

オーラスター由来オーラプテン含有加工用食品素材の開発

畑 智子¹, 岡本貴司¹, 稲葉伸也², 直高 正³, 源 伸介^{1*}
(平成30年2月10日受理)

¹東大阪大学短期大学部実践食物学科, ²一般社団法人和歌山県農産物加工研究所,
³紀の里農業協同組合

Development of auraptene rich food materials from citrus fruit 'Aurastar'.

Tomoko Hata, Takashi Okamoto, Shinya Inaba, Tadashi Naotaka and Shinsuke Minamoto*

Summary

Citrus-Poncirus hybrid 'Aurastar' was newly developed in 2011, has a large quantities of auraptene in both the flesh and peel. In this study, we developed two new food materials made from 'Aurastar'. One is a liquid type material containing 9.87mg/100g of auraptene, and the other is a paste type material containing 38.3mg/100g of auraptene. We also baked cakes to find the concentration ratio of these materials for food production. The results suggested that cakes including 3% or 6% of these materials (1 : 1 mixing ratio of liquid and paste type materials) gave the preferred overall evaluation, taste, texture and flavor.

Key words : auraptene, citrus, flesh and peel, functionality, processing

要旨: 2011年に品種登録された新規カンキツ「オーラスター」は、果肉と果皮にオーラプテンを多く含む。本研究では、オーラスターから食品加工用の素材として、果汁素材及び果皮ペースト素材の製造を試みた。得られた果汁100gには9.87mgの、果皮ペースト100gには38.3mgのオーラプテンが含まれていた。これらの素材を用いて焼き菓子を試作し、適切な含有量を官能試験を行って検討したところ、果汁素材及び果皮ペースト素材を1:1の割合で3%または6%生地配合することが適切であるとの結論を得た。

キーワード: オーラプテン、カンキツ、果肉皮、機能性、加工

緒言

オーラプテンは、ブンタン、ナツダイダイ、ハッサク、グレープフルーツなどの柑橘類から分離精製されたクマリンの一種で、クマリン骨格にゲラニルオキシル基が結合している(図1)。主として果皮に精油成分として含まれ、果肉にはほとんど含まれていないが、搾汁時に果皮から果汁に溶けこむことにより、ユズ果汁、グレープフルーツ果汁製品の一部に含まれているとの報告がある¹⁾²⁾。

オーラプテンには、発がん抑制作用、抗炎症作用、抗ピロリ菌作用、メラニン形成抑制作用などが、動物実験により認められており³⁻⁹⁾、最近の

研究で抗メタボリックシンドローム作用が注目されている^{10,11)}。このため、ハッサク由来のオーラプテン含有のメタボリックシンドローム対策の機能性食品素材も開発されている。

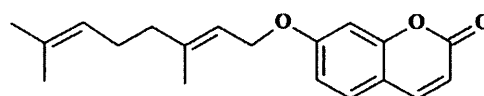


図.1 Auraptene C₁₉H₂₂O₃

果肉にオーラプテンを高濃度で含むカンキツ類としてカラタチが知られているが、独特の臭気

*連絡責任者・別刷請求先 (corresponding author, E-mail : minamoto@higashiosaka.ac.jp)

東大阪大学短期大学部実践食物学科(577-8567 大阪府東大阪市西堤学園町 3-1-1)

Higashiosaka Junior College, 3-1-1 Nishizutsumigakuen-cho, Higashiosaka, Osaka 577-8567, Japan

と強い酸味のため食用には適していない。そこで、果肉にオーラプテンを高濃度で含み可食可能な品種を作成するためにミカン属との交雑育種が試みられた。

農林水産省果樹試験場興津支場(現、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所カンキツ研究興津拠点)において、「ハッサク」と「飛龍」を交配した「H・FD-1」に「晩白柚」を交配し育成された交雑種は、果実中にオーラプテンを多く含み、果実のヘタが肥厚して星のように見えることから「オーラタスター」として出願登録された。(品種登録 2011 年 5 月 24 日、出願番号第 20789 号)

オーラタスターの果肉中のオーラプテン含有量は、一般的に生食されるカンキツ類と比較して著しく高いが、果皮の厚さは約 13mm 程度と剥皮が困難で、果汁に酸味と苦味があり、さら平均含核数は 50 粒程と種子が多く、生食には不向きである。このため、オーラプテンを豊富に含むオーラタスター由来の加工用食品素材の開発が望まれている。

