

平成22年 3月31日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20780184

研究課題名（和文）過熱水による食品殺菌技術の開発並びに殺菌機構の解明

研究課題名（英文）Decontamination of microorganism by superheated water

研究代表者

五月女 格 (SOTOME ITARU)

農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 任期付研究員

研究者番号：90469833

研究成果の概要（和文）：本研究では、大気圧下で水を100℃以上に加熱した過熱水を用いた食品表面の殺菌について検討を行った。過熱水は高圧下(0.3～0.4MPa)で沸点付近まで加熱した水をノズルから噴射することにより発生させた。ノズルから噴射された過熱水が突沸する前に食材表面に到達するよう、ノズル内における水温および水圧ならびにノズルから食材までの距離を調整することにより、食材表面温度を大気圧下で110～115℃に上昇させることが可能となった。食材表面に耐熱性芽胞を接菌しポリエチレンフィルムで包み過熱水にて加熱を行ったところ、100℃の熱水中で加熱した場合と比較して、高い殺菌効果が見られる例が確認された。

研究成果の概要（英文）：In this study, decontamination of food surface by superheated water has been investigated. The superheated water was generated by discharging the water that was heated under high pressure (0.3 ~ 0.4 MPa) up to near the boiling temperature through a nozzle. The surface temperature of food sample could increase to 110 ~ 115℃ by applying the superheated water before bumping of the water, which was enabled by optimizing the temperature and pressure inside the nozzle and the distance between the nozzle and the sample. In some trials, the superheated water presented higher decontamination effect than boiling water at 100℃ against the heat resistant spore on food surface that was wrapped with poly-ethylene film.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：ポストハーベスト工学、殺菌

1. 研究開始当初の背景

申請者は本研究の開始時において、微細水滴を含む過熱水蒸気による食品加工システムの開発を行っていた。このシステムでは高圧下において130～140℃で沸騰させた熱水

および水蒸気をノズルから大気圧のチャンバ内に噴射し、絞り膨張させることにより過熱水蒸気中に微細な熱水的を分散させていた。このシステムでは過熱水蒸気による食材の乾燥と微細水滴による食材への加水を調

製することにより、加熱された食材の品質と歩留りを同時に向上させることが可能となった。またこのシステムでノズルから噴射される直前の熱水は 100℃より高温であり、チャンバ内に噴射された後も、100℃以上の過熱状態を維持している可能性が期待され、食材表面の効率的な殺菌に応用できる可能性が期待された。

2. 研究の目的

本研究では加圧下で 100℃より高温に過熱された水がノズルから大気圧下に噴射された後、過熱状態を維持するかについて確認を行うことを目的とした。またノズルから噴射される直前の熱水の温度、ノズルから噴射される水滴および水蒸気の流量などが、噴射された後の水滴の温度に及ぼす影響について確認を行うことを目的とした。さらに、表面に耐熱性菌を接菌した食品に、ノズルから高圧下で 100℃より高温に加熱された熱水を噴射した場合における、食品表面における菌の死滅挙動について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ノズルから噴射される水滴の温度測定

前述の加熱システムにおいて、噴射される水滴の直径は 20~100 μm であることが確認されていたことから、熱電対などの接触型の温度センサではその温度測定は著しく困難であると予測された。また放射温度計など非接触型の温度計を使用した場合、測定される温度は測定視野と呼ばれる領域の平均的な温度を測定することになるが、水滴の温度を測定した場合、測定視野に存在する水滴とその背景の平均的な温度が測定されることになる。そこで本研究では次に述べる 2 種の方法で水滴温度測定について検討を行った。

①測定視野を水滴で埋め尽くす方法

水滴噴射ノズルを並列化し、放射温度計の測定視野(直径 1.5 mm の円形領域)に水滴が集中するようにノズルの位置を調整し水滴を噴射した。温度計から測定視野内に背景が見えない状態において、放射温度計にて温度測定を行うこととした。

②背景温度を制御する方法

放射温度計から見た水滴の背後に、温度制御可能な平板状のヒータを設置した(図 1)。ヒータには黒体塗料(放射率 0.94)を塗布した。この場合、放射温度計の指示温度は水滴と背景の平均的な温度となる。測定視野内における水滴温度が一様であると仮定すると、水滴温度と背景温度が異なる場合、水滴量を変動させると、測定視野中の水滴と背景が湿る面積比が変化することから放射温度計の指示温度が変化する。しかしながら背景温度が水滴温度と等しい場合、水滴量を変動させても放射温度計の指示温度は変化しないと考えられる。水滴量により放射温度計の指示

