

半固形化した介護・治療食品の粘弾性挙動

山崎 ひろみ^{*1} 安積 正芳^{*2} 菊川 久夫^{*3} 元村 久信^{*2} 小山 祐司^{*4} 浅香 隆^{*5}

Viscoelastic Behavior of a Semi-Solidified Therapeutic Diet

by

Hiromi YAMAZAKI^{*1}, Masayoshi ASAKA^{*2}, Hisao KIKUGAWA^{*3}, Hisanobu MOTOMURA^{*2},
Yuji KOYAMA^{*4} and Takashi ASAKA^{*5}

(Received on Mar. 28, 2013 and accepted on May 16, 2013)

Abstract

For patients with dysphagia (swallowing difficulties) and/or tube feeding enteral nutrition, the use of thickeners is well known for improving nutritional status. In this study, to improve "QOL (quality of life)" for dysphagia patients, their families and caregivers, the viscoelastic property and texture of water or enteral nutrition in combination with thickeners were studied. As a result, we found that the viscoelastic property and texture of the semi-solidified enteral nutrient drastically changes in combination with thickeners.

Keywords: Dysphagia, Enteral nutrient, Thickener, Semi-solid, Viscoelasticity, Texture

1. はじめに

1.1 介護・治療食品の半固形化とは

われわれが食事を摂取する際には、まず食品を眼で眺めて認知してから口へ運び(嚥食)、口中で食物を「咀嚼」して破砕物(固体)と唾液(液体)と共に混合形成された「食塊」を飲み込む。この行為を「嚥下」という。

健康者では困難無く行っているこの動作は、加齢をはじめ脳血管疾患や神経・筋疾患により咀嚼や嚥下機能が低下した「摂食・嚥下障害者」にとっては、「嚥下反射の低下」により食物が誤って気管へ入ってしまう「誤嚥」の原因となる。事実、厚生労働省の平成23年の死因別死亡確率調査によれば、65歳以上の死因の第一位は悪性新生物、第二位は心疾患、第三位は肺炎であり、これまで第三位であった脳血管疾患は第四位¹⁾となった。これは、その他の死因を詳細に調査した結果、「誤嚥性肺炎」が原因であったとされており、60歳以上の肺炎死亡者の半数以上は誤嚥性肺炎が原因とも考えられている²⁾。

「摂食・嚥下障害」はリハビリテーションにより改善される場合もあるが、特に食物を経口摂取できない摂食障害患者に対して近年、経皮内視鏡的胃瘻増設術(PEG; percutaneous endoscopic gastrostomy)が簡便に行えるようになり、その結果、PEG導入患者・症例数と共に濃厚栄養剤の消費も急激に増加している。

しかし、PEGをはじめとする経管栄養補給に関連して、濃厚栄養剤投与による合併症も否めなくなった。その代

表例が下痢による脱水や胃食道逆流とそれに伴う誤嚥である。

下痢の発生要因は、濃厚栄養剤の粘度が低いために栄養剤が消化管内を速く通過し、滞留時間も短いことが原因であり、下痢により水分が吸収できなくなることが脱水につながる。さらに胃の消化管運動を考えると、低粘度の液体が胃内に貯留した際、蠕動運動に乗らず十二指腸と食道の双方向に流れ、このうち胃から食道へ逆流した栄養剤が原因で誤嚥が発生するとされている。

ここで本研究の主題である半固形化栄養法とは、粘度の低い液体や食物を増粘剤や凝固剤(トロミ剤やゲル化剤とも称す)を用いて「ある程度の粘度を持つ半固形状の食物」とすることにより、食物が咽頭をゆっくりと通過するため嚥下反射の遅れに対応できるようになり、また半固形状の食物が胃内に入り・刺激することで胃の蠕動がきちんとおこり、消化管内における食物の滞留時間も長くなるため、下痢や脱水を予防できる。さらに、胃内の食物は半固形状であるため、胃食道逆流やそれによる誤嚥も低減できるとされている。

このように半固形化栄養法は「経口摂取」・「経腸摂取」共に患者の栄養状態改善のメリットがあるとされている。

1.2 半固形化の問題点

介護・治療食品の半固形化に用いられる凝固剤や増粘剤はゲル化剤やトロミ剤とも称され、その身近な原料として「デンプン」や「ゼラチン」、「寒天」が挙げられる。

デンプンは「第一世代のトロミ剤」とも呼ばれ、加熱により容易に糊化することから重宝されていたが、時間経過と共に固くなる(老化)・唾液に含まれる酵素(アミラーゼ)により直ちに分解が生じ粘度が急激に低下するという、相反する問題点があった。

