

サツマイモ葉の葉位の違いによるタンパク質、灰分、糖質、ポリフェノール含量の比較

野村裕也, 大久保実香, 鈴木桃菜, 津田琴音, 岩山裕美
岐阜女子大学家政学部健康栄養学科
(2025 年 1 月 31 日受理)

Comparison of protein, ash, carbohydrate and polyphenol contents in different leaf positions of sweet potato leaves.

Hironari Nomura, Mika Okubo, Momona Suzuki, Kotone Tsuda and Hiromi Iwayama

Department of Health and Nutrition, Faculty of Home Economics,
Gifu Women's University, 80 Taromaru, Gifu 501-2592, Japan
(Received January 31, 2025)

Sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaves contain more protein, minerals, vitamins, and the functional compound polyphenol than other leafy vegetables, making them highly valuable as food. Similar to herbaceous plants, leaf senescence of sweet potato is accelerated starting with older leaves at the bottom of the plant. Therefore, available nutrients are translocated from the senescent leaves to growing organs. In this study, we investigated the characteristic nutrients of sweet potato leaves, such as protein, crude ash, polyphenols, and carbohydrate content, at each developmental stage of leaves. It was found that the carbohydrate contents (per 100 g of fresh weight) were higher in the upper leaves (i.e. younger leaves) than in the middle and lower leaves (i.e. older leaves). On the other hand, the protein, crude ash, and polyphenol contents (per 100 g of fresh weight) were higher in the lower leaves than in the middle and upper leaves. In other words, it is not clearly observed the decrease of nutrient content in the older leaves. These results infer that the sweet potato leaves have a defense mechanism that inhibits degradation and translocation of nutrients associated with senescence.

キーワード：サツマイモ葉 (sweet potato leaves)、葉位 (leaf position)、タンパク質 (protein)、灰分 (ash)、糖質 (carbohydrate)、ポリフェノール (polyphenol)

1. 緒言

サツマイモ (*Ipomoea batatas*) は、生育効率が優れ、栄養価が高く、廃棄率が少ないことから、救荒作物の 1 つとされている。サツマイモは、栄養成長と生殖成長の明確な切

り替えがなく、ソースの葉で光合成によって合成された炭水化物は、常にシンクの塊根へと転流される。サツマイモは、塊根部が主な可食部ではあるが、実際には茎葉部も栄養価が高く^{1,2)}、食用利用へのさらなる拡大が期待されている。Ishida (2000)¹⁾らの報告によ

ると、サツマイモの葉は他の葉菜類と比較してタンパク質含量が多く、アミノ酸スコアも優れている。また、体の機能維持に必要なミネラルやビタミン類、抗酸化活性といった機能性をもつポリフェノール含量が高いことも報告されている。このように、サツマイモの葉は栄養価として優れており、食用としての利用価値は高い。

サツマイモは C_3 植物で、その葉は、2/5 の互生葉序で茎に形成される³⁾。茎はつる状態で水平方向に伸長していき、茎の伸長に伴って葉が発生、発達していく。サツマイモにおける葉の役割は、光合成による炭水化物の合成である。葉がソースとなり、シンクの主要器官である塊根に炭水化物を転流し、根を蓄積させる。しかし、一般的な草本植物と同様、サツマイモの葉は、茎の成長にともなって老化が進行し、根に近い方から順番に枯死していく。そのため、サツマイモの根塊の成長は、地上部の葉の枯死と新生のターンオーバーに大きく影響すると考えられている³⁾。

このように、葉位によって葉の生理学的な役割が異なるため、葉に含まれる栄養素も影響を受けるものと考えられる。そこで、葉位の違いによって、栄養素がどのように異なるのか、代表的な栄養素であるタンパク質、糖質、灰分、ポリフェノール含量をそれぞれ測定し、比較検討することを目的とした。

