

固体脂指数, 脂肪酸組成の異なる油脂を用いた クッキーの物性

倉賀野 妙子, 和田 淑子*

(甲南女子大学短期大学部, 関東学院女子短期大学)

平成元年5月31日受理

Physical Properties of Cookies Prepared by Using Fats Differing in Solid Fat Index and Fatty Acid Composition

Taeko KURAGANO and Yoshiko WADA*

Konan Women's University, Higashinada-ku, Kobe 658

**Kanto-gakuin Junior College, Kanazawa-ku, Yokohama 236*

Cookies were prepared by using fats which were different in solid fat index (SFI) and fatty acid composition from each other and the effects of the differences on the physical properties of doughs and the cookies obtained were examined.

The viscoelastic coefficient and oil blots of a cookie dough depended on its SFI. Namely, the hardness of the dough increased while the oil blots decreased with an increase in SFI. Cookies prepared by using a fat of high SFI showed high apparent fracture energy and high apparent fracture stress. Thus these cookies had a tendency toward hard ones having poor shortness. However it was suggested that some other factors than SFI should be also taken into consideration. The results of the measurement of oil blots indicated that one of these factor might reside in the lipophilic properties of a wheat flour component.

(Received May 31, 1989)

Keywords: cookie クッキー, shortness ショートネス, SFI 固体脂指数, fracture parameters 破断特性.

1. 緒 言

クッキーの基本材料である油脂は, 他の材料に比べ, クッキーの膨化度は小さいが spread factor を大きくする。油脂が多いと油じみも多く, 保存時に油脂の酸敗による品質の劣化の原因になるが, 生地段階での適度の油じみは, 型抜き・成型時の取扱いを容易とする。油脂はこのように形状・品質に与える影響も無視できないが, クッキーにとって欠かせない存在とされるおもな機能は, ショートネス性を付与する点にある¹⁾²⁾。ショートネスの嗜好度はクッキーにとっては総合的なおいしさを決定する官能的要因として, 硬さ以上に重視される³⁾。油脂の割合が多くなるほど, クッキーはもろく, やわらかくなるが⁴⁾, 油脂のどのような性質が関与しているのかについては明らかでない。

くだけやすく, もろい性質であるショートネス性を定量的に示す客観的な方法の確立が不十分であること⁴⁾もその一因と考える。クッキーやビスケットのテクスチャーの把握が, 硬さが中心になっている報告が多く, その機器測定は破断時の荷重を基にしている⁵⁾⁶⁾。ショートネス性の測定機器とされるショートメーターを用いた研究⁷⁾⁸⁾もあるが, これも同様の原理である。これら破断時の荷重に対する抵抗力で示す方法は, クッキーの硬さの指標となっても, ショートネス性の指標としては不適切な場合を生じることがあり, 著者らは, 微妙な差まで含めてかなりの精度でショートネス性の尺度とするには, 荷重に変形が大ききまで加えた仕事量として示すほうが適切であることを明らかにした⁹⁾。

本実験では, その方法を用いて評価を行った, ショー

トネス性を中心とするクッキーの物性が、油脂のどのような性質と関係しているのかを把握するため、融点をほぼ同じに調整した。固体脂指数、脂肪酸組成の異なる油脂を用いてクッキーを調製し、比較検討した結果を報告する。

2. 実験方法

(1) 油脂の酸価, ヨウ素価, ケン化価, 脂肪酸組成, 融点, 固体脂指数の測定

用いた油脂は、ナタネ硬化油、パーム油、ヤシ硬化油、魚硬化油、ナタネ油の5種類であり(日本油脂), おのおのについて、酸価, ヨウ素価, ケン化価を基準油脂分析試験法¹⁰⁾により測定した。

脂肪酸組成は、油脂をナトリウムメチラートでメチル化したのち、ガスクロマトグラフ(島津GC-8APF)により分析した。カラム: 17% DEGS, カラム温度: 160→230°C, キャリアーガス: N₂, 検出器: FID。

融点は上昇融点により測定し¹⁰⁾, 固体脂指数(SFI)は、SFCをPRAXIS MODEL SFC-900装置を用いてパルスNMR法により測定したのち、換算¹¹⁾して算出した。

(2) クッキーの調製

クッキーの材料は小麦粉(日清製粉: バイオレット), 油脂, 水とした。クッキーには砂糖を主とする糖類が加えられることが多く、糖の溶解度が高いため、小麦粉と水を競り合うこと¹²⁾が知られており、クッキーの品質に与える影響は無視できないが、本来の目的である油脂の性質の影響を明確にするため、あえて系を単純化し、本実験では糖類は加えなかった。小麦粉: 油脂: 水の割合は100: 40: 20とした。

油脂をケーキマスター(松下電器, MK-710)を用いて15分間攪拌し、小麦粉を加えて2分、ついで水を加えて1分間攪拌して生地を得た。ナタネ油の場合は油脂を攪拌しないで用いた。生地は厚さ5 mm, 直径3.24 cmの円型に型抜き後、180°C, 15分間焼成した。オーブンより取り出したクッキーは天板上で30分間放置後、シリカゲルを入れたデシケーター中で保存した。すべての操作は20°Cおよび25°Cの室内で行った。

(3) 生地の粘弾性の測定

20°Cで作製した生地を、厚さ1 cm, 直径2.24 cmの円筒型にととのえ、クリーブメーター(山電機製, レオナー RE 3305)を用いてクリーブ油線を得た。

荷重の設定は、応力と歪みとの間に線形性のある範囲内とし、おのおのの油脂を用いた生地の荷重は、ナタネ硬化油 100 g, パーム油 100 g, ヤシ硬化油 500 g, 魚

硬化油 200 g, ナタネ油 40 g とした。ひずみはナタネ油生地で27%, ナタネ油以外の油脂生地は15%以内であった。得られたクリーブ曲線から、6要素力学模型でその粘弾性係数を解析¹³⁾した。

(4) クッキーの定速圧縮破断試験

クッキーの定速圧縮による破断試験は、応力-ひずみ測定装置ダイナグラフ(飯尾電機製)を用いて、前報⁹⁾と同様に行い、みかけの破断エネルギー(E_n), みかけの破断応力(P_i)を算出した。測定は20°Cおよび25°Cで行った。

(5) 生地およびクッキーの油じみの測定

寺田ら⁶⁾の方法に準じて、20°Cで調製した生地を厚さ5 mm, 直径3.24 cmの円型に型抜きしたものを、上下おのおの乾燥ろ紙5枚に重ねた中に置き、100 gのビーカーをのせ、20°Cで20時間放置後ろ紙を乾燥させ、ろ紙の重量増加を測定し、もとの生地重量に対する割合(%)

Table 1. Melting points and chemical properties of fat

| | M.P. | A.V. | I.V. | S.V. |
|----------------------|------|------|-------|-------|
| Hardend rapeseed oil | 36.1 | 0.08 | 70.2 | 191.1 |
| Palm oil | 34.8 | 0.08 | 51.2 | 197.1 |
| Hardened coconut oil | 33.2 | 0.09 | 3.4 | 250.8 |
| Hardened fish oil | 35.5 | 0.10 | 72.9 | 185.9 |
| Rapeseed oil | — | 0.10 | 116.8 | 187.9 |

M.P., melting point; A.V., acid value; I.V., iodine value; S.V., saponification value.

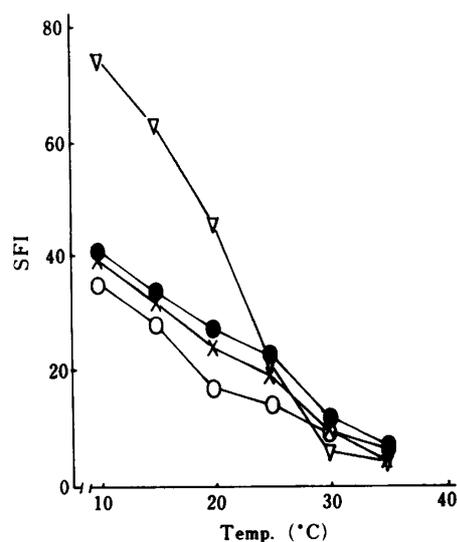


Fig. 1. SFI curves of fat

△, hardened coconut oil; ●, hardened fish oil; ×, hardened rapeseed oil; ○, palm oil.

固体脂指数, 脂肪酸組成の異なる油脂を用いたクッキーの物性

Table 2. Fatty acid compositions of fat (%)

| Fatty acid | Hardened rapeseed oil | Palm oil | Hardened coconut oil | Hardened fish oil | Rapeseed oil |
|------------|-----------------------|----------|----------------------|-------------------|--------------|
| 8:0 | | | 8.0 | | |
| 9:0 | | | 0.2 | | |
| 10:0 | 0.1 | | 6.0 | | |
| 12:0 | 0.9 | 0.2 | 44.7 | 0.2 | |
| 14:0 | 0.5 | 1.0 | 17.4 | 6.6 | |
| 15:0 | | | | 0.5 | |
| 16:0 | 4.7 | 44.2 | 10.0 | 19.1 | 3.6 |
| 16:1 | 0.4 | 0.1 | | 7.8 | 0.3 |
| 17:0 | | | | 1.7 | |
| 17:1 | | | | 1.1 | |
| 18:0 | 14.1 | 4.6 | 11.1 | 6.2 | 1.8 |
| 18:1 | 75.2 | 40.0 | 2.1 | 16.9 | 58.1 |
| 18:2 | 0.6 | 9.6 | | 1.1 | 21.2 |
| 20+18:3 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 1.9 | 11.4 |
| 20:1 | 1.6 | | | 9.7 | 1.8 |
| 20:2 | | | | 5.7 | |
| 20:3 | | | | 1.9 | |
| 22:0 | 0.4 | | | 1.2 | 0.3 |
| 22:1 | 0.7 | | | 7.4 | 0.7 |
| 22:2 | | | | 5.0 | |
| 22:3 | | | | 2.9 | |
| 24:0 | | | | 0.8 | |
| Others | | | 0.2 | 2.3 | |
| SFA | 20.7 | 50.0 | 97.4 | 36.3 | 5.7 |
| UFA | 79.3 | 50.0 | 2.4 | 61.4 | 93.5 |
| PUFA | 1.4 | 9.9 | 0.3 | 18.5 | 32.6 |

SFA, saturated fatty acids; UFA, unsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

を算出し, 油じみとした。クッキーは焼成後 30 分して同様に乾燥ろ紙にはさみ, 100 g ビーカーをのせて 38°C で 18 時間放置後ろ紙を乾燥させ, 重量増加量を測定し, もとのクッキー重量に対する割合 (%) で油じみを示した。

3. 結果と考察

(1) 油脂の物理化学的性質

クッキーの調製に用いた油脂 5 種類の酸価, ヨウ素価ケン化価, および融点を Table 1 に示す。融点は, 液体油のナタネ油を除く固型脂では 33~36°C であり, ほぼ同程度である。酸価はいずれも 0.1 以下である。ヨウ

素価はヤシ硬化油で 3.4 と極度硬化油といわれるレベルであるのに対し, ナタネ油は 100 を超える。ケン化価はヤシ硬化油が大きな値を示し, 低分子量の脂肪酸を多く含む。

Fig. 1 はナタネ油を除く油脂 4 種の 10~35°C での SFI を示す。ヤシ硬化油の場合, 10°C で 74.0 の SFI が 30°C になると 5.4 となり, 温度による影響を最も受ける。他の 3 種はヤシ硬化油に比べると温度変化による影響は少ない。油脂が適正な可塑性を示す SFI の許容範囲の上限を 30¹⁴⁾あるいは, 25¹⁵⁾とする報告がある。ヤシ硬化油を除いた他の油脂は, 通常温度 20°C で, SFI が 30 以下である。

Table 3. Viscoelastic coefficient of dough prepared by using various fats (n=6-7)

| | E_H ($\times 10^6$ dyn/cm ²) | E_{V_1} ($\times 10^6$ dyn/cm ²) | η_{V_1} ($\times 10^8$ P) | τ_{V_1} ($\times 10$ sec) | E_{V_2} ($\times 10^6$ dyn/cm ²) | η_{V_2} ($\times 10^7$ P) | τ_{V_2} (sec) | η_N ($\times 10^9$ P) |
|-----------------------|---|---|------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Hardened rapeseed oil | 0.69 | 1.47 | 0.72 | 4.90 | 2.00 | 0.99 | 4.93 | 0.57 |
| Palm oil | 0.45 | 0.90 | 0.41 | 4.49 | 1.02 | 0.51 | 4.99 | 0.40 |
| Hardened coconut oil | 2.40 | 5.48 | 2.72 | 4.93 | 8.01 | 4.39 | 5.39 | 1.67 |
| Hardened fish oil | 1.05 | 2.13 | 0.79 | 3.71 | 2.30 | 0.88 | 3.82 | 0.77 |
| Rapeseed oil | 0.15 | 0.09 | 0.04 | 4.73 | 0.13 | 0.07 | 5.22 | 0.07 |

E_H , elastic modulus of Hookean body; E_{V_1} , elastic modulus of first Voigt body; η_{V_1} , viscosity of first Voigt body; τ_{V_1} , retardation time of first Voigt body; E_{V_2} , elastic modulus of second Voigt body; η_{V_2} , viscosity of second Voigt body; τ_{V_2} , retardation time of second Voigt body; η_N , viscosity of Newtonian body.

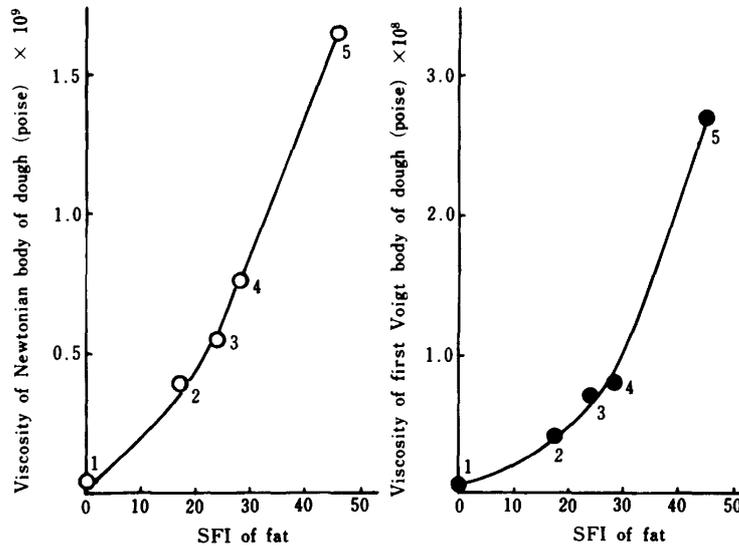


Fig. 2. Relation between viscosity of dough and SFI of fat

1, rapeseed oil; 2, palm oil; 3, hardened rapeseed oil; 4, hardened fish oil; 5, hardened coconut oil.

Table 2 は、油脂 5 種の脂肪酸組成および飽和脂肪酸、不飽和脂肪酸、多価不飽和脂肪酸の割合を示す。比較的広い可塑性の温度範囲を示したパーム油は、 $C_{16=0}$ 、 $C_{18=1}$ がほぼ同じ比で含まれた、飽和・不飽和脂肪酸のバランスのとれた油脂である。ナタネ油は、大部分が不飽和脂肪酸であり、多価不飽和脂肪酸にも富む。ナタネ硬化油になると $C_{18=2}$ 、 $C_{18=3}$ が大幅に減少し、 C_{18} 、 $C_{18=1}$ の割合が増す。魚硬化油はナタネ油について多価不飽和脂肪酸を多く含み、C 数 20 個以上の不飽和脂肪酸を広範囲に含んでいる。ヤシ硬化油は大部分が飽和脂肪酸であり、その 4 割を低級脂肪酸 C_{12} が占める。

(2) 生地粘弾性および油じみ

物理化学的性質の異なる油脂 5 種を用いて調製したクッキー生地について得たクリープ曲線から、瞬間変形に

対する瞬間弾性部（フックの弾性体）と遅延変形に対する粘弾性（フォークト体の粘弾性体）、それに定常粘性部（ニュートンの粘性体）からなる 6 要素模型による粘弾性挙動として解析し、Table 3 に粘弾性係数を示した。小麦粉生地は塑性部分もあるが、塑性変形しないと思われる微小変形内で行い、粘弾性の部分のみを解析した。ヤシ硬化油生地が、フック体の弾性率、フォークト体の弾性率、粘性率、ニュートン体の粘性率いずれも最も大きく、流動性の少ない弾力のある硬い生地であることが示されている。ついで、魚硬化油、ナタネ硬化油、パーム油、ナタネ油の順にいずれの係数も小さくなり、やわらかく、流動変形しやすい生地になる。

Fig. 2, 3 は、これらの生地の粘弾性係数を、クッキー生地調製温度 20℃ における各油脂の SFI との関係で示

固体脂指数，脂肪酸組成の異なる油脂を用いたクッキーの物性

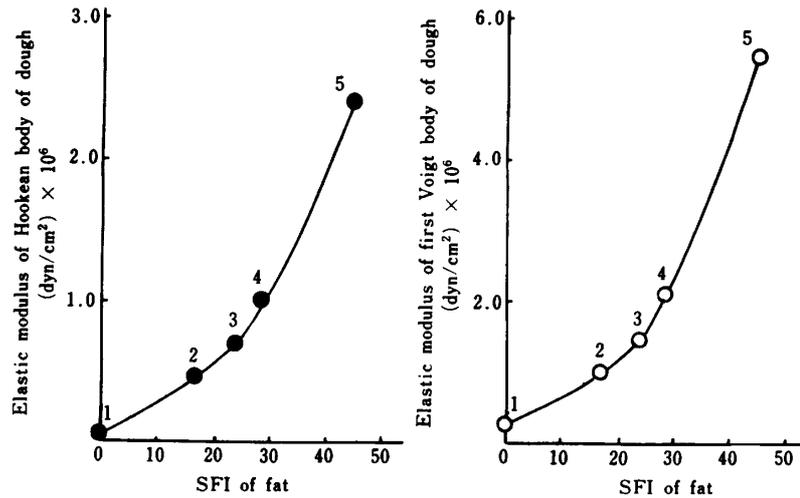


Fig. 3. Relation between elastic modulus of dough and SFI of fat

1, rapeseed oil; 2, palm oil; 3, hardened rapeseed oil; 4, hardened fish oil; 5, hardened coconut oil.

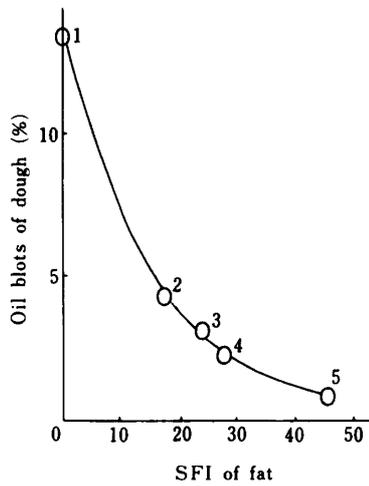


Fig. 4. Relation between oil blots of dough and SFI of fat

1, rapeseed oil; 2, palm oil; 3, hardened rapeseed oil; 4, hardened fish oil; 5, hardened coconut oil.

した。生地フォーク体の粘性率，ニュートン体の粘性率，フック体の弾性率，フォーク体の弾性率いずれも用いた油脂の SFI と密接に関係していることが示されている。配合している油脂の固化している割合が増すほど，すなわち硬い油脂を用いるほど，生地も硬くなる。バター，マーガリンの伸展性が SFI 30 以上では非常に硬く，15~20 が好ましいとの報告¹⁶⁾があるが，本実験のクッキー生地では，SFI 23.7 の生地 (No. 3 試料) は成型時の取扱いは困難でないが，SFI 27.6 (No. 4 試料) の生地は折りたたみのさい均一な面にととのえることが容易でなかった。このことは，Fig. 3 のフォーク体の弾性率，フック体の弾性率が SFI 25 あたりを変曲

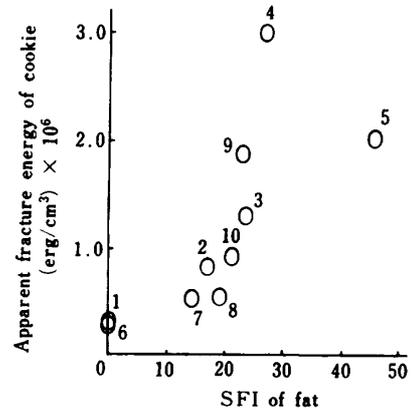


Fig. 5. Effect of SFI on apparent fracture energy of cookie

1, 6, rapeseed oil; 2, 7, palm oil; 3, 8, hardened rapeseed oil; 4, 9, hardened fish oil; 5, 10, hardened coconut oil.

点にしている傾向によく対応していると考えられる。

Fig. 4 は，クッキー生地の油じみを油脂の SFI との関係で示す。20℃ で調製した生地を 20℃ で保存した場合の油じみは SFI と一定の関係にあり，油脂の固体脂の量が多くなるほど生地の油じみは少なくなる。生地では適度に油じみがある方が型抜き操作を容易にするが，液体油では生地表面に液体油が多く分布し成型時に手に付着する量も多く好ましくない。

(3) クッキーの定速圧縮破断試験

Fig. 5 は，油脂 5 種によるクッキーのみかけの破断エネルギーを，原料油脂の SFI との関係で示す。クッキーの調製，破断試験とも 20℃ および 25℃ で行ったものを記す。SFI が大きくなると，みかけの破断エネルギー

一も大きな値を示す傾向にある。SFI の大きな油脂は、生地中で十分に伸展せず塊状になりやすいと予想される。油脂が均一に分散しにくいと、添加された水が小麦澱粉やタンパク質に利用されやすい状態となり、ショートネス発現にマイナス要因であるグルテンネットワークの発達や糊化を促進させることによるためではないかと考える。しかしながら、試料④、⑤での SFI とみかけの破断エネルギーの関係から考えると、みかけの破断エネルギーは SFI のみに支配されるのではないことが示唆される。油脂のケン化価もその一要因になるのではないかと考える。試料⑤は他の油脂に比べるとケン化価が大きいのが特徴であり (Table 1)、低級脂肪酸が多いため、SFI のわりに生地への分散が容易になったのではないかと推察される。

クッキーのテクスチャーをあらわす官能要因として、ショートネスとともに食味の決定に貢献する要因が硬さ³⁾である。クッキーでは硬さはもろさと相関関係にあるため、ショートネスを考慮する上で欠かせないと考えられる。硬さの客観的指標となる⁹⁾みかけの破断応力を油脂の SFI との関係で示したのが Fig. 6 である。SFI の小さい油脂を用いるほど、みかけの破断応力の小さい、やわらかいクッキーとなる傾向を示した。前述のみかけの破断エネルギーの場合ほど、試料④と⑤のみかけの破断応力の差は顕著ではなかった。クッキーの硬さはショートネスに比べて、用いる油脂の SFI に依存する割合が大きいものと推察する。

(4) クッキーの油じみ

生地中で油脂が単分子膜状に分布し、グルテンと複合体を十分に形成していると製品の油じみが少ないとの報

告⁶⁾があり、クッキーの場合も油じみの測定は添加油脂の存在様式を知る一つの手がかりを与えてくれるのではないかと考える。ショートネスはおもに澱粉の膨潤糊化が著しく阻害されることで生じる物性であり、その機構は油脂の脂肪酸側鎖が澱粉に包接されるため²⁾、と考えている。油脂が澱粉と複合体を形成すれば、遊離の状態の油脂の存在は少なくなると思われる。小麦粉成分の澱粉やタンパクと油脂との相互作用の程度が油脂の種類により異なることが、ショートネス性の違いを生む一要因になっているとも考えられ、その基礎資料を得るため、クッキーの油じみを測定した。クッキー内部にある固型脂は溶出しにくいと考え、SFI による影響を除くため、添加した油脂がすべて液体になる温度として、固型脂の融点より若干高い 38°C で油じみを測定した。

Fig. 7 は 20°C で調製したクッキーを 38°C で保存したさいの油じみを SFI との関係で示す。液体油の試料①の油じみと同時に、試料④の油じみも多く、油じみは SFI との間には一定の関係は認められない。

Fig. 8 は、クッキーの油じみをみかけの破断エネルギー

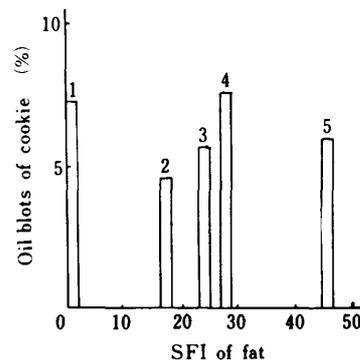


Fig. 7. Effect of SFI on oil blots of cookie

1, rapeseed oil; 2, palm oil; 3, hardened rapeseed oil; 4, hardened fish oil; 5, hardened coconut oil.

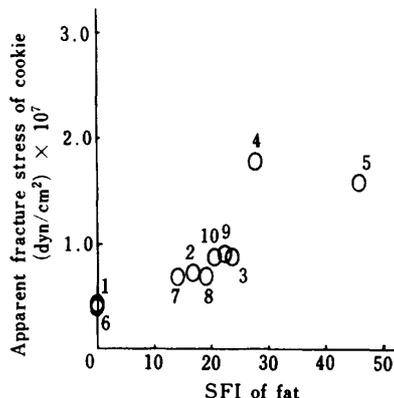


Fig. 6. Effect of SFI on apparent fracture stress of cookie

1, 6, rapeseed oil; 2, 7, palm oil; 3, 8, hardened rapeseed oil; 4, 9, hardened fish oil; 5, 10, hardened coconut oil.

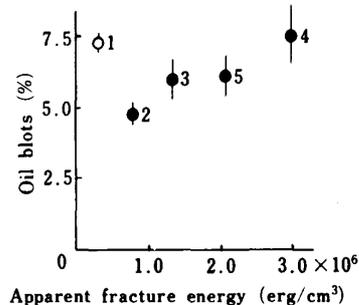


Fig. 8. Relation between oil blots and apparent fracture energy of cookie

1, rapeseed oil; 2, palm oil; 3, hardened rapeseed oil; 4, hardened fish oil; 5, hardened coconut oil.

固体脂指数, 脂肪酸組成の異なる油脂を用いたクッキーの物性

一との関係で示す。液体油のナタネ油を除く固型脂の間では、みかけの破断エネルギーの小さいクッキーほど油じみは少ない傾向を示した。破断しやすい、もろいクッキーでは、油脂と小麦粉成分との親和が十分に行われ、遊離の状態の油脂が少ないために油じみが少なくなるのではないかと考える。小麦タンパク質および澱粉との親油性が油脂の種類により異なり、それがクッキーの破断特性値に影響を及ぼす一要因になると推察する。この点についてはさらに検討している。

液体油はみかけの破断エネルギーが小さいにもかかわらず油じみが多い。液体油がみかけの破断エネルギーを小さくする現象は、小麦粉成分との親和性や分散性によるのではなく、液体油が油滴として凝集し組織を多孔質⁶⁾にするためと考え、顕微鏡による観察を行っている。

4. 要 約

物理化学的性質の異なる油脂5種(ナタネ硬化油, パーム油, ヤシ硬化油, 魚硬化油, ナタネ油)を用いてクッキーを調製し, 生地ならびにクッキーの物性に及ぼす影響を検討した。

生地のクリープ曲線を解析して算出した粘弾性係数(フック体の弾性率, フォークト体の粘弾性率, ニュートン体の粘性率)および油じみは, 用いる油脂の固体脂指数に依存しており, 固体脂指数が大きいほど, 生地は硬くて, 流動変形しにくく, 油じみは少ない関係にあった。

クッキーのみかけの破断エネルギーおよびみかけの破断応力は, 油脂の固体脂指数が大きいと大きな値を示し, ショートネスに乏しい, 硬いクッキーとなる傾向を示した。しかしながら, 固体脂指数以外の要因の影響も無視できないことが示唆された。固型脂を用いたクッキーでは, みかけの破断エネルギーが小さいほど, 油じみは少ない傾向を示し, クッキーのショートネスに関する要

因の一つは小麦粉成分との親油性ではないかと推察された。

終わりに, 試料油脂の提供等, 種々の面でご援助賜りました日本油脂(株)木原 浩氏に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 和田淑子, 倉賀野妙子, 長谷川美幸: 家政誌, **34**, 609 (1983)
- 2) 和田淑子, 橋本慶子: 栄食誌, **40**, 505 (1987)
- 3) 倉賀野妙子, 北尾敦子, 山田光江: 家政誌, **39**, 665 (1988)
- 4) 松井宣也: 油化学, **19**, 57 (1970)
- 5) Kim, M., Uenaka, Y., Kamishikiryo, H., Matoba, T. and Hasegawa, K.: *J. Home Econ. Jpn.*, **39**, 1255 (1988)
- 6) 寺田喜巳男, 吉田景敏: 栄養と食糧, **13**, 221 (1960)
- 7) 中沢君敏, 島田哲夫, 梅沢 貢: 油化学, **5**, 21 (1956)
- 8) Mathews, R. H. and Dawson, E. H.: *Cereal Chem.*, **40**, 291 (1963)
- 9) 倉賀野妙子, 長谷川美幸, 和田淑子: 家政誌, **35**, 307 (1984)
- 10) 日本油化学協会: 基準油脂分析試験法, 日本油化学協会, 東京 (1986)
- 11) 日本油脂(株)王子工場: パルス NMR 法の操作, 日本油脂(株)王子工場, 東京 (1979)
- 12) Honesty, R. C.: *Principle of Cereal Science and Technology*, Am. Assoc. Cereal Chem., U. S. A., 256 (1986)
- 13) 中川鶴太郎, 神戸博太郎: レオロジー, みすず書房, 東京, 521 (1959)
- 14) Smith, W. H.: *Biscuits, Crackers and Cookies Technology, Production and Management*, Vol. 1, Applied Science Publishers Ltd., London (1972)
- 15) 寺田喜巳男, 佐野充彦: 油化学, **11**, 400 (1962)
- 16) 今村正男, 新谷 助, 丸山武紀, 松本太郎: 油化学, **18**, 16 (1969)