

## 減塩しても十分な食感が得られる漬物の硬さと塩味強度の関係について

石川 匡子

秋田県立大学生物資源科学部

**概要** <目的> 食塩は、野菜における脱水浸透作用など食感へ果たす役割も大きいいため、過度な減塩は味付けだけでなく食感へも影響を与える。そのため食感が良く、十分に塩味を感じられる減塩食品が求められている。通常、食品の食感の違いは、機器測定や官能評価が用いられる。しかし、機器測定では、ヒトの咀嚼挙動を忠実に再現しているに限らず、機器分析値と官能評価との結果に矛盾が生じる場合があり、実際にヒトがどの程度の力で咀嚼した際に食感の違いや味の違いを認識出来るのか、明らかにする必要があると考えた。本研究では、にがり成分含有塩にて浸漬した漬物を用い、機器測定に加え、面圧分布測定システムによりヒトの咀嚼時の咀嚼力変化を測定し、にがり成分が漬物の食感に与える影響について検討を行った。

<研究方法> にがり含有塩 3 種(高純度塩(粒径 300-600  $\mu\text{m}$ )に  $\text{MgCl}_2$  2%,  $\text{CaCl}_2$  2%,  $\text{MgSO}_4$  2%となるように添加)をダイコン表面に振りかけた後、1, 3, 6 時間静置した。所定時間経過したダイコンは、浸透せずにダイコン表面に残った塩を取り除いた後、重量測定し、浸漬前と浸漬後の重量変化から離水率を算出した。さらに物性測定装置を用いた破断強度測定、面圧分布測定システムによるヒト咀嚼時の咀嚼力測定を実施した。対照として、 $\text{NaCl}$  のみを添加し、比較検討を行った。

<結果および考察> 離水率測定の結果、いずれの浸漬時間においてもにがり含有塩で浸漬したサンプルは  $\text{NaCl}$  よりも大きな値を示した。浸漬から3時間経過後に復水現象が確認されたため、本研究では、6時間浸漬後のダイコンが十分に漬かった状態であると判断し、物性測定と面圧分布測定システムによる咀嚼力測定に用いた。物性測定の結果、高純度塩よりも、にがりコーティング塩で浸漬したサンプルの方が大きな破断強度を示す傾向にあり、 $\text{MgSO}_4 > \text{CaCl}_2 > \text{MgCl}_2 > \text{NaCl}$  の順となった。また、破断するまでに要した時間も、にがりコーティング塩で浸漬したサンプルの方が長くなる傾向にあった。一方、面圧分布測定システムによる咀嚼力測定の結果、5人の被験者のうち4人が、にがり含有塩で浸漬したサンプルの咀嚼力が大きな値を示した。中でも半数の被験者は  $\text{MgSO}_4$  含有塩で浸漬したサンプルに対して最大の咀嚼力を示した。以上の結果から、にがり成分は漬物の硬さに影響を与え、その食感の差をヒトは認識できる傾向にあることが示唆された。

### 1. 研究目的

食塩は、野菜における脱水浸透、肉や魚のタンパク質に作用し身を引き締める効果など、食感へ果たす役割が大きいいため、過度な減塩は、味付けだけでなく、素材の食感へも影響を与える。減塩が進まない理由には、食感の変化はもちろん、塩を減らしたことによる味の物足りなさがある。そのため食感が良く、十分に塩味を感じられる減塩食品が求められている。通常、食品のテクスチャー評価法

には、機器測定や官能評価が用いられる。しかし、機器測定では、ヒトの咀嚼挙動を忠実に再現しているに限らず、機器分析値と官能評価で得られるテクスチャーとが合致しないことも多い。実際にヒトがどの程度の力で咀嚼した際に食感の違いや味の違いを認識出来るのか、明らかにする必要があると考えた。近年では、面圧分布測定システムを用いたヒトの咀嚼力計測法が開発され、咀嚼時に感じられる食感の違いを数値化する研究が進んでいる<sup>1-5)</sup>。

申請者は、平成 27 年度研究助成においてにがり成分含有塩は浅漬加工時の漬け上がりを早める効果があることを確認した<sup>6)</sup>。本研究では、にがり成分含有塩にて浸漬した浅漬を用い、客観的方法である機器測定に加え、面圧分布測定システムによりヒトの咀嚼時の咀嚼力変化を測定し、にがり成分が漬物のテクスチャーに与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2. 1 にがり含有塩の調製

