

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月 19日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580137

研究課題名（和文） 高静水圧処理を利用した複合系タンパク質溶液からの新規ゲル状食品の創製

研究課題名（英文） Development of novel gelling foods from various protein sols by use of a high hydrostatic pressure treatment

研究代表者

井倉 則之（IGURA NORIYUKI）

九州大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：30260722

研究成果の概要（和文）：

多糖類あるいは香気成分をタンパク質に加えて加圧処理を行うことにより、そのテクスチャーに関わる物性や構造は加熱により形成したゲルとは異なっていることを明らかにした。特に香気成分は加熱ゲルではテクスチャーにほとんど影響を与えないのに対し、加圧ゲルのかたさに大きな影響を及ぼしていた。多糖類はゲルの構造変化がテクスチャー変化に影響を与えていると考えられるが香気成分はゲルの構造には影響を与えなかったことから、香気成分はタンパク質の加圧変性に影響を与えていると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

It was cleared that the texture and structure of pressurized protein gels containing polysaccharides or flavor compounds differed from the gels obtained by heat treatment. While any flavor compounds did not affect the texture of heated protein gels, the texture, especially hardness of pressurized protein gels, was influenced by the flavor compounds. These flavor compounds may affect the denaturation of proteins during pressure treatment because the structure of pressurized protein gels were not affected by the flavor compounds but were affected by the polysaccharides.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学、食品科学

キーワード：高圧処理、ゲル、テクスチャー

1. 研究開始当初の背景

加圧処理に関する研究は1980年代に入り、日本を中心に主に先進国で発展を遂げてきた。その中でタンパク質の変性やゲル化に関しても様々な基礎的知見が蓄えられてきた。これまで行われてきた研究では、タンパク質の加圧ゲルは加熱ゲルよりも「柔らかい」と

の報告がなされており、これはゲル化の機構が加圧と加熱とは異なることに起因するためだと考えられている。

申請者はゲル化機構が異なれば、ゲル中の他の成分、特に揮発性成分がゲル中から放散される様子も異なるのではないかと考え、ほぼ同じ「かたさ」となるように調製したオボ

アルブミンの加熱ゲルと加圧ゲルからの揮発性成分の放散量（フレーバーリリース）を比較した。その結果、同程度のかたさを有しているゲルであっても加圧ゲルの方がより高いフレーバーリリースを示すことを明らかにした。同時にゲルのテクスチャー測定を行ったところ、加圧ゲルの「付着性」および「凝集性」が加熱ゲルと比較して有意に低いことも認められた。このことは加圧処理によって加熱ゲルと同じ「かたさ」を有しながら、フレーバー及び食感の異なるゲルを調製可能であることを示している。

このようなタンパク質のゲル化では共存する他の成分がその物性に大きく影響を与えることは明らかである。実際にゲル状食品の製造にあたっては、その美味しさを向上させる為に、多くの成分を添加する必要がある。しかし、このような添加成分が加圧ゲルの物性やフレーバーリリースにどのような影響を与えるかは明らかになっていない。

2. 研究の目的

そこで、本研究では複数成分からなる、特に多糖類および香気成分を添加した加圧ゲルを作製し、加熱ゲルとどの様に異なるかを、主に物性の変化ならびに表面構造の変化の観点から明らかにした。

3. 研究の方法

(1) 試料

粗精製オボアルブミン（ゲルの主成分として使用）

多糖類（キサンタンガム, XG、ローカストビーンガム, LBG、アラビアゴム, AG）

香気成分（テルペン（Limonene, Linalool, Menthol）、アルデヒド（Hexanal, Octanal, Decanal）、アルコール（Hexanol, Octanol, Decanol）ケトン（Hexanone, Octanone, Decanone）、エステル（Ethyl butyrate, Ethyl hexanoate, Ethyl octanoate））

(2) サンプル調製

終濃度 15% (w/w) のオボアルブミン (OVA) 溶液を調製し、ガーゼろ過して溶け残ったものを取り除いた。この OVA 溶液に多糖類あるいは香気成分混合溶液を加えたものをサンプル溶液とした。多糖類の終濃度は 0.05、0.10、および 0.15% (w/w)、香気成分の終濃度は 100 ppm とした。

