

令和 2 年 5 月 22 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07827

研究課題名（和文）パースト短波帯加熱による高品質殺菌技術の開発

研究課題名（英文）Inactivation of microorganisms in foods by burst RF heating

研究代表者

植村 邦彦（UEMURA, KUNIHICO）

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・ユニット長

研究者番号：50353967

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：液体食品と固体食品の殺菌の目的とするパースト短波帯加熱装置を開発した。牛乳や豆乳などタンパク質高含有の液体食品は、連続式短波帯加熱で4秒以内に殺菌した。また、魚やソーセージなどのパウチ食品は、水中でパースト短波帯加熱を行い、10分以内に殺菌した。パースト短波帯加熱は、従来の加熱に比べて、加熱時間が短く、食品中のタンパク質の熱変性、色、風味、物性の熱劣化が少ない特徴を有することが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

食品の殺菌方法として短波帯加熱は、食品を均一・迅速に加熱する特徴を有している。本研究では、短波帯加熱の殺菌効率の向上を目指して、パースト短波帯加熱を液体食品およびパウチ包装した固体食品に適用し、食品の安全性、保存性向上とともに、嗜好性および健康機能性を高度に保持した新しい殺菌方法を開発した。

研究成果の概要（英文）：We developed two type of radio frequency sterilization systems for liquid foods and solid foods. Cow milk and soybean milk were sterilized by radio frequency heating for less than 4 s. Pouched fish and sausages were sterilized by radio frequency heating for less than 10 mins. Radio frequency sterilization has advantages of shorter heating time, less discoloring, less off-flavor and less softening of food than conventional heating.

研究分野：食品工学

キーワード：短波帯加熱 殺菌 豆乳 牛乳 無添加ソーセージ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食の安全性を確保するため、微生物の殺菌の目的で加熱処理が一般的に行われてきた。しかしながら、加熱処理による食品の色や香気成分の変化、または栄養成分の損傷が問題となる場合がある。そこで課題提案者は、各種の電界を食品に印加することにより、食品自身が発熱するジュール加熱を拡張し、ジュール加熱の電界を 100 倍以上高めた交流高電界と呼ばれる技術を開発した。交流高電界技術は、20kHz の周波数の高電界の交流を食品に印加し、食品中を流れる交流電流による食品自身の発熱と、高電界による微生物の損傷により、従来の加熱処理に比べて 1/100 の短時間の加熱処理で大腸菌のような栄養細胞から細菌芽胞まで失活することを可能とした。また、本技術を利用して殺菌したレモン果汁が市販されている。さらに課題提案者は豆乳等のタンパク質を多く含む液体食品やプラスチック包装された固体食品の殺菌に対応するため短波帯の周波数の交流電界による短波帯加熱技術を開発した。本技術は、電極表面に設けた絶縁層または包材のプラスチックを交流が通過して食品に電気エネルギーを与えるために、短波帯以上の周波数が必要となる。テフロン被覆した電極による豆乳中の枯草菌芽胞の失活または、包装した豆腐および味噌の加熱殺菌および味噌中の酵素フォスファターゼの失活を従来の加熱処理に比べて 1/6 の時間で実施できることが分かった。しかしながら、短波帯水中加熱処理は、誘電加熱による熱的な効果だけで交流高電界のように電界効果は示されなかった。

2. 研究の目的

本研究では短波帯の出力をパルス的にオン・オフすることでバースト短波帯を作成して食品の殺菌に利用することを検討する。バースト短波帯は、平均のエネルギーを増加させずに食品に与える短波帯の電界を高くすることが可能である。したがって、バースト短波帯交流電界は、交流高電界と同様に短時間の加熱処理で十分な殺菌効果が得られれば、食品の高品質化が期待される。本技術は、学術的に新規性が高いだけでなく、実用面でも有用な技術として期待される。

