

ゼオライトおよびコージライトの揚げ油の劣化におよぼす影響 (研究ノート) Effect of Zeolite and Cordierite on Repression of Deterioration of Deep-fried Oil

中 澤 弥 子 Hiroko Nakazawa
古 内 幸 雄 Yukio Furuuchi

I. はじめに

家庭で揚げ物調理を行う際に使用した油は環境負荷の軽減や資源の有効利用の観点から繰り返し使用することが望ましい。しかし、加熱および保存により生ずる酸化生成物が蓄積すると風味が損なわれ、健康への悪影響も懸念されることから繰り返し使用には限界がある。多くの家庭では、揚げ物調理後の油を油こし器でろ過し、揚げカスを除くことにより油の劣化を防いでいる¹⁾。最近、脱水作用や吸着性、陽イオン交換能などがあるゼオライト^{注1)} およびコージライト^{注2)} をセットした油こし器 (オイルクリーン: ファミリーサービス・エイコー株式会社製: 長野市) が考案されている。本研究では、この油こし器が保存された揚げ油の劣化抑制効果をもつかどうかを比較検討した。

また、身体に蓄積されにくい油 (特定保健用食品)²⁾ として市販されているジアシルグリセロール^{注3)} を主成分とする食用油を揚げ加熱に利用した場合のゼオライトおよびコージライトの劣化抑制効果についても検討したので報告する。

注1) ゼオライト^{3,4)}: ゼオライトは、結晶性の無機多孔質材料で、均一な分子レベルの細孔が規則正しく配向するという特徴を有している。主な成分はシリカ (二酸化ケイ素) とアルミナ (酸化アルミニウム) で、ケイ素 (Si) とアルミニウム (Al) が酸素 (O) を介して結合した構造をしている。骨格構造中では、アルミニウム (+3 価) とケイ素 (+4 価) が酸素 (-2 価) を互いに共有するため、ケイ素の周りは電気的に中性となり、アルミニウムの周りは-1 価となる。この負電荷を補償するために、骨格中に陽イオン (例えば Na⁺) が必要となり、この陽イオンは他の金属イオン (H⁺, K⁺, Ca²⁺ など) と容易に交換でき、陽イオンの種類によりゼオライトは機能性をもつことになる。ゼオライトは、吸着機能・陽イオン交換機能・触媒能などの性質を有し、触媒・吸着剤・イオン交換剤として様々な分野で使用されている。また、合成物だけでなく天然にも存在し、日本の各地で産出される。

注2) コージライト^{5,6)}: コージライトは、堇青石 (きんせいせき) ともいう。天然に産する結晶は水とアルカリを少量含む。1450°C 以上に加熱すると、高温安定相である六方晶系に

変化する。熱膨張係数が非常に小さいので耐熱衝撃性セラミックスとして用いられる。2MgO・2Al₂O₃・5SiO₂ の組成を持ち、極めて小さい熱膨張係数の結晶で成り立っている。また、直線的に膨張するので、耐熱衝撃に強いことが特に優れている。

注3) ジアシルグリセロール²⁾: ジアシルグリセロール (以下、DG と略す) は、現在使われている食用油の主成分であるトリアシルグリセロール (以下、TG と略す) と分子構造が似ているが、TG が脂肪酸を3つ持つのに対し、DG は2つの脂肪酸を持つ。TG が小腸で消化・吸収されたのち体内で再合成されるのに対し、DG は再合成されにくい。再合成されたTG がリンパ管を通して運ばれ、血液中にカイロミクロンや低密度リポタンパク質の構成成分として流れ込むのに対し、DG は小腸で吸収された後、再合成されず、その構成成分は門脈を経て肝臓に運ばれ、その大部分は直ちに酸化されエネルギーに変換されてしまう。このため DG は動脈硬化などの生活習慣病を予防する効果が期待されている。

II. 試料および方法

1. 試料

実験に使用した食用油は、トリアシルグリセロールを主成分とする食用油として、一般家庭で使用量の多いサラダ油 (食用なたね油と食用大豆油の調合油: 日清オイリオ株式会社製, 以下、TG 油と略す) を、ジアシルグリセロールを主成分とする油としては、健康エコナクッキングオイル (花王株式会社製, 以下、DG 油と略す) を用いた。

揚げ材料は、揚げ加熱用の調理冷凍食品として最も国内生産量の多いコロッケ (平成 16 年度)⁷⁾ を選択し、アイク株式会社製のトップバリュ男爵コロッケ (10 個入 600 g, 栄養成分表示: 1 個 60 g 当たりエネルギー 81kcal, 蛋白質 1.9g, 脂質 1.1g, 炭水化物 16.0g, ナトリウム 139mg) を使用した。なお、本製品には揚げ方の指示として「凍ったまま 175°C ~180°C に熱した油で 4 分~5 分間揚げてください。」と表示されていた。本製品は、市内のスーパーより購入後すぐ冷凍室内に納め、揚げ加熱時まで凍結状態を保った。

2. 揚げ条件

食用油 700 g を 1 リットル容の硬質ビーカーにとり、ブンゼンバーナーにて油温 180℃まで加熱し、冷凍コロッケを 1 個につき 4 分間揚げた。冷凍コロッケを揚げる個数は 1 度の揚げ加熱あたり計 5 個（以下、「1 回加熱区」と称する）とし、2 個目以降は油温が 180℃に達したときに冷凍コロッケを油中に入れて揚げ加熱を開始した。揚げ加熱は、ビーカーでコロッケを揚げる限界の油量が残っていた 7 回加熱区まで行った。実験中、さし油は行わなかった。なお、揚げ加熱中の油温はバーナーの火力を調節して 170℃～180℃の範囲に保った。また、油温を 180℃に上昇させるまでの時間もできるだけ同じになるよう各回努力した。

3. 油こし器とこし方

ゼオライトおよびコージライトをこし器の底部に付した家庭用油こし器「オイルクリーン（2004 年 6 月に販売開始）」の構造は、上段に揚げカスを取り除く金網と細かい汚れを取り除く積層フィルター（純パルプ 100%）をセットし、底面にゼオライト（JF 社製：岐阜県，粒形，50 g）およびコージライト（JF 社製：岐阜県，粒形，50 g）を入れた穴あき容器をセットした上下二段構造となっている（図 1）。油こし器本体および容器の材質はステンレス（SUS 304）製，上蓋および取っ手はフェノール樹脂製であった。

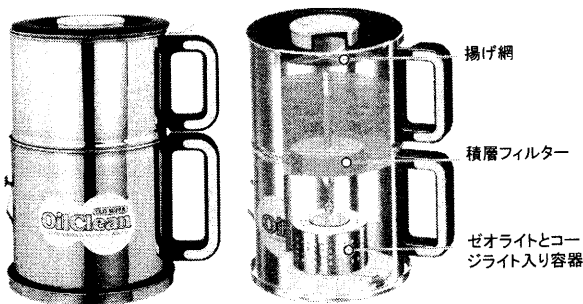


図 1 油こし器（オイルクリーン：ファミリーサービス・エイコー株式会社製）

揚げ油のこし方の比較対照条件として、①揚げ網のみの場合、②揚げ網と市販の油こし紙（イオン株式会社製，レーヨン 100%，直径 170mm）を併用した場合（TG 油ではこの条件の加熱実験を行わず，DG 油についてのみ行った。）および③揚げ網と積層フィルターを併用した場合の 3 方法について検討した。なお、揚げ油をこす場合、油こし紙，積層フィルター，ゼオライトやコージライトへ油が付着するため，揚げ油の減少量に差がみられ特に 1 回目の加熱後にその差が大きかった。そこで，揚げ加熱前には揚げ油量を全揚げ条件中の最少の油量に統一して揚げ加熱を行った。揚げ油の劣化度の測定は，一般家庭で考えられる長期の保存期間を想定し，揚げ加熱約一ヵ月後に行った。また，一般家庭で通常行われている流し台の中での保存を想定し，揚げ油は油こし器に入れたまま，日光を遮断するため暗室に室温下で保管した。以上の揚げ油およびこし方により，表 1 に示す揚げ加熱実験を行った。

表 1 揚げ油の種類およびこし方の違いによる実験条件一覧

実験区分	揚げ油の種類	こし方
A	TG 油	揚げ網
B	TG 油	揚げ網+積層フィルター
C	TG 油	揚げ網+積層フィルター+ゼオライトとコージライト
D	DG 油	揚げ網
E	DG 油	揚げ網+積層フィルター
F	DG 油	揚げ網+積層フィルター+ゼオライトとコージライト
G	DG 油	揚げ網+油こし紙

TG：Triacylglycerol
DG：Diacylglycerol

4. 揚げ油の劣化度の測定法

揚げ油の劣化度は，酸価（A.V.，以下 AV と略す）^{注 4}，過酸化値（P.O.V.，以下 POV と略

す)注5) およびカルボニル価 (C.V., 以下 CV と略す)注6) の測定値で示した。測定は、次の方法により行った。

- 1) AV⁸⁾ : 試料油約 10g を正確にはかりとり、これをエーテル・アルコール混合液 100ml で溶解し、1%フェノールフタレインを指示薬として 0.1N アルコール性 KOH 標準液で滴定し AV を求めた。
- 2) POV⁹⁾ : 試料油約 1~10 g を正確にはかりとり、これをイソオクタン・酢酸混液 50ml で溶解した。ついで窒素ガスを充填後飽和ヨウ化カリウム溶液 1 ml を混和し、暗所に 5 分間放置後蒸留水 75ml を加えよく振り混ぜた後、デンプン溶液を数滴加え、0.01N チオ硫酸ナトリウムで滴定し POV を求めた。
- 3) CV⁹⁾ : 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンと反応させ、ヒドラジンとして比色定量を行い、試料油脂 1 g あたりの 440nm における吸光度で表した。CV は、440nm の吸光度と空試験の吸光度の差を吸光度として、次式によって算出した。

$$CV \text{ (ME/kg)} = \frac{\text{吸光度}}{0.854 \times W} \times 1000$$

W : 試料油の秤取量 (mg)

0.854 : 変性油脂中に確認されるプロパナール、ノネナールなど 6 種類の飽和・不飽和アルデヒドおよびメチルノニルケトンの各ヒドラジンの 440nm における平均吸光係数。

注4) 酸価 (AV)⁸⁾ : 油脂 1g 中に含まれている遊離脂肪酸を中和するのに要する水酸化カリウムの mg 数であらわした数値で示す。油脂固有の価ではなく、油脂の精製が不完全な場合や、油脂の保存状態 (加水分解や酸敗など) によっても変化する価であるので、油脂および油脂を含む食品の品質判定の目安になる。

注5) 過酸化価 (POV)^{8, 9)} : 油脂 1kg 中に含まれている過酸化物のミリグラム当量数で示す。POV は油脂の初期酸化程度を示す指標である。過酸化物は油脂の自動酸化反応

における酸化一次生成物であり、安定な物質でなく、しだいに二次、三次生成物へと変化していく。特に熱、光、遷移金属などの過酸化分解因子によって分解速度が大きくなるため、加熱した油脂あるいは変性の進んだ油脂でも POV は低いことがある。

注6) カルボニル価 (CV)^{8, 9)} : 過酸化物は不安定で時間の経過に従い分解され、低分子のカルボニル化合物を生成する。CV は、酸化によって生成したカルボニル化合物の量を示す値で、油脂 1kg 中に含まれているカルボニル化合物のミリグラム当量数で示す。アルデヒドなど揮発性のカルボニル化合物は、少量でも特有の不快臭を発するため油脂の変性程度を知る重要な指標となる。

III. 結果および考察

1. TG 油を揚げ油として用いた場合

揚げ物を行なった油は酸化、重合、加水分解等の複雑な劣化現象を起こすため、例えば、加水分解の測定項目である AV だけを測定して判断することは難しい。よって、先行研究^{10~15)} では、油脂の劣化度を判断するため、AV、共役不飽和脂肪酸量、粘度、POV、CV、色、極性化合物量などを複数測定して総合的に判断している。よって、本研究でも、AV、POV、CV の 3 者を指標として油の酸敗度を測定し、油こし条件の違いによる油脂の劣化抑制効果について検討した。

1) AV の変化

揚げ加熱後約 1 カ月保存後 (以下、揚げ加熱・保存後と略す) の TG 油の AV を、こし方別に図 2 に示す。未加熱時点の油の AV は 0.09 であり、揚げ加熱・保存後の油の AV は約 3.3~3.6 倍に増加したが、いずれの油こし条件においても AV が 0.30~0.32 とほとんど差はなかった。加水分解による遊離脂肪酸量を示す AV には、油こし条件による顕著な違いは認められなかった。モデル揚げ調理において油こし操作の有無と揚げ油の劣化度を検討した先行研究¹²⁾ でも、本研究結果と同様、AV には油こし操作による有意な影響が認められなかった。JAS 規格¹⁶⁾ では精製調

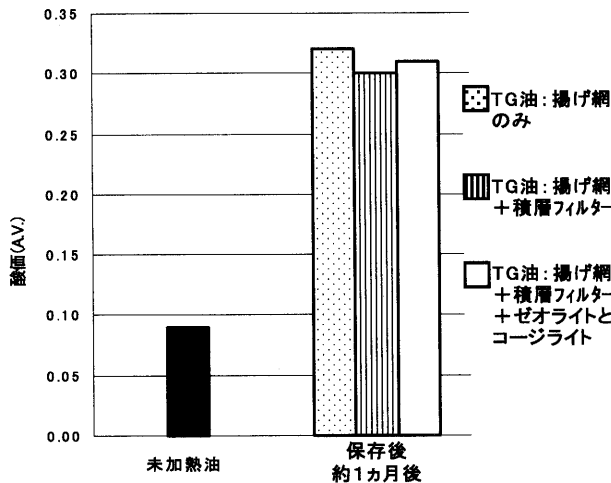


図2 揚げ加熱・保存後のこし方別TG油の酸価 (A.V.)

合油のAVの規格基準は0.20以下、調合サラダ油では0.15以下と定めているが、弁当・惣菜の衛生規範¹⁷⁾で揚げ油のAVは2.5未満と定めている。よって、測定に供した揚げ加熱・保存後のTG油のAVは、いずれの油こし条件の油も、揚げ油として実用上は問題ない範囲であった。

2) POVの変化

揚げ加熱・保存後のTG油のPOVを、こし方別に図3に示した。未加熱時点の油のPOVは1.60であったが、揚げ加熱・保存後の油のPOVは30.79~40.43にわたり、約19~25倍に増加した。〔揚げ網+積層フィルター〕を用いた条件BのPOVが最も大きく、〔揚げ網のみ〕を用いた条件Aの値が最も小さかったが、POVは、油脂の初期酸化程度を示す指標であるため、このデータだけから条件Aが最も優れた油こし条件であるとはいえない。

3) CVの変化

揚げ加熱・保存後のTG油のCVを、こし方別に図4に示した。未加熱時の油のCVは3.4であ

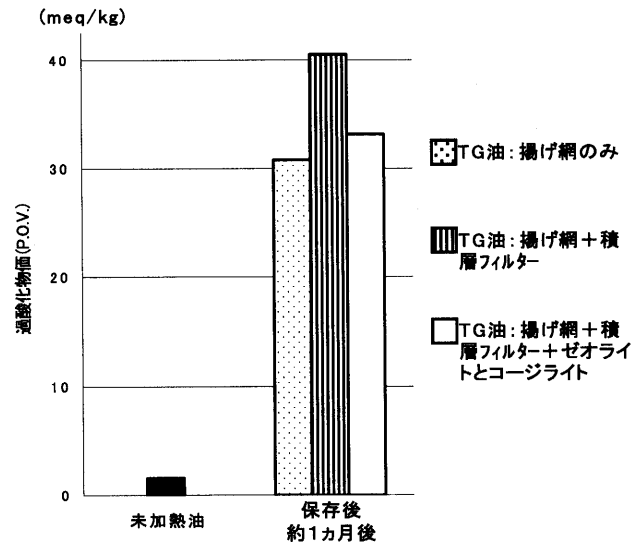


図3 揚げ加熱・保存後のこし方別TG油の過酸化物価 (P.O.V.)

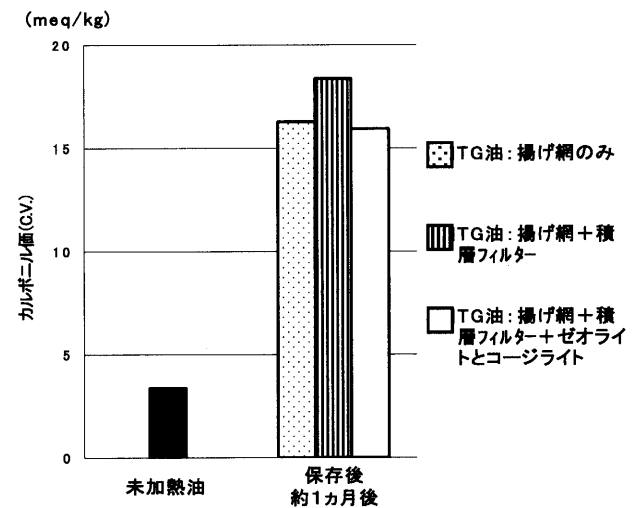


図4 揚げ加熱・保存後のこし方別TG油のカルボニル価 (C.V.)

り、揚げ加熱・保存後の油のCVは15.94~18.41にわたり、約4.7~5.4倍に増加した。〔揚げ網+積層フィルター〕を用いた条件BのCVが最も大きく、〔揚げ網+積層フィルター+ゼオライトとコージライト〕を用いた条件Cの値が最も小さ

かった。AV, POVの結果もあわせて考えると、条件Bに比べ、ゼオライトとコージライトを用いた条件Cの油は、揚げ油中の加水分解物の量には大差なく、油脂の自動酸化により生じた過酸化物質や過酸化物質の分解によって生成するカルボニル化合物の量は少ないという結果を示した。しかしPOVやCVの違いは小さく、試料調製や測定による誤差などを考慮すると、油こし条件の違いにより油脂の劣化に有意差があるとは認められなかった。なお、こし方と揚げ油の劣化度を検討した先行研究¹²⁾においても、AVと同様、CVおよび極性化合物量に油こし操作による有意な影響は認められていない。

その他、揚げ油の着色度について機器による測定は行わなかったが、いずれも加熱回数の増加により、肉眼的に揚げ油の色は薄い黄色から褐色へ明確に変化した。特に条件Cの揚げ油は、他条件の揚げ油に比べ赤系の着色（オレンジ色）が強く観察され、特に加熱3回目には他条件の揚げ油に比べ赤系の着色（オレンジ色）が強く認められた。着色についての考察は、DG油のところで合わせて論じる。

粘度についても機器による測定を行わなかったが、先行研究^{12, 14, 15)}と同様、加熱回数の増加により揚げ油の粘度は高くなった。ただし、油こし条件による粘度の違いは、揚げ加熱操作に影響を与えるほど顕著ではなかった。

2. DG油を揚げ油として用いた場合

TG油と同様、揚げ油として用いたDG油についても油こし条件の違いによる油脂の劣化抑制効果を検討した。

1) AVの変化

揚げ加熱・保存後のDG油のAVを図5に示した。未加熱時点のDG油のAVは0.49であり、TG油（0.09）に比べ大きかった。なお、先行研

究でもDG油のAVはTG油のそれに比べ大きい結果（AV：TG油0.05・DG油0.14¹¹⁾、TG油0.11・DG油0.49¹³⁾、TG油0.07・DG油0.40¹⁴⁾、TG油0.07・DG油0.17¹⁵⁾）が報告されている。ただし、本研究のDG油のAVは一部の先行研究より2倍以上の大きい数値を示した。この理由として、先行研究^{11,15)}で測定されたDG

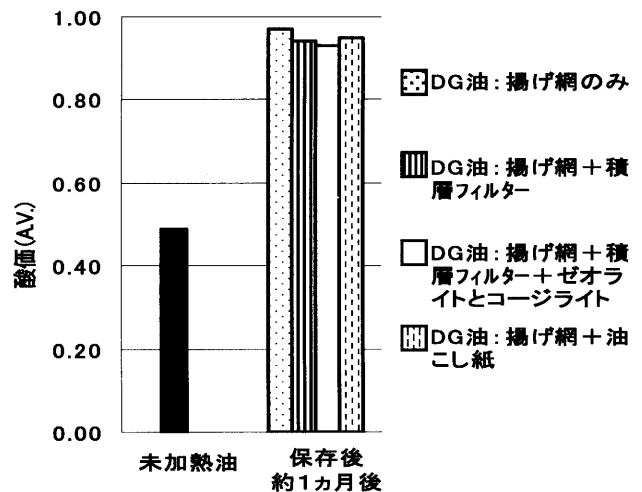


図5 揚げ加熱・保存後のこし方別DG油の酸価(A.V.)

油は直接メーカーから送付された鮮度の高いDG油と考えられるが、本研究で用いたDG油は、一般家庭で用いることを想定して、スーパーマーケットに陳列されているDG油を購入し測定したこと、また、未使用油のAVの測定を開封20日後に行ったこと、保管を室温で行ったことなどが影響していると考えられた。

揚げ加熱・保存後のDG油のAVは、未使用油のAVが高かったこともあり、いずれの油こし条件においてもTG油に比べ高い値を示し0.93~0.97にわたったが、油こし条件による明確な違いは認められなかった。福田ら¹⁴⁾は、揚げ加熱後、DG油のAVは直線的に上昇し、TG油では緩やかな上昇であったと報告している。中津

川ら¹⁵⁾は、TG油では揚げ加熱後も揚げ材料の種類にかかわらず未使用油に比べほとんど変化しなかったのに対し、DG油では著しく上昇(0.4近くまで)したと報告している。これらの結果や先行研究^{14, 15)}の知見からDG油ではTG油に比べ、揚げ加熱中に油脂の加水分解が顕著に進んでいることが考えられた。この理由としては、TGに比べDGは分子内に-OH基を有しているため親水性が高く、揚げ材料から加水分解の原因となる水分が試料油中に溶存しやすいからと推察された。

なお、上記のDGの特徴から、ゼオライトおよびコージライトの吸着性や脱水作用^{3~6)}により試料油中の水分が吸着または脱水され、条件FのAVは他条件に比べ顕著に低いのではないかと予想されたが、油こし条件による明確な違いは認められなかった。また、TG油においてもゼオライトおよびコージライトの吸着性や脱水作用を明確に示すAVの違いは認められなかった。つまりAVの結果からは、ゼオライトおよびコージライトによる揚げ油の劣化抑制への影響は明確に認められなかった。

JAS規格の食用精製加工油脂(食用植物油脂に該当するものを除く)のAVの規格基準値は0.3以下と定められているが、本研究において、開封後、室温、暗所に20日間保存した未使用DG油のAVがJAS規格¹⁶⁾の食用精製加工油脂の基準よりかなり大きい値を示したことから、開封後のDG油はすみやかに冷暗所に保存するのが望ましいことが示唆された。一方、弁当・惣菜の衛生規範¹⁷⁾で揚げ油のAVは2.5未満と定めており、揚げ加熱・保存後に測定に供したDG油のAVは、いずれの油こし条件の油も、それ以下の値であったことから揚げ油として実用上は問題ない範囲であると考えられた。

2) POVの変化

揚げ加熱・保存後のDG油のPOVを図6に示した。未加熱時点のDG油のPOVを測定しなかったため増加の程度は不明であるが、揚げ加熱・保存後のDG油のPOVは、18.42~35.42の範囲を示し、同一条件のTG油のPOVに比べて低い値であった。福田ら¹⁴⁾は、揚げ加熱前後のTG油とDG油のPOVの間に差がなかったと報告し、

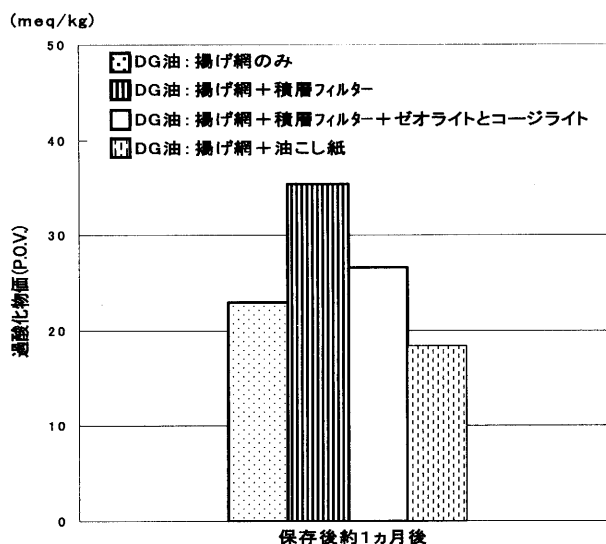


図6 揚げ加熱・保存後のこし方別DG油の過酸化物質(P.O.V.)

高温加熱での酸化を検討した先行研究において、中津川ら¹¹⁾は、POVの上昇はTG油、DG油いずれもわずかであり、両者間に差は認められなかったと報告している。一方、大野¹⁸⁾は、TG油よりもDG油の方が低値を示したと報告している。なお、中津川ら¹¹⁾の実験試料は、市販品ではなく実験用に調整したもので、抗酸化成分である α - σ -のトコフェロール同族体含量がTG油とDG油で同程度に調整されており、市販のDG油のようにビタミンEやビタミンCが添加されていない。一方、福田ら¹⁴⁾および大野¹⁸⁾の実験試料は、本研究試料と同様、市販のTG油

および DG 油である。本研究の結果および先行研究^{11, 14, 18)}の知見から、DG 油では TG 油に比べ POV が低値を示した理由として、DG 油には抗酸化物質であるビタミン E (トコフェロール) やビタミン C の影響によると考えられたが明らかではない。

油こし条件の違いによる POV は、DG 油においても [揚げ網+積層フィルター] を用いた条件 E が最も大きい値を示した。この理由は明らかではないが、TG 油の結果で述べたとおり、POV は、油脂の初期酸化程度を示す指標であるため、このデータだけから油こし条件の優劣をつけることはできない。

3) CV の変化

揚げ加熱・保存後の DG 油の CV を図 7 に示した。未加熱時点の油の CV は 3.1 であり、揚げ

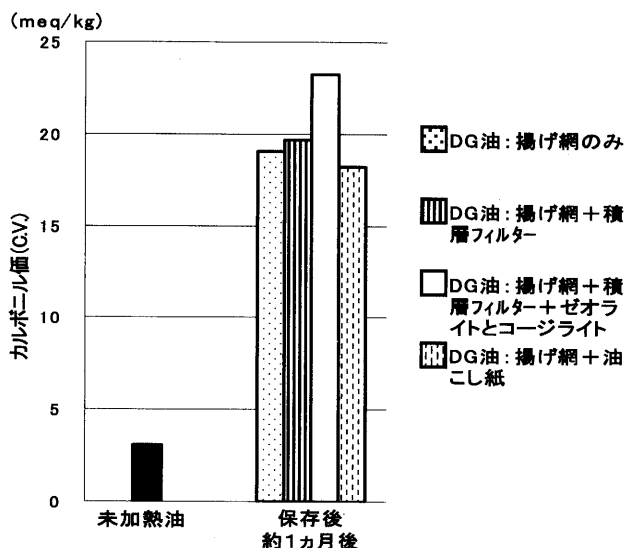


図 7 揚げ加熱・保存後のこし方別 DG 油のカルボニル値 (C.V.)

加熱・保存後の DG 油の CV は 18.20~23.21 にわたり、約 5.9~7.5 倍に増加した。同一条件の TG 油に比べ値はやや高値を示した。福田ら¹⁴⁾

は、CV が揚げ加熱時間の増加と共に両油において上昇し、常に DG 油の方が TG 油より高く、両油の変化の巾は同じであったと報告している。中津川ら¹⁵⁾は、揚げ加熱時間の増加と共に両油とも直線的に CV が上昇し、DG 油の方が TG 油より若干高い値を示したものの、カルボニル化合物の蓄積量にはほとんど差がなかったと報告している。一方中津川ら¹⁵⁾は、脂肪酸組成をそろえた実験試料を用いていることから、CV は、DG 油、TG 油の分子構造上の違いはあまり影響せず、含まれる脂肪酸の種類と量で決まると推測している。

油こし条件の違いによる DG 油の CV は、TG 油の結果と異なり、[揚げ網+積層フィルター+ゼオライトとコージライト] を用いた条件 F の値が最も大きく、[揚げ網+油こし紙] を用いた条件 G が最も小さかった。しかしながら、AV、POV の結果もあわせて考えると、油こし条件による各値の違いは小さく、試料調製や測定による誤差などを考慮すると、油こし条件の違いによる油脂の劣化に有意な差があるとは認められなかった。

その他、揚げ油の着色度については、TG 油と同様、いずれも加熱回数の増加により、肉眼的に揚げ油の色は薄い黄色から褐色へ明確に変化した。特に条件 F の揚げ油は、他条件の揚げ油に比べ赤系の着色 (オレンジ色) が強く観察された。本研究では、TG 油と DG 油の加熱実験を同時に行っていないので、TG 油と DG 油の着色度について比較できないが、先行研究^{11,14,15,18)}ではいずれも、DG 油が TG 油に比べ着色しやすい傾向を認め、DG 油で揚げ加熱した場合に、その程度が大きく、色相が黄系から赤系に変化した^{14,15)}と報告している。中津川ら¹⁵⁾は、これを両者の分子構造の違いによるもので、TG 油に比べ DG 油中には -OH 基が多く水分含量が多いため極性の高

い低分子カルボニル化合物が溶存しやすく、又揚げ材料から溶出される窒素化合物も多いことから、着色はメイラード反応によるものと考えられること、メイラード反応は脂質の二次酸化生成物であるヘキサナール等のカルボニル化合物とアミノ態窒素化合物の間でも起きること、揚げ加熱による着色がメイラード反応による種々のメラノイジンの生成によるものと推測されること、アミノ態窒素化合物が水溶性であり、この反応が試料油に含まれる水相でおきると考えれば、DG油でメイラード反応によると考えられる着色がTG油に比べ強くあらわれた事実と符合すると考察している。また、古賀ら¹⁹⁾は、揚げ油の赤方向への着色は揚げ種由来の窒素化合物と揚げ油の劣化によって生じたカルボニル化合物との褐変反応により大きく影響すると報告している。なお、本研究の予備実験およびTG油の実験結果をあわせて考えると、条件Cおよび条件Fに認められた赤系の着色(オレンジ色)は、ゼオライトまたはコージライトによるものと考えられ、これらの中に含まれる^{3~6)}微量の金属イオンやpHの変化による影響の可能性が考えられたが、そのメカニズムについては明らかにできなかった。なお、一般消費者にとって加熱による油脂の着色は関心事であるので、着色についてのさらなる検討が必要である。

粘度については、TG油と同様、加熱回数の増加により揚げ油の粘度は高くなったが、油こし条件による粘度の違いは明確でなく、揚げ加熱操作に影響を与えるほどではなかった。なお、先行研究^{11,14,15)}でも報告されているが、TG油よりDG油のほうが、加熱前から粘度が大きく、TG油とDG油の粘度の相違は、掻き混ぜたときの油の動きなどから観察することが可能であった。なお、揚げ加熱における粘度の上昇について、福田ら¹⁴⁾は、DG油の方がTG油に比べやや高く、これが揚げ物の官能検査の総合評価でTG油の方

が高かった理由の一つであろうと考察している。また、中津川ら¹⁵⁾は、未加熱時のTG油とDG油の粘度の違いを、DG油中の-OH基による分子間の水素結合によるものと考察し、揚げ加熱の継続による両油の粘度の上昇率には差が認められず、その上昇は熱重合体(多量体)の生成に起因すると推測している。

以上の結果から、ゼオライト・コージライトをセットした油こし器では、その脱水作用・吸着性により、油脂の加水分解や酸化が抑制されることが期待されたが、本実験結果からは、その効果を明らかにできなかった。モデル揚げ調理において、油こし操作の影響を検討した先行研究¹²⁾でも、官能検査の結果、揚げ油をこす操作により揚げ物の味やにおいに対する評価が高くなるなど有意差が認められたが、AVやCVなどを指標とする揚げ油の劣化度には有意差が認められなかったと報告されている。今後、ゼオライトおよびコージライトが揚げ油の劣化抑制に影響するかどうかを更に検討するためには、コロッケ以外の揚げ材料での揚げ加熱実験や、揚げ物の食味や油くささの評価などの官能検査、粘度、色、含有水分量、含有窒素量の測定もあわせて行ない、また、ゼオライトおよびコージライトの種類や量についての検討も行なう必要があると思われる。

また、特定保健用食品としてのDG油を用いる場合、劣化はTG油に比べ開封後や揚げ加熱後の保存中に著しいことが本研究結果から推察されたので、開封後や加熱後の保存方法に留意する必要があると考えられた。

IV. 要約

脱水作用や吸着性、陽イオン交換能などがあるゼオライトおよびコージライトをセットした油こし器が、揚げ油の劣化抑制に効果をもつかどうかを検討

することを目的とし、市販コロッケを試料に、TG油およびDG油を用いて揚げ加熱実験を行い、揚げ加熱後一ヶ月保存後の揚げ油のAV、POV、CVを測定して、次のような結果を得た。

- (1) 揚げ加熱・保存後のTG油について、AVは0.30~0.32で、未加熱時点より約3.3~3.6倍に増加した。POVは30.79~40.43にわたり、未加熱時点より約19~25倍に増加した。CVは15.94~18.41にわたり、未加熱時点より約4.7~5.4倍に増加した。AV、POV、CVの結果を総合すると、TG油においては油こし条件の違いによる油脂の劣化を抑制する有意な影響は認められなかった。
- (2) 揚げ加熱・保存後のDG油について、AVは0.93~0.97で、未加熱時点より約1.9~2.0倍に増加し、同一条件のTG油より高い値を示した。POVは、18.42~35.42にわたり、同一条件のTG油のPOVに比べて低い値を示した。CVは18.20~23.21にわたり、未加熱時点より約5.9~7.5倍に増加し、同一条件のTG油よりやや高値を示した。AV、POV、CVの結果を総合すると、DG油においても油こし条件の違いによる油脂の劣化を抑制する有意な影響は認められなかった。
- (3) ゼオライトおよびコージライトの吸着性や脱水作用が保存中の揚げ油の劣化を抑制する効果が期待されたが、これらをセットした油こし器には、本実験結果からは、その効果は明確に認められなかった。
- (4) 特定保健用食品としてDG油を用いる場合、TG油に比べ開封後や揚げ加熱後の保存中に劣化が著しいことが本研究結果から推察されたので、開封後や加熱後の保存方法に留意する必要があると考えられた。
- (5) 弁当・惣菜の衛生規範の基準（AV）から、揚

