

## *In vitro* とろみ調整食品の消化に係る基礎的研究

松井慶子<sup>1)</sup>, 島田郁子<sup>2)</sup>, 隅田有公子<sup>3)</sup>, 池上佳奈子<sup>3)</sup>, 竹内舞<sup>3)</sup>,  
萬條裕乃<sup>3)</sup>, 桧田千裕<sup>3)</sup>, 中島玉恵<sup>3)</sup>, 道順比紗子<sup>3)</sup>, 川村美笑子<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>高知女子大学健康栄養学部健康栄養学科臨床栄養学研究室\*

<sup>2)</sup>高知女子大学健康栄養学部健康栄養学科給食経営管理研究室\*

<sup>3)</sup>高知女子大学健康栄養学部健康栄養学科栄養学研究室\*)

### Basic Research on Digestion *in Vitro* Using Commercial Thickening Agents

Keiko MATSUI, Ikuko SHIMADA, Yukiko SUMIDA, Kanako Ikegami, Mai TAKEUCHI,  
Hirono MANJYO, Chihiro HIDA, Tamae NAKAJIMA, Hisako DOJUN and Mieko KAWAMURA

*Laboratory of Clinical Nutrition, Laboratory of Food Management, Laboratory of Nutrition,  
Faculty of Human Health Science, Kochi Women's University, Kochi 781-8515, Japan*

#### Summary

In this research, we focused on digestibility in the commercial thickening agents and the reactivity to human saliva in liquid and solid food with them. A new commercial thickening agent which contains amylase was examined. Also, the digestibility of the commercial thickening agents in solid food were examined with index of the digestibility of protein by pancreatin. The results were showed as follows.

1) These commercial thickening agents and liquid food such as milk, soft drinks clear soup were examined how they were digested by  $\alpha$ -amylase. The reactivity to  $\alpha$ -amylase was different from the one with the commercial thickening agents only. 2) The digestibility of starch was decreased with commercial thickening agents which did not contain  $\alpha$ -amylase. 3) The digestibility in the new commercial thickening agent was compared with one of other commercial thickening agents under coexisting nutrients. The digestibility of starch depended on whether coexisting nutrients contained or not and the kind of agents. 4) Solid food (rice gruel, silver hake) added three kinds of commercial thickening agents were added pancreatin solution and were estimated the amount of free amino acid. The amount of free amino acid was decreasing in rice gruel and silver hake added the commercial thickening agents. The digesting process was different from main content of commercial thickening agents. 5) It is suggested that it is important to choose the suitable commercial food agents as to food type such as liquid or solid, recipe of cooking, symptom of dysphagia, because there was a difference of digesting in the kind of commercial thickening agents, amount of its use. It should be necessary to find and examine an effective use for oral care which enhances secretion of human saliva.

摂食・嚥下障害が起因となり、脱水、低栄養、褥瘡や疾病回復の遅延を伴う高齢者が増加し、高齢者の誤嚥や誤嚥性肺炎による死亡の割合が増加している。例えば著者等の大学が位置し、高齢化率の高い高知県では、平成19年度高知県健康白書<sup>1)</sup>によると高齢者の誤嚥による死亡者は1995年から2004年の10年間で22.7%と増加している。一方で、静脈栄養投与の継続に起因する腸管機能の低下により、バクテリアルトランスロケーションを生じ、腸内の最近が血中に移行し起こす敗血症も死亡の直接原因<sup>2)</sup>となっ

ている。

先に述べた高齢者死亡に繋がる要因を予防改善することが求められていて、中でも、咀嚼の意味する唾液分泌、血流促進、消化管や脳機能の維持、免疫力やQOL向上の観点からも、食物の経口摂取の重要性が指摘されている。

食事の経口摂取を促し、喉越しをよくするという誤嚥防止に対する認識が高まると同時にその対策が必要とされ、嚥下補助食品であるとろみ調整食品<sup>3,4)</sup>が広く利用されるようになった。とろみ調整食品の機能としては、①常温で

\*所在地：高知県高知市池2125番地1 (〒781-8515)