温度が変化しない背景温度を探索することにより水滴温度を測定した。

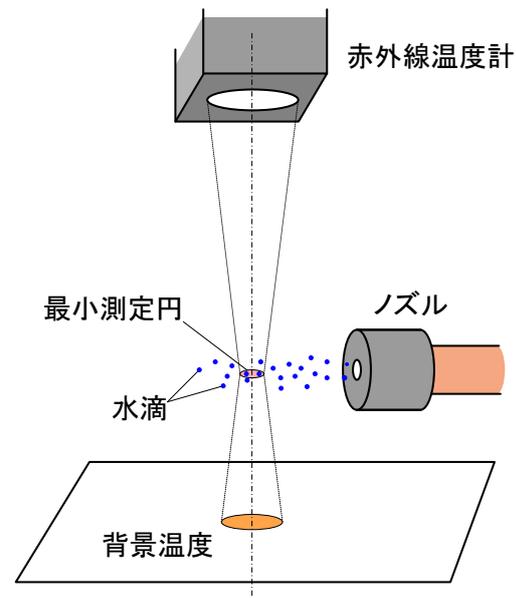


図 1 背景温度制御による水滴測定

(2) 熱水噴射条件と水滴温度

微細水滴を含んだ過熱水蒸気による加熱システムは細管内にポンプにて圧送された水が熱交換され沸騰し、高圧の飽和状態の水と水蒸気が混交した状態でノズルから噴射される。その為、ポンプにより供給する水の量、熱交換器の出力、ノズル径などにより、噴射される水および水蒸気の温度、流量などが変化することが既往の研究により明らかとなっていた。したがって、これらの条件により噴射される熱水の過熱度、あるいは噴射される熱水が過熱状態になるかどうかに変化すると考えられる。以上の理由からこれらの熱水の噴射条件を変化させ水滴温度測定を行い、その影響について調べた。

(3) 熱水が食材表面の微生物に及ぼす影響

ジャガイモを直径 10 mm、高さ 10 mm の円柱状に成型し、上面の中心に枯草菌 (*Bacillus subtilis* JCM2499) の芽胞を接菌し、各種加熱処理を行い、芽胞の生存率を測定した。加熱中にジャガイモに接菌した芽胞が洗い流されないよう、ジャガイモを厚さ約 50 μm のポリエチレンフィルムで包み加熱を行った。加熱処理後の試料を無菌フィルムバックに入れ 0.1% ペプトン水を試料の 9 倍量加えトマッカ処理した。処理液を適宜ペプトン水で希釈し、標準寒天培地に混釈し 37℃で 48 時間培養し、形成されたコロニー数を計数した。

4. 研究成果

(1) 水滴温度測定

①測定視野を水滴で埋めつくす方法

ノズル噴射口から 20mm の位置における微細水滴を高速度カメラ (FASTCAM-APX RS 250K, Photron) にて撮影し、放射温度計 (FT-H10, Keyence) の最小測定スポット (直径 1.5 mm) 内が水滴で埋め尽くされるかについて確認を行った。測定の結果、ノズルの並列化による水滴密度の向上を行っても、測定視野内を水滴で埋め尽くすことは難しいと判断された (図 2)。



図 2 高速度カメラにより撮影された水滴 (図中黒点が水滴、画像横幅が 5mm に相当)

②背景温度を制御する方法

ノズルから噴射される水滴の流量および放射温度計から見た水滴の背景温度を変化させた際の放射温度計の指示温度変化を図 2 に示す。

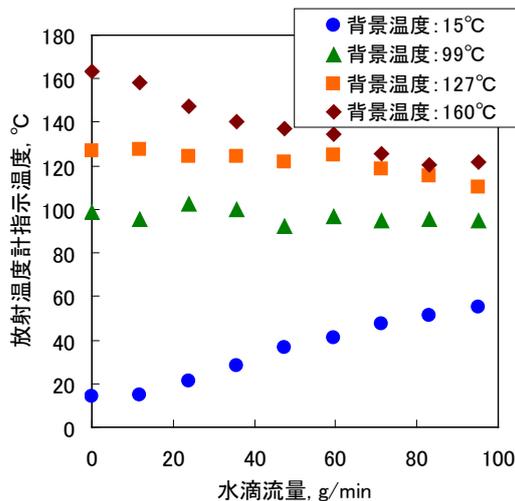


図 3 ノズルから噴射される水滴の流量と放射温度計の指示温度 (ノズル口径: 1.5 mm, ノズル内温度: 130°C, 測定位置: ノズルより 20mm)

