

通電加熱技術の食肉加工品製造への応用

Meat Processing using Ohmic Heating

北海道立食品加工研究センター

〒069-0836 北海道江別市文京台緑町 589-4

Tel 011-387-4111/ Fax 011-387-4664

応用技術部 熊林義晃 : kumabayashi@foodhokkaido.gr.jp

食品開発部 井上真人 : inoue@foodhokkaido.gr.jp

Yoshiteru Kumabayashi : kumabayashi@foodhokkaido.gr.jp

Sadahito Inoue* : inoue@foodhokkaido.gr.jp

Department of Applied technology

*Department of Food Product Development

Hokkaido Food Processing Research Center

Midorimachi589-4, Bunkyou dai, Ebetsu, 069-0836, Japan

Phone +81-11-387-4111/ Fax +81-11-387-4664

研究の分野

食品を電気導電体とみなし、交流電流を流すことにより食品自体を直接発熱させる通電加熱技術は、加熱効率が低いこと、迅速加熱が可能なことなどの特長を有している。通電加熱技術の特徴を活かせる分野として新たに食肉加工品の製造分野に着目した。

研究の目的

食肉加工品の加熱は、一般に外部からの熱伝導による加熱が行われている。このためボンレスハムのスライスパック製品の原料となるスライス原木等の大口径の製品では、加熱に長い時間を要することになり、食肉加工品の生産工程では加熱時間が律速となる。特に年末などの贈答用製品製造の繁忙期における加熱工程の負担は非常に大きくなることから、加熱工程の効率化、改善が望まれている。

本研究では、ボンレスハムの加熱工程の処理時間短縮を目的に、塩漬肉を試料として通電加熱技術の食肉加工品製造への利用方法や試作品の品質について検討した。

研究の成果・将来への展望

通電加熱技術を用いることで、従来品とほぼ同等の品質のものを短時間で仕上げることができた。通電加熱技術は食肉加工品の加熱処理時間の短縮に有効な技術であることを示した。また、電流値を操作することで食感を調整できることも見出し、特徴ある製品の製造が可能となる技術と考えられる。既存のスモークハウスと組み合わせた併用加熱のための装置開発や新しい食肉加工用加熱装置の開発につながる。

1. はじめに

近年の食肉加工品は、消費形態の変化からスライスパック製品の伸びが著しくなっている。食肉加工品の加熱では、外部からの熱伝導による加熱が一般に行われており、スライスパック製品の原料となるスライス原木等の大口径の製品は、加熱に長い時間を要する。また、食肉加工品の生産量は、年末の贈答用製品製造の繁忙期には平常月の2～3倍量にも及び、年間を通してみた生産量の変動が大きくなっている。生産工程では、加熱時間が律速となり処理能力が固定していることから、繁忙期の加熱部門にかかる負担は非常に大きくなっている。これらのことから、加熱工程の効率化、改善が望まれている。

通電加熱技術は、食品自体を電気導電体とみなし、交流電流を流すことにより食品自体を直接発熱させる技術であり、加熱効率が低いこと、迅速加熱が可能なことなどの特長を有している。この技術は既にかまぼこの製造、豆乳加熱によるとうふの製造やパン粉用原料パンの焼成などに用いられている^{1) 2) 3)}。

本研究では、ボンレスハムの加熱工程の処理時間短縮を目的に、塩漬肉を試料として通電加熱技術の食肉加工品製造への応用を検討した。

2. 実験方法

加熱試料はスライス原木サイズのボンレスハムを供した。豚もも肉を整形して、食塩 7%、リン酸塩 3.5%、亜硝酸ナトリウム 0.06%、調味料を含むピクル液を原料重量対比 20%量注入し、冷蔵庫（5℃）で3日間塩漬した。

塩漬済みの肉は、ファイブラスケーシング No5N サイズ（充填直径 92 mm）に重量 2～3 kg、長さ 30～45 cm 程度の大きさに充填して加熱試料とした。なお、試験区は通電を行うため、両端結紮部の内側にチタン製の電極板兼円形スペーサ（直径 90 mm、厚み 5 mm）を装填した。この電極板には、ファイブラスケーシングの外部から先端部が鋭利な複数の金属棒を押し当てることで接触させ、ケーシング外部から電圧を印加した。（図 1）



