

各種市販トロミ調整食品の物性に及ぼす温度の影響

出戸 綾子・山 縣 誉志江・栢 下 淳

要 約

本研究では、温度の異なる水に4種類の市販トロミ剤を添加し、物性からトロミ剤の種類による違いおよび温度が及ぼす影響を比較検討した。また、市販トロミ剤1種類を用いて、官能評価も行った。温度による比較は、低温でかたさ、付着性が高い値を示し、高温になるとかたさ、付着性は低い値を示した。官能評価では、健常者において、べたつきが少ないものが飲み込みやすい結果を示したが、水はべたつかないにも関わらず飲み込みにくく、トマトジュースやごまだれ状の物性のものの評価が高かった。トロミ剤は添加量によって物性が異なり、飲み込みやすさも異なることがわかった。また、トロミ剤を添加する液体の温度の違いによっても物性が変化するため、トロミ剤の使用には添加量、温度について十分配慮する必要があることが示唆された。

緒 言

脳卒中の後遺症として、急性期では約30%の患者が嚥下障害になり、慢性期においても5~10%の患者が嚥下障害の症状を呈するとの報告がある¹⁾。厚生労働省の鈴木一夫の研究班による調査報告では、2005年度の脳卒中の患者数は272万7千人であるが、2020年には287万7千人へと増加が予想されている。このことから、今後10年以上は嚥下障害者の増加が予想される。

嚥下障害患者は、低栄養、脱水、誤嚥性肺炎のリスクを有することが知られている²⁾。この3つのリスクのうち脱水は、液体の咽頭通過速度が速いことで誤嚥を引き起こし、その結果、水分摂取を制限してしまうために生じる。このような液体による誤嚥や脱水を防ぐためには、咽頭通過速度を抑えることが重要であり、液体にトロミをつけて対応する³⁾。

嚥下障害患者向けの液体にトロミをつける製品として、トロミ調製食品（以下トロミ剤）が1990年代から市場に出回り始めた。現在では二十種類以上ものトロミ剤が上市されており、病院、施設、在宅等で幅広く使用されている¹⁾。トロミ剤は、原料によりその特性も異なるが、詳細に比較検討された報告は少ない。

そこで本研究では、トロミ剤が幅広い温度の水分補給に使用されていることから、温度による物性の比較検討を試みた。また、併せて飲み込みやすい物性の基礎的な研究として、健常者に対するの官能評価を試みた。

方 法

1. 試料

市販されているトロミ剤は、発売された時期によって3つの種類に分類することができる。初期のトロミ剤は主に1991年頃から発売され、デンプンを主原料とした第1世代のトロミ剤、次に1994年頃から発売され、グァーガムを主原料とする第2世代のトロミ剤、2000年頃から発売され、キサンタンガムを主原料とする第3世代のトロミ剤の3世代に分類される（表1）。

この3つの世代から第1世代のもの1種類、第2世代のもの1種類、第3世代のもの2種類の市販トロミ剤を実験に用いた。用いたトロミ剤は、第1世代としては、トロメリン顆粒（株式会社三和化学研究所）以下「第1世代」、第2世代としては、スカイスルー（キッセイ薬品工業株式会社）以下「第2世代」、第3世代としては、つるりんこQuickly（株式会社クリニコ）以下「第3世代①」、ネオハイトロミールⅢ（株式会社フードケア）以下「第3世代②」を用いた。

今回の実験では、蒸留水に対するトロミ剤の影響について検討した。トロミ剤を添加する蒸留水は、広い温度帯での試験を行うため、5℃、20℃および65℃のインキュベータに入れておいた3種の温度のものを準備した。トロミ剤は、蒸留水に少しずつ入れながら、ティースプーンを用い2回/秒の速度で15秒間手動で攪拌した。ダマができた場合は取り除き、この試料を直径40mm、高さ15mmのシャーレに充填し、再度所定温度のインキュベータに入れ、トロミ剤を添加後1、5、10、15、20、30および60分の試料をクリープメータ〔山電（株）RE2-3305B〕を用いて経時的に測定した。測定条件としては、直径20mmのプランジャーで、クリアランス5mm、圧縮速度1mm/secの定速2回圧縮で物性測定を行った。得られた波形より、かたさ、凝集性、付着性を算出した。かたさ、凝集性、付着性の比較は30分後のデータを用いた。

2. 官能評価

第3世代①の市販トロミ剤を用い、順位法による官能評価を県立広島大学健康科学科の学生15名を対象として行った。試料としては、蒸留水に0、0.5、1.0、2.0、3.0%（w/w）濃度のトロミ剤を添加したものをを用いた。かたさの目安としては、0%が「水」、0.5%が「トマトジュース」、1.0%が「ごまだれ」、2.0%が「とんかつソース」、3.0%が「ヨーグルト」程度のものである。第3世代①のトロミ剤を添加した試料の物性については、表2に示す。この5種類の試料を、順位効果を配慮するため、ラテン方格の方法に従い並べた。試料は、プラスチック製のミニカップに50mlず

表1 主な市販トロミ剤の分類

分類	製品名	発売年
第1世代	トロメリン	1991
	ムースアップ	1995
	エンガード	1996
	トロメリン顆粒*	1998
第2世代	スルーソフトS	1994
	トロミアップA	1999
	スカイスルー*	2000
	ハイトロミール	2000
第3世代	ソフティア1	2000
	トロメリンHi	2002
	スルーキング	2002
	つるりんこ	2003
	トロミパーフェクト	2005
	つるりんこQuickly*	2005
	トロメイクSP	2006
	ネオハイトロミールⅢ*	2006

*今回の実験で使用したトロミ剤

表2 第3世代のトロミ剤を添加した試料の物性

濃度 (w/w%)	試料		
	かたさ (N/m ²)	凝集性	付着性 (J/m ³)
0	84	0.940	11.7
0.5	115	0.951	13.9
1.0	128	0.962	19.8
2.0	197	0.928	48.6
3.0	256	0.941	69.7

つ入れ、一口量はティースプーン1杯分とした。試料の温度は、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ にし、姿勢は椅子に座った状態で、部屋は室温 20°C に設定し、評価は1人ずつ行った。評価項目は、飲み込みやすさ、べたつき感、総合評価の3項目について行い、それぞれ最も飲み込みやすい、最もべたつきが少ない、最も好ましいの各評価を1位として5位まで順位づけを行った。

集計・解析にはSPSS13.0を用い、順位の違いはFriedman検定を行い、試料間の順位合計の差はWilcoxonの符号付き順位検定により検定した。

結 果

1. 常温におけるトロミ剤の物性

(1) 経時的な変化

20°C の水に第1世代、第2世代、第3世代①、第3世代②のトロミ剤を、それぞれ4.0%、2.5%、2.5%、1.5%添加すると、30分後のかたさが約 220N/m^2 になった。その時のかたさの経時変化を図1(a)に示した。トロミ剤の経時変化は、トロミ剤を添加したときを0分とし、その後1、5、10、15、20、30、60分経過したときの結果である。

この結果から、どの世代のトロミ剤もかたさは、類似した経時変化を示した。また、このときの凝集性と付着性の経時変化を見た場合、凝集性は、すべてのタイプにおいて1分後が高いものの5分後以降はほぼ一定であり(図1(b))、付着性は、かたさと類似の挙動を示したが、第2世代のトロミ剤については、他のトロミ剤と比較して付着性が高く、時間が経つにつれさらに付着性が増した(図1(c))。

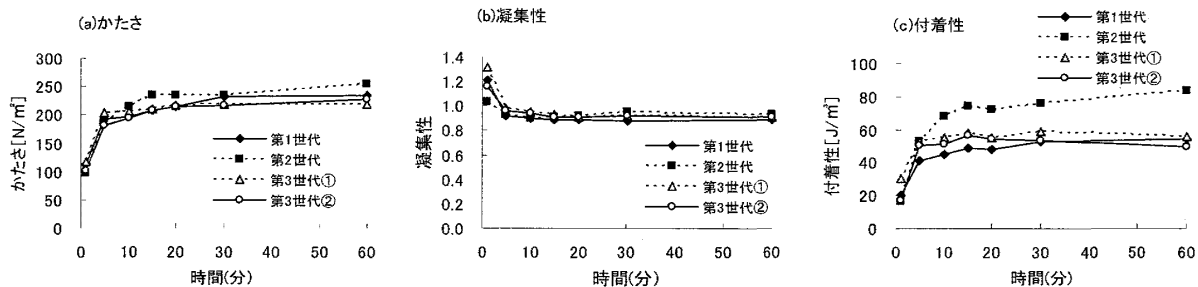


図1 市販トロミ剤の経時変化 (20°C の場合)

(2) 添加濃度の違いによる物性比較

図2に市販トロミ剤の添加濃度と30分後のかたさ、凝集性、付着性を示した。

この結果から、第1世代は他のトロミ剤に比べ、同じかたさを得るのに多くの添加量を必要とすることが分かる。第2世代は2.5%まで第3世代①とほぼ同じかたさを示しているが、添加濃度が増すと急にかたさが上昇するという特徴があった。また、2006年に発売された第3世代②は、同じかたさを得るのに少ない量でかたくなった。凝集性は、すべてのトロミ剤で $0.85 \sim 0.95$ の範囲で、添加量が増すほど低下する傾向があった。付着性は、かたさと同様の挙動を示した。

2. 温度の違いによる物性比較

トロミ剤添加30分後の市販トロミ剤のかたさに及ぼす温度の影響を図3に示す。どのタイプにおい

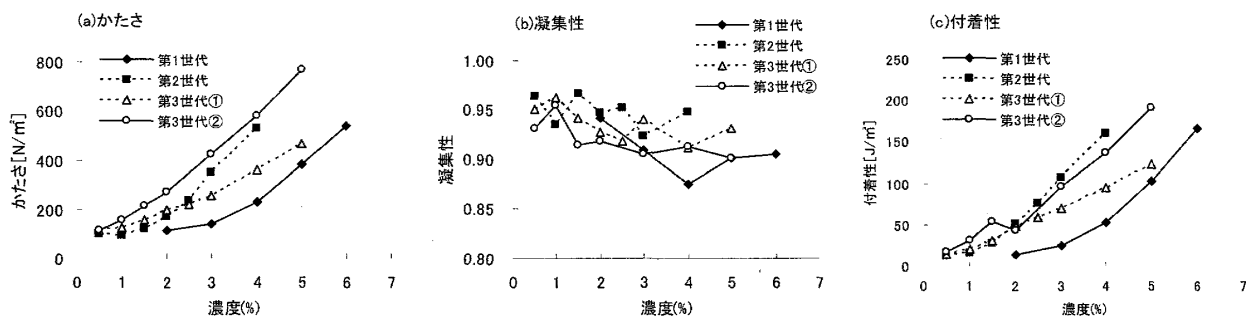


図2 市販トロミ剤の添加30分後の物性 (20°Cの場合)

でも程度には差があるものの、温度が低くなるほどかたくなり、高くなるほどやわらかくなる傾向が見られた。また、この傾向はトロミ剤の添加濃度が高くなるほど顕著になる。特に、第1世代、第2世代での、高い温度のかたさは、20°Cと比べて著しくやわらかかった。凝集性は温度による差がほとんど無く、付着性はかたさと同様の挙動を示した。

3. 官能評価の結果

かたさが異なる5つの試料の官能評価結果を図4に示した。Friedman検定により、「飲み込みやすさ」、「べたつき感」、「総合評価」の全ての項目において、5つの試料間での差が認められた ($p < 0.01$)。

飲み込みやすさは、0.5%、1.0%が飲み込みやすく、2.0%、3.0%と濃度が増すほど飲み込みにくい結果であった。試料間の差を検定した結果、0.5%と1.0%は、3.0%と比べて有意に飲み込みやすかった ($p < 0.05$)。トロミ剤を添加していない水 (0%) は、トロミ剤を0.5%、1.0%添加したものより飲み込みにくい傾向を示した。

べたつき感は、濃度が増すほどべたつきがあり、全ての試料間に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。

総合評価は、飲み込みやすさと同じ傾向がみられ、3.0%に比べて0.5%、1.0%は有意に総合評価が高いと認められた ($p < 0.05$)。

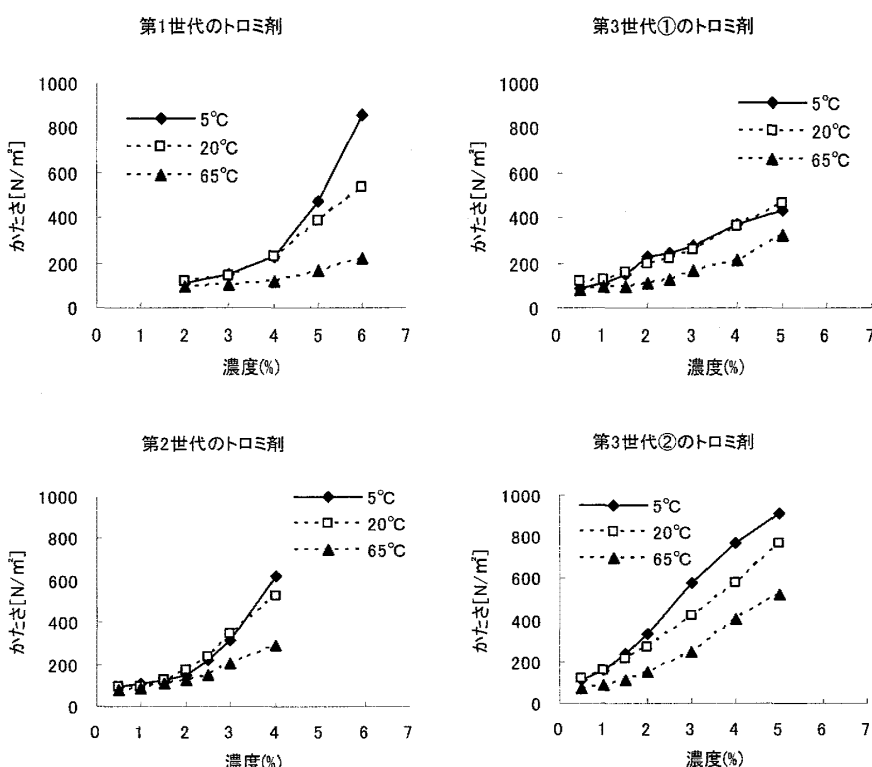
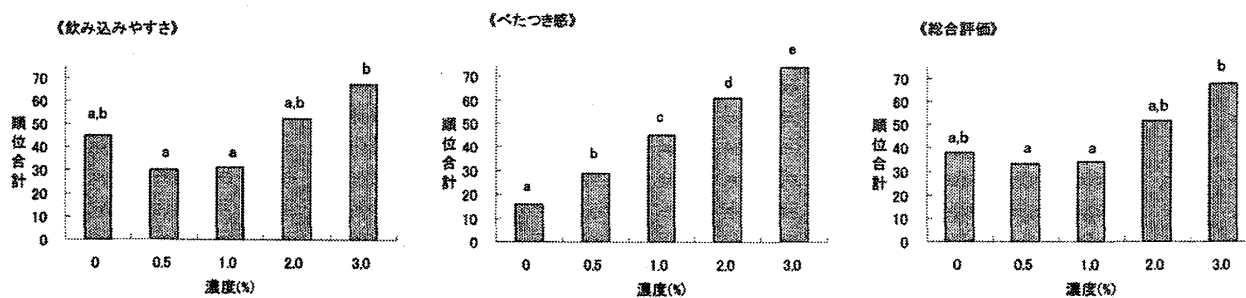


図3 市販トロミ剤のかたさに及ぼす温度の影響



※0%：水、0.5%：トマトジュース状、1.0%：ごまだれ状、2.0%：とんかつソース状、3.0%：ヨーグルト状
 ※飲み込みやすさ…順位合計が小さいほど、飲み込みやすいことを示す。
 ※べたつき感…順位合計が小さいほど、べたつきが少ないことを示す。
 ※総合評価…順位合計が小さいほど、評価が高いことを示す。
 ※a～e：異なったアルファベット間には有意差があることを示す (P<0.05)。

図4 官能評価の結果

考 察

飲み物などの液体に添加し、咽頭通過速度を抑えるために使用されるトロミ剤であるが、現在二十種類以上ものトロミ剤が市販されており、その種類は年々増え続けている。この二十種類以上販売されているトロミ剤を発売年や原料によって、第1世代、第2世代、第3世代の大きく3つに分類し比較した。今回の研究に用いた市販トロミ剤は、多くの病院、施設等で使用されているものである。

トロミ剤を添加した液体（液体食品）の物性測定には、回転粘度計を用いて粘度の測定をする場合が多い⁴⁾が、本研究では、固形食品の物性として測定されるかたさ、凝集性、付着性でも液状食品の物性を測定することが可能であるのではないかと考え、この3つの物性を測定することにした。この3つの物性をみることにより、粘度とは異なった視点から液状食品の物性特性が得られる可能性があると考えた。かたさは、物質を変形させるのに必要な力、凝集性は、食品の形態を構成する内部的結合に必要な力、付着性は、食品の表面と他の物体（舌、歯、口腔等）の表面とが付着している引力に打ち勝つのに必要な力として測定される⁵⁾。かたさについては厚生省が定めた高齢者用食品群別許可基準でも用いられているものであり、凝集性、付着性については、嚥下障害者用の食品の物性を測定する場合にも頻繁に用いられている⁶⁾。

市販トロミ剤の第1世代、第2世代、第3世代に分類されるものは、トロミを発現する主原料が順にデンプン、グァーガム、キサンタンガムであることから、デンプン系、グァーガム系、キサンタンガム系ともいわれる。今回の実験の20℃における結果は、同じかたさ、付着性を得るのに第1世代で最も多くの量のトロミ剤を必要とし、逆に第2世代は少量でトロミがつく傾向がある。一般にグァーガムは、時間が経つにつれかたさが増すといわれるが、今回測定したグァーガムを主原料とする第2世代のトロミ剤は、それほど大きな経時的変化がみられなかった。しかし、他の世代のトロミ剤に比べ、同じかたさの時の付着性は高く、経時的変化がみられた。また、図2に示したように第2世代は、2.5%の濃度までかたさ、付着性とも直線的な増加を示すが、2.5%を越えると急激にかたさ、付着性が増す傾向がみられた。第3世代のかたさ、付着性は、①と②のいずれも濃度と直線的な比例関係がみられた。第3世代①は、濃度に対するかたさと付着性の傾きは緩やかであるが、第3世代②では、その傾きが大きかった。第3世代②は、透明感や味などからキサンタンガムが主原料と考えられるが、キサンタンガム系といわれる第3世代①と同じ濃度を添加すると2倍近くのかたさ、付着性を示した。すなわち、少量の添加量でトロミ付けができるということである。このことは、添加量が少なく済むため、味の変化が少なく安価であるなどの利点がある反面、わずかな添加量の違いで異なった物性

を示す。このことから、トロミの度合い調節が難しくなるといった欠点もあり、注意が必要である。最近では少量でトロミがつく製品が新商品として販売される傾向がある。以上のことから、物性の面からみるとトロミ剤の種類、添加量によってその物性は大きく異なっており、それぞれのトロミ剤の特性を良く理解し、選択する必要があることが分かった。

液体にトロミ剤を添加するとき、液体の温度は、お茶や味噌汁などの温かいものに使用する場合や、ジュースや牛乳、冷やしたお茶など冷たいものに使用する場合がある。しかし、温度の違いによる物性の比較はこれまでほとんど報告がない。今回の研究では、体温と20℃程度差の温度帯（冷たいものは15℃以下、温かいものは60℃以上）が嚙下反射を高めるという報告^{7,8)}を参考に、冷たいものは5℃、温かいものは65℃のインキュベータに入れ、20℃の場合との比較を行った。

グラフには示していないが、同じトロミ剤、同じ濃度で異なる3つの温度のかたさの経時的変化を比較すると、どの世代の市販トロミ剤においても、20℃と比べて、5℃では立ち上がりが遅く、65℃で立ち上がりがあった。凝集性は、いずれのトロミ剤においても1分を除き、経時的変化は温度による差はほとんど無く0.85~0.95付近であった。付着性は、かたさとほぼ同じ挙動を示した。トロミ剤添加30分後の添加濃度によるかたさの影響は、程度には差があるものの、どのタイプのトロミ剤においても20℃と比較して5℃のものでかたく、65℃でやわらかくなった。Huckabeeらの研究においても、冷たくした液体では粘度が上昇すると報告されている⁹⁾。また、蒸留水自体を5℃、20℃、65℃で物性を測定した場合、温度による物性の差は見られなかったため（5℃：かたさ89N/m²、凝集性0.931、付着性12.2 J/m³、20℃：かたさ84N/m²、凝集性0.940、付着性11.7 J/m³、65℃：かたさ81N/m²、凝集性0.937、付着性11.4 J/m³）、蒸留水自体の影響ではなく、トロミ剤が水の温度によって影響したと考えられる。