*1 工学研究科工業化学専攻修士課程

*2 医学部附属大磯病院診療協力部栄養科

*3 工学部医用生体工学科教授

*4 医学部附属大磯病院リハビリテーション科講師

*5 工学部応用化学科教授

Table 1 Variations of hydrocolloid for food

分類	種類	成分	起源 (原料)
増粘多糖類	水溶性ペクチン	ガラクトツロナン	果実, 野菜
	粘質多糖類	グルコマンナン	コンニャクイモ
		ガラクトマンナン (グアーガム, ローカストビーンガム)	グアー種子 ローカストビーン種子
	海藻多糖類	アルギン酸アトリウム	褐藻類
		アガロース (寒天), カラギーナン	紅藻類
菌産生多糖類	キサンタンガム, ジェランガム	微生物	
食品添加物	多糖類誘導体	カルボキシメチルセルロース	化学合成

一方、動物の皮膚や骨から採取するゼラチンはコラーゲン線維からなるタンパクであり、凝固しても人間の体温程度で解膠するため、これらを介護・治療食品の増粘・凝固剤として用いる際には誤嚥に注意する必要がある。

このような問題から、デンプンと Table 1 に示す水溶性の食物繊維、いわゆる増粘多糖類を組み合わせ「第二世代のトロミ剤」が誕生したが、デンプンと増粘多糖類の相乗効果により粘度が増加、口中や咽頭通過時の「ベタつき」が増すなどの問題点があった。

そこで近年、これらの問題点を解決するために、Table 1 に示した増粘多糖類を単独もしくは複数組み合わせた「第三世代のトロミ剤」が数多く上市されている。これら増粘多糖類の原料は様々であるが、デンプンやゼラチンのように温度や酵素によって解膠が生じず、安定してトロミを付与できる等の利点がある。

1.3 本研究の目的

超高齢社会を迎えた今、食物を「咀嚼」し「嚥下」する機能が低下した高齢者や患者が増加している。このような障害を持つ人に対して、飲料や濃厚栄養剤のような低粘度の液体に「とろみをつけて (半固形化して)」与えると、前述したように下痢や脱水をはじめ、胃食道逆流や誤嚥性肺炎などの発生防止に有効とされている。

ところが、筆者らがこれまで行ってきた研究結果より、測定条件により粘度値が大きく変化すること、さらに、ある種のトロミ剤と濃厚栄養剤を組み合わせると、半固形化した食品の物性 (粘弾性挙動) が著しく変化することを見出した。

そこで本研究では、濃厚栄養剤へトロミ剤を添加して半固形化治療食を自己調製する際に生じる問題点を把握し、各種物性測定や評価を通じて医療・介護関係者へ客観的な情報を提供することを目的に、これら物性変化の要因を詳細に調査・検討した。

2. 半固形化濃厚栄養剤の物性

経口摂取が前提とされる濃厚栄養剤は、1mL あたり 1 ~ 2kcal の熱量が摂取できるように水分をはじめ糖質やビタミン、タンパクや脂質、電解質や浸透圧などの栄養学的・生理学的な成分が調整されている。なお、経口摂取ができない場合には前述したように経鼻もしくはPEGのような経腸栄養補給がなされる。

本研究では、市販の濃厚栄養剤として医学部付属病院にて実績のあるアイソカル RTU (ネスレヘルスサイエンス製、以降 I と称す) とメイバランス 1.0 (明治製、以降 M と称す) を採用した。これらの熱量は 1kcal/mL である。さらに比較対象群として、濃厚栄養剤のかわりに水道水を用いた。一方、半固形化には市販のキサンタンガム系トロミ剤であるネオハイトロミール III (フードケア製、以降 N と称す)、ソフティア S (ニュートリー製、以降 S と称す)、そしてトロミスマイル (ヘルシーフード製、以降 T と称す) を濃度 2% となるように添加して調製した。

なお、これらトロミ剤を濃厚栄養剤や水道水へ添加して攪拌溶解する際には薬さじやマグネチックスターラーによらず、臨床での適用を想定し容量 50mL のカテーテル用シリンジを用いて吸引・吐出を繰り返し行い、吐出時の噴流を利用して攪拌溶解を図った。さらに、トロミ剤を加えた濃厚栄養剤や水道水では時間経過と共に粘度が変化すること、またトロミ剤の水和・膨潤に起因する粘度の偏在を予備実験により確認している。

