

〔研究ノート〕

# 標高の異なる産地のグリーンナッツ (プルケネティア種種実) 圧搾油の理化学的特性について

竹山恵美子・国井あずさ・小菅理恵子・小室知葉・  
澤田亜美・新海シズ・福島正子

Physicochemical Properties of Green Nut Oils Made from *Plukenetia* sp.  
Cultivated at Different Elevations

Emiko TAKEYAMA, Azusa KUNII, Rieko KOSUGE, Tomoyo KOMURO,  
Ami SAWADA, Shizu SHINKAI and Masako FUKUSHIMA

Green nuts are the fruiting bodies of members of the genus *Plukenetia*, which is endemic to the tropical rainforests of Peru and cultivated in tropical rainforests elsewhere. The fruit contains seeds from which green nut oil, also known as Inca Inchi oil, can be extracted by cold pressing. Since the elevation of the tropical rainforests in Peru extend from 400 to 2000 m, it is possible that the fats and oils yielded by seeds of *Plukenetia* species may differ according to the elevation at which they are cultivated. We therefore investigated the physicochemical properties of the fats and oils extracted from green nuts cultivated at mean elevations of 400 to 500 m and at 1600 m. The aim of the study is to identify additional uses for these fats and oils and to explore more effective means of consuming the fatty acids they contain. The results showed that, compared to green nuts cultivated at high-elevation sites, those cultivated at low-elevation sites contained lower levels of  $\alpha$ -linolenic acid and higher levels of  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol and polyphenols, which protect the oils against oxidation. In addition, the nuts harvested at lower elevations exhibited greater resistance to heating and UV exposure. Thus, oil extracted from the seeds of green nuts harvested from low-elevation sites has superior culinary and storage characteristics.

*Key words:* green nut oil (グリーンナッツオイル), peroxide value (PV) (過酸化値), carbonyl value (CV) (カルボニル値), fatty acid (脂肪酸), tocopherol (トコフェロール)

## I. 緒 言

グリーンナッツの栽培及び製品の開発は 2008 年以降、JICA 草の根技術協力事業の一環として、NPO 法人とペルー国立ウカヤリ大学との共同で進められてきた。グリーンナッツは熱帯雨林地帯に自生または栽培されているプルケネティア種の植物の種子で、これを圧搾抽出したものがグリーンナッツオイル（インカインチオイルともいう）である。現在日本でもアマニ油やエゴマ油と並び、n-3 系脂肪酸を豊富に含む油脂として市場に出回り始めている。

一方、グリーンナッツオイルに関しては高い抗酸化性と DNA の酸化損傷を抑制する効果が示唆されている<sup>1)</sup>が、それ以外の特性に関する研究は極めて少ない。

ペルーの熱帯雨林地帯は標高 400~2000 m と高度差が大きい。したがって産地によってプルケネティア種の種子から得られる油脂の成分も異なる可能性が高い。油脂のより適切な使用と脂肪酸等の効率的摂取をはかる目的で、平均 400~500 m 付近で採取されたグリーンナッツとおよそ標高 1600 m 地帯で採取されたグリーンナッツから抽出した油脂の理

化学的特性について検討した。

## II. 実験方法

### 1. 試料及び試料調製

低地性及び高地性グリーンナッツ（プルケネティア種実）圧搾油（以後低地性 GNO, 高地性 GNO と称す）は NPO 法人アルコイリスより入手したものをを用いた。

紫外線照射油は油を直径 9 cm のペトリ皿に各々 12.5 g 秤取し、それぞれ 5, 10, 15, 20, 25 時間グリーンベンチ内で紫外線 (254 nm · GL15, TOSHIBA Co.) 照射したものをを用いた。照射した紫外線は  $240 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  であった。加熱油は各油を各々 55 g 量り、試料の深さを 2 mm とし、テフロン加工の直径 27 cm のフライパンを使用し電気コンロを用いて、80, 100, 120, 140, 160, 180°C で 10 分間加熱した。油の温度測定には熱電対 (YOKOGAWA TX10-03) を使用した。

