

官能評価および機器分析によるトロミ付与 水溶液のテクスチャー特性の比較

黒飛 知香*・干野 隆芳**・矢守 麻奈***

(受付 2022年5月31日)

要 旨

高齢者の誤嚥防止などに用いられるトロミ調整食品は、主原料が異なるとテクスチャー特性差も大きい。そのため、トロミ調整食品のテクスチャー特性に関する研究は、コーンプレート型粘度計やLine Spread Test (以下、LST法)¹⁻³⁾などを用いて多く行われている。しかし、降伏値がある試料の場合、これらの測定法では人の喫食を模した測定は困難である。そこで、本研究では、主原料が異なるトロミ調整食品4種(デンプン系1種、グアーガム系1種、キサンタンガム系2種)を用いて、キサンタンガム系1種の3濃度の粘度にそろえて調製したトロミ付与水溶液12試料の官能評価を実施した。機器分析には、LST法およびShort Back Extrusion (以下、SBE法)⁴⁻⁶⁾を用いた。さらに、人のテクスチャー知覚(官能評価)に対応した機器分析による力学的特性値を明らかにするための予備評価として、これらの関連性について検討した。本研究結果より、いずれのトロミ調整食品も添加濃度の増加に伴い、べたつきが強く、かたく飲み込みにくくなる傾向を示した。また、主原料の違いによって各テクスチャー特性(官能評価)に対応する力学的特性値が大きく異なり、これらが口腔内でのテクスチャー知覚の違いに影響すると推察した。

キーワード 官能評価, テクスチャー, Line Spread Test (LST法), Short Back Extrusion (SBE法),
トロミ調整食品

序 論

近年、日本における高齢者(65歳以上)の総人口に対する割合は、年々増加傾向であり、2040年には35%を超えるとの推計も報告されている⁷⁾。高齢者の中には、摂食機能や嚥下機能の低下に伴う摂食嚥下障害を有している高齢者も多い。一般的に、嚥下機能が低下した患者の場合は、通常の水などによる誤嚥リスクが高い。それゆえ、高齢者施設等ではトロミを付与した飲料を提供している。市販されているトロミ調整食品は、近年の主流であるキサン

* 広島修道大学健康科学部

** (元) アヲハタ株式会社

*** 県立広島大学保健福祉学部

タンガム系のほかにグアーガム系、デンプン系の3種類に大別されている⁸⁾。しかし、主原料の異なるトロミ調整食品では、テクスチャー特性が異なる⁹⁾。そのため、トロミ調整食品の濃度と飲み込みやすさ等の関連性やトロミ調整食品の調製改良について検討した例は多い。その大部分が官能評価とトロミ飲料自体の粘度などの力学的特性を測定するコーンプレート型粘度計（従来法）との比較である。しかしながら、従来法では降伏値があるようなキサンタンガム系の場合、構造が破壊され、さらに咀嚼や舌の動きなどによるテクスチャー変化まで想定した測定が困難である。そのほか、病院など分析装置を有さない場所でよく用いられる簡易法のLST法は、試料の自重による広がりやすさの評価であり、実際の喫食状態を反映した測定方法ではない。

そこで、本研究では、トロミ付与水溶液の力学的特性について、主原料の異なるトロミ調整食品をそれぞれ3段階の濃度で調製し、簡易法のLST法および構造破壊が少ない並進型粘度計であるSBE法を用いて測定を行った。また、飲み込みやすさ等の評価には、官能評価によるテクスチャー特性の数値化を行った。さらに、これらの相関関係から、人のテクスチャー知覚に対応した機器分析による力学的特性値を明らかにすることを目的とした。

方 法

1. トロミ付与水溶液

1) 材料

市販トロミ調整食品には、キサンタンガム系であるつるりんこ Quickly ((株) クリニコ)、トロミアップパーフェクト (日清オイリオグループ (株))、デンプン系のトロメリン顆粒 (ニュートリー (株))、グアーガム系の強力スカイスルー (キッセイ薬品工業 (株)) の4種類を使用し、順に以下A, B, C, Dと表記した (表1)。

2) 試料の調製方法

まず、トロミ付与水溶液を調製するにあたり、トロミ調整食品の添加濃度を学会分類2021 (とろみ) である「とろみ3段階区分表¹⁰⁾」に基づく使用目安量あるいは製品に明記された添

表1. トロミ調整食品の添加量

トロミ調整食品名	主原料による分類	濃度 [w/v%]		
		薄いとろみ	中間とろみ	濃いとろみ
A つるりんこ Quickly	キサンタンガム系	1.6	2.6	3.3
B トロミアップパーフェクト		1.2	1.9	2.7
C トロメリン顆粒	デンプン系	1.5	2.3	3.0
D 強力スカイスルー	グアーガム系	0.05	0.13	0.25

