

石を使わずにつくる焼き芋の簡易調理法の開発(IHヒーターの場合)

著者名(日)	品川 弘子, 哥 亜紀, 山中 咲 [他]
雑誌名	紀要
巻	VOLN5
ページ	31-35
発行年	2013-03-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1345/00003321/

原著論文

石を使わずにつくる焼き芋の簡易調理法の開発－IH ヒーターの場合－

品川弘子 哥 亜紀 山中 咲 樋山直美

Study on Convenient Method of Cooking for Baked Sweet Potato in Pot

－ Case of Induction Heating Cooker －

Hiroko Shinagawa, Aki Uta, Saki Yamanaka and Naomi Hiyama

The cooking for baked sweet potatoes in Japanese deep frying pot with a IH (Induction Heating) as a gas cooker have been tried out to obtain the equivalent to Ishiyaki-imo. Heating conditions were tested for the temperature and duration of the cooking. In the case of IH, it was not exactly the same as the heating conditions of a gas cooker (for 30 or 35 min). It was found that the heating for 60 or 55 min. in a weak or middle of thermal power can give the highest saccharinity. After 25 min. heating, wapped the sweet potatoes twice with aluminum foil were turned over. The IH was equivalent to the gas cooker in sweetness. The sensory evaluations with respect to the color, flavor, sweetness, texture and total evaluation were not significantly preferred between the IH and gas cooker. It was recognized that the IH method has the same baked sweet potato as Ishiyaki-imo which was cooked by heating gentry in a mass of pebbles.

1. 緒言

これまでに著者らは石を使わずに家庭でも簡単に作れる焼き芋を作る方法として、小石の代わりにアルミ箔で包んだサツマイモを「天ぷら鍋」に入れ、ガスコンロの弱火で焼き上げる調理方法を見出した¹⁾。この方法によるとガスコンロの弱火で 30 分間加熱することにより手軽に美味な焼き芋をつくることができる(焦げ目を均一に付すため途中で天地変えを行う)。この方法はオープン加熱原理を応用したものである。オープンの伝熱方法は、庫内の対流熱、天板からの伝導熱、庫壁からの放射熱に起因することから、もっとも石焼き芋に近い「焼き芋」が作れることが判明した。ここでは、サツマイモに多量に含まれるβ-アミラーゼ^{2) 3) 4)}が加熱中に最適温度で十分に作用し、糖度が増し石焼き芋と遜色ない美味な焼き芋となった。

酵素の失活については、加熱以外に pH、塩濃度、溶媒、他の酵素による要因なども知られているが⁵⁾、サツマイモの酵素作用は 60～70℃で活発に働き、加熱調理器

の火力および加熱温度と時間に依存し、澱粉の糊化温度とも関係が深く澱粉の非還元末端基から規則的に正しく麦芽糖に加水分解されると考えられている^{6) 7) 8) 9)}。

近年は、家庭で使う調理器具として、ガスコンロの他に IH 加熱調理器^{10) 11) 12)} (以下、IH と略す) も増えている。しかし、IH を用い、小石を使わずに焼き芋を作る調理方法に関する研究は未だ見当たらない。

そこで本実験では、ガスコンロの代わりに IH を用い、家庭でも簡単に美味な「焼き芋」を作る調理法の開発を目的とし、加熱温度や加熱時間を検討し若干の結果が得られたので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

実験に用いたサツマイモ (なると金時: JA 全農とくしま産) は 10 月～11 月末までの期間に同一販売者から購入し、購入後 2 週間以内に実験に用いた。購入後は室温 (23±2℃) で保存した。一般的に芋の形状は中央

keywords: IH (Induction Heating), baked sweet potato, cooker, saccharinity, sensory analysis, pot
東京聖栄大学健康栄養学部

部より両端が細くなるが、試料に用いたサツマイモはなるべく形の整った芋を選び(中央部の直径 $5.2\pm 0.4\text{cm}$)、皮付きのまま両端を切り落とし、長さ $14.0\pm 0.2\text{cm}$ に揃えた(1本の重量:200~250g)。

