フライ油の使用限界に関する研究

—家庭での揚げ調理における簡便な判定方法の確立をめざして—

Studies on the Life Span of Frying Oil

— For Establishment of a Simple and Easy Judgment Method in the Deep Frying Cooking at Home —

村上 恵

日本調理科学会近畿支部
揚げる・炒める分科会
同志社女子大学生活科学部
〒602-0893
京都市上京区今出川通寺町西入

Megumi MURAKAMI

Res. gr. on Frying
Kinki branch office, Jpn. Soc. Cookery Sci.
Dept. Food Sci. Nutr., Doshisha Women's
College of Liberal Arts
Teramachi Nishiiru, Imadegawa-dori,
Kamigyo-ku, Kyoto, 602-0893, JAPAN

伊藤知子

日本調理科学会近畿支部
揚げる・炒める分科会
大阪国際大学人間科学部
〒570-8555
大阪府守口市藤田町 6-21-57

Tomoko FUJIMURA-ITO

Res. gr. on Frying
Kinki branch office, Jpn. Soc. Cookery Sci.
Dept. Human Health Sci., Osaka Internat.
Univ.
6-21-57 Tohdacho, Moriguchi, Osaka,
570-8555, JAPAN

原 知子

日本調理科学会近畿支部
揚げる・炒める分科会
神戸山手短期大学
〒650-0004
神戸市中央区中山手通 7-12-1

Tomoko HARA

Res. gr. on Frying
Kinki branch office, Jpn. Soc. Cookery Sci.
Dept. Human Life Studies,
Kobe Yamate College
7-12-1 Nakayamatedori, Chuo-ku, Kobe,
Hyogo, 650-0004, JAPAN

論文要旨：フライ油を揚げ物に何度も使用していると次第に油脂の酸化が起こり，風味や揚げり具合が悪くなるのみでなく，毒性を示すようになることはよく知られている。フライ油の劣化の判定には，粘度や酸価，カルボニル価などの測定法が用いられているが，家庭でこれらの測定を行うことは困難である。日本調理科学会近畿支部，揚げる・炒める分科会では，このフライ油の使用限界をどのような基準で判定するのかについて着目し，分析機器などの設備がない家庭でおいしい揚げ物を作るためのフライ油の使用限界について，官能検査法で評価できるかを検討してきた。その結果，これまでにフライ油の使用限界の判定として，暫定油脂分析試験法による油の風味点数3を基準に用いることがフライ油の着色や揚げ種，揚げ方法の違いに左右されず，家庭での簡易法として有効であることを明らかにした。

Abstract: It is well known that frying oil gradually deteriorates when used many times, and that the flavor of such rancid oil is bad. The quality of foods fried in such oil is reduced and it becomes toxic as oxidation progresses. In order to access the deterioration of frying oil, we measure the viscosity, acidic value, carbonyl value and etc. But these chemical or physical values cannot be measured easily, and we have no instruments for this in the kitchen. To assess the life span of good taste results for frying oil used for cooking, members of the research group on frying have been looking into an easy

method of sensory evaluation, namely, flavor scores based upon the provisional standard methods for the analysis of fats, oils and related materials (Japan Oil Chemists' Society). As the color of the frying oil and the taste of the fried materials varies case by case, it has been revealed that using the judging flavor score 3 of frying oil is a useful and easy method for accessing its life span in the domestic kitchen.

Key words: frying oil, flavor score, sensory test, life span, fried food

1 はじめに

食用油脂を熱媒体として用いる代表的な調理法として揚げ調理があげられる。油脂を調理に用いることにより、円滑味が付加され、食品の美味しさが増し、その付加価値を高めることができる。しかし、揚げ調理の過程において、フライ油は高温で空気および水（揚げ種や衣に含まれる水分など）と接触することになる。そのため、繰り返し揚げ調理を行うことにより、次第にフライ油の劣化が起これ、揚げ物の風味や揚げり具合が悪くなるのみでなく、毒性を示すようになることがよく知られている¹⁾。したがって、フライ油はどこかの時点で廃棄する必要がある。

家庭においてフライ油は何をもって廃棄すると判断されているのか。さまざまな研究者による過去 30 年間のフライ油の利用に関するアンケート調査結果について、とくに経時的な変化に着目した。まず、フライ油を廃棄する目安について検討を行った^{2), 3)}ところ、この問題に関して、さまざまな調査はあるものの、過去から現在に至るまで、揚げ調理に使用した回数によって判断して廃棄する、という回答が最も多く、次いで油の色、という回答が多かった。