加量を用い、市販トロミ調整食品A～Dの各とろみ区分のトロミ付与水溶液を調製した。しかし、市販トロミ調整食品B～Dの各区分のトロミ付与水溶液は、学会分類2021（とろみ）で定められているLST法によるLST値の範囲を超えており、市販トロミ調整食品Aのみ規定値の範囲内であった。また、ゲル状食品のイチゴジャムでは、イチゴ風味の官能評価値と最も相関が高かったずり速度 13.6 s^{-1} が飲み込む直前に相当すると報告している¹¹⁾。一方、液状の異なる増粘剤溶液では、咽頭部の最大流速 V_{max} とずり速度 $20.0 \sim 30.0 \text{ s}^{-1}$ の粘度の相関が高い報告¹²⁾がある。そこで、本研究では、ずり速度 13.6 s^{-1} と 20.0 s^{-1} の中間であるずり速度 16.9 s^{-1} 時の粘度を基準とした。さらに、LST値が規格値内であった市販トロミ調整食品Aの3段階（薄い、中間、濃いとろみ）のトロミ付与水溶液を基準試料とし、市販トロミ調整食品Aの各濃度におけるずり速度 16.9 s^{-1} 時の粘度に相当するようトロミ調整食品B～Dの3段階の添加濃度を定めた（表1）。

調製方法は、 80.0°C まで昇温させた蒸留水をピーカーに秤量し、所定量のトロミ調整食品の粉末を添加し、セラミックホットスターラー（CHPS-170DN、アズワン株式会社）を 80.0°C に設定したうえで2分間攪拌した。さらに、卓上超音波洗浄器（ブランソン卓上超音波洗浄器 Branson®（CPX2800H-J））にて脱気した。その後、試料は翌日の測定当日まで冷蔵保管した。トロミ調整食品Cはデンプン系であるため、一般的に給水量が少なく、均一に分散しにくいことが知られている¹³⁾。そこで、まず調製に必要な蒸留水の全量のうちの半量を常温にて秤量し、非加熱状態にて攪拌機で攪拌させながら所定量のトロミ調整食品の粉末を添加した。添加後、攪拌を停止し、静置状態にて粉末を蒸留水になじませた。静置後、加温したセラミックホットスターラーで攪拌させ、 80.0°C まで昇温させた蒸留水で残りの半量分を加え、2分間攪拌した。これ以降の手順は、トロミ調整食品A、B、Dと同様とした。試料は、測定当日、冷蔵から 20.0°C の恒温器へ移し入れ、品温 20.0°C のトロミ付与水溶液を用いた。

2. 官能評価

1) パネル

評価パネルは、広島修道大学健康科学部健康栄養学科の学生のべ11人とした。

官能評価のパネルには、担当学生および教員が口頭かつ研究協力の依頼書で研究目的・概要説明を行い、書面により研究参加の同意を得た。本研究は、広島修道大学倫理委員会によって承認された。（承認番号：第2021-0001号，承認年月日：令和3年5月27日）

2) 試料

試料は、3 mlを測り取り、プラスチック製のテイストスプーン（幅37 mm，長さ69 mm）に乗せた。スプーンには、ランダムに3桁のコードを付した。

3) 評価方法

評価には、両端に尺度 (i.e., ゆるい／かたい, 弱い／強い) を示した 150 mm VAS スケールを用いた。評価項目は、かたさ, 飲み込みやすさ, べたつき (口腔内), べたつき (喉の残留感) の4項目とした。

まず、パネル訓練にて各テクスチャーの定義および試料の食べ方について説明した。説明した後、評価項目ごとに試料の味わい方や各評価尺度の両端に近い代表サンプルを用いた尺度のすり合わせを実施した。評価項目は、1セッション内で2項目の評価が可能であることを確認できたことから、本評価では独立した2項目を1セッションで全試料について評価することとした。例えば、かたさ, 飲み込みやすさの評価では、トロミ付与水溶液を口に一気に含み、舌と口蓋 (前歯の後ろ) で上下に1回押したときに「かたさ」を評価し、その後、自然に嚥下した際に「飲み込みやすさ」を評価するように統一した。また、本評価の前には、各評価項目の両尺度に近い代表サンプルを用いて尺度の確認を実施した。試料の提示順序は、パネリストごとにランダム化した。本評価は、個別ブースにて行った。次の試料の評価の前には、必ず水で口濯ぎをするよう指示した。試料の品温は、20.0℃とした。

3. LST 測定

LST法には、LST用測定板 (簡単とろみ測定板 LSTセット: サラヤ (株) 製) を用いた。LST用測定板を水平な台に置き、測定板上の同心円の中心に金属製リング (直径 30 mm, 高さ 28 mm) を設置した。設置した金属製リングに試料 20 ml を入れ、30秒間静置した。静置後、金属製リングを垂直に持ち上げ、30秒後の試料の広がり距離 (mm) を6点測定し、その平均値を求めた。各試料について3回測定し、3回の平均値を代表値 (LST値) として用いた。試料の品温は、官能評価と同様の20.0℃とした。