第1世代のトロミ剤に用いられているデンプンは加熱しなくてもトロミがつくように α 化デンプンを使用している。 α 化したデンプンを水分含量10~18%以下で保存すると老化しないが、水分含量30~60%で低温におくと分子相互の結合が生デンプンの状態のようにミセル状になり老化しやすい。5℃でかたくなったのは、 α 化したデンプンを水に溶かし低温で放置したため老化した可能性が考えられる。また、デンプンの α 化の進行に伴い粘度は上昇するが、デンプン粒が膨潤すると加熱などによりデンプン粒が破壊、分散され粘度が低下する。高温でやわらかくなったのは、 α 化されたデンプンを高温に放置したため粘度が低下し、それにしたがってかたさや付着性も低下したと考えられる^{10,11)}。また、今回用いた第1世代のトロミ剤は、水温が高くなるに従ってダマができやすく、ダマができた分のトロミ剤が蒸留水に溶解されなかったことも一つの要因として考えられる。

グァーガム、キサントガムなどの増粘多糖類の粘度の出現は、多糖が水和するその結果として溶液の粘度が高まる¹²⁾。このことから、本研究の結果を考察すると、溶液の温度が下がると水和能力が上昇し、温度が上昇すると水和能力が低下したと考えられる。またグァーガムは、現に冷水に容易に分散、水和して高粘度の水溶液を作ることが可能であるという報告がある。これは、主鎖のマンノースに非常に多くのガラクトース基が分岐しているため、分子鎖が互いに会合するのを防ぎ水が浸透するのを手助けすると考えられている¹³⁾。また、グァーガムは熱に対して弱く、高温にさらすと粘度が低下するとの報告がある^{12,13)}ため、この主原料の現象が市販トロミ剤においても出現したと考えられる。今回用いた第2世代のトロミ剤も、第1世代同様、水温が高くなるに従ってダマができやすく、このことも影響したと思われる。一方、キサントガムは、冷水にも熱水にも溶解し、親水コロイドを作る。そのため10~90℃の間では、他のガムの性質とは異なり加熱による粘度変化はあまりみられない。これは分子構造上、側鎖が多いためである¹³⁾。キサントガムを主原料とする第3世代①において、温度によるかたさ、付着性差が他のトロミ剤と比較して小さかったのは、このためであると考

えられる。しかし、第3世代②においては、第1世代①と比較して大きなかたさ、付着性の差がみられた。これは、キサンタンガム以外の粘度を発現する原料が使用されている可能性があり、その原料の影響が考えられる。これらの結果から、温度により物性は異なるため、トロミ剤を使用するときは温度による物性への影響も配慮する必要があることが示唆された。

トロミ剤の添加濃度や温度によって物性が変化することは分かったが、トロミ剤を液体に混ぜて使用するとき、どの程度のトロミが飲み込みやすいのか明らかになっていない。そのため、現在最も使用され販売されている第3世代のトロミ剤（第3世代①）を用いて、濃度（物性）の異なる水の試料を作成し、官能評価を行った。飲み込みやすさ、べたつき感、総合評価の結果を比較した。Pearsonの相関係数により相関係数を求めると、べたつき感と飲み込みやすさの間に正の相関 ($r=0.684$, $p<0.01$) があり、飲み込みやすいものほどべたつき感が低く、飲み込みにくいものほどべたついた。飲み込みやすさと総合評価の間にも正の相関 ($r=0.964$, $p<0.01$) があり、飲み込みやすいほど総合評価が高くなり、飲み込みにくいものほど総合評価が低いことがわかった。また、べたつき感と総合評価の間にも正の相関 ($r=0.839$, $p<0.01$) があり、べたつきが少ないものほど総合評価が高く、べたつきがあるほど総合評価が低かった。トロミ剤の添加濃度1.0%以上の試料においては、べたつくものほど飲み込みにくくなり、総合評価が低い。しかし、0%の水においては、0.5%および1.0%のものとは比べ、べたつき感が少ないと評価されているにも関わらず飲み込みにくく、総合評価も低く評価された（図4）。これは、一般的に高齢者など嚥下機能が低下した人で、水などのサラリとした液体が飲み込みにくいといわれることと関係していると思われる。嚥下機能が正常な人であっても、水が口腔内でまとまりにくく、保持することが難しい物性であるということが分かった。