図 1 加熱試料外観

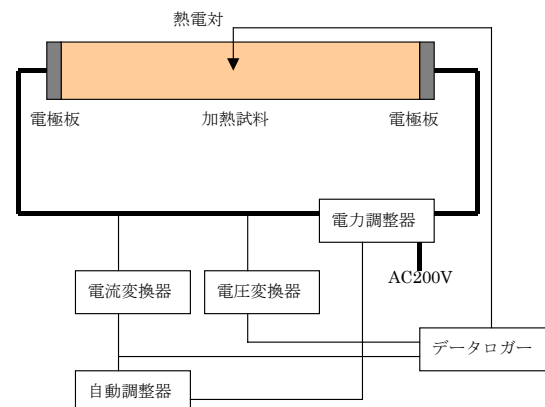


図 2 通電加熱試験装置ブロック図

図 2 に通電加熱試験装置ブロック図を示した。試験装置は電力調整器（富士電機製 RPBE2040）を主部品とした自作品を用いた。試料の温度は熱電対を用いて、また印加した電圧と電流は電力用トランスデューサである電流変換器（横河 M&C 製 237400-35）及び電圧変換器（横河 M&C 製 237400-34）を用いてデータロガー（アドバンテスト製 7326B）で記録した。な

お電流は、図示しない変流器（富士電機製 FRC-5-26）を用いて電流変換器に接続した。電圧の印加は、所定の電流値になるように 200~0V の範囲で調整した。この調整は自動調整器（オムロン製 E5EK-AA201）を使用した定電流制御で行った。

加熱試験は、対照区では、スモークハウス（ドイツ アスカ社製）により熟成、乾燥、燻煙、蒸煮の 4 工程で各々室温を 60℃、70℃、75℃、80℃で加熱し、最終中心温度を 72℃まで加熱したのち、冷却した（図 3 参照）。通電加熱の試験区では、電流値 5A、10A で中心温度を 72℃まで昇温した後、スモークハウス（燻煙設定・室温 72℃）で 40 分間保持したのち、冷却した。

通電加熱品とスモークハウス加熱品の品質の評価は以下の項目について行い、比較検討した。断面の色調は色彩色差計（ミノルタ製 CR-30）を使用してハンター表色法により測定した。ゲル強度（最大応力、突刺深度）はレオメータ（サン科学製 CR-200D）で直径 10 mm 球形プランジャーを使用して測定した。保水性は加圧濾紙重量法により、亜硝酸残留根は公定法により測定した。加熱歩留りは、冷却後の製品重量と加熱前の充填重量の比から算出した。

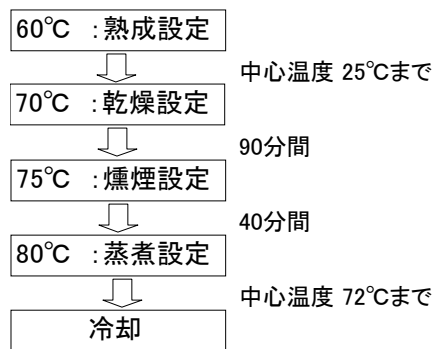


図 3 スモークハウスによる製造フロー図

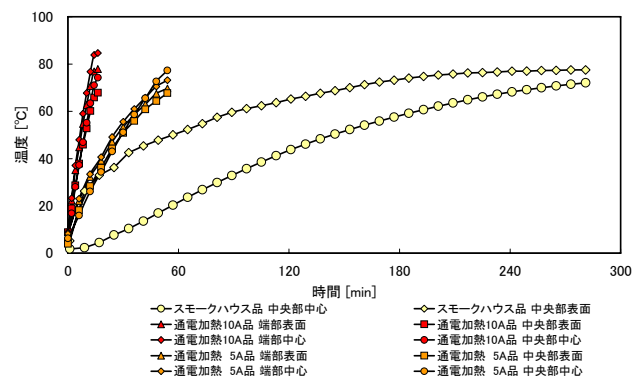


図 4 通電加熱,スモークハウス加熱による昇温特性

3. 実験結果及び考察

図 4 に通電加熱とスモークハウス加熱による昇温特性を示した。この昇温特性には冷却と通電加熱における燻煙工程の期間は含まれていない。試料の中心温度が 72℃に達する所要時間は、スモークハウス加熱では約 4 時間、通電加熱の電流値が 5A の場合は約 50 分、電流値が 10A の場合は約 15 分であった。スモークハウス加熱では、表面部分の昇温が中心部に比べて早く、約 2 時間で 72℃に到達し、中心部と表面部の温度差は最大 30℃になった。通電加熱は、スモークハウス加熱に比べると、中心部と表面部の温度差は小さいが、電極付近の端部の昇温が中央部よりも早い傾向が見られ、また試料の中心部分が表面部分よりも早い傾向が見られた。電流値 10A 品はこの傾向が顕著であった。中心部と表面部の温度差は、電流値が 5A の場合では最大 7℃に、電流値が 10A の場合では最大 18℃になった。

