

〈資料〉

## 長野県北部産ブナ堅果のアミノ酸組成, 脂肪酸組成, トコフェロール含量

高崎禎子\*・竹内祥恵・井田秀行

**Amino acid composition, fatty acid composition and tocopherol contents of beechnuts (seeds of *Fagus crenata*) from the northern Nagano Prefecture.** Sadako TAKASAKI\*, Sachie TAKEUCHI and Hideyuki IIDA (Faculty of Education, Shinshu University, Nagano 380-8544, Japan. \*E-mail: takasaki@shinshu-u.ac.jp) *Bulletin of the Institute of Nature Education in Shiga Heights, Shinshu University* 54: 21-24 (2017).

The total amino acid content of the embryos was 200.2mg/g, including glutamic acid (23.6%), arginine (13.2%), and aspartic acid (11.5%). Most of the fatty acid contents comprised oleic acid (47.9%) and linoleic acid (33.9%). The contents of  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherols (as vitamin E, with high oxidative stability) were 0.209mg/g and 0.249mg/g, respectively, suggesting the high oxidative stability of beech seeds.

**Keywords:** beech seed, *Fagus crenata*, amino acid composition, fatty acid composition, tocopherol

ブナ堅果の胚のアミノ酸組成, 脂肪酸組成, トコフェロール含量を調べた。総アミノ酸総量は200.2 mg/gで, グルタミン酸 (23.6%), アルギニン (13.2%), アスパラギン酸 (11.5%) が多く, うま味成分が豊富である。脂肪酸組成ではオレイン酸 (47.9%) とリノール酸 (33.9%) の割合が大きく, クルミに比べ多価不飽和脂肪酸の存在量が少なかった。ビタミンEとして抗酸化力の高い $\gamma$ -、 $\delta$ -トコフェロールをそれぞれ0.209mg/g, 0.249mg/g含有していた。この結果はブナ堅果が高い酸化安定性を有することを示唆する。

キーワード: ブナ堅果, ブナ, アミノ酸組成, 脂肪酸組成, トコフェロール

### はじめに

欧米では古くからブナ堅果は食用とされており (Woods and Merrill 1899; König 1904), とりわけドイツでは食肉用の豚の飼料として重要な資源でもあった (Heiduschka and Roser 1922)。我が国でもかつては, ブナが多く自生する地域で嗜好食品としてブナ堅果が利用され (岩田 1943), 本研究の堅果試料採集地である長野県飯山市でも, 地域住民からの聞き取りによれば, 少なくとも昭和初期頃まではその豊作時は自家消費されていたという。最近では, 飯山市内の道の駅の地場産作物とともに堅果やその新芽 (当年生実生) が少量だが豊作年の秋限定で店頭に並ぶこともある。

ブナの結実特性は, それを食物資源とする動物の個体群動態や行動様式に大きな影響を及ぼす。近年, 各地で社会的に大きな問題となっているニホンツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* の人里への大

量出没は, ブナ凶作年に多発する傾向があることが指摘されている (Oka *et al.* 2004)。ブナ堅果における脂質含量の多さは, ブナ林を中心に生息するニホンツキノワグマ (以下, ツキノワグマ) の繁殖成功に関与している可能性がある。ツキノワグマは初夏に交尾期があり, 冬眠に入る頃に遅れて着床が起こると考えられており (坪田ら 1998), 同じく着床遅延の特性を持つアメリカクロクマ *Ursus americanus* の場合, 冬眠前に脂肪分が多く蓄えられるかどうかで着床成功率が決まるという (Harlow *et al.* 2002)。ブナ堅果の豊作時, ツキノワグマはそれに大きく嗜好性を示す (吉田ら 2013)。さらに, 冬眠前の雌ツキノワグマには脂肪を効率的に蓄積するメカニズムが存在することが示唆されている (加味根ら 2010)。

これらのことから, 野生動物の生態にブナ堅果の成分が重要な役割を果たしていると考えられる。ブナ堅果の栄養成分 (水分, 炭水化物, 蛋白質, 脂質, 灰分) および脂肪酸組成に関してはこれまでに菅原 (1972), 藤原 (1982), 松山 (1982) により報告さ

れているものの、詳細は不明な部分が多い。

以上のような背景から、著者ら（井田ら 2017）は最近、長野県北部産のブナ堅果の器官構成と一般成分を調べて報告した。多くの動物種が食物資源とするブナ堅果の生態系での機能を解明するためには、その成分組成をさらに詳細に把握しておくことが不可欠である。そこで本研究では、ブナ堅果（ブナ胚）のアミノ酸組成、脂肪酸組成、ビタミンE（トコフェロール類）の存在量について明らかにする。なお、本稿で分析対象としたのはブナ胚であり、これは、ブナ堅果の堅い殻（外果皮）と薄い渋皮（種皮）を取り除いた器官（幼根を含む子葉）を指している。

## 材料と方法

### 試料

試料に用いたブナ堅果は、井田ら（2017）の分析用に2013年11月1日に採取した長野県飯山市鍋倉山産のものである。付近のブナ林の林分構造については井田ら（2017）が詳述している。採取翌日、健全なものを水選し、その後12月4日まで約1ヶ月間、天日干しにより風乾した。以降、分析に使用するまでは密閉容器に入れて室内で保管した。井田ら（2017）によると、ブナ胚の成分は水分6.3%、蛋白質22.7%、脂質49.9%、炭水化物17.3%、灰分3.8%であり、熱量609kcal/100gであった。

### 成分分析

ブナ胚のアミノ酸組成、脂肪酸組成の分析は、約100gのブナ胚を試料とし、長野県工業技術総合センターにおいて次の方法で行った。全アミノ酸の分析用試料は、ブナ胚を6N塩酸を用いて110°Cで22時間加水分解を行い、塩酸を除いた後、0.02N塩酸に溶解して調製した。さらにアミノ酸分析装置を用いてニンヒドリン発色法により分析した。脂肪酸組成は、試料からヘキサンにより振とう抽出した成分を、水酸化ナトリウムのメタノール溶液で加水分解し、三フッ化ホウ素メタノール錯体でエステル化した後、ガスクロマトグラフにより分析した。

トコフェロール類は、約20gのブナ胚を試料とし、一般財団法人日本分析センターにおいて、けん化後、不けん化物を抽出分離し、蛍光分光光度計を備えた高速液体クロマトグラフィーにより $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -、 $\delta$ -トコフェロールを分別定量した。

Table 1 Amino acid composition of beech (*Fagus crenata*) embryos.

Amino acid	mg/g	%
Glutamic acid	47.20	23.58
Arginine	26.49	13.23
Aspartic acid	23.07	11.52
Leucine	18.48	9.23
Phenylalanine	10.46	5.22
Valine	9.17	4.58
Glycine	9.01	4.50
Serine	8.95	4.47
Alanine	8.62	4.30
Isoleucine	7.47	3.73
Lysine	7.07	3.53
Tyrosine	5.80	2.90
Threonine	5.54	2.77
Histidine	5.16	2.58
Cystine	4.68	2.34
Proline	2.24	1.12
Methionine	0.57	0.29
GABA	0.16	0.08
Ornithine	0.07	0.03
Total	200.20	100.00

## 結果および考察

### 1 アミノ酸組成

アミノ酸分析の結果をTable 1に示す。ブナ胚の総アミノ酸総量は20.0g/100gで、クルミの14.9gに比べ、1.3倍のアミノ酸を含んでいた。ブナ胚はうま味を呈するグルタミン酸含量が4,720mg (23.59%)と最も多く、「日本食品標準成分表2015年版（七訂）アミノ酸成分表編」（文部科学省、[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/syokuhinseibun/1365450.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365450.htm), 2017年1月27日最終確認）に記載されているクルミに比べると1.6倍量含まれていた。次いでアルギニン含量は、クルミの1.2倍の2,650mg (13.24%)であった。また、ブナ胚には、グルタミン酸同様にうま味を呈するアミノ酸であるアスパラギン酸がクルミに比の1.4倍の2,310mg (11.54%)含まれており、うま味成分の豊富な組成であった。

蛋白質の栄養価は、含まれる必須アミノ酸のバランスと量により異なってくる。この蛋白質の栄養価を評価する方法の一つに、WHO/FAO/UNU（世界保健機構/国際連合食糧農業機関/国連大学）合同委員会が発表したアミノ酸評定パターンと当該蛋白質の必須アミノ酸を比較して算出されたアミノ酸ス

Table 2 Fatty acid composition (percentage of total fatty acids) of beech (*Fagus crenata*) embryos.

