

博士（農 学） メグ ラジ バンダリ

学位論文題名

「Food value, nutritional and biochemical assessment of wild yam (*Dioscorea* species) tubers of Nepal」

(ネパール産野生ヤム (*Dioscorea* 種) 塊茎の
食品価値、栄養価および生化学的評価)

学位論文内容の要旨

ヤムはヤマノイモ科 *Dioscorea* 属植物で、約 600 種が世界中で食料とされている。その塊茎はデンプン質に富み、特に熱帯亜熱帯地域では重要な食資源である。ネパールにおいても特に地方住民には野生ヤム塊茎が重要な食料とされている。しかし、これらの野生ヤム塊茎の栄養学的、生化学的性質の詳細な研究はこれまでない。一方、これらの野生ヤム塊茎には有毒成分が含まれており、特に不適切な調理法によって摂食すると種々の毒作用が発現することも知られている。そこで本研究はネパールの中高地にみられるこれら野生ヤム塊茎 4 種 (*D. bulbifera*, *D. versicolor*, *D. deltoidea*, *D. triphylla*) について、(1)栄養成分、(2)反栄養成分、(3)調理方法による反栄養成分変化、(4)苦味・有毒成分、(5)有機酸・ポリフェノール含量および抗酸化活性を調べ、栄養価、生化学的評価および総合的な食品としての価値について検討をおこなった。

1. 栄養成分

供試ヤム塊茎 4 種の乾物重は生重の 19.8-30.5% であった。また、粗タンパク質、灰分、粗脂肪、粗繊維含量はそれぞれ生重あたり 1.6-3.1%、0.5-1.2%、0.2-0.3%、0.6-1.5% であった。ミネラル (mg/生重 100 g) は、K:250-560, Na:4.2-17.8, P:33.1-61.6, Ca:14.3-46.9, Mg:18.3-27.3, Cu:0.1-0.2, Fe:0.4-2.9, Mn:0.1-0.4, Zn:0.2-0.5 であり、豊富なカリウムと十分量の微量元素を含んでいた。タンパク質のアミノ酸組成 (g/タンパク質 100 g) は、Leu:5.1-8.7, Lys:3.4-4.9, Met:1.0-1.6, Cys:0.1-0.5, Phe:3.1-5.6, Thr:2.8-4.6, Tyr:2.0-4.0, Val:3.4-5.7, Ile:2.8-4.3, His:1.4-2.1, Ala:3.5-5.1, Gly:3.1-5.1, Pro:1.9-4.4, Ser:3.5-6.1, Asp:6.6-11.7, Glu:8.1-13.5, Arg:3.6-7.4 であり、FAO/WHO の標準タンパク質と比較して必須アミノ酸をバランスよく含んでいることがわかった。しかし、含硫アミノ酸とリシンがすべての種で制限アミノ酸となっていた。このように、野生ヤム塊茎のミネラルおよびアミノ酸組成は他の塊茎作物の値に匹敵するかそれよりも優れていることがわかった。

2. 反栄養成分

反栄養成分としては、シウ酸含量 (Ox) は 67-197 mg/生重 100 g FW、フィチン酸 (Phy) は 184-363 mg/100 g 乾物重、シアノ配糖体は 3.2-6.0 mg HCN/生重 kg、トリプシンインヒビター活性は 4.1-20.9 mg トリプシン阻害/乾物 g、アミラーゼインヒビター活性は 78-147 IU/乾物 g であった。シウ酸とフィチン酸についてミネラル含量との比をみると、Ox:Ca 比、Phy:Zn 比、Ca:Phy 比、「Ca」[Phy]/[Zn] 比はそれぞれ 1.1-2.2, 10.4-32.3, 5.0-14.1, 0.27-1.9 となり、供試塊茎ではカルシウムと亜鉛の生

