

2021年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「プラズマ技術を応用した新規食品加工・殺菌装置の開発」

[広島工業大学生命学部食品生命科学科・教授] [角川 幸治]

[広島工業大学研究支援機構・准教授] [桜井 元康]

1. はじめに

消費者の食に対する安心・安全への需要が高まり、また、嗜好が多様化している中、安全だけでなく嗜好性や機能性を損なわない高品質な処理技術の開発が求められている。

ここで、プラズマとは、電離した気体であり、固体、液体、気体に次ぐ第4の状態と表される。プラズマを用いた技術は多岐にわたり、とりわけ半導体製造技術に用いられている。その一例として、薄膜形成技術、表面改質技術および微細加工技術などがある。これらの技術は、集積回路の高集積化・高性能化、それに伴う電極や配線などの回路パターンの微細化に対応して進展しており、今日、半導体デバイスやマイクロマシン製造及び表面改質などをはじめとする微細加工技術の分野で不可欠なプロセスとなっている。また、半導体関連以外にも、特に、バイオ・医療への応用が行われており、主として殺菌を目的とした開発が行われてきた。プラズマ殺菌の技術に関しては、過酸化水素ガスを使用し、医療機器を殺菌する技術があり、既に実用機も販売されている。

さて、我々は、現在、過酸化水素ガスの使用に変わる技術として、真空槽内にプラズマを生成し、そのプラズマに対して高圧パルス電圧を印加するプラズマベースイオン注入法(PBII法)を用いた殺菌処理に関する研究を行っている(図1)。PBII法は、プラズマ中のサンプルに対して、負の高圧パルス電圧を印加することでサンプル表面にイオンシースが形成され、表面改質を行う技術であり、産業用部品、金属素材の表面改質等で、一部、実用化もされているが、本研究では、これらの研究をさらに発展させ、以下の研究を遂行する事によって、プラズマベースイオン注入法の食品殺菌及び食品加工への適用を可能とするべく、研究・開発を行った。

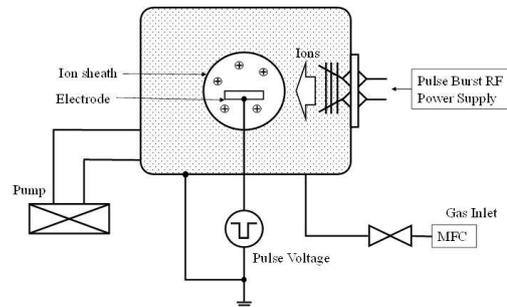


図1 プラズマイオン注入法の模式図

2. 概要

プラズマベースイオン注入(PBII)法を用いた食品殺菌装置開発の基礎的知見を得るため、複合ガスを用いた際に安定的にプラズマを発生できるようなプラズマ殺菌装置の改良、耐熱性芽胞菌に対するプラズマ殺菌条件の特定および食品に対するプラズマ処理の効果について調査を行った。

3. 研究成果および今後の課題

3.1 プラズマ殺菌装置の改良

これまで、PBII法を用いて殺菌を行う際は、チャンバーに導入するガスのガス圧が高い方が、殺菌効果が高いと思われていた。しかし、様々な検討の結果、ガス圧を抑えて殺菌を行う方が、殺菌効果が高くなるのではないかと知見が得られた。しかし、研究開始当初の本学の装置では、複合ガス発生装置から直接チャンバーにガスを供給していたため、低圧状態で安定して複合ガスを供給することが出来なかった。その為、ガス導入口にマスフローコントローラーを設置し、ガス流量を正確にコントロール出来るようにすることで、ガス圧を低圧状態に維持できるようにした。その結果、3.2に示



図2 マスフローコントローラーの設置状況

すように、安定的な殺菌結果が得られるようになった。

3. 2 *Geobacillus stearothermophilus* の殺菌条件の検討

本研究により、耐熱性芽胞菌である *G. stearothermophilus* の芽胞を殺菌する際は、窒素ガスや酸素ガスを単独で用いるよりも、複合ガスとして殺菌をした方が、殺菌効果が良くなる可能性が高いとの基礎的知見を得た。そこで、まずは、プラズマ発生時の発光を確認し、安定的にプラズマが発生出来るガス圧条件を検討した。例として、図3に酸素ガスプラズマを発生させた際のプラズマの発光状態を示す。

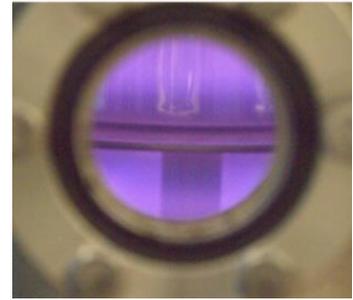


図3 酸素ガスプラズマの発光状態

プラズマの発光状態を確認しながら、安定的にプラズマが維持できるガス圧を特定した。次に、RF出力、印加電圧、パルス幅、ディレイ時間、処理時間をそれぞれ変更し、*G. stearothermophilus* の最適殺菌条件の検討を行った。その結果、図4に示したとおり、20分処理で、7Dの殺菌効果を示す殺菌条件を特定することが出来た。

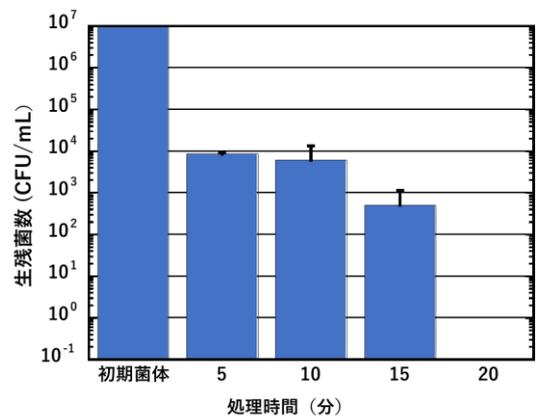


図4 *G. stearothermophilus* の殺菌結果

なお、本研究の目的は、新たな非加熱殺菌手法として、PBII 処理技術を開発することである。しかし、パルス幅とディレイ時間の設定条件によっては、サンプル表面の温度が 100℃を越えてしまい、殺菌効果自体は上昇するものの、加熱殺菌状態になっている事が判明した。よって、サンプルに過度な温度上昇をさせたくない場合は、厳密な条件設定が必要であるということが分かった。なお、図4に示した殺菌条件においては、サンプル温度は 90℃を超えていないことは確認している。

逆に、加熱が許容される食品素材の場合、プラズマ発生条件によっては、短時間でサンプル温度を 120℃程度まで上昇させる事が出来ることが分かった。よって、*G. stearothermophilus* の 121℃での D 値は 1.6 分であり、100℃以下で 7D の殺菌効果を出せていることを考えると、PBII 処理の条件を変更することで、超高温短時間殺菌が出来る可能性も見いだすことが出来た。

3. 3 PBII 処理装置の食品加工への応用

レトルト食品の製造に用いられるレトルト殺菌装置は、近年、調理併用の装置としての開発が行われている。PBII 処理装置についても、殺菌と共に、食品加工装置としての可能性を検討するため、実際の食品に対して処理を行い、PBII 処理が食品素材にどのような影響を与えるか調査を行った。

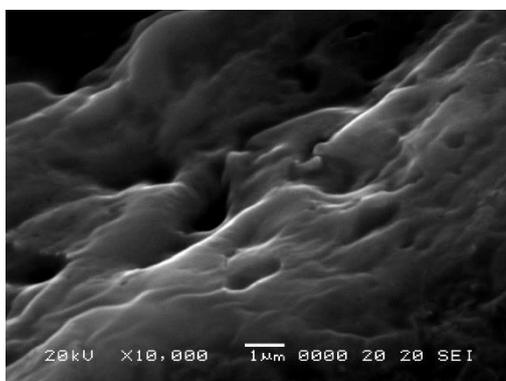


図5 未処理の豚バラ肉

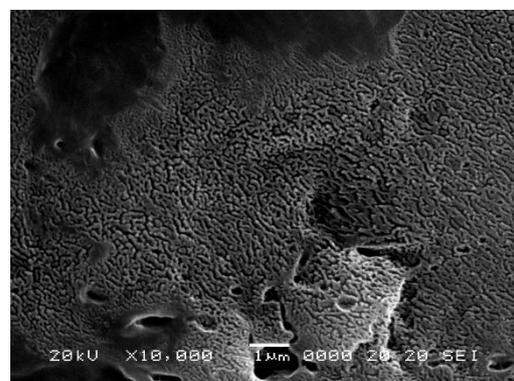


図6 PBII 処理後の豚バラ肉

試験用素材としては、豚バラ肉を用いた。PBII 処理前の豚バラ肉の電子顕微鏡写真を図 5、PBII 処理後の豚バラ肉の電子顕微鏡写真を図 6 に示す。PBII 処理は、本来、金属の表面加工装置として開発されたものである。3. 2 に示した耐熱性芽胞の殺菌メカニズムとしては、イオンシース内で加速されたイオンが芽胞表面に衝突し、芽胞を破壊されることであると考えられている。図 5、6 に示したとおり、PBII 処理をすることによって、豚バラ肉の表面に細かな穴が空いていることが確認出来る。よって、豚バラ肉表面の菌を殺菌すると共に、豚バラ肉の表面加工が出来る事が分かる。つまり、PBII 処理後に調味液に漬ける事によって、調味液がしっかりと染み込んだ加工肉を作る事が出来るということになる。これは一例であるが、PBII 処理装置を、単なる殺菌装置としての開発だけでなく、平行して調理処理も行える装置としても開発出来る可能性を見いだすことが出来た。

4. おわりに

本研究により、PBII 処理は、耐熱性芽胞菌の殺菌に有効である事を示すことが出来た。また、条件を変更することで、低温殺菌としてだけでなく、超高温短時間殺菌への対応も可能である事が分かった。さらに、食品素材の加工処理装置としての可能性を示すことが出来た。

5. 本研究の今後の計画

科学研究費の取得による基礎研究の継続と共に、経済産業省系の補助金の取得等により食品殺菌に特化した新規殺菌装置の開発を目指す。

6. その他

(1) 出願特許(タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

なし

(2) 投稿論文(タイトル・学会名等)

なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名

アドテックプラズマテクノロジー株式会社

ペガサスソフトウェア株式会社



競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<https://jka-cycle.jp>