

平成 22年 4月 1日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19780190

研究課題名 (和文) 高圧処理により誘起される農産物の形質転換に関する研究

研究課題名 (英文) High-Pressure Induced Transformation of Agroproducts

研究代表者

上野 茂昭 (UENO SHIGEAKI)

東北大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：80410223

研究成果の概要 (和文)：農産物に高圧処理(200-600 MPa, 0-60 min)を施し、処理直後の試料の物理化学的特性を定量的に測定すると共に、圧力処理後に保存した試料の成分変化を検討した。高圧処理により内部組織構造が損傷を受けた結果、物質移動が促進されたことにより試料内部で二次代謝反応が促進され、カブの青緑変色、タマネギの抗酸化性の富化、玄米およびダイズの遊離アミノ酸組成の変化などが引き起こされた。高圧処理は食品を高付加価値化する技術として有用であることが示された。

研究成果の概要 (英文)：

The effects of high-hydrostatic pressure (HHP) on agroproducts and soybean cotyledon as a cellular biological material were investigated from the viewpoints of the cell structure and enzyme reaction system. Damage to cell structure was evaluated by measuring dielectric properties using the Cole-Cole arc, the radius of which decreased as pressure level increased. Results suggested that cell structure was damaged by HHP. The distribution of free amino acids was measured after HHP (200 MPa) of soybean soaked in water or sodium glutamate (Glu) solution. HHP resulted in high accumulation of free amino acids in water-soaked soybean, due to proteolysis. HHP of soybean in Glu solution caused higher accumulation of γ -aminobutyric acid, suggesting that both proteolysis and specific Glu metabolism were accelerated by HPP. We concluded that HHP partially degraded cell structure and accelerated biochemical reactions by allowing enzyme activities to remain. These events can be considered "high-pressure induced transformation" of soybean.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	0	1,400,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	600,000	4,000,000

研究分野：農業環境工学

科研費の分科・細目：農業工学・ポストハーベスト工学

キーワード：高圧処理, 農産物, 内部構造, 機能性

1. 研究開始当初の背景

食の多様性が進み高齢化社会を迎えた現代日本において、生活の質を維持し豊かな食生活をおくることが望まれている。このような社会的背景の下、新規かつ高品質の食素材を開発可能であり、非加熱で殺菌可能な技術として食品への高圧利用が期待されている。高圧による食品加工は、食品全体に短時間で均一に圧力が伝播し、また常温で食品の軟化が可能であることから、加熱法により引き起こされる栄養成分や風味の損失を低減可能となり、さらに生のままに近い食味を維持しつつ食感を制御しようと考えられている。即ち、咀嚼力の低下した高齢者に対し、食品そのものの品質特性を生かした調理品が供給可能となり、食品への高圧利用は豊かな食生活を提供可能であることが期待される。現時点では、食品加工への高圧利用は、現象に基づいた経験と情報の蓄積段階であり、実際の食品加工プロセスに即した処理圧力・温度条件における知見が少なく、また種々の物性の経時的な変化について定量的な情報が乏しいため、高圧利用食品は最終製品の品質設計が困難である。さらに複雑な代謝系を持つ青果物などを対象とした場合、高圧処理により誘起される形質転換のひとつである生化学反応をも含めて議論する必要がある。高圧処理により誘起される生化学反応として、水浸漬玄米に高圧処理を施すことにより、玄米中の GABA 濃度の上昇が報告されているものの、食品中で併発する種々の特性変化の相互関連性を議論されていない。

2. 研究の目的

本研究課題では、青果物や穀物を対象として、100~600MPa の高圧処理を施すことにより生じる内部構造変化—力学物性変化—生化学的变化を定量的に解析することにより、高圧処理条件と種々の形質転換における相互関連性を見出すことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 市販の玄米（新潟県産）および大豆（北海道産）を、純水とともに減圧シールし、25℃で22時間浸漬した。浸漬溶液には、試料に迷入する微生物の影響を抑制するために0.2%アジ化ナトリウムを添加した。減圧シールした試料は、ピストン式高圧処理装置を用いて、室温で処理圧力200 MPa、10分間の高圧処理を施した。除圧後の試料は、浸漬溶液をきり25℃で4日間保存した。保存後の試料に純水を加え、粉碎・混合した後に遠心分離を行い、上清を遊離アミノ酸分析用試料と