次に、フライ油の使用回数について検討を行った。それぞれの研究者によって質問項目、使用回数の区分方法が異なるため単純比較は難しいが、以下の流れが確認された。すなわち、フライ油を 1～2 回使用して廃棄すると回答した家庭の割合は 1972 年：14%，1981 年：44%であり⁴⁾、フライ油の使用回数が顕著に減少する傾向が見られた。さらに、1 回使用して廃棄すると回答した家庭の割合は、1986 年：15%⁵⁾、1998 年：15.9%²⁾、2001 年：19.5%³⁾であった。これらの結果から、フライ油を 1 回使用で廃棄する家庭の割合は 1990 年代後半から増加していることが明らかとなった。

また、アンケートの他の回答内容から健康志向が強い

と考えられる家庭では、フライ油を 1 回使用して廃棄すると回答した割合は上記の割合よりも高く、1998 年：20.0%，2001 年：22.3%と増加しており、食情報、とくに健康に関する情報に敏感であると考えられる家庭では、フライ油を廃棄するまでの使用回数が少なくなる傾向がうかがわれた^{2), 3), 4)}。健康志向が強いといわれる現在では、高カロリーな脂質を多く含む食品は避けられる傾向にあり、また、劣化した油脂の摂取を避けるために、揚げ物への使用回数が少ない段階でフライ油が廃棄されていることが明らかになった。

しかし、フライ油を 1 回揚げ物に使用しただけでは、廃棄しなければいけないレベルまで劣化することはほとんどない。上述の結果は、フライ油が使用限界に達する前に廃棄されていることを示している。まだ使用可能な状態のフライ油を廃棄することは、ゴミの増量につながり、環境に負荷がかかる。食用油の原料となる作物がバイオ燃料の製造に用いられ、食用油の価格が高騰し、食資源の有効利用が求められている現在、フライ油の寿命を安全面で問題のない範囲でいかに延ばすかということが求められている。そのためには、フライ油の使用限界を正しく判断することが必要となる。

フライ油の揚げ調理への使用回数や油の色は、フライ油の劣化の指標として適切なものであるといえるのだろうか。フライ油の劣化は、種々の反応が複合的に生じることにより引き起こされる。すなわち、不飽和脂肪酸の二重結合および飽和脂肪酸のエステル結合から生じるフリーラジカル反応（熱酸化）、熱重合、加水分解などである。フライ油の劣化度を測定する方法として、熱酸化によって生じるカルボニル化合物に由来するカルボニル価（CV）、アニシジン価（An.V）の測定、熱重合などによって生じる物理的性質の変化を表す粘度や界面張力などの測定、加水分解によって生じる遊離脂肪酸に由来する酸価（AV）の測定、その他泡立ち、色、変敗臭の原因となる揮発性成分などを測定する方法もある。しかし、これらのいずれの方法も、フライ油の劣化の一面のみを測定する手法であり、総合的な指標ではない。また、これらの手法は測定機器および設備の用意はもちろん、試薬の調製や定量操作にある程度の熟練を要することから、家庭や市場の揚げ物店などで測定を行うことは困難である。同様に、家庭で判断基準とされているフライ油の使用回数、色についても、必ずしも総合的にフラ

揚げると・炒める分科会メンバー（平成 20 年 11 月 1 日現在）：安藤真美（大阪樟蔭女子大学）、伊藤知子（大阪国際大学）、井上吉世（神戸女子短期大学）、大塚憲一（㈱ J-オイルミルズ）、久保加織（滋賀大学）、小林敦子（丸大食品株式会社）、高村仁知（奈良女子大学）、露口小百合（平安女学院大学（非））、中平真由巳（滋賀短期大学）、林 淑美（園田学園女子大学）、原 知子（神戸山手短期大学）、的場輝佳（関西福祉科学大学）、三明清隆（丸大食品株式会社）、水野千恵（甲子園大学）、明神千穂（近畿大学）、村上恵（同志社女子大学）、和田珠子（大手前短期大学）

イ油の劣化を判断する正しい方法とはいえない。したがって、フライ油の劣化度をモニターすることができる適当な指標の設定と簡易測定法の開発が望まれている。

フライ油の劣化に伴って生じる変敗臭はカルボニル化合物が主成分ではあるが、実際には多くの成分のにおいが複合していること、加熱油の An.V や CV など官能評価による風味測定の結果と比較的よく一致していること⁶⁾、加熱油の油っぽさはカルボニル化合物によること^{7), 8)}が報告されている。日本調理科学会近畿支部、揚げ・炒める分科会ではこの点に着目し、フライ油の劣化度および使用限界を官能評価法で評価できるか検討を重ね、これまでにフライ油の使用限界の判定として、暫定油脂分析試験法（現在は基準油脂分析試験法 2003 年版）による油の風味点数 3 の分類表^{9), 10)}を基準に用いることが家庭などでの簡易法として有効であることを明らかにしてきた。

ここではこれまで当分科会で明らかにしてきたフライ油の使用限界に関する研究の一端を紹介する。

2 フライ油と揚げポテトの風味に関する検討¹¹⁾

フライ油の酸化度合と使用限界を官能評価法で評価できるか合同実験による検討を行った。官能評価による風味点数の評価には、暫定油脂分析試験法と同じ 5 点満点法の風味点数の分類表 (Table 1) を用いた。大学等 16 機関で同機種の電気フライヤーを用いて 180℃ で大豆油を加熱し、この風味点数の分類表の基準に基づき、風味の強さを 5 段階で表示し、各段階と同じ風味を持つまでに要した加熱時間、ならびに各段階のフライ油で揚げた冷凍フレンチフライドポテト（以後ポテト）について官能評価を行い、油脂と揚げポテトの風味を比較した。

Table 1 暫定油脂分析試験法による風味点数の分類

点 数	風 味
5	固有臭があっても淡泊である（新鮮油）
4	青草様、豆様、戻り臭、かすかに油っぽい
3	油っぽい、油臭い、重い
2	変敗臭、非常に油っぽい
1	強い変敗臭、ペンキ臭、刺激臭

備考

点数の詳細な説明は以下の通りである。
 点数 5 とは、油脂固有の風味（俗にまろみ、うまみを持つ固有臭）ならびに淡泊な味、臭の新鮮油をいう。
 点数 4 とは、点数 5 の新鮮油固有の風味に微妙な変化がみられ、青草様、豆様、戻り臭を有しかすかに油っぽく感ずる油脂をいう。
 点数 3 とは、点数 5 及び 4 の油脂に比べ油っぽく、重く、油臭く感ぜられ、かつ口中での消去性の悪い油脂をいう。
 点数 2 とは、舌をさすような味、いやなおいを呈し、かつ非常に油っぽい油脂をいう。
 点数 1 とは、強く舌をさす味で、強いいやなおいを呈する油脂をいう。

Table 2 風味の異なる大豆油で揚げたポテトの官能評価

		油の風味 (点数)		
		5	4	3
揚げポテト	味	おいしい 良い	やや油っぽい 5 の評価とあまり変わらない	油っぽい おいしさがなくなる やや酸味がある
	香り	良い香り 材料の香り	やや油臭い 5 の評価とあまり変わらない	油臭い
	揚げり具合	油切れが良い カラッとして いる	少しベタつく やや油切れが悪い	油っぽい ベタついている

第 1 回の実験では、フライ油の風味点数 3（油っぽい、油臭い、重い）に達するまでに要した加熱時間は、最も早い機関で 16 時間、遅い機関で 50 時間となり、差が大きかった。風味点数 5 から 1 の各段階に調製した油脂の風味を味わたあとの実験では、フライ油の風味点数 3 に達するまでの時間は 16 時間から 22 時間となり、第 1 回目の実験に比べ機関内のばらつきは非常に小さくなった。

また、風味点数 5（新鮮油）、4、3 のフライ油で揚げたポテトの味、香りは、それぞれのフライ油の 5、4、3 の風味とよく似た味、香りを示した (Table 2)。風味点数 3 のフライ油の An.V は 7 機関の平均で 152 ± 19 、CV は 13.7 ± 2.0 であり、揚げポテトの風味が明らかに低下する時はこの風味点数 3 のフライ油で揚げた時であった。したがって、風味の良い、おいしい揚げポテトを作るためには、フライ油の風味点数 3 が使用限界の目安になると考えられた。

3 6 種類の揚げ種による違い¹²⁾

フライ油の風味の劣化と揚げポテトの風味の劣化はほぼ比例し、風味点数 3 が使用限界を判断する目安と考えられた。そこで、次に異なる揚げ種の場合について検討を行った。すなわち、6 種類の動植物食品（豚ヒレ、鶏ささ身、いわし、さわら、ピーマン、じゃがいも）を揚げ、油の風味と化学分析値（AV、An.V、CV、トコフェロール残存率）を測定し、揚げ種の種類が異なる場合でもフライ油による風味の判定が可能であるか検討した。

各揚げ種は 1 回 50 g を 1 日 8 時間、大豆油 500 g を入れた電気フライヤー中で 170℃ で揚げ、官能評価によりフライ油が風味点数 3 になるまで加熱を続けた。

油の風味点数が 3 になるまでの加熱時間は揚げ種により異なり、動物性素材（豚ヒレ、鶏ささ身、いわし、さ

Table 3 油の風味点数3に達するまでの加熱時間、揚げ回数と残存油重量 (素揚げ)

