

食用植物及び香辛料の褐変阻害について

増田 勝己*・多田 千明

(2010年2月8日受理)

Inhibitory Effect of Edible Plants and Spices on Browning

Katsumi MASUDA, Chiaki TADA

キーワード (key words)

褐変阻害 (Inhibitory Effect of Browning) チロシナーゼ (Tyrosinase)

食用植物 (Edible Plant) 香辛料 (Spice)

1. 緒 言

近年、交通手段が発達して新鮮な食商品の流通量が増加し、消費者も鮮度に対する要求度を増してきている。食商品の外観的变化を抑制するためいろいろな方法が行われ、その費用も増加しており、その対価は食材の価格に付加されて最終的には消費者がそれを払っているというのが現状である。¹⁾

食品の外観的变化としては褐変や酸化が大きく左右しており、褐変は酵素的褐変と化学的褐変に大別される。そのうち酵素的褐変は、たとえば野菜や果物、水畜産物などの生鮮食品などにおいて、それが有する酵素作用で進展する。特に、食品の加工操作などがきっかけとなって、食材由来の酵素が活性化される特徴を有する。

生物系の褐変には様々なものがあるが、食品の劣化に密接に関わるものとしては、酸化褐変酵素のポリフェノールオキシダーゼやペルオキシダーゼ、カタラーゼがよく知られている。ポリフェノールオキシダーゼは別名チロシナーゼとも言われ、生鮮食品が有するフェノール成分を酸化褐変させ、視覚的には品質劣化の原因や栄養価値の低下を招く。²⁾ また、ペルオキシダーゼなどは過酸化水素の存在下でフェノール類や芳香族アミンな

どを酸化重合させ褐変させる。

ポリフェノールオキシダーゼは植物中のクロロゲン酸をはじめ種々のフェノール類に対応するキノン体を酸化する酵素であり、食品の酵素的褐変の原因酵素である。^{3) 4)} マッシュルームなどのキノコ類、リンゴ、バナナなどの果物、ナス、レタスやキャベツなどの野菜、イモ類などの褐変は加工や調理の際に日常経験する現象であり⁵⁾、多くの事象とその褐変などが植物性食品の加工貯蔵上重要なテーマのひとつとして研究されてきた。⁶⁾ 例えば、リンゴジュースの製造において褐変を防止するためにアスコルビン酸が使用されているが、なお一層効果的な褐変抑制物質の発見が求められている。^{7) 8)} 一般的に酵素的褐変を抑止する物質として食塩、アスコルビン酸、システイン、亜硫酸塩などが知られているが⁸⁾、他にも増田らは²⁾ ナンテンやレモンバーム、山田らは¹⁾ 糸状菌培養液、細田らは⁷⁾ スルフィド類などに褐変阻害作用があると報告している。

現在のところは報告以外には食用植物や食品では顕著な褐変阻害作用があることが見出されていないので、本実験は酵素的褐変の阻害作用を有するものを天然物資材、特に食用植物並びに香辛料の中から見出すことを実験の目的とした。

*ペンネーム (本名：三谷)

2. 試 料

福井県坂井市、永平寺町、勝山市、大野市で自

生している食用植物を収集し、当日2時間以内に、市販品は購入当日4時間以内で試料に供した。(表1、2参照)

