

製パンにおける家庭用ガス高速オーブンレンジの 焼きムラ最小化条件の検討

中川（奥田）玲子* 白杉（片岡）直子**

Investigating Conditions that Minimize Uneven Bread Baking
in a High-Speed Household Gas Oven Range

Reiko OKUDA-NAKAGAWA Naoko KATAOKA-SHIRASUGI

本研究は、製パンにおける家庭用ガス高速オーブンレンジによる焼成時の焼きムラを最小化する条件を見出すことを目的に、焼成後のパンの膨らみ、およびパンクラム、クラストの色の各種測定を行い、天板上の位置によるパンの焼き上がりの違いを比較検討した。パンの高さは、焼成開始後8.5分に天板前後を反転する方が10.5分に反転するよりわずかに高かったが、比容積は2つの条件間に有意差はなく、パンの膨らみにおいては差がなかった。パンクラムの色は、測定値の全てのパラメータにおいて、天板前後の反転時間が8.5分、10.5分の2条件間に有意差はなく同様の色を呈した。パンクラム、クラストの複数部位での色の各種測定値と標準偏差の比較検討、および焼成時の天板上のパン位置間での色の比較検討により、焼成開始から8.5分で天板前後を反転する焼成条件は、焼き色のムラが少なく、しかも1つの位置を除いて膨らみ、色ともに差のない均質なパンが得られ、パンの焼きむらを最小化することを見出した。

Key words : 製パン クラム クラスト 色相 明度 彩度 比容積

1. 緒言

パンの調製は、一般的に、小麦粉、塩、砂糖、イースト、油脂を混合し、適量、適温の水を加えて混捏を行い、一次発酵、分割、ねかし、二次発酵の工程を経て、ガス高速オーブンレンジで焼成を行う。パンの膨らみやテクスチャーには、それぞれの工程における条件の違いが大きく影響を与える。様々な形や大きさ、テクスチャー、風味など、工夫次第でバリエーション豊かなパンができることから、今日、パン専門店では種類の豊富なパン製品がみられ、家庭においてもパン作りは人気の調理の一つである。

私たちが食べ物を選択する際の感受性の割合としては視覚が87%と最も高く¹⁾、おいしさを判断するには視覚情報が重要であるとされている²⁾。そのために官能評価において、外観や内層の視覚評価の基となるパンのクラスト（外皮）、クラム（内部）の色は、パンのおいしさを決める上で重要な要素であり、評価に供するパンの色は均一であることが求められる。製パンにはガス高速オーブンレンジを使用するが、複数のパンをオープン皿に並べて焼成する場合には、一般的に焼きムラが生じやすく、そのため天板の前後を反転させるということを経験的に行ってきた。パンの色については、焼成プロセスにおける表面色の変化³⁾、表面温度と着色との関係^{4) 5)}について報告がみられるが、1つの

* 四條畷学園短期大学 ライフデザイン総合学科
** 神戸大学大学院 人間発達環境学研究科

オーブンレンジについて詳細に焼きムラを検出し、パンの膨らみにおいても、色についても均一なパンを得るための条件を検討した報告は見当たらない。そこで、今回ミニサイズの食パンを用い色相、明度、彩度を測定することにより、製パンにおける焼きムラの最小化条件を定量的に見出すことができたので報告する。

II. 試料及び実験方法

1. 試料

カナダ産小麦粉アヴァロン「ICW」(日本製粉：基準値：たんぱく質11.7±0.5%、灰分0.35±0.03%)、上白糖(三井製糖株式会社)、食塩(塩化ナトリウム：和光純薬株式会社)、スキムミルク(森永乳業株式会社)、ドライイースト(スーパーカメラ：日清フーズ株式会社DON)、バター(雪印北海道バター：雪印メグミルク株式会社)を用いた。スプレー式調理用食用植物油はセパレ(オリエンタル酵母工業株式会社)を用いた。

2. 器具・装置

パン生地を捏ねるミキサーは、The Mixer (KN-3005、Japan Home Baking School製)を用いた。生地温度の確認は、バイメタルダイヤル温度計(ステンレス(SUS304)製防水型：株式会社東京白木製作所)で行った。パンの焼成には、ミニ食パンケース(金属製、サイズ：上部89.0×47.5×50.0mm、下部82.4×42.5×50.0mm、Japan Home Baking School製)を用いた。生地の発酵は、電子発酵器(SK30、Japan Home Baking School製)で行った。生地の焼成はガス高速オーブンレンジ(RBR-U12E、リンナイ株式会社製)で行った。色の測定には分光測色計(CM-2002、MINOLTA)を用いた。

3. パン材料の配合と製法

パン材料の配合を表1に示した。小麦粉300gを100%として、小麦粉以外の材料の割合を、砂糖10.0%、食塩1.5%、スキムミルク5.0%、ドライイ

表1 材料の配合・割合

材 料	重 量 (g)	ベーカース パーセント (%)
小麦粉	300.0	100.0
砂糖	30.0	10.0
食塩	4.5	1.5
スキムミルク	15.0	5.0
ドライイースト	6.0	2.0
バター	30.0	10.0
水	201.0	67.0

スト2.0%、バター10.0%、水67.0%とした。

パンの調製方法を図1に示した。小麦粉300.0gと、予め乳鉢ですり合わせた砂糖と食塩、及びスキムミルクをボウル中で混ぜ、調理用のストレーナーを2回通した。これをミキサーのパン用ハネをセットしたポットに移してミキサーにセットした。ここにドライイースト6.0gを加え、ミキシングを開始すると同時に、水を徐々に加えた。ミキサーはミキシング開始2分後に1分間停止した。再びミキシング開始後に約2gにカットしたバター片(計30.0g)を徐々に加えた。ミキシングは、自動的に終了するまで20分間行った。途中生地温度の確認を数回行い、最終的に捏ね上げ終了温度を30℃にした。ミキシング終了後、そのまま30℃を保って一次発酵を40分間行った。続いて、生地を取り出し、スケッパーで60g×9個に分割し、それぞれを丸めてプラスチック製の容器(番重)の中で15分間のベンチタイムをとった。その後、生地を裏返し、手のひらで軽く押さえてガス抜きを行い、プラスチック製のパン用綿棒でミニ食パンケースと同一の一定の幅に伸ばし、生地の向こう側から手前に巻きながら成形した。これを予め食用植物油をスプレーしたミニ食パンケースに入れ、オーブンの天板上に並べた。天板には3×3個のパンケース位置を示したわら半紙を敷き、その位置に合わせ、図2に示すように、毎回同じ位置に食パンケースを並べた。この天板ごと電子発酵器に入れ、35℃30分間二次発酵を行った。その後、180℃のガス高速オーブンレンジで焼成を行った。

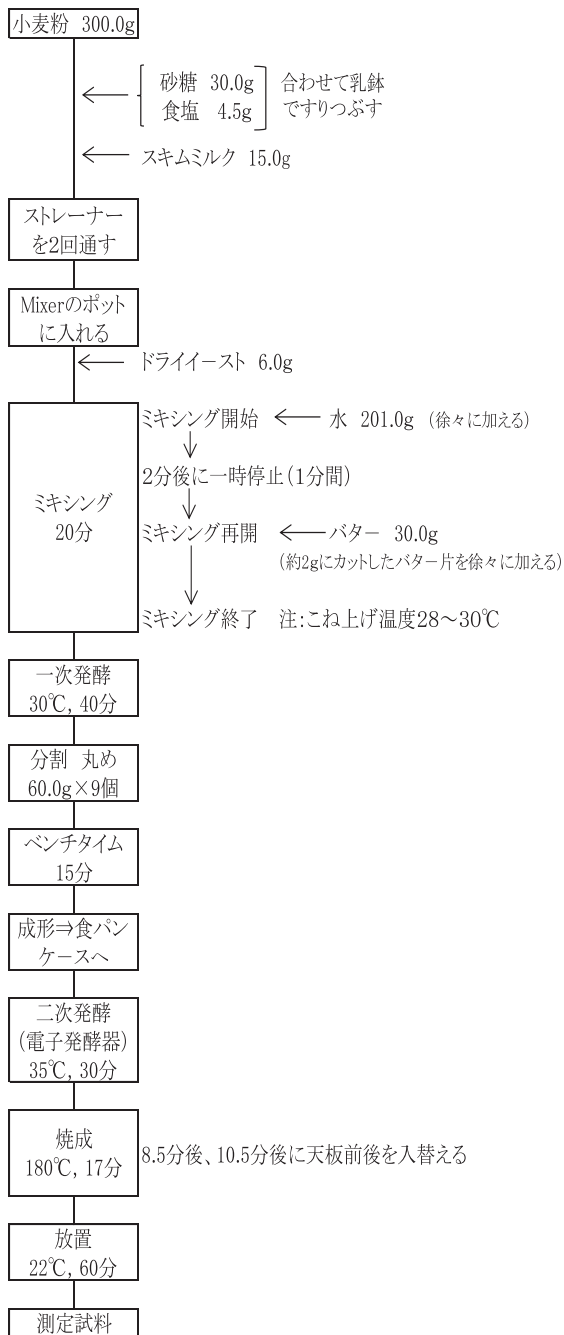


図1 パンの調製方法

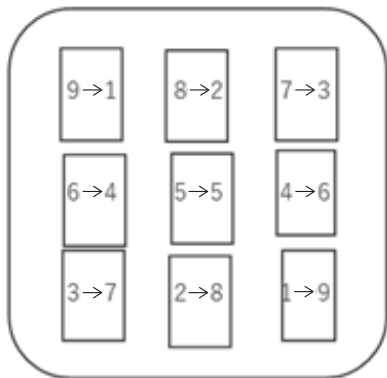


図2 焼成時の天板上のパンの位置

焼成終了後、直ちに室温(22.0℃)に放置、60分経過後に重量とパンの高さの最も高い部分をノギスで測定し、これをパン高さとした。色の測定項目は明度L*、色度a*、色度b*、色差ΔE*、マンセル色相(HUE)、マンセル明度(VALUE)、マンセル彩度(CHROMA)とした。色の測定は、パン上面、クラストの目視で最も色が濃いと思われる1点、および図3の①②③の3点について行った。パンの体積は、パンクラストの色の測定終了後に菜種法⁶⁾により測定し、得られた重量と体積から比容積を算出した。パンクラムの色の測定は、体積測定終了後、測定部位をパン長さ1/2部分での切断面(2面)の中央部分として行った。

一連の実験は、各焼成条件につき3回繰り返して行った。

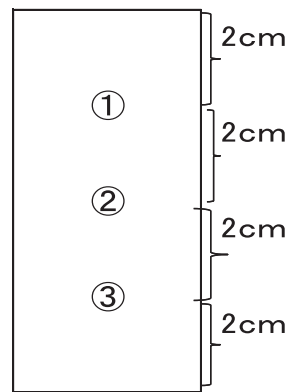


図3 パン上面クラストの測色部位

Ⅲ. 結果および考察

1. 焼成温度・時間の決定

家庭用ガス高速オーブンレンジの焼成温度の設定は10℃ごととなっているため、焼成温度を170℃、180℃、焼成時間15分間、20分間として予備実験を行い、目視によりパンクラストの色を比較検討した。その結果、焼成温度については170℃では色が薄すぎ、180℃では一般的に言われるこんがりとおいしそうな焼き色の外観が得られた。また焼成時間については15分間では色が薄すぎ、20分間では濃すぎた。これらのことから、焼成温度は180℃、焼成時間は17分間に固定することとした。

2. 焼成条件の決定

焼成条件を定めるため、予備実験を行った。当初の焼成実験では、目視による観察では、9個のパンのクラストの色は均一ではなく、パンの位置によって、またそれぞれのパンの部位によっても着色の状態にムラが見られた。パンの膨らみ、色などの焼き上がりの状態は焼成中の昇温、ガス高速オーブンレンジ庫内の空気の流れによる熱伝導の状態などによって影響されるために起こると考えられた。着色のムラを最小化するため、焼成時間の1/2が経過した時点で、天板の前後の位置を反対に入れ替えた。つまり反転させたところ目視においてムラが少なくなったことが観察された。しかし、焼成過程のパンの変化を考えると、焼成後、焼き色が付き始める直前までは、熱は主にパンを膨らませるために使われるため、着色は色付き始めてから焼成完了までの間と考えられ、この着色に要する時間の1/2が経過した時点で天板を反転させる方が焼き色のムラは小さくなるのではないかと考えた。そこで、天板前後を反転するタイミングを、焼成時間の1/2が経過した8.5分と、パンが最も膨らみ色付き始める4分経過後から焼成完了までの1/2が経過した10.5 $\{4 + (17-4)/2\}$ 分の2条件とし、各条件下での焼成後のパンの高さ、比容積、パンクラム、およびクラストの色の各種測定値と標準偏差により比較検討した。測定値は一元配置分散分析後、有意差の検定はTukey法の多重比較により行った。各データは平均値±標準偏差で表した。

3. オープンの天板反転時間の違いによる比較

(1) パン高さ・比容積

パンの高さは、焼成開始後8.5分に天板前後を反転する方が、10.5分に反転するより危険率5%で有意に高かったが、比容積は2条件間に差はなかった。パンの膨らみにおいては、何れの焼成条件でもよいと判断された。

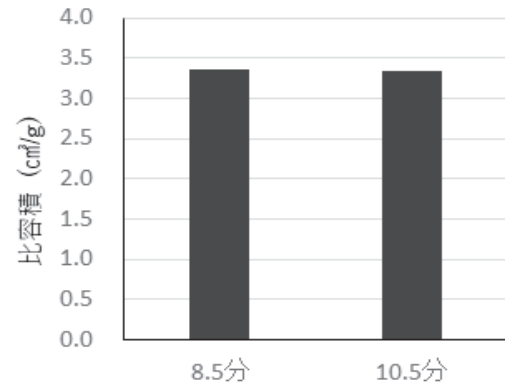


図4 焼成後のパンの高さ n=27

数字は平均値±標準偏差

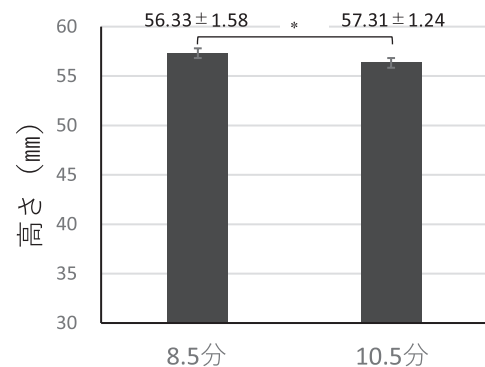


図5 焼成後のパンの比容積 n=27

* $p < 0.05$

数字は平均値±標準偏差

(2) パンの色相・明度・彩度

パンの色相、明度、彩度の測定結果を表2～表8に示した。2つの焼成条件のうち、標準偏差がより小さい方の値の背景を着色し、より焼き色のムラが少ないことを示した。

1) クラム

パンの内層であるクラムの色の測定値および検定結果（以下測定結果とする）を表2に示した。パンクラムは、全てのパラメータにおいて焼成条件間に有意差はなく同様の色を示した。測定値の標準偏差は、パラメータ数7のうち5で、天板前後の反転時間が8.5分の方が小さく、焼き色のムラが少なかった。

表2. パンクラムの色相・明度・彩度

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分 (n=54)	79.85±1.44	-0.67±0.06	15.19±0.72	24.88±2.29	5.70±0.11 Y	7.89±0.14	1.95±0.12
10.5分 (n=54)	79.43±1.66	-0.67±0.08	15.34±0.76	25.75±1.29	5.69±0.14 Y	7.84±0.14	1.98±0.14

数字は平均値±標準偏差

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

2) クラスト

焼成後のパン上面クラストの写真を図6に示した。色の測定結果は、目視で最も色の濃い部分で得られた数値を表3に、図3の測定部位①の数値を表4に、部位②を表5に、部位③を表6に、部位①②③を表7に示した。

各パンごとに目視で最も色の濃い部分を選んで測色したところ、a*値に危険率1%で有意差があり、8.5分で天板前後を反転する焼成条件の方が10.5分よりも赤みが強かった。



図6 クラストの焼き色 (8.5分後天板前後反転)

図2の天板上の位置と同じ配置である。

表3. パンクラストの目視で最も色の濃い部分の色相・明度・彩度

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分 (n=27)	40.95±3.49	23.73±0.67	49.48±2.28	80.69±2.22	6.59±0.32 Y	4.10±0.34	9.05±0.31
10.5分 (n=27)	41.32±3.67	22.99±0.96	49.36±2.02	79.58±3.89	6.67±0.32 Y	4.11±0.37	8.93±0.28

数字は平均値±標準偏差 **p<0.01

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

パンクラストの測定部位3点は何れも、a*値、マンセル彩度 (CHROMA) に有意差があった。8.5分で天板前後を反転する焼成条件の方が10.5分よりも赤みが強く、マンセル色相YR: YellowRed (黄赤) 7.1、マンセル明度 (VALUE) 4.7は等しいが、マンセル彩度 (CHROMA) に違いがあること

がわかった。測定部位②は全てのパラメータにおいて、部位①はΔE*以外の全てのパラメータにおいて、8.5分で天板前後を反転する焼成条件の方が10.5分よりも標準偏差の値が小さく、焼き色のムラが少なかった。

表4. パンクラストの色相・明度・彩度 部位①

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分 (n=27)	47.48±2.28	23.23±0.63	51.26±1.18	76.94±2.00	7.06±0.19 YR	4.74±0.22	9.19±0.22
10.5分 (n=27)	47.83±2.50	22.47±0.98	50.6±1.42	76.11±1.90	7.05±0.27 YR	4.73±0.27	9.02±0.26

数字は平均値±標準偏差 *p<0.05, **p<0.01

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

表5. パンクラストの色相・明度・彩度 部位②

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分 (n=27)	47.88±2.06	23.15±0.63	50.92±1.05	76.47±1.91	7.06±0.21 YR	4.79±0.20	9.14±0.20
10.5分 (n=27)	48.28±2.20	22.41±0.99	50.41±1.29	75.64±1.96	7.04±0.30 YR	4.78±0.23	8.99±0.25

数字は平均値±標準偏差 * $p<0.05$, ** $p<0.01$

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

表6. パンクラストの色相・明度・彩度 部位③

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分 (n=27)	46.37±3.96	23.32±0.99	50.84±1.18	77.55±2.99	6.96±0.39 YR	4.63±0.38	9.16±0.23
10.5分 (n=27)	47.22±2.96	22.62±1.23	50.39±1.33	76.48±2.59	6.95±0.26 YR	4.67±0.28	9.01±0.26

数字は平均値±標準偏差 * $p<0.05$

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

表7. パンクラスト全体の色相・明度・彩度 (部位①②③)

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分 (n=81)	47.24±2.93	23.23±0.76	51.01±1.14	76.99±2.36	7.02±0.28 YR	4.72±0.28	9.16±0.21
10.5分 (n=81)	47.77±2.58	22.50±1.06	50.47±1.33	76.08±2.17	7.01±0.28 YR	4.73±0.26	9.00±0.25

数字は平均値±標準偏差 * $p<0.05$, ** $p<0.01$

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

表2から表7の各パラメータごとに標準偏差の
 大小を2焼成条件間で比較したところ、のべ42の
 うち28のパラメータで天板前後を反転する焼成条
 件8.5分の方が10.5分よりも標準偏差が小さか
 った。また、表2から表7の各パラメータごとに、
 標準偏差の平均値を算出したところ (表8)、

マンセル明度の標準偏差は2条件で等しく、色相
 L*値以外の全てのパラメータにおいて天板前後を
 反転する焼成条件8.5分の方が10.5分よりも標準
 偏差が小さかった。これにより、天板前後を反転
 する焼成条件8.5分の方が10.5分よりも焼き色の
 ムラの少ないことが明らかになった。

表8. パンクラム、クラストの標準偏差

	L*	a*	b*	ΔE*	マンセル色相 (HUE)	マンセル明度 (VALUE)	マンセル彩度 (CHROMA)
8.5分	2.94	0.74	1.37	2.30	0.28	0.28	0.23
10.5分	2.78	1.04	1.48	2.50	0.29	0.28	0.26

標準偏差の小さい方の数値背景をグレーに着色した。

(3) 天板の位置における高さ・比容積、色相

これまでの結果により、焼き色のムラがより少ないことが明らかとなった天板前後反転までの時間8.5分の条件で焼成した9個のパンの、天板上での焼成位置での各数値の比較検討を行った。

高さを図7、比容積を図8に、色相a*値を図9、L*値を図10に示した。

1) 高さ・比容積

高さ、比容積ともに天板上での焼成位置間で有意差はなかった。パンの膨化度に焼成時の天板上の位置は影響しなかった。

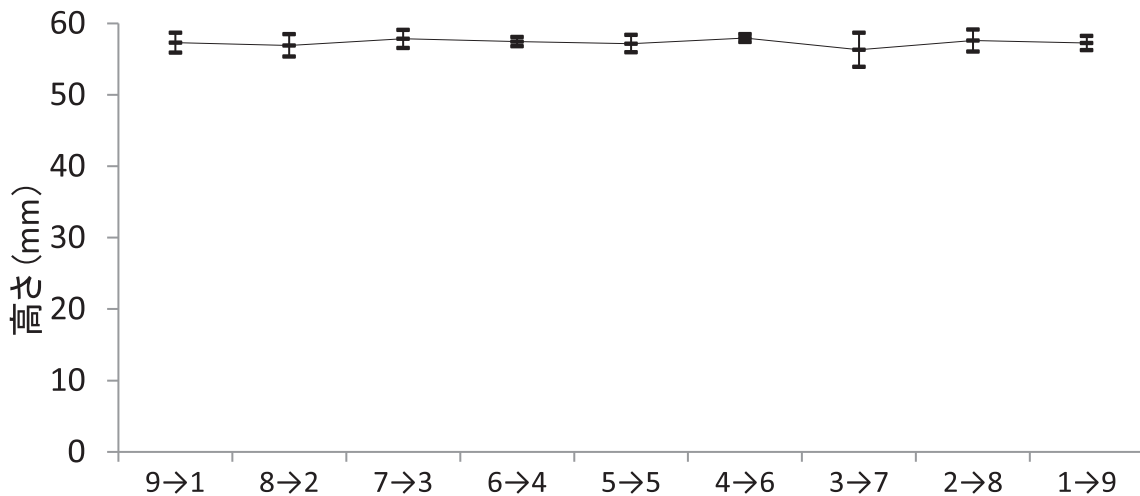


図7 天板上のパン位置と高さ n=27

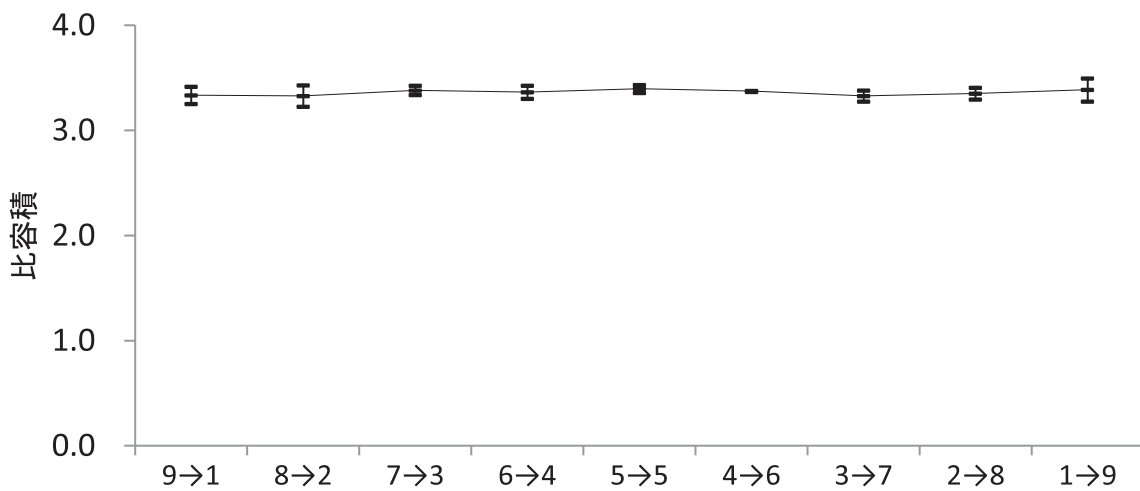


図8 天板上のパン位置と比容積 n=27

2) 色相

焼成時の天板上の位置9→1のパンのみにa*値、L*値それぞれに他の位置との有意差がみられた。9→1の位置のパンは膨化度には差がないが、他の8つと比べて有意に赤みが弱く、明度が高い、うすい色を示していた。9→1以外のパンは、膨化度、色ともに有意差のないほぼ均質のパンに焼きあがったことが明らかになった。

以上の結果により、このオーブンで9→1の位置の焼き色がやや薄くなること以外は、焼き色にムラがなく、膨化度も均一に焼ける焼成条件を見出すことができた。

なおこの研究結果は、その後の高β-glucan大麦添加パンの研究⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾に発展的に応用することができた。

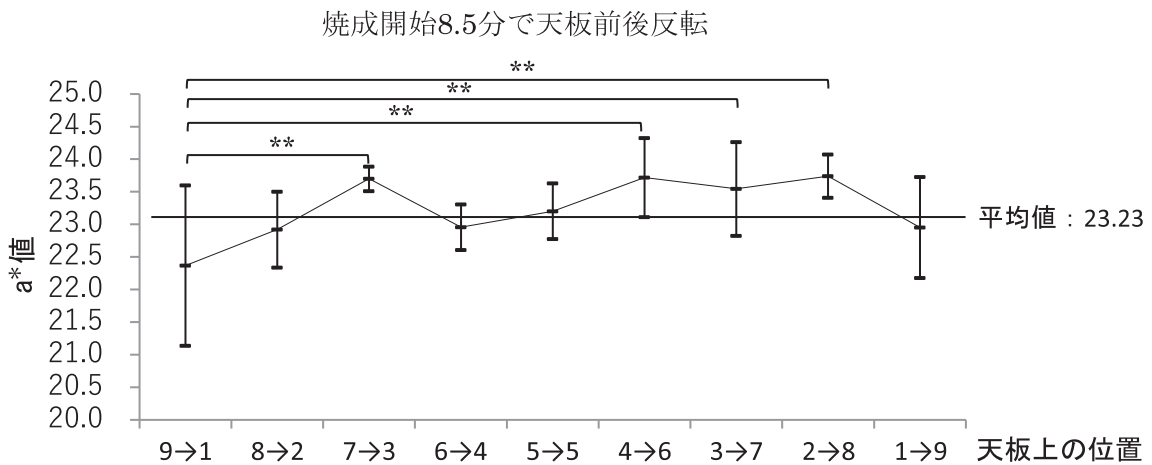


図9 パンクラストの天板位置と色相 (a*値) ** $p < 0.01$

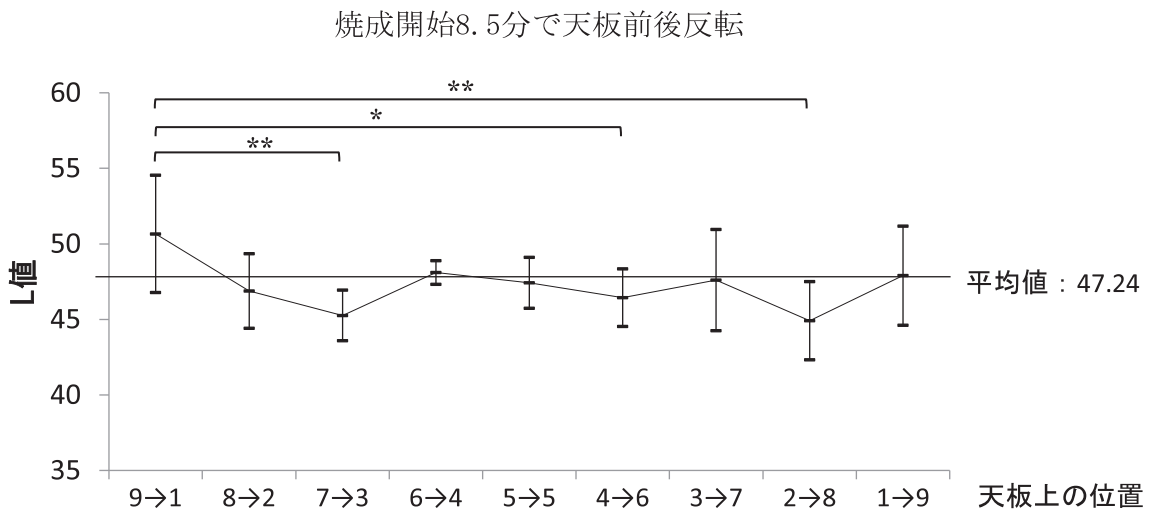


図10 パンクラストの天板位置と色相 (L*値) * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

IV. まとめ

製パンにおける焼きムラの最小化条件について、焼成後のパンの高さ、比容積、パンクラム、およびクラストの色の各種測定値、標準偏差により比較検討した。

1. パンの膨化度は天板前後を反転するまでの時間8.5分、10.5分の2条件間でほとんど差がなかった。
2. パンクラムは、いずれの焼成条件においても、同様の色を呈した。焼き色のムラは天板前後を反転する時間8.5分の方が少なかった。
3. パンクラストの目視で最も色の濃い部分は、8.5分で天板前後を反転する焼成条件の方が10.5分よりも赤みが強かった。
4. パンクラストの測定部位3点は8.5分で天板前後を反転する焼成条件の方が10.5分よりも赤みが強く、マンセルは彩度(CHROMA)にのみ違いがあった。
5. クラム、クラストの測定値の各パラメータごとの標準偏差平均値により、色相L*値以外の全てのパラメータにおいて、8.5分で天板前後を反転する焼成条件の方が10.5分よりも焼き色のムラが少ないことが明らかになった。
6. 8.5分で天板前後を反転する焼成条件では9→1の位置のパンのみが有意に赤みが弱く、ややうすい色を呈した。この位置を除く8個は膨らみ、色ともに均一であった。
7. 焼成開始から8.5分で天板前後を反転する焼成条件は、焼き色のムラが少なく、しかも1つの位置を除いて膨化度、色ともに有意差のない均質なパンが得られる、パンの焼きむらを最小化する条件であることを見出した。

V. 参考文献

- 1) 齋藤進編著、食品色彩の科学、幸書房(1997)

- 2) 大谷貴美子(2012)、おいしさと色、日本色彩学会誌 36(4)、284-288
- 3) 呉計春・相良泰行・瀬尾康久・森嶋博(1997)、食パンの焼成プロセスにおける表面色変化の特性と予測法、日本食品科学工学会誌 44(1)、31-37
- 4) 佐藤秀美(2000)、オープンによる加熱調理、日本調理科学会誌、33(2)、267-273
- 5) 杉山久仁子(2003)、オープンでの加熱調理、日本食生活学会誌 13(4)、251-255
- 6) 江崎節子・遠藤仁子・大森正司・岡本順子・小倉ひでみ・加藤みゆき・川端晶子・高木瞳・高橋節子・津田淑江・出羽京子・永島伸浩・長野宏子・西堀すき江・藤沢和恵・細田加代・本間恵美(1989)、3 調理科学に関する基礎実験、「フローチャートによる調理科学実験」、川端晶子編、株式会社地人書館、東京、pp. 34-35
- 7) 奥田玲子・白杉(片岡)直子(2016.8.28)、『大麦添加パンの膨化と官能評価』、日本調理科学会平成28年度大会講演要旨集、p.83
- 8) 奥田玲子・白杉(片岡)直子(2016.12.10)、『大麦粉添加パンの調製方法の検討』、日本調理科学会近畿支部第42回研究発表会講演要旨集、p.11
- 9) 鷺塚晋・奥田玲子・佐藤幸治・白杉(片岡)直子(2016.8.28)、『ホームベーカリーによる高 β -glucan大麦添加パンの調製と官能評価』、日本調理科学会平成30年度大会講演要旨集、p.4
- 10) 鷺塚晋・中川(奥田)玲子・佐藤幸治・白杉(片岡)直子(2019.12.1)、「高 β -glucan大麦含有食パンの調製と特性評価」、日本調理科学会近畿支部第45回研究発表会講演要旨集、p.6

謝辞

本研究において、有益なご助言と製パン技術のご指導をいただきました、岩本パン教室の岩本佳代氏、色の測定において分光測色計(CM-2002、MINOLTA)を貸与いただきました京都大学名誉教授の坂口守彦氏、実験試料の小麦粉について有益なご助言をいただきました小前幸三氏に感謝いたします。

-2020.11.6 受稿、2020.11.7 受理-

Investigating Conditions that Minimize Uneven Bread Baking in a High-Speed Household Gas Oven Range

Reiko OKUDA-NAKAGAWA

Shijonawate Gakuen Junior College

Department of Early Life Design

Naoko KATAOKA-SHIRASUGI

Kobe University

Graduate School of Human Development and Environment

Abstract

To determine conditions that would minimize uneven bread making, we baked nine loaves of bread under the following two conditions: the front and back of the oven plate was inverted after 8.5 and 10.5 minutes of baking. When baking was complete, several measurements and comparisons were conducted to assess the swelling degree of the bread and the colors of the bread crumb and the surface bread crust. We observed no differences in the swelling degree of bread under both conditions. By comparing the standard deviation from various color measurements between different components of the crumb and crust, and breads at multiple positions on the oven plate during baking, we decided to invert the front and back of the oven plate after 8.5 minutes of baking. Under these conditions, we observed that eight loaves of bread had baked uniformly with little unevenness in color and without significant differences in the swelling degree, except for one loaf of bread that remained in its original position. Thus, we determined the ideal conditions that minimize uneven bread baking in a household gas high-speed oven range.

Key words : bread making, crumb, crust, hue, value, chroma, specific volume