4. SBE 測定による粘度測定

SBE法は、一般的なクリープメータ (RE2-33005C, (株) 山電) を用いて測定した。カップ (内径 40.142 mm, 深さ 80.020 mm) は、二重構造のステンレス製を用いた。プランジャーは、ステンレス製の円筒プランジャー (直径 32.055 mm, 高さ 63.000 mm) を使用した。測定はカップを試料台に装着し、さらにサーキュレーターにつなげて試料の品温を20.0 ± 0.3℃にコントロールした状態で行った。プランジャーは、レオメーター上部に固定されたロードセルに装着した。本研究の測定に用いる試料は、比重瓶による方法でトロミ付与水溶液ごとに重量を算出した。比重瓶は、内径 21.6 mm, 容量 20 ml のハーバード型を使用した。まず、水の重量を測定するため、乾燥した比重瓶に蒸留水を満たし、栓をして噴き出した蒸留水をぬぐい取ったのち、重量を測定した。蒸留水の体積は、蒸留水の重量を蒸留水の比重

(測定温度20.0℃)で除して求めた。次に、同じ比重瓶に各トロミ付与水溶液を満たし、栓をして噴き出した各トロミ付与水溶液をぬぐい取ったのち重量を測定した。各試料の比重は、各トロミ付与水溶液の重量を前述の蒸留水の体積で除した後、1000を乗じて算出した。SBE法では、得られた各トロミ付与水溶液の比重からSBE法のカップの体積で換算した重量の各トロミ付与水溶液を試料として充填し、プランジャーを20 mmまで浸漬させ、プランジャーをその位置から10.87 mm (ΔL)押し込み、カップとの空隙に上向きに流動させた時の抵抗を計測している。

SBE法では、粘度に関する特性値(降伏応力： σ_0 、粘性定数： K 、流動性指数： n)が得られる。さらに、これらの特性値を流体の構成方程式(1)に当てはめ、ずり速度を変化させ、ずり速度に対応した見かけ粘度を算出した。

$$\sigma = \sigma_0 + K \times (dy/dt)^n \quad (1)$$

σ_0 ：降伏応力 [Pa]

K ：粘性定数 [$\text{Pa} \cdot \text{s}^n$]

n ：流動性指数 [-]

dy/dt ：ずり速度 [s^{-1}]

5. 統計解析

官能評価項目間における関連性を明らかにするため、相関係数を求めた。次に、各試料の官能評価値について、有意水準5%として、一般線形モデルの反復測定で分散分析を行った。また、各テクスチャー特性の官能評価値とLST法およびSBE法から得られる力学的特性値間のピアソンの相関係数を求めた。解析は、Microsoft Office Excel for Windowsのアドインソフトであるエクセル for Windowsを用いた。

結 果

1. トロミ付与水溶液の官能評価によるテクスチャー結果

トロミ付与水溶液12種類の各テクスチャー項目に対する各テクスチャー項目について、全パネリストの官能評価値の平均値と分散分析の結果を表2に示した。すべてのテクスチャー項目において、試料間に危険率1%で有意な差が認められた。

かたさの官能評価値は、試料D(濃い)が最もかたく、試料C(薄い)が最もゆるかった。飲み込みやすさの官能評価値は、試料A(濃い)が最も飲み込みにくく、試料C(薄い)が最も飲み込みやすかった。べたつき(口腔内)は、試料A(濃い)が最も強く、試料C(薄い)が最も弱かった。べたつき(喉の残留感)についても、べたつき(口腔内)と同様、試

料A(濃い)が最も強く、試料C(薄い)が最も弱かった。いずれのトロミ調整食品も添加濃度の増加に伴い、べたつき(口腔内、喉の残留感)が強く、かたくて飲みにくい傾向を示した。特に、キサンタンガム系のAおよびBの中間とろみ、濃いとろみでは、べたつきを強く感じ、飲みにくくなっている傾向が認められた。これは、出戸ら¹⁴⁾によるキサンタンガム系試料の添加濃度2.0%以上でべたつきが強く、飲みにくくなるとの報告とも一致している。一方、デンプン系Cにおいては、いずれの添加濃度もべたつきが弱く、飲み込みやすい傾向を示した。中川(岩崎)ら¹⁵⁾は、主成分の異なる市販トロミ調整食品を添加したゾル試料を用いて、唾液による性状変化について報告している。その結果、特にデンプン系において、粘度および硬さが低下しており、唾液中のアミラーゼによってデンプンが分解されて、ゆるい性状に変化したことが影響していると考えられる。

さらに、官能評価におけるテクスチャー特性間の相互関係を明らかにするため、相関係数(r)を求めた(表3)。かたさは、飲み込みやすさ($r=0.893$)、べたつきの口腔内および喉