膨潤，溶解し，少量で粘度が発現する，②粘度の発現が早く，経時変化が小さい，③対象食品によらず安定して粘度を発現する，④食品の嗜好性を損なわないといったこと以外に，⑤唾液への反応性が低いことが求められる。とろみ調整食品は主成分により，デンプン系・グアーガム系・キサンタンガム系<sup>5,6)</sup>に分類され，それぞれの溶解度や粘度の経時変化などの物理学的機能や嗜好については比較的検討されているが，消化に係る研究は少ない<sup>7)</sup>。「喉越しをよくする」ということから，厨房でとろみ調整食品が使用されるのみでなく，居室で介護ヘルパーが食事介助中に，とろみ調整食品をさらに添加しているケースも知られているが，多量に使用することが宿主における食材の消化吸収には影響を及ぼさないのであろうか。

本研究では，とろみ調整食品そのものの消化度，液状食品に使用した場合の消化度について， $\alpha$ -アミラーゼによる糖質の消化（唾液への反応性）を指標に検討した。また，最近開発された消化酵素（アミラーゼ）を含む新とろみ調整食品についても比較検討した。さらに，とろみ調整食品を固形食品に使用した場合の食材の消化度について，膵臓由来酵素パンクレアチンによるタンパク質の消化を指標に検討した。

## 実験方法

### 1. とろみ調整食品の消化（ $\alpha$ -アミラーゼの作用）

とろみ調整食品は，デンプン系（商品名：ムースアップ），増粘多糖類<グアーガム系（商品名：トロメリン S，トロミアップ A），キサンタンガム系（商品名：トロミクリア，トロミパーフェクト，つるりんご，トロメリン Hi，サナスウエル，ネオハイトロミロール，スルーキング，スルーパートナー）>の市販品（3種・計11品）を実験に供した。添加濃度は，製品の使用についての表示に従い，各系5%，2%，1%とした。

とろみ調整食品溶液（リン酸緩衝液-0.2 M NaCl, pH 4.8）に $\alpha$ -アミラーゼ溶液（100 U/mL；デンプンを基質として，pH 4.8，20℃，3分間で1 mgのマルトースを生成する酵素量を1 Uとした。 $\alpha$ -アミラーゼは和光純薬製を用いた。）を添加したのち，37℃で30分間振盪，反応を停止（1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>），ヨウ素液（0.1 N NaOH）を加えて15分間室温に静置後に滴定（10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-0.1 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）した。消化率は生成マルトース量から求めた。 $\alpha$ -アミラーゼ溶液を添加していないとろみ溶液の滴定値を B とし， $\alpha$ -アミラーゼ溶液を加えた反応後の滴定値を A とし，《100 - (A/B × 100) = 消化率(%)》により算出した。

### 2. 液状食品にとろみ調整食品を使用した場合の消化（ $\alpha$ -アミラーゼの作用）

液状食品としては，いずれも市販品の牛乳，清涼飲料水（ポカリスエット），澄まし汁（表示塩分9%），緑茶の4種類<sup>6)</sup>を用いた。実験方法1に従って消化率を求めた。

### 3. とろみ調整食品あるいはアミラーゼを含む新とろみ調整食品を使用した場合の消化（ $\alpha$ -アミラーゼの作用）

デンプン溶液（1%）を基質として，アミラーゼを含む新とろみ調整食品（商品名；スベラカーゼ）のデンプン分解量を $\alpha$ -アミラーゼ溶液，ヒト唾液を用いた場合と比較した。実験に際し， $\alpha$ -アミラーゼ量を，新とろみ調整食品は0.2%， $\alpha$ -アミラーゼ溶液は0.1%，ヒト唾液は0.2%に調整し，ジニトロサリチル酸法により生成還元糖量をデンプン分解の指標とした。臨床の現場で使用されている脂質（MCT），タンパク質（サンケンラクト）を添加し，共存栄養素がデンプン分解に及ぼす影響も検討した。

### 4. 飯および魚にとろみ調整食品を使用した場合の消化（パンクレアチンの作用）

試料は，主食や主菜として一般的に用いられる全粥，メルルーサおよびカゼインを用いた。とろみ調整食品は，デンプン系（商品名：トロメリン顆粒），増粘多糖類<グアーガム系（商品名：トロミアップ A，ハイトロミール），キサンタンガム系（商品名：トロミパーフェクト，スルーキング，つるりんご Quickly，ソフティア）>の市販品（3種・計7品）を実験に供した。添加濃度は，製品の使用についての表示に従い，各系2.4%，2%，1%とし，カゼイン1%とした。試料に各とろみ調整食品を添加し，これに膵臓由来酵素パンクレアチン（ $\alpha$ -アミラーゼ，トリプシン，ステアプシンなど含む。ナカライテスク製を用いた。）の溶液（6%）を加え37℃で振盪し，経時的に分注してフォルモール滴定<sup>8)</sup>を行い，遊離アミノ酸量を測定した。

