

学 位 論 文 題 名

機能性飼料開発に向けたトウモロコシおよび
ソバにおけるポリフェノールに関する分析手法の確立と
植物生理学的研究

学位論文内容の要旨

植物に含まれる二次代謝産物であるポリフェノールは、植物の生育に不可欠な物質ではないものの、紫外線などの環境ストレスから植物組織を保護するために蓄積されると考えられている。また、ポリフェノールは、動物に摂取されることにより体内で抗酸化作用などの機能性作用を示すことが知られている。そこで本研究では、機能性飼料開発に向けて、トウモロコシおよびソバにおけるポリフェノールの分析手法の確立を中心として研究を行った。

まず、ペルー、中国、韓国および日本の紫トウモロコシ在来種のアントシアニン含量、ポリフェノール含量並びにDPPHラジカル消去活性の変異を調査し、ペルー産の紫トウモロコシ在来種が機能性作用に優れることを明らかにした。そこで、ペルー由来の遺伝資源をもとに機能性に優れる紫トウモロコシ品種の迅速的な育成を目的として、紫トウモロコシに含まれるフラボノイド系ポリフェノール、アントシアニンについて、近赤外分光分析を用いた迅速定量法を開発した。この手法により従来の有機溶媒を用いた機能性成分の抽出定量を行う必要がなくなり、低コストで身体にも安全な方法で定量値を推定することが出来るようになった。測定対象物は赤色色素であるため、可視光のみで推定精度は充分に高かった。しかし、近赤外光のみでも推定精度は高く、また、可視・近赤外光の全波長域を使うことにより、推定精度はさらに高まることが明らかになった。DPPHラジカル消去活性についても近赤外分光分析法による推定式を作成した。紫トウモロコシは穂芯と茎葉にアントシアニンを多く含み、子実にはあまりアントシアニンを蓄積しない。紫トウモロコシのDPPHラジカル消去活性は主にアントシアニンを起因とするため、子実では精度の高い推定式は作成できなかった。すなわち、近赤外分光分析法を紫トウモロコシの育種現場へ導入する場合は、穂芯と茎葉では、アントシアニン含量とDPPHラジカル消去活性については精度良く推定できるが、子実のアントシアニン含量とDPPHラジカル消去活性に関しては近赤外分光分析法で推定できないため、紫色の濃淡は目視による判別が適すると考えられた。

アントシアニンを多く含有する紫トウモロコシとアントシアニンを含まない通常のトウモロコ

シを材料として、サイレーシ調製を行った。その結果、サイレーシ発酵してもアントシアニンが発酵品質を左右することはないことが明らかとなった。植物に含まれる機能性成分は人間だけでなく家畜にも有効性が示されており、今後、紫トウモロコシは、農作物としてだけでなく飼料作物としても役割が高まると期待される。

ソバを材料として、紫外線照射を環境要因としたアントシアニン含量の変動解析を行った。その結果、紫外線照射の厳しい頂部では、全アントシアニン含量（シアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシド）に対して、結合糖が1つのアントシアニン（シアニジン-3-グルコシド）よりも結合糖が2つのアントシアニン（シアニジン-3-ルチノシド）の割合は高くなった。すなわち、アントシアニンは、茎葉部位ごとおよび生育ステージごとに、外的環境に応じた特異的な糖鎖構成を有し、植物組織の保護に対応していると考えられた。このことから、ソバ植物体の上部は二糖の結合糖からなるアントシアニンが多いため、機能性飼料としてソバ茎葉を利用するには地際ではなく生育の盛んな上部の茎葉が適すると考えられた。

また、ソバに含まれるキノン系ポリフェノールであるファゴピリンに着目し、高速液体クロマトグラフィーを使った正確な定量法を開発した。ダットンソバよりも普通ソバの方がファゴピリン含量は少ないことが明らかになった。また、ソバの穀実には光線過敏症を誘発するファゴピリンはほとんど含まれてないことが明らかとなった。すなわち、ソバの穀実はルチンなどの機能性作用物質が多く含まれ、なお且つ、ファゴピリンをほとんど含まないことから機能性作用の高い濃厚飼料としての利用が想定された。本研究で得られたファゴピリンの正確な定量分析法を用いて、ファゴピリンを欠失したソバを探索することが出来れば、穀実だけでなく茎葉も含めたホールクロップとして飼料ソバが認知される可能性もある。

以上、本研究から、飼料添加物に依存しない健全な飼料生産技術体系を確立するための一つの方法として、トウモロコシやソバから機能性飼料を生産する技術を開発するのに必要な基礎的な研究知見が得られた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 山 田 敏 彦

副 査 教 授 上 田 宏

副 査 教 授 荒 木 肇

副 査 助 教 星 野 洋一郎

副 査 助 教 高 橋 公 咲 (大学院農学研究院)