表2. トロミ付与水溶液の官能評価結果

	トロミ調整食品名	3段階区分	濃度 [w/v%]	かたさ	飲み込みやすさ	べたつき (口腔内)	べたつき (喉の残留感)
A	つるりんこ Quickly	薄い	1.6	38.6	43.0	44.5	56.2
		中間	2.6	94.0	98.4	91.2	93.6
		濃い	3.3	113.3	126.7	121.7	120.9
B	トロミアップ パーフェクト	薄い	1.2	60.4	67.3	62.9	66.9
		中間	1.9	103.5	112.9	106.2	102.6
		濃い	2.7	123.9	124.0	119.6	112.5
C	トロメリン 顆粒	薄い	1.5	19.0	16.5	12.0	12.0
		中間	2.3	30.9	36.4	26.7	28.0
		濃い	3.0	67.0	76.4	84.2	82.9
D	強力スカイ スルー	薄い	0.05	21.0	26.2	24.6	19.7
		中間	0.13	63.1	51.4	43.2	48.9
		濃い	0.25	138.8	82.2	52.0	45.6
ANOVA				*	*	*	*

*: $p < 0.01$

表3. トロミ付与水溶液の官能評価項目の相関行列

相関係数 (r)	かたさ	飲み込みやすさ	べたつき (口腔内)	べたつき (喉の残留感)
かたさ	—	0.893	0.776	0.733
飲み込みやすさ	—	—	0.972	0.950
べたつき (口腔内)	—	—	—	0.990
べたつき (喉の残留感)	—	—	—	—

の残留感 ($r=0.776, 0.733$) と高い正の相関が認められた。試料 C (薄い) が最もゆるいと評価され、さらに最も飲み込みやすく、べたつきの口腔内、喉の残留感のいずれも最も弱いと評価された。以上より、かたさは、飲み込みやすさ、べたつき (口腔内および喉の残留感) と高い相関を示すことが明らかとなった。これは、粘稠ゾル試料の付着性がかたくなるほど強くなる結果と一致している¹⁶⁾。

飲み込みやすさは、べたつきの口腔内および喉の残留感とそれぞれ $r=0.972, 0.950$ と高い正の相関を示した。試料 A (濃い) が最も飲み込みにくいと評価され、べたつき (口腔内・喉の残留感) も強いと評価されており、これらの関連性が明らかとなった。さらに、べたつきの口腔内および喉の残留感の相関係数では、正の相関 ($r=0.990$) を示した。以上より、べたつきは、べたつきの官能評価時の知覚部位 (口腔内・咽頭部) や過程 (喫食中から嚥下後) が異なっても、べたつきの程度は同程度であり、飲み込みやすさに大きく影響する重要なテクスチャー特性であることを示すことができた。

2. トロミ付与水溶液の LST 測定結果

トロミ付与水溶液12種類の LST 値の平均値を表 4 に示した。

試料 C (薄い) が最も流れやすく、試料 A (濃い) が最も小さく流れにくかった。いずれのトロミ調整食品においても、添加濃度の増加に伴い、値が小さく流れにくい傾向を示した。これらの結果を学会分類2021 (とろみ) の目安に定められている LST 値と比較すると、キサントガム系の A および B はおおよそ規格値内であった。一方、デンプン系 C およびグアーガム系 D については、LST 値の規格値から外れていた。これは、LST 法による評価がキサン

表 4. トロミ付与水溶液の LST 法および SBE 法の測定結果

	トロミ調整 食品名	濃度 [w/v%]	LST 値 [mm]	SBE 法 (20.0°C)		
				σ_0 [Pa]	K [Pa·s ⁿ]	n [-]
A	つるりんこ Quickly	1.6	40.5	1.7	3.3	0.14
		2.6	34.4	4.2	9.8	0.10
		3.3	32.1	6.9	11.6	0.16
B	トロミアップ パーフェクト	1.2	40.4	1.6	3.6	0.18
		1.9	34.6	2.6	9.3	0.10
		2.7	32.3	5.1	12.0	0.17
C	トロメリン 顆粒	1.5	55.9	-	-	-
		2.3	44.9	0.0	0.1	0.85
		3.0	41.3	0.0	1.0	0.69
D	強力スカイ スルー	0.05	41.8	0.0	0.6	0.49
		0.13	42.1	0.0	5.6	0.33
		0.25	34.7	0.0	11.4	0.34

タンガム系をベースに設定されており、キサンタンガム系以外の種類においては学会分類（とろみ）による分類が適切にできない報告^{17, 18)}とも一致している。

3. SBE 法によるトロミ付与水溶液の粘度測定結果

SBE 法により測定した結果（降伏応力： σ_0 、粘性定数： K 、流動性指数： n ）を表4に示した。トロミ付与水溶液の品温である20.0°Cにおいて、試料ごとに降伏応力 σ_0 、粘性定数 K および流動性指数 n は大きく異なっていた。

トロミ調整食品の主原料別で比較すると、キサンタンガム系であるAおよびBでは、降伏値を有するハーシャルバルクレイ流動を示し、流動性指数 n が非常に小さいことから、ずり速度に対して変化の大きい物性である。つまり、低粘度であっても降伏値を持ち、流動を始めると粘度低下が著しいことが推測できる。しかし、トロミ調整食品Bでは、トロミ調整食品Aの3段階（薄い、中間、濃いとろみ）の濃度時の粘度に相当する添加濃度が異なっていた。これは、トロミ調整食品中に占める増粘剤の含量の違いによるものと考えられ、発現する粘度を揃えるためには微妙に濃度を調整する必要があることを示している。これは、藤田ら¹⁹⁾のキサンタンガム系調整食品について同じ粘度を示す添加濃度が大きく異なる報告とも一致している。

しかし、デンプン系の試料C（薄い）では、キサンタンガム系の試料A（薄い）の粘性傾向に相当するよう統一したにも関わらず、設定した濃度では十分な粘度が発現しなかった。一般的に、デンプン系はキサンタンガム系に比べて給水量が少なく、拡散速度定数の低さゆえ、添加量が多くなることが知られている²⁰⁾。デンプン系試料Cの場合、水溶液状態では添加濃度をかなり上げないと同程度の粘度が発現しないことが明らかとなった。グアーガム系試料Dでは、低濃度でも高粘度を発現するがその流動性は指数測流動であり、降伏値を持たなかった。

さらに、SBE法で測定不可となったデンプン系の試料C（薄い）を除いた11試料について、SBE法で得られた粘度関連の特性値（表4の σ_0 、 K および n ）を（1）式で示した流体の構成方程式に入れ、ずり速度を変化させて見かけ粘度を算出した。各官能評価値と任意のずり速度における見かけ粘度の相関係数を求め、最も相関が高いずり速度時の見かけ粘度値を表5に示した。いずれのトロミ調整食品においても、添加濃度の増加に伴い、見かけ粘度が高くなる傾向を示した。また、キサンタンガム系のAおよびBについては、見かけ粘度値もほぼ同程度であった。一方、デンプン系Cおよびグアーガム系Dでは、見かけ粘度値が0.0~3.9 Pa·s、0.2~236.6 Pa·sとキサンタンガム系に比べてかなり低い値であった。以上より、主原料の違いによって各官能特性に対応する見かけ粘度値も大きく異なることが明らかとなった。さらに、非ニュートン流体では、ずり速度に依存して見かけ粘度が変化する。一例とし

表 5. トロミ付与水溶液の見かけ粘度

トロミ調整 食品名	3段階 区分	濃度 [w/v%]	かたさ	飲み込み やすさ	べたつき (口腔内)	べたつき (喉の残留感)
			ずり速度 [s ⁻¹]			
			15.2	0.4	0.02	0.01
見かけ粘度 [Pa·s]						
A つるりんこ Quickly	薄い	1.6	0.4	10.7	231.4	341.2
	中間	2.6	1.1	30.6	696.6	1031.5
	濃い	3.3	1.6	39.6	849.1	1252.0
B トロミアップ パーフェクト	薄い	1.2	0.5	10.8	214.4	313.6
	中間	1.9	1.0	25.8	572.6	845.2
	濃い	2.7	1.6	35.8	718.8	1052.0
C トロメリン 顆粒	薄い	1.5	-	-	-	-
	中間	2.3	0.0	0.1	0.1	0.1
	濃い	3.0	0.4	1.2	3.4	3.9
D 強力スカイ スルー	薄い	0.05	0.2	0.9	5.1	6.4
	中間	0.13	0.9	9.8	92.3	122.1
	濃い	0.25	1.9	19.8	179.7	236.6

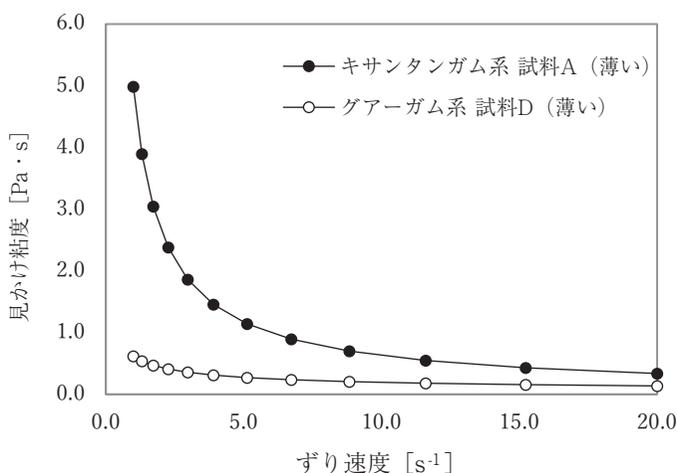


図 1. かたさ（官能評価）に対応するトロミ付与水溶液のずり速度と見かけ粘度値の変化

て、キサンタンガム系の試料 A（薄い）およびグアーガム系の試料 D（薄い）のかたさ（官能評価）に対応する見かけ粘度値を異なるずり速度ごとに求め、図 1 に示した。その結果、主原料の違いによって、ずり速度変化に伴う見かけ粘度値も大きく異なることから、人のテクスチャー知覚に対応する力学的特性値の把握を行うためには、ずり速度も重要であることを示すことができた。

表6. トロミ付与水溶液の官能評価値と力学的特性値の相関係数

相関係数 (r)		かたさ	飲み込みやすさ	べたつき (口腔内)	べたつき (喉の残留感)
LST 法	LST 値	-0.892	-0.914	-0.832	-0.792
SBE 法 (20.0℃)	σ_0	0.546	0.809	0.835	0.851
	K	0.931	0.851	0.717	0.685
	n	-0.495	-0.562	-0.537	-0.583
	見かけ粘度 ずり速度 [s^{-1}]	0.953 15.2	0.904 0.4	0.865 0.02	0.872 0.01

考 察

官能評価値と力学的特性値の関連性

官能評価値と LST 値および SBE 法から得られる粘度関連の特性値（降伏応力： σ_0 、粘性定数： K 、流動性指数： n ）および見かけ粘度値との相関係数を表6に示した。

1) かたさ

かたさと LST 値との相関は、比較的高い相関を示した ($r = -0.892$)。LST 法の課題は、再現性や粘度識別に適していない点²¹⁾などがあげられる。また、トロミ調整食品の学会分類（とろみ）では、キサンタンガム系をベースとしており、異なる主原料では規格値の範囲に含まれない場合もある。しかし、LST 法は、流れやすさを測定する簡易手法であり、トロミ付与水溶液のように試料自身の流動性が高い場合は、学会分類（とろみ）の区分と異なるテクスチャー特性の数値化には有用な指標であると考えた。

一方、SBE 法 (20.0℃) の測定結果からは、 K 、ずり速度 15.2 s^{-1} 時の見かけ粘度と関連性が高かった ($r = 0.931, 0.953$)。本研究で得られたずり速度 15.2 s^{-1} は、Kurotobi ら¹¹⁾ によるイチゴジャムのイチゴ風味の官能評価値と最も相関が高かったずり速度 13.6 s^{-1} に近い値である。しかし、イチゴジャムの場合は半固形物のゲル状であるため、トロミ付与水溶液よりも口腔内における滞留時間が長いと推測される。一方、トロミ付与水溶液はジャムに比べ、流動性が高いため、口腔内に一気に含んだ時点で試料自身に流動性が生じていると考えられる。かたさの官能評価値は、トロミ付与水溶液を口に含んですぐ口蓋で軽く接触したときに評価しているが、このずり速度が一気に飲み込む際の速さに相当し、その時の抵抗をかたさと認識していると推測した。

2) 飲み込みやすさ

飲み込みやすさと LST 値との相関は、官能特性の中で最も相関が高かった ($r = -0.914$)。これは、LST 法が流れやすさを測定しており、飲み込みやすさも咽頭部への流れやすさに相

当すると考えられ、かたさ、べたつき（口腔内および喉の残留感）よりも高い関連性を示したと推測した。また、LST法が粘稠性（consistency）の識別に有用であることとも一致している²¹⁾。

SBE法（20.0℃）からは、 σ_0 、 K およびずり速度 0.4 s^{-1} 時の見かけ粘度と関連性が高かった（ $r=0.809, 0.851, 0.904$ ）。 σ_0 の測定結果から、降伏応力を有しているキサントガム系が飲み込みにくく、降伏応力を有していないデンプン系およびグアーガム系が飲み込みやすい傾向を示した。つまり、キサントガム系の場合、飲み込む際に降伏応力に相当する咽頭へ移送させるための力を加えることで嚥下していると推測される。また、本研究で得られたずり速度 0.4 s^{-1} については、ゲルの飲み込み速度 10 s^{-1} ²²⁾ やイチゴ風味を飲み込む直前に知覚する時のずり速度 13.6 s^{-1} ¹¹⁾ などの報告よりもかなり遅い速度である。一般的に、ゲル状食品に比べ、ゾル状食品の方が、中咽頭から下咽頭への移動速度も速いことが知られている²³⁾。しかしながら、ゲルであるイチゴジャムよりもかなり遅いずり速度を示したことから、トロミ調整食品の飲み込みやすさには、見かけ粘度とは異なる流れやすさと相関性の高い力学的特性が影響している可能性が示唆された。しかし、本研究では、想定した粘度が発現されていない試料も複数認められた。そのため、トロミ付与水溶液の粘度のばらつきが大きく影響している可能性も否定できない。

