

機関番号：24506

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500685

研究課題名 (和文) 多糖類ハイドロコロイドが混合食品の物性と消化性に及ぼす影響

研究課題名 (英文) Effects of Polysaccharide on the Physical Properties and Enzymatic Degradation of Mixed Foods

研究代表者

吉村 美紀 (Yoshimura Miki)

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号：90240358

研究成果の概要 (和文)：

多糖類 (食品ハイドロコロイド) は水に分散し、極めて高い粘度を発現する。コンニャクグルコマンナン (KGM) またはグアーガム (GG) が分離大豆たんぱく質 (SPI) の酵素分解に及ぼす影響をレオロジー的方法により検討した。SPI に KGM または GG を混合すると分解速度定数と平衡値が小さくなり、SPI の消化酵素による分解は遅くなった。

分子量の異なる KGM がでん粉ゲルの糊化と老化、寒天 (AG) ゲルの物性に及ぼす影響について検討した。高分子の KGM はでん粉の老化を抑制した。KGM は AG と相互作用が見られた。

研究成果の概要 (英文)：

Polysaccharide (Food Hydrocolloids) is hydrated in water and appears high viscosity. The influence of konjac-glucomannan (KGM) or guar gum (GG) on the enzymatic reaction of soy protein isolate (SPI) by pancreatin were studied using rheological measurements.

KGM or GG retarded the enzymatic degradation of SPI from the experimental observation that the rate constants of degradation became smaller and the plateau value became larger by the addition of dietary fibers.

Effects of molecular weight of KGM on the gelatinization and retrogradation of corn starch (CS) and physical properties of agar gel were studied. It is suggested that higher Mw KGM affected CS retrogradation. KGM interacted synergistically with AG.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学

キーワード：テクスチャー

## 1. 研究開始当初の背景

(1)日本において昔から用いられているコンニャクグルコマンナン、寒天、でんぷんなどの多糖類ハイドロコロイドは、加工食品や伝統食品の食品素材としてだけでなく、健康維持増進において優れた様々な機能性をもつことが解明されつつある。

(2)高齢社会の到来に伴い咀嚼および嚥下困難者が増加し、多糖類ハイドロコロイドによる誤嚥防止の研究が進み、ユニバーサルデザインフード、高齢者用食品のテクスチャー改善素材として重要である。

(3)食物繊維(多糖類ハイドロコロイド)は、糖尿病、高脂血症、高血圧などの疾病に対する予防効果を示し、消化吸収に影響を与えることが報告されており、メタボリックシンドロームの予防効果をもつ優れた機能性食品素材として重要である。

(4)多糖類ハイドロコロイドは、栄養素の消化・吸収を遅延させることが報告されており、発展途上国では、食物繊維の過剰摂取はたんぱく質の効果的な取り込みを減少させ、先進国では脂質とたんぱく質の過剰摂取が問題となっており、食物繊維がたんぱく質の消化・吸収におよぼす影響に関してのいくつかの報告がある。多糖類ハイドロコロイドの粘性が消化酵素分解を抑制あるいは遅延させる主な要因であるかどうかは明らかでない。

## 2. 研究の目的

(1)多糖類ハイドロコロイドの加工食品におけるテクスチャー改善としての働き、

消化への影響について検討する。

(2)食品はたんぱく質やデンプンなどとの複合系であることより、多糖類ハイドロコロイドが混合食品に与える影響について検討する。

(3)混合食品の物性改良や澱粉の老化防止、離漿防止、消化への影響などの基礎的知見が得られると、これらを用いた加工食品・伝統食品の貯蔵や高齢者用食品、機能性食品のテクスチャーコントロールが容易になり、さらに二次機能および三次機能をもつ食品加工の設計に役立つことが期待される。

## 3. 研究の方法

(1)多糖類ハイドロコロイドとして、コンニャクグルコマンナン(KGM)とグアーガム(GG)が分離大豆たんぱく(SPI)のパンクレアチン酵素添加による分解過程速度を動的粘弾性測定により観察した。

(2)分子量の異なるKGMが寒天、でんぷんの混合系食品へおよぼす影響について、レオロジー実験を行った。

## 4. 研究成果

(1)コンニャクグルコマンナン(KGM)は水に分散し、極めて高い粘度を発現する。KGMは消化酵素による変化を受けず、高粘度を維持したまま小腸に到達することから、栄養の吸収に影響を与えることが知られている。KGMが分離大豆たんぱく質の酵素分解に及ぼす影響について、レオロジー的方法により検討し、SPI単独系はパンクレアチン酵素によって分解され、SPIにKGMを混合するとその酵素反応が遅延することが示した(Fig.1)。KGMの添加により速度定数が減少したが、ゼロずり速度における粘度

