

氏名	はら やすお 原 安 夫
学位の種類	博士 (農学)
学位記番号	乙第43号
学位授与年月日	平成16年 3月12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	電解生成水製造装置の開発および電解生成水の食品加工への応用
学位論文審査委員	(主査) 松田 英 幸 (副査) 加藤 昭 夫 森嶋伊佐夫 川 向 誠 中川 強

学 位 論 文 の 内 容 の 要 旨

食品は、調理操作によって、生物学的・化学的・物理学的変化を起し、微生物、成分、物性、外觀、組織構造などの変化が起こる。水道水に何も添加せず電気分解して得られる電解生成水は、安全で有用な機能を付与された機能水の一つであり、pH、ORP、イオン濃度、溶存ガス濃度などの変化や溶存水素の含有など多くの因子の変化は、調理科学の観点からも期待されている。著者は、独創的な水の電気分解法の電解槽を考案して電解生成水製造装置を開発し、それから得られる電解生成水を用いて食品加工への応用を研究して、以下の成果を得た。

1.電解生成水製造装置の開発と電解生成水の物理化学的性質

電極反応によって発生する気泡を分離する気液分離機能と、反応通路に被処理水を層流で流す機能と、反応通路を蛇行させる流路機能とを有した電解槽は、原水である水道水に比べ pH、ORP、イオン濃度、溶存酸素濃度、電気伝導度の変化以外に、一般の電気分解法では実現が困難であったアルカリ性電解水の表面張力を低下させたことから、コロイド状水素を多く含有させ得る可能性が示唆された。

2.電解生成水の米加工への応用

- 炊飯米面積はアルカリ性電解水<酸性電解水>水道水の順となり、アルカリ性電解水は水道水に比べ約 4.5%増加することが確認された。各米飯のテクスチャーは、アルカリ性電解水、酸性電解水、原水の順に大きな値であった。
- 古米をアルカリ性電解水で炊飯した米飯は、水道水で炊飯した米飯と比較して、炊飯1時間後の硬さの値が低下し粘りの値が上昇したことから、アルカリ性電解水による炊飯は、古米の米飯テクスチャー改変に有効であることが確認された。アルカリ性電解水の米飯の保存によるテクスチャーの低下を遅延させるためには、トレハロースまたは PPGM の添加が有効であった。

3.電解生成水の小麦（小麦粉）加工への応用

- 1) 製パンに電解水を使用すると、製品の品質が向上することを結論づけた。
製パン過程において、酵母、小麦でんぷん、小麦タンパク質など製パン材料や成分に影響を与えることが推察された。
- 2) 小麦粉の混捏に酸性電解水を使用すると、ゆで麺は硬くなり、腰が強くなることを明らかにした。酸性電解水は、グルテン・マトリックスの形成に関与するグリアジンとグルテニン・サブユニットの溶解を促進するため、酸性電解水を使用したゆで麺のテクスチャーは改善した。

4. 電解生成水の大豆加工への応用

- 1) 豆腐製造にアルカリ性電解水を使用すると、豆腐のタンパク質は有意に増加することが判明した。電解生成水を使用した豆腐は、軟らかかった。また水道水に比べ豆腐のこく味に関係する総カルボニル化合物量は増加した。豆腐の食味改変が可能であることを示唆した。
- 2) 粉末大豆からアルカリ性電解水で抽出した豆乳は、プロテアーゼによるタンパク質の分解が促進され、低分子ペプチドが多く生産された。水道水を使用した分解物よりも DPPH ラジカル消去能が高かった。電解生成水には、SH 基の酸化抑制効果が認められた。酸性電解水は、大豆タンパク質の 2 次構造に僅かながら変化を与えることが分かった。

5.食品関連加水分解酵素活性に与える電解生成水の影響

- 1) ズブチリシン Carlsberg の酵素活性が原水に対して約 80%、NaOH pH 10aq.に対しても約 65% 高まった。この要因は、Na⁺イオンと pH の影響を受け、最高活性と至適温度が上昇したためであることが確認された。α-アミラーゼの酵素活性が原水に対してアルカリ性電解水 pH10 では 13%、pH 11 では 20%高まった。この要因は、ズブチリシンと同じく Na⁺イオンと pH の影響を受けたためであることが確認された。リパーゼの酵素活性が原水に対して酸性電解水 pH 4 では 16%、pH 3 では 18%高まった。この要因は、基質の疎水性が、酸性電解水の界面活性効果によって可溶化が促進されたと考えられた。
- 2) 酸性電解水の蒸米溶解促進の原因は、塩素イオンとカルシウムイオンで、アルカリ性電解水の蒸米溶解抑制の原因は、ORP で、麴酵素の活性を制御したためと思われた。醸造用水の水質管理は、これらイオンの増減と ORP の高低を測定することが重要であると考えられた。