### 5. 統計処理

データの集計・解析には Excel 2003 (Microsoft) を使用した。t-検定を用い  $p < 0.05$  を有意とした。

## 結果と考察

とろみ調整食品の消化率を主成分別に示した (Fig. 1)。デンプン系が20.6%と最も高く，ついでグアーガム系の13.6%，キサンタンガム系が4.0%と最も $\alpha$ -アミラー

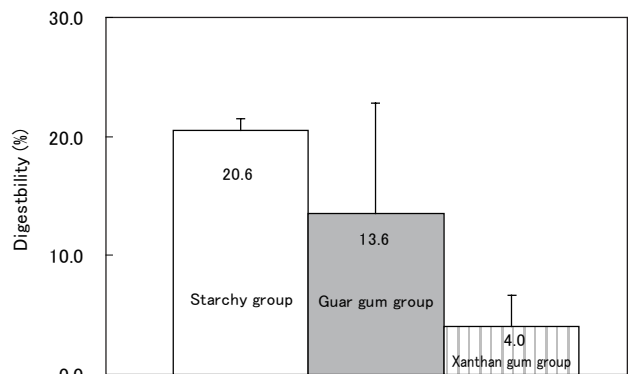


Fig. 1 Digestibility of commercial thickening agents by  $\alpha$ -amylase.

ゼへの反応性が低かった。 $\alpha$ -1,4結合を持たないグァーガムとキサンタンガムで、 $\alpha$ -アミラーゼへの反応が認められた。 $\alpha$ -1,4結合を持たないグァーガムとキサンタンガム<sup>9)</sup>で、 $\alpha$ -アミラーゼへの反応が認められたのは溶解性を高めるために添加されたデキストリンに由来するものと考えられる。とろみ調整食品の中にはデキストリンの含有が示されていないものがあり、主成分や原材料表示に示された以外のものがヒトの嚥下に影響を及ぼす可能性があることが示唆された。

次に、主成分によって異なるとろみ調整食品の消化率が、一般的に用いられている液状食品に使用した場合に変化するかどうかについて検討した。デンプン系における消化率は、牛乳  $14.8 \pm 2.9\%$ 、清涼飲料水  $4.3 \pm 0.9\%$ 、澄まし汁  $18.5 \pm 0.9\%$ 、緑茶  $13.7 \pm 0.6\%$  であった。グァーガム系における消化率は、牛乳  $14.4 \pm 2.3\%$ 、清涼飲料水  $7.1 \pm 0.8\%$ 、澄まし汁  $2.0 \pm 2.1\%$ 、緑茶  $3.6 \pm 0.9\%$  であった。キサンタンガム系における消化率は、牛乳  $-0.1 \pm 3.4\%$ 、清涼飲料水  $1.6 \pm 0.4\%$ 、澄まし汁  $4.1 \pm 1.2\%$ 、緑茶  $2.7 \pm 0.0\%$  であった。無添加時の消化率は、牛乳  $6.2 \pm 2.5\%$ 、清涼飲料水  $23.8 \pm 0.2\%$ 、澄まし汁  $7.0 \pm 0.9\%$ 、緑茶  $4.4 \pm 2.1\%$  であった。デンプン系では、無添加に比較して、清涼飲料水を除いた液状食品で有意に消化率が高値を示した。グァーガム系では、無添加に比較して、牛乳を除いた液状食品で有意に消化率が低値を示した。キサンタンガム系では、すべての液状食品において消化率が低値を示した。

とろみ調整食品単独の場合の $\alpha$ -アミラーゼの反応性と、液状食品に使用したとろみ調整食品のそれとは異なった。液状食品中のタンパク質や糖、ミネラル、食塩、カテキンなどの共存によりとろみ調整食品の性状が異なり、 $\alpha$ -アミラーゼによる消化に影響を及ぼしたことも推測される。したがって、添加する液状食品の成分の特徴を十分に理解して、適切なとろみ調整食品を選択する必要がある。