2.2 調理方法¹⁾

加熱調理器はIH (Induction Heating : KZ-PH31、パナソニック株式会社製)を用い、IH 以外の器具類は既報¹⁾に準じて実験を行った。

鍋は家庭用の天ぷら鍋(片手付き、直径20.0cm、高さ15.0cm、ヒロショウ製)を用い、オープンおよび石焼加熱と同様な熱伝導を可能とするため、一度軽く丸めて皺を作り、凹凸状態にしたアルミ箔でサツマイモを二重に包んだ。蓋には二枚重ねにしたアルミ箔を用い、中央に2箇所穴を開け(各直径0.6cm)、ここから防水型デジタル温度計(MODEL SK-250WP II-K、佐藤計量器製作所製)の温度センサーを差し込み、これらの条件下で鍋内の温度および芋の中心温度を3~5回測定した。焼き芋としての加熱終了の目安は、サツマイモに竹串を刺し、串がすっと刺さるまでの時間とした。

もともと小石を使わず鍋で焼き芋を作るという著者らの発想は、オープンの伝熱方法を「鍋」で行うという観点からガス加熱(火力:弱火、加熱時間:30分)により成功したものである¹⁾。今回、予備実験としてIH調理器を用いガス加熱と同様の条件下でサツマイモを加熱し、30分後にサンプリングしたところ、食味には不適当な「ごり芋」^{13) 14) 15)}の状態であった。

すなわち、IHの弱火設定で30分間加熱しても美味な焼き芋を作ることができないことが判明した。

そこでまず、IH調理器による鍋内での伝熱の変化を調べることにした。火力を弱火、中火、強火の3段階に設定し、各鍋中にサツマイモ2本を入れた場合と入れない場合について、鍋内の温度上昇ならびにサツマイモの中心温度を測定した。加熱時間は、竹串がすっと刺さる時点を目安に予備実験を行った結果から60分までとした。サツマイモは一本ずつ皺状にしたアルミ箔で二重に包み¹⁾、均一な加熱および焦げ目を付すため加熱開始後25分で天地変えを行った。

2.3 IH加熱調理器^{10) 11) 12)}

IHは電磁調理器とも言われ、炎のない新しい仕組みを持ち近年認知度が高まっている。その仕組みは、ガラスストッププレートの下に磁力発生コイルがあり、このコイルに電流が流れると磁力線が発生する。この磁力線が鍋底を通ると渦電流が起り、鍋底の金属の電気抵抗に

よってジュール熱が発生して鍋底自体が発熱する仕組みとなっている。故に、IHで使用できる鍋は底が平らであり、鍋の素材は磁力に反応する鉄やステンレスに限られていた。しかし2002年以来、「オールメタル対応IH」という製品が出回り、現在はアルミや銅の鍋も使える。IH加熱の調理器といえば、現在多くの家庭で使用されている「IH炊飯器」(1988年発売)がもっとも身近なものと言える。

IHの火力はごく弱火から強火までの火力の設定ができ、これを一定の時間保つことができる。ただし、ガスコンロの場合炎が周囲に向かうので、鍋の側面周辺部のほうが熱くなるが、IHの場合は鍋底部分がもっとも熱くなり、また加熱むらが起こるという特徴がある。

2.4 糖度の測定

予めセラミック製のおろし器ですりおろした生および加熱したサツマイモをブレンダー(Oster Blender ST-2、OSAKA CHEMICAL製)付属のガラス容器(容量:250ml)に20gを精秤し、希釈倍数が4~5倍となるように水を加え、水と共に60秒間磨砕し、ろ紙でろ過後の液を糖度計(APAL-1、アタゴ製)で測定した。生および加熱後の糖度は次式により求めた¹⁶⁾。すなわち、糖度=糖度計の読み(Brix%) \times 希釈倍数 \times 100/(100-重量減少率(%))として算出した。測定部位は各調理法に用いた1本の芋を3等分し、その中心部から切り取った円柱(高さ $2.0\pm 0.2\text{cm}$)を各測定し、1本分の値とした。測定回数は火力別に行った実施回数と同様とした。

2.5 色調

分光測色計(CR-13、コニカミノルタ製)を用いてハンター尺度の $L\cdot a\cdot b$ 値を測定した。測定部位は糖度と同様にし、その切り口の断面について中心部およびその外側を含めた5箇所を測定した。

2.6 官能評価

2点比較法により、「ガス加熱」および「IH加熱」による焼き芋2種類について、「色」「風味」「食感」「甘味」「総合評価」の項目を評価した。評価法は識別および嗜好試験を行った。パネルは東京聖栄大学健康栄養学部の学生30人とし、同大学官能評価室にて平成24年11月20日に実施した。官能評価の実施に当たり、パネルには事前に実験の目的などを説明し協力を得た。「同意書」については、本学倫理委員会の助言により学務課ならびに教務委員会に報告した。

3. 実験結果および考察

3.1 IHによる加熱温度および加熱時間

空鍋の状態での加熱時間と鍋内の温度およびサツマイモ2本をいれた場合の鍋内温度、サツマイモの中心温度を測定し、弱火設定の結果を Figure 1 に、中火設定の結果を Figure 2 に、強火設定の結果を Figure 3 に示した。加熱開始時の芋および室温は $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ であった。

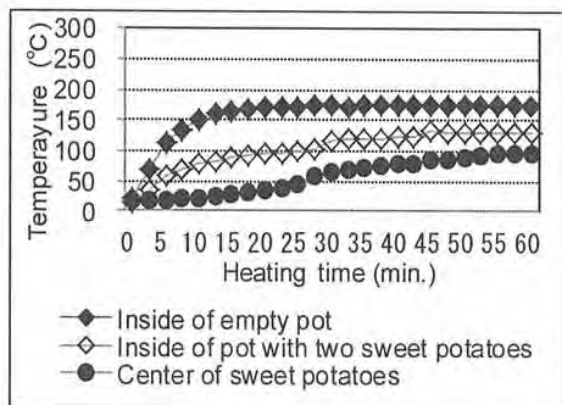


Figure 1 Temperature of heating in weak of thermal power

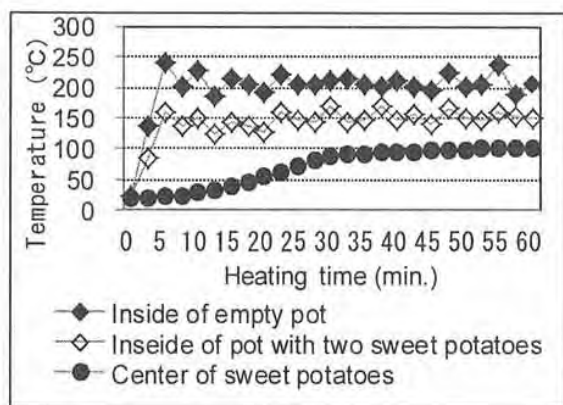


Figure 2 Temperature of heating in middle of thermal power

空鍋内の温度は、弱火設定の場合、立ち上がり 10 分で 150°C 、その後は $170^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ にほぼ一定に保たれた。しかし、中火および強火設定では、各温度を平均的に保つため調理器自身が増したり減したりしながら加熱が行われた。中火および強火設定では加熱 5 分後に 240°C まで上昇し、その後は約 200°C を保ったが、強火のほうが平均的に 10°C 高かった。

いずれの温度設定においてもサツマイモを入れた鍋内

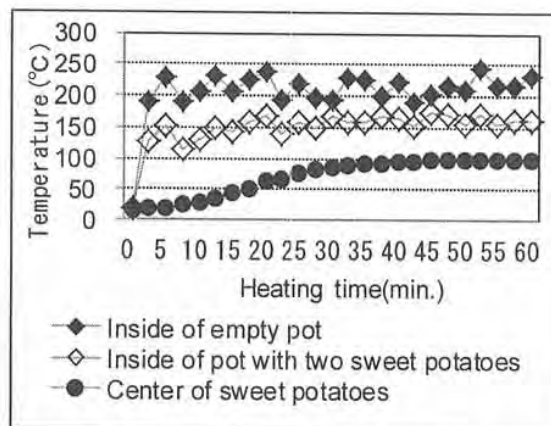


Figure 3 Temperature of heating in strong of thermal power

の温度は低下し、同様な条件下におけるガス加熱のように 200°C まで上昇しなかった。立ち上がり後の温度は、弱火では $80 \sim 140^\circ\text{C}$ 、中火および強火は $140 \sim 160^\circ\text{C}$ であったが、中火より強火のほうが平均的に約 8°C 高かった。天地変えによる温度の影響は見受けられなかった。

3.2 サツマイモの温度と糖度

竹串がすっと刺さる状態になったのは、弱火設定の場合は加熱 55~60 分 (Figure 1)、中火設定の場合は 50~55 分 (Figure 2)、強火の場合は 35~40 分 (Figure 3) であった。いずれもデンプンが充分糊化されている温度帯 $90 \sim 98^\circ\text{C}$ であり、相対糖度 3.6 が得られ、既報¹⁾ のガス加熱と同様の傾向が示された。しかし、強火の焼き芋は明らかに焦げ臭が強かった。強火の場合、天地変え後に一気に温度が上昇し竹串がすっと刺さる状態になり、徐々に焦げ臭が強くなったことが起因すると考える。各火力設定温度において、天地変えを行った 25 分後の芋の中心温度は $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 付近であった。この温度帯はデンプンの糊化が開始し β アミラーゼが活発に作用している¹⁷⁾¹⁸⁾ と推察された。また、 $30 \sim 70^\circ\text{C}$ までの温度上昇時間を 20 分間保つことが甘い焼き芋をつくるコツであるとされているが¹⁾、本実験でも同様な傾向が示された (Figure 1, 2, 3)。IH の弱火加熱 30 分では、芋の中心温度は 60°C 程度で、糖度を調べると相対糖度 2.5 であった。相対糖度は生芋の糖度に対する加熱芋の相対的糖度で示した。この温度帯のサツマイモデンプンは糊化が不十分であるため「ゴリ芋」^{13)~15)} 状態となり竹串がすっと刺さらなかったと考える。この結果から、IH 加熱の場合、弱火で 30 分というガス加熱と同様な条件下では焼き芋を作ることができないことが認められた。

以上の結果から、IH 調理器を用いて小石を使わず手軽に焼き芋を作るには、弱火では 55~60 分、中火では 50~55 分の加熱が必要であることが明らかであった。

すなわち、ガス加熱同様に芋を皺状のアルミ箔で二重に包み、IH 対応の天ぷら鍋に入れ、加熱開始後 25 分に天地変えし、蓋をして再び 30~25 分加熱すれば焼き芋となることが認められた。IH 加熱がガス加熱の約 2 倍の時間を必要とするのは、芋を入れた場合、鍋内がガス加熱のように 200℃まで上昇せず、最高でも 160℃という低い温度に保たれていたことが要因と思われる。弱火と中火との肉眼的な違いは、焦げの状態において、前者が薄く、後者が幾分濃く「焼き芋」らしいと思われた点

である。一方、強火では 35 分の短時間で焼き芋となったが、焦げ臭が強すぎるため焼き芋として望ましくないと思う。これは、IH では鍋底のみが加熱されるという仕組みため、強火で強く加熱されて焦げが付与され、その結果焦げ臭が強い焼き芋になったと考える。なお、蒸気抜きの穴がない蓋を使用する場合は、IH においても安全面での観点から加熱と蒸気による温度上昇を適度に調節するため、鍋の淵から竹串の太さ分だけずらして蓋をするのが望ましい¹⁾と考える。

3.3 色調の変化

各調理法で加熱したサツマイモと生のサツマイモの色調 $L \cdot a \cdot b$ 値を測定し Table 1 に示した。

Table 1 Hunter's values of baked sweet potatoes

	L	a	b	Observation
Raw sweet potato	83.1 (0.7)	2.9 (0.9)	23.0 (2.5)	light yellow
IH (middle thermal power)	62.7 (3.4)	-1.3 (0.8)	26.3 (1.7)	light green-yellow
Gas (weak caloric force)	62.2 (5.7)	-1.4 (0.7)	21.8 (4.8)	light green-yellow

n: 10 (): S.D

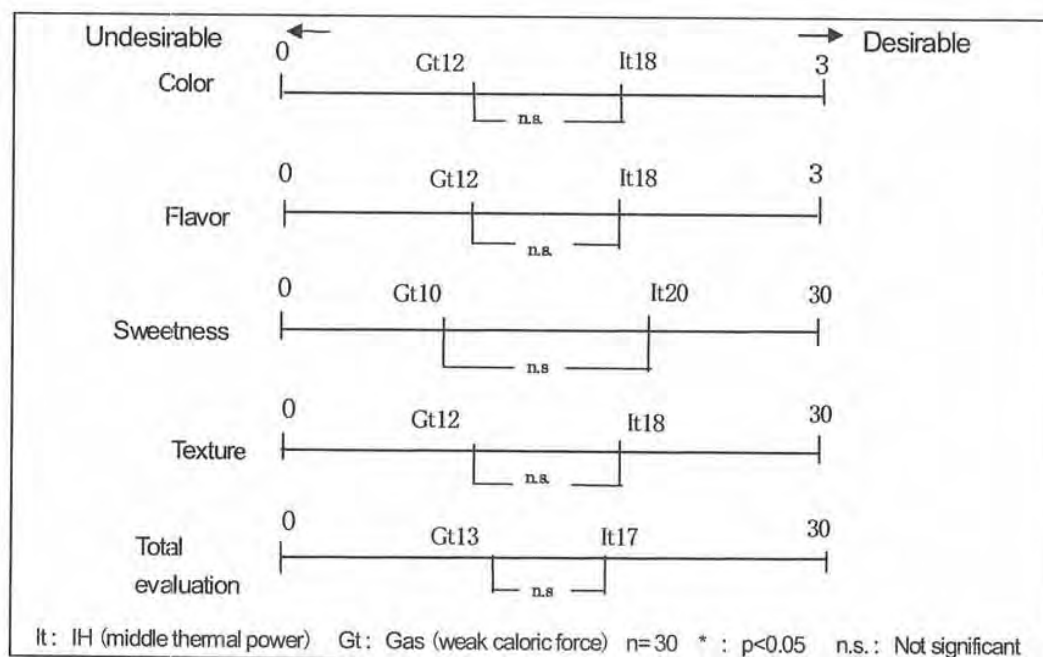


Figure 4 Grade of sensory analysis by paired preference test on baked sweet potatoes

生の芋は明るく淡い黄色であった。加熱後は明度が低下したが、*b* 値には大きな変化は見られず、*a* 値がマイナス方向に移動し、黄を帯びた薄い緑色に変化した。これはサツマイモに含まれるクロロゲン酸に起因するものと思われる。

3.4 官能評価

IH で加熱した焼き芋が食味に与える影響を調べるため、2 点比較法により官能評価を行った。

比較の焼き芋として「ガス加熱(弱火で 30 分)の焼き芋を用いた。IH 加熱の試料は中火で 55 分の焼き芋を用い、有意水準 $\alpha = 5\%$ で検定した。

Figure 4 に嗜好試験の結果を示したが、質問項目は識別試験についても同様である。検定結果は識別および嗜好試験のいずれの項目についても有意な差が得られなかった。

すなわち、「IH 加熱(中火で 55 分)の焼き芋」と「ガス加熱(弱火で 30 分)の焼き芋との間には、食味による差はなく、どちらの調理器で作っても食味の評価は同じであるという結果であった。つまり、「IH 加熱(中火で 50~55 分)の焼き芋」の調理法は「ガス加熱(弱火で 30~35 分)」の焼き芋と同様な焼き上がりとなると考える。今回は中火加熱の試料を用いたが、先に述べた実験結果からも(Figure 1)、弱火加熱のもの(55~60 分)でも同様な結果が得られると推察した。

4. 要約

これまでに、鍋を用いて美味しい焼き芋をガスコンロで手軽に作る調理法を開発した(弱火で 30~35 分加熱)。本実験では、ガスコンロの代わりに IH 調理器具を使い加熱時間および温度設定を検討した。鍋は家庭用天ぷら鍋を用い、皺状にしたアルミ箔でサツマイモを 2 重に包み、IH(火力設定:弱・中・強)で各加熱した。均一に伝熱するため加熱後 25 分で天地変えを行った。

IH の弱火設定の場合、30 分では「ごり芋」状態であったため食味が不可能であった。IH の弱火あるいは中火の設定では、前者は 60 分、後者は 55 分の加熱が必要であった。強火の場合には 30 分後に食味可能となったが、かなり焦げ臭が強い焼き芋であった。IH 加熱とガス加熱で調製した各焼き芋について、2 点比較法による官能評価を行った結果、有意差は得られず、いずれも同様な評価となった。つまり、IH 加熱の場合は、弱火あるいは中火に設定にし、60 分あるいは 55 分の加熱をすれば「石焼き」と同様な焼き芋になることが認められた。

5. 謝辞

官能評価に協力していただいた本学の学生に厚くお礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1) 品川弘子・根本勢子:東京聖栄大学紀要、第 4 号、P. 15-20 (2012)
- 2) 河野昭子・石川和江・川本智・南森隆司:家政誌、62、11、701 (2011)
- 3) Balls A.K. Thompson R.R. and Walden, M.K., J. Biol. Chem., 163, 571 (1946)
- 4) Takeda Y. and Hizukuri S.: Biochem. Biophysics. Act. 185, 469-471 (1969)
- 5) P.M. GAMAN and K. B. SHERRINGTON: THE SCIENCE OF FOOD, THIRD EDITION (1990): 中浜信子監修・村山篤子・品川弘子訳:食物科学のすべて、154、建白社 (2000)
- 6) Dual Boyer, Henry Lardy and Kale Myrback: The Enzyme, 2nd ed. Academic Press, New York and London, 4, 345 (1960)
- 7) 山崎清子・島田キミエ・渋谷祥子・下村道子・市川朝子・杉山久仁子:NEW 調理と理論、P. 169 (2011)
- 8) 佐藤秀美:おいしさをつくる「熱」の科学、柴田書店 (2009)
- 9) 調理科学学会編:総合調理科学事典、光生館 (2003)
- 10) 中山由美子:日本調理科学会誌、Vol. 39, No. 2 (2006)
- 11) 香西みどり:調理がわかるぶつり・化学の基礎知識、P. 126-127、光生館 (2010)
- 12) 杉田浩一:料理のコツを科学する、P. 199-202、青春出版社 (2002)
- 13) 大越ひろ・品川弘子編著:健康と調理のサイエンス—調理科学と健康の接点— [第 3 版]、P. 136-137、学文社 (2011)
- 14) 川端晶子・大羽和子:健康調理学、p. 127、学健書院 (2004)
- 15) Linda G. Bartolome and Johan E. Hoff:J. Agric. Food Chem., 20 (2), P. 266-270 (1972)
- 16) 大羽和子・川端晶子編著:調理科学実験、P. 69、学建書院 (2007)
- 17) 竹田千重乃・檜作進:農化、48、663 (1974)
- 18) 別所秀子:調理科学、5、12 (1972)