

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24年5月7日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580323

研究課題名（和文） 高圧処理による筋肉内結合組織の軟化メカニズムの解明

研究課題名（英文） Study on tenderizing mechanism of high hydrostatic pressure on bovine intramuscular connective tissue

研究代表者

西海 理之（NISHIUMI TADAYUKI）

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：60228153

研究成果の概要（和文）：高圧処理によって筋肉内結合組織は軟化し、特に筋周膜および筋周膜-筋内膜接合部のコラーゲン線維の脆弱化が明らかになった。また、高圧処理に伴うコラーゲン分子の分解は認められず、コラーゲン分子の会合もしくはコラーゲン細線維同士の接着の解離が示唆された。したがって、高圧処理は、コラーゲン分子を分解するのではなく、コラーゲン分子やコラーゲン細線維の会合状態を脆弱化させ、筋肉内結合組織の軟化に結びつくことが推察された。

研究成果の概要（英文）：High hydrostatic pressure tenderized bovine intramuscular connective as well as meat. Morphological study by scanning electron microscopy revealed that high pressure induced structural weakening of intramuscular connective tissue, especially collagen fiber networks in perimysium and perimysial-endomysial junction. Degradation of collagen molecules by high pressure could not be shown, while dissociation of collagen fibers or fibrils into fibrils or molecules could be found. High hydrostatic pressure can therefore not degrade the intramuscular collagen molecules but can weaken the association of collagen molecules and fibrils, which might be involved in tenderizing followed by structural weakening of intramuscular connective tissue.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 1,700,000 | 510,000 | 2,210,000 |
| 2010年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2011年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,900,000 | 1,170,000 | 5,070,000 |

研究分野：農学

科研費の分科・細目：畜産学・獣医学、畜産学・草地学

キーワード：高圧処理、筋肉内結合組織、コラーゲン、コラーゲン線維、食肉、軟化

1. 研究開始当初の背景

高圧処理は、加熱に代わる新たな食品加工技術として、近年、世界中で注目されている技術である。高圧処理は、別名、高静水圧処理ともいい、水などの液体を介して1,000気圧(100 MPa)以上の圧力を生物材料(食品を含む)にかける技術で、日本において提唱された新技術である。高圧処理には、以下のような特徴があるため、生物科学分野のみならず、食品加工分野や医療分野での利用が検討されている。(a)省エネ：圧力保持にはエネルギーを必要とせず、加熱処理の約1/16のエネルギーしかからない。(b)均一性：材料の中心にまで瞬時に圧力が伝播するため、均質処理ができる。食品においては、調理むらがおこらない。(c)微生物制御：微生物の生育抑制および殺菌が可能。微生物の種類による圧力耐性の違いを利用し、発酵などを制御できる可能性がある。(d)化学変化を伴わない：加熱に伴う化学反応生成物による変色・異臭・異常物質の生成がない。ビタミンなどの栄養素が破壊されない。(e)物理反応である：細胞膜や細胞壁などの構造物に対する物理的破壊を引き起こす。このことによって、物性の変化や膜破壊で流出した酵素による反応促進が誘発される。(f)タンパク質や炭水化物の立体構造変化を引き起こす：高圧処理は、生体成分に水分子を物理的に押し込む処理であるので、それに伴い、物質の水和・相互作用・高次構造などの変化を引き起こす。その結果、物性の変化、食品の加工特性の変化、アレルギーの低減化、消化性の改変などが誘発される可能性がある。

一方、食肉科学分野において、高圧処理は食肉の熟成軟化を速めることが知られている。またその軟化促進は、筋原線維タンパク質の変化に伴う軟化効果であり、もう一つの硬さの決定因子である結合組織は高圧処理でも変化しないとされてきた。

2. 研究の目的

我々は、高圧処理で筋肉内結合組織は脆弱化・軟化するはずだという認識のもとに研究を始め、単離した筋肉内結合組織すなわちコラーゲン線維に高圧を施す実験をおこなったところ、高圧処理は筋肉内結合組織の軟化を引き起こすことを認めた。したがって、本研究では、高圧処理による筋肉内結合組織の軟化メカニズムの解明を目的とし、筋肉内結合組織の主要タンパク質である筋肉内コラーゲンに焦点を当て、具体的には、高圧処理が筋肉内コラーゲン構造のどのレベルに影響を及ぼすのかを明らかにする。すなわち、高圧処理が「コラーゲン分子構造(一次～三次構造)」「コラーゲン細線維構造(コラーゲン分子会合)」「コラーゲン線維構造(コラーゲン細線維

