

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03915

研究課題名(和文) 放電プラズマを用いた迅速な焙煎・火入れ技術の開発

研究課題名(英文) Rapid roasting and heating methods of beverage ingredients using dielectric barrier discharge

研究代表者

松井 雅義 (Matsui, Masayoshi)

群馬大学・大学院理工学府・助教

研究者番号：50415791

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、放電プラズマによる飲料原料(コーヒー豆、茶葉)の迅速な焙煎・火入れ技術の開発に取り組み、コーヒー豆を短時間で均一に焙煎することが可能な放電装置の開発に成功した。放電装置の印加電圧や処理時間等のパラメーターを変更することにより、コーヒー豆の焙煎度合いを浅煎り、中煎り、深煎りの状態にコントロールすることも可能である。本方法で焙煎したコーヒー豆から抽出されたコーヒーの色、味、香りは、家庭用焙煎機で焙煎したコーヒー豆から抽出されたコーヒーと比較して遜色無い結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により放電プラズマが飲料原料の焙煎・火入れに応用可能であることが示された。得られた研究成果により、放電プラズマの食品加工への応用に関する研究がこれまで以上に活発になると考えられる。本方法は従来法とは全く異なる原理に基づく焙煎・火入れ方法であるため、飲料原料に新奇な風味や味わいを付与できる可能性が高い。さらに、焙煎・火入れ時間が短縮化されることで熱に弱い機能性成分の分解を抑制することが可能である。従って、消費者の嗜好の多様化や、健康増進等の需要に対応可能な製品の開発に貢献できると同時に、高品質な飲料原料を効率良く低コストで製造可能なプロセスの構築に寄与すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We have developed a coffee roasting machine using low-pressure dielectric barrier discharge (LPDBD). Coffee beans were roasted uniformly by the machine within a short period of processing time. The roast levels of coffee beans such as light, medium, and dark roasts can be controlled by changing the applied voltage and the processing time. The color, taste, and aroma of a coffee brewed from LPDBD treated beans were almost same as that obtained from the roasted beans by a conventional home coffee roasting machine.

研究分野：食品工学

キーワード：放電プラズマ 食品加工 焙煎 火入れ 機能性表示食品

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

代表的な嗜好飲料の原料であるコーヒー豆や茶葉の焙煎・火入れ技術には、加工時間の短縮、煎りムラの低減による製造工程の高効率化、製品の低コスト化および香味成分や機能性成分の損失抑制による高品質化などの課題が存在する。さらに、新奇な風味や味わいの付与による嗜好性の向上や機能性表示食品への展開による高付加価値化が要求されている。これらの課題を解決し、要求に対応するため、本研究では、我々のグループがこれまで取り組んできた高電圧・プラズマ技術による固体粒子状食品の殺菌で得られた研究成果や知見をもとに、放電プラズマを利用したコーヒー豆や茶葉の焙煎・火入れ方法について検討した。

食品の非加熱殺菌法への応用が有望視されてきた高電圧・プラズマ技術の新たな展開として、食品加工への応用が期待されている。我々のグループも含め、世界中で複数のグループが研究に取り組んでいるが、開拓の余地がある分野や解決すべき技術課題が未だ多く存在する。高電圧・プラズマ技術による飲料原料の加工に関する研究では、焙煎後のコーヒー豆をプラズマ処理することで、焙煎によって生じたベンゾピレンやアクリルアミドなどの発がん性物質を分解した例（T. Lee et al., *Food Chemistry* **328** (2020) 127117）が報告されているが、飲料原料の焙煎や火入れに応用した例はこれまで報告されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、放電プラズマを用いた飲料原料（コーヒー豆・茶葉）の迅速な焙煎・火入れ技術の開発である。具体的には、各種飲料原料の焙煎・火入れ装置の開発、高品質な飲料原料を得るための焙煎・火入れ条件の検討、放電プラズマにより焙煎・火入れした飲料原料の成分分析・物性評価と官能試験の3項目について検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 各種飲料原料の焙煎・火入れ装置の開発

固体粒子状食品の殺菌を目的として我々のグループが開発した装置（図1）を利用し、試料の水分率や充填率、電極間距離、印加電圧波形、混合方法がコーヒー豆・茶葉の焙煎・火入れに及ぼす影響を調査し、放電プラズマによる焙煎・火入れの基礎的な特性を把握するとともに、重要なパラメーターを明らかにする。処理効率を向上させるための電極構造や、スケールアップや連続処理など、実用上重要な課題を達成するために装置に要求される構造の明確化についても取り組み、焙煎・火入れに特化した装置を開発する。

