

電極式パン粉の食感改良

槇 賢治・山木一史・田中 彰・田中常雄

Improving the Texture of Bread Crumbs Produced by Ohmic Heating

Kenji MAKI, Kazufumi YAMAKI, Akira TANAKA and Tsuneo TANAKA

Bread crumbs are typically made from one of two types of bread, oven-baked or ohmic-heated. However, where ingredients are the same, ohmic-heated bread is generally tougher in texture. By clarifying the distinguishing characteristics of the two bread types and determining the relation between impressed voltage and the hardness of ohmic-heated bread, this study seeks to improve the texture of ohmic-heated breads. Analysis of bread characteristics revealed that ohmic-heated bread was harder than oven-baked bread and lower in moisture content, specific volume and starch gelatinization. When ohmic heating was conducted at a constant voltage, bread hardness was found to be independent of the impressed voltage. However, hardness was affected by modifying the voltage during baking. Using this finding, texture was improved by promoting fermentation through a low initial voltage and then using a higher voltage to accelerate baking. The best baking process found, 20 minutes at 50V followed by 30 minutes at 85V, decreased bread hardness by more than 20% in comparison with bread baked at a constant voltage.

パン粉製造における原料パンの焼成には、一般のパンと同様に生地をオーブンで加熱する焙焼式と生地を電極板に挟み通電して焼成する電極式の2つの方法がある。

電極式パンは通電により生地内部で発生する熱エネルギーで生地全体が均一に昇温するため焙焼式のように焼き色がつかず、また、原料の配合を変えることによりフライ時の揚げ色の調節が可能であるなどの長所があり、用途が広いが、焙焼式に比べて硬く食感が悪いのが短所である。パン粉は調理冷凍食品や惣菜などのフライ食品の品質を支配する重要な原料であるため、電極式パン粉の食感改良はパン粉製造業のみならず、関係業界にとっても重要な課題の一つである。

本研究では電極式パンのソフト化を目的に焼成方法別のパンの性質の違いを明らかにし、通電条件(印加電圧)

と電極式パンの硬さについて検討した。

実験方法

1. 製パン方法

パンの製造は表1の配合によりストレート法で行った。ミキシングは12分間行い、ショートニングはミキシング途中(5分後)に添加した。ミキシング終了時の生地温度は28°Cに調整した。一次発酵は32°Cで60分間行い、発酵状態をフィンガーテストで確認した。1斤(450g)ずつに分割し、丸めを行った。15分間寝かせ(ベンチタイム)を行った後、整形し、電極式は9斤、焙焼式は3斤、型詰めして35°C、湿度82%で二次発酵を行った。二次発酵後、焙焼式は電気オーブンで200°Cで焼成した。電極式は可変電圧式(位相制御方式)の交流通電装置(北

表1 原料配合

	小麦粉 (強力2等)	食塩	砂糖	酵母 (生)	ショートニング	水
配合比	100	1.3	2.5	1.65	1.0	60

海道富士電機(株)製)を使用し、商用周波数(50 Hz)でチタン板を電極として通電焼成した。焼成は生地温度が97°Cに達した時点で終了とした。焼成終了後、室温で1時間放冷した後、13°C、湿度90%に保持し24時間老化させた。

2. 分析測定試料の調整

1時間放冷後および老化後のパンをパンスライサーで厚さ25 mmに切断し、焼成直後および老化後の水分、硬さの測定用試料とした。また、パン内相を水飽和-クロロホルム・メタノール(2:1)中でホモジナイズし、濾過後、真空乾燥して粉碎し、48メッシュの篩を通して脱脂脱水粉末試料を調整し、糊化度、膨潤度および可溶性でんぷんの分析測定用に供した¹⁾。

3. 分析測定方法

(1) 生地温度

シース型熱電対(チノー(株))により生地中心部の温度を測定し、経時変化を記録計(東亜電波工業ベガサス)で記録した。

(2) 水分²⁾

パン内相を1 cm角刻みに細断し、約10 gについて赤外線水分計(ケット(株))を用いて135°Cで測定した。

(3) 硬さ

インストロン・ユニバーサル試験装置によるパンの硬さ測定法³⁾に準じてレオメーター(サン科学CR 200 D)で測定した。厚さ25 mmにスライスしたパンの中心部を直径36 mmの円柱状感圧軸で圧縮し、試料の25%(6.25 mm)圧縮時の抵抗値(最大荷重値)を硬さとした。

(4) 比容積

菜種子を用いた体積置換法⁴⁾で体積を測定し、次式により比容積を算出した。

$$\text{比容積} = \frac{\text{パンの体積 (ml)}}{\text{パンの重量 (g)}}$$

(5) 糊化度

β -アミラーゼ-プルラーゼ混合酵素系を用いるBAP法⁵⁾により測定した。

(6) 膨潤度⁶⁾

試料2 gを遠沈管に採り蒸留水25 mlを加えて分散した。40°Cで1時間膨潤させた後、2,000 rpmで20分遠心分離し、沈殿した吸水試料の重量を測定した。遠沈上清は秤量ビンに移して乾燥させ、可溶性成分量を測定した。膨潤度は次式により算出した。

$$\text{膨潤度} = \frac{\text{沈殿重量 (mg)}}{\text{(試料重 (mg)) - 可溶性成分量 (mg)}}$$

(7) 可溶性でんぷん

膨潤度測定時の上清のヨウ素でんぷん反応による呈色値(660 nmの吸光度)により可溶性でんぷん量を測定した。

4. 通電焼成の印加電圧

200 Vの商用電源から変圧装置で安定的に変圧出来る範囲内で焼成型の容量、電極板の間隔および焼成時間等を考慮して150 Vまでとした。印加電圧別の性質比較は、定電圧焼成は150 V、100 V、50 V、変電圧焼成は次の5とおりとした。50 Vで20分通電した後85 Vに変圧して焼成した場合を変圧1とし、同様に50 Vで20分通電後、125 V、150 Vに変圧した場合をそれぞれ変圧2、変圧3とした。また、50 Vで10分通電し85 Vに変圧した場合を変圧4、50 Vで30分通電し85 Vに変圧した場合を変圧5とした。

変圧装置は定電圧焼成は位相制御方式、変電圧焼成は振幅制御方式を用いた。

実験結果及び考察

1. 焼成方法別の生地温度の変化とパンの性質

電極式と焙焼式の焼成中の生地温度変化(図1)とパンの性質(表2)を比較した。電極式は焙焼式に比べ生

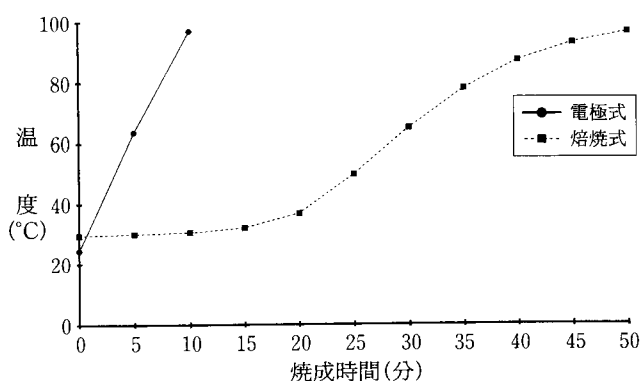


図1 焼成方法別生地温度の変化

表2 焼成方法別のパンの性質

	電極式 (150V)		焙焼式	
	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後
硬さ (g)	268	1,290	166	760
水分 (%)	30.2	29.9	45.2	43.8
比容積	3.26	3.29	3.46	4.13
糊化度	47.0	29.6	53.3	40.6
膨潤度	4.18	3.63	4.49	3.72
可溶性でんぷん	0.84	0.64	1.43	0.99

・焼成直後 焼成終了後1時間室温で放冷し測定
 ・老化後 焼成終了後13°C湿度90%で24時間保持し測定

地温度の上昇が速く、焼成に要した時間は電極式が11分、焙焼式が50分であった。パンの性質については、電極式は焙焼式に比べて硬く、特に老化後の硬さに大きな違いがあった。パン粉は老化後のパンを粉碎して製造するため老化後の硬さの違いがパン粉の食感（硬さ）の違いの原因と考えられた。電極式は焙焼式に比べ水分が少なく、パンの空隙量を知る目安である比容積が小さかった。またでんぷんのゲル化度合いを示す糊化度、膨潤度、可溶性でんぷんとも低かった。水分、比容積、糊化度等もパンの硬さと密接に関連する因子と考えられた。

電極式は急激な昇温により焼成中の水分蒸発が激しく、一方、焙焼式は焼成中に生地表面にクラストができるため水分の蒸発が抑えられる。このため焼成後の水分量に大きな差が生じたものと思われた。また、電極式は生地の昇温が速いため発酵が進まず、ガスの発生が少ないことが比容積が小さい原因と考えられ、また、急激な昇温に加え、焙焼式に比べて水分が少ないことがでんぷんの糊化が進まない原因と考えられた。

2. 通電焼成における印加電圧とパンの性質

(1) 定電圧焼成による印加電圧とパンの性質

糊化を促進し硬さを減少させることを目的に印加電圧を下げて焼成を試みた。電圧を150Vから100V、50Vと下げるに伴い昇温速度が減少し、焼成に要する時間が長くなった(図2)。老化後の硬さは電圧を下げてても大きな違いはなく、むしろわずかに増大した(図3)。電圧の

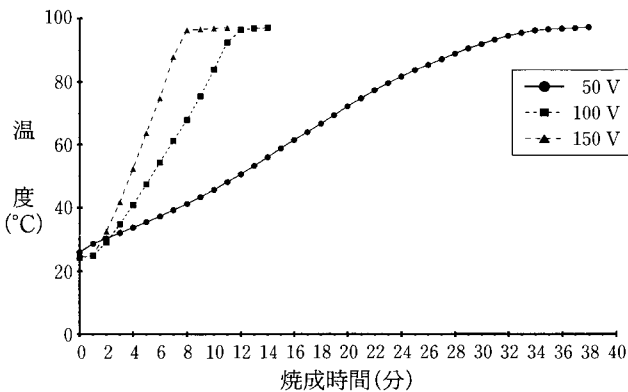


図2 電圧別（定電圧）生地温度の変化

低下に伴い老化後の糊化度はわずかに増加したが水分が減少した(表3)。電圧を下げてても硬さが減少しなかった原因は、焼成が長引いたことにより水分が減少したためと考えられた。

(2) 変電圧焼成による印加電圧とパンの性質

発酵を促進し発生ガスにより比容積を増加させる目的で通電開始から一定の時間、低い電圧で通電して焼成初期の昇温を緩慢にし、その後電圧を上げて焼成する方法を試みた。変圧焼成では変圧装置は振幅制御方式を用いたため、位相制御方式に比べ印加電圧は同じでも50V通電では昇温がきわめて緩慢であった(図4)。老化後の硬さは50Vで20分通電後85Vにした変圧1が最も軟らかかった。50Vで20分通電後125Vにした変圧2、および150Vにした変圧3については焼成時間は変圧1

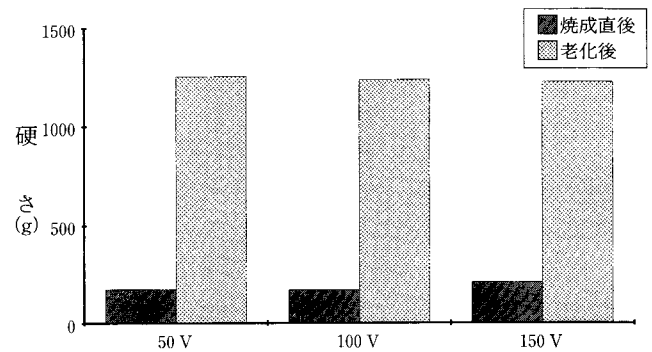


図3 電圧別（定電圧）パンの硬さ

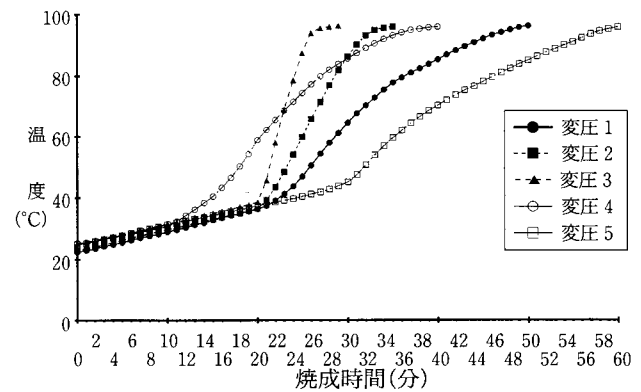


図4 電圧別（変電圧）生地温度の変化

表3 電圧別（定電圧）の糊化度と水分

	150V		100V		50V	
	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後
糊化度	45.1	29.1	45.0	29.9	49.1	33.2
水分 (%)	30.5	30.1	30.0	29.7	28.9	28.6

表4 電圧別(変電圧)のパンの性質

	変圧1		変圧2		変圧3		変圧4		変圧5	
	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後	焼成直後	老化後
比容積		3.81		3.64		3.60		3.43		3.80
糊化度	50.1	33.4	48.5	30.1	47.9	29.3	50.6	32.6	51.2	33.5
水分 (%)	31.1	30.9	31.6	31.3	30.4	30.0	31.4	31.2	29.3	29.2

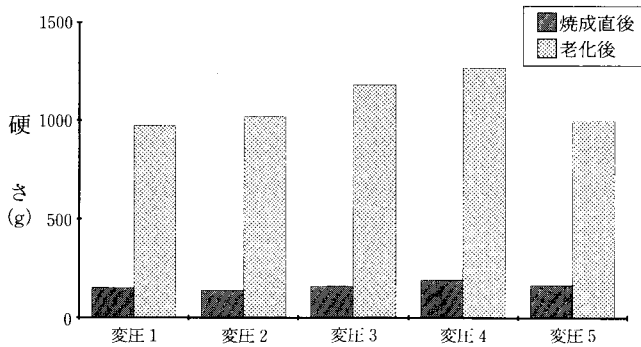


図5 電圧(変電圧)パンの硬さ

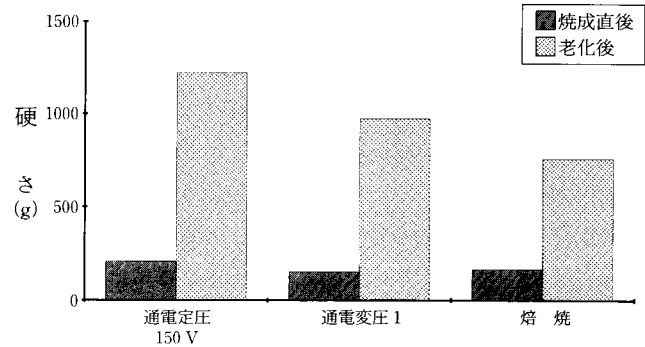


図6 焼成方法別パンの硬さ

より短かったが硬さはいずれも変圧1より硬かった。しかし変圧2の硬さについては変圧1と大差なかった。50Vで10分通電後85Vにした変圧4は最も硬く、50Vで30分通電後85Vにした変圧5は変圧1よりわずかに硬かった(図4, 図5)。変圧焼成では変圧4を除いていずれも定圧焼成(150V)より軟らかかった(図3, 図5)。比容積は変圧1, 変圧5が大きく, 変圧4が最も小さかった。糊化度は変圧5が最も大きく, 次に変圧1が大きかった。水分は変圧5が最も少なかった(表4)。

変圧焼成を行い, 焼成初期段階で昇温を緩慢にすると定圧焼成(150V)に比べ, 比容積が増大し, 硬さが減少した(表2, 表4, 図3, 図5)。焼成初期の緩慢な昇温過程は発酵適温であり, 発酵促進は硬さの改善に効果的と思われた。しかし, 緩慢昇温時間が短いと硬さが減少せず(変圧4), 緩慢昇温が長引くと水分が減少し, 焼成に時間を要した(変圧5)。また, 焼成途中の変圧は高い電圧に変換するほど焼成時間は短くなったが硬さは増大した(変圧2, 変圧3)。

通電焼成は焙焼に比べ短時間で焼成できることが利点である。変圧2は変圧1に比べて焼成時間が短く, 硬さに大きな違いがなかったことから, 50V20分通電後の変換電圧については, 85Vと125Vの間で, 硬さと焼成時間の両面からさらに詳細に検討する必要があると思われた。

以上の結果より, 電極式パンは一定電圧で焼成するよりも, 焼成初めは低電圧通電で昇温を緩慢にし, 焼成途中で電圧を高めて焼成を促進することにより硬さが減少することが明らかとなった。本試験の結果からは50Vで20分通電後85Vに変圧した場合(変圧1), 最も硬さが減少した。150V定圧, 変圧1および焙焼式の硬さを比較した結果を図6に示した。変圧1は150V定圧に比べ, 老化後の硬さは80%以下となり, 焙焼式の硬さに近づく。

要 約

電極式と焙焼式のパンの性質の違いを調べ, 電極式パンの印加電圧と硬さの関係について検討した。

- (1) 電極式パン(印加電圧 150V)は焙焼式に比べて硬く, 特に老化後の硬さに大きな違いがあった。水分は少なく, 比容積が小さく, また, 糊化度, 膨潤度および可溶性でんぷんも低かった。
- (2) 電極式パンの硬さは一定電圧で焼成した場合, 電圧を下げて改善されなかった。
- (3) 電極式パンは, 焼成初め一定時間は低電圧(50V)で通電し, 焼成途中で電圧を高めて焼成した場合, 硬さが減少した。50Vで20分通電した後, 85Vに変圧して焼成した場合に老化後のパンの硬さは最も小さく, 150V定圧焼成の80%以下となった。

文 献

- 1) 肥後温子・野口駿：日食工誌 **34**, 781 (1987).
- 2) ㈱日本食品工業学会：中小食品企業品質管理用品
質検査技術マニュアル 第3部, 55 (1991).
- 3) 田中康夫・松本博編：製パンプロセスの科学 (光
琳), p.230 (1991).
- 4) 財団法人パン科学会研究所編：「食パンの製品審査採点
法」パン科学会誌 **26**, 21 (1980).
- 5) 貝沼圭二・松永暁子・板川正秀・小林昭一：澱粉
科学 **28**, 235 (1981).
- 6) 肥後温子・島崎通夫：青山学院女子短大紀要 **32**,
77 (1978).