市販高純度塩を篩い分けし、得られた粒径 300~600  $\mu\text{m}$  の塩に、最終濃度が  $\text{MgCl}_2$  2%、 $\text{CaCl}_2$  2%、 $\text{MgSO}_4$  2%になるよう  $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgSO}_4$  溶液を添加した。それぞれの溶液が均一になるようビニール袋中で一晩静置した後、乾燥させ水分量を揃えた。乾燥後、再度篩い分けし、粒径 300~600  $\mu\text{m}$  に再調整した<sup>6)</sup>。

### 2. 2 浅漬加工

ダイコンは、上下 70 mm を切り落とした後、中心部のみを使用した。縦管束方向の向きを揃え、根に近い部分を底面にし、10 mm の輪切りにした後、さらに半分に裁断した。半円のダイコンを 25 mm  $\times$  25 mm  $\times$  10 mm に裁断し、PP 容器に入れたものをテストピースとした。2.1 で調製した塩をテストピース表面に振りかけ、1, 3, 6 時間静置した。所定時間経過後、塩を取り除き、浅漬ダイコンサンプルとした。対照として、 $\text{NaCl}$  のみを添加した浅漬サンプルも作製した。

### 2. 3 離水率測定

2.2にて浅漬加工したサンプルの重量を測定し、塩を振りかける前のダイコンの重量の差を引くことにより離水量を求め、塩を振りかける前の重量に対する離水量の割合として算出した<sup>7)</sup>。

### 2. 4 機器測定

2.2にて 6 時間浅漬加工したサンプルについて、テクスチャーアナライザー(島津製作所; EZ Test)にて破断力を測定した。この際、直径 3 mm 円筒型プローブを用いて、測定速度 60 mm/min、70%まで圧縮させた時の荷重を測定し、最大破断力(N)を求めた。

### 2. 5 面圧分布測定システムを用いた咀嚼力測定

ヒトの咀嚼力測定には、面圧分布測定システム HIGH SPEED I-SCAN(ver7.53; Nitta 株式会社、センサ部サイ

ズ:12 mm $\times$ 12 mm、マトリックス:10  $\times$ 10)を用いた。2.2にて 6 時間浅漬加工したサンプルをセンサ部と同サイズに成形した。センサシート上にのせた浅漬サンプルを、各パネルに臼歯にて 2 回咀嚼させ、100 Hz にて咀嚼圧を計測した(n=5)<sup>5)</sup>。解析には 1 回目の咀嚼時のデータを用いた。同様の試験を 3 回実施し、平均値を求めた。本研究は秋田県立大学研究倫理規範第 5 条「ヒトを対象とする研究」研究倫理委員会で承認された後、実施した(受付番号第 18-29 号)。

### 2. 6 味覚センサを用いた味質評価

2.2にて 6 時間浅漬加工したサンプルの重量を測定した後、サンプル重量の 4 倍量の蒸留水にて抽出液を作製した。濾過後、溶液の味質を味覚センサ(味認識装置 TS-5000Z, 株式会社インテリジェントセンサテクノロジー)にて評価した。

#### 2. 6 官能評価

##### 2. 6. 1 二点比較法による強度評価

$\text{CaCl}_2$  含有塩と  $\text{MgSO}_4$  含有塩にて 6 時間浅漬加工したサンプルを用い、塩味、苦味の強弱を評価した。いずれも  $\text{NaCl}$  にて加工した浅漬サンプルとの比較により評価した。

##### 2. 6. 2 Temporal Dominance of Sensations (TDS) 法による味の持続時間評価

2.2にて 6 時間浸漬加工したサンプルを咀嚼後、口内中に残る味の持続時間を Temporal Dominance of Sensations (TDS) 法にて評価した。事前に被験者が「ゆっくり咀嚼する」、「普通に咀嚼する」、「早く咀嚼する」速度と唾液の分泌量を調べた。その結果、最も唾液分泌が良いのは「ゆっくり咀嚼する」スピードである 1 分間に 75 回咀嚼する速度であることが分かった。そこでパネルには、75 回/分の速度で 50 回咀嚼してもらった。試験片を飲み込んだ瞬間から味を感じられなくなるまでの時間を、TDS 用ソフトウェア Magic Sense (Taste Technology 製)にて測定するよう指示した。全パネルの結果を MS-AnalyzerV3.2.5 を用いて統計解析後、味の持続時間を評価した。