3) べたつき（口腔内および喉の残留感）

べたつき（口腔内および喉の残留感）とLST値との相関は、比較的高い相関を示した（ $r=-0.832, -0.792$ ）。一方、SBE法（20.0℃）の測定結果からは、べたつき（口腔内）は σ_0 、 K およびずり速度 0.02 s^{-1} 時の見かけ粘度（ $r=0.835, 0.717, 0.865$ ）と、べたつき（喉の残留感）は σ_0 およびずり速度 0.01 s^{-1} 時の見かけ粘度と相関が高かった（ $r=0.851, 0.872$ ）。本研究結果から、キサントガム系が最もべたつきが強く、次いでグアーガム系、デンプン系の順となった。一般的に、付着性は、グアーガム系が強く、デンプン系、キサントガム系の順に弱くなることが報告されている^{24,25)}。しかし、本研究結果では、べたつき度合いの順序が異なっていた。これは、各3段階の濃度設定の際にキサントガム系Aを基準に設定したが、実際にはデンプン系の試料C（薄い）においてSBE法による測定不可となったことから、デンプン系の3濃度の粘度がいずれもキサントガム系Aよりもかなり低粘度であった可能性も考えられる。

以上より、主原料の異なるトロミ調整食品では、粘性に関する特数である降伏応力 σ_0 の有無などが大きく異なり、これらの違いが口腔内でのテクスチャー知覚に影響すると考えられた。しかし、本研究は予備検討であり、トロミ調整食品の添加による粘度がデンプン系、グアーガム系で異なっていたことから粘度の違いによるテクスチャー特性差の可能性も否定できない。引き続き、試料の調製方法および測定条件などを検討した上で詳細な研究を行う必

要があると考え。さらに、主原料の異なるトロミ調整食品の粘度を統一した条件および添加濃度の違いがテクスチャー特性に与える影響についても今後検討していく予定である。

謝 辞

本研究は、JSPS 科研費（20K13811）の助成を受けて行ったものです。
また、官能評価にご協力いただいた学生の皆様に感謝申し上げます。

利益相反の有無

本稿すべての著者は開示すべき利益相反はない。

引 用 文 献

- 1) Mann, L. L. and Wong K. (1996). Development of an Objective Method for Assessing Viscosity of Formulated Foods and Beverages for the Dysphagic Diet. *J. Am Diet Assoc.* 96(6), 585–588
- 2) Paik, N. J., Han, T. R., Park, J. W., Lee, E. K., Park, M. S., and Hwang, I. K. (2004), Categorization of dysphagia diets with the line spread test. *Arch Phys Med Rehabil.* 85(5), 857–861
- 3) Grawemeyer, E. A. and Pfund, M. C. (1943). Line-spread as an objective test for consistency. *J. Food Sci.* 8(2), 105–108
- 4) 干野隆芳, 川井清司, 羽倉義雄 (2013), 高粘度ニュートン流体の連続粘度測定を目的としたショートバックエクストルージョン法の提案, *日本食品科学工学会誌*, 60(2), 100–109
- 5) Hoshino, T. (2020a), Analysis of viscosity measurements obtained using the short back extrusion method. Part 1: Theory of short back extrusion in viscometry, *J. Texture Studies*, 51(2), 201–203
- 6) Hoshino, T. (2020b), Analysis of viscosity measurements obtained using the short back extrusion method. Part 2: Verification of short back extrusion in viscometry, *J. Texture Studies*, 51(2), 214–224
- 7) 総務省統計局 (2020), 統計トピックス No.126統計からみた我が国の高齢者——「敬老の日」にちなんで—— 1. 高齢者の人口
- 8) 大越ひろ (2011), 新しいとろみ調整食品とその特徴, *臨時増刊 摂食・嚥下障害の栄養ケア*, 臨栄, 119(4), 358–363
- 9) 大越ひろ, 品川喜代美, 高橋智子 (2012), とろみ調整剤ハンドブック, 東京堂出版, 東京, 169–171
- 10) 日本摂食嚥下リハビリテーション学会 嚥下調整食委員会 (2021), 日本摂食嚥下リハビリテーション学会 嚥下調整食分類2021, *日摂食嚥下リハ学会誌*, 25(2), 135–149
- 11) Kurotobi, T., Hoshino, T., Kazami, Y., Hayakawa, F. and Hagura, Y. (2021). Influence of physical properties on the taste and flavor of strawberry jam. *J Texture Stud.* 52(2), 260–274
- 12) Tashiro, A., Hasegawa, A., Kohyama, K., Kumagai, H. and Kumagai, H. (2010), Relationship between the rheological properties of thickener solutions and their velocity through the pharynx, as measured by the ultrasonic pulse doppler method, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 74, 1598–1605.
- 13) 大越ひろ, 品川喜代美, 高橋智子 (2012), とろみ調整剤ハンドブック, 東京堂出版, 東京, 57–64
- 14) 出戸綾子, 江頭文江, 栢下淳 (2008), キサンタンガム系の市販とろみ調整食品の使用法に関する研究——液体に添加する場合——, *日摂食嚥下リハ会雑誌*, 12(3), 197–206
- 15) 中川 (岩崎) 裕子, 本多優美, 高橋智子, 大越ひろ (2017), トロミ調整食品添加試料の摂食過程における性状変化, *日本調理科学会誌*, 50(4), 133–140