した。遊離アミノ酸の分析は、アミノ酸分析キットEZ:faast (Phenomenex)による誘導体化後に、ガスクロマトグラフィ(Shimadzu, GC-14A)を用いて行った。得られた遊離アミノ酸濃度の経時変化より、保存3日間におけるアミノ酸濃度の変化速度($\mu\text{molg}^{-1}\text{d}^{-1}$)を算出した。

(2) 食品素材としてカブを選び、1/4に分割したカブを酸素透過性の異なる包材で減圧シールし、ピストン式高圧処理装置（神戸製鋼所製）を用いて、室温で処理圧力600 MPa、5分間の高圧処理を施した。除圧直後および4℃で保存後の高圧処理試料、湯浴中で100℃、5分間の加熱処理試料、加熱高圧併用処理試料について種々の評価を行った。

内部組織構造に関する評価として、白金電極を装備したLCRメータ(HIOKI, 3532-50)を用いて100 Hz~5 MHzにおける誘電特性を測定し、クリープメータ(YAMADEN, RE2-3305S)を用いて、外径3.5 mm、厚さ約4.0 mmにくり抜いた試料の力学物性を計測した。高圧処理による食品素材の機能性に及ぼす影響について、種々の濃度に調製した試料懸濁液をメタノール、0.2 M MES 溶液および0.4 mM DPPH 溶液の混合溶液に加え、10分後に520 nmの吸光度を測定し、低濃度領域における直線の傾きの絶対値を抗酸化性として評価した。

4. 研究成果

(1) 玄米および大豆について各アミノ酸について、横軸に未処理試料の変化速度を、縦軸に高圧処理試料の変化速度をプロットした結果、玄米および大豆の多くの遊離アミノ酸のデータはそれぞれ直線的に分布し、その傾きは1.7となった。酵素反応系への高圧処理の影響がない場合、未処理および高圧処理試料の変化速度が等しいため、傾き1.0の直線上に分布する。また傾きが1.0より大きい領域において直線的な分布をとる場合、高圧処理によって変化速度が増大したと考えられる。高圧処理によって非特異的なタンパク質分解が促進されたために、遊離アミノ酸濃度の変化速度が増大したと考えられた。大豆中のAlaは傾き1.7より大きい領域にプロットされた。また非タンパク性のGABAは傾き1.0よりも大きい領域にプロットされた。これらのアミノ酸の合成反応が高圧処理により促進されたと考えられた。以上のことから、特定のアミノ酸代謝系が高圧処理の影響を受けることが示唆された。

(2) 高压処理を施した種々の農産物に対し誘電特性計測を行い、細胞構造が破壊された食品素材は Cole-Cole 円弧が消失または小さくなり、高压処理により細胞構造が部分的に破壊されることを報告した。また、高压処理が誘起する試料の生化学的変化としてカブの青変色について報告した。さらに、高压処理により誘起される生化学的な特性の中から機能性増強に着目し、高压処理により抗酸化活性が増加する農産物を探索し、抗酸化物質の同定・定量・構造解析を行うことにより、高压処理を施した農産物について、新規な高機能性食品素材としての可能性を示した。食品素材の内部組織構造について、高压処理、加熱処理、加熱高压併用処理のいずれの試料においても、Cole-Cole 円弧が見られなかったことから、細胞構造が破壊されたことが分かった。また、高压処理を施した試料の弾性率は未処理試料に比べ低下していたことから、高压処理により細胞構造が破壊され軟化したことが示された。酸素透過性包材を用いて保存した試料の抗酸化性は、未処理試料では保存期間中ほぼ変化しなかったのに対し、加熱、加熱高压併用処理を施した試料においては抗酸化性が減少し、高压処理を施した試料では保存 1 日目で顕著に低下した。一方、低酸素透過性包材を用いて保存した高压処理試料では、保存 2 日目において未処理試料とほぼ同等の抗酸化性を示した。食品素材に高压処理を施し低酸素透過性包材で保存することで、抗酸化性をほぼ維持したまま、テクスチャーを変化させた素材が調製可能であることが示された。

