

# 共役リノール酸 (CLA) 強化小麦粉製品の開発

佐々木 久美<sup>1)</sup> 古賀 民穂<sup>1)</sup> 山本 健太<sup>2)</sup>  
 矢羽田 歩<sup>3)</sup> 太田 英明<sup>3)</sup>

## The Development of an Conjugated Linoleic Acid (CLA) -Enriched flour Product

Kumi Sasaki<sup>1)</sup> Tamiho Koga<sup>1)</sup> Kenta Yamamoto<sup>2)</sup>  
 Ayumi Yahada<sup>3)</sup> Hideaki Ohta<sup>3)</sup>  
 (2010年11月26日受理)

### 諸 言

リノール酸の幾何及び位置異性体である共役リノール酸 (Conjugated linoleic acid : CLA) は、反芻動物の肉や乳製品の脂肪中に微量に存在する共役二重結合を持つ化合物の総称である<sup>1)</sup>。主要な8種類を図1に示した。CLAは体脂肪減少<sup>2,3)</sup>、抗がん<sup>4)</sup>、抗アレルギー<sup>5)</sup>等、多くの生理作用が報告され、大変注目を集めている機能性成分の一つである。CLAの生理効果は2~3g/日/人を摂取することで発現すると報告されている<sup>6)</sup>が、平成11年国民栄養調査結果を基に作成したモデル献立から、わが国のCLA摂取量を推定した値は約0.13g/日/

人<sup>7)</sup>と低く、食品からのCLAの摂取が望まれている。CLAの安全性については、Gaulhierら<sup>8)</sup>が行ったヒト試験において、3.4g/日を2年間投与しても副作用がなかったという報告がある。さらに、日本人男性を対象に行ったIwataら<sup>9)</sup>のトリグリセリド型CLAを3ヶ月間摂取させたヒト試験においても、健康な日本人における安全性レベルは3.4g/日であると報告されている。米国では、たんばく質素材や炭水化物素材にCLAをブレンドしたスポーツ強化食品や機能性食品、生活習慣病やがん再発予防食品なども開発されている<sup>10)</sup>。日本ではCLAを配合したレトルトカレーの販売が開始されているが、食品への応用例はほとんどない。

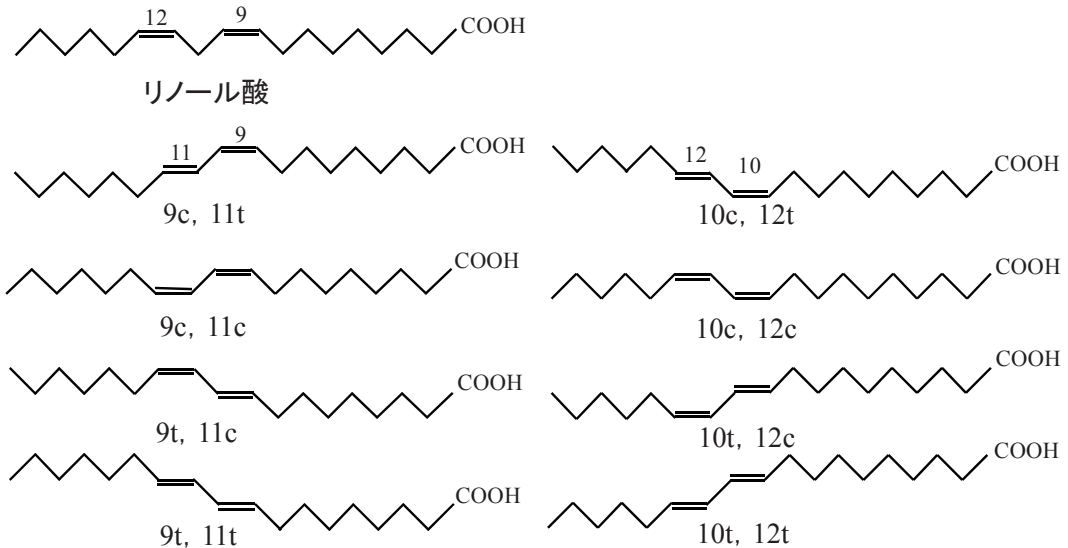


図1 共役リノール酸の構造

刷請先：佐々木久美，中村学園大学短期大学部食物栄養学科，〒814-0198 福岡市城南区別府 5-7-1  
 E-mail : kumi6116@nakamura-u.ac.jp