学 位 論 文 題 名

機能性飼料開発に向けたトウモロコシおよび ソバにおけるポリフェノールに関する分析手法の確立と 植物生理学的研究

植物に含まれる二次代謝産物であるポリフェノールは、植物の生育に不可欠な物質ではないものの、紫外線などの環境ストレスから植物組織を保護するために蓄積されると考えられている。また、ポリフェノールは、動物に摂取されることにより体内で抗酸化作用などの機能性作用を示すことが知られている。そこで本研究では、機能性飼料開発に向けて、トウモロコシおよびソバにおけるポリフェノールの分析手法の確立を中心として研究を行った。

まず、ペルー、中国、韓国および日本の紫トウモロコシ在来種のアントシアニン含量、ポリフェノール含量並びにDPPHラジカル消去活性の変異を調査し、ペルー産の紫トウモロコシ在来種が機能性作用に優れることを明らかにした。そこで、ペルー由来の遺伝資源をもとに機能性に優れる紫トウモロコシ品種の迅速的な育成を目的として、紫トウモロコシに含まれるフラボノイド系ポリフェノール、アントシアニンについて、近赤外分光分析を用いた迅速定量法を開発した。この手法により従来の有機溶媒を用いた機能性成分の抽出定量を行う必要がなくなり、低コストで身体にも安全な方法で定量値を推定することが出来るようになった。測定対象物は赤色色素であるため、可視光のみで推定精度は十分に高かった。しかし、近赤外光のみでも推定精度は高く、また、可視-近赤外光の全波長域を使うことにより、推定精度はさらに高まることが明らかになった。DPPHラジカル消去活性についても近赤外分光分析法による推定式を作成した。紫トウモロコシは穂芯と茎葉にアントシアニンを多く含み、子実にはあまりアントシアニンを蓄積しない。紫トウモロコシのDPPHラジカル消去活性は

主にアントシアニンを起因とするため、子実では精度の高い推定式は作成できなかった。すなわち、近赤外分光分析法を紫トウモロコシの育種現場へ導入する場合は、穂芯と茎葉では、アントシアニン含量とDPPHラジカル消去活性については精度良く推定できるが、子実のアントシアニン含量とDPPHラジカル消去活性に関しては近赤外分光分析法で推定できないため、紫色の濃淡は目視による判別が適すると考えられた。

アントシアニンを多く含有する紫トウモロコシとアントシアニンを含まない通常のトウモロコシを材料として、サイレージ調製を行った。その結果、サイレージ発酵してもアントシアニンが発酵品質を左右することはないことが明らかとなった。植物に含まれる機能性成分は人間だけでなく家畜にも有効性が示されており、今後、紫トウモロコシは、農作物としてだけでなく飼料作物としても役割が高まると期待される。

ソバを材料として、紫外線照射を環境要因としたアントシアニン含量の変動解析を行った。その結果、紫外線照射の厳しい頂部では、全アントシアニン含量（シアニジン-3-グルコシドとシアニジン-3-ルチノシド）に対して、結合糖が1つのアントシアニン（シアニジン-3-グルコシド）よりも結合糖が2つのアントシアニン（シアニジン-3-ルチノシド）の割合は高くなった。すなわち、アントシアニンは、茎葉部位ごとおよび生育ステージごとに、外的環境に応じた特異的な糖鎖構成を有し、植物組織の保護に対応していると考えられた。このことから、ソバ植物体の上部は二糖の結合糖からなるアントシアニンが多いため、機能性飼料としてソバ茎葉を利用するには地際ではなく生育の盛んな上部の茎葉が適すると考えられた。

また、ソバに含まれるキノン系ポリフェノールであるファゴピリンに着目し、高速液体クロマトグラフィーを使った正確な定量法を開発した。ダッタンソバよりも普通ソバの方がファゴピリン含量は少ないことが明らかになった。また、ソバの穀実には光線過敏症を誘発するファゴピリンはほとんど含まれていないことが明らかとなった。すなわち、ソバの穀実はルチンなどの機能性作用物質が多く含まれ、なお且つ、ファゴピリンをほとんど含まないことから機能性作用の高い濃厚飼料としての利用が想定された。本研究で得られたファゴピリンの正確な定量分析法を用いて、ファゴピリンを欠失したソバを探索することが出来れば、穀実だけでなく茎葉も含めたホールクロップとして飼料ソバが認知される可能性もある。

以上、本研究では、飼料添加物に依存しない健全な飼料生産技術体系を確立するための一つの方法として、トウモロコシやソバから機能性飼料を生産する技術を開発するのに必要な基礎的な研究知見が得られた。これらの知見は、今後、機能性飼料の開発に貢献することが期待される。

よって、申請者は博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。