

## 嚥下困難者用介護食のテクスチャーと嚥下特性に対する塩類の影響

熊谷 仁, 秋間 彩香

共立女子大学家政学部食物栄養学科

**概要** 咀嚼・嚥下機能低下による誤嚥を起こす高齢者が増加しており、嚥下困難者用介護食(以下、介護食)の需要が高まっている。介護食には軟らかくまとまりやすい物性のものがよいとされ、ゲル化剤を用いて調製されているものが多い。介護食に用いられるゲル化剤には、ゼラチンや、 $\kappa$ -カラギーナンなど高分子電解質のものが多く、それらテクスチャーは金属塩添加によって大きな影響を受ける可能性が高い。

よって、金属塩添加と物性挙動に関する知見は、介護食のテクスチャーデザインを行ううえで重要である。本研究では、複数のゲルを用いて、塩添加がゲルのテクスチャーに及ぼす影響に関して検討を行った。

ゲル試料としては、 $\kappa$ -カラギーナン(以下、CA)、ゼラチン、ローカストビーニングガム・キサントガム混合ゲル化剤(以下、LOXA)を用いた。添加金属塩に関しては、一価の金属塩としてNaCl、二価の金属塩としてCaCl<sub>2</sub>を用いた。テクスチャーの評価法としては、レオメータを用いてTPA(Texture Profile Analysis)試験および単軸圧縮による破壊試験を行った。TPA試験は、厚生労働省の「えん下困難者用食品の許可基準」の試験方法に準拠して行い、かたさ(hardness)、付着性(adhesiveness)、凝集性(cohesiveness)を求めた。また、破断試験から破断荷重と破断歪みを求めた。

CAの硬さは、NaCl、CaCl<sub>2</sub>の少量添加により増し、添加濃度が増すと低下した。ゼラチンの硬さは、NaCl添加では変化せず、CaCl<sub>2</sub>では添加濃度が増すと低下した。LOXAの硬さは、塩の少量添加により増したが、添加濃度が上がるとCaCl<sub>2</sub>に関しては低下、NaClに関しては変化しなかった。全てのゲルに関して、凝集性は、塩添加により0.2~0.4まで低下し、添加濃度が増すと増加した。破断強度測定に関しては、NaClの高濃度添加により、CA、LOXAでは、低荷重、低歪みでゲルが破壊するようになった。ゼラチンでは、破断荷重と破断歪みに変化は見られなかった。CaCl<sub>2</sub>添加の場合、いずれのゲルについても低荷重、低歪みでゲルが破壊した。

以上、添加する金属塩の種類や量を調整することにより、多様なテクスチャーを有するゲルの調製が可能であることが確認された。

### 1. 研究目的

近年食物の嚥下時に食塊が気管から肺へと到達する“誤嚥”をする高齢者が増加している。よって、ゲル化剤や増粘剤を用いた嚥下困難者用介護食(以下、介護食)の開発が行われている。介護食には軟らかくまとまりやすい物性のものがよいとされ、増粘剤やゲル化剤などを用いて調製されているものが多い。また、介護食に用いられるゲル化剤には、ゼラチンや、 $\kappa$ -カラギーナンなど高分子電解質のものが多くみられる。

介護食として適した食品物性の基準化も試みられてい

る。2009年に、厚生労働省は、「えん下困難者用食品」の基準を策定した(2010年に消費者庁に移管)<sup>1,2)</sup>。この新基準では、従来からある2バイトテクスチャー試験(TPA; Texture Profile Analysis)が採用されている<sup>3,4)</sup>。TPA試験では、円筒形の試料の上部にレオメータに装着した平らなプランジャーを当てて一定の速度(測定速度)で2回圧縮し、応力 vs. 歪みの関係を測定する。そして、1回目の圧縮ピークの高さがかたさ(hardness)、その直後の引っ張り過程の負の応力を示すピーク面積が付着性(adhesiveness)、2回目の圧縮ピークと1回目の圧縮ピー