1) 中村学園大学短期大学部食物栄養学科 2) 中村学園大学大学院栄養科学研究科 3) 中村学園大学栄養学部

本研究では、食品からのCLA摂取量を高めるための食品の開発を目的とした。パンの総脂肪量を一定にするため、製パン材料であるバターの一部をトリグリセリド型CLAに置き換える方法でCLA強化食パンの製造を試みた。官能検査および物性測定によりCLAが食パンの品質に及ぼす影響について検討し、さらにCLA強化食パンの製造過程および貯蔵中におけるCLA含量の変化について測定した<sup>11,12)</sup>。

## 実験方法

### 1. CLA強化食パンの調製

CLAは日清オイリオグループ(株)製のトリグリセリド型(9c, 11t 37.0%, 10t, 12c 38.4%), バターは雪印乳業(株)製雪印バター(有塩), 小麦粉(強力粉)は日本製粉(株)製イーグル, 水は水道水を浄水器(National PJ-A33)でろ過したろ過水, 砂糖は大日本明治製糖(株)製上白砂糖, 食塩は(財)塩事業センター製食塩, ドライイーストは日仏商事(株)製saf-instantを用いた。試料は, バターの油脂含量からCLA置換率を換算し, CLA置換率0%を対照区として, CLA強化区を5枚切り食パン1枚あたりCLA 0.5g (CLA置換率: 11%), 1.0g (同置換率: 22%), 2.0g (同置換率: 43%)の3種類を製造した。油脂含量は小麦粉重量の約6.7%に統一し, 自動ホームベーカリー(MK精工社製HBD-100)を用いて製造した。供試材料の配合割合を表1に示した。

表1 各試料のバターとCLAの配合飼料配合割合

	対照区	CLA0.5g	CLA1.0g	CLA2.0g
バター	23g	19.8g	16.4g	10g
CLA	0g	2.6g	5.3g	10.5g
CLA置換率	0%	11%	22%	43%

※ CLA置換率はバターの油脂含量より換算

その他の材料(強力粉: 280g, 砂糖: 20g, 食塩: 4g, スキムミルク: 6g, ドライイースト: 2.4g, 水: 190g)

### 2. CLA強化食パンの性状および品質評価

#### 1) 比容積の測定

食パンを焙焼後, 室温で1時間放冷したものを菓種置換法<sup>13)</sup>で体積(ml)を測定し, それを重量(g)で除して比容積(ml/g)を算出した。各試料を3個ずつ測定し平均値で表した。

#### 2) 水分測定

食品分析法<sup>14)</sup>の常法に従い測定した。

### 3) 色差測定(白度)

測色色差計(日本電色工業株式会社製ZE6000)を用い, 反射式によるL\*, a\*, b\*値を求めた。食パンの中心部2×2×2cmを6個ずつ測定し平均値で表し, 明度L\*値を白度として評価した。

### 4) 官能検査

平均年齢22.2歳の本学学生10名により, 普通を0として-3から3までの7段階評点法で, 内部の色, すだち, 香り, 食感, しっとりさ, 味, 総合的評価の7項目を用いて官能検査を実施し, 二元配置の分散分析法で解析した。食パンは焙焼後室温で2時間放冷し, 内部のみを試料とした。

### 5) 物性測定

焙焼後室温で2時間放冷した食パンの中心部3×3×2cmを切り出し試料とした。測定にはクリープメーター(山電製RE-3305)を用い, 解析は自動解析装置で行った。プランジャー: 20mmφ, 測定速度: 10mm/sec, 歪率: 50%, 温度: 25±2℃の条件で測定した。試料を変形させるのに要した単位面積当たりの荷重をかたさ応力, 2回目のピーク面積を1回目のピーク面積で除した値を凝集性として算出した。

### 3. 製造過程および貯蔵中におけるCLA含量の変化

#### 1) 製造過程におけるCLA含量の変化

CLA1.0g強化パンのこね, 発酵, 焙焼の3工程の生地を試料とした。CLAはFolch法<sup>15)</sup>に準じて測定した。CHCl<sub>3</sub>:MeOH(2:1)で脂肪を抽出後ケン化し, ジメチルスルホキシドを添加する硫酸メタノール法でメチルエステル化し, GC分析を行った。また, 内部標準にヘプタデカン酸を用いた。GC分析は, 島津製GC-14Aを用い, カラムにSUPELLOWAX™-10(60m×0.32mm i.d.0.25μm)を使用し, カラム温度220℃, 気化室温度250℃, キャリアガスにヘリウムを用いて分析した。

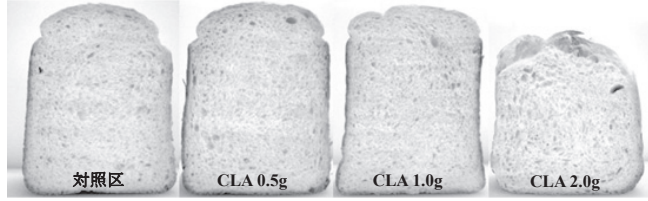
#### 2) 貯蔵中におけるCLA含量の変化

貯蔵温度は, 室温区25±2℃, 冷蔵区5℃, 冷凍区-18℃に設定し, 室温1, 5, 8日目, 冷蔵1, 5, 8, 10日目, 冷凍10, 20, 30日目までポリエチレン袋に密封貯蔵した試料を, 1)と同様の方法でGC分析を行った。なお, 試料は1)と同様にCLA1.0g強化食パンを用いた。

### 4. 統計解析方法

食パンの性状, 物性測定, 製造過程および貯蔵中におけるCLA含量の測定値は, 平均値±標準偏差で表した。食パンの物性に関しては, CLA強化量を要因として一元配値の分散分析を行った。有意水

表2 CLA 強化パンの比容積, 水分, 白度の結果



CLA 量 / 枚	対照区	CLA0.5g	CLA1.0g	CLA2.0g
比容積 (ml/g)	3.86±0.30	3.97±0.25	3.67±0.32	2.96±0.04
水分 (%)	43.61±0.03	43.88±0.07	43.65±0.04	43.96±0.04
白度	74.40±0.99	74.63±1.98	72.79±2.07	75.45±1.38

平均値±標準偏差

準5%として有意な差が見られたものについては、TukeyのHSD検定により水準ごとの差について検定を行った。統計処理にはSPSS Ver.17.0を用いた。

結果および考察

1. CLA 強化食パンの品質評価結果

比容積, 水分, 白度の結果を表2に示した。比容積において, CLA1.0g強化までは対照区と比べて差はみられなかったが, CLA2.0g強化では他の3試料と比較すると, 明らかに膨らみの悪いパンであったが, 有意な差は認められなかった。水分, 白度に大きな違いはみられなかった。

かたさ応力, 凝集性の結果を表3に示した。かたさ応力において, CLA2.0gでは他の3試料と比較して有意に高い値を示した (P<0.01)。凝集性とは, 変形に対する復元力を表しており, 値が高ければ変形していても復元力(噛みごたえ)があるとされる。CLA2.0g強化は, 凝集性においても対照区およびCLA0.5g強化と比較して有意に低い値を示した (P<0.05)。これらの結果より, CLA1.0g強化までは対照区と同様に, 膨らみが良く, やわらかいパンであるのに対し, CLA2.0g強化食パンは膨らみの悪かたく, 弾力のないパンとなったことが示された。

官能検査の結果を図2に示した。CLA0.5gおよび1.0g強化では対照区と同様の評価が得られたが, CLA2.0g強化はすだち, 総合的評価の項目において, 他の3試料と比較して有意に劣っていた (P<0.01)。さらに食感, しっとりさの項目においては, CLA0.5g強化と比べて有意に劣っていた (P<0.05)。

