

氏名	谷村 泰宏
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	論農博第2502号
学位授与の日付	平成15年11月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	負イオンの高濃度発生技術とその食品貯蔵への応用に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 池田善郎 教授 笈田 昭 教授 梅田幹雄

論文内容の要旨

負イオンとは、原子や分子に電子が衝突・付着することによって生成した負極性に帯電した荷電粒子である。これまでに、酸素が負イオン化した O_2^- (スーパーオキシドアニオン) は、生体内において細胞を失活させることが明らかにされている。本研究は、コロナ放電によって生成した負イオンを利用した食品殺菌貯蔵の可能性を明らかにするため、各種微生物や食品を用いて解析を行ったものであり、内容は次のように要約される。

1. コロナ放電による負イオン発生

直流コロナ放電の場合、印加電圧が高くなるほど、負イオン発生量およびオゾン発生量は大きくなった。また、金属接地電極をセラミックで被覆した場合、負イオン発生量を金属接地電極の場合とほとんど変えずに、オゾン発生量を著しく低下できた。しかし、誘電体で被覆する方法では、オゾン発生量の制御まで行うことは難しいことが示唆された。一方、直流パルスコロナ放電の場合、周波数や印加電圧が高くなるにつれて、オゾン発生量は比例的に増大したが、負イオン発生量はある値で一定になった。これにより、印加電圧およびパルス周波数を制御することにより負イオン発生量に影響を与えずに、任意量のオゾンを発生できることが示された。さらに、大気圧下でコロナ放電によって生成した負イオンは、 O^- 、 O_2^- 、 $O_2^- (H_2O)$ などの酸素系負イオン、 NO_2^- などの窒素酸化物系負イオン、および CO_3^- 、 $CO_3^- (H_2O)_n$ などの炭素酸化物系負イオンから構成されていることが示された。しかし、負イオンは大気圧下における滞留時間によって化学組成が変化する可能性が高く、負イオンの作用機構などを論じる場合、大気中での滞留時間を十分考慮する必要があることが示唆された。以上より、負極性の直流パルス電圧を使用し投入電力を制御すると、負イオン生成には影響を与えずにオゾンの生成量を制御できることが示された。

2. 空気中における負イオンの減衰

ダクトにおける負イオン濃度の減衰は、ダクト材質やダクト直径が同じであれば、ダクト内の滞留時間で一義的に決定でき、ダクト内風速を速くするほど、高濃度負イオンを遠くまで搬送できることが示された。負イオン濃度について、ポアソン方程式と電荷保存式からなるシミュレーションプログラムによって求められた計算値と実測値を比較した結果、2次元空間および3次元空間においても、シミュレーションによる計算値と実測値はほぼ一致した。以上より、今回開発したシミュレーションプログラムにより、3次元空間の負イオン濃度分布をほぼ推定できる方法を確立できた。

3. 負イオンによる微生物増殖抑制

約 10^6 ions/cm³で連続的に負イオン処理することにより、*Escherichia coli* や *Pseudomonas sp.* の増殖を抑えることができた。しかし、負イオン処理を停止するとそれらの細菌は増殖したことから、負イオンは細菌を死滅させるほどの殺菌能力はなく、細菌の増殖を抑える程度の静菌効果しか持たないことが示唆された。また、負イオン濃度 10^6 ions/cm³の空気に0.03~0.05ppmのオゾンを添加した混合ガスで連続的に処理することにより、それぞれ単独で処理する場合に比べて殺菌能力を増大できた。その効果は細菌種により異なるが、*Escherichia coli*、*Staphylococcus aureus*、*Bacillus subtilis*、お

よび Enterohemorrhagic *Escherichia coli* 0157などの細菌類や、*Aspergillus niger*, *Botryotinia fuckeliana*, および輪紋病菌などの真菌類でも確認できた。以上より、負イオン濃度 10^6 ions/cm³, オゾン濃度0.03~0.05ppmの混合ガスは、微生物の増殖を防止できることが示された。

