

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500947

研究課題名(和文)大豆たんぱく質・米粉混合系食品の物性と咀嚼性

研究課題名(英文)Physical Properties and Texture of Soy Protein with Rice Powder

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：大豆たんぱく質・米粉混合系の加熱凝固と酸凝固のレオロジー特性を研究した。大豆タンパク質の加熱に伴うゲル化速度は混合系より速く、ゲル化時間は短く、米粉のゲル化はゆっくりで大豆タンパク質は米粉の糊化を抑制することが推察された。豆乳・米粉混合系は、豆乳に米粉と酢酸を混合するとpHが低下し、さらに添加酢酸量の増加に伴いpHは低下し、ゲルを形成した。豆乳濃度が高く、酢酸量が少なすぎる場合はゲルが弱くなった。油混合により、初期過程ではゲル化を抑制するが、ある点からゲル化を促進しており、これは不活性フィラーとして作用していた油滴が、その後活性フィラーとして作用することでゲル化が進むことが推察された。

研究成果の概要(英文)：We investigated the rheological properties during soy protein gelation with rice powder on addition of an acetic acid coagulant with heating.

The rate of gelation with heating for soybean protein was much faster and the gelation time was shorter than mixture. The rate of gelation of rice powder increased slowly. It was suggested that soy protein retarded rice powder gelatinization. The pH value of soy milk decreased on addition of rice powder and an acetic acid coagulant. Soy milk with rice powder formed a weaker gel with increasing concentration of soy milk and decreasing concentration of acetic acid coagulant. The time dependent changes in dynamic viscoelasticity suggested that palm oil retarded soy milk gelation early and then promoted it a little later. It was suggested that the oil droplet which was acting as an inactive filler acted as an active filler after that the first stage.

研究分野：食品プロセス科学 調理科学

キーワード：大豆タンパク質 米粉 混合系 酸凝固 加熱凝固 物性

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本人になじみ深い伝統的食品である豆腐、こんにゃく、かまぼこ、寒天、麺類、もち、米飯などの食品は独特な歯ごたえ、噛み応えをもち、食品のおいしさとして特徴的な食感が評価されることが多い。これらの食感制御に用いられるたんぱく質、澱粉、寒天、コンニャクマンナンなどの食品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。また、高齢社会が進むなかで、これらの日常食品において高齢者食・嚥下食など食品の硬さ・軟らかさなどの物理的な味をコントロールする必要性が高まっている。

(2) たんぱく質、糖類などからなる食品ハイドロコロイドの役割は、日常食品の素材、食感改良のための素材から、高齢者用食品、ユニバーサルデザインフードのテクスチャー改善素材、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へと発展してきている。

(3) たんぱく質と澱粉は食品中に多く含まれる高分子成分であり、食品ハイドロコロイドとしての役割を担っている。実際の食品はたんぱく質や澱粉などとの複合系であることから、本研究ではたんぱく質の凝固に及ぼす澱粉混合の影響について、たんぱく質の加熱凝固、酸凝固、酵素分解に及ぼす影響について検討する。

2. 研究の目的

植物性たんぱく質として大豆たんぱく質食品に米粉を混合した場合のたんぱく質と澱粉の2成分の混合比率による加熱凝固、酸凝固を物性、嗜好性、咀嚼性への影響から明らかにする。また、大豆たんぱく質の酵素分解に及ぼす多糖類添加の影響を検討する。

このことにより、栄養面、機能面にすぐれた植物性たんぱく質と澱粉を含む食品の食感改良および高齢者用食品、ユニバーサルデザインフードのテクスチャー改善素材、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へと、国民の健康の維持・増進に役立つことが期待できる。

3. 研究の方法

(1) 大豆たんぱく質の加熱凝固に及ぼす米粉混合比率の影響、米粉澱粉の糊化と老化に及ぼすたんぱく質の影響について検討する。

(2) 大豆たんぱく質・澱粉混合系モデルを用いて、大豆たんぱく質の酸凝固に及ぼす米粉混合と油添加の影響を検討する。

(3) 大豆たんぱく質の酵素分解に及ぼす多糖類(グアーガム)添加の影響を検討する。

(4) 動的粘弾性、破断測定などのレオロジー実験、DSCによる熱的測定、共焦点レーザー走査顕微鏡による構造観察により検討し、2成分の相互作用について解明する。

4. 研究成果

(1) 大豆たんぱく質の加熱凝固に及ぼす米粉混合比率の影響

大豆タンパク質(SPI)は混合系と米粉(RF)より、ゲル化速度は速くゲル化時間は短くなった。大豆タンパク質(SPI)・米粉(RF)加熱ゲルの圧縮測定より、SPI:RF=0:10からSPI:RF=4:6までRFの割合が減少しSPIの割合が増加するほど応力、エネルギー、初期弾性率は低下した。SPI:RF=7:3より大豆タンパク質の割合が増加すると応力、エネルギー、初期弾性率が増加した(図1)。

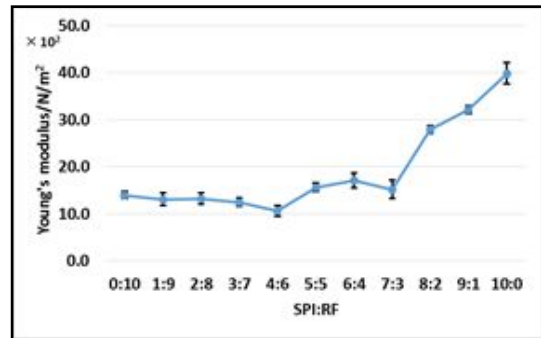


図1. 大豆たんぱく質(SPI)・米粉(RF)混合系加熱ゲルの初期弾性率

DSC測定より、SPI:RF=7:3より大豆たんぱく質の割合が増加するとピーク温度が高温側にシフトし、米粉1mgあたりの糊化エンタルピーがSPI:RF=0:10の時より減少していることから、SPIの混合により米粉の糊化が抑制されていることが推察された(表1)。

共焦点レーザー走査顕微鏡観察より米粉単独系(SPI:RF=0:10)と大豆タンパク質単独系(SPI:RF=10:0)では均一な相が観察されたが、混合系では不均一な相となり、大豆タンパク質と米粉の混合ゲルは相分離を起こすことが推察された(図2)。

SPI/RF	Starch content (%)	First run			
		To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (mJ/mg of rice flour)
①0:10	15	56.9	67.6	77.1	9.25
②1:9		57.1	67.7	77.8	9.07
③2:8		57.3	68.3	77.8	9.23
④3:7		57.8	68.3	78.7	9.53
⑤4:6		56.2	68.1	78.7	8.95
⑥5:5	7.5	58.0	68.4	77.9	8.97
⑦6:4		61.1	68.8	77.9	8.94
⑧7:3		60.6	68.9	77.9	8.45
⑨8:2		59.8	69.1	77.5	7.52
⑩9:1		63.2	70	77.8	7.87
⑪10:0	0	-	-	-	-

表1. 大豆たんぱく質(SPI)・米粉(RF)混合系のDSC測定

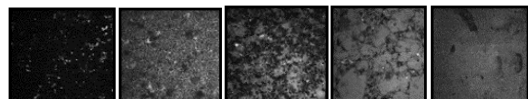


図2. 大豆たんぱく質(SPI)・米粉(RF)混

合系の共焦点レーザー走査顕微鏡観察
(左から SPI:RF = 0:10, 2:8, 5:5, 8:2, 10:0)

(2) 大豆たんぱく質の酸凝固に及ぼす米粉混合と油添加の影響

豆乳・米粉混合系は、豆乳に米粉を混合すると豆乳単独系より pH が低下し、添加する酢酸量の増加に伴い pH は低下した。動的粘弾性測定より、 $G' > G''$ となりゲルを形成することが観察された。豆乳濃度が高く、酢酸量が少なすぎる場合は弱いゲルを形成した(図3)。豆乳・米粉・酢酸系に油混合をすると、初期過程では弾性率および粘性率は低くゲル化を抑制するが、ある点からゲル化を促進した(図4)。これらは、不活性フィラーとして作用していた油滴が、その後活性フィラーとして作用することでゲル化が進むことが推察された。