(3) 各種処理試験

調製したサンプル溶液をポリエチレンバッグに 30 g ずつ分注し、ヒートシールしたものを以下の条件で処理した。加圧処理：600 MPa, 7 分間の加圧処理を行った。処理前の圧力媒体温度は 20 °C とした。加熱処理：70 °C, 10 分間の加熱処理を行った。なお、本

条件は多糖類および香気成分のいずれも添加していない OVA ゲルのかたさがほぼ同程度となるように設定した。

(4) テクスチャー測定

レオメーターを用いた等速の 2 回圧縮試験（テクスチャー試験）により測定した。ゲル化した処理サンプルをゲルの高さが 10 mm となるように切断、採取した。測定にはクリープメーター RHEONER RE-3305（山電製）を用い、各ゲル化サンプルのかたさ、凝集性、及び付着性を測定した。

(5) 走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察

ゲルサンプルを薄片状に切断し、2.5% グルタルアルデヒド溶液で固定し、10、30、50、70、90、99% エタノール水溶液を用いて脱水後、tert-ブタノールで置換し、一晚凍結乾燥した。乾燥したサンプルを切断し、金蒸着を行った後、走査電子顕微鏡 JSM-5318 (JEOL, LTD., Tokyo, Japan) を用いて観察した。

4. 研究成果

(1) 多糖類添加の影響

図 1、図 2、および図 3 に異なる濃度の多糖類を OVA 水溶液に添加し、ゲル化させた時のかたさ、凝集性、および付着性の変化を示した。加熱ゲルにおいては未添加と比較して AG および LBG はいずれの濃度においても有意なかたさの変化は認められなかった。しかし XG は 0.15% 添加において有意なかたさの低下が認められた。

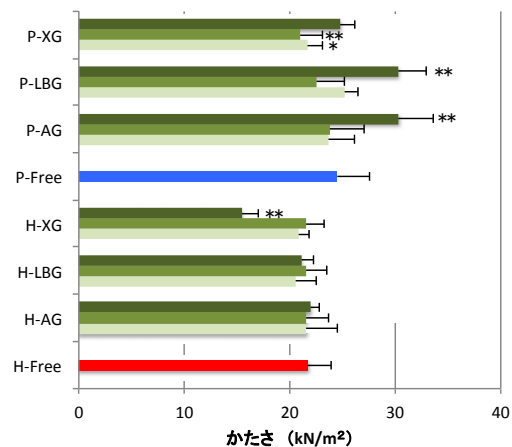


図1 加圧ゲル(P-ゲル)および加熱ゲル(H-ゲル)のかたさに及ぼす多糖類添加の影響。XG, キサンタンガム; LBG, ローカストビーンガム; AG, アラビアゴム

■ 0.15% ■ 0.10% ■ 0.05%

*, p<0.05; **, p<0.01

加圧ゲルにおいては AG あるいは LBG をそれぞれ 0.15% 添加することにより有意にかたさが増加していたが、XG は 0.05 および 0.10% 添加することによって有意にかたさが低下していた。

凝集性に関しては、XG の 0.10、0.15% の

添加によって有意差が認められる増加があったが、その差はわずかであり、また加圧処理および加熱処理による差もほとんど認められなかった。

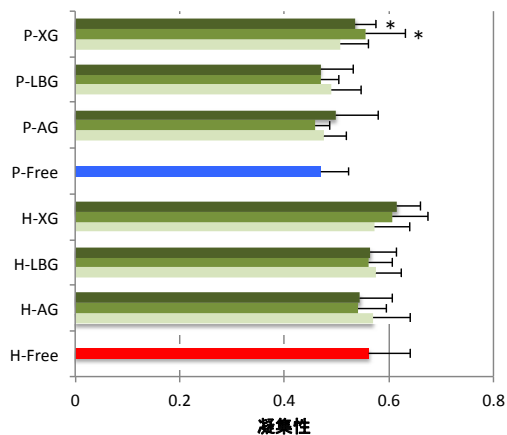


図2 加圧ゲル(P-ゲル)および加熱ゲル(H-ゲル)の凝集性に及ぼす多糖類添加の影響。XG, キサンタンガム; LBG, ローカストビーンガム; AG, アラビアガム

