
 総 説

パイの科学

石村 哲代*

はじめに

パイ生地には、イーストやベーキングパウダーのようなガス発生源は用いられないが、加熱によって容積が著しく増大した製品となる。これはパイ生地を焙焼することによって発生した水蒸気が、薄層をなした生地層と油脂層の間に充満し、その蒸気圧によって生地層が持ち上げられるというパイ特有の物理的変化によるものと考えられている。さらに焙焼中のこうした膨脹のメカニズムが順調に進行した場合には、生地中の水分の蒸発に伴って多量の油脂が生地中に吸収されることになり、パイクラストは軽く、剥離性 (flaky) で、歯ごたえがもろくこわれやすい (shortness) 触感をもった性質に焼き上がる。

パイ生地の製法には、大別して折りたたみ法 (French method, English method など) と、練りこみ法 (American method, Scotch method など) とがあるが、いうまでもなく折りたたみ法を用いたパイ生地の方が薄層形成においてすぐれ、浮きやクラストの成績の良い製品を得ることができる。しかし折りたたみ法では油脂をドウにつつまこんだ後、圧延と折りたたみ操作をくりかえすことによって、計算上数十層から数百層にもものぼる薄層形成を行うため、技術的には練りこみ法よりも格段に難しいとされている。したがって製造過程における条件の如何によっては望ましい積層構造が得られず、そのために膨脹機構が阻害されかえって品質の悪い製品となり得る可能性も大きい。

折りたたみ法による製造過程において、層形成や膨脹に影響し、ひいては製品の品質を決定するであろうと考えられる要因の中、ここでは従来の研究報告や著者既報¹⁾の実験結果に基づいて、小麦粉および油脂の種類とその配合割合、また食塩添加量など材料に関する問題と、小麦粉ドウ調製時のドウファット (dough fat—ドウの

中にねりこむ少量の油脂) の使用量、折りたたみ回数、折りたたみ完了後のねかし時間、焙焼前の生地の厚さ、および焙焼条件など製造過程に関する問題を取り上げ、これらの諸条件が製品に与える影響について考えてみることにする。

なお、ここではフランス法を用いた折りたたみパイ生地 (Feuillete) を中心に述べることにする。

1. 小麦粉の種類による影響

パイ生地は小麦粉のグルテン活性による粘弾性や伸張性を利用して製造されるものである。したがって望まし

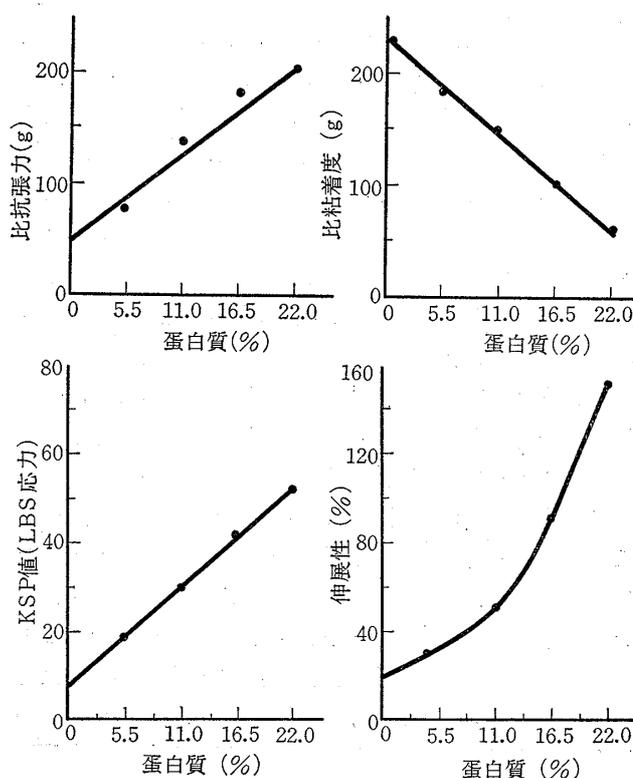


Fig. 1 小麦粉の蛋白質含量とパイ生地の物理的性質 (電力ごね)²⁾

* 四条啜学園女子短期大学

パイの科学

い製品を得るためには、適度なグルテンの物性を与える良質の蛋白質を含む小麦粉を用いなければならない。すなわち、Fig. 1 に示したように小麦粉の蛋白質含量はパイ生地の物理性に顕著に影響し、高蛋白になるにつれて抗張力、KSP 値 (Kramer Shear Press Value)、伸展性はほぼ直線的に増加し、粘着性は逆に減少する。また Fig. 2 はクラストへの影響を示しているが、KSP 値は

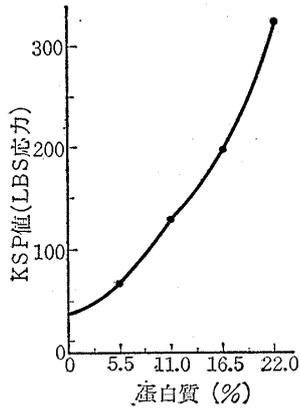


Fig. 2 小麦粉の蛋白質含量とパイクラスト剪断時の応力値 (電力ごね)²⁾

高蛋白になる程増加、すなわちクラストが硬質になる。したがって蛋白質含量は高すぎても低すぎても不適であり、デイトリッヒ³⁾によれば、白または赤を配合した軟質の冬麦から製粉した蛋白質含量8~9.5%、粘度30~35の粉が最適とされている。

我国の成書⁴⁾では折りたたみパイで蛋白質含量11%、練りパイで10%が適量とされており、デイトリッヒが示した値よりは幾分高いようである。実際的には一般に強力粉と薄力粉が用いられているが、その用いられ方は Table. 1 に示したように、成書により幾分異なっている。吉田⁵⁾はパイ用としてはグルテンが強く吸水性に富み、また水と混ぜた時腰が強くて良く伸びしかも弾力性にすぐれた粉が良いとして、全強力粉を用いている。

一方山崎⁸⁾は逆に、小麦粉はパイの骨格をつくるものであるからグルテンの弾性、でんぷんの粘性を出さないことが必要であるとして、全薄力粉を用いている。これに対して宮川⁹⁾は強力粉だけでは弾力が強すぎて伸ばしにくいので、強力粉と薄力粉を 1:1 にするか或は中力粉を用いた方が良いと述べている。

このようにパイ用の粉に対する見解は製造法の記述者によって必ずしも一致していない。そこでいずれを選択するかについては、次の小麦粉の種類と製品の品質との関係についての記載を参考にすることができる。成書¹⁶⁾によれば強力粉を主体にした製品は層形成、浮きは良いが硬質になり、薄力粉の混入量が増すにつれてソフトになるが層形成や浮きが悪くなるとされている。こう

Table. 1 一般成書にみられる折りたたみパイ生地 (Feuilletege) の配合例

著者	強力粉	薄力粉	バター (dough fat)	食塩	水	コーンスターチ
吉田 菊次郎 ⁵⁾	100		100	2.4	50~60	
磯野 和子 ⁶⁾	100		無塩 100		62	
中野 洋吉 ⁷⁾ 名取 俊貞	100		100 (10.0)	少量	50	
山崎 清子 ⁸⁾ 島田 キミエ		100	75		50	
宮川 敏子 ⁹⁾	50	50	76 (7.6)	0.8	52	4
今田 美奈子 ¹⁰⁾	40	60	100	2.0	50~70	
J. ドラベース ¹¹⁾ 川上 のぶ	50	50	80 (8.0)	1.5	50	
竹林 やゑ子 ¹²⁾	50	50	無塩 100~80	1.0	50	
大谷 長吉 ¹³⁾ 内海 安雄	50	50	100 (少量)	2.4	66	
森山 サチ子 ¹⁴⁾	50	50	90	0.6	55	
本間 三千代 ¹⁵⁾	50	50	110 (27.0)	0.8	50	
五十嵐 敏夫 ¹⁶⁾	50	50	パイ粉 100 (少量)	1.1	26	

註1) 表中の数字は小麦粉100に対する比率に換算した数値を示す。

註2) (dough fat) は用いられるバター全量の中に含まれることを意味する。

Table. 2 パイクラストの湿熱量の成品への影響¹⁷⁾

No.	小麦粉		湿熱量 %	焼成寸法			層数 (枚)	面積		厚さ (倍)	成品
	強力粉 g	薄力粉 g		長さ cm	幅 cm	厚さ cm		広さ cm ²	縮少率 %		
1	10	90	22.4	5.73	3.46	2.10	11.0	19.83	29.2	7.0	良
2	25	75	25.4	5.78	3.40	2.74	14.6	19.65	29.8	9.1	良
3	50	50	30.4	5.70	3.44	3.10	16.0	19.61	30.0	10.3	良
4	75	25	35.0	5.64	3.46	3.43	21.0	19.51	30.4	11.2	良

した関係は折りたたみ法¹⁷⁾、練りこみ法¹⁸⁾のいずれにおいても実験的に証明されており、Table. 2 の各種配合の湿熱量から明らかなように、強力粉の多いもの程層形成や浮きが良いのは、グルテンが多いために層形成に適した膜構造が得やすいためと考えられる。したがってパイ用としては、基本的には強力粉の方が適しているといえるが、強力粉だけでは弾性が強すぎて縮小が増し、またグルテンの熱変性も加わって硬質になりやすい。そこで嗜好的にソフトな触感を求めたい場合には薄力粉を混合して、グルテン量の調製を行えば良い訳である。どの程度の混入量が適当であるかについては、求める製品の種類や嗜好によっても異なるが、実験的には強力粉と薄力粉の割合が 1:1 に近いもの程平均した層形成を示し、1:1 の成品が外観、もろさ共に良好であったと報告されている¹⁸⁾。これはこの混合割合によってパイ製造に適した蛋白質含量に調整されたためと考えられ、また中力粉がパイ用粉として適しているとされているところから、

やはり蛋白質含量9~11%というのが粉を選ぶ際の基準とされて良いようである。

2. パイ生地中の油脂量および油脂の種類による影響

パイ生地は油脂含量が50~100%と極めて高いことを特徴としており、英国のベーカリーの間では、パイ生地の処方小麦粉に対する油脂の比率によって50%生地(Half Paste)とか、100%生地(Full Paste)のように表現する方法が用いられる。生地中の油脂量はパイ生地の物理性に顕著に影響し、Millerら²⁾によればクラストは油脂が多い程軟質になるという。また阿部¹⁹⁾は50%以下では良質な製品は得られず、70~100%の時に外観、味共に良い成績が得られたと報告している。すなわち油脂が少なすぎる場合には、連続した油脂の薄層が得られにくく、油脂がでんぷん粒子間に入りこんで組織を密にし厚い層となるために膨化機構が阻害され、良い製品は得られない。Table. 1のように油脂量100%の配合が多く用いられるのも、油脂が多い程薄層形成が容易なために膨化しやすく、また多量の油脂が生地層に吸収されて軽くもろいクラストに焼き上がるためであろう。

このようにパイ生地には非常に多量の油脂が用いられるために、製品は用いる油脂の種類とも深い関連をもっている。Table. 3によればショートニングの硬さの増加

Table. 3 ショートニングの種類とパイ生地およびパイクラストの物理的性質²⁾

ショートニング	ドウの性質				クラストの性質	
	比粘着度	比抗張力	KSP値	伸展性	KSP値	縮小
Lard	157	99	20	67	97	15
Vegetable	150	86	18	50	88	13
Puff-Paste A	75	185	40	67	175	19
Puff-Paste B	55	263	50	50	202	27

(万能粉使用。電気ミキサーによる低速1分間混合)

と共に、パイ生地の粘着性は減少し抗張力やKSP値は増加する。そしてクラストの方は硬質になり縮小も増加する。またデイトリッヒ³⁾によれば、全植物性脂肪とした際のクラストはしまっていて、フレーバーの点で物足りず、全動物性脂肪とした場合には焙焼中に脂肪の漏出がみられ、クラストが軟化しやすいとして、全動物性脂肪にマーガリンを混和したものを用いている。我国の成書ではTable. 1のように主にバターが用いられている。バターは風味は最もすぐれているが、融点が低く室温10°C以上では折りたたみ操作が行いにくいので、場合によっては高融点のショートニングやパイバターが用いられることもある。殊にパイバターは水中油滴型に乳化されたパイ専用の油脂で、容易に層形成の良い製品が得られるという利点をもっている。最近ではバターを混入して

風味の改良を行い、34~43°Cの幅広い融点を有する製品の研究開発も進んでいるので、適切な製品を選べば特定の季節や場所に限られることなく、いつでもどこでもパイ製造が可能という訳である。

一方ショートニングは高融点(約45°C)のため、一般的にはパイ製造に適した油脂と考えられている。しかし乳化剤の添加量の多すぎる製品では、生地を軟化させ層形成に良い影響を与えないので注意しなければならない¹⁶⁾。またマーガリンでは融点37.3°Cのコーンマーガリンにおいて良質の製品が得られたという¹⁹⁾。要は油脂が融けることなく薄層に伸展する比較的融点の高いもので(35~45°C)、可塑性に富んだ腰の強い油脂が適しているといえるようである。

なお、パイ用として用いられる油脂には、通常16%程度の水分を含むものが多いが、油脂中の余分の水分は折りたたみを困難にし、層形成や浮きに良い影響を与えない。そこで油脂の硬軟度を調整する際に、脱水のための操作が加えられる場合が多い。通常は乾いた木綿布に油脂をつつみ水分を吸い取らせながら良く練って均質化する方法が用いられるが¹⁶⁾、時には副材料としてコーンスターチを用いその吸水性を利用する場合もある⁹⁾。

3. 食塩および加水量による影響

食塩にはドウを良くひきしめ、伸展性、抗張力共に向上してガス包蔵性を良くし、その膨脹を促進する作用がある²⁰⁾。またフレーバーや焼き色にも関与する。竹林¹²⁾によればパイ生地に添加される食塩の適量は粉の約1%とされているが、成書ではTable. 2のように0~2.4%とかなり範囲が広い。またバターには通常約2%の食塩を含む製品と無塩の製品の2種類があり、そのいずれを用いるかによっても添加量は異なるが、その点についてはほとんど明記されていない。著者の実験結果によれば、

Table. 4 食塩添加量の異なるパイ生地の焙焼後の製品の評価

食塩量 小麦粉に 対する割 合 %	重量 減少率 %	膨化率 %	面積 cm ²		浮き cm (倍率)	総合 評価
			最上面	底面		
対照	0	100	36.0	36.0	0.4(1.0)	—
0	21.6	471	26.0	32.9	5.6(14.0)	不良
1	21.4	513	24.7	29.4	6.1(15.3)	不良
1.5	21.9	509	23.4	28.2	6.0(15.0)	良
2.0	20.8	493	20.7	27.6	5.9(14.8)	良
2.5	21.6	486	19.8	25.5	5.7(14.3)	良
3.0	24.7	451	17.3	21.6	5.0(12.5)	不良

基本配合：強力粉50g, 薄力粉50g, パイバター100g

(生地を16×16cm厚さ0.4cmにのぼしこれに8×8cm厚さ0.7cmの油脂をつつんで3つ折4回とし、6.2×5.8cm厚さ0.4cmに型ぬきして210~220°Cで15分間焙焼)

パイの科学

無塩パイバターを用いた場合、Table. 4のように1%添加によって明らかに品質は向上し、浮き、触感が良好となった。しかし1%では風味、色調において多少物足りず、総合的には1.5~2.5%が最適な範囲と考えられた。また3%と多くなりすぎると、浮きは逆に抑えられて縮小も増しクラストは硬質化して食味は低下した。このように適量の食塩は品質向上に効果的であるが、多過ぎるとグルテンを引きしめる作用が過度となって、パイ生地としての適性は低下する。したがって食塩添加量は適量範囲を越えないように、特に有塩の油脂を用いる際には注意する必要がある。

材料に関する最後の問題として、加水量について簡単に述べる。パイ生地として望ましい抗張力や伸展性などの物理性を有し、またグルテンによる適度な膜形成の生地を得るためには、小麦蛋白と水和するための適量の水が加えられねばならない。この加水量に影響する主要な因子としては小麦粉の蛋白質含量、小麦粉に吸収される割合、損傷でんぷん量、生地中の油脂量、混合方式速度などがあげられるが、それらの詳細については松本²⁰⁾、Millerら²¹⁾の文献を参照されたい。一般的には加水量は油脂の硬軟度と同程度を基準にして決定されており、水温による影響も大きい。5~10°Cの冷水が用いられる場合には、小麦粉に対して50~60%というものが一応の標準となっている。

4. パイ生地製造過程の諸条件による影響

1) 小麦粉ドウの調製

パイ生地の製造過程の最初は小麦粉ドウの調製である。パイ特有の層形成や浮きは、小麦粉グルテンの膜形成による抗張力や伸展性の増加によって得られるものであるが、前述のように膜形成が過度になり過ぎてても良い影響を与えないので、ドウ調製時の混捏操作は、グルテン形成を適度にするものでなければならない。混捏方法には手ごねと電力ごねがあるが、一般調理では主に手ごね法が用いられる。松元ら²²⁾によれば、ぎょうぎの皮、パイなどに用いられる混捏水50%前後のドウについて、手ごね回数60回位で一応均質性が得られるとして60回以下を“ざっとこねる”，200回を“良くこねる”と表現している。著者によればその中間の手ごね100回のドウが粘性、伸張性共に良好と思われたが、このドウはFig. 3のファリノグラムに示したように、丁度標準の500B.U.に一致する硬さであった。この数値は普通パン生地などでいわれる“耳たぶの硬さ”に相当し、パイ生地においてもこの程度の硬さが加水量や手ごね回数（または混合時間）を決定する目安として良いことが確かめられた。

2) 小麦粉ドウ中におけるドウファットの役割

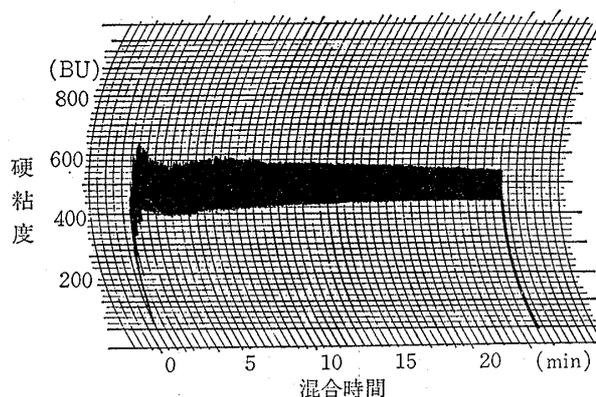
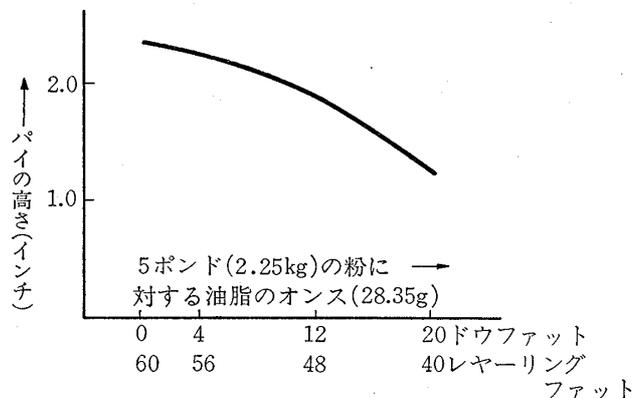


Fig. 3 基準生地のファリノグラム

註1) 測定した生地の配合量は、強力粉150g、薄力粉150g、脂肪15g、食塩3.6g、水144ccとした。

註2) 測定温度は30°Cとした。

Fig. 4 ドウファットとレヤーリングファットの割合とパイの膨脹 (油脂量75%生地)²¹⁾

パイ生地中の油脂は、生地中での役割の相違によって2つのタイプに分けられる。その1つはレヤーリングファット (layering fat) とよばれ、これは生地の中につみこまれて薄層形成に関与する。もう1つはドウファット (dough fat) とよばれ、これは油脂をつみこむ前の小麦粉ドウの中に一緒にねりこまれる油脂のことである。McGill²¹⁾によればパイ生地中の両油脂の割合は、成品の浮きやクラストの品質に影響し、Fig. 4に示したようにドウファットの割合が増すにつれて製品の浮きは低下し、またクラストのもろさが増したという。これはドウファットの存在が小麦粉の小さい粒子をおおって小麦蛋白に近づこうとする水の力を弱め、グルテンの膜形成の過剰を防ぐ働きを有するためと考えられている。ドウファットの適量はMcGillによれば粉の12%程度となっているが、我国の成書ではTable. 1のようにそれが用いられていないものが多く、また用いているものでも8~10%とMcGillに近いものから27%のものまで多岐にわたっている。またその効果についても殆どふれられていない。著者によればTable. 5に示したように、わずか5%で明らかに効果が認められ、浮きは若干低下するが反面

Table. 5 ドウファットの割合の異なるパイ生地の焙焼後の製品の評価

dough fat 小麦粉に 対する割 合 %	重量 減少率 %	膨化率 %	面積 cm ²		浮き cm (倍率)	総合 評価
			最上面	底面		
対 照	0	100	36.0	36.0	0.4(1.0)	—
0	23.0	489	17.59	24.4	5.5(13.8)	不良
5	22.2	475	19.98	30.0	5.1(12.8)	良
10	22.3	461	19.89	29.3	4.8(12.0)	良
15	21.8	458	20.35	31.1	4.7(11.8)	良
20	21.7	472	19.72	31.3	4.4(11.0)	良
25	21.3	421	21.84	32.3	3.4(8.5)	不良

基本配合：強力粉 50g, 薄力粉 50g, パイバター 100g, 食塩 2.4g

Table. 6 3つ折および4つ折によって得られる計算上の層数²¹⁾

層 数	3つ折の回数						
	1	2	3	4	5	6	7
文 献	3	9	27	81	243	729	2187
McGill	3	7	19	55	163	487	1459

層 数	4つ折の回数					
	1	2	3	4	5	6
層 数	5	17	65	257	1025	4097

縮小は抑えられ、軽くもろい良質のクラストが得られた。しかし25%になると層形成や浮きが悪くなり、クラストは軽くもろいが油っぽさを増して、総合評価は不良となった。以上より油脂の一部をドウファットとして予めドウの中に混合することは望ましいが、その使用量は5~20%程度が適当な範囲と考えられる。

3) パイ生地の折りたたみ回数

パイ生地の折りたたみ方法としては通常3つ折と4つ折が用いられるが、各々における1回の折りたたみが形成する層数は、計算上 Table. 6 のように増加が著しいので、折りたたみ回数の製品の品質への影響が大きいことが推察される。折りたたみ回数による影響については、竹林¹⁷⁾の詳細な報告を参考にすることができるが、著者によれば、Table. 7 より3つ折4回と6回の時に良質の製品が得られた。さらに両者を比較すると6回は浮きにすぐれているが、縮小が増しクラストは厚くショートネスな触感が多少低下した。したがって総合的には、4回の方が適当と思われた。

一方折りたたみが2回と少ない製品のクラストは、焙焼時間の経過と共になめし皮のように反りかえって厚く強靱となった。この原因の1つとして、重量減少率が良質の製品では15分で22~23%であるのに対して、この場合は37.3%と非常に大きいことがあげられる。これは層

Table. 7 折りたたみ回数の異なるパイ生地の焙焼後の製品の評価

—折りたたみ回数が2,4,6回の場合—

折りた たみ 回 数	焙焼 時間 min	重量 減少率 %	膨化率 %	面積 cm ²		浮き cm (倍率)	総合 評価
				最上面	底面		
対 照	0	0	100	36.0	36.0	0.4(1.0)	—
3つ折 2 回	5	17.2	242	26.4	33.4	1.0(2.5)	不良
	8	25.7	300	24.5	33.1	1.4(3.5)	不良
	12	30.1	306	20.0	31.6	2.1(5.3)	不良
3つ折 4 回	15	32.4	342	21.3	24.3	2.5(6.3)	不良
	5	8.2	126	23.9	29.0	0.7(1.8)	不良
	8	12.3	178	22.5	31.1	1.7(4.3)	不良
3つ折 6 回	12	16.5	311	18.2	30.5	3.6(9.0)	不良
	15	21.5	405	16.0	21.6	4.3(10.8)	良
	5	5.3	146	15.1	20.9	1.8(4.5)	不良
3つ折 8 回	8	11.3	258	16.5	21.5	3.2(8.0)	不良
	12	17.6	469	13.8	21.2	5.4(13.5)	不良
	15	22.8	519	14.2	20.0	5.7(14.3)	良

Table. 8 折りたたみ回数の異なるパイ生地の焙焼後の製品の評価

—折りたたみ回数が8,10,12回の場合—

折りた たみ 回 数	重量 減少率 %	膨化率 %	面 積 cm ²		浮き cm (倍率)	総合 評価
			最上面	底面		
対 照	0	100	36.0	36.0	0.4(1.0)	—
4	21.5	405	16.0	21.6	4.3(10.8)	良
6	22.8	519	14.2	20.0	5.7(14.3)	良
8	17.5	422	12.3	20.8	4.7(11.8)	不良
10	18.4	382	11.3	21.0	4.3(10.8)	不良
12	18.0	339	12.4	21.2	3.3(8.3)	不良

数が少ないために水分蒸発が著しいことと、生地層の不足のために吸収されずに残った多量の油脂が外部に漏出するためと考えられ、そのために膨脹は阻害され、パイらしいクラストが得られないのであろう。

次に Table. 8 は折りたたみを8回、10回、12回と多くした時の結果であるが、この場合もクラストのもろさは完全に消失して、固くかたやきせんべいのようなになった。この原因の1つとして先程の2回の場合とは逆に、重量減少率が17~18%と非常に小さいことがあげられる。これは折りたたみの過剰によって層がうすくなりすぎて、部分的に層状構造が崩れるために膨脹が阻害され、水分は生地層に保留されて、水分と油脂の交換が行われにくくなるためであろう。以上形成される層数や層の厚さから考えて、折りたたみ回数は3つ折の場合4回から6回までが適当な範囲と考えられる。

さらに McGill²¹⁾によれば、最適な折りたたみ回数は、小麦粉に対する油脂の割合や融点などによって影響され

パイの科学

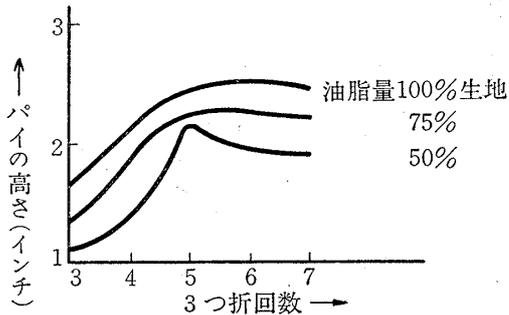


Fig. 5 折りたたみ回数, 油脂量とパイの膨脹 (高融点油脂使用)²¹⁾

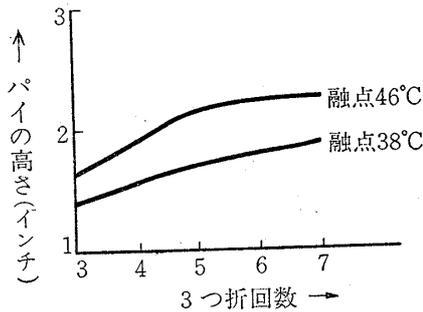


Fig. 6 折りたたみ回数, 油脂の融点とパイの膨脹²¹⁾

るという。すなわち Fig. 5 より, 油脂量 100% 生地では 3 つ折 6 回, 75% 生地では 5~6 回, 50% 生地では 5 回の時に製品の浮きは最大となった。また Fig. 6 より低融点の油脂では 3 つ折 5 回, 高融点の油脂では 6 回の時に最善の製品が得られた。しかも高融点の油脂の方が総合的に浮きが大きく, かつ折りたたみによる影響を受けにくかったが, 明らかに舌に残る後味 (palate cling) が感じられたという。以上より油脂の割合の高い生地や, また高融点の油脂を用いる場合には折りたたみ回数を 6 回程度に多くした方が良い製品が得られるようである。しかし融点が高すぎる場合には浮きは良いが風味が劣るので, 融点 40°C をこえるような油脂はできるだけ用いない方が良いと思われる。

4) 折りたたみ完了後のパイ生地のねかし時間

パイ生地製造時には, 小麦粉ドウの調製後に, また折りたたみから次の折りたたみまでの間に 10~30 分間程度の生地のねかしが必要とされる。ねかすことによって生地は軟化しかつ伸張度が増すので折りたたみ操作が行いやすくなるためである。またパイ生地のねかしは通常冷蔵温度下で行われるが, これは生地の温度が高いと酵素が活性化して糖化作用が進み, 粘度が増加したりまたわずかでも発酵作用がおこって生地が膨れたりするのを避けるためである⁹⁾。それに加えてパイ生地では油脂の硬化ということも重要な目的になる。このように折りたたみ過程における冷蔵下でのねかしは, 薄層形成のすぐれた生地を得るための不可欠な操作といえるが, ここでは

Table. 9 ねかし時間の異なるパイ生地の焙焼後の製品の評価

折りたたみ回数	ねかし時間 hour	重量減少率 %	膨脹率 %	面積 cm ²		浮き cm (倍率)	総合 評価
				最上面	底面		
対照	0	0	100	36.0	36.0	0.4(1.0)	—
3 つ折 4 回	0	20.9	407	17.2	22.5	4.2(10.5)	良
	0.5	21.5	405	16.0	21.6	4.3(10.8)	良
	1	20.5	452	16.9	29.0	4.5(11.3)	良
	12	21.1	455	17.3	28.4	4.4(11.0)	良
3 つ折 6 回	0	21.5	447	12.0	21.5	5.0(12.5)	良
	0.5	22.8	519	14.2	20.0	5.7(14.3)	良
	1	20.4	520	15.7	25.1	5.6(14.0)	良
	12	20.5	410	18.0	27.5	5.4(13.5)	良

ねかし温度 5~6°C

折りたたみ完了後のパイ生地について, 焙焼までのねかし時間と製品との関係について述べることにする。

著者によれば Table. 9 に示したように, 3 つ折 4 回では 1 時間後に浮きがやや大となり, 12 時間後も余り変化はなかった。6 回では 0.5, 1 時間後の浮きが最も大きく 12 時間後には抑えられた。また 4, 6 回共にねかし時間が長くなるにつれて縮小が幾分抑えられた。またクラストは 6 回において 12 時間後にやや改善されてもろさを増した。このように 4, 6 回のいずれにおいてもねかしによる効果は幾分認められるものの, 総合評価はねかし時間に関係なく, いずれも良であり, 焙焼前のねかし時間は, 折りたたみ過程におけるねかしに比べて, 比較的柔軟性のある考え方ができるように思われる。

すなわちできれば 30 分程度はねかす方が望ましいが, 時に製造を急ぐような場合には型ぬき後短時間内に焙焼しても良いし, またこれとは逆に何らかの事情で直ちに焙焼できないような場合には, 生地を冷蔵しておくことによって相当長時間経過の後も良質の製品を得ることが可能といえる。しかし余り長期間にわたると, 当然発酵などによる品質低下の問題も起こってくるので, 冷蔵期間についてはさらに検討が必要と思われる。また最近関連企業の関心の対象とされているパイ生地の冷凍についても, 今後調理科学的視点からの研究課題とされても良いのではないかと考える。

5) 焙焼前に圧延するパイ生地の厚さ

折りたたみ完了後のパイ生地は, 普通 0.3~0.5cm に圧延され, 種々型取りされた後焙焼される。竹林¹⁷⁾によれば, 製品の品質は小麦粉の種類よりも折りたたみ回数と, 焙焼前の生地の厚さに関係が深く, 生地厚/重ね数が 0.037cm 以下の時に良い製品が得られたという。著者によれば 3 つ折 4 回の生地の場合 0.4~0.7cm が適当

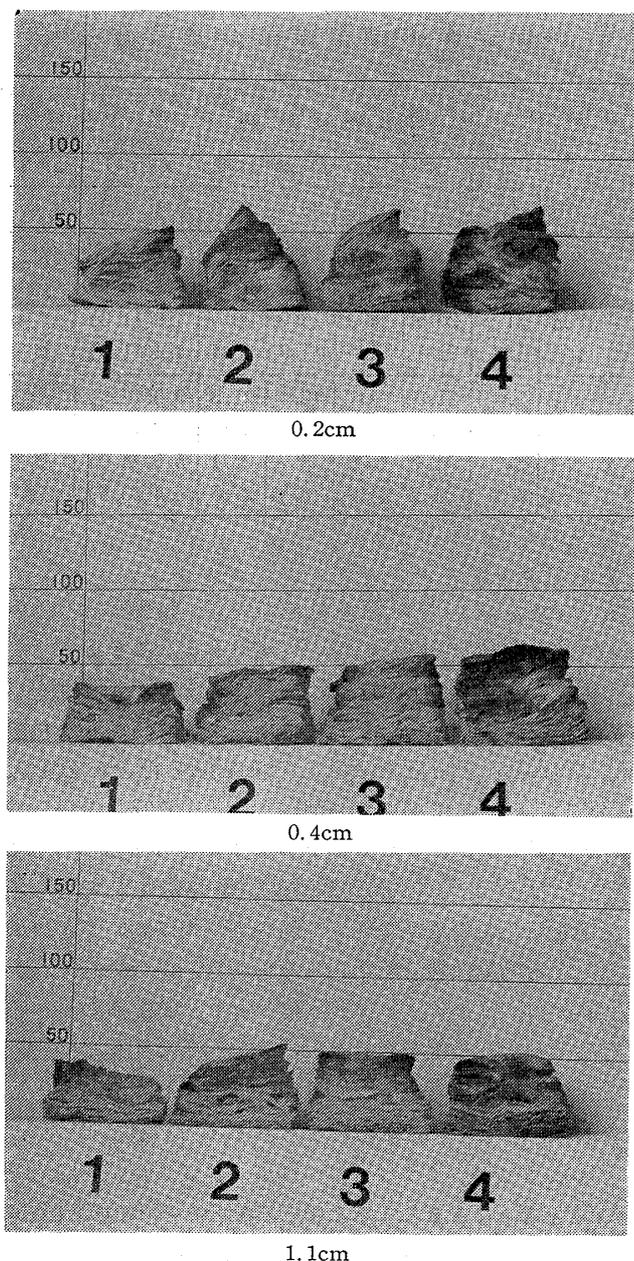


Fig. 7 厚さの異なるパイ生地を焼後の製品
(焼時間: 1. 8分間, 2. 12分間, 3. 15分間, 4. 20分間)

な範囲と考えられ、それ以下でも、またそれ以上でも良い製品は得られなかった。すなわち Fig.7 の写真や Fig. 8 で明らかなように、膨化率はうすい生地程大となるが、0.2cm のようにうすい生地では浮きすぎて縮小が増し、またクラストは軽くもろくなりすぎてまぶくなった。一方 1.1cm のように厚い生地では殆ど浮き上がらず、厚く重いクラストとなった。

またこれらの生地はいずれも焼初期の重量減少率が大きいことが特徴的である。これはうすい生地では層もろいので、熱伝導が速く水分蒸発が急激に進むために、また厚い生地では層も厚いために、浮きに要する力が不足して浮き上がらず、熱にとけた多量の油脂が生地層に

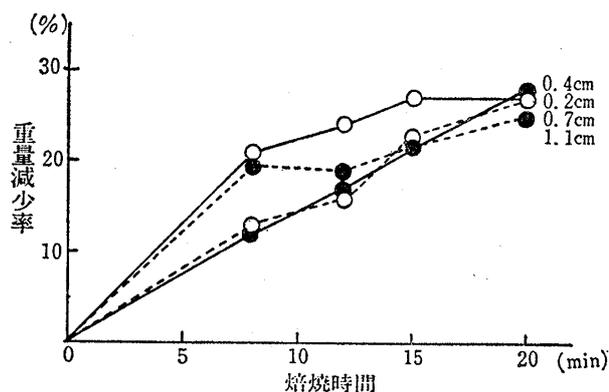
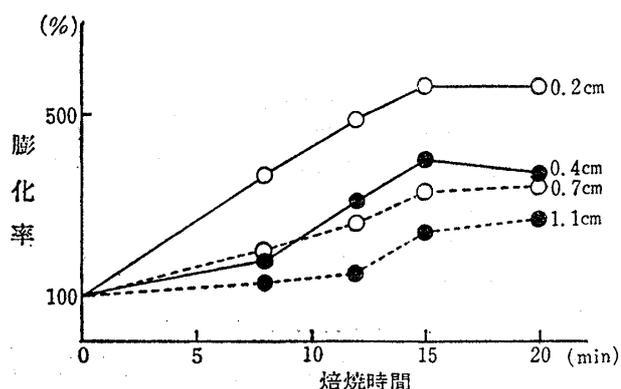


Fig. 8 厚さの異なるパイ生地を焼中の製品の膨化率と重量減少率

吸収されず、断面から流出するためと考えられる。このように重量減少率の変化は、パイ生地の膨脹が順調に進んでいるか否かを知る1つの手がかりとなり、この変化が速すぎても遅すぎても、また大きすぎても小さすぎても良い製品は得られないといえるようである。

この場合良質の製品が得られた 0.4cm と 0.7cm の焼時間 15 分の重量減少率をみると、21~22% となっており、これは良質の製品を得た 3 つ折 4 回、6 回の 22~23% とほぼ一致しているところから、良質と判断されるパイ製品の重量減少率は、大体この範囲にあると考えて良いのではないと思われる。しかし、こうした重量減少に関わるパイ生地中の水分および油脂量相互の変動については、未だ明らかにされておらず、この点については、今後検討されるべき興味ある研究課題と思われる。

6) 焼温度と焼時間

普通パイ生地は 200°C 以上の高温で焼されるので、油脂の薄層は外部へ溶出することなく、上下の生地層に吸収される。さらに油脂が吸収された後の空隙には、生地から出た水蒸気や空気が充満し、それらが加熱によって膨脹して生地が浮き上がる。また焼時間の経過と共に、でんぷんは糊化しグルテンの熱変性が進み、やがて 1 枚 1 枚の生地層は固定されて、パイ特有の剝離性に富

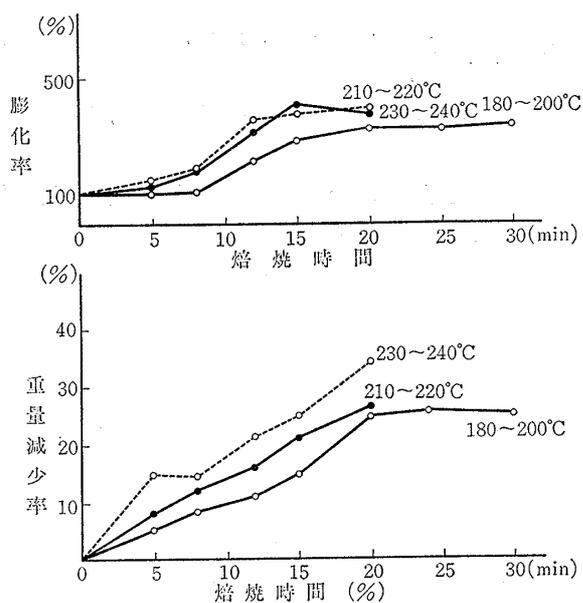


Fig. 9 焙焼温度を変えた場合のパイ生地焙焼中の膨化率と重量減少率

んだ軽くもろいクラストに焼き上がるのである。

このように、焙焼中のパイ生地の変化は非常に多様であるために、焙焼条件による製品への影響が大きいことが推察される。著者によればガスオーブンをを用いた際の最適条件は210~220°Cで15分、次で230~240°Cで12分の時であった。温度が200°C以下の場合にはFig. 9に示したように膨化率が最も低く、30分経過の後も良い製品は得られなかった。また重量減少は高温程急激で著しい変化が認められたが、良質の製品が得られた210~220°Cで15分、230~240°Cで12分の製品の重量減少率は約22%で、前述の折りたたみ回数や焙焼前の生地の厚さのところで得られた良質の製品の値とほぼ一致した。なお最適焙焼条件は、研究者によっても多少異なり、竹林¹⁷⁾は電気パン焼器を用いた場合は190°Cで27分、あるいは205°Cで21分が、阿部¹⁹⁾はガス超高速レンジを用いた場合は200°Cで13分が最適であったと述べている。

これは主として各加熱器具内部の熱伝導や熱効率の相違によって焙焼中の加熱速度に差が生じるためと思われるが、それ以外にもパイ生地の原料配合割合、油脂の物性(例えば融点)、生地中に分布する結合水と自由水の状態などによる膨脹機構への影響が考えられる。現在のところ、これら諸因子と焙焼条件との関連性は未だ明らかにされていないが、焙焼は製品の品質を最終的に決定する非常に重要な要素故、これらの問題に関する今後の検討が期待される。

まとめ

折りたたみパイは、主材料が小麦粉と油脂だけという、

非常にシンプルなタイプの洋菓子であるにもかかわらず、その製法は専門家の間でも難しいものの1つに数えられている。

本稿は調理科学的な視点から、パイ製造時の材料およびその製造過程に関する基本的方法の主要なものを取り上げ、それらが製品の品質にどのような影響を与えるのか、また良質の製品を得るためにはどのような条件が必要であるかについて、総合的にまとめたものである。パイは材料の性質およびその配合割合と、混捏、折りたたみ、焙焼などの製造過程における諸因子が相互にからみあって成り立っている食品であるため、今後さらに検討されるべき多くの課題が残された研究分野といえるが、本稿の中に今後の研究のための手がかりを1つでも見出していただけるなら幸である。

本稿は第20回関西穀物科学研究会(昭和56年11月26日、神戸大学農学部)での講演内容の概要をまとめたものである。

引用文献

- 1) 石村哲代: 四条暁学園女子短期大学, 5, 1~24 (1970)
- 2) Byron S. Miller & Henry B. Trimbo: The Bakers' Digest, 2, 46~55 (1970)
- 3) F. B. デイトリッヒ: ベーカーズ, マンスリー, 15, 30~32 (1971)
- 4) 桜井芳人監修: 洋菓子製造の基礎, 光琳書院 (1969)
- 5) 吉田菊次郎: パティスリー, p. 74, 柴田書店 (1980)
- 6) 磯野和子: 楽しい洋菓子, p. 67, 柴田書店(1979)
- 7) 中野洋吉・名取俊貞: 洋菓子のアイデア, p. 15, 全国製菓大報社 (1958)
- 8) 山崎清子・島田キミエ: 調理と理論, p. 104~106, 同文書院 (1967)
- 9) 宮川敏子: 自分で作れる洋菓子, p. 26, 文化出版局 (1975)
- 10) 今田美奈子: パイーお菓子と料理, p. 63, 婦人画報社 (1977)
- 11) J. ドラベヌ・川上のぶ: フランス菓子入門, p. 27, 柴田書店 (1977)
- 12) 竹林やゑ子: 洋菓子教本, p. 15, 柴田書店(1979)
- 13) 大谷長吉・内海安雄: 洋菓子, p. 15, 柴田書店 (1968)
- 14) 森山サチ子: 洋菓子, p. 84, 日本放送出版協会 (1975)
- 15) 本間三千代: ホームメイドのお菓子, p. 118, 改

調理科学 Vol.15 No.2 (1982)

- 化出版局 (1975)
- 16) 五十嵐敏夫：洋菓子製法大全集中巻, p. 17~25, 沼田書店 (1979)
- 17) 竹林やゑ子：調理科学, 2(2), 12~15 (1969)
- 18) 阿部典子：藤女子大学, 藤女子短期大学紀要, 12 (II), 23~33 (1974)
- 19) 阿部典子：藤女子大学, 藤女子短期大学紀要, 12 (II), 13~21 (1974)
- 20) 松本博：製パンの科学, p. 92, 日本パン技術研究所 (1980)
- 21) E. A. McGill : The Bakers' Digest, 2, 28~38 (1975)
- 22) 松元文子, 松本エミ子, 高野敬子：家政誌, 11 (5), 348~351 (1970)

第9回 食品の物性に関するシンポジウム プログラム

期 日：昭和57年11月6日(土)~11月7日(日)

ところ：岡山大学教養部A別館2階207講義室(岡山市津島中1-1-1)

11月6日(土曜日)

- 13:15 開会の辞.....(岡山大農) 岩佐順吉
- 13:30 調理学の立場からの食品物性に関する諸問題.....(大妻女子大家政) 吉松藤子
- 14:20 ホワイトソースの粘性挙動.....(関東学院女子短大) 赤羽ひろ
(休憩)
- 15:20 デンプン糊化の熱的性質.....(大阪女子学園短大) 塩坪聡子
- 16:10 食品タンパク質の泡沫特性.....(京大食研) 北島直文、土井悦四郎

11月7日(日曜日)

- 9:30 水ポテンシャル場における植物組織の力学的挙動.....(阪府大農) 村瀬治比古
- 10:20 食品の放射線照射.....(大阪府放射線中研) 古田純一郎
- 11:10 ドープ(dope)のレオロジー特性とその繊維化.....(九大農) 早川 功
(昼食)
- 13:00 広域パルスnmrによる凍結乾燥性の評価.....(味の素中研) 永嶋伸也
- 13:50 加熱押し出し加工法の食品および飼料への応用.....(琉球大農) 国府田佳弘
- 14:40 小麦タンパク質の機能特性とその食品加工への利用.....(日本新薬食技研) 阿武尚彦
(休憩)
- 15:40 マヨネーズの乳化について.....(神戸女子大家政) 金谷昭子
- 16:30 食品材料分散系のレオロジー的取り扱いと構造解析法.....(大阪女子大基礎理) 三田朝義
- 17:20 閉会の辞.....(京大食研) 米沢大造

世話人：山野善正、香川大学農学部(08789) 8-1411

松本幸雄、大阪府立大学農学部(0722) 52-1161

参加資格不問、参加費一律1,000円当日徴集。詳細は、上記世話人にお問い合わせ下さい。