

## [研究論文]

ナツメ果実搾りかすの健康機能性及び  
食味性向上に資する菓子素材としての有用性前川 栄治<sup>1)</sup>・苧玉 真生<sup>1)</sup>・坪井 耀大<sup>1)</sup>・  
Hamida Khanom<sup>1)</sup>・坪谷 香葉絵<sup>1)</sup>・Joanna Bajerska<sup>3)</sup>・  
村上 茂<sup>1,2)</sup>・伊藤 崇志<sup>1,2)</sup>

## 要旨

本研究では、ナツメの水抽出製品ならびにナツメ搾りかすに含まれるトリテルペノイド、ベツリン酸 (BA) とオレアノール酸 (OA) の含有量を調査し、さらに、ナツメ搾りかすの製菓への利用可能性を検討した。BAとOAは搾りかすに認められたが、水抽出されたナツメ製品には検出されなかった。ナツメ搾りかすのパウダーを10%、20%含むマフィンを作製したが、いずれにもBAとOAが検出可能なレベルで含まれることが示され、焼成中の安定性が示唆された。食味試験では、10%ナツメ搾りかすパウダー含有マフィンが最も人気であり、続いてプレーンと20%マフィンであった。また、評価項目 (色、風味、滑らかさ、硬さ、弾力、味) のうち風味と味について、20%マフィンでは平均的に低得点であったが、10%マフィンはいずれもプレーンマフィンと差はなかった。これらの結果から、ナツメ搾りかすは機能性トリテルペノイドを含む焼き菓子の材料として有用であることが示された。

## 1. 背景

食品加工工場では、野菜や果物の50%が皮や種、搾りかす、傷んだ野菜や果物などが副産物として廃棄されており<sup>(1)</sup>、これらの副産物の廃棄によるフードロスは地球環境に悪影響を及ぼすことが懸念されている。これらの副産物は飼料や堆肥やバイオ燃料として利用されている例も数多く存在する。一方で、青果物の加工副産物は食物繊維、ミネラル、ファイトケミカルを豊富に含むため、近年、パンやビスケット、マフィンなどの焼き菓子への応用が進められている<sup>(1-6)</sup>。これらの焼き菓子には原料由来の食物繊維が豊富に含まれており、食後の血糖値の上昇や腸内における脂質吸収を抑制し、肥満予防効果が期待されている。加えて、これら

受付日 2023.5.15

受理日 2023.7.7

所 属 1) 福井県立大学大学院生物資源学専攻、2) バイオインキュベーションセンター (FBIC)、  
3) Department of Human Nutrition and Hygiene, Poznań University of Life Sciences, Poznań, Poland

の副産物にはヒトに対して生理活性を有するフラボノイド、植物ステロールなどのファイトケミカルが豊富に含まれているため、疾患予防効果が期待されている。こうした背景から、青果物加工副産物を有効活用しフードロス低減を目指す取り組みは、世界的に環境問題への対策として重要視されている。

ベツリン酸 (BA) やオレアノール酸 (OA) (図1) などの五環形トリテルペノイドは、植物ステロールであり、様々な植物の果実に含まれている<sup>(7, 8)</sup>。我々は、BAがヒト由来皮膚真皮線維芽細胞における細胞老化を抑制することを見出しており<sup>(9)</sup>、皮膚の加齢による変化を防ぐのにBAが有用であると期待している。

ナツメ果実は古くから食用や薬用として利用されている。ナツメ果実を乾燥させた大棗は生薬として漢方薬に用いられ、ストレス緩和、強壮、鎮静、利尿、滋養、補血などの薬効がある<sup>(13)</sup>。これまでの研究で、大棗の胃腸保護、免疫調節、抗酸化、神経保護など、多様な薬理作用が解明されている<sup>(14)</sup>。これらの薬理作用にはナツメ果実に含まれるBAとOAが寄与しているものと考えられる<sup>(8)</sup>。本研究では、トリテルペノイドを豊富に含む画分として、ナツメの水抽出エキス製品ならびに製造工程で生じる残渣を対象として、トリテルペノイド含有量を測定した。また、副産物である抽出残渣を材料として使用したマフィンを作製し、調理過程でのトリテルペノイド含有量の変化およびマフィンの品質、食味への影響を検討した。