会合、コラーゲン線維立体構築状況)」のどこに、どの程度、どのような影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1)高圧処理による筋肉内結合組織の軟化の確認・評価：FujiiとMurota(1982)の方法に従ってウシ骨格筋から筋肉内結合組織を単離した。単離した筋肉内結合組織を冷蒸留水でポリエチレンバッグに封入し、食品用高圧処理装置(Dr. CHEF, 神戸製鋼所)にて0.1～500 MPaで5分間の高圧処理を行ったのち、レオメーター(NRM-2002, レオテック)を用いて剪断力を測定した。

(2)高圧処理による筋肉内コラーゲンの熱安定性の評価：コラーゲンの熱安定性は、コラーゲンの加熱溶解性(Crossら, 1973)の測定ならびに示差走査熱量計(DSC; MICRO DSC VII, SETARAM)による-20℃～100℃における熱変性挙動の解析から評価した。

(3)高圧処理による筋肉内コラーゲン線維立体構築状況の解析：ウシ骨格筋に上記の高圧処理を行い、Ohtaniら(1988)の細胞消化-走査電顕法に従って試料を作製し、走査型電子顕微鏡(SEM; JSM6510A, 日本電子)にて筋内膜および筋周膜コラーゲン線維立体構築状況を観察した。また、筋肉内結合組織からペプシン消化したアテロコラーゲンから *in vitro* 再構成コラーゲン細線維を調製し、同様に高圧処理したのちSEM観察を行った。

(4)高圧処理による筋肉内コラーゲン分子構造変化の解析：

①SDS-PAGE：高圧処理した筋肉内結合組織をHayashiとNagai(1979)の方法に従ってSDS-PAGEを行い、高圧処理に伴うコラーゲン分子サブユニット構造の解離およびコラーゲン分子の分解を解析した。

②円偏光二色性(CDスペクトル)解析：ペプシン消化したアテロコラーゲンに高圧処理を行った後、CD測定装置(J-725, 日本分光)を用いてコラーゲン分子の二次構造の変化を解析した。

③コラーゲンペプチド遊離試験：高圧処理した筋肉内結合組織を分画し、その上清(ペプチド画分)および沈殿(タンパク質画分)のヒドロキシプロリン定量することで、コラーゲン分子の分解によるペプチド生成を解析した。

4. 研究成果

(1)高圧処理による筋肉内結合組織の軟化

高圧処理は、筋肉全体の硬さの変化と同様に単離筋肉内結合組織も軟化した。すなわち、筋肉内結合組織の硬さは100 MPa以上の圧力処理で有意に低下し、300 MPa以上の高圧処理では未処理から30～40%軟化した(図1)。

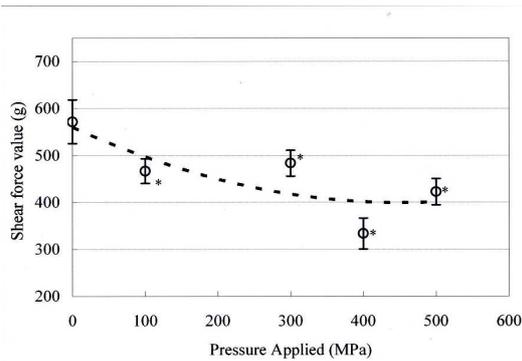


図1 高圧によるウシ筋肉内結合組織の硬さの変化(*は未加圧に比べて5%水準で有意差があったことを示す。)

(2) 高圧処理による筋肉内コラーゲンの熱安定性の変化

筋肉内コラーゲンの熱安定性をコラーゲンの加熱溶解性ならびにDSCから解析した。図には示さなかったが、コラーゲンの加熱溶解性は200 MPa以上の圧力処理で有意に上昇し、その後はほとんど変化しなかった。一方、DSC解析による変性温度は66°C付近で高圧処理に伴う変化はなかったが、変性エンタルピーは400 MPa処理で有意に低下した。以上のことから、高圧処理によってコラーゲン分子の変性はほとんどなく、むしろ会合状態等の超分子構造に影響を及ぼすことが推察された。

