熱・軟化未処理試料では、凝集性の著しい低下を示し、魚肉では付着性の著しい低下が認められた。

第3章では、市販食肉・魚肉品質改良剤製剤（スベラカーゼミート）の原材料であるパペインおよび炭酸水素ナトリウムの働きにより、食肉および魚肉の筋原線維蛋白質を軟化させることを試みた。また、一般家庭や病院などで使用されている普通鍋と圧力鍋を用いて、加熱条件の違いによる食肉および魚肉の物性への影響について比較検討し、若年者と高齢者による嗜好性および筋電図による咀嚼性との関連についても比較検討を行なった。その結果、加熱調理後の軟化未処理の食肉、魚肉より軟化処理した食肉、魚肉の方が保水性は増加し、咀嚼時に軟らかく、バラつきおよびバサつきが少なく、噛みやすく、飲み込みやすく、おいしいことが認められた。また、加熱調理方法の比較では、圧力鍋加熱は食肉の軟化が認められたが、魚肉の軟化は加熱調理方法の違いによる影響が小さいことが示された。また、圧力鍋による加熱は食肉ではバラつき、魚肉ではバサつきが大きくなることが示された。食品品質改良剤を用いて軟化した食肉およ

び魚肉は、歯の状態の悪い高齢者に有効であり、在宅でも簡単に利用することができると考えられた。

総合考察

本研究では、病院や要介護施設で使用されている市販のとろみ調整食品、ゲル化剤、食品品質改良剤を用いて、とろみ食、ゼリー食、軟化処理した肉や魚の物性、嗜好性について検討を行った。9種類のとろみ調整製品をパンフレットの指示にある濃度に調整し、比較したところ、粘性には著しい差が見られ、使用する調味料や食材により、粘性が異なることが示唆された。また、とろみ食の適正な粘性を把握するために、臨床現場である病院や要介護施設に針入式簡易粘度計を設置し、必要に応じて測定することにより、適正な粘性のとろみ食を提供できることが期待される。とろみの付けすぎによる窒息などの事故も大幅に減少することが考えられる。

また、市販ゲル化剤の主原料を明確にすることにより、食材、調味料、温度の影響を受けにくく、安定した物性および良好な嗜好性であるゼリー食が作製できることが考えられる。病院や要介護施設において加温状態のゼリー食を提供するために野菜、芋、魚などを使用したゼリー状の味噌汁の具材、煮物、あんかけ料理などの温かい料理が増え、満足できる食事が提供できることが期待できる。

とろみ調整食品の使用には、主原料による分類に従うだけでなく、同じ主原料を用いる場合でも製品ごとの物性の比較に基づく必要があり、今後、対象者の摂食・嚥下機能状態ととろみ調整食品の物性との関係を検討し、とろみ調整食品を用いた最適な粘性を調整するための規準を構築する必要がある。また、ゲル化剤においては主原料が異なる場合、それぞれの食品において最適な物理的性質と官能評価に適するように市販ゲル化剤を使用し、嚥下および咀嚼機能低下に応じてゼリー食を提供することが重要であり、温度や食品に応じて異なる成分のゲル化剤を使い分けする必要がある。市販食品品質改良剤においては、原材料であるパンプキンおよび炭酸水素ナトリウムの働きにより、食肉および魚肉の筋原線維蛋白質を軟化させ、保水性を増加させることにより、軟らかく、噛みやすくなることから、咀嚼障害のある高齢者に有効であると考えられる。

臨床現場において、とろみ食、ゼリー食、軟化処理食材を用いた食事を提供するためには、摂食・嚥下機能状態に応じた適正な物性が重要である。これらの食事の物性はとろみ調整食品、ゲル化剤、食品品質改良剤の主成分および濃度、使用食品、温度などに大きく影響を受けるため、これらの製剤の状況に応じた適切な選択が必要だと考えられる。

