HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of non-thermal microbial inactivation techniques : application of ohmic heating and irradiation of UVC by light-emitting diode [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	村下, 卓
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第13145号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70153
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Suguru_Murashita_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博　士（農学）　　氏名　村下　卓

審査担当者　主　査　准 教 授　小関　成樹
副　査　特任教授　川村　周三
副　査　教　　授　岩渕　和則

学 位 論 文 題 名

Development of non-thermal microbial inactivation techniques: application of ohmic heating and irradiation of UVC by light-emitting diode
（非熱的殺菌技術の開発：通電加熱と発光ダイオードによる UVC 照射）

本論文は英文 99 頁，図 22，表 2 を含む 6 章から構成され，参考論文 2 編が付されている。

食品の殺菌は安全性の保証だけでなく品質劣化を抑えることが求められる。食品の主流な殺菌方法は加熱による殺菌であるが，過度な加熱は品質の変化を引き起こす。本研究では非熱的な殺菌効果に着目することで食品の熱劣化を軽減する殺菌手法の開発を目指した。具体的には通電加熱と紫外線（UVC）を照射可能とする発光ダイオード（light-emitting diode: LED）を利用した殺菌手法を開発した。

1．通電加熱による細菌芽胞の殺菌

通電加熱とは食品に交流電流を流して加熱する方法であり，微生物を熱だけでなく電気により殺菌する可能性がある。本研究では耐熱性が高く食品の腐敗の原因となる細菌芽胞（Bacillus subtilis）を対象に通電加熱による非熱的殺菌効果を検討した。

食塩水を通電加熱および外部加熱で沸点（101˚C）に維持し，B. subtilis を接種後，各時間の殺菌効果を比較した。また電界を 5，10，20 V/cm，周波数を 20，40，60 kHz とし各条件における殺菌効果を評価した。その結果，通電加熱は外部加熱と比べ B. subtilis を効率的に殺菌した。すなわち，非熱的殺菌効果認められた。また，電界強度，周波数が高いほど殺菌効果が高まることがわかった。この結果から，通電加熱は細菌芽胞をより低温，短時間で殺菌できる可能性が示された。

2．UVC-LED による氷の殺菌

非加熱殺菌の一つに紫外線（UV：Ultraviolet）殺菌がある。UV の中で波長が 280 nm 以下

の領域は UVC と呼ばれ特に高い殺菌効果を持つ。従来の UVC 殺菌装置は水銀ランプを使用することから利用は制限されている。一方で，近年 UVC-LED が新たな UV 源として開発された。UVC-LED は水銀を使用せず小型であることから，今後広く利用されることが期待される。本研究では UVC-LED による新たな殺菌技術として，氷を殺菌する技術を検討した。氷は食品産業で広く利用される一方で，食中毒の原因になっており氷中の病原菌を殺菌することは重要である。本研究では UVC-LED と UV ランプの殺菌効果の比較すること，UVC-LED によって氷中の病原菌が殺菌可能か検討すること, UVC-LED の照射角度を変えた際の殺菌効率を検討することを目的とした。

供試細菌として食中毒細菌である *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium，*Listeria monocytogenes* を用いた。各菌液 1 mL と純水 24 mL を混ぜ，製氷皿を用いて-80°C で 5–6 h 凍結させ氷試料を作成した。氷中の初期菌数は 10^6–10^7 CFU/mL であった。UVC-LED，UV ランプを用いて UV 照度 0.013 mW/cm^2 で UV を照射した。また，UVC-LED の設置条件を変えて照射角度による影響を検討した。その結果，UVC-LED は 10^6–10^7 CFU/mL の氷中の病原菌を殺菌した。また，UV ランプより高い殺菌効果を示した。さらに，照射角度を変えることで一方向のみの照射と比べ高い殺菌効果を示した。本研究結果から UVC-LED は氷中の病原菌を非加熱的に殺菌し，氷由来の食中毒を防ぐことに寄与することが示された。

3. UVC-LED による野菜の殺菌

食品の安全性を保証する上で，喫食直前に殺菌することが重要であると考える。しかし，野菜など加熱加工を必要としない食品を喫食直前に殺菌する技術は広く普及していない。本研究では，UVC-LED を用いることで野菜を非加熱的に喫食直前に殺菌する技術を検討した。

供試細菌として *E. coli* ATCC 25922 を用いた。調製した菌液を 50 µL を洗浄したレタス（5×5 cm）およびミニトマトに滴下し乾燥させた。初期菌数は 10^6–10^7 CFU/ cm^2 程度であった。UVC-LED1 個を各野菜から鉛直方向上側に設置し，UV 照度 0.013 mW/cm^2 で UV を照射した。その結果，10 mJ/cm^2 の UV 照射により野菜に付着した *E. coli* ATCC 25922 を 10^2–10^3 CFU/cm^2 程度殺菌した。色度や硬度は UV 照射により変化しなかった。この結果から UVC-LED により非加熱的に品質に影響を与えず野菜由来の食中毒を軽減する可能性が示された。しかし，完全に殺菌することはできずより効率的に殺菌する手法を検討する必要がある。

以上，本研究では非熱的な殺菌効果を最大限に活用することを目指して，通電加熱法および UVC-LED での紫外線照射を検討した。その結果，これら殺菌技術は高い殺菌効果と熱による品質低下を軽減できる可能性が示された。よって，審査員一同は，村下卓氏が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。