表1 試料とした食用植物

種 類	学 名	科 名
1 アマドコロ	<i>Polygonatum odoratum</i>	ユリ科
2 アロエ	<i>Aloe arborescens</i>	アロエ科
3 オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>	オオバコ科
4 カキ (生葉)	<i>Diospyros kaki</i>	カキノキ科
5 カキ茶	<i>Diospyros kaki</i>	カキノキ科
6 カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ科
7 カラスノエンドウ	<i>Vicia angustifolia</i>	マメ科
8 シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	マメ科
9 ゲンゲ	<i>Astragalus sinicus</i>	マメ科
10 タネツケバナ	<i>Cardamine scutata</i>	アブラナ科
11 タラノメ	<i>Aralia elata</i>	ウコギ科
12 ツクシ	<i>Equisetum arvense</i>	トクサ科
13 ツバキ	<i>Camellia japonica</i>	ツバキ科
14 ツユクサ	<i>Commeline communis</i>	ツヤクサ科
15 ナンテン	<i>Nandina domestica</i>	メギ科
16 ノビル	<i>Allium macrostemon</i>	ユリ科
17 ハコベ	<i>Stellaria media</i>	ナデシコ科
18 フキ	<i>Petasites japonicas</i>	キク科
19 マツバ	<i>Pinus thunbergii</i>	マツ科
20 ヨメナ	<i>Aster yomena</i>	キク科
21 アザミ	<i>Cirsium japonicum</i>	キク科
22 ゲンノショウコ	<i>Geranium thunbergii</i>	フウロソウ科
23 コゴミ	<i>Matteuccia atriuopteris</i>	オンダ科
24 コシャク	<i>Anthriscus sylvestris</i>	セリ科
25 ミツバ	<i>Cryptotaenia canadensis</i>	セリ科
26 イタドリ	<i>Fallopia japonica</i>	タデ科
27 ウド	<i>Aralia cordata</i>	ウコギ科
28 ゼンマイ	<i>Osmunda japonica</i>	ゼンマイ科
29 ダイモンジソウ	<i>Saxifraga fortunei</i>	ユキノシタ科
30 ツルデマリ	<i>Hydrangea petiolaris</i>	ユキノシタ科
31 ホオバ	<i>Magnolia obovata</i>	モクレン科
32 ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i>	コバノイシカクバ科
33 ギョウジャニンニク	<i>Allium victorialis</i>	ユリ科
34 サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	ミカン科
35 セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	セリ科
36 チャ (生葉)	<i>Camellia sinensis</i>	ツバキ科
37 レモンバーム	<i>Melissa officinalis</i>	シソ科
38 カキドオシ	<i>Glechoma hederacea</i>	シソ科
39 ギシギシ	<i>Rumex japonicus</i>	タデ科
40 スイバ	<i>Rumex acetosa</i>	タデ科
41 スミレ	<i>Viola mandshurica</i>	スミレ科
42 タンポポ	<i>Taraxacum officinale</i>	キク科

43	チドメグサ	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>	セリ科
44	ツワブキ	<i>Farfugium japonicum</i>	キク科
45	ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	ドクダミ科
46	ハス	<i>Nelumbo nucifera</i>	ハス科
47	ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i>	キク科
48	ヒルガオ	<i>Calystegia japonica</i>	ヒルガオ科
49	ヒマワリ	<i>Helianthus annuus</i>	キク科
50	ヒメオドリコソウ	<i>Lamium purpureum</i>	シソ科
51	ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>	キク科
52	カブ（葉）	<i>Brassica rapa</i>	アブラナ科
53	セロリ	<i>Apium graveolens</i>	セリ科
54	タマネギ	<i>Allium cepa</i>	ユリ科
55	ネギ	<i>Allium fistulosum</i>	ユリ科
56	パセリ	<i>Petroselinum crispum</i>	セリ科

1～20は、自宅周辺（福井県大野市松丸）で採取したもの

21～25は、福井県永平寺町山王周辺で採取したもの

26～32は、福井県勝山市北谷町杉山周辺で採取したもの

33～37は、福井県丹生郡越前町周辺で採取したもの

38～51は、短期大学周辺（福井県福井市天池町）で採取したもの

52～56は、市販品のもの

表2 試料とした香辛料

品名	学名	科名
1 アニス	<i>Pimpinella anisum</i>	シソ科
2 ウーシャンフェ	注 1)	
3 オレガノ	<i>Origanum vulgare</i>	シソ科
4 カルダモン	<i>Elettaria cardamomum</i>	ショウガ科
5 クミン	<i>Cuminum cyminum</i>	セリ科
6 コリアンダー	<i>Coriandrum sativum</i>	セリ科
7 ローズマリー	<i>Rosmarinus officinalis</i>	シソ科
8 クローブ	<i>Syzygium aromaticum</i>	フトモモ科
9 スペアミント	<i>Mentha spicata</i>	シソ科
10 タイム	<i>Thymus vulgaris</i>	シソ科
11 タラゴン	<i>Artemisia dracunculus</i>	キク科
12 セージ	<i>Salvia officinalis</i>	シソ科
13 デイルシード	<i>Anethum graveolens</i>	セリ科
14 ナツメグ	<i>Myristica fragrans</i>	ニクズク科
15 ローリエ	<i>Laurus nobilis</i>	クスノキ科
16 キャラウェイ	<i>Carum carvi</i>	セリ科
17 スターアニス	<i>Illicium verum</i>	シキミ科