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 10 件)

1. Toru Shigematsu, Mayumi Hayashi, Kakajima Kanako, Yoshiyuki Uno, Arata Sakano, Mina Murakami, Yaka Narahara, Shigeaki Ueno, Tomoyuki Fujii, Effects of High Hydrostatic Pressure on Distribution Dynamics of Free Amino Acids in Water Soaked Brown Rice Grain, *Journal of Physics (Conference Series)* 215, 012171-1-5(2010). 査読有.
2. Shigeaki UENO, Takae WATANABE, Kanako NAKAJIMA, Mina MURAKAMI, Mayumi HAYASHI, Toru SHIGEMATSU and Tomoyuki FUJII, Generation of Free Amino Acids and gamma-Aminobutyric Acid in Water-Soaked Soybean by High-Hydrostatic Pressure Processing, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(2) 1208-1213 (2010). 査読有.
3. 上野茂昭, 重松 亨, 陸賢太郎, 斉藤恵、林真由美、藤井智幸、高压処理によるタマネギの改質に関する研究、日本食品工学会誌、10 (1),37-43 (2009). 査読有.
4. Shigeaki UENO, Mayumi HAYASHI, Toru SHIGEMATSU and Tomoyuki FUJII, Formation of Green-Blue Compounds in *Brassica rapa* Root by High-Pressure Processing and Subsequent Storage, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 73(4), 943-945 (2009). 査読有.
5. Toru SHIGEMATSU, Mayumi HAYASHI Isamu KIKUCHI, Shigeaki UENO, Haruhiko MASAKI, Tomoyuki FUJII, A Culture-Dependent Bacterial Community Structure Analysis Based on Liquid Cultivation and its Application to a Marine Environment, *FEMS Microbiology Letters*, 293, 240-247(2009). 査読有.
6. Shigeaki UENO, Toru IZUMI and Tomoyuki FUJII, Estimation of damage to cells of Japanese Radish induced by high pressure with drying rate as index, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 73(8) 1699-1703 (2009). 査読有.
7. Shigeaki UENO, Ryo SHIRAKASHI, Ken-ichi KUDOH, Toshiro HIGUCHI, Gab-Soo DO, Tetsuya ARAKI and Yasuyuki SAGARA "Effect of Grain Boundary of Ice Crystals in a Frozen Gelatin Solution on the Dielectric Properties at a Subzero Temperature" *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 73(11) 2478-2482 (2009). 査読有.
8. 上野茂昭, 安齋真由美, 重松 亨, 藤井智幸, 高压熱水処理によるデンプンの部分分解反応の速度論的解析, 日本食品工学会誌、9 (3),143-150 (2008). 査読有.
9. Shigeaki UENO, Toru SHIGEMATSU, Mina MURAKAMI, Yuka NARAHARA and Tomoyuki FUJII, Engineering studies on high-pressure induced transformation of rice, *High Pressure Bioscience and Biotechnology*, 1, 308-314 (2007). 査読有.
10. Toru SHIGEMATSU, Shigeaki UENO, Yasuharu TSUCHIDA, Mayumi HAYASHI, Hiroko OKONOGI, Haruhiko MASAKI and Tomoyuki FUJII, Comparative analyses of viable bacterial counts in foods and seawater under microplate based liquid- and conventional agar plate cultivation: increased culturability of marine bacteria under liquid cultivation, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71(12), 3093-3097 (2007). 査読有.

〔学会発表〕(計 32 件)