3. 研究の方法

(1) 液体食品の連続殺菌

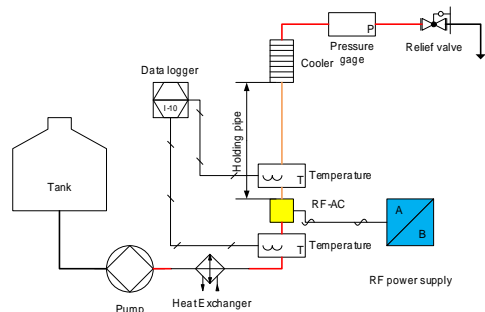


図 1. 短波帯連続殺菌装置

チタニウム製 3 枚並行平板電極を用いて、バースト短波帯交流による豆乳の殺菌を行った。指標菌としては、耐熱性を有する枯草菌芽胞を用いた。豆乳は牛乳に比べて、食物繊維を多く含んでいるため、固液が分離しやすく、電極表面への析出および焦げ付きが問題であったが、電極構造を改良し、流速を高め短波帯処理を行うことで、大豆タンパク質が電極表面へ付着、焦げ付くことなく、連続的に殺菌処理を行うことが分かった。具体的には、豆乳を 18 mL/s の流速で搬送し、熱交換器による予熱で、70 まで昇温後、電極(幅 8 x 電極間隔 5 x 電極長 30 mm x 2 回)を 0.1s で通過する間に 27MHz, 4kW の短波帯

交流を印加することで 120 まで昇温したものを 2 秒間温度保持後、直ちに冷却した。

(2) パウチ食品

固体食品を含むパウチ食品の滅菌方法として、レトルト加熱が一般的に行われているが、レトルト加熱の高温長時間加熱は、食品の色、風味、栄養成分、構造の熱劣化を引き起こすことが問題である。そこで、バースト短波帯加熱により、殺菌と品質の両立を図る殺菌方法を開発した。本研究では、パウチ包装した無添加ソーセージに指標菌(枯草菌芽胞)を添加したものを水中で短波帯加圧加熱を行い、ソーセージ中心部を 7 分で最高 125 まで昇温し、2 分間その温度を保持し、冷却した。レトルト加熱装置を用いて 120 10 分間加熱したものと比較した。

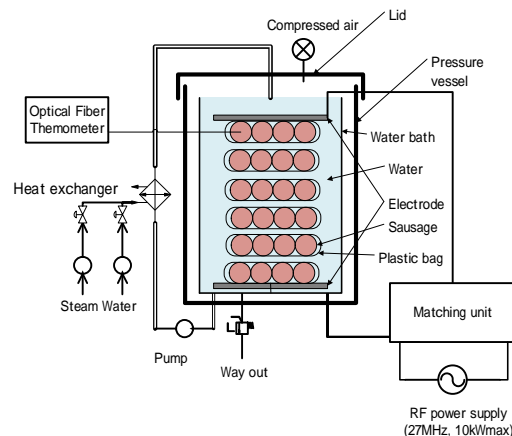


図 2. 短波帯加圧加熱殺菌装置

4. 研究成果

(1) パースト短波帯の殺菌効果

0.2%濃度の食塩水 300mL をモデル食品とし、大腸菌培養液 1mL 添加したものを試料とした。試料および光ファイバー温度計のプロープをプラスチックバックに投入し真空包装したものを上記の水槽内の水道水に浸漬した。両平行平板電極に各種のパースト短波帯を印加し、試料を加熱し、試料内の温度が所定の温度に到達後、直ちに試料を水槽から取り出し、氷水で室温以下まで冷却した。

試料の温度履歴と短波帯印加前後の大腸菌の菌数をカウントした。1kW の短波帯交流を 99 秒印加して試料を 65 まで昇温させたものと、2kW の 50%パースト短波帯交流を 98 秒印加して試料を 65 まで昇温させたもので残存大腸菌を比較したところ、短波帯交流は 4 対数、パースト短波帯交流は 7 対数減少した。

(2) 豆乳中の枯草菌芽胞の失活

豆乳を 111、6.3 秒の短波帯加熱を行ったところ、豆乳中に添加した枯草菌芽胞を 5.5 対数減少した。この時の Z 値は 5.6 であり、熱交換器のみの Z 値 8.8 に比べて、有意に低いことが分かった。すなわち、短波帯加熱は、枯草菌芽胞に損傷を与えたことで Z 値を低下した結果、殺菌効率が高くなったと考えられた。