- 16) 岩崎裕子, 高橋智子, 西成勝好, 大越ひろ (2011), 市販とろみ調整食品調製時の指標となる食品の検討——物性評価と非経口型感覚評価を用いて——, 日摂食嚥下リハ会雑誌, 15(1), 3-13
- 17) Watanabe, E., Yamagata, Y., Kogirima, M., Miyamoto, K. and Kayashita, J. (2017), Development of a simple and objective evaluation method for thickened liquids using funnels, *J. Texture Studies*, 48(3), 198-204
- 18) 山縣誉志江, 栢下淳 (2015), 性質の異なるとろみを使用した学会分類2013 (とろみ) の検証, 日摂食嚥下リハ会雑誌, 19(2), 109-116
- 19) 藤田有紀, 横手裕衣, 山縣誉志江, 栢下淳 (2017), 市販とろみ調整食品の分類, 県立広島大学人間文化学部紀要, 12, 1-6
- 20) Sopade, P. A., Liang, S., Halley, P. J., Cichero, J. A. Y. and Ward, L. (2007). Moisture absorption characteristics of food thickeners used for the management of swallowing dysfunctions, *Eur. Food Res. Technol.*, 224, 555-560
- 21) Nicosia, M. A. and Robbins, J. (2007). The usefulness of the line spread test as measure of liquid consistency, *Dysphagia*, 22(4), 306-311
- 22) 長谷川温子, 乙黒明子, 熊谷仁, 中沢文子 (2005), 嚥下したゲル状食品の咽頭部での超音波による流速比較, 日本食品科学工学会誌, 52(10), 441-447
- 23) 秋間彩香, 谷米 (長谷川) 温子, 熊谷日登美, 熊谷仁 (2014), “えん下困難者用食品”の基準中のテクスチャー試験法 (TPA) に関する考察, 日本食品工学会誌, 15(1), 15-24
- 24) 高橋智子, 大須賀彰子, 川野亜紀, 他 (2007), 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——機器測定による物性評価との関係——, 栄養学雑誌, 65, 113-122
- 25) 高橋智子, 大越ひろ (1999), 粘稠な液状食品の飲み込み特性と力学的特性の関係, 日本家政学会誌, 50, 333-339

Abstract

A comparison of sensory evaluation and instrumental analysis for the texture of thickener solutions

Tomoka Kurotobi*, Takayoshi Hoshino** and Mana Yamori***

Commercial thickeners used to prevent aspiration in dysphagic patients have large differences in texture characteristics due to the different materials used in the food industry. Therefore, many studies on the texture characteristics of commercial thickeners have been conducted using cone-plate viscometer and Line Spread Test (LST method)¹⁻³⁾. However, in the case of samples with yield stress such as xanthan gum, the structure is destroyed by these measurement methods, and it is difficult to measure texture changes due to mastication and tongue movement. In this study, we performed a comparison by sensory evaluation and instrumental analysis. The LST method and Short Back Extrusion (SBE method)⁴⁻⁶⁾ were used for instrumental analysis. Furthermore, the purpose is to clarify the mechanical characteristic values corresponding to human texture perception. Four thickeners (1 starch, 1 guar gum and 2 xanthan gum) were used in this study. Twelve types of thickened liquids were prepared according to the viscosities of one xanthan gum type at three concentrations (mildly thick, moderately thick, and very thick).

According to the sensory evaluation data, it was shown that all of the commercial thickeners tended to be more sticky and harder to swallow as the added concentration increased. In addition, it was speculated that the physical properties corresponding to each texture characteristic (sensory evaluation) varied significantly depending on the difference in the main raw materials, and these affected the difference in texture perception in the oral cavity.

* Faculty of Health Science, Hiroshima Shudo University, 1-1-1 Ozukahigashi, Asaminami, Hiroshima 731-3195 JAPAN

** (Former) Aohata corporation, 7-5-18 Hongominami, Miharashi, Hiroshima 729-0417 JAPAN

*** Department of Communication Science and Disorders, Prefectural University of Hiroshima, 1-1 Gakuencho, Mihara, Hiroshima 723-0053 JAPAN