Fatty acid	%
Oleic acid	47.9
Linoleic acid	33.9
Palmitic acid	7.1
Eicosenoic acid	4.8
Stearic acid	2.7
$\alpha$ -Linolenic acid	1.9
Docosanoic acid	0.6
Arachidic acid	0.5
Docosenoic acid	0.4
Palmitoleic acid	0.2
Total	100.0

コアを検討する方法がある。ブナ胚の制限アミノ酸はリジンでアミノ酸スコアは46であり、栄養価は低い。クルミ、マツの実、アーモンドなどの木の実のアミノ酸組成を「日本食品標準成分表2015年版（七訂）アミノ酸成分表編」（既出）で調べると、いずれも制限アミノ酸はリジンで、アミノ酸スコアは62, 81, 67であり、ブナ胚はそれらよりも低い値であった。

## 2 脂肪酸組成

ブナ胚の脂肪酸組成を調べた結果を Table 2 に示す。10種類の脂肪酸が同定され、このうちオレイン酸が47.9%と最大を占め、次いでリノール酸を33.9%含有しており、 $\alpha$ -リノレン酸は1.9%であった。クルミ（いり）は、オレイン酸15.0%、リノール酸61.3%、 $\alpha$ -リノレン酸13.5%である（出典「日本食品標準成分表2015年版（七訂）脂肪酸組成編」、既出）。一般に、一価不飽和脂肪酸であるオレイン酸は他の脂肪酸に比べ酸化しにくく、一方、多価不飽和脂肪酸のリノール酸、 $\alpha$ -リノレン酸は酸化しやすいため、クルミ胚に比べブナ胚の脂肪酸組成は、酸化されにくい組成であることが明らかとなった。Heiduschka and Roser (1922) によると、ヨーロッパブナのオレイン酸の割合は76.7%であり、今回調べたブナよりも高い。一方でリノール酸の割合は9.19%で今回の長野県飯山市鍋倉山産ブナの方が高かった。菅原 (1972) の報告では、オレイン酸が77%、ついでリノール酸が9%、パルミチン酸5%、ステアリン酸4%、リノレン酸が0.4%であり、今回の結果と大きく異なっており、品種、産地の違いも含め精査が必要である。

## 3 トコフェロール類の分別定量

ブナ胚中のトコフェロール類の分別定量結果の報告例はこれまでになく、本稿が初記載である。ブナ胚には、 $\gamma$ -トコフェロールが0.209mg/g、 $\delta$ -トコフェロールが0.249mg/g 含まれていたが、 $\alpha$ -トコフェロールと $\beta$ -トコフェロールは検出されなかった（定量下限 0.001mg/g）。小野 (2012) によると、トコフェロールの抗酸化力は $\alpha < \beta < \gamma < \delta$ の順で高くなることから、 $\gamma$ -と $\delta$ -トコフェロールで構成されるブナの抗酸化力は高いことが推察される。市販のクルミ（いり）の $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -、 $\delta$ -トコフェロールは100g当たり、それぞれ1.2mg, 0.1mg, 23.6mg, 2.6mg（出典「日本食品標準成分表2015年版（七訂）」、既出）であったのに対し、ブナ胚の $\delta$ -トコフェロールの含量はクルミの9.5倍であり特に多く含まれることが明らかとなった。

今回、分析に用いたブナ胚は49.9%の脂質を含んでいるので、ブナ胚の抽出油100gに対する $\gamma$ -トコフェロールと $\delta$ -トコフェロールの含有量はそれぞれ41.9mgと49.9mgとなる。食品油100g中の $\alpha$ -、 $\beta$ -、 $\gamma$ -、 $\delta$ -トコフェロール含量mg（福田ら2003）と比較すると、 $\gamma$ -トコフェロールは、サラダ油で43.0mg、シソの実油で42.3mgとブナ胚抽出油と同量程度含まれるものがあるが、 $\delta$ -トコフェロールの含有量は、マカデミアナッツ油が13.6mg、クルミ油が5.2mg、アーモンド油が1.0mg、サラダ油が8.9mgであり、ブナ胚抽出油においては、顕著に高い値を示していた。 $\delta$ -トコフェロール含有量が多い食品として大豆20.8mg/100gが知られているが、ブナ胚には、高い酸化安定性を有する $\delta$ -トコフェロール含量が特に多いことが明らかとなった。

ビタミンEを含む抗酸化剤には、ヒトの精子を活性酸素から防御することでその運動能の質を改善し、人工授精や体外受精の際の受精率を向上させる可能性があることを谷口ら (2010) は述べている。先述のように着床遅延の繁殖特性を持つツキノワグマにおいて、ヒトの例を単純に当てはめることはできないものの、ブナ堅果の抗酸化力の高さがツキノワグマの交尾後の精子の質や受精率の向上に寄与している可能性はある。こうした生理機能については検討の余地が多く残される。