1～7は、SG朝岡スパイス株式会社製

8～12は、S&Bエスビー食品株式会社製

13～15は、GABAN・ハウス食品株式会社製

16～17は、ハウス食品株式会社製

注1) ウーシャンフェ（五香粉）は、スターアニス、シナモン、チンピ（陳皮）、クローブ、ホアジャオ（花椒）が入っているため記載していない。

3. 実験方法

3-1 試薬調製

リン酸二水素カリウム、リン酸水素二ナトリウムは、ナカライテスク株式会社製の特級を使用した。ジメチルスルホキシド (DMSO) と L- β -(3,4-Dihydroxyphenyl) alanine (以下、L-DOPA と略記) は和光純薬工業株式会社製のものをを用いた。チロシナーゼ (EC 1.14.18.1) (5370unit、マッシュルーム由来) はSIGUMA 社製のものをを用いた。

(1) 0.1M リン酸緩衝液 (pH6.5)

リン酸二水素カリウム (0.2M-KH₂PO₄) を 2.7218 g に蒸留水200ml に入れ溶解したものと、リン酸水素二ナトリウム (0.2M-Na₂HPO₄) を 1.4196 g に蒸留水100ml に入れ溶解したものとを混合し、pH6.5に調整した。

(2) 2.5mM L-DOPA溶液

室温まで戻したL-DOPA 24.7mg を精秤し、蒸留水をいれ加熱溶解し、冷却後50ml のメスフラスコに移し蒸留水でメスアップした。

(3) チロシナーゼ酵素溶液

室温まで戻したチロシナーゼを0.1M リン酸緩衝液2.0ml 加え溶解した。これを0.05ml 取り、リン酸緩衝液0.2ml 加えたものを酵素溶液とした。(0.25ml 中に酵素134unit 存在する。)

3-2 試料調製

試料の3.0 g を精秤し乳鉢に移し、リン酸緩衝液27.0ml を混合してよく磨砕した。これを遠心分離機にて3000rpm、15分間遠心分離し、上澄み液をろ紙 (No.5C) でろ過し0.22 μ m のフィルターにかけたものを試料液とした。

3-3 チロシナーゼ阻害活性の測定

チロシナーゼ活性の測定は増田らの方法²⁾ を参考にした。多数の試料を測定する必要があるため、チロシナーゼ阻害活性の測定として検出が容易なメラニンの生成中間体であるドーパを基

質にし、その酸化体であるドーパクロームの生成を吸光度にて測定する方法をとった。²⁾⁹⁾ 0.1M リン酸緩衝液 (pH6.5) 5.0ml、L-DOPA 水溶液 2.0ml、DMSO 0.25ml、試料溶液1.0ml 加え振とうし、アルミキャップをして25℃で15分間保温後、チロシナーゼ酵素溶液0.25ml を加えて振とうしそれをセルにいった。チロシナーゼ酵素溶液を加えてから5分後に直ちに25℃で保温しているセル保温器を装着した分光光度計 (日本分光 (社) Ubest-30) を用い吸光度 (測定波長475nm) を測定した。保温は恒温槽 ULTRATEMP 2000 を用いた。結果からチロシナーゼ阻害率を下式により求めた。阻害活性を強く示す試料についてはリン酸緩衝液を用いて2倍、5倍に希釈し、それを試料液とし吸光度を測定した。チロシナーゼ活性測定 (A) はリン酸緩衝液6.0ml、L-DOPA 溶液2.0ml、DMSO 0.25ml、チロシナーゼ酵素溶液0.25ml、ブランク測定 (B) はリン酸緩衝液6.25ml、L-DOPA 溶液2.0ml、DMSO 0.25ml、チロシナーゼ阻害活性測定 (C) はリン酸緩衝液5.0ml、L-DOPA 溶液2.0ml、DMSO 0.25ml、試料液1.0ml、チロシナーゼ酵素溶液0.25ml、試料液測定 (D) はリン酸緩衝液5.25ml、L-DOPA 溶液2.0ml、DMSO 0.25ml、試料液1.0ml をそれぞれ入れ振とうした。まとめた内容を以下の表3に示した。

阻害率

$$100 - \{(C \text{ 吸光度} - D \text{ 吸光度}) / (A \text{ 吸光度} - B \text{ 吸光度}) \times 100\}$$

