クッキーのショートネス発現におけるデンプンの寄与

和田 淑子*, 橋本 慶子**

* 関東学院女子短期大学家政科

** 青山学院女子短期大学家政学科

Contribution of Starch to the Development of Shortness in Cookies

Yoshiko WADA* and Keiko HASHIMOTO**

* Department of Home Economics, Kanto Gakuin Women's Junior College, Kanazawa-ku, Yokohama 236

** Department of Home Economics, Aoyama Gakuin Women's Junior College, Shibuya-ku, Tokyo 150

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 40, 227~232 (1987)

Four types of cookies (A, B, C, and D) were made by using each of the four kinds of wheat flour: A, unmodified flour; B, flour with modified starch; C, flour with modified gluten; and D, flour with modified starch and modified gluten. These cookies were made without the addition of fat and their shortness scores were evaluated by sensory tests. High scores were obtained from cookie B and cookie D. Their microstructures were similar to that of a highly shortened cookie made with a sufficient amount of fat. The dough from flour B was harder and that from flour C was softer than that from flour A. The gelatinization of wheat starch delayed as the amount of the added fat increased. The mobility of an oil-soluble free radical used as a spin probe was depressed when wheat starch was gelatinized. From these results it was proposed that the development of shortness in cookie was due to entrapment of alkyl moieties of the fat into the hydrophobic helical coils of starch molecules.

(Received November 20, 1986)

クッキーは広い年齢層の人々に好まれ、低水分のため比較的長期保存ができる日常性の高い食品である。製法や材料配合のちがいにによりハード、ソフトおよびファンシーなどの種類に分けられるが、いずれも小麦粉生地練りこまれた油脂の効果で、油脂の配合割合が多くなるほどもろくてさくさくした特有の食感をもつ。この食感をショートネスという。クッキーの食味を構成する要因には外観、風味、甘味、硬さ、食感があげられるが、これらの要因のうち食味に最も寄与するのはショートネスで代表される食感である。

クッキーの基本材料は小麦粉、油脂および水で、補助材料は砂糖、卵およびベーキングパウダーである。ショートネスはこれらの材料の配合割合によって影響を受ける¹⁾。上述の材料のうちショートネス発現に最も寄与するのは油脂である^{1)~4)}。補助材料である砂糖は油脂の配合割合との兼ねあいによってショートネスに寄与するといわれている⁵⁾。著者ら¹⁾はクッキーの基本材料およ

び補助材料の配合比を変化させて、ショートネス発現に関与する要因を検討し、油脂量が多いと良好なショートネスをもつクッキーが得られ、砂糖と卵が多いとショートネスの低いクッキーが得られるという結論を得た。

本研究は小麦粉と水だけを材料としたモデル系で、デンプンおよびグルテン修飾試薬がクッキーの物性に与える影響をしらべ、ショートネス発現の機構を解明することを目的とした。デンプンは糊化過程で、グルテンは生地調製時の攪拌過程で会合し、砕けにくい物性を発現すると考えられ、砕けやすい物性を発現させるためには、デンプンおよびグルテンの会合を阻止しなければならないはずである。したがって、本研究ではデンプンおよびグルテンの会合を阻止するための修飾剤として、それぞれヨウ素およびシステインを用い、これらを混合することによってデンプンおよびグルテンを修飾した小麦粉を用いて調製したクッキーの性状をしらべ、ショートネス発現機構の推定を試みた。

* 〒236 横浜市金沢区六浦町 4834

** 〒150 東京都渋谷区渋谷 4-4-25

実験方法

1. 材料

クッキー主原料として小麦粉（月桂冠印，昭和産業）および水素添加ヤシ油（日本油脂）を用いた。この水素添加ヤシ油の酸価は 0.09 であった。デンプン修飾剤およびグルテン修飾剤として用いたヨウ素および L-システイン，ヨウ素溶解剤として用いたヨウ化カリウムは試薬級の市販品である。小麦デンプンは Anderson ら⁶⁾の方法で上述の小麦粉から調製した。

2. クッキーの調製

クッキーの材料配合を Table 1 に示した。小麦粉に水を加え，25°C の恒温室でミキサー（松下電器，ケーキマスター MK-710）を用いて 420 rpm で 8 分間攪拌して得た生地を 3 mm の厚さに延ばしてポリプロピレン膜で包み，-20°C で 10 分間放置後，直径 3.5 cm の円形に型抜きした。システイン，ヨウ素およびヨウ化カリウムは使用する水にあらかじめ溶かしておいた。油脂を用いる標準クッキーの場合には，薄切にした水素添加ヤシ油と小麦粉を上述のミキサーで 420 rpm，2 分間攪拌し，水を加えてさらに 8 分間攪拌した。成形操作は上述の方法と同様である。成形した生地をガスオーブン（リンナイ，RO-450 型）を用いて 195±3°C で焼成した。焼成時間は Table 1 のとおりである。オーブンから出したクッキーは 1 時間室温で冷却してからシリカゲル上で 20°C で保存した。

3. 官能評価

12 名からなる専門パネル（日本油脂株式会社パネル）により，Stone ら⁷⁾の定量的記述解析法を使って連続数として各クッキーのショートネスを評価した。試料クッキーを噛み砕いたときの食感と，指で割ったときの感覚の両者からショートネスを評価した。尺度の基準とし

て，対照クッキー（Table 1 の control）のショートネスを 1，標準クッキー（Table 1 の reference）のショートネスを 10 とするように指示した。尺度の基準としたクッキーがどのようなものかについてはパネルに知らせなかった。ショートネススコアは評価値の平均値に標準誤差をつけて表わした。

4. 統計解析

独立変数としてデンプン修飾剤の添加，無添加およびグルテン修飾剤の添加，無添加の 2 アイテム，4 カテゴリーを用いて，上述の方法で調製したクッキーのショートネススコアを数量化理論 I 類⁸⁾によって分析し，偏相関係数を求めた。

5. 走査型電子顕微鏡観察

各クッキーをかみそりで切断し，金蒸着したものを試料とした。試料は走査型電子顕微鏡（日立，S-510 型）で 40 倍および 1,000 倍の倍率で観察した。

6. 生地の物性

AACC 法 54-21⁹⁾ に準じて，フェリノグラフ（Brabender 社）の試料室に小麦粉 300 g と水 150 ml を入れ，30°C で 20 分間攪拌しながら生地の物性特性値の変化を記録した。ヨウ素，ヨウ化カリウムおよびシステイン（配合比は Table 1 と同じ）は使用する水にあらかじめ溶かしておいた。

7. デンプンの物性

小麦デンプン，水および水素添加ヤシ油の配合を重量比で 12:90:0，12:90:6，12:90:12 とした各試料（500 g）を AACC 法 22-10⁹⁾ に準じて測定に供した。小麦デンプンと水素添加ヤシ油をアミログラフ（Brabender 社）の試料容器に入れ，30°C に保温した水を加えて 75 rpm で 5 分間攪拌した後，1.5°C/分の速度で 97°C まで昇温し，その間の物性特性値の変化を記録した。

Table 1. Material compositions and baking periods for cookie making.

	Type of cookie				
	Control	Modified starch	Modified gluten	Modified starch-modified gluten	Reference
Material composition (g)					
Wheat flour	100	100	100	100	100
Water	50	50	50	50	23
Iodine	0	5	0	5	0
Potassium iodide	0	10	0	10	0
L-Cysteine	0	0	3	3	0
Hydrogenated coconut oil	0	0	0	0	40
Baking period (min)	28	28	28	28	16

Fig. 1. Scanning electron micrographs showing structures of cookies (40 times magnification).

A, control; B, modified starch; C, modified gluten; D, modified starch-modified gluten; and E, reference.

8. ESR

Shenouda および Pigott¹⁰⁾ の方法に従った。2-(3-carboxypropyl)-4,4-dimethyl-2-tridecyl-3-oxazolidinyl-oxyl (Aldrich Chemical Co.) をスピンプローブとして用いた。スピンプローブを十分量のクロロホルムに溶かし、コーン油（昭和産業）を加えてよく混合した後、減圧でクロロホルムを溜去した。コーン油中のスピンプローブ濃度は 4×10^{-4} M とした。スピンプローブを溶かしたコーン油（1g）と小麦デンプン（5g）をよく混合し、水（2ml）を加えてさらに混合してから 1 気圧で 10 分間煮沸した。煮沸物を真空乾燥して ESR 測定試料とした。対照試料にはスピンプローブを溶かしたコーン油を用いた。スペクトルは電子スピン共鳴装置（日本電子、JES-PE-3X 型）を用いて 9.45~9.55 GHz でスペクト

ルを記録した。振動変調 100 kHz, 10 mV のマイクロ波を入力した。

結果および考察

対照クッキー、デンプン修飾クッキー、グルテン修飾クッキーおよびデンプンとグルテンの両者を修飾したクッキーのショートネスについて官能評価し、ショートネス発現に寄与する要因を数量化理論 I 類を用いて解析した結果、デンプン修飾というアイテムに対する偏相関係数は 0.50、グルテン修飾というアイテムに対する偏相関係数は 0.03 であった（Table 2）。この結果は、ショートネス発現にデンプンの物性が大きく寄与し、グルテンの物性はほとんど無視できることを示唆している。

Fig.2. Scanning electron micrographs showing microstructures of cookies (1,000 times magnification).

A, control; B, modified starch; C, modified gluten; D, modified starch-modified gluten; and E, reference.

小麦粉にもともと存在する脂質の作用によってクッキーの内部に気泡が安定に保たれるために¹¹⁾¹²⁾, 内部構造の連続性が乱されてショートネスが発現する場合が考えられる。本研究で得られた官能試験の結果が気泡の存在で説明できるかどうかを確かめるために, クッキー内部構造を走査型電子顕微鏡で観察した。ここで用いた標準クッキー (Table 1 の reference) は前報¹⁾ でショートネスに富むと判定された条件に準じて油脂を配合して調製したものである。Fig.1 に示したように, 標準クッキー (E) でとくに気泡のあとが多いということとはなかった。さらに, 官能試験で高いショートネススコアが得られたデンプン修飾クッキー (B) とデンプンとグルテンの両者を修飾したクッキー (D) でも多くの気泡が観察

されるということとはなかった。むしろ, ショートネスス

Table 2. Shortness scores for cookies and their partial correlation coefficients calculated by the quantification method of the first type.

Treatment	Shortness score (Av. $\pm$ s.e.)	Partial correlation coefficient
None (control)	1.04 $\pm$ 0.02	—
Starch-modification	4.09 $\pm$ 0.54	0.50
Gluten-modification	1.70 $\pm$ 0.24	0.03
Starch-gluten-modification	4.88 $\pm$ 0.61	—

Fig. 3. Farinograms for wheat flours.

A, control; B, modified starch; and C, modified gluten.

コアの低い対照クッキー (A) で気泡は安定に保たれていた。気泡が多ければ組織が不連続になって、砕けやすいと考えられるが、Fig. 1 の結果は気泡の多少だけではショートネスを説明できないことを示唆している。

Fig. 2 はクッキーの微細構造を示したものである。標準クッキーでは組織の内部が不連続であって、直径数 μm から $20 \mu\text{m}$ 程度の粒状構造が認められた (E)。上述のように、もろさを与えるためには、連続した構造は不利であり、粒状になった個々のものが弱くくっつき合ったときにショートネスが発現されると考えるのが妥当である。この標準クッキーと比較的似た構造を与えたのはデンプン修飾クッキーおよびデンプンとグルテンの両者を修飾したクッキーであった (B および D)。これらのクッキーでは系に存在するヨウ素が水の存在下で加熱によって糊化したデンプンの疎水性空間に包接されるために、デンプンは膨潤しない¹³⁾。膨潤を抑えられたデ

Fig. 4. Amylograms for wheat starch with and without hydrogenated coconut oil.

A, starch without hydrogenated oil. B, starch: hydrogenated oil (1 : 0.5). C, starch: hydrogenated oil (1 : 1).

Fig. 5. ESR spectra of the spin probe in corn oil (A) and in a gelatinized wheat starch-corn oil system (B).

ンはデンプン粒がいくぶん変型しただけの状態が存在していた (B および D)。これに比べてグルテン修飾クッキーは均一な構造を示し、デンプンがよく糊化していて、対照クッキー (A) で見られるようなグルテンの網目構造も認められなかった (C)。

次いで、ファリノグラフを用いて生地物性をしらべた。Fig. 3 に示したように、デンプンを修飾した小麦粉 (B) からは対照 (A) よりも硬くて強力な生地が形成された。このファリノグラムは網目構造を形成しやすい強力粉で得られるものに似ている。一方、グルテンを修飾すると生地は柔らかくなり (C)、網目構造がない分だけ組織に連続性を与えにくい状態となった。ファリノグラムから得られた情報と走査型電子顕微鏡観察で得られた結果を合わせて考察すると、官能的にショートネスを与えるためには主としてデンプンの膨潤を抑制することが重要であり、気泡の存在やグルテンの網目構造形成の阻害はショートネス発現にあまり寄与しないと推論される。

一般に油脂はデンプンの糊化を抑制するが、糊化温度には影響しない¹⁴⁾。本研究に用いた試料においても、Fig. 4 に示すように、デンプンの糊化膨潤による粘度の上昇曲線が高温側にずれ、デンプンと油脂とが相互作用している可能性が示唆された。

デンプンと油脂の相互作用には二つの様式が考えられる。その第一はデンプン表面に油脂が吸着するという様式である。Seguchi¹⁵⁾ はクッキーの顕微鏡観察からこの種の相互作用の発現を報告している。第二の様式はデンプン糊の内部に油脂がとりこまれる場合である。安定ニトロキシドラジカルの ESR スペクトルの線幅の広がりから、Nolan ら¹⁶⁾ は小麦、トウモロコシおよびワキシコーンのデンプンと脂肪酸のニトロキシド誘導体がこの様式で相互作用すると述べている。Fig. 5 の ESR スペクトルは Nolan らの結果を支持するものである。コーン油中では分子回転相関時間¹⁷⁾が 10^{-9} 秒の桁の運動性をもったスピンプローブ (Fig. 5 の A) がデンプン糊との相互作用の結果、運動性の算定が不可能になるまで強く束縛された状態におかれた (Fig. 5 の B)。この状態は固体に近い状態と想像される。トリグリセリドと脂肪酸とではデンプンとの相互作用の様相に多少のちがいがあられるかもしれないが、ESR の結果と走査型電子顕微鏡観察の結果 (Fig. 2 の E) とから、油脂はデンプンに包接されると考えるのが妥当である。油脂を加えることによってショートネスを発現させたクッキーとヨウ素をデンプンに包接させたデンプン修飾クッキーで似た構造が観察された結果 (Fig. 2) は、おそらく水の存在下で加熱されて膨潤したデンプンのヘリックス内部の疎水領域にトリグリセリドの脂肪酸側鎖が包接された可能性を示唆している。本研究に用いた水素添加ヤシ油にはほとんど遊離脂肪酸が含まれていないので、標準クッキーにおいてデンプンに遊離脂肪酸が包接されたためにショートネスが発現したという可能性はない。

本研究で得られた結果を総合すると、油脂を含むクッキーでは小麦粉のデンプンが糊化過程でトリグリセリドの脂肪酸側鎖を包接し、極度に膨潤が妨げられるために糊化デンプン分子による連続した構造が発達せず、砕け易い物性が発現すると考えられる。さらに、著者らは、ショートネス発現の主様式はグルテンの網目構造の形成阻害ではなく、デンプンの糊化の阻害であると推論する。

要 約

1) 小麦粉、デンプン修飾小麦粉およびグルテン修飾小麦粉から油脂無添加でクッキーを調製し、ショートネ

スを官能評価したところ、デンプン修飾によってショートネスの高いクッキーが得られた。

2) デンプン修飾クッキーは油脂添加でショートネスを出させたクッキーの組織に似ていた。

3) 小麦粉クッキー生地比べてデンプン修飾クッキー生地は硬く、グルテン修飾クッキー生地は柔らかかった。

4) 油脂添加によって小麦デンプン糊の糊化が抑制された。

5) 脂肪酸誘導体スピンプローブ存在下で小麦デンプンを糊化させると、プロローブの運動性が極度に低下した。

6) 以上の結果から、クッキーのショートネス発現はデンプン分子による油脂の脂肪酸側鎖の包接に起因すると推論した。

文 献

- 1) 和田淑子, 倉賀野妙子, 長谷川美幸: 家政誌, 34, 609 (1983)
- 2) 松井宣也: 油化学, 19, 57 (1970)
- 3) Matthews, R.H. and Dawson, E.H.: *Cereal Chem.*, 40, 291 (1963)
- 4) Matz, S.A.: *Cookies and Cracker Technology*, 119 (1968), The Avi Publishing (Westport)
- 5) Pomeranz, Y.: *Functional Properties of Food Components*, 274 (1985), Academic Press (Orlando)
- 6) Anderson, R.A., Pfeifer, V.F. and Lancaster, E.B.: *Cereal Chem.*, 35, 449 (1958)
- 7) Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. and Singleton, R.C.: *Food Technol.*, 28, 24 (1974)
- 8) 脇本和昌, 田中 豊: 多変量統計解析法, 75 (1982), 現代数学社 (京都)
- 9) American Association of Cereal Chemists: *Approved Methods of the AACC*, Method 22-10 revised October 1982 and Method 54-21 approved April 1961 (1983), The Association (St. Paul)
- 10) Shenouda, S.Y.K. and Pigott, G.M.: *J. Agric. Food Chem.*, 24, 11 (1976)
- 11) Yamazaki, W.T. and Donelson, J.R.: *Cereal Chem.*, 53, 998 (1976)
- 12) Clements, R.L.: *Cereal Chem.*, 57, 445 (1980)
- 13) Rundle, R.E. and French, D.: *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1707 (1943)
- 14) Hoseney, R.C., Lineback, D.R. and Seib, P.A.: *Baker's Dig.*, 52, 11 (1978)
- 15) Seguchi, M.: *Cereal Chem.*, 61, 241 (1984)
- 16) Nolan, N.L., Faubion, J.M. and Hoseney, R.C.: *Cereal Chem.*, 63, 287 (1986)
- 17) Waggoner, A.S., Griffith, O.H. and Christensen, C.R.: *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 57, 1198 (1967)

(昭和 61 年 11 月 20 日受理)