が10~30mpa.sの範囲内の添加量では効果に差が認められなかった (Fig.2)。SPIにおけるパンクレアチン酵素作用は、KGMが低濃度である場合、粘度だけの要素で遅延効果に影響を与えるのではないことが示唆された。

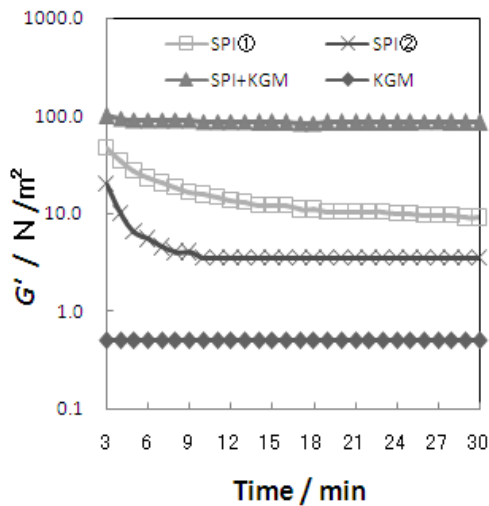


Fig.1 Time evolution of  $G'$  for dispersions of 15 wt% SPI, 14 wt% SPI+1 wt% KGM, and 1 wt% KGM with pancreatin. (Pancreatin concentration: 0.16 wt% for SP①, SPI+KGM, KGM, 0.33 wt% for SPI②)

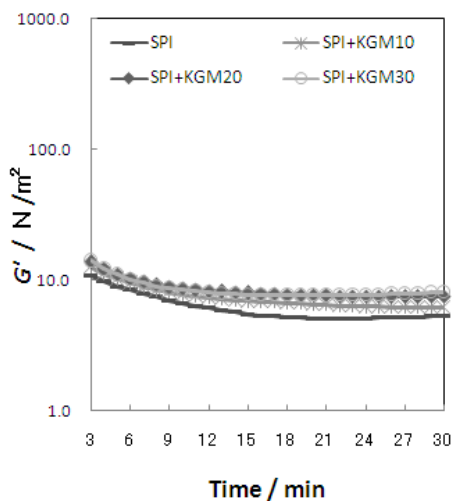


Fig.2 Time evolution of  $G'$  for dispersions of 12.5 wt% SPI and

SPI+KGM with pancreatin. (Pancreatin concentration: 0.33 wt%)

(2)分子量の異なるグアーガム(GG)を用いて分離大豆タンパク質 (SPI) の酵素分解に及ぼす影響について検討した。分解過程のレオロジー的变化を①式で近似し速度定数 $k_1$ と $k_2$ 、平衡値 $G'_{3s}$ を求めた。

$G(t)=1-G'_{1s}(1-e^{-k_1t})-G'_{2s}(1-e^{-k_2t})$ ,  $G'_{3s}=1-G'_{1s}-G'_{2s}$ ①  
GGのゼロずり粘度が同じ場合では、GGの分子量が小さく濃度の高い方が、分子量が大きく濃度の低い方より、GGの鎖状分子が多く含まれるため、分解がゆっくり進むことを推察した (Fig.3)。消化酵素による変化を BCA assayによりペプチド量の定量を行い、SPIが酵素により分解され、低分子化していることを示した (Fig.4)。

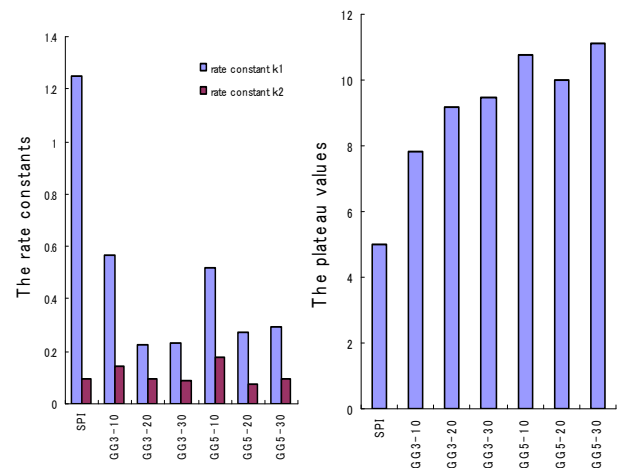


Fig.3 The value of  $k_1$  and  $k_2$  and  $G'_{3s}$  for mixtures of SPI and GG