通電加熱における電極付近の端部と中央部との温度差の発生は、電極板と肉との接触面に接触抵抗が存在していることが原因と考えられる。この接触抵抗の値が肉自体の抵抗値よりも大きい場合、同じ電流値が流れても接触面での発熱の方が大きくなる。このことから接触面には肉自体の抵抗値よりも大きな接触抵抗が存在し、この接触面での大きな発熱が電極板付近の端面の温度をより上昇させていると考えられる。電流を大きくすると発熱量は電流の二乗に比例するため、温度差も大きくなる傾向があると考えられる。試料の中心部分と表面部分との温度差の発生は、

表面部分からの放熱の影響が大きいことが原因と考えられる。

表1に加熱製品の評価結果を示した。試料の部位により、昇温特性に違いが見られたため、試料端部と中央部とに分けて評価した。評価結果は、スモークハウス加熱品の中心部を基準にt検定を行った。スモークハウス加熱品の端部の水分値は、他に比べて小さな値を示した。また、通電加熱10A品の水分値は高い傾向が見られ、加熱歩留りも高い値となって表れた。これは加熱に要する時間の長短による水分の蒸発量が影響していると考えられる。色調は、通電加熱10A品の中心部のa値が大きな値を示した。ゲル強度の突刺深度は、通電加熱10A品の端部、中心部とも、他に比べて大きな値を示した。通電加熱品の亜硝酸残根は、他に比べて小さな値を示した。他の項目は有意差がなく、スモークハウス加熱品と同等の品質と考えられる。

食味試験の結果は、スモークハウス加熱品と通電加熱5A品とは、肉質がしっかりとした食感で両者に差は感じられなかった。通電加熱10A品は、他とやや異なり、多汁質でしっとりとした良好な食感に仕上がっていた。通電加熱10A品の食感の違いは、突刺強度の値の違いとなって表れていると考えられる。

表1 品質評価結果

| 処理方法 | 部位 | 水分[%] | 断面色調 | | | ゲル強度 | | | | |
|-----------------|-----|-------|------|-------|-----|---------|----------|--------|------------|----------|
| | | | L値 | a値 | b値 | 最大応力[g] | 突刺深度[mm] | 保水性[%] | 亜硝酸残根[ppm] | 加熱歩留り[%] |
| 通電加熱5A | 端部 | 69.0 | 65.7 | 11.7 | 6.1 | 3737.8 | 11.9 | 88.7 | 47.5* | 87.1 |
| | 中心部 | 69.6 | 60.9 | 13.3 | 6.2 | 2469.8 | 10.5 | 88.0 | 58.0* | |
| 通電加熱10A | 端部 | 73.0 | 66.4 | 11.6 | 4.7 | 3591.8 | 14.3* | 89.5 | 55.0* | 90.9 |
| | 中心部 | 72.0 | 62.8 | 14.4* | 5.9 | 2975.8 | 15.9* | 83.5 | 55.2* | |
| スモークハウス (基準) | 端部 | 65.9* | 63.5 | 12.4 | 5.4 | 2402.8 | 11.8 | 87.8 | 65.9 | 88.2 |
| | 中心部 | 70.8 | 64.7 | 11.8 | 4.9 | 3205.8 | 9.7 | 86.3 | 66.3 | |

*印は、t検定により危険率5%でスモークハウス中心部に対して有意差が認められるもの。(n=5)
 *加熱歩留りについてはt検定を行っていない。

4. 要約

ボンレスハムの加熱工程の処理時間短縮を目的に、塩漬肉を試料として通電加熱技術の食肉加工品製造への応用を検討した。

通電加熱技術を用いることで、従来品とほぼ同等の品質で短時間に仕上げることができ、通電加熱技術は加熱処理時間の短縮に有効な技術と考えられる。また、電流値を操作することで食感などの品質を調整できる可能性も見出され、特徴ある製品の製造が可能となる技術と考えられる。

5. 文献

- 1) 柴 眞,水産ねり製品の加熱における時間短縮の効用,食品と科学,3,94-98(1987).
- 2) 清水康夫,通電式製パン法とチタン通電極板について—チタンの科学と生物学的安全性について—,食品と科学,5,114-117(1988).
- 3) 吉川滉一,豆乳内部加熱でニガリ 100%豆腐,食品と科学,8,125-126(1996).