■ 0.15% ■ 0.10% ■ 0.05%
*, p<0.05

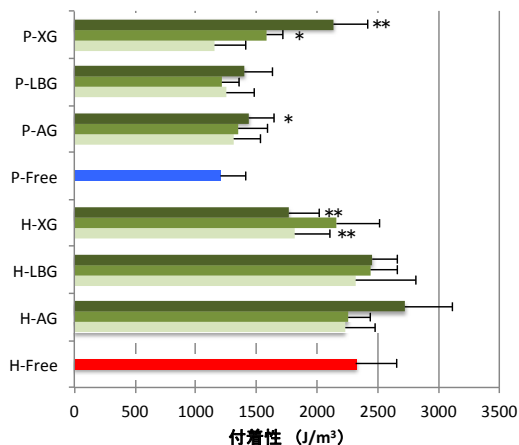


図3 加圧ゲル(P-ゲル)および加熱ゲル(H-ゲル)の付着性に及ぼす多糖類添加の影響。XG, キサンタンガム; LBG, ローカストビーンガム; AG, アラビアガム

■ 0.15% ■ 0.10% ■ 0.05%
*, p<0.05; **, p<0.01

以前の研究において加熱処理と同程度のかたさとなる条件での加圧処理ではその付着性が低下することを明らかにしている。以前とはゲル中のタンパク質濃度を変更しているが、今回もやはり付着性の低下が確認された。

付着性におよぼす多糖類の影響に関しては、かたさと同様に加熱ゲルでは AG および LBG の添加による有意な差は認められなかったが、XG の添加により有意に低下する濃度が存在した。一方、加圧ゲルにおいては、XG の 0.10、0.15%において付着性が有意に増加し

たのに対して、LBG ではいずれも、AG では 0.05、0.10%において有意差は認められなかった。

以上のように、多糖類添加によりその物性に大きな差が認められた。そこで、物性に影響を及ぼす因子としてゲルの表面観察を行った。(図4) その結果、多糖類を添加した加熱ゲルにおいて、LBG を 0.15%添加したときに、約 1 μm の孔を有する構造が、また XG を添加したときにすべての濃度で珊瑚状で、空隙の多い構造が見られた。しかし、AG を添加したときは微細構造に変化は見られなかった。加圧ゲルにおいては AG を 0.15%添加したときに随所に粒子状構造を持たない塊が見られた。LBG を 0.10、0.15%添加したときに、1~3 μm の孔を有する構造が見られた。また、XG を添加したときに珊瑚状で、空隙も見られた。しかし、加熱ゲルに比べ加圧ゲルはストランドが小さく、空隙も小さかった。

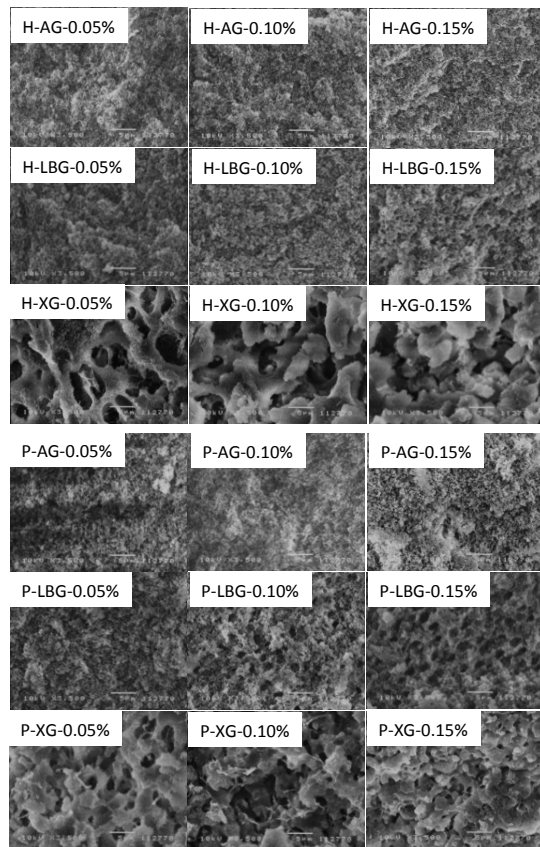


図4 多糖類を添加した加熱ゲル(H-ゲル)および加圧ゲル(P-ゲル)のSEM表面観察

XG 添加によるかたさの低下は空隙の増加に起因すると考えられる。しかし、付着性に関しては加圧ゲルと加熱ゲルにおいて異なる挙動を示しているのは空隙の間隔の違いやストランドの違いに起因していると考えられる。また AG、LBG を 0.15%添加した加圧ゲルでかたさに差が認められたのもまた、構造が起因していると考えられるが、これらの

