

ガックフルーツの抗酸化活性と抗コレステロール作用について

片山佳子*、横塚有希*

Antioxidant Activity and Anticholesterol Action of Gac Fruit

Yoshiko KATAYAMA and Yuki YOKOZUKA

Gac fruit is indigenous to Vietnam and other countries in Southeast Asia, and is harvested from October to February. The bright-red aril of gac fruit is used for red steamed rice called "Xoi gac", and it is provided for daily meal and ceremonial occasion. The aril contains high concentrations of β -carotene and lycopene, and especially lycopene contains approximately 10 times in comparison with tomatoes. It is known lycopene has a high antioxidant activity among carotenoid. In addition, aril of gac fruit unusually includes a lot of lipid in the fruit. Carotenoid such as the lycopene increases the absorption rate to take together with lipid, it is considered to be an effective means as a source of intake of antioxidant foods. And aril of gac fruit has a report to include oleic acid and linolenic acid of the unsaturated fatty acid, and these unsaturated fatty acid have an anti-cholesterol effect. The purposes of this study are to inspect antioxidant activity and anticholesterol action of gac fruit. The results show that the lycopene is contained approximately 5 times of tomatoes, and the antioxidant activity is approximately 50% of tomatoes. The mechanism is supposed that the content of unsaturated fatty acid such as oleic acid or linolenic acid was high, and lycopene is easily oxidized. And the significant difference by the gac fruit addition was not seen about the anticholesterol action. This caused a lipid peroxidation reaction by oleic acid and linolenic acid of the unsaturated fatty acid included in gac fruit, and it was thought that itself was easy to be oxidized.

緒言

ガックフルーツとは学名「*Momordica Cochinchinesis*」、日本名「モクベツシ」、「南蛮からすウリ」と呼ばれ中国南部から東南アジア、インドに分布するウリ科ツル性の一年草本の果実である。冬の寒い時期(9月~12月)に結実し、10月~2月に収穫できることから、現地では、「天国からの贈り物」と呼ばれ、東南アジアの中でも特にベトナムで親しまれている。

表面には全体的に小さなイボがついてデコボコしており、メロンほどの大きさになる。ベトナムでは、古くからガックの葉や種で作った湿布はアロエ同様、傷などの治療に使われてきた。生食は少なく、種の周りの真っ赤

な種衣(仮種皮;種を覆う果肉)に含まれる色素を着色料として利用している。その中でも有名な食べ方が日常や祝いの日食される伝統料理、「ソイガック」(Xoi gac)と呼ばれる赤飯である。

ガックフルーツの種衣には、 β -カロテンやリコペンなど強力な抗酸化作用を持つ成分が多く含まれており¹⁾²⁾、リコペンを高濃度で含有することで知られるトマトや果実類に比べ、約10倍ものリコペンが含有していると言われている³⁾。これらのカロノイド類は脂質とともに摂取すると吸収率が上がることが知られているが、ガックフルーツは果実類では珍しく高い脂質含有率を持つ果実の一つであり、ガックフルーツの種衣を圧搾するとカロ

Keywords: Antioxidant activity, Anticholesterol action, Beta carotene, Lycopene, Gac fruit

* 東京聖栄大学健康栄養学部

テノイドを多く含むガックオイルが簡単に得られる。また、最近では、カロテノイド類などの果物由来の抗酸化剤が心血管疾患に対する予防効果を発揮することが受け入れられている⁴⁾。このことにより、ガックフルーツには高い抗酸化作用とともに抗コレステロール作用が期待されるが、実際に機能性試験を行っての検証報告は少ない。

そこで、本研究では、ガックフルーツの抗酸化活性および抗コレステロール作用について検証を行うことを目的とした。

試料および実験方法

1. 試料

(1)ガックフルーツ

冷凍ガックフルーツ(マスイコーポレーション)の種衣部を使用し、凍結乾燥後、ミキサーで粉砕したものを試料とした。

(2)トマト

朱色系の福島県産ラウンドトマト(KAGOME)と、濃赤色系のト高知県産完熟屋トマト(合同会社西友)を(1)と同様の方法で処理した。また、前処理による違いがあるのかを調べるため、凍結乾燥前に楕切りにしたものとジュース状になるまで破砕したものをそれぞれ試料とした。