そこで、トロミ剤を添加・攪拌・溶解して 10 分ならびに 1 時間経過後、再度カテーテル用シリンジを用いて攪拌を行った。

これら調製した半固形化栄養剤、ならびにトロミ剤を添加した水道水 (以降トロミ液と称す) について、共軸二重円筒型粘度計 (Fungilab 製 Viscostar plus, 共軸二重円筒ユニット APM 装着) によりずり速度 (せん断速度) と粘度との関係を測定・図示し、ずり速度 $3s^{-1}$ と $50s^{-1}$ における粘度を内挿または外装して求めた。

ここで二点のずり速度を求めたが、これは厚生労働省の「高齢者用食品：そしやく・えん下困難者用食品」の許可基準において定義されていた粘度測定条件³⁾である。「B 型粘度計を利用、ローター回転数 = 毎分 12 回転」に相当するずり速度が $3s^{-1}$ であり、また、American Dietetic Association が 2002 年に出版した National Dysphagia Diet (NDD)⁴⁾の規定によるずり速度が $50s^{-1}$ ($25^{\circ}C$) であることによる。なお、日本摂食・嚥下リハビリテーション学会が「とろみの 3 段階嚥下調整食学会基準案 2012」を提示したが、この粘度測定条件は「E 型粘度計を利用、ずり速度 = $50s^{-1}$ ($20^{\circ}C$)」とされており、本条件は妥当であると考えた。さらにレオメーター (山電製 RE2-33005B) によるテクスチャー測定を行い、解析結果をもとにテクスチャー各指標を求めた。なお、試料は常温で調製し、物性測定は全て $20 \pm 2^{\circ}C$ で行った。

Fig. 1 は水道水へ, Fig. 2 は M:メイバランス 1.0 へ, そして Fig. 3 は I:アイソカル RTU へトロミ剤をそれぞれ添加した際の結果である. 全ての濃厚栄養剤や半固形化栄養剤ではずり速度の増加と共に粘度が低下する非ニュートン性流体であること, さらに Figs. 1~3 のように図の両軸を対数軸とすることでプロットが直線関係となることから, 非ニュートン性流体のうち擬塑性 (pseudoplastic) 流体であることを確認した. ここでトロミ剤が添加された試料でプロットの傾きがほぼ同様となった理由は, これらトロミ剤に共通して含まれるキサンタンガムの影響が強く表れたためと考えた.

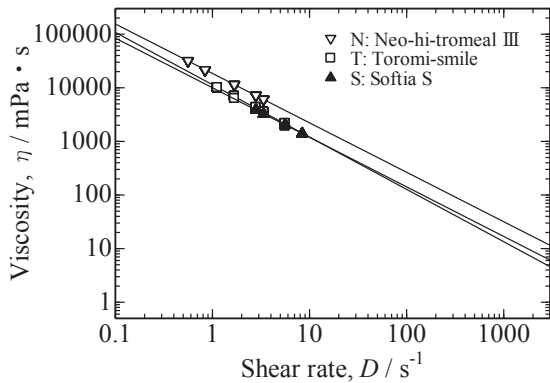


Fig. 1 Relationships between viscosity and shear rate of 2% solution of thickeners dissolved in water.

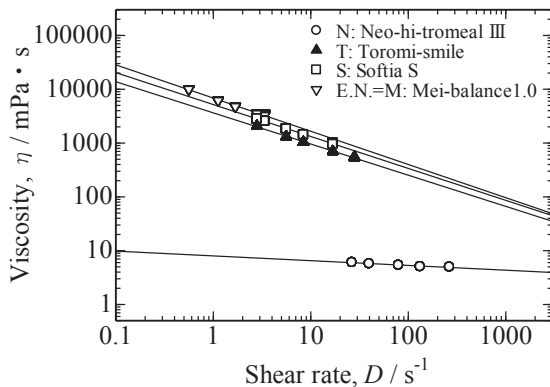


Fig. 2 Relationships between viscosity and shear rate of 2% solution of thickeners dissolved in enteral nutrient M.