げ加熱・保存後に測定に供したTG油およびDG油のAVは、いずれの油こし条件の油も、揚げ油として実用上は問題ない範囲であった。

- (6) 揚げ油の着色度については、TG油、DG油のいずれも、加熱回数の増加により、肉眼的に揚げ油の色は薄い黄色から褐色へ明確に変化し、特にゼオライトおよびコージライトをセットした油こし条件の揚げ油は、他条件の揚げ油に比べ赤系の着色（オレンジ色）が強く観察された。一般消費者にとって加熱による油脂の着色は関心事であるので、着色の原因についてさらなる検討が必要である。

謝 辞

本研究にあたり、揚げ加熱実験にご協力いただきました平成16年度卒業生駒村智恵さんに心より御礼を申し上げます。本実験を行うにあたり、貴重な試料ならびに研究助成金を下さったファミリーサービス・エイコー株式会社に衷心から感謝いたします。

付 記

本研究の実施にあたっては、ファミリーサービス・エイコー株式会社より平成16年度「教育研究奨学寄附金」を受けた。

引用文献

- 1) 林 淑美ら：平成16年度日本調理科学会大会研究発表要旨集、揚げ油を保存する際のこし方は油脂の劣化に影響を及ぼす〔URL：http://www.jstage.jstgo.jp/article/ajscs/16/0/16_55/_article/-char/ja/〕
- 2) 長尾智紀、内藤幸雄：脂質栄養と成人病 調理油としてのジアシルグリセロールの効果、日本食生活誌、10、p.19-26（1999）
- 3) 山崎誠志：ゼオライトとは〔URL：<http://www.sist.ac.jp/~yamazaki/yamazeo.htm>〕
- 4) 人工ゼオライトフォーラム：人工ゼオライトとは〔URL：<http://www.zeolite-f.com/info03.html>〕
- 5) セラミックス.COM：コージライト〔URL：<http://www.ceramic.atengineer.com/html/sozai/h.htm>〕

- 6) 千葉セラミック工業株式会社：コージライト〔URL：http://www.chiba-cera.com/material/cordierite.html〕
- 7) 社団法人日本冷凍食品協会：平成16年（1～12月）日本の冷凍食品生産高・消費高に関する統計（日本冷凍食品協会調査資料 第17-1号），p.7（2005）
- 8) 高野 克己，渡部 俊弘：図・フローチャート方式で理解する食品理化学実験書，三共出版，p.93-94，99-102（2000）
- 9) 安藤 達彦，吉田 宗弘：身のまわりの食品化学実験，三共出版，p.123-125（1994）
- 10) 古内 幸雄，牛越 静子：冷凍コロッケの揚げ油の老化について，長野県短期大学紀要，29号，9-12（1974）
- 11) 中津川 研一，大橋 きょう子，島田 淳子：ジアシルグリセロールとトリアシルグリセロールの酸化安定性の比較，日本食品科学工学会誌，48巻，6号，p.429-436（2001）
- 12) 明神 千穂ら：平成17年度日本調理科学会大会研究発表要旨集，揚げ物のおいしさには油こし操作が影響を及ぼす，p.64（2005）
- 13) Yoshimi OHNO, Deep-frying Oil Properties of Diacylglycerol-rich Cooking Oil, Journal of Oleo Science, Vol. 51, 275-279 (2002)
- 14) 福田 ひとみ，木村 智恵，杉本 智美，入谷 信子：トリアシルグリセロールとジアシルグリセロールの調理性の比較，日本調理科学会誌，35，p.172-179（2002）
- 15) 中津川 研一，大橋 きょう子，島田 淳子：ジアシルグリセロールの揚げ加熱における酸化安定性，日本調理科学会誌，38，p.127-134（2005）
- 16) 社団法人 日本農林規格協会：JAS制度の解説，株式会社日本出版制作センター，p.307（1980）
- 17) 厚生省指導要領，揚げ処理中の油脂，弁当・惣菜の衛生規範，環食第161号（1979）
- 18) 大野 佳美：ジアシルグリセロール含有食用油の高温における酸化安定性，日本調理科学会誌，36，p.397-402（2003）
- 19) 古賀 秀徳，利根 尚子，伊藤（竹田）弘美，村本 信幸，櫻井 英敏，片山 脩：フライ油性状への揚げ種の影響，日本調理科学会誌，31，p.24-29（1998）