研究ノート

肉製品の脂肪酸, コレステロール,
 α -トコフェロールおよび
 2-チオバルビツール酸値

山内 清, 門田利作, 村田 寿
 大橋登美男, 芳賀聖一, 中原玲子
 宮崎大学農学部

Fatty Acid, Cholesterol and α -Tocopherol
 Levels and 2-Thiobarbituric Acid
 Value in Meat Products

Kiyoshi YAMAUCHI, Risaku KADOTA,
 Hisashi MURATA, Tomio OHASHI,
 Seiichi HAGA and Reiko NAKAHARA
 Faculty of Agriculture, Miyazaki University,
 Miyazaki 889-21

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 41, 508~511 (1988)

A study was performed to investigate the lipid characteristics of commercially available meat products (loin rolled ham, LRH; bacon, BCN; pressed ham, PRH; chopped ham, CPH; frankfurter sausage, FFS; chilled hamburger steak, CHS). The lipid levels in these foods were found to be reduced year by year, especially in the case of LRH, BCN and PRH. In each of the meat products, the lipid content was significantly correlated with the amount of saturated and monounsaturated fatty acids, but not with the amount of cholesterol. However, the cholesterol content was found to be higher in BCN, FFS and CHS which contain more lipids than in LRH, PRH and CPH which contain less lipids. The polyunsaturated fatty acid (PUFA) levels were markedly dependent upon the meat materials examined, with PRH, CHS, CPH and FFS containing higher percentages of PUFA. The 2-thiobarbituric acid (TBA) values suggested that CHS and FFS were more susceptible to lipid peroxidation than CPH and PRH, which in turn were more susceptible than LRH and BCN. No significant relationship was found between the α -tocopherol content and the TBA value in any of the meat products, whereas the TBA value for CHS was negatively correlated with the amount of α -tocopherol per gram of PUFA.

(Received July 8, 1988)

食事と健康への対応のなかで、食品の脂質の量的・質的問題に対する関心が循環器系疾患や成人病、またある種のがんとの関連から高まっている¹⁾²⁾。このことは、欧米のハムおよびソーセージなどの肉製品の脂質の性状に影響を与えている³⁾が、わが国の肉製品の脂質の量的・質的性状にも影響を及ぼしていることは容易に予測できる。また生体の過酸化脂質と種々の疾病との関係¹⁾は、食品として摂取された過酸化脂質の吸収の可能性を示唆する多くの研究報告⁴⁾との関連から、食品の脂質過酸化の進展の抑制が食品栄養化学的に重要な課題であることを示唆している。

さきに著者ら⁵⁾は、わが国の肉製品の脂質性状の調査研究の一環として、生産量が最も高いウィンナーソーセージの脂質、飽和脂肪酸 (SFA)、モノ不飽和脂肪酸 (MUFA)、高度不飽和脂肪酸 (PUFA)、コレステロール (CHOL) および α -トコフェロール (α -TOC) の含量ならびに脂質過酸化の程度を示す 2-チオバルビツール酸 (TBA) 値を分析し、市販ウィンナーソーセージの脂質性状が製造会社間で相違し、また製品のなかに高い TBA 値、すなわち脂質過酸化が顕著に進行した試料を見うけた。そこで今回、一連の調査研究として、ウィンナーソーセージ以外の生産量が高い肉製品の脂質性状を分析したので、その結果について報告する。

実験方法

1. 供試肉製

肉製品としては、わが国の主要な食肉加工会社 3 社 (N社, P社および I 社) のロースハム、ベーコン、プレスハム、チョップドハム、フランクフルトソーセージおよびチルドハンバーグステーキ (以下 LRH, BCN, PRH, CPH, FFS および CHS と略記) の 6 肉製品について、それぞれ 9 試料ずつを昭和 62 年 4 月から 12 月にわたって月 1 回定期的にスーパーマーケットで入手し、ただちに分析に供した。なお、LRH, PRH, FFS, CHS の各肉製品は、JAS 規格が標準製品を供試した。各供試肉製品の表示製造年月日から計算した分析までの経過日数 (平均値 $\pm$ 標準偏差) は、LRH 5~39 (21.0 ± 11.4)、BCN 4~53 (20.9 ± 14.0)、PRH 7~38 (18.6 ± 8.9)、CPH 6~18 (12.5 ± 5.0)、FFS 5~30 (16.2 ± 7.2) および CHS 8~50 (25.4 ± 15.3) 日であった。

2. 分析法

供試肉製品は、入手直後に肉挽機で挽き肉とした後、以下の分析に供した。

1) 脂質の抽出・定量および脂肪酸の定量 脂質は Folch らの方法⁶⁾に準じて抽出後、重量法によって定量した。各脂肪酸は、抽出脂質をケン化後、BF₃-メタノールによって脂肪酸メチルエステルを調製し、著者ら⁷⁾の

n-octadecane を内部標準とするガスクロマトグラフィーによって定量した。

2) CHOL と α -TOC の定量 CHOL および α -TOC は、著者らの方法⁵⁾に準じて定量し、CHOL はステグマステロールを内部標準とするガスクロマトグラフィー、また、 α -TOC は 2,2,5,7,8-ペンタメチル-6-ヒドロキソクロマンを内部標準とする高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によって分析した。なお、 α -TOC は、ケン化後、*n*-ヘキサンで抽出し、HPLC 用の試料とした。

3) TBA 値の測定 TBA 値は、著者らの水蒸気蒸留法^{5b)}によって測定し、試料 1 kg 当たりのマロンアルデヒドの mg 数で表示した。

結果と考察

供試肉製品の脂質含量および脂肪酸組成は、Table 1 に示すとおりであった。

脂質含量は、BCN (23.34~32.02)>FFS (15.49~

19.90)>CHS (11.43~15.93)>LRH (2.79~10.41)>CPH (1.91~5.23), PRH (1.87~5.84 g/100 g) を示し (Table 1), とくに LRH (P 社 3.35 ± 0.55 , N 社 4.05 ± 0.96 , I 社 7.70 ± 2.98 g/100 g) では製造会社間の相違が顕著であった。今回調査した LRH および BCN の脂質含量は、従来の調査値 (LRH : 昭和 41 年 22.23, 47 年 19.05, 53 年 14.96, 57 年 12.30 g; BCN : 57 年 45.80 g/100 g)⁹⁾ に比較して、顕著な減少傾向にあることが明白であった。この傾向は PRH にも認められた。PRH は、従来赤肉量の 1~2 割の豚脂肪を加えて製造されていたが、今回の脂質含量 (3.57 ± 1.32 g/100 g) の結果は、脂肪添加がほとんどないことを意味した。また FFS の脂質含量は、さきに調査したウィンナーソーセージ (19.85~28.79)⁵⁾ およびフランクフルトソーセージ (23.0 g/100 g)¹⁰⁾ に比較して低値を示した。CHS は調査値 (10.9~17.4 g, 平均 13.3 g/100 g)¹¹⁾ に一致していた。

Table 1. Lipid levels and fatty acid compositions of meat products.^a

Fatty acids and lipids	Loin rolled ham (LRH)	Bacon (BCN)	Pressed ham (PRH)	Chopped ham (CPH)	Frankfurter sausage (FFS)	Chilled ham-burg steak (CHS)
14 : 0 ^b	1.3 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	1.7 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2
16 : 0	24.3 $\pm$ 0.9	24.0 $\pm$ 1.0	20.4 $\pm$ 1.8	21.0 $\pm$ 1.3	22.7 $\pm$ 1.2	20.2 $\pm$ 1.4
16 : 1 <i>n</i> -7	3.2 $\pm$ 0.4	3.0 $\pm$ 0.4	2.4 $\pm$ 0.6	2.4 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.3	3.4 $\pm$ 0.8
17 : 0	0.2 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1
17 : 1 <i>n</i> -8	0.4 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.0
18 : 0	12.9 $\pm$ 0.8	12.9 $\pm$ 0.7	11.6 $\pm$ 1.3	16.3 $\pm$ 1.5	13.7 $\pm$ 1.0	10.3 $\pm$ 0.7
18 : 1 <i>n</i> -9	46.4 $\pm$ 1.2	46.0 $\pm$ 3.0	41.5 $\pm$ 2.5	39.7 $\pm$ 2.6	43.8 $\pm$ 3.0	44.3 $\pm$ 2.2
18 : 2 <i>n</i> -6	8.2 $\pm$ 1.7	10.3 $\pm$ 1.9	16.5 $\pm$ 4.3	10.7 $\pm$ 3.2	11.9 $\pm$ 1.4	16.0 $\pm$ 2.5
18 : 3 <i>n</i> -3	1.2 $\pm$ 0.4	1.1 $\pm$ 0.5	2.8 $\pm$ 1.2	3.1 $\pm$ 0.7	2.1 $\pm$ 0.8	2.7 $\pm$ 0.9
20 : 2 <i>n</i> -6	0.2 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.1
20 : 3 <i>n</i> -6	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0
20 : 4 <i>n</i> -6	0.9 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.5	0.7 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.1
20 : 5 <i>n</i> -3	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.5	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.0
22 : 4 <i>n</i> -6	0.2 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.3	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0	0.1 $\pm$ 0.0
22 : 5 <i>n</i> -3	0.2 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.4	0.2 $\pm$ 0.1
22 : 6 <i>n</i> -3	0.2 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.3	0.3 $\pm$ 0.1
SFA ^c	38.7 $\pm$ 1.5	38.5 $\pm$ 1.4	33.5 $\pm$ 3.0	39.8 $\pm$ 2.6	36.7 $\pm$ 4.0	32.0 $\pm$ 1.5
MUFA ^d	50.0 $\pm$ 1.2	48.6 $\pm$ 2.3	44.3 $\pm$ 3.0	42.9 $\pm$ 2.7	46.9 $\pm$ 3.3	47.9 $\pm$ 2.3
PUFA ^e	11.3 $\pm$ 2.1	12.9 $\pm$ 2.2	22.3 $\pm$ 5.0	17.3 $\pm$ 4.8	16.4 $\pm$ 1.8	20.0 $\pm$ 2.7
PUFA>18 : 2 ^f	2.8 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.6	5.5 $\pm$ 1.0	6.5 $\pm$ 1.9	4.1 $\pm$ 1.6	3.9 $\pm$ 0.9
Lipids	5.03 $\pm$ 2.57	27.99 $\pm$ 2.94	3.57 $\pm$ 1.32	3.83 $\pm$ 1.20	17.45 $\pm$ 1.45	13.73 $\pm$ 1.54

^a Values given are means and standard deviations of nine samples. Lipid levels are expressed as grams per 100 g of sample, and fatty acid compositions as weight percentages of total fatty acids. ^b Carbon chain length : number of double bonds. ^c Saturated fatty acids. ^d Monounsaturated fatty acids. ^e Polyunsaturated fatty acids. ^f PUFA with three or more double bonds.

食味の点から、肉製品の脂質含量は 20~25% が最適である¹²⁾とされているが、この値に照らして CHS, LRH, CPH および PRH の脂質含量は著しく低値であったといえる。また反面、今回の肉製品の低脂質含量は、低脂肪食品を嗜好する消費者の要求に応えた肉製品造りが急速に進行していることを裏づけた。

脂肪酸組成については、家兎肉、鶏肉、馬肉、魚肉を原料肉に使用した肉製品 (PRH, CPH, FFS および CHS) の PUFA および PUFA>18:2 量が高い傾向にあった (Table 1)。また今回の PRH および CPH の脂質の PUFA 割合は、大武 (1974)¹³⁾ の PRH (SFA 38.3~46.8, 不飽和脂肪酸 53.2~61.7 およびリノール酸 4.8~9.5%) および日高ら (1986)¹⁴⁾ の CPH (SFA 37.6, MUFA 48.0 および PUFA 14.5%) に比較して、高い傾向にあることが明らかであった。このことは、また肉製品の脂質含量の低減化によって派生した SFA と MUFA の減少傾向を意味するとともに、他方、PUFA の増加を意図した肉製品造りが行われていることを示唆した。事実、低脂質含量の肉製品は、SFA および MUFA の両者が明らかに低含量であった (Table 1, 2)。しかし、PUFA および PUFA>18:2 量については、各肉製品において必ずしも脂質含量との間に一定の関係が認められなかった。すなわち、脂質 g 当たりの PUFA 含量 (mg/g 脂質) は PRH (201)>CHS (183)>FFS

(152)>CPH (130)>BCN (119)>LRH (101)、また PUFA>18:2 含量 (mg/g 脂質) は CPH (49), PRH (48)>FFS (36), CHS (35)>LRH (25)>BCN (19) を示し、PRH, CPH, FFS および CHS では、脂質 g 当たりの PUFA または PUFA>18:2 の含量が LRH および BCN に比較して高かった。

脂質の各成分相互間の量的関係について、LRH および PRH では脂質、SFA, MUFA, PUFA および PUFA>18:2 の含量の相互間、CPH および CHS では脂質、SFA, MUFA および PUFA の含量の相互間、BCN では脂質、SFA および MUFA の相互間にそれぞれ高い有意な相関を認めたが、FFS では脂質と SFA, MUFA, PUFA との間に限って有意な相関が存在した。さきのウィナーソーセージの結果⁵⁾ は、脂質、SFA, MUFA, PUFA および PUFA>18:2 の含量の相互間ならびに CHOL 含量と脂質、SFA, MUFA および PUFA の含量との間に高い有意な相関を認めたが、今回供試した各肉製品の CHOL 含量は、脂質の他成分含量との間に有意な相関を示さなかった。しかし、高脂質含量の肉製品では CHOL 含量が高い傾向にあった (Table 2)。また植物ステロール (カンベステロール+ β -シトステロール) が CPH (3.15), PRH (3.64), FFS (4.70) および CHS (8.35 mg/100 g) において検出された。

供試肉製品の α -TOC 含量 (μ g/100 g) は、フィン

Table 2. Fatty acid, cholesterol (CHOL) and α -tocopherol (α -TOC) levels and 2-thiobarbituric acid (TBA) values of meat products.^a

Items ^b	Loin rolled ham (LRH)	Bacon (BCN)	Pressed ham (PRH)	Chopped ham (CPH)	Frankfurter sausage (FFS)	Chilled hamburger steak (CHS)
SFA (mg/100 g)	1,713 ±891	10,022 ±1,194	1,001 ±407	1,276 ±556	5,933 ±1,051	3,992 ±629
MUFA (mg/100 g)	2,230 ±1,175	12,629 ±1,757	1,328 ±547	1,379 ±603	7,557 ±628	5,934 ±646
PUFA (mg/100 g)	507 ±308	3,322 ±730	716 ±421	497 ±92	2,649 ±472	2,515 ±630
PUFA>18:2 (mg/100 g)	126 ±70	544 ±127	170 ±88	186 ±41	636 ±355	476 ±91
CHOL (mg/100 g)	47.6 ±10.0	76.4 ±6.8	41.9 ±7.4	35.4 ±6.0	64.8 ±14.8	56.4 ±27.8
α -TOC (μ g/100 g)	196 ±58	357 ±97	188 ±85	341 ±166	403 ±237	238 ±103
α -TOC/PUFA (μ g/g)	457 ±202	113 ±40	339 ±173	704 ±412	150 ±82	104 ±58
α -TOC/PUFA>18:2 (μ g/g)	1,758 ±631	675 ±160	1,331 ±633	1,898 ±1,125	720 ±517	531 ±261
TBA value ^c	0.10 ±0.05	0.19 ±0.10	0.24 ±0.10	0.35 ±0.22	0.79 ±0.29	1.11 ±0.39

^a Values given are means and standard deviations of nine samples. ^b See Table 1 for meaning of abbreviations. ^c Milligrams of malonaldehyde per 1,000 g of sample.

ランド産の肉製品の値 ($0.2 \sim 0.5 \text{ mg}$)¹⁵⁾ に一致した (Table 2)。また PUFA および PUFA>18:2 g 当たりの α -TOC 濃度 ($\mu\text{mol/g}$ PUFA および $\mu\text{mol/g}$ PUFA>18:2) は $0.24 \sim 1.64$ および $1.24 \sim 4.12 \mu\text{mol}$ を示し、この値はウィンナーソーセージ ($0.15 \sim 0.34$ および $0.80 \sim 1.45 \mu\text{mol}$)⁵⁾ および鶏肉、豚肉、子牛肉の値 (PUFA g 当たり $0.56 \sim 2.99$ および PUFA>18:2 g 当たり $1.09 \sim 3.95 \mu\text{mol}$)⁷⁾¹⁶⁾¹⁷⁾ に近似していた。

脂質過酸化の程度を表わす TBA 値は、CHS、FFS>CPH、PRH>BCN、LRH の順を示し (Table 2)、肉組織の物理的破碎の程度が脂質過酸化の進行に大きく影響していることが明らかであった。CHS および FFS の TBA 値は、肉・肉製品の脂質過酸化に起因する風味の劣化 (Warmed-Over Flavor) の TBA 値の閾値 ($0.5 \sim 2.0$)¹⁸⁾ の範囲に相当し、他肉製品は閾値以下の値であった (Table 2)。 α -TOC 含量および α -TOC と PUFA または PUFA>18:2 との量的関係が、畜肉の脂質過酸化の進行の抑制に関与していることを著者ら⁷⁾¹⁶⁾¹⁹⁾ は報告してきた。今回の肉製品において、TBA 値は CHS の PUFA 量 ($r=0.690$, $p<0.05$) および CPH の PUFA>18:2 量 ($r=0.830$, $p<0.01$) との間ならびに CHS の α -TOC/PUFA ($r=-0.734$, $p<0.05$) および α -TOC/PUFA>18:2 ($r=-0.748$, $p<0.05$) の量比との間に有意な相関を示した。今回の CHS を除く他肉製品の TBA 値は α -TOC 量との間に単純な相関を示さなかったが、このことは塩漬およびくん煙を行った肉製品の場合、亜硝酸塩、香辛料成分およびフェノール化合物などの脂質抗酸化作用活性が関与している⁵⁾ ためであると推測される。さきのウィンナーソーセージの TBA 値 ($0.29 \sim 2.31$)⁵⁾ の場合も、 α -TOC 量との間に有意な相関が認められなかった。

最近、Park と Addis²⁰⁾ は、挽き肉にした牛肉および七面鳥肉を加熱 (80°C , 45 分) 後 8 日間冷蔵 (4°C) し、TBA 値と CHOL 酸化物の生成量との関係を調べ、8 日目の牛肉 (TBA 値 2.22) および七面鳥肉 (TBA 値 4.68) の CHOL 酸化物の生成量がそれぞれ総 CHOL 量の 1.74 および 2.90% に相当したことを明らかにしている。この結果より、肉・肉製品の加工、貯蔵中の脂質過酸化と CHOL 酸化が何らかの関係をもつことが考えられ、今後の検討が必要であろう。

要 約

市販肉製品 (ロースハム、LRH; ベーコン、BCN; プレスハム、PRH; チョップドハム、CPH; フランクフルトソーセージ、FFS; チルドハンバーグステーキ、CHS) の脂質性状を、脂質、脂肪酸、コレステロールおよび α -トコフェロールの含量ならびに 2-チオバルビツール酸 (TBA) 値を通して調べた。

肉製品の脂質含量は年々減少傾向にあり、とくに LRH、BCN および PRH が顕著であった。各肉製品の脂質含量は、飽和脂肪酸およびモノ不飽和脂肪酸の含量と有意な正の相関を示したが、コレステロール含量とは有意な相関が存在しなかった。しかしながら、高脂質含量の BCN、FFS および CHS では、コレステロール含量が高かった。高度不飽和脂肪酸 (PUFA) 量は使用した原料肉に依存し、PRH、CHS、CHP および FFS の脂質では PUFA の占める割合が高かった。TBA 値の結果は、CHS が最も高く、LRH が最も低かった。TBA 値と α -トコフェロール含量の間に有意な相関は認められなかったが、CHS の場合、TBA 値は PUFA g 当たりの α -トコフェロール量と負の相関を示した。

本研究の一部は財団法人伊藤記念財団研究助成金の援助によって実施されたものであることを付記し謝辞とする。

文 献

- 1) 梶本五郎: 油化学, 30, 476 (1981)
- 2) Carroll, K.K.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 1888 (1984)
- 3) Allen, C.E.: Proc. 40th Annual Reciprocal Meat Conference, St. Paul, 115 (1987) (Minnesota)
- 4) 宮沢陽夫: 過酸化脂質と生体 (内山 充, 松尾光芳, 嵯峨井勝編) 98 (1985), 学会出版センター (東京)
- 5) 山内 清, 門田利作, 村田 寿, 大橋登美男, 芳賀聖一, 平川良子, 那須裕二: 栄食誌, 41, 60 (1988)
- 6) Folch, J., Lee, M. and Sloane-Stanley, G.H.: *J. Biol. Chem.*, 226, 497 (1957)
- 7) Yamauchi, K., Nagai, Y. and Ohashi, T.: *Agric. Biol. Chem.*, 44, 1061 (1980)
- 8) 山内 清, 安藤則秀: 日畜会報, 48, 155 (1973)
- 9) 新村 裕: 日本食肉加工情報, No. 418, 6 (1985)
- 10) 科学技術庁資源調査会 (編): 四訂日本食品標準成分表 (1982), 大蔵省印刷局 (東京)
- 11) 古川弥生, 田中 篤, 猪口由美, 金子智美, 山田順一, 新村 裕: 日本食肉加工情報, No. 449, 12 (1987)
- 12) Pearson, A.M., Asghar, A., Gray, J.I. and Booren, A.M.: Proc. 40th Annual Reciprocal Meat Conference, St. Paul, 105 (1987) (Minnesota)
- 13) 大武由之: 栄養と食糧, 27, 83 (1974)
- 14) 日高公雄, 吉田宏三, 井崎やゑ子, 戸田和子: 栄食誌, 39, 308 (1986)
- 15) Piironen, V., Syväoja, E.-L., Varo, P., Salmiinen, K. and Koivistoinen, P.: *J. Agric. Food Chem.*, 33, 1215 (1985)
- 16) Yamauchi, K., Nagai, Y. and Ohashi, T.: *Agric. Biol. Chem.*, 46, 2719 (1982)
- 17) 山内 清, 森 弘, 大橋登美男, 芳賀聖一, 原田 宏, 福原利一, A.M. ピアソン: 日畜会報, 55, 648 (1984)
- 18) 山内 清: 肉の科学, 28, 165 (1987)
- 19) 山内 清: 肉の科学, 21, 184 (1980)
- 20) Park, S.W. and Addis, P.B.: *J. Food Sci.*, 52, 1500 (1987)

(1988年7月8日受理)