

県産食材を用いた高齢者向け食品の開発

有住 和彦*¹・三浦 悟*²・原田 牧人*¹・矢口 仁*²

Development of food for senior citizens who used a prefecture product cooking ingredient

Kazuhiko ARISUMI*¹, Satoru MIURA*², Makito HARADA*¹ and Hitoshi YAGUCHI*²

キーワード：高齢者，大豆，魚肉，破断強度，凝集性，付着性，動的弾性率，損失弾性率

わが国では高齢化の進展に伴い，平成17年10月1日現在の全国の75歳以上の後期高齢者人口は1,160万人に達すると推計されている¹⁾。

人は加齢に伴い咀嚼・嚥下機能が低下することが多く見受けられ，その結果食事摂取量が低下し，低栄養（Protein Energy Malnutrition, PEM），低水分状態を引き起こすとともに，生体免疫機能低下によって寝たきり状態を招く原因の一つになるとも考えられている。また脳卒中の後遺症や認知症等でも咀嚼・嚥下機能障害がみられるようになることも多い²⁾。

近年，こうした咀嚼・嚥下困難者向けに栄養機能改善や様々な食材を用いてバリエーション豊かな食品を開発し提供することは，咀嚼・嚥下困難者の食生活のQOL（Quality Of Life）確保に重要な課題と位置づけられつつある。

そこで本研究では県産食材を活用し，栄養機能性や適切な食品物性を付与した高齢者向け食品，特に咀嚼・嚥下困難者用食品を開発することを目的とし，より具体的には大豆または魚肉を用いた高齢者向け食品を取り上げ，製造条件を様々に変化させた製品の圧縮硬さ測定や動的粘弾性評価により，厚生労働省特別用途食品高齢者用食品の硬さ基準である破断強度 $5 \times 104 \text{N/m}^2$ 以下かつ5段階嚥下食³⁾基準（図1）における嚥下食Iレベルを目指した「柔らかな」製品が得られる製造方法の探索を行った結

果について報告する。

材料と方法

2.1 大豆を用いた高齢者向け食品

2.1.1 試料の調製

大豆原料は「まるごとや豆乳粉」（サトウフーズ（株）製）および「丸ごと大豆粉末」（（有）サポーレ製）を用いた。またゲル化剤としてはキサンタンガム（イナゲルV10K，伊那食品工業（株）製），ローカストビーンガム（イナゲルL85，同上）， κ -カラギナン（イナゲルV40，同上）を用いた。さらに油脂は市販のサラダ油（大豆油・なたね油混合），糖質については市販の上白糖を用いた。

2.1.2 試作方法

大豆を用いた高齢者向け食品は大豆を配合したゼリー状食品であると想定し，試作条件の設定については大豆配合ゼリー状食品の品質に関する特性要因図から重要と考えられる要因（大豆原料種類，大豆原料量，キサンタンガム量，ローカストビーンガム量， κ -カラギナン量，脂質量，糖質量）を抽出し，実験計画法を用いてL18直交表割付けによる製造実験を行った。さらに得られたゲルの品質分析結果（原料ミックス見かけ粘度，破断強度，凝集性，付着性，貯蔵弾性率，損失弾性率）と各要因の重回帰分析から各要因の影響度および最適と思われる製

*¹産業技術総合センター，*²水産加工研究所

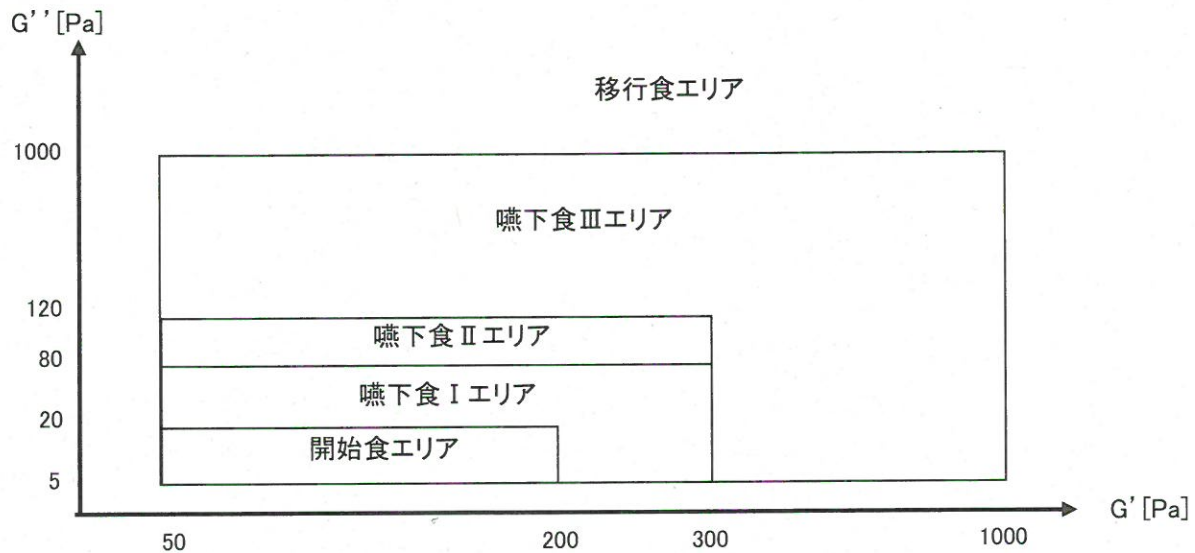


図1 5段階嚥下食³⁾基準

造条件割り出しを行なった。

実際の試作方法については次のように行った。まずそれぞれの原料を計量後、予めゲル化剤(キサンタンガム, ローカストビーンガム, κ -カラギナン)と上白糖を粉末状態で混合した。次に500mLの水を家庭用ミキサーに入れ、攪拌しつつゲル化剤・上白糖混合粉末を添加・混合しゲル化剤・上白糖分散物を調製した。次いでここで得られたゲル化剤・上白糖分散物および所定量の大豆原料, 所定量の油脂および水を真空ミキサー(ロボクーブ HN-40S, (株)エフ・エム・アイ製)に仕込み, カッター回転数1500rpm, 約20 kPa (0.2atm)の減圧下にて5分間攪拌・混合し, 得られた原料ミックスをレトルト殺菌可能なプラスチックカップへ充填・ヒートシール後, 熱水レトルト釜にて120°C, 30分間レトルト殺菌して試作品を得た。

2.1.3 試作品品質評価

試作品の品質評価項目としては, ①試作品の固さ, ②試作品の動的粘弾性の2項目を取り上げた。

①試作品の固さ測定方法としては, 厚生労働省健康増進法に定められた特別用途食品の高齢者用食品の試験方法に準じて行った。具体的にはクリープメーター(RE2-33005S型, (株)山電製)に直径3mmの円柱状プランジャーを取り付け, 圧縮速度10mm/sec, クリアラン

ス30%(圧縮距離を試料厚みの70%)として測定を行い, 最大破断強度を測定した。なお, 測定温度は20°C±2°Cにて行った。

さらに得られた最大破断強度を高齢者用食品(そしゃく・えん下困難者用食品タイプ4)の固さ基準値 5×10^4 N/m²と比較を行った。

②試作品の動的粘弾性の測定は以下のように行った。応力制御型回転レオメータ(RS600, HAAKE社製)に直径20mmの平行プレートセンサーを取り付け, 厚さ約3mmにスライスしたサンプルを測定プレートとセンサーの間に設置し, 測定ギャップ2mm, 温度20°C, 振動周波数1Hz, 応力 τ を1Paから1000Paまで掃引しつつ測定を行い, 歪率20%の時の貯蔵弾性率 G' および損失弾性率 G'' を5段階嚥下食基準と比較した。

2.2 魚肉を用いた高齢者向け食品

2.2.1 試料の調製

魚肉原料はスケトウダラ冷凍すり身(FA級)を用いた。またゲル化剤としてはキサンタンガム, ローカストビーンガム, κ -カラギナン, 油脂については大豆を利用した高齢者食品の試作で用いたものと同じものを用いた。さらに, タンパク質分解酵素としてはポリアーゼSM((株)ポリホス化学研究所製), スミチームMP(新日本化学工

