

〈第 38 回山崎賞〉

油膜の性質と広がり方

静岡県立御殿場南高等学校
自然科学部 2年 杉崎弥寿 吉田悠也

1 動機

餃子のたれを作る際に、ラー油を垂らしてみると、広がり方がアメーバ状とレンズ状の2つがあることに気付いた。別の日にはレンズ状の広がり方を再現することができなかつたため、2通りの広がり方をする理由とその条件に興味をもった。そして、油脂の性質と油脂を滴下される液体の両方が関係するのではないかと考えた。

2 方法

水溶液に油脂を滴下して油膜の広がり方と形状、直径を調べた。油脂は流動パラフィン、キャノーラ油（不飽和脂肪酸を多く含む）、ラード（飽和脂肪酸を多く含む）、滴下される液体は塩化ナトリウム水溶液（電解質）、スクロース水溶液（非電解質）、水酸化ナトリウム（アルカリ性）、塩酸（酸性）を用いた。さらに、油脂の粘度を簡単とろみ測定板（一般社団法人 日本摂食嚥下リハビリテーション学会 医療検討委員会 嚥下調整食特別委員会）で測定し、酸化の進み具合をAV試験紙（柴田科学株式会社）で測定した。

3 予想、仮説

キャノーラ油を純水に滴下するとレンズ状になると考えた。また酢やしょうゆを含む餃子のたれから、pHの値を下げると油膜は崩壊する、または広がりが大きくなるを考える。加熱した油脂は、カップラーメンのスープになじみやすいことから滴下される溶液または、滴下する油脂の温度を上げると広がりやすいのではないかと考える。

4 油膜の広がりに関する実験の結果と考察

(1) 油脂の粘度の測定

それぞれ油脂の粘度を簡単とろみ測定板(図1)で計測した。金属の容器に液体をためて測定板から離すことで液体が広がりその直径を計測する。ラードの広がりは約4.5cm(図2)、キャノーラ油の広がりは約3.5cmだった(図3)。また広がる速さもラードのほうが大きかった。そのため粘度はキャノーラ油のほうが高い。

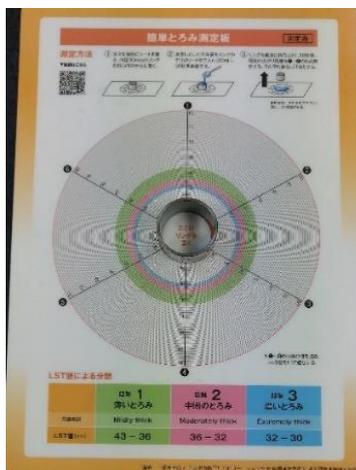


図1 簡単とろみ測定版

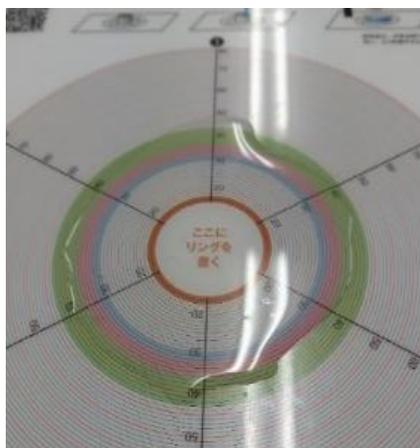


図2 溶かした45℃のラード

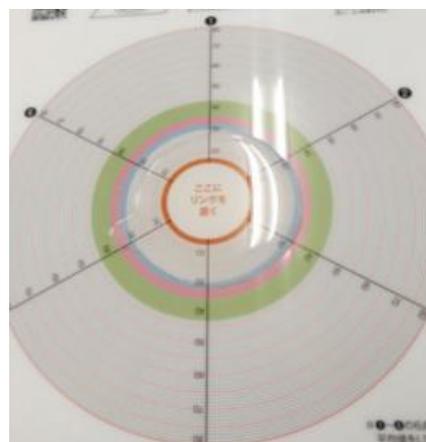


図3 キャノーラ油

(2) 油膜がレンズ状になる条件

水と油脂が押しあう力が釣りあう形に変形し、釣りあう位置まで動く。そのため水と油脂の間に働く斥力が大きくなるとレンズ状になる。滴下した油脂の量に関係なく、斥力が弱くなればなるほど油膜は薄くなる(図4, 図5)。

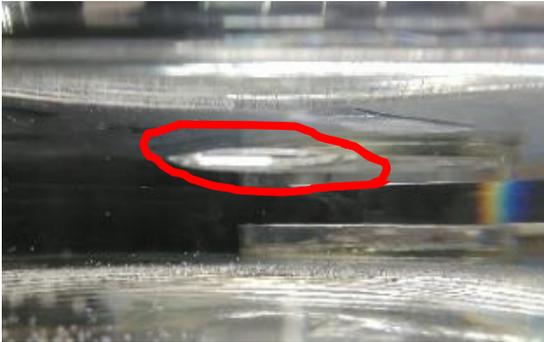


図4 油膜の写真

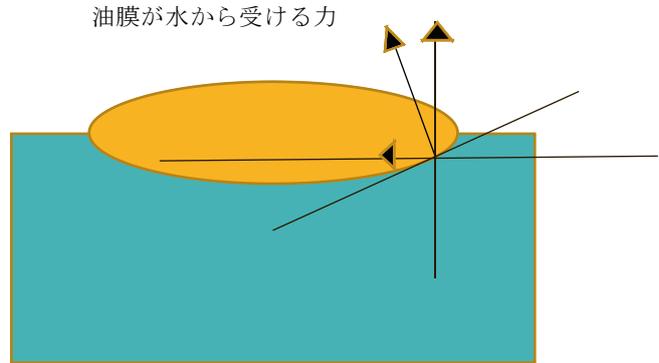


図5 油膜が受ける力と分力

(3) 滴下した時の油膜の広がり

流動パラフィンほどの溶液に滴下しても厚みのあるレンズ状の油膜を作ったため、溶液の種類や温度に影響を受けないことが分かった。キャノーラ油ではスクロース水溶液や、塩化ナトリウム水溶液、塩酸では油膜の広がり方に違いが見られず、水酸化ナトリウム水溶液では鹼化した(表1~3)。ラードでは温度が低いと凝固してしまい油膜が島状に切れてしまった(表3)。キャノーラ油とラードは pH の値を下げてても円形に広がるのがわかった。表1のキャノーラ油 25℃、純水 20℃の時は大きさ 1.5cm だったが、表2のキャノーラ油 40℃、純水 65℃、表3のラード 40℃、純水 65℃の時には大きさ 2.5 cm であったため、滴下される溶液と滴下する油脂の両方の温度が高い場合油膜の広がりは大きくなるということもわかった(表1~3)。

表1 キャノーラ油(25℃)の油膜の状態

| キャノーラ油(25℃) | 直径 | 形 | 放置 |
|------------------|-------|-------|----|
| 純水 65℃ | 1.5cm | 円 | 円 |
| 純水 20℃ | 1.5cm | 円 | 円 |
| 希塩酸 pH2.5 | 1.5cm | 円 | 円 |
| 水酸化ナトリウム水溶液 pH12 | 大きい | アメーバ状 | 円 |

表2 キャノーラ油(40℃)の油膜の状態

| キャノーラ油(40℃) | 直径 | 形 | 放置 |
|------------------|-------|-------|----|
| 純水 65℃ | 2.5cm | 円 | 円 |
| 純水 20℃ | 1.5cm | 円 | 円 |
| 希塩酸 pH2.5 | 1.5cm | 円 | 円 |
| 水酸化ナトリウム水溶液 pH12 | 大きい | アメーバ状 | 円 |

表3 ラード(40℃)の油膜の状態

| ラード(40℃) | 直径 | 形 | 放置 |
|------------------|--------|------|-----------|
| 純水 65℃ | 2.5 cm | 円 | 薄くなり大きくなる |
| 純水 20℃ | 10cm | 島状 | 白く固く薄くなる |
| 希塩酸 pH2.5 | 10cm | 島状 | 変化なし |
| 水酸化ナトリウム水溶液 pH12 | 20cm | 無数の穴 | 変化なし |

(4) 仮説の検証

キャノーラ油を純水に滴下すると、油膜はレンズ状に広がるということが分かった。また予想に反して pH の値を下げて純水と同じ結果になることが分かった。滴下される溶液または、滴下する油脂の温度を上げると広がりやすいとした予想は、油脂と溶液の一方の温度が高い場合には、温度の影響がないが、両方が高い場合には油膜の広がり大きくなるという結果になった。

5 酸化と油膜の広がりに関する実験の結果と考察

4 の実験後、キャノーラ油から特有の刺激臭がしたことからキャノーラ油が酸化したことに気づいた。また油脂を開封してから日数がたつにつれて油膜の広がり大きくなり、油膜の形が不安定になったことから油脂の酸化と油膜の広がりには関係があるのではないのかと考えた。そこで古いキャノーラ油と新しいキャノーラ油を、溶液に滴下して比較し、関係性について探ることにした。

(1) 方法

油脂を開封してからの日数ごとに分けて、常温の水道水に滴下した。滴下した油脂は、いったん広がった後直径が小さくなり、動きが止まる。このときの油膜の直径を計測した。

(2) 結果

結果を表 4、図 8 にまとめた。新しい油脂では油膜の直径は小さくまとまったが(図 6)、古い油脂では油膜の動きが止まるまでに時間がかかり、直径も大きくなった(図 7)。

表 4 日数と油膜の直径

| 開封してからの日数 | 5 日 | 10 日 | 15 日 | 20 日 | 25 日 | 30 日 |
|-----------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 油膜の直径 | 2.0 cm | 5.0 cm | 8.0 cm | 12 cm | 15 cm | 20 cm |



図 6 新しい油脂の油膜

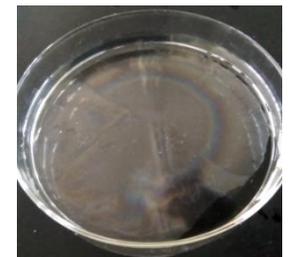


図 7 古い油脂の油膜

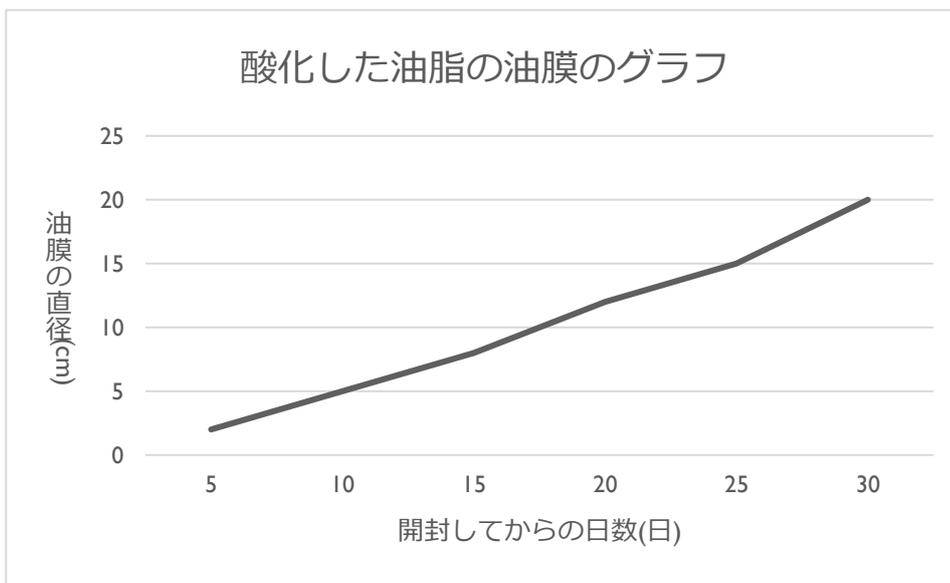


図 8 日数と油膜の直径のグラフ

(3) 酸化メカニズムの考察

酸化した油脂と水をよくかき混ぜると混ざり合い分離しなかったことから酸化した油脂は親水性があると考えられる。酸化メカニズムを図9に示す。疎水基である炭化水素をもつ油脂^①が活性酸素であるヒドロキシラジカル^②に水素を引き抜かれて^③できた脂質ラジカル^④に酸素^⑤が結合し^⑥脂質ペルオキシラジカル^⑦になる。脂質ペルオキシラジカル^⑦は不安定であるため脂質から水素を引き抜き^⑧過酸化脂質^⑨となる。過酸化脂質は親水基であるカルボン酸や過カルボン酸を持つ。このため酸化すると油膜の広がりが大きくなると考えられる。水素引き抜きでできた脂質ラジカル^④は再び酸素と結合し、この反応は連鎖的に続いていく。このように油脂の酸化が進む。

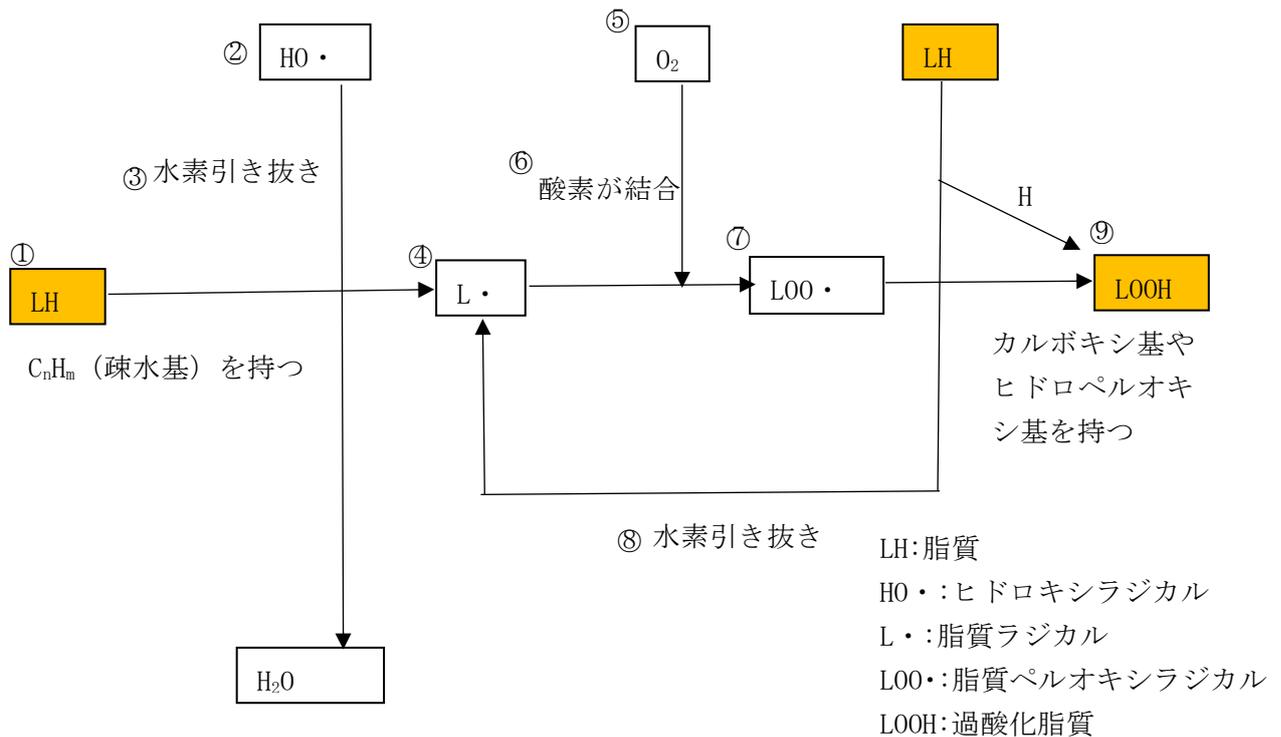


図9 酸化メカニズム

6 動機現象の考察

動機で述べたレンズ状の油膜の広がりに再現性がないのは、油脂の酸化という不可逆的な反応が原因だと分かった。

7 酸化の確認

実際に油脂が酸化していることの確認としてAV試験紙を使い、酸価度を判定した。(図10)。他にも、虹色になったり広がる速が大きくなったりすることでも酸化の進み具合は測ることができる。

8 本結果の活用 酸化の進み具合指数の提案

油脂の酸化と油膜の広がりの関係を利用して、家庭で簡単にできる油脂の酸化の進み具合の判定法を考えた。においという感覚ではなく、その広がり方の直径から酸化の進み具合を測ることができる「酸化の進み具合指数」を提案したい(図11)。常温の水道水を器にためて、そこに酸化を確かめたい油脂を滴下し、油膜の動きが安定した後直径を計測する。直径15cm、酸化の進み具合3を越すと食用に適さない。このように油脂が食用に適するか検証できる。



図10 AV試験紙による酸化の確認

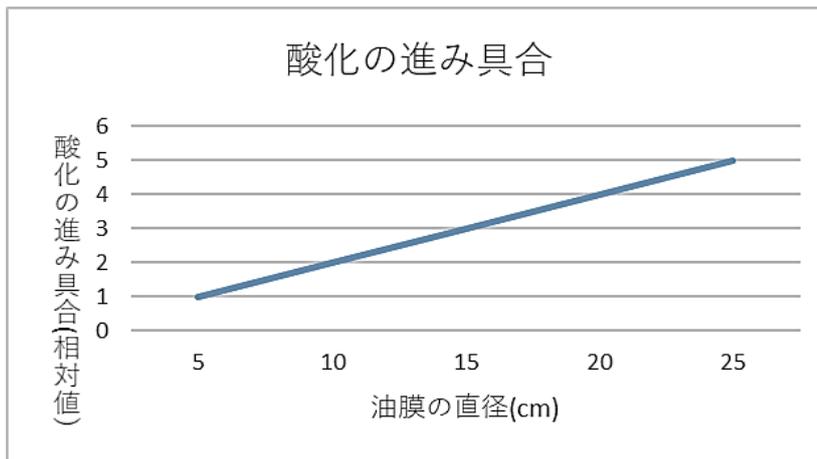


図 11 酸化の進み具合指数のグラフ

9 参考文献

化学の新研究 ト部 吉庸 著

10 使用器具

簡単とろみ測定板（一般社団法人 日本摂食嚥下リハビリテーション学会 医療検討委員会 嚥下調整食特別委員会）

AV 試験紙(油脂酸価試験紙)食用油の交換時期を調べるために用いられている。(柴田科学株式会社)