### 2. 試薬

高速液体クロマトグラフィー (HPLC) の標品として、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -トコフェロールはエーザイ(株)製のものを、移動相は酢酸, 2-プロパノール, n-ヘキサン混液 5:6:1000 v/v/v を用いた。ガスクロマトグラフィー (GC) 分析のメチル化には 0.5 mol/L ナトリウムメトキシド試薬, 内部標準溶液には奇数炭素鎖のウンデカン酸 ( $\text{C}_{11:0}$ ) メチルエステル (東京化成工業(株)製) を用いた。また、標準の脂肪酸は、パルミチン酸, ステアリン酸 (SIGMA-ALDRICH 製), オレイン酸, リノール酸,  $\alpha$ -リノレン酸 (和光純薬工業(株)製) の各メチルエステル化標準品をアセトンに溶解したものをを用いた。過酸化価 (PV) 測定にはチオ硫酸ナトリウム, ヨウ化カリウム, でん粉指示薬, カルボニル価 (CV) 測定には 1-ブタノール, Trance-2-デセナール, 2,4-ジニトロフェニールヒドラジン, 水酸化カリウム, 塩酸を用いた。

### 3. 器具及び装置

HPLC は L-2130, HITACHI, カラムは Senshu Pak PEGASIL Silica 60-5 (4.6  $\Phi$  × 250 mm) 及び同

種のプレカラム (4.6  $\Phi$  × 30 mm), GC は GC-4000 型 (GL サイエンス(株)), カラム INERTCAP PURE WAX, 0.25 mm × 30 m を用いた。

### 4. 分析方法

トコフェロールは HPLC により分析した。試料は各加熱油脂を n-ヘキサンで一定量に溶解したものをメンブランフィルター (DISMIC-13 HP, 0.20  $\mu\text{m}$ ) に通し, 流速 1.0 ml/min., カラム温度 40°C, 蛍光検出器により, 励起波長 298 nm, 蛍光波長 325 nm で測定した。

ポリフェノール量はフォリン・デニス法<sup>2)</sup>により測定した。PV は日本油化学協会法<sup>3)</sup>, CV の測定はデセナールを用いてブタノール法<sup>4)</sup>により行った。

脂肪酸はメチルエステル化した後, GC で定量した。カラム流量 (He ガス) 1.20 ml/min., スプリット比 50:1, 温度は昇温法 (70°C ~ 15°C/min. → 190°C 5分保持 → 4°C/min. → 240°C 20分保持) により分析した。また, 脂肪酸の確認は GC-MS (JEOL JMS-AX500 型) により, GC と同種のカラムを用い, インジェクター及びセパレーター温度 250°C EI 法で行った。

### 5. 検定方法

有意差検定は SPSS を用い 1-way-ANOVA, Dunnett 検定により行った。有意水準は 5% とした。

## III. 結果及び考察

図 1 に標高 500 m 未満の地帯で採取されたグリーンナッツから抽出した GNO (低地性) と標高 1600 m 付近のアマソネス州で採取された GNO (高地性) の脂肪酸組成を示した。高地性の方が低地性より  $\alpha$ -リノレン酸の含有率がわずかに高かった。高地と低地の標高差は 1100 m 前後で, 高地は低地より気温は 6.6°C 以上低いと推測される。射場ら<sup>5)</sup>は気温を 25°C から 15°C に下げて栽培したタバコの野生株においてトリエン脂肪酸が 10% 程度増加したと報告している。また Ricardo<sup>6)</sup> はチア種子の場合, 標高 1600 ~ 2000 m では 48 m 付近で育った種子より  $\alpha$ -リノレン酸の含有量が数% 程度高かったが, 2200 m

