

平成 21 年 4 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007-2008

課題番号：19580140

研究課題名（和文） 高圧処理による新規ゲル状食品の開発に関する研究

研究課題名（英文） Study of novel gelling foods development by high 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：

加圧処理によるタンパク質溶液のゲル化を利用した、安全かつ高品質なゲル状食品の開発に関する研究を行った。加圧処理によるオボアルブミン（卵白タンパク質の主成分）のゲル化とゲルから放散するフレーバー及びゲルのテクスチャー（かたさ、付着性、凝集性）の関係、加熱によるゲルとの比較、並びに添加物の影響について検討を行った。その結果、加圧処理により安全且つ高品質なゲル状食品の創製が可能となることが示唆された。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：食品工学

科研費の分科・細目：農芸化学・食品科学

キーワード：加圧処理、ゲル、フレーバーリリース、テクスチャー

1. 研究開始当初の背景

高圧処理は非加熱或いは穏和な加熱下で微生物の殺菌が可能となることから、風味や栄養成分の劣化を抑えることのできる殺菌技術として国内外で注目されてきた。申請者は、これまで各種微生物の高圧殺菌を行い、100 以下の加熱と高圧処理の併用処理により耐熱性の高い *Bacillus* 属の細菌胞子の殺菌が可能であることを明らかにしてきた。また、本高圧処理条件でカレー及びクリームシ

チューを処理した結果、レトルト処理（121℃、15min）した試料と比較して、いずれとも良好な官能評価が得られた。

しかし、最近の研究で高圧処理は食品の香り、特にフレーバーリリースに影響を及ぼすと考えられた。実際、申請者らがビール及び清酒に高圧処理を行ったところ、処理直後に香り立ちが変化していた。フレーバーリリースが食品の内容物（多糖類、タンパク質、脂質）に影響を受けることは以前から知られて

いるが、高圧処理によってそのフレーバーリリースが変化するという事は新しい知見である。

一方、高圧処理はタンパク質のゲル化あるいは澱粉の糊化を引き起こすこと、またそれらのゲルは加熱形成ゲルとは物性等が異なることが以前から知られている。これは熱エネルギーが膨張系であるのに対し、圧力エネルギーが圧縮系であるために、両者のマトリックスが異なることに起因する。この時、両者のマトリックスが異なるということは、そのフレーバーリリースも異なってくるはずである。そこで、申請者は高圧処理が有する殺菌能力、加熱処理とは異なるゲル化能力及びフレーバーリリースを組み合わせるにより、新規食品の創製が可能となると考えた。

2. 研究の目的

本申請では高圧処理による新規食品の創製を主たる目的として、高圧処理による各種高分子物質ゲルの物性とフレーバーリリースとの関係を明らかにする。また、加圧処理は液体食品だけでなく固体を含む食品中の微生物の殺菌も可能である。そこで、高圧処理による各種高分子物質ゲルの物性と殺菌効果との関係も明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 試料

・香気成分混合溶液（香気成分の種類及び配合割合は表1参照）

	化合物	濃度 (ppm)	
エステル類	Ethyl butanoate	10000	100
	Ethyl hexanoate	5000	50
	Ethyl octanoate	2500	25
ケトン類	3-Hexanon	5000	50
	3-Octanone	5000	50
	3-Decanone	2500	25
アルデヒド類	Hexanal	10000	100
	Octanal	10000	100
	Decanal	5000	50
アルコール類	Hexanol	10000	100
	Octanol	5000	50
	Decanol	5000	50
テルペン類	Limonene	2500	25
	Linalool	2500	25
	Menthol	2500	25

表1 香気成分混合溶液中の各香気成分 OVA 溶液中の終濃度 (ppm)

・添加物： スクロース、フラクトオリゴ糖、キサンタンガム、1 価の塩として NaCl 及び KCl、2 価の塩として MgCl₂ 及び CaCl₂

- ・粗精製オボアルブミン
- ・エタノール
- ・使用菌株： 大腸菌、酵母
- ・使用培地： TSA 及び TSB 培地(大腸菌)、YMA 及び YMB 培地(酵母)

(2) サンプル調製

終濃度 10% (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 溶液に香気成分混合溶液を加えたものをサンプル溶液とした。各種香気成分の終濃度は表1参照。

サンプル溶液に塩を終濃度で 1% となるように加えたものを塩添加サンプル、スクロース及びオリゴ糖を 1%、キサンタンガムを 0.05% 加えたものを糖添加サンプルとした。

