

氏 名 (本 国 籍)	Umma Khair Salma Khanam (バングラデシュ人民共和国)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 5 9 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 2 4 年 9 月 1 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物生産科学専攻
研究指導を受けた大学	岐阜大学
学 位 論 文 題 目	Study of Biochemical Properties and Phenolic Compositions of Leafy Vegetables Amaranth, <i>Amaranthus tricolor</i> L. (野菜用アマランサス(<i>Amaranthus tricolor</i> L.)の生化学特性とフェノール化合物の研究)
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 教授 福 井 博 一 副査 岐阜大学 教授 大 場 伸 也 副査 静岡大学 教授 糠 谷 明

論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究では、世界各地で栽培・利用されている野菜用アマランサスについて、代表的な種である *A. tricolor* を中心に、*A. hypocondriacus* やコマツナ、ミズナ、チンゲンサイ、ミツバ、サラダ用ハウレンソウなどの野菜の生化学特性とフェノール化合物を調べ、一般的な野菜と野菜用アマランサスの成分の比較を行った。調べた生化学特性は、ベタシアニンとベタキササンチンを含むベタレイン、ビタミンC、クロロフィル、カロチノイド、全抗酸化活性、ポリフェノールの含量などである。また植物の大きさや葉色の指標として Lab 表色系での評価値についても調べた。

その結果、世界各地の野菜用アマランサス *A. tricolor* の 42 品種において、品種 Roctoalta は Lab の a*値が最も高く、Sat-072 は L*値と b*値が最も高かった。ベタシアニンとベタキササンチンは、それぞれベタニン換算で 176.2~236.6ng/g 生鮮重とインディカキササンチンは 225.2~824.6ng/g 生鮮重の範囲であった。全アスコルビン酸と還元型アスコルビン酸は、それぞれ 3.2~32.7mg/g 生鮮重と 1.5~28mg/g 生鮮重の範囲であった。葉色の指標とベタレインの間で有意な相関があった。42 品種の分析データを基に最尤因子分析を行ったところ、全分散の 61% が 3 つの因子で説明でき、これらは主に葉色とベタレインに関連するものであった。クラスプロット分析では、抗酸化活性と関連して葉色やベタレインなどを 5 つのクラスターに分けることができた。

HPLC とマスマスペクトロメーターを用いてフェノール化合物のヒドロキシベンゼン、ヒドロキシ桂皮酸ならびにフラボノイドを調べた。ヒドロキシベンゼンとして一般的

なサリチル酸は、4.4~117.4 $\mu\text{g/g}$ 生鮮重であった。またバニリン酸、没食子酸、カフェ酸、クロロゲン酸、p-クマリン酸、m-クマリン酸、フェルラ酸などが、アマランサスで検出された。エラグ酸とシナイン酸は、*A. hypochondriacus* で顕著に検出された。イソケルセチンとルチンは、アマランサスや他の野菜類で共通して検出された。全フェノール含量は、*A. hypochondriacus* より *A. tricolor* の方が高かった。全アマランサス品種において、全抗酸化活性と全フェノール含量の間で高い相関がみられた。全抗酸化値は、チンゲンサイ、コマツナ、ミズナ、赤色葉のアマランサス、レタス、緑色の葉のアマランサス、野菜用ハウレンソウの順であった。さらに *A. tricolor* の 15 品種について自然環境下で 2 年間行った栽培試験を基に表現型の可塑性を調べた。葉色の L^* 値、クロロフィル a と b の比率、植物の大きさについて、黄緑色の葉を持つ SAT-072 は可塑性が小さく、環境変化に対してよく安定した生育を示した。

本研究では、野菜用アマランサスについて、植物体に含有される各種成分を調べ、他の野菜類との比較や種間・種内変異の比較を通じた研究によって、この植物の野菜としての機能性成分の特徴を明らかにした。

審 査 結 果 の 要 旨

Umma Khair Salma Khanam 氏の学位論文は、熱帯野菜として知られるアマランサス (*Amaranthus tricolor* L.) の生化学特性とフェノール化合物について研究し、他の野菜類との比較やアマランサス属種間ならびに種内の変異について調査し、この野菜を利用する上での成分の特徴を明らかにしたものである。