以上の結果より, 食パン1枚あたり0.5gおよび1.0g強化では対照区と大きな違いはみられず,

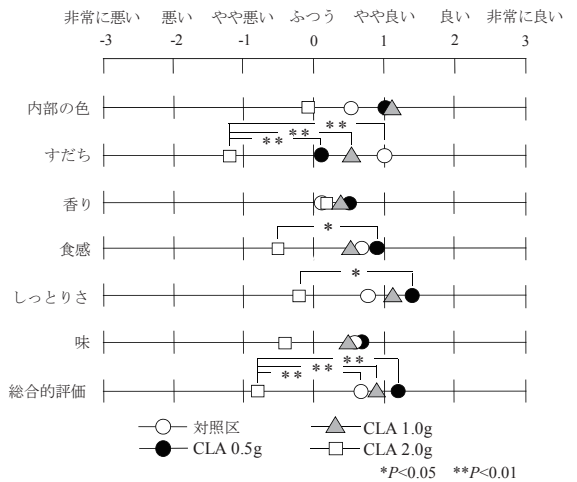


図2 官能評価結果

表3 CLA 強化食パンのかたさ応力, 凝集性の結果

CLA 量 / 枚	対照区	CLA 0.5g	CLA 1.0g	CLA 2.0g
かたさ応力 (10 <sup>3</sup> N/m <sup>2</sup> )	25.87±4.51 <sup>a</sup>	29.95±4.81 <sup>b</sup>	27.62±4.13 <sup>b</sup>	64.75±14.21 <sup>b</sup>
凝集性	0.89±0.03 <sup>c</sup>	0.90±0.02 <sup>c</sup>	0.88±0.03	0.85±0.04 <sup>d</sup>

平均値±標準偏差  
異なる英文字間 (a, b) に有意差あり (P<0.01)  
(c, d) に有意差あり (P<0.05)

CLA0.5g強化では官能検査の食感, しっとりさの項目において対照区よりも優れた結果となり, バターの11%をCLAに置換することでパンの品質が向上する傾向が示唆された。従来のCLAはヒマワリ油やべに花油から加工された脂肪酸型が主流であったが, 脂肪酸型は冷温になると沈澱物が生じ, 苦味がある等の欠点がある。最近ではべに花油由来の脂肪酸型から作られるトリグリセリド型が開発され, 通常の食用油と同じ液状で, 脂肪酸型のような欠点は

改善されており、用途範囲が広がっている<sup>16)</sup>。バター<sup>22%</sup>を CLA に置き換えてもパンの品質にほとんど影響せず製造が可能であったのは、使用した CLA が脂肪酸型ではなくトリグリセリド型であるためだと推察された。食パン 1 枚あたり CLA 2.0g 強化では対照区よりも品質が劣り、バター<sup>43%</sup>を CLA に置換すると、パンの品質に悪い影響を与えることが認められた。この理由として、供試した CLA が液状油であることが推察される。Baker らは、添加された油脂がパン生地の成型醗酵工程中で固形であることが有効に働くための必要条件であり、液状油では容積の小さいパンになることを確認している<sup>17)</sup>。本研究の結果では、固体脂であるバター<sup>22%</sup>を液状油のトリグリセリド型 CLA に置き換えた場合では、食パンの膨らみに影響はなかったが、バター<sup>43%</sup>を CLA に置き換えると食パンの膨らみが悪くなった。今回使用した CLA には独特の油臭があるが、官能検査では差が認められる程の違いはなく問題はないと考えられた。よって、CLA を強化した食パンの製造は可能であり、CLA

摂取量を高める食品の一つとして利用できると考えられた。

## 2. 製造過程における CLA 含量の変化

製造過程における CLA 含量の変化を表 4 に示した。9c, 11t, 10t, 12c は焙焼によってともに増加し、総 CLA 量は 9.84mg/g とこねに比べ約 2.8 倍の増加がみられた。CLA は食品加工中に増加すると報告されているが、その CLA 増加機構については不明な点も多い。食パンの焙焼過程により CLA 含量が増加を示した要因としては、たんぱく質が関与するリノール酸からの CLA の生成が考えられる。リノール酸からの CLA の生成は異性化反応に起因しており、この反応時に水素供与が必要になると考えられ、この水素の供与体として、たんぱく質が働いていると推察される。

## 3. 貯蔵中における CLA 含量の変化

貯蔵中における CLA 含量の変化を表 5, 6, 7 に示した。空気曝露下の試料中の残存 CLA 含量を測

表 4 CLA 強化食パンの製造過程における CLA 含量の変化 (mg/g)

	製造工程		
	こね	発酵	焙焼
9c, 11t	1.65±0.19	1.44±0.16	4.61±0.15
10t, 12c	1.62±0.19	1.41±0.15	4.51±0.15
9c, 11c	0.10±0.02	0.08±0.01	0.27±0.01
10c, 12c	0.04±0.01	0.03±0.01	0.12±0.01
all trans	0.11±0.03	0.08±0.01	0.32±0.05
総 CLA 量	3.53±0.43	3.05±0.34	9.84±0.34