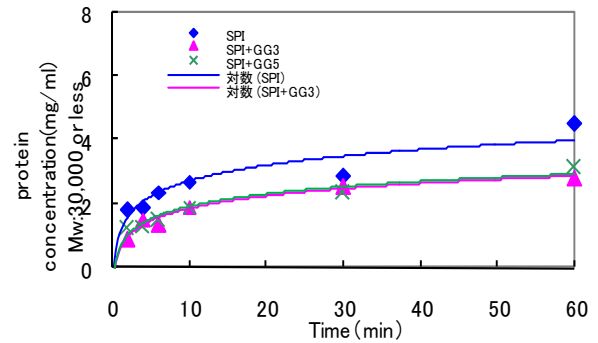


Fig.4. Time dependent digestion of protein(SPI) After treatment of YM30 (<Mw:30,000)

(3) KGM とコーンスターチ (CS) 混合系の物性への影響とパンクレアチン酵素による分解に及ぼす影響を検討した。先行研究において、KGM の混合により CS 澱粉の老化を遅延させる効果があることを見出しているが、本研究では、3 種の KGM を用いて分子量の大きさ (a:約 15000、b:約 100 万、c:約 100 万～200 万) に注目した。CS 澱粉の糊化においては KGM 混合の影響が少ないこと、長期間貯蔵によって起こる CS の老化を分子量がある程度以上、本研究では 100 万以上の KGM を混合することで貯蔵による破断応力、エネルギーの増加が少ないことから、でんぷんの老化を抑制すること (Fig. 5)、老化した CS 澱粉の酵素分解は、分子量 100 万以上の KGM を混合したものにより遅延する傾向があることを見出した。老化は澱粉を構成する粒子の秩序構造の再形成の過程であり、分子量 100 万以上の KGM を混合した場合には、KGM 鎖状分子がからまり、CS の澱粉を構成する粒子の秩序化を阻害し澱粉の老化を抑制することと澱粉が酵素により分解されることを妨げることが推察された。

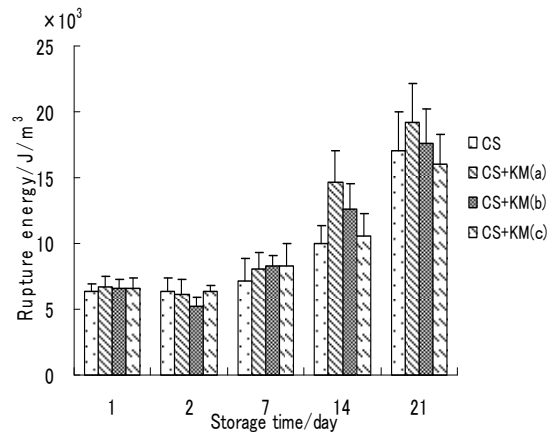
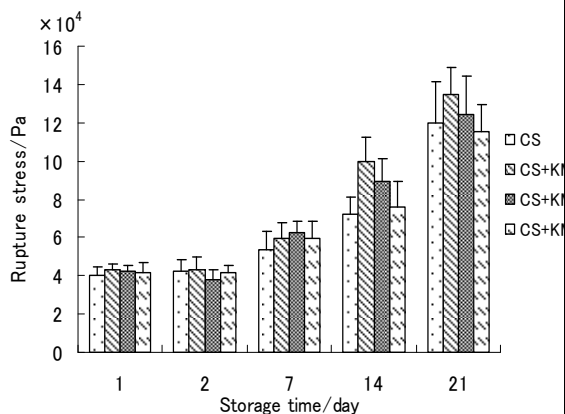


Fig. 5. Rupture stress and energy of CS15% and CS14.9% +KM 0.1% stored 10°C for 1day, and then 3°C for 2, 7, 14, 21days

