

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580162

研究課題名(和文) 脂質過酸化二次反応の制御に対するビタミンEの作用機構

研究課題名(英文) Effect of vitamin E on the secondary oxidation process of unsaturated lipids

研究代表者

山内 亮 (Yamauchi, Ryo)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：50126760

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：脂質過酸化二次反応におけるビタミンE(α-トコフェロール、TH)の役割を、ヘミン触媒によるリン脂質ヒドロペルオキシド(PLPC-OOH)の分解反応を用いて解析した。PLPC-OOHミセル溶液あるいはリポソームにヘミンを添加すると、PLPC-OOHは急激に分解して二次生成物であるヘキサナールが生じた。THはPLPC-OOHの分解を抑制できなかったが、ヘキサナール生成を抑制し、反応生成物としてTHキノン、二量体、THとPLPC-OOH由来のフリーラジカル種との付加体が認められた。以上の結果、THはPLPC-OOHから生じたフリーラジカルを捕捉して脂質過酸化二次反応を制御できることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The secondary process of lipid peroxidation forms some toxic aldehydes. Since this process proceeds via free radical intermediates, vitamin E (alpha-tocopherol, TH) would suppress the formation of such aldehydes. We have studied the effect of TH on the hemin-catalyzed decomposition of 1-palmitoyl-2-linoleoylphosphatidylcholine hydroperoxide (PLPC-OOH) in micelles and liposomes. The hemin-catalyzed decomposition of PLPC-OOH produced hexanal as the secondary oxidation product. Although TH did not suppress the decomposition of PLPC-OOH, it suppressed the formation of hexanal. The main products of TH in micelles were TH quinone and dimer, in addition to adducts of PLPC-OOH derived free radicals (T-epoxyPLPC and T-OO-epoxyPLPC). In the liposomes, the main products were T-OO-epoxyPLPC and dimer, and TH quinone was produced when the liposomes were destroyed. The results indicate that TH can trap PLPC-OOH derived free radicals and suppress the formation of secondary aldehydic products.

研究分野：食品素材化学

科研費の分科・細目：農芸化学・食品科学

キーワード：ビタミンE α-トコフェロール 脂質過酸化 脂質ヒドロペルオキシド フリーラジカル リポソーム

1. 研究開始当初の背景

脂溶性抗酸化剤であるビタミンE (α -トコフェロール、 α -TH)は、フリーラジカル捕捉剤として脂質過酸化反応の抑制に大きく関与しており、その作用機構は脂質ペルオキシラジカル(LOO^{\cdot})へ水素原子を供与して安定な脂質ヒドロペルオキシド($LOOH$)とすることによる。その結果生じた α -TH ラジカル(T^{\cdot})は、さらにもう1分子の LOO^{\cdot} を捕捉して付加体($T-OOL$)を形成する(図1)。また、 α -TH は脂質過酸化反応の初発段階に生成するアルキルラジカル(L^{\cdot})を捕捉できる。しかしながら、生体内過酸化反応では、 α -TH が $LOOH$ の生成を十分に抑制していないことが報告されている。一方、脂質過酸化一次生成物である $LOOH$ が金属イオンなどによってレドックス分解を受けると、アルコキシルラジカル(LO^{\cdot})を経由して α,β -不飽和アルデヒドなどの二次酸化生成物を形成する。 α -TH は LO^{\cdot} を捕捉できることから、脂質過酸化二次反応を制御して生体にとって有害なアルデヒドの生成を抑制する可能性があるが、その詳細は不明である。

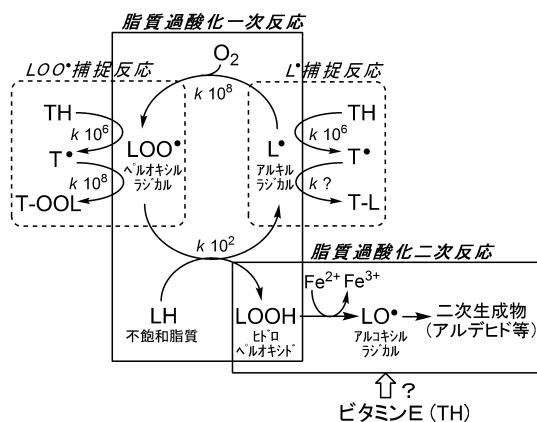


図1. 脂質過酸化反応とビタミンE (TH)による捕捉反応(k は反応速度定数、 $M^{-1} s^{-1}$)

