

スパイス抽出液の特性を光で推定する方法を開発

スパイスの抽出液に含まれるポリフェノール類やフラボノイド類の総量、抗酸化能や還元能などの特性を、光を用いて非破壊的に推定する方法を開発しました。ポリフェノールやフラボノイド類が発する自家蛍光を網羅的に捉え、機械学習の手法により、高精度に成分評価が可能になることを示しました。

スパイスをはじめとする植物体には、ポリフェノールやフラボノイド類など多くの有効成分が含まれています。これらの有効成分を抽出する際、わずかな条件の違いでも抽出効率が大きく変わってしまうことがあり、抽出液にどの程度、有効成分が含まれているかを調べるのは容易ではありません。

本研究では、ポリフェノールやフラボノイド類が発する蛍光を網羅的に計測し、機械学習の手法を用いて解析を行うことで、高精度かつ簡単・迅速に、総ポリフェノール量や抗酸化能を推定する方法を開発しました。特に工夫をしたのは、試料を測定する時の濃度です。一般的に、蛍光を計測する際は「適切な」濃度に薄める必要があるとされています。しかし、植物体の抽出液中に含まれる成分の量はさまざまであり、適切な希釈濃度は一意に決まりません。そこで、4段階の希釈濃度で蛍光の網羅的測定を行い、それらの情報をすべてまとめて機械学習に用いました。

その結果、総ポリフェノール量、総フラボノイド量、抗酸化能、還元能といった、スパイス抽出液の評価に重要な指標を高精度に推定することができました。とりわけ総フラボノイド量については、過去にこのような光計測による推定が行われた事例はなく、本手法の有効性を示すものと考えられます。

研究代表者

筑波大学生命環境系

粉川 美踏 助教

BUI Thi Bao Chau 日本学術振興会特別研究員

研究の背景

スパイスをはじめとする植物体には、多くの有効成分や機能性成分が含まれています。これらの成分を抽出する際には、粉碎条件や抽出条件などのわずかな違いで抽出効率が大きく変わってしまうことがあります。また、抽出液に含まれるポリフェノール量や抗酸化能を調べるためには複数の試薬を準備する必要があります。また一検体あたり数時間程度時間がかかります。そのため、効率的な抽出方法を開発する上での制約となっていました。

ポリフェノールやフラボノイド類は蛍光^{注1)}を発することから、抽出液の蛍光特性を測ることで、これらの成分の濃度を簡易的に調べることができます。しかし蛍光は成分の濃度が高すぎると消えてしまう特性があり、測定にあたっては試料を「適切な」濃度に希釈することが求められます。ところがスパイス抽出液に含まれる成分の量はさまざま、これらの成分をすべて計測できる濃度は存在しません。この課題に対し、本研究では、4段階の濃度に希釈した抽出液の蛍光をすべて測り、そのデータを合体して解析することを試みました。解析には機械学習の手法を用い、大量のデータからポリフェノール量やフラボノイド量、抗酸化能^{注2)}、還元能^{注3)}を推定する情報を取得しました。

研究内容と成果

スパイスとしてアニスシード、ディルシード、フェンネルシードの3種を用い、それぞれについて、13の手法と条件の組み合わせで抽出液を調製しました。抽出液は原液、2倍希釈、5倍希釈、10倍希釈の4濃度を準備し、紫外～可視領域の蛍光を網羅的に計測して、その特性から、各抽出液の総ポリフェノール量、総フラボノイド量、抗酸化能、および還元能を推定しました（参考図）。

異なる濃度に希釈した抽出液の蛍光パターンは大きく異なり、希釈倍率が低い（原液に近い）方が蛍光強度が高くなる成分もあれば、希釈倍率を高くしないと蛍光が計測できない成分もありました。従って、やはりすべての成分を精度良く計測できるような希釈濃度は存在しないことが確かめられました。

成分量と蛍光強度の間に線形性^{注4)}があることを想定する線形回帰分析、および線形性がない場合でも用いることができる非線形回帰分析の両方を用いて、総ポリフェノール量、総フラボノイド量、抗酸化能、および還元能を推定しました。その結果、総ポリフェノール量および抗酸化能は、比較的単純な線形回帰分析で精度よく推定できるものの、還元能や総フラボノイド量は、非線形の回帰分析でなければ高い推定精度が得られないことが分かりました。また複数の回帰分析手法を組み合わせると、より高い精度が得られることが明らかになりました。

今後の展開

本研究で開発した手法はスパイス抽出液だけでなく、多くの食品素材、原料、溶液の計測に応用が可能です。今回は手作業で抽出液の希釈を行いましたが、段階的に希釈しながら自動的に蛍光計測を行う装置なども開発できると考えられ、ますます高度化する機械学習手法との組み合わせにより、多くの複雑な混合物の特性評価に利用できると期待されます。