(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 40 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： 300~600 MPa, 5 及び 15 分間の各加圧処理を行った。処理前の圧力媒体温度は 20 ℃ とした。

加熱処理： 65 ℃, 30 分間及び 70 ℃, 20 分間の加熱処理を行った。

(4) フレーバーリリース測定

ヘッドスペース固相マイクロ抽出 (head space - solid phase micro extraction ; HS-SPME) 法を行い、フレーバー化合物の分析をガスクロマトグラフ (GC) により行なった。

各処理サンプル及び未処理サンプルのポリエチレンバッグからサンプル 10 g を 50 ml 容バイアル瓶に取り、HS-SPME (85 μm Poly acrylate) によりサンプルから揮散した香気成分を抽出 (平衡化 30 ℃, 30 分間 ; 抽出 30 ℃, 30 分間) した。これを GC 分析に供した。GC 条件は表3参照。結果は得られた未処理サンプルのピークエリアに対する処理サンプルのピークエリアの百分率をフレーバーリリース変化として算出した。

(5) 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ステンレスシャーレ (内寸 40 × H15) にゲルの高さが 10 mm となるように切断、採取した。測定にはクリップメーター RHEONER RE-3305 (山電製) を使い、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。

(6) 圧力殺菌効果測定

二次培養した酵母と大腸菌を遠心分離 (1,000 × g) で洗浄及び集菌した。これを 10% OVA 溶液に菌数が約 10⁷~10⁸ CFU/ml とな

るように懸濁し、圧力処理に供した。処理後、サンプル中の各菌を平板培地で培養し、コロニー数をカウントした。処理サンプル中の生菌数を N 、未処理サンプル中の生菌数を N_0 とし、圧処理により死滅した菌数 ($\log N_0 - \log N$) を死滅率として求め、殺菌効果を評価した。

4. 研究成果

(1) OVA 溶液のゲル化

OVA 溶液は、処理圧力の増加に伴い白濁し、600MPa, 5 分間処理においてゲルを形成した。また塩の添加はゲル形成圧力を低圧側にシフトさせ、500MPa, 15 分間処理で自立するゲルを形成させたが、糖の添加ではそのような効果は得られなかった。

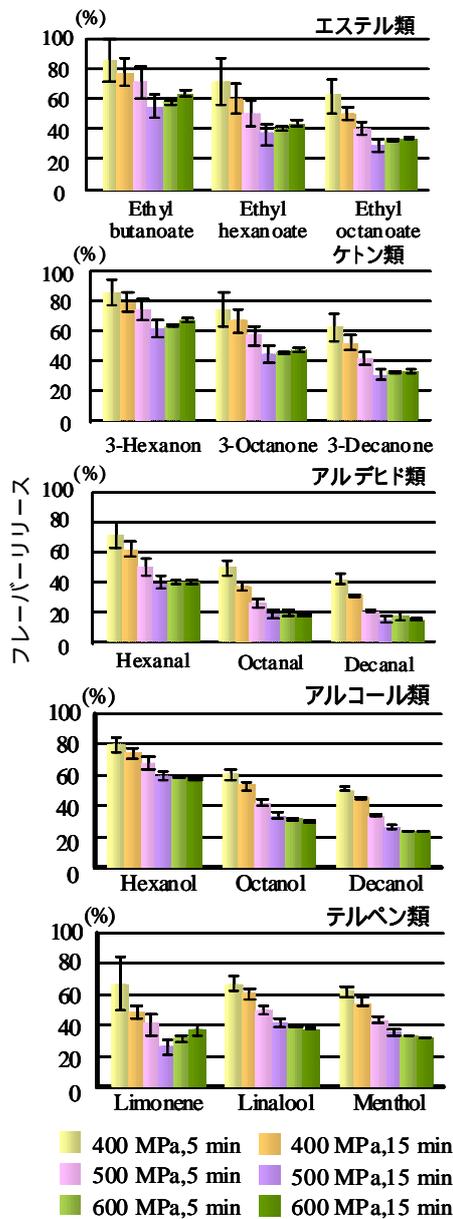


図 1 未添加 OVA 水溶液の加圧に伴うフレーバーリリース変化

フレーバーリリースは処理圧力の増加に伴い抑制されたが、官能基間で抑制傾向が異なり、特にアルデヒドでは最も大きく抑制された。また官能基の種類に関わらず、短鎖化合物よりも長鎖化合物において抑制された(図 1)。

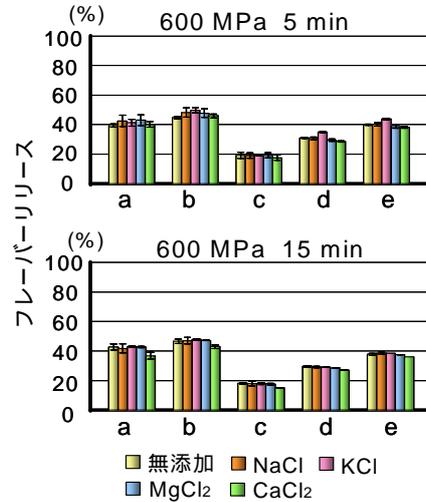


図 2 塩添加が加圧ゲルのフレーバーリリースに及ぼす影響

a: Ethyl hexanoate b: 3-Octanone
c: Octanal d: Octanol e: Linalool

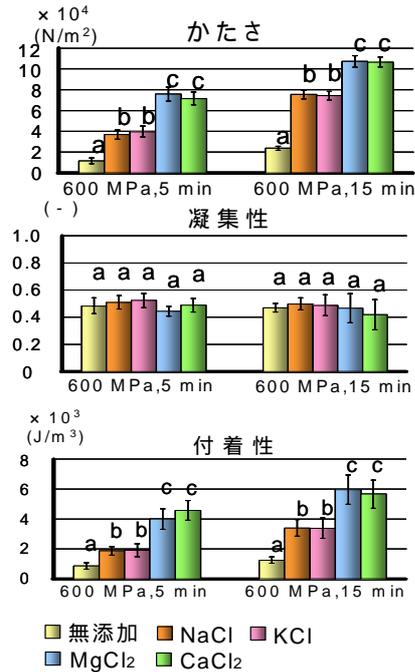


図 3 塩添加がゲルのテクスチャーに及ぼす影響 (P<0.01)

(2) 添加物が加圧ゲルに及ぼす影響

塩の添加は加圧ゲルのフレーバーリリースには影響を及ぼさなかった(図 2)。しかし塩の添加はかたさや付着性の増加に寄与しており、その添加効果は 1 価よりも 2 価の塩で大きいことがわかった(図 3)。1 価のカチ

オンは、OVA 分子間の疎水性相互作用を強め、2 価のカチオンは、OVA 分子においてカルボキシル基間をイオンの架橋する。よって、かたさや付着性が増加したと考えられる。またこれらの作用が OVA ゲル-フレーバー化合物間には影響を及ぼさず、塩析の効果もゲル化により発揮されなかったと考えられる。

また、糖の添加は加圧ゲルのフレーバーリリースには影響を及ぼさなかった(図 4)。さらに糖の添加により加圧ゲルのかたさは増大した。しかし付着性、凝集性には寄与しなかった(図 5)。

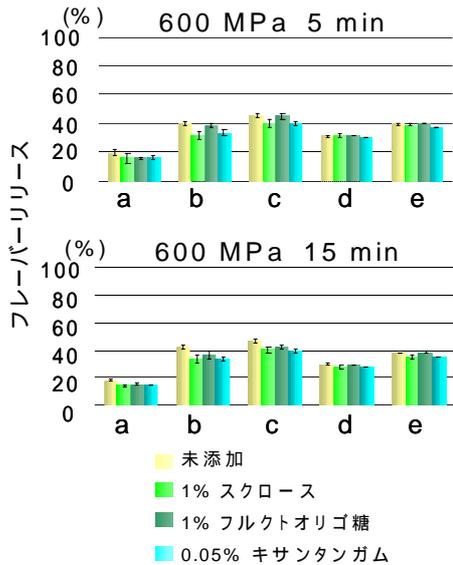


図 4 糖添加がゲルのフレーバーリリースに及ぼす影響

a: Ethyl hexanoate b: 3-Octanone
c: Octanal d: Octanol e: Linalool

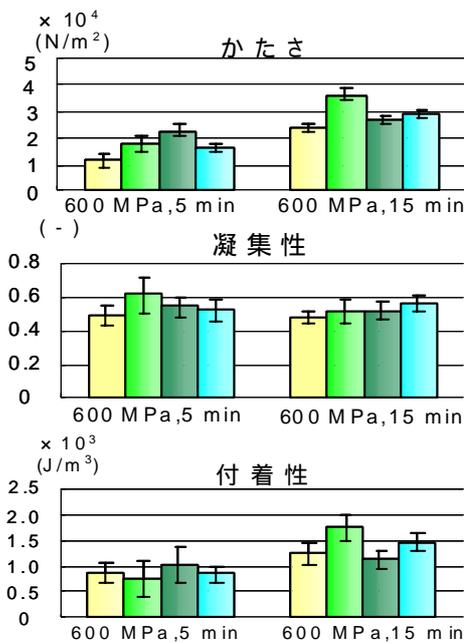


図 5 糖添加がゲルのテクスチャーに及ぼす影響

(3) 加圧ゲルと加熱ゲルの比較

加熱ゲルとの比較はかたさに有意差のない条件で比較した。すなわち何も添加していない 70 20 分の加熱ゲルが 600MPa 15 分の加圧ゲルと同等のかたさを有していたため、この条件で比較実験を行った。また添加物の影響は糖添加の場合を検討した。

加圧ゲル及び加熱ゲル間のフレーバーリリースの比較を図 6 に示した。未添加での比較では、5 種の香り成分すべて加圧ゲルの方がフレーバーリリースは大きくなった。またフルクトオリゴ糖、キサンタンガム添加についても同様に加圧ゲルの方がフレーバーリリースは大きくなった。しかしスクロース添加ではフレーバーリリースに違いは無いという結果となった。

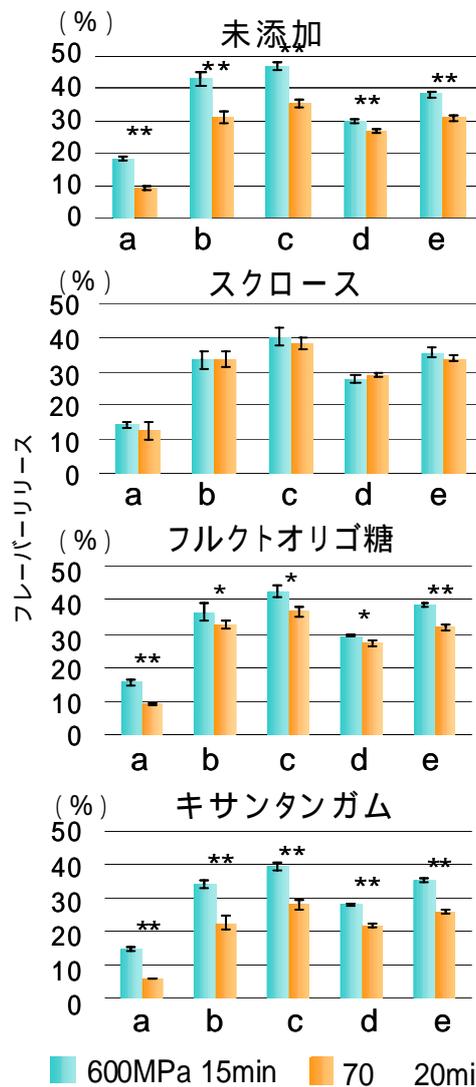


図 6 加圧ゲルと加熱ゲルのフレーバーリリース比較 (**, P<0.01; *, P<0.05)

スチューデント・ウェルチの t 検定

a: Octanal b: Ethyl hexanoate
c: 3-Octanone d: Octanol e: Linalool

このように、スクロースを添加した場合を除いて、加圧処理によるゲルのほうが加熱処理によるゲルと比較してフレーバーリリースに優れた、すなわち香り立ちの良いゲルを作成できた。

テクスチャーの比較は図7に示した。未添加の比較において、凝集性、付着性については加圧のほうが低かった。糖添加サンプルの場合は、かたさは加圧のほうが高く、凝集性は有意差が無く、付着性は加圧の方が低い、という結果となった。

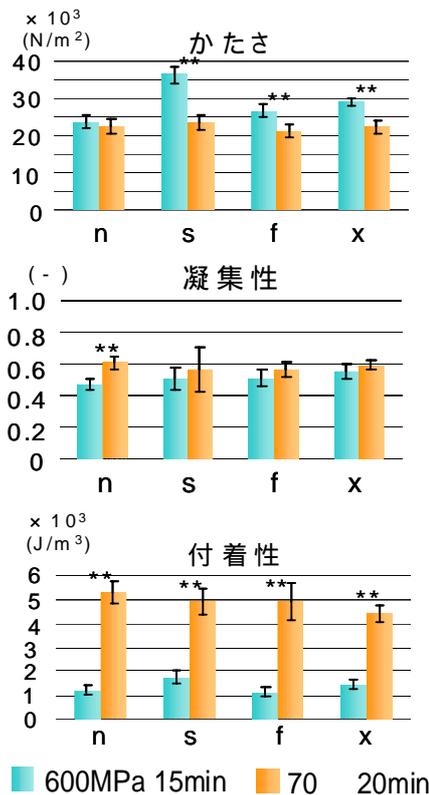


図7 加圧ゲルと加熱ゲルのテクスチャー比較 (**, P<0.01; *, P<0.05) スチューデント・ウェルチの t 検定
n: 未添加 s: スクロース添加 f: フルクトオリゴ糖添加 x: キサンタンガム添加