液状食品にとろみ調整食品を使用した場合の $\alpha$ -アミラーゼによる消化がとろみ調整食品単独の場合と異なったこと

から、最近商品化された $\alpha$ -アミラーゼを含む新とろみ調整食品の使用では消化性がどのように変化するかを検討した。まず、pHならびに温度の影響について検討した (Fig. 2-a, b)。ヒト唾液では至適 pH は 6.8 付近で生理学的な値を示したが、新とろみ調整食品および $\alpha$ -アミラーゼではこのような特徴は認められなかった。デンプンの分解は、本実験条件下では、 $\alpha$ -アミラーゼがもっとも高く、新とろみ調整食品およびヒト唾液は同レベルを示した。新とろみ調整食品 (0.2%) のデンプン分解の程度はヒト唾液 (0.2%) に匹敵するものであった。ヒト唾液では 37°C 付近から失活が見られたが、新とろみ調整食品は 50°C 付近まで、 $\alpha$ -アミラーゼは 60°C 付近までデンプンの分解が徐々に上昇し、その後ゆるやかに低下した。

そこで、新とろみ調整食品の基本的性質をふまえて、新とろみ調整食品を使用した場合の消化の程度を、共存栄養素の有無の条件下で従来のとろみ調整食品と比較した (Fig. 3-a)。とろみ調整食品の無添加では、デンプンの消化がもっとも高かったのはデンプンのみの群で共存栄養素がないもの、ついでデンプンにタンパク質添加、タンパク質・脂質添加、脂質添加の順であった。従来のとろみ調整食品を添加した場合でも、デンプンの分解レベルの順は同じであったが、デンプンの分解は無添加に比べてタンパク質・脂質添加の群を除くいずれの群も低く、デンプンのみおよびタンパク質添加群は有意に低下した。新とろみ調整食品の添加では、いずれの群も無添加時の倍あるいはそれ以上のデンプンの分解が認められ、とくに、脂質添加およびタンパク質・脂質添加群で顕著であった。共存栄養素の有無あるいはその種類あるいはとろみ調整食品の種類によってデンプンの分解が異なることが示された。

引き続き、「とろみ調整食品の無添加群」および「従来のとろみ調整食品の添加群」に新とろみ調整食品に含まれている計算上同等量の $\alpha$ -アミラーゼを含むヒト唾液を添加したところ「新とろみ調整食品の添加群」よりデンプンの分解が有意に上昇した (Fig. 3-b)。本研究の条件下にお

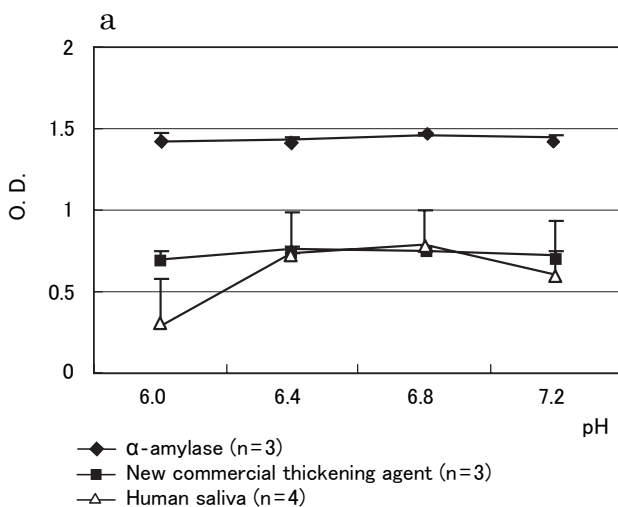


Fig. 2-a Effect of pH on amylase digestion of starch by  $\alpha$ -amylase, new commercial thickening agent which contains amylase and human saliva.