図 3 においては背景温度が 15°C であるときは、水滴が存在しない条件ではやはり放射温度計の指示温度は 15°C となったが、水滴の流量が増加するにしたがい放射温度計の指示温度が高くなった。これは水滴温度が背景温度より高いため、水滴流量が増加し放射温度計の測定視野中における水滴が占める割合が増加することにより、放射温度計が示す測定視野中の平均的な温度が高温側にずれたためと考えられた。逆に背景温度が 160°C の場合は、水滴流量の増加に伴い放射温度計の指示温度は低下した。これは水滴の温度が背景温度より低いため、測定視野中における水

滴の増加が平均的温度を引き下げたためと考えられた。また背景温度が 99°C であった場合、水滴流量による放射温度計の指示温度の明確な変化は認められなかった。これは水滴温度が背景温度に近かったためと考えられた。水滴温度が流量によって変化しないと仮定すれば、水滴流量により放射計指示温度が変化しない背景温度が水滴温度に等しいと考えられる。

(2) 熱水噴射条件と水滴温度

微細水滴を含む過熱水蒸気による食品加工システムの一般的な運転条件 (過熱水蒸気に対して微細水滴が質量で 10~20%) の条件では前述 (1) ② の放射温度計による温度測定では、水滴温度は 80~100°C の間と推察され、明確な過熱状態は測定されなかった。これは水滴と水蒸気が同一のノズルから噴射される場合、水蒸気がノズル出口において断熱膨張し急激に温度を下げため、水滴温度も低下したものと考えられた。

本実験で用いた微細水滴を含む過熱水蒸気の発生装置においては、ノズルから噴射する水蒸気と水滴の量を任意に設定可能であることから (図 4)、ノズルから噴射する水滴流量を増加させ、水滴温度を測定したところ、ノズルから水蒸気を噴射せず、水のみを噴射させた場合に、噴射された水が過熱状態になる事が確認された。図 4 においては赤の線がノズル内圧と水蒸気流量の関係を、青の線がノズル内圧と水流量の関係を表している。微細水滴を含む過熱水蒸気ではノズル内圧と水および水蒸気流量の関係が、図 4 の赤と青の線で挟まれた領域になるように制御されるが、ノズル内圧と流量の関係が図 4 青の線になる場合、ノズルから噴射される水に過熱状態が測定された。

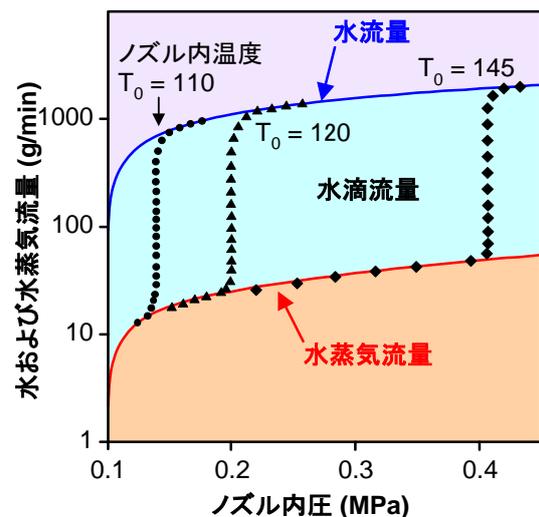


図 4 ノズル内圧と水および水蒸気の流量の関係 (ノズル口径 1.3 mm の場合)