我々は、これまでに脂質過酸化一次反応における α -TH の捕捉反応機構に関する研究を反応生成物解析の観点から推進してきた。すなわち、脂質ペルオキシラジカル捕捉反応生成物と、低酸素条件下における脂質アルキルラジカル捕捉反応生成物の解析である。しかし、生体組織での過酸化反応では、これらの捕捉反応生成物はわずかしか検出されなかった。また、 α -TH が脂質過酸化二次生成物を捕捉することを予想して研究を進めたが、最も生理活性の高い α -TH にはその作用が認められず、生理活性の低い γ -TH にアルデヒド捕捉作用が認められた。一方、 α -TH は脂質ヒドロペルオキシドの分解過程に影響を与えないことが報告されているが、最終産物のアルデヒド生成に対する作用については、未だ不明である。 α -TH が脂質過酸化一次反応を十分に抑制していな

いとすれば、過酸化二次反応を制御して抗酸化作用を発揮する可能性がある。すなわち、脂質過酸化二次反応の初発段階であるアルコキシルラジカルの生成あるいは分解過程に α -TH が作用することによって、生体に有害なアルデヒド類の生成を低下させるものと考えた。

2. 研究の目的

α -TH(1、図2)の抗酸化機構に関する研究はこれまで非常に多く報告されているが、生体内で抗酸化を発揮しているとする確証は未だ得られていない。また、 α -TH による脂質フリーラジカル捕捉反応の研究は、脂質過酸化一次反応の鍵となるペルオキシラジカルやアルキルラジカルに注目して行われてきたために、二次反応の初発に生成する脂質アルコキシルラジカルとの反応については、ほとんど不明である。もし、 α -TH が脂質アルキルラジカルを効果的に捕捉することができれば、生体に有害なアルデヒドの生成が抑制され、生体内抗酸化剤としての α -TH の新たな作用となり得る。そこで本研究では、 α -TH による脂質アルコキシルラジカル捕捉反応に着目して、生体膜の主要構成脂質であるリン脂質ヒドロペルオキシド由来のアルコキシルラジカルと α -TH との反応生成物の分離と構造解析し、それを生体の脂質過酸化二次反応への解析に応用することを目的とした。

リン脂質ヒドロペルオキシドは1-パルミトイル-2-リノレイル-3-*sn*-ホスファチジルコリン(PLPC)から調製し、ヘミン触媒によって α -TH とミセル溶液中で反応させ、反応生成物を解析した。また、リン脂質リポソーム中においても同様の反応を行い、 α -TH の作用機構を検討した。

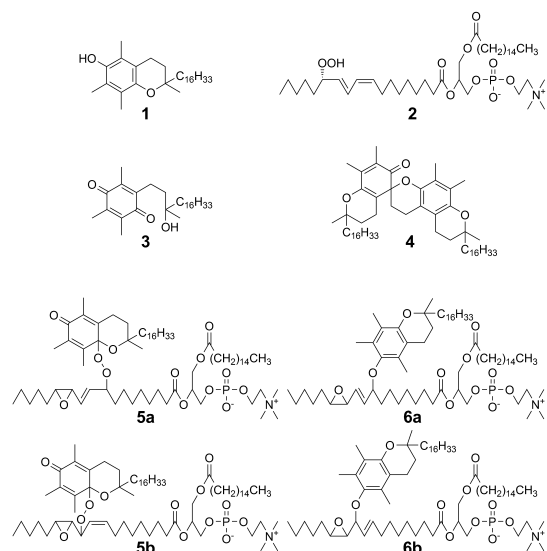


図2. α -TH(1)、PLPC-OOH(2)、及び本研究で確認した α -TH 反応生成物(3~6)の構造

3. 研究の方法

(1) 試料

1-パルミトイル-2-オレオイル-3-*sn*-PC (POPC)と α -TH は市販品を使用した。PLPC は既報によって合成し、大豆リポキシゲナーゼ触媒酸化によって PLPC 13(*S*)-ヒドロペルオキシド(PLPC-00H, 2)を調製した。 α -TH キノン(α -TQ, 3)、 α -TH 二量体(Dimer, 4)、 α -TH と epoxyPLPC ペルオキシラジカルとの付加体(T00-epoxyPLPC, 5)は、既報に従って調製した(図2)。