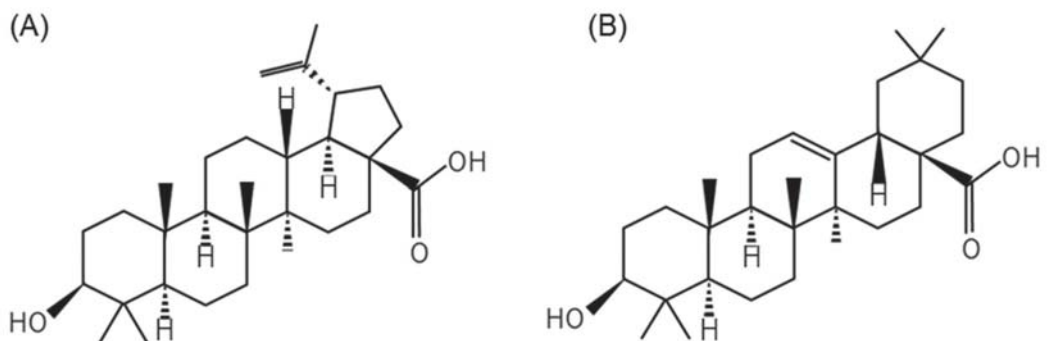


図1. ナツメに含まれるトリテルペノイド。(A) ベツリン酸 (BA)、(B) オレアノール酸 (OA)

## 2. 材料と方法

### ナツメ果実サンプル

ナツメの水抽出エキス (以下、JE) および抽出物製造過程に生じる搾りかすの乾燥粉末 (以下、JP) は株式会社シーロード (福井県) からご供与いただいた。8~9月に収穫したナツメ果実を60℃で3日間乾燥させた後、乾燥果実に3倍量の水を加え、濾し布で抽出した。その

後、100℃で加熱して濃縮し、瓶に充填したものがJEである。エキスの抽出過程で生じた残渣を再度乾燥させ、粉碎し、粉末状に加工したものがJPである。本研究では、トリテルペノイドの測定にJEを1ロット、JPを3ロット使用した。

### HPLC用サンプルの調製

JPとマフィンから既報を参考にトリテルペノイドを加えて抽出した<sup>(15)</sup>。JP及び凍結乾燥マフィンは、ポリトロンホモジナイザー（PT1200E, Kinematica, Switzerland）により20倍量の85%エタノール中でホモジナイズし、超音波バスソニケーター（UT306、シャープ）により室温で30分間、超音波処理（100Hz）を行い、その後、試料を2日間振とうした。その後、10,000×gで遠心分離し、得られた上清を遠心エバポレーターで乾固させた。乾燥した試料は100%メタノールで再度、溶解させた。JEは等量のメタノールで希釈した。いずれの試料も濾過した後、HPLC測定に使用した。

### トリテルペノイドの測定

BAおよびOAは、既報の通りHPLCで測定した<sup>(15)</sup>。HPLC分析はUltiMate™ 3000 Rapid Separation Binary System（Thermo Fisher, USA）で行った。カラムにはCosmosil-MXII C18カラム（250mm x 20mm, 4.6 μm、ナカライテスク）を用い、カラムオープン温度は30℃に設定した。移動相はバッファーA（3 mMギ酸アンモニウム）、バッファーB（メタノール：アセトニトリル=1：1）を使用し、移動相の流速は0.3mL/分に設定した。移動相の濃度比は開始後0分から40分までバッファーB76%から77%に徐々に変化させ、そのあとバッファーB90%で3分間保持し、その後76%バッファーBで17分間保持した。トリテルペノイドはダイオードアレイ検出器（Thermo Fisher, USA）を用いて、210nmの波長の吸光度をモニターした。