(3) 高圧処理による筋肉内コラーゲン線維立体構築状況の変化

SEMを用いて筋肉内コラーゲン線維立体構築状況を観察した(図2)。未処理の筋肉内結合組織(図2 A)は筋内膜が蜂の巣状に並び、コラーゲン線維が並んだシート状の層から構築される筋周膜がそれを束ねているが、150 MPa以上の高圧処理では筋周膜-筋内膜接合部の間隙が大きくなり、500 MPa処理では筋周膜の一部の崩壊が認められた(図2 B)。拡大すると、筋内膜コラーゲン細線維網には顕著な変化は認められなかった(図2 C, D)が、400~500 MPa処理により筋周膜シートを構成するコラーゲン線維間の解離が認められ(図2 E, F)、高圧処理に伴う筋肉内コラーゲン線維立体構築の脆弱化が示された。

また、図には示していないが、*in vitro*で形成させた再構成コラーゲン細線維に高圧処理を行うと、コラーゲン細線維間の間隙が大きくなり、この結果は高圧処理に伴う筋肉内コラーゲン線維構造の脆弱化とよく対応した。

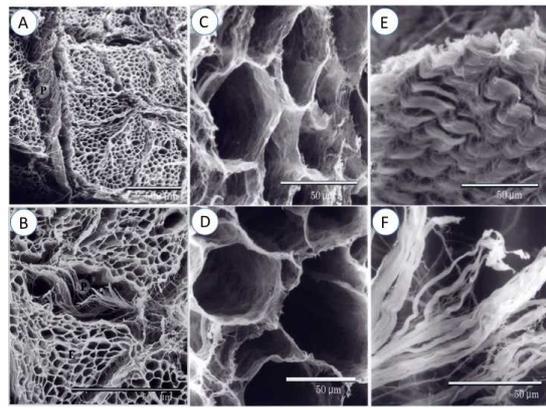


図2 高圧処理に伴うウシ筋肉内コラーゲン線維構造の変化

(4) 高圧処理による筋肉内コラーゲン分子構造変化

図3に示されるように、未処理~500 MPaの高圧処理でもSDS-PAGEパターンは同様であり、高圧処理は筋肉内コラーゲン分子の分解やサブユニットへの解離を伴わないことが確かめられた。

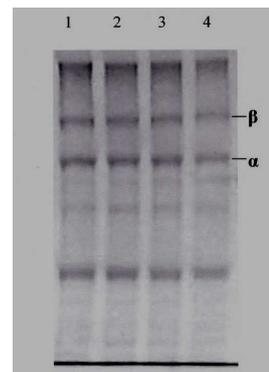


図3 未処理および100~500 MPa高圧処理筋肉内コラーゲンのSDS-PAGE像

CDスペクトルおよび蛍光スペクトル解析から、加圧中のコラーゲン分子の2次構造および3次構造の変化は認められたが、圧力解放後には再び未処理の構造に戻った。したがって、高圧処理は筋肉内コラーゲン分子の不可逆的変性を引き起こさないことが示された。

高圧処理に伴うコラーゲン分解ペプチドならびにタンパク態コラーゲンの遊離を確認するため、ペプチド遊離試験を行った(図4)。その結果、高圧処理によるコラーゲン分子のペプチド化の誘導は示されなかったが、コラーゲン線維からのタンパク態コラーゲンの遊離の増加が認められた。

したがって、高圧処理は、コラーゲン分子を変性・分解するのではなく、コラーゲン分子やコラーゲン細線維の会合状態を変化・脆弱化させ、これが筋肉内結合組織の脆弱化と軟化に結びつくことが示唆された。

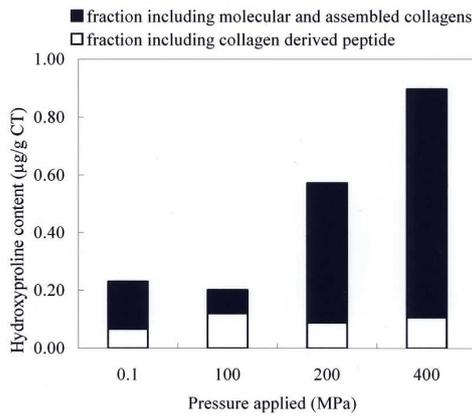


図4 高压処理に伴って遊離するコラーゲンの状態の変化

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7件)

- ① 石森崇晃, Saravanan, A., 眞田敏宏, 城斗志夫, 藤村忍, 西海理之, 今井明夫, 藤井智幸, 佐藤英行, 小嶋洋朗, 堀秀隆, 高温・高压蒸煮した家庭生ごみの成分組成および飼料母剤としての再利用. 廃棄物資源循環学会論文, 査読有, 22(4), 2011, 253-266.
- ② 西海理之, 身近な超高压加工食品へ. 水産物の利用に関する共同研究, 査読無, 第51集, 2011, 9-16.
- ③ Sakata, R., Oshida, T., Nishiumi, T., Yoon, H. and Waga, M., A new tenderizer for hog casings. A method using brewer's grains effect on the mechanical properties. *Fleischwirts. Int.*, 査読有, 26, 2011, 60-61.
- ④ Pandian, G.N., Ishikawa, T., Vijayanthi, T., Hossain, D.M., Yamamoto, S., Nishiumi, T., Angsuthanasombat, C., Haginoya, K., Mitsui, T. and Hori, H., Formation of macromolecule complex with *Bacillus thuringiensis* Cry1A toxins and chlorophyllide binding 252-kDa lipocalin like protein locating on *Bombyx mori* midgut membrane. *J. Membrane Biol.*, 査読有, 237(2-3), 2010, 125-136.
- ⑤ Yamamoto, S., Takanohashi, K., Hara, T., Odani, S., Suzuki, A. and Nishiumi, T., Effects of a high-pressure treatment on the wheat alpha-amylase inhibitor and its relationship to elimination of allergenicity. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 査読有, 215, 2010, 1-4.
- ⑥ 西海理之, 高压による天然ソーセージケーシングの物性制御. 食品工業, 査読無, 53(4), 2010, 34-40.
- ⑦ Yamamoto, S., Mikami, N., Matsuno, M., Hara, T., Odani, S., Suzuki, A. and Nishiumi, T., Effects of a high-pressure treatment on

bovine gamma globulin and its reduction in allergenicity. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 査読有, 74(3), 2010, 525-530.

[学会発表] (計42件)

- ① 金娟廷, 西海理之, 森岡豊, 小齊喜一, 小林篤, 山崎彬, 大越ひろ, 鈴木敦士, 重曹・高压併用処理豚そともも肉から調理した「とんかつ」の物性およびおいしさの検討. 第53回日本食肉研究会, 2012.3.30, 名古屋.
- ② 西海理之, 金娟廷, 鈴木敦士, 高压物性変換技術を用いた軟化豚肉加工品の開発. 第52回高压討論会, 2011.11.10, 沖縄.
- ③ 西海理之, 金娟廷, 森岡豊, 小齊喜一, 小林篤, 山崎彬, 大越ひろ, 鈴木敦士, 重曹・高压併用処理豚そともも肉から調製したとんかつ物性と利用適性. 第95回日本養豚学会大会, 2011.10.16, 神奈川.
- ④ 金娟廷, 西海理之, 大越ひろ, 鈴木敦士, 高压処理した牛肉の物性. 第59回レオロジー討論会, 2011.10.6, 群馬.
- ⑤ 原 崇, 神田泰子, 山崎春佳, 小谷スミ子, 松野正和, 西海理之, 城斗志夫, 鈴木敦士, 超高压下においてキモトリプシン消化したオボムコイドに対するアレルギー性と経口免疫寛容誘導活性の評価. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑥ 和田紘稔, 原 崇, 西海理之, 城斗志夫, 超高压下におけるオボムコイドおよびオボアルブミンの酵素消化促進. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑦ 太刀川泰生, 原 崇, 和田紘稔, 松尾博史, 永松裕章, 赤坂一之, 松野正和, 城斗志夫, 西海理之, 鈴木敦士, 超高压下でのパパイン処理が鶏卵白オボムコイドの加水分解性とヒトIgE結合性に及ぼす影響. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑧ 葛西慶明, 金娟廷, 小林兼人, 西海理之, 西田浩志, 重松亨, 浦上弘, 小西徹也, 高压処理食品の変異原性試験における抽出法等の比較検討. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑨ 斎藤雅史, 桑原裕里依, 西田美也子, 金娟廷, 西海理之, 浦上弘, 小西徹也, 培養細胞による高压処理豚肉の安全性評価. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑩ 藤村忍, 小林裕之, 久保田真敏, 金娟廷, 西海理之, 鈴木敦士, 豚肉タンパク質の *in vivo* 及び *in vitro* 消化性に対する重曹・高压併用処理の影響. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑪ 大沼俊, 金娟廷, 西海理之, 大越ひろ, 鈴木敦士, 高压ならびに重曹処理による牛肉の物性変化および嗜好性の検討. 第17回生物関連高压研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑫ 金娟廷, 西海理之, 藤村忍, 森岡豊, 小齊喜一, 小林篤, 山崎彬, 大越ひろ, 鈴木敦

- 士, 重曹・高圧併用処理による軟化豚肉の嗜好性への影響. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑬ 小茂田嵩人, 金娟廷, 西海理之, 鈴木敦士, ウシ関節軟骨由来デコリンの構造に及ぼす高圧処理の影響. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.22, 新潟.
- ⑭ 斎藤雅史, 桑原裕里依, 西田美也子, 金娟廷, 西海理之, 浦上弘, 小西徹也, マウスによる高圧処理豚肉の亜急性、亜慢性毒性試験. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ⑮ 葛西慶明, 金娟廷, 小林兼人, 西海理之, 西田浩志, 重松亨, 浦上弘, 小西徹也, umu test を利用した高圧処理豚肉及び米粉の変異原性. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ⑯ 渡辺真理, 西海理之, 山岸千鶴, 城斗志夫, 原 崇, 超高圧下酵素処理した乾燥卵白の加工特性とIgE結合度. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ⑰ 小林裕之, 久保田真敏, 橋澤義憲, 甲斐慎一, 金娟廷, 朱曉琳, 池内義秀, 西海理之, 鈴木敦士, 藤村忍. 豚肉への重曹・高圧併用処理による栄養機能及び消化性への効果. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ⑱ 金娟廷, 西海理之, 藤村忍, 森岡豊, 小齊喜一, 小林篤, 山崎彬, 鈴木敦士, 重曹・高圧併用処理による豚肉の軟化ととんかつへの利用. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ⑲ 斎藤雅史, 桑原裕里依, 西田美也子, 葛西慶明, 金娟廷, 西海理之, 浦上弘, 小西徹也, 高圧処理を施した豚肉の安全性評価試験. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ⑳ 金娟廷, 西海理之, 藤村忍, 鈴木敦士, 豚肉軟化のための重曹・高圧併用処理技術の開発. 第17回生物関連高圧研究会, 2011.9.21, 新潟.
- ㉑ 金娟廷, 西海理之, 藤村忍, 森岡豊, 小齊喜一, 小林篤, 山崎彬, 大越ひろ, 鈴木敦士, 重曹・高圧併用処理による豚そとも肉の軟化ととんかつへの利用. 日本畜産学会第114回大会, 2011.8.27, 青森.
- ㉒ 野嶽一将, 沼田正寛, 小齊喜一, 西海理之, 分析型官能評価機器と生化学分析を用いた加熱食肉製品の呈味性評価. 日本食品科学工学会第57回大会, 2010.9.2, 東京.
- ㉓ Nodake, N., Numata, M., Kosai, K. and Nishiumi, T., Effects of curing agents and curing time on taste sensor and analysis of biochemical properties. 56th International Congress of Meat Science and Technology, 2010.8.15-20, Jeju, Korea.
- ㉔ Kim, Y.J., Nishiumi, T., Ogoshi, H. and Suzuki, A., Effects of a high-pressure treatment on the physical properties and palatability of pork loin. 56th International Congress of Meat Science and Technology, 2010.8.15-20, Jeju, Korea.
- ㉕ Nishiumi, T., Kim, Y.J., Suzuki, A., Yoon, H. and Sakata, R., Effect of high-pressure treatment on the textural improvement of natural hog casing. 56th International Congress of Meat Science and Technology, 2010.8.15-20, Jeju, Korea.
- ㉖ 松原祐樹, 金娟廷, 海老名秀, 西海理之, 新潟県産南蛮エビの刺身としてのおいしさに関する官能評価. 日本家政学会第62回大会, 2010.5.29, 広島.
- ㉗ 馬場達也, 山本州平, 原崇, 小谷スミ子, 松野正和, 鈴木敦士, 西海理之, 高圧処理ウシβ-ラクトグロブリンのin vitro消化性とアレルギー性の検討. 日本畜産学会第112回大会, 2010.3.29, 神奈川.
- ㉘ 和賀正洋, 押田敏雄, 西海理之, 坂田亮一,ソーセージ用ケーシングの軟化に及ぼすビール粕の効果. 第93回日本養豚学会大会, 2010.3.24, 東京.
- ㉙ Baba, T., Yamamoto, S., Hara, T., Odani, S., Suzuki, A. and Nishiumi, T., Effects of a high-pressure treatment on the enzyme digestibility of β-lactoglobulin. The 3rd International Symposium of Sustainability in Food Production, Agriculture and the Environment in Asia, 2009.9.28-10.1, Niigata, Japan.
- ㉚ Kim, Y., Nishiumi, T. and Suzuki, A., Effects of a high-pressure treatment on the physical properties and palatability of pork loin. The 3rd International Symposium of Sustainability in Food Production, Agriculture and the Environment in Asia, 2009.9.28-10.1, Niigata, Japan.
- ㉛ 金娟廷, 西海理之, 大越ひろ, 鈴木敦士, 豚肉加工品の物性及び嗜好性に及ぼす高圧処理の影響-その2. 第42回日本調理科学会大会, 2009.8.29, 京都.
- ㉜ 山本州平, 鷹賀慶, 原崇, 小谷スミ子, 鈴木敦士, 西海理之, 高圧処理が小麦由来α-アミラーゼインヒビターの構造とIgE結合性に及ぼす影響. 第16回生物関連高圧研究会, 2009.7.31, 東京.
- ㉝ 小谷スミ子, 神田泰子, 原崇, 山本州平, 西海理之, 鈴木敦士, 高圧処理/α-キモトリプシン処理したオボムコイドの低アレルギー化とマウスの経口免疫寛容誘導. 第16回生物関連高圧研究会, 2009.7.31, 東京.
- ㉞ 西海理之, 小松原剛, 金娟廷, 鈴木敦士, デコリンコアタンパク質の構造に及ぼす高圧処理の影響. 第16回生物関連高圧研究会, 2009.7.31, 東京.