平均値±標準偏差

表 5 CLA 強化食パンの室温貯蔵における CLA 含量の変化 (mg/g)

	貯蔵期間		
	1 日目	5 日目	8 日目
9c, 11t	4.61±0.15	6.91±2.72	5.48±1.51
10t, 12c	4.51±0.15	5.15±0.83	5.21±1.36
9c, 11c	0.27±0.01	0.30±0.06	0.32±0.09
10c, 12c	0.12±0.01	0.12±0.02	0.11±0.03
all trans	0.32±0.05	0.30±0.06	0.31±0.09
総 CLA 量	9.84±0.34	11.14±1.83	11.44±3.09

平均値±標準偏差

表 6 CLA 強化食パンの冷蔵貯蔵における CLA 含量の変化 (mg/g)

	貯蔵期間				
	1 日目	3 日目	5 日目	8 日目	10 日目
9c, 11t	4.61±0.15	4.17±0.11	5.68±0.03	3.75±0.87	3.49±1.34
10t, 12c	4.51±0.15	3.97±0.05	5.14±0.29	3.68±0.86	3.34±1.34
9c, 11c	0.27±0.01	0.24±0.01	0.33±0.02	0.22±0.05	0.20±0.08
10c, 12c	0.12±0.01	0.11±0.01	0.12±0.01	0.09±0.03	0.07±0.03
all trans	0.32±0.05	0.34±0.05	0.34±0.05	0.23±0.07	0.21±0.08
総 CLA 量	9.84±0.34	8.82±0.13	11.61±0.40	7.97±1.88	7.32±2.87

平均値±標準偏差

定した実験で、CLA はリノール酸より酸化されやすいことが報告されている<sup>18)</sup>。今回製造した CLA 強化パンの貯蔵中における CLA 含量の変化をみると、室温、冷蔵貯蔵で8日目、冷凍貯蔵で15日目までは CLA 含量に顕著な変化がなかった。パンの消費期限が2~3日であること、通常一般家庭でパンを冷凍保存することが多いことを考えると、摂食時までパン中の CLA 含量は製造時と同程度残存すると推察された。

以上の結果より、今回の配合割合での食パンの製造では、5枚切り食パン1枚あたり CLA1.0g 強化 (CLA 置換率22%) のパンの製造・利用が可能であることを実証し、CLA 摂取量を高める食品の一つとして利用できると推察された。

表7 CLA 強化食パンの冷蔵貯蔵における CLA 含量の変化 (mg/g)

	貯蔵期間		
	10日目	20日目	30日目
9c,11t	4.71±0.17	2.51±0.08	2.61±0.10
10t,12c	4.63±0.15	2.47±0.08	2.57±0.10
9c,11c	0.27±0.02	0.14±0.01	0.16±0.00
10c,12c	0.10±0.01	0.06±0.00	0.07±0.00
all trans	0.27±0.03	0.14±0.00	0.16±0.02
総 CLA 量	9.98±0.38	5.32±0.17	5.57±0.23

平均値±標準偏差

## 要 約

食品からの CLA 摂取量を高めるために、トリグリセリド型 CLA を使用し、パンの総脂肪量を一定にして、バターの一部を CLA に置き換える方法で CLA 強化食パンの製造を試みた。比容積、官能検査および物性測定の結果より、食パン1枚あたり CLA2.0g 強化においては、対照区よりも有意に劣る結果となり、バターの43%を CLA に置換するとパンの品質に悪い影響を与えることが認められた。しかしながら、食パン1枚あたり CLA0.5g 強化および1.0g 強化においては、対照区と同様の評価が得られ、バターの22%を CLA に置換してもパンの品質にはほとんど影響しないことが示された。また、CLA0.5g 強化では官能検査の食感、しっとりさの項目において対照区よりも優れた結果となり、バターの11%を CLA に置換することでパンの品質が向上する傾向が示唆された。

CLA 強化パンの製造過程および貯蔵中における CLA 含量の変化について GC を用いて分析し検討を行った結果、CLA は焙焼で減少せず増加の傾向がみられ、室温、冷蔵貯蔵で8日目、冷凍貯蔵で15日目までは CLA 含量に顕著な変化がなかった。