### マフィンの作製

ナツメ果実水抽出残渣を含むマフィンは、既報の通り作製した<sup>(4)</sup>。マフィンの原材料は表1に示す。マフィンは小麦粉重量の10%~20%をJPに代替して作製した。水、サラダ油を手動で1分間混合した後、ふるいにかけて乾燥材料と混合した。十分に混合した後、生地をマフィンカップ（42mm×29mm）に入れ、180℃に予熱した調理用オープンで30分焼成した。その後、作製から5時間以内に食味試験を行った。pHは突き刺し型pH計（sp70、アズワン）を用いて、プローブをマフィンに刺して測定した。残ったマフィンは、今後トリテルペノイド含有量を測定するために冷凍庫（-10℃）で保管した。

表 1 ナツメ抽出残渣を加えたマフィンの原材料 (JP)

	プレーン	10% JP	20% JP
小麦粉(g)	340.5	306	272.4
ナツメ抽出残渣粉末(JP) (g)	0	34	68.1
水 (mL)	321		
砂糖 (g)	154.2		
サラダ油(g)	138.3		
スキムミルク (g)	25.7		
乾燥卵白(g)	5.3		
ベーキングパウダー(g)	12.9		
食塩 (g)	1.3		

### 官能評価

マフィンの官能評価には、福井県立大学で募集した女性14名（20～24歳）に参加いただいた。マフィンの食味サンプルは、マフィンを均等な大きさに切り分けて作製した。ランダムに番号が付与されたプレーン、10%、20%のJPを含むマフィンの評価した。パネラーは色、風味、滑らかさ、硬さ、弾力、おいしさについて、5段階の評価尺度（2 = 非常に良い、1 = 良い、0 = 普通、-1 = 悪い、-2 = 非常に悪い）を用いて評価した。その後、パネラーはマフィンの好みを1位から3位までランク付けした。サンプル間の統計的有意性を検出するためにSteel-Dwass検定を適用し、P値<0.05で有意とみなした。この官能試験は、福井県立大学人権擁護・倫理委員会の承認を得た（第2022028号）。

### 3. 結果

ナツメ果実水抽出物及び抽出残渣のBA含量について

ナツメの濃縮水抽出液JEとその残渣であるJP中のBAとOAの量を評価するために、HPLC分析を行った（表2）。その結果、JPは乾燥重量1gの粉末中にBAが $1.25 \pm 0.24$ mg、OAが $0.43 \pm 0.078$ mg含有していることが確認された。一方、JEからは、これらの化合物は検出されなかった。

表 2 ナツメ水抽出物 (JE) およびその残渣 (JP) 中のトリテルペノイド含量

	JE	JP
ベツリン酸(BA)(mg/g)	N.D.	$1.25 \pm 0.24$
オレアノール酸(OA)(mg/g)	N.D.	$0.43 \pm 0.078$

N.D.: 検出不能

### ナツメ抽出残渣含有マフィンの評価

小麦粉重量の10%、20%をJPと代替してマフィンを作製した。マフィンはJPを添加した場合でもプレーンと同様に膨らんだ(図2)。マフィンのpHは10%及び20%のJP含有マフィンがプレーンマフィンと比較してわずかに低かった。(表3)。

次に、JP含有マフィンのトリテルペノイドを測定するために、85%エタノール/水でホモジナイズし、上清を調製した。上清中のBAとOAを測定し、10%および20%のJPを含有したマフィンには、BAとOAともに検出された。(表3)。

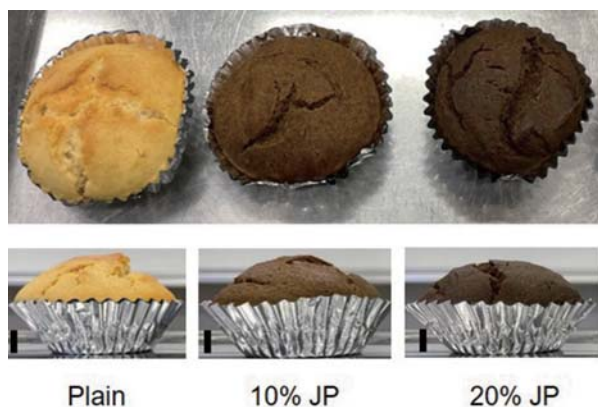


図2. JPをつかったマフィン (0~20%)

表3. JPを置換したマフィンのトリテルペノイド含有量とpH

	プレーン	10% JP	20% JP
ベツリン酸(BA)(mg/g)	N.D.	0.053 ± 0.018	0.093 ± 0.040
オレアノール酸(OA)(mg/g)	N.D.	0.021 ± 0.006	0.034 ± 0.012
pH	6.05 ± 0.04	5.78 ± 0.17	5.36 ± 0.14

### ナツメ抽出残渣含有マフィンの官能評価

14名の女子大学生を対象に、食味試験を実施した。本研究では、プレーン、10%JP、20%JP含有のマフィンの評価した。色、風味、滑らかさ、硬さ、弾力、味(良い、または悪い)は10%JPマフィンとプレーンマフィンの中で評価の差は認められなかった(図3A)。一方で、20%JPマフィンはプレーンマフィンと比較して、風味、味の点数が有意に低下した。ランキング形式の評価では、10%JPマフィンが11名、20%JPマフィンが2名のパネラーが最も好きと回答したのに対し、プレーンが8名で、10%JPマフィンが最も人気があり、次いでプレーン、20%JPの順となった(図3B)。これらの結果から、今回の調査ではプレーンよりも10%JPマフィ

ンの方が好意的に捉えられたと判断された。また、20%JPマフィンでも好意的に捉える人もあった。

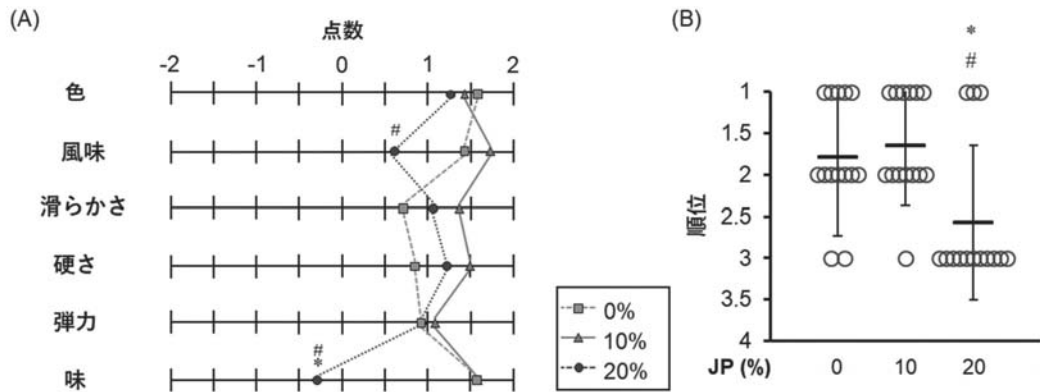


図 3. プレーンマフィンとJP含有マフィンの官能味覚評価 (A) プレーンマフィンとJP含有マフィンの官能評価項目(色、風味、滑らかさ、硬さ、弾力、味)の得点。プロットはアンケート後の得点(−2~+2)の平均値(N=14)。(B) 嗜好性の順位。白丸：個々の数値、横棒：平均±標準偏差。\* ; p<0.05 vs プレーンマフィン、# ; p<0.05 vs 10% JP マフィン(Steel-Dwassテスト)。

#### 4. 考察

ナツメの果皮にはBAやOAなどのトリテルペノイドが豊富に含まれており<sup>(8)</sup>、これらは疎水性化合物であるため、本研究で用いたナツメの水抽出物にはこれらの化合物が溶解しにくいことが予想された。実際に、BAとOAは水抽出物の製品にはほとんど含まれないが、搾りかすの乾燥粉末には豊富に含まれていることが確認された。次に、焼成したナツメ抽出残渣含有マフィンにトリテルペノイドが含まれているかどうか検討した。その結果、JPマフィンにはBAとOAが検出された。したがって、BAおよびOAは、少なくとも180℃、30分の加熱調理後、マフィン中に安定に存在することが明らかになった。今後、JPまたはJPマフィンを食べた後、トリテルペノイドがどの程度人体に吸収されるのか、さらなる研究が必要である。

果物や野菜の抽出残渣を使ったマフィンの作製は、10%から40%の添加率で報告されている<sup>(3,4)</sup>。多くの場合、10%の添加はマフィンの膨らみや固さに影響を与えず、食味試験での評価では30%までの置換が許容されることが示されている<sup>(4,16,17)</sup>。本研究では、味覚官能評価により、プレーンと10%JPマフィンの間にはいずれの項目にも食味に悪影響を及ぼさないことを確認した。さらに、ランキング形式の評価において10%マフィンは評価したマフィンの中で最も良い評価を得た。結論として、マフィンの配合に10% JPを置換することでマフィンの嗜好性を高めることができた。一方で、20%JPマフィンは、風味と味の点で、プレーンおよび10%JPマフィンより悪い評価を受けた。このような評価を得た原因としては、①JPは食物繊維

に富むことから小麦粉よりも水を多く吸収し<sup>(18,19)</sup>、マフィンのしっとり感を損なうこと、② JP添加によってマフィンのpHが低下した(表2)ことでベーキングパウダーの生地における膨化能が低下する可能性があることの2点が考えられた。今後、20%以上のJPを含むマフィンを広く受け入れられるようなものにするためには、これらの点を改善する必要があると考えられた。

トリテルペノイドに加え、果実の抽出残渣は一般に食物繊維を豊富に含んでいる<sup>(1)</sup>。Masmoudiらは、ナツメ果実の可食部から作られるナツメ粉末は食物繊維を多く含み、ナツメ粉末を強化したビスケットは対照のプレーンに比べて食物繊維含有量が高いことを報告している<sup>(19)</sup>。Bajerskaらは、サワーチェリーの抽出残渣を使用したマフィンの食後血糖値への影響を調べ、搾りかすを20~30%含むマフィンが食後血糖値上昇を抑制することを明らかにした<sup>(4)</sup>。以上のことから、JPを強化したマフィンは、食物繊維に由来した健康機能性も期待できる。

## 謝辞

ナツメ製品の提供いただいた株式会社シーロード、ならびに、本研究についてご助言をいただいた海堂陽子様、石橋京子様に心より御礼申し上げます。また、マフィンの試食、食味試験にご協力いただいた参加者の方々に心よりお礼申し上げます。本研究は、未来協働プラットフォームふくい事業、福井県立大学戦略的研究支援制度の支援を受けて実施されました。

## 参考文献

- (1) Gómez M, Martínez MM. Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2017;58:2119-2135.
- (2) Bajerska J, Chmurzynska A, Mildner-Szkudlarz S, Drzymala-Czyz S, Górnaś P, Waśkiewicz A, et al. Effects of unextruded and extruded cranberry pomace on selected metabolic parameters in high-fat diet fed rats. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 2018;17:91-100.
- (3) Bajerska J, Chmurzynska A, Mildner-Szkudlarz S, Drzymala-Czyz S. Effect of rye bread enriched with tomato pomace on fat absorption and lipid metabolism in rats fed a high-fat diet. *J Sci Food Agric* 2015;95:1918-1924.
- (4) Bajerska J, Mildner-Szkudlarz S, Górnaś P, Seglina D. The effects of muffins enriched with sour cherry pomace on acceptability, glycemic response, satiety and energy intake: a randomized crossover trial. *J Sci Food Agric* 2016;96:2486-2493.
- (5) Mildner-Szkudlarz S, Bajerska J. Protective effect of grape by-product-fortified breads against cholesterol/cholic acid diet-induced hypercholesterolaemia in rats. *J Sci Food Agric* 2013;93:3271-3278.
- (6) Mildner-Szkudlarz S, Bajerska J, Zawirska-Wojtasiak R, Górecka D. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. *J Sci Food Agric* 2013;93:389-395.