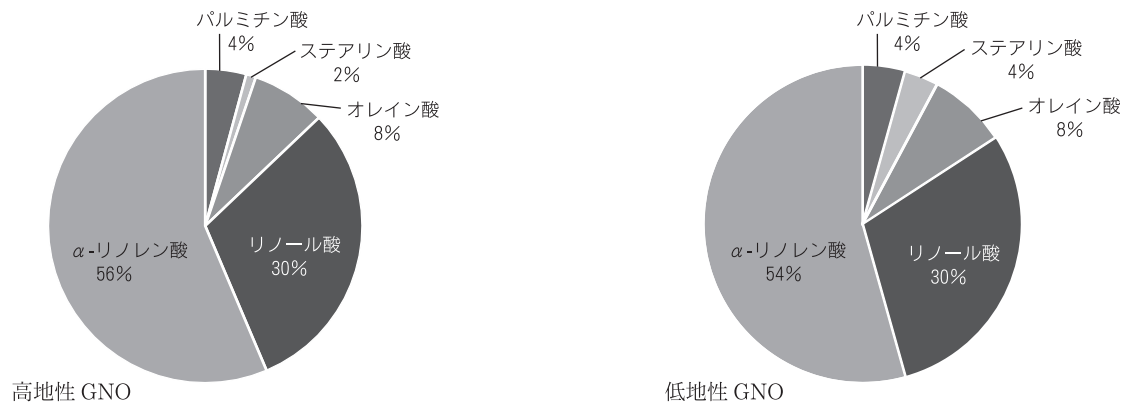


図1 高地性及び低地性 GNO の脂肪酸組成

付近になると低くなったと報告している。Pritchard ら<sup>7)</sup>はオーストラリア産カノーラ油の場合成長期の温度が低く多雨の時育った種子はα-リノレン酸含有量が高かったと報告している。アマソネス州は標高 1500~2000 m で熱帯性気候と山岳地帯の気候を併せ持つ温暖多雨な地帯である。α-リノレン酸含有率が高地性グリーンナッツでわずかに高かったのは、ペルー地方による気温と湿度等の差が関係しているものと推測された。

図2にα, β, γ, δ-トコフェロール含有量を示した。いずれのトコフェロールも、高地性より低地性の方が高かった。トコフェロールは植物が過剰な太陽光など厳しい気候条件下に置かれた時産生されやすい活性酸素から植物自身を守るためにつくられる物質の一種であり、熱帯雨林低地と高地との環境条件の違いが含有量に影響していると推測された。

図3にポリフェノール含有量を示した。ポリフェノールもトコフェロール同様、活性酸素等から植物自身を守るための物質の一種である。ポリフェノールは、低地の方が高地のグリーンナッツより高い値を示した。

図4に低地性と高地性 GNO を 80°C~180°C, 10 分間加熱した時の PV と CV を示した。140°C 未満の加熱では低地性の PV が低く、140°C を超えると低地性の方が高地性より高くなった。一方 CV は 140°C までは低地性の方が有意に低かったが、それ以上になると低地性の CV の方が高くなった。低地性と高地性の PV が 140°C 付近で逆転したのは、過酸化物が分解されカルボニル化合物へと移行したた