(4) 海藻抽出多糖類である寒天 (AG) と KGM またはコラーゲンペプチド (CP) との混合による物性への影響と咀嚼活動に及ぼす影響を検討した。重量平均分子量 ( $M_w$ ) が  $1.1 \times 10^3$ ,  $1.9 \times 10^3$ ,  $5.4 \times 10^3$ ,  $1.0 \times 10^4$  を示す 4 種類の豚皮由来コラーゲンペプチドを寒天に添加した。CP の分子量が寒天ゲルの力学的及び熱的特性に及ぼす影響について検討を行った。CP 溶液は 50% において、液体の挙動を示した (Fig. 6)。  $M_w = 5.4 \times 10^3$  と  $M_w = 1.0 \times 10^4$  は、  $M_w = 1.1 \times 10^3$  と  $M_w = 1.9 \times 10^3$  の結果とは大きく異なり、寒天ゲルの物性に大きく影響を及ぼし、ゲル強度が著しく減少し、離水量は抑制され、寒天 1mg あたりの融解や凝固に伴うエンタルピーが減少した。CP が寒天ゲルの架橋形成を阻害したと推察された。CP が寒天ゲルの架橋構造の形成を阻害するかどうかは分子量に依存し、  $M_w = 5.4 \times 10^3$  や  $M_w = 1.0 \times 10^4$  に含まれる高い分子量の成分がより強く阻害に働くと推察された。

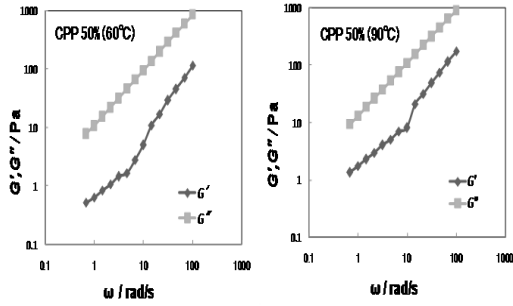


Fig.6 Frequency dependence of  $G'$  and  $G''$  for CPP 50w/w solutions.

CPP 50% is heated at 60 or 90°C for 30 mins.

次に、分子量の大きさが異なる3種のKGMを (a:約15000、b:約100万、c:約100万~200万) について濃度を変えて用いた。その結果、AGにKGM (a) を1%添加したゲルは、AG単独ゲルより軟らかくなり、KGM (b) とKGM (c) では0.1%、0.2%添加により強いゲルとなった (Fig. 7)。混合する分子量の大きさにより異なった影響となった。咀嚼特性については、破断歪、破断エネルギーの物性パラメーターと咀嚼パラメーターの間に高い相関を示した。KGMの分子量が高い強いゲルが、筋電図測定においても咀嚼時間、咀嚼回数、総筋活動量が大きくなる傾向を示した。凝集性においては、咀嚼回数、振幅 (中期5回と終期5回)、筋活動量の咀嚼パラメーターと正の相関 ( $p < 0.05$ ) が見られた。ゼリーやヨーグルトの食感の改良、また離水を抑えることから加工食品への物性の改良に役立つことが考えられる (Fig8)。

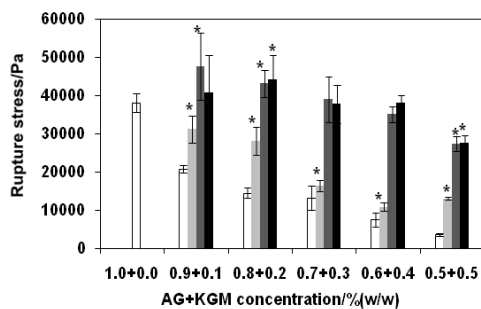
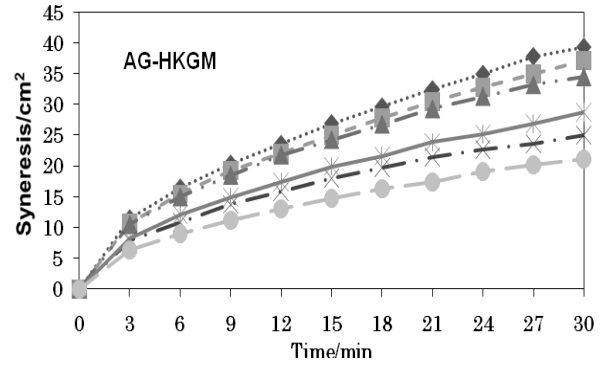


Fig.7 Rupture properties of AG+KGM gels



AG only 0.9+0.1 0.8+0.2 × 0.7+0.3 \*  
0.6+0.4 ● 0.5+0.5

Fig.8 Syneresis of AG+KGM gels

混合食品への添加する多糖類ヒドロコロイドがたんぱく質およびでん粉の消化酵素に及ぼす影響と多糖類ヒドロコロイドの分子量および濃度が混合ゲルの物性・咀嚼性に及ぼす影響により、多糖類ヒドロコロイドの2次機能と3次機能の特徴を明らかにしていくことで、多糖類ヒドロコロイドを食品加工への使用する機会が増加し、通常の生活では不足しがちな難消化性多糖類を容易に摂取できることが期待される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

