

嚥下障害者の誤嚥事故防止へ向けた介護食品のレオロジー特性

遠藤 彩華 (鶴岡工業高等専門学校 生産システム工学専攻, s190004@edu.tsuruoka-nct.ac.jp)

西田 統尊 (鶴岡工業高等専門学校 創造工学科, a8665@edu.tsuruoka-nct.ac.jp)

遠田 明広 (鶴岡工業高等専門学校 教育研究技術支援センター, enta@tsuruoka-nct.ac.jp)

小野寺 良二 (鶴岡工業高等専門学校 創造工学科, r-onodera@tsuruoka-nct.ac.jp)

穴戸 道明 (鶴岡工業高等専門学校 創造工学科, m-shishido@tsuruoka-nct.ac.jp)

Rheological properties of nursing care foods for prevention of aspiration accident due to dysphagia

Ayaka Endo (Department of Advanced Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Michitaka Nishida (Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Akihiro Enta (Technical Support Center, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Ryoji Onodera (Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

Michiaki Shishido (Department of Creative Engineering, National Institute of Technology, Tsuruoka College, Japan)

要約

加齢にともなう嚥下機能および咀嚼機能の低下により、嚥下障害が引き起こされる。この予防法のひとつとして液状食品へ増粘剤を付与することが挙げられる。しかし、現状の医療や介護現場では管理栄養士の主観と経験に基づいた定性的なプロセスとなっている。加えて、市販の増粘剤は製品によって物性が異なるといわれている。これらのように、適切な介護食の提供を行うためには粘性の定量化や経時的変化の把握が不可欠でありつつも、現状ではその基準や指標は提唱されていない。こういった課題を改善することは嚥下困難者の生活の質の向上のために極めて重要な課題である。本研究では、増粘剤を添加した飲料水の時間依存特性および温度依存特性により、粘稠液状食品の物性を評価した。その結果、増粘剤を添加した水の有する粘性は、温度に依存する傾向があった。水と茶は強い正の相関を示したため、類似した時間依存特性を有する。短時間放置した試料と長時間放置した試料の間において、対応のあるt検定により有意差が認められた。これらを踏まえ、増粘剤の物性表を作成した。これを応用することで市販の増粘剤に対する共通認識を図ることが可能となり、作り手に依存しない粘性抵抗の付与が期待される。

キーワード

嚥下障害、誤嚥、粘度、増粘剤、レオロジー

1. 緒言

近年、少子高齢化の進行にともない肺炎患者が増加している。とりわけ、2011年には肺炎による死亡者数が脳血管疾患による死亡者数を上回り、肺炎が日本人の三大死因のひとつとなった(厚生労働省, 2011)。この肺炎死亡者の約9割以上が65歳以上の高齢者であり、その7割以上は誤嚥性肺炎であるといわれている(藤谷他, 2010; 大類, 2013)。誤嚥性肺炎患者の多くが高齢者である要因のひとつとして、加齢にともなう嚥下機能および咀嚼機能の低下が挙げられる。これにより、食物を唾液と混ぜ合わせ食塊を形成する機能が低下し、誤嚥しやすくなるといわれている(大越, 2007)。そのため、嚥下困難者の食事における液状食品の誤嚥防止には、個々に合わせた粘性抵抗を液状食品へ付与することが効果的である。また、液状食品へ粘性抵抗を付与する手段のひとつとして、増粘剤を液状食品へ添加することが挙げられる。

粘性抵抗の指標として、厚生労働省は平成21年4月から旧「高齢者用食品」に含まれた「そしゃく・えん下困難者用食品」を廃止し、新たに「えん下困難者用食品許可基準」を策定した(厚生労働省, 2019)。また、他の粘性抵抗の指標として、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整分類2013(とろみ)(藤谷他, 2013)や、ユニバーサルデザインフード(以下、UDF)の規定(日本食品協議会, 2010)がある。しかし、高齢