業(株)製), 追加タンパク質原料としてALANATE180(日成共益(株)), 糖質原料としてはパインデックス#2(松谷化学工業(株)製), 亜鉛補強剤としてグルコン酸亜鉛(富田製薬(株)製), ビタミン補強剤として理研ドライA-S200PT(理研ビタミン(株)製), 理研ドライEミックスF-20(同), DHA補強剤としてDHA粉末H(マルハ(株)製)を用いた。またその他の調味料として市販の食塩および上白糖を用いた。

2.2.2 試作方法

魚肉を用いた高齢者向け食品は魚肉を配合したゼリー状食品であると想定し, ①魚肉練り製品の製造法に基づくゼリー状食品および②魚肉酵素分解とゲル剤併用によるゼリー状食品の試作について検討を行った。

①魚肉練り製品の製造法に基づくゼリー状食品の試作では, 冷凍すり身2kgをサイレントカッターにて荒揃りした後, すり身重量に対して2重量%の食塩を添加して塩揃り・加水・坐り・加熱凝固を行って試作品を得た。

一方②魚肉酵素分解とゲル剤併用によるゼリー状食品の試作については, まず大きく2つの工程(魚肉酵素分解ペースト製造, 魚肉酵素分解ゲル製造)に分けて試作を実施した。

より具体的には魚肉酵素分解ペースト製造工程では魚肉酵素分解ペースト品質に関する特性要因図から重要と思われる要因(タンパク分解酵素種類, 酵素添加量, 全体仕込量, 攪拌分解時間, 酵素失活時間)を抽出し, L18直交表割付けによる製造実験および得られたペーストの品質分析結果(ペースト見かけ粘度, 苦味, ザラツキ)と各要因との重回帰分析から各要因の影響度および最適と思われる製造条件割り出しを行なった。

さらに魚肉酵素分解ゲル製造工程では魚肉酵素分解ゲル品質に関する特性要因図から重要と思われる要因(魚肉酵素分解ペースト粘度, 魚肉酵素分解ペースト配合量, 追加タンパク素材量, 脂質量, 糖質量, ミネラル量, ゲル化剤量)を抽出し, L18直交表割付けによる製造実験および得られたゲルの品質分析結果(苦味, ザラツキ, 破断強度, 凝集性, 付着性, 貯蔵弾性率, 損失弾性率)と各要因の重回帰分析から各パラメータの影響度および最適と思われる製造条件割り出しを行なった。

なお実際の試作方法については次のように行った。まず魚肉酵素分解ペースト製造工程では, 所定量の冷凍す

り身を真空ミキサー(ロボクーブHN-40S)に仕込み, カッター回転数1500rpmにて約5分粗粉碎し, すり身温度が8~10℃に達したことを確認後, 所定量のタンパク質分解酵素を添加し, カッター回転数1500rpmにて20分間粉碎・攪拌しつつ酵素分解を行った。次いで酵素分解後の魚肉を耐熱ポリプロピレン袋に500gずつ充填し, ヒートシール後にスチームコンベクションオープン中で90℃, 30分間酵素失活処理を行い, その後ウォーターチラー中で冷却を行い魚肉酵素分解ペーストを得た。

次に魚肉酵素分解ゲル製造工程では, 上記で得られた魚肉酵素分解ペーストおよびその他の副原料を計量後, 予めゲル化剤(キサンタンガム, ローカストビーンガム, κ -カラギナン)を粉末状態で混合し500mLの水を入れた家庭用ミキサーに添加, 攪拌・混合しゲル化剤分散物を調製した。次いでここで得られたゲル剤分散物および所定量の魚肉酵素分解ペースト, 所定量の副原料, 所定量の水を真空ミキサー(ロボクーブHN-40S)に仕込み, 約20kPa(0.2atm)の減圧下にて5分間攪拌・混合し, 得られた原料ミックスをレトルト殺菌可能なプラスチックカップへ充填・ヒートシール後, 熱水レトルト釜にて120℃, 30分間レトルト殺菌して試作品を得た。

2.2.3 試作品品質評価

試作品の品質評価項目としては, 魚肉酵素分解ペーストについては苦味, ザラツキ, 見かけ粘度, また魚肉酵素分解ゲルについては苦味, ザラツキ, 破断強度, 凝集性, 付着性, 貯蔵弾性率, 損失弾性率を取り上げた。

なお, 苦味およびザラツキについては5段階評価による官能検査を行い, 破断強度についてはクリープメーター(RE2-33005S型)に直径3mmの円柱状プランジャーを取り付け, 圧縮速度10mm/sec, クリアランス30%(圧縮距離を試料厚みの70%)として測定を行った。

また, 凝集性および付着性についてはクリープメーターに直径20mmの円板状プランジャーを取り付け, 圧縮速度1mm/sec, クリアランス50%(圧縮距離を試料厚みの50%)として2バイト法によるテクスチャー測定を行った。

さらに貯蔵弾性率および損失弾性率については応力制御型回転レオメーター(RS600, HAAKE社製)に直径20mmの平行プレートセンサーを取り付け, 厚さ約3mmにスライスしたサンプルを測定プレートとセンサーの間に設置し, 測定ギャップ2mm, 温度20℃, 振動周波数1Hz,

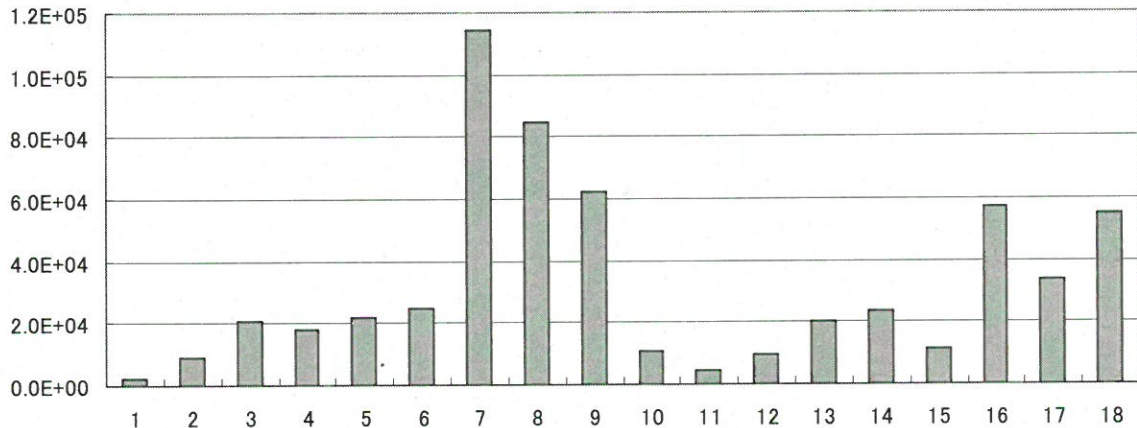
破断応力 [N/m²]

図2 大豆利用試作品の破断強度

応力 τ を1Paから1000Paまで掃引しつつ測定を行い、歪率20%の時の貯蔵弾性率G'および損失弾性率G''を5段階嚙下食基準と比較した。

結果および考察

3.1 大豆を用いた高齢者向け食品の製造条件検討

大豆を用いた高齢者向け食品の製造において抽出された要因について、表1に示す水準を設定し、L18 直交表割付を行い製造実験を行い、得られたゲルの品質分析結果（原料ミックス見かけ粘度、破断強度、凝集性、付着性、貯蔵弾性率、損失弾性率）と各要因との重回帰分析から要因が品質に及ぼす影響度を評価した。得られた18通りの試料の破断強度を図2に示す（図の横軸は実験番号）。

こうして得られた各品質分析結果に関して重回帰分析を行ったところ、大豆利用高齢者向け食品の破断強度（すなわち軟らかさ）を支配する最も大きな要因は「大豆原料量」であり、次いで影響度の大きい順に「ローカストビーンガム量」「大豆原料種類」「脂質量」「 κ -カラギナン量」「キサンタンガム量」「糖質量」であった。また、大豆原料配合量210g/kg（タンパク質量2.4g/70gカップ）の試料（試作品8、9および16～18）では、製品破断強度は 3×10^4 N/m²以上となり、厚生労働省高齢者用食品および・えん下困難者用食品の硬さ基準（タイプ4、ゲル中