構造変化が具体的にどのように物性に影響を与えているかについては、今後さらなる検討が必要である。

(2) 香気成分添加の影響

次に香気成分が加熱ゲルおよび加圧ゲルの物性に及ぼす影響について検討した。用いた香気成分はテルペン類ならびに炭素数が6、8、10の直鎖状のエステル類、ケトン類、アルコール類、およびアルデヒド類である。同様の官能基を持ち、炭素数を変えることで疎水度の影響についても検討した。

その結果、加熱ゲルと加圧ゲルとではかたさにおいて大きな違いが認められた(図5)。すなわち、香気成分無添加の加熱ゲルと添加加熱ゲルでは有意差はあるものの大きな値の差は認められなかったのに対して、加圧ゲルでは香気成分の添加により、大きな値の増加が認められた。また、その変化は添加する香気成分の種類によっても異なっており、エステル類、ケトン類、およびアルコール類では炭素数の増加に伴い、かたさが増加する傾向があった。しかし、アルデヒド類においては炭素数8のOctanalにおいて最も高い値を示していた。

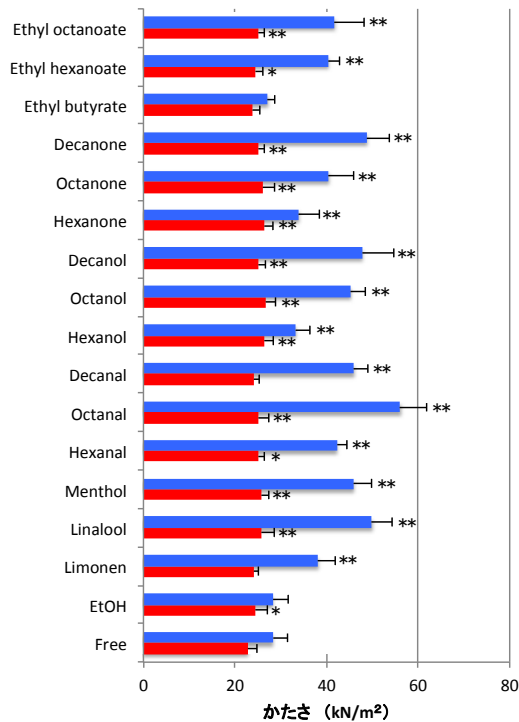


図5 加圧ゲルおよび加熱ゲルのかたさに及ぼす香気成分添加の影響

■ 加圧 ■ 加熱 * , p<0.05; ** , p<0.01

凝集性は、加圧ゲルでは Linalool を添加したときに増加したが、加熱ゲルでは変化は見られなかった。付着性は、加熱ゲルでは Linalool、Menthol、Hexanol、Octanol、Decanol を添加したとき増加し、加圧ゲルで