試料	加熱時間(h)	揚げ回数(回)	残存油重量(g)
豚ヒレ	7.93 ± 1.46 ^a	2.83 ± 0.69 ^a	485 ± 8 ^a
鶏ささ身	10.48 ± 1.39 ^b	3.33 ± 0.47 ^a	488 ± 10 ^a
いわし	8.67 ± 1.55 ^{ab}	3.00 ± 0.58 ^a	469 ± 14 ^{ab}
さくら	9.68 ± 1.96 ^{ab}	3.17 ± 0.37 ^a	478 ± 10 ^a
ピーマン	14.42 ± 1.43 ^c	4.50 ± 0.50 ^b	461 ± 10 ^b
じゃがいも	15.25 ± 1.40 ^c	4.33 ± 0.47 ^b	453 ± 15 ^b

同じ添え字がない数値の間には5%以下の危険率で有意差があることを示す

加熱条件は油自体を1日8時間持続加熱し、その間、揚げ種を1日2回揚げた。揚げ時間はピーマン1分、豚ヒレ、いわし、さくら2分、じゃがいも、鶏ささ身3分とした。

わら)の方が植物性素材(ピーマン、じゃがいも)に比べて短かった(Table 3)。動物性素材の間には脂質含量や脂肪酸組成に大きな差があるにもかかわらず、風味点数3に至るまでの加熱時間にほとんど差はみられなかった。ピーマンとじゃがいもの間にも、水分含量やクロロフィルの有無などにかかわらず差はみられなかった。

風味点数3のフライ油のAV, An.V, CV, トコフェロール残存率は揚げ種による差がほとんどなかった(Table 4)。すなわち風味点数3の油の劣化度はほぼ同じであることがわかった。いずれの場合もトコフェロールがまだ残存している状態であったことから、毒性が現れるほど酸化は進んでいないと考えられた。

以上の結果より、動物性素材は植物性素材に比べ、より早く風味を劣化させるが、風味点数3の段階における化学分析値への影響はほぼ同じであると考えられた。また、いずれも毒性が現れるほど酸化が進んでいなかったことから、官能評価によって使用限界を判断しても食品衛生上問題はないと思われ、フライ油の風味点数3を使用限界の基準に用いることは家庭などにおける簡便法として有効であることが明らかとなった。

4 素揚げの揚げ物の風味とフライ油の風味¹³⁾

次に、フライ油の劣化の状態と揚げ物の揚げり具合についてより詳細に検討を行うため、前述の6種類の素材のうち動物性素材として魚類のさくら、肉類の鶏ささ身および植物性素材としてじゃがいもを用いて、15分ごとに連続的に揚げ操作(素揚げ)を行った。加熱条件は、加熱温度を170℃に設定し、1回50gの揚げ種を15分ごとに揚げた。揚げ時間はさくら2分、じゃがいも、鶏ささ身3分とした。フライ油と揚げ物の官能評価には、Fig. 1の評価項目を設定し、評点法により評価を行った。

フライ油が風味点数3に達した時の揚げ回数は、鶏さ

Table 4 加熱終了時のフライ油の化学的性状(6種類の揚げ種による違い)

試料	AV	An.V	CV (meq/kg)	トコフェロール 残存率(%)
豚ヒレ	0.25 ± 0.08	130.1 ± 63.7 ^a	14.3 ± 6.3 ^a	52.0 ± 23.1
鶏ささ身	0.30 ± 0.16	189.7 ± 85.0 ^{ab}	21.2 ± 10.2 ^{ab,c}	38.4 ± 28.0
いわし	0.24 ± 0.13	174.6 ± 77.5 ^{ab}	19.2 ± 9.6 ^{ab}	46.7 ± 22.7
さくら	0.26 ± 0.12	179.4 ± 80.3 ^{ab}	20.3 ± 10.0 ^{ab,c}	41.9 ± 26.4
ピーマン	0.31 ± 0.14	195.7 ± 77.4 ^{ab}	22.6 ± 11.2 ^{ab,c}	39.7 ± 24.6
じゃがいも	0.35 ± 0.14	233.1 ± 67.4 ^b	28.5 ± 10.4 ^{bc}	31.3 ± 25.3

同じ添え字がない数値の間には5%以下の危険率で有意差があることを示す

フライ油について

	悪い	やや悪い	ふつう	やや良い	良い
1. 油臭さ	-2	-1	0	+1	+2
2. 粘度(油っぽい) (べたっとしている) (消去性が悪い) (重い)	-2	-1	0	+1	+2
3. 色	-2	-1	0	+1	+2
4. 風味点数	数値で記述				

揚げものについて

	悪い	やや悪い	ふつう	やや良い	良い
1. 外観(形、色)	-2	-1	0	+1	+2
2. 油臭さ	-2	-1	0	+1	+2
3. 味	-2	-1	0	+1	+2
4. 匂い	-2	-1	0	+1	+2
5. 揚げり具合 (火の通り方) (テクスチャー) (油切れ)	-2	-1	0	+1	+2
6. おいしさ	-2	-1	0	+1	+2
	おいしくない ふつう おいしい がまんして食べられる まあまあおいしい (可食限界) (嗜好限界)				

Fig. 1 官能評価の項目

さ身で9回、さくらで8回、じゃがいもで14回であり、前報¹²⁾と同様、動物性素材(鶏ささ身、さくら)の方が植物性素材(じゃがいも)よりも有意に短かった。揚げ物の官能評価は材料自体の影響を受けやすく、フライ油の風味の官能評価の方が材料の種類が異なっても判定しやすかった。風味点数4の油で揚げたものは評価が高く、風味点数3の油で揚げると揚げ物の食味が低下した。

フライ油の色に関して、素揚げでは材料によって着色度が異なり、とくにじゃがいもでは、フライ油が風味点数3に達していても色は「ふつう」程度の色と判定され

Fig. 2 フライ油の官能評価 (素揚げ)
■; 鶏ささ身, ▲; さわら, ●; じゃがいも
(n=28 の平均値)

(Fig. 2), 着色度と揚げ物の風味およびフライ油の化学分析値 (Table 5) との関連はみられなかった。同じ材料を揚げる場合、着色度は徐々に増していくため、相対的な評価に用いることはできるが、揚げ種が多種類になる場合には、判断しにくいと考えられた。

また、風味点数 3 のフライ油の化学分析値は、昭和 54 年に厚生省 (現厚生労働省) が出した「弁当およびそうざいの衛生規範について」^[14] に規定されている油の交換基準 (発煙点が 170℃ を超えたもの、AV2.5 を超えたもの、CV50 を超えたもの) と比べると、安全性の面から全く問題ない範囲と考えられた。

以上の結果より、風味点数 3 のフライ油は、化学分析

値からみた限り安全性に問題はなく、嗜好的な評価が低下し始める状態であると判断できる。すなわち、風味点数 3 のフライ油で揚げ物を揚げた場合、揚げ物の官能評価では「ふつう」か「やや悪い」程度と判定されるため、フライ油の使用限界を判定する方法としては油自体の官能評価を用いる方が揚げ種の違いに左右されず、判定が容易であると考えられた。

5 衣揚げと素揚げの比較¹⁵⁾

実際に家庭で行う揚げ方法は、パン粉揚げ (39%)、天ぷら (30%)、から揚げ (26%)、その他 (5%) であり、パン粉衣や天ぷら衣などの衣をつけた揚げ調理が圧倒的に多い²⁾。そこで官能評価によるフライ油の風味点数 3 を油の使用限界の判断方法として用いることの実用性を高めるため、天ぷら衣をつけた場合 (衣揚げ) について検討を行った。

衣揚げの場合は、素揚げに比べて風味点数 3 に至る揚げ回数が若干多くなる傾向にあった (Table 6)。また素揚げに比べてフライ油の着色度が低かった。フライ油の油臭さ、粘度に関しては衣揚げの方が評価が高く、衣をつけることによりフライ油の色、油臭さ、粘度に関与する成分の溶出が抑えられていると推測された (Fig. 3)。これらの要素はフライ油の風味点数を判断する要素として大きく関わっていると考えられた。

Table 6 油の風味点数 3 に達するまでの加熱時間、揚げ回数と残存油重量 (衣揚げ)

試料	加熱時間 (h)	揚げ回数 (回)	残存油重量 (g)
鶏ささ身			
素揚げ	2.0 ± 0.4 ^a	9.0 ± 1.7 ^a	491 ± 7 ^a
衣揚げ	2.4 ± 0.3 ^a	11.0 ± 1.2 ^a	474 ± 15 ^a
豚ヒレ			
素揚げ	2.3 ± 0.7 ^a	10.0 ± 2.6 ^a	490 ± 0 ^a
衣揚げ	2.3 ± 0.3 ^a	10.0 ± 1.2 ^a	452 ± 1 ^b
じゃがいも			
素揚げ	3.4 ± 0.1 ^a	15.0 ± 0.6 ^a	470 ± 4 ^a
衣揚げ	3.5 ± 0.4 ^a	15.0 ± 0.7 ^a	389 ± 13 ^b

同じ添え字がない数値の間には 5% 以下の危険率で有意差があることを示す

Table 5 風味点数 3 の油の劣化度 (素揚げ)

試料	AV	過酸化物質 (meq/kg)	An.V	CV (meq/kg)	加熱時間 (h)
鶏ささ身	0.17 ± 0.00 ^a	4.1 ± 0.6 ^a	31.5 ± 1.1 ^a	6.7 ± 0.7 ^a	1.9 ± 0.1 ^a
さわら	0.22 ± 0.10 ^a	2.6 ± 0.1 ^a	27.0 ± 2.2 ^a	6.7 ± 0.1 ^a	1.9 ± 0.2 ^a
じゃがいも	0.16 ± 0.00 ^b	8.2 ± 1.8 ^b	107.9 ± 13.1 ^b	10.3 ± 1.1 ^b	3.1 ± 0.2 ^b

同じ添え字がない数値の間には 5% 以下の危険率で有意差があることを示す

Fig. 3 フライ油の官能評価結果 (素揚げと衣揚げの比較)
 ■; 鶏ささ身素揚げ, ▲; 豚ヒレ素揚げ, ●; ジャガイモ素揚げ, □; 鶏ささ身衣揚げ, △; 豚ヒレ衣揚げ, ○; ジャガイモ衣揚げ
 (n = 23 の平均値)

揚げ物の評価は素揚げでは揚げ種の違いによって評価にばらつきがあったが、衣揚げでは揚げ種間の違いはほとんどみられなかった。フライ油が風味点数3になった時点での衣揚げのおいしさの評価は一様に低く、おいしく食することの限界を超えていた。

衣揚げの場合も素揚げの場合同様、風味点数3のフライ油は劣化度から判断して安全性に問題のない範囲で

あった (データは示していない)。したがって、衣揚げの場合でも、使用限界の判定にフライ油の風味点数3を基準として用いることは有効な方法といえる。

6 パン粉揚げと素揚げの比較¹⁶⁾

パン粉揚げの場合についても検討を行った。

動物性素材の鶏ささ身, 植物性素材のじゃがいもいずれにおいてもパン粉揚げは素揚げより油の風味の低下が遅かった。揚げ物の風味ではパン粉揚げは素揚げに比べて各揚げ回数ごとの評価は高かった。風味点数3の油で揚げた揚げ物はいずれの場合もおいしくないという評

Fig. 4 フライ油の風味点数の変化 (素揚げとパン粉揚げの比較)
 ■; 鶏ささ身素揚げ, ●; ジャガイモ素揚げ
 □; 鶏ささ身パン粉揚げ, ○; ジャガイモパン粉揚げ
 (n=18 の平均値)

Table 7 風味点数3の油の劣化度 (パン粉揚げ)

試料	AV	過酸化物質価 (meq/kg)	An.V	CV (meq/kg)	加熱時間(h)
鶏ささ身					
素揚げ	0.10 ± 0.00 ^a	10.2 ± 2.1 ^a	62.5 ± 3.6 ^a	11.4 ± 0.9 ^a	2.42 ± 0.14
パン粉揚げ	0.19 ± 0.00 ^a	17.2 ± 1.7 ^b	100.5 ± 3.3 ^b	15.5 ± 0.7 ^b	2.92 ± 0.14
じゃがいも					
素揚げ	0.15 ± 0.00 ^a	11.1 ± 0.4 ^a	134.9 ± 2.8 ^{b,c}	19.8 ± 0.2 ^{b,c}	3.42 ± 0.14
パン粉揚げ	0.20 ± 0.00 ^a	14.6 ± 0.6 ^{a,b}	171.8 ± 6.5 ^{b,c,d}	24.6 ± 2.1 ^{b,c,d}	3.83 ± 0.29

同じ添え字がない数値の間には5%以下の危険率で有意差があることを示す

Table 8 フライ油の劣化度 (パン粉揚げ, 2 時間加熱時)

試 料	AV	過酸化値 (meq/kg)	An.V	CV (meq/kg)
鶏ささ身				
素揚げ	0.11 ± 0.00 ^a	8.8 ± 0.5 ^a	41.6 ± 4.6 ^a	9.3 ± 0.5 ^a
パン粉揚げ	0.14 ± 0.00 ^b	14.1 ± 2.6 ^b	66.1 ± 5.2 ^b	11.4 ± 0.2 ^b
じゃがいも				
素揚げ	0.10 ± 0.00 ^a	10.3 ± 0.5 ^a	75.7 ± 5.2 ^b	12.5 ± 0.9 ^b
パン粉揚げ	0.12 ± 0.00 ^a	12.0 ± 0.6 ^{a,b}	83.6 ± 15.2 ^b	14.1 ± 1.1 ^{b,c}

同じ添え字がない数値の間には 5% 以下の危険率で有意差があることを示す

価であった (データは示していない)。

風味点数 3 のフライ油の劣化度を示す化学分析値は、油の総加熱時間、揚げ種の総投入量に伴い高くなる傾向にあった (Table 7)。しかし、加熱時間が同じ時点のフライ油 (2 時間経過、揚げ回数 9 回) の風味点数が鶏ささ身素揚げで 3.2、パン粉揚げで 3.6、じゃがいも素揚げ、パン粉揚げともに 3.7 (Fig. 4) と鶏ささ身素揚げが最も評価が低かったにもかかわらず、化学分析値 (Table 8) では最も劣化が進んでいなかった。すなわち、油の風味点数とフライ油の劣化指標とされている化学分析値とは必ずしも一致していなかった。これは素揚げの場合は揚げ種の油への溶出成分の影響がそのまま出るのに対して、パン粉揚げの場合は衣揚げと同様に衣が溶出成分を抑えているため油の風味点数への影響が多少遅れるためと考えられる。

以上の結果より、パン粉揚げの場合もフライ油の使用限界の判定には、油の風味点数 3 を基準にする方法が有効であると考えられる。しかし、風味点数と化学分析値が必ずしも一致していなかったことから、風味点数 3 と認識した油の特性を官能評価のみならず、より科学的に分析して検討する必要性が示唆された。

7 揚げ物およびフライ油の風味と極性化合物の関係¹⁷⁾

フライ油の劣化程度を測定するための特性値は多種類あるが、一つの分析値で油自体の指標となる総合的なものはない。とくに風味については一義的にとらえられる指標はなく複合的な評価が必要となることがこれまでの報告¹⁶⁾で明らかとなってきた。

フライ油の劣化は Fig. 5 に示すように、加水分解、熱重合、熱酸化、揚げ種からの溶出成分との相互作用などにより進行していく。そこで、「トリグリセリド以外のすべて」と定義される極性化合物 (PC) に着目し、フライ油の風味低下との関連を検討した。すなわち、段階的に劣化度が異なる劣化油 3 種類 (Table 9) を用いて、揚げ玉、マイタケの天ぷら、コロッケを調製し、揚げ物

Fig. 5 揚げ調理におけるフライ油劣化のメカニズム

Table 9 試料油と特性値

	AV	CV	色	粘度	極性化合物 (%)
新鮮油	0.03	2.2	1-	7.78	3.0
劣化油 1	1.28	8.4	11-	8.21	10.8
劣化油 2	2.02	10.9	11+	8.51	14.6
劣化油 3	4.50	9.3	13	8.62	23.8

およびフライ油の官能評価による風味と PC の関係について検討を行った。

新鮮油および劣化油 1 ~ 3 の劣化程度の異なるフライ油 4 種およびそれらで調製された製品の風味に有意差が認められた (Table 10)。これら 4 種の油は AV、粘度、PC が段階的に異なるもので、揚げ玉、マイタケの天ぷら、油自体の風味の評価結果はこれらの要素と対応し、順に風味評価は低下した。PC 約 11% (劣化油 1) から約 15% (劣化油 2) の油の間で低下が顕著であった。また劣化が進行した油において官能評価ではその違いが認めにくくなる傾向にあった。コロッケでは油の劣化による風味評価の低下は小さかった。

PC 15% 以上でフライ油および揚げ物の風味が低下するとともに風味の劣化度合いを弁別し難くなる傾向が

Table 10 4種の油により調製した揚げ物およびフライ油の官能評価結果 (多重比較)

揚げ玉

	新鮮油	劣化油 1	劣化油 2	劣化油 3
新鮮油		**	**	**
劣化油 1			**	**
劣化油 2				*
劣化油 3				

コロッケ

	新鮮油	劣化油 1	劣化油 2	劣化油 3
新鮮油		none	**	*
劣化油 1			**	**
劣化油 2				none
劣化油 3				

まいたけ天ぷら

	新鮮油	劣化油 1	劣化油 2	劣化油 3
新鮮油		**	**	**
劣化油 1			**	**
劣化油 2				none
劣化油 3				

フライ油

	新鮮油	劣化油 1	劣化油 2	劣化油 3
新鮮油		**	**	**
劣化油 1			**	**
劣化油 2				none
劣化油 3				

新鮮油 (PC 3.0%), 劣化油 1 (PC 10.8%), 劣化油 2 (PC 14.6%), 劣化油 3 (PC 23.8%)

有意差は Turkey の多重比較による

*; $p < 0.05$, **; $p < 0.01$

Fig. 6 4種の油により調製した揚げ物およびフライ油の可食許容者の割合

新鮮油を用いて調製した揚げ物および新鮮油の風味を「おいしい」と評価したパネル数を100%として、各油によって調製した揚げ物および油自体の風味を「おいしい」と評価したパネル数の割合を示した。

□; 新鮮油, ▨; 劣化油 1, ▩; 劣化油 2, ■; 劣化油 3

あった (Fig. 6)。したがって、フライ油の官能評価ではPC 15%付近で、風味低下を認識していると考えられ、PCがフライ油の風味評価に関わっていることが示唆された。

8 おわりに

さまざまな揚げ調理について実用性も踏まえ実験を行った結果、フライ油の使用限界の判定には油の風味点数3を基準に用いることが家庭などでの簡易法として有効であることを明らかにしてきた。また風味点数3のフライ油の判定について、極性化合物との関連を検討し、官能評価によるフライ油の劣化判定への影響を明らかに

した。現在、風味点数3のフライ油の各化学分析値の相関¹⁸⁾やカルボニル化合物量¹⁹⁾が風味点数の判定に及ぼす影響についても研究を進めているところであり、今後フライ油の劣化に関する見解は蓄積されるものと期待している。

文 献

- 1) N. Gotou, H. Watanabe, R. Osato, A. Iwasawa, K. Inagaki & S. Wada, *J. Oleo Sci.*, **54**, 397-405 (2005).
- 2) 日本調理科学会近畿支部揚げる・炒める分科会, 日調科誌, **33**, 236-43 (2000).
- 3) 安藤真美, 伊藤知子, 井上吉世, 大野佳美, 櫻井愛子, 杉山文美, 高村仁知, 武智多与理, 中原満子, 西池珠子, 原 知子, 深見良子, 藤村浩嗣, 的場輝佳, 水野千恵, 村上 恵, 山下貴稔, 湯川夏子, 日調科誌, **36**, 274-83 (2003).
- 4) 太田静行, 湯木悦二, フライ油の理論と実際, 幸書房, pp. 393-412 (1989).
- 5) 小島しのぶ, 宮崎幸恵, 加藤保子, 家政誌, **38**, 889-94 (1987).
- 6) G. R. List, C. D. Evans, W. F. Kwolek, K. Warner & B. K. Boundy, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **51**, 17-21 (1974).
- 7) 太田静行, 湯木悦二, フライ油の理論と実際, 幸書房, pp. 196-203 (1976).
- 8) 薄木理一郎, 食工誌, **34**, 771-8 (1987).
- 9) 日本油化学協会, 暫定油脂分析試験法, 暫 2-1981 (1981).
- 10) 日本油化学会, 基準油脂分析試験法 2003 年版, 参 2.6-1996 (2003).
- 11) 日本調理科学会揚げる・炒める分科会, 調理科学, **26**, 304-9 (1993).
- 12) 日本調理科学会揚げる・炒める分科会, 日調科誌, **29**, 104-8 (1996).
- 13) 日本調理科学会揚げる・炒める分科会, 日調科誌, **31**,

- 214-9 (1998).
- 14) 食品衛生研究会編, 食品衛生小六法, 新日本法規, 1582 (2000).
- 15) 日本調理科学会揚げる・炒める分科会, 日調科誌, 36, 32-8 (2003).
- 16) 井上吉世, 石津日出子, 伊藤知子, 大鹿淳子, 梶本五郎, 竹井よう子, 高村仁知, 中原満子, 西池珠子, 林淑美, 原 知子, 深見良子, 福井弘子, 的場輝佳, 水野千恵, 村上 恵, 夜久富美子, 湯川夏子, 日調科誌, 36, 299-304 (2003).
- 17) 原 知子, 安藤真美, 伊藤知子, 井上吉世, 大塚憲一, 大野佳美, 岡村由美, 白砂尋士, 高村仁知, 武智多与理, 露口小百合, 中原満子, 中平真由巳, 西池珠子, 林 淑美, 深見良子, 藤村浩嗣, 松井正枝, 的場輝佳, 水野千恵, 村上 恵, 山下貴稔, 湯川夏子, 渡辺健市, 食科工, 51, 23-7 (2004).
- 18) 日本調理科学会揚げる・炒める分科会, 日本調理科学会平成 12 年度大会要旨集, 鹿児島, p. 26 (2000).
- 19) 日本調理科学会揚げる・炒める分科会, 日本調理科学会平成 14 年度大会要旨集, 大阪, p. 22 (2002).
-