表1 大豆利用試作品の因子水準表

因子	水準
大豆原料種類	1 「まるごとや豆乳粉末」
	2 「丸ごと大豆粉末」
大豆原料量	1 70g/1000g
	2 140g/1000g
	3 210g/1000g
キサンタンガム量	1 3g/1000g
	2 6g/1000g
	3 9g/1000g
ローカストビーンガム量	1 1g/1000g
	2 2g/1000g
	3 3g/1000g
κ -カラギナン量	1 1g/1000g
	2 2g/1000g
	3 3g/1000g
脂質量	1 15g/1000g
	2 30g/1000g
	3 60g/1000g
糖質量	1 12.5g/1000g
	2 25g/1000g
	3 50g/1000g

に固形物)の基準値 5×10^4 N/m²は下回ったものの、最も軟らかなタイプ3（ゲル）の基準値 1×10^4 N/m²以下を超える硬さとなった。

さらに得られた結果に基づき、キサンタンガム6g/kg、ローカストビーンガム2g/kg、 κ -カラギナン2g/kg、脂質量30g/kg、糖質量25g/kgの配合条件をベースに、大豆原

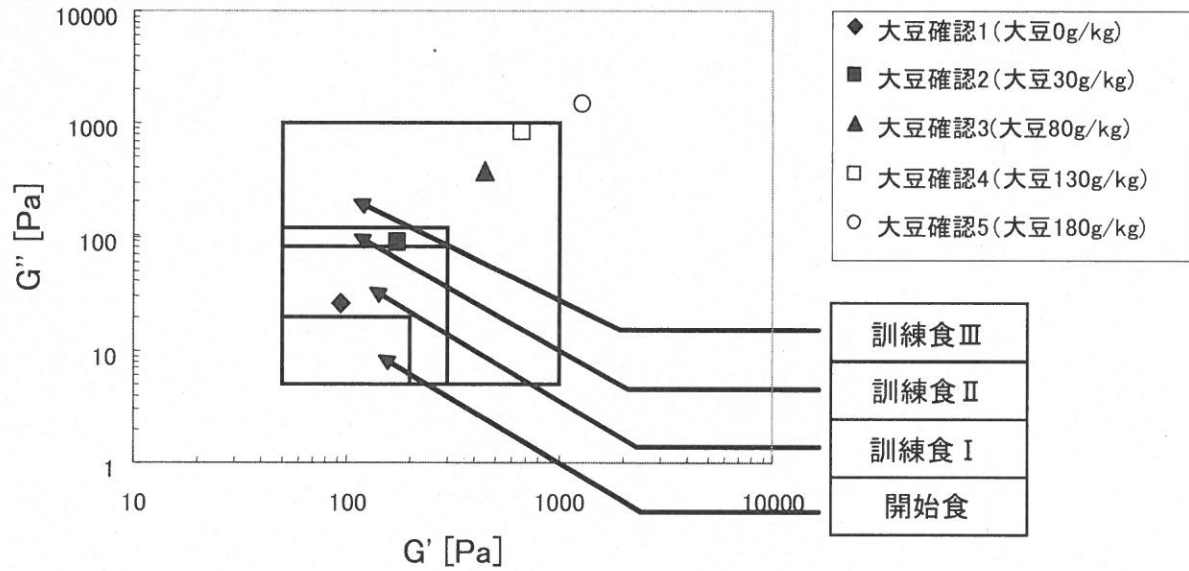


図3 大豆利用試作品の動的粘弾性

表2 魚肉酵素分解ペーストの因子水準表

因子	水準
タンパク質分解 酵素種類	1 スミチーム MP
	2 ポリアーゼ SM
酵素添加量	1 0.04%
	2 0.2%
	3 1.0%
全体仕込量	1 2kg
	2 3kg
	3 4kg
攪拌分解時間	1 5分
	2 10分
	3 20分
酵素失活時間	1 15分
	2 30分
	3 60分

表3 魚肉酵素分解ゲルの因子水準表

因子	水準
魚肉酵素分解 ペースト粘度	1 低粘度
	2 高粘度
魚肉酵素分解 ペースト配合量	1 0g
	2 350g/1000g
	3 550g/1000g
追加タンパク素材量	1 0g
	2 28g/1000g
	3 56g/1000g
脂質量	1 0g
	2 30g/1000g
	3 45g/1000g
糖質量	1 0g
	2 100g/1000g
	3 200g/1000g
ミネラル量	1 0g
	2 0.55g/1000g
	3 1.1g/1000g
ゲル化剤量	1 2.6g/1000g
	2 5.2g/1000g
	3 7.8g/1000g