- (7) Kumar D, Mallick S, Vedasiromoni JR, Pal BC. Anti-leukemic activity of *Dillenia indica* L. fruit extract and quantification of betulinic acid by HPLC. *Phytomedicine* 2010;17:431–435.
- (8) Guo S, Duan JA, Tang YP, Yang NY, Qian DW, Su SL, et al. Characterization of triterpenic acids in fruits of *Ziziphus* species by HPLC-ELSD-MS. *J Agric Food Chem* 2010;58:6285–6289.
- (9) Odama M, Maegawa E, Suzuki K, Fujii Y, Maeda R, Murakami S, Ito T. Effects of betulinic acid on the proliferation, cellular senescence, and type 1 interferon-related signaling pathways in human dermal fibroblasts. *J Agric Food Chem* 掲載決定
- (10) Kessler JH, Mullauer FB, de Roo GM, Medema JP. Broad in vitro efficacy of plant-derived betulinic acid against cell lines derived from the most prevalent human cancer types. *Cancer Lett* 2007;251:132–145.
- (11) Oliveira Costa JF, Barbosa-Filho JM, De Azevedo Maia GL, Guimarães ET, Meira CS, Ribeiro-Dos-Santos R, et al. Potent anti-inflammatory activity of betulinic acid treatment in a model of lethal endotoxemia. *Int Immunopharmacol* 2014;23:469–474.
- (12) Ríos JL, Máñez S. New Pharmacological Opportunities for Betulinic Acid. *Planta Med* 2018;84: 8–19.
- (13) Hossain MA. A phytopharmacological review on the Omani medicinal plant: *Ziziphus jujube*. *J King Saud Univ - Sci* 2019;31:1352–1357.
- (14) Ji X, Peng Q, Yuan Y, Shen J, Xie X, Wang M. Isolation, structures and bioactivities of the polysaccharides from jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.) : A review. *Food Chem* 2017;227:349–357.
- (15) Song L, Zhang L, Xu L, Ma Y, Lian W, Liu Y, et al. Optimized Extraction of Total Triterpenoids from Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and Comprehensive Analysis of Triterpenic Acids in Different Cultivars. *Plants* 2020, Vol 9, Page 412 2020; 9:412.
- (16) Sudha ML, Dharmesh SM, Pynam H, Bhimangounder S V., Eipson SW, Somasundaram R, et al. Antioxidant and cyto/DNA protective properties of apple pomace enriched bakery products. *J Food Sci Technol* 2016 534 2016;53:1909–1918.
- (17) Negi T, Vaidya D, Tarafdar A, Samkaria S, Chauhan N, Sharma S, et al. Physico-functional evaluation, process optimization and economic analysis for preparation of muffin premix using apple pomace as novel supplement. *Syst Microbiol Biomanufacturing* 2021; 1 :302–310.
- (18) F. A. Masoodi, G. S. Chauhan. Use of apple pomace as a source of dietary fiber in wheat bread. *Journal of Food Processing and Preservation* 1998;22:255-263.
- (19) Masmoudi M, Yaich H, Borchani M, Mbarki R, Attia H. Chemical, physical and sensory characteristics of biscuits enriched with jujube (*Zizyphus lotus* L.) flour and fiber concentrate. *J Food Sci Technol* 2020 584 2020;58:1411–1419.