

小麦粉の油脂結合特性に関する研究 (第2報)

筒井 知己

Studies on the fat-binding properties of wheat flour (II)

TOMOMI TSUTSUI

Fat binding capacity and baking quality were investigated using the flour of western white(WW)wheat. Gluten from WW wheat bound more triglycerides in soybean oil and rape seed oil than in the other oils. Cookies baked using shortening oil, palm oil and hydrogenated fish oil possessed higher W(width)/T(thickness)value. W/T value of each cookie negatively correlated to fat binding capacity of WW gluten.

クッキー製造の際には、主原料の小麦粉に、砂糖、油脂、膨張剤等種々の副原料が加えられるが、中でも油脂の使用量は特に多い。一例としてAACC法¹⁾のクッキー用小麦粉のベーキングテストでは、原料の配合として小麦粉25gに、ショートニングオイルを64.0gも添加している。CLEMENTSら²⁾は、このショートニングオイルは小麦粉中の極性脂質を溶解し、小麦成分と相互作用させるために重要であると報告している。一方小麦粉中には、およそ1%の遊離の脂質が含まれており、このうち20%をしめる極性脂質と80%をしめる非極性脂質が小麦粉の機能性の維持に重要であると報告されている⁴⁾。実際にクッキー製造の際に、ヘキサンで脱脂した小麦粉を用いると、製品の幅や厚さが低下しており、これは内部構造の低下の影響といわれている⁷⁾。そしてCLEMENTS³⁾は、炭酸ガスを含んだ微細なセル構造の破壊がこのような影響をもたらすものと考えている。またCLEMENTSら²⁾は、脂質中では、ジガラクトシルジグリセライドや、ホスファジルコリンが最も機能性に影響を与えることを明らかにしている。このように小

麦粉中に含まれる油脂がクッキーの物性に影響を与えることは明らかであるが、クッキー製造の際に添加される油脂が物性に与える影響も大きいものと推測される。そこで今回は、ウェスタンホワイト(WW)小麦粉と各種の油脂を用いて、ベーキング特性を検討するとともに、グルテンと油脂の相互作用がこの特性とどのような関連があるか、検討を加えたのでここにその結果を報告する。

実験方法

1. 小麦粉およびグルテンの調製法

WW種小麦をビューラーのテストミルで製粉し、60%歩留りで粉を集めた。この小麦粉100gに0.001N塩化ナトリウム溶液80mlを加え、ドウをつくり、これをガーゼでつつんでから流水中で澱粉の濁りがなくなるまでよく揉んだ。次にガーゼ中のグルテンを集め、凍結乾燥後ヘキサンで脱脂してグルテン試料とした。

2. 親油性の測定法

グルテンの親油性の測定は筒井ら⁵⁾の方法に従った。すなわちガラス製の50ml容のホモジ

ナイザーカップに1 mlのヘプタン溶液(1 mlあたり50mgの各油脂と10 μ gのジフェニルヘキサトリエン [DPH]を含む)を加え、窒素ガスを吹きつけてヘキサンを蒸発させた。なお用いた油脂はナタネ白絞油, 大豆白絞油, パーム油, 魚硬化油 (mp30 $^{\circ}$ C), 魚硬化油 (mp43 $^{\circ}$ C), ナタネ硬化油 (mp36 $^{\circ}$ C), ショートニングオイルの7種類である。次にガラスカップに0.5%グルテン溶液(0.01N酢酸に溶解した物)10mlを加え, 37 $^{\circ}$ Cで5分間加温後, 日本精機製AM-11型ホモジナイザーで12,000rpm, 5分間攪拌した。(魚硬化油 (mp43 $^{\circ}$ C)の場合は加温温度を上げ油を熔融後同様に処理した)次にこの溶液を久保田KR20000S遠心分離機で14000rpm (12710G), 45分間遠心分離した。遠心分離後の下層溶液を0.3ml採取し, また別に下層溶液を4.2ml採取した。遠心チューブの下部に沈殿したグルテンは回収してから, 先に採取した下層溶液を加えてからよく混合後4 mlの定容とした。この溶液を同じホモジナイザーで12000rpm, 1分間ホモジナイズした。この溶液のうち0.2ml取り, 先の0.3mlの下層溶液と合わせ, さらに0.01N酢酸9.5mlを加えて20倍に希釈した。この溶液の蛍光を励起スペクトル366nm, 蛍光スペクトル450nmで測定した。なおDPHを含まない油脂とグルテンを同様に処理した溶液の蛍光を測定しブランク値とした。また各油脂, DPH溶液をヘプタンで50倍に希釈し, この蛍光を測定してコントロール値とした。次にグルテンと各油脂 (DPHを含む)を処理した場合の蛍光値からブランクの蛍光値を引いた値をコントロール値でわって相対的な油脂の結合率を算出した。

3. ガスクロマトグラフィー

ガスクロマトグラフィーの試料の調整は次のように行なった。すなわち2の親油製の測定法と同様に各油脂 (DPHを含まない)とグルテン溶液を同条件で攪拌後遠心分離した。この下層溶液を4.5ml採取し, 回収したグルテン沈殿物とともに試験管中で混合した。次にヘプタン5 mlを加え激しく振盪後, 分離した

ヘプタン層を採取した。さらに2 mlのヘプタンで2回抽出操作を繰り返した。これらの抽出溶液を合わせヘプタンを蒸発後, 三フッ化ホウ素メタノール試薬を用いて油脂をメチル化した。脂肪酸メチルエステルの定量には島津GC-7Aガスクロマトグラムを使用し, カラム温度は180 $^{\circ}$ C, キャリアガスは窒素, 充填剤はジエチレングリコール, サクシネートポリエステル(5%)を用いた。ガスクロマトグラムのピークの同定は標準脂肪酸との保持時間の比較によって行なった。またピークの定量は半値幅法でその面積を測定することによって行なった。

4. クッキー製造試験

クッキーは, AACC法のクッキー用粉のベーキングテストにほぼしたがって製造した。すなわち原料の配合は, 小麦粉225 g, 砂糖130 g, 油脂64 g, 重曹2.5 g, 食塩2.1 g, ミルク溶液40 g (脱脂粉乳28.2 gを水150mlに溶解した溶液のうち40 gを使用した), 水16 gとし, まず砂糖, 油脂, 重曹をパンミキサー (アイコー製, 5l)で低速で1分, 高速で3分攪拌した。次に食塩を溶解させたミルク溶液と水を加え, さらに低速で1分, 高速で2分攪拌し充分ホイップさせた。次に小麦粉を加え低速で2分攪拌し生地を生成した。この生地を6等分し, 7mm厚, 60mm径で型抜きした。その後佐々木製作所製電気パン菓子焼窯を用い210 $^{\circ}$ Cで10分焼成した。

実験結果および考察

1. WWグルテンの親油性

WWグルテンと7種類の油脂の結合性を検討した結果は表1のようになった。この中には, 大豆白絞脂 0.610, ナタネ白絞油 0.521の値が高く, これらの油脂がグルテンへの結合性が強いことを示していた。一方ナタネ硬化油, 魚硬化油 (mp30 $^{\circ}$ C), パーム油, 魚硬化油 (mp43 $^{\circ}$ C)のような融点が30 $^{\circ}$ C以上の油脂では, いずれも結合性の値が小さかった。そこでグラフの横軸にグルテン結合性の数値を, 縦軸にヨウ素価をとり, 各油脂の価をプ

Table 1 Relative DPH-FI value of WW gluten.

Variety of lipid	Relative DPH-FI value
Soybean oil	0.610
Hydrogenated fish oil (mp 30°C)	0.288
Shortening oil	0.406
Rapeseed oil	0.521
Palm oil	0.282
Hydrogenated fish oil (mp 43°C)	0.219
Hydrogenated rapeseed oil (mp 36°C)	0.359

ロットすると図1のような結果が得られた。すなわち両者の間には正の相関がみられ、ヨウ素価をY、油脂結合性をXとすると、 $Y=189.60X+12.67$ ($r=0.923$, $n=6$, $p<0.01$) となり、ヨウ素価の高い油脂ほどWWグルテンに強く結合することがわかった。

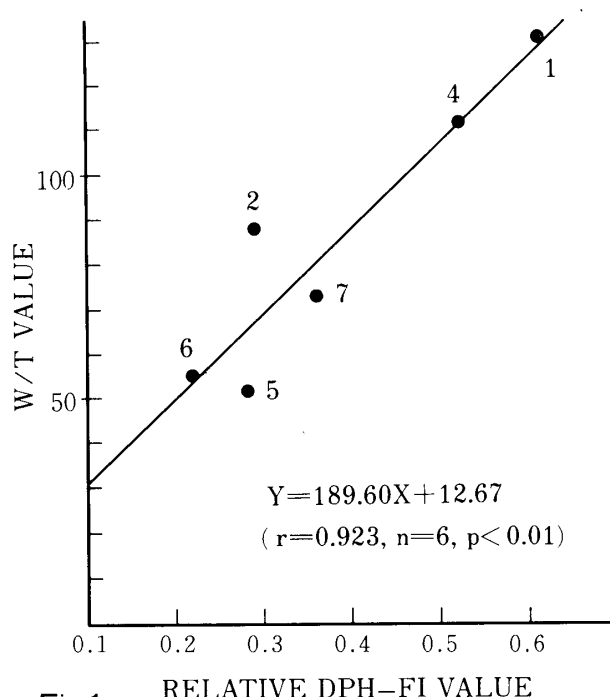


Fig.1 Relationship between relative DPH-FI value and iodine value of lipid. (WW gluten)

(1) soybean oil (2) hydrogenated fish oil (mp 30°C) (3) shortening oil (4) rapeseed oil (5) palm oil (6) hydrogenated fish oil (mp 43°C) (7) hydrogenated rapeseed oil (mp 36°C)

2. WWグルテンに結合した油脂の脂肪酸組成

各油脂の脂肪酸組成とWWグルテンに結合した油脂の脂肪酸組成を表2, 3に示す。

WWグルテンに結合した油脂の脂肪酸組成は、元の油脂の脂肪酸組成とかなり異なっており、 $C_{16:0}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ 等の脂肪酸の含量に変動が見られた。そこでグルテンに結合した各油脂の脂肪酸量を相対的に比較するために、表1の各油脂のグルテンへの結合性の数値(既報のように各蛍光値はグルテンに結合した油脂の量に比例している)に表3の各値をかけて表4の数値を算出した。この結果、大豆白絞油やなたね白絞油は他の油脂にくらべ、不飽和脂肪酸がグルテンに多く結合していることが明らかになった。

3. クッキーの品質

本試験では、小麦粉を加える前にあらかじめ砂糖、油脂、重曹を加えて攪拌後、ミルク溶液と水を添加して充分ホイップさせたわけであるが、なたね白絞油や大豆白絞油では、十分には乳化しなかった。またなたね硬化油、魚硬化油 (mp43°C) は油脂が硬すぎホイップしなかった。しかしホイップの良否にかかわらずさらに小麦粉を加え攪拌し生地を生成した。このためかなたね白絞油や大豆白絞油を用いた生地は泥状で粘着性が強かった。一方パーム油やショートニングオイルを用いた生地は粘着性が少なく柔らかい生地であった。さらに魚硬化油 (mp30°C) の生地はもろくぼそついでおり、魚硬化油 (mp43°C), なたね硬化油の生地は硬く伸びにくいものであった。これらを焼き上げたクッキーの平均的な広がり厚さを表5にその写真を図2に示す。ま

Table 2 Fatty acid composition of original lipid.

Variety of lipid	Soybean oil	Hydrogenated fish oil	Shortening oil	Rapeseed oil	Palm oil	Hydrogenated fish oil	Hydrogenated rapeseed oil
Fatty acid (%) composition	(mp 30 °C)					(mp 43 °C)	(mp 36 °C)
C _{8:0}	—	0.4	—	—	—	0.4	—
C _{10:0}	—	0.2	—	—	—	0.1	0.1
C _{12:0}	—	0.7	0.2	—	0.3	0.7	0.5
C _{14:0}	—	6.5	—	—	1.2	5.7	0.3
C _{15:0}	—	0.6	—	—	—	0.4	—
C _{16:0}	11.0	15.0	10.9	4.7	43.4	18.2	5.4
C _{16:1}	0.1	7.8	0.3	0.3	0.3	6.4	0.3
C _{17:0}	0.1	1.4	0.1	—	0.1	1.1	—
C _{17:1}	—	1.3	0.1	—	—	0.8	—
C _{18:0}	4.1	3.1	5.1	1.8	4.6	11.0	13.3
C _{18:1}	24.5	17.4	22.0	53.2	39.8	15.0	72.2
C _{18:2}	52.0	4.0	51.9	17.9	9.6	1.0	1.8
C _{20:0+18:3}	7.4	0.9	9.1	8.4	0.6	5.5	0.7
C _{20:1}	0.2	10.4	0.3	1.5	0.1	10.0	—
C _{20:2}	—	5.5	—	—	—	4.1	—
C _{20:3}	—	3.1	—	—	—	1.5	—
C _{22:0}	0.5	0.8	—	11.3	—	8.6	2.4
C _{22:1}	—	8.1	—	—	—	7.3	0.7
C _{22:2}	—	4.6	—	—	—	3.6	—
C _{22:3}	—	3.6	—	—	—	2.2	—
C _{24:1}	—	1.4	—	0.9	—	0.7	—
Others	0.1	3.2	—	—	—	0.7	2.3

Table 3 Fatty acid composition of bound lipid. (WW gluten)

Variety of lipid	Soybean oil	Hydrogenated fish oil	Shortening oil	Rapeseed oil	Palm oil	Hydrogenated fish oil	Hydrogenated rapeseed oil
Fatty acid (%) composition	(mp 30 °C)					(mp 43 °C)	(mp 36 °C)
C _{8:0}	—	—	—	—	—	—	—
C _{10:0}	—	—	—	—	—	—	0.65
C _{12:0}	—	8.15	0.41	—	1.37	7.48	—
C _{14:0}	—	0.61	—	—	0.34	0.80	—
C _{15:0}	—	—	—	—	—	—	—
C _{16:0}	13.66	27.18	20.97	19.64	39.84	31.81	12.22
C _{16:1}	0.64	9.08	1.86	1.68	2.46	7.24	—
C _{17:0}	1.05	0.53	—	—	—	—	—
C _{17:1}	—	1.15	1.74	—	—	1.07	—
C _{18:0}	10.35	5.76	6.60	6.11	9.35	16.00	10.07
C _{18:1}	15.61	23.48	22.59	49.42	39.63	16.45	71.31
C _{18:2}	37.84	3.14	41.44	14.58	7.01	2.27	5.75
C _{20:0+18:3}	3.65	10.39	4.06	—	6.95	4.97	—
C _{20:1}	8.25	3.90	—	—	1.62	7.67	—
C _{20:2}	—	—	—	—	—	—	—
C _{20:3}	—	—	—	—	—	—	—
C _{22:0}	8.96	—	—	—	—	—	—
C _{22:1}	—	6.62	—	—	—	4.21	—
C _{22:2}	—	—	—	—	—	—	—
C _{22:3}	—	—	—	—	—	—	—
C _{24:1}	—	—	—	—	—	—	—
Others	—	—	—	—	—	—	—

Table 4 Relative fatty acid composition of bound lipid. (WW gluten)

Variety of lipid Fatty acid composition	Soybean oil	Hydrogenated fish oil	Shortening oil	Rapeseed oil	Palm oil	Hydrogenated fish oil	Hydrogenated rapeseed oil
		(mp 30°C)				(mp 43°C)	(mp 36°C)
C _{8:0}	—	—	—	—	—	—	—
C _{10:0}	—	—	—	—	—	—	0.23
C _{12:0}	—	2.35	0.17	—	0.39	1.64	—
C _{14:0}	—	0.18	—	—	0.10	0.18	—
C _{15:0}	—	—	—	—	—	—	—
C _{16:0}	8.33	7.83	8.51	10.23	11.23	6.97	4.39
C _{16:1}	0.39	2.09	0.76	0.88	0.69	1.59	—
C _{17:0}	0.64	—	—	—	—	0.23	—
C _{17:1}	—	0.31	0.71	—	—	—	—
C _{18:0}	6.31	4.61	1.36	3.18	2.64	3.50	3.62
C _{18:1}	9.52	4.74	9.17	25.75	11.18	3.60	25.60
C _{18:2}	23.08	0.65	16.82	7.60	1.98	0.50	2.06
C _{20:0+18:3}	2.23	1.43	1.65	3.62	—	1.09	—
C _{20:1}	5.03	2.21	—	0.84	—	1.68	—
C _{20:2}	—	—	—	—	—	—	—
C _{20:3}	—	—	—	—	—	—	—
C _{22:0}	5.47	—	—	—	—	—	—
C _{22:1}	—	1.21	—	—	—	0.92	—
C _{22:2}	—	—	—	—	—	—	—
C _{22:3}	—	—	—	—	—	—	—
C _{24:1}	—	—	—	—	—	—	—
Others	—	—	—	—	—	—	—

たクッキーの外観は、魚硬化油 (mp30°C), (mp43°C), ナタネ硬化油を用いた物はいずれも細かいクラックが多数見られ似ていた。一方パーム油を用いたクッキーはややクラックが少なく、ショートニングオイルを用いたクッキーは細かいクラックが多数見られ、表面は白かった。これに対してナタネ白絞油、大豆白絞油を用いたクッキーは、大きなクラックが数本しか見られず、表面も白く、油脂が分離していた。またナタネ白絞油、大豆白絞油を用いたクッキーの広がり、他のクッキーにくらべて小さく、逆に厚さは他のクッキーよりも厚く、W (幅) / T (厚さ) 値は小さめで、生地が多少もりあがっていることを示していた。一方ショートニングオイルやパーム油を用いたクッキーのW/T値は、他の油脂を用いたクッキーのW/T値よりも大きく、

外観と合わせて、焼き上がりの状況が良好であることを示していた。そこで油脂のグルテンへの結合性とクッキーのW/T値との間にどのような関連があるかを検討するため、グラフの横軸に油脂のグルテンへの結合性の数値を、縦軸にクッキーのW/T値をとり、各値をプロットすると図3の結果が得られた。この結果、油脂のグルテンへの結合性 (X) と、クッキーのW/T値 (Y₂) の間には負の相関があり、その式はY₂ = -6.26X + 8.89 (r = -0.74, n = 7, p < 0.05) となった。以上の結果から、小麦粉に添加される油脂の種類がちがいが、クッキーのW/T値等の影響を与えることが明らかであり、グルテンと結合性の弱い油脂を用いたクッキーほど横にひろがる傾向が見られた。今回著者はこれらのクッキーのショートネス性を測定しなかったが、

Table 5 W/T value of baked cookies

Variety of lipid	Width (W) of Cookies (mm)	Thickness (T) of cookie (mm)	W/T
Palm oil	76.1	10.2	7.46
Rapeseed oil	70.4	14.8	4.76
Soybean oil	72.3	14.5	4.99
Hydrogenated fish oil (mp 30°C)	76.0	10.8	7.04
Shortening oil	76.5	9.8	7.81
Hydrogenated fish oil (mp 43°C)	74.3	11.1	6.69
Hydrogenated rapeseed oil (mp 36°C)	74.4	11.1	6.70

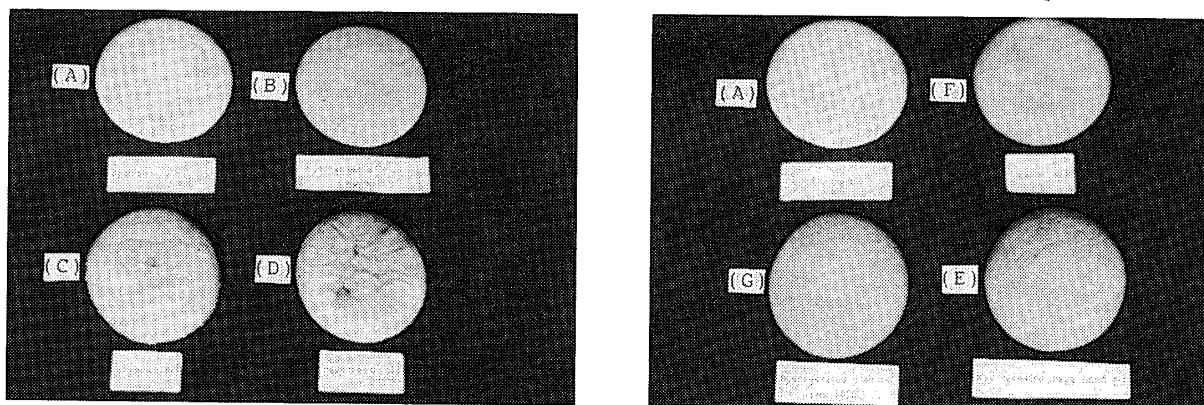


Fig.2 Cookies baked from WW flours
 (A) shortening oil, (B) hydrogenated fish oil (mp 43°C)
 (C) soybean oil, (D) rapeseed oil, (E) hydrogenated rapeseed oil,
 (F) palm oil, (G) hydrogenated fish oil (mp 30°C)

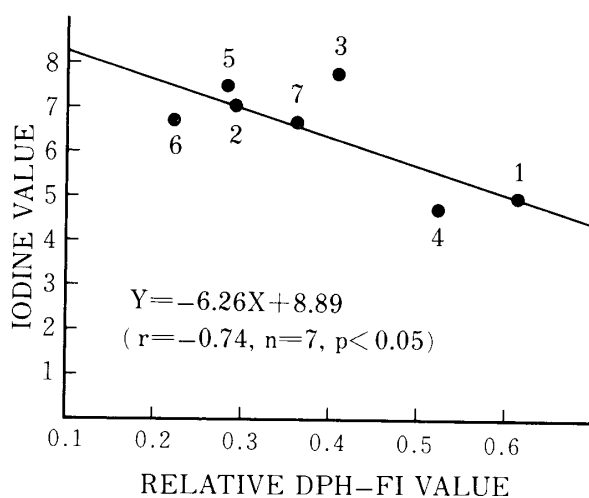


Fig.3
 Relationship between relative DPH-FI value and W/T value.
 (1) soybean oil (2) hydrogenated fish oil (mp 30°C)
 (3) shortening oil (4) rapeseed oil (5) palm oil
 (6) hydrogenated fish oil (mp 43°C) (7) hydrogenated rapeseed oil (mp 36°C)

和田ら⁶⁾の報告によると、クッキーのショートネス性には、小麦粉中のグルテン以外に、デンプンと、加えた油脂の相互作用も影響を与えている。そこで各油脂と小麦デンプンの相互作用がクッキーのW/T値等に、どのような影響を与えているかも、さらに検討する必要があるものと思われる。

要 約

WW小麦と7種類の油脂を用いて、グルテンと各油脂の結合性と、各油脂を用いて製造したクッキーの品質等を検討し以下のような結果を得た。

1. 大豆白絞油やナタネ白絞油は他の油脂にくらべWWグルテンへの結合性が強く、各油脂のヨウ素価とグルテン結合性との間には正の相関がみられた。
2. WWグルテンに結合した油脂の脂肪酸組成は元の油脂の脂肪酸組成と異なり、C_{16:0}、C_{18:0}、C_{18:1}、C_{18:2}等の脂肪酸の含量に差が見られた。
3. 焼き上げたクッキーでは、ショートニングオイル、パーム油を用いたクッキーのW/T値が大きく外観の状況もよかった。一方大豆白絞油やナタネ白絞油を用いたクッキーはW/T値も小さく、表面に油脂が分離していた。

4. 各油脂のグルテンへの結合性とクッキーのW/T値との間には負の相関が見られた。

終りに臨み、グルテン調整を御助力いただいた本学助手荒木裕子氏に御礼申し上げます。またクッキー製造試験を御助力いただいた昭和産業(株)総合研究所の皆様にも御礼申し上げます。

文 献

- 1) AMERICAN ASSOCIATION of CEREAL CHEMISTS. 1976.
Approved Method of the AACC. Method 10-50D, approved October 1976. : (St. Paul, MN.)
- 2) CLEMENTS, R.L. and DONELSON, J.R.: Cereal Chem., **58**, 204, (1981).
- 3) CLEMENTS, R.L.: Cereal Chem., **57**, 445 (1980).
- 4) KISSELL, L.T., POMERANZ, Y. and YAMAZAKI, W.T.: Cereal Chem., **48**, 655, (1971).
- 5) TSUTSUI, T., LI-CHAN, E. and NAKAI, S.: J. Food Sci., **51**, 1268, (1986).
- 6) 和田淑子, 橋本慶子: 日本栄養・食糧学会誌, **40**, 227, (1987).
- 7) YAMAZAKI, W.T. and DONELSON, J.R.: Cereal Chem. **53**, 998 (1976).