

# 粘度可変型栄養剤の自己調製における 液体栄養剤の影響

東海大学 工学部応用化学科

大学院工学研究科応用理化学専攻

工学部医用生体工学科

◎ 浅香 隆

中川 綾

菊川 久夫



# 一般社団法人 日本病態栄養学会 COI 開示

発表者名:◎浅香 隆(研究代表者)、中川 綾、菊川 久夫

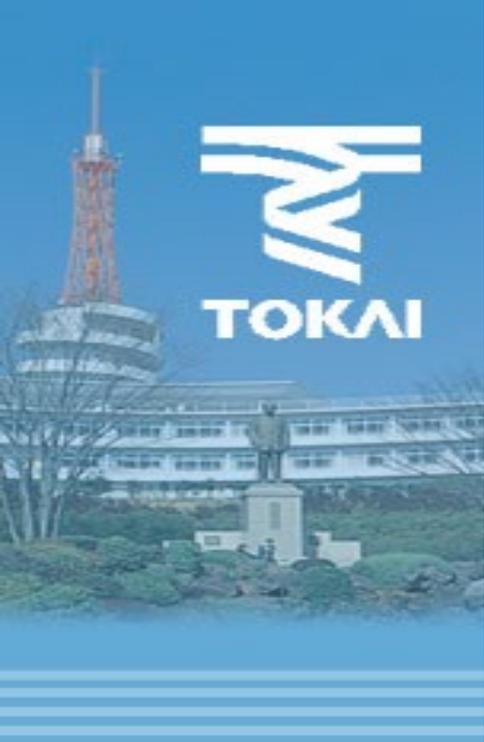
開示すべきCOIはありません。

※ なお、本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金基金  
(研究課題番号20K12770)の助成・交付を受けて実施しました。

## はじめに

- 液体栄養剤症候群の抑止と短時間投与を目的に、液体栄養剤へ増粘剤(トロミ剤)が加えられた半固形化栄養剤や、胃内で胃酸と反応して凝固する粘度可変型栄養剤が利用されている。
- 第23回年次学術集会(O-97)において、液体栄養剤へキサンタンガム系増粘剤(ネオハイトロミールⅢ)を加えると、液体栄養剤のカリウム含有量に比例して粘度が増加し、この半固形化栄養剤の人工胃液による凝固は、栄養剤に含まれるタンパクと胃酸の反応が主であると報告したが、詳細な理由は不明であった。
- そこで本研究では、液体栄養剤の人工胃液による凝固原因を明らかにするために、乳タンパク、大豆タンパク、コラーゲンペプチド、卵白の各水溶液と人工胃液との反応を観察し、あわせて自己調製した粘度可変型栄養剤の凝固挙動も調査した。





# 液体栄養剤と人工胃液の反応

◆ **液体栄養剤**:人工胃液(pH1.2) = 体積比**5:3**で混合して37℃, 1時間振盪攪拌後、「開き目0.6mmのふるい」でろ過すると、**乳タンパクが含まれる液体栄養剤**は人工胃液と反応して凝集した。