2. 材料と方法

1) 実験材料

さつまいもの苗は、岐阜市内の園芸店で購入した。品種は、収穫時期が早いのが特徴であるベニアズマを使用した。また、園芸店で販売されている野菜用の培養土を使用し、27 L プランターで栽培した。2024 年 5 月 23 日に苗を植え付け、7 月 25 日（植え付け後 63 日目）の葉を採取した。栽培は屋外で行った。苗は 3 個体生育させ、それぞれの個体から葉を採取した。

2) 試料の採取

植え付け後 63 日目に、それぞれの個体ごとで形成した葉の枚数を数え、茎の先端から株元に向かって上位葉、中位葉、下位葉の 3 箇所から葉を採集した。主茎の先端に形成された葉は小さく未熟であるため、先端から 4 枚目の葉を上位葉とした。また、株元に近い葉は、老化により腐敗した葉は除き、そこから最も株元に近い葉を下位葉とした。中位葉は、上位葉と下位葉の中間の葉位に位置する葉とした。

葉は中央の葉脈を起点として 2 分割し、それぞれの質量を測定後、実験に使用するまで -30°C で保存した。

3) 試料液の調製

試料中のタンパク質量、糖質量、ポリフェノール量を測定するに当たり、試料液を作成した。採取したサツマイモ葉をそれぞれ乳鉢で破碎し、蒸留水で抽出した。さらに蒸留水で定容したのちろ過を行い、試料液とした。

4) タンパク質量の測定

試料液中のタンパク質量の測定は、Lowry 法を一部改変して行った⁴⁾。試料液ならびに標準液 1 mL に、用時調整した試薬

(2%(w/v)炭酸ナトリウム水溶液、1%(w/v)硫酸銅 5 水和物水溶液、2%(w/v) 酒石酸ナトリウムカリウム水溶液を 100:1:1(vol)で混合)を 5 mL 加えて混合し、室温で 10 分間静置した。その後、1N Folin 試薬を 0.5 mL 加えて混合し、室温で 20 分間静置した。そして、分光光度計を使って 750nm における吸光度を測定した。標準物質にはウシ血清アルブミン (BSA) を蒸留水で溶解したものを使用し、サツマイモ葉中のタンパク質量を BSA 当量にて算出した。

5) 糖質量の測定

i) 全糖量の測定

試料液中の全糖量の測定は、フェノール-硫酸法を一部改変して行った⁵⁾。試料液ならびに標準液 0.6 mL に、5%(w/w)フェノール

溶液 0.6 mL を加えて混合した。その後、濃硫酸 3 mL を勢いよく加えて混合し、室温で 15 分間静置した。水で冷却したのち、分光光度計を使って 490nm における吸光度を測定した。標準物質にはグルコースを蒸留水で溶解したものを使用し、サツマイモ葉中の全糖量をグルコース当量にて算出した。

ii) 還元糖量の測定

試料液中の還元糖量の測定は、Qureshi and Manderson (1991) の Somogyi-Nelson 法に従って行った⁶⁾。標準物質にはグルコースを蒸留水で溶解したものを使用し、サツマイモ葉中の還元糖量をグルコース当量にて算出した。

6) ポリフェノール量の測定

試料液中のポリフェノール量の測定は、Folin-Ciocalteu 法を一部改変して行った⁷⁾。試料液ならびに標準液 1.0 mL に、10%(w/v) フェノール試薬 2.0 mL を加えて混合し、室温で 3 分間静置した。その後、10%(w/v) 炭酸ナトリウム水溶液 4.0 mL を加えて混合し、室温で 30 分間静置した。水で冷却したのち、分光光度計を使って 750nm における吸光度を測定した。標準物質には没食子酸を蒸留水で溶解したものを使用し、サツマイモ葉中のポリフェノール量を没食子酸当量にて算出した。

7) 灰分量の測定

試料液中の灰分量の測定は、AOAC 法にもとづき行った。質量を測定した試料をろつぽに入れ、恒温器内で 50°C、16 時間処理し、脱水した。そして、電気炉内で 200°C、2 時間、続いて 550°C、5 時間、燃焼した。その後、質量の恒量測定を行った。

8) 統計処理

実験はすべて平均値±標準偏差で表し、Tukey の多重比較により有意水準 5% で有意差の判定を行った。

3. 結果

1) 葉位による葉の特徴と違い

サツマイモは地下部に塊根、地上部には蔓状の茎を形成する。茎は主茎に加えてところどころで分枝して伸長した茎も見られる。本実験では、主茎に形成した葉を対象として、茎の先端から株元に向かって上位葉、中位葉、下位葉の 3 箇所から葉を採集した (Fig. 1, Table 1)。採取した葉の特徴は、上位葉は成長が不十分で、他の葉位の葉と比べると葉の大きさ、質量ともに最も小さかった。これは、細胞分裂や細胞肥大がまだ不十分な状態と考えられる。逆に下位葉は、葉の大きさ、質量ともに最も大きい葉であった。そして、下位葉では老化に伴った黄化が観察されたことから、光合成の働きが抑制されている可能性が考えられる。

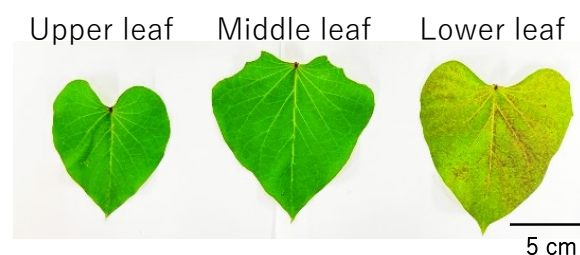


Fig. 1 Typical leaf appearance for each leaf position.

Table 1 Weight of leaves at each leaf position.

Position	Weight (g)
Upper leaf	0.86 ± 0.16
Middle leaf	1.56 ± 0.07
Lower leaf	1.70 ± 0.16

Data mean ± standard deviation of three independent plant leaves.

2) タンパク質、ポリフェノール、粗灰分、糖質含量

新鮮重 100 g 当たりに対して、葉位の違いによって含まれる栄養素の量が異なるかを調べた。調べた栄養素の中で、タンパク質、ポリフェノール、粗灰分含量は、下位葉ほど多い成分であることがわかった。タンパク質とポリフェノール含量については、葉位の違い

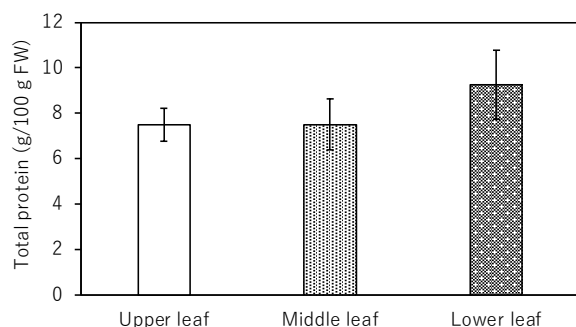


Fig. 2 Comparison of total protein contents. Data mean $\pm$ standard deviation of three independent plant leaves. The mean value of the lower leaf was the highest, but there was no significant difference between the leaf positions ($p > 0.05$).

によって含有量に有意な差は見られなかったが、上位葉、中位葉と比べて下位葉で最も多く含まれていた (Fig. 2, 3)。粗灰分含量は、葉位が下がるに従って含有量が増え、上位葉と下位葉の間で有意に増加することがわかった (Fig. 4)。

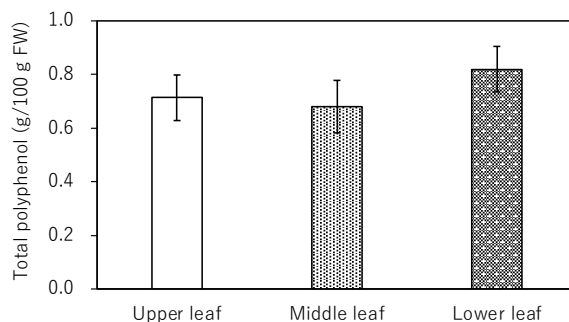


Fig. 3 Comparison of total polyphenol contents.

Data mean $\pm$ standard deviation of three independent plant leaves. The mean value of the lower leaf was the highest, but there was no significant difference between the leaf positions ($p > 0.05$).

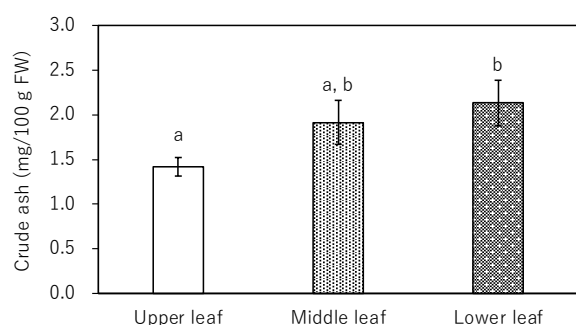


Fig. 4 Comparison of crude ash contents. Data mean $\pm$ standard deviation of three independent plant leaves. Bars with different alphabets are significantly different ($p < 0.05$).

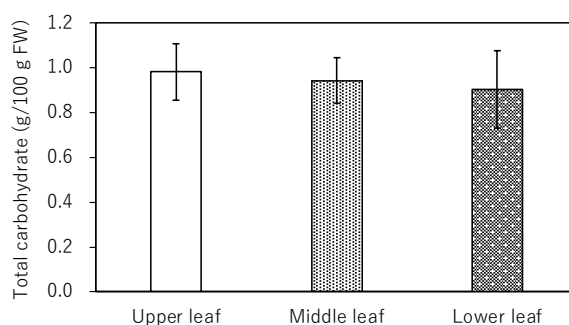


Fig. 5 Comparison of total carbohydrate contents.

Data mean $\pm$ standard deviation of three independent plant leaves. The mean value of the lower leaf was the highest, but there was no significant difference between the leaf positions ($p > 0.05$).

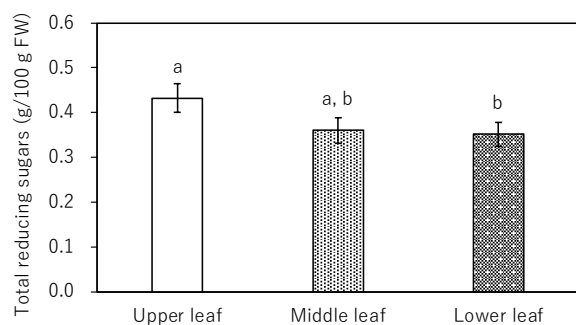


Fig. 6 Comparison of total reducing sugar contents.

Data mean $\pm$ standard deviation of three independent plant leaves. Bars with different alphabets are significantly different ($p < 0.05$).

一方で、糖質含量は、上位葉ほど多いことがわかった。糖質については、全糖と還元糖含量を測定し、いずれも上位葉が多く、還元糖については特に、上位葉と比べて下位葉で有意に含有量が減少した。(Fig. 5, 6)。

4. 考察

一般的に植物の葉は、老化に伴ってクロロフィル、タンパク質、炭水化物、脂質、核酸などの高分子有機物の分解が進んでいく。この分解物は、若い葉など他器官へと運ばれ、栄養素として利用される。

海と窪田 (2001)⁸⁾の報告から、サツマイモの品種間差はあるが、紅赤という品種においては、光合成能力を示すいくつかの指標値 (Pg: 光合成速度、Fv/Fm: PSII 最大量子収率、Tc: 炭酸固定速度) が、上位葉や中位葉と比べて、下位葉で顕著に低くなる傾向が示された⁹⁾。一方で、Kim ら (2009)⁹⁾は、サツマイモの葉位が下がるに従い、老化による活性酸素種生成を抑制するための抗酸化酵素群の活性が高まることが示された。この反応は、葉の機能維持を図るための防御機構の一種であると言われている。

また、シロイヌナズナの葉において、葉の成長に伴って変化する代謝物量を調査した結果、上位葉 (発達初期段階の葉) では、中位葉 (成熟葉) や下位葉 (老化初期段階の葉) と比べるとグルコース、フルクトース含量が多いが、スクロース含量は少ないことがわかった¹⁰⁾。また、アミノ酸に関しては、上位葉でアスパラギン酸やアラニン含量が多く、逆に分岐鎖アミノ酸と芳香族アミノ酸含量は少ないことがわかった。これらの結果から、葉位の違いで葉の生理的な役割が異なり、その葉に含まれる栄養素も大きく異なることが推測される。

本研究でのタンパク質含量の測定では、有意な差は見られなかったが、下位葉ほどタンパク質含量が多い結果となった (Fig. 2)。一般的には、葉の老化が進むほど、葉緑体に含

まれる光合成関連タンパク質が分解されはじめ、総じてタンパク質量が減少すると言われている。今回の場合、乾燥重量ではなく生鮮重量をもとに測定した結果であるため、老化に伴った水分量の減少が一つの要因ではないかと推測される。葉の発達・老化に伴った水分量の変化については、今後の検討課題である。また、サツマイモの場合、品種によっては下位葉においても老化の抑制機能が強く、光合成能を維持する品種も存在する⁸⁾。本研究で使用したサツマイモ品種ベニアズマは、下位葉でも光合成能の高い品種コガネセンガンを親に持つため、この性質を引き継いでいる可能性は考えられる。そして、葉の老化が進むに従って、葉の細胞内ではストレスに対抗するための抗酸化酵素類が増える。こうした要因も、下位葉でタンパク質含量が多かった理由ではないかと考えられる。

粗灰分について、一般的には葉中のミネラルは老化に伴って若い葉へと転流すると考えられている¹¹⁾。そのため、下位葉では粗灰分含量は他の葉位と比べると少なくなると予想したが、その逆の結果がもたらされた (Fig. 4)。粗灰分の場合も、タンパク質の場合と同様に、生鮮重量をもとに測定した点が一つの理由として考えられる。また、光合成能を維持するために、Zn、Cu、Mg、Cl といったミネラルが必要となることから、タンパク質含量に比例して粗灰分含量も下位葉で最も多くなったのではないかと考えられる。

植物におけるポリフェノールの役割は、外界からのストレスに対抗するための抗酸化物質としてや抗菌作用として働く。また、ブドウなど果実の成熟に伴って色素として蓄積する場合もある。サツマイモの葉は、ポリフェノールが多く含まれるのが特徴であるが¹⁾、葉位ごとでポリフェノール含量を比較した報告はこれまでにない。一方、お茶においては、ポリフェノールの一種であるカテキンが、中位葉で最も高くなることが報告されている¹²⁾。植物種の違いはあるが、葉位の違いとそれに伴った葉の成熟度によってポリフェノールの含有量が異なることは予想されう

る。また、ポリフェノールの蓄積は葉の老化に対する防御機構の一種とも考えられるため、老化の抑制機能が強いと推測されるベニアズマにおいては、下位葉ほど蓄積量が多くなった可能性が考えられる。