者施設や病院において液状食品に付与する粘性抵抗の程度は給食を管理する栄養士や管理栄養士の主観に委ねられており、これらの指標を参照していない現状にある。高齢者施設や病院に勤める職員164名を対象とし、増粘剤の添加量の目安・基準の有無について調査したところ、人によって基準が異なると回答した施設は46%、基準がないと回答した施設は15%であった(出戸他, 2008)。そのため、液状食品に付与する粘性抵抗の程度は作り手によってばらつきが生じると報告されている(山縣他, 2017; 江川他, 2007)。また、医療や介護現場では大量に作成した食事の分配に時間がかかるため、適切な粘性を付与した介護食の提供には、増粘剤を添加した液状食品の有する粘性の経時的変化について把握する必要がある。しかし、市販の増粘剤は製品によって物性が異なるといわれている一方で、その経時的な変化を示した基準や指標は未だ提唱されていない。こういった課題を改善することは嚥下困難者の生活の質の向上のために極めて重要な課題である。

本研究では、増粘剤を添加した飲料水の有する粘性の時間依存特性および温度依存特性により、粘稠液状食品の物性を評価した。また、増粘剤の特徴分析により物性表を作成し、その有用性を検討した。

2. 増粘剤を添加した飲料水の粘度測定

2.1 粘度測定

粘度の測定には、単一円筒形回転式粘度計(LV DV1M、英弘

精機株式会社、以下 回転式粘度計)を用いた。測定条件は、厚生労働省による旧特別用途食品・高齢者用食品の許可基準に基づき、回転数を 12 rpm、測定時間を 2 分とした。

2.2 時間依存特性評価

表 1 に実験に使用した増粘剤および飲料水を示す。UDF に登録されている増粘剤 3 種を溶質とし、飲料水 3 種を溶媒とした。UDF に登録されている増粘剤は、“硬さ”に基づき、200 N/m² 以下 (フレンチドレッシング状, 以下 FD), 200 ~ 400 N/m² (とんかつソース状, 以下 TS), 400 ~ 700 N/m² (ケチャップ状, 以下 KT)、700 N/m² 以上 (マヨネーズ状) と定義されており、この指標を基準とした添加量が記載されている。

表 2 に各社が定めている 100 ml あたりにおける増粘剤の目安添加量を示す。この添加量を参考にし、各増粘剤をそれぞれ飲料水に添加した。その後、攪拌機 (AK-16-P12 TL-256、株式会社大創産業) により 15 秒間攪拌し、5 分間、1 時間、6 時間、12 時間、24 時間放置した計 135 種類の溶液を試料とした。なお、各試料の温度は 20 ± 2 °C とし、各試料に対する粘度を回転式粘度計により 10 回測定した。

2.3 温度依存特性評価

表 1 に示す増粘剤 3 種を溶質とし、水を溶媒とした。攪拌した試料を 5 分間静止させた後、湯煎により試料の温度を 10 ~ 60 °C の間で 10 °C 刻みに調整した。なお、溶解手順および測定方法は時間依存特性評価と同様である。

表 2：各社が定めている増粘剤の添加量 (g/100 ml)

	FD	TS	KT
増粘剤 A	1.0	2.0	3.0
増粘剤 B	1.0	2.0	3.0
増粘剤 C	1.2	2.4	3.6

2.4 統計処理

粘性の経時的変化における分析には、対応のある *t* 検定により行った。なお、有意水準は 5 % とした。

得られた結果から比例関係を確認するため、ピアソンの積率相関係数により相関関係の強さを求めた。

2.5 増粘剤の特徴分析

本分析では、時間依存特性評価および温度依存特性評価から得られた結果を用いた。とりわけ、時間経過による粘度の変化率および温度上昇による粘度の変化率によって各増粘剤を評価した。なお、溶媒が 2 種類以上ある時間依存特性評価では各増粘剤における粘度の変化率を、溶媒が 1 種類の温度依存特性評価では各添加量における粘度の変化率を求めた。(1) 式より、各添加量における粘度の変化率 R_i を導出した。ここで、 V_{max} は得られた粘度の最大値、 V_{min} は得られた粘度の最小値とした。また、(2) 式を用いて各添加量における変化率 R_i の平均値により、各増粘剤の変化率 R_{sum} を導出した。

