

パンの短時間焼成法 —出来立てのパンの香りで食欲増進—

高橋 英史, 稲田 有美子

The Method of Baking Bread at Short time —Increase of appetite with the smell of freshly baked bread—

Hidehito Takahashi and Yumiko Inada

In Japan, it is a social problem that many young people skip the breakfast. Intake of breakfast is important to tick away rhythm of the life. The smell of freshly baked bread increases appetite. So the smell is the driving force which let eat breakfast to the people who skip breakfast. A microwave is effective as heating energy for the baking bread in a short time. The pan was made in the sheet which runs hot with a microwave oven. The method of the short time baked bread is as follows: the pan was filled with the fermented-dough, after closing with the lid, that was frozen with freezer. In mealtime, the frozen pan was heated with a microwave oven. Condition of rise in temperature to bake dough is “slowly” in inside, “rapidly” in surface. The fragrant bread was produced from frozen dough by a short time (four minutes) microwave heating. As a result of having compared the fragrant ingredients of the re-heat bread with that of the short-time baked bread, the five (acetaldehyde, 2-heptanone, 2-nonanone, nonanal, ethylester octanoic acid) were regarded as the characteristic smells which brought on a “freshly baked bread” feeling.

The short time baked bread was superior to re-heated bread at a point of the smell of freshly baked bread, it was evaluated in sensory test.

Key words: bread, breakfast, freshly baked bread, bake, microwave, microwave susceptor

朝食を摂取する意義は、栄養学的見地からだけではなく、規則正しい生活による脳の活性化とそれによる学習、仕事効率の向上、規則正しく食事を摂ることによる健康維持等いくつかもある¹⁾。老若男女を問わず、朝食欠食者が増加し社会問題化している。2012年の朝食欠食率は男性平均12.8%、女性平均9.0%である。最も高いのは20代男性の29.5%だが、朝食を摂取しない小・中・高校生のいることが問題となっている²⁾。

小学校6年生の3%、中学校3年生の28%が、平日の午前0時以降に寝ており、遅い就寝が生活リズムを崩し、朝食を摂れない状態に陥っていることが明らかとなっている³⁾。

二人世帯における年間支出金額は、平成23年にパンが米を上回り⁴⁾、平成25年もその状態が継続している⁵⁾。朝食として、米飯でなくて美味しく手軽なパンを選択する人が増えてきている。

ソース、肉、魚が、鉄板やいろりで焼けている時の香りは、食欲をかき立てる。香りは記憶できるため、同じ香りを嗅ぐと、過去の記憶が呼びさまされて食欲がかきたえられる。朝食欠食者を食べる気にさせる原動力に「香り」の適用を考えた。朝食では、調理に時間を割きにくいことか

ら、食品を温め直して食べる場合が多い。一度冷めた食品を再加熱しても「出来立て」の香りは再現しない。再加熱時は調理中に発生する食欲増進の香気成分量が少ないためである。例にトースターによるパンの再加熱が挙げられる。短時間に「出来立て」を感じる香気が放たれれば、朝食を食べる気持ちを誘起できるはずである。

短時間焼成には電子レンジの活用が考えられるが、マイクロ波加熱のみでは内部が焦げる。パン焼成時（オープン190℃）の一般的な生地熱履歴は、40℃で澱粉の膨潤開始、45℃まで酵母・酵素の活動活発で二酸化炭素発生・生地流動化、50℃超で生地膨張、50～55℃で酵母死滅、60℃超で二酸化炭素の発生停止・澱粉の糊化開始、70℃で糊化膨潤した澱粉粒がグルテン膜の水分を奪い膜自体が固体化し膨張停止、74℃でグルテン膜変性、80℃でエタノールと水分が蒸発・殆どの酵素失活、水分蒸発維持のため生地内部95℃保持という過程を辿る⁶⁾。短時間焼成であっても膜を形成させてふっくらしたパンとするには、オープン加熱と同様の熱履歴を辿らなければならず、生地の外表面は急激に、中心は緩慢に温度上昇させるため（図1）、サセプター（電子レンジ発熱シート）を用いることとした。