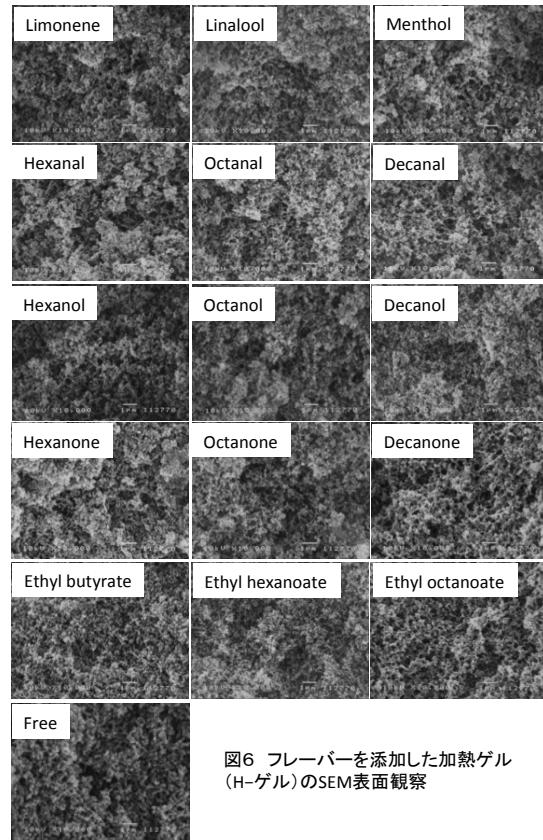


図6 フレーバーを添加した加熱ゲル(H-ゲル)のSEM表面観察

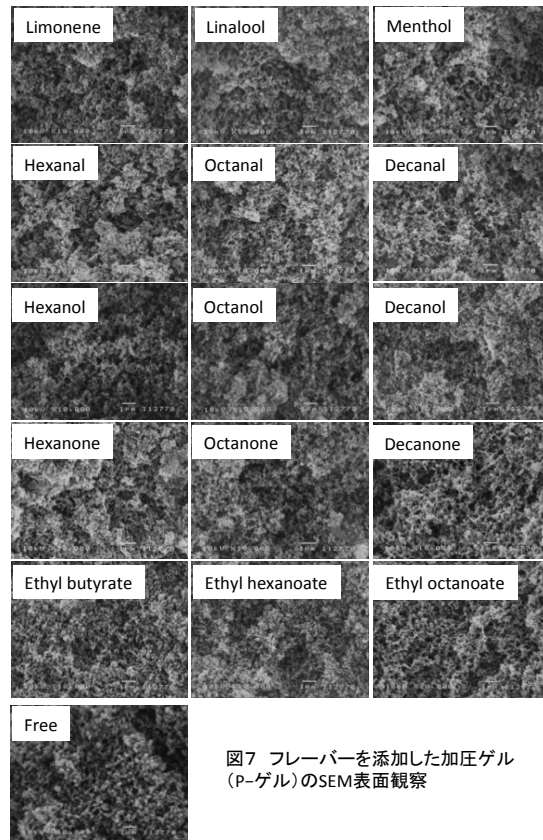


図7 フレーバーを添加した加圧ゲル(P-ゲル)のSEM表面観察

は Menthol、Octanal、Octanol、Hexanone を添加したとき増加した(図の掲載なし)。しか

し、いずれの香気成分添加でも、かたさにおいて見られたような加圧ゲルと加熱ゲルとの間の大きな挙動の変化は見られず、凝集性は加圧ゲル、加熱ゲルともほぼ同様の値を示し、付着性は無添加のものと同様に、加圧ゲルの値は加熱ゲルの60%程度の値を示していた。

図6および図7には香気成分を添加した時の加熱ゲルおよび加圧ゲルのSEMによる表面観察の結果を示している。しかし、今回のSEM観察では香気成分添加およびいずれの処理においても大きな差は認められなかった。香気成分のみの添加では、ゲルの形成機構には大きな影響を与えず、その疎水性の違いによりタンパク質の変性の程度に影響をおよぼし、その結果かたさに影響を及ぼしたと考えられた。しかし、アルデヒドはその疎水度とは異なる挙動を示したことから、他の因子についても今後更なる検討が必要だと考えられる。

(3) 多糖類と香気成分の複合添加の影響

最後に多糖類と香気成分の複数を添加した時の影響について検討した。多糖類としては変化の大きかったXGならびにLBGの0.15%添加について、香気成分に関してはエステル類ならびにアルデヒド類について示した。

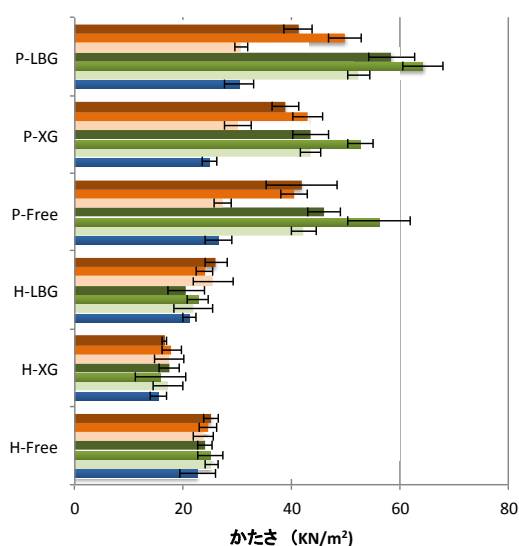


図8 加圧ゲルおよび加熱ゲルのかたさに及ぼす多糖類およびフレーバー添加の影響

■ Ethyl octanoate ■ Ethyl hexanoate ■ Ethyl butyrate
■ Decanal ■ Octanal ■ Hexanal
■ Flavor free

