

様 式 C - 1 9、F - 1 9 - 1、Z - 1 9 （共通）

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 5 年 6 月 1 5 日現在

機関番号：8 2 1 1 1

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：2 0 K 0 2 4 2 2

研究課題名（和文）水中短波帯加圧加熱による大豆タンパク質の組織化

研究課題名（英文）Structurize of soyprotein by radio frequency heating

研究代表者

植村 邦彦（Uemura, Kunihiko）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・主席研究員

研究者番号：5 0 3 5 3 9 6 7

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：浸漬した大豆に水を加えて破碎した生豆を高周波パルス加熱することにより、大豆臭を低減した。27MH、10 kWの短波帯電源を用いて、加圧容器内でパウチ食品を迅速かつ均一に加熱可能な水中短波帯加圧加熱装置を試作した。試作した装置でパウチ包装したおからを8分で150℃まで加熱することにより、おからのタンパクが結合して組織化物を形成することを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大豆タンパク質の組織化物はこれまでエクストルーダー等の大掛かりな装置で物理的な混練を伴って作成されていたが、水中短波帯加圧加熱は小規模で物理的な混練を伴わずに組織化物を作製する独自性が高い加工技術と言える。また、10分以内におからを150℃まで昇温することで、大豆臭の生成を抑制するため、利用価値の高い食品素材を作成することが可能である。

研究成果の概要（英文）：The soybean odor in okara was reduced by high-frequency pulses heating. We developed an equipment using 27MH of frequency, 10 kW of power Radio frequency power supply and pressure vessel that can quickly and uniformly heat okara. By heating the pouch-wrapped okara in the prototype device to 150℃ in 8 minutes, the protein of okara was confirmed to combine to form an organized substance.

研究分野：食品加工

キーワード：水中短波帯加圧加熱 おから 大豆タンパク 組織化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 大豆には良質のタンパク質が多く含まれており、豆腐や納豆などの旧来の加工食品に加えて、畜肉に代わる食品素材が世界的な食糧問題の解決の一助になることが期待される。

(2) 畜肉様の大豆組織化物は、一般にエクストルージョンクッキングを用いた連続・高温・せん断処理により実現されている。ただし、エクストルージョンクッキングは装置が大掛かりであり、ペレット状の形状に限定されていて任意の形の組織構造を形成することができない。

2. 研究の目的

(1) 水中短波帯加圧加熱と呼ばれる電気を利用した加熱により、短時間で素材内部を昇温し、タンパク質の組織化の現象を解析し、新しい食品素材を開発することを目的とする。

(2) 大豆を畜肉に代わる植物性のタンパク質素材とするために、豆臭と呼ばれる独特の臭いを生じない加工方法を検討する。

3. 研究の方法

(1) 水中短波帯加圧加熱

加熱方法

27 MHz、10 kW の短波帯交流電源を擁した水中短波帯加圧加熱装置 (図 1) を試作した^{1, 2)}。大豆から豆乳を搾汁した副産物のおからを試料とし、300 g のおからをプラスチックバックに真空包装したパウチおからを中間電極板を介して 5 段積層し、水中に浸漬した。最下段の非接地電極と最上段の接地電極間に短波帯交流を印加した。試料周囲の水は外部の水中ポンプで熱交換器を介して循環した。熱交換器の 2 次側は、短波帯加熱中に 110 °C の蒸気を導入し、パウチおからを均一迅速に加熱し、加熱後の冷却時は市水を導入してパウチおからを冷却した。

比較対象として、300g のおからを真空包装したパウチおからを、レトルト加熱装置 (100, 110, 120 °C) の各温度 (100, 110, 120 °C) で 30 分間加熱した。

殺菌効果

2 kg のおからに 10 mL の枯草菌芽胞懸濁液を混合した。加熱処理したサンプル 5 g と同量の滅菌水を加えてストマッカーで破碎後、1 mL 接種し、適宜希釈して普通寒天培地と混釈培養し、残存菌数を計測した。

ゲル強度測定

加熱処理したサンプルを 15 mm 厚さの短冊状に切断し、切断面の中央部に 6 mm のプランジャーを貫入し、ゲル強度を測定した。

色測定

サンプル中央部の断面を色差計 (コニカミノルタ、CM-5) を用いて測定した。

電気泳動

サンプルを凍結乾燥、破碎し、タンパク質を抽出した溶液の Native-PAGE および SDS-PAGE 電気泳動を行った。

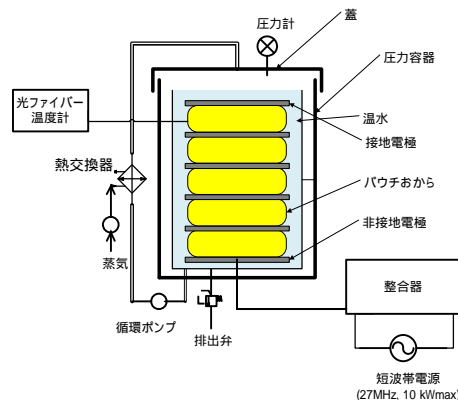


図 1 水中短波帯加圧加熱装置

(2) 高周波パルス連続加熱

25 kHz、20 kW の双極性パルス電界を発生する高周波パルス電源および高粘度かつタンパク質を含む液体食品を連続加熱可能な 3 層電極を用いた高周波パルス連続加熱装置を試作した (図 2)³⁾。一晚浸漬した大豆と 6 倍量の水をマスコロイダーで破碎し、生呉を得た。生呉を高周波パルス連続加熱装置により 0.4 秒間の高周波パルス印加で 15 °C から 90 °C まで急速加熱し、その後 3 本の 2 重管の熱交換機を通過する 6 秒間の蒸気関節加熱により 120 °C まで昇温し、2 本の 2 重管熱交換器を通過する 4 秒間で市水による間接冷却により、70 °C まで冷却し、排出口の圧力調整弁で系内の圧力を 0.5 MPa に維持した。

各加熱条件で処理した原料豆乳および乳酸発酵

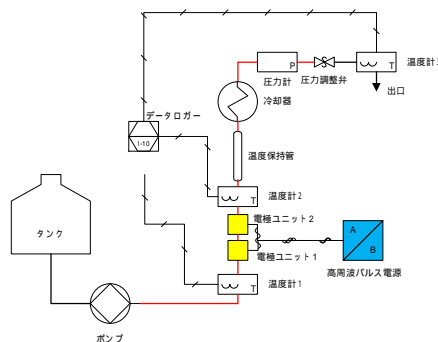


図 2 高周波パルス加熱装置

した豆乳の香気成分を、GCMS を用い、固相マイクロ抽出 (SPME) 法で分析した。

4. 研究成果

(1) 水中短波帯加圧加熱

加熱温度履歴

本装置により、7 分間の短波帯加熱で、おからの中心部を 150℃ まで昇温した。

殺菌効果

水中短波帯加圧加熱で 120℃ および 150℃ まで昇温したサンプル中の残存枯草菌芽胞はそれぞれ、4 対数オーダーおよび 6 対数オーダー以上失活した。

ゲル強度

各サンプルのゲル強度の測定結果を図 3 に示す。水中短波帯加圧加熱で 150℃ まで昇温したゲル強度は、120℃、30 分のレトルト加熱に比べて、75%高い値となった。

色測定

レトルト加熱したおからの明度 L*は加熱温度の上昇と共に低下し、150℃ の水中短波帯加圧加熱のおからの明度は、120℃ のレトルト加熱のものよりも高い値を示した。

電気泳動

SDS-PAGE および Native-PAGE の分析結果から、11SB のサブユニットのバンドはレトルト加熱の温度が高くなるほど増加し、水中短波帯加圧加熱では 11SB が最も増加量が大きく、タンパク質の熱変性がゲル形成の一因になっていることが考えられた。

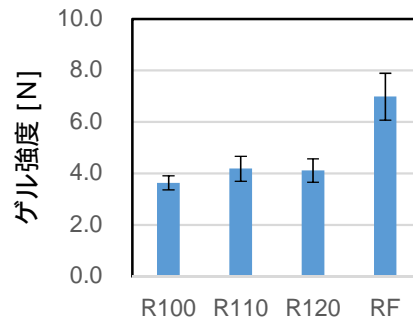


図3 加熱方法がおからのゲル強度に与える影響

R100:レトルト 100

RF:水中短波帯加圧加熱

(2) 高周波パルス連続加熱

殺菌効果

高周波パルス加熱で 120℃ まで加熱した呉の枯草菌芽胞を 4 対数以上失活した。

GC-MS 測定

高周波パルス加熱した呉は、加熱により生成されるリノール酸の酸化物の 2-Pentylfuran の生成を抑制することが分かった。

< 引用文献 >

- 1) Grace Lara, Chieko Takahashi, Miku Nagaya, Kunihiro Uemura, Application of radio frequency heating in water for extending the shelf-life of fresh-cut Japanese loquat fruit (*Eriobotrya japonica*), Food Science and Technology Research 27(6), 2021, 847-857
- 2) Grace Lara, Chieko Takahashi, Miku Nagaya, Kunihiro Uemura, Improving the shelf-life stability of vacuum-packed fresh-cut peaches (*Prunus persica* L.) by radio frequency heating in water, International Journal of Food Science and Technology, 57, 6, 2022, 3251-3262
- 3) Grace Lara-Valderrama, Miku Nagaya, Kunihiro Uemura, Quality characterization of apple puree processed by high frequency pulse continuous heating, Food Chemistry Advances, 2, 2023, 100228

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Lara Grace、Takahashi Chieko、Nagaya Miku、Uemura Kunihiro	4. 巻 27
2. 論文標題 Application of radio frequency heating in water for extending the shelf-life of fresh-cut Japanese loquat fruit (<i>Eriobotrya japonica</i>)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Food Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 847～857
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3136/fstr.27.847	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yakoubi Sana、Kobayashi Isao、Uemura Kunihiro、Nakajima Mitsutoshi、Isoda Hiroko、Ksouri Riadh、Saidani-Tounsi Moufida、Neves Marcos A.	4. 巻 10
2. 論文標題 Essential-Oil-Loaded Nanoemulsion Lipidic-Phase Optimization and Modeling by Response Surface Methodology (RSM): Enhancement of Their Antimicrobial Potential and Bioavailability in Nanoscale Food Delivery System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Foods	6. 最初と最後の頁 3149～3149
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/foods10123149	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Vodo Sekove、Uemura Kunihiro、Nakajima Mitsutoshi、Neves Marcos A.	4. 巻 56
2. 論文標題 Conversion of aqueous extracts from thermochemical treatment of bagasse into functional emulsifiers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Food Science and Technology	6. 最初と最後の頁 6697～6706
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ijfs.15385	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanafusa Sumiyo、Uhlir Elisabeth、Uemura Kunihiro、Gomez Galindo Federico、Hakansson Asa	4. 巻 72
2. 論文標題 The effect of nanosecond pulsed electric field on the production of metabolites from lactic acid bacteria in fermented watermelon juice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Innovative Food Science and Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 102749～102749
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ifset.2021.102749	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suveena Jantapirak, Chieko Takahashi, Kunihiro Uemura	4. 巻 85
2. 論文標題 Effect of radiofrequency heating of vacuum-packed nitrite-free sausage on quality properties and microorganism inactivation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 907-915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lara-Valderrama Grace, Nagaya Miku, Uemura Kunihiro	4. 巻 2
2. 論文標題 Quality characterization of apple puree processed by high frequency pulse continuous heating	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Food Chemistry Advances	6. 最初と最後の頁 100228 ~ 100228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.focha.2023.100228	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 植村邦彦, Lara Grace, 長屋美玖, 高橋千栄子
2. 発表標題 高周波パルス加熱によるリンゴピューレの高速ブランチング
3. 学会等名 日本食品工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長屋美玖, 高橋千栄子, Grace Lara-Valderrama, 梅田拓洋, 小林功, 植村邦彦
2. 発表標題 呉の高周波パルス加熱が豆乳の加工適性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本食品工学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 呉の加熱方法	発明者 植村邦彦、長屋美玖	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-135346	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 加熱処理方法	発明者 植村邦彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-190677	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6．研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------