

クッキーの焼き上げに対する遠赤外線加熱の利用

南場 毅・鈴木美幸[※]・渡辺忠弘・大島克己

著者らは前報までに米菓などの焼き上げに対する遠赤外線加熱の利用について報告してきた^{1)~3)}。今回は遠赤外線オーブンと電気オーブンで焼き上げた型抜きクッキーの品質、物性などを測定し、焼き上げに及ぼす遠赤外線加熱の影響について検討した。また、小麦粉の一部を餅粉や豆類粉末で代替したクッキーについても試験したので報告する。

実験方法

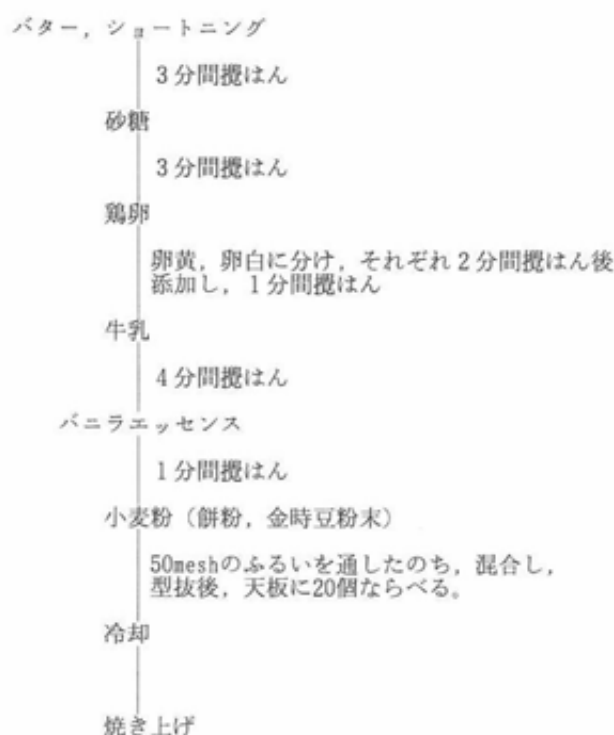
1. 試料

クッキーに用いた小麦粉などの主原料は基本配合を示す第1表のとおりである。膨張剤はベーキングパウダー（藤田膨張剤工業[※]製）を使用した。餅粉は市販品（吉村穀粉[※]製）を用いた。豆類粉末は金時豆（大正金時一北海道河東郡士幌町産）を粉砕機（[※]細川鉄鋼所製 AP-S型、フィルターは0.7mmを使用）で粉砕したもの（金時豆粉末）とエクストルーダー（[※]神戸製鋼所製二軸エクストルーダー TCD-30型）処理した後再粉砕したもの（Ex金時豆粉末）の2種類を用いた。処理条件は原料供給量179g/min、水分供給量9.3ml/min、処理温度150℃、スクリー配列はフォワードスクリーである。

2. クッキーの試作

焼き上げに用いたオーブンは既報¹⁾と同様である。

試作方法の一例を第1図に示した。クッキーの型は30×50mmの長方形型と直径30mmの円形型の型抜きを用い、厚さの調整は生地を両端に直径約3mmのガラス棒を縦方向に並べ、のべ棒で生地を引き延ばして調製し



第1図 クッキーの製造法

第1表 クッキーの基本配合

砂糖（上白糖）	280	g
鶏卵（Mサイズ）	2	コ
ショートニング（雪印製）	150	g
有塩バター（雪印製）	130	g
牛乳（雪印製3.5牛乳）	100	ml
小麦粉（日清製粉フラワー）	800	g
バニラエッセンス	5	滴

※ 愛知工業大学

た。また膨張剤（小麦粉に対して2%添加）を用いたクッキーも一部試作した。

オーブン内の温度およびクッキーの品温の変化は、遠赤外線セラミックロースターでは付属の自動温度記録装置により、電気オーブンではTR-2723トレンド・ロガー（タケダ理研工業製）を用い記録した。

餅粉使用のクッキーでは、基本配合の小麦粉の一部を代替して小麦粉：餅粉＝1：1と小麦粉：餅粉＝3：1の比率の試験区を設定した。金時豆粉末を用いた場合は小麦粉：金時豆粉末（またはEx金時豆粉末）＝7：1の比率の試験区を設定して遠赤外線オーブンで焼き上げた。

3. 成分、色調の測定

一般成分は常法⁴⁾に従った。炭水化物（%）は100（%）から水分（%）、灰分（%）、脂質（%）およびたんぱく質（%）を差し引いて求め、エネルギーはAtwaterの係数により求めた。リンは灰化後モリブデンブルー法、その他の無機成分は原子吸光分析法、色調はクッキーを粉碎後、測色計（日本電色工業 Color Measuring System NDE 80型）により測定した。

4. みかけの膨化率、物性などの測定

みかけの膨化率とスプレッドファクターは倉賀野ら⁵⁾の報告に準じ次式により求めた。

$$\text{スプレッドファクター} = \frac{R (\text{直径mm})}{D (\text{厚さmm})}$$

$$\text{みかけの膨化率} = \frac{(R/2) D}{V_s} \times 100$$

但し、 V_s は生地 の 体積を示す。

硬さなど物性値の測定はレオロメーターマックス（株式会社テクノ製形式RT-1600）を用い、圧縮速度300mm/min、感度電圧3v、クリアランス2mm、レンジ感度20kg、ストローク（定速）30mm、測定室温25℃で測定した。プランジャーは直径10mmと20mmの山型および直径13mmの円柱型を用いた。

5. 走査型電子顕微鏡による観察

試作したクッキーを5×5mm程度に分割し、タテ方向（縦断面図）とヨコ方向（横断面図）に切断して断面を調製し試料台に張り付けた後、2%オスミウムの気中に2～3日放置後、あるいはエーテルで脱脂後オスミウム処理後、イオンスパッタリング装置（日本電子製SFC1100型）を用いて10mA、4分の条件で金コーティングし、走査型電子顕微鏡（日本電子製JSM 820型）を用い観察した。

6. 官能審査

遠赤外線オーブンと電気オーブンで焼き上げたクッキーはScheffe⁶⁾の方法により、餅粉、金時豆粉末を代替して試作したクッキーはKramer⁶⁾の方法により実施した。パネラーは当技術センター職員および研究生である。

実験結果および考察

1. 遠赤外線と電気オーブン加熱によるクッキーの比較検討

(1) 焼き上げ条件の検討

遠赤外線オーブンの焼き上げ条件を検討した結果を第2表に示した。長方形クッキーは、上部ヒーター温度220℃、下部ヒーター温度171℃、上部ヒーターと生地との間隔80mm、下部ヒーターと生地との間隔90mmで、焼成時間18minの場合が最も膨張性がよく、焦げもなく良好な焼き色のクッキーとなった。なお、円形クッキーの場合、最適焼成時間は16.5minとなった。一方、電気オーブンでは上部ヒーター温度150℃、下部ヒーターの温度スイッチoffで、焼成時間15.5minの場合が最も良好な焼き上げ条件であった。

遠赤外線と電気オーブンの最適な焼成条件における温度変化を第2図、第3図に示した。遠赤外線オーブンでは室内温度は100～110℃から4～5分間で140℃付近まで上昇し、以後はほぼ一定となり、生地 の 表面温度は40℃付近から4分後に100℃前後に上昇し、最終150℃付近まで達した。生地 の 内部温度は20℃から4分後に80℃を越え、最終140℃前後に達した。

電気オーブンでは室内温度は60℃～80℃でスタートし、4分後には140℃～150℃に上昇した。生地 の 表面温度は4分後に95℃付近に上昇し、最終120℃に達し、内部温度は4分後に90℃を越え、最終110℃付近に達した。

(2) 焼き上げたクッキーの成分、色調の分析結果

焼き上げたクッキーの一般成分、無機成分および色調を分析した結果を第3表に示した。カルシウム、ナトリウム、カリウム含量が遠赤外線オーブン加熱の方がやや高い値を示したが、それ以外の成分では焼き上げ方法による大きな差異はみられなかった。色調は遠赤外線オーブン加熱の方がY%が低い数値を示し、やや着色が強い結果となった。

(3) みかけ膨化率、物性の測定結果

みかけの膨化率、スプレッドファクターの測定結果

第2表 焼き上げ条件の検討結果
(遠赤外線オープン)

条件 試験区	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	220	171	8	9	21	20	あまり膨張せず、焦げてる
2	220	171	8	9	20.5	20	膨張し色は焦げ粉っぽい
3	220	171	8	9	19.5	20	膨張してるが焦げっぽい
4	220	171	8	9	18	20	よく膨張し色も良く最も良
5	220	171	9	7	19	20	色は良く少々硬め、
6	220	171	7.5	7	19	20	膨張せず中身は粘っこい
7	230	170	9	7	18	20	とても焦げっぽい

①：上部ヒーター温度 (℃)

⑥：個数

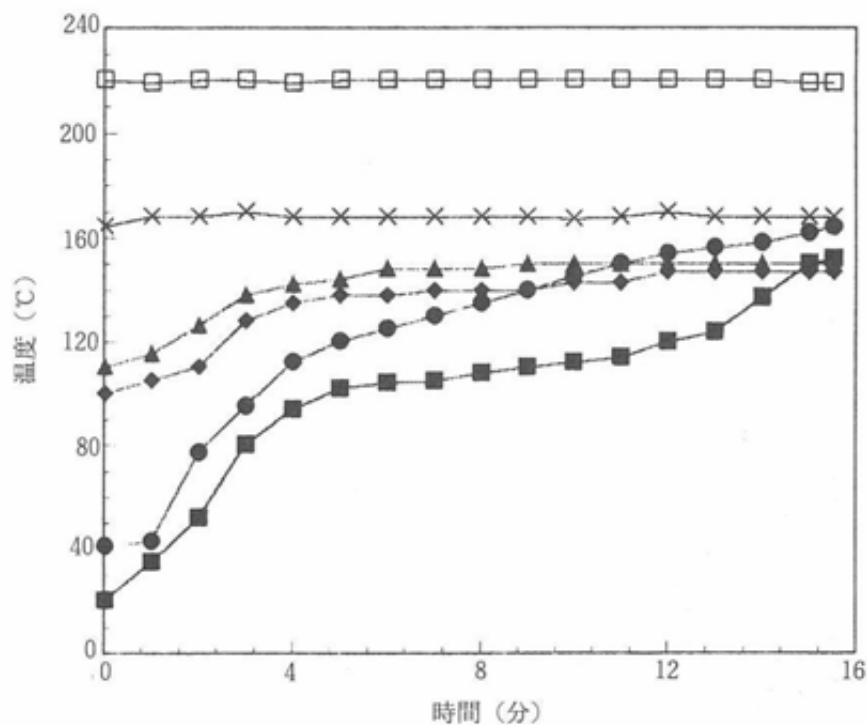
②：下部ヒーター温度 (℃)

⑦：外観及び触感

③：上部ヒーターと生地の間隔 (cm)

④：下部ヒーターと生地の間隔 (cm)

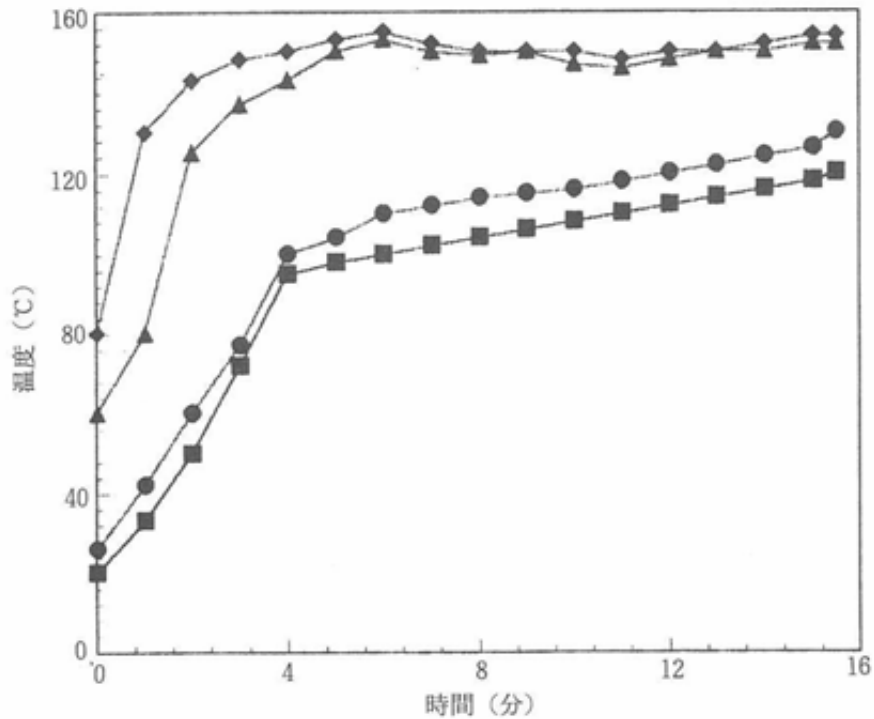
⑤：焼成時間 (min)