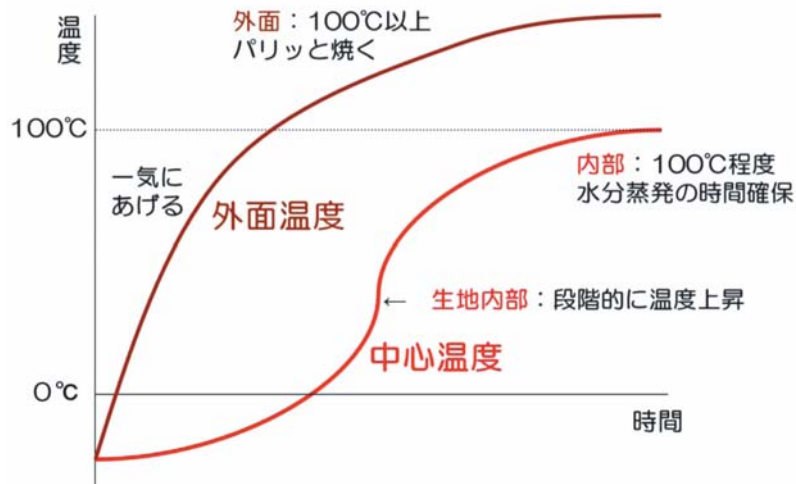


図1 パン焼成時の熱履歴概念図
(冷凍生地)

実験方法

1. 生地

生地は表1に示した食パンタイプの材料構成(小麦粉, イースト, 砂糖, 水, 塩, 無塩バター)で配合割合を変えて調製した。

表1 食パン生地材料と配合割合

材料	粉対比*
強力粉(スーパーカメラ)	100
インスタントドライイースト	2
砂糖	5
水	50, 60, 70, 80
塩	2
無塩バター	0, 10, 20, 30

*小麦粉を100とした場合の重量比率

2. 電子レンジ対応発熱シート

電子レンジ対応発熱シートは, Qwik Crisp(構成: 紙450 μ m, 接着層, Al蒸着層60 \AA , PET12 μ m, 東罐興業)を用いた。Qwik Crispに入射されたマイクロ波を100%とすると, 30%が最外層で反射され内部には透過せず, 20%がAl蒸着層で発熱に使われ, 残り50%が透過して食品の加熱に利用される。50%しか透過しないため, マイクロ波の特性である内部加熱が緩和される。発熱原理は, マイクロ波のAl層通過時に渦電流が発生し, ジュール熱が発生することによる。シート面が熱くなるので, 食品とシートの接触面を高温にすることができる。

3. 焼成度合と食感の評価法

焼成度合は表2に, 食感は表3に示した方法で目視により評価した。

表2 焼成度合の評価基準

内容	評価
表面の7割以上茶系に色づく	○
◊ 色づき5割以上7割未満	△
◊ 色づき5割未満	×

表3 食感の評価基準

内容	評価
加熱ムラとばさつきがない 内部にしっとり感あり	○
乾燥して硬い, もしくは しっとり感がない	△
一部に過剰の熱がかかった	×

4. 容器形状, 容量

発熱シートを用いてトースト型, 箱型, 丸型の焼成用の型を作製した。トースト型(図2-a)は, 1枚の食パンの厚み(20mm)にあわせた392 cm^3 , 箱型は下部をすぼめスタックを可能とした形状の185 cm^3 , 蓋の形状はマイクロ波照射時に生地膨らみに応じて蓋が追従して動くようスリットを入れたもの(図2-b), 焼成後にアーチ型となる可動型のもの(図2-c), 蓋に付けた凸部を胴の切り込みにはめて加熱時に蓋が動かないように固定したもの(図2-d)とした。丸型(図2-e, f)では190 cm^3 で平面蓋と渦巻状の蓋とした。

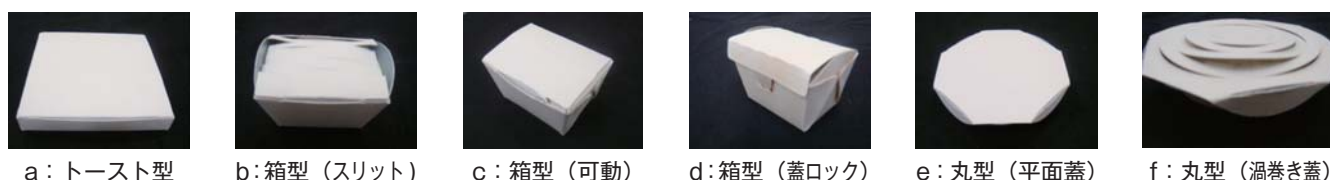
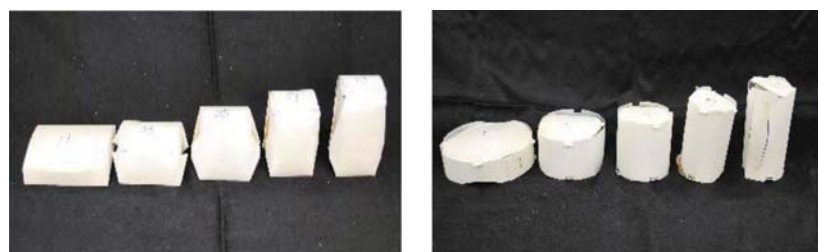


図2 紙容器形状

容量 200 cm^3 一定で、底面形状を円形もしくは正方形とした、高さ 20, 40, 60, 80, 100 mm の容器を作製した (図3)。

四角柱で蓋を胴の切込みに刺せる容器を容量 200 cm^3 、高さ 40 mm のものも作製した (図4)。



a: 四角柱容器

b: 円柱容器

図3 容量 200 cm^3 図4 容量 200 cm^3 高さ 40 mm

5. 生地調製と充填

材料をパン捏ね器 (キッチンエイド製・ミキサー KSM5) に投入し、ストレート法 (1工程で生地のみキシングと発酵を済ませる製法) で作製した。捏ね器の作動条件は、全材料を器に投入後、最低速で3分間混捏、速度を1段階上げ17分間混捏とした。混捏後に生地を取り出し、張りがさらに強くなるまで手で捏ねた。その後、1次発酵 (25°C ・60分) とガス抜きを行い、充填量に合わせて生地を分割した。2次発酵は容器内で行い、容器内側面 (発熱面) と生地間に隙間が無くなり、発酵した生地が膨張して容器の高さから1 cm 上方に達した時点で発酵を終了させ (図5)、蓋をして冷凍した。充填量はトースト型 170 g、箱型・丸型 80 g 、容量 200 cm^3 の容器は 85 g とした。



図5 2次発酵後の様子

6. 電子レンジ

電子レンジ加熱は、インバーター式の東芝 (株) 製 ER-9A (フラットテーブル) を用い、出力 500 W 設定で行った。

7. マイクロ波加熱と温度測定

-20°C で冷凍した生地に光ファイバー温度計 (FX-9020, ANRITSU METER) のファイバーセンサを電子レンジ背面の排気口から差し込んで庫内へ引き込んだのち、生地の中心部、側面部に刺し、 500 W のマイクロ波加熱の開始から250秒後まで5秒毎に温度測定した (図6)。

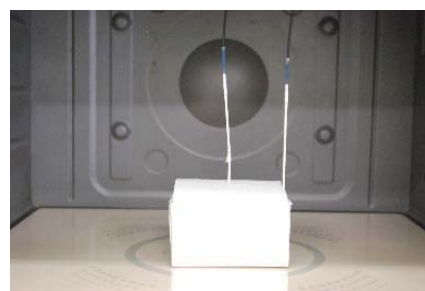


図6 温度測定の様子

紙容器で包んだ冷凍生地をレンジ庫内に置き、光ファイバーを刺して測定

8. 揮発性香気成分の分析

パンの焼成前にデータのバックグラウンド補正用として実験室の雰囲気、予め真空にした捕集缶 (minican, 1.4L 容、揮発性硫黄化合物等の金属内面への吸着防止のため溶融シリカで不活性コーティング済み) が常圧に戻るまでの約30秒間捕集した。

冷凍状態の生地を 500 W で焼成する過程で電子レンジ排気口から放出される気体の捕集は、マイクロ波で加熱を開始してから3分20秒経過後から加熱終了までの約30秒間とした。

比較として、同じ生地をガスオーブンで一旦食パンとして焼成、それをスライスして冷凍した2枚(70g)を500W・1分間の「温め直し」を行い、同様に電子レンジからの排出ガスを30秒間捕集した。各成分の濃度は、既知濃度の標準ガス9成分を外部標準として用い、絶対値ではなく、試料比較のための相対値として示した。

ガス捕集後の minican に窒素を1気圧加え2気圧に加圧した状態で自動ガス濃縮装置(7100 A, Entech)に接続して1.4L吸引させMPTモードで濃縮した。濃縮ガスはEntechからGC(6890, Agilent)に取り付けたカラムDB-Wax(長さ:60m, 内径:0.25mm, 膜厚:0.25 μ m)へ導入した。カラム出口でラインを分岐し、もう一方を匂い嗅ぎ装置に接続し、GC-MS分析と匂い嗅ぎ分析を同時に行った。スニフングポートの匂いを試験者が直接鼻で嗅ぎ、その香調を共同実験者が記録した。

GC-MS分析条件は、キャリアーガスHeを線速度39cm/secで流し、オープン温度を40 $^{\circ}$ Cで4分間保持後に140 $^{\circ}$ C迄毎分5 $^{\circ}$ C, 220 $^{\circ}$ C迄毎分15 $^{\circ}$ C, 220 $^{\circ}$ Cで5分間保持の昇温条件として、注入口温度220 $^{\circ}$ C, トランスファーライン温度230 $^{\circ}$ C, イオン化室温度230 $^{\circ}$ C, 検出器にMSD(5973N, Agilent)を用い、イオン化法はEI, イオン化電圧は70eV, スキャンレンジはm/z 28.7~350.0, 1.8 scan/secとした。

9. 官能評価

「短時間焼成パン」と「温め直し」のどちらの香気に「出

来たて」を感じるかを、弊所の研究員13名をパネルとして2点嗜好試験法で官能評価した。

実験結果および考察

1. 容器形状

トースト型容器を電子レンジに寝かせ500Wで加熱すると、パン焼成に9分間かかり下部が焦げた。また、紙コップを支えとして容器を立てて9分間加熱したが、最下部は焦げて硬く上部は生だった。

箱型では500W・3分50秒の加熱で、外観の焼成度合は色づきよく良好、食感もばさつきがなく良好であった。蓋は完全に閉じた方が加熱当初での水分蒸発が防止できるため、焼成後のパン内部は軟らかさを保持していた。可動型は外皮が硬くなり、スリット型はスリット部が生地に接触しないため焼成がうまくいかず加熱ムラができ食感が良くなかった。

丸型は箱型と同様500W・3分50秒の加熱で、外観の焼成度合も食感も評価基準を満たしたが、箱型に比べ蓋と胴の間に隙間ができやすく、箱型の方が短時間焼成用の容器としては適していた。

容器容量200 cm^3 , 加熱時間500W・3分50秒の時、外観の焼成度合と食感のいずれもが評価基準を満たしたのは高さ40~60mmの容器で、底面形状は焼成に対して影響を与えなかった(図7)。



a: 四角柱容器

b: 円柱容器

図7 容量200 cm^3 焼成後

最適容器は、容量200 cm^3 , 高さ40mm, 蓋がロックできる図4であった。蓋が確実に締まることで発熱面と生地の密着度合が高まり、焼成度合も食感も良好となった。この容器に1次発酵済みの生地を85g充填し、容器内で

2次発酵させてから発熱面と生地が密着するよう蓋を閉じ、冷凍保存したものを食べる前にマイクロ波焼成することを、パンの短時間焼成法とした(図8)。

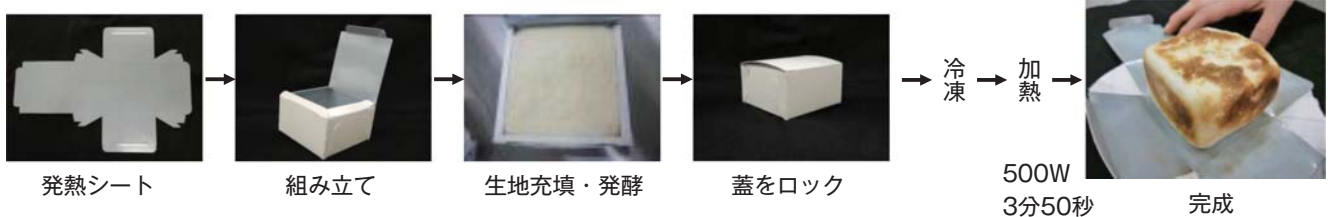


図8 パンの短時間焼成法

2. 生地組成

バターと水の粉対比を変えて調製した生地を図8に示した容器に充填して、最適生地組成を探索し結果を表4に示した。評価は表2と表3を基準として◎, ○, ▲, ×で示した。

表4 最適生地の探索結果

粉対比		水			
		50	60	70	80
バター	0	×	▲	▲	▲
	10	▲	○	◎	▲
	20	▲	○	○	×
	30	▲	×	×	×

◎: 最良 ○: 優 ▲: 良 ×: 不可
粉対比 バター 10, 水 70 が最適



図9 最適生地による焼成後のパン 容器容量 200 cm³

生地組成は、粉対比でバターが10～20、水が60～70の範囲が好適であり、「バター10と水60」は「バター10と水70」に比べると焼成後に硬くなったので「バター10と水70」が最適組成であった。

焼成中の「冷凍試料」中心部と側面部の温度を、光ファイバー温度計で測定して、そのプロファイルから、最適生地組成となりうる理由を考えた。

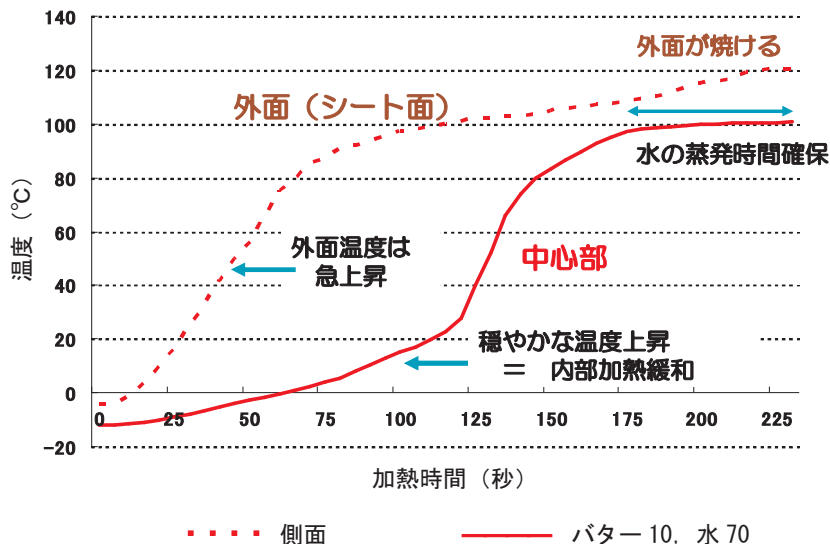


図10 パンの短時間焼成法における最適生地の温度履歴曲線

水が少ないと生地品温の昇温が速くなったが、水を多めにする事で、生地品温の温度履歴は図10の実線のようになり、生地品温の上昇が緩慢となり急激な水分蒸発が抑制され、乾燥することなくパンが焼成できた。水を粉対比80にすると軟らかくなり過ぎ、生地調製時のハンドリング性が妨げられ、焼成後はきめが粗く膨らみも良くないため不良であった。バターの粉対比が0と50の場合で、生地品温の熱履歴に違いは殆どなく、バターよりも水の方が生地温度の上昇に及ぼす影響が大きいことが分かった。

シート面は100℃超に到達して生地外面は良く焼けた。シートがマイクロ波を反射することで、生地への内部加熱が弱められた結果、生地から水分が蒸発する時間も確保することができ、パンは良好に焼成できた。生地内部の最終温度は約100℃であった。

3. 出来立てパンの香り

「出来立て」感を醸し出す香気成分を探索した。GC-MS分析のトータルイオンクロマトグラムと匂い嗅ぎ分析で香調を確認した成分に印を付けて図11に示した。その成分名と香調を表5に示した。

アセトアルデヒドはパン生地の発酵臭として確認された。炊飯米の甘い香りや淹れたてのコーヒーの香りとしても知られているアセトアルデヒドは、植物や酵母の通常の代謝で生成するものであり、パンを焼成する際の特徴香である。「短時間焼成パン」の濃度が「温め直し」の約3倍であったことから、「出来立て」感に対するアセトアルデヒドの寄与率は高いものと考えられる。生地は酵母の発酵で膨らむため、エタノールを多く含み、匂い嗅ぎではパンの香調として感じられた。1-プロパノールは爽やかな香調で、ヘキサナールは植物の葉を擦った時に感じるグリーンの香

調だった。2-ヘプタノン炭を焼いているときに似た香調で、2-ノナノンは焼き菓子様の香調であった。「温め直し」には2-ノナノンは含まれていなかった。ノナナルはパン外皮の香ばしさを感じ、「短時間焼成パン」の方が

「温め直し」よりも濃度が高かった。エチルエステルオクタノイックアシドは「短時間焼成パン」に含まれ、「温め直し」には存在せず、パンの香調であったため、これも「出来立て」感を醸し出している特徴香と考えられた。

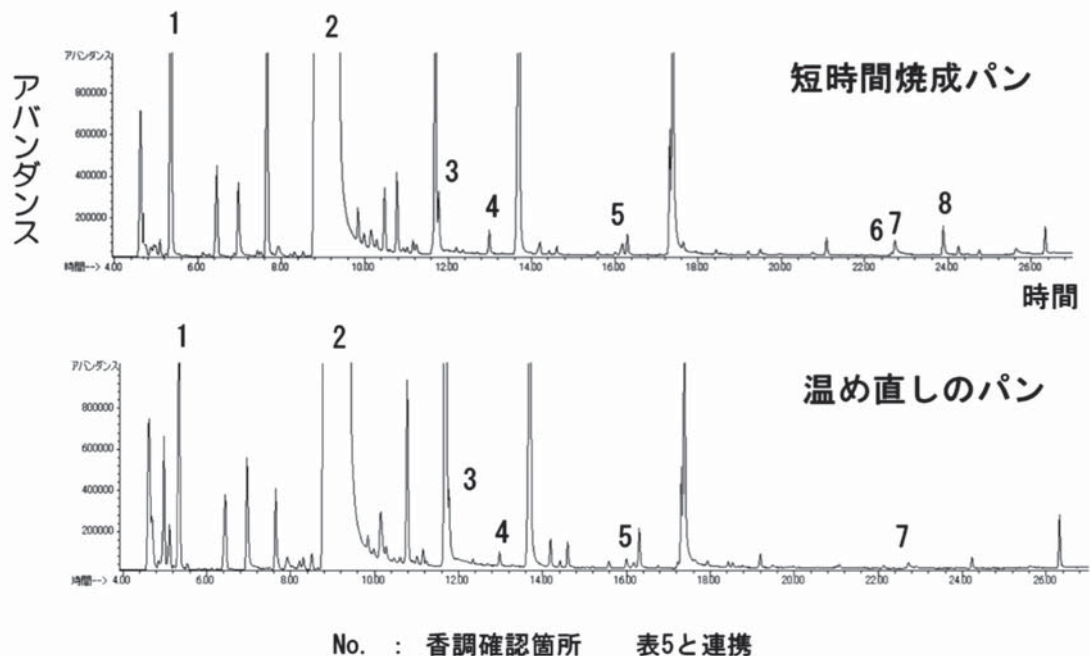


図 11 GC-MS トータルイオンクロマトグラムと匂い嗅ぎ分析結果

表 5 短時間焼成パンと温め直しパンの香気成分, その香調

No.	成分名	短時間焼成パン (ppb)*	温め直しパン (ppb)*	香調
1	Acetaldehyde	27.6	9.3	パン生地発酵臭
2	Ethanol	985.2	965.5	パン
3	1-Propanol	3.9	4.0	爽やか
4	Hexanal	1.1	0.7	葉を擦った時
5	2-Heptanone	0.8	0.4	炭火
6	2-Nonanone	0.1	-	焼き菓子
7	Nonanal	1.3	0.5	パン外皮の香ばしさ
8	Ethylester octanoic acid	1.3	-	パン

※既知濃度の標準ガス9成分を外部標準、ピークの平均面積を補正係数1で定量。試料比較のための相対値。

4. 食欲増進効果

13名中11名が、「短時間焼成パン」の焼成中の香気の方が、スライスの「温め直し」よりも「出来立て」を感じると評価した(5%の有意水準で有意差あり)。

香気分析と官能評価の結果より、「出来立て」を感じさせ、食欲増進効果のある「短時間焼成パン」が開発できたと考える。

まとめ

マイクロ波加熱を利用した短時間焼成パンの製造法を開発した。

小麦粉を100として、イースト2・砂糖5・水70・バター10・塩2の配合比で調製した生地を電子レンジ対応発熱シートで成形した容器(容器200cm³, 高さ40mm)に85g充填し、2次発酵後に冷凍した。これをマイクロ波加

熱 (500 W・3分50秒間) することによって焼成することができ、その間、良い香気が放たれた。

香りは記憶でき、香りが食欲を誘引することは明らかなので、「出来立て」の香りと短時間に焼き上がるという利便性が、朝食摂取促進の原動力となり、その結果、規則正しい生活が営まれ、健康維持につながるものと期待する。

文 献

- 1) 香川靖雄, 科学が証明する新・朝食のすすめ, 女子栄養大学出版部 (2011).
- 2) 厚生労働省 健康局 がん対策・健康増進課 栄養調査係, 平成 24 年 国民健康・栄養調査結果の概要, p27, 朝食欠食率.
- 3) 文科省, 平成 22 年 全国学力・学習状況調査
- 4) 総務省 統計局 家計調査 家計収支編 詳細結果表 年次 2011 年 第 1-1 表 都市階級・地方・都道府県庁所在市別 1 世帯当たりの 1 か月当たりの収入と支出, 平成 23 年平均 二人以上の世帯.
- 5) 総務省 統計局 家計調査 家計収支編 詳細結果表 年次 2013 年 第 1-1 表 都市階級・地方・都道府県庁所在市別 1 世帯当たりの 1 か月当たりの収入と支出, 平成 25 年平均 二人以上の世帯.
- 6) 田中康夫・松本博, 製パンの科学〈I〉製パンプロセスの科学, 光琳 (2008).