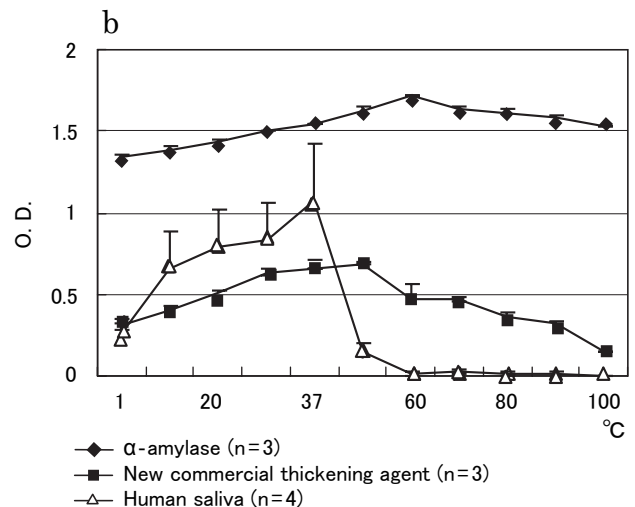
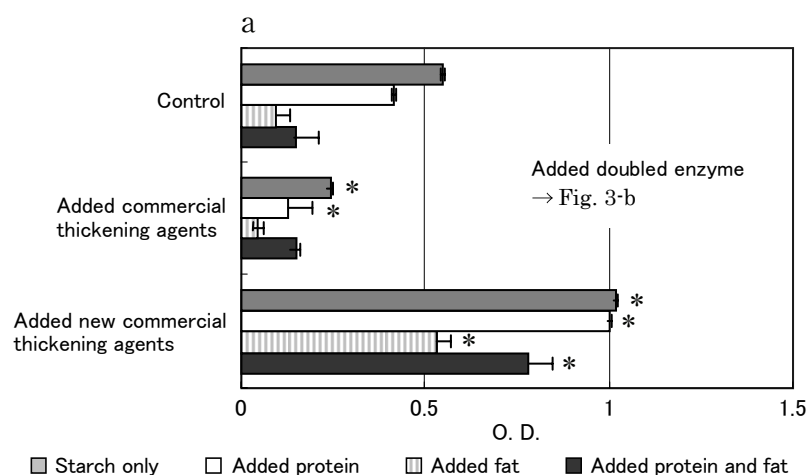
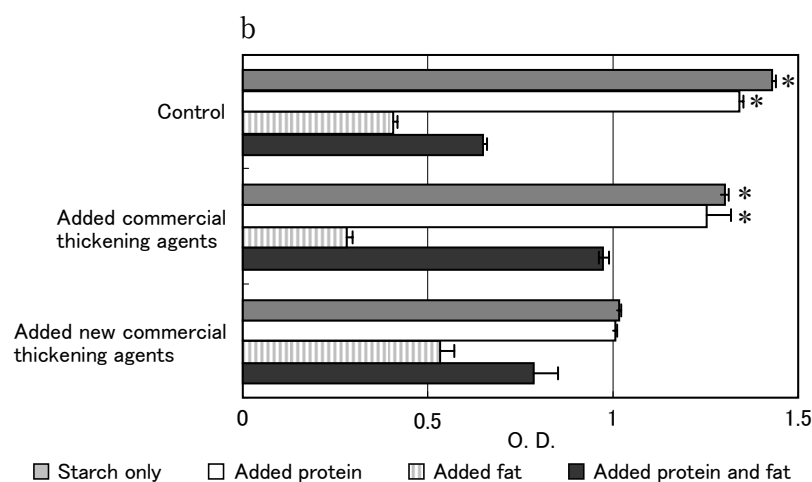


Fig. 2-b Effect of temperature on amylase digestion of starch by  $\alpha$ -amylase, new commercial thickening agent which contains amylase and human saliva.



**Fig. 3-a** Changes in the levels of amylase digestion of starch, starch with protein, starch with fat, starch with protein - fat by commercial thickening agents including new commercial thickening agent which contains amylase.  
\* Significant difference from the Control group ( $p < 0.05$ ).



**Fig. 3-b** Effect of supplementary human saliva on the levels of amylase digestion of starch, starch with protein, starch with fat, starch with protein - fat by commercial thickening agents. The data were obtained with the same experimental condition in Fig.3-a. Experimental groups (Control, Added commercial thickening agents) in Fig.3-a were supplemented with indicated level of  $\alpha$ -amylase as human saliva ( $\alpha$ -amylase content: equal to new commercial thickening agent which contains amylase).  
\* Significant difference from the Added new commercial thickening agents group ( $p < 0.05$ ).

いて、唾液によるデンプン分解は、アミラーゼを含む新とろみ調整食品を加えることで酵素量を倍にするよりも、アミラーゼを含む唾液を加えて酵素量を倍にすることで、より促進した。ヒト唾液は単なる酵素液ではなく、化学的ならびに物理的性状も異なり、人工的な消化酵素にはない消化における環境条件に起因していることも考えられる。

先の結果において示したように、(1) 液状食品に使用したとろみ調整食品の $\alpha$ -アミラーゼの反応性は、とろみ調整食品単独の場合と異なること、(2) 消化酵素 (アミラーゼ)

を含まない従来のとろみ調整食品を使用した場合にはデンプンの消化が低下することが分かった。そこで、固形食品にとろみ調整食品を使用した場合の食材の消化について、膵臓由来酵素パンクレアチンを用いて遊離してくるアミノ酸量を指標に検討した。臨床や介護の現場で食材として提供される頻度の高いメルルーサ、全粥ともに、とろみ調整食品を添加すると、遊離アミノ酸量は減少した (Table 1)。メルルーサおよび全粥の遊離アミノ酸量を、とろみ調整食品の主成分、すなわちキサンタンガム系、グアーガム系、

**Table 1** *In vitro* amount of free amino acid in silver hake added commercial thickening agent contains xanthan gum, guar gum

Hours	Silver hake	Silver hake + xanthan gum		Silver hake + guar gum	
	Control (n=3)	A (n=3)	B (n=3)	C (n=3)	D (n=3)
0	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
0.5	3.56 ± 0.32 <sup>b</sup>	0.53 ± 0.41 <sup>f</sup>	-0.53 ± 0.21 <sup>af</sup>	1.17 ± 0.25 <sup>i</sup>	0.03 ± 0.25 <sup>a</sup>
1	6.57 ± 0.52 <sup>c</sup>	1.93 ± 0.33 <sup>g</sup>	2.37 ± 0.09 <sup>g</sup>	1.70 ± 0.16 <sup>i</sup>	0.67 ± 0.09 <sup>o</sup>
2	9.14 ± 0.72 <sup>d</sup>	5.30 ± 0.45 <sup>h</sup>	2.37 ± 0.09 <sup>gj</sup>	3.70 ± 0.45 <sup>m</sup>	1.50 ± 0.24 <sup>p</sup>
24	12.78 ± 0.92 <sup>e</sup>	9.93 ± 0.50 <sup>i</sup>	9.63 ± 0.53 <sup>ik</sup>	8.60 ± 0.45 <sup>in</sup>	8.87 ± 0.12 <sup>q</sup>

Values are mean ± SEM for titration (mL) of 1/50 N-NaOH by Formol Method; means in the same column not sharing a common superscript differ significantly at  $p < 0.05$ .



デンプン系の順に示した (Fig. 4-a, b, c)。パンクレアチンによるタンパク質の分解は試料のタンパク質含量によって異なった。メルルーサと全粥 100 g の含有タンパク質量は、それぞれ 17 g と 1.1 g であり、タンパク質含量の少ない全粥では、とろみ調整食品を添加しない場合でもさほど消化は進まなかった。とろみ調整食品を添加すると無添加に比較して消化はあまり進まず、その程度はとろみ調整食品の主成分<sup>10)</sup>によって異なった。とろみ調整食品の主成分によって、消化の進行も異なった。一般的な消化管内停滞時

間と仮定した2時間後の値では、デンプン系がもっとも消化に影響を及ぼさなかった。

本研究から、消化酵素の分泌量や消化管の動きが低下している高齢者へのとろみ調整食品の利用は、誤嚥防止の面だけでなく、消化についても考慮しなければならないことが示唆された。使用するとろみ剤によって胃内での性状が異なることや、酸分泌抑制剤などの薬剤の影響による消化管内での性状変化等が報告されている<sup>11)</sup>が、明確なデータは、いまのところ見当たらない。とろみ調整食品の消化管内における性状が消化吸収に影響を与える可能性に関しては今後検討が望まれる。あわせて、唾液分泌を促す適正な口腔ケアのあり方も重要である。