体利用性が低い可能性が示唆された。また、高いシュウ酸含量が刺激性呈味の主因であり、摂食によって引き起こされる炎症の原因であると考えられた。

3. 調理方法による反栄養成分変化

一般に用いられている3種の家庭内調理法、ゆでる、圧力で蒸す、焼く、の操作がシュウ酸、フィチン酸、トリプシンインヒビター、アミラーゼインヒビターの含量におよぼす影響を調べた。調理法の違いによって生の塊茎に比べてかなり反栄養成分の含量が変化した。調理による減少割合はシュウ酸で10-45%、フィチン酸で5-20%、トリプシンインヒビター活性で90-95%、アミラーゼインヒビター活性で10-30%とかなりばらつきがあり、トリプシンインヒビター活性の減少が顕著でシュウ酸もかなり減少したのに対し、フィチン酸やアミラーゼインヒビター活性の減少割合は低かった。また、シュウ酸とフィチン酸はゆでることによって減少率が高く、アミラーゼインヒビターは圧力、焼くことによる減少率が高い傾向にあった。このように生の塊茎に高濃度で含まれる反栄養成分は適切に調理すれば人が摂取するに当たって問題とはならないことがわかった。

4. 苦味・有毒成分

苦味成分本体はすでに他のヤム種から報告されているフランノルジテルペンである *diosbulbin A* および *B* と同定された。含量はそれぞれ 2-5、15-45 mg/生重 100 g であり、*diosbulbin B* が主要な苦味化合物であることがわかった。また、供試塊茎は他のヤムにみられる有毒成分であるアルカロイド *dioscorine* や *histamine* を含まないことがわかった。一方、これらのヤムはかなりのレベルのサポニン (5-50 mg/生重 100 g) を含みこれが一部苦味に寄与している可能性があった。以上の結果からネパール産ヤム塊茎にみられる苦味はフランノルジテルペンとサポニンの共力効果によるものであり、炎症や一過性の毒性はおそらく青酸配糖体の存在や高レベルのシュウ酸塩によるものであろうと考えられた。

5. 有機酸・ポリフェノール含量および抗酸化活性

有機酸ではコハク酸含量がもっとも高く平均 1316 (mg/生重 100 g) であり、次いでクエン酸 274、リンゴ酸 147、シュウ酸 110 の順であった。総ポリフェノール含量はフェノール換算で 13-166 mg/生重 100 g であった。また野生ヤム塊茎は DPPH ラジカル消去活性、二価鉄イオンキレート能、還元力、全抗酸化力の試験において用量依存的に強い抗酸化活性を示した。しかし供試塊茎 4 種の間で抗酸化活性と全フェノール含量には明確な相関はみられなかった。ヤム塊茎は植物性抗酸化物質のよい給源であり、ガンや心臓病、老化のようなフリーラジカルが関与する疾病の防御効果を期待できることがわかった。

以上の分析結果より、供試した 4 種のネパール産野生ヤム塊茎は必要量の栄養素と有用化学成分を含み、日常的な食料、栄養素給源として十分な特性を備えていることが明らかとなった。また、これらの塊茎には強い有毒成分は含まれず、苦味あるいは炎症作用を引き起こす有害物質も、ゆでるなどの適切な調理操作によって除去することが可能であることがわかった。さらに、ポリフェノール成分に由来する抗酸化活性による健康増進効果も期待できると考えられた。

このように、今回はじめて詳細な栄養価および生化学的評価を行なった結果より、これまで野生状態のものを採取して利用するだけであるネパールヤムを今後大量に栽培して消費に供することによって、慢性的な食糧欠乏国での飢餓や貧困を緩和するのに役立つことが十分に期待される。

学位論文審査の要旨

主査 教授 川端 潤

副査 教授 原 博

副査 教授 葛西 隆則

(藤女子大学大学院人間生活学研究科)

副査 助教授 園山 慶

学位論文題名

「Food value, nutritional and biochemical assessment of wild yam (*Dioscorea* species) tubers of Nepal」

(ネパール産野生ヤム (*Dioscorea* 種) 塊茎の
食品価値、栄養価および生化学的評価)

ヤムはヤマノイモ科 *Dioscorea* 属植物で、約 600 種が世界中で食料とされている。その塊茎はデンプン質に富み、特に熱帯亜熱帯地域では重要な食資源である。ネパールにおいても特に地方住民には野生ヤム塊茎が重要な食料とされている。しかし、これらの野生ヤム塊茎の栄養学的、生化学的性質の詳細な研究はこれまでない。一方、これらの野生ヤム塊茎には有毒成分が含まれており、特に不適切な調理法によって摂食すると種々の毒作用が発現することも知られている。そこで本研究はネパールの中高地にみられるこれら野生ヤム塊茎 4 種 (*D. bulbifera*、*D. versicolor*、*D. deltoidea*、*D. triphylla*) について、栄養成分、反栄養成分、調理方法による反栄養成分変化、苦味・有毒成分、有機酸・ポリフェノール含量および抗酸化活性を調べ、栄養価、生化学的評価および総合的な食品としての価値について検討をおこなった。