今回の配合割合での食パンの製造では、5枚切り食パン1枚あたり CLA1.0g 強化 (CLA 置換率22%) のパンの製造・利用が可能であることから、CLA 摂取量を高める食品の一つとして有望な加工食品であることを明らかにした。

## 文 献

- 1) Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L. and Pariza, M. W. : Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens, *Journal of Food Composition and Analysis*, 5, 185-197(1992)
- 2) Park, Y., Albright, K. J., Liu, W., Storkson, J. M., Cook, M. E. and Pariza, M. W. : Effect of Conjugated Linoleic Acid on Body Composition in Mice, *Lipids*, 32, 853-858 (1997)
- 3) Rahman, S. M., Wang, Y. M., Yotsumoto, H., Cha, J.Y., Han, S.Y., Inoue, S. and Yanagita, T. : Effects of conjugated linoleic acid on serum leptin concentration, body-fat accumulation, and  $\beta$ -oxidation of fatty acid in OLETF rats, *Nutrition*, 17,385-390 (2001)
- 4) Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M. W. : Anticarcinogens from fried ground beef: heataltered derivatives of linoleic acid, *Carcinogenesis*, 8, 1881-1887 (1987)
- 5) Sugano, M., Tsujita, A., Yamasaki, M., Noguchi, M. and Yamada, K. : Conjugated linoleic acid modulates tissue levels of chemical mediators and immunoglobulins in rats, *Lipids*, 33,521-527 (1998)
- 6) Whigham, L. D., Watras, A. C. and Schoeller, D. A. : Efficacy of conjugated Linoleic acid for reducing fat mass : A meta-analysis in humans, *Am. J. Clin. Nutr.*, 85, 1203-1221 (2007)
- 7) 古賀民穂, 石井利直, 吉田弘子, 堤賢太郎, 高橋由紀子, 堀真生子, 太田英明 : 食事中の CLA 含量, 第56回日本栄養・食糧学会西日本支部第21回日本食品科学工学会西日本支部合同大会講演要旨集, p. 27, 宮崎 (2002)
- 8) Gaullier, J. M., Halse, J., Høye, K., Kristiansen, K., Fagertun, H., Vik, H., and Gudmundsen, O. : Supplementation with Conjugated Linoleic Acid for 24 Months Is Well Tolerated by and Reduces Body Fat Mass in Healthy, Overweight Humans, *J. Nutr.*, 135,



- 778-784 (2005).
- 9) Iwata, T., Kamegai, T., Yamauchi-Sato, Y., Ogawa, A., Kasai, M., Aoyama, T. and Kondo, K. : Safety of Dietary Conjugated Linoleic Acid (CLA) in a 12-weeks Trial in Healthy Overweight Japanese Male Volunteers, *J.Oleo Sci.*,56,(10) 517-525 (2007).
  - 10) 奥山 齋, 岩田 敏夫 : FOOD Style 21, 3 (5)70, (1999)
  - 11) 古賀民穂, 佐々木久美, 古川智子, 宮城一菜, 藤瀬朋子, 太田英明 : 共役リノール酸 (CLA) 強化パンの製造, 日本食品科学工学会第55回大会講演集, p 134, 京都 (2008)
  - 12) Tamiho Koga, Kumi Sasaki, Kazuna Miyagi, Hideaki Ohta, Michihiro Sugano : A Trial to Product of CLA-Enriched Bread, 100th AOCS Annual Meeting & Expo Abstracts, p69-70, Orlando, Florida, USA (2009)
  - 13) 倉沢新一, 加工食品の定量および検査法, p113, 菅原龍幸編 : 新版食品加工実習書, 建帛社 (2004)
  - 14) 日本食品科学工学会, 新・食品分析法編集委員会 : 新・食品分析法, 光琳, 6-9 (1996)
  - 15) Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H. : A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues, *J.Biol.Chem.*, 226, 497-509 (1957)
  - 16) 岩田敏夫 : CLA (共役リノール酸) の健康機能と応用, FOOD STYLE 21, 13, 1-3 (2009)
  - 17) 田中康夫, 松本博 : 製パンの科学 <II> 製パン材料の科学, 光琳, p.99-128 (1992)
  - 18) Van den Berg, J.J.M., Cook, N.E. and Tribble, D.L. : Reinvestigation of the Antioxidant Properties of Conjugated Linoleic Acid, *Lipids*, 30, 599-605 (1995)