クの面積比が凝集性 (cohesiveness) と定義される。評価基準には硬さ(「えん下困難者用食品」の基準では硬さという漢字が用いられている)、付着性、凝集性の3つのパラメータに関して、許可基準I(重度の障害者用)から許可基準III(軽度の障害者用)までそれぞれの範囲が設定されている<sup>1,2)</sup>。一方、日本介護食品協議会が認定している「ユニバーサルデザインフード(以下 UDF)」においては、ゲルおよびゾルに関してかたさの上限値、ゾルに関しては粘度の下限値が設定されている。このように、嚥下困難者用の基準は様々で、統一化されていない。嚥下障害者にどのような物性の食品が適しているかは非常に難しいが、物性の選定、数値化は重要な問題である。しかし一方で、作られた基準に合致した物性の介護食を調製するテクスチャーデザインを行うことも重要である。

金属塩は、高分子電解質と多様な相互作用をし、ゲルや増粘剤溶液など食品ハイドロコロイドの物性に大きな影響を与える。しかし、ハイドロコロイドのべたつきや食塊のまとまりやすさと対応する大変形の力学特性・テクスチャーや嚥下特性に対する金属塩の影響は明らかではない。本研究では、電解質高分子から調製される食品ハイドロコロイドや介護食品のテクスチャーに金属塩の与える影響に関して検討を行った。

## 2. 研究方法

### 2.1 テクスチャー測定

#### 2.1.1 TPA 試験

TPA 測定では、Fig. 1 に示すように、円筒形の試料の上部にレオメータに装着した平らなプランジャーを当て上

下して試料に大変形を与え、応力 vs. 歪みの関係を測定する。そして、1 回目の圧縮ピークの高さ  $H$  がかたさ (hardness)、その直後の引っ張り過程の負の応力を示すピーク面積  $B$  が付着性 (adhesiveness)、2 回目の圧縮ピークと 1 回目の圧縮ピークの間面積比  $A_2/A_1$  が凝集性 (cohesiveness) と定義される。付着性はべたつき、凝集性はまとまりやすさの指標とされる。

本研究において、実際の TPA 試験は、厚生労働省の「えん下困難者用食品」の基準の測定方法に準拠して行った。直径 40 mm のステンレス製のシャーレに高さあるいは深さ 15 mm に充填した試料を、直径 20 mm、高さ 8 mm の樹脂製円柱型プランジャーを用いてクリアランス 5 mm (変形率 66.6%)、プランジャー速度 10 mm/s で試料の中心部を 2 回連続圧縮した。得られたテクスチャー曲線から、かたさ、付着性、凝集性を算出した。装置としては、(株)山電(東京)社製のレオメータ“レオナー RE2-33005C”を用いた。

#### 2.1.2 破断試験

破壊試験は、Fig. 2 に示すようにプランジャーにより試料を一定速度で圧縮し、そのときにかかる破断荷重と歪みの関係を求めるものである。ゲルなどの固体試料が破壊すると図のように破断曲線にピークが生じる。最初に得られたピークを破断点とし、そのときの荷重の値を破断荷重、歪みの値を破断歪みとする。

破断試験においても、レオメータとしては、山電社製 RE2-33005C を用いた。測定は、直径 55 mm、高さ 8 mm の樹脂製円柱型プランジャーを用いて、測定速度 1 mm/s で、歪み 90.0%で行った。