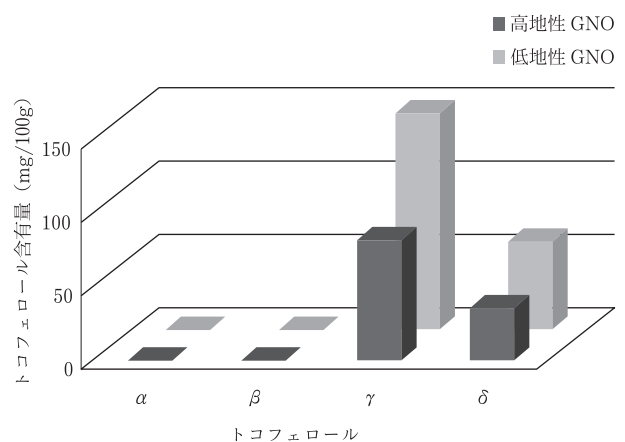


図2 高地性及び低地性 GNO のトコフェロール含有量

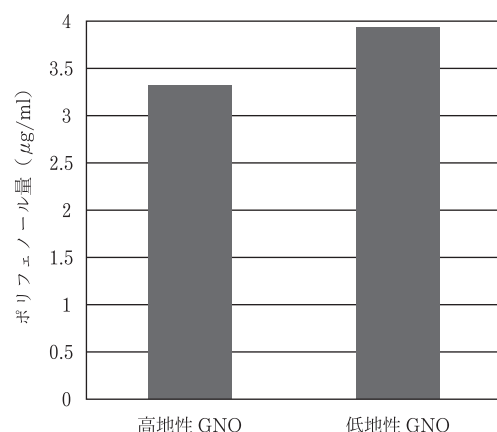


図3 高地性及び低地性 GNO のポリフェノール含有量

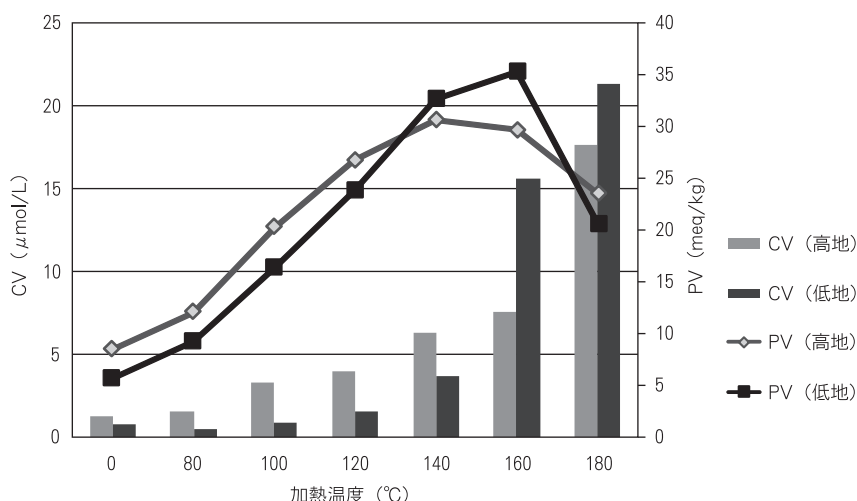


図4 高地性及び低地性 GNO の加熱による PV と CV の変化

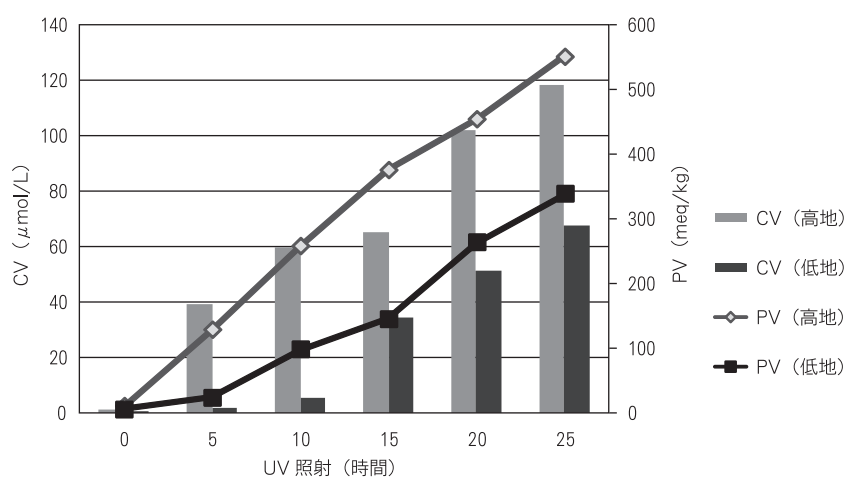


図5 高地性及び低地性 GNO の紫外線照射による PV と CV の変化

めと考えられる。一方 CV が 140°C を超えると高地性より低地性で高くなったのは、高地性 GNO のカルボニル化合物は分解がさらに進んだ可能性が考えられるが、この件に関しては引き続き検討したい。