I: アイソカルRTU



M: メイバランス1.0



C: CZ-Hi



EH: エンシュア・H

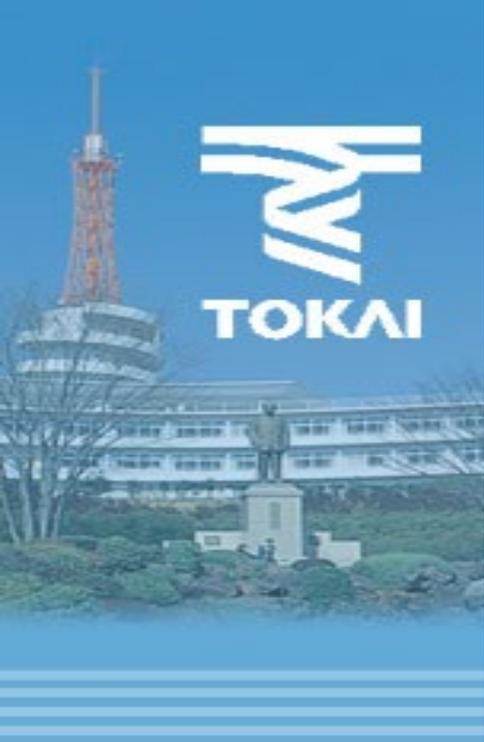


R: ラコールNF



E: エレンタール

◆ エレンタールは成分栄養剤であり、乳タンパクは含まれずアミノ酸が含まれているため、**人工胃液を加えても凝集反応しない。**

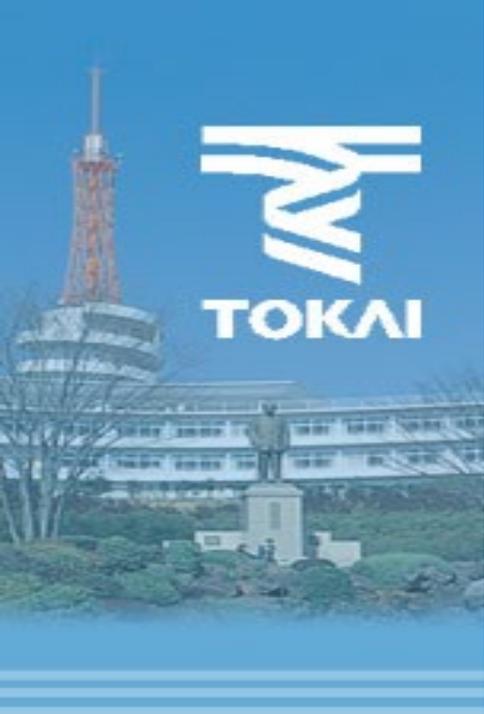


## 各種原料水溶液の諸元

種類	用いた水溶液(原料名:メーカー) / 由来・成分 / 希釈方法
① タンパク	<p>5%コラーゲン水溶液(NIPPI COLLAGEN100:ニッピ)</p> <p>牛骨由来の抽出物を加水分解して低分子化したもの。</p> <p>5%CL水溶液 = CL5g + 水 = 100gとする。</p>
	<p>5%卵白水溶液(乾燥卵白:cotta)</p> <p>乾燥卵白10g + 水70gで80gの生鮮卵白に相当。</p> <p>卵白液100gあたり10.8gのタンパクを含む。</p> <p>5%Alb水溶液 = 卵白液46.3g + 水 = 100gとする。</p>
② タンパク含有食品	<p>5.3%大豆タンパク水溶液(ヴィダーおいしい大豆プロテイン:森永製菓)</p> <p>原料粉末20gあたり10gのタンパクを含む。</p> <p>5.3%SP水溶液 = SP10.6g + 水 = 100gとする。</p>
	<p>5.3%乳タンパク水溶液(スキムミルク:森永乳業)</p> <p>原料粉末100gあたり34gの乳由来タンパクを含む。</p> <p>5.3%MP水溶液 = MP15.6g + 水 = 100gとする。</p>
③ 凝固剤	<p>アルギン酸ナトリウム水溶液(キミカルアルギンI-3:キミカ)</p> <p>海藻(コンブなど褐藻類)から抽出したもの。</p> <p><math>x \% \text{ I-3水溶液} = \text{I-3 } x \text{ g} + \text{水} = 100\text{g}</math>とする。</p>

### 人工胃液

pH=1.2 (conc. HCl 7mL+NaCl 2g) / L  
 pH=4.0 (0.1M-HCl 1mL + NaCl 2g) / L



TOKAI

# ①・②タンパクと③凝固剤：人工胃液との反応

タンパク含有水溶液（液体栄養剤）

4%凝固剤(I-3)水溶液

タンパク：凝固剤 = 体積比4:1で混合



自転・公転ミキサーにて、攪拌(2000rpm)  
→ 脱泡(2200rpm×)各1分；**混合液**

人工胃液：pH1.2, 4.0

10mL分取して  
粘度測定(1時間)

混合液：人工胃液  
= 体積比5:3で混合

音叉振動式粘度計(SV-10型)  
→ **粘度の時間変化で凝固反応を把握**

恒温振盪水槽中  
37℃, 1時間攪拌



**人工胃液との反応確認：ふるい分け → 形態観察**  
(一部、音叉振動式レオメータRV-10000A型で粘度変化を確認)





## ①タンパク・③凝固剤と人工胃液との反応

- ◆ 予備試験・・・5%タンパクとしてコラーゲン水溶液、卵白水溶液と人工胃液(pH1.2)を体積比1:1で混合したが、**凝固しない(反応しない)**。
- ◆ 5%タンパクと4%凝固剤を体積比4:1で混合し、この混合物と人工胃液(pH1.2と4.0)を体積比5:3で混合して37℃, 1時間振盪撹拌後にろ過すると・・・

5%コラーゲン(0.8%凝固剤含有)



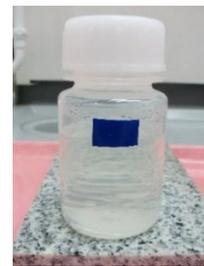
残渣は細かいビーズ状

人工胃液  
(pH1.2)  
凝集する

5%卵白(0.8%凝固剤含有)



残渣は白い繊維状の凝集体



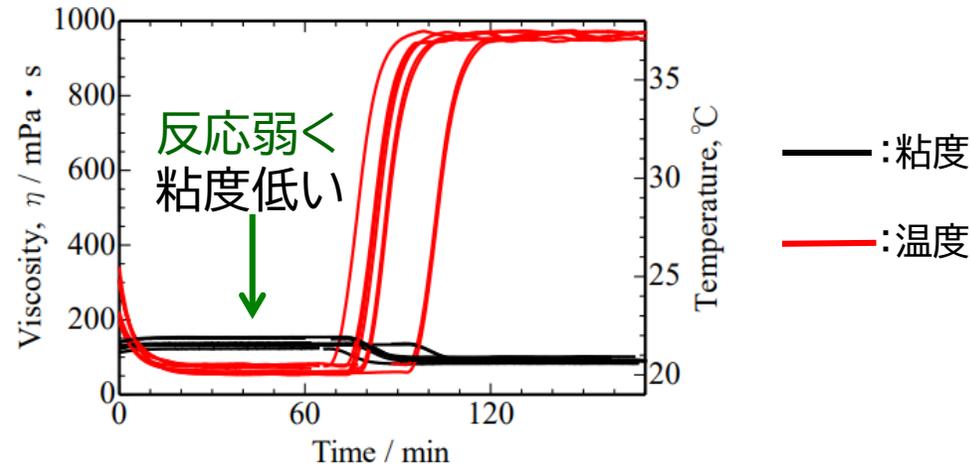
人工胃液  
(pH4)  
凝集しない



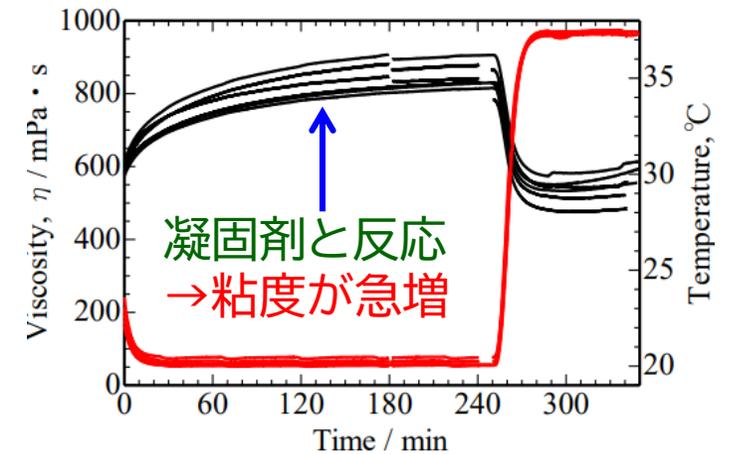
◎ 人工胃液pH1.2と反応するのは凝固剤である。  
(pH4では残渣は生じない → 反応しにくい)

## ②タンパク含有食品と③凝固剤との反応

- ◆ 予備試験・・・5.3%大豆タンパク水溶液、乳タンパク水溶液と人工胃液(pH1.2)を体積比1:1で混合 → 乳タンパクのみ凝集した。
- ◆ タンパク含有食品水溶液と凝固剤(アルギン酸ナトリウム)水溶液を体積比4:1で混合した際の粘度は、大豆タンパク≪乳タンパクとなり、凝固剤との反応の差違が顕著に見られた。



5.3%大豆タンパク(0.8%凝固剤含有)



5.3%乳タンパク(0.8%凝固剤含有)

- 乳タンパクの主成分であるカゼインにはリン酸カルシウムが結合しており、人工胃液によりpHが低下するとCa<sup>2+</sup>が遊離して凝固剤であるアルギン酸ナトリウムと反応し、アルギン酸カルシウムゲルが生成したために粘度が急増した。
- 大豆タンパクには水に溶けにくい炭酸カルシウムが添加されており、わずかに水に溶けて生成したCa<sup>2+</sup>とアルギン酸ナトリウムが反応し少量のアルギン酸カルシウムゲルが生成したため、粘度が微増。(100mLあたりのカルシウム含有量は、SPは111mg, MPは187mg。)

## まとめ

- コラーゲンや卵白水溶液は、pH1.2程度の人工胃液では凝固しない。
- アルギン酸ナトリウムとコラーゲンまたは卵白水溶液を混合しても、ほぼ反応しない。
- コラーゲン水溶液 + アルギン酸ナトリウム水溶液 + 人工胃液pH1.2  
→ アルギン酸ナトリウムと胃液が反応して、球状のアルギン酸が生成。
- 卵白水溶液 + アルギン酸ナトリウム水溶液 + 人工胃液pH1.2  
→ 人工胃液により自己凝集して白色の繊維状凝集体が生成した。  
*J. Li et al., Int. J. Biological Macromolecules, 154 (2020) 1245–1254.*
- 乳タンパク水溶液 + アルギン酸ナトリウム水溶液: 粘度は急増。  
→ 乳タンパク(スキムミルク)の主成分であるカゼインにはリン酸カルシウムが含まれており、等電点4.6以下で $\text{Ca}^{2+}$ が電離する。
  - ・ アルギン酸ナトリウムは $\text{Ca}^{2+}$ と強く反応してアルギン酸カルシウムゲルを生成するために、粘度が急増した。
- 大豆タンパク水溶液 + アルギン酸ナトリウム水溶液: 粘度はわずかに増加 → 大豆タンパク(大豆プロテイン食品)に添加された炭酸カルシウムは水に溶けにくい。

**結論:** 液体栄養剤のタンパクやCaが乳由来であると、凝固剤や胃液の作用により自己調製した粘度可変型栄養剤の凝固や凝集も促進されることが判明した。