

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	水中衝撃波を用いた非加熱食品加工装置システムにおける銅汚染の実験的評価
Author(s)	江口 啓
Citation	福岡工業大学総合研究機構研究所所報 第1巻 P3-P6
Issue Date	2018-12
URI	http://hdl.handle.net/11478/1213
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher

Fukuoka Institute of Technology

水中衝撃波を用いた非加熱食品加工装置システムにおける 銅汚染の実験的評価

江口 啓（工学部電子情報工学科）

Experimental Evaluation of Copper Contamination in a Non-Thermal Food Processing System Utilizing Underwater Shockwaves

Kei EGUCHI (Department of Information Electronics, Faculty of Engineering)

Abstract

In a non-thermal food processing system utilizing underwater shockwaves, there is a possibility that copper electrodes dissolved in water has a bad influence on human bodies. However, as far as the authors know, the water contamination of the non-thermal food processing system has not been investigated in past studies. For this reason, in this paper, we discuss the copper contamination in the non-thermal food processing system. To evaluate the copper contamination, we conducted the experiments using a water examination device for 100 samples. The experiment revealed that the copper concentration in the water of the pressure vessel was 0.33 mg/L at 17.5 degrees Celsius.

Keywords : Copper contamination, Non-thermal food processing, Underwater shockwaves, High electric discharge

1. はじめに

高齢化が進む先進諸国においては、高齢者がより質の高い健康的な生活を送るために、咀嚼しやすく栄養が豊富な食品が求められている。現在、食品の加工処理には加熱加工が一般的に用いられているが、近年、熱による栄養素の損失を防ぐために、食品に含まれる栄養素を熱によって破壊しない“非加熱食品加工技術”⁽¹⁾の開発が盛んに行われている。なかでも、水中衝撃波^(2, 3)を用いる非加熱食品加工処理は、低コストで栄養価の高い加工食品を提供するために多くの研究者の注目を集めている。

図1に、水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置の概略を示す。同装置は、主に高電圧発生回路と大容量コンデンサ、高耐圧スイッチ、ならびに、圧力容器によって構成されている。同加工装置の動作原理は、以下の通りである。はじめに、高電圧発生回路によって商用電圧を昇圧し、大

容量コンデンサを充電する。次に、大容量コンデンサを水

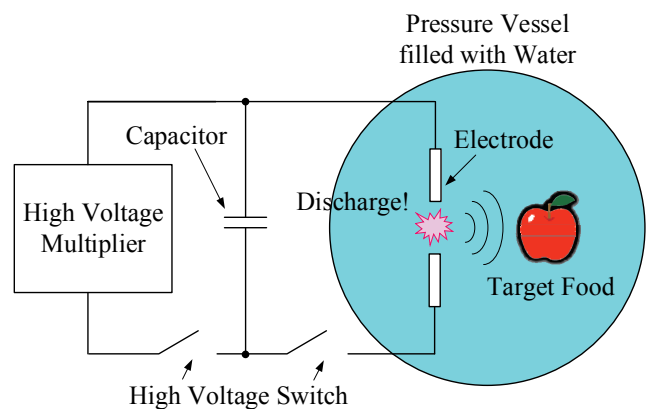


図1 水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置の概要
fig. 1. System configuration of the non-thermal food processing system utilizing underwater shockwaves.