図5に紫外線を5~25時間照射した時の GNO の PV と CV を示した。いずれも紫外線照射時間とともに高くなり、また PV, CV とともに低地性が低く、高地性 GNO の方が高くなった。なお、紫外線照射5~10時間は2000 Lux の蛍光灯を1週間照射した時の PV と CV と同程度の値を示し、10~15時間照射は2週間2000 Lux の蛍光灯を照射した時と同程度の PV と CV を示した。

図6に高地性 GNO を 80°C ~180°C まで 20°C 間

隔で各10分間加熱した時の脂肪酸含有量を示した。 $\alpha$ -リノレン酸は非加熱に比べ80°C加熱以降で有意に減少し、リノール酸は160°C以上の加熱で有意に減少した。

図7に低地性 GNO を 80°C ~180°C, 20°C 間隔で10分間加熱した時の脂肪酸含有量を示した。 $\alpha$ -リノレン酸は140°C以上、リノール酸は180°Cで有意に減少したが、そのほかの脂肪酸には大きな変化は認められなかった。低地性の GNO の脂肪酸は高地性の GNO より熱安定性が高いと考えられる。

以上のことから、低地の熱帯雨林で生産されるグリーンナッツオイルは高地性に比べ $\alpha$ -リノレン酸含有率は低いが、油脂を酸化から守る $\gamma$ 及び $\delta$ -ト

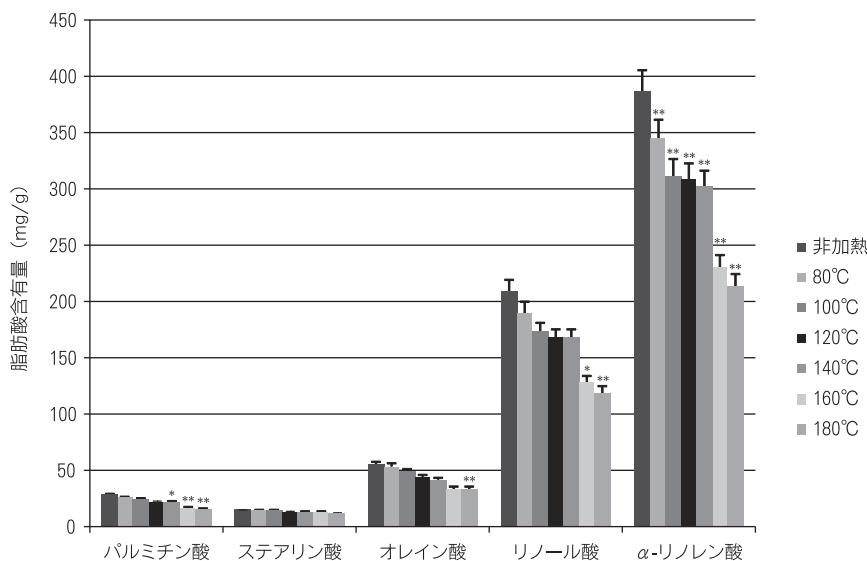


図6 高地性 GNO の加熱による脂肪酸含有量の変化

Data: mean±SD (n=6). 有意差: one-way ANOVA and Dunnett's test.  
\*\*  $p < 0.01$  or \*  $p < 0.05$ : 非加熱との有意差