ノズルから過熱状態の水が噴射される場

合において、ノズル内温度とノズルからの距離による噴射された水の温度の変化を図5に示す。この条件においてはノズルから噴出する水は水滴としては噴霧されず水柱となるため、温度測定は素線径 0.2 mm の T 型熱電対にて行った。ノズル内温度が高くなるに従い、若干であるが噴射された水の過熱度が大きくなる傾向が見られた。しかしながらノズル内温度が 150℃以上になるとノズルから噴射された後、5~10 mm 進んだ時点で水柱は沸騰し、測定された水温度は約 100℃となった。

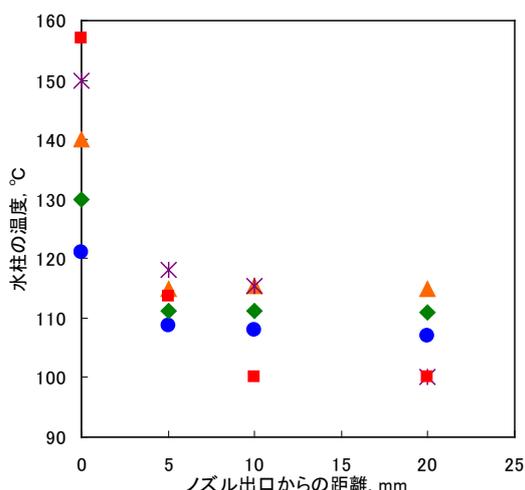


図 5 ノズル内温度とノズル出口からの距離による水温の変化(0 mm における温度がノズル内温度、ノズル口径 0.85 mm)

(3) 熱水が微生物に及ぼす影響

過熱水および通常の沸騰水で加熱した際の、ジャガイモ表面における枯草菌芽胞の生存率変化を図6に示した。

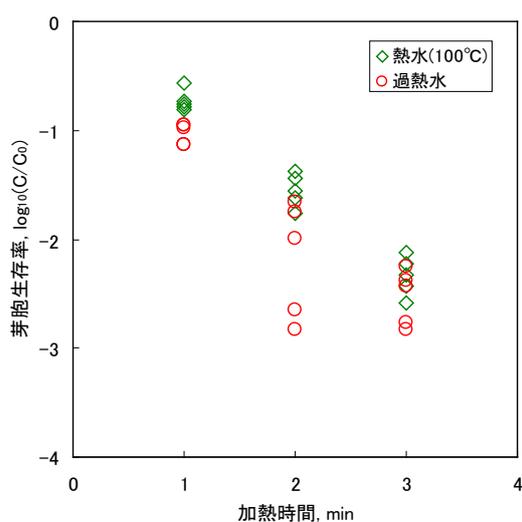


図 6 ジャガイモ表面の枯草菌 (*B. subtilis* JCM2499) 芽胞の生存率

加熱条件はノズル内温度 130℃、ノズル口径 1.0 mm、ノズルからジャガイモ表面までの距離 10 mm、過熱水流量 1300 g/min であった。

過熱水を使用した場合は熱水で加熱した場合と比較して生存率のバラツキが大きく、また生存率が低い傾向になる事が判明した。これは別途、過熱水で加熱中のジャガイモ表面温度を測定した結果、ジャガイモ表面温度は 110~115℃の間で推移したため、過熱水を用いた場合は芽胞の生存率がより低くなる傾向が現れたと考えられる。しかしながら今回の実験条件ではジャガイモ表面で温度が 100℃以上になる領域は過熱水が直接ジャガイモに噴射される領域のみであり、その周辺部の温度は 100℃以下であり、必ずしも芽胞を接種した部位に過熱水が作用したためではないため、生存率のバラツキが大きくなったと考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① Itaru Sotome, Yukio Ogasawara, Yoshitaka Nadachi, Makiko Takenaka, Hiroshi Okadome, Seiichiro Isobe, Measurement of steam/water ratio in the nozzle jet of an oven system using superheated steam and hot water spray, 査読有, Japan Journal of Food Engineering, 10 巻 3 号, 2009, 163-173

[学会発表] (計 1 件)

① 五月女格、小笠原幸雄、名達義剛、五十部誠一郎、アクアガス発生ノズルから噴射される水/水蒸気混相流中の水量測定、日本食品工学会第 9 回年次大会講演要旨集、2008、p. 90

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

五月女 格 (SOTOME ITARU)

農業・食品産業技術総合研究機構

食品総合研究所 任期付研究員

研究者番号：90469833

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし