総 説

食用油脂とベーカリー製品のショートネス

松 井 宣 也

花王石鹸株式会社, 食油・食品研究所 (東京都墨田区文花 2 丁目 1 番 3 号)

Edible Fats and Shortness of Bakery Products

Nobuya MATSUI

Edible Oil and Fat Research Laboratories, Kao Soap Co., Ltd. (1-3, Bunka 2-chōme, Sumidaku, Tokyo)

1 ベーカリー製品のショートネス

ベーカリー製品のショートネスとは、もろいこと、さくさくすることを意味し、製菓原料のうちおもに油脂がこの性質を与えるので、特にこの目的のために調製される油脂を、周知のようにショートニングといい、Bailey¹⁾は豚脂をも含めて、ショートニングエージェントとよんでいる。しかし、油脂類は流動パラフィンなどとともに、すべてショートニングの性質をもち、ただその性状によって、ショートニング性に差がみられるだけである。

現在ではすでに欧米はもとよりわが国においても、特殊なものは別として、ショートニングの代表的な形態はほとんど完成し、ベーカリー製品の種類に応じて、それに適するショートニングを選ぶことができる。表-1 は、ベーカリー製品に応じてショートニングがそなえるべき特性を整理したものである。ベーカリー用に用いられるマーガリンについても同じことがいえる。

表-1 各種のベーカリー製品に応じて要求されるショートニングの諸性質

ショートニングの性質	クリーミング性	可塑性	ショートニング性	乳化性	酸化安定性
ベーカリー製品の種類					
パンおよびロール	—	◎	—	○	—
クラッカー	—	○	◎	—	◎
ケーキ	◎	○	—	◎	—
ビスケット, クッキー, ヴェファー	—	○	◎	—	○
パイ クラスト	—	◎	◎	—	○
デニッシュ, パフペーストリー	—	◎	—	—	—

注: ◎ きわめて重要, ○ 重要, — あまり重要ではない

Matz²⁾ は、現在では総称してスナック食品とよばれているもののうち、ぱりぱりしたフレーキーなパイや、ビスケット、クラッカー、朝食用穀物食類を もろい 食品 (friable food) として分類し、これらの物性について述

べている。これによれば、ショートネスはとくにこれらの食品に重要な特性であり、その一般構造は、小さく不規則な断片が、気ホウを介在させるかまたは、種々のテクスチャーをもつ固体、もしくは可塑性の組織中において、どちらかといえかなりゆるく結合している。たとえばビスケットを例にとり観察すると、まずドー（練り粉）は不均一であり、その中に脂肪は大抵通常の顕微鏡によりみえる程度の大きさで不連続に分散している。これを焼くと、おそらく水-油脂界面においてははじめに形成される水蒸気と炭酸ガスによる膨脹ガスが、ドーの中に一杯になる。同時にデンプンのコ（糊）化やタンパク質の変性凝固が起こり、比較的つよい構造を形づくるが、油脂はこの間に分散して、構造の連続性を切断している。発生したガスは一部ドーからにげるが、大部分は不規則な気ホウとなったり、組織中に層をつくりあげる。製品は一般に熱時には全体が可塑性であるが、冷えるにつれてかたくもろくなる。ビスケットのくだけやすさは、気ホウの大きさ、形状、分布のしかた、水分、クラム（内相）の性質、冷却時に与えられるひずみなどによる。この際に水分は5% 以下であると一般的にもろい食感があるが、10% を越えると弾性を示し、しこしこしはじめる。

もろい食感をもちあじとするベーカリー製品における油脂のショートニング性の研究はかなり古くからある。表-1 においてクラッカー、ビスケット、クッキー、パイクラスト用のショートニングには、可塑性とショートニング性がとくに望まれ、さらに保存期間の長い場合には、酸化に対する安定性が重要な要求特性となるが、一般にクリーミング性は比較的非重点の性質である。とくにケーキ用のショートニングの性質と対しよ的である。一般的には現在では表-1 のような概念が整理されているが、ここにいたる研究の過程や、詳細にたちいった現象は複雑である。

1921 に Davis³⁾ はショートメーターを考案し、これを Bailey (C.H.)⁴⁾ が 1934 に自動的な装置に改良し

た。その後、ショートニングの研究はショートニング性の定量化に刺激されて行なわれ発表されてきた。これはビスケットやクラッカーの破断抵抗力をはかる装置であるが、その研究の報告をみると、ベーカリー製品の大規模な生産における油脂の選択や品質の評価というより、家庭におけるベーキングの問題として検討されたもののがかなり見うけられる。

ベーカリー製品のショートネスに関する研究は、ショートメーターを中心にしてすでに行なわれ、一時期をすぎたように見うけられる。また工業的な問題としてもすでに現在では具体的にはほとんど解決されている。

しかし最近、分子レベルにおいては脂質と小麦粉、とくにグルテンとの関係がかなり詳細に研究され、一方では食品におけるレオロジー的な性質が種々の手段によって研究されようとしている。ベーカリー製品のショートネスに関する問題は決して新しくはないが、このような時期にその研究のあとをふりかえるのも有用であろう。

Davis が³⁾、あらたに提案したショートメーターにより、シュガークッキーを試験対象にして、豚脂、植物油およびその硬化油のショートニング価を測定し定量的に表わしてから間もなく、Platt と Fleming⁵⁾ (1923) は油脂のショートニング性について、多角的にかつ細部にわたる考察を試みた。この論文の新しい見解は、油脂のショートニング性をその可塑性、潤滑性の面からだけではなく、表面現象に関する当時の新しい理論を適用して考察した点にある。それは Harkins⁶⁾ (1917) の表面張力と吸着作用に関する結論および Langmuir⁷⁾ (1917) の単分子吸着説との適用であり、不飽和度の高い油脂ほどショートニング性の大なる理由を、その吸着作用および被覆表面の大きい結果であると説明した。他に油脂の粘度、表面張力、融点などをあげているがいずれもおもな要因ではないとしている。しかし、この論文の新しい見方である Harkins と Langmuir の理論の適用は、植物油に比較して不飽和度の低い豚脂のショートニング性のよいことを例外としなければならず、また数多い種類のグリセリドの混合物である市販の油脂が、表面現象において純粋なトリグリセリドのように挙動するかどうかについては、Langmuir 自身の指摘もあって保留している。

分子レベルの考察とともに、この論文においてはシュガークッキーのドー中の油脂の分散状態を顕微鏡によって観察している。この際油脂はスーダンⅢによって染められている。油脂がデンプン粒を薄い被膜でおおっているが、この膜の厚みはその場所によってさまざまであり、所によってはかなり大きいかたまりのままで混在しているところもある。これをやきあげたクッキーにおいては、油脂は全体に分散して同じような層状をなしていると認めた。また寺田ら⁸⁾ (1960) もソフトビスケットについて、代表的な各種の油脂のドーおよびやきあげた製

品中の分散状態を顕微鏡によって調べている。

これによれば、可塑性のよい油脂はドー中に薄層状に広い範囲に広がり、焼きあげ製品は層状の断面を示している。しかしややかたく可塑性の悪い油脂はドー中で不均一の塊状のままとなり、このやきあげ製品は破断抵抗が比較的大きい。これに反して液状油はドー中で油滴状に分散し、焼きあげ製品の破断抵抗は少ないが多孔質で mealy (あら粉状) なものとなるとしている。

顕微鏡下における観察と製品の性状との対応はややマクロな範囲における現象である。これに対して分子レベルの現象と推定される研究を 1947 に Carlin⁹⁾, Brother¹⁰⁾, Olcott¹¹⁾ らが発表している。Carlin によれば、パンをつくる際にショートニングをホモジナイザーで乳化して加えた場合は、そのままで加えた場合に比べてそのショートニング性が低下した。この現象を、ショートニング作用はデンプンやグルテン表面にショートニングが最も大きい表面積、すなわち単分子膜状に広がる際に発揮されると考察した。乳化して加えるより、ドーの高速かくはんによってショートニングは単分子状に分散すると推定している。また Brother, Olcott は、ドー混合中に油脂とグルテンが結合すると、混合前にエチルエーテルで 70% 抽出された油脂が、混合後ではわずか 30% しか抽出されないこと、さらに混合したドーをデンプンとグルテンに分けると、結合した油脂はグルテン側に残ることを認めている。

その後、製パン性における小麦粉の脂質、添加油脂の挙動の重要性が種々の角度より研究され議論されているが、1963 に Baldwin¹²⁾ らはつぎのような実験結果を発表している。製パン法は従来法と連続法、油脂は小麦粉脂質と添加油脂について行なわれた。おもに連続製パン法における各種の油脂および配合油の製パン性についての検討結果が述べられているが、図-1 は小麦粉脂質約 2%、添加脂肪 3% の場合に、連続法と従来法それぞれにおいて、ドーおよびパン中の遊離油脂と結合油脂の脂肪酸組成を比べたものである。石油エーテルにより抽出されるものを遊離油脂、さらに酸により加水分解して回収されるものを結合油脂としている。図-1 よりみると、連続法のパンの方が結合油脂が多く 87% に達している。また一般的にリノール酸部の方がより多く結合している。さらに Baldwin らは、マイクロベーキングの方法により、連続製パン中のドーおよび焼成中の油脂の挙動を顕微鏡観察している。ドー中においては油脂はグルテンフィルムにそってより多く集まり、これをベーキングすると、油脂はとけてグルテンフィルムにそって流れ、小さな空気を満たし、ベーキング中にガスが逃げるのを防いでいるようにみえる。形成されるリポタンパク質が、グルテンのネットワークの構造の安定性の保持に有用のようである。

図-1 二つの製パン法におけるドーおよびパン中の脂肪の状態

クッキーについては、Cole¹³⁾ (1960) らが、小麦粉脂質と焼きあげクッキーの大きさの関係を調べている。水飽和 *n*-ブチルアルコールにより小麦粉脂質を抽出してクッキーを焼くと、その直径は未抽出のものに比べて小さくなる。ふたたび水飽和 *n*-ブチルアルコールに脂質を分散させて小麦粉にもどし、溶剤を乾燥させてベーキングするとクッキーの大きさは回復する。またこのさい、脂質の含リン区分が重要な役目を果たしている。

脂質とグルテンの微細構造については、Grosskreutz¹⁴⁾ (1961) が X 線と電子顕微鏡によって得た結果に基づいて仮説的なモデルを提出している。この報告によれば、小麦粉からリン脂質を抽出してもグルテンの基本的な小板状構造はくずれないが、大きな可塑性変形が起こる際に障害となる。すなわち、グルテン構造中の 2~5% の

図-2 リポタンパク質の構造

リポタンパク質が、グルテン構造を可塑性して小麦粉のベーキング性をたすけているとしている。図-2 は純粋なリン脂質とグロビンとが水溶液中に形成されたリポタンパク質の仮定的なモデルであり、Stoeckenius の所見から考えられたものである。また図-3 は Grosskreutz により提出されているリポタン

図-3 タンパク小板の仮定的構造

図-4 グルテンシートの仮定的構造

パク質の仮定的な形態を示し、図-4 はグルテン小板構造について提案されたモデルである。図-4 によればグルテン小板は水相において水素結合により結びあっており、リポタンパク質からなると考えられる弾性小板が他のグルテン小板に水素または塩類似結合 (saltlike linkage) をしている。この結合はこの図におけるリポタンパク質層内のリン脂質の二分子層間の擬似結合より強いので、グルテンの構造にせん断力がかかるとき、リポタンパク質層がスリップして、構造全体は破壊しないで変形しようとしている。Chapman¹⁵⁾ (1969) が最近述べているように、一般的にリポタンパク質の構造は複雑であり、過度に簡易化して考えることは危険であろうが、Grosskreutz のモデルは、ベーキングにおける脂質ひいては油脂とタンパク質との関係を考えてゆくうえに有用であろう。

Glass¹⁶⁾ (1960) はベーキング中における脂質の役割について総括的な考察を行なっているが、脂質とタンパク質との結合方式を考える一つのがかりとして、Schlerud¹⁷⁾ (1957) の研究結果を引用している。すなわち、脂肪酸のメチルエステルが、そのヨウ素価の高いものほどグルテンに結合する度合いが強い。これはすでに述べた Baldwin らの結果の 1 部とも一致する傾向であるが、Glass はトリグリセリドについて、Schulerud と同じような研究をする必要があろうといっている。

Glass はまた、荷電部分のないトリグリセリドについては、リポタンパク質の脂質部分に固溶体を形成しているのではないかという説をたてている。

以上のように、Platt および Fleming が、ベーキング用の油脂において、その不飽和度が分子レベルの現象に重要な要因であることを指摘して以来、油脂はデンブ

ンよりグルテンに強く結合し、しかも不飽和度の高いものほど結合力が強いことが実証されはじめています。

しかし、同じ報文において、ショートニング性を支配するのは不飽和度だけではなく、油脂の可塑性、潤滑性であることも指摘されており、顕微鏡観察では、ドー中の油脂の分散は、その形がかなり大きいことが認められている。

ショートニングがベーカリー製品の工程、品質の上に果たす役割は数多くあるが、その代表的な一つであるショートネスを与える機構を考えてゆくうえに、分子レベルにおける現象を適確に解明する必要性とともに、数 μ ~ 1 mm 程度にわたる範囲の現象をさらに調べる必要があると思う。表-2 はベーカリー製品中の種々の物質の大きさの範囲を整理したものであるが、広い範囲にわたる現象の複合されたものとしてとらえること、またどの大きさの現象が支配的であるかなどの配慮が必要である。表中のソフトビスケットの食感の比較は、市販のソフトビスケットを細粉して篩分し、各区分について官能テストした結果である。

表-2 ベーカリー製品における種々の物質および現象の大きさの範囲

なお、Arany⁸⁾ (1968) は小麦粉およびそのドーを、走査型電子顕微鏡によって比べ、この方法の可能性について報告している。この際の解像度は通常 500 Å よりよく、よい条件下では 200 Å 程度まで可能であると述べている。

2 ベーカリー製品のショートネスの測定法

1921, Davis³⁾ はショートメーターと名づけたベーカリー製品の破碎試験機を発表した。これはクッキーやクラッカー、ビスケット、パイなどのもろいベーカリー製品のショートネス、すなわちもろさを定量的に測定しようとするもので、原型はセメントの試験機である。これをベーカリー製品むきに改造して、その破断抵抗力 (breaking strength) と粉砕抵抗力 (crushing strength) をはかる 2 種の測定機が提案されている。breaking strength を以下は破断力とよぶことにするが、これは 2 本の平行なレールの上に試験片を置き、これを、レールに平行な上部からのバーで押して折る。これにかかる荷重は、バーの上部に備えた容器に散弾を徐々に加えることにより、試験片が折れたときの荷重を測定値とする。負

荷の工夫は、バーを支える腕の上をおもりをすべらせることによる場合も示されている。30 回の繰返しによってデータをとる。また粉砕力をはかるのは、試験片を平板の上に置き、これを上方より小さい円板によって押して砕けたときの荷重をみる。負荷のかけ方は破断力の場合と同じである。この際破断力をボンドで表わし、シュガークッキーを対象にして各種の油脂のショートニング性を測定したところ、豚脂がもっともよかったのでこの値を標準 A ボンドとし、実験油脂の測定値を B ボンドとした際にショートニング価をつぎのように表わした。

$$\frac{A}{B} \times 100 : B \text{ 実験油脂のショートニング価}$$

1934, Bailey (C.H.)⁴⁾ は, Davis の破断力試験機を改良して自動的にした。図-5 はよく知られている Bailey 式のショートメーターである。これは米国穀物協会 (AACC) のまとめた実験室試験法としてのせられているが、その操作法は、試験片を R の上におき、モーター M をまわして、コード C を 1 min 12 cm の速さでひき、A におされて試験片がわれたときの荷重を、はかり B の指針によって読む。このときの指示を g でよみとりそのままショートニング価 (shortening value) とする。測定を正しくするために、試料調製のベーキングは少なくとも 2 回、できれば 3 回行ない、測定には 20 個の試験片を用いる。この際、チェックングによる不規則な試料がはいらないかどうか注意を要する。20 回繰返しの測定誤差は、平均値の 2.41% であるとしている。

図-5 ショートメーター

この方法はショートニング価測定の標準法のように最近まで研究者によって用いられている。しかし、米国穀物協会の実験室試験法の第 7 版 (1962) からは削除されている。このほか、Coppock と Conford¹⁹⁾ は、クッキーを一組のナイフエッジの上に置き、これをたたくようにして割り、それが破断するまでに吸収されるエネルギーを記録する方法を考案している。

類似したものとして、クリームパフの皮のもろさを小林、竹林²⁰⁾ (1968) らがカードメーターにより測っている。これはパフの試験片を、200 g 荷重をかけた 3 mm 直径の感圧軸で押し、貫通するときの読みをとる方法である。

ショートニング価の表現は、実験者によってまちまちである。既述のように Davis²³⁾ は、その実験シリーズの最もよい値を 100 として、これより劣るものはその測定値との比により、70 あるいは 80 のように表わす。一方 Bailey (C.H.) は破断力の測定値そのものを g で表わす。また Fisher²¹⁾ (1934) は、ショートニング当量 (shortening equivalent) という用語によって、たとえば、ショートニング値が豚脂が 100、硬化綿実油が 70 のとき、その効果の当量は豚脂 70、硬化綿実油 100 であるという用い方をしている。

破断力を厳密に示すべきならば、破断断面の寸法と、支点距離、必要破断力より抗折力を算出して g/cm^2 の単位で表わすべきであろうが、ベーカリー製品の試験片の大きさを厳密につくりあげることは、かなり困難であり、ここまでの必要はないであろう。

Harvey²²⁾ (1937) および Ottaway²³⁾ (1958) は、ショートニング価、破断力と官能的なショートネスすなわちもろさないしやわらかさ (tenderness) の評価が一致しない場合があることを示して、破断試験機による破断力の解釈に注意を促している。

これに対して Mathews²⁴⁾ (1963) はペーストリーの破断力と官能的なテストの結果がよくその傾向を一致することを示した。Mathew は Bailey (C.H.) のショートメーターにより破断力を測り、この数値と、官能的なもろさの評価とを比べた。口あたりのやわらかさ (tenderness) のスコアとしては、もろく砕けやすい (crumbly) を 7 とし、きわめてかたくこわれにくい (very tough or firm) を 1 として、7 段階を選んでいる。

機械的に測定した破断力と、ショートネスの官能的な評価の関係は、その値の広い範囲では相関するであろう。しかし、口中における食感の微妙な点を問題にする場合、機械的な測定値がこれを表現するとはいいきれない。Mathews の場合、かなり広い範囲の相関をいっているのであり、Harvey および Ottaway の場合、特殊で微妙な嗜好性にまでたちいて評価しているためである。

したがってショートネスの機械的な測定は、条件のかなり広い範囲の変化による実験結果を示すには定量的で便利であるが、実際商品の微妙な品質の評価には、尺度としてはあらずぎるといえる。

口中の食感までを含めて評価するとすれば、むしろ粉砕力のテスターの方がよいのではないかと思うが Davis の方式ではできない。われわれはかつて、ボールミル中でソフトビスケットを砕き、これをふるい分けして粒度分布と、官能的なショートネスの対応を比べたが、かなりよい結果を示した。しかし、ボールミル中で再ケーキングし均一にこわれにくい欠点が認められた。

類似した方法では、松元²⁵⁾ (1958) がビスケットをジ

ュースマキサーに入れて砕き、これを 20 mesh のふるいで通し、通過分の全体に対する重量比でショートネスを測っている。

Matz²⁾ の案としては、もろい食品 (friable food) をシリンダー状の容器に入れ、一定の速度の力でこれを押し砕き、この粒度分布を比べる方法である。この際、粉碎に必要な力の変化を記録することを勧めている。この方法による評価が食感を示す指標になるであろうという意見である。

松元²⁵⁾ は上記の実験の際、ビスケットの吸水速度を比べているが、これはショートネス評価の際の食感に関してもかなり重要な要因であり、ショートネスはよいが、口中でばそばそとしてシ好評価が劣る場合の解析の手がかりになると思う。

3 油脂とベーカリー製品のショートネスとの関係

ベーカリー製品とくにもろいベーカリー製品のショートネスを支配する因子については、Lowe²⁶⁾ (1955) がその著書において総説しているが、とくに油脂に関しては、その使用量、使用温度、化学的性状、物理的性状、使用方法などによってかなり支配される。

使用方法のショートネスに及ぼす影響については、Lowe²⁶⁾ が Bernds (1937) の実験結果を紹介している。これは油脂と小麦粉との混合時間、ベーキング温度、水を添加後の混合時間、ドーの熟成時間、焼成後の放置時間などについてである。竹林²⁷⁾ もソフトビスケットの製造上の種々の条件が、製品の各種性状に及ぼす影響を詳細に検討しているが、図-6 はソフトビスケットの主要原料の使用量が、ビスケットのショートネスに及ぼす結果を示したものである。砂糖の量がふえる著しく破断力が

増大するが、ショートニングがふえると低下する。

Davis²³⁾ (1921) はショートメーターの提案を初めて行なうとともに、シュガークッキーについて、4 種の豚脂、硬化綿実油、バター、ヤシ油、大豆油などの植物油液体油を使用した際の破断力を測定した。こ

図-6 砂糖、ショートニング、卵の添加によるショートネスの相異

のとき、豚脂がもっともよい結果を示したので、これを基準のショートニング価 100 として、他の油脂の相対的なショートニング価を求めた。このうちショートメーターによる定量的な評価法を用いて、数多い研究が行なわれた。

Denton および Lowe²⁶⁾(1924) は各種のペーストリーについて、いろいろな油脂の破断力および粉碎力に及ぼす影響を比べた。表-3 はこの結果を示す。破断力についてみると、綿実油、トウモロコシ油、鶏油または脂肪が最もよい群に属し、ついで二級品豚脂、バター脂、即席乳化の綿実油などがよい。鉱油の類も実験に加えられており、結果はよくないが、かなりのショートニング効果をもっていることがわかる。

表-3 標準条件下でつくられた各種のペーストリーの破断および粉碎力 (数値は 48 テストの平均)、混合温度 80°F

油 脂 の 種 類	融点 (°C)	破断力 (g)	粉碎力 (g)
パフ・ペーストリー・ショートニング	61.0	612	1380
ヤシ油マーガリン	28.4	644	1096
パフ・ペーストリー・ショートニング (水分なし)	—	592	1000
バ タ ー (I)	34.7	530	902
バ タ ー (II)	—	525	802
石 油	—	402	680
鉱物油 (精製油)	—	418	635
ヤシ油マーガリン (水分なし)	—	340	554
ヤ シ 油	—	333	588
市 販 ヤ シ 油	19.5	334	537
豚 脂 (A) (II)	44.6	350	532
" (I)	—	344	477
豚 脂 (L) (I)	40.6	327	487
" (III)	—	276	527
水 添 綿 実 油	—	317	506
豚 脂 (B)	45.4	316	466
綿実油 (水とのエマルジョン)	—	266	528
豚 脂 (S)	41.4	261	398
バター (水分なし、カード除去)	—	268	387
綿 実 油	—	249	399
トウモロコシ油	—	240	399
鶏の油または脂	—	233	375

A: リーフ豚脂 L: 大部分リーフ豚脂
B: パラ脂肪 S: 二級品

Platt および Fleming⁵⁾ (1924), Fisher^{19), 25)} (1933, 1934) らの結果も綿実油、豚脂がよく、とくに豚脂はすぐれた値を示している。

油脂のショートニング性と、その物理的、化学的性質との関係については、すでにその一部を 1 において述べたが、Platt および Fleming⁵⁾ は、可塑性、油脂の不飽和度、潤滑性を重要な要因とし、その他、粘度、表面張力、融点などをあげている。さらに Fisher²⁵⁾ は、油脂の凝固点 (congeal point) が重要なめやすになると

した。これが低い油脂ほどショートニング性が良好であるとした。

しかし、Lowe²⁶⁾(1938) らは、一般的には油脂の不飽和度がそのショートニング性を支配するといえるが、これだけで現象のすべてを説明することはできないとしている。その理由は、油脂の性状が、実際は広い範囲にわたって変化していることに帰している。

一方ほとんど同時期に、Harvey²²⁾ (1937) はプレーンペーストリーについて実験し、従来の各種の見解をふりかえり、いくつかの重要な所見を発表している。この論文が発表された時期は、米国の市場に製菓性のよいショートニングが市販されはじめたころにあたっていたようであり、硬化綿実油を主体にした配合ショートニングは、従来もっともよいとされている豚脂に比べて破断力もおとらず、食感、風味とも総合的にすぐれていることを実証した。これと同時にショートメーターによって測られる破断力と食感によって比較したショートネスとを区別し、前者の評価法のみによることに批判的である。

表-4 ステアリン添加豚脂による破断力 (g) の相対値

豚 脂 (%)	ステアリン (%)	破断力 (g)	比較値 (%)
100	0	139	100.0
99	V, 1	147	105.7
98	V, 2	146	105.1
95	V, 5	171	123.0
90	V, 10	223	160.4
99	L, 1	142	102.1
98	L, 2	148	106.5
95	L, 5	166	119.3
90	L, 10	217	156.0

ステアリン [V: 極度硬化綿実油, L: 極度硬化豚脂]

表-4 はこの結果の一つであるが、豚脂を主体にして、ヨウ素価 8.6 の硬化綿実油とヨウ素価 3.5 の硬化豚脂を 1~10% の水準で加えた系列の実験より、極度硬化油の添加量の多い配合油ほど、すなわちチョウ度のかたいものほど破断力が大きい結果を得た。Harvey はこの結果に従い、可塑性がもっとも重要な支配要因であるとした。しかし、配合油の可塑性を表わす性状は測られていない。

また Harvey は、ケーキを焼く際に、豚脂は著しくその性能がおとり、硬化綿実油の配合ショートニングがすぐれていることを示した。しかし、現在では豚脂のケーキに対する欠点は、エステル交換によって改善されている¹⁾。

中沢ら²⁸⁾(1958) は、ソフトビスケットの配合によって、各種の油脂およびその硬化油、配合油のショートネスに及ぼす影響を広く調べた。その結果の 1 部を 表-5 に示した。なお供試料のチョウ度をマイクロ針入度によって表わし、結果の考察の一助としている。これを 図-7

に示した。

たとえば、試料 3, 4, 7 とを比べて可塑性のよいもののほどショートニング価がよいとしている。

寺田ら⁸⁾の検討した結果についてはすでに 1 において述べたが、ショートニングのチョウ度は、マイクロ針入度、ASTM のコーンペネトロメーターで測定した。ビスケットの破断力と油脂のチョウ度その他の性状との関係についての判断は複雑であるとしている。

表-5 可塑性とショートニング性

区分	種類	mp (°C)	I.V.	S.V.	ショート ニング 価	標準 偏差	サン プル 数	変動 係数
1	ヤシ(原油)	24.0	8.6	251.5	127.9	22.1	50	0.172
2	"(硬化油)	27.3	4.0	255.4	134.8	22.3	49	0.145
3	"(硬化油)	35.0	0.4	253.0	155.2	19.5	48	0.144
4	マーガリン (綿実)	35.3	67.6	196.7	140.2	14.5	50	0.104
5	ショートニン グ(綿実)	44.0	74.7	190.8	126.2	21.6	50	0.171
6	ショートニン グ(ナタネ)	39.4	66.6	174.5	123.0	18.3	50	0.149
7	ショートニン グ(牛脂主体)	37.4	69.0	193.4	119.5	17.8	44	0.149

Ottaway²¹⁾ ら (1958) はケーキおよびビスケットについて、油脂の影響を調べているが、ビスケットについては、ヤシ油および硬化パーム核油を主体にした配合油を用いて、そのショートニング作用を調べた。ほかに三種の市販ショートニングを比較した。一般的にショートニングとしては性能のよくないといわれているラウリン系の油脂配合が多い例なので表-6 にその配合、デイトラメーターによる固体脂量、ビスケットの評価をあげた。

Ottaway は油脂の性状、たとえば融解の形式や範囲と、ビスケットの大きさ、破断力との関係はほとんどないという。官能的に比べたショートネスと破断力とは、相関がない。

しかし、破断力の数値は単位が示されていないが、数値は少ないほど砕けやすいとすれば、ラウリン系の油脂

図-7 試料油のマイクロペネトレーション

可塑性が重要な要因であることは、従来の研究者により述べられてきたが、油脂の可塑性について、特に細かくみられているものはない。これについては、Bailey¹⁾ がその著書においてとくに詳しく論じており、一般のベーカリー製品においては、ドーまたはバター(生種)中で、可塑性脂肪は薄膜状に広く展延するので、液滴状になる液体油より広い表面で潤滑性が発揮されて、ショートニングの効果をあげるとしている。ケーキにおいては、ショートニングのクリーミング性が、ケーキのふくらみに影響がある。

油脂の可塑性は、展延性について官能的に比べた場合、降伏値としては 100~1500 g/cm² の範囲²⁹⁾にある。またマイクロ針入度の数値ではほぼ 40~200 mm/10 の間にある。今村、新谷³⁰⁾ (1969) らがテーブルマーガリンの展延性について調べた結果では、固体脂指数 10~30 の範囲がほぼ良好である。

しかし、油脂のチョウ度は、温度による固体脂の変化、結晶型などによって変わり、またかくはんにより結晶組織が破壊されて一般にチキソトロピックな挙動を示し、ベーカリー製品の工程中の油脂の変化は上記のよう

でも低い数値を示している。しかし官能的なショートネスの評価はよいとはいえない。英国におけるビスケットには、ラウリン系の油脂の使用が多い。

油脂のビスケットをはじめとするもろいベーカリー製品におけるショートネスに係する要因のうち、可

表-6 各種の配合油の固体脂量とビスケット応用結果 (70°F において混合)

油脂の種類	硬 落花生油	硬 化パーム 核油	ヤシ油	落花生油	固体脂 % (°F)								破断力 (平均) (任意 単位)	ショ- ート ネス (官能的に よい順)
					50	60	70	80	90	100	110	120		
オレオオイル					59.1	55.4	50.4	42.9	34.8	26.5	16.8	3.4	16.4	3
豚脂					37.8	35.3	32.9	26.7	11.8	8.2	4.0	—	13.2	1
市販コンパウンド					32.5	28.5	25.6	21.2	17.3	9.0	4.0	—	13.5	2
配合 1	32	—	60	8	38.1	27.5	5.4	0.1	—	—	—	—	13.8	4
2	24	—	60	16	35.1	24.2	3.0	0.3	—	—	—	—	14.9	4
3 (70°F で液状)	16	—	60	24	31.6	21.7	1.9	0.2	—	—	—	—	15.5	5
4 (70°F で液状)	8	—	60	32	29.0	20.8	3.0	0.3	—	—	—	—	9.2	5
5	—	60	32	8									10.7	4
6	—	60	24	16									10.8	4
7	—	60	16	24									10.6	4
8	—	60	8	32									10.2	4

な、かなり変形速度の遅い範囲でとられた結果とはかなり異なると思われる。

油脂のかくはんワーキングについては、Sjötoft³¹⁾ が理論的に論じ、Loska³²⁾ (1957) はグリースワーカーによって時間経過によるワーキング抵抗の変化を調べている。ショートニングは温度およびワーキングによるチョウ度変化が少ないことが理想とされるが、これらの検討とペーカリー製品のショートネスとの関連はまだ適確に検討されていない。

Mathews²⁴⁾ (1963) はトウモロコシ油、綿実油、大豆油、豚脂および硬化植物油 I (I.V. 70, mp 42~44), II (I.V. 88, mp 40~44) の 5 種の油脂のペーキング性を、ペーストリー、即席パン (quick bread)^{*1} について調べている。添加水準は 5 段階にして、油脂の添加量に応じて、小麦粉に対する水分量をドーのかたさをめやすにして調節している。主な配合は小麦粉、油脂、水分のみで、即席パンの場合にはふくらし粉を用いる。家庭用の電動ミキサーで混合するが、固体脂の場合にはそのまま投入し、液体油の場合は水にまぜて乳化させて投入する。ペーストリー、即席パンとも、混合方法は同じである。形状はペーストリーの場合には $3/32 \times 1 \frac{3}{8} \times 2 \frac{1}{4}$ (in) の矩形平板、即席パンの場合には厚み 1/2 in, 直径 2 in の円形に切る。これを焼きあげたものを、ペーストリーの場合には Bailey (C.H.) のショートメーターによって破断力を測り、舌ざわりのやわらかさ (tenderness), フレーキーネス, 風味を官能的に評点法で調べる。また即席パンについては、その上面表皮のセン断応力を Warner-Bratzler shear machine^{*2} により、製品全体のセン断応力は Kramer shear press^{*3} で調べ、そのシ好評価を、表皮およびクラムの舌ざわりのやわらかさ (tenderness), および風味について行なう。図-8 および 図-9 はその結果の一部を示したものである。これらの機械的測定値について考察すると、使用油脂のショートニング性能は、油脂の使用水準、対象のペーカリー製品の種類によってかなり異なることが明らかである。Mathews は、たとえばペーストリーにおいては 41%, 即席パンでは 25% の油脂添加水準が、油脂のペーキング性の比較によいといっているが、表-7 はそれぞれの場合によい結果を示

図-8 ペーストリーの破断力に及ぼす添加油脂の影響

図-9 即席パン (baking-powder biscuits) のセン断力に及ぼす添加油脂の影響

表-7

ペーストリー 油脂 41%	即 席 パ ン 油脂 25%
トウモロコシ油, 大豆油, 綿実油	硬化植物油 II
豚 脂	硬化植物油 I
硬化植物油 II	豚 脂
硬化植物油 I	綿実油, トウモロコシ油, 大豆油

した油脂の順位である。

成分比は異なるが、成分の種類のほとんど同じドーにおいて、以上のような点がみられるとともに、油脂の添加水準によって順位が変化することも、図-8、図-9 にみられる。

これらの結果より、Mathews は、ペーストリーの場合は比重の大なる油脂がよく、即席パンの場合にはこの逆であると考えているが、この実験範囲の現象には対応するにしても、理由が不明りょうである。その他、油脂の結晶型および油滴の大きさ、可塑性なども要因として考えられるといっている。Mathews の実験は、油脂添加量が広くとられていること、成分の種類の近似する配合において、油分-水分比の異なる系を選び、比較する特性値の見かけは異なるにしても、油脂のショートニング性が、その場合によって異なる結果を示した点に意味と示唆があると思う。

以上をふりかえると、Platt と Fleming が 1923 に基本的な考察を試みて以来、各種の検討が行なわれ、新し

*1 原報では、ふくらし粉ビスケット (baking powder biscuit) といっているが、油脂の多いパンのようなペーカリー製品で、米国においてよくつくられる。ここでは報文中の他の用語との混乱を避けるために、即席パンとよぶことにした。

*2 料理した肉類の柔軟性をはかる目的の測定機であるが、詳細な構造は明らかでない。G.K. Electric Mfg. Co. 製。

*3 各種の食品のテクスチャーを測定する目的のもので、試料を支持して上方より薄い金属板を垂直に押しこみ、その応力の変化の経過を自記する。セン断用の金属板の種類が 2~3 種あるが、本報ではいずれを用いたか明らかでない。Food Technology Corp. 製。

い知見も得られている。

一般的には、油脂のいかなる特性がショートネスの支配因子であるかの研究が試みられ、おもに可塑性が重要なことが認められている。しかしこの因子のみによって説明しようとしてもなお問題は残る。

また一方では分子レベルの現象の研究が、おもに脂質とグルテンとの関係の解明に注がれている。今後もこの分野の研究は、複雑な現象を対象にして、新しい手段をとりいれながら進められるであろう。

従来の研究および Mathews らの方法の示唆に基づいて考えると、すでに 1 において述べたように、まずベーカリー各工程における支配的な現象は、それぞれいかなる大きさの範囲において起こるかの判断が重要であろう。つぎに評価法の意味が重要なことはいうまでもない。それとともに、油脂の性状とドーあるいはバター(生種)、すなわち連続相の性状とを相対的に関係づけることによって、複雑な現象がより整理されるのではないかと期待される。

(昭和 44 年 9 月 24 日受理)

文 献

- 1) D. Swarn, *Bailay's Industrial Oil and Fat Products* IIIed. (1964) Interscience Publisher
- 2) S.A. Matz, *Food Texture*, 143 (1962) The Avi Publishing Co., Inc.
- 3) C.E. Davis, *Ind. Eng. Chem.*, **13**, 797 (1921)
- 4) C.H. Bailey, *Cereal Chem.*, **11**, 160 (1934)
- 5) W. Platt, R.S. Fleming, *Ind. Eng. Chem.*, **15**, 390 (1923)
- 6) W.D. Harkins *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **39**, 354, 541 (1917)
- 7) I. Langmuir, *J. Am. Chem. Soc.*, **39**, 1848 (1917)
- 8) 寺田, 吉田, 栄養と食糧, **13**, 221 (1960)
- 9) G.T. Carlin, *Bakers Digest*, **21**, 78 (1947)
- 10) G.H. Brother, H.S. Olcott, *Bakers Digest*, **21**, 97 (1947)
- 11) H.S. Olcott, D.K. Mecham, *Cereal Chem.*, **24**, 407 (1947)
- 12) R.R. Baldwin *et al.*, *Cereal Science Today*, **8**, 273 (1963)
- 13) E.W. Cole *et al.*, *Cereal Chem.*, **37**, 109 (1960)
- 14) J.C. Grosskreutz, *Cereal Chem.*, **38**, 336 (1961)
- 15) D. Chapman, *Lipids*, **4**, 251 (1969)
- 16) R.L. Glass, *Cereal Science Today*, **5**, 60 (1960);
なお, 寺田, 総説, 油化学, **12**, 450 (1963)
- 17) A. Schulerud, *Brot u. Gebäck*, **11**, 240 (1957)
- 18) C. Aranyi, E.J. Hawrylewicz, *Cereal Chem.*, **45**, 500 (1968)
- 19) J.B.M. Coppock, S.J. Conford, *Soc. Chem. Ind. Monograph*, **7**, 64 (1960)
- 20) 小林, 竹林, 家政学雑誌, **19**, 269 (1968)
- 21) J. Fisher Cawood, *Ind. Eng. Chem.*, **26**, 968 (1934)
- 22) A.W. Harvey, *Ind. Eng. Chem.*, **29**, 1154 (1937)
- 23) F.J.H. Ottaway *et al.*, *J. Sci. Food Agric.*, **9**, 115 (1958)
- 24) R.H. Mathews, E.H. Dawson, *Cereal Chem.*, **40**, 291 (1963)
- 25) 松元, 中村, 新野, 家政学雑誌, **9**, 14 (1958);
松元, 油化学, **17**, 657 (1968)
- 26) B. Lowe, "Experimental Cookery", 4th ed. (1955) John Wiley & Sons, Inc.
- 27) 竹林, 福井大学学芸学部紀要, **2**, 10-3 集 (1960)
- 28) 中沢, 島田, 梅沢, 油化学, **5**, 89 (1956)
- 29) A.J. Haighton, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **36**, 345 (1959)
- 30) 今村, 新谷, 丸山, 松本, 油化学, **18**, 16 (1969)
- 31) P. Sjötoft "On the Consistency of Hardened Fats", (1947)
- 32) S.J. Loska Jr, E. Jaska, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **34**, 495 (1957)