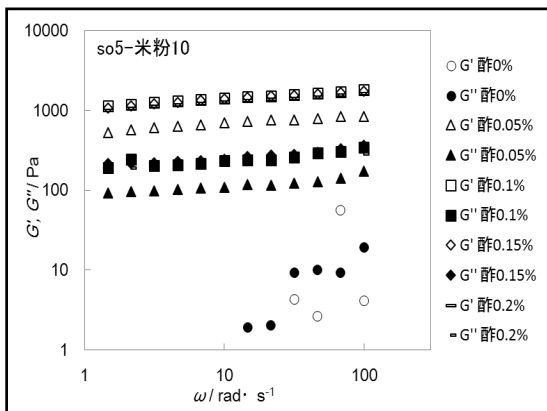


図3．豆乳・米粉・酢酸混合の動的粘弾性

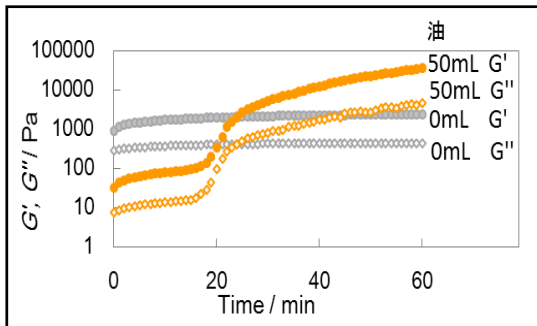


図4．豆乳・米粉・酢酸・油混合の動的粘弾性

(3) 大豆たんぱく質の酵素分解に及ぼす多糖類(グアーガム)添加の影響

大豆たんぱく質に酵素を加え動的粘弾性測定により酵素分解を観察した。大豆たんぱく質単独系(SPI単独系)と大豆たんぱく質・多糖類(グアーガム)混合系(SPI・GG混合系)を比較した。大豆たんぱく質・多糖類(グアーガム)混合系(SPI・GG混合系)は、SPI単独系に比べて、酵素作用における速度定数が小さく、平衡値は大きくなった(図5)。グアーガム添加により酵素反応が遅延することが示唆された。また分子量3万以下のペ

プチド量の増加量が少ないことから SPI の酵素による分解を抑制することが示唆された(図6)。

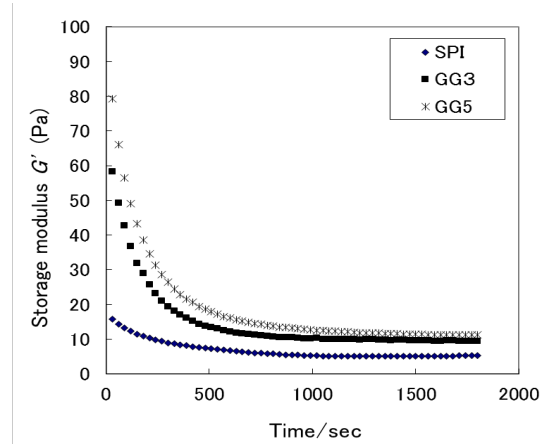


図5．大豆たんぱく質(SPI)・多糖類(GG)混合系の動的粘弾性

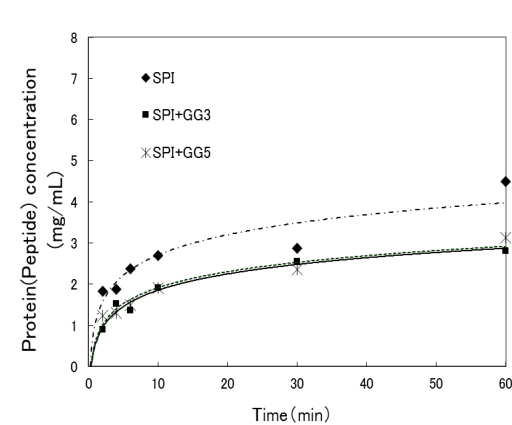


図6．大豆たんぱく質(SPI)・多糖類(GG)混合系の酵素分解によるペプチド量の変化

(4) まとめ

大豆たんぱく質・米粉混合系における加熱凝固では、大豆たんぱく質単独系は均一で強いゲルとなるが、大豆たんぱく質・米粉混合系は不均一なゲルとなり、破断応力は小さくなった。さらに大豆たんぱく質の混合比率が高くなると米粉の糊化は抑制されることが推察された。