(2) 高速液体クロマトグラフィー(HPLC)

HPLC は、逆相シリカゲル ODS カラムを用いて、種々の溶媒条件で実施した。化合物の検出は、紫外線検出器を使用した。また、島津 LCMS-QP8000 α を使用して、溶出ピークのマススペクトル(MS)をエレクトロスプレーイオン化法(ESI)にて測定した。

(3) 機器分析

プロトン核磁気共鳴スペクトル($^1\text{H-NMR}$)の測定は、日本電子 FT-NMR ECA-600 (600 MHz)を用いた。紫外可視吸収スペクトル(UV-vis)は日立 U-2810 を使用して測定した。

(4) ミセル溶液中での PLPC-00H と α -TH とのヘミン触媒反応

PLPC-00H (395 mg)と α -TH (108 mg)を 5 mM デオキシコール酸ナトリウムを含む 0.1 M リン酸緩衝液(pH 7.4) 500 mL に懸濁させ、ヘミン溶液(ヘミン 6.6 mg を 20 mM NaOH 2 mL に溶解したもの)を加えて、37 で 30 分反応させた。反応終了後、反応生成物をクロロホルムで抽出し、HPLC で分離した。

また、PLPC-00H (0.5 mM)、 α -TH (0.1 mM)のミセル溶液にヘミン(10 μM)を添加し、37 で経時的に反応を調べた。

(5) POPC リポソーム中での PLPC-00H と α -TH とのヘミン触媒反応

POPC (9 mM)、PLPC-00H (1 mM)、 α -TH (0.2 mM)を 50 mM リン酸緩衝液(pH 7.4, 50 mM NaCl を含む)に懸濁し、1 枚膜リポソームを作成した。本リポソームにヘミン(50 μM)を添加し、37 で経時的に反応を調べた。

(6) 化合物の定量

PLPC-00H は逆相 HPLC で定量した。ヘキサナールは、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン(DNPH)試薬と反応させて DNPH 誘導体として逆相 HPLC で定量した。 α -TH とその反応生成物は、試料溶液をヘキサン/2-プロパノール(3:2, v/v)で抽出後、シリカゲル NH_2 カラムによる固相抽出を行い、逆相 HPLC で定量した。

4. 研究成果

(1) ミセル溶液中でのヘミン触媒による PLPC-00H と α -TH との反応生成物

PLPC-00H と α -TH を含むミセル溶液をヘミン触媒下 37 で 30 分反応させた。反応生成物はクロロホルムで抽出して HPLC 分析すると、反応生成物と思われるピーク(4~6)といくつかのピークが検出された(図3)。そこで、これらのピークの ESI-MS を測定した。その結果、ピーク 5 は m/z 1257.1 に $[\text{M} + \text{Na}]^+$ が検出されたことより、 α -TH に epoxyPLPC ペルオキシラジカルが結合した T00-epoxyPLPC であり、ピーク 4 は m/z 857.7 に $[\text{M} + \text{H}]^+$ が検出されたことより、 α -TH 二量体であるとそれぞれ同定した。一方、主要ピーク 6 は、ESI-MS で m/z 1202.9 ($[\text{M} + \text{H}]^+$)と 1224.9 ($[\text{M} + \text{Na}]^+$)にイオンが検出されたことより、 α -TH と epoxyPLPC ラジカルとの付加体と推定された。

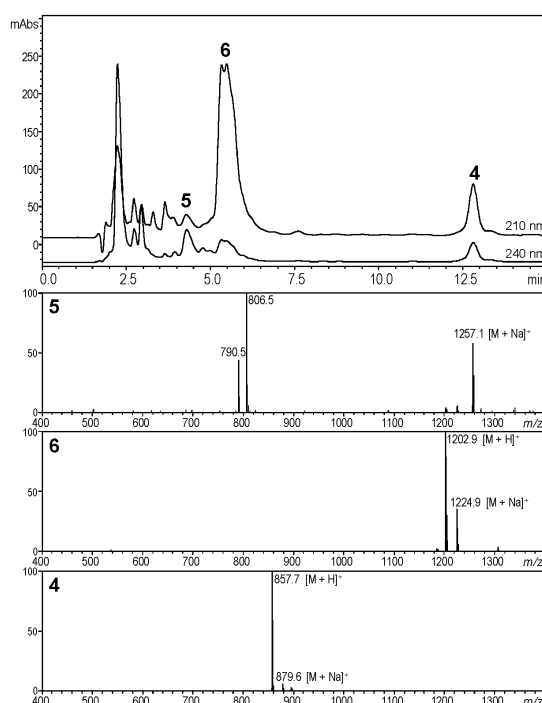


図3. PLPC-00H と α -TH とのヘミン触媒反応生成物の HPLC-ESI-MS 分析

HPLC は Luna C18(2)カラム(2 \times 150 mm)を用いて 10 mM 酢酸アンモニウムを含むエタノール/メタノール(7:3, v/v)を流速 0.20 mL/min で溶出させた。図中のピーク番号は、図2の化合物番号と同じである。

そこで、反応生成物からピーク 6 を逆相 HPLC で分取して、化合物 6 を得た。6 をエタノールに溶かして UV-vis スペクトルを測定したところ、206 nm ($\log \epsilon$ 4.59)と 289 nm ($\log \epsilon$ 3.38)に吸収極大が認められた。そのうち 289 nm の吸収極大は、 α -TH のクロマン環構造が維持されていることを示す。さらに化合物 6 を重クロロホルムに溶かして $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを測定して、検出されたプロトンシグナルを $^1\text{H-}^1\text{H}$ COSY を用いて帰属した(表1)。その結果、化合物 6 は、ヘミン触媒による PLPC-00H のレドックス分解で生じた PLPC アルコキシラジカルが分子

内の二重結合と反応して 12,13-エポキシ PLPC アルキルラジカルとなり、それが α -TH の 6 位水酸基に結合した 1-パルミトイル-2-(9- α -トコフェロキシ-12,13-エポキシ-10-オクタデセノイル)-3-*sn*-PC (6a)と 1-パルミトイル-2-(11- α -トコフェロキシ-12,13-エポキシ-9-クタデセノイル)-3-*sn*-PC (6b) の 2 つの異性体混合物であると決定した(図 2)。

表 1 . 化合物 6 の $^1\text{H-NMR}$ 化学シフト値(CDCl_3)

化学シフト値 (δ)	帰属
0.84-0.89 (m, 18H)	H-16 (パルミトイル), H-18 (TEODE), H-4'a, -8'a, -12'a, -13' (α -TH)
1.04-1.15 (m, 3H)	H-4', -8', -12' (α -TH)
1.17-2.17 (m, 64H)	-CH ₂ -
1.21 and 1.22 (s, 3H)	H-2a (α -TH)
1.75 (m, 1H)	H-3 (α -TH)
1.79 (m, 1H)	H-3 (α -TH)
2.06 (s, 6H)	H-5a, -8a (α -TH)
2.09 and 2.10 (s, 3H)	H-7a (α -TH)
2.27 and 2.29 (t, $J = 8.2$ Hz, 4H)	H-2 (パルミトイル), H-2 (TEODE)
2.53 (m, 1/4H)	H-13 (11-TEODE, 6b)
2.54 (m, 2H)	H-4 (α -TH)
2.62 (m, 1/2H)	H-13 (9-TEODE, 6a)
2.78 (m, 1/4H)	H-13 (11-TEODE, 6b)
2.89 (m, 1/4H)	H-12 (11-TEODE, 6b)
3.00 (m, 1/2H)	H-12 (9-TEODE, 6a)
3.02 (m, 1/4H)	H-12 (11-TEODE, 6b)
3.37 (s, 9H)	N(CH ₃) ₃ (コリン)
3.80 (br. m, 2H)	H-2 (コリン)
3.84 (m, 1/2H)	H-11 (11-TEODE, 6b)
3.91 (m, 1H)	H-1 (グリセロール)
3.95 (m, 1H)	H-1 (グリセロール)
4.02 (m, 1/2H)	H-9 (9-TEODE, 6a)
4.12 (dd, $J = 7.2, 12.0$ Hz, 1H)	H-3 (グリセロール)
4.30 (br. m, 2H)	H-1 (グリセロール)
4.40 (d, $J = 11.7$ Hz, 1H)	H-3 (グリセロール)
5.02 (dd, $J = 8.2, 15.2$ Hz, 1/4H)	H-11 (9-TEODE, 6a)
5.18 (m, 1/4H)	H-11 (9-TEODE, 6a)
5.19 (br. m, 1H)	H-2 (グリセロール)
5.53 (m, 1/4H)	H-9 (11-TEODE, 6b)
5.56 (m, 1/4H)	H-10 (11-TEODE, 6b)
5.64 (m, 1/4H)	H-10 (11-TEODE, 6b)
5.68 (m, 1/4H)	H-9 (11-TEODE, 6b)
5.88 (dd, $J = 8.2, 15.2$ Hz, 1/2H)	H-10 (9-TEODE, 6a)