食品品質改良剤を用いて軟化処理された食肉および魚肉は軟化未処理の食肉および魚肉よりも保水性が増加することから、軟らかく、食べやすくなった。また、加熱調理方法の比較では、圧力鍋加熱は食肉の軟化が認められたが、魚肉の軟化は加熱調理方法の違いによる影響が小さいことが考えられた。圧力鍋による加熱は食肉ではバラつき、魚肉ではパサつきが大きくなった。咀嚼機能が低下した高齢者にミキサー食やきざみ食の代わりに市販食品品質改良剤を用いて、軟らかくした食肉や魚肉料理を病院や要介護施設で提供するだけでなく、在宅の普及においても期待ができると考えられる。

今後、とろみ食、ゼリー食、軟化食品を組み合わせ、新しい介護食の開発が考えられることから、食事の幅が広がることが期待できる。

結語

超高齢化社会を迎えた我が国において、健康のまま老いる社会の実現は重要なミッションである。その中で重要な鍵となるものの一つが「食」である。特に、病院・要介護施設において咀嚼機能が低下した人や高齢者にとっては、安全でおいしく食べられることがQOLの維持向上に繋がると考えられる。現在、嚥下調整食や、咀嚼機能低下した人の食事および料理についての報告、その材料となるゲル化剤やとろみ調整食品の報告などは多数あるが、それらの食品を簡便に物性評価できる方法は非常に少なく、市販ゲル化剤の成分や組成および配合などを明確にした報告も極めて少ない。また、市販ゲル化剤を用いて食品ゼリーを作製し、加温処理したゼリー食の研究や、市販食品品質改良剤を用いた軟化処理と加熱条件の違いに

よる物性の影響を比較した研究もみられない。

そこで本研究では、咀嚼機能が低下した高齢者や病院、要介護施設における患者に提供される食品の改良・改善を目的として、第1章では、現場において手軽で簡単な針入式簡易粘度計を導入することにより物性評価を行い、適正な粘性のとりみ食が提供できることを明らかにした。第2章では、異なる市販ゲル化剤の成分や組成を明確にし、市販ゲル化剤を用いて作製したゼリー状食品の開発を試み、物性の安定性と嗜好性の高い食品を提唱した。さらに第3章では、市販食品品質改良剤による軟化处理および加熱条件の違いによる物性、嗜好性、咀嚼性について比較検討し、軟らかくした食肉や魚肉料理が普及できることを明らかにした。

このように本研究では、嚥下・咀嚼機能が低下し患者や高齢者に対して、最適かつ美味しい食品を提唱した。今後、臨床現場におけるオーダーメイド食品の実現化が期待される。

参考文献

1. 畦西克己, 舘村卓, 外山義雄, 奥田豊子, 吉村美紀, 北元憲利, 西成勝好: 針入簡易粘度計を用いた市販各種とりみ調整食品の粘性比較と官能評価および塩分添加への影響, 日本健康体力栄養学会誌, 第16巻第1号, 10-20 (2011)
2. 畦西克己, 吉村美紀, 北元憲利, 阪井丘芳: 市販ゲル化剤を用いたゼリー食のテクスチャー特性と官能評価, 日本食生活学会誌, 第25巻第3号, 171-183 (2014)
3. 畦西克己, 阪井丘芳, 吉村美紀, 北元憲利: 市販ゲル化剤を用いた食品ゼリー食における温度変化の影響, 日本食生活学会誌, 第26巻第4号, 189-196 (2016)
4. 畦西克己, 堀夏海, 上野山あつこ, 吉村美紀, 北元憲利: 食肉の物性・嗜好性・咀嚼性に及ぼす食品品質改良剤と加熱条件の影響 (査読中)
5. 畦西克己, 竹上香奈恵, 吉村美紀, 北元憲利: 魚肉の物性・嗜好性・咀嚼性に及ぼす食品品質改良剤と加熱条件の影響 (査読中)

引用文献

1. 総務省: 国勢調査 (平成27年)
2. 厚生労働省: 国民健康・栄養調査報告書 (平成25年)
3. 厚生労働省: 歯科疾患実態調査 (平成23年)