そこで、今回、オーラプテン含量に着目し、オーラタスター果汁及び果皮の加工用食品素材への加工方法を検討し、得られた果汁及び果皮ペーストを添加した焼き菓子(マドレーヌ)の試作を行い、その品質を検討した。

実験方法

1. オーラタスター果実

和歌山県紀の川市において栽培されている果樹より、2016 年 3 月、11 月、2017 年 1 月に果実を採取し実験に供した。

2. 一般分析方法

水分は 110℃恒量法、ビタミン C はインドフェノール法により測定した。糖度は屈折糖度計、pH は pH メーターを使用して測定した。酸度は日本農林規格に基づき滴定酸度をクエン酸換算値として示し、ポリフェノールは Folin-Ciocalteu 法で没食子酸として示した。ナリングニン及びオーラプテンは、高速液体クロマトグラフィーを使用して測定した^{2,12)}。

3. 果実の調整

果実を果肉(砂じょう)、内皮(じょう囊)、外果皮(フラベド)、内果皮(アベルド)、種子、蒂(へた)

に分けて重量を測定し、果肉及び内皮を果肉、外果皮及び内果皮を果皮とした。

4. 加工用素材の調整

果肉はフィルム包装後、果皮は熱水中でブランチング処理し、冷却・脱水・フィルム包装後、いずれも一旦冷凍保管し、使用時に室温で解凍した(10℃以下、約 30 時間)。

果汁は自然解凍した果肉 6kg をチョッパーパルパーフィニッシャー(孔径 0.5mm)で破碎・裏ごし処理して調整した。得られた果汁の一部はフィルム包装後、加熱殺菌(85℃熱水中で 10 分間浸漬:中心温度 80℃達温)を行い、冷凍保管した。残りはフィルム包装後、直ちに冷凍保管した。

果皮ペーストは、自然解凍した果皮 5.3kg をチョッパーパルパー(孔径 1.5mm)で破碎・裏ごし処理して調整した。得られた果皮ペーストはフィルム包装後、直ちに冷凍保管した。

5. 焼き菓子試料の調整

焼き菓子は、マドレーヌタイプのもので、卵・砂糖・小麦粉・バターについては基本的な分量である四同割とし、オーラタスターの果皮ペーストと果汁は、真空包装したものを冷凍で保存後、室温で解凍して使用した。オーラタスター果皮ペーストと果汁は 1:1 の割合とし、両者の合計配合割合は以上 4 種類の総重量に対して、試料 A:0% B:3% C:6% D:9% E:12% F:15% とした。

調整方法はオールインミックス法で、室温に戻した卵に砂糖を加え、泡立てないようにゴムベラで混ぜながら砂糖をとかし、湯煎で 30℃まで温めた。ふるった小麦粉とベーキングパウダーを一度に加えてホイッパーで 30 回混ぜ、40℃に溶かしたバターを加えてから 20 回混ぜた。最後に、オーラタスターを加えて 10 回混ぜた。オーラタスターの配合量が 0 である試料 A は何も加えずに 10 回混ぜた。

調整した生地を、φ 9cm 菊型アルミカップに 60g ずつ入れ、アルミ製のマドレーヌ型に乗せ、天板に並べて 180℃で 20 分焼成した。

6. 官能評価用試料の調整

予備試作の試料の割合を調整し、更に蜂蜜・アーモンドパウダーを加えた。オーラタスターの配合は、それ以外の総重量に対して、試料 A:0% B:3% C:6% D:9% とした。12 個分の配合表を表 1

に示す。調整方法は、予備試作と同様にオールインミックス法で行い、焼成は、φ9cm 菊型ラミネートカップに調整生地を60g ずつ入れ、そのまま天板に並べて180℃で17分行なった。

表 1. 官能評価用焼き菓子の配合表 (g)

試料	A	B	C	D
全卵	180	180	180	180
グラニュー糖	150	150	150	150
蜂蜜	30	30	30	30
薄力粉	120	120	120	120
アーモンドパウダー	30	30	30	30
溶かしバター	150	150	150	150
ベーキングパウダー	3.6	3.6	3.6	3.6
果汁	0	9.9	19.8	29.7
果皮ペースト	0	9.9	19.8	29.7

7. 焼き菓子試料形状の観察

焼き上がりの表面と断面を写真撮影し、色つきと気孔の状態を観察した。

8. 官能評価

焼き菓子に添加したオーラスターの適性量を知るため、嗜好試験に基づき、5段階評点法による官能試験を実施した。東大阪大学短期大学部実践食物学科の学生55名と、同校で行われたイベント参加者32名をパネラーとし、試料AからDの官能評価用焼き菓子を4等分したものを供し、試料B、C、Dは「カンキツ系の香り」、「苦味」について、試料AからDは「味の好み」、「食感の好み」、「総合評価」の5項目について評価した。結果を分散分析し、各試料間の有意差をテューキー法で多重比較した。

結果

1. オーラスター果実の品質特性

果実重量及び果肉(砂じょう)、内皮(じょう囊)、外果皮(フラベド)、内果皮(アベルド)、種子、蒂(へた)の各部位の重量割合を表2に示した。果実重量及び各部位の割合は、果実によりばらつきがあるものの、果皮が厚く、種子の多いオーラスターの特徴が認められた。

果肉(砂じょう)の一般成分を表3に示した。オーラスターの熟期は3月上中旬とされており、糖度、酸度、ビタミンC量、ポリフェノール量におい

ては、収穫時期によるばらつきがあることが認められた。また、オーラプテンとともに柑橘類の苦味成分であるナリンギン量は、若い果実(11月収穫)に多い傾向が認められた。

果実各部位のオーラプテン量を表4に示した。オーラプテンは外果皮に約100mg/100gと最も多く含まれており、次いで果肉(じょう囊)に約10mg/100g含まれていた。

表 2. オーラスター果実の重量及び各部の重量割合

収穫時期	2016年3月	2016年11月		
果実重量(g)	356.8	258.2	478.9	405.7
果肉	41.6	53.6	40.8	50.2
内皮	6.1	8.3	6.7	7.5
外果皮	17.3	12.6	15.0	11.1
内果皮	32.1	22.1	34.9	28.0
種子	2.0	2.9	2.3	2.9
蒂	0.9	0.6	0.3	0.3

表 3. オーラスター果肉の一般成分

収穫時期	2016年3月	2016年11月		
水分(%)	87.6	88.0	89.8	90.1
糖度(Bx)	11.60	10.90	8.79	8.70
酸度(g/100g)	2.04	1.88	1.40	1.26
pH	2.91	2.95	3.05	3.09
ビタミンC (mg/100g)	74.2	69.9	57.1	31.1
ポリフェノール (mg/100g)	92.6	84.4	114.0	107.0
ナリンギン (mg/100g)	20.2	23.6	66.8	59.2

表 4. オーラスター果実のオーラプテン含量 (mg/100g)

収穫時期	2016年3月	2016年11月		
果肉	6.65	14.10	5.06	14.00
内皮	4.98	3.38	2.01	3.12
外果皮	100.9	106.0	86.3	89.3
内果皮	3.67	2.20	0.58	0.88

2. 一次加工技術の確立

収穫期による差異をなくすため、加工用素材としての調整は、すべて2017年1月に収穫された果実を用いた。図2に加工用素材の調整方法と

得られた各素材の歩留まりを示した。果肉からは76%の歩留まりで果汁が得られ、果皮からは93%の歩留まりで果皮ペーストが得られた。

本処理方法により得られた果汁 100g には 9.87mg の、果皮ペースト 100g には 38.3mg のオーラプテンが含まれていた。

また、果汁の殺菌処理による色調変化は認められなかった。

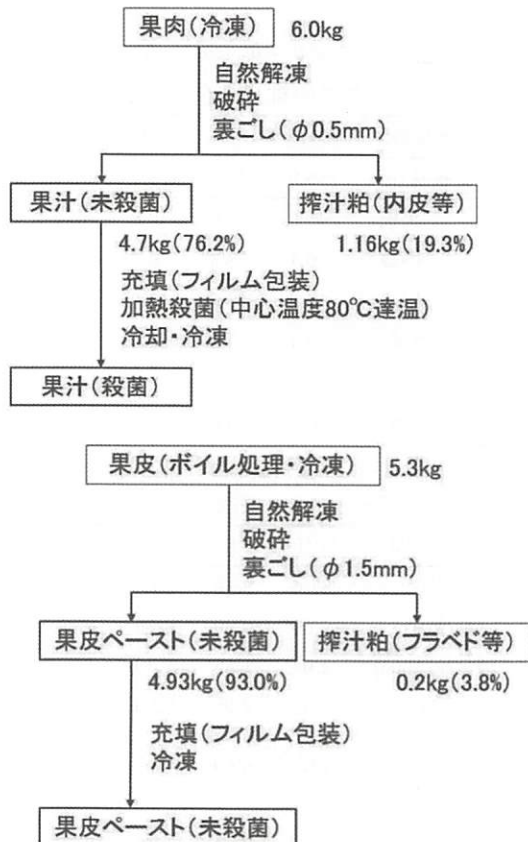


図 2. 加工用素材の調整

3. 焼き菓子試料の形状

予備試作の表面はオーラスターの配合率が高くなるほど色つきが薄くなった(図 3)。さらに、断面を見ると、同じく配合率が高くなるほど膨らみが低く試料 E と F の断面からは、水分量が多すぎて気泡が形成されていないことが分かる。従って、官能評価用の試料は、A～D の配合で作成することにした。

また、予備試作の全体を通して表面の焼き色が薄い傾向にあったため、焼き色のつきやすい蜂蜜を加え、その分のグラニュー糖を減らした。更に、より製品として完成に近づけるため、風味の良いアーモンドパウダーを追加し、薄力粉と溶かしバターを減らすことにより生地に軽さが出るよ

うに試みた。焼成方法も変更しているが、これは、改良により火通りが良くなったための変更である。

官能評価用試料では、色つきの差は少なくなったものの、予備試作の時と同じくオーラスターの配合率が高くなるほど膨らみが低くなった。試料 C と D の断面は、予備試作の試料 E と F ほどではないが、気泡のつぶれが観察できた。

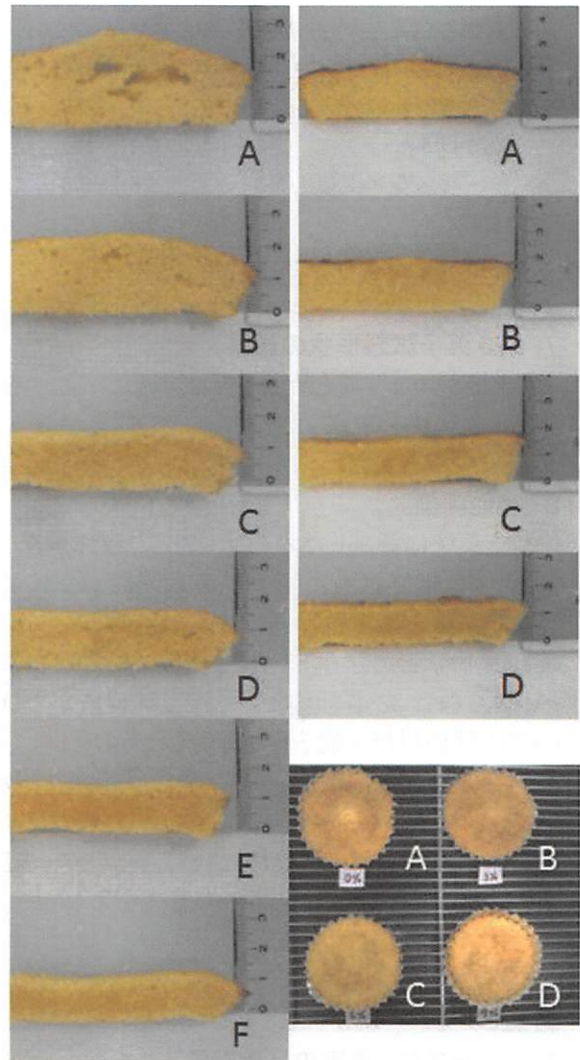


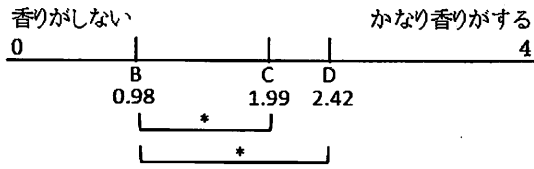
図 3 焼き菓子試料形状
(左: 予備試作、右: 官能評価用)

4. 官能評価

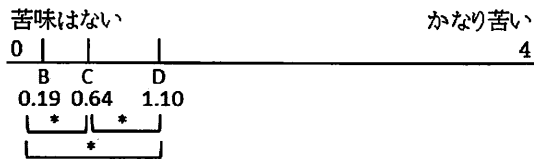
官能評価の結果を図 4 に示した。試料 B、C、D について、カンキツの香りを、香りがしない(0)、かすかに香りがする(1)、少し香りがする(2)、香りがする(3)、かなり香りがする(4)の 5 段階で質問した結果、オーラスターの配合率が高くなるほど香りを強く感じる傾向が見られ、試料 C と試料 D は試

料 B に対して有意に香りを感じられるとされた。

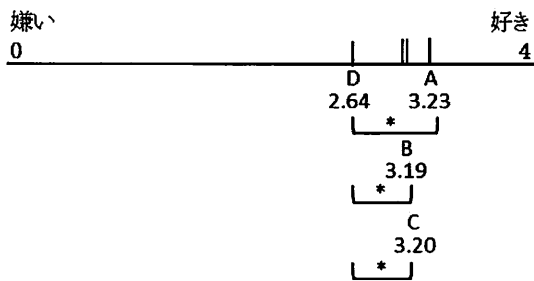
1. カンキツの香り



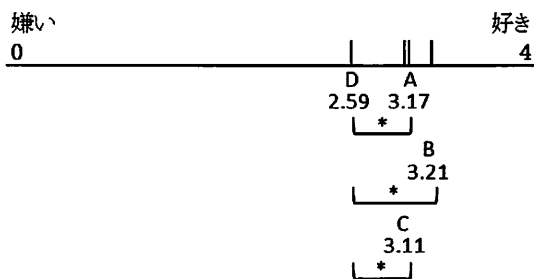
2. 苦味を感じるか



3. 味の好み



4. 食感の好み



5. 総合評価

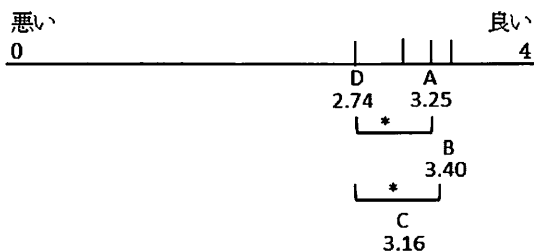


図 4. 官能評価分析結果

(数値は各試料の平均評価値、* $p < 0.01$)

試料 B、C、D について、苦味を感じるかを、苦味はない(0)、かすかに苦味がある(1)、少し苦味がある(2)、苦い(3)、かなり苦い(4)の 5 段階で質問した結果、「苦い」「かなり苦い」と回答する人数少なかったが、オーラスターの配合率が高くなるほど苦味を感じる人数が増え、試料 D は試料 B、試料 C に対してともに有意差があり、試料 B と試料 C 間にも有意差が認められた。

試料 A から D について、味の好みを、嫌い(0)、あまり好きでない(1)、普通(2)、まあまあ好き(3)、好き(4)の 5 段階で質問した結果、試料 A、試料 B、試料 C の間には有意な差は認められず、なかったが、試料 D は、「あまり好きでない」「嫌い」の評価があり、A、B、C の各試料との間に有意差が認められた。

食感の好みについても、味の好み同様試料 A、試料 B、試料 C の間には有意な差は認められなかったが、試料 D は、A、B、C の各試料との間に有意差が認められた。

最後に、試料 A から D について、総合評価として、悪い(0)、良くない(1)、普通(2)、まあまあ良い(3)、良い(4)の 5 段階で質問した結果、試料 B が最も評価が高く、以下試料 A、C、D の順となり、試料 A と試料 D、試料 B と試料 D の間にそれぞれ有意差が認められた。

考察

果皮にしかオーラプテンが含まれないハッサクなどの他の柑橘類と異なり、オーラスターでは、重量割合の高い果肉にオーラプテンが含まれており、100gあたりオーラプテンを 9.87mg 含む果汁を得ることができたため、オーラプテン含有素材としての果汁加工適性があるものと考えられた。また、通常は廃棄してしまう果皮部分についても、加熱処理後に破碎・裏ごしすることで加工に適するペースト状の素材を得ることができ、100g あたり 38.3mg と高いオーラプテン含量を維持することも可能であった。

一方で、収穫時期や果実間の成分のばらつきが大きいことから、加工用素材の調整にあたっては、収穫時期の選定に十分に注意を払う必要がある、収穫時期の異なるロットが生じた場合は、再調整して品質を画一化するなどの加工工程が必要になると考えられる。

果皮ペーストはそのままでは食するに相当では

ないが、果汁と組み合わせることで柑橘類独特の風味のある菓子類などの製造が可能であると考え、マドレーヌタイプの焼き菓子を試作したところ、生地あたり果皮ペーストと果汁を合わせて3%あるいは6%含んだ試料の官能評価が高い結果となった。生地あたり果皮ペーストと果汁を合わせ9%含んだ試料は、カンキツの香りがするものの他の評価が低く、これより含量を増やすと、菓子の焼き上がり形状が良くないことがわかった。このため、今回試作したタイプの焼き菓子には、果皮ペーストと果汁を合わせて6%が適当な濃度であると考えた。製品にカンキツらしい香りが足りないことが懸念される場合は、香料などで補う必要があるものと考えた。

この濃度オーラプテン含量は、焼き菓子1個あたりに換算すると、0.79mgとなる。オーラプテンのヒトでの有効性についての研究はまだなされていないが、1度に食することのできるオーラプテン量の目安としての基礎データになりうるものと考えられる。

以上の結果より、オーラスターから得られた果汁及び果皮ペーストは、高いオーラプテン含量を維持しており、機能性を持つ食品素材として菓子類などの製造に利用可能であり、オーラスターが、加工専用品種としての適性条件を備えていることが示唆された。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人中央果実協会平成28年度果実加工需要対応産地強化事業(加工専用品実生産支援事業)の助成を受けて実施された。

文献

- 1) 小川一紀: 日本食品科学工学会誌, 60(10), 603-608(2013)
- 2) 岡本佳乃: 高知県工業技術センター研究報告, 36, 11-13(2005)
- 3) Takuji Tanaka, Kunihiro Kawabata, Mikio Kakumoto, Akira Hara, Akira Murakami, Wataru Kuki, Yasuo Takahashi, Hiroshi Yonei, Masayo Maeda, Takahide Ota, Shizuo Odashima, Tetsuro Yamane, Koichi Koshimizu, and Hajime Ohigashi: *Cancer Res.*, 58, 2550-2556(1998)
- 4) Prasad Krishnan, Karen J Yan, David Windler, Jesse Tubbs, Robert Grand, Benjamin DL Li, C

- Marcelo Aldaz, Jerry McLarty and Heather E Kleiner-Hancock: *BMC Cancer*, 9, 259(2009)
- 5) Yunseon Jang, Jeongsu Han, Soo Jeong Kim, Jungim Kim, Min Joung Lee, Soyeon Jeong, Min Jeong Ryu, Kang-Sik Seo, Song-Yi Choi, Minho Shong, Kyu Lim, Jun Young Heo and Gi Ryang Kweon: *Oncotarget*, 6(35), 38127-38138(2015)
 - 6) Akira Murakami, Yoshimasa Nakamura, Takuji Tanaka, Kyuichi Kawabata, Daisuke Takahashi, Koichi Koshimizu and Hajime Ohigashi: *Carcinogenesis*, 21(10), 1843-1850(2000)
 - 7) Satoshi Okuyama, Kana Yamamoto, Hiroto Mori, Nobuki Toyoda, Morio Yoshimura, Yoshiaki Amakura, Takashi Yoshida, Kuniaki Sugawara, Masahiko Sudo, Mitsunari Nakajima, and Yoshiko Furukawa: *Evid. Based Complement. Altern. Med.*, 10, 408503(2014)
 - 8) Koichi Takeda, Hiroto Utsunomiya, Seiji Kakiuchi, Yoshiharu Okuno, Koji Oda, Ken-ichi Inada, Yutaka Tsutsumi, Takuji Tanaka and Kennichi Kakudo: *J Oleo Sci.*, 56(5), 253-60(2007)
 - 9) Min-Jin Kim, Sang Suk Kim, Kyung-Jin Park, Hyun Joo An, Young Hun Choi, Nam Ho Lee and Chang-Gu Hyun: *Cosmetics*, 4, 34(2017)
 - 10) Philippe de Medina, Salvatore Genovese, Michael R. Paillasse, Mahta Mazaheri, Stephanie Caze-Subra, Kerstin Bystricky, Massimo Curini, Sandrine Silvente-Poirot, Francesco Epifano and Marc Poirot: *Mol Pharmacol.*, 78, 827-836(2010)
 - 11) Bibi Marjan Razavi, Ebrahim Arasteh, Mohsen Imenshahidi and Mehrdad Iranshahi: *Iran J Basic Med. Sci.*, 18(2), 153-158(2015)
 - 12) 室伏 誠, 佐藤 綾香, 山下 あゆ: 日大生活科研報, 37, 49-54(2014)