これらのことから、有意差はないものの嚥下障害のない健常者に対して、飲み込みやすいトロミとは、水よりも少しトロミがつき、べたつき感の少ないトマトジュースやごまだれ状のものが好ましいといえる。

今回用いた市販トロミ剤0.5~1.0%の物性は、かたさ $115\sim 128\text{N/m}^2$ 、凝集性 $0.951\sim 0.962$ 、付着性 $13.9\sim 19.8\text{J/m}^3$ であり、この物性が健常者にとって好ましかった。この結果は、嚥下障害のない人に対してであるが、実際使用する必要があるのは、高齢者であるため、今後同じ官能評価を高齢者においても行う必要がある。

文 献

- 1) 『2006年版 高齢者/病者用食品市場総合分析調査』、株式会社 シード・プランニング、東京、9-71、2006
- 2) 道 健一、道脇幸博：『Logemann摂食・嚥下障害』、医歯薬出版株式会社、東京、2-10、2000
- 3) 江頭文江：嚥下食の考え方と工夫、『セミナーわかる！摂食・嚥下リハビリテーション3巻 栄養管理と障害へのアプローチ』、医歯薬出版株式会社、東京、92-103、2006
- 4) Jane Mertz Garcia, PhD, Edgar Chambers IV, PhD, Ziad Matta, Megan Clark, MS : Viscosity Measurements of Nectar- and Honey-thick Liquids : Product, Liquid, and Time Comparisons, *Dysphagia*20 : 325-335, 2005
- 5) 森 友彦、川端晶子：『食品のテクスチャー評価の標準化』、株式会社光琳、東京1-25、1997
- 6) 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)、60-69、2006

- 7) 藤谷順子、金谷節子、林 静子：『改訂新版 嚥下障害食のつくりかた』、株式会社日本医療企画、17-26、2004
- 8) 金谷節子&聖隷三方原病院栄養科スタッフ：『聖隷三方原病院栄養科の大いなる挑戦「病院食事革命」』、女子栄養大学出版部、126-128、1998
- 9) Huckabee ML, Pelletier CA: Management of Adult Neurogenic Dysphagia. San Diego, CA : Singular, 1999
- 10) 高橋禮治：『でん粉製品の知識』、株式会社幸書房、35-89、1996
- 11) 山崎清子、島田キミエ、渋谷祥子、下村道子：『新版調理と理論』、株式会社同文書院、144-148、2005
- 12) 國崎直道、佐野征男：『食品多糖類-乳化・増粘・ゲル化の知識』、株式会社幸書房、10-178、2001
- 13) 西成勝好、大越ひろ、神山かおる、山本 隆：『食感創造ハンドブック』、株式会社サイエンスフォーラム、315-330、2005

Abstract

Effects of Temperature on the Physical Properties of Various Commercial Thickening Agents for Dysphagia

Ayako Deto, Yoshie Yamagata, Jun Kayashita

In this study, we compared the physical properties of water of various temperatures to which four kinds of commercial thickening agents had been added. We also evaluated the sensory evaluation of water with the commercial thickening agents. Compared to water of normal temperature, cold water indicated higher hardness and adhesiveness, while hot water indicated lower hardness and adhesiveness when commercial thickening agents were added. Samples with lower stickiness were estimated to be easier to swallow in sensory evaluations in healthy persons. However, the sensory evaluations indicated more ease in swallowing liquid with tomato juice-like physical properties than water. We found that the various commercial thickening agents had various physical properties and different estimated sensory evaluations depending on the amounts added to water. These results suggested that we have to carefully consider how to use commercial thickening agents because their physical properties can change according to the amounts used and the water temperature.