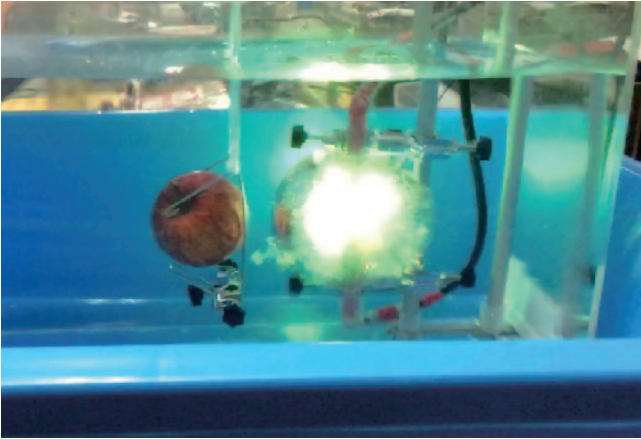
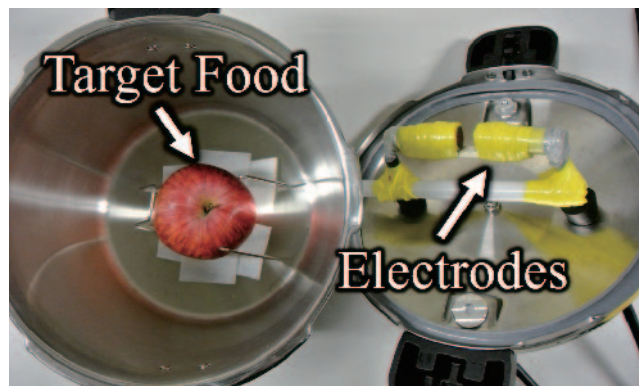


図2 銅電極を用いた非加熱食品加工装置における高電圧放電の一例

fig. 2. An example of the discharging process in the non-thermal food processing system with copper electrodes.



(a)



(b)

図3 非加熱食品加工装置の構成：(a) 実験装置の外観と (b) 圧力容器内の電極

fig. 3. System configuration of the non-thermal food processing system utilizing underwater shockwaves: (a) over view and (b) electrodes.

で満たされた圧力容器内で、金属電極を介して放電することで、水中衝撃波を発生させる。この水中衝撃波によって、

加工対象に内部破壊を引き起こすことで、熱を使用せずに対象物の軟化を実現する。このように、本手法はコールドプラズマなどの特殊な技法を必要とせず、電気エネルギーによって非加熱加工を実現できる。

先行研究においては、この非加熱食品加工装置を実現・改良するために様々な試みが行われてきた。例えば、水中衝撃波を効率よく加工対象に伝達するために、宮藤・飯山らの研究チームは米粉を加工するために最適化した圧力容器⁽⁴⁾、⁽⁵⁾の設計を行った。また、比嘉らは圧力容器内の水中衝撃波の伝達特性を計算機シミュレーションによって解析⁽⁶⁾した。一方、高電圧回路の設計に関しても、江口・安部らの研究チームによって高速化・高効率化を行うための回路トポロジー⁽⁷⁾ - ⁽⁹⁾が提案された。このように、非加熱食品加工装置を構成する各ブロックの特性改良に関しては、様々な研究が行われてきている。

しかしながら、著者らが知る限りにおいて、圧力容器内の水の金属汚染に関する調査は未だ行われていない。水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置においては、電気伝導度が高く、かつ、加工しやすい銅電極やアルミ電極が一般的に用いられるが、大容量コンデンサの放電時に発生する大電流によって、金属電極の一部が融解し、水に溶け出す。図2に、銅電極を用いた非加熱食品加工装置における高電圧放電の一例を示す。同図において、爆発バブルの色が緑色であることから明らかなように、高電圧放電によって銅電極が溶解し、圧力容器内の水に溶け出していることが分かる。この汚染された水は、圧力容器内の加工対象物に触れる可能性があるため、人体への影響の有無を明らかにする上で、圧力容器中の水の汚染状況を調査することは重要であると著者らは考えた。

上述の事柄を明らかにするために、本論文においては、水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置の圧力容器内の水の金属汚染状況を調査する。具体的には、銅電極を用いた非加熱食品加工装置において、食品加工を行った後の圧力容器内の水を、デジタルパックテストを用いて実験的に調査することで、人体への影響の有無を評価する。

2. 実験による評価

〈2・1〉 実験装置の構成 図3に、実験に用いた水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置の構成を示す。実験装置は、100 Vの交流電圧を3.5 kVの直流電圧に昇圧変換する高電圧発生回路、容量200 μ F・耐圧4,000VDCのコンデンサ、耐圧20kVのリレースイッチ、ならびに、容量5.5リットルの圧力容器によって構成されている。なお、高電圧発生回路の作製には、表1に示す回路部品を用いた。また、本実験においては銅電極を使用し、電極間距離を10 mmに設定した。また、水中衝撃波の影響が果肉の変色によって判別できるように、加工対象には林檎を用いた。

〈2・2〉 測定結果 本実験においては、デジタルパックテストを用いて、サンプル数100に対して水質調査を行った。図4～6に、測定結果を示す。ここで、図4は測定し

表 1 高電圧発生回路の構成素子
Table 1. Circuit components of the high voltage multiplier.

Block Name	Component	Model / Value
AC-DC rectifier	Capacitor	33 μ F
	Diode	1N4007
Driver circuit	Switch	AQW216
	Driver IC	TD62004APG
	2-Phase clock generator	PIC12F1822
Bipolar voltage multiplier	Capacitor	1 μ F
	Diode	1N4007
	Output capacitor	2.2 μ F

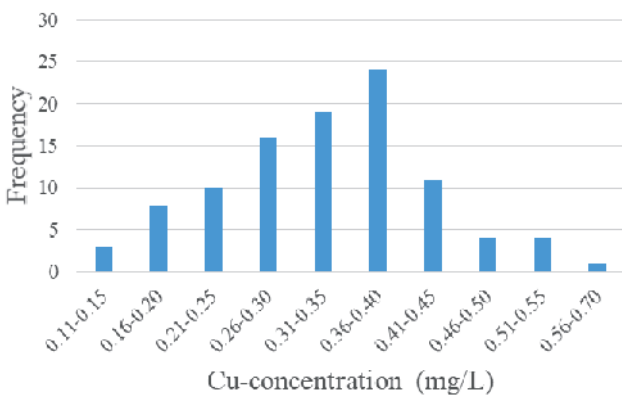


図4 銅濃度の度数分布
fig. 4. Histogram of Cu-concentration.

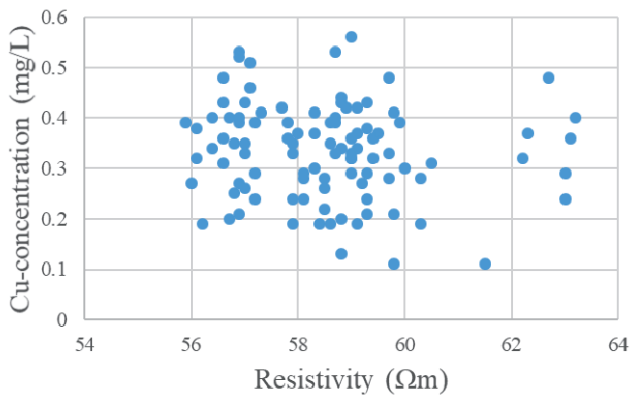


図5 銅濃度 対 抵抗値
fig. 5. Cu-concentration vs. resistivity.

た銅濃度の度数分布を示しており、その標準偏差は 0.094 である。同図における銅濃度は、17.5°Cにおいて 0.33 mg/L であった。日本の水道水質基準における“銅およびその化合物”の基準値は 1.0 mg/L であるため、水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置による銅汚染は、人体に深刻な影響を及ぼさないことが明らかである。なお、基準値の 1.0mg/L は人体への影響ではなく、洗濯物等への着色防止

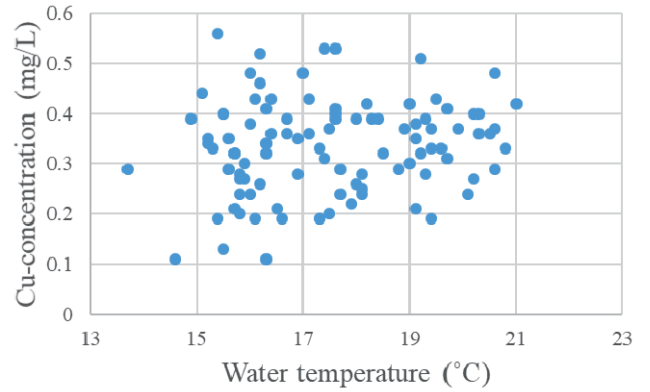


図6 銅濃度 対 水温
fig. 6. Cu-concentration vs. water temperature.

という観点から設定されている値であることを付言しておく。また、図5と6から明らかなように、銅濃度は水の電気抵抗ならびに温度と関連性がない。

3. まとめ

本論文では、水中衝撃波を用いる非加熱食品加工装置において、銅電極を利用した場合の圧力容器内の水の金属汚染状況を実験的に調査した。デジタルパケットを用いて、サンプル数 100 に対して水質調査を行った結果、食品加工後の圧力容器内の水の銅濃度は、日本の水道水の水質基準における“銅およびその化合物”の基準値よりも低いことが実験的に分かった。具体的には、食品加工後の圧力容器内の水の銅濃度は、17.5°Cにおいて 0.33 mg/L であった。この結果から、食品加工後の圧力容器内の水が加工対象物に付着したとしても、健康上に影響がないことを明らかにした。今後の課題としては、非加熱食品加工装置にアルミニウムなどの他の電極材料を使用した場合において、圧力容器内の水質汚染が同様に人体に影響を及ぼすかどうかを調査することが挙げられる。

本研究は、公益財団法人 浦上食品・食文化振興財団の支援を受けて実施したものである。

(平成30年7月23日受付)

文 献

- (1) M. Stoica, L. Mihalcea, D. Bprda, and P. Alexe: “Non-thermal novel food processing technologies. An overview”, Journal of Agroalimentary Processes and Technologies, Vol. 19, Issue 2, pp. 212–217 (2013)
- (2) C. H. Zhang, T. Namihira, T. Kiyan, K. Nakashima, S. Katsuki, H. Akiyama, H. Ito, and Y. Imaizumi: “Investigation of shockwave produced by large volume pulsed discharge under water”, in Proc. IEEE Pulsed Power Conf., pp. 1377–1380 (2005)
- (3) S. Shinzato, Y. Higa, T. Tamaki, H. Iyama, and S. Itoh: “Computational simulation of underwater shock wave propagation using smoothed particle hydrodynamics”, Materials Science Forum, Vol. 767, pp. 86–91 (2013)
- (4) Y. Miyafuji, K. Shimojima, S. Tanaka, K. Naha, T. Aka, H. Maehara, and S. Itoh: “Development of the pressure vessel for

- manufacturing the rice-powder using the underwater shock wave”, in Proc. of the ASME 2011 Pressure Vessels and Piping Conf., pp. 53–56 (2011)
- (5) H. Iyama, M. Nishi, Y. Higa, K. Shimojima, O. Higa, and S. Itoh: “Numerical simulation on manufacturing of pressure vessel for shock food processing using explosive forming”, in Proc. of the ASME 2016 Pressure Vessels and Piping Conf., pp. V004T04A009 (2016)
- (6) Y. Higa, K. Shimojima, H. Iyama, O. Higa, A. Takemoto, S. Itoh, and A. Yasuda: “Computational simulation for evaluation of food softening treatment vessel using underwater shockwave”, in Proc. of the ASME 2016 Pressure Vessels and Piping Conf., pp. V004T04A007 (2016)
- (7) K. Eguchi, S. Pongswatd, S. Terada, and I. Oota: “Parallel-connected high voltage multiplier with symmetrical structure”, Applied Mechanics and Materials, Vol. 619, pp. 173–177 (2014)
- (8) K. Abe, H. Sasaki, I. Oota, and K. Eguchi: “Improvement of an output voltage efficiency of a high voltage generator for non-thermal food processing systems”, ICIC Express Letters, Vol.9, No.11, pp. 3087-3092 (2015)
- (9) K. Eguchi, A. Jaiwanglok, A. Julsereewong, F. Asadi, H. Abe, I. Oota: “Design of a non-thermal food processing system utilizing wire discharge of dual electrodes in underwater”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.3, No.3, pp. 847-860 (2018)