以上のことから、本研究で開発した電解生成水製造装置から得られる電解生成水は、食品の調理加工に応用すると、主要作物の食味特性改変に有効であった。特に、食品関連加水分解酵素活性への影響は、食品の機能性向上を示唆しており、電解生成水を使用した新たな調理加工法や食品の開発が、大きく展開することを期待するものである。

論文審査の結果の要旨

食品は、調理・加工操作によって物理的・化学的・生物学的変化を生じ、外観、成分、物性、組織などが変化する。これらの変化には使用する水が大きな影響を与える。水に電解質等を添加せずに電気分解して得られる電解生成水は、原水（水道水等）とは異なる pH、酸化還元電位（ORP）、イオン

濃度等を示す、特色ある機能水の一つである。

本研究は、効率的に電気分解を行うための独創的な電解槽の考案を通して新たな電解生成水製造装置を開発し、それから得られる電解生成水が主要作物である米、小麦および大豆を原料とする食品の加工特性に与える影響を明らかにすることを目的とした。

1. 電解生成水製造装置の開発と電解生成水の物理化学的性質

新たに考案された電解槽は、電極反応によって発生する気泡を分離する気液分離機能、反応通路に被処理水を層流で流す機能、および反応通路を蛇行させる流路機能を有しており、原水（水道水）と比較して pH、ORP、イオン濃度、溶存酸素濃度、電気伝導度の変化以外に、通常の電気分解法では困難であったアルカリ性電解水の表面張力の低下を実現させた。このことから、本電解槽はコロイド状水素を多く含有し得る可能性が推察された。

2. 電解生成水の米加用への応用

浸漬米および米飯の形状は、アルカリ性電解水＝酸性電解水）水道水の順に大となり、電解生成水の使用により米粒の膨潤度は増した。それに伴い、米飯テクスチャーの指標とされる粘りと硬さの比が向上した。これらの改変効果は、古米でも認められた。改変要因には、電解生成水によるタンパク質の溶解性、でんぷんの糊化特性の変化が推察された。なお、改変効果の大きいアルカリ性電解水で炊飯した米飯は、保存によるテクスチャーの劣化が大であったが、トレハロース等の添加で抑えられた。

3. 電解生成水の小麦（小麦粉）加工への応用

酸性電解水を製パンに使用すると、パンの弾力性は向上した。うどん製麺に使用すると、麺の硬さと腰は増加した。これらの改変効果は、酸性電解水の低 pH がグルテン・マトリクスの形成に関与するグリアジンとグルテニン・サブユニットの溶解を促進したためと推察された。アルカリ性電解水は、でんぷんの化学的糊化を促進し、パンやうどんはより軟化した。電解生成水を使用すると異なる物性の製品の製造が可能であることを示唆した。

4. 電解生成水の大豆加工への応用

アルカリ性電解水で製造した豆腐は、水道水よりもタンパク質量が増加し、やわかくて保水性に富み、組織が均質であり、こく味が強いと評価された。これは、アルカリ性電解水の高 pH がタンパク質の溶解性に影響を与え、更にリポキシゲナーゼを活性化し、こく味に関与するカルボニル化合物を増加させたためと推察された。このことは豆腐製造にアルカリ性電解水を使用することにより、食味改変が可能であることを示唆した。

アルカリ性電解水を溶媒として粉末大豆をプロテアーゼ処理したところ、水道水よりもタンパク質分解が促進され、低分子量のペプチドが多く生成した。また、分解物の DPPH ラジカル消去能も高かった。これは、アルカリ性電解水がタンパク質の SH 基の酸化を抑制したためと推察された。酸性電解水を溶媒とした場合にも、大豆タンパク質の分解は促進された。大豆タンパク質の酵素処理に電解生成水を使用することの有効性が示唆された。

5. 食品関連加水分解酵素活性に与える電解生成水の影響

アルカリ性電解水に溶解させた産業用酵素ズブチリシン活性は、原水（NaCl 添加蒸留水）およびモデル水（NaOH 溶液）よりも上昇し、ナトリウムイオンと pH の影響による活性と至適温度の上昇

が確認された。 α -アミラーゼ活性も原水よりも上昇、ナトリウムイオンと pH の相乗効果によるターンオーバー数と溶解性の向上が認められた。リパーゼ活性は酸性電解水に溶解すると原水よりも上昇した。酸性電解水は蒸米の溶解を促進し、塩素イオンとカルシウムイオンの影響が推察された。アルカリ性電解水は蒸米の溶解を抑制し、アルカリ性電解水の低 ORP が、酵素活性を抑制したためと推察された。醸造用水の水質管理には、これらのイオンの増減と ORP の高低の制御が重要であると考えられた。

以上の結果より、本研究で開発した新装置から得られる電解生成水は安全な特色ある機能水であり、これを主要作物の加工に使用すると、食品の機能性成分等の改変効果や食品関連有用酵素活性の向上等に寄与する可能性が示唆された。更に新たな食品加工法の創成等が期待され、学位論文として十分な独創性と、優れた内容があるものと判定する。