

平成26年度

低温プラズマによる粉粒体食品素材の殺菌・滅菌法の研究開発

金沢大学 石島 達夫

1. 研究概要

少子高齢化の中で交流人口増加による地域経済の活性化への期待は、北陸地域で高まり続けており、農商工連携等の取り組みにより北陸の食文化(=食材文化+調理文化)を内外に発信する取り組みも強化されている。この展開に先立って絶対的に保証されるべきは食の安全・安心である。しかし、厚生労働省の統計調査によれば、我が国での食品または食事が原因とされる食中毒は発生件数が年平均900件(平成22~26年度)で患者数平均2万人と高い値で推移しており、食品の製造および取り扱いで衛生性を確保することは未だ続く課題である。

食品素材の時点で残菌数を低減又は無菌にすることは、続く加工工程の衛生に注意すれば飛躍的に食品の安全性が向上する事が期待される。特に、多様な利用を可能とする食品素材の形態は、食の安定供給、豊かで安価な食の提供など様々なメリットをもたらし、食品素材の大量生産と消費構造を生み出し、ひいては地域経済に大きなプラスの効果を生み出す。一方で、衛生問題が発生すればその影響範囲は非常に大きい。こうした課題解決に向けての新しいコンセプトに基づく殺菌の技術開発は非常に大きな意味を持っている。

本研究の最終的な目標は、従来の殺菌法の適用が困難である粉粒体食品に対して、大気圧非平衡プラズマ(低温プラズマ)を用いた全く新しい殺菌・滅菌処理方法を開発し、豊かな食の安定供給に貢献することにある。そこで、粉粒体食品の除菌を可能とする独創的な処理法・処理装置を研究開発し、実用性の評価および検討を行った。成果概要を以下に記載する。

2. 研究の実施内容及び成果

本研究においては、殺菌対象とする粉粒体食品素材として、そば粉を採用した。これは小麦粉や米粉に比べると平均的な汚染細菌数が多いためである。そば粉中に含まれる生菌は、半数以上が芽胞菌である。本研究に用いたそば粉の菌より遺伝子を抽出し、配列調査を行いデータベースと比較検討することで、*Bacillus licheniformis*、*Bacillus cereus*であることを特定した。一方、ガス温度が室温程度である低温プラズマの生成法には、放電電極および処理室等の形状や構造の設計自由度が高い、誘電体バリア放電(Dielectric Barrier Discharge: DBD)を用いることとした。

実験装置及び測定機器の配置を図1に示す。プラスチック製の角型容器(167×117×28 mm³)の上面と底面の外側にアルミ製の電極を設置した。高電圧パルス電源(周波数 10 kHz、パルス

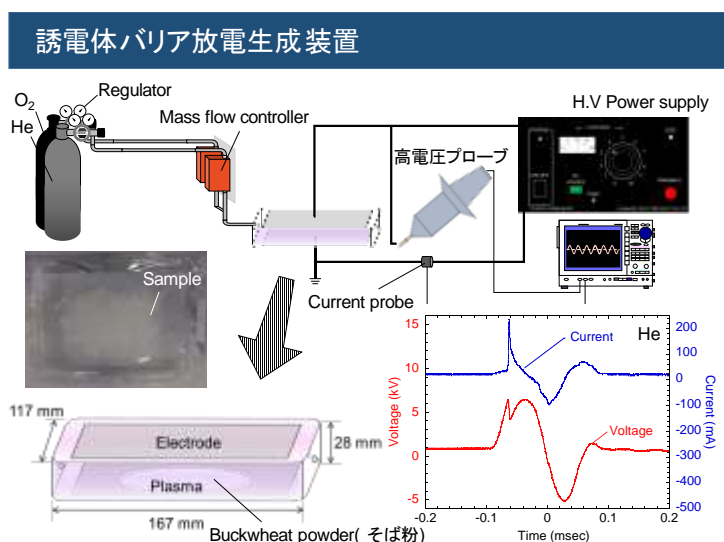


図1. 誘電体バリア放電による低温プラズマ生成装置

幅 23 μ s)の高圧側を上部電極に接続した。印加電圧 $V_{p-p} = 15$ kV とした。下部電極は接地した。容器側面に穴を設け、内径 2.3 mm の樹脂配管を設置した。配管と容器穴の境界部は、シール用の樹脂素材で塞いだ。動作ガス(He、He/O₂)は精密ガス流量制御器より樹脂配管を通じて容器内に導入した。動作ガスの総流量は 2 slm と固定し、O₂の混合率は 1%とした。ガス流入用の樹脂

