

米菓の焼き上げに対する遠赤外線加熱の利用

南場 毅・西 一朗[※]・加藤 熙

あられ、おかき等の焼き上げに遠赤外線加熱を利用すると、焼きむらが少ない製品が得られ、かつ製造時間も短縮されるといわれている¹⁾。遠赤外線加熱による米菓の製造については、山岡ら²⁾の米菓焼き上げの予熱及び浮かし段階での遠赤板使用の有効性の報告がみられるが、遠赤外線加熱の米菓の品質に及ぼす影響についての知見は乏しい。著者らは遠赤外線加熱法の食品、特に菓子製造への応用試験を行っており、今回は、遠赤外線オーブンと電気オーブンによる米菓の焼き上げ条件、焼き上げた米菓の品質の検討と官能審査による評価を実施した結果、2、3の知見を得たので報告する。

実 験 方 法

1. 試料

米菓生地（もち生地）はもち米（佐賀県産）を12時間浸漬後、常圧で25分間蒸し、もちつき（きね）3分、練りだし後、冷蔵2.5日、40～50℃で4時間通風乾燥させて調製した市販品（4×2cm、厚さ1mm）を用いた。

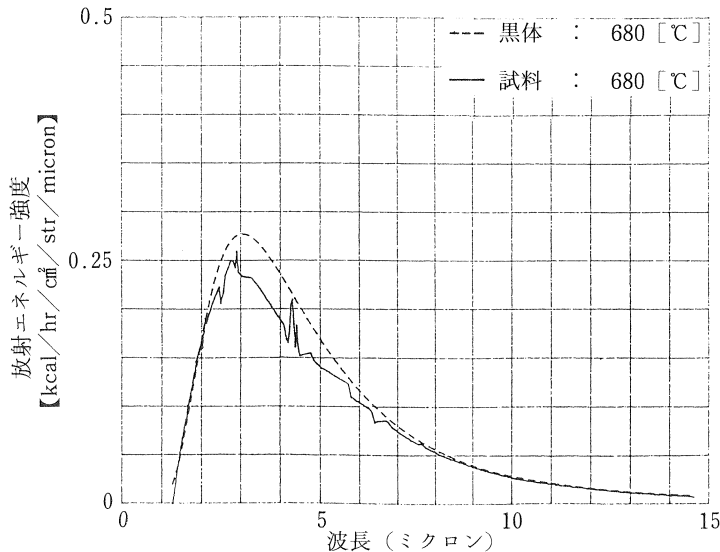
2. 米菓の焼き上げ条件の検討

遠赤外線オーブンは遠赤外線セラミックロースター（株）ノリタケカンパニー製PLR＝Ⅱ型）を用いた。その放射スペクトル³⁾と機器仕様³⁾をそれぞれ第1図、第1表に示す。米菓生地を中央部に12個ならべ、上部、下部ヒーター温度、ヒーターと試料間の距離、F a nの使用の有無、扉の開閉および焼き上げ時間を変えて検討した。一方、電気オーブン（中部協立工業⁴⁾製）は、上部ヒーター温度、下部ヒーター温度および焼き上げ時間などの条件を変えて検討した。なお、上部ヒーターと試料間距離は26cmで一定、下部ヒーターと試料間距離は厚さ2mmの鉄板をはさんで5cmで一定で試料は鉄板上にならべ焼き上げた。

3. 米菓の乾燥条件の検討

素焼きした米菓にあま塩しょうゆ50ml、グラニュー糖7.3g、グルタミン酸ソーダ0.4g、でん粉6.0gからなるタレを1回つけて、乾燥させた。遠赤外線オーブンでは、試料を6個ずつ並べ、上部、下部

※清田産業株式会社



第1図 遠赤外線放射スペクトル

第1表 使用した遠赤外線オーブンの機器仕様

- (1) 寸 法 (単位: mm)
 - 外 形 995W×1,850H×775D
 - 内 寸 800W×420H×600D
- (2) ヒーター
 - ノリタケ遠赤外線セラミックスヒーター PLR-220 上段4台 下段4台
 - 電気容量 200V×1.5Kw×8枚
- (3) 温度調節
 - 上面ヒーター, 下面ヒーター 各温度調節計 2台
 - 熱電対 2点付 K熱電対 ~500℃
 - (雰囲気, 被加熱物)
 - 4点式 温度記録計
- (4) オーブン本体仕様
 - オーブン棚の差し替えにより高さ調節可能
 - 内面ステンレス板, 断熱材により保温
 - 全面窓付扉とする。
 - 排気ファン付き