## 3. 結果及び考察

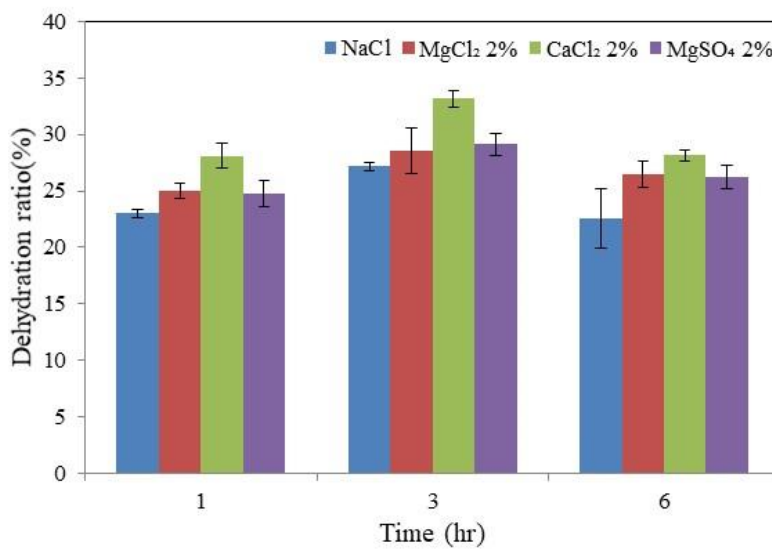
$\text{NaCl}$  およびにがり含有塩 3 種類を振り掛け、浅漬加工したダイコンサンプルの離水率を Fig. 1 に示す。いずれの浸漬時間においても、にがり含有塩添加区の離水率は

NaCl 添加区より高かった。このことから、にがり含有塩は、NaCl よりも離水促進効果があると考えられる。特に、CaCl<sub>2</sub> 含有塩添加区が最大値を示し、NaCl 添加区との間に有意差も認められた ( $p < 0.05$ ) ことから、Ca<sup>2+</sup> が離水を促すのに最も有効であることが示唆された。また、6 時間浸漬後の浅漬サンプルの離水率は3 時間浸漬後の浅漬より減少したが、これはダイコンの浸透圧が外液よりも高くなったことで生じる復水現象によるものだと考えられる。よって、6 時間浸漬処理後の浅漬が十分に使った状態であると判断し、以降の実験は全て 6 時間浸漬した浅漬サンプルを

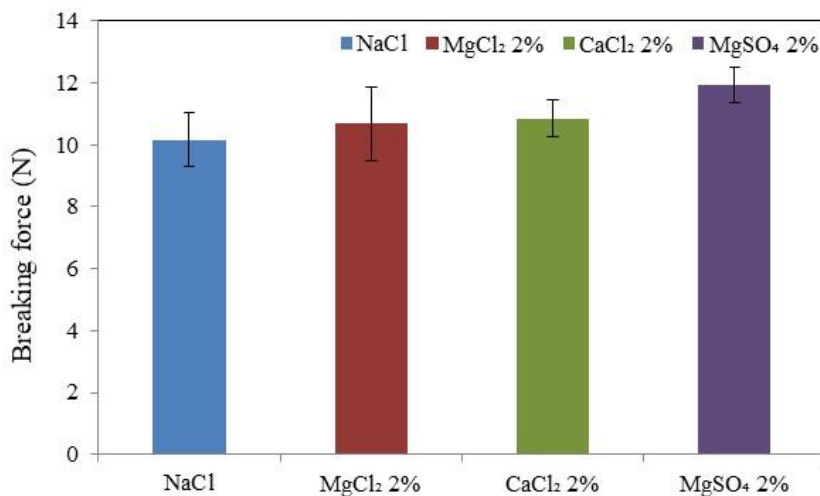
用いた。

6 時間浸漬後の浅漬サンプルを用いて、機器測定にて最大破断力を測定した結果を **Fig. 2** に示す。NaCl 添加区よりも、にがり含有塩添加区の方が、破断力が大きくなる傾向にあり、MgSO<sub>4</sub> > CaCl<sub>2</sub> > MgCl<sub>2</sub> > NaCl の順となった。特に MgSO<sub>4</sub> 含有塩添加区と NaCl 添加区との間には有意差も認められた ( $p < 0.05$ )。また、破断するまでに要した時間も、にがり含有塩添加区の方が長くなる傾向にあった。

機器測定によって生じたサンプル間のテクスチャーの



**Fig. 1.** Dehydration rate of Japanese radish. Time after we sprinkled salt on Japanese radish



**Fig. 2.** Breaking strength of pickles

相違を、ヒトも認識可能かを検討するために、面圧分布測定システムによるヒト咀嚼力測定を実施した。Fig. 3 に MgSO<sub>4</sub> 含有塩添加区を咀嚼した際に得られた咀嚼軌道の一例を示す。噛み切る際に最大の咀嚼力を示し、その後も数か所にピークが観察された。機器分析による破断力測定によって得られた荷重値変化を Fig. 4 に示す。ヒト

の咀嚼力と同様に、破断する際に最大荷重を示しており、同様の傾向を示すことがわかった。そこで、浅漬咀嚼時の最大荷重値をヒトの咀嚼力とすることとした。咀嚼力測定結果を Fig. 5 に示す。MgSO<sub>4</sub> 含有塩添加区に対する咀嚼力は、被験者 A では 56.4 N、被験者 B では 15.6 N であるように、被験者によって咀嚼力は大きく異なっていた。

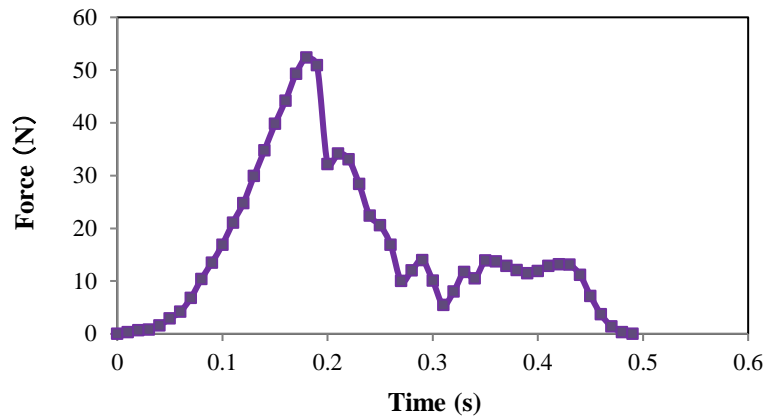


Fig. 3. Typical force-time curves of the first chew with molars of pickles, as measured using a multiple-point sheet sensor

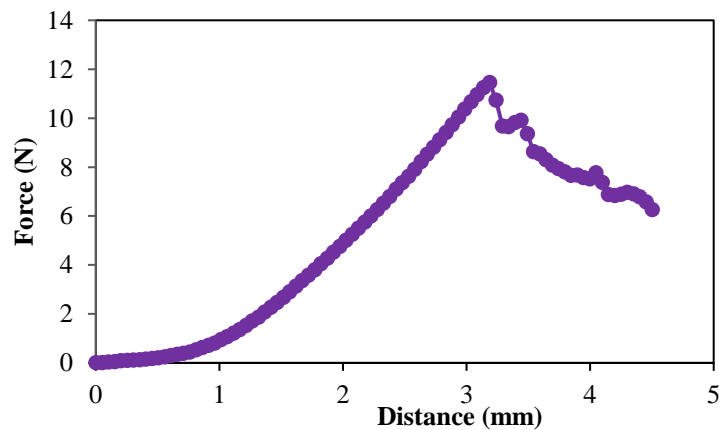


Fig. 4. Typical force curves of compression test of pickles

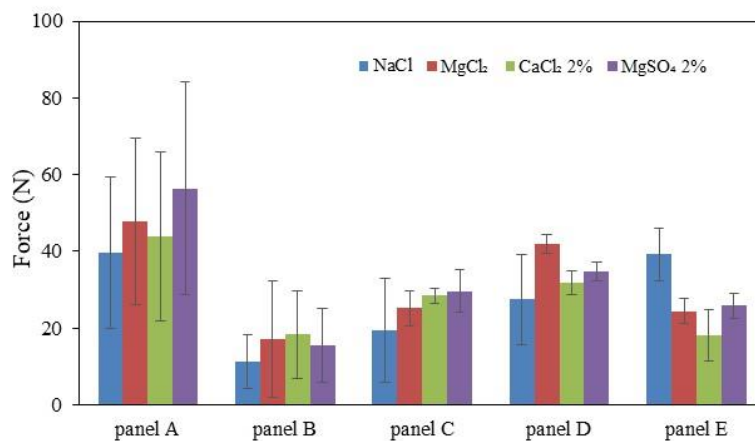


Fig. 5. Bite force of the first biting with molars, as measured using a multiple-point sheet sensor