参考図

課題: スパイス抽出液の評価

解決法: 蛍光の網羅的計測

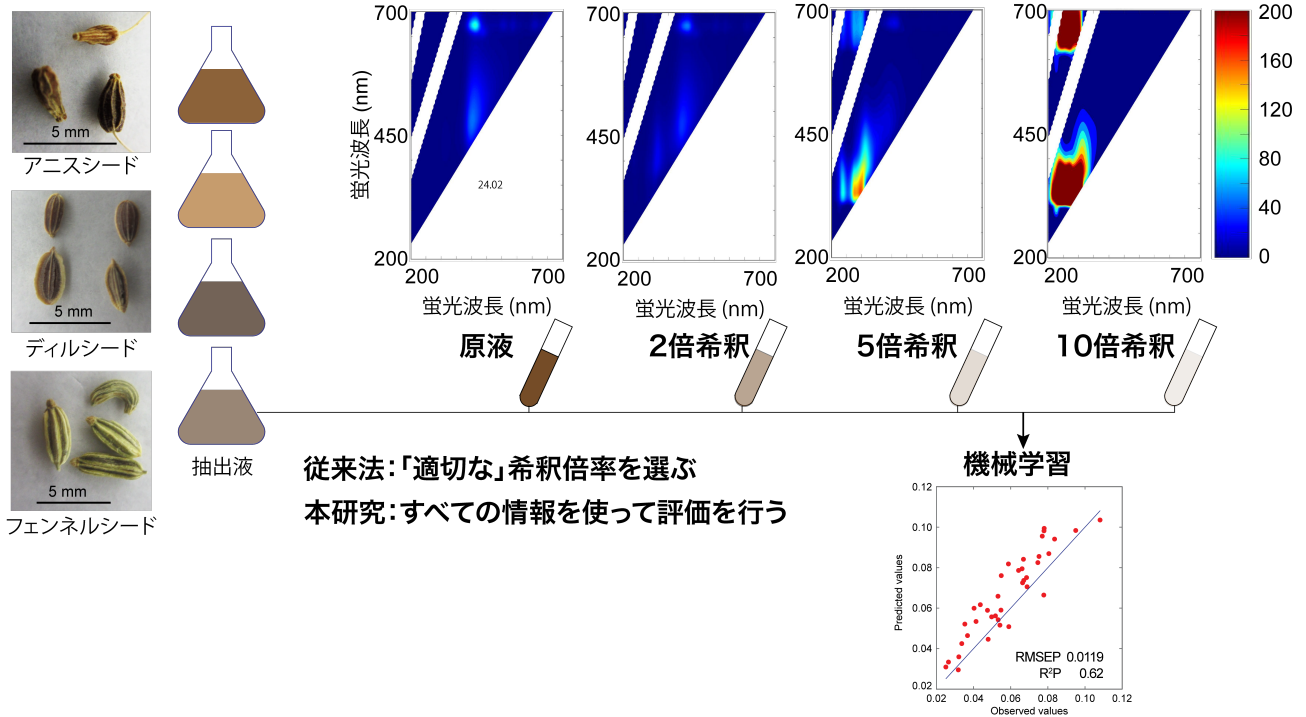


図 本研究の概要図

3種類のスパイスについて、抽出液の蛍光を網羅的に計測し、4つの希釈濃度で測定した蛍光情報をすべて用いて、機械学習により、抽出液に含まれるポリフェノール量などを推定した。

用語解説

注1) 蛍光

物質が吸収した光を再び光として放出する現象。吸収されたエネルギーのうち一部が熱振動などで失われるため、放出される光のエネルギーは少し低く（波長が長く）なる。ポリフェノールなど分子構造にベンゼン環を持つ化学成分は、紫外線～可視光線の蛍光を示すことが多い。

注2) 抗酸化能

酸化を防ぐ能力。呼吸で体内に取り込んだ酸素の一部は活性酸素種という物質に変わり、体内のタンパク質の変性や脂質の酸化を起こす。抗酸化能が高い成分は、活性酸素種による反応を抑制・阻止する能力が高い。

注3) 還元能

酸化を受けた物質を還元したり、活性酸素種自体を還元する能力。

注4) 線形性

本研究では、成分濃度が2倍になると蛍光強度も2倍になるような関係のこと。適切な希釈を行なうと、蛍光強度は成分濃度に対して線形性を示すとされているが、ここではその希釈倍率が不明なため、非線形の解析法も合わせて用いた。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト（17H03890, 22J11143）およびサッポロ生物科学振興財団研究助成の一環として実施されました。

掲載論文

【題 名】 Utilization of multiple-dilution fluorescence fingerprint facilitates prediction of chemical attributes in spice extracts

(スパイス抽出液の多重希釈および蛍光指紋計測による化学特性推定)

【著者名】 T.B.C. Bui, D. Iida, Y. Kitamura, M. Kokawa

【掲載誌】 *Food Chemistry*

【掲載日】 2023年11月15日

【DOI】 10.1016/j.foodchem.2023.138028

問い合わせ先

【研究に関すること】

粉川 美踏 (こかわ みと)

筑波大学 生命環境系 助教

URL: <http://agrofoodprocess.jp/>

<https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000003839>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp