鉄含有クッキーにおける数種の酸化防止性物質の効果

越 智 知 子*, 青 山 稔**

丸 山 武 紀**, 新 谷 勲**

* 東京家政大学家政学部

** 財団法人日本食品油脂検査協会

Effects of Various Antioxidative Substances on Cookies Containing Iron

Tomoko OCHI,* Minoru AOYAMA,** Takenori MARUYAMA** and Isao NIIYA**

* Faculty of Home Economics and Science, Tokyo Kasei University,
Itabashi-ku, Tokyo 173

** Japan Institute of Oils & Fats, Other Foods Inspection, Foundation,
Chuo-ku, Tokyo 103

J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci., **50**, 231~236 (1997)

The antioxidant and synergistic effects of a mixed tocopherol concentrate containing various antioxidative substances were assessed in cookies containing iron at a level of 200 ppm employing a storage test at 40°C. Addition of coffee bean powder showed a strong antioxidant effect, reducing the peroxide level in the lipid fraction of the cookies during storage. Caffeic acid and rosemary powder were slightly less effective, and condensed phosphate had little effect. On the other hand, citric acid, citric acid isopropyl ester, L-ascorbyl palmitate, L-proline and lecithin showed no effect. When a mixed tocopherol concentrate was added, L-proline showed the strongest synergistic effect, and extensively suppressed the increase in the peroxide value. However, other substances had no effect or promoted oxidation.

Key Words antioxidant effect, synergistic effect, cookie, iron, tocopherol.

(Received September 25, 1996)

鉄は血液中のヘモグロビンを構成するなど、ヒトに必要な元素であり、食物を摂取することで補給されている。ヒトに必要な1日当りの鉄量は0.5~1.0 mgといわれているが、一般的には通常の食事により1.0~1.5 mgの鉄が摂取され、汗などによる損失が0.6~1.0 mg程度あるので、これを差し引いてもほぼ必要量が補給されている¹⁾。しかし、女性では授乳期など一時的にまたは慢性的に不足することがあり、妊娠中の女性では吸収鉄要求量が1日当たり2~4.8 mgとされているので摂取された10%が吸収されるとすると1日当たり20~48 mgの食物鉄が必要となる¹⁾。また、日本人の鉄所要量²⁾は食物鉄として1日当たり成人男子が10 mg、成人女子が12 mg、授乳婦が20 mgとされているが食事内容によっては不足することも考えられる。この不足分を補給する目的で食品に鉄を強化することが考えられ、調製粉乳、小麦粉、パ

ンおよびビスケットなどに添加されることがある³⁾。一方、油脂では鉄を4.4 ppm加えると酸化安定性が著しく低下する⁴⁾ので、鉄を強化した食品の酸化安定性も著しく影響を受けるものと思われる。そこで、本報告では鉄を強化する食品として手軽に摂取できるクッキーを選び、トコフェロール(Toc)およびクッキーで有効であった数種の酸化防止性物質^{5)~8)}の効果ならびにそれらの相乗効果について検討した。

実 験 方 法

1. クッキーの調製

クッキーの原材料は日本製粉(株)製の小麦粉(ハート：薄力一等粉)、マルハ(株)製の砂糖(パールエース：グラニュー糖)、日本たばこ産業(株)製の食塩(KITCHEN：精製塩)、愛国産業(株)製のベーキングパウダー、月島食品工業(株)製の精製豚脂を使用した。その一般特性および脂肪酸組成はTable 1のとおりである。混合Toc濃縮物(m-Toc)はエーザイ(株)製の市販品〔含量：総Tocとし

* 〒173 東京都板橋区加賀 1-18-1

** 〒103 東京都中央区日本橋浜町 3-27-8

Table 1. General property and fatty acid composition of lard.

