

タマネギ含有ケルセチンの遺伝的変異及び 高含有品種の育成と事業化への方策

学位論文内容の要旨

タマネギの特徴的な機能性成分であるフラボノイドの一種、ケルセチンを育種的に高める可能性について検討し、交配によって高含有品種の育成を行うことでタマネギの高付加価値化に取り組んだ。

タマネギは世界で広く栽培されているが、日本においても主要な園芸作物の一つであり、その50%以上は北海道で生産されている。しかし、近年は価格の低迷や輸入の増加など産地が抱えている課題は多い。一方、タマネギに含まれる成分の生体機能が古くから知られており、現在、改めてその効用が注目されている。特にケルセチンは、タマネギに特異的に多く含まれ、抗酸化性、抗変異原性、血圧上昇抑制など生活習慣病の予防に有効であることを示唆する多数の報告が出されている。これまでの国内におけるタマネギ育種は収量性、貯蔵性、耐病性、斉一性などの主要形質について改良が行われて、一定の品質を大量かつ安定に供給するという目的では成果を上げてきた。しかし、品種間の特性が非常に乏しくなってしまう、価格低迷や産地間、国際競争に対抗するためには、品種による差別化が必要と考えられる。このような状況下においてタマネギのケルセチン含量を育種的に高めることができれば、これまでにない差別化がはかられ、品種による高付加価値化が可能であると考えられる。

まず、タマネギ含有ケルセチンに関する基礎的な調査を行った。ケルセチンは、タマネギ可食部ではグルコースなど糖と結合したケルセチン配糖体として存在し、保護葉ではアグリコンとして存在していた。可食部においては、りん茎内に均一に存在するのではなく、中心部より周縁部に多く含まれた。また、一枚のりん片葉においては、体積の大半を占める柔組織にはわずかしき含まれず、外側一層の表皮組織に局在していた。よってケルセチンはタマネギにとって外部から身を守るための重要な防御物質であると考えられた。また、生育に伴い生体重当たりの含量が変化するメカニズムを明らかにした。ケルセチン配糖体の生合成は、球肥大と同時に進行せず、球肥大が完了してから収穫期にかけて最もさかんに行われることから、生体重当たりのケルセチン含量が球肥大過程で一時的に減少した

と考えられた。しかし、1球内の総含量は、減少することなく、球肥大が完了して収穫期にかけて急激に増加した。また、生育に伴い、ケルセチンに結合する糖の数が増加する傾向が認められた。続いて、世界中から広く収集した106品種について2年間にわたりケルセチン含量について遺伝的な変異を調査したところ、品種および品種群によって遺伝的な変異が認められ、ケルセチン含量に関する幅広い育種素材が存在することが明らかになった。具体的には短日群より長日群で高含有の傾向が認められ、その中でもヨーロッパ群およびその近縁種は北海道品種群より高含有であり、育種素材として有望であった。同一品種群内では赤色品種のケルセチン含量が黄色品種を上回る傾向が認められ、一方、白色品種の含量は検出限界以下であった。各品種群内のケルセチン含量は調査年次により品種順位が逆転する場合も認められたが、品種群間の相対的順位は2年間にわたりほぼ同一であった。調査年次間で高い相関が認められたことから、ケルセチン含量は遺伝的に安定した形質であると考えられた。貯蔵に伴う変化を調査したところ、貯蔵前と貯蔵後の間には高い相関があり、貯蔵後にケルセチン含量がやや増加する傾向が認められた。しかし、分散分析の結果、品種と貯蔵の相互効果は認められず、特定の品種において含量が変化することはなかった。また、貯蔵後にケルセチンと結合する糖の数が増える傾向が認められ、貯蔵物質としての糖の役割が示唆された。ケルセチン含量と関連のある球形質を調査したところ、全品種を通じて含量と球の大きさの間には負の相関が、含量と乾物率の間には正の相関が認められた。しかし、ヨーロッパ品種群については、含量と乾物率の間に相関が認められなかった。重回帰分析を行った結果、ケルセチン含量に対する球の大きさと乾物率の寄与率は低く、形態的要因だけでは説明できなかった。遺伝的要因が大きく関与することが示唆され、多様な形態的特性を持った高ケルセチン含有品種の育成が期待された。

次いで、交配育種によりタマネギ含有のケルセチンを高めて、高機能性タマネギ品種を育成するための試験を行った。まず、効率的に分析を行うために、タマネギ含有ケルセチンの簡易抽出・分析方法を開発した。これにより、高速液体クロマトグラフを使用せずにケルセチン含量を測定することが可能になり、費用、労力および作業時間について大幅な削減をはかり、育種選抜に利用できる方法が確立された。次に、タマネギにおいてケルセチン含量が遺伝的な形質であるかを調査するために交配実験を行った。その結果、F₁におけるケルセチン配糖体含量は飛躍的に向上することはないと両親の間に分布したが、両親より低い場合も認められた。よって、ケルセチン配糖体を高含有するF₁品種の育成には、含量が極めて高い系統同士の交配が有効であると考えられた。

本研究の成果を中核技術の一つとして事業化を行った。まず、ケルセチン高含有品種を使用した高付加価値タマネギを生産して青果物として出荷し、続いて加工によってさらに付加価値を高める事業である。農産物の機能性成分による高付加価値化を行うことで、地方自治体と共同で地域ブランドの確立とタマネギを中心とした町おこしに取り組んでいる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 内 藤 哲
副 査 教 授 横 田 篤
副 査 教 授 大 澤 勝 次
副 査 教 授 荒 木 肇

学 位 論 文 題 名

タマネギ含有ケルセチンの遺伝的変異及び 高含有品種の育成と事業化への方策

本論文は、76頁からなる和文論文であり、22図と8表を含む。別に参考論文4編が添えられている。

タマネギは世界で広く栽培されているが、日本においても主要な園芸作物であり、その50%以上は北海道で生産される。しかし、近年は価格の低迷や輸入の増加など産地が抱える課題は多い。タマネギ含有成分の生体機能が古くから知られており、特にケルセチンは、タマネギに特異的に多く含まれ、抗酸化性、抗変異原性、血圧上昇抑制など生活習慣病の予防に有効であると考えられている。国内におけるこれまでのタマネギ育種は収量性、貯蔵性、耐病性、斉一性などの主要形質について改良が行われてきたが、品種間の特性が乏しくなり、価格低迷や産地間、国際競争に対抗するためには、品種による差別化が必要と考えられる。タマネギのケルセチン含量を育種的に高めることができれば、これまでにない差別化がはかれ、品種による高付加価値化が可能であると考えられる。

本論文は、タマネギ含有ケルセチンを育種的に高める可能性について検討し、高含有品種の育成を行うことでタマネギの高付加価値化に取り組んだものである。

1. タマネギ含有ケルセチンに関する基礎研究

ケルセチンは、タマネギ可食部ではグルコースなど糖と結合したケルセチン配糖体として存在し、保護葉ではアグリコンとして存在するが、りん茎内に均一に存在するのではなく、中心部より周縁部に多く含まれることを示した。また、一枚のりん片葉においては、体積の大半を占める柔組織にはわずかしき含まれず、外側一層の表皮組織に局在していた。これらの知見から、タマネギにとってケルセチンは防御物質であると考察した。

生育に伴う生体重当たりの含量変化を調査し、ケルセチン配糖体の蓄積が球肥大と同時に進行せず、球肥大が完了してから収穫期にかけて最も盛んになることを示した。また、生育に伴い、ケルセチンに結合する糖の数が増加することを示した。

世界中から広く収集した106品種について2年間にわたりケルセチン含量を調査し、品種

および品種群によって遺伝的変異が認められ、ケルセチン含量に関する幅広い育種素材が存在することを明らかにした。短日群より長日群で高含有の傾向が認められ、その中でもヨーロッパ群およびその近縁種は北海道品種群より高含有であり、育種素材として有望である。同一品種群内では赤色品種のケルセチン含量が黄色品種を上回る傾向が認められ、一方、白色品種の含量は検出限界以下であった。各品種群内のケルセチン含量は調査年次間で高い相関が認められ、ケルセチン含量は遺伝的に安定した形質であると考えられる。

貯蔵に伴う変化を調査した結果、貯蔵前と貯蔵後の間には高い相関があり、貯蔵後にケルセチン含量がやや増加する傾向が認められたが、分散分析では品種と貯蔵の相互効果は認められず、特定品種で含量が変化することはなかった。また、貯蔵後にケルセチンと結合する糖の数が増える傾向が認められ、貯蔵物質としての糖の役割を考察した。

ケルセチン含量と関連のある球形質を調査したところ、含量と球の大きさの間には負の相関が、含量と乾物率の間には正の相関が認められたが、重回帰分析によりケルセチン含量に対するこれら形質の寄与率は低く、遺伝的要因が大きいことを示した。これらの結果から、多様な形態的特性を持った高ケルセチン含有品種を育成しうることを示した。

2. ケルセチン高含有品種の育成試験

ケルセチン含量を効率的に分析するため、簡便な抽出・分析方法の開発を行った。これにより、従来のように高速液体クロマトグラフを使用せずにケルセチン含量を測定することが可能となり、費用、労力および作業時間の大幅な削減をはかり、育種選抜に利用できる方法を確立した。

交配実験を行った結果、F₁個体におけるケルセチン配糖体含量は飛躍的に増加することではなく両親の間に分布したが、両親より低い場合も認められた。よって、ケルセチン配糖体を高含有するF₁品種の育成には、含量が極めて高い系統同士の交配が有効であると考えられた。

3. 産地開発と事業化

本研究の成果を中核技術の一つとして事業化を行った。ケルセチン高含有品種を使用した高付加価値タマネギを生産して青果物として出荷するとともに、加工によってさらに付加価値を高める事業である。農産物の機能性成分による高付加価値化を行うことで、地方自治体と共同で地域ブランドとしての確立とタマネギを中心とした町おこしへの取り組みを報告した。

以上のように、本研究ではタマネギ含有ケルセチンを育種的に高めるための基礎研究を行い、その方策を明らかにしたものである。また、事業化への取り組みを報告しており、学術、応用の両面で高く評価できる。

よって、審査員一同は、岡本大作が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。