(3) 生乳の殺菌と加工適性

生乳の短波帯連続殺菌は、チタニウム製の 3 枚電極を用いた。生乳が電極通過する間に 125 まで昇温し、3 秒間温度保持後、冷却し、0.6MPa の圧力を保持しながら、排出した。比較対象の従来加熱は、プレート型熱交換で 125 まで昇温し、3 秒間温度保持後、冷却し、0.6MPa の圧力を保持しながら排出した。牛乳に 4 種類の指標菌を添加し、短波帯加熱および従来加熱処理した結果、ほぼ同程度の殺菌効果を示した。短波帯加熱および従来加熱処理した牛乳の香り成分を SPME 法で測定した結果、アルデヒド類およびケトン類とも短波帯処理したものが従来加熱したものよりも低い値を示した。官能検査の結果、短波帯殺菌処理したものが優位にフレッシュ感の強いことが分かった。

パースト波を用いた水中短波帯加熱によるパウチ包装したチーズの加熱処理を行った。比較対象の従来加熱としては、同様にパウチ包装したチーズを温浴に浸して加熱した。チーズの中心温度が 90 に達するまで水中短波帯処理では 200 秒かかり、温浴加熱では 6 倍の 1200 秒かかった。加熱処理したチーズの中心と表面の硬度を測定したところ、水中短波帯処理では、チーズの表面が未加熱のものに近い硬さを維持し、品質を維持していた一方、温浴加熱したものは中心と同程度まで軟化し、品質が低下することが分かった。

(4) ソーセージの殺菌

パウチ包装した無添加のソーセージを短波帯加熱 (125、2 分間) とレトルト加熱 (121、7 分間) は、枯草菌芽胞に対して同程度の殺菌効果を示した (図 4)。一方、レトルト加熱を行ったソーセージのゲル強度は、有意に低下したのに対して、短波帯加熱を行ったものはゲル強度の低下が小さいことが分かった (図 5)。また、短波帯加熱したソーセージを 25 で 4 週間保存試験したところ、生菌数は増加せず、常温での保存性の向上が確認された (図 6)。