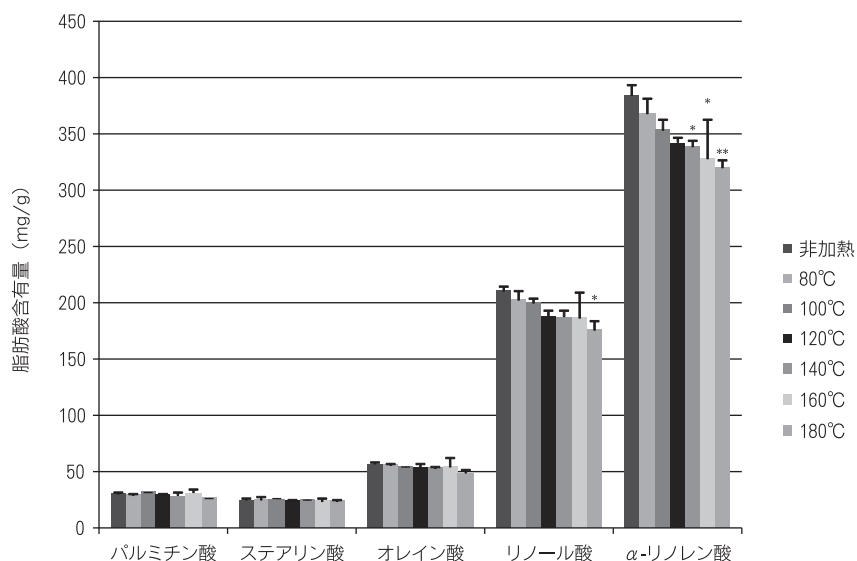


図7 低地性 GNO の加熱による脂肪酸含有量の変化

Data: mean±SD (n=6). 有意差: one-way ANOVA and Dunnett's test.  
\*\*  $p < 0.01$  or \*  $p < 0.05$ : 非加熱との有意差

コフェロールとポリフェノールを多く含み、加熱及び紫外線に対する抵抗性は高いことが示唆された。よって低地性のグリーンナッツオイルの方が調理特性と保存性において優れていると考えられる。

本研究を進めるにあたり、グリーンナッツオイルをご提供いただきました NPO 法人アルコイリスの大橋則久氏に感謝申し上げます。また、実験にご協力いただいた

平成 23・24 年度当研究室の卒業研究生の皆様に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 福島正子, 竹山恵美子, 志賀清悟, 竹内征夫, 小林哲幸: グリーンナッツオイル摂取による酸化ストレスバイオマーカーの低下作用, 脂質栄養学, 19(1), 111-119 (2010).

- 2) 金谷建一郎:「ポリフェノール類」新・食品分析法(Ⅱ), 光琳(東京), pp. 68-79 (2006).
- 3) 日本油化学会編:「基準油脂分析試験法 2003年版」, 過酸化値, 2.4-1996 (2003).
- 4) 日本油化学会編:「基準油脂分析試験法 2003年版」, カルボニル値(1-ブタノール法), 13-2003 (2003).
- 5) 射場厚, 児玉浩明:  $\omega$ 3 脂肪酸デサチュラーゼ遺伝子と高等植物における低温適応能力の向上, 蛋白質 核酸 酵素, **39**(16), 2803-2813 (1994).
- 6) Ricardo Ayerza: Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two Chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **87**, 1162-1165 (2010).
- 7) Pritchard F. M., Eagles H. A., Norton R. M., Salisbury P. A., Nicolas M.: Environmental effects on seed composition of Victorian canola, *Aust. J. Exp. Agric.*, **40**, 679-685 (2000).

(たけやま えみこ 管理栄養学科)

(くにい あずさ 平成 22 年度生活科学科卒業生)

(こすげ りえこ 平成 22 年度生活科学科卒業生)

(こむろ ともよ 平成 22 年度生活科学科卒業生)

(さわだ あみ 平成 22 年度生活科学科卒業生)

(しんかい しず 飯田女子短期大学, 平成 21 年度生活  
機構研究科生活科学研究専攻修了生)

(ふくしま まさこ 健康デザイン学科)