2. 実験方法

(1)脂質量の測定

脂質の測定はソックスレー抽出法⁵⁾に準じて行った。

(2)β-カロテン量とリコペン量の測定

β-カロテンとリコペンの測定は簡易定量法⁶⁾に準じて行った。

(3)DPPH ラジカル消去活性の測定

DPPH ラジカル消去活性の測定は、須田⁷⁾の方法に準じて行った。400 μM DPPH(和光純薬)エタノール溶液、200 mM MES(2-morpholinoethanesulfonic acid)緩衝液(pH6.0)、20%エタノール溶液の混合溶液を調製した。混合溶液 900 μl、試料総量 300 μl となるように 80%エタノール溶液を加え、攪拌した。20 分間静置後、520 nm における吸光度を測定した。DPPH ラジカル消去活性は Trolox (SIGMA-ALDRICH) 相当量として算出した。

(4)抗コレステロール測定

1) 血清採取

3 週齢の Sprague-Dawley (SD)系雄ラット(日本チャールス・リバー社)24 匹を用い、飼料を標準食(対照群)、高脂肪食、標準食+ガックフルーツ添加群、高脂肪食+ガックフルーツ添加群の 4 群に分け、1 群 6 匹を 22~26 °C の環境で 3 週間飼育を行った。飼育後、血液を採取し、遠心分離(3500rpm, 10min)を行い、血清(上清)を得た。なお、飼料の配合割合を Table 1 に示した。

2) 総コレステロールの測定

コレステロールの測定は、コレステロール E-テストコー(和光純薬工業株式会社)を用いて、血清中総コレステロールの測定を行った。血清 0.02 mL に発色試薬 3.0mL を加え混合し、37 °C で 5 分間加温し 600 nm における吸光度を測定した。この時、溶血がある場合は誤差を与えるため、副波長として 700 nm における吸光度も測定し、Blank は発色試薬で行った。

3) HDL-コレステロールの測定

HDL-コレステロールの測定は、HDL-コレステロール

Table 1 Composition of diets

Ingredients (%)	Control	High fat	Control+Gac fruit	High fat+Gac fruit
Gac fruit	—	—	10	10
Lard	—	20	—	20
Soy bean oil	7	7	7	7
Casein	20	20	20	20
Cystine	0.3	0.3	0.3	0.3
Cellulose	5	5	5	5
Vitamin	1.3	1.3	1.3	1.3
Mineral	3.5	3.5	3.5	3.5
Tert-Butylhydroquinone	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
Cornstach	62.9	42.9	52.9	32.9
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

E-テストワコー (和光純薬)を用いて、血清中 HDL-コレステロールの測定を行った。遠沈管に血清 0.2 mL を入れ、次に沈殿試薬を加えよく混合し、室温で約 10 分間放置後、遠心分離(3000 rpm、10min)を行った。その後、上清 0.05 mL を採取し、発色試薬 3.0 mL を加えて混合後、37 °C で 5 分間加温し 600 nm における吸光度を測定した。この時、溶血がある場合は誤差を与えるため、副波長として 700 nm における吸光度も測定し、Blank は発色試薬で行った。

4) 中性脂肪の測定

中性脂肪の測定は、総コレステロール測定試験と同様に血清を採取し、トリグリセライド E-テストワコー (和光純薬)を用いて、血清中の中性脂肪の測定を行った。血清 0.02 mL に発色試薬 3.0 mL を加え混合し、37 °C で 5 分間加温後、600 nm における吸光度を測定した。この時、溶血がある場合は誤差を与えるため、副波長として 700 nm における吸光度も測定し、Blank は発色試薬で行った。

5) LDL-コレステロールの測定

総コレステロール量を TC、HDL-コレステロール量を HDLC、中性脂肪量を TG として以下の式より LDL コレステロール量 LDLC を算出した。

$$TC - HDLC - (TG / 5) = LDLC$$

(3) 過酸化物質測定試験

試料 1 g にクロロホルム 10 mL を加えて溶解した。そこに酢酸 15 mL および飽和ヨウ化カリウムを 1 mL 加え、1 分間振盪後、暗所にて 5 分間放置した。その後、蒸留水 75 mL を加え、激しく混和し、0.01 mol/L チオ硫酸ナトリウム標準液にて滴定を行った。溶液の色が薄くなったところで、でんぷん指示薬を加え、ヨウ素でんぷん反応の色が消失したところを終点とした。空試験を行い、以下の式より過酸化物質を算出した。

$$POV (\text{meq} / \text{kg}) = (a - b) \times F \times 10 / S$$

a : 本試験の滴定値 mL

b : 空試験の滴定値 mL

F : 0.01 mol/L チオ硫酸ナトリウム標準液の Factor

S : 試料採取量 (g)

結果および考察

1. DPPH ラジカル消去活性

比較対照として行ったトマトのラジカル消去活性は朱色系トマトの櫛切りが 77.5 μ mol Trolox/100g、破碎が 71.9 μ mol Trolox/100g、濃赤色系トマトの櫛切りが 87.6

μ mol Trolox/100g、破碎が 88.8 μ mol Trolox/100 であり、前処理の違いによる差はほとんど見られなかった。また、トマトの色味の違いでは、朱色系トマトの平均値が 74.7 μ mol Trolox/100g、濃赤色系トマトの平均値が 88.2 μ mol Trolox/100g と朱色系トマトより濃赤系トマトの方が高い活性を示し、赤みが濃いトマトの方が抗酸化活性は高いことが示唆された(Table 2)。これに対しガックフルーツのラジカル消去活性は 36.9 μ mol Trolox/100g でありトマトの約 50%程度であった。このような結果の原因を探るために脂質量、 β -カロテン量およびリコペン量の測定を行った。その結果、ガックフルーツフルーツの脂質量は 10.1 g/100g、 β -カロテンは 29.5 mg/100g、リコペンは 44.2 mg/100g であった。ガックフルーツの成分値についてのこれまでの報告では、 β -カロテンで 8 mg/100g⁸⁾~83.6 mg/100g⁹⁾、リコペンは 38 mg/100g¹⁰⁾~408 mg/100g⁸⁾と、数値に幅がある。Nhung らは、室温で 2 週間貯蔵した時の β -カロテンおよびリコペン含量の経時的変化について測定を行い、種衣中の β -カロテン含量の当初濃度は、25.7 mg/100g~37.9 mg/100g Fresh Weight、リコペン含量の当初濃度は、237.8 mg/100g~372.8 mg/100g Fresh Weight であり、種衣中のカロテノイド濃度は、1 週間は安定していたが、2 週間後には急激に変化し、約 1/4 にまで減少したと報告している¹¹⁾。また、Ishida らは、ガックフルーツの種衣中には脂肪酸が重量で 22.0%含有しており、その構成は 32.3%のオレイン酸、29.2%のパルミチン酸そして 28.1%のリノレン酸であったと報告している⁹⁾。このことから、ガックフルーツに豊富に含まれるリコペンはカロテノイドの中でも最も高い抗酸化作用が知られているが、ガックフルーツ中の不飽和脂肪酸のオレイン酸やリノレン酸が脂質過酸化反応を引き起こし、自身も酸化されやすいということが考えられた。すなわち、収穫後、2 週間以上経過したガックフルーツの抗酸化活性は収穫直後のものより、かなり活性が落ちており、たとえトマトよりもリコペン量が多く残存していたとしても高い抗酸化活性が期待できるとは限らないことが明らかとなった。現時点での日本では、生果のガックフルーツの入手が困難であるため、今回は冷凍のガックフルーツを使用し、各種測定を行った。しかし、収穫してから加工処理までの経過日数や日本に輸入されるまでの経過日数を把握することはできないため、今後は、収穫後できるだけ新鮮なガックフルーツを用いて各種試験の検証を行う必要があると考えられた。

Table 2 DPPH radical-scavenging activities of Gac fruit and Tomato

Gac fruit	DPPH radical-scavenging activities (μ mol-Trolox / 100g)			
	Vermilion Tomato		Dark red Tomato	
	Comb cut	Crush	Comb cut	Crush
36.9	77.5	71.9	87.6	88.8

2. 抗コレステロール作用

試験開始前の平均体重が①標準食 (対照群) が 59.92 ± 2.63 g、②高脂肪食群が 59.79 ± 2.74 g、③標準食+ガックフルーツ添加群が 59.96 ± 3.39 g、④高脂肪食+ガックフルーツ添加群が 59.89 ± 3.60 g であり、上記の条件で3週間飼育したところ、①202.54 ± 4.41 g、②218.08 ± 13.91 g、③176.37 ± 11.91 g、④200.54 ± 4.19 g と約4倍の体重となり、各群とも順調な成長が見られた。この経過を成長曲線として Fig. 1 に示した。1日あたりの平均飼料摂取量では、①13.24 ± 0.36 g、②12.12 ± 0.26 g、③11.36 ± 0.55 g、④10.24 ± 0.42 g とガックフルーツを添加することで飼料摂取量がやや減少していることがわかるが(Fig. 2)、飼育効率では①49 ± 1.5 %、②60 ± 4.6 %、③50 ± 2.7 %、④66 ± 2.7 % とラードを添加した高脂肪食群と高脂肪食+ガックフルーツ添加群が高くなっており、ガックフルーツ添加の有無で見るとガックフルーツを添加した群の方が高い値を示した(Fig. 3)。

総コレステロールの各群の平均値は、①80.33 ± 5.75 mg/dL、②77.50 ± 4.08 mg/dL、③74.67 ± 4.04 mg/dL、④79.00 ± 10.80 mg/dL であり、差異は認められなかった。また、脂質量の違いやガックフルーツ添加の有無による影響も認められなかった(Fig. 4)。

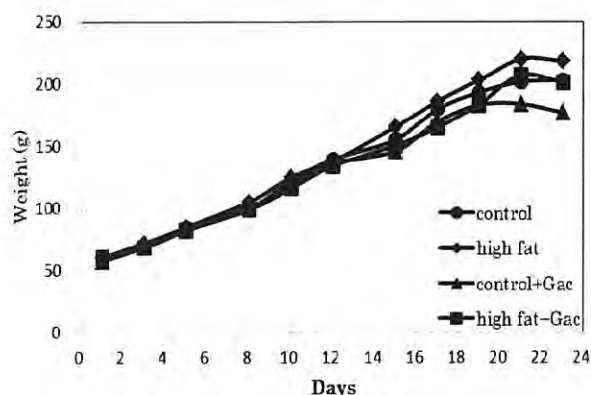


Fig. 1 Rat growth curve according to diets

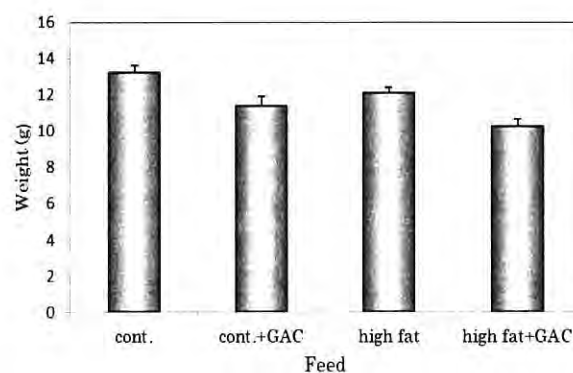


Fig. 2 Mean dietary intake / Day

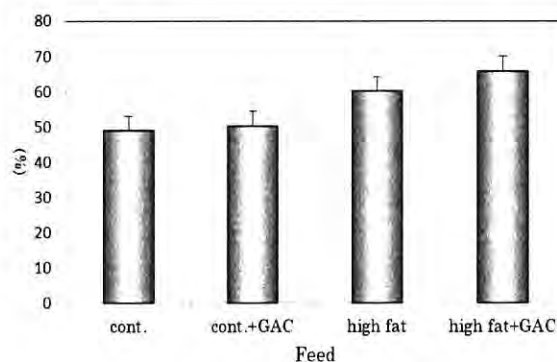


Fig. 3 Diets efficiency

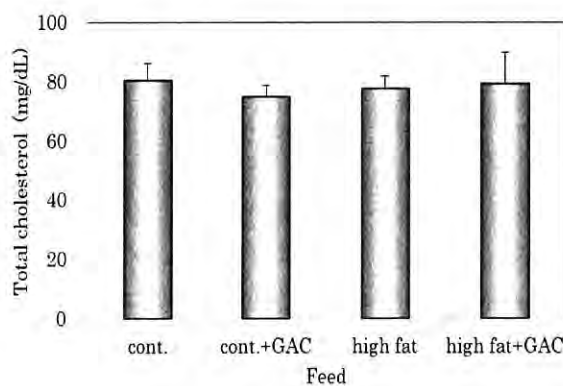


Fig. 4 Total cholesterol in serum according to diets

HDL-コレステロールの各群の平均値は、①39.73±1.91 mg/dL、②37.57±3.69 mg/dL、③29.35±4.82 mg/dL、④28.73±2.26 mg/dLであった。脂質量の違いによる影響と交互作用は見られなかったが、ガックフルーツ添加の有無による影響が見られた。すなわち、ガックフルーツが HDL-コレステロールを下げる傾向があることが示唆され、有意差が見られた(p<0.05) (Fig. 5)。