4. 負イオンによる食品貯蔵

約 10^5 ions/cm³の負イオンで連続処理することにより、イチゴやマグロ肉を変質・変色させることなく、表面に存在する微生物の増殖を防止できることが示された。また、実規模レベルの冷蔵システムが有する空間において、 10^5 ions/cm³の負イオンと0.03~0.05ppmのオゾンの混合ガスで処理することにより、巨峰、桜桃、および桃などの果実類や、ジャガイモやタマネギなどの野菜類、マグロ肉や豚肉などの肉類を、品質的に影響を与えずに、殺菌・貯蔵できることが示された。以上より、負イオンとオゾンの濃度条件を明確にし、その処理を行う際の温度や湿度、風速などの環境条件を整えることにより、通常の大規模冷蔵庫においても、本殺菌技術を展開できることが明らかになった。

論文審査の結果の要旨

負イオンは、負極性に帯電した化学物質であり、生体内の電子伝達系に作用する物質の一つである。酸素が負イオン化した O_2^- は生体内において細胞を失活させるが、本論文は、コロナ放電で生成した負イオンの微生物への影響、および食品貯蔵への展開の可能性を明らかにするため、微生物や食品を用いた解析を様々な角度から行ったものである。成果として評価すべき点は以下の通りである。

1. コロナ放電による負イオン発生

負極性の直流パルスコロナ放電を利用した場合、パルス周波数や印加電圧を調整することにより、負イオン発生には影響を与えずに、オゾン発生量が制御できることを明らかにした。オゾン生成量は、パルス周波数や印加電圧の増加に比例して増大した。負イオン生成量は、印加電圧を4kV以上とし、パルス周波数を400Hz以上にすると一定となった。また、大気圧下でコロナ放電を起こすことにより、 O^- , O_2^- , $O_2^- (H_2O)$ などの酸素系負イオン、 NO_2^- などの窒素酸化物系負イオン、および CO_3^- , $CO_3^- (H_2O)_n$ などの炭素酸化物系負イオンが生成することを明らかにした。負イオンは大気圧下における滞留時間によって化学組成を変更していく可能性が高いことが示唆された。

2. 空気中における負イオンの減衰

負イオンのダクトでの減衰は、ダクト材質やダクト直径に影響を受けるが、ダクト内の滞留時間が最も支配的であることが示された。ポアソン方程式と電荷保存式からなるシミュレーションプログラムによって計算された負イオン濃度は、2次元空間および3次元空間においても、実測値とはほぼ一致することが示された。

3. 負イオンによる微生物増殖抑制

負イオンの曝露により、*Escherichia coli* や *Pseudomonas sp.*の増殖が妨げられた。しかし、負イオン曝露を止めるとそれらの細菌は再増殖し、負イオンは殺菌能力を有しないことが示唆された。また、負イオンにオゾンを添加したガスを細菌類に曝露することにより、それぞれ単独で処理する場合に比べて殺菌能力は増大することが認められた。さらに、*Aspergillus niger*, *Botryotinia fuckeliana*, および輪紋病菌などの真菌類に対しても、殺菌効果を有することが示された。

4. 負イオンによる食品貯蔵

約 10^5 ions/cm³の負イオンで連続処理することにより、イチゴやマグロ肉を変質・変色させることなく、表面に存在する微生物の増殖を防止できることが示された。また、実規模レベルの冷蔵システムにおいて、 10^5 ions/cm³の負イオンと0.03~0.05ppmのオゾンの混合ガスで処理することにより、果実類や、野菜類、肉類を、品質に影響を与えずに、殺菌・貯蔵できることが示された。

以上のように、本論文は負イオンの食品貯蔵機構として、微生物増殖抑制作用、および食品変質防止作用を見出したものであり、農産加工学、微生物環境制御学、食品衛生学、生物生産システム工学および食品保存技術の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成15年10月21日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力

が十分あるものと認めた。