料量を0g/kg (タンパク質量0g/70gカップ) から180g/kg (タンパク質量2.0g/70gカップ) まで変化させた際に得られる試作品の動的粘弾性と5段階嚥下食基準との比較検討を行った (図3)。その結果、嚥下食IIIレベル以下の製品硬さにするための大豆原料配合量は130g/kg (タンパク質量1.5g/70gカップ) 以下であることが明らかとなった。

3.2 魚肉を用いた高齢者向け食品の製造条件検討

3.2.1 魚肉練り製品の製造法に基づく試作

魚肉練り製品の製造法に基づく試作においては、加水

量 (対冷凍すり身100重量%および200重量%)、坐り条件 (2℃-22hr, 20℃-3hr, 40℃-1hr)、加熱条件 (80℃-40分蒸し加熱, 沸騰水中ボイル加熱) のそれぞれの条件について試作・評価を行い、加水200重量%で2℃-22hr坐り、80℃-40分蒸しの試料にて $5 \times 10^4 \text{N/m}^2$ を下回る柔らかな試作品が得られた。しかしながら製造から時間が経つに

破断応力[N/m²]

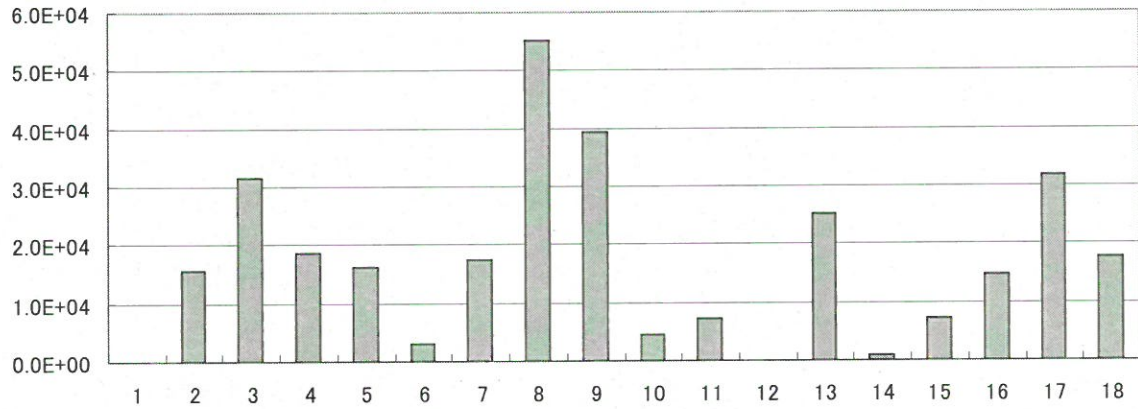


図4 魚肉試作品の破断強度

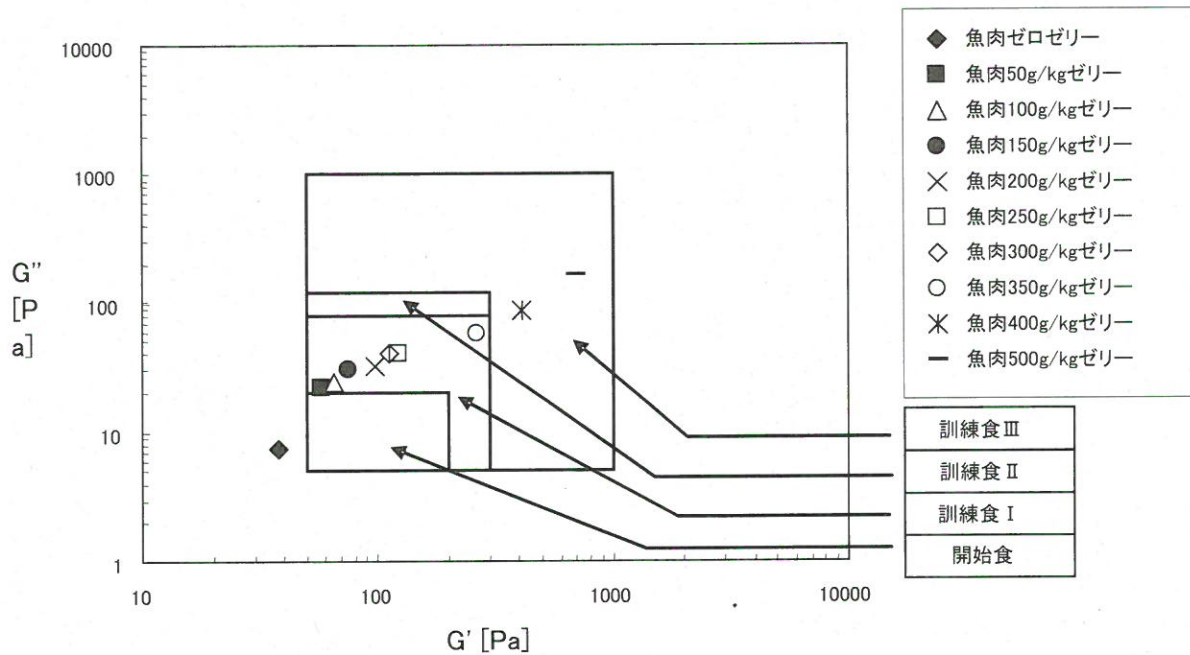


図5 魚肉利用試作品の動的粘弾性

つれて製品重量に対して5重量%ほどの離漿が発生することが観察された。

一般に嚥下困難者は水のように低粘度の液体も嚥下が困難となることが指摘されており、嚥下食としては離漿が多いことは好ましくない。魚肉練り製品における加熱凝固過程は、タンパク質変性による収縮とそれに伴う離漿を引き起こす。したがって、タンパク質の加熱凝固に抛らないゲル化法である魚肉酵素分解物とゲル剤の併用による方法が優位と判断し、以下の検討を行った。

3.2.2 魚肉酵素分解とゲル剤併用による試作

魚肉酵素分解とゲル剤併用による試作においては、まず魚肉酵素分解ペースト製造に関して抽出された要因について、表2に示す水準を設定し、L18 直交表割付を行い製造実験を実施した。さらに得られたペーストの品質分析結果（ペースト見かけ粘度、苦味、ザラツキ）と各要因との重回帰分析から各要因が品質に及ぼす影響度を評価した。

各品質分析結果に関して重回帰分析を行った結果、魚

肉酵素分解ペースト製造におけるペースト見かけ粘度に対し最も影響度の大きな因子は「酵素失活時間」であり、次いで「酵素添加量」「攪拌分解時間」の順で影響が大きかった。また「タンパク質分解酵素種類」「全体仕込量」の影響は比較的少ないが、ポリアーゼSMの選択は粘度を増加させ、また全体仕込量の増加も粘度を増加させることが明らかとなった。

こうして得られた結果に基づき、冷凍すり身3kg仕込みに対しポリアーゼSMを0.2重量%添加し、ミキサー中で20分攪拌しつつ酵素反応を行ない、その後耐熱プラスチック袋に密封し、スチームコンベクションオーブン中90℃、30分間酵素失活操作を行なうことで、滑らかでかつ苦味の抑えられた魚肉酵素分解ペーストを安定して得られるようになった。

次に魚肉酵素分解ゲル製造工程ではゲル製造に関して抽出された要因について、表3に示す水準を設定し、L18直交表割付を行い製造実験を行った。さらに得られたゲルの品質分析結果（苦味、ザラツキ、破断強度、凝集性、付着性、貯蔵弾性率、損失弾性率）と各要因との重回帰分析から各要因が品質に及ぼす影響度を評価した。得られた18通りの試料の破断強度を図4に示す。

各品質分析結果に関して重回帰分析を行った結果、魚肉酵素分解ゲル試作品の破断強度（すなわち軟らかさ）を支配する最も大きな要因は順に「魚肉酵素分解ペースト配合量」「ゲル化剤配合量」「ミネラル配合量」「糖質量」「脂質量」「追加タンパク質配合量」「魚肉酵素分解ペースト粘度」であることが明らかとなった。