しかし、各塩添加区に対する咀嚼力は、被験者で類似した傾向を示し、5人の被験者のうち4人が、にがり含有塩添加区の咀嚼力が高くなった。MgSO<sub>4</sub>含有塩添加区の咀嚼力が最大となった被験者2名の咀嚼力結果と機器測定によって得られた破断力結果を用いて散布図を作成し、比較検討を行った(Fig. 6)。にがり含有塩添加区はNaCl添加区よりも破断力ならびに咀嚼力が大きく、さらにMgSO<sub>4</sub>含有塩添加区は他のものよりも大きな値を示し、機器測定(最大破断力)と咀嚼試験(最大咀嚼力)の間には類似した傾向が見られた。よって、にがり成分は硬さに影響を与えること、その差をヒトも認識可能であることが示唆された。

食感は咀嚼に伴う味の溶出度合に影響を与えられており、漬物の食感が異なると、咀嚼した際に感じられる味強度も変化すると考えられる。そこで、離水率が高かったCaCl<sub>2</sub>含有塩添加区と破断力ならびに咀嚼力が高かったMgSO<sub>4</sub>含有塩添加区、以上2種類の塩味、苦味の強さをNaCl添加区との比較により官能評価したが、いずれも有意差は認められなかった(Fig. 7)。味覚センサを用いて塩味、苦味、ミネラル系苦味を評価した結果をFig. 8~10に示す。塩味強度はNaCl添加区が高かった。味覚センサによって得られる味の強度値は、ウェーバーの法則とセンサの基本的な応答特性を基に算出されており、ヒトが識別可能である濃度差であるウェーバー比20%が味覚

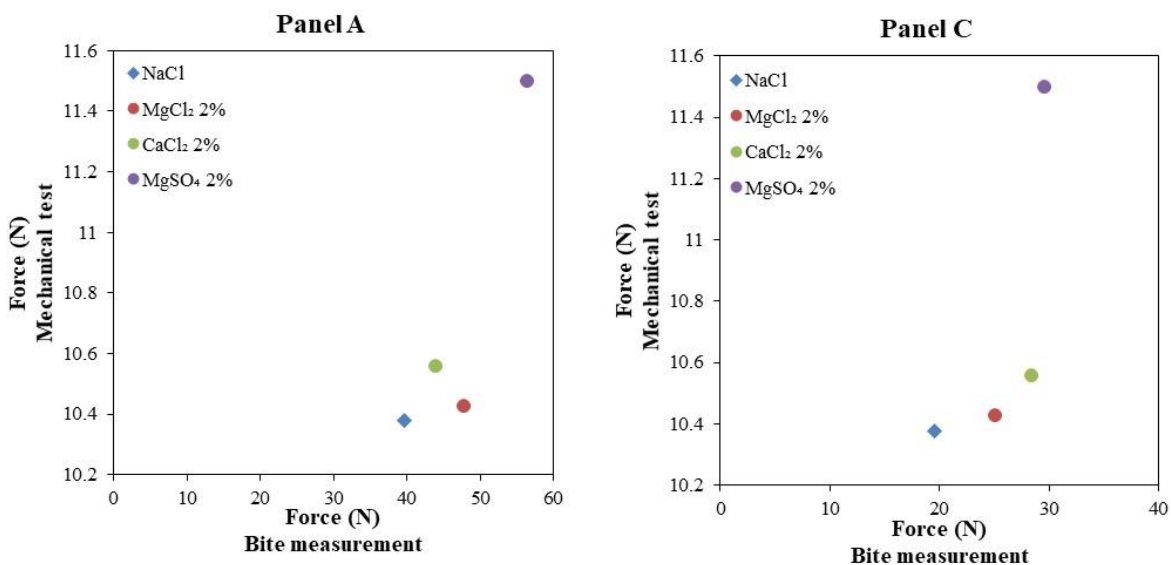


Fig. 6. Relationship between Mechanical test and Bite measurement

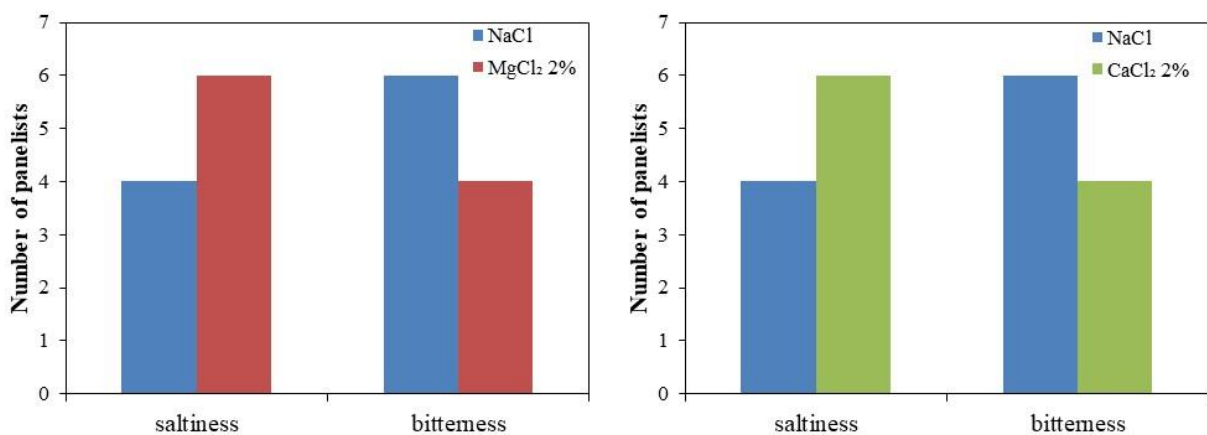
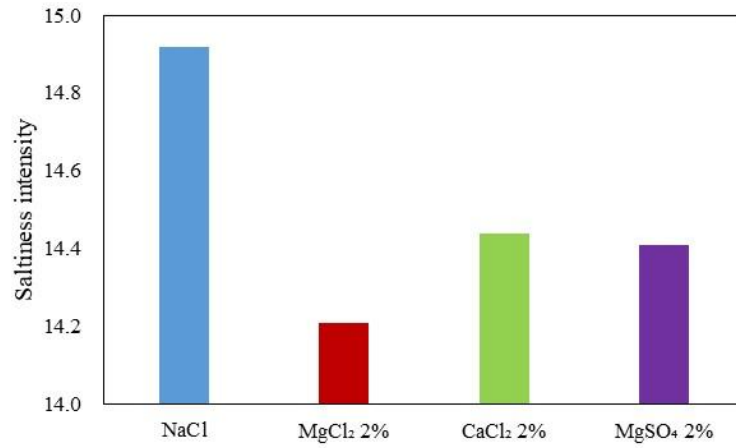
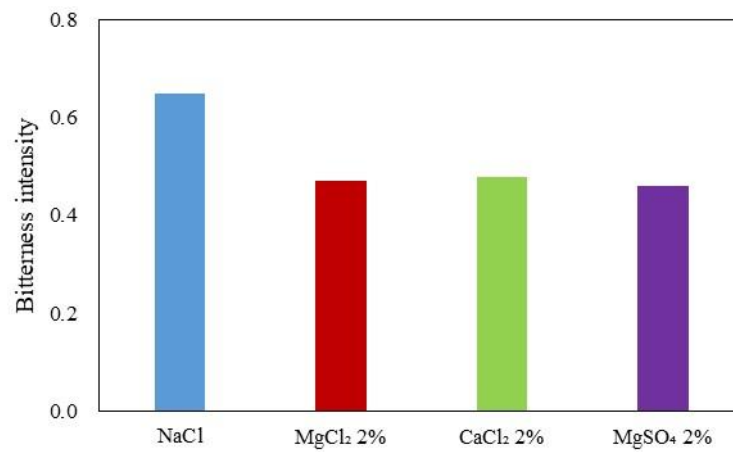


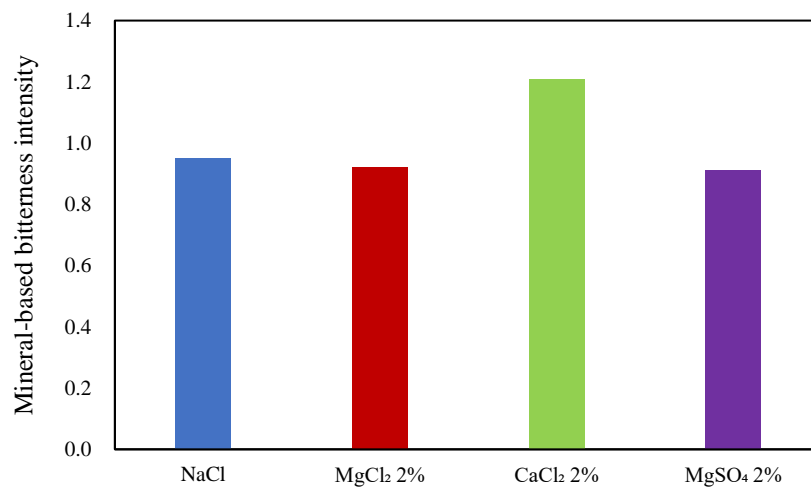
Fig. 7. Sensory evaluation of pickles



**Fig. 8.** Estimated intensity of saltiness of pickles with respective bitter components from the taste sensor



**Fig. 9.** Estimated intensity of bitterness of pickles with respective bitter components from the taste sensor



**Fig. 10.** Estimated intensity of mineral-based bitterness of pickles with respective bitter components from the taste sensor

センサにおける味の強度 1 目盛りとして定義されている<sup>8)</sup>。塩味強度の差は、ウェーバー比 20%に相当する 1 目盛り以下であるため、官能評価において有意差が識別できなかったと考えられる。また、苦味強度は NaCl 添加区、ミネラル系苦味強度は、CaCl<sub>2</sub> 含有塩添加区が高い傾向はあるものの、大きな差は認められなかった。一般的に MgCl<sub>2</sub> や MgSO<sub>4</sub> は苦味を有するが、味の違いは 0.8%NaCl 水溶液に対して MgCl<sub>2</sub> は 0.16%、MgSO<sub>4</sub> は 0.04%添加した際に初めて認識される<sup>9)</sup>。そのため、本実験で使用した濃度では、ヒトはもちろん味覚センサにおいても識別困難であったと考えられる。また、浅漬を咀嚼した際の後味が異なるという意見があった。そこで、咀嚼後試験片を飲み込んだ瞬間から味を感じられなくなるまでの時間を TDS 法にて計測し、味の持続時間を評価した。Fig. 11 に TDS 曲線を示す。本実験では、優位比率が統計的に有意 ( $p < 0.05$ ) となる値である Significant level<sup>10,11)</sup> での数値を、各塩添加区咀嚼時の後味持続時間とした。その結果、後味持続時間は CaCl<sub>2</sub> > MgSO<sub>4</sub> > MgCl<sub>2</sub> > NaCl の順となり、にがり含有塩で浸漬したサンプルの後味持続時間が長いことが分かった。よって、にがり含有塩は、味の持続時間に影響すると推察される。

#### 4. まとめ

我々は以前、浅漬加工においてにがり成分含有塩は、NaCl よりも離水促進効果があり、食感にも影響を与えることを報告した<sup>6)</sup>。通常、食品の食感の違いは、機器測定による破断特性により比較するが、機器分析値と官能評価との結果に矛盾が生じる場合もあるという問題があった。そこで、本研究では従来法である機器測定に加え、面圧分布システムによりヒトの咀嚼時の咀嚼力変化を測定し、にがり成分が漬物のテクスチャーに与える影響について検討を行った。その結果、破断特性については、NaCl よりもにがり含有塩で処理した方が、破断力が大きい傾向にあり、MgSO<sub>4</sub> > CaCl<sub>2</sub> > MgCl<sub>2</sub> > NaCl の順となった。一方、面圧分布測定システムにより咀嚼時の咀嚼力を測定した結果、5 人の被験者のうち 4 人が、にがり含有塩で処理したダイコンの咀嚼力が大きくなった。以上の結果から、にがり成分は漬物の硬さに影響を与え、そのテクスチャーの差をヒトは認識できる傾向にあることが示唆された。

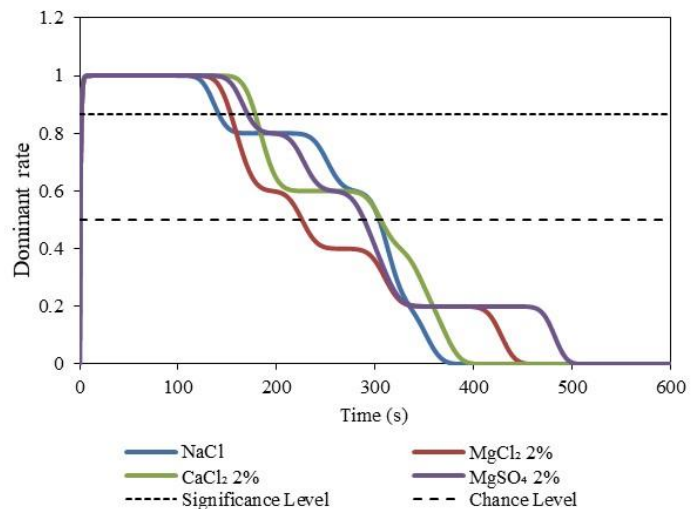


Fig. 11. TDS graphical representation for pickles

#### 5. 参考文献

- 1) Kohyama, K., Nishi, M., Suzuki, T., “Measuring texture of crackers with a multiple-point sheet sensor”, *J Food Sci.*, **62**, 922-925 (1997)
- 2) Kohyama, K., Sakai, T., Azuma, T., “Patterns observed in the first chew of foods with various textures.”, *Food Sci. Technol. Res.*, **7**, 290-296 (2001)
- 3) Kohyama, K., Sakai, T., Azuma, T., Mizuguchi, T., Kimura, I., “Pressure distribution measurement in biting surimi gels with molars using a multiple-point sheet sensor”, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **65**, 2597-2603 (2001),
- 4) Kohyama, K., Sakai, T., Dan, H., “Active stress during compression testing of various foods measured by a multiple-point sheet sensor”, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **67**, 1492-1498 (2003),
- 5) Takahashi, T., Hayakawa, F., Kumagai, M., Akiyama, Y., Kohyama, K., “Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various texture”, *J. Food Eng.*, **95**, 400-409 (2009)
- 6) 石川匡子, “食塩中のにがり成分量が味質や食品物性に与える影響について”, *日本醸造協会誌*, **113**, 126-131(2018)
- 7) 石川匡子, 築館亜由美, “塩の結晶粒径が食品の味

- および食感に及ぼす影響”, 日本海水学会誌, **67**, 340-344 (2013).
- 8) 中村愛美, 佐藤文華, 吉田智, 熊谷昌則, 鈴木靖志, "とろみ調整食品添加に伴う味質変化の味覚センサによる評価", 日本食品科学工学会誌, **57**, 380-388 (2010)
- 9) 遠藤由香, 石川匡子, “にがり成分が食塩の呈味性に及ぼす影響”, 日本海水学会誌, **69**, 105-110 (2015).
- 10) 川崎寛也, “Temporal Dominance of Sensations (TDS): 感覚の経時変化を測定する新たな手法”, 日本調理科学会誌, **49**, 243-247 (2016).
- 11) 市原茂, “官能評価の統計解析(3)”, 日本調理科学会誌, **51**, 119-124 (2018).



## Studies on Appropriate Salt Concentrations in Low Salt Pickles with Same Hardness as Normal Pickles

Kyoko Ishikawa

Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

### Summary

Salt is necessary for seasoning and role of important in the dehydration and penetration of vegetables. Therefore, there is a demand for a low-salt food which has a good texture and enough feel salty. Usually, the difference in the food texture is compared by the breaking strength with the instrumental measurements. However, the evaluation by the instrumental measurements is not comparable recognition by human's taste. Therefore, the difference may occur between the instrumental measurement and the sensory evaluation result. We thought it is necessary to clarify the relationship between recognition of instrumental measurement of hardness texture and human bites. In this contribution, we used the pickles made in immersed in the bitter ingredient salt with the way of the conventional instrumental measurement, together the load value change of human of chewing was measured by the multiple-point sheet sensor system. Furthermore, we also examined the influence of bitter ingredients on the texture of pickles. It is found when radish kept in NaCl or bitter ingredient salts, dehydration by bitter salt progressed speedy than those by NaCl alone at all immersion time in this study. After soaking the radish for 6 hours, the strength of texture of the radish was higher by the instrumental measurement device and the multiple-point sheet sensor system. In the texture evaluation using the instrumental measurement, the sample immersed in the bitter ingredient salt tended to show a larger breaking strength. As a result of measuring the chewing force when a person bites the samples using the multiple-point sheet sensor system, the chewing force of a sample in which 4 out of 5 persons were soaked in the bitter ingredient salt was higher. A relationship between the breaking force of the instrumental measurement and the chewing force of the multiple-point sheet sensor system was found. From the above results, it was clarified that the bitter components influence for the hardness of pickles. Furthermore, the results suggested that the difference in the texture tends to be recognizable by humans.