Properties		Fatty acids (%)	
Acid value	0.02	16	23.9
Iodine value	61.3	16:1	3.2
Peroxide value	0.3	18	13.8
Carbonyl value	3.0	18:1	45.0
Saponification value	196.1	18:2	8.9
Melting point (°C)	30.0	18:3	0.8
		Others	4.4

て64.8g/100g, 組成: α , 12.5%; β , 1.0%; γ , 40.9%; δ , 45.6%]を使用した。塩化第二鉄, クエン酸およびクエン酸イソプロピルは和光純薬工業㈱製, L-アスコルビン酸パルミテートは東京化成工業㈱製, L-プロリンおよびコーヒー酸はナカライテスク㈱製, コーヒー豆粉末は市販のばい焼したタンザニア産キリマンジェロを20 meshのふるいを通過するように乳鉢で粉碎したもの, ローズマリー粉末はマスコットフーズ㈱製の乾燥品を20 meshのふるいを通過するように乳鉢で粉碎したもの, レシチンは味の素㈱製の大豆レシチン(リン脂質65%), 縮合リン酸塩は和光純薬㈱製のピロリン酸ナトリウムを使用した。クッキーの製作は四訂日本食品標準成分表⁹⁾の記載例に従って原材料を配合したが, 全粉乳は使用しなかった。水を含まないクッキー生地に対する添加量は, 鉄として200 ppmとなるように塩化第二鉄を加え, m-Tocが総Tocとして100 ppm, クエン酸が100 ppm, クエン酸イソプロピルが200 ppm, L-アスコルビン酸パルミテートが500 ppm, L-プロリンが500 ppm, コーヒー酸が200 ppm, コーヒー豆粉末が10%, ローズマリー粉末が0.2%, レシチンが0.1%, 縮合リン酸塩が0.2%である。これらの添加量はそれぞれ異なっているが, これはすでに報告したクッキーに有効な添加量⁵⁾⁻⁸⁾と実際にクッキーを試作して摂食可能であると判断した量から算出した。なお, コーヒー酸, コーヒー豆粉末, ローズマリー粉末および縮合リン酸塩は小麦粉に添加して, m-Toc, クエン酸イソプロピル, L-アスコルビン酸パルミテートおよびレシチンは豚脂に溶解して, クエン酸およびL-プロリンは少量の水に溶解して添加しそれぞれ単独, m-Tocと各酸化防止性物質の併用および鉄のみ添加のクッキー生地を調製した。クッキー生地は50×50×5 mmの大きさに型抜きし, 佐々木製作所製の電気パン菓子焼き窯で170°C, 12分間ばい焼した。なお, ばい焼後のクッキー1枚には鉄が約1.5 mg含まれていた。

2. クッキーの保存試験

製作したクッキーはポリエチレン製の袋〔㈱生産日本

社製, ユニパック〕に入れ, 40°Cの空気循環式恒温器中に暗所で12カ月間保存して経日的に過酸化価物(PV)およびToc量を測定し, 同時に酸化臭の発生状況を調べた。なお, 対照として鉄のみを加えたクッキーを同条件で保存した。

3. 測定方法

PVはクッキーからエチルエーテルで抽出した脂質分について測定した¹⁰⁾。Tocはクッキーをアルカリけん化後エチルエーテルで抽出し, 高速液体クロマトグラフィで分析した¹¹⁾。酸化臭は5人のパネリストによる官能試験¹²⁾の平均スコアで評価し, ばい焼直後と同様に酸化臭のしないものを5点, 酸化により生じた強い刺激臭のするものを1点のように5段階とした。また, クッキーに使用した精製豚脂の酸価, ヨウ素価, PV, カルボニル価, ケン化価, 融点および脂肪酸組成は基準油脂分析試験法¹³⁾により測定した。

実験結果

1. ばい焼直後のクッキーの色および官能検査

鉄のみ添加のクッキーは全体的にわずかな黒みをおびていた。これにL-アスコルビン酸パルミテートおよびL-プロリンを加えても改善されなかったが, 縮合リン酸塩を加えたものは通常のクッキーと同等の白い焼き上がりであった。コーヒー酸, コーヒー豆粉末, ローズマリー粉末およびレシチンを加えたものはそれぞれ特有の色となり, 黒みはほとんど判別できなかった。鉄のみ添加のクッキーは鉄の味と臭いがわずかにするが食用可能であった。これにL-アスコルビン酸パルミテートおよびL-プロリンを加えても味は変わらなかったが, レシチンおよび縮合リン酸塩を加えたものは鉄の味がせず, 通常のクッキーと同様であった。コーヒー酸, コーヒー豆粉末およびローズマリー粉末を加えたものはそれらの独特の味と香りのため鉄の存在は判別できなかった。これらの結果はm-Tocを併用した場合も同様であり, いずれのクッキーも食用可能であった。