表 1：実験に使用した増粘剤および飲料水

溶質	原材料名
トロミアップ HP (以下、増粘剤 A)	増粘多糖類、デキストリン CMC、グルコン酸 Na 塩化 Mg
つるりんこ Quickly (以下、増粘剤 B)	キサンタンガム デキストリン クエン酸三 Na、乳酸 Ca
とろみエール (以下、増粘剤 C)	増粘多糖類、デキストリン クエン酸 Na、乳酸 Ca
溶媒	主成分 (100 ml あたり)
軟水 (以下、水)	エネルギー：0 kcal タンパク質：0 g 脂質：0 g 炭水化物：0 g 食塩相当量：0.001 ~ 0.003 g
緑茶 (以下、茶)	エネルギー：0 kcal タンパク質：0 g 脂質：0 g 炭水化物：0 g 食塩相当量：0.02 g
オレンジジュース (以下、果汁飲料)	エネルギー：45 kcal タンパク質：0.7 g 脂質：0 g 炭水化物：10.5 g 食塩相当量：0 g

注：増粘剤 A = 日清オイリオグループ株式会社、増粘剤 B = 株式会社クリニコ、増粘剤 C = アサヒグループ食品株式会社、水 = サントリー食品インターナショナル株式会社、茶 = 日本コカ・コーラ株式会社、果汁飲料 = ゴールドパック株式会社。

$$R_i = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{min}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$R_{sum} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 R_i (\%) \quad (2)$$

3. 結果および考察

3.1 時間依存特性評価

図1に各増粘剤を添加した飲料水の経時的な粘性の変化を示す。(a)は水、(b)は茶、(c)は果汁飲料を溶媒としたときの経時的な粘性の変化を示す。各増粘剤の添加量が増加するにつれ、粘度が上昇した。しかし、各増粘剤の種類により、3段階の濃度における粘度にばらつきがみられた。この要因のひとつとして、増粘剤は製造者側の観点に比重を置いて製造されているため、本実験で使用した増粘剤の主成分であるキサンタンガムやデキストリンなどの配合量の違いが挙げられ

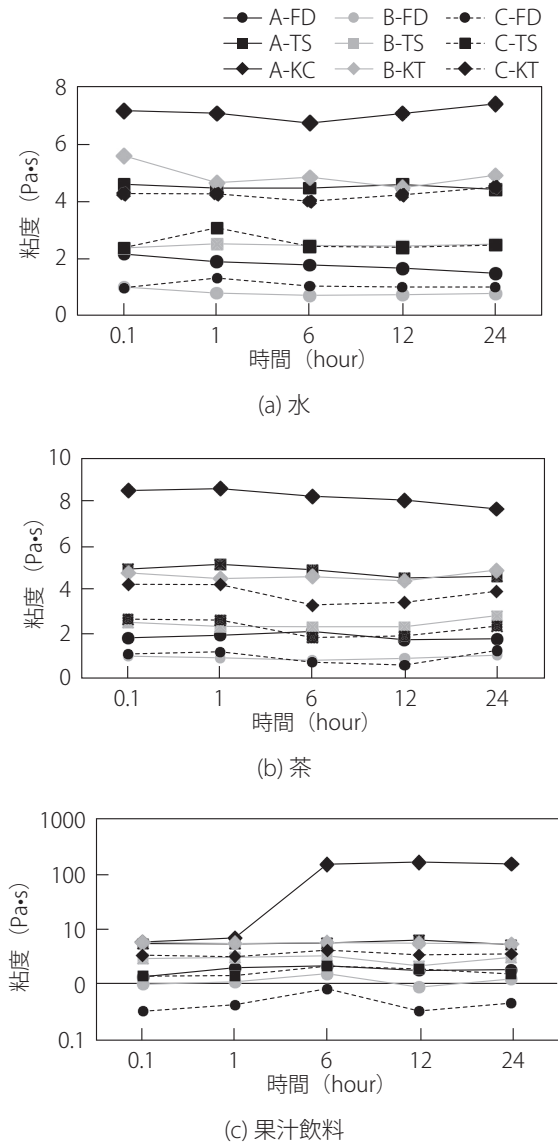


図1：各増粘剤を添加した飲料水の経時的な粘性の変化

る。

図2に各飲料水における相関関係を示す。(a)は水と茶、(b)は水と果汁飲料、(c)は茶と果汁飲料の相関関係を示す。時間経過による粘性の変化において、水と茶は強い正の相関を示した ($r = 0.997$)。その一方で、水と果汁飲料および茶と果汁飲料は正の相関を示した ($r = 0.51$, $r = 0.45$)。このことから、水と茶は類似した時間依存特性を有するため、茶に含まれるカテキンやミネラルなどは増粘剤の溶解に影響を与えないといえる。その一方で、増粘剤Aを溶解した果汁飲料は時間経過により粘度が増加した。これは、果汁飲料に含まれる酸の影響により増粘剤の溶解に時間を要したためだと示唆される。

