

分離大豆タンパク質の消化酵素分解に対する キシログルカンの影響

金 保叔^{*1}, 吉村 美紀^{*2}, 曾根 良昭^{*1}, 西成 勝好^{*1}

^{*1}大阪市立大学大学院生活科学研究科

^{*2}兵庫県立大学環境人間学部

Influence of xyloglucan on the enzymatic degradation of soy protein isolate

Bo-Sook KIM^{*1}, Miki YOSHIMURA^{*2}, Yoshiaki SONE^{*1} and Katsuyoshi NISHINARI^{*1}

^{*1}Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

^{*2}School of Human Science and Environment, University of Hyogo

Summary

The influence of xyloglucan on the enzymatic degradation of soy protein isolate (SPI) by pancreatin was studied using rheological measurements. On adding an enzyme (pancreatin) to SPI dispersion, both the storage modulus, G' , and the loss modulus, G'' , decreased with time, and attained to plateau value with the lapse of time. Degradation of SPI in the presence of pancreatin accelerated with increasing concentration of pancreatin. The degradation for mixtures of xyloglucan (both high molar mass and low molar mass) and SPI in the presence of pancreatin with time occurred slowly with increasing xyloglucan concentration in the mixture. It suggested that the addition of xyloglucan to the SPI retarded the enzymatic reaction of pancreatin. By the rheological measurement of two samples with high molar mass or low molar mass at the same initial value of G' , we found that the degradation for the mixture with low molar mass xyloglucan proceeded more slowly than that with high molar mass xyloglucan. It indicates that the amount of added xyloglucan is more influential to retard the enzymatic degradation rather than the initial value of the viscosity or the storage modulus of the mixture of SPI and xyloglucan.

Keywords : 分離大豆タンパク質、キシログルカン、酵素分解

Soy protein isolate; Xyloglucan; Enzymatic degradation

I. 緒言

日本が世界一の長寿国となり、高齢人口の増加が社会問題となって久しいが、高齢者が単に長く生命を維持するだけではなく、生活の質 (QOL: Quality Of Life) を高めるといった要求も年々強くなっている。中でも、食・健康科学は高齢者や病気の人だけでなく、健常者に対してもQOLの向上、つまり嗜好性も満足させ、健康を維持増進させることを大きな目標としている。

日本では昔から魚介類、大豆などを加工した食品を食生活に取り入れてきたことが日本の長寿国化の原因の一

つであると考えられている。日本人の伝統的な食生活に利用されてきた大豆に含まれる大豆タンパク質は血中コレステロールの低下作用、肥満の改善効果など生活習慣病に対する機能性が優れ、牛乳や卵白のタンパク質と同等の生化学的価値をもつタンパク質である^{1),2)}。大豆タンパク質は沈降係数によって2S、7S (ベータ・コングリシニン)、11S (グリシニン)、そして15Sの四つのグループに分類される³⁾。これまで、分離大豆タンパク (SPI) のゲル形成におけるpHとイオン強度の影響やゲルの性質、その網目構造との関係が多く研究者たちによって

研究されてきた^{4),5)}。SPIは食品の栄養価を改善するため、また低価格で望ましい機能を持つ性質を供するため、食品の加工に広く使われている⁶⁾。

食物繊維ハイドロコロイドは健康に有益な種々の効果を持つことが知られているが、多くは水に分散して、増粘剤、乳化剤、安定剤などの目的で食品に添加されている^{7),8),9)}。本研究で用いた食物繊維は、タマリンド樹の種子に貯蔵多糖として存在するキシログルカン(xyloglucan)である。キシログルカンは熱・酸・塩に対して安定であり、様々な食品に幅広く利用されている多糖類である¹⁰⁾。単独ではゲル化しないが、多量のアルコールの添加やキシログルカン側鎖の非還元末端ガラクトースの部分的な除去によりゲル化することが知られている¹¹⁾。また我々は最近、ジェランガムやキサントガムの添加によってキシログルカンがゲル化することを報告した^{12),13)}。

食物繊維は小腸での栄養素の消化・吸収に影響を与えるとされているが、タンパク質に対してもその消化・吸収率を減少させることが報告されている^{14),15),16),17),18)}。また、食物繊維の添加によって、大豆タンパク質の消化・吸収に係るパンクレアチン活性が抑制されることが報告されている^{19),20)}。このパンクレアチンによる分離大豆タンパク質の分解反応は、混合される食物繊維の種類によって異なる¹⁹⁾。さらに、混合する食物繊維溶液の粘度は分離大豆タンパク質の消化・吸収およびその消化管通過時間に対して著しい影響を及ぼし、高粘度の場合には血中グルコースおよびインシュリンの低下に優れた作用があると報告されている²¹⁾。しかし、現在まで「パンクレアチンによる分離大豆タンパク質の分解に対する食物繊維の阻害作用」において、食物繊維の分子量の影響については明確に理解されていない。そこで本研究では、レオロジー的方法により分離大豆タンパク質のパンクレアチンによる分解に及ぼす食物繊維ハイドロコロイド(キシログルカン)の影響や食物繊維の粘度と分子量依存性について調べることを目的とした。

II. 実験方法

1 試料 分離大豆タンパク(SPI)は不二製油(株)から提供された。キシログルカンは大日本住友製薬(株)から提供されたタマリンド樹の種子から抽出・精製したものをを用いた。本研究では、分子量が異なる2つのキシログルカンを用い、それぞれの分子量は約60万(高分子キシログルカン)と約2000(低分子キシログルカン)である。本稿では高い分子量のサンプルを高分子キシログルカン(H)、低い分子量のサンプルを低分子キシログル

ルカン(L)と記す。パンクレアチンは天野エンザイム(株)から提供された。パンクレアチンは一般に動物の膵臓から抽出され、ある程度精製された酵素試料であるが、アミラーゼ活性、プロテアーゼ活性、リパーゼ活性を含む、その活性と安定性が最も高いpH7で反応、測定を行った。

2 レオロジー分析試料の調製

a SPIサンプル；重量パーセント14.0wt%、15.0wt%となるようSPIを蒸留水に溶かした。

b SPIとキシログルカンの混合系サンプル；SPIとキシログルカンの合計濃度が重量パーセント15.0wt%になるよう、また全重量が10.0gになるよう蒸留水に溶かした。

c パンクレアチン溶液添加時のサンプル調製；重量パーセント0.2wt%、0.5wt%、1.0wt%のパンクレアチン溶液は、吉村らの方法により調製した¹⁹⁾。それぞれのパンクレアチン濃度の溶液(2.0g)を10.0gのSPI溶液、キシログルカン溶液、SPIとキシログルカンの混合溶液に添加し、全重量が12.0gになるように調製した。0.2wt%、0.5wt%、1.0wt%のパンクレアチン添加の場合、パンクレアチン最終濃度はそれぞれ、0.03wt%、0.08wt%、0.16wt%になる。

3 測定方法 定常ずり粘度と動的粘弾性の測定にはRheoStress 600 (Haake, Thermo Electron, Germany)を用い、直径が59.997mm、ギャップが0.103mm、円錐の角度が1.995°の円錐・平板型ジオメトリを用いた。サンプルの溶液はレオロジー測定器の平板(プレート)にセットされ、サンプルの露出した表面は水が蒸発しないようにシリコンオイルで覆った。パンクレアチン添加時より溶液のレオロジー測定を開始するまでの時間は3分(t=180s)とした。貯蔵剛性率 G' と損失剛性率 G'' の測定開始時間からの変化を27分間測定し、周波数は1Hzとした。 G' と G'' の周波数依存性を0.025Hzから15.850Hzで測定した。SPI、キシログルカン、そしてSPIとキシログルカンの混合において、パンクレアチン分解のレオロジー変化を調べるための実験は37°Cで行った。

III. 結果と考察

Fig. 1に15.0wt%SPI溶液と1.0wt%高分子キシログルカン溶液の粘度のずり速度依存性を示す。2種類のサンプルの粘度はずり速度が高くなるとともに、減少した。このような現象は多くの多糖類水溶液でも見られ、ずり流動化流動と呼ばれている。ずり速度が約 0.01s^{-1} では15.0wt%SPIの粘度が1.0wt%キシログルカンの粘度より 10^4 倍高かったが、 1000s^{-1} ではその違いは10倍以下で

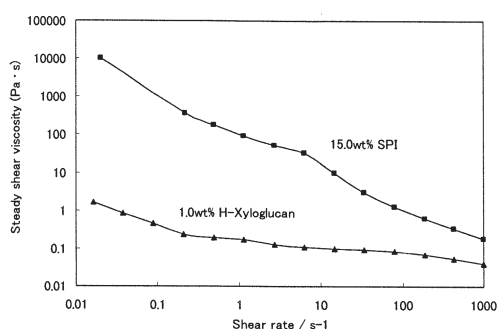


Fig. 1 Steady shear viscosity of 15.0wt% SPI solution and 1.0wt% xyloglucan (High molar mass) solution. Measurement temperature: 25°C.

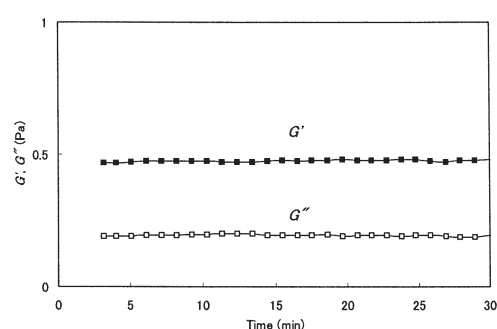


Fig. 3 Time evolution of G' and G'' for dispersion of 1.0wt% xyloglucan with high molar mass in the presence of pancreatin. Measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

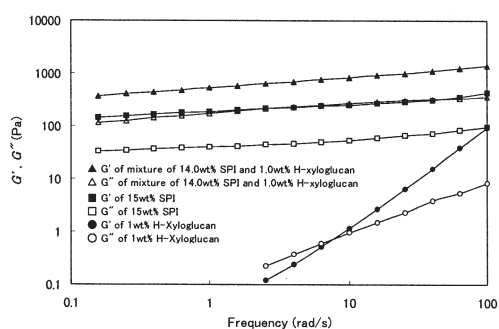


Fig. 2 Frequency dependence of G' and G'' for 15.0wt% SPI solution, 1.0wt% xyloglucan (High molar mass) solution, and the mixture of 14.0wt% SPI and 1.0wt% xyloglucan. Measurement temperature: 25°C.

あった。

Fig. 2 は、15.0wt%SPI 溶液と1.0wt% 高分子キシログルカン溶液、また14.0wt%SPI と1.0wt% 高分子キシログルカン混合溶液において、周波数の変化による貯蔵剛性率 G' および損失剛性率 G'' の変化を示した。1.0wt% キシログルカン溶液は低周波数側では G'' が G' より大きく、高周波数側では G' が G'' より大きくなるゾルのような挙動を示した。しかし、15.0wt%SPI 溶液は測定した周波数範囲内で G' が G'' より高く、1.0wt% キシログルカン溶液より周波数に依存しないペーストのような挙動を示した。その挙動は SPI とキシログルカンの混合系の場合と似ており、SPI はキシログルカンを混合することで G' と G'' は、SPI 単独とキシログルカンそれぞれ単独での G' と G'' より、より高い粘弾性を持つ相乗作用が観測された。混合するキシログルカンの量が多くなると相乗作用が高くなるのは、後で出てくる Fig. 5 からわかる。

以下、パンクレアチン添加時のレオロジー変化を示すが、いずれの場合もパンクレアチン溶液を SPI 溶液、キシログルカン溶液、あるいは SPI とキシログルカン混合溶液に添加した時を $t=0$ s とし、反応はパンクレアチン

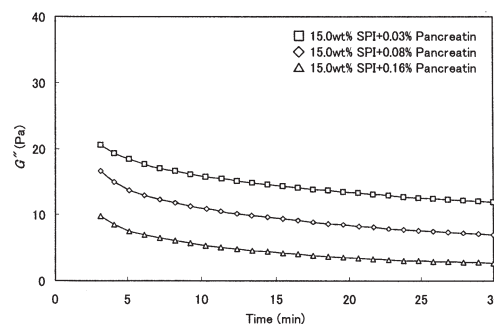
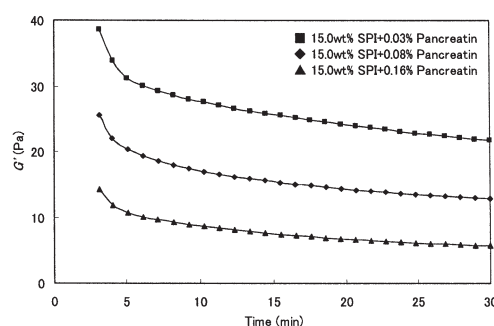


Fig. 4 Time evolution of G' (top) and G'' (bottom) for dispersions of SPI in the presence of pancreatin of different concentrations. Measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

活性の至適温度である37°Cで行った。Fig. 3 に、1.0wt% 高分子キシログルカン溶液に0.5wt% のパンクレアチン溶液を添加した時の、 G' と G'' の $t=180$ s からの変化を示す。Fig. 3 をみると、 G' と G'' の値は時間に伴う変化が見られないが、これはパンクレアチンにはキシログルカンを分解するセルラーゼ、ヘミセルラーゼなどが含まれず、キシログルカン自体が分解を受けないためである¹⁹⁾。

Fig. 4 に、添加したパンクレアチン最終濃度が異なる SPI 溶液の G' (Fig. 4 (上)) と G'' (Fig. 4 (下)) の $t=180$ s からの変化を示す。ここでは SPI の濃度を

15.0wt%と一定にし、パンクレアチンの最終濃度を0.03wt%、0.08wt%、0.16wt%の3つの条件で測定した。その結果、パンクレアチン濃度を高くすると、 G' と G'' の値は測定した全時間において、低くなった。さらに、測定開始において G' と G'' の値は急激に減少する現象が観測され、パンクレアチン濃度の増加に伴い減少の程度が著しくなったことがわかった。また、パンクレアチン添加から5分が経過した時点からは、 G' と G'' の値は時間が経つと共に徐々に減少する挙動が見られた。

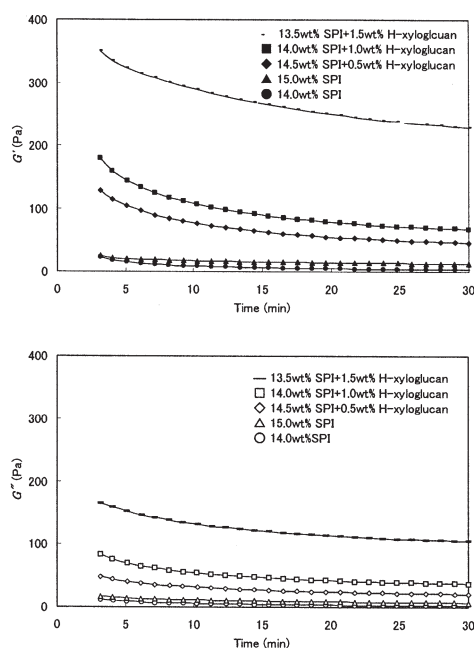


Fig. 5 Time evolution of G' (top) and G'' (bottom) for mixtures of SPI and xyloglucan with high molar mass in the presence of pancreatin. Total concentration: 15.0wt% (SPI/xyloglucan = 13.5/1.5, 14.0/1.0, 14.5/0.5, 15.0/0), pancreatin concentration: 0.08 wt%, measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz. The result of 14.0wt% SPI aqueous solution is also shown for comparison.

SPIと高分子キシログルカン ($M_w \sim 6.0 \times 10^5$) の混合溶液にパンクレアチンを添加した場合においての、 G' と G'' の $t=180$ sからの変化をFig. 5に示す。パンクレアチンの最終濃度が0.08wt%の場合、 G' と G'' が減少する現象はすべての条件において観測された。SPIとキシログルカンを合わせた濃度を15.0wt%とした混合溶液ではキシログルカンの濃度が高くなるとともに G' と G'' の値は高くなった。このSPIとキシログルカンの混合系の結果と比較するため、SPIのみを含む14.0wt%SPIおよび15.0wt%SPI溶液のパンクレアチン添加時のレオロジー変化の結果も合わせて示している。15.0wt%SPI溶液にパンクレアチンを加えた場合の G' と G'' の変化は

14.0wt%SPI溶液の場合より G' と G'' が少し高くなったものの、反応時間経過に伴い減少する傾向はキシログルカンとの混合系へのパンクレアチンの添加による変化と比べて、14.0wt%SPI溶液の場合と非常に似ている。

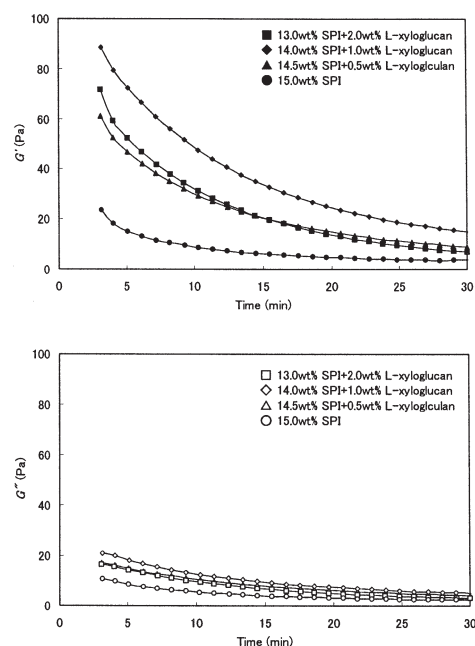


Fig. 6 Time evolution of G' (top) and G'' (bottom) for mixtures of SPI and xyloglucan with low molar mass in the presence of pancreatin. Total concentration: 15.0wt% (SPI/xyloglucan = 13.0/2.0, 14.0/1.0, 14.5/0.5, 15.0/0), pancreatin concentration: 0.08wt%, measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

Fig. 6にSPIと低分子キシログルカン ($M_w \sim 2.0 \times 10^3$) の混合溶液にパンクレアチンを最終濃度0.08wt%となるよう添加した時の、 G' と G'' の $t=180$ sからの変化を示す。ここでもSPIと低分子キシログルカンを合わせた濃度は15.0wt%である。全時間において、 G' と G'' の値は高分子キシログルカンの混合の場合より低かった。レオロジー測定を開始した時(パンクレアチン添加3分後)における G' と G'' の値は、13.0wt% SPIと2.0wt%低分子キシログルカンの混合系を除いて、混合系の中の低分子キシログルカンの濃度に依存することがわかった。この結果は高分子キシログルカンの混合系と同じである。

Fig. 7～9は、SPI単独系溶液およびSPIと高分子キシログルカンまたは低分子キシログルカンとの混合溶液に、パンクレアチンを添加したときの G'_t/G'_0 の $t=180$ sからの変化を示す。 G'_t/G'_0 は、時間 $t=t$ の G' 値を測定開始の時間 $t=180$ sでの G' 値(G'_0)で除したものである。Fig. 7は、パンクレアチン濃度の異なるSPI単独系溶液についての、 G'_t/G'_0 の $t=180$ sからの変化を示す。0.08wt%となるようパンクレアチンを添加した系で、

14.0wt%SPIの G'_t/G'_0 は15.0wt%SPIの場合より低くなった。15.0wt%SPIではパンクレアチンの濃度が高くなるとともに、3～6分間の G'_t/G'_0 の値の急激な変化はさらに激しくなった。このことは、SPIのみを含む系においては、パンクレアチン濃度の増加とともにSPIの分解が速く進むことを示している。Fig. 8はSPI溶液と高分

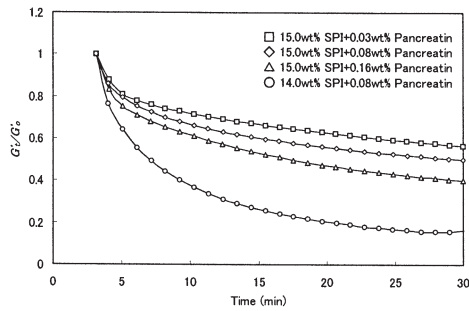


Fig. 7 Time dependence of G'_t/G'_0 for dispersions of 15.0wt% SPI in the presence of pancreatin of different concentrations. Measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz. The result of 14.0wt% SPI aqueous solution is also shown for comparison.

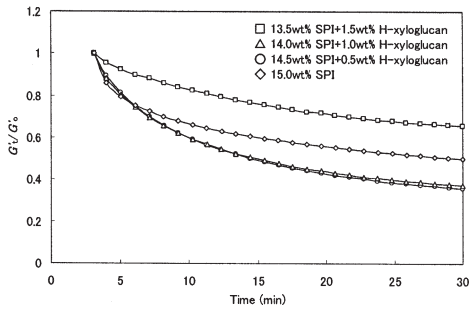


Fig. 8 Time dependence of G'_t/G'_0 for mixtures of SPI and xyloglucan with high molar mass in the presence of pancreatin. Total concentration: 15.0wt% (SPI/xyloglucan = 13.5/1.5, 14.0/1.0, 14.5/0.5, 15.0/0), pancreatin concentration: 0.08wt%, measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

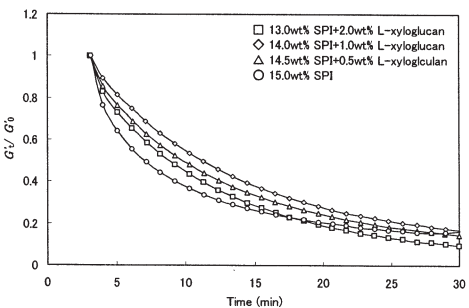


Fig. 9 Time dependence of G'_t/G'_0 for mixtures of SPI and xyloglucan with low molar mass in the presence of pancreatin. Total concentration: 15.0wt% (SPI/xyloglucan = 13.0/2.0, 14.0/1.0, 14.5/0.5, 15.0/0), pancreatin concentration: 0.08wt%, measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

子キシログルカンの混合系におけるパンクレアチンによるSPIの分解速度を調べた結果である。14.0wt%SPIと1.0wt%キシログルカンの混合系と、14.5wt%SPIと0.5wt%キシログルカンの混合系での G'_t/G'_0 の値はほとんど同じ値を示し、13.5wt%SPIと1.5wt%キシログルカンの混合の場合には、 G'_t/G'_0 の値が他の条件での結果より最も高かった。そして、15.0wt%SPIの G'_t/G'_0 は、約3～6分までは14.0wt%SPIと1.0wt%キシログルカンの混合系と、14.5wt%SPIと0.5wt%キシログルカンの混合系の値とはほとんど同じだったが、さらに時間が経過すると、キシログルカンの濃度が低い(1.0wt%と0.5wt%のキシログルカンを含む)混合系の結果よりゆっくり減少した。これは15.0wt% SPIの基質の量が前二者と比較して多く、したがって酵素が基質に対して少ないため分解が遅れたと考えられる。0.08wt%より高い濃度のパンクレアチン(0.16wt%)添加によっては、Fig. 7からもわかるように15.0wt% SPIに対する酵素の量が多くなるため、分解はより速く進んでいる。

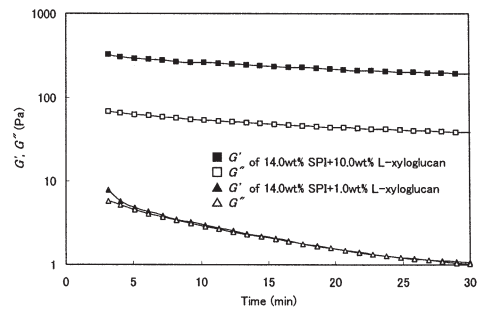


Fig. 10 Time evolution of G' and G'' for mixtures of 14.0wt% SPI and xyloglucan with different concentrations in the presence of 0.08wt% pancreatin. Xyloglucan sample: low molar mass, measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

Fig. 9はSPIと低分子キシログルカンの混合系におけるSPIのパンクレアチンによる分解への影響を調べた結果である。13.0wt%SPIと2.0wt%キシログルカンの混合系は14.5wt%SPIと0.5wt%キシログルカンの混合系、14.0wt%SPIと1.0wt%キシログルカンの混合系と比べて早く分解された。しかし、15.0wt% SPI単独と比べると、18分までは単独のほうが13.0wt%SPIと2.0wt%キシログルカンの混合系より酵素分解が速かったものの、18分以降になると混合系のほうが単独より分解がより速く進んで30分での酵素分解率は最小であった。これは混合系でのキシログルカンがこの中で最高濃度なのに、酵素分解を遅延させるのではなく、基質SPIが最低濃度であるため、酵素が充分にあり、そのため13.0wt%SPIと2.0wt%キシログルカンの混合系の場合は、18分までは分解が遅

かったのが18分以降の時間においては酵素分解がより速く進むものと考えられる。

このように、本研究で分離大豆タンパク質とキシログルカンの混合系溶液において、パンクレアチンによるSPI分解は混合されるキシログルカンの分子量および濃度に影響されることが明確になった。また、高濃度キシログルカンの混合系が低濃度キシログルカンの混合系よりパンクレアチンによるSPI分解が遅延されることが推察された。

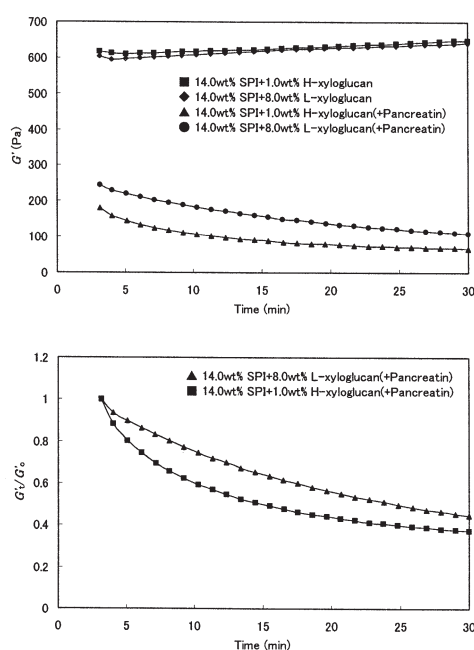


Fig. 11 Time dependence of G' (top) and G'/G_0 (bottom) for the mixtures of 14.0wt% SPI and 1.0wt% xyloglucan with high molar mass and 8.0wt% xyloglucan with low molar mass respectively, which is to identify the effect of molecular weight in the presence of 0.08wt% pancreatin at the same storage modulus. Measurement temperature: 37°C, frequency: 1Hz.

SPIとキシログルカンの混合溶液におけるパンクレアチンによるSPI分解へのキシログルカンの影響をさらに詳細に調べるため、SPIの濃度を14.0wt%に一定にし、混合する低分子キシログルカンの濃度を1.0wt%と10倍高い10.0wt%による混合系で同様なレオロジー変化をみる実験を行った。その結果、Fig.10に示すように測定開始付近では、10.0wt%キシログルカンの混合による G' と G'' の値は1.0wt%キシログルカンの混合による値より10倍以上高くなった。さらに、1.0wt%キシログルカンの混合では、3～6分以内に G' と G'' が急激に低下する現象が観測されたが、10.0wt%キシログルカンの混合ではこのような現象は見られなかった。これらの結果から、10.0wt%キシログルカンの混合溶液が1.0wt%キシロ

グルカンとの混合溶液より、粘度が高く、この粘度によってパンクレアチンのSPI分解能力が異なることが示唆された。さらに、パンクレアチンの分解を受けないキシログルカンは、SPIのパンクレアチンによる分解を顕著に阻害することが明らかになった。

食物繊維は小腸でのグルコース吸収を阻害する機能および、パンクレアチンの活性を抑制することなどが報告されている^{22),23)}。また、Jenkinsらは、グアガムおよびペクチンのような食物繊維による粘度の増加は酵素と基質の接触の機会を減らすと報告している²¹⁾。これらの研究は今まで粘弾性特性では報告されていないので、今回は粘度を決める一つのパラメーターである G' に合わせて、食物繊維の粘度の影響をさらに詳細に調べた。Fig. 11はその結果を示す。SPIの濃度を14.0wt%と一定し、高分子および低分子キシログルカンそれぞれ1.0wt%、8.0wt%を混合し、 G' 値がほぼ同じになるようにサンプルを調製した。それらの混合溶液にパンクレアチンを最終濃度が0.08wt%となるよう添加し、SPIの分解過程を調べた。Fig.11 (下)に見られるように、低分子キシログルカンの混合時のSPIの分解速度は高分子キシログルカンの混合時より遅くなることがわかった。

この結果により、パンクレアチンの作用は食物繊維の粘度の影響だけではなく、その粘度を決める食物繊維の分子量によっても影響されることが示唆された。Fig. 2の周波数依存性の結果からは、SPIとキシログルカンの混合は何らかの相互作用により複合体を形成している可能性も示唆される。しかし、分子量より食物繊維の量が重要であるかどうかの問題点、あるいはSPIと食物繊維との混合系による相乗効果における分解酵素の作用はまだ解明できていない。これらの問題は現在検討中である。

IV. 要約

分離大豆タンパク質 (SPI) の消化酵素パンクレアチンによる分解過程がキシログルカン (食物繊維ハイドロコロイド) の混合によって、どのような影響を受けるかを調べた。

- 1) キシログルカンはパンクレアチンの添加によって分解されず、 G' と G'' の変化は見られなかった。
- 2) SPIはパンクレアチンの作用によって分解され、時間とともに G' と G'' の値が減少した。さらに、反応系中のパンクレアチン濃度を高くするとその分解速度は速くなった。
- 3) キシログルカン (高分子および低分子) が存在する時、SPIのパンクレアチンによる分解速度はキシログルカンの濃度が高くなるとともに遅くなった。

4) パンクレアチン添加前に同じ貯蔵剛性率 G' を示す条件下では、低分子キシログルカンとの混合溶液の方が、高分子キシログルカンより効果的に分解を遅延させた。

本研究では、SPIとキシログルカンの混合系でのパンクレアチンの分解作用は混合されるキシログルカンの濃度および、分子量が異なるサンプルの混合量によって大きく影響されることが示された。SPIとキシログルカンが何らかの相互作用により複合体を形成しているためであるのか、あるいはキシログルカンがパンクレアチンに対して粘度とは異なる別の効果によりその酵素活性を阻害しているためであるのか、についてさらに研究を継続中である。

V. 謝辞

本研究は大阪市立大学重点研究「高齢社会における食品のおいしさ、食べやすさの解明と健康科学に関する研究拠点の形成—食品多糖類の物性・生理活性研究とその人間栄養学への応用—」および日本政府文部科学省「国費外国人留学生」の支援により行い、ここに深謝する。

VI. 引用文献

- 1) 渡辺篤二、斎尾恭子、橋詰和宗、「大豆とその加工」、建帛社 (1987)
- 2) 山内文男、「大豆の科学」、朝倉書店 (1992)
- 3) Rhee, K. C.: Functionality of soy proteins, In N. S. Hettiarachy, & G. R. Ziegler (Eds.), Protein functionality in food systems, New York: Marcel Dekker (1994)
- 4) 長野隆男、「大豆タンパク質」、「食品ハイドロコロイドの開発と応用」、西成勝好監修、CMC出版 (2007)
- 5) Renkema, J. M. S., Gruppen, H., & van Vliet, T.: The influence of pH and ionic strength on heat-induced formation and rheological properties of soy protein gels in relation to denaturation and their protein composition, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6064-6071 (2002)
- 6) Anupam Malhotra, John N. Coupland: The effect of surfactants on the solubility, zeta potential, and viscosity of soy protein isolates, *Food Hydrocolloids*, 18, 101-108 (2004)
- 7) McCleary, B.V.: Dietary fibre analysis, *Proc. Nutr.Soc.*, 62, 3-9 (2003)
- 8) De Vries, J.W.: On defining dietary fibre, *Proc. Nutr.Soc.*, 62, 37-43 (2003)
- 9) Phillips, G. O.: Colloids: a partnership with nature, *Hydrocolloids-Part2*, 3-14, edited by Nishinari K., Elsevier Science B. V. (2000)
- 10) 武政誠、白川真由美、「キシログルカン」、「食品ハイドロコロイドの開発と応用」、西成勝好監修、CMC出版 (2007)
- 11) Shirakawa, M., Yamatoya, K., Nishinari, K.: Tailoring of xyloglucan properties using an enzyme, *Food Hydrocolloids*, 12 (1), 25-28 (1998)
- 12) Nitta, Y., Kim, BS, Nishinari, K.: Synergistic gel formation of xyloglucan/gellan mixtures as studied by rheology, DSC, and circular dichroism, *Biomacromolecules*, 4 (6), 1654-1660 (2003)
- 13) Kim, BS, Takemasa, M., Nishinari, K.: Synergistic interaction of xyloglucan and xanthan investigated by rheology, differential scanning calorimetry, and NMR, *Biomacromolecules*, 7 (4), 1223-1230 (2006)
- 14) Kelsay, J. L.: A review of research on effects of fiber intake on man, *Am.J.Clin.Nutr.*, 31, 142-159, (1978)
- 15) Booth, A. N., Hendrickson, A. P., Deeds, F.: Physiologic effects of three microbial polysaccharides on rats, *Toxic. Appl. Pharmac.*, 5, 478-484 (1963)
- 16) Harmuth-Hoene, A. E., Schwerdtfeger, E.: Effects of indigestible polysaccharides on protein digestibility and nitrogen retention in growing rats, *Nutr. Metab.*, 23, 399-407 (1979)
- 17) Cummings, J. H., Southgate, D. A. T., Branch, W. Houston, H., Jenkins, D. J. A., James, W. P. T.: The colonic response to dietary fibre from carrot, cabbage, apple, bran and guar gum, *Lancet*, 1, 5-9 (1978)
- 18) Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishida, E., Innami, S.: Effects of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats, *J. Nutr.*, 120, 353-360 (1989)
- 19) Yoshimura, M., Nishinari, K.: Rheological studies of influence of dietary fibers on the enzymatic reaction for soy protein isolate, *FFI J.*, 210 (10), 954-962, (2005)
- 20) Booth, A. N., Hendrickson, A. P., Deeds, F.: Physiologic effects of three microbial polysaccharides on rats, *Toxic. Appl. Pharmac.*, 5,

- 478-484 (1963)
- 21) Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Leeds, A. R., Gassull, M. A., Haisman, P., Dilawari, J., Goff, D. V., Metz, G. L., Alberti, K. G. M. M.: Dietary fibre analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity, *Brit. Med. J.*, 1, 1392-1394 (1978)
- 22) Ebihara, K., Masuhara, R., Kiriya, S.: Major determinants of plasma glucose-flattening activity of a water-soluble dietary fiber; *Nutr. Rep. Int.*, 23, 1145-1156 (1981)
- 23) Isaksson, G., Ihse, I., Lundquist, I.: Inhibition of pancreatic enzyme activity by dietary fibers-an in vitro study using human duodenal aspirates, *Dan. Med. Bull.*, 26, 19 (1979)
-

分離大豆タンパク質の消化酵素分解に対する キシログルカンの影響

金 保叔、吉村 美紀、曾根 良昭、西成 勝好

要旨: 分離大豆タンパク質 (SPI) のパンクレアチンによる分解に対する食物繊維ハイドロコロイド・キシログルカンの影響についてレオロジー測定により調べた。パンクレアチンの添加によって、大豆タンパク質の貯蔵剛性率 G' と損失剛性率 G'' は時間とともに減少し、分解作用はパンクレアチンの濃度が高くなるとともに増加した。SPI とキシログルカン (高分子および低分子) の混合系のパンクレアチンによる分解は、混合溶液の中のキシログルカンの濃度が高くなるにつれて、顕著に阻害されることがわかった。さらに、混合系での分子量が異なるキシログルカンの影響を調べた結果、 G' が同じ場合には、低分子キシログルカンの方が高分子混合より分解を遅延させることがわかった。本研究では、SPI とキシログルカンの混合系のパンクレアチンによる酵素分解は食物繊維の粘度および混合量によって影響されるという結果が得られた。