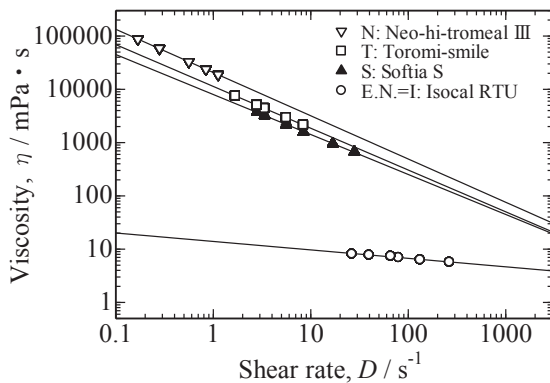


Fig. 3 Relationships between viscosity and shear rate of 2% solution of thickeners dissolved in enteral nutrient I.

Table 2 に示したずり速度 $3s^{-1}$ と $50s^{-1}$ における半固形化濃厚栄養剤の粘度は, トロミ剤添加により M:メイバランス $1.0 < \text{水道水} < \text{I:アイソカル RTU}$ の順に高値となった. ここで注目すべきことは, トロミ剤添加により濃厚栄養剤の種類に応じて水道水よりも粘度が高く/低くなるということである. なお, トロミ剤無添加の水道水は「ずり速度の変化によらず粘度が一定」なニュートン性流体である.

Table 3 にテクスチャー解析結果を示すが, テクスチャー指標のうち「かたさ応力」ならびに「付着性」はトロミ液や半固形化栄養剤共に粘度測定結果とほぼ同様の傾向が得られた. しかし, かたさ応力と付着性との間に相関はみられず, 凝集性については $0.7 \sim 0.9$ に分布した.

また, トロミ剤の「とろみの付き方」を粘度やテクスチャー解析結果をもとに判断すると, S:ソフティア $S < T$:トロミスマイル $< N$:ネオハイトロミールⅢの順に増加する傾向がみられた. 以上の結果より, 初期粘度がほぼ同様な濃厚栄養剤であっても, 各種トロミ剤との組み合わせにより物性値に差異が生じることが明らかとなった.

Table 2 Viscosity (in $mPa \cdot s$) at a shear rate of $3s^{-1} \rightarrow 50s^{-1}$ of 2% solution of thickeners dissolved in enteral nutrient M and I or water.

トロミ剤	M	水道水	I
なし	7→6	1→1	12→7
S	1737→344	3587→275	3848→465
T	2534→459	3968→275	4811→533
N	3820→694	6457→482	8521→1023

Table 3 Texture indexes of 2% solution of thickener dissolved in enteral nutrient M and I or water.

濃厚栄養剤	トロミ剤	かたさ 応力 (Pa)	付着性 (J/m^2)	凝集性
M:メイ バランス	無添加	169	18	0.83
	S	308	68	0.77
	T	331	79	0.76
	N	413	93	0.74
水道水	無添加	161	13	0.88
	S	327	54	0.77
	T	366	53	0.76
	N	507	77	0.74
I:アイソ カル	無添加	168	18	0.78
	S	361	88	0.79
	T	431	91	0.79
	N	711	156	0.74

以上述べたように半固形化した濃厚栄養剤の物性値に差異が生じる理由は, 濃厚栄養剤やトロミ剤に含有される増粘多糖類同士の影響ではないかと考え, 増粘多糖類の基本物性を調査した.

3. 増粘多糖類の基本物性

市販のトロミ調整剤や濃厚栄養剤に含まれるゲル化剤や安定化剤として多用される四種類の増粘多糖類；キサンタンガム、グアーガム、イオタ・カラギーナン、そしてペクチン（以降 X, G, C, P とそれぞれ称す、いずれも三晶製）を採用し物性試験に供した。なお、これら増粘多糖類は常温の水に溶解しにくく、溶液が高粘度となる場合には「ダマ」が生じる・攪拌が継続できなくなる等、単純な攪拌では均質な水溶液を調製することが困難となった。そこで、強力マグネチックスターラー（アズワン製 HS-4SP）を用いて蒸留水（脱イオン後に蒸留）を毎分約 1200 回転の回転数で攪拌しながら原料粉末を徐々に加えて溶解した。その後、高粘度溶液内に残留した気泡の除去を目的に、自転・公転ミキサー（シンキー製 ARE-250）を利用して毎分 2000 回転でそれぞれ 2 分間攪拌と脱泡を行い、増粘多糖類水溶液を調製した。

これら増粘多糖類水溶液について、円錐平板型粘度計（E 型粘度計；Brookfield 製 R/S-CPS+）によりずり速度と粘度との関係を測定した。

まず、Fig. 4 に四種類の増粘多糖類水溶液（X:キサンタンガム、G:グアーガム、C:イオタ・カラギーナン、P:ペクチン、いずれも濃度 2%）の粘度測定結果を示す。また、Fig. 5 には二成分以上の増粘多糖類を組み合わせた総溶質濃度 2%水溶液のずり速度と粘度との関係を示す。例として、二成分では増粘多糖類それぞれを 1g ずつ混合して 100mL の水溶液とした。また、グアーガム+イオタ・カラギーナン+キサンタンガムの三成分の場合のみグアーガムを 0.5g、イオタ・カラギーナンを 0.5g、キサンタンガムを 1g ずつ混合して 100mL の水溶液とした。さらに Fig. 4 と Fig. 5 に示した結果のうち、ずり速度 $3s^{-1}$ と $50s^{-1}$ における粘度を Table 4 に示す。

増粘多糖類単独の場合、ずり速度 $3s^{-1}$ における粘度はペクチン<<キサンタンガム<カラギーナン<グアーガムの順に高いことがわかる。また、ずり速度 $50s^{-1}$ における粘度はペクチン<<キサンタンガム<カラギーナン<グアーガムの順に高いことがわかる。

二成分混合水溶液の場合、グアーガムと全ての増粘多糖類との組み合わせでは、グアーガムと対をなす増粘多糖類単独の場合よりも混合水溶液の粘度は顕著に増加した。この結果は、グアーガムとの組み合わせによりグアーガムの粘度が優勢になる、つまり増粘多糖類同士の相乗効果が生じたためと考えた。特にキサンタンガムとグアーガムとの組み合わせにおいて粘度は著しく増加した。これは、キサンタンガムとガラクトマンナン（グアーガム）が直接結合して架橋することによりキサンタンガム-ガラクトマンナン（グアーガム）間相互作用を発現したためと考えた^{5,6)}。

一方、ペクチンとペクチン以外の全ての増粘多糖類との組み合わせにおいて、ペクチンと対をなす増粘多糖類単独の場合よりも混合水溶液の粘度は顕著に減少することが予備実験結果より判明している。Fig. 4 に示したとおり、ペクチン水溶液は他の三種類の増粘多糖類水溶液とは比較できないほど粘度は低い。しかし、ここには示

していないが 1%増粘多糖類水溶液の粘度を考慮すると、ペクチン系混合水溶液においても組み合わせにより粘度の増加がみられ、2%ペクチン水溶液よりもはるかに高い粘度を示したことから、ペクチンと対をなす増粘多糖類の粘度が優勢となる弱い相乗効果が生じていると考えた。

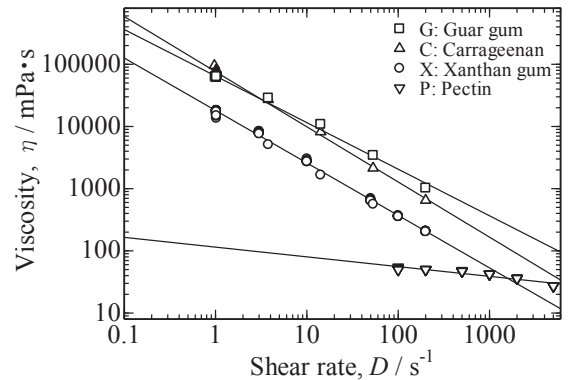


Fig. 4 Relationships between viscosity and shear rate of 2% polysaccharides deionized water solution.

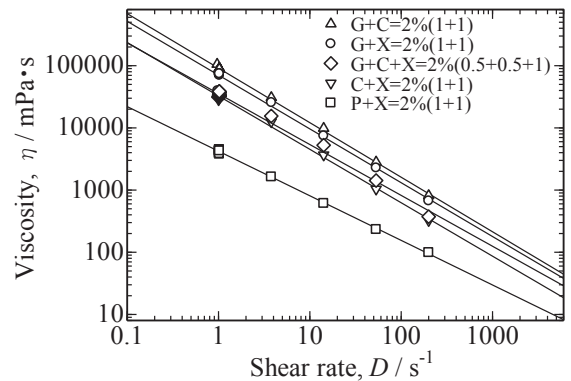


Fig. 5 Relationships between viscosity and shear rate of 2% solution of polysaccharides mixture dissolved in deionized distilled water.

Table 4 Viscosity (in $mPa \cdot s$) at a shear rate of $3s^{-1} \rightarrow 50s^{-1}$ of 2% solution of polysaccharides dissolved in deionized distilled water.

	G	C	P	X
G	28437→3457	34862→2956	6483→1021	30247→2668
C	—	25271→2225	3857→595	12717→1134
P	—	—	92→61	3392→405
X	14442→1448		—	7164→667

なお、グアーガム+イオタ・カラギーナン+キサンタンガム三成分混合水溶液の場合、グアーガムやイオタ・カラギーナン単独の場合やグアーガム+イオタ・カラギーナンならびにグアーガム+キサンタンガム二成分の場合よりも三成分混合水溶液の粘度は低いが、キサンタンガム単独の場合やイオタ・カラギーナン+キサンタンガム二成分の場合よりも三成分混合水溶液の粘度は高いことがわかる。この理由は、やはりキサンタンガム-ガラクトマンナン間相互作用が強く発現しているためと考えた。

4. 増粘多糖類の物性に対するカリウムの影響

増粘多糖類へカリウムやカルシウムのようなミネラルを添加すると、粘度が増加することが知られている^{7,8)}。

栄養のみならずビタミンやミネラルの補給を目的に複数の成分が含有されている濃厚栄養剤を半固化する場合、前述した増粘多糖類の組み合わせによる粘度の増減のみならず、ミネラルの存在によっても粘度が増加することが考えられ、必要なトロミをつける際にトロミ調整剤の添加量が規定できない問題が潜んでいる。

そこで、増粘多糖類を単独あるいは複数種類を混合した水溶液に対し、カリウムの添加が粘度に与える影響を検証した。ここでカリウム源には塩化カリウム KCl を用い、カリウム濃度は複数の濃厚栄養剤を調査した結果をもとに、 $K^+=150\text{mg}/100\text{mL}$ とした。

Fig. 6 にイオタ・カラギーナン水溶液の粘度に対するカリウム添加の影響を示すが、イオタ・カラギーナン水溶液に対するカリウム添加の影響はほぼ見られない。

一方、Fig. 7 はキサンタンガム水溶液の場合であるが、カリウム添加によりキサンタンガム水溶液の粘度は有意に増加した。これは電解質高分子であるキサンタンガム同士の静電反発がカリウム添加により遮蔽され、キサンタンガム-キサンタンガム分子間相互作用が強く発現したためである⁷⁾。

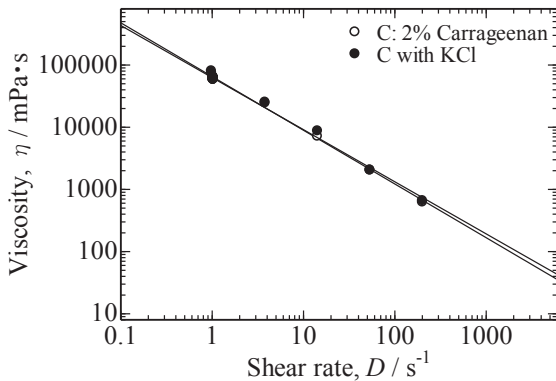


Fig. 6 Relationships between viscosity and shear rate of 2% carrageenan aqueous solution with/without addition of KCl.

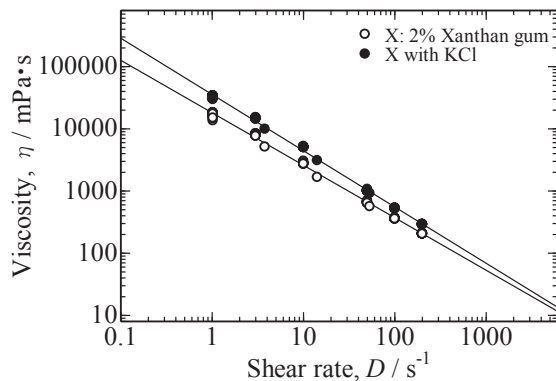


Fig. 7 Relationships between viscosity and shear rate of 2% xanthan gum aqueous solution with/without addition of KCl.