大豆たんぱく質・米粉混合系における酸凝固では、米粉を混合すると pH が低下し、添加酢酸量の増加に伴い pH は低下し、ゲルを形成した。豆乳濃度が高く、酢酸量が少なすぎる場合は弱いゲルを形成し、豆乳濃度に適した酸量が必要であった。豆乳・米粉・酢酸系の油混合により、初期過程ではゲル化を抑制するが、ある点からゲル化を促進した。不活性フィラーとして作用していた油滴が、その後活性フィラーとして作用することでゲル化が進むことが推察された。

大豆たんぱく質の酵素分解では、多糖類(グアーガム)添加により酵素反応が遅延し

た。このことは、ペプチド量の変化からも確認できた。

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 5 件)

吉村 美紀、原口 朋子、加藤 陽二、船見 孝博、大豆たんぱく質の酵素分解に及ぼすグアーガムの影響、兵庫県立大学環境人間学部研究報告、査読無、第 17 号、2015、51-56

中川 究也、藤井 祐太、江口 智美、吉村 美紀、豆乳・米粉・油脂混合エマルジョンのゲル化特性(2)凍結環境下における凝固特性の検討、日本食品工学会誌、査読有、第 15 巻 4 号、2014、251-258

吉村 美紀、江口 智美、東羅 あかね、中川 究也、豆乳・米粉・油脂混合エマルジョンのゲル化特性(1)酢酸による凝固の検討、日本食品工学会誌、査読有、第 15 巻 4 号、2014、243 - 249

江口 智美、池浦 友美、土居 昌裕、深江 亮平、吉村 美紀、コラーゲンペプチドの分子量が米粉ケーキの食味と物性に及ぼす影響、日本調理科学会誌、査読有、第 47 巻 6 号、2014、287 - 295

江口 智美、北元 憲利、鈴木 道隆、小河 拓也、吉村 美紀、白玉粉の粒子に及ぼす水挽条件の影響、日本食品科学工業学会誌、査読有、第 60 巻 12 号、2013、711 - 717

[学会発表](計 6 件)

上野山 あつこ、吉村 美紀、大豆たんぱく質・米粉混合系の力学的および熱的特性、第 38 回日本バイオレオロジー学会、2015 年 6 月 6 日、学術総合センター(東京都・千代田区)

吉村 美紀、高田 佳和、中川 究也、大豆タンパク質混合系の加熱ゲルの物性、第 62 回レオロジー討論会、2014 年 10 月 15 日、福井市交流プラザ(福井県・福井市)

上野山 あつこ、畦西 克己、吉村 美紀、酵素添加した煮大豆の物性・咀嚼性に及ぼす加熱状態の影響、日本調理科学会平成 26 年度大会、2014 年 8 月 30 日、県立広島大学広島キャンパス(広島県・

広島市)

江口 智美、池浦 友美、深江 亮平、吉村 美紀、コラーゲンペプチドが米粉ケーキの物性と食味に及ぼす影響、日本調理科学会平成 25 年度大会、2013 年 8 月 24 日、奈良女子大学(奈良県・奈良市)

高田 佳和、吉村 美紀、中川 究也、米粉・大豆タンパク質混合加熱系の物性、日本食品工学会第 14 回年次大会、2013 年 8 月 10 日、京都テルサ(京都府・京都市)

吉村 美紀、江口 智美、東羅 あかね、中川 究也、豆乳・米粉混合ゲルの酸凝固、第 36 回バイオレオロジー学会年会、2013 年 6 月 7 日、九州大学西新プラザ(福岡県・福岡市)

[図書](計 1 件)

家森 幸男、村元 光二、戸田 登志也、園 良治、内山 成人他 37 名省略、吉村 美紀 (14 番目)、シーエムシー出版、大豆の栄養と機能、2014 年、264 (94 - 99)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

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) 研究協力者

江口 智美 (EGUCHI, Satomi)

上野山 あつこ (UENOYAMA Atsuko)