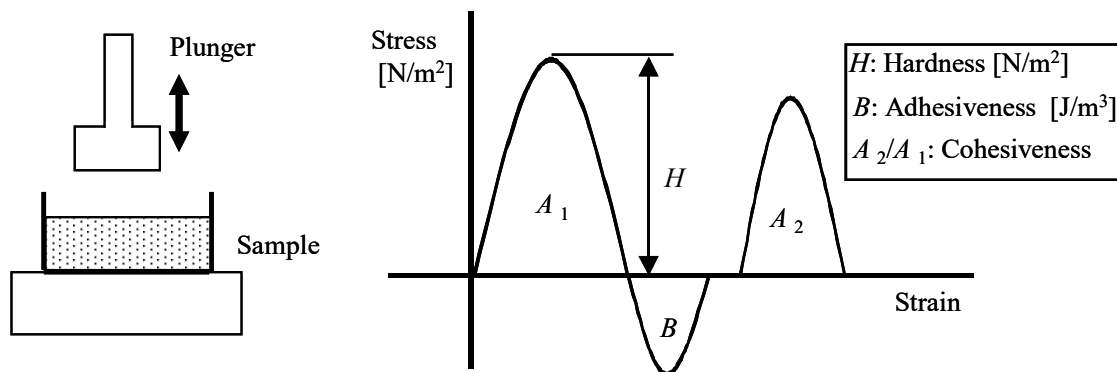


Fig. 1. Texture Profile Analysis

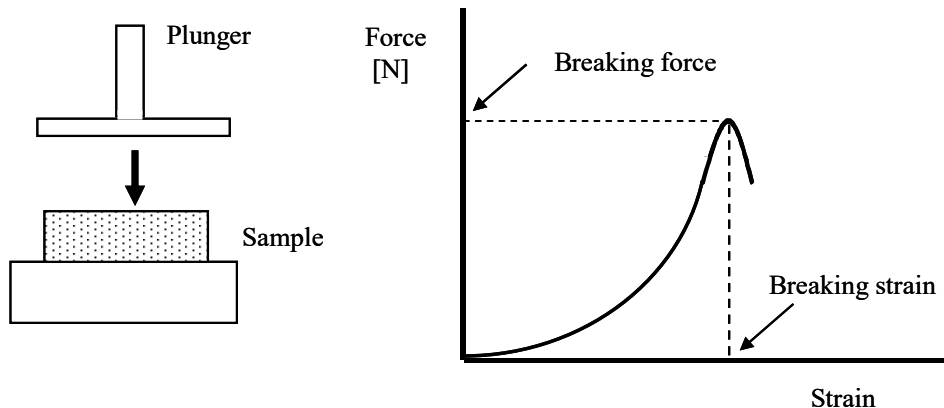


Fig. 2. Rupture Test

## 2. 2 試料

ゲル化剤として、壊れにくいゲルを形成する、κ-カラギーナン(以下、CA)、なめらかな食感のゲルを形成するゼラチン、弾力に富んだ、壊れにくいゲルを形成するローカストビーンガム・キサントランガム混合ゲル化剤(以下、LOXA)を用いた。

添加する金属塩としては塩化ナトリウムと塩化カルシウムを用いた。

## 3. 研究結果

### 3. 1 TPA 試験

Fig. 3 に TPA 試験から求められる硬さの測定結果を示す。図の左側は塩化ナトリウム、右側は塩化カルシウムを添加した図である。CA のかたさの値は、塩化ナトリウム、塩化カルシウムの少量添加により 10 倍以上増加したが、さらに添加濃度が増すにつれて低下した。ゼラチンの硬さの値は、塩化ナトリウム添加では変化がほとんど見られなかったが、塩化カルシウム添加では添加濃度が増すことで低下した。LOXA の硬さの値は、塩化ナトリウム、塩化カルシウム共に少量添加により 10 倍程度まで値が増加し、その後添加濃度を増すと塩化ナトリウムでは変化が見られず、塩化カルシウムでは低下した。つまり、いずれのゲルにおいても、添加塩濃度の増加によりかたさの値が増加し、さらに高濃度になると低下する傾向がみられた。これは、塩添加により高分子電解質間の架橋点(junction zone)は増えるが、塩濃度が高くなるとイオンによる電荷遮蔽効果によってかたさの値が低下するためと考えられる<sup>9)</sup>。

国の「えん下困難者用食品」の基準においては「硬さ」

の範囲が、許可基準Iでは  $2.5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>、許可基準II(中程度の障害者)で  $1 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>、許可基準IIIで  $3 \times 10^2 \sim 2 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup> と設定されている<sup>1, 2)</sup>。Fig. 3 から、塩添加によって各ゲル、特に CA のかたさの値は、許可基準の範囲に制御可能なことがうかがわれる。

Fig. 4 に TPA 試験から求められる付着性の測定結果を示す。CA の付着性の値は、かたさと同様に、塩化ナトリウム、塩化カルシウムの少量添加によって 10 倍以上増加したが、さらに添加濃度が増すにつれて低下した。LOXA、ゼラチン、LOXA に関しては、金属塩の添加による付着性の大きな値の変化は見られなかった。

国の「えん下困難者用食品」の許可基準Iにおいても付着性の設定範囲は 400 J/m<sup>3</sup> 以下である<sup>1, 2)</sup>。Fig. 4 から、塩添加によって、ゲルの特に CA の付着性値は、許可基準の範囲に制御可能なことが確認できる。

Fig. 5 に TPA 試験から求められる凝集性の測定結果を示す。いずれのゲルにおいても、塩化ナトリウム、塩化カルシウムの少量添加によって 0.2~0.4 付近まで凝集性が低下し、さらに添加濃度が増すにつれて値が増加した。

「えん下困難者用食品」において凝集性の範囲は、許可基準Iでは 0.2~0.6、許可基準IIでは 0.2~0.9 に設定されている(許可基準IIIでは凝集性の範囲は設定されていない)<sup>1, 2)</sup>。今回使用したゲル化剤では、塩添加により凝集性の値を 0.2~0.8 程度まで変化させることができた。

### 3. 2 破断試験

Fig. 6 に破壊試験から求められた破断荷重と破断歪みの関係を示す。CA に関しては、塩化ナトリウム、塩化カルシウム共に、少量添加によって破断荷重が高くなり破断歪

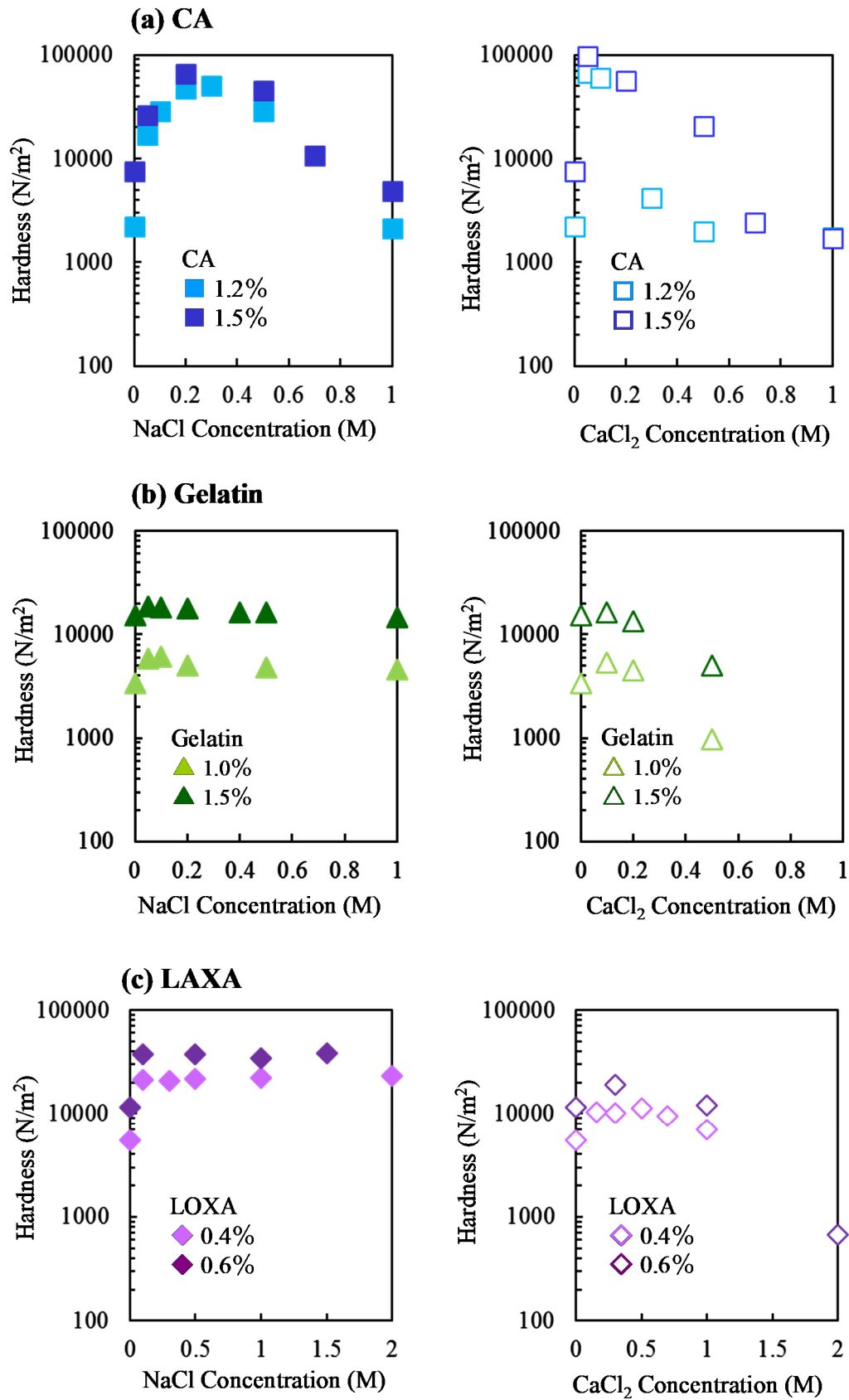


Fig. 3. Hardness of Gels

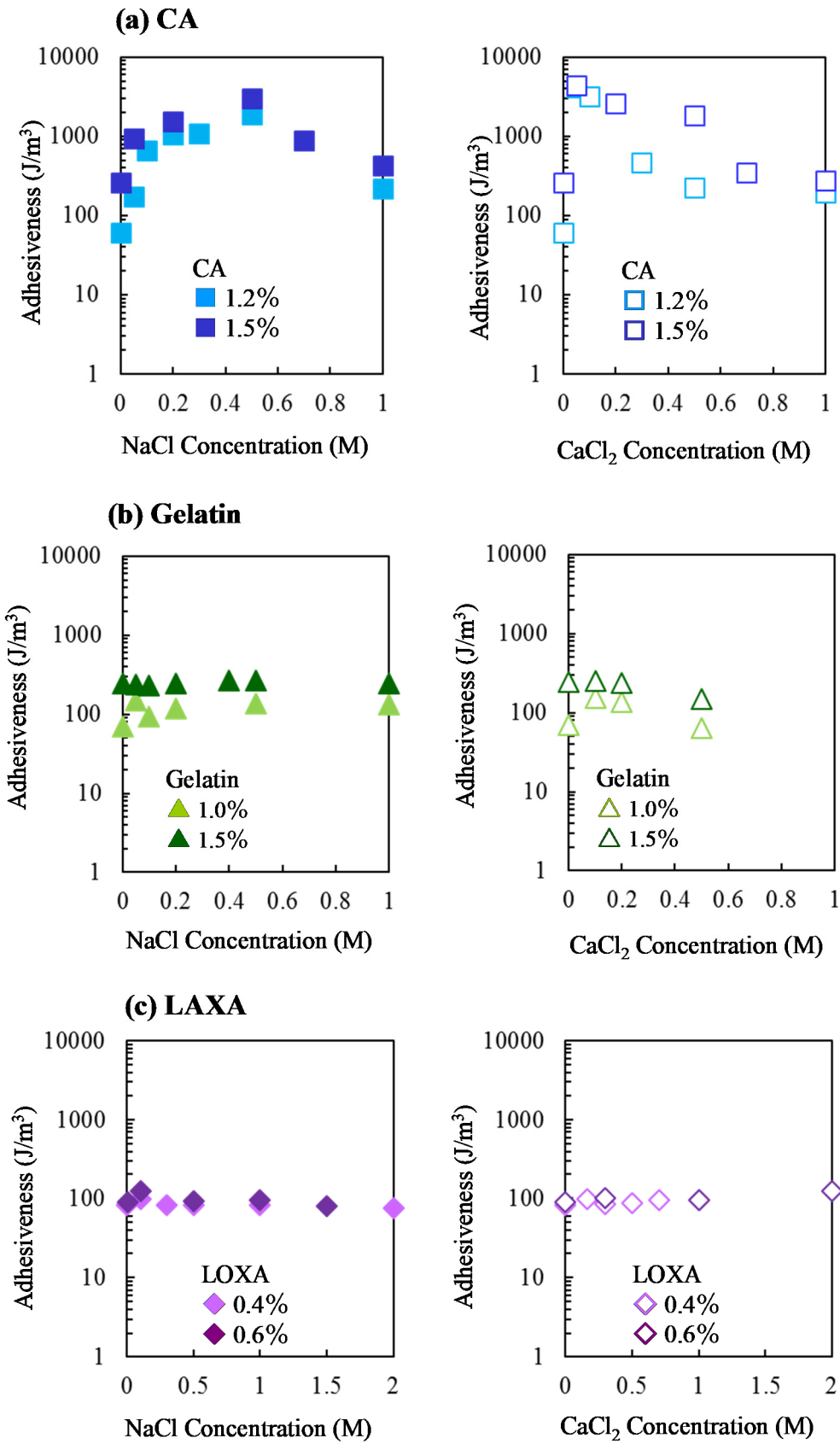


Fig. 4. Adhesiveness of Gels

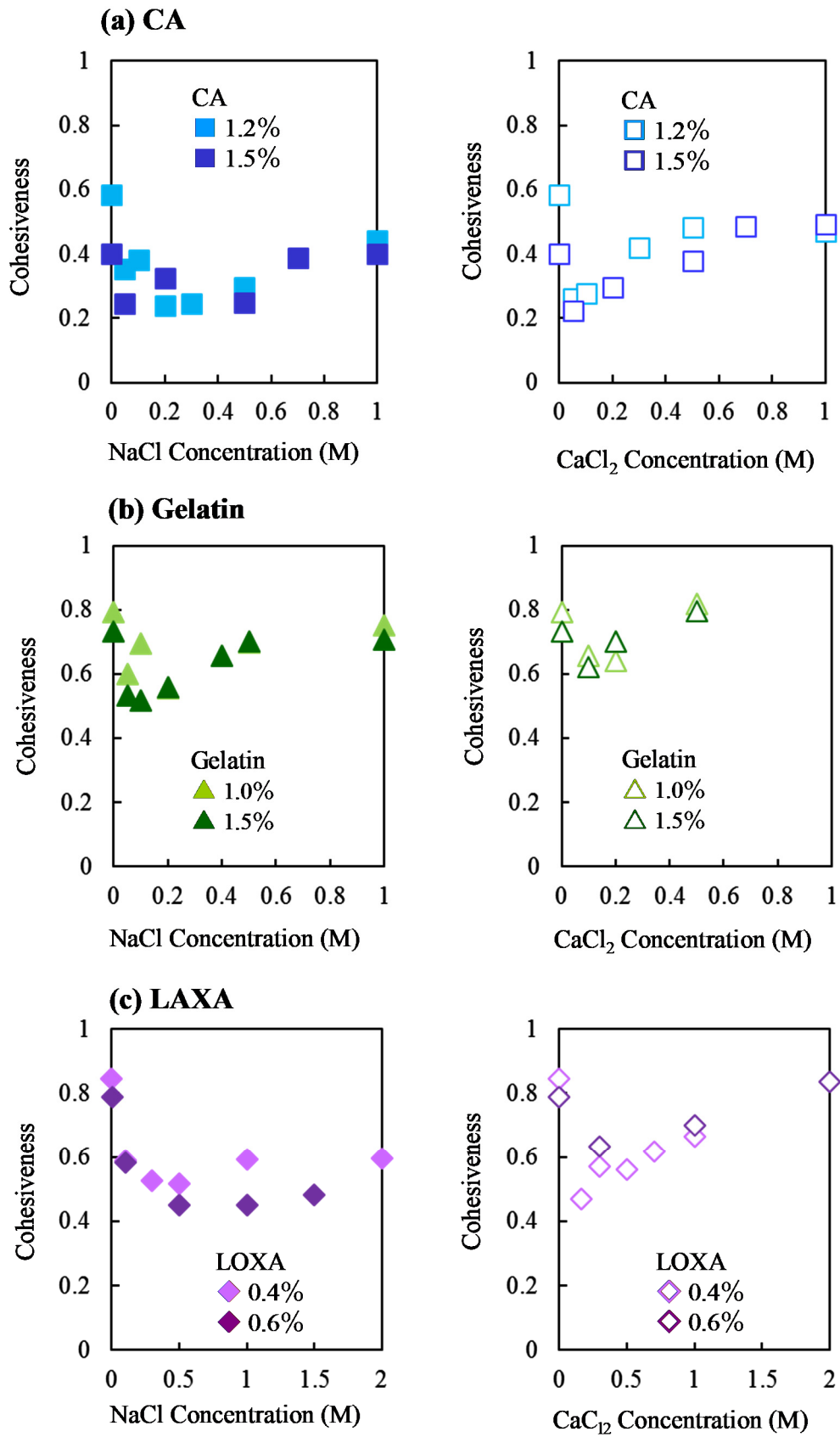


Fig. 5. Cohesiveness of Gels

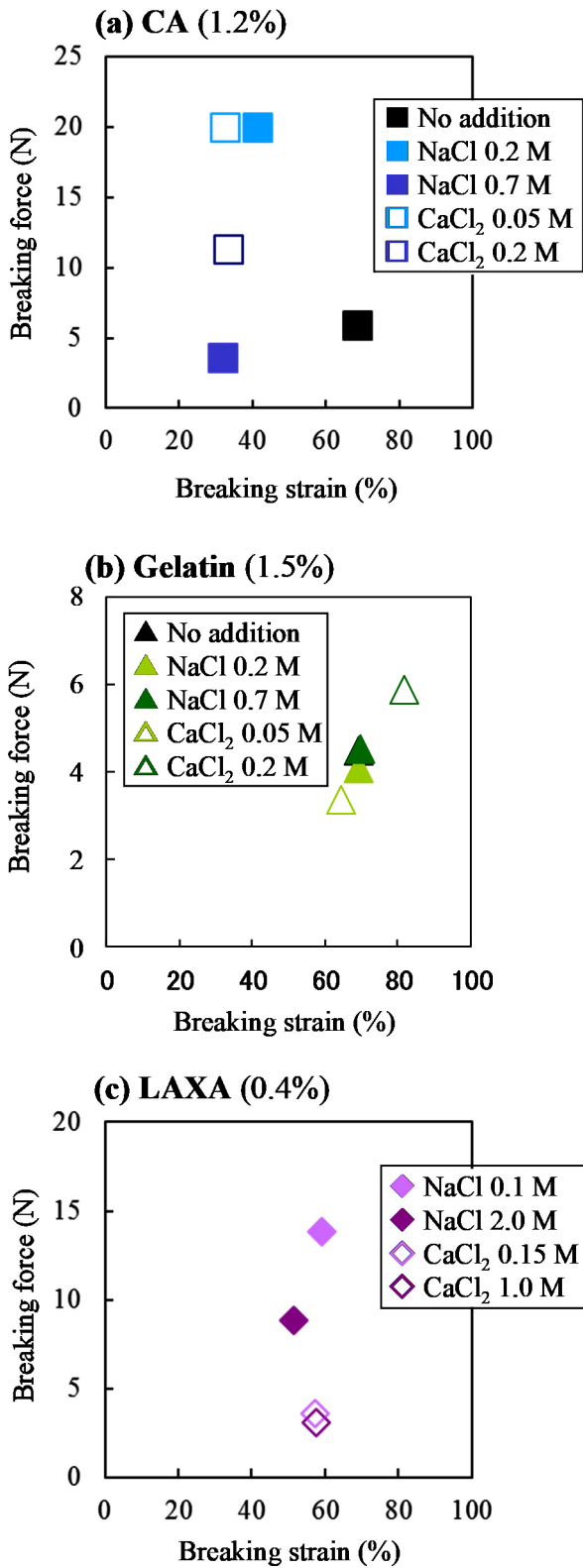


Fig. 6. Relation between Breaking Force and Breaking Strain for Gels

みは低下し、硬くてもろいゲルに変化することが確認された。さらに金属塩の添加量が増加すると、破断荷重は低下し、やわらかく壊れやすいゲルに変化した。ゼラチンに関しては、塩化ナトリウム添加では破断荷重と破断歪みの変化はなく、塩化カルシウムの添加によってよりやわらかいゲルに変化した。LOXA は、無添加では弾力があり壊れにくいため明確な破断点は見られなかったが、金属塩の添加によって壊れやすいゲルに変化した。