さらに得られた知見に基づき、魚肉酵素分解ペースト配合量を0g/kg（タンパク質量0g/70gカップ）から500g/kg（タンパク質量6.1g/70gカップ）まで変化させ、得られた魚肉酵素分解ゲルと5段階嚥下食基準を比較検討した（図5）。その結果、ゲルの軟らかさとタンパク質量はトレードオフ関係があり、嚥下食Iレベルを達成するためには魚肉酵素分解ペースト配合量300g/kg（タンパク質量3.7g/70gカップ）が限界である一方、魚肉酵素分解ペースト配合量400g/kg（タンパク質量4.9g/70gカップ）以上の配合では嚥下食IIIレベル以上の硬さになるため、例えば製品の訴求ポイントとして「タンパク質を含む」旨の強調表示（厚生労働省健康増進法第31条第1項）が可能なタンパク質量5.5g/70gカップ以上の配合を想定した場合で

は嚥下食IIIのいわゆる「ソフト食」レベルの硬さになることを明らかにした。

要 約

県産食材を活用し、栄養機能性や適切な食品物性を付与した高齢者向け食品を開発するため、製造条件を様々なに変化させた製品の圧縮硬さ測定や動的粘弾性評価により、厚生労働省特別用途食品高齢者用食品の硬さ基準及び段階嚥下食³⁾基準（図1）における嚥下食Iレベルを目指した製造方法の探索を行った。

- 1) 大豆を用いた高齢者向け食品（図6）の硬さは大豆原料配合量に強く支配されるため、製品の軟らかさと大豆原料配合によるタンパク質量はトレードオフの関係があることが明らかとなった。

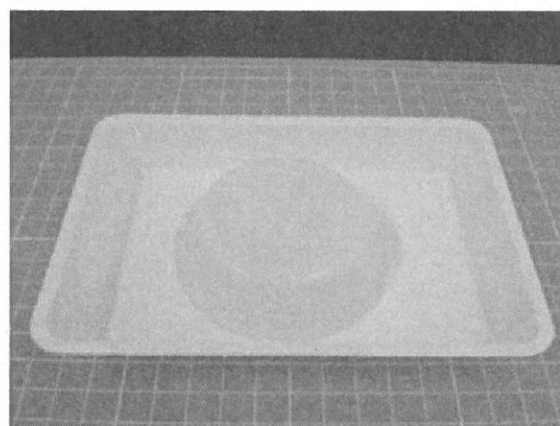


図6 大豆利用試作品の外観

- 2) 魚肉を用いた高齢者向け食品（図7）においては得られた知見とゲルの外観および試食結果とを併せ、製品の軟らかさが嚥下食Iレベルで、かつ栄養強化素材に由来する魚油臭や金属味といった違和感のない魚肉酵素分解ペースト配合量は200g/kgから300g/kgである

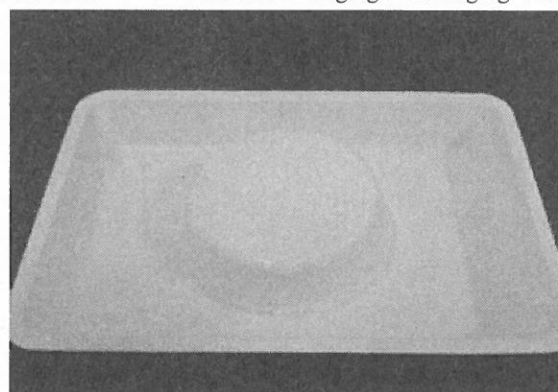


図7 魚肉利用試作品の外観

ことを明らかにした。

謝 辞

本研究の「魚肉を用いた高齢者向け食品の開発」は、農林水産省の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の助成を受けて行った。

さらに本研究における試作実験およびデータ解析においては、薮 太郎副主任研究員，水上浩一技師，千葉亮司技師，羽生幸弘技師，石川潤一技師，萱場智雄技師，伊藤利憲技師の多大なるご助力により実施できたものであり，ここに記して感謝するものである。

参考文献

- 1) 平成 17 年国勢調査第 1 次基本集計結果，総務省統計局.
- 2) 金谷節子 (2003) FOOD Style 21, 7, p.49
- 3) 金谷節子 (2005) 食感創造ハンドブック，(株)サイエンスフォーラム, p.126