本研究では、世界各地で栽培・利用されている野菜用アマランサスの中でも、代表的な種である *A. tricolor* を中心に、*A. hypochondriacus* やコマツナ、ミズナ、チンゲンサイ、ミツバ、サラダ用ハウレンソウなどの野菜について、その生化学特性とフェノール化合物を調べ、一般的な野菜と野菜用アマランサスの成分の比較を行った。調べた生化学特性は、ベタシアニンとベタキササンチンを含むベタレイン、ビタミンC、クロロフィル、カロチノイド、全抗酸化活性、ポリフェノールの含量などである。また植物の大きさや葉色の指標として Lab 表色系での評価値についても調べた。

その結果、バングラデシュや台湾の AVRDC などから収集した野菜用アマランサス *A. tricolor* の 42 品種において、品種 Roctoalta は Lab の a^* 値が最も高く、Sat-072 は L^* 値と b^* 値が最も高かった。ベタシアニンとベタキササンチンは、それぞれベタニン換算で 176.2~236.6ng/g 生鮮重とインディカキササンチンは 225.2~824.6ng/g 生鮮重の範囲であった。全アスコルビン酸と還元型アスコルビン酸は、それぞれ 3.2~32.7mg/g 生鮮重と 1.5~28mg/g 生鮮重の範囲であった。葉色の指標とベタレインの間で有意な相関があった。42 品種の分析データを基に最尤因子分析を行ったところ、全分散の 61% が 3 つの因子で説明でき、これらは主に葉色とベタレインに関連するものであった。クラスプロット分析では、抗酸化活性と関連して葉色やベタレインなどを 5 つのクラスターに分けることができた。

フェノール化合物については、HPLC とマススペクトロメーターを用いてヒドロキシベンゼン、ヒドロキシ桂皮酸ならびにフラボノイドを調べた。ヒドロキシベンゼンとして一般的なサリチル酸は、4.4~117.4 $\mu\text{g/g}$ 生鮮重であった。またバニリン酸、没食子酸、カフェ酸、クロロゲン酸、p-クマリン酸、m-クマリン酸、フェルラ酸な

どが、アマランサスで検出された。エラグ酸とシナイン酸については、*A. hypochondriacus* で顕著に検出された。イソケルセチンとルチンは、アマランサスや他の野菜類で共通して検出され、 $3.7\sim 19.3\mu\text{g/g}$ 生鮮重、ならびに $1.6\sim 7.9\mu\text{g/g}$ 生鮮重の範囲であった。ケルセチンの水酸化物は、ミズナで最も高く検出された。全フェノール含量は、*A. hypochondriacus* より *A. tricolor* の方が高かった。全アマランサス品種において、全抗酸化活性と全フェノール含量の間で高い相関がみられた。全抗酸化値は、トロロックス、ケルセチン、アスコルビン酸に換算する ABTS+値と DPPH の測定法の間で広く変異があった。全抗酸化値は、チンゲンサイ、コマツナ、ミズナ、赤色葉のアマランサス、レタス、緑色の葉のアマランサス、野菜用ハウレンソウの順であった。さらに *A. tricolor* の 15 品種について自然環境下で 2 年間行った栽培試験を基に表現型の可塑性を調べた。葉色の L*値、クロロフィル a と b の比率、植物の大きさについて、黄緑色の葉を持つ SAT-072 は可塑性が小さく、環境変化に対してよく安定した生育を示した。

本研究では、野菜用アマランサスについて、植物体に含有される各種成分を調べ、他の野菜類との比較や種間・種内変異の比較を通じた研究によって、この植物の野菜としての機能性成分の特徴を明確にした。

以上の研究について内容を吟味し、審査員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として充分価値のあるものと認めた。

基礎となる学術論文

1. Phenolic acids, flavonoids and total antioxidant capacity of selected leafy vegetables. *Journal of Functional Foods*. (Accepted.) Umma Khair Salma Khanam, Shinya Oba, Emiko Yanase and Yoshiya Murakami.
2. Bioactive substances in leaves of two amaranth species, *Amatanthus tricolor* and *A. hypochondriacus*. (Accepted.) *Canadian Journal of Plant Science*. Umma Khair Salma Khanam and Shinya Oba.