全糖質、還元糖含量については、他の栄養成分と異なり、上位葉で最も高い値を示した (Fig. 5, 6)。シロイヌナズナを使った Watanabe ら (2013)¹⁰⁾の報告によると、還元糖であるグルコース、フルクトース、マルトースは、上位葉で最も含有量が高く、葉位が下がるに従って、これらの含有量が低下することが示された。糖質の代謝は、光やストレスなどの環境条件に大きく左右することが指摘されており、葉の老化と糖質代謝の明確な関係は未だ不明な点が多いが、葉の老化に伴って全体的な糖質含量は低下するようである¹³⁾。また、一方で、Watanabe ら (2013)¹⁰⁾の報告から、大きな変化ではないが、葉の発達、老化に伴って葉内でのスクロースの蓄積が増えていくことが示された。スクロースは糖の主要な転流形態であるため、葉の成長に見合った糖代謝であると考えられる。本研究で調べた全糖質含量、還元糖含量ともに葉位が下がるに従って減少した。個々の糖の挙動まではわからないが、さつまいもの葉においてもこれまでの報告と同様に、葉の成長に従って減少する傾向が確認された。

本研究では、サツマイモ葉の葉位の違い、つまり葉の発達段階の違いで、栄養成分に差があるかを検証した。これまでに報告されてきた草本植物の結果と一致しない結果もあったが、これは本研究で使用したサツマイモ品種の特徴である可能性も考えられる。本研究で使用したベニアズマは、老化が始まった葉においても、光合成などの機能をできるだけ長く維持させるためのメカニズムが存在するのではないかと考えられる。今後は、サツマイモ品種の違いについて検討し、どのような品種、葉が栄養価として優れているのか、さらに検証を深めていきたい。

参考文献

- 1) Ishida H. Suzuno H. Sugiyama N. Innami S. Tadokoro T. Maekawa A. (2000). Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.). *Food Chemistry*, 68, 359–367.
- 2) Kurata R. Kobayashi T. Ishii T. Niimi H. Niisaka S. Kubo M. Kishimoto M. (2017). Influence of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf consumption on rat lipid metabolism. *Food Science and Technology Research*, 23, 57–62.
- 3) 財団法人いも類振興会. (2010). サツマイモ辞典. 全国農村教育協会.
- 4) Waterborg J. H. (2009). The Lowry method for protein quantitation. *The protein protocols handbook*, 7–10.
- 5) Nielsen S. S. (2010). Phenol-sulfuric acid method for total carbohydrates. *Food analysis laboratory manual*, 47–53.
- 6) Qureshi N and Manderson G. J. (1991). Ethanol production from sulfuric acid wood hydrolysate of *Pinus radiata* using free and immobilized cells of *Pichia stipites*. *Journal of Industrial Microbiology*, 117–122.
- 7) Singleton V. L. & Rossi J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- 8) 海梅栄 窪田文武. (2001). サツマイモ個葉の老化に伴う光合成、光呼吸および PSII 量子収率の変化ならびに品種間差. *九州大学大学院農学研究院学芸雑誌*, 56, 73–81.
- 9) Kim Y. H. Kim C. Y. Lee H. S. & Kwak S. S. (2009). Changes in activities of antioxidant enzymes and their gene expression during leaf development of sweetpotato. *Plant Growth Regulation*, 58, 235–241.
- 10) Watanabe M. Balazadeh S. Tohge T. Erban A. Giavalisco P. Kopka J. Mueller-Roeber B. Fernie A. R. and Hoefgen R. (2013).

Comprehensive dissection of spatiotemporal metabolic shifts in primary, secondary, and lipid metabolism during developmental senescence in *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 162, 1290-1310.

11) Himmelblau E. & Amasino R. M. (2001). Nutrients mobilized from leaves of *Arabidopsis thaliana* during leaf senescence. *Journal of plant physiology*, 158, 1317-1323.

12) Guo F. Guo Y. Wang P. Wang Y. & Ni D. (2017). Transcriptional profiling of catechins biosynthesis genes during tea plant leaf development. *Planta*, 246, 1139-1152.

13) Pandey J. K. & Biswal B. (2024). Sugar homeostasis in leaves during senescence and abiotic stress: role of cell wall polysaccharides. *Biologia*, 1-11.