①小野寺允、深江亮平、加藤陽二、西成勝好、吉村美紀、寒天ゲルの物性に及ぼす豚由来コラーゲンペプチドの分子量の影響 (査読有)、日本食品科学工学会誌第58巻4号、2011、150-158

②吉村美紀、深江亮平、丸山尚子、原口朋子、西成勝好、豚由来コラーゲンペプチド添加寒天ゲルの力学的・熱的特性 (査読有)、日本調理科学学会誌第54巻4号、2010、143-151

③吉村美紀、船見孝博、コンニャクグルコマンナの粘度と分離大豆タンパク質の酵素分解に対する影響、兵庫県立大

〔学会発表〕（計 12 件）

- ①Y.Saka,K.Nishinari,M.Yoshimura,  
Rheological Properties of Mixed Gels of  
Agar/Konjac Glucomannan with Different  
Molecular Weight, 5th Pacific Rim  
Conference on Rheology, 2010 年 8 月, 北海  
道大学
- ②M.Onodera,R.Fukae, Y.Kato,K.Nishinari  
M.Yoshimura, Effects of Addition of  
Porcine Collagen-Peptide on Rheological  
and Thermal Properties of Agar Gels,2010,  
5th Pacific Rim Conference on  
Rheology,2010 年 8 月, 北海道大学
- ③M.Yoshimura,T.Haraguchi,Y.Kato,  
T.Funami,K,Nishinari,Influence of Guar  
Gum on the Enzymatic Degradation of Soy  
Protein Isolate by Pancreatin, 2010, 5th  
Pacific Rim Conference on Rheology,2010  
年 8 月, 北海道大学
- ④小野寺允、深江亮平、西成勝好、吉村美紀、  
寒天ゲルの物性に及ぼす豚皮由来コラーゲ  
ンペプチドの分子量の影響、日本農芸化学会、  
2010 年 3 月、東京大学
- ⑤坂 雄太、西成勝好、吉村美紀、粘度の異  
なるコンニャクグルコマンナンと寒天混合  
ゲルの物性、日本農芸化学会、2010 年 3 月、  
東京大学
- ⑥吉村美紀、西成勝好、大豆タンパク 7S、  
11S、Lp のレオロジー挙動、第 57 回レオロ  
ジー討論会、2009 年 10 月、宇部全日航ホテ  
ル
- ⑦小野寺 允、深江亮平、西成勝好、吉村美  
紀、豚皮由来コラーゲンペプチドの分子量分  
布が寒天ゲルの物性に及ぼす影響、第 57 回  
レオロジー討論会、2009 年 10 月、宇部全日

航ホテル

- ⑧原口朋子、西成勝好、吉村美紀、コーンス  
ターチ・コンニャクグルコマンナン混合ゲル  
の貯蔵による変化、第 57 回レオロジー討論  
会、2009 年 10 月、宇部全日航ホテル
- ⑨坂 雄太、西成勝好、吉村美紀、コンニャ  
クグルコマンナン寒天混合ゲルの物性と嗜  
好性、第 57 回レオロジー討論会、2009 年 10  
月、宇部全日航ホテル
- ⑩原口朋子、吉村美紀、西成勝好、コーンス  
ターチとコンニャクグルコマンナン混合系  
の影響、食品工学、構造、物性に関する京都  
フォーラム、2008 年 11 月、京都テルサ
- ⑪原口朋子、吉村美紀、西成勝好、コーンス  
ターチのゲル化に及ぼすコンニャクグルコ  
マンナンの粘性の影響、第 56 回レオロジー  
討論会、2008 年 10 月、新潟コンベンション  
センター
- ⑫原口朋子、吉村美紀、加藤陽二、西成勝好、  
分離大豆タンパクの消化酵素分解におよぼ  
すグアーガムの影響、日本食品科学工学会若  
手の会、2008 年 9 月、京都大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

吉村 美紀 (Yoshimura Miki )  
兵庫県立大学・環境人間学部・教授  
研究者番号：90240358

### (2) 研究分担者

加藤 陽二 (Kato Youji )  
兵庫県立大学・環境人間学部・准教授  
研究者番号：30305693