

スチーム加熱を利用したベーグルの品質特性

松 森 慎 悟^{*1}, 阿久澤 さゆり^{*2}

Quality characteristics of bagels upon steam heating

Shingo MATSUMORI^{*1}, Sayuri AKUZAWA^{*2}

Abstract

Bagels are usually boiled after secondary fermentation; however, in the present study, bagels were prepared via steam heating and their quality characteristics were examined and compared. To constitute the study sample, bagels boiled for 1 min comprised the control, and steam heating was performed for 1 and 3 min. For the measurement items, shape measurement, measurement of color difference, moisture content, rupture measurement, and sensory evaluation were performed for the bagels. Upon shape measurement, significantly lower values for volume and outer diameter were obtained upon steam heating, compared to the control, and the height was greater in the case of bagels subjected to steam heating for 1 min. There were no significant differences in the color tone of the crust and the moisture content. Upon rupture measurement, bagels subjected to steam heating for 3 min displayed the highest value for hardness of the crust and crumbs. Upon analytical sensory evaluation, bagels subjected to steam heating for 3 min were evaluated as the hardest, and no significant difference was observed in all items upon preference-type sensory evaluation. From the above results, it was suggested that despite steam heating instead of boiling, bagels of comparable quality could be prepared.

キーワード：ベーグル、スチーム加熱、破断特性、官能評価

1. 諸言

ベーグルは、ベーカリーやカフェなどで容易に購入でき、ベーグル専門店も数多く普及し、日本人の食生活としても身近なパンの一種となっている。このベーグルの特徴の一つには、他のパンの製法とは異なり、二次発酵後に「茹でる」という操作を行うことである。この「茹でる」操作を行うことによって、クラストが厚

くなり、膨化が抑えられ、クラムがもちもちとした食感となり、独特なテクスチャーを生み出している。しかしながら、茹でる温度や加熱時間が変わると様々なテクスチャーのベーグルとなるため、再現性の高い均一なベーグルを作製するには、加熱温度及び加熱時間の管理に注意する必要がある。また、一度に大量のベーグルを作製するためには、適した加熱器具や加熱機

^{*1}人間健康学部 健康栄養学科

^{*2}東京農業大学 応用生物科学部 食品安全健康学科

器の性能を考慮する必要があり、加熱むらを抑え、均一に作製することは難しい。

近年、給食施設やホテルなどで大量調理を行う現場で活用されているスチームコンベクションオーブン（以後スチコンと略記）は、温度管理が容易で、一度に大量に調理できるという特徴があることから、「茹でる」操作の代わりにスチコンを用いて、スチーム加熱を利用したベーグルの作製が可能であれば、安定した品質のベーグルの供給には有効な方法であると考えられる。スチコンを用いた研究報告としては、パンやケーキの作製に関する報告^{1)~3)}や野菜などで茹で加熱とスチーム加熱の違いを検討した報告^{4)~5)}などはあるが、ベーグルに関する報告はみられない。

そこで本研究では、二次発酵後に茹でたベーグル（以下コントロールとする）と「茹でる」代わりにスチーム加熱を行ったベーグル（以下スチームベーグルとする）を作製し、形状測定、色差測定、外観及び断面の観察、水分測定、破断測定、官能評価を行ったので、それらの品質特性を比較検討した結果を報告する。

2. 実験方法

(1) 試料

小麦粉は、カメリヤの強力粉（株・富澤商店製／たんぱく質含量：11.8±0.5%、灰分0.37±0.03%）、イーストは、インスタントドライイーストで日仏商事・株製、砂糖は三井製糖・株製、食塩は、財・塩事業センターのものを用了。

(2) ベーグルの製法

1) 配合割合

配合割合は、料理書^{6)~7)}の配合割合を参考にし、予備実験を行い、出来上がりの性状や作製のしやすさ等から、小麦粉300g、砂糖18g、食塩4.5g、インスタントドライイースト0.9g、