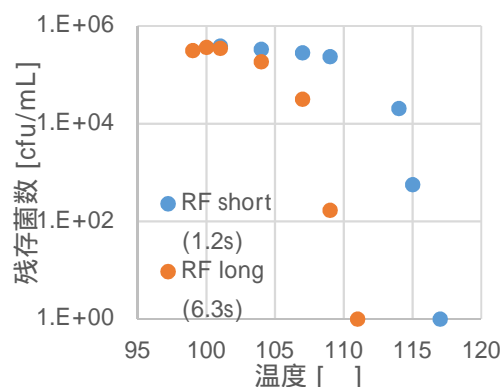


図 3. 短波帯加熱の温度と保持時間が芽胞の失活に与える影響

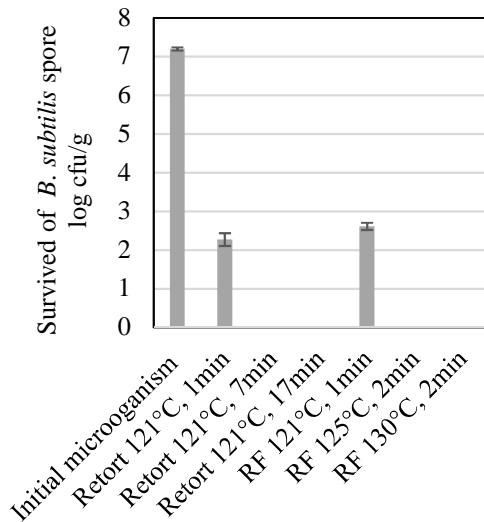


図4 .低温加熱、レトルト加熱および短波帯加熱した無添加ソーセージの残存菌数

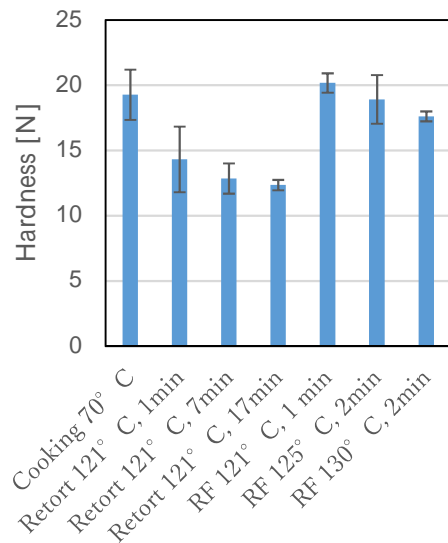


図5 .低温加熱、レトルト加熱および短波帯加熱した無添加ソーセージのゲル強度

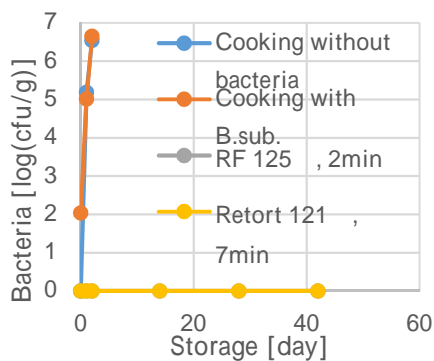


図6 . 25 保存中の生菌数

3 . まとめ

液体食品と固体食品の殺菌の目的とするパースト短波帯加熱装置を開発した。牛乳や豆乳などタンパク質高含有の液体食品は、連続式短波帯加熱で4秒以内に殺菌した。また、魚やソーセージなどのパウチ食品は、水中でパースト短波帯加熱を行い、10分以内で殺菌した。パースト短波帯加熱は、従来の加熱に比べて、加熱時間が短く、食品中のタンパク質の熱変性、色、風味、物性の熱劣化が少ない特徴を有することが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sumiyo Kanafusa, Chieko Takahashi & Kunihiko Uemura	4. 巻 82
2. 論文標題 The effect of radio-frequency heating on vacuum-packed saury	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 1576-1583
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 植村邦彦	4. 巻 2
2. 論文標題 水中短波帯加熱によるポテトサラダの殺菌	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農研機構研究報告食品研究部門	6. 最初と最後の頁 15,19
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Vodo Sekove, Taarji Noamane, Bouhoute Meryem, Felipe Lorena de Oliveira, Neves Marcos A., Kobayashi Isao, Uemura Kunihiko, Nakajima Mitsutoshi	4. 巻 55
2. 論文標題 Potential of bagasse obtained using hydrothermal liquefaction pre treatment as a natural emulsifier	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Food Science & Technology	6. 最初と最後の頁 1485 ~ 1496
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ijfs.14543	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8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Kunihiko Uemura, Chieko Takahashi, Isao Kobayashi
2. 発表標題 Inactivation of Bacillus subtilis spores in soybean milk by radio frequency continuous heating
3. 学会等名 31st EFFoST International Conference（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Suveena Jantapirak, 高橋 千栄子, 植村邦彦
2. 発表標題 Effect of Radio-Frequency (RF) heating on improve the safety of the nitrite-free sausage
3. 学会等名 日本食品科学工学会関東支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 植村邦彦、高橋千栄子
2. 発表標題 水中短波帯加熱によるパウチポテトサラダの殺菌
3. 学会等名 日本食品工学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植村邦彦、長屋美玖、高橋千栄子、小林功
2. 発表標題 短波帯加熱による豆乳の連続殺菌技術
3. 学会等名 日本食品科学工学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 植村邦彦、高橋千栄子、小林功
2. 発表標題 水中短波帯加熱による果実の高速ブランチング
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunihiko Uemura, Chieko Takahashi, Isao Kobayashi
2. 発表標題 Radio Frequency Continuous Heating inactivate Bacillus subtilis spores in soybean milk without protein denaturation
3. 学会等名 32nd EFFoST International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hataichanok KANTRONG, Sumiyo Kanafusa, Chieko Takahashi, Kunihiko Uemura
2. 発表標題 Minimum Heating Pasteurization of Watermelon Puree using High Electric Field Alternating Current
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Setyo Yudhanto, Kunihiko Uemura
2. 発表標題 Inactivation of Escherichia coli in minced beef by RF heating in circulating water
3. 学会等名 日本食品科学工学会第64回大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 水中短波帯加熱方法	発明者 植村邦彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-222656	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ナチュラルチーズの製造方法	発明者 柳沢有哉、伊藤光太郎、植村邦彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-206654	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 液体食品の殺菌装置及び殺菌方法	発明者 植村邦彦	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-113553	出願年 2017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
--	---------------------------	-----------------------	----