2. クッキーの酸化安定性

ばい焼直後のToc無添加クッキーのPVは1.3~11.4 meq/kg, m-Toc添加クッキーは1.1~3.4 meq/kgの範囲にあった。これを暗所に40°Cで12カ月間保存したToc無添加クッキーのPVの変化をFig. 1(上)に, m-Toc 100 ppmを併用した場合を同図(下)に示した。試験した酸化防止性物質単独では, コーヒー豆粉末が保存中のPVの上昇を強く抑制した。次いでコーヒー酸およびローズマリー粉末が抑制効果を示し, 縮合リン酸塩が弱い効果を示した。これに対し, クエン酸, クエン酸イソプロピル, L-アスコルビン酸パルミテート, L-プロリンおよびレシチンは鉄のみのものと同様であった。

Fig. 1. Changes in peroxide value of lipid fraction in the cookies containing iron at a level of 200 ppm supplemented with various antioxidative substances with and without a mixed tocopherols concentrate during the storage at 40°C.

○, no addition, citric acid 100 ppm, citric acid isopropyl ester 200 ppm; △, L-ascorbyl palmitate 500 ppm; □, L-proline 500 ppm; ◎, caffeic acid 200 ppm; ●, coffee bean powder 10%; ▲, rosemary powder 0.2%; ■, lecithin 0.1%; ◐, condensed phosphate (Pyro) 0.2%.

m-Toc 100 ppm を併用したクッキーでは L-プロリンが Toc との著しい相乗効果を示し、保存 12 カ月後でも PV は 53 meq/kg であった。次いでコーヒー豆粉末が PV の上昇を抑制した。これに対し、他の酸化防止性物質は m-Toc 単独とほぼ同程度かまたは PV の上昇を促進した。

3. Toc の残存率

Table 2 に 40°C 保存 6 カ月後のクッキーに残存している総 Toc の初期量に対する割合を示した。保存初期の総 Toc 量はコーヒー豆粉末を加えたクッキーが最も高く、他のクッキーもすべて 60 ppm 以上であった。6 カ月後の残存率は L-プロリンが最も高い 95% を示し、他の場合もすべて 70% 以上の残存率であった。

4. 官能検査

Table 3 に保存中の酸化臭の発生状況を示した。酸化防止性物質単独ではコーヒー豆粉末を加えた場合が酸化臭の発生を強く抑制することを示したが、他の場合は鉄

Table 2. Preservation rate of total tocopherols in the cookies containing iron at a level of 200 ppm supplemented with various antioxidative substances with a mixed tocopherols concentrate after storage of 6 months at 40°C.

Antioxidative substance	Initial (ppm)	Preservation rate (%)
No addition	75	79
Citric acid 100 ppm	72	71
Citric acid isopropyl ester 200 ppm	78	72
L-Ascorbyl palmitate 500 ppm	68	83
L-Proline 500 ppm	79	95
Caffeic acid 200 ppm	85	83
Coffee bean powder 10%	110	74
Rosemary powder 0.2%	93	88
Lecithin 0.1%	74	83
Condensed phosphate (Pyro) 0.2%	82	85

のみのものとほぼ同様であった。m-Toc と併用すると L-プロリン、コーヒー豆粉末および縮合リン酸が酸化臭の発生を抑制したが、他の場合は m-Toc 単独と同様かまたは促進する結果であった。

考 察

クッキーの酸化安定性についての研究^{5)~8),14)~16)}で製作したさまざまなクッキーでは色および味に特に問題が生じなかったが、本報告のように鉄を加えた場合、食欲を減退させるやや黒みをおびた色調となることは実用上問題となることが懸念された。これは縮合リン酸塩の添加でほとんど通常品と同等になったが、過剰のリンの存在は鉄の吸収を妨げる²⁾ので目的とするクッキーには適当ではないと考える。金属キレート化作用があるクエン酸およびクエン酸イソプロピル¹⁷⁾はこの色調に対して無効であった。これはクッキーの原材料にも金属類が多量に存在するので、これらの添加量が不足したため効果を示さなかったものと思われる。一方、コーヒー豆粉末、ローズマリー粉末およびコーヒー酸はこれらの特有の色が強いので鉄による着色の隠蔽に十分利用できると考える。味については、縮合リン酸塩またはレシチンの添加は鉄の存在をほとんどわからなくしたが前述の理由により不適當と考える。これに対し、コーヒー豆粉末およびローズマリー粉末は好みに個人差があるものの同様に鉄の存在がわかりにくくなったので、このようなクッキーの実用化には重要であると考えられる。

鉄含有クッキーはばい焼時に短時間ではあるが 170°C

Table 3. Intensities of odor due to oxidation of the cookies containing iron at a level of 200 ppm supplemented with various antioxidative substances with and without a mixed tocopherols concentrate during the storage at 40°C.

Antioxidative substance	Intensity of odor ^a (average of 5 persons)						
	0	2	4	6	8	10	12 months
(Without tocopherols)							
No addition	3.6	1.2 ^b	—	—	—	—	—
Citric acid 100 ppm	4.0	1.2 ^b	—	—	—	—	—
Citric acid isopropyl ester 200 ppm	4.0	1.6 ^b	—	—	—	—	—
L-Ascorbyl palmitate 500 ppm	4.0	2.0 ^b	—	—	—	—	—
L-Proline 500 ppm	4.0	2.0 ^b	—	—	—	—	—
Caffeic acid 200 ppm	4.6	3.0	1.0	—	—	—	—
Coffee bean powder 10%	5.0	4.2	4.0	3.6	2.8	2.0	—
Rosemary powder 0.2%	4.6	1.2 ^b	—	—	—	—	—
Lecithin 0.1%	3.6	1.2 ^b	—	—	—	—	—
Condensed phosphate (Pyro) 0.2%	3.6	1.4 ^b	—	—	—	—	—
(With a mixed tocopherols concentrate 100 ppm)							
No addition	4.2	3.6	3.2	2.8	2.2	1.0	—
Citric acid 100 ppm	4.4	3.6	3.2	2.6	2.0	—	—
Citric acid isopropyl ester 200 ppm	4.8	3.6	3.4	2.8	2.0	—	—
L-Ascorbyl palmitate 500 ppm	4.4	3.8	2.8	1.0	—	—	—
L-Proline 500 ppm	5.0	3.4	3.4	3.2	3.2	3.0	2.8
Caffeic acid 200 ppm	5.0	3.8	3.0	3.0	2.6	2.0	—
Coffee bean powder 10%	5.0	3.8	3.8	3.4	2.8	2.6	2.0
Rosemary powder 0.2%	5.0	3.8	3.0	2.4	1.8	—	—
Lecithin 0.1%	5.0	3.6	3.0	2.2	1.6	—	—
Condensed phosphate (Pyro) 0.2%	5.0	3.8	3.8	3.4	2.8	2.4	1.0

^a Intensity odor was rated on a 5 point scale, where 5=same as fresh odor and 1=extremely intense rancidity.

^b After 1 month.

の高温にさらされるのでPVの上昇が懸念された。しかし、ばい焼直後のクッキーのPVは最高でも11.4 meq/kgなのでとくにばい焼工程での問題はないと考える。40°Cで12カ月保存したクッキーの酸化安定性をFig. 1に示したPVの変化で検討すると、酸化防止性物質単独ではコーヒー豆粉末の酸化防止効果が最も強く、ローズマリー粉末およびコーヒー酸の効果も強かった。コーヒー豆粉末の場合は添加量が10%であることならびにコーヒー豆にはトコフェロールおよびポリフェノール類が存在するのでこれらが複合的に作用した結果と考える。飲料としてのコーヒーは世界中で昔から多用されており、安全であると考えられるのでクッキーのような焼き菓子類へ利用でき、しかも粉末のまま添加しても効果的なので実用的である。ローズマリー粉末の場合は、含有されるcarnosol¹⁸⁾、rosmariquinone¹⁹⁾およびrosmanol-9-ethyl ether²⁰⁾などの酸化防止成分によるものと考えられるが、添加量が0.2%であり、粉末中の精油(乾燥物の精油は2.5%²¹⁾程度)がすべてこれらの成分としてもクッキーでは50 ppmとなるので、その効果は精油以外の成分にも影響されていることが考えられる。コー

ヒー酸の酸化防止効果についてはすでに報告した⁶⁾が鉄が存在する場合でも有効に作用することがわかった。また、Fig. 1(下)に示したようにm-Toc 100 ppmの添加も有効であることがわかった。さらに、m-Tocと酸化防止性物質を併用した場合は、L-プロリンの添加がPVの上昇を著しく抑制し、強い相乗効果を示した。L-プロリンを加えたクッキーの酸化安定性がきわめて高いことはすでに報告した⁷⁾が、鉄含有クッキーにおいて単独では無効だがm-Tocとの併用で極めて強い相乗作用を示したことは特筆すべきことであると考ええる。このm-TocとL-プロリン併用の酸化防止作用の機構は不明であるが、豚脂における実験でm-TocとL-プロリンメチルエステルを併用しても相乗効果が弱かったこと²²⁾および鉄を含まないクッキーにおいてm-TocとL-プロリンが相乗効果を示したこと⁷⁾から、クッキーのばい焼工程において、使用した原材料の一部とL-プロリンが反応してm-Tocときわめて強い相乗性を示す物質が生成し、これが鉄存在下でも有効に作用した可能性があると考ええる。また、L-プロリンはタンパク質を構成するアミノ酸なので体内に取り込まれても安全であり、リジン、ヒスチジ

ンのようなアミノ酸は鉄の吸収を促進する¹⁾のでこれらをL-プロリンと一緒に使用すればクッキーの酸化安定性および鉄の吸収率が高まりさらに効果的であると考えられる。m-Toc との併用で、コーヒー豆粉末は単独の場合よりPVの上昇がやや促進されたが、この原因は不明である。クエン酸およびクエン酸イソプロピルの場合はm-Toc と併用しても無効であったが、鉄 200 ppm に対するこれらの添加量はさらに増加しなければならないものと考えられる。一方、L-アスコルビン酸パルミテート、ローズマリー粉末およびレシチンは逆に酸化を促進した。L-アスコルビン酸パルミテートの分子を構成するL-アスコルビン酸はTocラジカルを再生すると報告されている²³⁾が本実験条件では鉄の含有量が多いため効果を発揮できなかったのであろう。また、ローズマリー粉末がm-Toc との併用で酸化を促進したことは鉄を加えない前報⁸⁾の結果と異なっていたが、この原因は不明である。

保存試験初期の総Toc含有量はコーヒー豆粉末の場合に添加量を上回っているが、これはコーヒー豆にもTocが存在するため合算されたものと思われる。6カ月後の残存率は前述のPVの上昇傾向[Fig. 1(下)参照]と比較するとPVの低いもののほど総Toc残存率が高くなっている、これらの酸化防止性物質はクッキーに含まれる油脂の酸化を防止するだけでなく、同時に存在するTocを保護することによって相乗作用を示すように思われる。

酸化臭の発生状況はTable 3に示したように、単独ではコーヒー酸およびコーヒー豆粉末の場合を除いて1カ月以内に著しい酸化臭が発生するので、食用として不適当であると考えられる。単独添加の場合をPVの上昇傾向[Fig. 1(上)参照]と比較するとコーヒー豆粉末はPVの上昇抑制傾向と酸化臭の抑制傾向が一致したが、コーヒー酸の場合はPVの上昇よりも酸化臭の発生が早いように思われる。一方、これと同程度にPVの上昇を抑制したローズマリー粉末は、保存1カ月後ですでに強い酸化臭が発生したので、この場合は過酸化物の蓄積よりも分解が速やかに起こり2次酸化生成物であるカルボニル化合物が生成していることが考えられる。m-Toc と併用すると、L-プロリンの抑制効果が強く、これはPVの上昇抑制傾向[Fig. 1(下)参照]と一致した。また、酸化防止性物質のPV上昇傾向と酸化臭の発生状況を比較すると両者は相関しており、6カ月後の相関係数は $r = 0.879$, $Y = -0.027X + 4.176$ (Y : 酸化臭のスコア, X : PV)であった。m-Toc と併用した場合は過酸化物の蓄積と分解は一定の割合で起こっているように思われる。

以上の結果、鉄含有クッキーの酸化防止にはL-プロリンまたはコーヒー豆粉末とm-Tocを用いると効果的であ

ることがわかった。コーヒー豆粉末は好みの個人差が大きいことおよびカフェインを含むことから妊娠中の女性には適切ではなく、L-プロリンとm-Tocとの併用が最適であると考えられる。

要 約

鉄 200 ppm を加えたクッキーにおける数種の酸化防止性物質の効果およびトコフェロールとの相乗効果を40°Cの保存試験で検討した。

1) 鉄を加えたクッキーはばい焼によりわずかに黒みをおび鉄の味がしたが、縮合リン酸塩0.1%の添加で鉄を含まない通常のクッキーと同程度になった。

2) コーヒー豆粉末10%, ローズマリー粉末0.2%およびコーヒー酸200 ppmの添加はクッキーに含まれる脂質の過酸化物価の上昇を強く抑制したが、混合トコフェロール濃縮物(m-Toc)100 ppmと併用しても効果が変わらないかまたは酸化を促進した。一方、単独ではまったく酸化防止効果を示さなかったL-プロリン500 ppmの添加はm-Tocと強い相乗効果を示し、過酸化物価の上昇を強く抑制した。

3) 40°C保存60日後のクッキーのトコフェロール残存率はL-プロリン添加の場合が最も高く、他のクッキーも70%以上であった。

4) 酸化臭の発生は単独ではコーヒー豆粉末の添加で強く抑制されたが、m-Toc との併用ではL-プロリン、コーヒー豆粉末および縮合リン酸塩の添加で強く抑制された。

以上の結果、鉄含有クッキーの酸化防止にはコーヒー豆粉末の効果が強く、またm-Tocの添加も有効であることがわかった。さらにL-プロリンとm-Tocがきわめて強い相乗効果を示し酸化を防止することがわかった。L-プロリンはタンパク質構成成分であり体内に取り込まれても安全と考えられるので鉄含有クッキーの酸化防止においてこの組合せはきわめて実用性が高いと考える。

終りに本研究に対して実験に協力を得た(株)日本食品油脂検査協会木下葉子理事、佐藤裕絵検査主任、本学学生内保文江、大島悦津子、佐々木久美の諸氏に深謝する。

文 献

- 1) 日本化学会(訳編):微量金属一栄養と毒性一, 27, 42 (1975), 丸善(東京)
- 2) 厚生省保健医療局健康増進栄養課(監修):第五次改定日本人の栄養所要量, 93 (1994), 第一出版(東京)
- 3) 石館守三, 鈴木郁生, 谷村顕雄(監修):第六版食品添加物公定書解説書, D-182, D-296, D-344, D-847, D-948, D-1187 (1992), 廣川書店(東京)
- 4) 青山 稔, 丸山武紀, 兼松 弘, 新谷 助, 塚本正人, 東海林茂, 松本太郎:油化学, 34, 558 (1985)

- 5) 越智知子, 土屋京子, 大塚洋子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 日食工誌, **40**, 393 (1993)
- 6) 越智知子, 土屋京子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 油化学, **43**, 562 (1994)
- 7) 越智知子, 大塚洋子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 油化学, **43**, 719 (1994)
- 8) 越智知子, 大塚洋子, 土屋京子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 生活衛生, **39**, 265 (1995)
- 9) 科学技術庁資源調査会 (編): 四訂日本食品標準成分表, 371 (1982), 大蔵省印刷局
- 10) 厚生省環境衛生局長 (通知): 環食第 248 号 (昭和 52 年 11 月 16 日)
- 11) 日本薬学会 (編): 衛生試験法・注解, 353 (1990), 金原出版 (東京)
- 12) 前田清一: 食品分析ハンドブック (林 淳三, 印南敏, 菅原龍幸編), 497 (1982), 建帛社 (東京)
- 13) 日本油化学会 (編): 基準油脂分析試験法 (1996)
- 14) 越智知子, 土屋京子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 日食工誌, **35**, 259 (1988)
- 15) 越智知子, 土屋京子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 日食工誌, **36**, 103 (1989)
- 16) 越智知子, 土屋京子, 青山 稔, 丸山武紀, 新谷 勲: 日食工誌, **37**, 39 (1990)
- 17) 益山新六: 油化学, **14**, 692 (1965)
- 18) James, W.W., Min-Hsiung, L., Chi-Tang, H. and Stephen, S.C.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **59**, 339 (1982)
- 19) Christopher, M.H., Chi-Tang, H. and Stephen, S. C.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **62**, 96 (1985)
- 20) Djarmati, Z., Jankov, R.M., Schwirtlich, E., Djulinac, B. and Djordjevic, A.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **68**, 731 (1991)
- 21) 岩井和男, 中谷延二 (編): 香辛料成分の食品機能, 27 (1989), 光生館 (東京)
- 22) 青山 稔, 丸山武紀, 兼松 弘, 新谷 勲, 塚本正人, 東海林茂, 松本太郎: 油化学, **36**, 662 (1987)
- 23) Packer, J.E., Slater, T.T. and Willson, R.L.: *Nature*, **278**, 737 (1979)

(1996 年 9 月 25 日受理)