TPA 試験から得られる凝集性は、嚥下困難者用食品の“まとまりやすさ”の指標として採用されている。嚥下困難者用食品に求められる“まとまりやすさ”とは、摂食時の食塊形成のしやすさ、食塊のまとまりやすさ(食塊がばらばらになりにくいこと)である。ただ、TPA 試験から求められる凝集性は、第2のピーク面積  $A_2$  と第1ピークの値  $A_1$  の比である。破壊されやすい試料に関しては、第2のピーク面積  $A_2$  が第1ピークの値  $A_1$  に比べて小さくなるので、凝集性の値は小さくなる。こうした破壊しやすいものを“まとまりにくい”食品として凝集性の値から評価することは妥当そうである。塩添加により破壊しやすくなる (Fig. 6) と、凝集性の値の低下する (Fig. 5) 傾向がうかがわれる。

#### 4. まとめ

本研究では、複数のゲルを用いて、塩添加がゲルのテクスチャーに及ぼす影響に関してより検討を行った。その結果、添加する金属塩の種類や量を調整することにより、多様なテクスチャーを有するゲルの調製が可能であることが確認された。

#### 参考文献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知: 特別用途食品の表示許可等について (2009)
- 2) 熊谷仁, 谷米(長谷川)温子, 田代晃子, 熊谷日登美, 化学と生物, **49**, 610-619 (2011)
- 3) Pons, M., M.Fiszman S.; *J. Texture Stud.*, **27**, 597-624 (1996)
- 4) A. J. Rosenthal A.J.; *J. Texture Stud.*, **41**, 672-684 (2010)
- 5) 中川鶴太郎, 岩波レオロジー, 岩波全書 249, 岩波書店 (1978)

## Influence of Salts on the Textures and Swallowing Properties of Care Foods for Dysphagic Patients

Hitoshi Kumagai, Ayaka Akima

Kyoritsu Women's University

### Summary

With the advent of an aged society, the incident of dysphagia has increased. Thickeners or gelling agents are used in foods for dysphagic patients to enhance both the viscosity of and cohesion between food particles. For care foods for dysphagic patients, polyelectrolyte gelling agents such as  $\kappa$ -carrageenan and gelatin are often used, and thus their texture is likely to be greatly affected by the addition of metal salts. Therefore, knowledge on effect of metal salts on the behavior of physical properties is important in texture design of care foods for dysphagic patients. In this study, we investigated the influence of salt addition on the texture of polyelectrolyte gels. As a gel sample,  $\kappa$ -carrageenan (CA), gelatin, and locust bean gum and xanthangum mixed gel (LOXA) were used. NaCl and CaCl<sub>2</sub> were used as added metal salts. As a texture evaluation method, TPA (Texture Profile Analysis) test and rupture test by uniaxial compression were performed using a rheometer. The TPA test was conducted in accordance with the test method of Ministry of Health, Labor and Welfare's, "Indication permission of Food Safety Bureau and Department of Food Safety": The parameters of hardness, adhesiveness and cohesiveness were obtained. Further, from the fracture test, the breaking force and the rupture strain were determined. The hardness of CA was increased by the addition of a small amount of NaCl and CaCl<sub>2</sub>, and decreased by further addition of the metal salts. The hardness of gelatin did not change with addition of NaCl, and decreased with CaCl<sub>2</sub>. The hardness of LOXA was increased by the addition of a small amount of CaCl<sub>2</sub>, but it decreased at high concentration of CaCl<sub>2</sub> added: It did not change with NaCl. For all gels, cohesiveness decreased from 0.2 to 0.4 by salt addition. Regarding the breaking strength measurement, the gel was destroyed at low load and low strain in CA and LOXA due to the addition of high concentration of NaCl. For gelatin, there was no change in breaking force and rupture strain. With CaCl<sub>2</sub> addition, the gel fractured at low load and low strain in any of the gels. It was confirmed that by adjusting the kind and amount of the metal salt to be added, it is possible to prepare gels with various textures.