嚥下困難者用特別用途食品では付着性が問題となるため、加熱と比べて加圧ゲルでは顕著に低い付着性のゲルが作成できることは大きなメリットである。また添加物の影響でかたさを変えることができる一方、付着性は低い値を維持できることも、圧力処理が高齢者向け食品に有利であることを示している。

このように加圧ゲルと加熱ゲルとで異なるテクスチャーを示したことについて若干の考察を行う。加圧による非加熱ゲル化ではタンパク質分子が斑点状に凝集し、多孔性で架橋が少ない構造を形成するのに対し、加熱によるゲル化ではタンパク質分子が伸張し

凝集するため、均質な構造を形成することがわかっている。このようなゲルのマトリックスの違いから、加圧ゲルと加熱ゲルにおいて、テクスチャー、さらにはフレーバーリリースにも違いが生じたものと考えられる。

(4) 加圧処理による微生物の殺菌

最後に加圧ゲル化中でも微生物の死滅は達成できるかどうかについて検討を行った。図8には、加圧処理により死滅した菌数を対数軸で示した(赤いラインは全て死滅したときの菌数)。大腸菌は比較的低い圧力では2~3オーダーしか殺菌効果が得られなかったが、400 MPa 15分以上の処理で6オーダーの殺菌効果が得られた。酵母では300 MPa 処理においても十分な殺菌効果が得られた。このことからゲル化する条件においても、十分な殺菌効果が得られることが分かった。

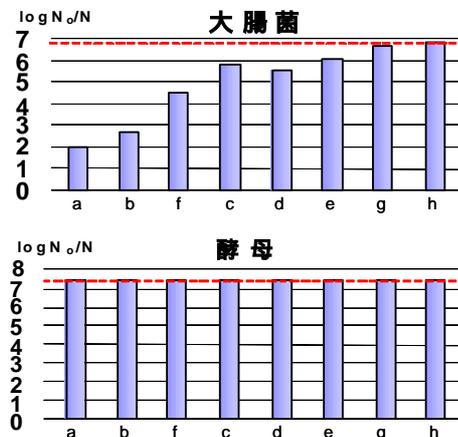


図8 加圧処理による殺菌効果

a: 300 MPa 5 min b: 300 MPa 15 min
c: 400 MPa 5 min d: 400 MPa 15 min
e: 500 MPa 5 min f: 500 MPa 15 min
g: 600 MPa 5 min h: 600 MPa 15 min

まとめ

加圧処理はOVA溶液のフレーバーリリースを抑制し、600 MPaでゲル化させた。塩及び糖の添加により、加圧ゲルのフレーバーリリースを変化させることなくテクスチャーを改質することが可能であることが明らかとなった。またこうして作製できる加圧ゲルは加熱によるゲルとは異なる特徴を持っており、香り立ちが良く、高齢者向けの特別用途食品に有利である事がわかった。今回の研究によって、高圧処理による新規な風味及び食感を呈するゲル状食品の創製のための基礎知識が得られた。

特にゲルは、咀嚼困難者用食品、咀嚼・嚥下困難者用食品などの、特別用途食品に広く利用されている。高齢化が進む現代において、このような高齢者用の特別用途食品の需要

は、益々増加すると考えられる。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

田中郁也、今村浩二、野間誠司、井倉則之、
下田満哉、オボアルブミン加圧ゲルのフレー
パーリリース挙動に関する研究、第 45 回化
学関連支部合同九州大会、2008 年 07 月 05 日、
北九州市国際会議場(福岡)

田中郁也、今村浩二、野間誠司、井倉則之、
下田満哉、オボアルブミン加圧ゲルのフレー
パーリリース及びテクスチャーに及ぼす糖
の影響、日本食品科学工学会第 55 回大会、
2008 年 09 月 06 日、京都大学(京都)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

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

今村浩二 (IMAMURA KOJI)

九州大学・大学院生物資源環境科学府・修
士課程

田中 郁也 (TANAKA FUMIYA)

九州大学・大学院生物資源環境科学府・修
士課程