^a s, singlet; d, doublet; t, triplet; m, multiplet; br., broad.

^b プロトンの番号付は、*sn*-グリセロ-3-ホスホコリン分子の脂肪酸残基、 α -TH 残基、及びグリセロール残基で用いられている通常の番号付に従った。

^c 9-TEODE, 9-(α -tocopheroxy)-12,13-epoxy-10-octadecenoyl; 11-TEODE, 11-(α -tocopheroxy)-12,13-epoxy-9-octadecenoyl.

(2) ミセル溶液中でのヘミン触媒 PLPC-OOH 分解反応における α -TH の作用

脂質過酸化二次反応であるヘミン触媒 PLPC-OOH 分解反応における α -TH の作用についてミセル溶液中で検討した。

0.5 mM PLPC-OOH を 5 mM デオキシコール酸を含む 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 7.4) に懸濁させてミセル溶液とし、10 μM ヘミンを添加して 37 で反応させた。その結果、PLPC-OOH はヘミンによってレドックス分解を受けて急激に減少し、酸化二次生成物としてヘキサナールが生じた(図 4)。本反応系に α -TH を添加すると、PLPC-OOH 分解速度は全く変化しなかったが、ヘキサナールの生成は大きく抑制された。一方、 α -TH は反応ととも

に急激に減少し、主要反応生成物として α -TQ と Dimer が生成した。また、付加体である T00-epoxyPLPC 及び T-epoxyPLPC の生成も認められた。

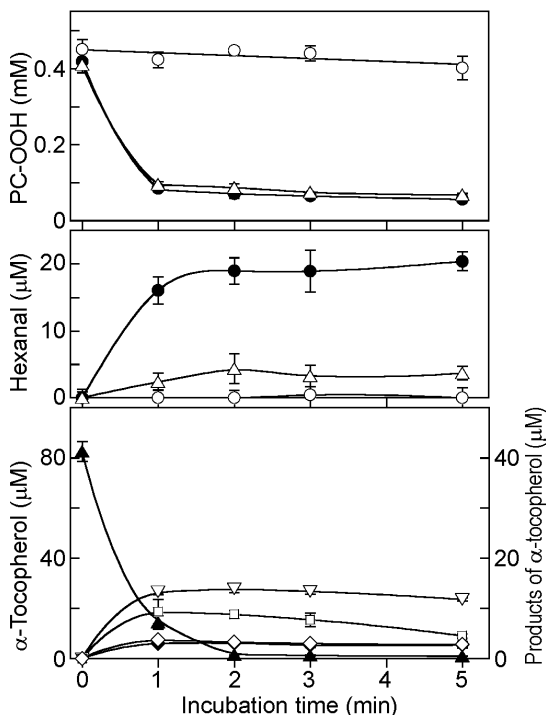


図 4 . PLPC-OOH と α -TH とのミセル溶液中でのヘミン触媒反応

0.5 mM PLPC-OOH、0.1 mM α -TH、10 μM ヘミンを 5 mM デオキシコール酸ナトリウムを含む 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 7.4) でミセルを作成し、37 で反応させた。PLPC-OOH とヘキサナール: (○)ヘミン無添加, (●)ヘミン添加, (△)ヘミンと α -TH 添加. α -TH (▲)とその反応生成物: (▽) α -TQ, (□)Dimer, (◇)T00-epoxyPLPC, (◆)T-epoxyPLPC. 数値は平均値 \pm 標準偏差 ($n = 3$) で示した。

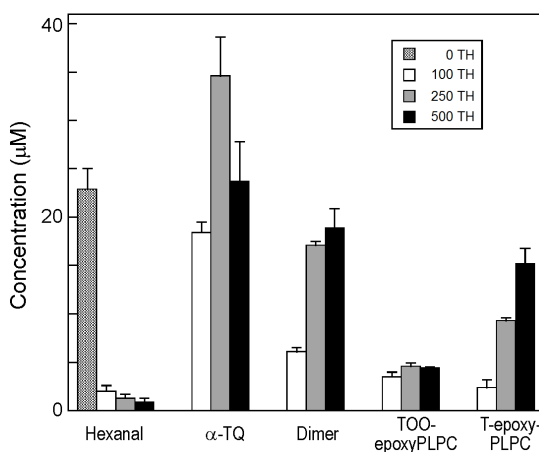


図 5 . ミセル溶液中でのヘミン触媒 PLPC-OOH 分解反応におけるヘキサナールと α -TH 反応物の生成 (α -TH 濃度の影響)

0.5 mM PLPC-OOH、10 μM ヘミン、 α -TH を含むミセル溶液を 37 で 5 分反応させた。数値は平均値 \pm 標準偏差 ($n = 3$) で示した。0 TH, α -TH 無添加; 100 TH, 100 μM α -TH; 250 TH, 250 μM α -TH; 500 TH, 500 μM α -TH.

図5は、PLPC-OOHと濃度の異なる α -THからミセル溶液を調製して、ヘミン触媒反応を37で5分行った時の、反応生成物量を調べたものである。反応生成物として、 α -TQに他に、DimerとT-epoxyPLPCが α -TH添加量の増加に伴い上昇した。特にT-epoxyPLPCの生成は、PLPC-OOHの分解で生じたepoxyPLPCラジカルが、ミセル中の酸素分子と反応する前に α -THと反応して生じたものである。このことから、 α -THは、ミセル中で高濃度に存在するときには脂質アルキルラジカルを直接捕捉できることが明らかとなった。

(3) POPC リポソーム中でのヘミン触媒 PLPC-OOH 分解反応における α -TH の作用
 ミセル溶液と同様の反応を、POPC リポソームにおいて検討した。すなわち、POPC (9 mM)と PLPC-OOH (1 mM)を 50 mM リン酸緩衝液(pH 7.4、50 mM NaCl を含む)に懸濁後、エクストルーション法にて一枚膜リポソームを作成した。この PLPC-OOH を含む POPC リポソームに、ヘミン (50 μ M)を添加して 37 で反応させたところ、PLPC-OOH は短時間で約半量が分解された(図6)。これは、一枚膜リポソームではヘミンは膜の外側からしか接触できないため、膜の内側に存在する PLPC-OOH が分解されなかったものと推定した。また、PLPC-OOH の分解によって酸化二次生成物であるヘキサナールが生じたが、その生成量はミセル溶液中での反応に比べて低い値であった。このリポソームに α -TH (0.2 mm)を組み込み、同様の条件でヘミン触媒反応を行うと、PLPC-OOH の分解速度はより増大した。この PLPC-OOH 分解促進は、添加した α -TH がヘミンのヘム鉄を還元することによって、還元型ヘム鉄が PLPC-OOH からのアルコキシルラジカル生成を促進することによるものと推定した。また、ミセル系での反応と同様に、リポソームに α -TH を添加するとヘキサナール生成は抑制されたが、その抑制効果はミセル系に比べて低いものであった。一方、リポソーム系における α -TH 反応生成物は、ミセル溶液の場合とは異なり Dimer とともに T00-epoxyPLPC が主要生成物であった。

図7は、PLPC-OOHを含むPOPCリポソームに異なる濃度の α -THを組み込み、ヘミン触媒反応を37で5分行ったときのヘキサナールと α -TH反応生成物の量を示したものである。リポソームへの α -TH添加量を増加させると、ヘキサナール生成はより抑制された。一方、 α -TH反応生成物はDimerとT00-epoxyPLPCが顕著に認められた。このことから、以下の反応機構が推定された。すなわち、PLPC-OOHは還元型ヘミンによってアルコキシルラジカルとなり、これは分子内の二重結合に付加してepoxyPLPCラジカルとなった後、酸素分子と結合してepoxyPLPCペルオキシルラジカルとなる。一方、 α -TH

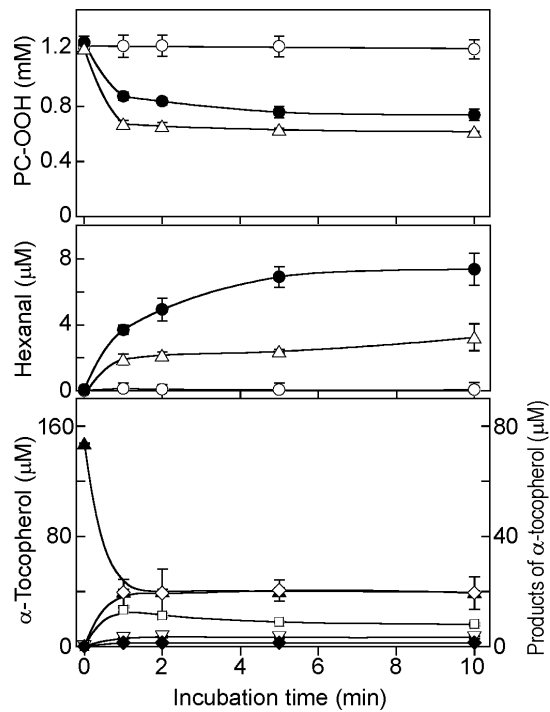


図6. POPC リポソーム中での PLPC-OOH と α -TH とのヘミン触媒反応

9 mM POPC、1 mM PLPC-OOH、0.2 mM α -TH、50 μ M ヘミンを 50 mM リン酸緩衝液(pH 7.4、50 mM NaCl を含む)に懸濁させて 1 枚膜リポソームを作成し、37 で反応させた。PLPC-OOH とヘキサナール：(○)ヘミン無添加、(●)ヘミン添加、(△)ヘミンと α -TH 添加。 α -TH (▲)とその反応生成物：(▽) α -TQ、(□)Dimer、(◇)T00-epoxyPLPC、(◆)T-epoxyPLPC。数値は平均値 \pm 標準偏差($n=3$)で示した。

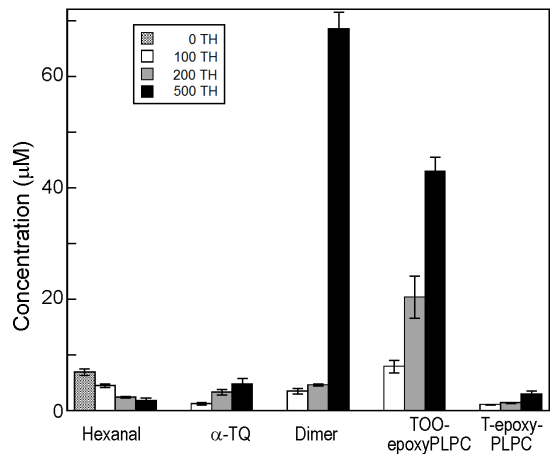


図7. POPC リポソーム中でのヘミン触媒 PLPC-OOH 分解反応におけるヘキサナールと α -TH 反応物の生成 (α -TH 濃度の影響)

9 mM POPC、1 mM PLPC-OOH、 α -TH で一枚膜リポソームを作成し、50 μ M ヘミンを添加して 37 で 5 分反応させた。数値は平均値 \pm 標準偏差($n=3$)で示した。
 0 TH、 α -TH 無添加；100 TH、100 μ M α -TH；200 TH、200 μ M α -TH；500 TH、500 μ M α -TH。

は、酸化型ヘミンによって α -TH ラジカルとなる。反応系の α -TH 濃度が低いときには、

もっぱら両者のフリーラジカル種が反応して T00-epoxyPLPC を生成する。一方、 α -TH 濃度が高くなると α -TH ラジカル同士が反応してしまうために Dimer が多く生成するものである。

α -TH 反応生成物として、リポソーム反応系では T00-epoxyPLPC が蓄積したのに対し、ミセル溶液中の反応では、 α -TQ が蓄積したことから、 α -TH が epoxyPLPC ペルオキシラジカルを捕捉することによって生成した T00-epoxyPLPC は、ミセル溶液中ではヘミンによって分解して α -TQ になった可能性が考えられた。そこで、POPC (9 mM)、1 mM PLPC-OOH (1 mM)、及び α -TH (0.5 mM)からなる一枚膜リポソームを作成し、ヘミン(50 μ M)を添加して 37 で 5 分反応させた後、反応溶液に当量の 20 mM デオキシコール酸ナトリウムを含む緩衝液を加えてリポソーム構造を破壊して、さらに 5 分反応させた(表 2)。その結果、POPC リポソーム反応系ではわずかな量しか生成しなかった α -TQ が、界面活性剤を加えてリポソームを破壊することによって反応液中に多量に認められた。以上の結果より、POPC リポソーム系で生成する T00-epoxyPLPC は、リポソームの外側の水相に存在するヘミンとは接触することが困難なために T00-epoxyPLPC から α -TQ への分解反応がほとんど起こらず、そのままリポソーム中に蓄積したものと推定した。

表 2 . PLPC-OOH 及び α -TH 含有 POPC リポソームのヘミン触媒反応におけるデオキシコール酸添加の影響

化合物 (μ M)	処 理	
	コントロール	デオキシコール酸
PLPC-OOH	167 \pm 7 ^a	44 \pm 3 ^b
ヘキサナール	0.7 \pm 0.1 ^a	5.2 \pm 0.1 ^b
α -TH	64.4 \pm 3.2 ^a	31.9 \pm 1.9 ^b
α -TQ	2.9 \pm 0.4 ^a	22.8 \pm 0.3 ^b
Dimer	40.3 \pm 0.7 ^a	36.9 \pm 1.6 ^a
T00-epoxyPLPC	19.2 \pm 2.7 ^a	29.6 \pm 1.6 ^b
T-epoxyPLPC	1.7 \pm 0.2 ^a	2.7 \pm 0.2 ^b

9 mM POPC、1 mM PLPC-OOH、0.5 mM α -TH で一枚膜リポソームを作成し、50 μ M ヘミンを添加して 37 で 5 分反応させた。反応後、当量の緩衝液(コントロール)あるいは 20 mM デオキシコール酸ナトリウム溶液を加え、さらに 5 分反応させた。各化合物の濃度は、処理後の溶液中での濃度を示す。数値は平均値 \pm 標準偏差 ($n=3$) で示し、各行の異なるアルファベットは統計学的に有意差があることを示す ($p<0.05$)。

(4) 結論

本研究では、リン脂質ヒドロペルオキシドの分解反応を利用して α -TH の脂質過酸化二次反応への寄与を明らかにすることができた。すなわち、 α -TH はリン脂質ヒドロペルオキシドの分解で生じたフリーラジカル種を捕捉して脂質過酸化二次反応を制御し、生体にとって有害なアルデヒドの生成を部分的ではあるが抑制するものがある。

これまで α -TH は脂質過酸化一次反応で生じる脂質フリーラジカルを効果的に捕捉する機能が知られてきたが、本研究によって脂質過酸化二次反応の中間産物をも捕捉して最終産物のアルデヒドの生成を抑制して、生体を酸化ストレスから防御している可能性が示された。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

渡辺しおり、岩本悟志、山内亮：ヘミン触媒によるホスファチジルコリンヒドロペルオキシドの分解に対する α -トコフェロールの作用。日本農芸化学会 2013 年度大会講演要旨集。P. 509, 2013 (2A16p013、平成 25 年 3 月 24 - 28 日、東北大学、仙台)。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

山内 亮 (YAMAUCHI Ryo)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：50126760