- ③⑤ 馬場達也, 山本州平, 原崇, 小谷スミ子, 鈴木敦士, 西海理之, ウシβ-ラクトグロブリンの酵素消化性に及ぼす超高压の影響. 第16回生物関連高压研究会, 2009.7.31, 東京.
- ③⑥ 金娟廷, 西海理之, 大越ひろ, 鈴木敦士, 豚肉加工品の物性及び嗜好性に及ぼす高压処理の影響. 第16回生物関連高压研究会, 2009.7.31, 東京.
- ③⑦ Odani, S., Kanda, Y., Hara, T., Yamamoto, S., Nishiumi, T. and Suzuki, A., Enhancement of proteolysis and reduction on immunoreactivity of ovomucoid upon combined high pressure and α-chymotryptic treatment. 16th Meeting of Japan High Pressure Bioscience and Biotechnology, 2009.7.30, Tokyo, Japan.
- ③⑧ Nishiumi, T., Takaya, Y., Nojiri, T., Ichinoseki, S., Suzuki, A., Yoon, H. and Sakata, R., Tenderizing mechanism of natural sausage casing using high hydrostatic pressure in comparison to that by organic acid treatment. Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, 2009.7.28, Tokyo, Japan.
- ③⑨ Odani, S., Kanda, Y., Hara, T., Joh, T., Yamamoto, S., Nishiumi, T. and Suzuki, A., Peptides obtained by α-chymotryptic hydrolysis of ovomucoid under high pressure reduce immunoreactivity and induce oral tolerance in mice. Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, 2009.7.28, Tokyo, Japan.
- ④⑩ Baba, T., Yamamoto, S., Hara, T., Odani, S., Suzuki, A. and Nishiumi, T., Effects of high hydrostatic pressure on the enzyme hydrolysis of β-lactoglobulin. Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, 2009.7.28, Tokyo, Japan.
- ④⑪ Kim, Y., Nishiumi, T., Suzuki, A. and Ogoshi, H., Effects of a high-pressure treatment on the physical properties and palatability of pork loin. Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, 2009.7.28, Tokyo, Japan.
- ④⑫ Yamamoto, S., Takanohashi, K., Hara, T., Odani, S., Suzuki, A. and Nishiumi, T., Effect of high-pressure treatment on the wheat alpha-amylase inhibitor and its relationship to elimination of allergenicity. Joint AIRAPT-22 & HPCJ-50, 2009.7.28, Tokyo, Japan.

[その他]

ホームページ等

<http://researchers.adm.niigata-u.ac.jp/R/staff/?useId=612>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西海 理之 (NISHIUMI TADAYUKI)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：60228153

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし