- 43) S. Paul *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **39**, 163 (1962)
- 44) A. Crossley *et al.*, *ibid.*, **39**, 165 (1962)
- 45) Lab. für Adsorptionstechnik G. m. b. H., *Ger.*, 1,130,490
- 46) 原田ら, 農化, **34**, 551 (1960)
- 47) 安田ら, 本誌, **11**, 2 (1962)
- 48) 安田ら, 特許公告 昭和 38-5005
- 49) O. Prakash *et al.*, *J. Oil Technologist Assoc. India*, Kanpur 13, Pt 1-2, 14
- 50) Blaw-Knox Co., General Features Blaw-Knox Continuous Oil Deodorizing Plant.
- 51) R.W. Riemenschneider *et al.*, *Oil and Soap*, **20**, 169 (1943)
- 52) N.T. Joyner *et al.*, *ibid.*, **15**, 184 (1938)
- 53) J.H. Mahon *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **31**, 108 (1954)
- 54) J.H. Mohon *et al.*, *ibid.*, **30**, 34 (1953)
- 55) E.N. Frankel *et al.*, *Feete-Seifen Anstrichmittel*, **61**, 1036 (1959)
- 56) O.S. Privett *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **31**, 281, 321 (1954)
- 57) R.T. Holman, "Progress in Chemistry of Fats and Other Lipids" Vol. 2, p. 82 (1954)
- 58) R.E. Beal *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **28**, 12 (1951)
- 59) 原田ら, 農化, **34**, 558 (1960)
- 60) P.M. Cooney *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **35**, 152 (1958)
- 61) C.D. Evans *et al.*, *ibid.*, **30**, 143 (1953)
- 62) A.W. Schwab *et al.*, *ibid.*, **30**, 177 (1953)
- 63) A.W. Schwab *et al.*, *ibid.*, **30**, 413 (1953)
- 64) C.D. Evans *et al.*, *ibid.*, **31**, 9 (1954)
- 65) H.W. Vohlteich *et al.*, *Food Technology*, **8**, 6 (1954)
- 66) S.S. Chang *et al.*, *U.S.*, 2,966,413
- 67) F.G. Beker *et al.*, *U.S.*, 3,015,566
- 68) J.B. Martin *et al.*, *U.S.*, 2,634,213
- 69) V.K. Babayan *et al.*, *U.S.*, 2,998,319
- 70) A.E. Bailey, "Industrial Oil and Fat Products" p. 68 (1951)
- 71) W.G. Taylor, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **26**, 413 (1949)
- 72) J.H. Sanders, "Proc. Conference on Flavor Stability in Soybean oil", Soybean Research council, April 22 (1946)
- 73) K.F. Mattil, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **24**, 343 (1947)
- 74) R.H. Neal, *U.S.*, 2,351,832
- 75) V.N. Gavai *et al.*, *J. Sci. Ind. Res. (India)*, 21 D, 86 (1962)
- 76) S.S. Chang, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **38**, 671 (1961)
- 77) 工, 本誌, **8**, 253 (1959)
- 78) 工ら, 本誌, **10**, 273 (1961)
- 79) 桑田, 工ら, 日本特許 200,077 (1953)
- 80) 桑田, 工ら, 特許公告 昭和 33-3223
- 81) 三宅ら, 特許公告 昭和 28-3831
- 82) 三宅ら, 特許公告 昭和 26-3037
- 83) 根来ら, 特許公告 昭和 37-8571
- 84) 根来ら, 特許公告 昭和 37-4021
- 85) A.E. Bailey, "Industrial Oil and Fat Products", p. 875 (1951)
- 86) K.S. Markley, "Soybean and Soybean Products" Vol. II, p. 666 (1951)
- 87) 桜井, 本誌, **1**, 33 (1952)
- 88) R.L. Maycock, *U.S.*, 2,474,007
- 89) G.H. Reman, *Chem. Eng. Progress*, **51**, 141 (1955)
- 90) E.G. Scheibel, *ibid.*, **44**, 681 (1948); *Ind. Eng. Chem.*, **42**, 1048 (1950)
- 91) 城塚, 化学工業抽出特集号, **21**, 243 (1957)
- 92) 辻, 同誌, **21**, 238 (1957)
- 93) N. Barson, *Chem. Eng. Progress*, **49**, 243 (1953)
- 94) M. Murray, *U.S.*, 3,026,207
- 95) J. Metzger, *U.S.*, 3,025,165
- 96) 金原ら, 特許公告 昭和 37-18557
- 97) Thomas Hedley and Co. Ltd., *Brit.*, 816,343
- 98) Spitzer *et al.*, *U.S.*, 2,944,906
- 99) Procter & Gamble Co., *U.S.*, 3,027,259
- 100) Procter & Gamble Co., *U.S.*, 2,027,260
- 101) Procter & Gamble Co., *U.S.*, 2,047,401

揚物に関する諸問題

太 田 静 行

味の素 KK 食品研究室 (東京都中央区宝町 1-7)

Problems encountered at Deep Fat Frying

Shizuyuki Ōta

Food Research Laboratories, Ajinomoto Co., Ltd. (1-7 Takaracho Chōu-ku, Tokyo)

1 序 言

食用油の用途をその使用法から大別すれば、サラダ油をサラダドレッシングに用いるように常温でそのまま使

用する場合、揚物、いためもののように高温で加熱して用いる場合、ショートニングをパン生地練り込むように混合して用いる場合に分類できる。

現在の日本では、油は上記の使用法のうち、揚物用と

して用いられる量がもっとも多く、揚物の種類も生あげ、うすあげ、さつまあげ、あげせんべい、かりんとう、ポテトチップ、ドーナッツ、天ぷらなど多種多様である。この揚物の際に問題となる事項は数多くあるが、これをまとめれば、油の面からみて、油の減り、油の熱安定性（いわゆる“腰”）、油の着色、製品の面からみて、揚物の風味、製品における油の保存安定性などである。

上記の諸項目のうち、重要視される問題は揚物の種類によってそれぞれ異なり、たとえば生あげ、さつまあげなどは製品の保存性からみて数日中に消費されるものであるから、製品における油の保存安定性は問題でなく、揚げ油の減り、熱安定性などが重要視される。また天ぷら、特に料理店の天ぷらにおいては油の減り、熱安定性よりも、まず第一にできあがった製品の風味が問題となる。あげせんべいの場合には 260°C 程度の高温で揚物を行なうので油の熱安定性が問題になりそうであるが、この場合には吸油量が多く、揚物鍋における油の新陳代謝が烈しいので、油の熱安定性はそれほど問題にならない代わりに、製品における油の保存性が重視される。やや特殊な例であるが、いかの加工品では油の着色が著しく、これが問題となることもある。

上記のように、揚物の種類によって問題点は異なるが、本稿では、揚物の際に当面する諸問題を (1) 油の減り (2) 油の熱安定性 (3) 揚物の風味 (4) 製品における油の保存安定性に大別しておのおのについて概説する。

2 油 の 減 り

揚物業者はある量の油を揚鍋に張り込んで揚物を行ない、揚物終了後、揚鍋に残った油とはじめの油の量の差を“減り”と考えている。その減少した分は新しい油で補充せねばならないので、揚物業者としては油の減りは経済上きわめて重要な問題である。

油の減りは製品に吸収される油のほかに、揮発性物質の生成、重合物の生成、揚物の際のハウマツ飛散現象が原因となる。揚物の際の飛マツ同伴現象は油の性質によるものではなく、揚物鍋の形状、揚物を行なう人の技術などによって左右されるものである。ここに重合物と記したものは油の表面と器壁の交わる線に器壁に沿ってできる樹脂状のものであって量的にはきわめてわずかである。揮発性物質として揚物油から失われる分解生成物は本来の意味での油の減りと考えるべきものである。

実際に揚物をするときの油の減りの内容についてはあまり報告がない。Arenson ら²¹⁾は大規模のドーナッツ揚機を用い、多量のドーナッツを揚げ、その際の揮発性物質の量、重合物の量、ドーナッツの吸油量を測定した。すなわち、鍋に 9.42 kg の油を張り込み、延べ 30 kg の油を用いて 132 kg のドーナッツを揚げたところ、ドーナッツに吸収された油は 19.1 kg（使用油の約 32

%, ドーナッツの 14.4%）、加熱時間延べ 3300 min（内、揚げ時間延べ 665 min）でフードその他に付着した重合物の量は 53 g（使用油の 0.18%）、捕集された揮発性物質の量は 27.1 g（油の 0.09%）であったと報告されている。

2・1 製品の吸油量

上記の Arenson ら²¹⁾の実験によっても示されるように、油の減りは主として製品の吸油量によるものである。揚物の際に食品に吸収される油の量は主としてつぎの因子によって左右される。すなわち i) 調理の時間、温度 ii) 食品の表面積 iii) 用いる油の劣化の程度 iv) 食品の成分と性質などである。

一般に長く揚げているほど、油の吸収量は多くなる。これには多少の例外がある。たとえば、高温で調理すると凝固するようなものは調理を長く行なうと油の吸収を妨げるようになる。また食品によっては、たとえば油分の多い魚、豚肉などでは揚物の際に種物の油が揚油中に移行して含油量が減少することもある。調理温度は油の吸収量に間接的に影響する。食品を適当な狐色に揚げようと思うと、低い温度では長く揚げねばならない^{2), 70)}。そのため、吸油量が多くなる。

上記の諸因子については Lowe ら^{2), 16)}のドーナッツに関する広汎な実験をはじめとして、きわめて多くの報告がある。これについて食品ごとに考察する。

2・1・1 ドーナッツ

McKee¹⁸⁾はドーナッツを 200°C で 5 min 揚げ、吸油量は 34.7% であったが、材料中の油の配合量を 2、4 倍にすると吸油量は 43.4% および 47.8% となった。また砂糖の量を 2 倍にすると 44.3% に増えたと述べている。Morgan ら¹⁹⁾がこれよりも卵の量を少なくし、粉の多いねり粉を用い、形の大きなドーナッツを揚げた場合には平均吸油量は 17.4% であった。また Lowe ら¹⁷⁾はドーナッツに関する広汎な実験を行ない、吸油量についてつぎのように結論している。すなわち、ねり粉の温度が高い方が油の吸収量が少ない。吸油量と油の発煙点の間には有意な負の相関関係があり、発煙点の低い油では吸油量が多い。揚げ時間を一定にすると 170, 185, 200°C の三つの温度で揚げた場合、吸油量には有意差がない。ねり粉を長く扱ったり、ロールになん回もかけると吸油量が少なくなる。たとえば、最初の材料では 27.5% の吸油量であるのが、二回ロール処理したものでは 21.4%、3 回のもものでは 18.0% であった。他の条件がすべて同じならば表面積が大きいほど、吸油量が大きい。混合するときの材料の温度は吸油量に影響を持つ。またねり粉をよくねるほどドーナッツが固くなり吸油量が減少する。たとえば表-1 に示すようである。

硬質小麦すなわち強力粉では吸油量が少なく薄力粉では吸油量が多い。ドーナッツの材料の配合割合によって

表-1 ドーナツの吸油量 (%)

ストローク数		60	80	100	120
温度	22°C	33.4	30.9	26.8	27.8
	40°C	17.6	16.7	15.1	15.3

吸油量が異なり、粉の量を多くすると吸油量が減り、砂糖、卵、油脂の量を多くすると吸油量がふえる。

2.1.2 いも類

豚脂を用い、さつまいもを厚さ 5 mm の輪切および繊維切りとして、160, 180°C で揚げた郷²²⁾の実験結果は表-2 のようである。ただし、この実験では揚げる時間は一定とせず、よく揚げたところで引き上げる。

表-2 さつまいも揚げの際の吸油量 (%)

切り方	吸油量 (%)		材料の重量減少 (%)	
	160°C	180°C	160°C	180°C
輪切り	3.7	4.4	45.2	38.0
繊維切り	5.2	4.9	54.0	52.0

同様に、じゃがいもを角切りとし、大豆天ぷら油で揚げた場合、吸油率は 180°C で 3.82%, 200°C で 2.62 % であった²³⁾。

2.1.3 生揚げ

生豆腐 (大きさ 約 10×6×3 cm) を便宜上 “一度揚げ” によって揚げ試験を行ない、その際の油の減りを調べた結果を抄録する²⁶⁾。

油 1.5 kg を大型フライパンに張り込み、生豆腐 (水分 81%) を 240°C で 30 sec, 裏返して 30 sec 計 1 min 揚げた。こうして生豆腐を各種の油でのおおの 100 枚揚げた結果では豆腐当たりの消費量の%は大豆油 6.10%, 落花生油 6.22%, ナタネ油 6.12% であっていずれも大差はない。つぎに同一の大豆白絞油を用いて、油の温度を変えて同様に生揚げを行なった結果を表-3 に示した。表-3 の No. 1 では豆腐を 140 枚 (10.4 kg), No. 2 では豆腐を 150 枚 (12.8 kg) 揚げた。

表-3 生揚げの際の油の減り (その1)

No.	I		II	
	240°C	220°C	240°C	200°C
油 温				
発散水分 (kg)	2.89	2.71	3.14	2.81
油の消費量 (kg)	0.59	0.48	0.72	0.56
油費油/豆腐 (%)	5.62	4.67	5.66	4.42

劣化の程度の異なる大豆油で生揚げを行なった場合の油の消費量は劣化した油ほど消費量が多い。油 500 g をフライパンでそれぞれ 2, 3, 4 hr, 240°C で加熱して劣化の程度の異なる大豆油をつくり、これらの油を用いて水分 85.3% の豆腐 3 枚 (560 g) を上記と同様の条件で揚げた。このときの油の消費量、揚げるときのアワ立ちの状態などを表-4 に示した²⁷⁾。

以上の結果から、生揚げの場合には、揚げ温度が高い

表-4 生揚げの際の油の減り (その2)

大豆油の種類		白絞油	加熱油		
240°C 加熱時間 (hr)		0	2	3	4
粘度 (CS), 25°C		57.9	97.2	148.8	200.5
アワ立ち の状況	アワの高さ (mm)	0	0	10	30
	解ホウ時間 (sec)	0	0	13	29
	消ホウ時間 (sec)	0	0	83	92
発散水分 (g)		92	83	71	67
油消費量 (g)		21	23	26	31
油消費量/豆腐 (%)		3.8	4.0	4.7	5.5

ほど、また油の劣化が著しいほど、油の減りが多くなる。なお生揚げ用の豆腐は店により、また製造日によって水分が一定しないので、各種の実験結果は同一試料を用いたときのものでないと比較しにくい。

油の減りは油の種類によって変わりがなくようである。油の粘度を各種の温度で測定してみると、図-1 に示されるように 100°C 以下では大豆油、ナタネ油などかなり開きがあるが、150°C 以上ではいずれも 3 cp 程度の粘度となり、揚げ物の温度では油の粘度は変わらないことからもうなずけることと思われる²⁷⁾。

図-1 各種の植物油の粘度

2.1.4 その他の食品

上記のほかにも、各種の食品について、吸油量が他の項目、たとえば油の変化と関連して報告されている。吸油量は揚げる条件、材料の処理法などによって異なるので、ここにあげる数字は一例に過ぎないが、豚肉の瓦揚げでは吸油量は原料の 12.6%³³⁾、貝柱、みつば、えびなどのかきあげの場合 36%²⁸⁾、メリケン粉の揚げ玉では 30%、揚げパンでは 160% 程度とされている。また、根菜類ではにんじん 10.2%, だいこん 6.0%, ごぼう 4.9%, 葉菜類ではうれんそう 12.0%, さやえんどう 8.4%, 玉ねぎ 7.3% という値が吸油量として報告されている²⁴⁾。

2.2 揮発性物質の生成

揚げの際に揮発性物質として油から失われる分解生成

物は本来の意味での“油の減り”と考えられる。器壁に生ずる重合物もまた揮発性成分の変化したものである。揮発性物質は揚物の際にいろいろな過程によって生成する。すなわち、揚物材料中の水分および熱による加水分解、脂肪酸の炭素鎖の酸素による切断あるいは自動酸化の機構に基づく切断¹⁰⁾である。

古くは揚物の際の揮発性物質はアクロレインが主であると考えられていた²¹⁾が、最近ではガスクロマトグラフィーなどを用いる油脂の分解生成物の研究^{10), 11), 12), 13)}によって、揮発性生成物はアクロレインのみでなくきわめて多種類のアルデヒド、ケトン、炭化水素からなることが示されている。ほかに脂肪酸¹⁵⁾、アルコール¹⁴⁾なども存在する。

実際の揚物の際の揮発性物質の生成量については前記の Arenson ら²¹⁾の実験以外には報告がないようである。かれらはドーナツ揚鍋上の空気を特定の捕集装置に導いて、揮発性物質を氷水浴中におかれた 95% エタノール中に捕集した。Arenson らは揮発性物質につい

ていくつかの性状、臭気などに関して記載しているが、成分の同定は行っていない。

油を単独で加熱する場合の油の減量は油の種類、加熱温度、油の深さなどによって著しく異なる^{20), 32)}。加熱による減量は揮発性物質の生成量と油の酸化による重量増加の差であるから、加熱による揮発性物質の生成量は加熱減量をやや上まわる量と考えられる。一例として、大豆油を家庭用の天ぷら鍋に 500 g 入れて、180, 200, 220, 240°C で 8 hr 加熱したときの油の減量を図-2 に示した²⁰⁾。

また、一例として、大豆油を 240°C に加熱し、生成する揮発性成分をドライアイス-アセトン冷却トラップおよび同寒剤により冷却したアルミナの層に捕集し、ガスクロマトグラフィーおよび質量分析によって、その成分の同定を試みた際のガスクロマトグラム¹⁰⁾を図-3, 4 に示した。

図-2 加熱による大豆油の重量変化

ピーク 1 炭酸ガス 4 プロパン 7 1-ブチレン
2 エタン 5 プロピレン
3 エチレン 6 n-ブタン

図-4 大豆油加熱揮発分のガスクロマトグラム (その2)

図-3 に示したガスクロマトグラムと、大豆油とは脂肪酸組成の異なるサフラワー油、オリーブ油のものと

ピーク

1 エタンなど	7 ヘキセン-1	12 ヘプテン-1 (シクロヘキサン)	18 オクテン (構造不明)
2 プロパンなど	8 n-プロピルアルデヒド	13 n-ブチルアルデヒド	19 n-パレルアルデヒド
3 ブタンなど	9 メチルシクロペンタン	14	19' オクテン (構造不明)
4 n-ペンタン および 1-ペンテン	10 アクロレイン	15 メチルエチルケトン	20 クロトンアルデヒド
5 アセトアルデヒド	10' アセトン	16 n-オクタン (少量のベンゼン)	21 n-カブロンアルデヒド
6 n-ヘキサン	11 n-ヘプタン (シクロヘキサン)	17 オクテン-1	

図-3 大豆油加熱揮発分のガスクロマトグラム (その1)

はだいぶ相違がある。また劣化の程度の異なる大豆油では比較的よく似たガスクロマトグラムを与える¹³⁾。

2.3 器壁に生ずる重合物

揚物鍋の器壁に沿って生ずる樹脂状の物質は揚物鍋中の油の量に比べれば、その量はきわめてわずかである。この物質は水、エーテル、アルコールなどの溶媒に不溶で、元の油にもほとんど溶けない。アルコール性カセイソーダとは反応して均一層となる。

参考までに、大豆油を 240°C で 10 hr 加熱し、この際フライパンの器壁に生じた重合物を分析した結果を表-5 に示した²⁷⁾。

表-5 重合物（器壁に生ずる樹脂状物）の分析値

物 質	ケン化価	元素分析値 (%)		
		C	H	O
大 豆 油	191	77.3	11.4	11.3
240°C, 10 hr 加熱大豆油	208	72.9	10.4	16.7
重 合 物	240	70.0	9.9	20.1

3 油の熱安定性（腰）

油を揚物に使用するとき、油が新しいうちは種物を入れたときに大きなアワが出て、そのアワは種物を取り出すとすぐ消える。油を長時間使用すると、種物を入れたときに小さなアワがもくもくと出て、油の全面にひろがり、このアワは種物を取り出した後もしばらく消えずに残る。揚げた物も所々に斑があってよく揚っていない。こういう状態になることを一般に業者は油が疲れたといい、早くこうなる油を腰が弱い、また長く初めの状態を保つ油を腰が強いと称する。

揚物業者が問題にするこの油のアワ立ちの変化は油の酸化、重合などの化学性の変化およびこれに基づく油の表面粘弾性、界面張力などの物理性の変化と関連するものである。ここでは油の腰の問題は油のアワ立ちのみに限らず、油の物理性、化学性の変化全体を含めることとし、それに対する安定性を熱安定性と呼ぶことにする。

3.1 加熱による油脂の諸特数、物理性の変化

揚物の場合のように、油を長時間高温で加熱する場合には油中で種々の変化が生じ、その結果として、たとえば酸価の増加、ケン化価の増加、ヨウ素価の減少、水酸基価の増加、カルボニル価の増加、TBA 値の増加⁴⁹⁾、過酸化物質価の変化など、諸特数の変化が観察される。また粘度の増加、比重の増加、屈折率の増加、発煙点の低下などの物理性の変化を生ずる。また紫外部吸収曲線、可視部吸収曲線なども変化する。

これらの諸変化の程度は主として加熱温度、加熱の際の油の深さなどによって異なり、また油の種類によっても相違がある。また種物の有無、種物の種類も影響を持つ。

これらの諸変化についてはきわめて多くの報告があり、変化の機構などに関する諸研究を含めれば、最近の文献に限定してもその数は 100 を下らないと思われる。揚物または油脂の加熱に関する諸研究では、上述の諸項目のいくつかが測定されているのであるが、ここではそれらの結果をすべて引用することはむずかしい。

上記の諸特数と物理性の間には種々の関連がある。たとえば、油の発煙点と遊離脂肪酸含量の間には負の相関関係があることを Blunt ら³⁷⁾が指摘しており、その後、長時間ドーナッツを揚げた豚脂、植物油、水添植物油について同様な関係があることが報告されている⁵⁵⁾。Lowe ら¹⁷⁾によればその係数は -0.78 である。

揚物の時間の経過とともに遊離脂肪酸が増加することは Morgan ら¹⁹⁾をはじめ、多くの研究者が報告している⁵⁸⁾。Porter ら⁵⁷⁾は種物の水分が多いほど脂肪酸の生成が多いという。同じ油でドーナッツとポテトを揚げたところ、ポテトチップの場合の方が脂肪酸含量が増加した。また遊離脂肪酸含量が 2 % 以上になるとドーナッツのいやな臭に気がつくようになるという。Goodman ら⁹⁾はドーナッツのフライの際に遊離脂肪酸含量がある値以上になるとドーナッツの表面がこわれて変な形になることを指摘した。ただし、この現象は他の因子も関与しているものと考えられる。Lantz ら²⁹⁾は油によって遊離脂肪酸の増加の程度が異なることを報告している。なお、加熱油の場合、酸価の測定により遊離脂肪酸の含量を計算することには無理があると思われる¹³⁾。

揚物油の屈折率、比重、粘度などはおもに重合度の増加に伴って増加するもので、これらはヨウ素価の減少と密接な関係がある¹⁸⁾。

過酸化物質価については各報告によってその増減の傾向が異なっている。たとえば Lowe ら¹⁷⁾はドーナッツのフライ時間に伴って増加するといひ、Chang ら⁸⁷⁾は同じくドーナッツ揚げの際に、用いた豚脂の過酸化物質価は 10 min 後に極大に達するが、40 min 後には無視しうる値にまで減少すると述べている。コーン油をポテトチップのフライに用いるときは特にピークはないが、零になることはない^{46), 47)}。

普通の食用油の場合、紫外部吸収のおもなものは 233 m μ の共役ジエンの吸収（不飽和カルボニルも影響を持つ）、268 m μ の共役トリエンの吸収であるが、両者は加熱の当初には急激に増加し、ある時間以後は後者はむしろ次第に減少し、また前者の増加も緩慢になる^{13), 20)}。

3.2 加熱による油脂の化学的变化

油脂を加熱する場合の化学的变化はきわめて複雑であるが、中心を重合において、その生成物の構造を調べてみると、一般的には三つの型の重合が油脂中で起こるといわれている。すなわち、Perkins³⁸⁾によれば a) 自動酸化、b) 熱重合、c) 熱酸化である。自動酸化は 100°C

までの温度における油脂の酸化と定義される。熱重合は酸素のない状態で 200~300°C で起こる変化であり、熱酸化は空気存在または通気下で約 200°C 前後における酸化と定義される。

自動酸化については、たとえばリノール酸エチルを例にとると、このものは酸素の存在で自動酸化してヒドロパーオキシドをつくり、これは環状に変化してより高度の過酸化化合物を生成したり、あるいは他の過程で環式でなく側鎖化合物をつくるような結合を示す。このような過酸化物は炭素炭素二重結合へ付加して分解し、他のヒドロキシルやエポキシ化合物となる。自動酸化の途中で生ずるヒドロパーオキシドはさらにケトン、ヒドロキシエポキシおよびケトヒドロキシ化合物にも変化する³⁶⁾。ヒドロパーオキシドの分解が比較的低温で酸素の存在下で起こると重合物は酸素橋で分子間結合をする。分解が 100°C 以上の高温のときは炭素間で結合する⁸⁾。

熱重合反応は一般の Diels-Alder 反応である。高度不飽和酸は共役した後、重合体を生成する。不飽和油の熱重合により、環状モノマー、ダイマーおよびより高度のポリマーができる。

また普通の脂肪酸とそれより短鎖の化合物との反応によって、上記とは別の化合物が少量ずつ生成する。オレイン酸やリノール酸から 1-オクテン、9-デセン酸、1,3-オクタジエンが生成する場合、これらとオレイン酸、リノール酸との反応により、複雑な Diels-Alder 反応物ができる。

油の高温での酸化には、熱と酸素とが関与しているために熱重合や自動酸化の反応のいずれよりも複雑である⁵²⁾。アマニ油の高温における酸化では自動酸化の際にいわゆるような遊離基機構が関与するといわれる。初めに水酸基ができ、つぎに他の脂肪酸分子の遊離カルボキシル基によりエステル化する。この種の反応形式から、アマニ油などの酸化の際には活性水酸基が生成し、これが順次反応して異なる化合物を生じ、最終的酸化生成物を形成する。熱酸化により不飽和カルボニルも生成する。コーン油を 200°C で 48 hr 通気酸化した実験結果では、酸化生成物中の酸素はヒドロキシルまたはカルボキシルの形で存在するという。この際、環状化合物の存在については証明されなかった。したがって熱酸化中に Diels-Alder 反応が起こる可能性は少ないと考えら

れる⁵³⁾。

上記の脂肪酸のアルキル基に起こる変化のほか、グリセリドの加水分解も考えられる^{21), 29), 40)}。ヨウ素価の高い大豆油、ナタネ油ではフライによる油の変質は酸化重合が主反応であるのに対し、ヨウ素価の低いヤシ油、パーム油では加水分解が主反応であるといわれる^{42), 43)}。

3.3 油の着色

長時間使用した油で実用上問題になるのは油のアワ立ちとともに油の着色である。加熱による油の着色は一般に化学性の変化と平行するが²⁹⁾、まれにそうでないときもある。たとえば容器の材質あるいは油中の不純物によっては、油自体はそれほど劣化していなくても著しく着色することもある。

大豆油を 180°C および 240°C で加熱したときの可視部吸収曲線の変化を 図-5 に示した。

加熱油の着色の本体となる色素は油の酸化重合または酸化分解により生成するものと考えられるが、その本体についてはほとんど研究されていない。

加熱油をケン化して脂肪酸とし、この脂肪酸についてシリカゲルを用いるカラムクロマトグラフィーを行なう

と、着色成分の大部分はダイマー、2 次生成物部と行動をともにする。またこの着色は保存により比較的安定である。

種々の点からみて、トコフェロールに由来するクロマン-5, 6 キノン系のものとは性質が異なるようである。ジカルボニルなどが関与しているようにも思われるが確証はない。

図-5 大豆油の加熱による可視部吸収曲線の変化

揚物油の着色は種物によって影響される。たとえば豚脂を用いて、フリッター型の揚菓子を揚げるとき、一般に明るさが減少し、赤色、黄色が増加するが、揚物の組成にベイクングパウダーを入れないものは油の明るさが変わらず、入れたものより黄色が増加したといわれる⁶³⁾。

3.4 油のアワ立ち

揚物をするため、油に種物を投入すると種物から水分が蒸発して油面にアワを生ずる。このアワは普通の油の場合には比較的形式も大きく、不安定で、種物を取り出せ

ばすぐ消失して特に問題はない。しかし精製不十分の油あるいはヤシ油と他の植物油との混合油⁴¹⁾、ヒマシ油と他の植物油との混合油⁴⁰⁾あるいは長時間使用した油（いわゆる疲れた油）などの場合には、そのアワ立ちは上記の正常なアワとは異なり、きわめてアワが細かく、油の全表面にひろがって、もくもくともり上り、ときには揚物鍋からあふれることもある。またそのアワは持続的で種物を取り出してもしばらく消えず、そのためときには種物を出し残すこともあって焦げて商品にならない製品にしてしまうこともある。その他種々の不都合な事態を生ずる。

ヒマシ油は食用油としては使用されないし、またヤシ油と他の植物油の混合ということも物資欠乏の時代の話であって、特殊な例と考えられる。また、精製技術が十分進歩した現在では精製不十分のためにアワ立ちは著しい油はほとんどその影をひそめたようである。しかし、長時間使用したいわゆる疲れた油のアワ立ちは依然として、揚物業者にとってきわめて厄介な現象の一つとなっている。

3・4・1 油のアワ立ちと油の諸特数との関係

油の加熱によるアワ立ち性の変化はその諸特数の変化と密接な関係があることは容易に推測されるところである。加熱油のアワ立ち現象を扱った研究報告ではほとんどすべてがこの油のアワ立ち性と諸特数の関係を調べている。一般に揚物あるいは加熱による油の変化についてはすでに論じたように条件によって変化の程度の多少はあるが、その諸特数は連続的な変化を示し、いわゆる誘導期間がないようである。一方、アワ立ち性は初めのうちは変化がなく、ある時間以後から、初めとは変わった持続性のアワ立ちとなる。すなわち、誘導期間が明らかに認められる。

大豆油について、その加熱による特数の変化とアワ立ち性の関係を調べた例では、酸価、ケン化価、屈折率、粘度などが増加し、ヨウ素価が減少する事実から、油中にある程度の酸化、重合が起こっていることが推定され³⁰⁾、紫外吸収曲線の変化をみると加熱初期には共役ジエン、トリエンの吸収が急激に増加するが、アワが持続性となるころには共役ジエンの増加は緩慢となり、トリエンはかえって減少するなどの点から、加熱の初期には主として、酸化、重合の前段階である二重結合の共役化が起こり、それがある程度蓄積された後に付加、重合の反応が優勢になってくる。以後それらの生成物の濃度が増加するにつれてアワが安定化されると大上ら³⁰⁾は推定している。

同じく大豆油についての実験であるが、グリセリドケン化後の脂肪酸をシリカゲルを用いるカラムクロマトグラフィーを行ない、脂肪酸モノマー、ダイマー、2次生成物部に分けて、そのおのおのの定量を行なうと、油の

アワ立ちが持続性になる時期と、ダイマー、2次生成物部が増加する時期とよく一致している⁴⁰⁾。

水酸基、カルボニル基などの極性基の増加もアワ立ちと関係があるようである⁴⁰⁾。ヒマシ油と他の植物油との混合油は持続性のアワ立ちを示し、いわゆる疲れた油のアワ立ちと現象的にはよく似ている⁴⁰⁾。

3・4・2 油のアワ立ちと油の物理性との関係

一般にアワ立ちの諸現象には液の表面張力、表面粘弾性その他の物理性が関係する。この場合、起ホウ力には液の流体力学的条件や表面張力が関与し、一方ホウマツの安定度には表面粘弾性、動的表面張力が関与する⁴¹⁾。

一方、揚物の際のアワ立ちは高温の現象であるから、この現象には油の高温における表面張力、表面粘弾性が関与するわけであるが、劣化した油の高温におけるこれらの測定値はまだ発表されていないようである。

室温付近における各種の油の表面張力の測定結果では油の表面張力は加熱時間によってほとんど変化がない³⁰⁾。揚物油のアワ立ちは高温における油と水蒸気の界面現象であるが、われわれの測定⁶⁰⁾では高温においても油と空気の界面張力には大豆油の劣化の程度による相違はなく、室温における油と水の界面張力は加熱時間の増加に伴い低下の傾向を有していた。

油の粘性とアワ立ちが深い関係を持つことは多くの研究者によって指摘されている^{30), 32), 41), 47)}。たしかに同種の油で同じような条件での加熱ならば室温付近での粘度の測定値とアワ立ちとの関係を具体的に述べることができる。たとえば大豆油ならば 30°C で測定した粘度が 60 cp 以上になるとアワが持続性となる³⁰⁾。しかし油の種類が異なり、あるいは加熱の条件が異なる（たとえば無酸素の状態での加熱など）とこの関係は成り立たなくなる。たとえば水添した大豆油、ナタネ油では加熱により 30°C での粘度が 80 cp になっても特にアワが持続性になることはない。

大豆油を 200°C で長時間加熱して、アワ立ちの状態の異なる加熱大豆油を作成し、その粘度を各種の温度で測定した結果⁶⁰⁾を 図-6 に示した。

図-6 加熱大豆油の粘度

図-6 に示されるように、アワ立ちの状態の異なる加熱大豆油は室温付近では明らかに粘度の相違を示すが、200°C 近くになればいずれも 5 cp 以下となる。しかしその範囲内でもなお、新しい油よりもやや高い粘度を示している。

劣化した油の表面粘弾性の測定結果はまだ発表されていない。

3.4.3 油のアワ立ち起因物質

持続性のアワ立ちを示す油からアワ立ちの原因となる部分を分離濃縮することについては種々の方法が考えられ、その部の性質などもいくらか調べられている。

加熱により変質してアワ立ちの激しくなった大豆油を活性白土吸着柱を通して、*n*-ヘキサンおよびアセトンで展開すると、*n*-ヘキサン流出部は主として未変化の大豆油、アセトン流出部は赤カッ色、粘ちような液体で、分析値からみると酸化、重合による変質部分が濃縮されたもので、この部はアワ立ちの原因物質と考えられている³⁰⁾。

また、変質大豆油のシリカゲルを用いるカラムクロマトグラフィーにおいて、展開溶剤をヘキサンからイソプロピルエーテルの含量を次第に増加させてゆくと、後の部にアワ立ち成分が集まるようである³⁰⁾。

分子蒸留においては、留出部分はアワ立ちを示さず、非留出部は激しいアワ立ちを示す⁴⁰⁾。

3.5 油の熱安定性に及ぼす諸条件、諸因子

揚物を長時間行なうとき、油の疲れ方は種々の条件によって左右される。たとえば、加熱温度、加熱時間、油と空氣の接触面積、揚物の種類、さし油の程度などである。また油自体においても、油の種類、微量成分の有無などによって同条件で加熱されたときでもその疲れ方は相違がある。

3.5.1 加熱温度

後述のように、一般の揚物の場合の適温は 160~180°C 程度であって、特殊な場合を含めれば 140~260°C 程度が揚物の行なわれる温度である。

加熱温度の相違によって油の劣化の程度が著しく異なることは揚物業者が痛切に経験しており、またこの方面の研究も種々行なわれている。一般に他の条件が同じならば、油の加熱温度が高いほど油の疲れが早い。油の疲れを油の粘度で代表させることにして、フライパンに大豆油を 500 g とり、240, 220, 200, 180°C の各温度で加熱したときの油の粘度の変化を 図-7 に示した²⁰⁾。またアワ立ちの持続性となる点を矢印で示した。

図-7 において、加熱温度が違っても大体同様な粘度に達したときに持続性のアワ立ちがみられる。こうなるまでの時間をみると 180°C では約 3 hr であるのに 240°C では 1 hr である。

コーン油でポテトフライを行なった例⁴⁶⁾でも、170°C

図-7 加熱による大豆油の粘度の変化

と 200°C を比較すると 200°C の場合には油の諸特数の変化が著しい。

加熱時間が長くなるほど、油が劣化することは 図-7 よりも明らかである。多くの研究者が揚物油の経時変化を報告している。油の実際の使用面からみると、あげせんべいの場合のように、260°C 程度の高温で揚物が行なわれる場合でも、製品の吸油量が多ければ、油が劣化する前に揚物鍋中の油が消費されてしまうので問題がないが、比較的吸油量が少なく、比較的高温で行なわれる生あげ、さつまあげなどの場合では、必要以上の加熱が大量の廃油を出す原因となる。

3.5.2 油と空氣の接触面積

揚物鍋中における油の容量と油が空氣に接する接触面積との比率は揚物鍋の形状や油の深さによって異なる。同型のフライパンで大豆油の張込量を 250, 500, 1,000 g と変えて、240°C で加熱するときの油の粘度増加の速さは 4:2:1 程度であった⁶⁰⁾。同様にピーカーで油の深さを 3:2:1 としてガス直火で 240°C で加熱して、その粘度、アワ立ちの状態の変化を調べた結果では、同様な劣化の程度となるまでの時間はそれぞれ 3:2:1 程度であった。

以上のように空氣との接触面積によって油の変化の程度は著しく相違があり、また窒素气流中での油の変化は酸素のある状態での変化に比べて著しく遅い。実用面からみれば、必要以上に表面積の大きな揚鍋を使用することは不経済である。

3.5.3 揚物鍋の材質

多くの揚物業者は主として鉄製の揚物鍋を使用しており、ステンレス鋼板、アルミ板、銅板などを使用している所もまれにあるようである。

揚物鍋の材質が揚物油の熱安定性に影響することは微量の銅、鉄が油の臭の安定性と密接な関係があること、同様な理由で最近の脱臭装置の材質に鉄が敬遠されてニッケルあるいはステンレス鋼が用いられていること⁶⁾、またボイル油製造の際に鉄をはじめ各種の金属酸化物が

反応促進剤として使用されるなどのことから容易に推測される。揚物鍋の材質の影響はこれらの材料金属が油中に微量溶出することの影響（後出）のほかに、熱の伝導度の良否も関係すると思われる。

鉄、ステンレス、アルミ、銅製のピーカーを作成し、おのおのに大豆油を入れて 240°C に加熱した実験では粘度の変化には大きな差はなかったが、銅の場合には着色が著しく、また臭も目立って悪い結果が得られた⁶⁰⁾。

揚物鍋ではないが、揚物の大量作業の際に用いられる金網も揚物油の性質に影響を持ち、綿実油でカンショのフライを長時間行なったときの例では、油のカルボニル含量、共役ジエン酸%などからみて、銅網は油の寿命を著しく短くするほか、鉄網も悪い影響を及ぼすが、一方ステンレス網では対照油とほとんど変わらない結果が得られている⁴⁵⁾。

3・5・4 揚材料の影響

実際に揚物を行なうときには、揚物を行なわずただ油を加熱するときに比べて、その変化の機構に揚物材料の影響、種物から発散する水分の影響などが加わるので、劣化の性質および程度が多少異なるようである。たとえば揮発性成分についてみれば、種物から発散する水分は一種の連続水蒸気蒸留の効果を持つために揚げ油を比較的に無臭の状態におくこととなる¹⁾。また種物中の油が揚油に移行することも日常の調理で経験するところである。

揚物の材料による揚げ油の熱安定性の差異については各種の食品について実験されており、たとえば大豆油、ナタネ油を用いて、あじ、さんま、野菜、豚肉を揚げた場合、揚げ油の酸価、ヨウ素価、過酸化物質価、色相の変化を調べたところでは、衣をつければ材料による差はあまり現れないと報告されている⁶²⁾。また同様に大豆油、ナタネ油を用い、ドーナツ揚げ、野菜の精進揚げ、魚フライを行なったときの揚げ油の酸価、ヨウ素価の変化を調べた例では、魚フライ、精進揚げ、ドーナツ揚げの順序で、魚フライがもっとも変化の程度が著しく、これは外見上の油の汚れの度合と一致しているという³⁹⁾。

この種の実験では種物の油の含量、脂肪酸組成、それが揚物油に移行する程度、揚げかすのすくい方、油の深さ、吸油量など各種の項目にわたって参考的に調べる必要があり、劣化の程度を判断する基準になにを選ぶかによっても結論が異なってくると考えられる。

さつまあげの場合には原料肉に含まれる魚油が揚げ油に混入し、多くの場合、さつまあげ材料の魚油は揚げ油よりも高度不飽和酸を多く含むから、揚げ油の劣化が早くなる。生揚げよりも蒸した肉を使用する方が油は傷みにくい（一般にはさつまあげ製造の場合には生揚げが普通である）。蒸した成型魚肉の場合には魚肉中に含まれる油が揚げ油に移行することはあまりないと報告されている³⁹⁾。なお、さつまあげの際の揚玉は油の色調を濃く

し、ヨウ素価の低下をいくらか促進する³⁹⁾。

3・5・5 さし油

揚物業者の実際の作業をみると、揚物により揚物鍋から減少した分だけ、ときどき新しい油を追加補充している。すなわち、いわゆる「さし油」が行なわれる。その量は揚物の種類特にその吸油量によって異なり、豆腐の生揚げ、さつま揚げなどでは吸油量が比較的少ないので、さし油はあまり頻繁でなく、一方あげせんべいなどでは吸油量が多いので、さし油は頻繁に行なわれる。このさし油という作業を油の劣化の面からみると、初め新しい油が高温加熱によりある程度劣化し、つぎにさし油により新しい油が追加されるために劣化の程度が減少し、また高温加熱により劣化の度が高まるということが繰り返されるわけである。この劣化は油が加熱されるならば必ずある程度は起こっているのであるが、それがたとえば持続性のアワ立ちという現象になって現れないうちは特に目につかない。したがって、油の劣化が表面に現れないうちにさし油が行なわれるという循環が続けられる限り、特に問題は起こらない。しかし、たとえば誤って加熱温度を従来よりも著しく高くするとかあるいは高度不飽和酸をきわめて多量に含む材料を揚げるなどの理由で、新しい油を補充しても回復が不能な劣化油にしてしまうと、この循環が崩れて、多量の廃油を出してしまうことになる。このさし油の件については問題が比較的複雑であって、厳密な実験によらないとその結果の解析がむずかしいと思われる。

大豆油について、慣用補充法と無補充循環法を比較した熊沢ら⁴⁷⁾の実験では、追加補充を行なう慣用法（いわゆるさし油）は補充を行なわない方法に比べて老化の進行が早く、また、フライ後の油の AOM 条件下の安定性も劣るようである。また熊沢のその後の報告¹⁰²⁾でナタネ油、スタビライザー使用および無添加の大豆油を用い、連続および 10% さし油揚げ試験を行なった結果では、スタビライザーの効果が見られるとともに、10% さし油により、いわゆる「かにあわ」が 50% になるまでの時間が大分延長されるようである。

また水添大豆油を用い、ポテトを揚げるとき、一般のレストランや揚物業者が揚げ油のもちをよくするために、行なっている工夫、すなわち、揚物終了後こしたり、冷蔵したり、揚鍋を清めたり、さし油をしたりする諸方法の効果を検討した Rust ら⁵⁸⁾の実験では、これらの処理はいずれも有効であった。またさし油については毎回 20% 補充する方法と減り分に相当する 7% 補充する方法を比較した場合、油の寿命をフライしたポテトの嗜好度で判断すると前者は後者の 2 倍以上の寿命があると報告されている。

ポテトチップを 175 から 190°C の間で微水添綿実油やショートニングを用いて揚げる大規模な工業的試験で

は迅速なし油を行ない、不活性ガスを流すようにすれば、新しい油も長時間用いた油もほとんど変化がなく、熱重合物は存在しないといわれている⁴⁸⁾。

3・5・6 微量成分の影響

油脂の自動酸化に各種の微量金属特に銅、鉄が促進作用を持つことはよく知られた事実である。また種々の食用油の自動酸化を防止するためにきわめて多くの抗酸化剤が考案され、そのいくつかは実用に供されている。

揚物の条件では微量金属の影響は室温付近の場合よりも強調され、また逆に抗酸化剤の効果は揚物の条件下ではそれ自身が分解するためあまり認められないようである。大豆油にラウリン酸鉄セッケンの形で鉄を 0.1, 1, 10 ppm 添加し、この油の加熱アワ立ち試験を行なった結果では、鉄添加量 0.1 ppm の場合は無添加の油と大差なく、1 ppm では鉄の影響が認められ、10 ppm では粘度の上昇が著しく、持続性アワ立ちを示すに至る時間も大分短くなる³⁰⁾。一方食用油の加熱による変化を抑制する物質で実用化されているものは少ない。乾性油の重合防止剤、潤滑油の酸化防止剤などで効力が認められる物質があっても、食用油にはその毒性のために使用できない。現在許可されている酸化防止剤は揚物の条件では分解または揮発してしまうため、その効果はほとんど認められていない。たとえば、0.026% の BHA を含むショートニングでのポテトチップ揚げに際し、添加した BHA は比較的短時間に半減し以後零に近くなる⁹⁴⁾。

3・5・7 油の種類の影響

油の加熱による酸化重合はグリセリドの構成脂肪酸の不飽和度の高い分子について優先的に起こると考えられる。たとえば大豆油を水添して、そのヨウ素価を 5, 10, 20, 30 程度減少させた諸水添油と元の大豆油の加熱による粘度変化を調べると、ヨウ素価の低い油ほど、比粘度（加熱前の油の粘度を 1 として加熱油の粘度を表わした数）の増加が少なく、持続性アワ立ちを示すに至る時間が長い。ヨウ素価の低下がわずかに 5 程度の水添油でも熱安定性はかなり向上する³⁰⁾。

脂肪酸組成を異にする各種の植物油、ショートニング、豚脂などの加熱に対する安定性の比較の実験は数が多い。たとえばポテトチップの連続フライで、軽度水添綿実油、コーン油、綿実油などを比較した場合⁴⁸⁾、各種の水添植物油、豚脂などを比較した場合⁹⁷⁾など、いずれもその不飽和の程度がその熱安定性に関係が深いことが示されている。

また、同種の油でも銘柄により、熱安定性が相違する^{3), 4), 32)}。この原因については微量金属の溶存量、精製法の差異、抗酸化剤、シネルギスト使用の有無などによると考えられ⁴⁾、製油方法の総合的な技術の問題である。

各精製段階の油、すなわち原油、脱酸油、脱色油、脱

臭油について、その熱安定性の比較が大豆油³⁰⁾、ナタネ油⁴²⁾について行なわれているが、この結果ではいずれも大差がない³⁾。しいていえば加熱脱色油がわずかに弱いようである⁴²⁾。脱臭の際の温度があまり高いと熱安定性が減少する¹⁰⁴⁾。

3・6 油脂の諸変化の防止法

揚物油の酸化および重合には油と空氣の接触面積が大きな影響を持つので、金属フロートを用いることにより、揚物油の表面の空氣を遮断しながら、揚物を行なう方法が提案されている^{38), 44)}。この方法によると、油の酸化および重合はほとんど完全に防止できるが、加水分解はかえって助長される⁴⁴⁾。

添加剤による方法もいくつか提案されている。たとえばステアリン酸マグネシウム³¹⁾、アルカリおよびアルカリ土金属のセッケン³⁾などは持続性のアワ立ちの防止に役立つといわれる。しかしこれらは油の着色がひどいなどの欠点があるといわれている。

一般の抗酸化剤やシネルギストはほとんどその効果が認められない^{3), 4)}。

ポテトチップを連続的に揚げた場合、軽度水添綿実油、コーン油などにモノグリセリド、レシチンなどを添加するとヨウ素価の減少が比較的少なかったという報告もある⁴⁸⁾。

3・7 疲れた油の再生法

油の疲れの防止法とともに、疲れた油の再生法もいくつか提案されている。

アルカリ洗い³⁹⁾、白土または白土と活性炭混合物による処理⁹⁴⁾などにより揚物油をいくぶん長く使用しうると報告されている。そのほか梅干を焦げるまで揚げる方法⁹⁵⁾、水を加えて一時激しくアワ立てる方法、天ぶらの衣を沢山加えて、その揚玉をすくい取る方法などが提案されている。これらの再生法についてはあるものは不合理であり、また理論的にはうなずけても脱酸、脱色、脱臭などの食用油の精製法と原理的には同様の手法では労力および時間を要し、また品質的に新しい油に劣るなどの理由で、あまり実用化されてはいないようである。

4 製品の状態

経済上の問題を除けば、揚物の場合に一番重要な点はいよい製品をつくることにある。多くの料理書などに揚物のコツ⁶⁴⁾、あるいは天ぶらの奥義⁶⁵⁾などとして、上手な揚げ方の諸注意が記載されている。それらの諸注意のいくつかをあげれば、よい材料を選ぶこと、材料の下ごしえの方法、油の調合法、衣のつくり方、底の厚い鍋を用いること、大量の油を用いること、一時にあまり沢山の種物を入れないこと、火かげんなどである。また食べ方としてはあついうちに早く食べることなどが注意されている⁶⁶⁾。

上記の諸注意は常識的、学問的にももっともなことであるが、衣を溶くときの小麦粉のグルテンの諸性質、材料の選び方、下ごしらえの方法などは種物に関するもので、揚物油とは別に論ずべき問題であるからここでは省略する。揚物油の面からいえば、上記の諸注意は油の匂の好みと揚物の適温を守ることにとまとめられる。

4・1 油の匂の好みについて

天ぷら店の系統にもゴマ油の匂を強調する店と匂の少ない淡泊なものを尊ぶ店と二つの系統があるようである。一般人の好みも同様であって、ゴマ油の匂、あるいはナタネ赤水の匂など、あまり精製しない油の匂を好む者と、白紋油あるいはサラダ油のように匂のない油をよしとする者とがある。これは好みであるとともに料理の種類にもよることであって、たとえば、油揚げとひじきの煮付のようなものでは匂の強い油を用いる方が一般に好まれる。しかし、特殊な例を除けば、淡泊な油が好まれる傾向にある。サラダ油が揚物用に消費される割合が増加しているのもその現われと考えられる。

外国の場合であるが、Lowe ら²⁾ は4種の油を用い、3種の温度でドーナッツを揚げたときの好まれ方を調べた。その結果を表-6に示した。

表-6 ドーナッツの嗜好試験

油の種類	揚げる温度					
	170°C		185°C		200°C	
	最初	最後	最初	最後	最初	最後
drip rendered lard	78.0	82.7	87.0	63.7	50.0	33.0
open kettle rendered lard	61.7	62.7	68.0	44.3	52.3	26.7
水添豚脂	85.0	81.3	69.7	62.0	51.7	41.7
トウモロコシ油	80.3	65.0	73.7	49.3	57.7	30.7

表-6において、各温度で3min揚げたところでは油の吸収に有意な差はなく、揚げ色には差がある。一般に最初のドーナッツは油を長く使ったあとのドーナッツよりも味がよい。しかしこれには例外もあって、油が初めから臭があると、この臭が揮発した後のドーナッツの方が好まれる。

同種の油でも銘柄によって好まれ方が異なる。たとえば昭和31年ごろの実験であるが、B, C, D, E, Fの銘柄の白紋油で揚げパンをつくって、2種ずつ与え、味覚審査員に好む順序をつけさせる。揚げる温度は180°Cで行ない、油の加熱直後と180°C、2hrの加熱後に同様な試験をする。この結果をKendall法⁹⁾で解析した。この結果は加熱直後のものではCDEBFの順であったが、油を2hr加熱後ではBDEFCの順となった。この種の試験は5個を同時に与えて順位をつけさせる方法で行なうとあまりはっきりした結果を与えない。この種の試験は他にも報告された例がある⁸³⁾。最近では製油各

社が精製設備特に脱臭装置を更新しているので、この種の試験はだいぶ識別がむずかしくなっており、前述の例とは異なる順序になると思われる。

このような識別試験を過酸化価6および60の大豆油について行なった結果では、明らかに過酸化価の高い油は味が悪いことが示された。

貯蔵方法が適当であれば、ドーナッツの好みに油の貯蔵期間の影響はないようである⁸⁸⁾。

なお、ゴマ油の臭についてはその成分の検索が十分行なわれていないようであるが、システインとグルコースを混合して加熱すると比較的良好にこのゴマ油の臭を再現しうる。このゴマ油の臭はきわめて強い臭であって、純粋なゴマ油がごく少量混合されても検知される。たとえば、ゴマ油、大豆油をstincometerによりその揮発性還元性物質⁸⁹⁾を測定した例ではそれぞれ24.3および1.9という値が得られた。この油を種々の割合で混合し、混合油を味覚審査員に判定させると、油単独ではゴマ油の添加量0.05%まで十分識別できる。揚げパンをつくってこれで判定させる場合でも、ゴマ油の添加量0.6%を十分識別できる⁸⁹⁾。それだけにゴマ油に対する混油はやりやすい³²⁾。

4・2 揚物の適温

調理法としては煮る、ゆでる、蒸す、揚げる、焼くなどの方法があるが、その目的はいずれも成分的にはデンプンの α 化とタンパク質の変性、すなわちいわゆる“火が通った”状態とする点にある。味付けの問題を別にすれば、上手な調理法とは食物を十分に可食状態にするとともに適当な外見のものにすることに帰着する。揚物の適温もまた上述の目的にもっとも適した温度とみるべきである⁷⁰⁾。

ここに豚カツを例にとり、厚さ2cmの豚肉にパン粉をつけて油温140, 180, 240°Cの各温度で揚げたときの豚肉の内部温度の変化を図-8に示した。また内部の状態を官能的に審査し、可食状態となった点を図-8に○印で示した。またその際の外面の色度(揚げ色)をマンセルのカラーブックにより測定した結果を表-7に示し、適当な揚げ色になった点を図-8に×印で示した⁷⁰⁾。

図-8 および表-7 からみて、240°Cでは中心まで火

図-8 豚カツの際の内部温度の変化

表-7 豚カツの際の揚げ色の変化

時 間 (min)	揚 げ 温 度 (°C)		
	140	180	240
1	2.5 Y 9/2	7.5 YR 7/8	5 YR 4/6
2	2.5 Y 9/4	7.5 YR 7/10	5 YR 3/2
3	2.5 Y 9/4	7.5 YR 6/10	5 YR 2/1
4	2.5 Y 9/6	5 YR 5/10	
5	2.5 Y 9/6	5 YR 5/8	
6	2.5 Y 8/6	5 YR 5/8	

が通るのに 1.5 min を要するが、一方、衣の揚げ色は 30 sec くらいで適当となりその後は焦げる一方となる。したがって油温 240°C の場合は、揚げ色が適当となる 30 sec で種物を取り出せば内部の肉はまだ生であり、内部まで火の通る 1.5 min でとり出すのでは衣が焦げすぎて適当でなく、結局調理のための油温が高過ぎることになる。一方、140°C では 4 min くらいで内部まで火が通るが、外側の色は以後何分経っても焦げ色がつかず見えがしない。油温 180°C の場合には 3 min くらいで外側の色が適当な狐色になり、また内部まで完全に火が通るので、3~3.5 min で種物を取り出せば外側の焦げ色もよく肉も生でなくまたかたすぎもせずちょうどよい豚カツが得られる。以上のことから豚カツ、それも肉の厚さが 2 cm のときには油温 180°C 程度が適温であると結論しうる。

以上のような考えで、このほか、厚さをかえた豚肉、じゃがいも、まぐろの肉、これらに衣をつけたものなどを揚げ、またかきフライや鯉の丸揚げなどについても同様に各種の油温で行ってみた結果ではつぎのような結論が得られた。すなわち、一般的に種物の厚さが厚いほど、また油温が低いほど内部温度の上昇の仕方が遅い。一方、焦げ色は油温が高いほど早くつく。天ぷらの衣、あるいはパン粉などをつけると、空揚げの場合よりも 1 min~30 sec 程度内部温度の上昇が遅れる。じゃがいも、まぐろ、豚肉などの場合は揚げる適温は 160~180°C であるが、かきフライのように、多少生であることが好まれるような食品では 200°C 程度のやや高目の温度で短時間揚げるのがよい。また鯉の丸揚げのように内部まで火が通ることのほかに、骨まで食べられるようにするには 140°C くらいの低目の温度でしばらく揚げた後、180~200°C のやや高目の温度で外側の色を整えるのが望ましい。

以上は一般的な揚物についてであるが、いろいろな例外もある。たとえばポテトチップのように揚げ色がつかいのを好まない食品では 130~140°C で揚げ色がつかないように揚げる。そのためには早く火が通るように極力薄く切るほか、水さらしなどを十分行なって、じゃがいも自身の着色の原因物質を洗い流すなどの前処理を必要とする。あげせんべいのように揚げ色のほか、揚げたもの

の状態を問題にする食品では 250~260°C というようなきわめて高い温度を用いる。いわゆる“花が咲く”という状態にするには 250°C 以上が必要で 200°C 以下ではせんべいがよくふくらまない⁸⁰⁾。

揚げ物の内部温度の変化については他にも多くの報告があり、種物の種類についても、なす、たまねぎ、にんじんなどの野菜類、さば、あじ、えびなどの魚介類、豚肉、鶏肉などの肉類、コロッケ、ドーナツなどの加工食品にまで及んでいる^{70)~77), 80)}。

この結果を他の煮物、焼物、蒸物などの研究結果と比較すると、揚げ物の際には他の調理法に比し、内部温度の上昇が速く、したがって調理完了までに短時間で済むことが特徴である(内部が可食状態に達する時間は揚げるのが速く、ついで煮物、蒸物で焼物がか最も遅い⁷⁶⁾)。

一般に野菜、いも類に比べて、魚介肉類では内部温度の上昇が遅く^{70), 71)}、これには凝固タンパク質が関係するものと思われる。また野菜類の中でもいも類、特にさつまいものように、油に入れた後、内部温度が比較的すみやかに上昇するものと、なす、たまねぎのように温度上昇が緩やかなものがある。含水量の多い野菜は後者に属し、いも類のように含水量が比較的少なく、粉質のものは前者に属する。ドーナツなどはさつまいものにきわめてよく似た内部温度上昇経過を示すと報告されている⁷¹⁾。植物性食品では揚げ終わるころには内部温度が 100°C 以上になるが、動物性のものでは 80°C 程度までである⁷²⁾。

なお、揚げ物の内部温度の上昇の程度は油の種類によって相違は認められない。

揚げ物の際、各種の種物を投入した後の揚げ油の温度変化は比較的多種類のものについて測定されている。この場合の油温の降下度は材料の投入量によって異なり、また同じ材料でもその切り方によって相違がある^{81), 82)}。じゃがいもの場合と水分を含みぬガラスで、同程度の熱量のものを投入した場合の油温の降下の程度の測定結果では、油温の降下は水分の蒸発熱によることが示されている⁸¹⁾。またこの油温の降下の程度と種物の脱水量の関係を調べてみると、初期の温度降下には脱水が非常に大きな効果を示しており、脱水が完了した後、さらに揚げ続けると以後は油が内部まで浸透するため、むしろ種物の重量は増加するといわれている⁸²⁾。

5 揚げ物製品の保存性

天ぷらのように、揚げたものを直ちに食べることを、その食べ方の秘訣とするような揚げ物もあり、またさつまあげあるいは豆腐の生あげのように材料の保存性からみて、油の安定性よりも食品の微生物的な諸問題が優先する揚げ物では製品の油の安定性はそれほど問題とされない。

しかし、ポテトチップ、フライビーンズ、あげせんべい、かりんとう、そのほかの揚げ菓子では、製造後消費されるまでの日数が長いので、油の安定性が特に重要視される。これらの食品では、油が空気と接触する面積が大きく、商品が店頭にさらされる機会も多く、夏期に消費量が増える傾向もあるようである。これら揚げ物製品に吸収された油の場合と、一般の食用油の保存の場合を比較すると、揚げ物製品の場合では揚げという過程を経るために後述のように一般の酸化剤の効果がなくなり、また揚げ物の材料、水分などが保存性に種々の影響を持ち、また食品によっては材料自体の酵素作用あるいは微生物的変敗現象も介在する可能性があるので問題がより一層複雑である⁹⁰⁾。

一般の食用油の場合でもそうであるが、特に揚げ物に吸収された油の保存安定性を論ずる場合の弱点はよい試験法が少ないことである。油の過酸化価値、カルボニル価、アルデヒド値、TBA 値などが用いられるが、過酸化価値は油の臭と直接の関係はなく、また TBA 値、カルボニル価などは仮に同じ値でも、カルボニルの種類によって臭の性質が異なるので、特に脂肪酸組成を異にする異質の油の場合には比較しにくい。この場合、臭の原因となる個々の成分を定量することが望ましいが、この試みはあまり進展していない。現在の水準では、たとえばガスクロマトグラフィーなどの分析機器の感度よりも人間の鼻の方が臭に対してはるかに敏感なことが多い。一般の物質の場合、放射線イオン型、水素炎イオン型などの高感度ガスクロマトグラフィーでは 1~10 ppm あるいはそれ以下の微量成分を検知できるといわれる¹⁰⁰⁾。一方人間の鼻は物質によって、たとえばメルカプタンでは 10^{-8} ~ 10^{-10} mg/l が臭を知覚しうる最小量であるといわれている⁹⁹⁾。

揚げ物製品の保存性は揚げ物業者にとって、きわめて重要な問題であり、気温の低い冬期は別として、高温の夏期は製品の吸湿とともに油脂の変敗には種々苦勞をしているが、本質的な対策はなく、商品の回転を早める努力を進めることおよび後述のような酸化剤の利用、使用油脂の選定、包装などにおもな注意を向けているようである。

揚げ物製品の保存性には、その保存条件とともに揚げ物に用いる油の種類が大きな影響を持つ。またその保存性を支配する因子の中で、油と関係がありながら、油脂製造業者の手の届かぬ諸因子もある。たとえば、揚げ物鍋の材質、油の使用法などである。また種物の良否も予想外に保存性に関係がある。

5・1 揚げ物製品の保存性に及ぼす保存条件の影響

揚げ物製品の保存性を支配するものは主として、製品の保存条件である。ポテトチップを材料として、TBA 法により、貯蔵中における温度、空気、光線の影響を調べ

た結果では、以上の諸因子はいずれも酸敗に影響があり、特に光線が大きな影響力を持っているようであった⁹⁸⁾。商品の場合には以上のほか、保存条件として包装の良否が重要な関係を持つ。近年包装材料の進歩が著しく、防湿性で通気性もない優秀な包材も普及してきたので、この面からの保存性の延長が期待される。

5・2 揚げ物製品の保存性と油の種類および経歴の関係

揚げ物製品の保存性は、揚げ物に用いた油の種類によって相違がある。また油によって発散する臭の種類が多少ずつ異なることが経験的に知られている。これらは主として、その油の構成脂肪酸の組成の相違によるもので、一般的には不飽和脂肪酸の量が多く、不飽和の度が高い油ほど、保存安定性が少ない。たとえば、ポテトチップについての保存性の比較では、植物ショートニング（水添綿実油）を用いたものは綿実油、落花生油、豚脂を用いたものよりはるかに長期間の保存に耐えたと報告されている⁹⁴⁾。ただし、飽和度の高い油を用いた揚げ物製品はその融点の関係などにより嗜好性が減少する傾向があるようである。

同種の油でも劣化の程度を異にする油で揚げ物をしたときの揚げ物の保存性はだいぶ相違がある。たとえば、酸化変敗の程度の異なる 4 種の綿実油により、ポテトチップを揚げ、その揚げ油およびポテトチップを保存した結果では、揚げ油については比較的差が少ないが、ポテトチップについては新鮮な油を使用したものに比し、疲れ始めた油、疲れの著しい油では過酸化価値、カルボニル価、共役ジエン酸量の増加が著しいと報告されている⁹¹⁾。また大豆油を用いた場合でも、TBA 値、過酸化価値の上昇の点からみて、古い油を使用したポテトチップの方が早く酸敗するといわれている⁹²⁾。植物性ショートニングと豚脂の混油を用い、工業的規模で揚げた場合にも、長く使用された油によるポテトチップほど、AOM 値（過酸化価値 20 になるまでの時間）は減少している⁹⁴⁾。

上記のことに関連して、さし油の程度は揚げ物製品の保存性に影響が大きい。非常に大きな揚げ物鍋を用いて、油の回転が遅ければ、揚げ物製品のよい保存性は期待できない。各種の水添植物油や豚脂は元の油の保存安定性はそれぞれ大きな相違があるが、長時間揚げ物に用いればその安定性は極端に低下し、油の種類の相違よりも、使用時間の相違の方が、ポテトチップの保存性に影響が大きい⁹⁷⁾。

銅製の揚げ物鍋あるいは新しい鉄製揚げ鍋を用いた揚げ物の保存性が劣ることは経験的によく知られているが、また種物の前処理に用いられる薬品が揚げ油および揚げ物製品に種々の影響を持つことも見逃がすことができない⁹⁷⁾。

5・3 酸化剤の効果

揚げ物製品の保存性に対する酸化剤の効果については比較的多くの研究がある。酸化剤に関してはすでに多

くのすぐれた総説があるので^{84)~86)}、抗酸化剤の効果に関する諸研究の紹介はここでは省略する。

一般に揚物油中に抗酸化剤を添加することは揚物の際の油の温度では抗酸化剤が分解するために添加効果が認められず、意味がない。これに反し、抗酸化剤を製品に噴霧するならば抗酸化剤によって良好な結果を示す⁴⁾といわれている。たとえばポテトチップに対し、酸化防止剤を含む食塩を添加することによって貯蔵性が増すと報告されている⁹³⁾。また抗酸化剤、たとえばサステン 3-F をプロピレングリコールに溶かしたものを噴霧することにより、ポテトチップの油の TBA 値の増加を防ぎ、また酸敗臭発生時期を延長しようという報告もある⁹²⁾。

同じく、ポテトチップに対し、BHA は“carry-through 性”を有し、植物油、豚脂、植物性ショートニングに対し有効な抗酸化剤であり、プロピルガレート、クエン酸を添加すればさらに効果を増すという報告もある⁹⁴⁾。この報告にはポテトのフライ時の油温の記載がないが、たぶん比較的低温で行なわれたものと思われる。

さつまあげの冷蔵庫貯蔵の場合にも、揚げ油に添加した BHA は期待したほどの効果は認められなかったと、金田ら⁹⁵⁾は述べている。

5・4 揚物の材料、水分の影響

揚物の保存性は揚物の種類により、またその水分によってそれぞれ相違がある。揚物油自体の保存性も、過酸化化物や TBA 値の変化からみると、材料の水分⁹⁶⁾、種物の種類⁹⁷⁾などによって変化する。

揚物の性状によっても保存性が相違する。たとえばポテトチップなどといえせんべいのように多孔質のものを比べると後者の方がはるかに早く変敗する⁹⁸⁾。

揚物製品の保存性に対して製品の水分は大きな影響を及ぼす。ただし、製品の水分は揚物をするときの条件によって支配されるとともに保存条件が悪ければ吸湿によって増加する。ポテトチップについてみると水分の多寡は TBA 値から見ると酸敗とは直接関係がないが、食味上問題があるといわれている⁹⁹⁾。吸湿による水分の増加は品質に直接の影響を持ち、たとえば、揚げせんべい、ポテトチップなどでは吸湿が著しければ、油脂が変敗する前に商品としての価値がなくなる。

(昭和 38 年 6 月 13 日受理)

文 献

- 1) A.E. Bailey “Industrial Oil and Fat Products”, p. 309 (1951), Interscience Publishers Inc., N.Y.
- 2) B. Lowe, “Experimental Cookery”, p. 517 (1955), John Wiley Inc., N.Y.
- 3) 吉富, 本誌, **7**, 285 (1958)
- 4) 中村, 富田, 本誌, **7**, 293 (1958)
- 5) 光永, 島村, 本誌, **7**, 275 (1958)
- 6) 後藤, 太田, “食料工業”, p. 150 (1962), 厚生閣, 東京
- 7) R.T. Holman, “Progress in the Chemistry of Fats”, Vol. 2, p. 51 (1954), Pergamon Press, London
- 8) W.O. Lundberg, “Autoxidation and Antioxidants”, Vol. 1, p. 1 (1961), John Wiley and Sons, Inc., London
- 9) A.H. Goodman, Z. Block, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **29**, 616 (1952)
- 10) 戸井, 太田, 岩田, 本誌, **10**, 536 (1961); **11**, 504 (1962); **11**, 508 (1962)
- 11) A. Crossley *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **39**, 9 (1962); 159 (1962)
- 12) F.A. Kummerow *et al.*, *ibid.*, **39**, 118 (1962); **39**, 159 (1962)
- 13) 太田, 岩田, 江井, 本誌 **12**, No. 7 (1963)
- 14) J.C. Cowan, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **38** (No. 5), 12 (1961)
- 15) F.E. Deatherage *et al.*, *ibid.*, **33**, 109 (1956)
- 16) B. Lowe *et al.*, *Iowa Agr. Expt. Sta. Research Bull.*, 242 (1938)
- 17) B. Lowe *et al.*, *Iowa Agr. Expt. Sta. Research Bull.*, 279 (1940)
- 18) McKee, *J. Home Economics*, **10**, 18 (1918)
- 19) A.F. Morgan, E.R. Cozens, *J. Home Economics*, **11**, 394 (1919); *C.A.*, **14**, 433 (1920)
- 20) 戸井, 太田, 家政学, **8**, 197 (1957)
- 21) S.W. Arenson, E.G. Heyl, *Oil and Soap*, **20**, 149 (1943)
- 22) 郷, 食, **3** (No. 5), 5 (1955)
- 23) 郷, 食, **4** (No. 5), 28 (1956)
- 24) 梶本, 植竹, 栄養学, **19**, 23 (1961)
- 25) 樋口, 家政学, **5**, 441 (1955)
- 26) 戸井, 大上, 未発表
- 27) 太田, 浅沼, 未発表
- 28) 一戸, 食, **4** (No. 7), 33 (1956)
- 29) C.W. Lantz, G.T. Carlin, *Oil and Soap*, **15**, 38 (1938)
- 30) 戸井, 大上, 本誌, **6**, 87 (1957)
- 31) H.E. Robinson *et al.*, *Oil and Soap*, **17** 208 (1940)
- 32) 戸井, 太田, 家政学, **8**, 269 (1957)
- 33) 樋口, 同誌, **5**, 441 (1955)
- 34) 樋口, 同誌, **6**, 92 (1956)
- 35) 小坪, 上柳, 同誌, **6**, 5 (1956)
- 36) E.G. Perkins, *Food Technol.*, **14**, 508 (1960)
- 37) K. Blunt, C.M. Feency, *J. Home Economics*, **7**, 535 (1915)
- 38) G.T. Carlin *et al.*, *Food Technol.*, **8**, 161 (1954)
- 39) 金田, 田中, 東海区水産研究所研究報告, No. 24, 47 (1959)
- 40) 太田, 向井, 本誌, **12**, No. 7, (1963)
- 41) 畑, 金国, 広島食試報, **2**, 16 (1955)
- 42) 畑, 金国, 湯木, 同誌, **3**, 26 (1956)
- 43) 畑, 湯木ら, 同誌, **5**, 45 (1957)
- 44) 湯木, 大西, 畑, 本誌, **10**, 464 (1961)
- 45) 熊沢, 本誌, **9**, 324 (1960)
- 46) 熊沢, 本誌, **9**, 532 (1960)
- 47) 熊沢, 杉浦, 本誌, **10**, 394 (1961)
- 48) D. Melnick *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **35**, 271 (1958)
- 49) 吉松, 新垣, 倉賀野, 家政学, **13**, 245 (1962)
- 50) 太田, 岩田, 未発表
- 51) 和田, 日化, **65**, 369 (1944); **65**, 440 (1944); **65**, 510 (1944)
- 52) W.L. Taylor, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **27**, 472 (1950)

- 53) E.G. Perkins, F.A. Kummerow, *ibid.*, **36**, 371(1959)
- 54) 宮川, 野水, 本誌, **10**, 303 (1961)
- 55) E.J. Thiessen, *Food Research*, **4**, 135 (1939)
- 56) F.B. King *et al.*, *J. Agr. Res.*, **53**, 369 (1936); *C. A.*, **31**, 1507 (1937)
- 57) F.R. Porter *et al.*, *Ind. Eng. Chem.*, **24**, 811 (1932)
- 58) M.E. Rust, D.L. Harrison, *Food Technol.*, **14**, 605 (1960)
- 59) M. Bennion, F. Hanning, *ibid.*, **10**, 229 (1956)
- 60) 太田, 向井, 岩田, 未発表
- 61) 佐々木, "実験化学講座", No. 7, 界面化学, p. 701 (1960) 丸善, 東京
- 62) 山本, 小野, 田中, 家政学, **10**, 57 (1959)
- 63) M. Bennion, F. Hanning, *Food Technol.*, **10**, 290 (1956)
- 64) 辻, "料理全集", p. 135 (1958), 日本割烹学校, 大阪
- 65) 川部, "天ぷら奥義", p. 30 (1961), 婦人画報社, 東京
- 66) 松元, 林, 家政学, **9**, 68 (1958)
- 67) 松元, 大武, 同誌, **8**, 154 (1957)
- 68) L. Farber, *Food Technol.*, **3**, 300 (1949)
- 69) 太田, 未発表
- 70) 太田, 松田, 栄養日本, **4** (No. 13), 38 (1961)
- 71) 大久保, 奈良女子家政研, **1**, 8 (1954)
- 72) 元山, 森田, 三野輪, 家庭科学, **140**, 8 (1950)
- 73) 元山, 森田, 三野輪, 同誌, **142**, 44 (1950)
- 74) 松沢, 食生活, **49** (No. 12), 90 (1955)
- 75) 松沢, 森本, 中村, 国立栄研報告, **31**, 67 (1957)
- 76) 高井, 小瀬, 家政学, **9**, 284 (1958)
- 77) 郷, 矢崎, 小川, 食, **6**, 52 (1958)
- 78) 望月, "調理科学", p. 154 (1961,) 医歯薬出版, 東京
- 79) 暮しの手帖研究室, 暮しの手帖, No. 34, 149 (1956)
- 80) 太田, 給食の実務, **6** (No. 5) 12 (1962)
- 81) 大鹿, 斎藤, 家政学, **5**, 65 (1954)
- 82) 大鹿, 同誌, **9**, 5 (1958)
- 83) 大鹿, 新田, 同誌, **10**, 60 (1959)
- 84) 小森, 本誌, **1**, 189 (1952)
- 85) 山路, 本誌, **6**, 193 (1957)
- 86) C.H. Lea, *J. Sci. Food Agric.*, **9**, 621 (1958)
- 87) I.C.L. Chang *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **29**, 378 (1952)
- 88) B. Lowe *et al.*, *ibid.*, **25**, 434 (1948)
- 89) 熊沢, 杉浦, 本誌, **7**, 156 (1958)
- 90) 島村, 本誌, **10**, 129 (1961)
- 91) 熊沢, 本誌, **9**, 380 (1960)
- 92) 木原, 井上, 家政学, **13**, 5 (1962)
- 93) L. Sair, L.A. Hall, *Food Technol.*, **5**, 69 (1951)
- 94) J.E. Magoffin, R.W. Bentz, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **26**, 687 (1949)
- 95) 木原, 井上, 家政学, **11**, 3 (1960)
- 96) 尾藤, 山本, 本誌, **9**, 41 (1960)
- 97) G.T. Carlin, E. Lannerud, *Oil and Soap*, **18**, 60 (1941)
- 98) 元山, "調理の疑問", p. 38 (1960), 第一出版, 東京
- 99) 増山, 三浦, "官能審査ハンドブック", p. 86 (1962), JUSE 出版社, 東京
- 100) 原, "ガスクロマトグラフィー第3集", p. 66 (1962) 南江堂, 東京
- 101) 松尾, 本誌, **12**, 261 (1963)
- 102) 熊沢, 本誌, **12**, 214 (1963)
- 103) 熊沢, 本誌, **12**, 288 (1963)
- 104) 安田, 渡辺, 徳永, 本誌, **11**, 2 (1962)

製菓・製パン工業における油脂の 役割と研究の問題点 (1)

寺 田 喜 巳 男

旭電化工業株式会社 (東京都荒川区尾久町 9-2850)

Roles of Fats in Baking Industries and Some Problems in its Research. 1.

Kimio TERADA

Asahi Denka Kōgyō Co. Ltd. (2850-9 chome Ogu-machi Arakawa-ku, Tokyo)

1 緒 論

菓子類に油脂を使用する目的は、その栄養効果を高めることももちろんであるが、味覚向上のために添加することがおもなねらいであって食味感覚に及ぼす菓子類の物理的改良が主要なものである。したがって従来の研究は、油脂類が菓子類に利用された場合の性能を向上させる分野での仕事は圧倒的に多く報告されているが、近年に至って製菓工業の機械化、連続化などの進展により前

述の製品への物理性の改良に加えて機械性、あるいは連続化のための油脂自体の形態上の検討がされ始めている。しかも最終製品が食用としてきわめて重要な商品であることから、毒性、味の問題、あるいは長期保存型のものでは経日的な酸化、変敗上からの考慮が問題の対象となっている。菓子類の物理的構造は製品によって性質を異にしているので油脂類の役割もそれぞれにより特殊性が要求される。

以下、食用油脂を使用する製菓関係の代表的な工業に