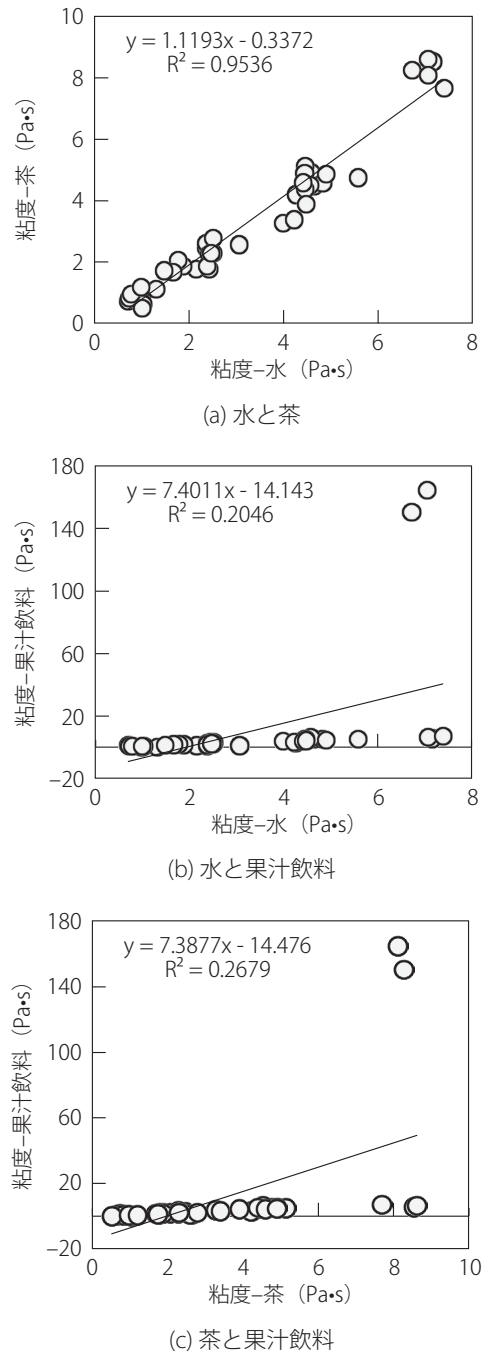


図2：各飲料水における相関関係

対応のある t 検定の結果、短時間放置した試料（5分間）と長時間放置した試料（1時間以上）の間で有意差が認められた。以上の結果より、増粘剤を添加した飲料水は時間に依存する傾向があるため、適切な粘性を付与した介護食の提供には、粘性を付与し提供するまでの時間を考慮する必要がある。

3.2 温度依存特性評価

図3に各増粘剤を添加した水の温度上昇にともなう粘性の変化を示す。試料の温度上昇にともない、粘度は減少した。この要因のひとつとして、試料の温度上昇により、試料内の分子運動が活発化したことが挙げられる。

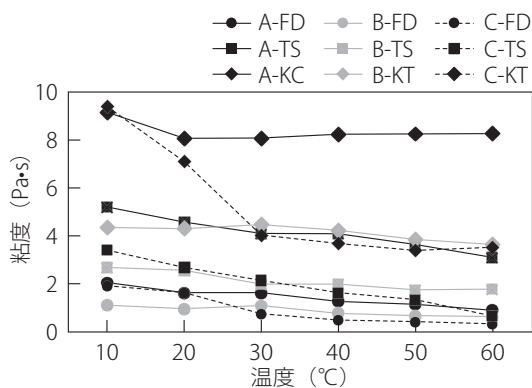
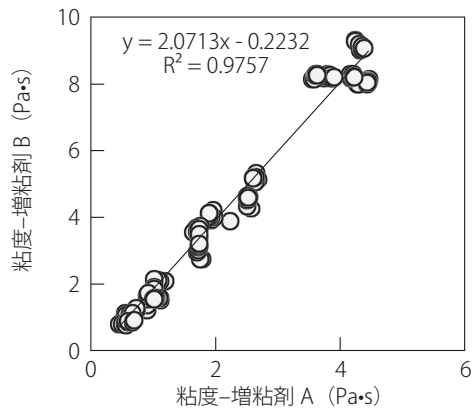


図3：各増粘剤を添加した水の温度上昇にともなう粘性の変化

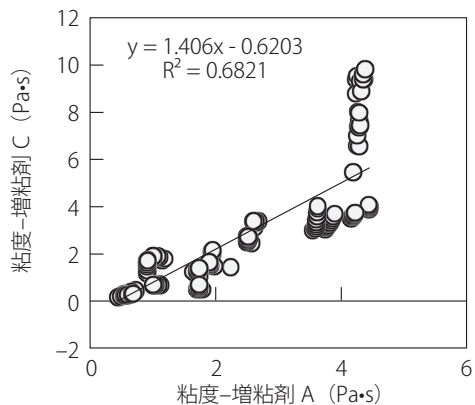
図4に各増粘剤の相関関係を示す。(a)は増粘剤AとB、(b)は増粘剤AとC、(c)は増粘剤BとCの相関関係を示す。温度上昇による粘性の変化において、各増粘剤は強い正の相関を示した(増粘剤AとB： $r=0.987$ 、増粘剤AとC： $r=0.825$ 、増粘剤BとC： $r=0.824$)。とりわけ、増粘剤AおよびBと比較すると、増粘剤Cは温度上昇にともない粘性が低下しやすい傾向にあった。また、増粘剤CにおけるKT状に着目すると、粘度の最大値と最小値の差は約6.8 Pa·sであった。これは、日本食品協議会において定められているところの自主基準から逸脱した値といえる。よって、適切な粘性を付与した介護食の提供には、液状食品の温度を考慮し増粘剤の添加量を調整する必要がある。

3.3 増粘剤の特徴分析

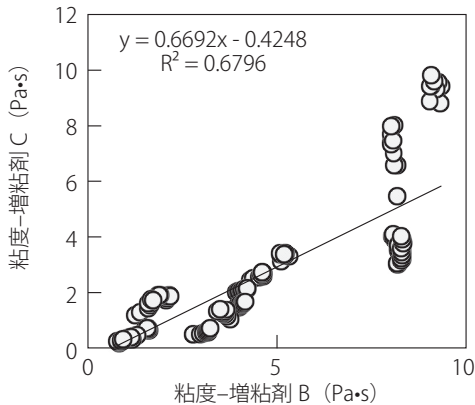
図5に各実験による粘度の変化率を示す。(a)は時間経過による各増粘剤の変化率、(b)は温度変化による各添加量の変化率を示している。時間依存特性評価において、果汁飲料を溶媒としたとき、増粘剤AおよびCの変化率と比較すると増粘剤Bにおける変化率は低い値を示した(A:97%、B:51%、C:88%)。また、水および茶を溶媒としたとき、各増粘剤AおよびBの変化率は50%以下であった。このことから、増粘剤Bは時間経過による粘性への影響を受けにくいといえる。その一方、温度依存特性において、増粘剤の添加量が増加するにつれて変化率は小さくなった。しかし、変化率の最大値に着目すると、増粘剤AおよびBと比較し増粘剤Cは高い値を示した(A:179%、B:168%、C:910%)。



(a) 増粘剤AおよびB



(b) 増粘剤AおよびC



(c) 増粘剤BおよびC

図4：各増粘剤の相関関係

表3に使用した増粘剤の物性表を示す。各増粘剤を溶質、水を溶媒とし、溶解後5分間静止させた溶液の粘度を10回測定し、その平均を基準値とした。なお、溶液の温度は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ とした。基準値と比較し、各実験結果における最大の変化率が30%未満の試料をA、30%以上50%未満をB、50%以上80%未満をC、80%以上をDとして評価した。時間経過または温度上昇といった外的要因において、増粘剤の種類により粘性の変化が異なることが明らかとなった。市販されている増粘剤は、増粘を目的として多糖類を二種類以上配合した場合、略称として増粘多糖類と成分表記することができる。そ