第2図 遠赤外線オープン温度変化

<円形型クッキーの場合>

—□— 上部ヒーター温度 (℃) —▲— 室内温度A (℃) —■— クッキー内部温度 (℃)
 —×— 下部ヒーター温度 (℃) —◆— 室内温度B (℃) —●— クッキー表面温度 (℃)



第3図 電気オーブンの温度変化

<円形型クッキーの場合>

- ▲ 室内温度 A (°C) ■ クッキー内部温度 (°C)
 ◆ 室内温度 B (°C) ● クッキー表面温度 (°C)

第3表 遠赤外線及び電気オーブン加熱クッキーの成分、色調の分析結果

	遠赤外線オーブン	電気オーブン
水分 (%)	2.5	2.8
灰分 (%)	0.5	0.5
脂質 (%)	19.2	19.1
たんぱく質 (%)	7.5	7.3
炭水化物 (%)	70.3	70.3
エネルギー (Kcal/100 g)	484.0	482.0
食塩 (%)	0.2	0.2
P (mg/100 g)	65.5	63.7
Fe (mg/100 g)	0.6	0.4
Ca (mg/100 g)	27.7	23.8
Na (mg/100 g)	76.4	69.3
K (mg/100 g)	101.1	92.1
Mg (mg/100 g)	7.1	7.8
Zn (mg/100 g)	31.0	29.7
Colour		
Y%	38.15	43.46
x	0.406	0.397
y	0.378	0.375

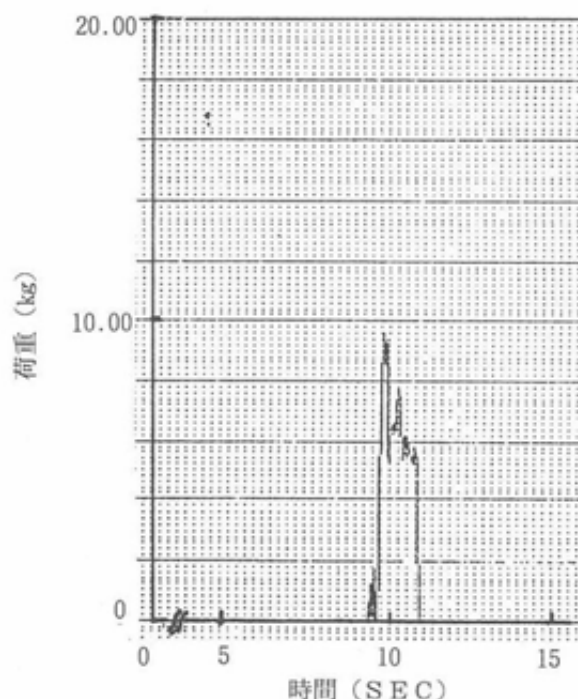
を第4表に示した。みかけの膨化率は遠赤外線線オープン加熱の場合、174.34%、電気オープン加熱の場合167.62%と遠赤外線オープン加熱の方がやや高い値を示しており、膨化が若干良いと考えられた。しかし、スプレッドファクターには両者の間にほとんど差はみられなかった。

硬さ、脆さの測定結果の一例を第5表に示し、圧縮

第4表 みかけの膨化率などの測定結果※
(円形クッキー)

	遠赤外線オープン	電気オープン
厚さ (mm)	7.63±0.25	7.44±0.14
直径 (mm)	35.08±2.66	34.43±1.23
スプレッド・ファクター	4.54±0.29	4.63±0.20
みかけの膨化率 (%)	174.34±6.42	167.62±6.37

※上記のデータは、試料10個の平均値±標準偏差を示したものを示した。



第4図 遠赤外線オープン加熱クッキーの圧縮破壊曲線
測定条件：圧縮速度 300mm/min, クリアランス 2mm, レンジ感度20kg, プランジャー山型20.0mm, 測定室温25℃

破壊曲線の一部を第4, 5図に示した。硬さは遠赤外線オープン加熱が 4.14 ± 1.18 , 電気オープン加熱が 4.72 ± 0.23 で、遠赤外線オープン加熱の方がややばらつきは大きい低い数値を示し、膨張剤使用の場合でもこの傾向は変わらなかった。

膨張剤を使用して焼き上げたクッキーの破断エネルギー、破断応力および破断強度の測定結果の一例を第

第5表 遠赤外線オープンおよび電気オープン加熱クッキーの硬さ、脆さの測定結果

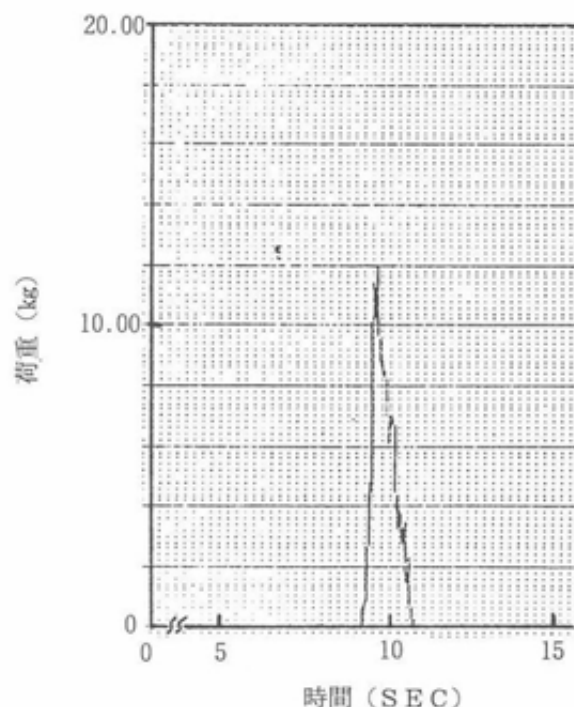
	遠赤外線オープン	電気オープン
硬さ (kg)	4.10±1.18	4.72±0.23
脆さ (kg)	2.39±0.83	2.53±0.71

試料の形：円形型

使用機器：株式会社アイテック製 レオロメーターマックス 型式RT-1600

測定条件：圧縮速度 300mm/min, 感度電圧3V, クリアランス 2mm, レンジ感度20kg, ストローク (定速) 30mm, プランジャー山型10mm, 測定室温25℃

<注>表中の測定値は、試料10個の平均値±標準偏差で示した。



第5図 電気オープン加熱クッキーの圧縮破壊曲線
測定条件：圧縮速度 300mm/min, クリアランス 2mm, レンジ感度20kg, プランジャー山型20.0mm, 測定室温25℃

6表に示した。いずれの項目とも遠赤外線オープン加熱の方が電気オープン加熱に比べて低い値を示した。

(4) 走査型電子顕微鏡による断面の観察

焼き上げたクッキーの表面および縦断面の走査型電子顕微鏡写真を写真1～4に示した。表面、縦断面とも遠赤外線オープン加熱の方が気孔と思われる球状の空隙がやや多くみられた。しかし、クッキーは原料由来の油脂分が多いためか、でん粉やたんぱく質粒などの微細構造が不明確であった。そこで、脱脂処理して横断面を観察したところ、写真5と6に示すようにでん粉粒と思われる球状の組織がかなり鮮明となり、遠赤外線オープン加熱のクッキーは電気オープン加熱に比べて内部組織が規則正しく配列していることを確認した。電気オープンで焼き上げたクッキーの油脂の抜けた細孔は、大きさがまちまちで形も不ぞろいであるが、遠赤外線オープンのものは、ほぼ同じ大きさで丸みを帯びている。

(5) 官能審査結果

遠赤外線オープンと電気オープン加熱の両者の官能審査結果を第7表に示した。香と色は1%有意で、味については5%有意で遠赤外線オープン加熱の方が優れているとの評価を受けた。組織では電気オープンの場合に硬いとの批評があるが両者に有意差は認められなかった。総合評価では、1%有意で遠赤外線オープン加熱のほうが優れているとの評価を受けた。

第6表 クッキーの破断エネルギーの測定結果

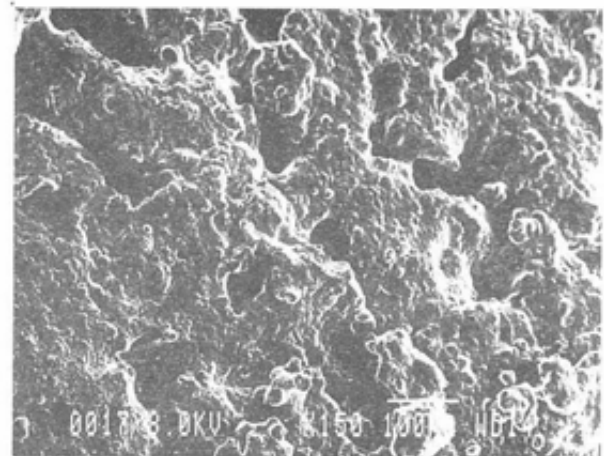
	遠赤外線オープン	電気オープン
破断エネルギー (10^3 erg/cm^2)	2.62 ± 0.65	2.98 ± 0.72
破断応力 (10^3 dyn/cm^2)	1.32 ± 0.30	1.89 ± 0.30
破断強度 (10^3 g/cm^2)	1.35 ± 0.30	1.90 ± 0.31
歪 (cm/cm)	0.03 ± 0.01	0.02 ± 0.01

試料の形： 長方形型、膨張剤添加

使用機器： 株式会社アイテック製 レオロメーターマックス
形式 RT-1600

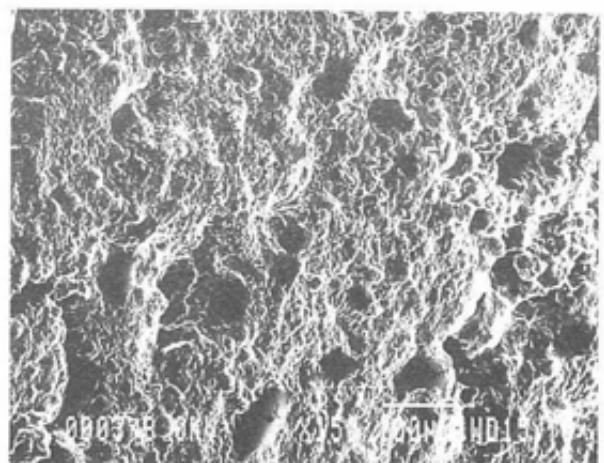
測定条件： 圧縮速度 300mm/min, 感度電圧 3V, クリアランス
2mm, レンジ感度 20kg, ストローク (定速) 30mm,
プランジャー円柱型 13mm, 測定室温 25℃

<注>表中の測定値は、試料10個の平均値±標準偏差で示した。



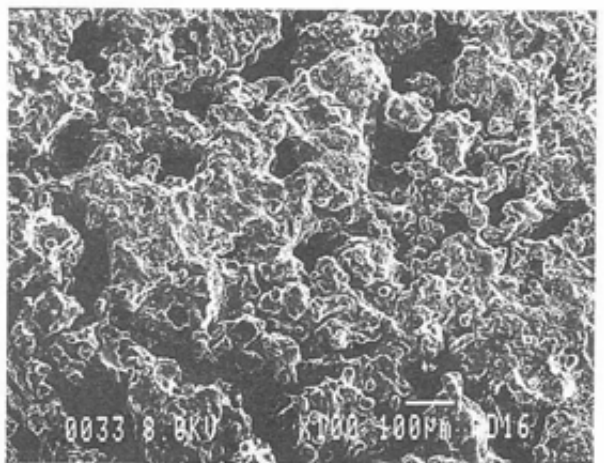
100 μm

写真1 遠赤外線オープン加熱クッキー 表面 ($\times 150$)



100 μm

写真2 電気オープン加熱クッキー 表面 ($\times 150$)



100 μm

写真3 遠赤外線オープン加熱クッキー 縦断面 ($\times 100$)

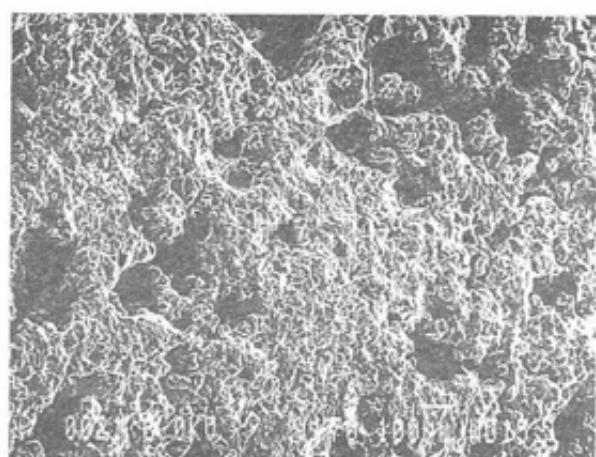


写真4 電気オーブン加熱クッキー 縦断面 (×100)

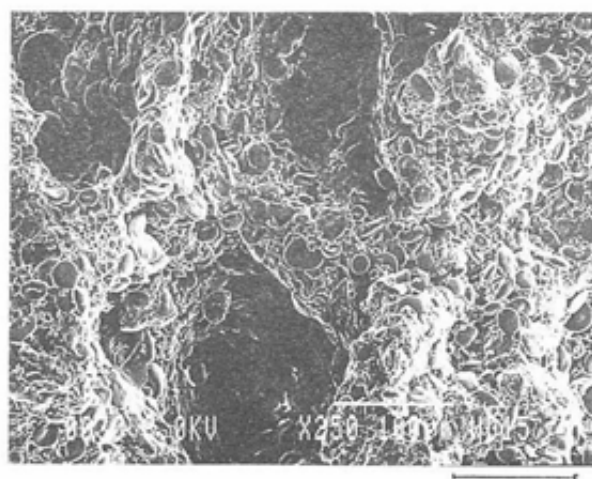


写真5 遠赤外線オーブン加熱クッキー 横断面 (×250)

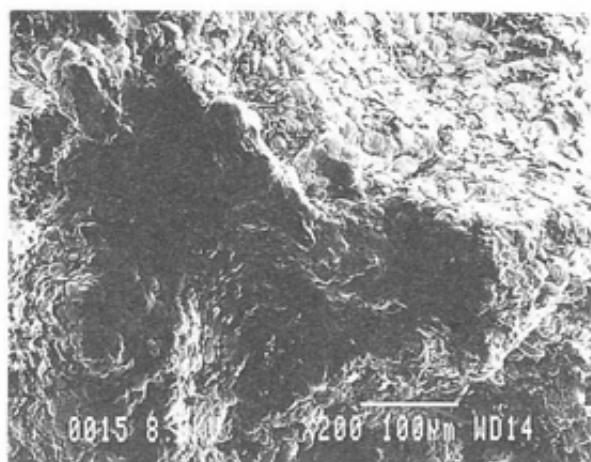


写真6 電気オーブン加熱クッキー 横断面 (×200)

第7表 遠赤外線と電気オーブンで焙焼したクッキーの官能審査結果

	分散比		批評
	主効果	順序効果	
香	7.8727**	2.2065	遠赤外線の場合バターの香が強い
味	3.8462*	0.1538	遠赤外線の場合は旨い 電気オーブンの場合淡泊
色	5.7208**	0.8462	遠赤外線の場合は明るい 電気オーブンの場合はくすみあり
組織	0.1983	0	電気オーブンの場合少々硬い
総合	8.2523**	0.1766	

パネラー：26名 試料数：2

$F_{2,24}^{**} (0.05) = 3.369$ 以上*

$F_{2,24}^{**} (0.01) = 5.526$ 以上**

2. 副原料を用いたクッキーの試作試験

(1) 餅粉を用いたクッキー

焼き上げたクッキーの一般成分、無機成分および色調の分析値を第8表に示した。餅粉を代替した試験区の一般成分は前項の遠赤外線オーブンで焼き上げたクッキーとほとんど差は認められなかった。餅粉の使用区はカルシウム含量がやや増加し、逆にナトリウム、カリウム含量がやや減少し、明度が高い値を示した。官能審査の結果を第9表に示した。香では1%、味、総合では5%有意で対照区のクッキーが優れているとの評価であった。

(2) 金時豆粉末を用いたクッキー

焼き上げたクッキーの一般成分、無機成分および色調の分析値を第10表に示した。金時豆粉末の使用により、カリウムとマグネシウム含量が増加し、たんぱく質とリンもやや増加した。色調はエクストルーダー処理した金時豆粉末使用区が最も明度が低く、ついで金時豆粉末使用区の順であった。官能審査の結果は第11表に示すように、対照区がいずれの項目とも1%有意で優れた結果であった。金時豆粉末では組織の項目で1%有意で劣る結果であった。エクストルーダー処理した金時豆粉末使用区が香、色で1%有意で、総合で5%有意で劣る結果であり、金時豆粉末の使用によって優れた官能評価を得ることはできなかった。

第8表 餅粉と餅粉を使用したクッキーの成分、色調分析結果

成分	餅粉	小麦粉：餅粉=1：1区	小麦粉：餅粉=3：1区
水分(%)	13.0	3.0	2.8
灰分(%)	0.3	0.4	0.4
脂質(%)	0.6	19.0	19.2
たんぱく質(%)	7.6	6.9	7.0
炭水化物(%)	78.5	70.7	70.6
エネルギー (kcal/100g)	348.6	443.4	444.8
P (mg/100g)	58.0	64.5	65.6
Fe (mg/100g)	0.3	0.6	0.5
Ca (mg/100g)	44.7	33.9	30.9
Na (mg/100g)	6.7	66.3	65.7
K (mg/100g)	48.2	73.9	83.4
Colour Y%	94.31	44.06	50.18
x	0.315	0.397	0.386
y	0.323	0.367	0.364

第9表 餅粉を使用したクッキーの官能審査結果

	香	味	色	組織	総合
対照区	19**	21*	27	22	21**
小麦粉：餅粉=3：1区	27	39**	25	28	35*
小麦粉：餅粉=1：1区	36	24	32	34	26

パネル数：26 試料数：3
 * 5%有意 (22-34) 両側
 ** 1%有意 (20-36) 両側

要 約

1. 遠赤外線オーブンと電気オーブンをを用いて、型抜きクッキー（厚さ3～5mm、30×50mmの長方形型）の焼き上げ条件を検討した。

遠赤外線オーブン加熱の場合、上部ヒーター220℃、下部ヒーター温度171℃、上部ヒーターと生地の間隔80mm、下部ヒーターと生地の間隔90mm、焼き上げ時間18minが最適条件となった。電気オーブン加熱の場合、上部ヒーター温度150℃、下部ヒーター温度off、焼き上げ時間15.5minであった。

2. 遠赤外線オーブンと電気オーブンで焼き上げたクッキーの一般成分、無機成分にほとんど差はみられなかった。みかけの膨化率は遠赤外線オーブンの方

がやや大きい値を示し、硬さはやや低い値を示し、破断エネルギー、破断応力および破断強度も同様に低い傾向を示した。走査型電子顕微鏡によるクッキーの断面の観察では、遠赤外線オーブン加熱の方が内部組織が規則正しく、丸みを帯びているように思われた。

3. 小麦粉の一部を餅粉や金時豆粉末に代替してクッキーを試作した。餅粉の場合は代替しても一般成分はほとんど変わらず、明度がやや上昇する傾向を示したが、官能審査の結果は対照区に比べて香、味および総合評価で劣る結果であった。金時豆粉末の場合、代替することにより、カリウム、マグネシウムの含量が増加したが、官能審査の結果では、香、色、味および総合評価で対照区のクッキーが優れているとの評価であった。

第10表 金時豆粉末を使用したクッキーの成分、色調分析値

	対照区	金時豆粉末 使用区	E x 処理金時豆粉末 使用区
水分 (%)	2.0	2.2	2.4
灰分 (%)	0.5	0.7	0.7
脂質 (%)	16.1	14.6	16.2
たんぱく質 (%)	7.0	7.9	7.9
繊維 (%)	0.3	0.5	0.5
糖質 (%)	74.1	74.1	72.3
エネルギー (kcal/100g)	471	461	469
食塩 (%)	0.20	0.19	0.16
P (mg/100g)	72	93	98
Fe (mg/100g)	1.5	0.9	0.9
Ca (mg/100g)	26.3	31.0	30.0
Na (mg/100g)	67.9	68.0	68.0
K (mg/100g)	108.0	200.9	192.0
Mg (mg/100g)	12.0	20.5	19.4
Colour			
L	58.94	55.78	53.53
a	11.63	12.89	11.84
b	22.78	22.09	20.78

第11表 金時豆粉末を使用したクッキーの官能審査

	対照区	金時豆粉末 使用区	E x 処理金時豆粉末 使用区
香	22**	39	57**
味	26**	42	48
色	24**	40	56**
組織	25**	51**	44
総合	22**	48	49*

パネラー：20名 試料数：3

* 5%有意 (32-48) 両側

** 1%有意 (30-50) 両側

文 献

- 1) 南場 毅・牧野勝幸・国末達也・大島克己：愛知食品工技センター年報，33，34 (1992)
- 2) 藤井正人・南場 毅・牧野勝幸・大島克己：愛知食品工技センター年報，33，2 (1992)
- 3) 南場 毅・西 一朗・加藤 照：愛知食品工技セ

ンター年報，33，56 (1992)

4) 永原太郎・岩尾裕之：食品分析法，柴田書店 (1980)

5) 倉賀野妙子・木村宏樹・和田淑子：日食工誌，38，476 (1991)

6) 日科技連官能審査委員会：新版 官能審査ハンドブック，日科技連出版社 (1979)