Fig. 8 にグアーガム+カラギーナン混合水溶液の結果を示すが、カリウム未添加であっても混合溶液系で最も高い粘度を示した。さらに、カリウム添加により混合水溶液の粘度は若干ながら増加することがわかる。なお、Fig. 6 に示したカラギーナン水溶液ではカリウム添加の影響はほぼ見られないことから、この粘度増加はカリウムがグアーガムに作用した結果と推察できる。

Fig. 9 はカラギーナン+キサンタンガム混合水溶液の場合であるが、Fig. 7 に示した結果と同様、カリウムはキサンタンガムに作用して粘度は有意に増加した。

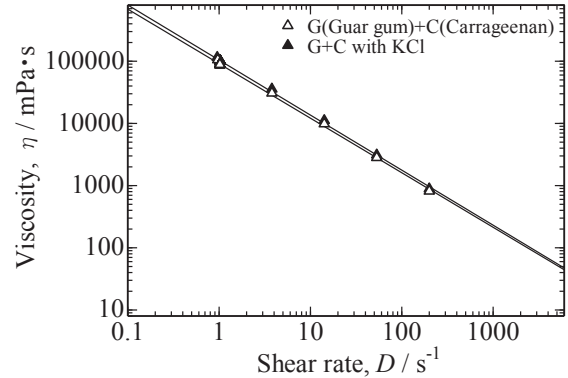


Fig. 8 Relationships between viscosity and shear rate of guar gum + carrageenan aqueous solution with/without addition of KCl.

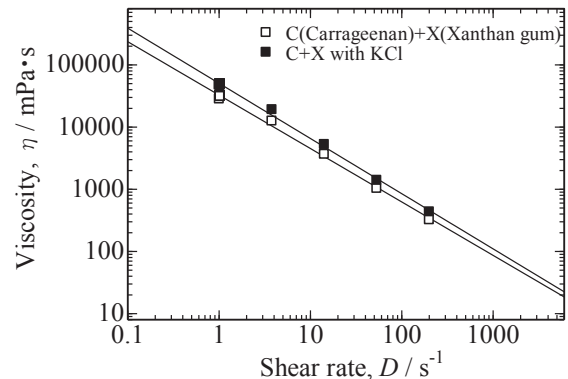


Fig. 9 Relationships between viscosity and shear rate of carrageenan + xanthan gum aqueous solution with/without addition of KCl.

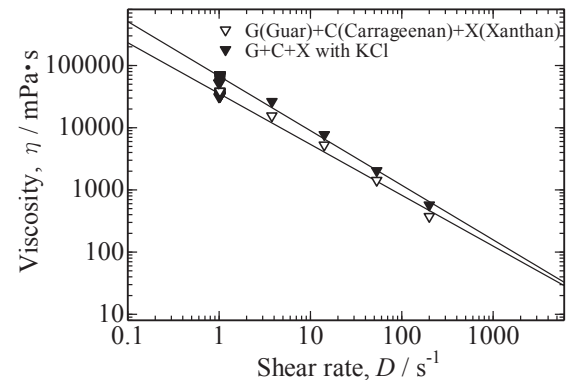


Fig. 10 Relationships between viscosity and shear rate of guar gum + carrageenan + xanthan gum aqueous solution with/without addition of KCl.

Fig. 10にはグアーガム+カラギーナン+キサンタンガム混合水溶液の結果を示すが、Figs. 6~9に示した結果よりもこの三成分混合水溶液の粘度はさらに顕著に増加した。この理由もやはりカリウムがキサンタンガムとグアーガムに相乗的に作用しているためと考えた。

Table 5にはFigs. 6~10に示した結果より求めたざり速度 $3s^{-1}$ と $50s^{-1}$ における粘度を示す。なお、カリウム添加時の粘度は各項目下段の(カッコ内)に数値で示した。

Table 5より、キサンタンガム+グアーガム混合水溶液のざり速度 $3s^{-1}$ における粘度はカリウム添加により減少した。これはFig. 5やFig. 7にて述べた理由に加え、キサンタンガム-グアーガム分子間の直接架橋による強い相互作用よりも、カリウム添加によりキサンタンガム分子間の静電反発が遮蔽された結果、キサンタンガム-キサンタンガム分子間相互作用が優勢となったために粘度が低下したと推察した。

以上の結果をもとに、濃厚栄養剤とトロミ剤との反応について以下、総括する。

まず、濃厚栄養剤 I: アイソカル RTU とトロミ剤 N: ネオハイトロミールⅢとの組み合わせで粘度が顕著に増加した理由は、アイソカル RTUに含まれるカラギーナンやグアーガム分解物と、ネオハイトロミールⅢに含まれるキサンタンガムや比較的少量に含まれるカリウムとの相乗効果によることが本研究の結果判明した。一方、全種類のトロミ剤を水道水へ添加した場合と比較して、濃厚栄養剤 M: メイバランス 1.0へこれらトロミ剤を添加した場合の粘度が顕著に低下した理由は、トロミ剤に含まれるキサンタンガムよりもメイバランス 1.0に安定剤として含まれるペクチンの粘度が非常に低く、キサンタンガムの粘度を低減する拮抗作用によるものと考えられる。

Table 5 Viscosity (in mPa · s) at a shear rate of $3s^{-1} \rightarrow 50s^{-1}$ of 2% solution of polysaccharide mixture dissolved in deionized distilled water.

	G	C	P	X
G	28437→3457 (29056→3104)	34862→2956 (39510→3276)	6483→1021 (-)	30247→2668 (26488→2996)
C	-	25271→2225 (25036→2372)	3857→595 (-)	12717→1134 (19075→1572)
P	-	-	92→61 (93→59)	3392→450 (4634→524)
X	-	14442→1448 (25776→2184)	-	7164→667 (13197→1036)

(-) denotes viscosity of polysaccharide solution with KCl

さいごに

半固形化栄養法で採用される介護・治療食品の調製を目的に、濃厚栄養剤へトロミ剤を添加して半固形化した際の物性(粘弾性挙動)を粘度やテクスチャー測定・解析結果より比較・検討した。

この結果、濃厚栄養剤とトロミ剤との組み合わせにより、水道水とトロミ剤との組み合わせよりも粘度やテク

スチャー指標が著しく乖離することが判明した。そこで、濃厚栄養剤やトロミ剤に含まれる増粘多糖類同士の組み合わせやカリウム添加の影響を調査した結果、濃厚栄養剤とトロミ剤に含まれる増粘多糖類同士の分子間相互作用やカリウム塩添加による分子間静電反発の遮蔽効果により粘度は著しく増加し、一方、濃厚栄養剤にペクチンが含まれるとトロミ剤に含まれる増粘多糖類の粘度を低減する作用が生じることを見出した。

以上、濃厚栄養剤を半固形化するには、トロミ剤の濃度のみならず、濃厚栄養剤やトロミ剤に含まれる増粘多糖類やミネラル等の成分にも十分に注意する必要があることが示された。

謝辞

本研究を実施するにあたり、医学部附属病院診療技術部栄養科 科長 藤井穂波氏をはじめ医学部附属病院・附属大磯病院・附属東京病院・附属八王子病院 各栄養科の管理栄養士の皆様には多大なるご協力とご助言を賜りましたことをここに御礼申し上げます。また、本研究の契機を与えて下さった金沢大学附属病院栄養管理部 栄養管理室 室長 徳丸季聡氏(元医学部附属病院診療技術部栄養科)、元医学部附属病院診療技術部栄養科 花本美奈子管理栄養士に篤く御礼申し上げます。さらに、研究用各種原料をご提供頂きましたニュートリー株式会社、ネスレ日本株式会社、ネスレヘルスサイエンスカンパニー、株式会社フードケア、ヘルシーフード株式会社、株式会社明治、三晶株式会社の各社に御礼申し上げます。

なお、本研究は科学研究費補助金(研究課題番号20500490および23500659)の交付を受けて実施しました。本研究課題を採択頂きましたことに深く感謝致します。

参考文献

- 厚生労働省:平成23年度人口動態統計月報年計(概数)の概況(2011).
- 海老原孝枝, 他:お年寄りの誤嚥性肺炎について, 仙台市医師会 健康だより, No.95(2009).
- 神山かおる:高齢者用そしゃく・えん下困難者用食品の粘度の測定法, 食品機能研究法, 光琳(2000).
- National Dysphagia Diet Task Force: National Dysphagia Diet: Standardization for Optimal Care, American Dietetic Association (2002).
- J. A. Casas, A. F. Mohedano and F. Garcia-Ochoa: Viscosity of guar gum and xanthan/guar gum mixture solutions, J. Sci. Food. Agric., 80, pp.1722-1727 (2000).
- F. Wang, Y. J. Wang and Z. Sun: Conformational Role of Xanthan Gum in its Interaction with Guar Gum, Journal of Food Science, 67 (9), pp.3289-3294 (2002).
- 西成勝好, 他:食品ハイドロコロイドの開発と応用, シーエムシー出版(2007).
- L. Ma and G. V. Barbosa-Cánovas: Viscoelastic Properties of Xanthan Gels Interaction with Cations, Journal of Food Science, 62 (6), pp.1124-1128 (1997).