

# 埼玉県産ゆず果実ホールペーストの成分特徴と機能性

野村佳歩<sup>\*1</sup>・君羅好史<sup>\*1</sup>・山崎優貴<sup>\*2</sup>・飯塚 讓<sup>\*1</sup>  
遠藤普克<sup>\*3</sup>・金 賢珠<sup>\*1</sup>・松本明世<sup>\*1</sup>・真野 博<sup>\*1</sup>

(\* 1 城西大学薬学研究科薬科学専攻, \* 2 城西大学薬学研究科医療栄養学専攻, \* 3 塩野香料(株)研究開発本部)

## Components and Food Function of Yuzu (*Citrus junos*) Fruit Whole Paste

NOMURA Kaho, KIMIRA Yoshifumi, YAMAZAKI Yuki, IIZUKA Yuzuru,  
ENDO Hirokatsu, KIM Hyounju, MATSUMOTO Akiyo and MANO Hiroshi

日本食品保蔵科学会誌 第47巻第1号 別刷

令和3年

Reprinted from Journal of the Japan Association of Food Preservation Scientists

VOL. 47 NO. 1 2021

# 埼玉県産ゆず果実ホールペーストの成分特徴と機能性

野村佳歩<sup>\*1§</sup>・君羅好史<sup>\*1</sup>・山崎優貴<sup>\*2</sup>・飯塚 讓<sup>\*1</sup>  
遠藤普克<sup>\*3</sup>・金 賢珠<sup>\*1</sup>・松本明世<sup>\*1</sup>・真野 博<sup>\*1</sup>

\* 1 城西大学薬学研究科薬科学専攻

\* 2 城西大学薬学研究科医療栄養学専攻

\* 3 塩野香料(株)研究開発本部

## Components and Food Function of Yuzu (*Citrus junos*) Fruit Whole Paste

NOMURA Kaho<sup>\*1§</sup>, KIMIRA Yoshifumi<sup>\*1</sup>, YAMAZAKI Yuki<sup>\*2</sup>, IIZUKA Yuzuru<sup>\*1</sup>,  
ENDO Hirokatsu<sup>\*3</sup>, KIM Hyounju<sup>\*1</sup>, MATSUMOTO Akiyo<sup>\*1</sup> and MANO Hiroshi<sup>\*1</sup>

\* 1 Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Josai University, 1-1 Keyakidai, Sakado, Saitama 350-0295

\* 2 Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Josai University, 1-1 Keyakidai, Sakado, Saitama 350-0295

\* 3 Shiono Koryo Kaisha, LTD., 5-17-75 Niitaka, Yodogawa-ku, Osaka 532-0033

We prepared Yuzu (*Citrus junos*) fruit whole paste to analyze its food functionalities and aroma components, and to evaluate its functionality. Nomilin, which is one of the food functional components, was found in the seeds and in the Yuzu fruit whole paste. The Yuzu fruit whole paste from Saitama Prefecture contains vanillin, which is a sweet scent, and eugenol, which is a spicy scent. Additionally, the Yuzu fruit whole paste was found to contain sufficient aroma components. Furthermore, the freeze-dried Yuzu fruit whole paste may affect the lipid metabolism. Importantly, nomillin present in the Yuzu fruit whole paste increased collagen synthesis in the cultured progenitor osteoblasts, thereby indicating that nomillin has the potential to improve the bone metabolism. The use of the Yuzu fruit whole paste including pericarp and seeds made in this study is expected to reduce the industrial waste cost for producers and contribute to the regional industry. Furthermore, the Yuzu fruit whole paste may also have meaningful physiological effects on consumers because of the presence of functional components in the seeds and peels.

(Received Sep. 1, 2020 ; Accepted Sep. 28, 2020)

**Key words** : *Citrus junos*, paste, obesity, osteoporosis, local  
ゆず, ペースト, 抗肥満, 骨代謝, 地域活性化

ゆず (*Citrus junos*) はミカン科ミカン属の香酸柑橘である。ビタミンCやβ-クリプトキサンチンなどのビタミン類, クエン酸などの有機酸類, ポリフェノールとしてはフラボノイド類であるヘスペリジンやナリルチンなどが含まれており, ビタミンや有機酸の補給源であるとともに, カロテノイドやフラボノイドによる機能性を有する成分を多く含む<sup>1)</sup>。ミカン科に含まれるリモノイドであるノミリンやリモニン<sup>2)</sup>は, 種子中に多く存在し, 非常に低濃度で苦味を呈する<sup>2)</sup>。リモノイドの苦味は強烈であり, 果汁などの加工品の商品価値を低下させること

から, これまでにリモノイドについては苦味の除去や低減方法についての研究が多く行われてきた。近年, 柑橘類に含まれるリモノイドが抗腫瘍形成<sup>3)</sup>や抗肥満, 血糖低下作用<sup>4)</sup>など様々な生理機能を示すことが報告されるようになり, その利用方法について注目されるようになってきている。しかし, リモノイドの多くは柑橘類の種子中に存在していることから, 現状では食品からの摂取効果はあまり期待できない。一方, ゆず種子オイルは古くから使用されており, 近年の研究ではアトピー性皮膚炎患者に対し有用性が報告されている<sup>5)</sup>。

\* 1 〒350-0295 埼玉県坂戸市けやき台1-1

§ Corresponding author, E-mail : gkd1801@josai.ac.jp

\* 2 〒350-0295 埼玉県坂戸市けやき台1-1

\* 3 〒532-0033 大阪府大阪市淀川区新高5-17-75

ゆずの生産は、国内において高知県で最も盛んに行われており、年間1万4千トンのゆずが収穫されている<sup>6)</sup>。これは、日本国内ゆず生産量の54%を占めている。一方で、埼玉県のゆず収穫量は165トンと高知県と比較して非常に少なくシェアの1%にも満たない。埼玉県産ゆずの多くは地元消費されている。埼玉県の柑橘類の商業栽培は埼玉県西部地区（毛呂山町、越生町、都幾川町、小川町、東秩父村、寄居町）が主で、温州みかんやゆずなどが盛んに栽培されている。中でも城西大学坂戸キャンパスの近隣の埼玉県毛呂山町で生産されているゆずは日本最古の商業栽培用ゆずとされ「桂木ゆず」の名称で有名である。江戸時代から桂木ゆずは江戸に出荷されていたという。現在の毛呂山町では地元での生食消費以外にゆず果汁生産も進められている。果汁を絞った後の果皮や種子などの残渣は果汁収量の半分を占める<sup>7)</sup>。ゆず製品の売り上げの半分は残渣を廃棄する費用が必要となり、加工者や生産者にとって莫大な廃棄コストは問題となっている。そこで、非加熱においても使用できることを想定した、種子や果皮を含むゆず果実ホールペーストの開発を目指した。

本研究では、種子と果皮を含んだゆず果実ホールペーストを作製し、特徴的な食品機能成分と香り成分を機器分析手法で定量分析を行った。さらにゆず果実ホールペーストの食品機能性の探索を行なった。本研究の成果は、地域活性化への貢献も期待できる。

## 方 法

### 1. ゆず果実ホールペースト

埼玉県毛呂山町産ゆずとコントロールとして高知県産ゆずの果実（種子や果皮を含む）をそれぞれ約18 kg（3ケース）をゆずの収穫期である12月中旬に入手した。入手したゆずは洗浄後、ヘタを除去し石臼にて粉碎した。その後、酵素処理しペースト化し、殺菌し、ゆず果実ホールペーストを作製した。この一連のペースト作製工程は、埼玉県春日部市(有)リパティハウスに依頼した。埼玉県産ゆず果実ホールペーストをフリーズドライ加工し、動物実験による抗肥満効果を検討した。

### 2. 埼玉県産ゆずに含まれる食品機能成分と香り成分含有量の比較

食品機能成分のノミリンと $\beta$ -クリプトキサンチンを高速液体クロマトグラフ法で定量を行った。これらの食品機能成分の定量は、一般財団法人日本食品分析センターに依頼した。また、食品一般成分分析も行った。特徴的な香り成分として、リモネン、 $\gamma$ -テルピネン、酪酸ブチル、オイゲノール、バニリンをガスクロマトグラフィー質量分析法で定量を行った。香り成分の分析において、GCは水素炎イオン化検出器（FID）を装着した島津製ガスクロマトグラフGC-14A、GC/MSはAgilent Technologies製の7980C GC Systemと連結したMSD 5977を用いた。カラムは、GC/MS分析ではDB-WAX

（0.25 mm (i. d.)  $\times$  0.25 mm (film)  $\times$  60 m, Agilent Technologies製)を用いた。カラム温度は50°Cから230°Cまで3°C/minで昇温し、最終温度で5分間保持した。キャリアガスにはヘリウムを使用し、流速は1.0 ml/minとした。

### 3. ゆず果実ホールペーストのKKマウスに及ぼす抗肥満効果の検討

(1) 実験動物および飼育環境 雄性KK, 7週齢のマウス〔株東京実験動物〕は、温度23°C  $\pm$  2°C, 湿度55  $\pm$  10%の条件下で個別飼育し、食餌、飲料水は自由摂取とした。1週間の予備飼育を行ったあと、各群の平均体重が等しくなるように群分けした。

(2) 飼料作成 AIN-93組成に準じて飼料は作成した。コントロール食は脂肪エネルギー比率(en%)を25とし、脂肪源をラード、サフラワー油(4:6)とし、コントロール食に2 wt%の埼玉県産ゆず果実ホールペーストパウダーを添加したゆず食とした。これら2種類の実験食で12週間飼育した。屠殺後、副睾丸周囲白色脂肪組織と肝臓を摘出した。脂肪組織はホルマリン固定後、切片を作成し、HE染色を行い、白色脂肪組織の形態学的な観察を行った。

### (3) エネルギー産生関連遺伝子のmRNA量の測定

肝臓からのRNA抽出は、Trizol reagent (Thermo Fisher Scientific)を用いて製造者マニュアルに従い行った。得られたtotal RNAからPrimeScript RT Master Mix (タカラバイオ)を用いて逆転写反応を行い、cDNAを合成した。cDNAをテンプレートとして、Quanti Tect SYBR Green RT-PCR kit (QIAGEN)を用いて、エネルギー消費に関わるミトコンドリア脱共役蛋白質2 (uncoupling protein 2; UCP-2) およびカルニチンパルミトイルトランスフェラーゼ1 (carnitine palmitoyltransferase; CPT-1)<sup>8),9)</sup>のmRNA発現量を測定した。内部標準として、グリセルアルデヒド3-リン酸脱水素酵素 (Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase; GAPDH) のmRNA発現量を測定した。リアルタイムPCR解析装置は、Step One Plus (Applied Biosystems)を使用した。DNAの増幅に用いたプライマー配列はUCP-2 (forward: GTTCCTCTGTCTCGTCTTGC, reverse: GGCCTTGAAACCAACCA), CPT-1 (forward: CCAGGCTACAGTGGGACATT, reverse: GAACCTGCCCA TGTCCTTGT), GAPDH (forward: TGTGTCCGTCG TGGATCTGA, reverse: CCTGCTTACCACCTTCT TGAT)である。

### 4. ノミリンの骨芽細胞株 (MC3T3-E1) の分化誘導能の検討

(1) 細胞培養 マウス頭蓋冠由来の前駆骨芽細胞株MC3T3-E1を用いた。 $\alpha$ -MEM培地に10% Fetal Bovine Serum, 10万U/l ペニシリンGカリウムを添加した培地を用い、37°C, 5%CO<sub>2</sub>の条件下で培養した。

(2) ALP活性の測定 MC3T3-E1細胞を2日間培養



した後、ノミリンを終濃度 1-10 nM の濃度となるよう培地に添加し、5 日間培養した。培養後、20%ホルマリンを用いて10分間固定し、2 回水洗した細胞にエタノール・アセトン混液 (1:1) を加えて透過処理を行った。さらに2 回水洗した細胞にALP染色液 (10 mM Naphthol AS-BI Phosphate; Sigma-Aldrich), 1 mM Fastred Violet LB Salt (Sigma-Aldrich), 0.05 M 2-Amino-2-Methyl-1, 3-Propanediol (AMP; ナカライテスク株)) を添加して37°Cで30分反応させ染色した。染色後、フラットヘッドスキャナーを用いて染色画像を取り込み、画像解析ソフトimage Jを用いて、染色強度を数値化した。

(3) 骨芽細胞分化関連因子のmRNA量の測定 MC 3T3-E1 細胞を2日間培養した後、ノミリンを終濃度 1-10 nM の濃度となるよう培地に添加し、24時間培養した。Trizol reagent (Thermo Fisher Scientific) を用い、total RNAを抽出し、得られたtotal RNAからPrimeScript RT Master Mix (タカラバイオ) を用いて逆転写反応を行い、cDNAを合成した。cDNAをテンプレートとして、TaqMan® Gene Expression Assays (Applied Biosystems) を用いて、mRNA発現量を測定した。TaqMan primer®は、骨芽細胞の分化マーカーの一つであるCOL1A1 遺伝子 (Mm008016666\_g1) および内在性コントロール遺伝子としてGAPDH遺伝子 (Mm03302249\_g1) を用いた。リアルタイムPCR解析装置は、Step One Plus (Applied Biosystems) を使用した。

### 5. 統計解析方法

ゆず果実ホールペーストの抗肥満効果の確認の実験結果は、平均値±標準偏差で表し、独立2群間の検定はStudentのt検定にて解析し、\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$  を有意差ありとした。脂肪細胞面積の分布は母比率の差の検定にて解析し、\* :  $p < 0.05$  を有意差ありとした。ノミリンの前駆骨芽細胞分化への影響の確認においては、一元配置分散分析を行った後Tukeyの多重比較検定を行い $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  を有意差ありとした。

### 結果・考察

埼玉県産ゆずの果実ホールペーストの冷凍真空パックの外観を示す (Fig. 1)。一部、種皮が残ったが、果皮と大部分の種子はペースト化できた。種皮残渣が問題となる加工食品への利用の場合は、工業的にメッシュで除去する必要があると考えた。本研究では、機能性成分をより多く含むペーストを作製するため、ノミリンを多く含む種皮を残して使用した。食品加工の工程を減らすことは生産コストを削減できると期待される。

測定した埼玉県産ゆずの果実ホールペーストの食品一般成分は、水分80 g/100 g、たんぱく質1.9 g/100 g、脂質1.5 g/100 g、灰分0.8 g/100 g、糖質11.0 g/100 gであった。エネルギーは73 kcal/100 gと算出した。ノミリン含有量は高知県産ゆずペーストでは11 mg/100 gであり、埼玉県産ゆず果実ホールペーストでは13 mg/



Fig. 1 Appearance of the vacuum frozen packages of the Yuzu fruit whole paste

100 gと同程度であった。産地によるノミリン含有量に大きな差は生じない可能性が示唆された (Fig. 2-A)。ゆず果汁にはノミリンが0.6 mg/100 g含まれることが報告されている<sup>10)</sup>。ゆず果汁と比較してゆずペーストには約20倍のノミリンが含まれることが明らかとなった。ゆずの果皮や種子にはノミリンが多く含まれる<sup>2)</sup>ことから、ゆず果実ホールペーストはノミリンの供給源として十分に有効であると考えられた。また、 $\beta$ -クリプトキサンチンは高知県産と比較して埼玉県産ゆず果実ホールペーストには約3倍含まれていた (Fig. 2)。近年、ノミリンの抗肥満効果などの機能性が報告されているので、ゆずの果実ホールペーストの機能性が期待された<sup>4)</sup>。 $\beta$ -クリプトキサンチンは黄色を呈するカロテノイド色素である。埼玉県産ゆず果実ホールペーストは、高知県産ゆず果実ホールペーストと比較して黄色味を帯びていることから $\beta$ -クリプトキサンチン含有量がペーストの色彩に影響を及ぼしたと考えられる。この違いは、ゆず果実の熟成度の差であると考察した。 $\beta$ -クリプトキサンチンは、骨粗しょう症のリスクや脂質異常症の低減に寄与することが報告されている<sup>11), 12)</sup>。ゆず果実ホールペーストの摂取はヒトへのこれらの疾病発症リスクを低減する可能性がある<sup>1)</sup>と期待される。

香気成分のうち、主成分のリモネンは、高知県産と比較して埼玉県産ゆずには約4倍含まれていた (Table 1)。微量香気成分はそれぞれ、高知県産と比較して埼玉県産ゆずには、酪酸ブチルが約30倍・バニリンは約9倍含まれていた。また、オイゲノールは高知県産ゆず果実ホールペーストからは検出できなかったが、埼玉県産ゆず果実ホールペーストでは2 ppb含まれていた (Table 1)。一方、デカン酸は、埼玉県産ゆず果実ホールペーストと比較して高知県産ゆず果実ホールペーストに多く含有していた (Table 1)。供試果実は同時期に揃えたものの、 $\beta$ -クリプトキサンチンおよびデカン酸の含有量



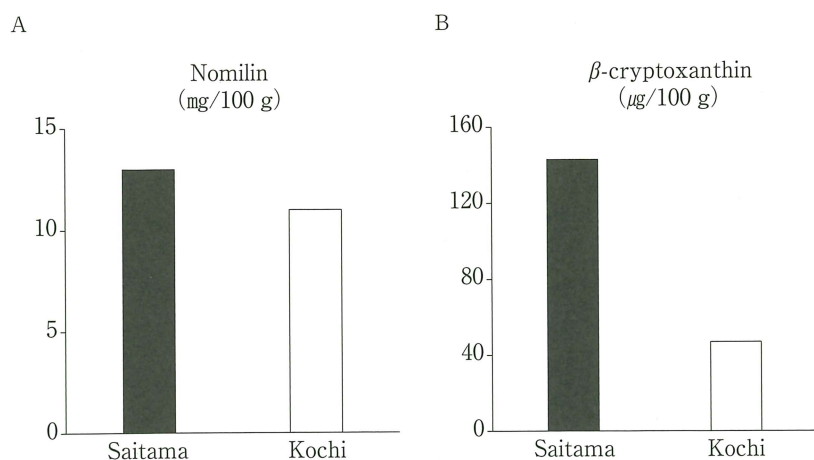


Fig. 2 Nomillin and  $\beta$ -cryptoxanthin content in the Yuzu fruit whole paste  
Contents of (A) nomilin and (B)  $\beta$ -cryptoxanthin.

Table 1 Comparison of components paste made in Saitama Prefecture with that made in Kochi Prefecture

		Saitama	Kochi
Main components	limonene	4,788 (ppb)	1,228 (ppb)
	g-terpinene	1,238	282
	sabinene	424	107
	myrcene	296	60
	a-pinene	231	46
	linalool	198	62
	EtOH	128	107
	b-pinene	121	22
	p-cymene	111	20
	terpinolene	108	23
	g-elemene	103	48
Minor components	butyl butyrate	3	0.1
	acetic acid	18.7	1
	butyric acid, 1-p-menthen-9-yl. (94/204)	9.4	0.4
	hexanoic acid angelic acid	3	0.1
	eugenol	2	tr. (ion)
	vanillin	2.8	0.3
	decanoic acid	0.6	2.5

tr: trace

には、差が生じたことから、果実の熟成期間は完全に一致していないことが推測された。その結果、香り成分の含有量にも影響を及ぼしたと考えられる。一概に埼玉県産のゆずに食品機能成分や香り成分が高濃度で含有しているとは判断することはできない。しかし、ノミリンは、今回使用したゆず果実ホールペーストに同程度含まれていたことから、ノミリン含有量は熟成度の影響を受けないと考えられる。ゆず果実ホールペーストを摂取することで種子と果皮に多く含まれるノミリンなどの食品機能性成分を効率的に摂取できることを確認した。

前述のとおりノミリンは脂質代謝改善効果が報告されている<sup>4)</sup>。ゆず果実ホールペーストが脂質代謝に影響するかを明らかにするため、ゆず果実ホールパウダーを7

週齢の雄性KKマウスに給餌し、ゆずの果実ホールペーストの抗肥満作用の効果を調べた。HE染色を施した内蔵脂肪組織の切片を用いた脂肪細胞の形態学的解析結果をFig. 3-Aに示した。脂肪細胞の平均面積は、コントロール群と比較してゆず群で有意に減少した (Fig. 3-B)。脂肪細胞面積の分布においてゆず群は $1,600 \mu\text{m}^2$ の割合が最も多かった。 $900 \mu\text{m}^2$ の脂肪細胞は、コントロール群よりゆず群で有意に多く観察された。 $3,600 \mu\text{m}^2$ の脂肪細胞は、コントロール群と比較してゆず群で有意に少なかった (Fig. 3-C)。ゆず果実ホールペースト摂取によりエネルギー産生が亢進し脂肪細胞に蓄積するトリグリセリドが減少したと推測された。そこで、肝臓の脂質代謝に関連する遺伝子のmRNA量を測定し、結果をFig. 4に示

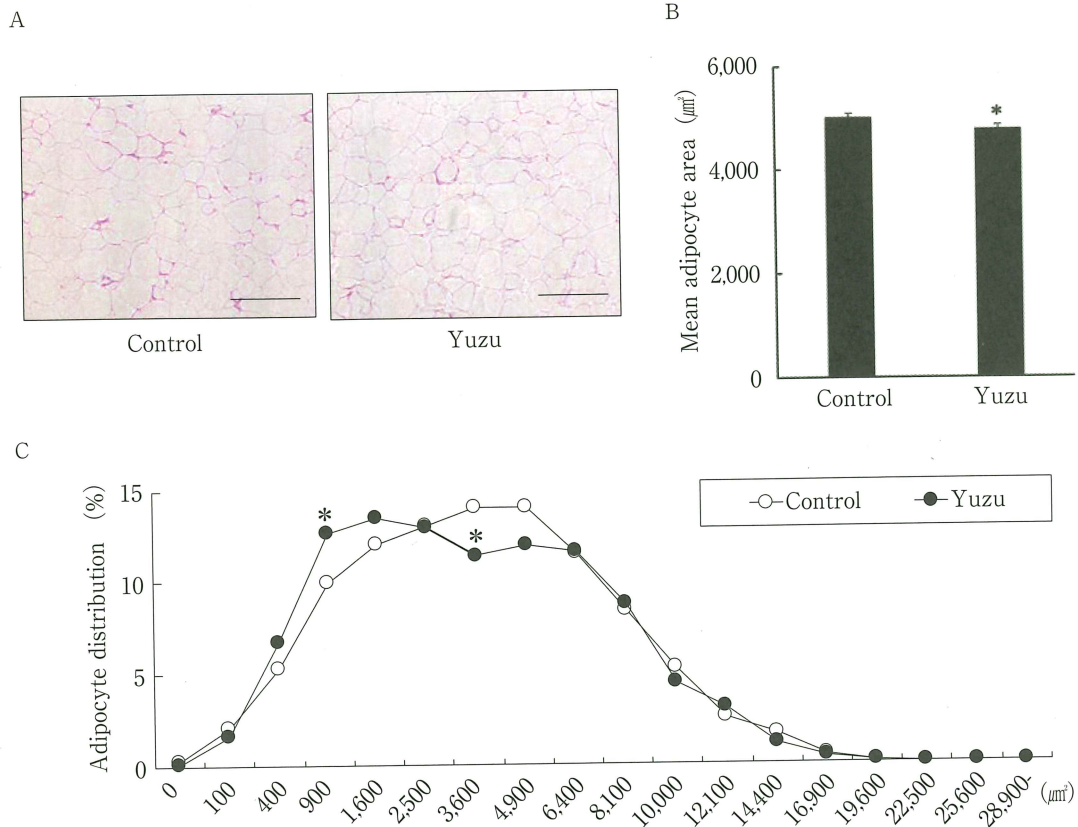


Fig. 3 Morphological analysis of the epididymal white adipose tissue in the male KK mice

(A) Epididymal adipose tissue histological sections, (B) mean adipocyte areas, and (C) adipocyte distributions. The scale bar represents 50μm. The sections were stained with HE and examined under a microscope. The representative sections are taken from mice-fed control, Yuzu diets for four 12 weeks. Data are presented as means ± SD (n=4), (B) \*p<0.05 by t test, and (C) hypothesis testing for the difference in the population proportions.

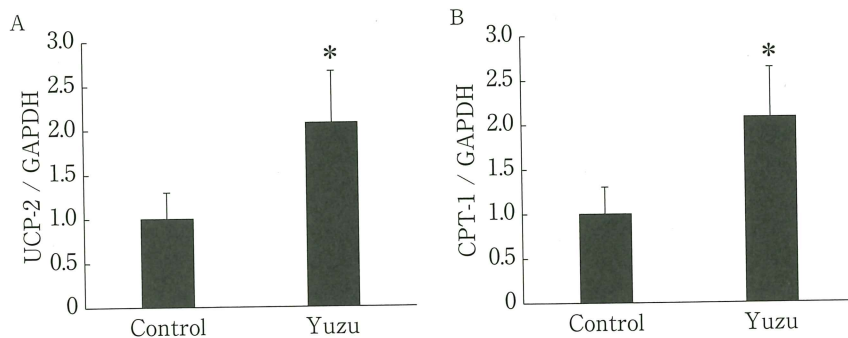


Fig. 4 Effect of Yuzu fruit whole paste on UCP-2 and CPT-1 mRNA levels in the male KK mice liver

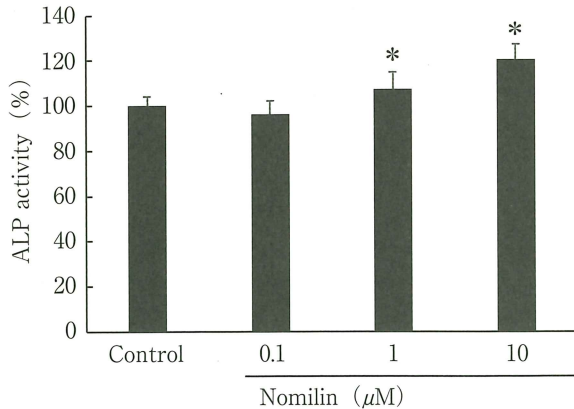
The KK mice were fed with or without Yuzu fruit whole paste for 12 weeks. The mRNA expression levels of (A) UCP-2 and (B) CPT-1 are shown in this figure. The results are expressed as the relative values to GAPDH. Data are presented as means ± SD (n=4), \*p<0.05 by t test.

した。CPT-1とUCP-2のmRNA発現量は、コントロール群と比較してゆず果実ホールペースト摂取群で約2倍有意に増加した (Fig. 4)。ゆず果実ホールペーストの摂取により脂質代謝が亢進したことが示唆された。佐藤らは、ノミリンが胆汁酸受容体を活性化することでエネルギー産生を亢進し、抗肥満作用を有することを報告している<sup>4)</sup>。ゆず果実ホールペーストに含まれるノミリンが

肝組織のCPT-1とUCP-2のmRNA発現を亢進し、エネルギー産生を亢進することで抗肥満効果を有する可能性が推測された。

最後に、リモノイドの骨代謝における作用について培養細胞を用いて検討した。君羅らは、ノミリンが骨吸収を担う破骨細胞の分化を抑制することを報告している<sup>13)</sup>。本研究では骨形成を担う前駆骨芽細胞の分化にノミリン





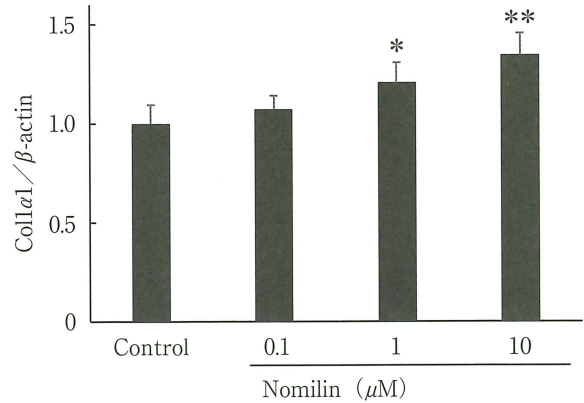
**Fig. 5** Effect of nomilin on the alkaline phosphatase (ALP) activity in the MC3T3-E1 cell

The MC3T3-E1 cells were cultured for five days in an alpha medium with 0.1, 1, or 10 μM of nomilin. The ALP-stained areas were scanned and analyzed qualitatively. ALP staining was evaluated using the Image J software. Data are presented as means ± SD (n=4), \*p<0.05 by Tukey test.

が影響を及ぼすか検討した。ゆず果実ホールペーストに多く含まれるノミリンを骨芽前駆細胞に添加し培養を行った。骨芽細胞の分化マーカーであるALPを測定することでノミリンが骨芽細胞分化へ影響を与えるか評価した。コントロールと比較して1 μM, 10 μMノミリンを添加することでALP染色エリアは有意に上昇した (Fig. 5)。また、骨芽細胞が作り出すI型コラーゲンの遺伝子発現量も同様にコントロールと比較して1 μM, 10 μMノミリンを添加することで有意に上昇した (Fig. 6)。ゆず果実ホールペーストに含まれるノミリンは骨芽細胞分化を誘導することが示唆された。ノミリンは骨芽細胞の分化を促進し、破骨細胞の分化を抑制することを報告している<sup>13)</sup>。さらに、ゆず果実ホールペーストには、骨代謝改善作用を有するβ-クリプトキサンチンも含まれることから、ゆず果実ホールペースト摂取は骨代謝改善効果をもたらす可能性があると考えられる。

本研究の結果、ゆず果実ホールペーストは、種子や果皮に含まれる機能性成分を含むのみならず、ゆず本来の香気成分特性を有していた。また、ゆず果実ホールペーストはマウスにおいて抗肥満活性を有することが示唆された。さらに、ゆず果実ホールペーストに特徴的に含まれるノミリンは、培養骨芽細胞の分化を亢進することが示唆された。

ゆず果実ホールペーストは、ステーキや焼き魚と相性が良くディップやソース、ドレッシングとしてそのままの状態にて活用することができる製品であった。また、このペースト特有の香りと苦みを2次加工食品に利用できると考え、このペーストを用いたゼリーやアイス、ようかん、パウンドケーキを開発し、産学官連携商品として販売した。



**Fig. 6** Effect of nomilin on the mRNA expression levels of Coll1α1 in the MC3T3-E1 cells

After two days of culture, the medium was replaced with an alpha medium with 0.1, 1, or 10 μM of nomilin. The cells were cultured with or without nomilin for one day. The mRNA expression levels of Coll1α1 mRNA levels are presented in this figure. The results are expressed as the relative values to GAPDH. Data are presented as means ± SD (n=4), \*p<0.05, \*\*p<0.01 by Tukey test.

ゼリーやアイスは長時間の加熱処理を行わないことから食品機能成分の構造は保持されると考えられる。リモノイドであるリモニンも、通常の食品加工温度に対して安定であることが報告されている<sup>14)</sup>。リモノイドであるノミリンにおいても、食品加工加熱に対し、安定性があると予想される。しかしながら、β-クリプトキサンチンなどの食品機能成分の食品加工加熱に対する安定性については、さらなる研究が必要である。ゆず果実ホールペーストに含まれる食品機能成分の加熱加工に対する安定性が明らかとなれば、使用用途の拡充が期待できる。以上のことから、ゆず果実ホールペーストは新しい機能性を有する加工食品素材となる可能性が考えられ、地域活性化への貢献も期待できる。

**謝辞** 本研究の一部は、埼玉県毛呂山町の助成金により実施された。また、ゆず果実ホールペーストを作製いただいた埼玉県春日部市有限会社リパティハウスに感謝いたします。

## 文 献

- 1) 野方洋一：近畿中国四国農業研究センター研究報告, 5, 19~84 (2005)
- 2) 橋永文男・江島 宏・永浜秀人：鹿児島大学農学部学術報告, 27, 171~180 (1977)
- 3) TANAKA, T., MAEDA, M., KOHNO, H., MURAKAMI, M., KAGAMI, S., MIYAKE, M. and WADA, K.: Inhibition of azoxymethane-induced colon carcinogenesis in male F344 rats by the citrus limonoids obacunone and limonin, *Carcinogenesis*, 22,

- 193~198 (2001)
- 4) ONO, E., INOUE, J., HASHIDUME, T., SHIMIZU M. and SATO, R.: *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **410**, 677~681 (2011)
- 5) 山脇京子・宮本美緒・渡部嘉哉・浅野公人・東谷望史・溝渕俊二：ゆず種子オイルを用いたアトピー性皮膚炎のセルフマネジメント，アレルギーと臨床，**36**，1190~1193 (2016)
- 6) 農林水産省：特産果樹生産動態等調査/特産果樹生産出荷実績調査(かんきつ類の果樹)(2016) ([https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan\\_kazyu/](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/)) (最終アクセス日2020年9月1日)
- 7) 君羅好史：リモノイド高含有ペーストの開発とノミリンが有する骨代謝調節作用，アグリバイオ，**3**，52~55 (2018)
- 8) MIREILLE, K., RICHARD, H. and RUTH, S. S.: Mitochondria as central regulators of neural stem cell fate and cognitive function, *Nat. Rev. Neurosci.*, **20**, 34~48 (2019)
- 9) FEIKE R. VAN DER L., NICOLETTE, C. A. H., CAROLIEN, B., JAAP R. G. K. and BEATRIJS, B.: Genomics of the human carnitine acyltransferase genes, *Mol. Genet. Metab.*, **71**, 139~153 (2000)
- 10) 里岡嘉宏・上原 剛・森下敏朗：カンキツ搾汁残渣を利用した機能性食品の開発，宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，**47**，89~91 (2003)
- 11) SUGIURA, M., NAKAMURA, M., OGAWA, K., IKOMA, Y. and YANO, M.: High serum carotenoids associated with lower risk for bone loss and osteoporosis in post-menopausal Japanese female subjects: prospective cohort study, *PLOS ONE*, **7**, e52643 (2012)
- 12) SUGIURA, M., NAKAMURA, M., OGAWA, K., IKOMA, Y. and YANO, M.: High serum carotenoids are associated with lower risk for developing elevated serum alanine aminotransferase among Japanese subjects: the Mikkabi cohort study, *Br. J. Nutr.*, **115**, 1462~1469 (2016)
- 13) KIMURA, Y., TANIUCHI, Y., NAKATANI, S., SEKIGUCHI, Y., KIM, H. J., SHIMIZU, J., EBATA, M., WADA M., MATSUMOTO, A. and MANO, H.: Citrus limonoid nomilin inhibits osteoclastogenesis in vitro by suppression of NFATc1 and MAPK signaling pathways, *Phytomedicine*, **22**, 1120~1124 (2015)
- 14) オリザ油化(株)：ユズ種子エキスカタログ，**5**，1~26 (2011)  
(令和2年9月1日受付，令和2年9月28日受理)