表3 チロシナーゼ阻害活性の測定法

		A	B	C	D
0.1M リン酸緩衝液 (pH6.5)	5.0ml	○	○	○	○
L-DOPA 溶液	2.0ml	○	○	○	○
DMSO	0.25ml	○	○	○	○
試料液 (A,B は緩衝液)	1.0ml	×	×	○	○
25℃、15分間保温					
チロシナーゼ酵素溶液	0.25ml	○	×	○	×
合計	8.5ml				

* 「×」は、かわりにリン酸緩衝液を加えた。

* 希釈は、ろ過液を取りリン酸緩衝液で希釈した。

3-4 相乗効果測定

チロシナーゼ阻害活性を強く示した試料液を2つ同量取り、それぞれ混合した後チロシナーゼ阻害活性測定と同様に行った。そこから得られた結果より、それぞれ試料液の阻害率の約1/2となる数値をあわせたものを計算上の数値として比較し、相乗効果による阻害活性をみた。

3-5 希釈液のチロシナーゼ阻害活性測定

チロシナーゼ阻害活性を強く示した試料液をリン酸緩衝液で2倍、5倍に希釈し、チロシナーゼ阻害活性を測定した。

3-6 マッシュルーム抽出液に対するカキ（生葉）のチロシナーゼ阻害活性測定

チロシナーゼ阻害活性を強く示したカキ（生葉）とマッシュルーム抽出液を用いて阻害活性をみた。リン酸緩衝液13.0ml、L-DOPA溶液2.0ml、試料液5.0ml、マッシュルーム（生）1.0g、3.0g、5.0gを1分間磨碎し、それぞれろ紙でろ過し、0.22 μ mのフィルターにかけたものをセルに入れて吸光度を測定した。なお、マッシュルームは市販のものを使用した。

表4 食用植物のチロシナーゼ阻害率

種類	阻害率 (%)	種類	阻害率 (%)
1 アマドコロ	17.9 \pm 11.4	29 ダイモンジソウ	56.1 \pm 14.9
2 アロエ	18.9 \pm 1.5	30 ツルデマリ	14.6 \pm 1.8
3 オオバコ	20.7 \pm 5.4	31 ホオバ	35.5 \pm 2.8
4 カキ（生葉）	89.7 \pm 0.8	32 ワラビ	0.0 \pm 0.0
5 カキ茶	77.0 \pm 0.5	33 ギョウジャニンニク	16.4 \pm 1.3
6 カタバミ	59.4 \pm 1.9	34 サンショウ	0.0 \pm 0.0
7 カラスノエンドウ	47.4 \pm 3.4	35 セリ	0.0 \pm 0.0
8 シロツメクサ	0.0 \pm 0.0	36 チャ（生葉）	57.8 \pm 1.7
9 ゲンゲ	36.1 \pm 1.5	37 レモンバーム	0.0 \pm 0.0
10 タネツケバナ	23.4 \pm 2.4	38 カキドオシ	53.5 \pm 7.8
11 タラノメ	0.0 \pm 0.0	39 ギシギシ	54.7 \pm 4.3
12 ツクシ	14.9 \pm 1.7	40 スイバ	33.2 \pm 1.2
13 ツバキ	0.0 \pm 0.0	41 スミレ	17.6 \pm 2.5
14 ツユクサ	18.4 \pm 3.1	42 タンポポ	0.0 \pm 0.0
15 ナンテン	89.4 \pm 0.8	43 チドメグサ	22.8 \pm 2.2
16 ノビル	16.6 \pm 2.7	44 ツワブキ	15.7 \pm 2.0
17 ハコベ	18.1 \pm 4.2	45 ドクダミ	52.9 \pm 3.9
18 フキ	0.0 \pm 0.0	46 ハス	61.7 \pm 1.0
19 マツバ	71.8 \pm 1.8	47 ハルジオン	0.0 \pm 0.0
20 ヨメナ	0.0 \pm 0.0	48 ヒルガオ	0.0 \pm 0.0
21 アザミ	0.0 \pm 0.0	49 ヒマワリ	0.0 \pm 0.0
22 ゲンノショウコ	11.7 \pm 6.1	50 ヒメオドリコソウ	32.0 \pm 2.6
23 コゴミ	27.0 \pm 5.0	51 ヨモギ	0.0 \pm 0.0
24 コシャク	19.7 \pm 4.2	52 カブ（葉）	11.7 \pm 1.4
25 ミツバ	0.0 \pm 0.0	53 セロリ	9.7 \pm 1.2
26 イタドリ	13.8 \pm 0.2	54 タマネギ	19.7 \pm 2.8
27 ウド	0.0 \pm 0.0	55 ネギ	15.4 \pm 0.9
28 ゼンマイ	0.0 \pm 0.0	56 パセリ	20.4 \pm 6.6

