

# 論文の内容の要旨

論文題目「ヤーコン葉のポリフェノール含量と抗酸化作用に関する研究」

学位申請者 上田 裕人

キーワード：ヤーコン(*Smallanthus sonchifolius*)、ポリフェノール、  
抗酸化作用、加熱処理、栽培品種

ヤーコン(*Smallanthus sonchifolius*)はキク科スマランサス属の一種で、南米アンデス山脈地方原産の植物である。過去数十年にわたり日本を含むアジア、オセアニアおよびヨーロッパ等に導入された。主に塊根が食用とされるのみならず、伝統薬としても一部で利用される。ペルー由来のペルーA群系統(SY11を含む)が1984年にニュージーランドを経由して我が国に導入されて以来、現在までに「サラダオトメ」(SY201)、「アンデスの雪」(SY206)、「サラダオカメ」(SY217)および「アンデスの乙女」(SY237)が日本において品種登録されている。ヤーコンの塊根に豊富に含まれるフラクトオリゴ糖に注目した研究が推進されてきたものの、葉にもまた抗酸化作用、血糖降下作用、抗真菌活性および抗癌活性などの機能特性を有する成分やポリフェノール等の存在が報告されており、葉の有効利用が期待される。大部分の茎葉部が塊根収穫後の未利用資源となるなか、地域によっては葉を加工利用したヤーコン茶が製品化ならびに消費されている。国内への導入歴が浅いことに加えて、我が国のヤーコン登録品種の葉に注目した機能性や機能性成分、さらには加工処理時の詳細な研究や解析は未だ途上にある。健康志向食品に利用されるヤーコン葉に注目し、抗酸化特性と加熱処理による影響、品種系統間での抗酸化作用等の比較、熱水抽出条件について検証や解析を行うことは、食品科学的な見地からも重要である。本研究では国産ヤーコンの葉を有望な機能性食品素材として確立することを目標に、葉のポリフェノール含量と抗酸化特性に及ぼす加熱処理の影響を調べた。次に4年にわたり同一環境下で栽培され、採集されたヤーコン葉を用いて、登録品種ならびに導入時のSY11との間で抗酸化作用の比較と多変量解析を試みた。さらにヤーコン茶飲用時を想定して、中心複合計画法に基づく応答曲面計画法を用いた熱水抽出条件の最適化について調べた。

## 1) ヤーコン葉のポリフェノール含量と抗酸化作用に及ぼす加熱処理の影響

熊本県阿蘇郡南阿蘇村に位置する本学圃場で栽培されたヤーコン品種のうちSY206の葉を加熱し、ポリフェノール含量および抗酸化作用を調べた。採集時期の異なる2種類の凍結乾燥葉を160℃で20分間の加熱後に更に100℃で60分間余熱処理した結果、ポリフェノール含量が加熱前よりも1.96-9.69倍の高値を示した。試験管レベルでフリーラジカル消去活性を測定した結果、加熱後の葉は1.98-4.07倍の高い抗酸化作用を示した。活性型ヒト顆粒球好中球様細胞のスーパーオキシドアニオンラジカル産生モデルにおいて、加熱後の葉はこれを効果的に減少させた。高速液体クロマトグラフィーによる分析では、加熱後の葉のカフェ酸含量は加熱前よりも2.13-3.64倍ほど高値を示したものの、クロロゲン酸含量はやや低値を示した。

## 2) 日本における4つの栽培品種とペルー系統のヤーコン葉を用いたポリフェノール含量、抗酸化作用および糖類分解酵素阻害作用の4年にわたる調査

本学圃場で2013年、2015年、2016年および2017年の4年にわたり試験栽培された4品種と国内における標準系統として用いられるSY11のヤーコン葉に機能的な差異が認められるか、それぞれの年の11月の同時期に採葉して調査を行った。SY11は国内で育種および

栽培研究のために選別され普及した導入時の系統の1つである。その結果、葉のポリフェノール含量と抗酸化作用は、SY11よりもSY237で高かったものの、それぞれの栽培品種で得られた測定値は試験期間を通して一貫性があるものではなかった。次に、糖類分解酵素阻害作用を調べた結果、試験期間を通して変動が大きかったものの、少なくともSY237を含む3つの栽培品種がSY11と同等かそれ以上の $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害を示した。さらに、ポリフェノール含量、抗酸化作用および糖類分解酵素阻害作用について得られた4年分の測定データを用いて、主成分分析ならびに階層クラスター分析から成る多変量解析を行った。その結果、年次変動の影響が大きいものの、これらヤーコンの栽培品種とSY11の特徴的な位置付けについて体系的に視覚化することができた。そこではSY237がSY11よりも優れた品種となりうることが示された。

### 3) ヤーコン茶飲用時における中心複合計画法に基づく応答曲面計画法を用いた熱水抽出条件の最適化

通常の飲用時を想定して市販のヤーコン茶の熱水抽出条件を設定し、高い抗酸化作用とポリフェノールを提供しうる最適抽出条件について調べた。抽出温度を75.0-96.0℃、抽出時間を2.00-5.50分と定め、これら2つを独立変数とし、各々の条件下の抽出液を調製後、実測値を得た。中心複合計画法に基づく応答曲面計画法による解析を行い、89.3℃および2.50分間の条件下でヤーコン茶を熱水抽出した場合には、0.863の「望ましき」値とともに、高い抗酸化作用とポリフェノールを提供できる最適条件となり得た。本解析法を用いることで、ヤーコン茶の飲用時を例に、食材の身近な熱水抽出時の最適化を図ることができた。

以上より、ヤーコン葉のポリフェノール含量と抗酸化作用に着目し、加熱処理がポリフェノール含量の上昇を伴って抗酸化作用を増強させること、そこでは少なくともカフェ酸を例にフェノール酸の一部が上昇することを明らかにした。次に4年にわたる調査で、4つの栽培品種のうちSY237がSY11よりも抗酸化作用などの機能面で優れた品種となり得ることを見出した。さらに、ヤーコン茶飲用時に高い抗酸化作用とポリフェノールが効率良く得られる最適抽出条件を明らかにした。ポリフェノール含量や抗酸化作用などに及ぼす加熱処理の影響や品種系統間差異と熱水抽出における最適条件を見出した本研究は、保健機能に優れた国産ヤーコン品種の選抜と改良を進めるための先駆的な成果であり、また、葉部分の種々の活性成分や機能性を効率よく増強できる加工処理法のさらなる開発を行う上で重要な知見を提供するものである。これらの研究成果により、特色ある農林資源の機能性食品素材への開発と活用が期待される。