市販フライ食品からの抽出油脂における家兎赤血球の溶血量と理化学的指標との相関

(昭和 58 年 12 月 26 日受理)

豊田 正 武* 伊藤 誉 志 男* 原 田 基 夫*

Relationship between Rabbit Erythrocyte Hemolysis and Chemical and Physical Indices of Oils Extracted from Commercial Fried Foods

Masatake TOYODA, Yoshio ITO and Motoo HARADA

(National Institute of Hygienic Sciences, Osaka Branch: 1-1-43, Hoenzaka, Higashi-ku, Osaka, Japan)

Key words: フライ食品 fried food; 溶血試験 hemolysis test; 酸価 acid value; カルボニル価 carbonyl value; 過酸化物質 peroxide value; 泡立ち foaming

著者らはさつま揚げに使用後のフライ油について、家兎赤血球を用い 50% 溶血に必要なフライ油量 (C_{50}) を測定したところ、フライ油の C_{50} が経時的に 4.35 mg から 1.30 mg へ低下することを報告し¹⁾、本法がフライ油の劣化の生物学的評価方法の 1 つとして使用できる可能性を示した。そこで今回、市販の各種フライ食品から抽出した油脂について C_{50} を測定し、同時に油脂劣化の化学指標としての過酸化物質 (POV)、酸価 (AV)、総カルボニル価 (COV) 及び物理指標としての泡立ち性との比較を行ったので報告する。

実験方法

1. 試 薬

エチルエーテル: 過酸化物を除去したもの。

2. 試 料

1) フライ食品: 同一フライ食品はいずれも異なる店舗より 1 検体ずつ購入した。すなわち、さつま揚げはスーパー 1 店舗、マーケット 7 店舗、デパート 3 店舗、小売店 8 店舗より計 19 検体購入し、油揚げはマーケット 9 店舗、小売店 6 店舗より計 15 検体購入し、いか天ぷらはスーパー及びデパート各 1 店舗、マーケット 7 店舗、小売店 3 店舗より計 12 検体購入し、その他の生揚げは小売店 3 店舗より 3 検体、ごぼう巻は小売店 2 店舗及びデパート

1 店舗より 3 検体、魚フライはマーケット、小売店及びデパート各 1 店舗より 3 検体、がんもどきは小売店 1 店舗より 1 検体、並びにコロッケは小売店 1 店舗より 1 検体計 11 検体を購入した。各検体は 1 晩冷蔵後抽出操作を行った。

2) 新鮮油: 大阪府内の小売店より調合油 3 検体 (大豆油と菜種油の混合油 2 検体、菜種油と綿実油の混合油 1 検体) を購入した。

3) 使用済フライ油: 大阪府内の家庭より 3 検体入手した。

3. 油脂の抽出方法

さつま揚げ、がんもどきと油揚げはそのまま、いか天ぷらと魚フライは中身を除去した衣、コロッケは内部のばれいしょを除去した部分、生揚げは内部の豆腐を除去した部分を、ごぼう巻はごぼうを除去した部分を、それぞれ約 100 g 採り、エチルエーテル約 200~300 ml 及び無水硫酸ナトリウム約 50~100 g を加え、2 時間時々振とうしながら浸漬抽出した。抽出液はろ過し、ろ液は窒素ガス気流下で減圧乾固し、残渣を抽出油脂として分析した。

4. 抽出油脂の C_{50} の測定

抽出油脂はアセトンに溶解した後、既報¹⁾に従い家兎赤血球を用い 37° で 15 分間反応し、遠沈上清の 540 nm における吸光度を測定し、50% 溶血に必要な油脂量を求めた。

* 国立衛生試験所大阪支所: 大阪市東区法円坂 1-1-43

5. 抽出油脂の化学的品質試験

POV, AV, COV は基準油脂分析試験法²⁾に従い行った。

6. 抽出油脂の泡立ち性試験

太田ら³⁾の方法に準じ、 $\phi 1.5 \times 16$ cm のガラスフィルター (G-4) 付試験装置に約 2~3 g の抽出油脂を入れ、180° の油浴中に浸漬し、7 ml/min の流速で窒素ガスを通し、生成する泡の高さ (mm) を測定した。

結果及び考察

1. 新鮮油と使用済フライ油の C_{50} の比較

新鮮油 3 検体の C_{50} は 5.00, 5.10 及び 6.15 mg (平均 5.4 mg) で、家庭からの使用済フライ油 3 検体の C_{50} は 2.80, 3.00 及び 3.30 mg (平均 3.0 mg) であった。新鮮油の値は既報¹⁾ の新鮮菜種油の C_{50} (4.35 mg) より若干高いが、これは本実験に用いたフライ油は購入直後に測定したためと思われる。また使用済フライ油の値は既報¹⁾ のさつま揚げを 3 日間自動フライした 菜種油の C_{50} (2.80 mg) に近い値である。

2. フライ食品から抽出した油脂の C_{50} の食品群別比較

57 検体の食品試料から抽出した油脂について C_{50} を測定し、さつま揚げ、油揚げ、いか天ぷら、その他の食品の 4 群に分け、Table 1 に各測定値と、各群毎の C_{50} の最小値、最大値、平均値と標準偏差及び全群を合せた場合の数値を示した。さつま揚げから抽出した油脂の C_{50} の平均値は、既報のさつま揚げを 9 日間自動フライした菜種油の C_{50} (2.00 mg) に近く、他のフライ食品から抽出した油脂の C_{50} より低かった、すなわちさつま揚げ、いか天ぷら及び油揚げについて検体採取が十分ランダムに行われたと仮定した場合、さつま揚げの C_{50} の平均値は他の 2 者の平均値より有意 ($p < 0.01$) に低かった。しかし、油揚げ 15 検体中 5 例、いかフライ 12 検体中 1 例、ごぼう巻 3 検体中 1 例、魚フライ 3 検体中 1 例に新鮮油と同等あるいはより大きい C_{50} の値が見られた。このこともさつま揚げの C_{50} と他の食品より抽出した油脂の C_{50} との差が大きい理由の 1 つと思われる。なお Table 2 に、抽出油脂の

Table 1. Determination of 50% Hemolysis (C_{50}) of Oils Extracted from Several Kinds of Fried Foods

Kinds of foods	C_{50} (mg)					Min.	Max.	Mean $\pm$ S. D.
"Satsuma-age" (Fried fish jelly product)	0.77	0.89	1.04	1.53	1.72	0.77	4.00	2.24 $\pm$ 0.86 (n=19)
	1.74	1.78	1.88	2.10	2.26			
	2.40	2.55	2.65	2.78	2.92			
	3.02	3.25	3.27	4.00				
"Abura-age" (Fried soy-bean curd)	0.96	1.36	1.61	2.19	2.26	0.96	7.45	3.89 $\pm$ 2.12 (n=15)
	2.85	3.15	3.55	3.62	4.44			
	5.74	6.25	6.45	6.48	7.45			
Fried squid	0.88	1.59	3.51	3.65	3.69	0.88	5.70	3.62 $\pm$ 1.26 (n=12)
	3.82	3.90	4.04	4.11	4.24			
	4.31	5.70						
Other fried foods								
"Nama-age"	1.98	2.78	4.12			1.98	7.43	3.86 $\pm$ 1.50 (n=15)
"Gobō-maki"	3.02	3.33	7.43					
Fried fish	3.95	4.40	5.45					
"Ganmodoki"	2.90							
Croquettes	3.15							
						0.77	7.45	3.28 $\pm$ 1.62 (n=57)

Table 2. Frequency Distribution of C_{50} of Oils Extracted from Several Kinds of Fried Foods

Kinds of foods	Number of samples	Range of C_{50} (X: mg)							
		$X \leq 1.0$	$1.0 < X \leq 2.0$	$2.0 < X \leq 3.0$	$3.0 < X \leq 4.0$	$4.0 < X \leq 5.0$	$5.0 < X \leq 6.0$	$6.0 < X \leq 7.0$	$7.0 < X \leq 8.0$
"Satsuma-age"	19	2	6	7	4	0	0	0	0
"Abura-age"	15	1	2	3	3	1	1	3	1
Fried squid	12	1	1	0	5	4	1	0	0
Other fried foods	11	0	1	2	4	2	1	0	1
Total number	57	4	10	12	16	7	3	3	2

Fig. 1. Correlation between C_{50} and acid value of oils extracted from fried foods
 $\circ$, "Satsuma-age" $\bullet$, "abura-age" $\triangle$, fried squid $\blacktriangle$, other fried foods

Fig. 2. Correlation between C_{50} and peroxide value of oils extracted from fried foods
 $\circ$, "Satsuma-age" $\bullet$, "abura-age" $\triangle$, fried squid $\blacktriangle$, other fried foods

Fig. 3. Correlation between C_{50} and carbonyl value of oils extracted from fried foods
○, "Satsuma-age" ●, "abura-age" △, fried squid ▲, other fried foods

C_{50} について、0～8 mg まで 1 mg ごとに分類した場合の頻度分布を 4 食品群別に示した。

3. フライ食品から抽出した油脂の C_{50} と AV, POV, COV, 泡立ち性との相関性の比較

フライ食品から抽出した油脂について、AV, POV 及び COV を測定し、 C_{50} との相関を調べた。Fig. 1 に示す通り、 C_{50} と AV の対数値との間には相関 ($r = -0.569$) が認められ、AV の増加と共に C_{50} は低下した。揚げ菓子の指導要領で規制している AV³⁴⁾ 以上の油脂が 3 検体見られた。なお AV が 3 に相当する C_{50} の値は約 2.0 である。 C_{50} と POV との相関は Fig. 2 に示す通り低く ($r = -0.307$)、食品別ではさつま揚げから抽出した油脂のみ相関 ($r = -0.505$) が見られたが、この原因は明らかでない。また Fig. 3 に示す通り、 C_{50} と COV の対数値との相関は最も高く ($r = -0.697$)、COV の上昇と共に C_{50} は低下した。なお、そうざいの衛生規範⁵⁾ ではフライに使用する油脂のカルボニル価を 50 以下と規制しているが、本報告の抽出油脂 57 検体中 4 検体がこの数値を超えていた。また COV の 50 に相当する C_{50} の値は概略 2.0 で、これは前記の AV の 3 に対応する C_{50} の値と一致した。AV 又は COV の規制値を超える劣化した油脂が、同一水準の 2.0 以下の C_{50} 値を示すことは、 C_{50} 値による劣化油脂の評価の参考になるものと思われる。

一般に長時間使用した油で揚げ物をすると、細かく消えにくい泡が立つことが知られている。従って、そのような場合には揚げ物に移行した油も同様な性質を示すものと思われ、揚げ物から抽出した油脂の泡立ち性を比較することによりフライに用いた油の品質を推察できるのではないかと考えられた。そこで、抽出油脂の泡立ち性を泡の高さで測定したところ、油揚げから抽出した油脂は揚げの大豆由来の成分の混入によって考えられる測定不可能な泡が多量生成した。従って、油揚げから抽出した油脂を除いた 36 検体の抽出油脂について、 C_{50} と泡の高さとの相関を比較した。Fig. 4 に示す通り、0～50 mm の泡の高さを示す油脂では、 C_{50} の低下と共に泡立ち性も上昇した ($r = -0.615$) が、前述のように例外も多く、抽出油を用いた場合には揚げ物の種類により泡立ち性が異なることに注意すべきである。なお図中泡の高さが 3～5 mm の場合は大きな泡で、10～20 mm 以上の場合は小さな泡が生成した。

4. フライ食品群別の抽出油脂の C_{50} , AV, POV, COV 及び泡立ち性の比較

Table 3 に 4 食品群別の抽出油脂の C_{50} の平均値を、劣化の化学指標である AV, POV, COV 及び物理指標である泡の高さの各平均値と比較した結果を示した。さつま揚げから抽出した油脂では、AV, POV, COV 及び泡の高さの平均値はいずれも総平均値より高く、一方他の

Fig. 4. Correlation between C_{50} and foaming quantities of oils extracted from fried foods

○, "Satsuma-age" △, fried squid ▲, other fried foods

Table 3. Comparison of Average C_{50} , Acid Value, Peroxide Value and Height of Foam among Oils Extracted from Various Fried Foods

Kind of foods	C_{50} (mg)	AV	POV (meq/kg)	COV (meq/kg)	Height of foam (mm)
"Satsuma-age"	2.24±0.86 (n=19)	2.12±1.40 (n=17)	2.94±1.81 (n=19)	37.9±14.1 (n=19)	7.4±6.9 (n=15)
"Abura-age"	3.89±2.12 (n=15)	1.13±0.68 (n=15)	1.95±1.02 (n=15)	20.1±9.9 (n=15)	—
Fried squid	3.62±1.26 (n=12)	0.78±0.69 (n=12)	1.81±0.88 (n=12)	26.4±23.0 (n=12)	5.4±8.7 (n=12)
Other fried foods	3.84±1.50 (n=11)	1.23±0.44 (n=11)	1.30±0.63 (n=11)	22.0±9.7 (n=11)	8.8±14.2 (n=9)
Mean±S. D.	3.28±1.62 (n=57)	1.38±1.05 (n=55)	2.12±1.38 (n=57)	27.7±16.3 (n=57)	7.1±9.5 (n=36)

3 食品群から抽出した油脂の AV, POV, COV の各平均値はいずれも総平均値より低い値を示した。これはさつま揚げのような動物性の材料を直接フライすると、フライ油の劣化が著しい事実⁹⁾と良く対応している。 C_{50} の食品群別平均値を比較した場合も同様の傾向が見られ、さつま揚げから抽出した油脂の C_{50} は総平均値より低い値を示した。

以上の調査結果より、フライ食品から抽出した油脂の C_{50} 及び物理・化学的な油脂の劣化指標値が食品（揚げ種）

により影響を受けることが推察された。しかし C_{50} 値と AV 及び COV とが一定の関係をもって変動することも認められたので、前報¹⁾で考察した C_{50} がフライ食品の油脂劣化の生物学的指標となり得ることが確認された。しかし油揚げより抽出した油脂を中心に新鮮油より高い C_{50} を示す例の見られることは、抽出油脂中に溶血を抑制する成分の存在を暗示しているようであり、今後解明する必要がある。

要 約

1) 市販フライ食品57検体から抽出した油脂について、家兎赤血球を用い 50% 溶血に必要な油脂量 (C_{50} : mg) と AV, POV, COV 及び泡立ち性との関係を調べた。

2) 新鮮天ぷら油で C_{50} は 5.00~6.15 mg (平均 5.4 mg), 家庭での使用済フライ油で 2.80~3.30 mg (平均 3.0 mg) であった。

3) フライ食品から抽出した油脂の C_{50} は、さつま揚げで 0.77~4.00 mg (平均 2.24 mg), 油揚げで 0.96~7.45 mg (平均 3.89 mg), いか天ぷらで 0.88~5.70 mg (平均 3.62 mg), ごぼう巻, 魚フライ, 生揚げなどのその他のフライ食品で 1.98~7.43 mg (平均 3.86 mg) で、さつま揚げの C_{50} 値は低かった。

4) 抽出油脂の C_{50} は, AV, COV 及び泡の高さ (油揚げを除く) と相関し, POV との相関は低かった。

謝 辞

本研究に当り、家兎新鮮血を実験ごとに御供与下さい

ました当所薬理微生物部川崎浩之進室長に深謝いたします。

なお本研究は日本食品衛生学会第46回学術講演会 (1983 年10月, 山形) において発表した。

文 献

- 1) 豊田正武, 井崎やゑ子, 原田基夫: 食衛誌, **24**, 545~549 (1983).
- 2) 日本油化学協会編: 基準油脂分析試験法, **2**, 4. 12-71, 2. 4. 1-71, 24. 22-73 (1980).
- 3) 太田静行, 岩田直樹, 森田昌治: 油化学, **13**, 210~217 (1964).
- 4) 東島弘明: 食品衛生研究, **28**, 90~106 (1978).
- 5) 厚生省食品衛生監視研究会監修, 藤原喜久夫編: “弁当, そうざいの衛生” p. 62 (1980) 中央法規出版.
- 6) 薄木理一郎, 鷹左右紀子, 金田尚志: 食品工誌, **27**, 332~336 (1980).