水165gとした。

2) 作製方法

試料をニーダー（ミナト電機工業・株製）にて30分ミキシングを行い、1個120gに分割した。15分のベンチタイムを経た後に、長さ25cmの棒状にしてからリング状に成形し、38℃、湿度80%にて60分発酵させた。その後、80℃のお湯で片面30秒ずつ茹で、上火180℃、下火160℃のオーブン（三幸機械・株製）で20分焼成し、これをコントロールとした。なお、スチームベーグルは、茹でる代わりにスチームコンベクションオーブン（株・フジマック製）を使用して、スチームモードで80℃に設定し、1分又は3分加熱した。その後、コントロールと同様に焼成した。

(3) 実験方法

1) 形状測定

重量は、スケール（型式KS-245 DRETEC、0.1g単位）を用いて測定した。体積は菜種置換法で測定し、比容積は体積を重量で除して計算した。各試料共に3個測定し、その平均値及び標準偏差を算出した。外径及び高さはデジタルノギス150mm（シンワ測定・株）を用いて、各試料共に3個を3点計測し、その平均値及び標準偏差を算出した。

2) クラストの色調測定

色調測定は、色差計（日本電色工業・株SE6000）を用いて、L*値「明度」、a*値「彩度」、b*値「色相」を1つの試料につき3か所の表層を任意に測定し、その平均値及び標準偏差を算出した。

3) 外観及び内相観察

外観は、ベーグルのクラストにおける艶及び皺を観察した。内相は、ベーグルを上下に2分割して、割断面をデジタルカメラで接写し、すだちやキメを観察した。

4) 水分測定

水分含量は、加熱乾燥式水分計（A & D・株 MF-50）を用いた。測定試料は厚さ 2～3 mm の輪切りとし、試料同士が重ならないよう試料皿に載せ、その上に試料表面の炭化を防ぐためのガラス繊維シートを載せて測定した。測定条件は、加熱乾燥式水分計の測定方法に従い、測定温度を110℃、試料重量を 5 g とし、1 分間前との水分変化率が0.20% 以下になるまで加熱し、その時の値を水分量とした。各試料共に 3 個を 3 点計測し、その平均値及び標準偏差を算出した。

5) 破断測定

破断測定は、クリープメータ（株・山電製 RE2-3305B）を用いた。ベーグルを放射状に 6 等分して、表層上部から圧縮破断を行った。測定条件は、歪率90%、プランジャーは外径 3 mm の円筒形（No.66）、ロードセル20N、測定速度 1 mm/sec とし、得られた応力-歪曲線より、最初に応力が減少した点をクラストの破断点とし、その値をクラストの硬さとして対応させた。また、その時の歪率を破断歪、破断点から垂線を下して得られた面積をクラストの破断エネルギーとした。また、内部のクラムは細かい応力変化が継続したため、応力-歪曲線の変化が比較的小さい範囲の歪率60% の応力をクラムの硬さとした。

6) 官能評価

官能評価は、順位法で行い、評価項目は、分析型として「艶」、「甘味の強さ」、「硬さ」の 3

項目、嗜好型として「硬さ」、「香り」、「総合評価」の 3 項目で計 6 項目とした。パネラーは本学学生73名、性別は女子とし、年齢の構成は、18～20歳である。なお、本調査は、駒沢女子大学・駒沢女子短期大学研究倫理委員会の承認（承認番号：2017-021）を得て行った。

7) 統計解析方法

試料間については、エクセル統計（株・社会情報サービス製）を用いて、各試料の平均値について対応のない一元配置分散分析を用いて比較検討を行った。また、官能評価の検定は、エクセル統計の手法に従い、フリードマン検定及びシェッフェの多重比較を用いて比較検討を行った。

3. 実験結果及び考察

(1) 形状測定

形状測定の結果を表 1 に示した。重量は、コントロールが106.5g、1 分スチームベーグルが 106.6g、3 分スチームベーグルが107.0g であり、各試料間に有意な差はなかった。体積は、コントロールが231.8cm³、1 分スチームベーグルが 211.0 cm³、3 分スチームベーグルが207.7 cm³ であり、コントロールが、スチームベーグルより有意に高値を示したが、比容積においては、各試料間に有意な差はなかった。スチームベーグルの体積が小さくなった理由としては、茹で水による対流熱とスチーム加熱による凝縮熱とでは、凝縮熱の方が熱伝達率が高いため⁸⁾、ベーグル表層における澱粉の糊化が進行して、高濃

表 1 ベーグルの形状特性値

	重量(g)	体積(cm ³)	比容積(cm ³ /g)	外径(mm)	高さ(mm)
コントロール	106.5±0.5	231.8± 9.7	2.2±0.1	104.0±2.2	34.5±1.1
1分スチーム	106.6±0.4	211.0± 6.9	2.0±0.1	99.7±2.1	35.6±1.8
3分スチーム	107.0±0.5	207.7±19.8	1.9±0.2	101.2±2.4	33.1±1.1

mean±S.D. (n=3) *:P<0.05 **:P<0.01

表2 クラストの色調測定

	L*	a*	b*
コントロール	69.1±2.8	6.0±2.3	33.1±2.1
1分スチーム	69.1±0.9	6.3±0.8	34.4±0.6
3分スチーム	68.9±1.7	6.8±1.4	34.6±1.0
L*:明度 a*:彩度 b*:色相	mean±S.D. (n=3) not significant		

度ゲルのように硬くなり、膨らみにくくなったと考えられた。

外径は、コントロールが 104.0mm 、1分スチームベーグルが 99.7mm 、3分スチームベーグルが 101.2mm であり、コントロールが、スチームベーグルより有意に高値を示した。高さは、コントロールが 34.5mm 、1分スチームベーグルが 35.6mm 、3分スチームベーグルが 33.1mm であり、1分スチームベーグルが、他のベーグルより有意に高値を示した。

(2) クラストの色調測定

クラストの色調測定の結果を表2に示した。明度を示すL*値は、コントロールが69.1、1分スチームベーグルが69.1、3分スチームベーグルが68.9であった。赤みを示すa*値は、コントロールが6.0、1分スチームベーグルが6.3、3分スチームベーグルが6.8であった。また、黄色みを示すb*値は、コントロールが33.1、1分スチームベーグルが34.4、3分スチームベーグルが34.6であった。いずれの項目においても有意差はみられなかった。このことから、クラストの色調には大きな変化は見られず、スチーム加熱によるアミノカルボニル反応への影響がないことが分かった。

(3) 外観及び内相観察

ベーグルの外観及び断面図を図1に示した。外観における艶は、コントロールには無く、1分スチームベーグルはややあり、3分スチームベーグルが最もあった。ベーグルの艶には、表層部におけるデンプンの糊化が関係しており⁹⁾、

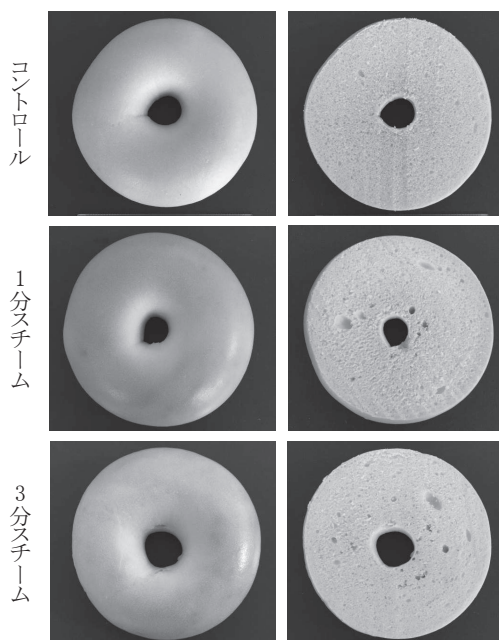


図1 ベーグルの外観及び断面図

糊化が最も進行していると考えられる3分スチームベーグルが、最も艶が出たと考えられた。また、皺は、全てのベーグルにおいて認められなかった。

内相におけるすだち及びキメは、スチーム加熱ベーグルにおいて、やや大きめの気泡が数か所に認められたが、大きな差はなかった。

(4) 水分測定

水分測定の結果を表3に示した。コントロールが33.8%、1分スチームベーグルが33.4%、3分スチームベーグルが33.9%であり、各試料間に有意な差はなかった。このことから、茹でる代わりにスチーム加熱を行っても、水分含量に影響が出ないことが分かった。また、加熱時

表3 ベーグルの水分含量

	水分含量(%)
コントロール	33.8±0.7
1分スチーム	33.4±0.5
3分スチーム	33.9±0.6
mean±S.D. (n=3) not significant	

間においても、スチーム加熱が3分までは水分含量に差がないことが分かった。

(5) 破断測定

破断測定の結果を表4に示した。クラストでは、硬さは、コントロールが 6.4×10^5 (N/m²)、1分スチームベーグルが 6.2×10^5 (N/m²)、3分スチームベーグルが 7.6×10^5 (N/m²)であり、3分スチームベーグルが、他のベーグルより有意に高値を示した。破断エネルギーはコントロールが 11.1×10^4 (J/m³)、1分スチームベーグルが 10.0×10^4 (J/m³)、3分スチームベーグルが 13.1×10^4 (J/m³)であり、硬さと同様に3分スチームベーグルが、他のベーグルより有意に高値を示した。歪率は、コントロールが31.7%、1分スチームベーグルが29.0%、3分スチームベーグルが32.3%であり、1分スチームベーグルが、他のベーグルより有意に低値を示した。これらのことから、3分スチームベーグルが最も硬いことが分かった。原ら¹⁰⁾は、クラストはゆで時間が長いほど破断エネルギーが大きくなったと述べているため、本実験においても、3分スチームベーグルが、他のベーグ

ルよりも加熱時間が長いため、ベーグルの表層部の糊化が進行し、クラストが厚くなることによって、硬さが増したと考えられた。一方、歪率60%の応力をクラムの硬さとして解析した結果、コントロールが 2.9×10^5 (N/m²)、1分スチームベーグルが 3.1×10^5 (N/m²)、3分スチームベーグルが 3.4×10^5 (N/m²)であり、3分スチームベーグルが、他のベーグルより有意に高値を示した。3分スチームベーグルが他に比べて硬い理由として、断面図の観察からは認められなかったが、体積が小さいことから気泡が少なくクラムが詰まっているため、クラムが硬くなっていると考えられた。また、コントロールと1分スチームベーグルを比較すると、クラスト及びクラム共に有意な差は出ていないため、加熱方法の違いによる硬さの影響は少ないと考えられた。

(6) 官能評価

フリードマン検定及び試料間の有意差検定を行い、分析型及び嗜好型の各評価項目について順位平均及びF値を表5に示した。また、フリードマン検定で有意差が認められた項目について、試料間の有意差検定をシェッフェの多重比較で行い、併せて表5に示した。分析型官能評価では、艶は、3分スチームベーグルが最も艶があるとされ、甘味は、有意な差がなかった。食感における硬さは、3分スチームベーグルが最も硬いとされ、破断測定の結果と一致した。官能評価においても、コントロールと1分スチーム

表4 ベーグルの破断特性値

	クラスト			クラム
	硬さ $\times 10^5$ (N/m ²)	破断エネルギー $\times 10^4$ (J/m ³)	歪率(%)	硬さ $\times 10^5$ (N/m ²)
コントロール	6.4±0.7	11.1±2.4	31.7±4.6	2.9±0.5
1分スチーム	6.2±0.6	10.0±1.8	29.0±3.6	3.1±0.4
3分スチーム	7.6±0.7	13.1±2.3	32.3±3.6	3.4±0.5

mean±S.D. (n=3) **:P<0.01

表5 ベーグルの順位法による官能評価

	項目	コントロール	1分スチーム	3分スチーム	F値	検定
分析型	艶 (艶のあるものが1位)	2.3	2.1	1.6	17.5	**
			* **			
	甘味 (甘味が強いものが1位)	2.1	1.9	2.0	2.0	n.s.
嗜好型	硬さ (硬いものが1位)	2.4	2.1	1.5	30.1	**
			* **			
	硬さ (好ましいものが1位)	1.8	2.1	2.1	3.0	n.s.
	香り (好ましいものが1位)	1.9	2.1	2.0	1.3	n.s.
	総合評価 (好ましいものが1位)	1.9	2.0	2.1	1.3	n.s.

表中の数値は順位平均 n=73

*:P<0.05 **:P<0.01 n.s.:not significant

ベーグルとの間には有意な差がなく、同程度の硬さであると評価された。嗜好型官能評価では、「硬さ」、「香り」、「総合評価」のいずれにおいても有意差がみられなかった。このことから、ベーグルの好ましきについては、個人の嗜好の影響が大きく、3試料間に有意な差が認められなかったものと推測された。また、コントロールと1分スチーム加熱との間に評価の差がなかったため、茹でる代わりにスチーム加熱を利用しても、同時間の加熱であれば、同様の品質で作製できることが示唆された。

4. 要約

ベーグルは、二次発酵後に茹でるが、この操作に代わって、スチーム加熱を利用したベーグルを作製し、形状測定、色調測定、外観及び断面図の観察、水分測定、破断測定、官能評価を行い、以下の結果を得た。

- (1) 形状は、体積及び外径において、スチームベーグルの方が有意に低値を示し、高さは、1分スチームベーグルが最も高かった。
- (2) クラストの色調や水分含量には有意な差はなかった。
- (3) 破断測定では、クラスト及びクラムの硬

さ共に、3分スチームベーグルが最も高値を示した。

- (4) 分析型官能評価は、3分スチームベーグルが最も硬いと評価され、嗜好型官能評価は、全ての項目で有意な差が得られなかった。

以上の結果から、コントロールに比べるとスチームベーグルは、形状がやや小さくなるが、嗜好型官能評価の結果からは、有意な差がなかったため、茹でる代わりにスチーム加熱を行っても、同程度の品質でベーグルを作製できることが示唆された。

5. 謝辞

本研究の遂行に際し、官能評価にご協力頂きました本学学生の皆様に深謝申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 赤石(喜多) 記子、五月女まりえ、小林愛美、山下美恵、長尾慶子(2011) スペルト小麦パンの物性・機能性・嗜好性に及ぼす各種発酵液添加の影響、日本調理科学会誌、44, 153-162
- 2) 大石恭子、渋谷祥子(2008) 過熱水蒸気が

- 焼成品の調理特性に与える影響、日本調理科学会誌、41, 19-25
- 3) 肥後温子、大坪俊輔、大楠秀樹、井部奈生子 (2016) 米粉, 雑穀粉, 全粒粉を含む10種類の穀粉製ケーキ菓子の官能評価、日本調理科学会誌、49, 232-242
- 4) 柴田圭子、三好恵子、渡邊容子、安原安代 (2006) スチームコンベクションオープンによるゆでおよび蒸し加熱が大豆中のイソフラボン誘導体に及ぼす影響、日本栄養・食糧学会誌、59, 305-312
- 5) 田村朝子、中曽根真未 (2016) 真空調理法および通常調理法を用いた根菜煮物のできばえの比較、人間生活学研究、7, 21-32
- 6) B A R E L & B A G E L (2009) BAGEL&BAGEL オリジナルレシピ集、06-07、株・パルコ、東京
- 7) 柴田書店・編 (2009) ベーグルマスターブック、30, 55, 65, 75, 85, 93, 103, 111, 119, 129, 株式会社柴田書店、東京
- 8) 化学工学会 SCE・Net (2011) 熱とエネルギーを科学する、110-111、東京電機大学出版部、東京
- 9) 竹谷光司 (2006) 新しい製パン基礎知識 (改訂版)、150、株・パンニュース社、東京
- 10) 原たつえ、中ノ瀬千尋、高崎房子、梅國智子、大家千恵子 (2004) ベーグルの調理特性、日本調理科学会誌、37, 292-298

