

魚油酸化生成物의 DNA損傷作用

2. 極性 및 非極性脂質劃分酸化生成物의 DNA 損傷作用

姜珍壻·都正龍·金仁洙·金善奉·朴榮浩

釜山水產大學 食品工學科

(1987년 4월 11일 수리)

The DNA Damage of Fish Oil Peroxidation Products

2. DNA Damage by the Peroxidation Products of Polar and Non-polar Lipid Fractionated from Mackerel Lipid

Jin-Hoon KANG, Jung-Roung Do, In-Soo KIM,

Seon-Bong KIM, and Yeung-Ho PARK

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,

Nam-gu, Pusan, 608 Korea

(Received April 11, 1987)

The present study was investigated on the DNA damage by the peroxidation of polar and non-polar lipid fractionated from mackerel lipid to elucidate the DNA damage mechanism by fish oil peroxidation.

The degree of DNA damage by polar lipid peroxidation became greater with the increase of its concentration, and such DNA damage was induced below 100 millieq./kg in POV for 4 days incubation. Among the polar lipid peroxidation products, singlet oxygen (${}^1\text{O}_2$) and superoxide anion ($\cdot\text{O}_2^-$) greatly affected to the DNA damage than hydrogen peroxide (H_2O_2) and hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$).

Non-polar lipid peroxidation also induced the DNA damage with the increase of its concentration, but such effect was lower than the case of total lipid and polar lipid. And, the effects of active oxygens on the DNA damage by non-polar lipid peroxidation was the same as in the case of total and polar lipid peroxidation.

緒論

赤色肉魚類의 脂質은 docosahexaenoic acid(DHA) eicosapentaenoic acid(EPA) 등의 高度不飽和脂肪酸을 포함한 極性脂質이 많이 含有되어 있어서 酸化에 대한 安定性이 대체로 強하다.

高度不飽和脂肪酸 또는 이를 함유한 脂質이 酸化하게 되면 과산화물을 비롯하여 malonaldehyde, hexanal 등의 低分子카르보닐化合物과 酸化初期에各種의 活性酸素種 등이 生成하게 되는데 이를 酸化生成物은 모두 DNA 損傷作用을 가지고 또한 이들의

DNA 損傷作用 機構가 각각 다른 것으로 報告되고 있다(Reiss 와 Tappel, 1973; Nakayama 등, 1984; 永田, 1985; Reiss 등, 1972).

金 등(1987, a, b)은 linoleic acid의 酸化에 의하여 DNA 가 크게 損傷되었으며 이러한 作用에는 一重項酸素과 superoxide anion의 영향이 가장 큰 것으로 나타났고 活性酸素種中 superoxide anion과 過酸化水素의 生成은 linoleic acid의 酸化初期에 급격하게 進行되었다고 報告한 바 있다.

또한, 前報(美 등, 1987)에서 著者 등은 고등어脂質과 DNA 를 反應시킨 結果, 고등어脂質의 酸化에 의해서 DNA 가 크게 損傷되었고 이러한 作用에는

魚油酸化生物의 DNA損傷作用

linoleic acid의 경우(金 등, 1987b)와 마찬가지로一重項酸素과 superoxide anion 등의活性酸素種이 크게 관여하는 것으로報告하였다.

따라서, 本研究에서는 前報(姜 등, 1987)와 마찬가지로 고등어를 試料魚로 하여抽出한 脂質을 다시 極性脂質과 非極性脂質로 分割하여 *E. coli* Hb 101에서 分離한 plasmid pBR 322 DNA와 37°C에서 反應시키면서 1% agarose gel 電氣泳動을 통하여 經時의 DNA損傷程度를 調査하였으며 아울러 이들 脂質의 酸化에 의한 DNA損傷作用에 대한 活性酸素種의 영향을 밝히기 위하여 各種活性酸素消去劑를 脂質과 DNA의 反應系에 添加하여 37°C에 反應시키면서 經時의 DNA損傷抑制能을 比較検討하였다,

實驗材料 및 實驗方法

實驗材料

本實驗에서 모델反應系로 사용한 DNA와 linoleic acid는 前報(姜 등, 1987)와 같다. 또, 脂質抽出에 사용한 試料魚는 前報(姜 등, 1987)와 같이 고등어로 하였으며 活性酸素消去劑도 前報(姜 등, 1987)와 같이 사용하였다.

實驗方法

1. *E. coli* Hb101의 plasmid pBR 322 DNA의 分離

前報(姜 등, 1987)와 같이 하였다.

2. Agarose gel 電氣泳動

電氣泳動은 1% agarose를 사용하여 前報(姜 등, 1987)의 方法에 따라 行하였다.

3. 脂質과 DNA의 反應

고등어脂質에서 分割한 極性 및 非極性脂質을 각각 225 μg과 675 μg이 되도록 0.1×SSC buffer로 조절하고 37°C에 反應시켰다. 또한, 活性酸素種의 DNA損傷作用을 調査하기 위하여 本反應系에 일정 농도의 活性酸素消去劑를 첨가하여 37°C에 反應시켰다.

4. DNA의 定量分析

DNA의 定量은 前報(姜 등, 1987)와 같이 청어정차를 사용하여 行하였다.

5. 고등어脂質의 抽出

고등어脂質의 抽出은 Folch 등(1951)의 方法에 따

라 實施하였다.

6. 極性脂質 및 非極性脂質의 分割

고등어脂質로부터의 極性 및 非極性脂質의 分割은 Rouser 등(1967)의 column chromatography法에 준하여 實施하였다.

110°C에서 2時間 加熱하여 活性化시킨 硅酸(110~300 mesh, Merck社) column(Φ 20 mm × 1.5 m)에 chloroform 용액을 上部에 注入하여 용출속도가 2~3 ml/min가 되도록 조절하고 column의 10배량의 chloroform으로 非極性脂質을, 同量의 methanol로 極性脂質을 각각 용출하였다.

7. 總脂質, 非極性脂質 및 極性脂質의 脂肪酸組成分析

methyl ester化한 各構成脂質의 脂肪酸組成分析은 gas liquid chromatography(GLC)를 이용하여 前報(姜 등, 1987)의 조건下에서 行하였다. 脂肪酸의 同定은 標準脂肪酸 methyl ester의 retention time과의 比較에 의하였으며 半值幅法으로 peak의 面積을 구하고 脂肪酸組成을 peak의 面積比로서 나타내었다.

Table 1. Influence of polar lipid obtained from mackerel lipid on the DNA damage during peroxidation at 37°C (%)

Concentrations of polar lipid	Incubation time, days			
	1	2	3	4
None	30.0	46.0	54.0	62.4
225 μg	46.5	54.8	61.7	68.4
450 μg	54.7	59.6	67.8	74.5
675 μg	58.7	69.4	79.9	81.5
900 μg	69.3	78.4	85.6	93.8

Forty microliters of reaction mixtures containing DNA(600 μg) and each concentration of polar lipid was incubated at 37°C, and then 10 μl of aliquot was analyzed for determining the degree of DNA damage.

實驗結果 및 考察

極性脂質의 酸化에 의한 DNA損傷作用

Fig. 1은 고등어脂質에서 分割한 極性脂質을 225 μg과 675 μg으로 조절하고 600 μg의 DNA와 37°C에서 反應시키면서 經時의 DNA損傷程度를 調査한 結果이다.

즉, 極性脂質의 酸化에 의한 DNA損傷作用이 對照區(C₂)보다 큰 것을 알 수 있으며 그러한 作用은

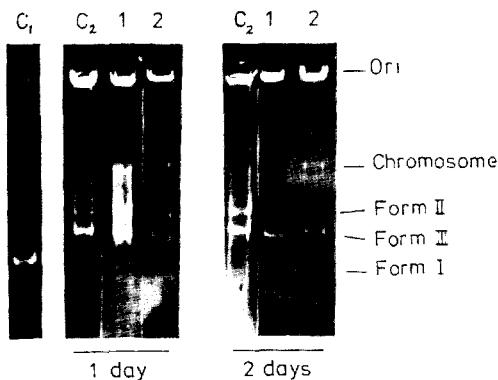


Fig. 1. Agarose gel electrophoretic patterns of pBR 322 DNA incubated with polar lipid obtained from mackerel lipid at 37°C.
pBR 322 DNA was incubated with each concentration of polar lipid at 37°C.
C₁, DNA only(600 µg, not incubated); C₂, DNA only(600 µg, incubated); 1, C₁+polar lipid(225 µg); 2, C₁+polar lipid(675 µg).

脂質의 농도가 증가함에 따라 더욱 커졌는데 DNA 만의 대조구에서는 반응 2일째 Form II DNA 가 다소存在하였으나 極性脂質의 添加구에서는 Form III DNA 만 약하게 검출되었다.

이것으로 보아 極性脂質을 添加한 反應系에서 反應 1일에도 Form I DNA 가 검출되지 않고 Form II 와 Form III DNA 로서 검출되어 極性脂質의 酸化에 의한 DNA 손상은 反應初期에 DNA 사슬이 무작위적으로 절단되는 것으로進行되는 것을 알 수 있다.

한편, 極性脂質의 酸化에 의한 DNA 損傷程度를 定量的으로 分析한 結果는 Table 1과 같다.

Table 2. Influence of non-polar lipid obtained from mackerel lipid on the DNA damage during peroxidation at 37°C (%)

Concentrations of non-polar lipid	Incubation time, days			
	1	2	3	4
None	30.0	46.0	54.0	62.4
225 µg	36.2	48.4	59.8	70.0
450 µg	42.6	54.3	59.7	68.0
675 µg	53.7	60.8	72.5	76.4
900 µg	60.3	68.2	73.8	81.9

Experimental conditions are the same as in Table 1.

極性脂質의 농도가 증가할수록 DNA 의 감소율이 커지는 것을 알 수 있는데 225 µg 의 농도에서는 대

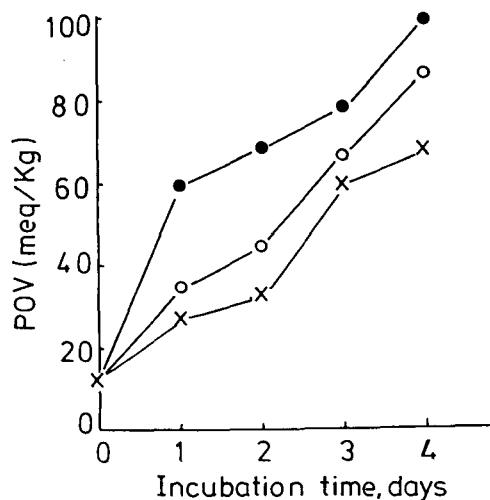


Fig. 2. Changes in peroxide value (POV) on the dose-response of polar lipid obtained from mackerel lipid during peroxidation at 37°C. Twenty-one micrograms(x-x), 42 µg (o-o) or 63 µg (●-●) of polar lipid was maintained at 37°C.

照區에 비하여 그다지 뚜렷한 차이가 없었으나 45 µg 이상의 농도에서는 대조구보다 20% 이상 큰 감소율을 나타내었다.

Fig. 2는 極性脂質의 酸化에 의한 POV의 變化를 나타낸 것인데 지질의 농도가 증가함에 따라 POV의 증가속도가 빨라졌으며 反應 4일동안 POV가 100 millieq./kg以上을 넘지 않았으나 前報(姜等, 1987)의 總脂質보다 다소 빠르게 증가하는 것을 알 수 있다.

또한, Fig. 3은 極性脂質의 酸化에 있어서의 DNA 損傷作用에 대한 活性酸素種의 영향을 調査하기 위하여 一重項酸素消去劑로서 α-tocopherol을, super-oxide anion 消去剤인 ascorbic acid, 水酸 radical 消去剤로서 Tris, 過酸化水素消去剤인 catalase 등을 脂質과 DNA의 反應系에 添加하여 37°C에서 反應시키면서 DNA 損傷程度를 調査한 것인데 反應 2일째의 結果이다.

즉, 反應 2일째에 대조구(C₂)에서는 DNA가 완전히 절단되어 gel plate 上에 검출되지 않았으나 活性酸素消去剤添加구에서는 DNA band가 Form III(linear) 형태로 유지되어 DNA損傷이 대조구에 비하여抑制되는 것을 알 수 있으며 그 중에서도 BHT, α-tocopherol 및 ascorbic acid 등이 添加구에서 DNA損傷을 크게抑制하는 結果를 나타내었다.

魚油酸化生成物의 DNA 損傷作用

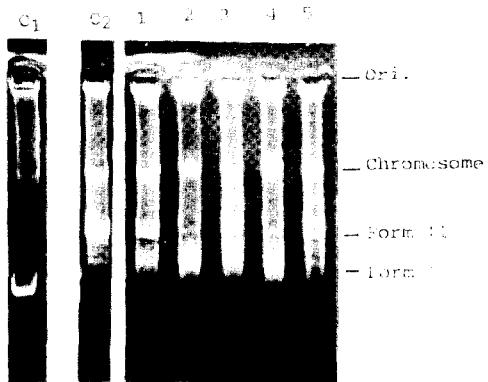


Fig. 3. Agarose gel electrophoretic patterns of pBR 322 DNA incubated with polar lipids obtained from mackerel lipid in the presence of the active oxygen scavengers at 37°C.

pBR 322 DNA^{*} was incubated with polar lipids and each concentration of the active oxygen scavengers at 37°C for 1 day.
 C₁, DNA only(600 μg); C₂, C₁+polar lipid(225 μg); 1, C₂+BHT(0.5 mM); 2, C₂+α-tocopherol(220 μg); 3, C₂+ascorbic acid(1 mM); 4, C₂+tris(hydroxymethyl) aminomethane(10 mM); 5, C₂+catalase(40 μg).

이 간 α -極性脂質의 酸化에 대한 活性酸素消去剤의 抗酸化能을 살펴보면 全般的으로 活性酸素消去剤의 添加에 의하여 POV의 증가가 억제되어 그 抗酸化力이 뛰어난 것을 알 수 있으며, 특히, BHT, α-tocopherol 및 SOD의 添加量에서는 反應 4日째에도 對照군의 POV에 비하여 약 30%에 불과하였다(Fig. 4).

以上 極性脂質의 酸化에 의한 DNA 損傷作用을 살펴본結果, 一重項陥素와 superoxide anion의 영향이 가장 커었으나 電氣泳動上으로는 總脂質의 경우보다 活性酸素消去剤의 DNA 損傷抑制能이 투명하게 나타나지 않았다. 또한, POV가 反應 4日동안 100 millieq./kg 이었으나 極性脂質의 경우가 總脂質의 경우보다 그 증가가 상대히 빠르게進行되었으며, 活性酸素消去剤, 특히 α-tocopherol과 ascorbic acid 등의 抗酸化能이 뛰어난 것으로 나타났음에도 불구하고 DNA 損傷에 대하여 큰抑制能을 나타내지 못한 것은 極性脂質의 酸化과정에 있어 DNA 損傷에 대하여 酸化初期에서의 反應이나 過酸化物의 축적이 커지는 단계에서의 反應機構가 각각 다르게進行되는 것으로 생각할 수 있다.

非極性脂質의 酸化에 의한 DNA 損傷作用

고등어 脂質에서 分割한 非極性脂質을 DNA 와 反

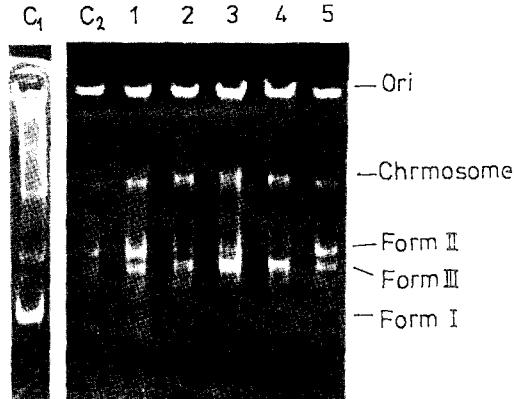


Fig. 4. Agarose gel electrophoretic patterns of pBR 322 DNA incubated with polar lipid obtained from mackerel lipid in the presence of the active oxygen scavengers at 37°C.

pBR 322 DNA was incubated with polar lipid and each concentration of the active oxygen scavengers at 37°C for 2 days. Concentrations of lipid, DNA and the active oxygen scavengers are the same as in Fig. 3.

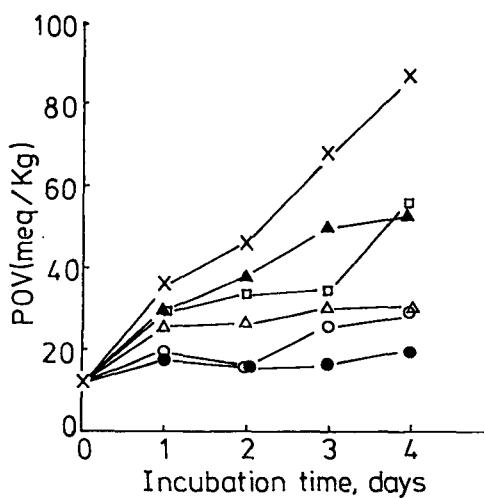


Fig. 5. Changes in peroxide value(POV) of polar lipid obtained from mackerel lipid in the presence of the active oxygen scavengers during peroxidation at 37°C.

Two hundred microliters of the reaction mixture containing polar lipid(415 μg) and each concentration of active oxygen scavengers at 37°C, and then 50 μl of aliquot was used for POV analysis.

Four hundred and fifteen microliters of polar lipid only(×-×), 0.5 mM BHT(○-○), 220 μg α-tocopherol(△-△), 1 mM ascorbic acid(△-△), 1 mM tris(hydroxymethyl) aminomethane(▲-▲) or 40 μg catalase(□-□) was maintained at 37°C.

應시키고 經時的인 DNA의 損傷作用을 調査한 結果는 Fig. 5와 같다.

非極性脂質 또한 酸化에 의하여 DNA損傷作用을 일으켰지만 反應 2日째 225 μg 의 농도에서는 對照區(C₂)가 Form III 및 Form II(open circular) DNA의 형태로 檢出된 반면 Form I DNA(covalently closed circular DNA)가 많이 존재하는 것을 電氣泳動으로 관찰할 수 있었다. 그림에서와 같이 非極性脂質의 DNA損傷作用은 極性脂質의 경우에 비하여 늦게 일어나는 것을 알 수 있으며 極性脂質의 경우 反應 2日째에 DNA가 거의 完全히 철단된 反面, 非極性脂質에서는 3日 反應에서 DNA가 거의 철단되어 兩脂質의 酸化에 의한 DNA損傷作用에는 24時間以内의 差異의 차이가 있는 것을 알 수 있다. 이러한 差異는 兩脂質을 구성하는 脂肪酸造成의 差異에서 起因하는 것으로 생각된다.

Table 2는 非極性脂質의 酸化에 의한 DNA損傷을 定量的으로 比較한 結果이다.

Table 3. Changes in fatty acid composition of mackerel lipid during peroxidation at 37°C

Fatty acids	Polar		Non-polar		Total 0 day
	0 day	4 days	0 day	4 days	
C _{14:0}	3.47	1.90	4.04	9.22	0.33
C _{15:0}	0.44	0.31	0.35	0.63	0.77
C _{16:0}	34.51	46.11	39.87	30.85	35.50
C _{16:1}	3.18	3.04	4.01	3.79	2.52
C _{17:0}	0.49	0.43	0.52	0.41	1.22
C _{18:0}	6.42	6.73	11.53	13.38	8.96
C _{18:1}	27.29	21.69	17.22	18.47	17.91
C _{18:2}	1.51	1.13	1.16	1.74	1.80
C _{20:0}	0.45	0.23	0.60	0.61	0.62
C _{18:3} (C _{20:1})	3.19	2.64	2.23	2.16	3.64
C _{20:4}	0.53	0.46	1.00	2.17	2.16
C _{20:5}	7.19	5.91	7.10	8.42	7.88
C _{22:6}	11.33	9.34	10.32	11.94	16.69
Monoene	30.47	24.73	21.23	22.26	20.43
Polyene	20.56	16.84	19.58	24.27	28.53
Saturated	45.78	55.79	56.96	51.31	47.40

C_{18:3} and C_{20:1} are not calculated in subtotal percentage.

非極性脂質의 量이 증가함에 따라 DNA의 损傷作用이 증가하였지만 그다지 빠른 속도로 증가하지 않았으며 極性脂質의 경우에 비교하면 800 μg 의 경우 反應 4日째 93.8%의 损傷作用을 나타낸데 비하여 非極性脂質의 경우에서는 81.9%로 DNA損傷作用이 極

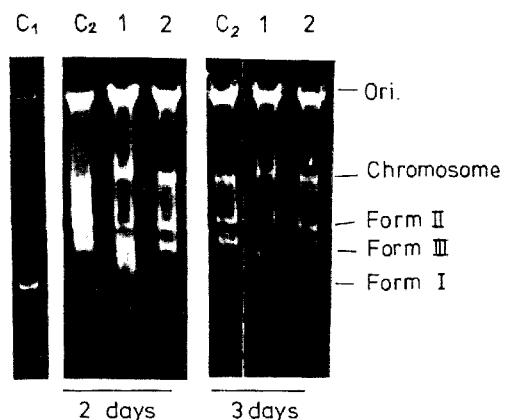


Fig. 6. Agarose gel electrophoretic patterns of pBR 322 DNA incubated with non-polar lipid obtained from mackerel lipid at 37°C. pBR 322 DNA was incubated with each concentration of non-polar lipid at 37°C. C₁, DNA only(600 μg , not incubated); C₂, DNA only(600 μg , incubated); 1, C₁+non-polar lipid(225 μg); 2, C₁+non-polar lipid(675 μg).

性脂質에 비하여 늦게 進行되는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 非極性脂質酸化에 의한 POV의 變化를 나타내었는데 極性脂質과 마찬가지로 脂質量이 많아질수록 POV가 증가하였으나 極性脂質에 비하여 POV의 증가 속도가 느려 63 μg 의 경우 反應 4日째 極性脂質에서는 100 millieq./kg에 가까운 反面, 非極性脂質에서는 90 millieq./kg 程度이었다.

한편, 非極性脂質의 酸化에 있어 DNA損傷에 대한 活性酸素種의 영향을 調査한 結果는 Fig. 7과 같다. 極性脂質의 경우에 비하여 活性酸素消去劑의 DNA損傷抑制作用이 더욱 분명하게 나타났으며, BHT, α -tocopherol 및 ascorbic acid를 添加한 反應系에서 가장 큰 抑制能을 가진 것으로 나타났다. 즉, 2日反應의 경우 對照區(C₂)의 DNA는 Form II, Form III DNA로 小片化되어 상당히 损傷되는 것으로 나타났지만 BHT를 제외한 나머지 活性酸素消去劑의 添加區에서는 뛰어난 损傷抑制能을 나타내었으며 α -tocopherol과 ascorbic acid가 가장 큰 抑制能을 가지는 것을 알 수 있다. 이러한 結果는 前報(姜等, 1987)의 고등어總脂質에서나 本 實驗의 極性脂質에서 나타난 一重項酸素와 superoxide anion의 DNA損傷作用과 동일한 것으로 나타났다. Fig. 8은 POV의 變化를 나타낸 것인데, 活性酸素消去劑에 의한 抗酸化力은 極性脂質에서와 같이 뛰어났으며 全般的인 POV가

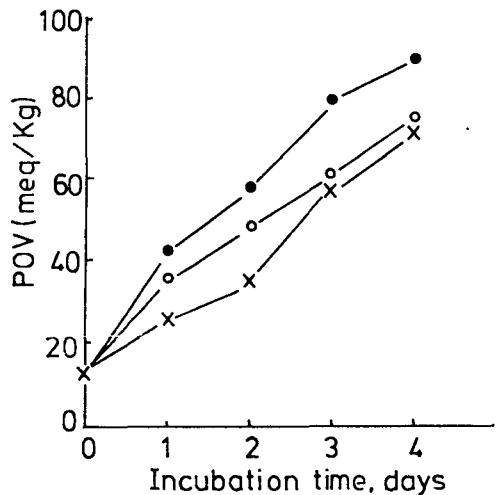


Fig. 7. Changes in peroxide value(POV) on the dose-response of non-polar lipid obtained from mackerel lipid at 37°C.

Forty microliters of each concentration of non-polar lipid was incubated at 37°C, and then 10 μ l of aliquot was used for POV analysis.

Twenty-one micrograms(x-x), 42 μ g(○-○) or 63 μ g(●-●) of non-polar lipid was maintained at 37°C.

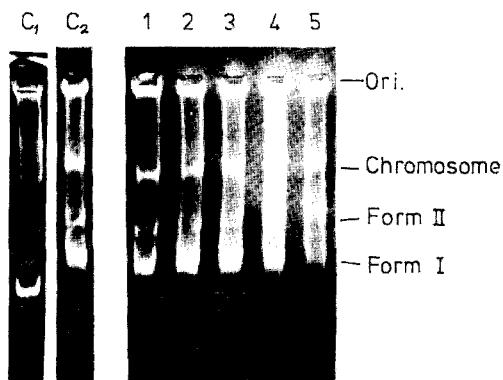


Fig. 8. Agarose gel electrophoretic patterns of pBR 322 DNA incubated with non-polar lipid obtained from mackerel lipid in the presence of the active oxygen scavengers at 37°C.

pBR 322 DNA was incubated with non-polar lipid and each concentration of the active oxygen scavengers at 37°C for 1 day.

Concentrations of DNA, non-polar lipid and the active oxygen scavengers are the same as in Fig. 3.

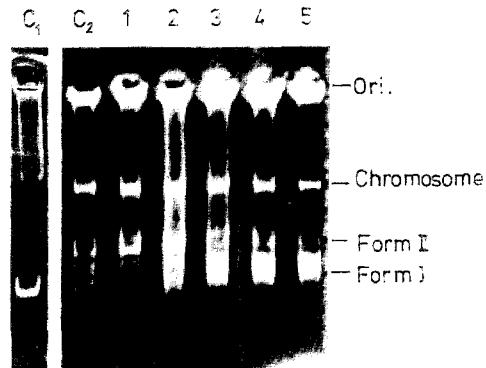


Fig. 9. Agarose gel electrophoretic patterns of pBR 322 DNA incubated with non-polar lipid obtained from mackerel lipid in the presence of the active oxygen scavengers at 37°C.

Experimental conditions are the same as in Fig. 8.

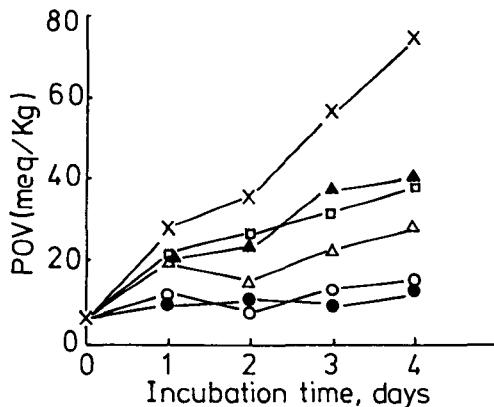


Fig. 10. Changes in peroxide value(POV) during the peroxidation of non-polar lipid obtained from mackerel lipid at 37°C.

Two hundred microliters of reaction mixtures containing non-polar lipid(415 μ g) and each concentration of the active oxygen scavengers was incubated at 37°C, and then 50 μ l of reaction mixture was used for POV analysis.

Four hundred and fifteen micrograms lipid only(x-x), 0.5 mM BHT(○-○), 220 μ g α -tocopherol(●-●), 1 mM ascorbic acid(△-△), 10 mM Tris(▲-▲) or 100 μ g catalase(□-□) was incubated at 37°C.

*Tris means tris(hydroxymethyl) aminomethane.

極性脂質보다 낮은 것으로 나타났다. 즉, 活性酸素消去劑를 첨가한 反應系가 POV가 40 millieq./kg을 넘지 않아 非極性脂質의 酸化速度가 總脂質이나 極性脂質보다 높게進行되며 活性酸素消去劑의 抗酸化能이 더욱 뚜렷하게 나타났다. 그러나 全般的으로 活性酸素消去劑의 抗酸化性과 DNA 損傷抑制能의 結果가 반드시 일치하지 않아 活性酸素種과 이외의 酸化生成物의 DNA 損傷에 대한 反應機構가 서로 다른 것을 알 수 있다.

한편, Table 3은 고등어脂質組成에 따른 經時의 脂肪酸組成의 變化를 나타낸 것인데, 極性脂質의 경우 貯藏前의 脂肪酸組成에 있어서는 不飽和脂肪酸이 全體의 약 54%를 차지하였으며 그 중 oleic acid가 27.29%, docosahexaenoic acid가 11.33%로 不飽和脂肪酸의 약 70%를 차지하였다. 또한 polyene 酸은 全體 脂肪酸의 20.56%를 차지하였고 饱和酸은 45.78%를 차지하였다. 貯藏 4日째의 경우 饱和酸은 55.79%로 증가하였으나 polyene 酸은 16.84%로, monoene 酸은 24.73%로 감소하였는데 이는 極性脂質의 酸化로 인한 高度不飽和脂肪酸의 分解로 饱和脂肪酸量이 相對的으로 증가하였기 때문으로 생각된다. 한편, 非極性脂質의 경우 palmitic acid가 全體의 39.87%를 차지하여 가장 많은 含量를 나타내었고 oleic acid, docosahexaenoic acid가 각각 17.22%와 10.32%로 極性脂質의 27.29%와 11.33%에 비하여 그 含量이 낮은 것을 알 수 있었다. 또한 polyene 酸도 極性脂質에 비하여 그 含量이 낮았다. 4日貯藏의 脂肪酸組成의 變化에 있어서는 酸化에 따른 뚜렷한 變化가 없어 極性脂質이 非極性脂質보다 빠르게 酸化되는 것을 알 수 있다.

以上 고등어脂質組成에 따른 DNA 損傷作用을 調査한 結果 極性脂質의 酸化에 의한 DNA 損傷이 非極性脂質의 경우보다 빠르게進行되었으며 活性酸素消去劑의 DNA 損傷抑制能과 抗酸化能이 極性脂質에서보다 非極性脂質에서 그 効果가 뚜렷이 나타났다. 本 實驗에서도 linoleic acid의 경우(金 등, 1987 a)나 總脂質(姜 등, 1987)의 경우와 마찬가지로 貯藏 4日동안 POV가 100 millieq./kg을 넘지 않은 상태에서 DNA 損傷이進行되었으나 不飽和脂肪酸含量이 많은 總脂質과 極性脂質의 酸化가 非極性脂質보다 빠르게 일어났다.

要 約

魚油의 酸化에 의한 DNA 損傷作用機構를 밝히는

연구의 일환으로 고등어에서抽出한 脂質을 다시 極性 및 非極性脂質로 分割하여 이들을 각각 plasmid DNA와 37°C에서 反應시키면서 이를 脂質의 酸化에 의한 DNA 損傷作用을 1% agarose gel 電氣泳動을 통하여 調査하였는데 그 結果를 요약하면 다음과 같다.

極性脂質을 DNA와 反應시킨 경우에는 가장 적은 농도에서도 DNA 損傷作用이 크게 나타나 反應 1日째에 Form I DNA가 완전히 切斷되어 Form II 및 Form III DNA로서 檢出되었다. 極性脂質의 酸化에 의하여 그 농도가 증가함에 따라 POV의 증가가 빠르게 이루어졌으나 反應 4日동안 POV가 100 millieq./kg以下에서 DNA 損傷作用이 일어나는 것을 알 수 있었고, 한편, 極性脂質의 酸化에 의한 DNA 損傷作用에 대한 活性酸素種의 영향에서는 總脂質의 경우처럼 一重項酸素(1O_2)과 superoxide anion($\cdot O_2^-$)의 영향이 가장 커졌으며 水酸 radical($\cdot OH$)과 過酸化水素(H_2O_2)는 그다지 뚜렷한 영향을 나타내지 않았다. 非極性脂質의 경우에서도 極性脂質과 마찬가지로 농도에 따라 DNA 損傷能이 커졌으나 極性脂質과 總脂質에 비하여 그 程度가 훨씬 멀어지는 것을 알 수 있었으며, 이상의 DNA 損傷作用에 대한 活性酸素種의 영향에 있어서도 極性脂質과同一한 경향을 나타내었다.

文 獻

- Folch, J., I. Ascoli, M. Lees, J.A. Meath and F.N. Lebaron. 1951. Preparation of lipid extracts from brain tissue. *J. Biol. Chem.* 191, 833—841.
 姜珍壠·卞韓錫·李龍雨·金善奉·朴榮浩. 1987. 魚油酸化生成物의 DNA 損傷作用. 1. 魚油總脂質酸化生成物의 DNA 損傷作用. *韓水誌* 20(3), 213—218.
 金善奉·姜珍壠·金仁洙·洪龍基·朴榮浩. 1987a. Linoleic acid 酸化에 의한 DNA 損傷作用. *한국식품과학회지* 투고중.
 金善奉·姜珍壠·李龍雨·朴震宇·朴榮浩. 1987b. Linoleic acid 酸化生成物의 DNA 損傷作用에 있어서의 活性酸素種의 역할. *한국식품과학회지* 투고중.
 永田親義. 1985. 變異原性および發がん, 過酸化脂質と生體. (内山光, 松尾芳光, 喬嶽井勝編). 262—264. 學會出版センター. 東京.

魚油酸化生成物의 DNA 損傷作用

- Nakayama, T., M. Kodama and C. Nagata. 1984. Free radical formation in DNA by lipid peroxidation. *Agric. Biol. Chem.* 48(2), 571—572.
- Reiss, U., A.L. Tappel and K.S. Chio. 1972. DNA-malonaldehyde reaction: Formation of fluorescent products. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 48, 921—296.
- Reiss, U. and A.L. Tappel. 1973. Fluorouscent product formation and changes in structure of DNA reacted with peroxidizing arachidonic acid. *Lipids* 8(4), 199—202.
- Rouser, G., J. Oberin and D. Heller. 1967. The separation of phosphatidyl ethanolamine and phosphatidyl serine by column chromatography. *J. Am. Oil Chemist. Soc.* 38, 14—17.