ヒーターの温度条件とFanの使用の有無および乾燥時間を変えて検討した。電気オーブンではヒーター温度を上部, 下部ヒーターとも100℃に設定し, 試料6個ずつを用い, 乾燥時間を変えて試験した。また, 通風乾燥機でも温度, 乾燥時間などの条件を変えて試験した。

4. 米菓の成分, 色調分析

水分は135℃乾燥法, 灰分は550℃灰化法, 脂質はソックスレー抽出法, たんぱく質はケルダール法, 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た。カルシウムは過マンガン酸容量法, リンはモリブデンブルー法によった。色調は測色計 (株式会社日立製作所製 HITACHI 607型 Colour Analyzer) を用いて測定した。

5. アミノ酸分析

試作した米菓を6N-HClにて110℃, 15hr加水分解処理後, アミノ酸アナライザー(株日立製作所製 KLA-5型)で測定した。

6. 硬さ, 比容積の測定

硬さの測定は万能引張圧縮試験機(株島津製作所製 DALLY 401 DCS-100型)を用いた。石田ら⁴⁾の報告に準じ, 米菓を剪断用支持台(間隔20mm)にのせ, 幅60mm, 厚み10mmで刃の部分が半円状の板状プランジャーで圧縮速度100mm/minで圧縮破壊し, 折損荷重を求めた。測定は生地および焼き上げた米菓それぞれ20個について行った。比容積は植物種子置換法により測定した。

7. 赤外線吸収スペクトル

フーリエ変換赤外分光光度計(日本分光工業株製 FT/IR-8000型)を用い, KBr錠剤法で測定した。

8. 走査型電子顕微鏡による米菓の断面の比較

走査型電子顕微鏡(日本電子株製 JSM-820型)を用い, 試作した米菓を5×5mm程度に分割し, タテ方向(縦断面)とヨコ方向(横断面)に切断して断面を調製し, イオンスパッタリング装置(日本電子株製SFC-1100E型)を用いて10mA, 4分の条件で金コーティングした後, 観察した。

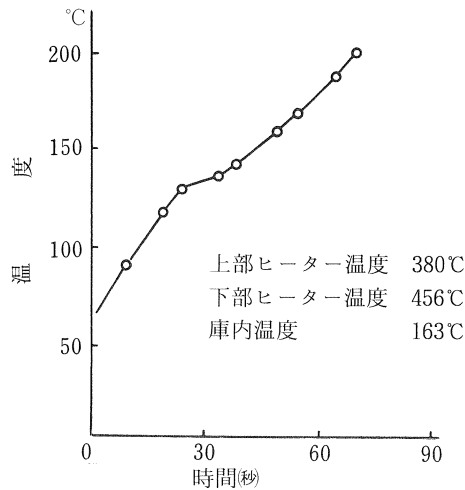
9. 官能審査

遠赤外線オープンと電気オープンで焼き上げた米菓についてScheffeの方法⁵⁾により官能審査を実施し, 比較検討した。

実験結果および考察

1. 焼き上げ条件の検討

予備試験において, 上部ヒーターのみでは焼きムラや, 焦げなどが生ずるため, 下部ヒーターの併用を必要とし, 上下ヒーターの温度差を30~50℃(下部ヒーターが高温)とすること, Fanはoff, 扉はopen, 下部ヒーターと試料間9cm, 上部ヒーターと試料間6cmが必要と考えられた。さらに, ヒーター温度と焼き上げ時間を検討した結果, 第2表に示すように, 処理条件5の上部ヒーター380℃下部ヒーター456℃, 焼き上げ時間75秒が膨化も良く, 焼きムラがないとの結果が得られた。本条件における生地(4×2cm, 厚さ1mm)内部の温度変化を第2図に示す。加熱開始から28~32秒経過し, 品温が130℃付近で温度上昇が鈍くなる点がみられ⁶⁾, これは, この時点でミセル構造が破壊されるため, 品温の上昇が鈍化するものと考えられる。厚さの異なる生地での条件も検討したが, ヒーター温度, Fanのon, off, ヒーターと試料との距離など焼き上げ条件も各試料で異なっていた。また, 対照として用いた電気オープンにおける最適な焼き上げ条件は, 上部ヒーター210℃, 下部ヒーター100℃, 焼き上げ時間3分であった。



第2図 遠赤外加熱における品温経過

第2表 焼き上げ条件の検討（遠赤外線オープン）

	1	2	3	4	5
上部ヒーター温度(°C)	380	370	360	380	380
下部ヒーター温度(°C)	450	440	430	430	456
ネット(下からの距離cm)	6	6	6	6	6
ネット(上からの距離cm)	9	9	9	9	9
F a n	off	off	off	off	off
扉の開閉	open	open	open	open	open
焼き上げ時間(秒)	75	75	75	75	75
	焼きむら	ウキ悪い	ウキ悪い	焼きむら	ウキ良好

2. 試作米菓の品質分析

一般成分、色調の分析結果を第3表に示す。生地的水分は20.5%であったが、焼き上げ後は遠赤外線オープンの場合7.6%、電気オープンの場合5.3%と遠赤外線オープンの方がやや高い水分を示した。当然のことながら固形物中（無水物換算）のたんぱく質含量、炭水化物含量は両者ほぼ同一の数値となった。色調は、遠赤外線オープンで焼き上げた米菓の方が弱い着色となり、Y%が高く、x、yも低い値となった。

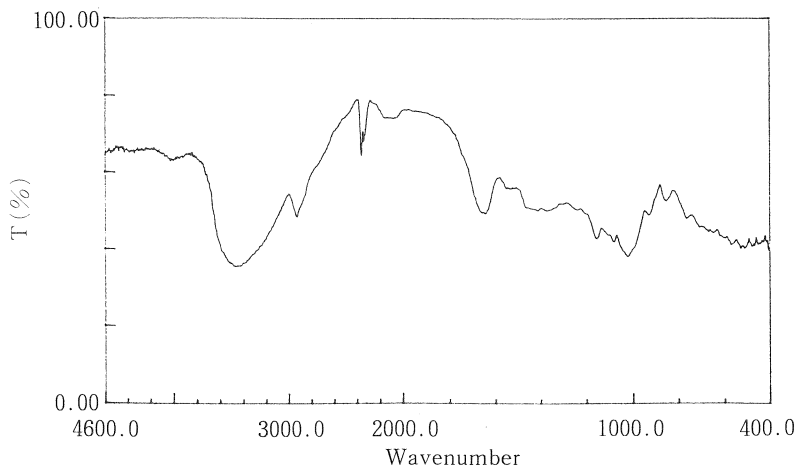
焼き上げ後の比容積は、生地が0.64 (ml/g) に対して、遠赤外線オープンで焼き上げると4.07 (ml/g)、電気オープンで焼き上げると3.55 (ml/g) と遠赤外線オープンの方がよく膨化していた。

第3表 試作した米菓の成分と色調分析

	生地	遠赤外線オーブン	電気オーブン
水分 (%)	20.5	7.6	5.3
灰分 (%)	0.3	0.3	0.3
脂質 (%)	0.2	0.3	0.3
たんぱく質 (%)	7.5	8.5	8.7
炭水化物 (%)	71.5	83.3	85.4
色調			
Y %	35.8	56.5	50.8
x	0.340	0.336	0.349
y	0.346	0.345	0.355

硬さは、焼き上げ前の生地、折損荷重が概略319 g、焼き上げた米菓の折損荷重は遠赤外線オーブンのものは 165.8 ± 21.7 gで電気オーブンの場合の 131.3 ± 21.1 gに比べて高い数値を示し、T検定したところ、有意差(0.1%有意)が認められた。遠赤外線オーブンの方が良く膨化していたため、厚みが大きく、そのため高い数値を示したと考えられるが、後述する官能審査では、遠赤外線オーブンで焼き上げた米菓の方がソフトで、サクサクしているとの評価が多くみられ、硬さとの関係については、硬さの測定法を含めた測定条件の検討が必要と考えられる。

焼き上げ後の米菓のアミノ酸分析結果を第4表に示す。遠赤外線オーブンと電気オーブンで焼き上げた米菓の間には当然のことながら、総アミノ酸量には大きな差はみられなかったが、各アミノ酸については、遠赤外線オーブンで焼き上げた場合、電気オーブンに比べて、メチオニンがやや多く、アルギニンとスレオニンはやや低い含量を示した。さらに、生地の赤外線吸収スペクトルを第3図に示す。生地は、 3500cm^{-1} 、 2900cm^{-1} 、 2400cm^{-1} 、 1700cm^{-1} 、 1000cm^{-1} 付近など遠赤外線領域に吸収がみられたことから、一般に遠赤外線加熱に適している⁷⁾と考えられる。



第3図 米菓生地の赤外線吸収スペクトル

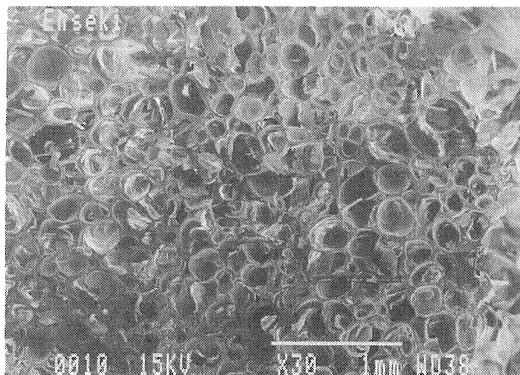
第4表 試作した米菓のアミノ酸分析* (mg/100g)

	遠赤外線オープン	電気オープン
Lys	249	247
His	171	170
Arg	160	176
Asp	668	693
Thr	245	264
Ser	389	390
Glu	1648	1665
Gly	330	343
Ala	448	439
Val	453	435
Met	181	170
Ileu	304	293
Leu	639	636
Tyr	244	236
Phe	388	403
Total	6517	6560

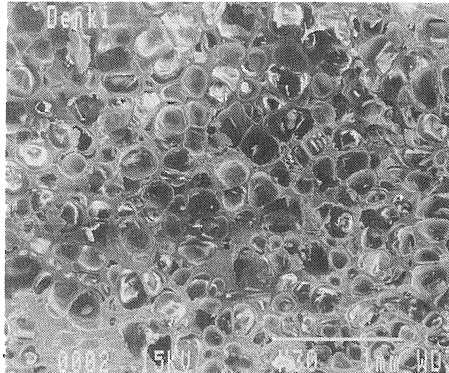
* 試料を6N-HCl, 110℃, 15hr加水分解処理

3. 走査型電子顕微鏡による米菓の断面の観察

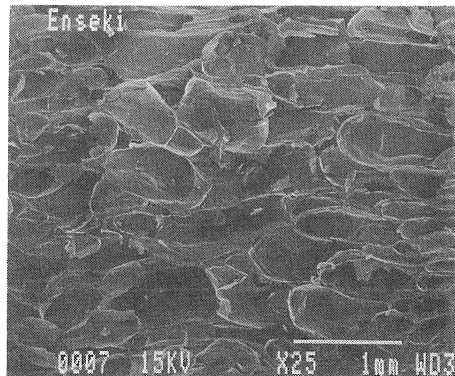
遠赤外線オープンと電気オープンで焼き上げた米菓の断面の組織を電顕写真1～4に示す。タテ方向で切断した断面では、遠赤外線オープンで焼き上げた米菓の方が、内部組織が規則正しく、丸みを帯び、よく膨化していることが観察され、一方、電気オープンで焼き上げた米菓では、全体的に組織構造が不規則で崩れた感じであった。これらのことから、遠赤外線加熱は米菓生地の軟化度合と、生地内の水分による水蒸気圧とのバランスがよく、生地を十分膨化させていると考えられた。



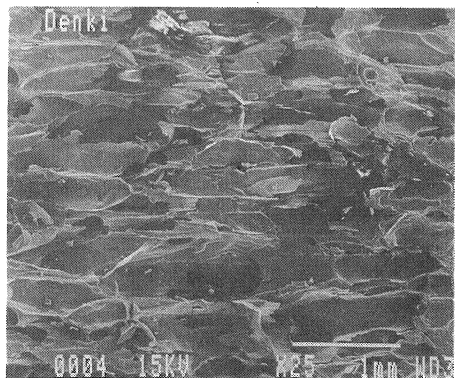
電顕写真1 遠赤外線加熱米菓（横断面）



電顕写真2 電気オーブン加熱米菓（横断面）



電顕写真3 遠赤外線加熱米菓（縦断面）



電顕写真4 電気オーブン加熱米菓（縦断面）

4. 官能審査結果

遠赤外線オーブンと電気オーブンで焼き上げた米菓の官能審査結果を第5表に示す。遠赤外線オーブンで焼き上げた米菓が電気オーブンに比べて香、味、色、組織および総合のいずれの項目ともよいとの評価（危険率1%で有意）を受けた。なお、遠赤外線オーブンで焼き上げた米菓は米の風味および甘味が強く、ソフトで、さくさくしているとの評価を得た。これに対して電気オーブンで焼き上げた米菓は味が淡白、硬いとの評価が多くみられた。ここでは、素焼の米菓での結果であり、今後、タレをつけて乾燥した製品についての官能審査も検討が必要と考えられる。