配管と対向する位置に、容器内のガスを排気するため直径 4 mm の穴を設けた。

粉粒体食品素材として用いたそば粉は、70~80%澱粉で構成されており、その損傷程度は、そば粉に対するプラズマ処理の影響を表す指標のひとつである。プラズマ処理前後のそば粉の損傷澱粉量を評価のため、損傷澱粉測定キット（メガザイム社製）を用いた。

図 2 に未処理(Control)のそば粉とプラズマ処理を行ったそば粉中に存在する生菌数をコロニーカウント法により計測した結果を示す。He プラズマ処理の試行を 2 回、He/O₂ プラズマ処理の試行を 3 回それぞれ行った。プラズマ処理時間を 5 分とした。プレート数は試行ごとに 2 枚用いた。未処理のそば粉には ~10⁵ /g の生菌であった。He、He/O₂ プラズマ処理により ~10³/g までそば粉中の生菌数が減少することが分かった。しかし、動作ガス(He)に対する酸素添加が、そば粉に対する減菌効果を促進することではなく、純 He による低温プラズマ処理の場合と、ほぼ同程度の減菌効果が得られた。

動作ガスへの酸素添加により、処理室内のオゾン濃度は増加するため、そば粉の減菌効果をもたらす活性種は、オゾンではなく、他の活性種であると考えられる。次に、図 2 と同じ低温プラズマ生成条件により、そば粉を 5 分間処理したときのそば粉中の損傷澱粉の割合を図 3 に示す。本実験条件における低温プラズマ処理前後の損傷澱粉量の変化は 1% 程度であり、プラズマ処理が澱粉に対する損傷を与える影響は小さいことがわかった。次に、電界放出型の走査型電子顕微鏡(FE-SEM)を用い、

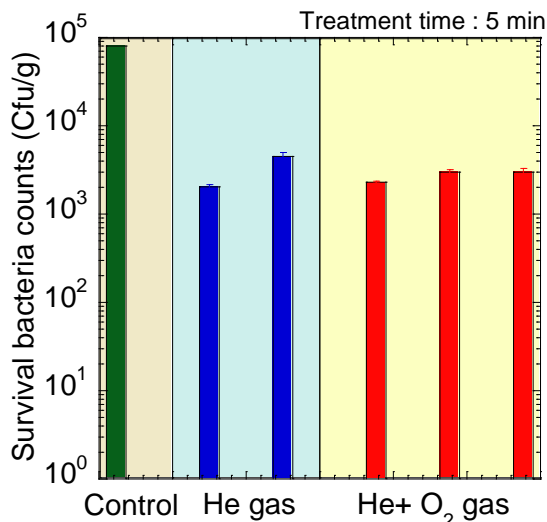


図 2.低温プラズマ処理によるそば粉の減菌効果

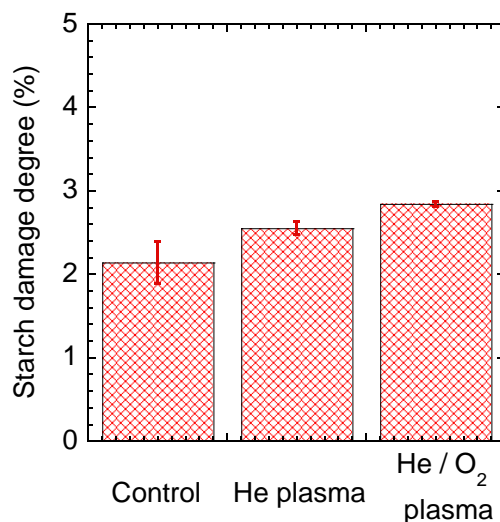


図 3. 低温プラズマ処理による損傷澱粉量

電界放出型走査電子顕微鏡を用いたそば粉表面の観測

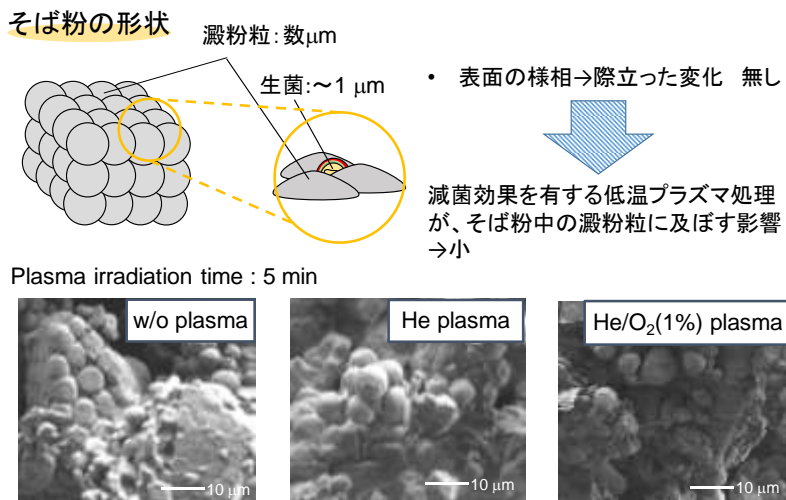


図 4. 低温プラズマ前後におけるそば粉表面の SEM 画像

プラズマ処理前後の損傷澱粉量の変化は 1% 程度であり、プラズマ処理が澱粉に対する損傷を与える影響は小さいことがわかった。次に、電界放出型の走査型電子顕微鏡(FE-SEM)を用い、

プラズマ処理前後のそば粉の表面状態の観測を行った。低温プラズマの生成条件は、図 2, 図 3 と同一とした。図 4 に、そば粉表面の SEM 画像を示す。そば粉は、直径数 μm のデンプン粒が集合し塊を形成する。低温プラズマ処理前後において、デンプン粒の塊の様相、およびデンプン粒の表面は、際立った様相の変化が生じていないことから、澱粉表面に対する損傷の影響は小さいと考えられる。

また低温プラズマによるそば粉の処理条件を図 2-4 と同一にし、粉粒体食品の基礎特性である嵩密度(g/cm^3)、安息角($^\circ$)、流動性(cm)、水分含有量(%)を調査した。5 分間の低温プラズマ照射による粉の素材特性(嵩密度、安息角、流動性)の変化量は、2%以内とごく僅かであった。一方、吸水率は 13.4%から 10.9%へと 2.5%減少した。吸水率の減少は容器壁温度の上昇(5 分間の低温プラズマ生成に伴い室温から約 20°C 増加)に起因する可能性が考えられる。

以上より、低温プラズマは、そば粉の粉粒体食品素材の多くの特性を保持しながら生菌数の低減処理に対して有効である。次に実用化に際する課題、問題点を示す。

3. 現状における課題、問題点

粉粒体食品素材の殺菌処理として実用化するために、低温プラズマを生成する動作ガスに希ガスであるヘリウムを用いることはコスト的に見合わない。また、粉粒体食品を平面的に静置した状態での処理では、粉粒体食品同士が重なり合う面の殺菌効果が低減することが懸念される。プラズマにより生成される活性種の平均寿命は、 μs オーダーから秒オーダーまで様々にあり、短寿命活性種による殺菌作用が低減する可能性が考えられる。

4. 今後の目標と展開

今後、食品素材特性の変化を抑制しつつ、殺菌作用を得ることが可能な低温プラズマ処理方法の開発を進める。また食品以外の粉粒体素材に対する低温プラズマの処理方法としての可能性を探索し、高付加価値素材の創成技術への展開を目指していく予定である。