図8にはこれらの複合添加が加熱ゲルおよび加圧ゲルのかたさに及ぼす影響について示した。その結果、複合添加によって相乗的に変化することはなく、今回の組み合わせおよび処理条件においては相加的な変化が認められた。すなわち、加圧ゲルは香気成分添加により、そのかたさが大きく変化し、そ

の変化は多糖類添加と比較して非常に大きかった。一方、加熱ゲルではXG添加によるかたさの減少は認められたが、香気成分添加による影響は小さかった。

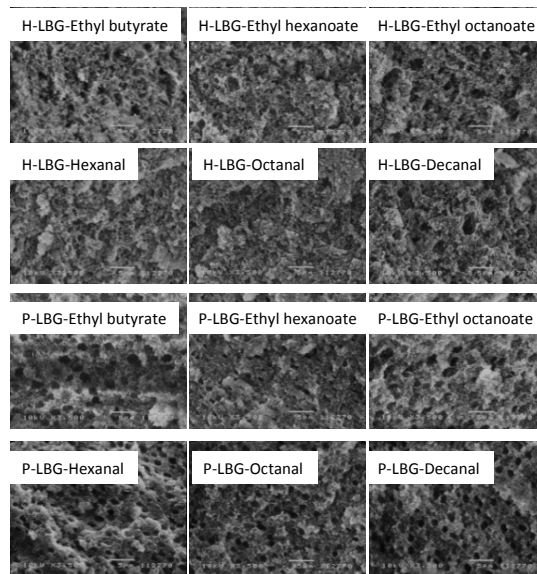


図9 多糖類(LBG)およびフレーバー(エステル類あるいはアルデヒド類)を添加した加熱ゲル(H-ゲル)および加圧ゲル(P-ゲル)のSEM表面観察

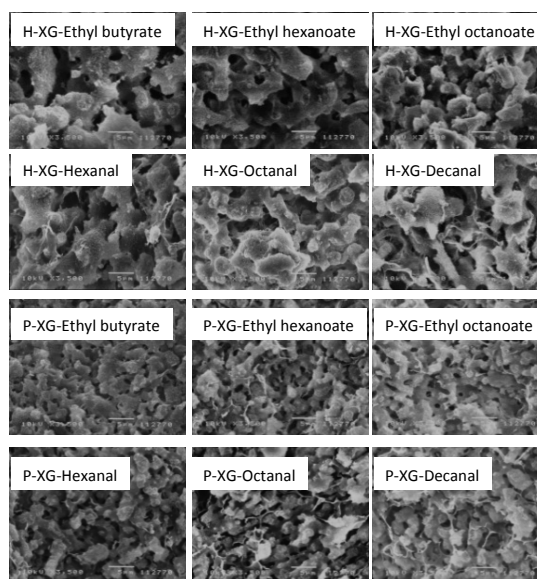


図10 多糖類(XG)およびフレーバー(エステル類あるいはアルデヒド類)を添加した加熱ゲル(H-ゲル)および加圧ゲル(P-ゲル)のSEM表面観察

図9および図10にはこれらの多糖類および香気成分を添加した時のゲルの表面観察を行った結果を示した。添加した多糖類の種類あるいは、圧力処理と加熱処理による表面の違いは、図4で見られるようにそれぞれ異なっていたが、香気成分添加による表面構造の変化は図6、7と同様に認められなかった。しかし、物性には香気成分の添加による

変化が認められていることから、単純な表面観察では得られない変化が起こっているのは明らかである。

今後はこのような変化がなぜ起こるのかについて明らかにしていくとともに、高圧処理によるゲル状食品の開発について詳細に検討していく予定である。

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)

〔学会発表〕(計2件)

①川畑翔太、加藤辰夫、野間誠司、井倉則之、下田満哉、複合系タンパク質の加圧ゲルと加熱ゲルの比較、日本食品科学工学会第59回大会、2012年08月31日、藤女子大学(北海道)

②川畑翔太、野間誠司、井倉則之、下田満哉、オポアルブミン加圧ゲルのテクスチャーと微細構造に及ぼす添加物の影響、第49回化学関連支部合同九州大会、2012年06月30日、北九州市国際会議場(福岡)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井倉 則之 (IGURA NORIYUKI)

九州大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：30260722

(2) 研究協力者

川畑 翔太 (KAWABATA SHOTA)

九州大学・大学院生物資源環境科学府・修士課程