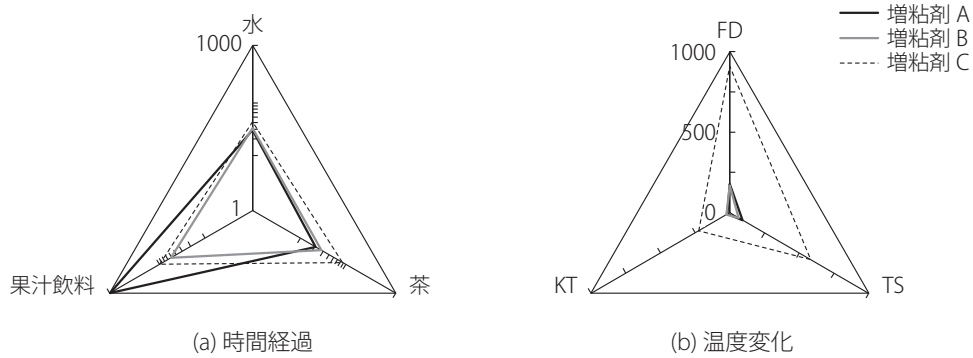


図5：各実験による粘度の変化率

表3：使用した増粘剤の物性表

基準値			
	増粘剤 A	増粘剤 B	増粘剤 C
FD (Pa·s)	2.135	0.081	0.959
TS (Pa·s)	4.579	2.357	2.365
KT (Pa·s)	7.152	5.579	4.260
水の時間依存特性			
FD (-)	B	A	B
TS (-)	A	A	B
KT (-)	A	A	A
茶の時間依存特性			
FD (-)	A	A	D
TS (-)	A	A	B
KT (-)	A	A	B
果汁飲料の時間依存特性			
FD (-)	C	D	D
TS (-)	B	B	C
KT (-)	D	A	B
水の温度依存特性			
FD (-)	D	B	D
TS (-)	C	B	D
KT (-)	B	B	D

のため、成分表記から増粘剤の特徴を推察することは困難である。このことから、異なる複数の増粘剤からなる物性比較表の作成は、市販の増粘剤の特徴について共通認識を図ることが可能となり、作り手に依存しない粘性抵抗の付与が期待される。

4. 結言

本研究では、増粘剤を添加した飲料水の時間依存特性および温度依存特性により、増粘剤の物性を評価した。

- 増粘剤の添加量の増加にともなう粘度上昇が確認された。
- 増粘剤を添加した水の有する粘性は、温度に依存する傾向があった。
- 水と茶は強い正の相関を示したため、類似した時間依存特性を有する。

- 短時間放置した試料と長時間放置した試料の間において、対応のあるt検定により有意差が認められた。
- 増粘剤を添加した飲料水は時間および温度に依存する傾向があるため、介護食の提供には粘性を付与してから提供するまでの時間を考慮する必要がある。

謝辞

本研究は、高橋産業経済研究財団による助成を受けて実施されたものである。

引用文献

- 江川 広子・別府 茂・山村 千絵・黒瀬 雅之・八木 稔・山田 好秋 (2007). 介護食の提供実態調査, Vol. 17, No. 1, 16-26.
- 大越 ひろ (2007). 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, Vol. 17, No. 4, 10-18.
- 大類孝 (2013). 超高齢社会における誤嚥性肺炎の現状. 日本老年医学会雑誌, Vol. 50, No. 4, 458-460.
- 厚生労働省 (2011). 平成28年人口動態統計(確定数)の概況. https://www.mhlw.go.jp/toukei/saiin/hw/jinkou/kakutei11/dl/10_h6.pdf. (閲覧日 2020/02/15)
- 厚生労働省 (2019). 令和元年 特別用途食品表示許可基準並びに特別用途食品の取り扱い及び指導要領. https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/health_promotion/pdf/food_labeling_cms206_190924_01.pdf. (閲覧日 2020/2/19)
- 出戸綾子・江頭文江・栢下淳 (2008). 病院・施設における市販トロミ調整食品の使用状況. 県立広島大学人間文学部紀要, Vol. 3, 33-42.
- 日本食品協議会 (2010). とろみ調整食品の「とろみの目安」の設定にあたって. 缶詰時報, Vol. 89, No. 4, 34-36.
- 藤谷順子・宇山理紗・大越ひろ・栢下淳・小城明子・高橋浩二・前田広士・藤島一郎・植田耕一郎 (2013). 日本摂食嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類2013. 日本摂食嚥下リハビリテーション学会, Vol. 17, No. 3, 255-267.
- 山縣誉志江・與儀沙織・栢下淳 (2017). 官能評価による学会分類2013 (とろみ) の粘度範囲の妥当性. 日本摂食嚥下リハビリテーション学会, Vol. 21, No. 3, 129-135.

(受稿：2020年2月19日 受理：2020年6月3日)