値は、平均値（3回測定） \pm 標準偏差で示した。

表5 香辛料のチロシナーゼ阻害率

種類	阻害率 (%)	種類	阻害率 (%)
1 アニス	65.5 ± 2.9	10 タイム	44.0 ± 10.3
2 ウーシャンフェ	66.0 ± 1.6	11 タラゴン	56.7 ± 4.5
3 オレガノ	82.9 ± 8.1	12 セージ	66.3 ± 4.6
4 カルダモン	19.5 ± 0.5	13 デイルシード	35.1 ± 0.9
5 クミン	0.0 ± 0.0	14 ナツメグ	0.0 ± 0.0
6 コリアンダー	0.0 ± 0.0	15 ローリエ	0.0 ± 0.0
7 ローズマリー	49.1 ± 5.5	16 キャラウェイ	32.8 ± 2.0
8 クローブ	79.2 ± 5.5	17 スターアニス	0.0 ± 0.0
9 スペアミント	80.0 ± 7.4		

値は、平均値（3回測定）±標準偏差で示した。

4. 結果及び考察

4-1 食用植物のチロシナーゼ阻害

食用植物など56種のチロシナーゼ阻害は、カキ（生葉）とナンテンで約90%と非常に強い阻害率を示した。カキ（茶）も約80%と強いチロシナーゼ阻害率を示した。他にはマツバ、ハスなどで約65%であった。

4-2 香辛料のチロシナーゼ阻害

香辛料17種類のチロシナーゼ阻害率はオレガノ、スペアミント、クローブの3種類が約80%と強いチロシナーゼ阻害を示した。その他ではセージ、アニス、ウーシャンフェが66%の阻害率を示した。ウーシャンフェ（五香粉）にはクローブが入っているが、クローブほど強い阻害率を示すことはなかった。これはウーシャンフェには他の香辛料も入っているため、クローブの量が少なくなっていたためと推測される。

4-3 食用植物と香辛料のチロシナーゼ阻害の相乗効果

チロシナーゼ阻害活性が強くみられた食用植物のカキ（生葉）と香辛料のチロシナーゼ阻害の相乗効果は、いずれの組み合わせでも示すものはみられなかった。

4-4 香辛料のチロシナーゼ阻害の相乗効果

香辛料で強い阻害活性を示した4種類のうち2種類の混合によるチロシナーゼ阻害は、いずれの組み合わせでも相乗効果を示すものはみつからなかった。

4-5 希釈液のチロシナーゼ阻害

チロシナーゼ阻害活性が強く見られたカキ（生葉）、カキ（茶）、オレガノの2倍希釈液の阻害率はそれぞれ59.7%、77.0%、79.5%であった。5倍希釈すると31.2%、49.1%、38.2%となった。カキ（茶）は希釈するとカキ（生葉）より阻害率が低下しなかった。これはカキ（茶）は葉に含まれるポリフェノール類が重合して試料液が着色しており、この重合物と共存するアスコルビン酸のそれぞれの阻害効果が違っていることによるものであろう。

4-6 マッシュルーム抽出液に対するカキ（生葉）のチロシナーゼ阻害

チロシナーゼ阻害活性が強く見られたカキ（生葉）がマッシュルーム抽出液に対し、どの程度阻害するか効果をみてみると、マッシュルーム1.0gでは87.4%と強い阻害活性を示した。しかし、マッシュルーム抽出液濃度が濃くなると阻害率は低下した。

表6 カキ（生葉）と香辛料の相乗効果によるチロシナーゼ阻害活性（阻害率％）

種類	計算上		測定値
18 カキ（生葉）・オレガノ	86.3	→	43.1 ± 0.8
19 カキ（生葉）・スペアミント	84.8	→	60.5 ± 2.7
20 カキ（生葉）・クローブ	83.8	→	75.3 ± 1.1
21 カキ（生葉）・セージ	77.9	→	33.6 ± 7.2