1. 上野茂昭、阿部晃大、林真由美、重松亨、藤井智幸、高圧処理による大豆の機能性の制御、日本農芸化学会 2010 年年次大会、東京大学 (2010/3/29)
2. 野村一樹、五十嵐健太、南須原悠輔、永井弦、林真由美、上野茂昭、重松亨、平山匡男、藤井智幸、紫外線照射により取得した*Saccharomyces cerevisiae* 圧力感受性変異株の表現形質の解析、日本農芸化学会 2010 年年次大会、東京大学 (2010/3/29)
3. 林真由美、高橋英子、中島裕希、上野茂昭、重松亨、藤井智幸、プロテオームの比較に基づく玄米タンパク質に及ぼす高圧効果の解析、日本農芸化学会 2010 年年次大会、東京大学 (2010/3/29)
4. 中島加奈子、中島裕希、林真由美、上野茂昭、重松亨、平山匡男、藤井智幸、高圧処理により誘引されるパセリの抗酸化活性の増加とポリフェノール化合物の変換反応、日本農芸化学会 2010 年年次大会、東京大学 (2010/3/29)
5. 上野茂昭、新井祥生、小柳梓、宮崎達雄、鰺坂勝美、林真由美、重松亨、藤井智幸、抗酸化活性を有するC18 トリヒドロキシ不飽和脂肪酸の高圧誘導生合成、日本農芸化学会、p.68、福岡 (2009/03/28)
6. 中島加奈子、稲垣和世、川村知輝、中村真己、林真由美、上野茂昭、重松亨、藤井智幸、高圧処理による食品素材の抗酸化活性の富化、日本農芸化学会、p.68、福岡 (2009/03/28)
7. 重松亨、長谷川敏美、東潤、上野茂昭、藤井智幸、穏和な塩ストレス下の大腸菌の圧力感受性に関する研究、日本農芸化学会、p.250、福岡(2009/03/29)
8. 小柳梓、茂木幸奈、上野茂昭、林真由美、重松亨、藤井智幸、新井祥生、宮崎達雄、鰺坂勝美、高圧処理により生成するカブ中の新規成分の構造解析、日本化学会第 89 回春季年会、日本大学理工学部、(2009/03/29)
9. 上野茂昭、新規な食品加工および計測技術の開発、東北大学農学部 第 2 回先端農学シンポジウム、仙台 (2009/6/25)
10. T. Shigematsu, M. Hayashi, K. Nakajima, A. Sakano, M. Murakami, Y. Narahara, S. Ueno, T. Fujii, Effects of hydrostatic pressure on distribution dynamics of free amino acids in water soaked brown rice grains, Joint AIRAPT-22& HPCJ-50, AIST, Tokyo, (2009/7/29)
11. 重松亨、上野茂昭、林真由美、新井祥生、宮崎達雄、鰺坂勝美、中島裕希、小西徹也、藤井智幸、超高圧処理を応用したカブ *Brassica rapa* の代謝制御、第 16 回生物関連高圧研究会、産総研、東京 (2009/07/31)
12. 重松亨、中島加奈子、林真由美、稲垣和世、川村知輝、中村真己、上野茂昭、藤井智幸、高圧処理を応用した食品素材の機能性富化、日本食品工学会第 10 回年年次大会、石川県立大学 (2009/08/02)
13. Gabsoo DO*, Yasuyuki SAGARA, Yeonghwan BAE, Hirofumi KAWANISHI and Shigeaki UENO, "Three-Dimensional Measuring Technique of Bubble Size Distribution in Ice cream" 2009 CIGR Section VI International Symposium on FOOD PROCESSING, Potsdam, Germany, (2009/08/31-09/02)
14. 重松亨、南須原悠輔、永井弦、野村一樹、五十嵐健太、平山匡男、林真由美、上野茂昭、藤井智幸、*Saccharomyces cerevisiae* の圧力感受性変異株の取得と表現形質の解析、日本生物工学会、名古屋大学 (2009/9/24)
15. 上野茂昭、家老峰子、渡邊貴恵、中島加奈子、林真由美、重松亨、藤井智幸、高圧処理による低水分細胞性生物素材の改質、日本熱物性シンポジウム、伝国の杜、米沢(2009/10/26)
16. Hiromichi Hoshina, Aya Hayashi, Norio Miyoshi, Yuichi Ogawa, Shigeaki Ueno, Yukihiko Fukunaga, Fumiaki Miyamaru, and Chiko Otani, Terahertz Spectroscopic Imaging of Frozen Biological Samples, International Workshop on Terahertz Technology, Osaka (2009/11/30).
17. 上野茂昭、林真由美、重松亨、藤井智幸、食の国際見本市in新潟、(2009/11/12-14)
18. 重松亨、林真由美、上野茂昭、藤井智幸、高圧死滅挙動からみた大腸菌の塩ストレス応答反応、第 25 回微生物生態学会、広島大学東広島キャンパス(2009/11/23)
19. Toru Shigematsu, Mayumi Hayashi, Isamu Kikuchi, Shigeaki Ueno, Haruhiko Masaki, Tomoyuki Fujii, "A culture-dependent bacterial community structure analysis based on liquid cultivation and its application to a marine environment", Asia Pacific Biochemical Engineering Conference, Kobe (2009/11/25).
20. 小柳梓、茂木幸奈、上野茂昭、林真由美、重松亨、藤井智幸、宮崎達雄、鰺坂勝美、新井祥生、高圧処理"蕪"中に生成する新規成分の構造解析、第 58 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム、長岡科学技術大学 (2009/11/29)
21. 上野茂昭、渡邊貴恵、陸賢太郎、斉藤恵、重松亨、藤井智幸、高圧処理による食品素材の機能性の変化、日本農芸化学会、p.153、名城大学 (2008/03/27)

