

グルテンフリーベーカリー食品, その仕込みと加工 (1)

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)¹ 木村 万里子 (KIMURA Mariko)¹

¹ 神戸女子大学

Key Words : グルテンフリー ベーカリー クッキー ケーキ 小麦タンパク質

要約

本論文「グルテンフリーベーカリー食品、その仕込みと加工 (1)」は、米国の穀物科学者、Jeff Casper と Bill Atwell によって書かれた本 (“Gluten-Free Baked Products” 2014 by AACCI International, Inc. 3340 Pilot Knob Road St. Paul, Minnesota 55121, U.S.A.) の一部 (“Gluten-Free Bakery Product Formulation and Processing”) を翻訳し紹介するものである。ここでは「グルテンフリーベーカリー食品、その仕込みと加工 (1)」として、グルテンフリークッキー、ケーキ等について述べる。

仕込み

グルテンフリー食品を製造するために知っておかねばならないことは、小麦を使ったふうの食品のベーキングにおける攪拌、起泡、焙焼時のグルテン (さらに小麦デンプンのような小麦粉他成分) の機能の理解である。その機能が十分に理解されていれば、入れ替えた成分、あるいはできたシステムが置き換えに匹敵すると認める事が出来るだろう。以下のセクションでは、クッキー、バター食品、パンについて、ベーキング加工食品中の小麦粉成分の特異的機能の説明と、それに置き換えうる各成分についてのべ、それらを組み合わせてグルテンフリー仕込みを作る方法を述べる。

グルテンフリークッキー

グルテンはクッキーの構造セッティングに役割を示す。グルテンには多くの機能があり、それらを使った他のベーキング食品に比べ、グルテンフリークッキーは比較的仕込みが簡単である。最も簡単な仕込みサトー・クッキードウは、

約 1/3 が粉、1/3 がショートニング、1/3 が砂糖であり、水の量は少量である。このクッキードウを混ぜ、分割し、焼いた時、ショートニングが温度上昇ではじめにとけ、次にクッキーはスプレッドを始める。粘度がその時増加し、クッキーのセッティングが起こる。増加した粘度はこの制限下の水システム中では小麦デンプン糊化の結果ではなく、システム中の小麦タンパク質の粘度に基づくものである¹⁾。

グルテンフリークッキーのマーケット調査は、小麦粉に変える成分の長いリストを示す。グルテンフリークッキー食品の成分記述には、玄米粉、白色米粉、タピオカ粉、ひよこ豆粉、ソールガム粉、そら豆粉、もち米粉、グルテンフリーオートデンプン、エンドウマメデンプン、ポテトデンプン、ひよこ豆デンプン、タピオカデンプン、砕いた大豆粉、エンドウマメタンパク質、ソデウムカルボキシメチルセルロース、メチルセルロース、エンドウマメ繊維、グアガム、キサントガム、イヌリンがある。もちろんこれらのものには他成分も含まれるが、これ

らは通常的小麦クッキーで機能的に構造をセッティングする小麦たんぱく質に置き換えるものである。上のリストにない他のもので、やはり小麦粉の機能を供給しえるもので、タンパク質、天然あるいは修飾デンプン、他の非セリアック誘導穀物の粉、他のハイドロコロイドもある。

これらのグルテンフリー成分を用いて、普通の製造方法でグルテンフリークッキーを作る。小麦粉を入れず、上に述べた入れ替え成分でクッキーのシステムを近づけた方法で、高品質グルテンフリークッキーを作り、それは小麦粉を含むクッキーと区別できないほどのものである。多くの小さなベーカリー店で、簡単な試行

錯誤の実験が小麦クッキーのコントロールを目標に行なわれ、非常にうまく進んできた。統計的にデザインした実験で確認された最も良い成分、良い加工のステップを使い、もし専門技術が使えるならば、小麦粉に置き換えたデザインの効果を発揮することが出来る。

次の例でシステムをグルテンフリークッキー仕込みに近づけて、できたグルテンフリー粉とデンプンでクッキーを作り評価した²⁾。規則にあった成分比較をするため、コントロールとして小麦を含む生地①と以下②-⑨の成分を置換し、AACC International Method 10-50D³⁾で行なった：

表 4.1 加水量^aを変えた時、クッキーへの影響

水 (g)	クッキー ナンバー	デンプン あるいは粉	高さ (mm)	スプレッド (mm)	固さ (g)	砕け やすさ (mm)	L	色 a	b
54.84	A1 ^b	小麦粉生地	58	393	5,269.622	0.779	98.185	-0.095	1.815
	A2	白色米粉 7011	70	317	4,340.550	0.835	63.643	8.703	28.800
	A3	ポテト粉	65	278	12,566.300	2.168	39.877	15.827	18.010
	A4	タピオカデンプン	106	308	4,766.772	6.862	62.960	6.185	25.795
	A5	玄米粉荒 45121	63	392	2,028.670	1.110	63.937	7.610	29.287
	A6	OSA starchEmtex06238	79	330	5,850.953	2.220	79.987	2.287	14.027
	A7	抵抗デンプン ActistaRT	86	284	2,434.095	0.914	71.060	5.403	25.547
	A8	高アミロースデントデンプン Set 957N1	74	284	2,232.023	1.114	68.573	5.740	23.710
	A9	インスタントタピオカデンプン Hi Form 72348 ^c	NA ^d	NA	NA	NA	NA	NA	NA
64.84	B1 ^b	小麦粉生地	60	404	5,211.706	1.203	64.257	10.457	30.427
	B2	白色米粉 7011	72	321	2,965.645	1.088	62.557	9.860	29.833
	B3	ポテト粉	80	284	9,450.684	3.469	40.757	15.443	18.907
	B4	タピオカデンプン	95	379	2,252.431	2.500	56.450	7.670	24.343
	B5	玄米粉 45121	61	397	1,681.203	1.185	60.867	9.740	29.270
	B6	OSA starchEmtex06238	89	285	8,499.596	2.698	80.197	2.377	15.333
	B7	抵抗デンプン ActistaRT	79	299	4,748.220	1.176	68.887	6.327	26.070
	B8	高アミロースデントデンプン Set 957N1	83	285	4,951.068	1.732	64.100	6.793	24.743
	B9	インスタントタピオカデンプン Hi Form 72348 ^c	NA ^d	NA	NA	NA	NA	NA	NA

^aFrom (2). ^bControl. ^cToo dry. ^dNot applicable.

表 4.2. 水分量とブレンド処理によるクッキーへの影響

デンプンあるいは粉	水 (g)	高さ (mm)	スプレッド (mm)	硬さ (g)	砕けやすさ (mm)
白米, 5% 高ショートニング (94g) ^b	54.84	66	319	5,235.593	1.528
白米, 5% 高砂糖 (165g) ^b	54.84	74	336	7,071.931	2.426
50:50 白米 / 抵抗デンプン ^c	64.84	66	391	2,614.526	1.145

^aFrom(2).^bCompare to Table 4.1:controls (A1,B1) and white rice flour 7011 (A2, B2).^cCompare to Table 4.1:resistant starch (A7,B7).

- ②精製した白米粉,
- ③ポテト粉,
- ④タピオカデンプン,
- ⑤玄米粉 (あらかじめいたもの),
- ⑥ 1-octenylsuccinic anhydride (OSA) - 修飾デンプン,
- ⑦抵抗デンプン,
- ⑧修飾, 高 - アミロースデントコーンデンプン, あるいは
- ⑨インスタントタピオカデンプン。

クッキードウ中の水レベルは最終クッキーへの大きな影響を示す。結果的には2つのレベルで評価された。最終的クッキー品質決定ファクターには、クッキー高、スプレッド、1日後の固さ (3点ベントテスト)、色 (Hunter Lab) を入れた。最もよいものは、味、テクスチャ、見てくれのスタンドポイントから選ばれた。

表 4.1 リストには2段階の水レベルでできた食品の客観的結果を示した。主観的的回答を示し考察した。回答者は、ポテト粉処理が味をあまりにも強く (ポテトチップの様) し、スプレッドせず、オープン中でこげると述べている。タピオカデンプンでは小麦生地 (コントロール) に比べて非常に異なったテクスチャを示す; これは最もはつきりしているのは砕けやすさの結果であろう。玄米粉処理では十分な固さが無い。修飾デンプン処理では何れもコントロールに比べて食感が良くない。全てのデンプンは水量が多いと固いクッキーになる。抵抗デンプンは高水分量の時、小麦生地に固さと砕けやすさの点で近かった。また、この処理は高水分量のとき、OSA- および、修飾, 高アミロース-デ

ンプンに比べ、より大きなスプレッドとより低い高さを示す。白米粉の場合、両水分量でフレーバー、テクスチャ、見てくれは十分にいたものであった。白米粉の場合、水分量を増加すると、固さは低下した。結果から、クッキーの性質 (特に固さ) は白米粉と抵抗デンプンの組み合わせで最もよかった。さらに抵抗デンプンの健康上のメリットがそれを使って利用できそうである。

表 4.2 は白米粉で作ったクッキーの結果を示したが、ここでは表 4.1 の白米粉のみのものにショートニングと砂糖を増やしたものである。さらにそこには、白米粉と抵抗デンプン 50 : 50 のデータもある。結果から、ショートニングと砂糖レベルをあげる、および白米粉の抵抗デンプンへの比率のレベルをあげるようにデザインしたこの実験は、小麦生地 (コントロール) に最も近いクッキーにする最も良いものであった。統計的デザイン実験を用いて、モデルのクッキー仕込み中、固さ、スプレッド、色の点でもっとも重要なポイントをさがした。

表 4.3 にそのデザイン実験を要約した。クッキースプレッドの実験では欠点があった; 即ち全くスプレッドがでない (<300mm) か、ちょっとのスプレッド (>350mm) しかでない。そしてスプレッドは統計分析のモデルにはならなかった。表 4.3 の実験 1 と 11 は良いスプレッドだった。それらはともに固さ、砕けやすさの点で小麦粉生地 (コントロール) に近いものであった。何れも砂糖とショートニングが高レベルのものであった。

これらのモデル実験から得られた知見はより

表 4.3. デザイン実験

実験	デザイン	砂糖 (%)	ショートニング (%)	小麦粉 (%)	抵抗デンプン (%)	粉 / (粉 + デンプン) × 100	水分 (%)	スプレッド (mm)	高さ (mm)	硬さ (g)	砕けやすさ (mm)
1	2	32	18	21	29	42.0	54.84	375	68	7,898.78	1.211
2	6	32	9	45	14	76.3	54.84	304	71	10,547.93	1.260
3	9	27	13	14	46	23.3	99.64	317	86	514.55	2.008
4	8	22	8	25	45	35.7	139.64	284	72	1,242.21	3.999
5	7	27	18	45	10	81.8	54.84	295	59	6,838.39	1.473
6	4	22	18	17	43	28.3	54.84	275	58	1,113.96	0.996
7	15	24	8	46	22	67.6	74.84	282	65	2,539.66	1.679
8	5	22	13	39	26	60.0	54.84	281	59	3,851.68	1.048
9	3	28	8	27	37	42.2	54.84	283	78	2,205.13	0.807
10	13	32	8	14	46	23.3	54.84	294	98	2,657.55	0.972
11	14	32	18	33	17	66.0	54.84	369	66	5,773.33	1.101
12	16	22	11	34	33	50.7	54.84	282	65	1,803.64	0.660
13	1	32	8	34	26	56.7	54.84	306	86	4,423.03	1.704
14	11	22	18	17	43	28.3	54.84	280	61	771.43	0.600
15	10	32	8	14	46	23.3	54.84	292	96	2,392.30	0.965
16	12	27	13	14	46	23.3	54.84	287	70	1,626.84	0.708

^aFrom(2).

典型的なクッキー仕込みに応用する事ができる。この実験結果は、食品製造上の経験に結びつけ、ハード、ソフトのグルテンフリークッキー品質の進歩に貢献できる。典型的なクランチ（ぱりぱりした）クッキーと柔らかいベーカリークッキーの仕込みが表 4.4 にでている。

グルテンフリーケーキと他のバターベース食品

バター仕込みの基本は、グルテンフリーバターベース食品の仕込みでも変化ない²⁾。食品の最終容積とクラムの細かさは、ミキシング中に取り込まれた空気量、膨剤システムにより生じるガス量、バターのガス保持能力、ベーキング中の膨化クラムのセッティングによるものである。ガスセルのサイズは、最終的にできたもののクラムのこまやかさをきめる重要なものである。小麦粉はベーキングはじめからバツ

ター仕込み成分であった。ここで現在の仕込みでは小麦粉は乳化力、ガス保持力、最終構造セッティング全てに関わっている。あるものを小麦粉に置き換えてグルテンフリーシステムを作るが³⁾、しかし基本的なバターベーキングシステムの加工を考える接近の方がずっと効果的である。

グルテンは、バター粘度と乳化力に貢献しているが、普通はバターシステムの高度な機能的成分ではない。バターのセッティングは、デンプンの糊化の結果である¹⁾。ここで、この場合には、小麦デンプンは置換せねばならない小麦粉の機能的成分である。小麦デンプンはグルテンフリー仕込み中に使える 1 成分であるが、それはグルテンレベルが最終食品中 20ppm を超えないという受け入れ可能レベルでなければならぬ。殆どのグルテンフリーベーキング

表 4.4 典型的なクランチ（ばりばりした）クッキーと柔らかいベーカリークッキー仕込み

成分	%
クランチ（ばりばりした）クッキー	
ベーキングソーダー	0.47
コーンシラップ	4.93
モノー, ジグリセリド	1.89
ピーナッツバター, クリーム	5.68
抵抗デンプン	5.68
塩	0.40
ショートニング	20.46
砂糖	22.74
バニラ抽出物	0.38
白米粉	32.63
全卵	4.74
トータル	100.00
柔らかいチョコレートチップクッキー	
重炭酸アンモニウム	0.35
ベーキングパウダー	0.27
チョコレートチップス	7.80
デキストロース	3.55
グリセロール	1.77
高フラクトースコーンシラップ	13.84
モノー, ジグリセライド	1.77
抵抗デンプン	5.32
塩	0.37
ショートニング	19.16
デンプン	0.18
砂糖	10.29
バニラ抽出物	0.35
白米粉	30.5
全卵	4.43
トータル	100.00

^aFrom (2). ^bCargill Hiform 72348.

食品の製造業者は小麦成分をその中に入れる事をさけるが、それは彼らが成分記述の中に“小麦”を入れろと要求されないようにするためである。

バター中置き換え粉のはっきりした選択目的は、構造セッティング用デンプンと、室温で粘

度発生用成分との組み合わせである²⁾。小麦粉に変えるための普通用いる市販の仕込みの特異的な成分は、ケーキ、マフィン、他のバター食品仕込み中で白、茶色の米粉、くず粉、大豆粉、ソールガム粉、ポテトデンプン、修飾ポテトデンプン、エンドー豆デンプン、加工タピオカデンプン、米デンプン、コーンデンプン、キサントガム、グアガム、イヌリン、カルボキシメチルセルロースである。

目標は、ターゲットの粉を含んだバターシステムを、ベーキングを通じ最もよく似た粘度プロフィールを示し、しかも再現性が欲しいということだ。グルテンはまた乳化剤としても機能するが、それがない時、乳化はグルテンの入っていたときと同じオリジナルレベルに達するためにスタンダードベーカリー乳化成分（例えばポリソルビン酸 60/65 とソルビン酸モノステアレート）の添加を必要とする。デンシテーター（攪拌の間、空気取り込み量の測定）と粘度のスタンダード測定は、グルテンフリーバターの仕込み用には必要な道具である。

全ベーキングの間、粘度測定は重要であり、Rapid Visco Analyser (AACC, International Method 22-08³⁾),あるいはアミログラフ (AACC International Method 22-10³⁾) がよく使われる。電気抵抗オーブン (ERO) は、ベーキング中の粘度測定のため特に有用な道具である⁴⁾。もちろん最終食品の計測が全ての中で最も重要な測定であり、それらは特に各食品に特異的なものである。例えば、ケーキスコア、対称性、容積、均一性測定があり、AACC International 法 10-90 と 10-91³⁾ に述べられる。

仕込んだグルテンフリーバターの食品加工に必要な一つの手段に、ERO⁵⁾ の利用がある。ある ERO は 2 枚の板を含む 1 個のセルからなる。1 枚は電氣的に + に荷電し、他は - に荷電する。バターをそのセルの間に入れ、2 つのチャージした板の間で抵抗熱により焼かれる。この種のタイプの加熱のいいところは、これまでのオーブンではそうではなかったがバター温度は均一に上昇することと、多分これまで

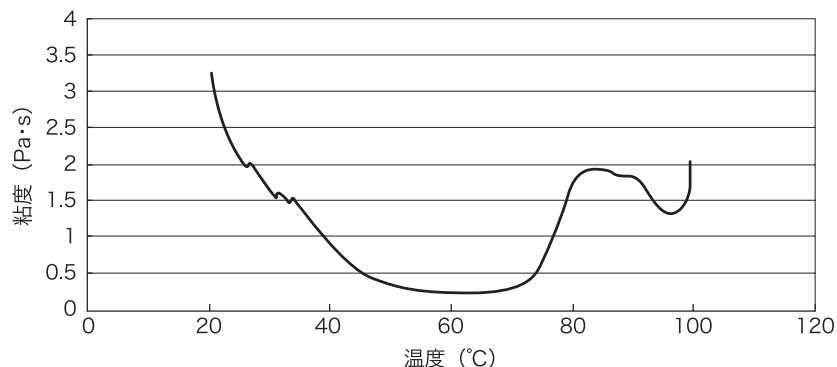


図 4.1 典型的電気抵抗オープンカーブ 5) より

バター食品はバター温度が外部から内部にあがり焼かれた。ここでは温度/粘度調査のため、粘度-対-温度プロットの生成を書く。図 4.1 は典型的な ERO カーブを示しており、小売店のケーキミックスで作ったバターで得られたものである。粘度が落下し、その時デンプンの糊化点に到着し、ケーキのセットがはじまり、粘度は上昇する。このカーブは、必然的にケーキ構造のセッティングを伝えている。グルテンフリーケーキの仕込みのために、ある物が小麦粉を除去し、同じ ERO カーブを書く成分として同定される。

もちろんこの方法は同一のセッティングの特徴を持ったバター食品の仕込みにのみ有効である。このカーブは効果的であるがしかし、セッティングの特徴と同様に多くの別のテクスチャが要求される。一度最初の粉で置換をして、最終的なフレーバー、見てくれ、テクスチャ品質改良はこれまでクッキーで示した従来からの

表 4.5 イエローケーキ仕込み^a

成分	%
タピオカデンプン	23.25
キサンタンガム	0.26
粉糖	29.71
脱脂乳	1.81
塩	0.65
二重作用ベーキングパウダー	0.97
ケーキ, アイシング用ショートニング	15.50
冷凍全卵	20.67
水	7.18
トータル	100.00

^aFrom (5)

製品改良法を用いて先に進める。

表 4.5 のイエローケーキ仕込みには、多くのバター基本食品に見られる基本的成分がのべられており、他の多くの関連食品の仕込みの基本的なものになる。

参考文献

1. Hosoney, R. C. Leavened products. Chapter 13 in: *Principles of Cereal Science and Technology*, 3ed ed. AACC International, St. Paul, MN., 2010.
2. Engleson, J., and Atwell, W. :Gluten-free product development. *Cereal Foods World* **53**: 180-184, 2008.
3. AACC International Approved Methods of Analysis, 11th ed. Method 10-50.05, Baking quality of cookie flour, final approval October 15, 1997, reapproval November 3, 1999; Method 10-90.01, Baking quality of cake flour, final approval October 8, 1976, reapproval November 3, 1999; Method 10-91.01, Use of layer cake measuring template, final approval October 15, 1997, reapproval November 3, 1999; Method 22-08.01, Measurement of alpha-amylase activity with the Amylograph, final approval May 5, 1960, reapproval November 3, 1999. AACC International, St. Paul, MN. [http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-05.05\(-10-90.01; -10-91.01; -22-08.01; -2210.01\)](http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-05.05(-10-90.01; -10-91.01; -22-08.01; -2210.01))
4. Shelke, K., Faubion, J., and Hosoney, R. C. :The dynamics of cake baking studied by a combination of viscometry and electrical resistance oven heating. *Cereal Chem.* **67**: 575-580, 1990.
5. Atwell, W. A., Engleson, J. A., Muroski, A. R., Finnie, S. M., and Smith, S. A. :Gluten-free baked products and methods of preparation of same. U. S. patent application 20,090,092,716., 2009.
6. Cargill Inc., internal communication, used with permission.
7. Engleson, J. A., Lendon, C. A., and Atwell, W. A. :System for gluten replacement in food products. U. S. patent application 20,080,038,434.
8. Engleson, J. A., Lendon, C. A., Hope, J., and Casper, J. L. :System for gluten replacement in food products. U.S. patent application 20,090,098,270.
9. Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., and Arendt, E. K. :Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem.*, **83**: 18-36, 2006.
10. Kusunose, C., Fujii, T., and Matsumoto, H. :Role of starch granules in controlling expansion of dough during baking. *Cereal Chem.*, **76**: 920-924, 1999 .
11. Atwell, W. A. :Products from soft wheat flour: Problems, causes, and resolutions. Pages, 97-113 in : *Wheat Flour*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 2001.