

ガックフルーツ粉末の給与がコオロギの成長，成分およびカロテノイド蓄積に及ぼす影響

林義明¹⁾，本田真己²⁾，Pawat Seritrakul³⁾，Krissana Ruang-Rit³⁾，Pattaraporn Poommarin³⁾

1) 名城大学農学部

2) 名城大学理工学部

3) Silpakorn University, Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology

要旨

近年，新たなタンパク質源として昆虫が注目され，高付加価値化が求められる。そこで，飼料にカロテノイドを含むガックフルーツ粉末（GF）を添加し，コオロギ（HC）の成長と成分，リコピン（Lyc）とβ-カロテン（BC）の蓄積に及ぼす影響を調べた。基礎飼料のT1区，基礎飼料にGFを2.5%または5.0%含むT2区またはT3区を設定した。孵化2日後のHCを飼料上に静置し，孵化7日後から体重測定した。孵化52日後にHCを絶食，絶命後，凍結乾燥して未脱脂で粉碎した。飼料とHCでの成分，LycとBCの含量およびシス異性体比率を測定した。区間の体重と成分に有意差はなかった。LycとBCの含量はT3が最高，T1が最低であった。シス異性体比率はT2とT3間で差はないが，飼料に比べてHCのLycは高く，BCは低かった。GF給与はHCの成長と成分に悪影響なく，LycとBCを蓄積させ，そのシス異性体比率の変化により高付加価値化の可能性が示された。

キーワード：カロテノイド，コオロギ，ガックフルーツ，成長，シス異性体

Effects of gac fruit powder feeding on growth, chemical composition and carotenoid accumulation of crickets

Yoshiaki Hayashi¹⁾，Masaki Honda²⁾，Seritrakul Pawat³⁾，Ruang-Rit Krissana³⁾，Poommarin Pattaraporn³⁾

1) Faculty of Agriculture, Meijo University

2) Faculty of Science and Technology, Meijo University

3) Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University

Abstract

Insects have recently gained attention as a new protein resource, with a demand for higher value-added products. Therefore, the effects of supplemental gac fruit powder (GF), which contains carotenoids, feeding on the growth and composition of crickets were investigated, as well as the accumulation of lycopene (Lyc) and β-carotene (BC). Basic feed was used in T1, while T2 or T3 contained basic feed supplemented with 2.5% or 5.0% GF. Crickets were placed on the feed two days after hatching, and bodyweight was periodically measured after seven days post-hatching. After 52 days of incubation, the crickets were starved, euthanized, freeze-dried, and pulverized without defatting. The composition, the Lyc and BC content, and the Z-isomer ratio in feed and crickets were measured. No significant differences in bodyweight and composition among the groups were found. Cricket's Lyc and BC content was highest in T3 and lowest in T1. The Z-isomer ratio showed no difference between T2 and T3, though crickets had higher Lyc and lower BC than the feed. GF feeding did not adversely affect growth and composition in crickets. However, crickets accumulated Lyc and BC, and had potential for higher value-added production through changes in Z-isomer ratios.

Keywords : carotenoid, cricket, gac fruit, growth, Z-isomer

はじめに

世界における今後の人口増加と経済発展による需要増加に対応して，2051年から2060年の平均の世界での主要作物（小麦，米，トウモロコシ，大豆）の生産量は2011年から2020年の平均（基準年）に比べて1.4倍，主

要肉類（牛肉，豚肉，鳥肉）では基準年の1.5倍と予測されている¹⁾。その中で近年，食料増産に向けた食用や飼料用のタンパク質源として昆虫が注目されている²⁾。昆虫は従来のタンパク質源と代替可能とされ，動物の腸内環境改善や免疫賦活化の可能性が示されている³⁾。様々な昆虫の中でもヨーロッパイエコオロギ（House cricket, *Acheta domesticus*, HC）は既に食用等として世

界的に利用されており、植物性の飼料で飼育可能であり、産卵数が多い等の優れた能力を持ち、発育が良いことが報告されている^{4,5)}。一方、昆虫がタンパク質源として社会に受容されるためには、その利用が持続的かつ高付加価値であることが求められる。その中、一部の昆虫は飼料に含むカロテノイドを体内蓄積することが報告されている^{6,7)}。カロテノイドは人間や動物の健康増進や疾病予防への有効性が指摘されており、熱帯果物等の農産物に多く含まれる。しかし、これらの農産物の加工時にはカロテノイドを含む果皮等が大量廃棄され、カロテノイド源の有効活用や環境負荷の低減が求められている。そこで、廃棄される天然物由来のカロテノイドをアップサイクルにより昆虫に蓄積し、その昆虫をタンパク質源のみならず、カロテノイド源とすることで安価かつ有益な食料や飼料の開発が可能と考えられる。カロテノイド分子内には共役二重結合が存在し、通常、植物体内では全ての二重結合がトランス型のトランス異性体が優勢であるが、動物体内では一部の二重結合がシス型に異性化したシス異性体が豊富に存在し、体内吸収性が高いとされる。ヒトでは一部のカロテノイドでトランス異性体よりシス異性体での高い抗酸化活性が示され、異性体比率の評価が求められている。

そこで本研究では、農産物加工において廃棄される果皮等をHCの飼料として利用することを想定して、トマトの約8倍のLycやニンジンの約5倍の β -カロテン(BC)を有する⁸⁾熱帯果物ガックフルーツ(GF)の粉末をHC用飼料に添加し、その給与がHCの成長、成分、体内蓄積するカロテノイドの含量と異性体比率に及ぼす影響を食用昆虫の生産が盛んなタイにおいて実施した。

材料および方法

持続的に利用可能な昆虫としてタイ国内で流通するHCを選定し、その飼料添加物としてGF粉末を用いた。タイ国内で市販されるブロイラー用飼料(粗タンパク質:18%, 代謝エネルギー:2800 kcal/kg)を基礎飼料として、無添加給与のT1区、基礎飼料にGF粉末を2.5%または5.0%含む飼料給与のT2区またはT3区を5反復で設定した。タイ西部Phetchaburi, Cha-amに所在するFaculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn Universityにおいて、各区の飼料を含む箱(47.5 cm×98.5 cm×46.5 cm)内に紙製卵トレイを設置したう

えで、孵化2日後のHC約1万頭を各区の飼料35 gと共に収容し、試験開始8日後、13日後、17日後に各区の飼料を50 gずつ追加した。その後、試験開始45日まで7日毎に各区の飼料を1 kgずつ追加した。孵化7日後から定期的に無作為に選んだHC30頭の体重を測定した。孵化52日後にHCを24時間絶食した後、絶命させた。HC試料は凍結乾燥後に未脱脂で粉碎した。HC中の一般成分(乾物, 粗タンパク質, 粗脂肪, 粗灰分)を定法⁹⁾にて、LycとBCの含量およびシス異性体比率を順相高速液体クロマトグラフィーにて測定した^{10,11)}。試験結果の統計処理は一元配置の分散分析を行った。有意性が認められた結果は、Tukeyの多重比較検定により試験区間または測定日間の有意差を検討した。検定の有意水準は5%とした。

結果および考察

孵化52日後までの各区のHC1頭当たりの体重を図1に示す。各測定日におけるHCの体重で試験区間に有意差はなかった。測定日間のHCの体重においては、孵化28日後から有意に増加し、孵化35日後には1頭当たり100 mgを超え、孵化52日後には1頭当たりの体重が400 mg前後となった。HC1頭当たりの体重は成熟時の大きさによって多様であり、乾物で約200 mgともされる¹²⁾。HCの成分を表1に示した。乾物, 粗タンパク質,

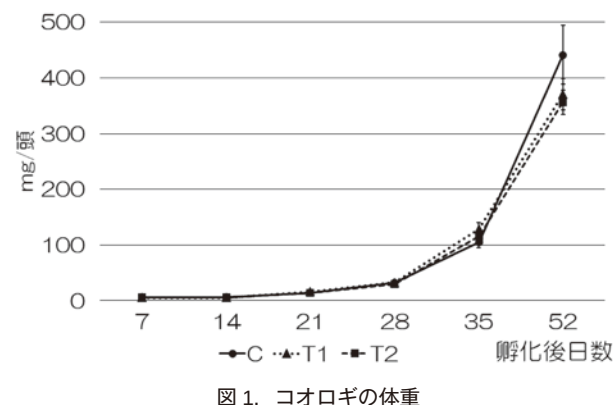


図1. コオロギの体重

表1. コオロギの成分 (%)

	T1	T2	T3	SEM	P値
乾物	29.2	28.4	29.8	1.9	0.536
粗タンパク質†	70.1	68.9	70.9	1.9	0.329
粗脂肪†	21.2	19.9	21.1	2.6	0.753
粗灰分†	6.1	6.5	6.7	0.7	0.555

† 乾物当たり, SEM: Standard error of the mean.

粗脂肪、粗灰分ともに試験区間に有意差はなかった。得られた乾物含有率から算出すると本試験におけるHC1頭当たりの体重は乾物当たり117 mg程度となった。粗タンパク質や粗灰分の含有率は既報^{13,14)}と同等であったが、粗脂肪含有率は約10%高値であり、試験に用いたHCの種類や飼料の違いによる可能性が考えられた。HCと飼料のLycとBCの含量を図2に示した。T1区のHCからLycは検出されないものの、BCは微量に検出された。いずれのカロテノイド共にHCでの含量はT3区が最高、T1区が最低であった ($P<0.05$)。飼料と比較した場合、HCではLyc含量が低い、BC含量は高く、異なるカロテノイドにおけるHCでの蓄積量の違いが示された。HCと飼料でのカロテノイドのシス異性体比率を図3に示した。HCのシス異性体比率は飼料に比べてLycが高い一方、BCは低かった。HCにおける異なるカロテノイドの利用性または代謝の相違が示唆された。

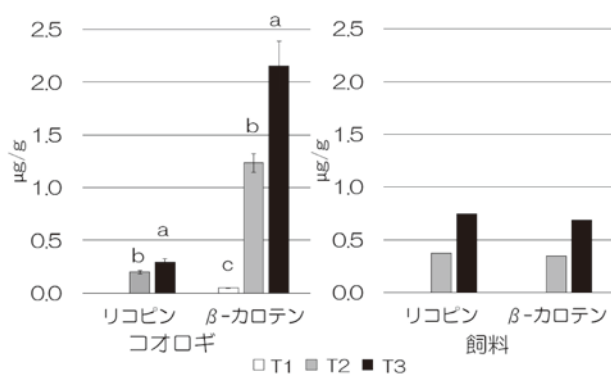


図2. コオロギと飼料でのカロテノイド含量
abc 各項目における異符号間に有意差あり ($P<0.05$)

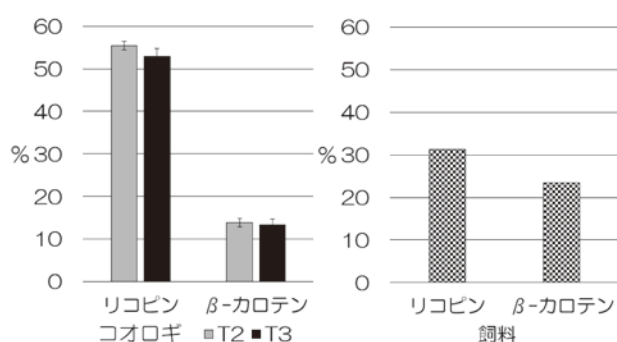


図3. コオロギと飼料でのカロテノイドのシス異性体比率

今後はHCへのカロテノイド蓄積量の増加に向けた方策や、食料や飼料としての適切な生産方法の検討が必要である。

謝辞

本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金（基盤研究（C）24K09216）および2024年度名城大学インターナショナル教育研究センターのインターナショナル研究公募型プロジェクトによる研究助成を受けた。ここに感謝する。

参考文献

- 1) 農林水産省（2025）2060年にかけての世界の超長期食料需給見通し。世界食料モデルによる2019～2060年の食料需給予測結果。農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室。[cited 22 September 2025]. Available from URL: https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/attach/pdf/index-13.pdf
- 2) 農林水産省（2024）フードテックをめぐる状況。大臣官房新事業・食品産業部。[cited 22 September 2025]. Available from URL: <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sosyutu/attach/pdf/meguji.pdf>
- 3) van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, et al. (2013) Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171, FAO, Rome, Italy.
- 4) Cortes Ortiz JA, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, et al. (2016) Insect mass production technologies. In: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG (eds), *Insects as sustainable food ingredients*, pp. 153–201. Academic Press, London, UK.
- 5) Mott G. (2018) Operational and biological considerations for the commercial production of crickets. In: van Huis, Tomberlin JK (eds), *Insects as Food and Feed: From Production to Consumption*, pp. 270–289. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- 6) Borel P, Hammaz F, Morand-Laffargue L, et al. (2021) “Using black soldier fly larvae reared on fruits and vegetables waste as a sustainable dietary source of provitamin a carotenoids”, *Food Chemistry* 359, 129911.
- 7) Honda M, Hirota K, Zhang Y, et al. (2023) “Effect of astaxanthin isomer supplementation on their accumulation in edible orthopterans: migratory locusts and two-spotted crickets”, *Journal of Insects as Food and Feed* 9, 955–964.
- 8) Chuyen HV, Nguyen MH, Roach PD, et al. (2015) “Gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng.): a rich source of bioactive compounds and its potential health benefits”, *International Journal of Food Science and Technology* 50, 567–577.
- 9) Association of the Official Analytical Chemists. (2016) Official Methods of Analysis of AOAC International - 20th edition. Washington, DC.
- 10) Honda M, Kawana T, Takehara M, et al. (2015) “Enhanced E/Z isomerization of (all-E)-lycopene by employing iron (III) chloride as a catalyst”, *Journal of Food Science* 80, C1453–C1459.
- 11) Honda M, Murakami K, Watanabe Y, et al. (2017) “The E/

- Z* isomer ratio of lycopene in foods and effect of heating with edible oils and fats on isomerization of (all-*E*)-lycopene”, *European Journal of Lipid Science and Technology* 119, 1600389.
- 12) Mito T, Ishimaru Y, Watanabe T, et al. (2022) “Cricket: The third domesticated insect”, *Current Topics in Developmental Biology* 147, 291–306.
- 13) Williams JP, Williams JR, Kirabo A, et al. (2016) Nutrient content and health benefits of insects. In: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG (eds), *Insects as sustainable food ingredients*, pp. 61–84. Academic Press, London, UK.
- 14) Udomsil N, Imsoonthornruksa S, Gosalawit C, et al. (2019) “Nutritional values and functional properties of house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*)”, *Food Science and Technology Research* 25, 597–605.