22. 重松亨、林真由美、菊地勇、上野茂昭、藤井智幸、液体培養法による培養依存的細菌相解析法の構築とその海洋環境への適用、日本農芸化学会、p.232、名城大学 (2008/03/28)
23. 上野茂昭、渡辺貴恵、村上美奈、中島加奈子、林真由美、重松亨、藤井智幸、高圧処理により誘引される玄米・大豆の遊離アミノ酸組成の変化に及ぼすアミノ酸代謝系への影響、日本食品工学会、p.83、東京海洋大学 (2008/08/06)
24. 上野茂昭、陸賢太郎、渡辺貴恵、林真由美、重松亨、藤井智幸、食品素材の抗酸化活性に及ぼす高圧処理の影響、化学工学会新潟大会、p.97、新潟大学 (2008/08/21)
25. 重松亨、長谷川敏美、林雅子、上野茂昭、藤井智幸、大腸菌の高圧死滅挙動に及ぼす共存塩の影響、日本生物工学会、東北学院大学(2008/08/28)
26. 上野茂昭、林真由美、重松亨、藤井智幸、食の高付加価値化に資する基盤技術の開発~高圧処理による生物素材中の代謝反応の制御と機能性成分の富化、農林水産省アグリビジネス創出フェア 2008、東京国際フォーラム (2008/10/29-30)
27. 上野茂昭、林真由美、重松亨、藤井智幸、食の高付加価値化に資する基盤技術の開発~, 新潟国際ビジネスメッセ 2008、新潟市産業振興センター (2008/11/6-7)
28. Shigeaki UENO, Mayumi HAYASHI, Toru SHIGEMATSU and Tomoyuki FUJII, Formation of Green-Blue Compounds in *Brassica rapa* Root by High-Pressure Processing and Subsequent Storage, 4th International Niigata Symposium on Diet and Health Integrative functions of diet in anti-aging and cancer Prevention, p.103, Toki Messe, Niigata (2008/11/29)
29. 藤井智幸、重松亨、上野茂昭、高圧によるコメの改質、2007 国際食品工業展アカデミックプラザ研究発表要旨集、p.184-187、東京国際展示場、東京 (2007/6/5)
30. 上野茂昭、村上美奈、重松亨、藤井智幸、高圧によるコメの改質、第四回新潟食品科学バイオフォーラム、新潟薬科大、新潟 (2007/7/28)
31. 上野茂昭、重松亨、斉藤恵、陸賢太郎、藤井智幸、食品素材のラジカル消去活性への高圧処理の効果、日本食品工学会、p.49、関西大学 (2007/08/04)
32. 上野茂昭、安齋真由美、西山祐介、重松亨、藤井智幸、高圧熱水による食品循環資源素材の部分分解反応、日本化学工学会秋季大会、北海道大学 (2007/09/14)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称：高圧処理履歴の判別方法

発明者：藤井智幸、重松亨、上野茂昭、林真由美

権利者：にいがた産業創造機構

種類：特願

番号：2009-172529 号 P210723N1

出願年月日：平成 21 年 7 月 23 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

上野 茂昭 (UENO SHIGEAKI)

東北大学・大学院農学研究科・助教

研究者番号：80410223