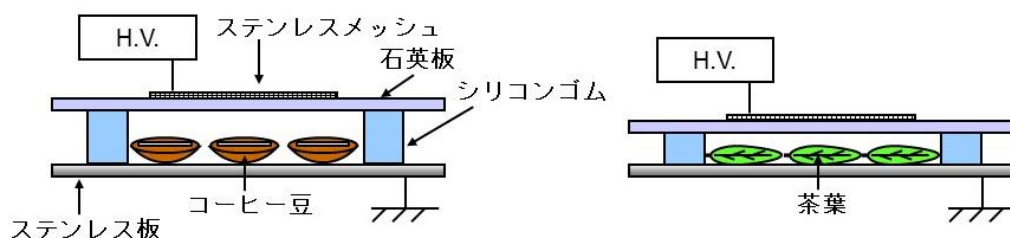


図1 放電プラズマによる焙煎・火入れ装置の模式図

#### (2) 高品質な飲料原料を得るための焙煎・火入れ条件の検討

焙煎・火入れによりコーヒー豆・茶葉に付与される焙煎香・火香と色調の変化と、それぞれの抽出液であるコーヒー、お茶の色、香り、味を指標として、市販品と同等以上の品質が従来法（焙煎：数十分、火入れ：数十分～数時間）と比較してより短時間で得られる処理条件を明らかにする。（3）と並行して、後述する物性評価、成分分析と官能試験の定量的な評価をフィードバックさせながら検討を進める。

#### (3) 放電プラズマにより焙煎・火入れした飲料原料の成分分析・物性評価と官能試験

放電プラズマにより焙煎・火入れしたコーヒー豆・茶葉から色素（全褐色色素、クロロフィル）、香味成分（2-フリルメタンチオール、マルトール、ピロール、ピラジン）、機能性成分（クロロゲン酸、ポリフェノール、カフェイン）を抽出し、分光分析、HPLC、ガスクロマトグラフィーで定量的に評価する。得られた結果を市販の焙煎・火入れ済みコーヒー豆・茶葉の成分分析値と比較することで、品質の特性を把握し、機能性食品への展開の可能性と本方法による焙煎・火入れの優位性を明らかにする。焙煎・火入れに伴う各種飲料原料の形態の変化について、走査型電子顕微鏡（SEM）により表面や断面を観察し、窒素吸脱着法および水銀圧入法により比表面積と細孔分布を評価する。さらに、フーリエ変換赤外分光（FT-IR）法により、各種飲料原料に導入された表面官能基を分析する。水温と時間のパラメーターを変化させた抽出実験を実施し、これらの物性評価の結果と比較することで、各種飲料原料の構造や表面官能基が抽出効率に及ぼす影響を明らかにする。本方法で焙煎・火入れしたコーヒー豆・茶葉を抽出して得られたコーヒー・

お茶の色、香り、味について、官能試験を実施し、従来法で焙煎・火入れされたコーヒー・お茶との違いや、新奇な風味や味わいが付与された可能性の有無を明らかにする。

#### 4. 研究成果

##### (1) コーヒー豆の焙煎装置の開発と性能評価

真空デシケーター中に高電圧電極として用いるステンレスメッシュを接着した石英板、シリコンゴムのスペーサー、アース電極として用いるステンレス板から構成される放電装置を設置し、約 1/2 気圧に減圧した条件で誘電体バリア放電を発生させることでコーヒー豆 20 粒程度を焙煎することが可能な実験系を構築した。

放電プラズマ処理 2 分後のコーヒー豆は膨張し、黒褐色に変色した。色調の変化を指標とすると焙煎度合いは深煎りの状態に相当し、香りについては特有の焙煎香が確認された (図 2)。この結果から、放電プラズマ処理がコーヒー豆の焙煎に応用できることが確認された。本方法で焙煎したコーヒー豆は部分的な煎りムラや焦げが認められた。これはおそらく加熱に伴い排出される水分 (水蒸気) やタール状物質によりアース電極のステンレス板にコーヒー豆が付着しやすい状態になり、攪拌が阻害され、局所的な加熱が生じたことが要因であると考えられる。放電プラズマ処理による焙煎後のコーヒー豆の色と香りは、家庭用焙煎機を用いて 220℃、240℃でそれぞれ 11 分、18 分焙煎して得られたコーヒー豆の状態 (深煎り) と類似していたことから、放電プラズマ処理により焙煎に要する時間が大幅に短縮できることがわかった。