一方、ビタミンE効力は $\alpha$ が最も高く、 $\beta$ がその1/4、 $\gamma$ は1/20、 $\delta$ は1/1000とされることから（美濃1988）、 $\alpha$ -および $\beta$ -トコフェロールをほと

んど含まなかったブナ胚の生体内でのビタミンE効力は小さいと考えられた。

以上のように、ブナ胚の酸化安定性が高い理由としては、トコフェノールのうち $\gamma$ -、 $\delta$ -含量が多いことと、オレイン酸含量が高く、リノール酸、リノレン酸の多価不飽和脂肪酸が少ない脂肪酸組成をもつことによるものと推定される。本研究から、ブナは酸化安定性の高い堅果を生産する樹種であることが明らかとなった。

### 謝辞

本稿の執筆にあたっては、平成26, 27, 28年度信州大学COC事業(文部科学省地(知)の拠点整備事業)『信州アカデミア』地域志向研究支援の助成を受けました。

また、本研究を実施するにあたり、ブナ堅果採集にご協力いただきました長野県シニア大学32期生「おせっかいグループ」の皆様および信州大学教育学部学生諸氏、試料分析にご協力いただきました長野県工業技術総合センターおよび一般財団法人日本分析センター、資料整理にご協力いただきました信州大学教育学部の原田佳一氏、有益なご助言を数多くいただきました同学部の福田典子氏、蛭田直氏、白神晃子氏には厚く御礼を申し上げます。

### 引用文献

- 福田靖子・柴田靖史・熊崎稔子(2003) TGを用いた食用油(種子系・ナッツ系)の酸化安定性およびナッツ系油の官能検査. 名古屋女大紀家政・自然 **49**: 117-123
- 藤原滝雄(1982) ブナ科植物の果実(堅果)の成分と味について. 香川生物 **10**: 25-28
- Harlow HJ, Lohuis T, Grogan RG, Beck TDI (2002) Body mass and lipid changes by hibernating reproductive and nonreproductive black bears (*Ursus americanus*). J Mammal **83**: 1020-1025
- Heiduschka A, Roser P (1922) Über die Zusammensetzung des buchenkernöles (Oleum fagi silvaticae). J fuer Praktische Chemie **104**: 137-159
- 井田秀行・竹内祥恵・高崎禎子(2017) 豪雪中山間地に

- おけるブナ堅果の生産量と成分特性からみた特産物としての有用性. 日林誌 **99**: 10-17
- 岩田久敬(1943) 山林樹實類の飼料化試験(第13報) ブナ實の飼料価値. 日畜会報 **15**: 139-145
- 加味根あかり・下鶴倫人・坪田敏男(2010) ニホンツキノワグマにおける冬眠前の脂肪蓄積メカニズム. 獣畜新報 **63**: 367-370
- König J (1904) Chemie der menschlichen nahrungs- und genussmittel II. Band. Verlag von Julius Springer
- 松山利夫(1982) ものと文化の歴史「木の実」. 47pp, 法政大学出版局, 東京
- 美濃 真・玉井 浩・安田和人・山田智恵子・五十嵐脩・林真粧美・平原文子・勝井五一郎・貴島静正(1988) ビタミンE同族体生物活性の比較検討: 脂溶性ビタミン研究委員会, 小委員会報告. ビタミン **62**: 241-246
- Oka T, Miura S, Masaki T, Suzuki W, Osumi K, Saitoh S (2004) Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. J Wildlife Manage **68**: 979-986
- 小野伴忠(2012) ビタミン, ミネラル. (大豆の機能と科学. 小野伴忠・下山田真・村本光二編, 朝倉書店). **51**
- 菅原竜幸(1972) 栄養はなかなか豊富(特集・木の実の世界). 科学朝日 **32**: 44-48
- 谷口由香里・岩本晃明・池田俊也・山田治美・平野泰子・旭満里子・片寄治男・室井美樹・藤倉洋子・佐々木志野・柳田 薫(2010) 抗酸化剤(ビタミンE・ビタミンC・グルタチオン)療法による造精機能障害改善効果の検討. 日受精着床会誌 **27**: 104-110
- 坪田敏男・溝口紀泰・喜多 功(1998) ニホンツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* の生態と生理に関する野生動物医学的研究. 日野生動物医会誌 **3**: 17-24
- Woods CD, Merrill LH (1899) Nuts as foods. Maine Agricultural Experiment Station Bulletin **54**: 71-92
- 吉田 洋・林 進・北原正彦(2013) 食物環境がツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) の出没に与える影響. 富士山研究 **7**: 9-13