第5表 試作米菓の官能審査結果

	分散比		$\alpha_a - \alpha_b$
	主効果	順序効果	
香	31.8686**	0.0439	-0.7942
味	24.4532**	0	-0.5294
色	9.6716**	2.9851	-0.5294
組織	39.8122**	3.8345*	-0.853
総合	63.0205**	5.3119*	-0.9118

Panel member-34 試料数 2

a : 電気オープン

5 %有意 : 3.276以上 *

1 %有意 : 5.289以上 **

b : 遠赤外線加熱

5. 乾燥条件の検討

素焼きの米菓にタレをつけ、遠赤外線オープンによる乾燥条件を検討した結果を第6表に示す。処理条件Jの上部ヒーター180℃、下部ヒーター200℃、Fan on、乾燥時間片面4分の条件（裏返し乾燥処理）が最適となった。なお、電気オープンでは、上部、下部のヒーターとも100℃、片面2分ずつ乾燥させた場合が良好で、また通風乾燥機では設定温度120℃、乾燥時間5分の条件が焦げ付かず、カラッととした乾燥状態となった。

第6表 乾燥条件の検討（遠赤外線オープン）

	上部ヒーター ℃	下部ヒーター ℃	F a n	乾燥時間** (min)	
A	160	180	on	4 + 4	未乾燥
B	240	260	on	3 + 3	焦げている
C	240	260	on	2 + 2	少々焦げている
D	200	220	on	2 + 2	乾燥前に焦げる
E	200	220	on	3 + 3	少しべたつくが良い
F	220	240	off	3 + 3	焦げっぽい
G	220	240	off	2 + 2	良い
H	200	220	on	4 + 4	少し焦げくさい
I	190	210	on	4 + 4	良い
J	180	200	on	4 + 4	非常に良い

* ネットの位置：下部ヒーターから9 cm。下部ヒーターから6 cm。

扉：open

** +の後の数値は裏がえし後の時間。

要 約

1. 遠赤外線オーブンと電気オーブンをを用いて、米菓生地（4×2 cm，厚さ1 mm）の焼き上げ条件を検討した。遠赤外線オーブンの場合、上部ヒーター380℃，下部ヒーター456℃，上部ヒーターと試料の距離6 cm，下部ヒーターと試料の距離9 cm，Fan off，焼き上げ時間1分15秒が最適であった。電気オーブンの場合、上部ヒーター210℃，下部ヒーター100℃，焼き上げ時間3分が最適であった。

2. 遠赤外線オーブンと電気オーブンで焼き上げた米菓の品質分析，官能審査を行った。遠赤外線オーブンで焼き上げた米菓は電気オーブンの場合と比較して，やや水分が多く，比容積は大きく，かつ走査電子顕微鏡による米菓の断面の観察においても内部の組織構造が規則正しく配列し，よく膨化している結果を得た。官能審査の結果，遠赤外線オーブンで焼き上げた米菓が，電気オーブンに比べて，香，色，味，組織及び総合において優れているとの評価を受けた。

3. 素焼きの米菓にタレで味付け後，遠赤外線オーブンで乾燥条件を検討した結果，上部ヒーター180℃，下部ヒーター200℃，Fan on，乾燥時間片面4分ずつが最適と考えられた。

文 献

- 1) 前田喜朗・坂井 有：ジャパン フード サイエンス，24（11），p.49(1985)
- 2) 山岡 至・米田達夫・守本京三・前重静彦：日本食品工業学会第36回大会 講演集，p.27(1989)
- 3) 赤外線セラミックヒーター：ノリタケカンパニーリミテド パンフレット，取扱説明書
- 4) 石田欽一・長崎雅之：日食工誌，36，964-967(1989)
- 5) 日科技連官能審査委員会：新版官能検査ハンドブック，p.356，日科技連出版社(1979)
- 6) 斉藤昭三：日本食品工業学会第17回大会シンポジウム要旨集，p.50(1970)
- 7) 日本電熱協会 遠赤外線委員会編：遠赤外加熱の理論と実際，p.68（オーム社）(1991)