値は、平均値（3回測定）±標準偏差で示した。

表7 香辛料の相乗効果によるチロシナーゼ阻害活性（阻害率％）

種類	計算上		測定値
22 オレガノ・スペアミント	81.5	→	63.3 ± 2.4
23 オレガノ・クローブ	80.4	→	75.5 ± 0.6
24 オレガノ・セージ	74.6	→	79.5 ± 7.9
25 スペアミント・クローブ	78.9	→	76.5 ± 1.6
26 スペアミント・セージ	78.9	→	63.8 ± 0.6
27 クローブ・セージ	72.1	→	71.7 ± 0.7

値は、平均値（3回測定）±標準偏差で示した。

表8 2倍、5倍希釈液のチロシナーゼ阻害率

種類	原液	2倍希釈	5倍希釈
4 カキ（生葉）	89.7 ± 0.8	59.7 ± 1.3	31.2 ± 1.5
5 カキ（茶）	77.0 ± 0.5	64.3 ± 2.4	49.1 ± 8.4
3 オレガノ	79.5 ± 7.9	58.8 ± 2.1	38.2 ± 2.4

値は、平均値（3回測定）±標準偏差で示した。

表9 マツシユルーム抽出液に対するカキ（生葉）のチロシナーゼ阻害率

種類	マツシユルーム 1.0 g	マツシユルーム 3.0 g	マツシユルーム 5.0 g
4 カキ（生葉）	87.4 ± 1.0	33.8 ± 2.7	12.5 ± 2.3

値は、平均値（3回測定）±標準偏差で示した。

5. ま と め

食用植物など56種、香辛料17種類の計73種類のチロシナーゼ阻害活性を調査した結果、カキ（生葉）は89.7%と非常に強い阻害率を示した。カキ（茶）も77.0%と強い阻害率を示した。また、香辛料ではオレガノ、スペアミント、クローブの3種類がそれぞれ82.9%、80.0%、79.2%と強いチ

ロシナーゼ阻害率を示した。チロシナーゼ阻害活性が強くみられた食用植物カキ（生葉）と香辛料の相乗効果の測定では、いずれの組み合わせもプラスの効果を示すものはみられなかった。香辛料の相乗効果の測定でも、いずれの組み合わせでも強い相乗効果を示すものはみられなかった。

チロシナーゼ阻害活性が強くみられたカキ（生葉）、カキ（茶）、オレガノの2倍希釈液の阻害率

は59.7%、77.0%、79.5%であった。5倍希釈液では31.2%、49.1%、38.2%の阻害率を示した。カキ（生葉）は原液だと89.7%とカキ（茶）、オレガノより強い阻害活性を示していたが、2倍、5倍希釈することによりカキ（茶）、オレガノより阻害率がより低下した。カキ（茶）希釈液の阻害率がそれ程低下しなかった理由は、葉に含まれるポリフェノール類が重合しており、共存するアスコルビン酸の阻害効果とは違うことによると思われる。

マッシュルーム抽出液とカキ（生葉）のチロシナーゼ阻害活性測定では、マッシュルーム1.0gで87.4%と強い阻害率を示した。

引用・参考文献

- 1) 山田勝久、今田千秋、小林武志、濱田（佐藤）奈保子：日本食品科学工学会誌，54，6，274-279（2007）
- 2) 増田俊哉：New food industry, 49, 4, 9-15（2007）
- 3) 三浦洋，荒木忠治：最新食品加工講座 果実とその加工，36-41，株式会社 建帛社（1988）
- 4) 村田容常，本間清一：日本食品科学工学会誌，45，3，177-185（1998）
- 5) 丸山悦子：調理科学，12，No4，216-222（1979）
- 6) 木原智子：中部大学応用生物学部紀要，4，29-34（2005）
- 7) 細田浩，井上絵里，岩橋由美子，坂上和之，多田幹郎，永田忠博：日本食品科学工学会誌，52，3，120-124（2005）
- 8) 日本果汁協会：果汁・果実飲料事典，389-392，朝倉書店（1979）
- 9) E. T. ARUNG, K. SHIMIZU, and R. KONDO : Biological & pharmaceutical Bulletin , 29, 9, 1966-1969（2006）