栄養成分についての分析の結果、粗タンパク質、灰分、粗脂肪、粗繊維含量はそれぞれ生重あたり 1.6-3.1%、0.5-1.2%、0.2-0.3%、0.6-1.5% であった。ミネラルは、豊富なカリウムと十分量の微量元素を含んでいた。タンパク質のアミノ酸組成は、FAO/WHO の標準タンパク質と比較して必須アミノ酸をバランスよく含んでいることがわかった。しかし、含硫アミノ酸とリシンがすべての種で制限アミノ酸となっていた。このように、野生ヤム塊茎のミネラルおよびアミノ酸組成は他の塊茎作物の値に匹敵するかそれよりも優れていることがわかった。

反栄養成分としては、シュウ酸、フィチン酸、シアン配糖体、トリプシンインヒビター、アミラーゼインヒビターがみられた。シュウ酸とフィチン酸についてミネラル含量との比をみると、Ox:Ca 比、Phy:Zn 比、Ca:Phy 比、「Ca][Phy]/[Zn] 比はそれぞれ 1.1-2.2、10.4-32.3、5.0-14.1、0.27-1.9 となり、供試塊茎ではカルシウムと亜鉛の生体利用性が低い可能性が示唆された。また、高いシュウ酸含量が刺激性呈味の主因であり、摂食によって引き起こされ

る炎症の原因であると考えられた。

次に、一般に用いられている調理法が反栄養成分の含量におよぼす影響を調べた。調理による減少割合は、トリプシンインヒビター活性の減少が顕著でシュウ酸もかなり減少したのに対し、フィチン酸やアミラーゼインヒビター活性の減少割合は低かった。このように生の塊茎に高濃度で含まれる反栄養成分は適切に調理すれば人が摂取するに当たって問題とはならないことがわかった。

苦味成分本体はすでに他のヤム種から報告されているフランノルジテルペンである *diosbulbin B* であることがわかった。また、供試塊茎は他のヤムにみられる有毒アルカロイドを含まないことがわかった。一方、これらのヤムはかなりのレベルのサポニンを含みこれが一部苦味に寄与している可能性があった。以上の結果からネパール産ヤム塊茎にみられる苦味はフランノルジテルペンとサポニンの共力効果によるものであり、炎症や一過性の毒性はおそらく青酸配糖体の存在や高レベルのシュウ酸塩によるものであろうと考えられた。

有機酸ではコハク酸含量がもっとも高く、次いでクエン酸、リンゴ酸、シュウ酸の順であった。総ポリフェノール含量はフェノール換算で 13-166 mg/生重 100 g であった。また野生ヤム塊茎は DPPH ラジカル消去活性、二価鉄イオンキレート能、還元力、全抗酸化力の試験において用量依存的に強い抗酸化活性を示した。ヤム塊茎は植物性抗酸化物質のよい給源であり、ガンや心臓病、老化のようなフリーラジカルが関与する疾病的防御効果を期待できることがわかった。

以上の分析結果より、供試した 4 種のネパール産野生ヤム塊茎は必要量の栄養素と有用化学成分を含み、日常的な食料、栄養素給源として十分な特性を備えていることが初めて明らかとなった。また、これらの塊茎には強い有毒成分は含まれず、苦味あるいは炎症作用を引き起こす有害物質も、ゆでるなどの適切な調理操作によって除去することが可能であることも明らかとなった。さらに、ポリフェノール成分に由来する抗酸化活性による健康増進効果も期待できると考えられた。これらの結果より、これまで野生状態のものを採取して利用するだけであるネパールヤムを今後大量に栽培して消費に供することによって、慢性的な食糧欠乏国での飢餓や貧困を緩和するのに役立つことが十分に期待され、本論文の成果はそのための科学的根拠をなす重要なものであると認められた。

よって審査員一同は、Megh Raj Bhandari が博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。