図 2 放電プラズマ焙煎前 (A) 後 (B) のコーヒー豆の比較

コーヒー豆は焙煎が進むにつれて膨張するため、各処理時間におけるサイズの変化をノギスで測定し、焙煎度合いの指標として評価した。放電プラズマ処理および家庭用焙煎機で焙煎したコーヒー豆の長さの経時変化を図 3 に示す。放電プラズマ処理による焙煎では 2 分経過時に家庭用焙煎機で 220℃、240℃でそれぞれ 11 分、18 分焙煎したコーヒー豆とほぼ同じ長さに変化した。放電プラズマ処理による焙煎は家庭用焙煎機による焙煎よりも迅速であることがコーヒー豆のサイズの変化からも確認できた。

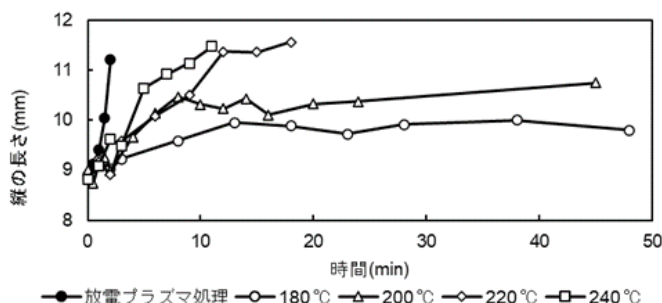


図 3 各焙煎条件におけるコーヒー豆の縦の長さの変化

省エネ効果の観点から本方法の優位性を評価するため、コーヒー豆 1g 当たりの焙煎に必要なエネルギー (kJ) を消費電力から算出したところ、家庭用焙煎機でほぼ同じ焙煎度合い (深煎り) が得られる 220℃ 処理では 9.0 kJ、240℃ 処理では 6.6 kJ であったのに対し、本方法による焙煎では 8.7 kJ とほぼ同等の数値であった。現状では、本方法は従来法と比較して省エネ効果が認められなかった。

放電装置の構造を改良したところ、コーヒー豆の煎りムラや焦げの発生が抑制され、焙煎したコーヒー豆の均一性が向上した。さらに、浅煎り、中煎り、深煎りといったコーヒー豆の焙煎度合いのコントロールが可能になった。これらのデータは未公開であるため、一定の期間を経たのちに報告する予定である。

##### (2) 放電プラズマを用いたコーヒー豆の焙煎条件の検討

本方法で焙煎した深煎り相当のコーヒー豆を粉碎し、市販のコーヒーメーカーで抽出して得られたコーヒーの色、味、香りを評価したところ、家庭用焙煎機で得られた深煎り豆から抽出したコーヒーよりも色は薄く、味、香り共に、劣っていることがわかった。これはコーヒー豆の部分的な煎りムラや焦げが要因であると考えられ、焙煎を均一化するための放電装置の改良により改善を図った。その結果得られた深煎り豆から抽出したコーヒーの色、味、香りは家庭用焙煎機で得られた深煎り豆から抽出したコーヒーと遜色無い結果が得られた。改善後の内容は未公

開であるため、一定の期間を経たのちに報告する予定である。

(3) 放電プラズマにより焙煎したコーヒー豆の成分分析・物性評価と官能試験

コーヒー豆の色素および機能性成分、香味成分の抽出条件と、定量法について文献調査を進めた結果、総ポリフェノール量を定量する条件を明らかにした。その他の成分分析・物性評価および官能試験の結果は未公開であるため、一定の期間を経たのちに報告する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Masayoshi Matsui, Takanori Tanino, Nanae Ishibashi, Takayuki Ohshima
2. 発表標題 Rapid Coffee Roasting Method Using Low-Pressure Dielectric Barrier Discharge
3. 学会等名 ISNTP-12 and ISEHD 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田真優, 石橋奈苗, 松井雅義, 谷野孝徳, 大嶋孝之
2. 発表標題 放電プラズマを利用するコーヒー豆の焙煎方法に関する検討
3. 学会等名 日本食品工学会第23回(2022年度)年次大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	大嶋 孝之  (Ohshima Takayuki)  (30251119)	群馬大学・大学院理工学府・教授   (12301)	
研究分担者	谷野 孝徳  (Tanino Takanori)  (50467669)	群馬大学・大学院理工学府・助教   (12301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------