## 参考文献

- 1) 高知県健康福祉部 (2007) 平成 19 年 高知県の健康白書 ([http://www.pref.kochi.lg.jp/~kenkou/kenkou/hakusyo\\_honbun\\_Ver20060912.pdf](http://www.pref.kochi.lg.jp/~kenkou/kenkou/hakusyo_honbun_Ver20060912.pdf) からダウンロード)
- 2) Ziegler TR (2002) Glutamine supplementation in bone marrow transplantation. *Br J Nutr* 87: S9-S15.
- 3) 田中弥生, 宗像伸子 (2004) おいしい, やさしい介護食, 臨床栄養別冊, 医歯薬出版株式会社, 東京.
- 4) 手嶋英津子, 矢野治江 (2007) 給食施設における嚥下食と「とろみ調整食品の添加量及び添加濃度」. 中村学園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要 第 39 号: 247-254.
- 5) 船見孝博, 堤之達也, 岸本一宏 (2006) とろみ調整食品や介護食品に使用されている増粘剤およびゲル化剤. *日本調理科学会誌* 39: 233-239.
- 6) 大越ひろ (2004) テクスチャー調整食品—最近の傾向と使い方のヒント. *臨床栄養* 105, 医歯薬出版株式会社, 東京: 178-185.
- 7) 勝元慎吾 (2008) 高齢者の食事のための増粘多糖類. *科学と工業* 82: 190-196.
- 8) 道喜美代, 門倉芳枝 (1979) 新版 栄養学実験法, 三共出版株式会社, 東京: 57-58.
- 9) 渡瀬峰男 (2005) 特集 高齢社会における介護食 嚥下食品の感覚特性に影響を与える増粘多糖類の科学構造および機能特性. *食品工業* 8: 29-40.
- 10) 吉村美紀, 西成勝好 (2005) 分離大豆タンパクの酵素反応に及ぼす食物繊維の影響についてのレオロジー的研究. *Foods Food Ingredients Jpn* 210.
- 11) 永口美晴, 幣憲一郎 (2007) 増粘剤と胃内での変化. *臨床栄養* 110: 696-701.

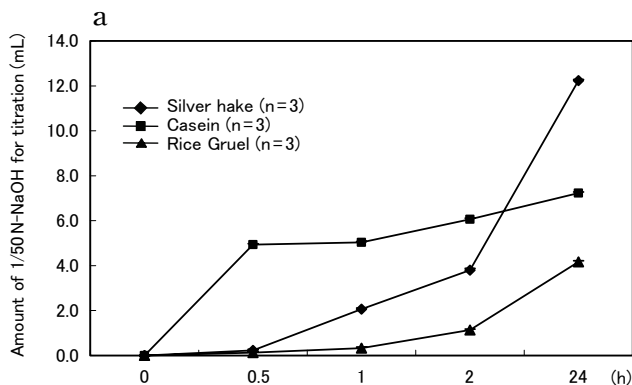


Fig. 4-a Time course of free amino acid release during pancreatin treatment of Rice gruel, Silver hake, Casein added commercial thickening agent contains xanthan gum.

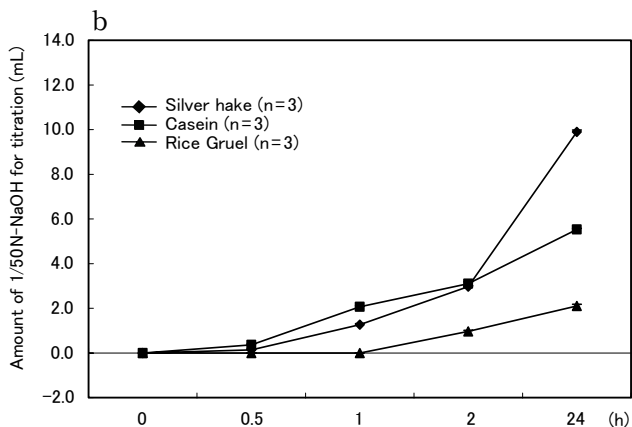


Fig. 4-b Time course of free amino acid release during pancreatin treatment of Rice gruel, Silver hake, Casein added commercial thickening agent contains guar gum.

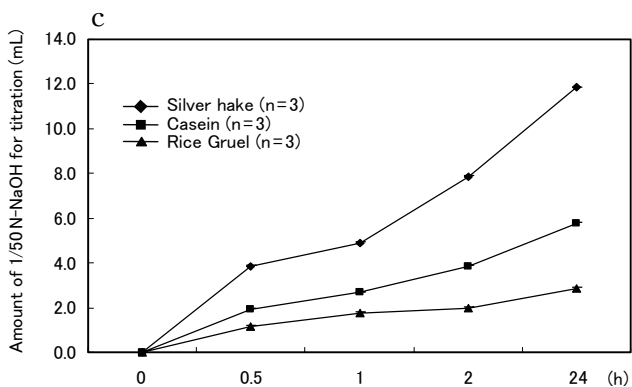


Fig. 4-c Time course of free amino acid release during pancreatin treatment of Rice gruel, Silver hake, Casein added commercial thickening agent contains starch.