中性脂肪の各群の平均値は①58.75±4.27 mg/dL、②81.25±14.56 mg/dL、③69.17±2.64 mg/dL、④85.00±8.11 mg/dLであった。脂質量の違いによる影響が見られ、脂質量が多いほど中性脂肪が高くなることが認められた。ガックフルーツ添加の有無の影響および交互作用は見られなかった(Fig. 6)。

LDL-コレステロールの各群の平均値は①29.22±4.71 mg/dL、②23.68±2.68 mg/dL、③31.48±2.51 mg/dL、④33.27±8.51 mg/dLであった。脂質量の違いによる影響、ガックフルーツ添加の有無による影響および交互作用ともに有意差は見られなかったが、ガックフルーツを添加することで LDL-コレステロール値は上がる傾向があることが示唆された(Fig. 7)。

LDL-コレステロールが上昇した要因として、ガックフルーツ種衣中に含まれる不飽和脂肪酸のオレイン酸およびリノレン酸は両者を合わせると 60%以上であり⁹⁾、これらの酸化が進行して過酸化脂質を生じることから、LDL-コレステロールの上昇に繋がったことが考えられた。また、HDL-コレステロールの減少は、LDL-コレステロールの増加に伴い、総コレステロール値に対する割合が減少したことによるものと考えられた。

3. 過酸化物価

本研究で使用した冷凍ガックフルーツ種衣の過酸化物価は 84.4 meq/kg であり、新鮮な油脂の過酸化物価は

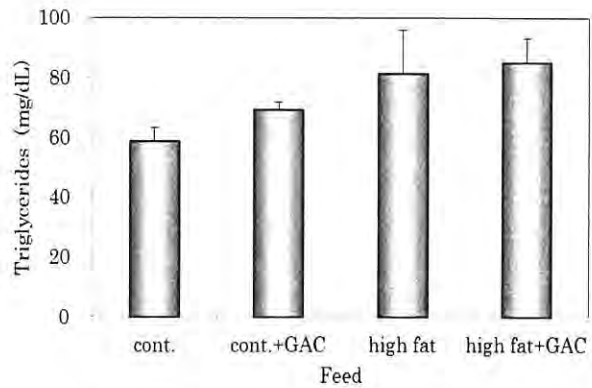


Fig. 6 Triglycerides in serum according to diets

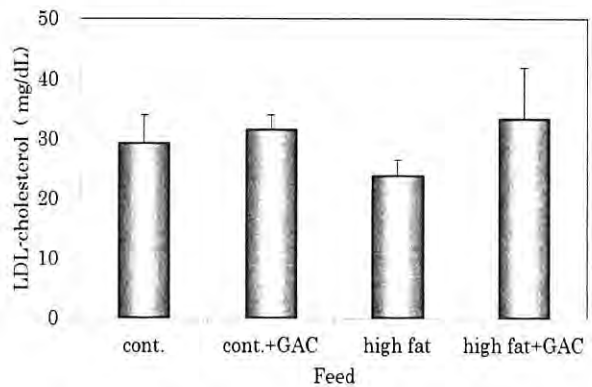


Fig. 7 LDL-cholesterol in serum according to diets

10 meq/kg 未満である¹⁰⁾。通常の果物の脂質量は 0.1% 前後であるのに対し、ガックフルーツ種衣の脂質量は 10.1% と非常に高く、また、その脂肪酸中にオレイン酸やリノレン酸といった不飽和脂肪酸の占める割合が大きいため、ガックフルーツ中の不飽和脂肪酸の酸化が進行したものと考えられた。不飽和脂肪酸の酸化のメカニズムは、最初のうちに過酸化物価は上昇していくが、金属によって分解されるので、時間が経つと過酸化物価の値は減少に転じることが知られている。今回の試料は、収穫後何日経過して加工されたのか、また輸入後の日数経過も不明であるため、確かなことは言えないが、加工後、ある程度の日数が経過していることは推測された。また、冷凍保存の状態でも酸化が進行し、過酸化物価が上昇することが考えられた。このため、ガックフルーツのように脂質含量の高い食品は、収穫後、できるだけ早いうちに加工し、消費されることが、抗酸化物質摂取のためには、有効であることが考えられた。

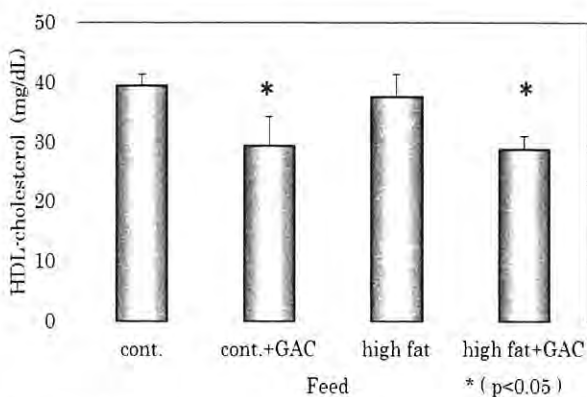


Fig. 5 HDL-cholesterol in serum according to diets

要約

ガックフルーツの種衣はβ-カロテンやリコペンなどの強力な抗酸化力を持つ成分が多く含まれ、またガックフルーツは果実類では珍しく高い脂質含有率を持つ果実の一つである。このため、高い抗酸化活性と抗コレステロール作用が期待された。しかし、抗酸化活性はトマトの約50%程度であり、抗コレステロール作用についてもガックフルーツ添加による有意差は見られなかった。これは、ガックフルーツに含まれる不飽和脂肪酸のオレイン酸やリノレン酸によって脂質過酸化反応を引き起こし、自身も酸化されやすいことが考えられた。このため、リコペンが多く残存していたとしても、高い抗酸化活性が期待できるとは限らないことが明らかとなった。日本では、生果のガックフルーツの入手は困難であるが、東南アジアでは、この種衣部を利用し、日常赤飯として食されている。リコペンは生果よりもその加工品からの摂取の方が、血中への吸収量が多いことが知られており¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾、そのため、抗酸化物質の摂取方法としては有効な手段であると考えられる。ただし、収穫後、室温で1週間はカロテノイドの濃度は安定していたが、2週間後には急激に減少し約1/4にまで減少したという報告があるため¹¹⁾、抗酸化物質摂取のためには、収穫後できるだけ早く食することが望ましいことが示唆された。

文 献

- 1) Vuong, L. T., Dueker, S. R. and Myrphy, S. P. : Plasma β-carotene and retinol concentrations of children increase after a 30-d supplementation with the fruit *Momordica cochinchinensis* (gac). *The American Journal of Clinical Nutrition*, **75**, 872-879 (2002)
- 2) Vuong, L. T. and King, J.C. : A method of preserving and testing the acceptability of gac fruit oil, a good source of β-carotene and essential fatty acids. *Food and Nutrition Bulletin*, **24**, 224-230(2003)
- 3) グュエン・ヴァン・チュエン : ベトナムの機能性食材について. 日本栄養・食糧学会大会要旨集, p78 (2007)
- 4) Jung, K. A., Song, T. C., Han, D., Kim, I. H. and Kim, Y. E., Lee, C. H. : Cardiovascular protective properties of kiwifruit extracts in vitro. *Biol Pharm Bull*, **28**, 1782-1785 (2005)
- 5) 吉田勉監修 : 新しい食品学実験 第2版 (三共出版, 東京), pp.69-69 (2013)
- 6) 石谷孝佑 : 食品分析法 (光琳, 東京), pp.751-758 (1982)
- 7) 篠原和毅, 鈴木健夫, 上野川修一編著 : 食品機能研究法 (光琳, 東京), pp.218 (2000)
- 8) Vuong, L. T., Franke, A. A., Custer, L. J. and Murphy, S. P. : *Momordica cochinchinensis* Spreng (gac) fruit carotenoids reevaluated. *Journal of Food Composition and Analysis*, **19**, 664-668 (2006)
- 9) Ishida, B. K., Turner, C., Chapman, M. H. and Mckee, T. A. : Fatty acid and carotenoid composition of Gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 274-279 (2004)
- 10) Aoki, H., Kieu, N. T., Kuze, N., Tomisaka, K. and Chuyen, V. N. : Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, **66**, 2479-2482 (2002)
- 11) Nhung, D. T. T., Bung, P. N., Nguyen Thu Ha, N. T. and Phong, T. K. : Changes in lycopene and beta carotenes contents in aril and oil of gac fruit during storage. *Food Chemistry*, **121**, 326-331 (2010)
- 12) 浅井明, 山田裕美, 仲川清隆, 高田式久, 宮澤陽夫 : トマト果実濃縮色素体ラットにおける抗酸化効果. 日本食品科学工学会, **47**, 716-721 (2000)
- 13) Garner, C., Stahl, W. and Sies, H. : Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **66**, 116-122 (1997)
- 14) Porrini, M., Riso, P. and Testolin, G. : Absorption of lycopene from single or daily portions of raw processed tomato. *British Journal of Nutrition*, **80**, 353-361 (1998)