

# 過熱水蒸気の食品表面殺菌への利用

市毛将司<sup>\*1</sup>、幅靖志<sup>\*1</sup>、木村與司雄<sup>\*1</sup>

## Surface Pasteurization of Foods by Superheated Steam

Masashi ICHIGE<sup>\*1</sup>, Yasushi HABA<sup>\*1</sup> and Yoshio KIMURA<sup>\*1</sup>

Food Research Center, AITEC<sup>\*1</sup>

過熱水蒸気を使用し、モデル食品に対して表面に乳酸菌を接種し、殺菌試験を行った。この結果、過熱水蒸気を使用することで乾熱処理によるものと比較し、10倍以上の殺菌速度が得られることが明らかになった。また、過熱水蒸気の場合は処理温度（120、180、240）の違いに依らず30秒以内に十分な殺菌ができた。

### 1. はじめに

食品の製造現場では、原料からの微生物の持ち込みのほか、製造設備や製造工程中の落下菌による汚染が発生する。このため加熱や薬剤等による殺菌が実施されている。近年の消費者は、食に対する安心を求める傾向が強いため、薬剤による殺菌に理解を得るのが難しくなっている。加熱による殺菌は、消費者の理解を得やすいと思われるが品質劣化のおそれがある。

従来から行われている乾熱処理による殺菌は、高温の乾燥空気で食品を加熱殺菌する方法であるが、処理時間が長くなり、酸化による品質劣化や乾燥させてしまうおそれがある。また、乾燥空気は熱伝達率が低いことから食品温度の上昇に時間がかかるため処理効率が悪い。

過熱水蒸気（SHS）は、常圧で100の水蒸気をさらに加熱したものであるが、無酸素状態で処理が可能なため酸化を抑制できることや、凝縮水が乾燥を防ぐことから、食品の品質劣化防止が期待できる。また、多量の凝縮熱を発生し得ることと、放射伝熱も利用できることから、食品の温度上昇が速やかで処理効率が向上することが期待される。

農畜水産物の殺菌にSHSを利用した報告<sup>1)2)</sup>はあるものの、菓子類についてはほとんどない。菓子類では、饅頭、カステラ、ケーキ、菓子パン等で乳酸菌による汚染<sup>3)</sup>やカビによる汚染<sup>4)</sup>が多数報告されている。

本研究では、これらの乳酸菌やカビによる食品表面の汚染を除去することを目標とし、小麦粉を膨化させたパン様のモデル食品に菌液を接種し、SHS処理及び乾熱処理による殺菌効果について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 モデル食品の作製

小麦粉（強力粉）300g、ドライイースト3gをプラスチックミキサーに投入し、攪拌しながら10%NaCl水溶液を140g添加し、均一になるまで約5分間攪拌した。生地を取りだし32で80%RHのホイロで1時間発酵させたのち、平らに整形し、更に2時間発酵させた。これを薄くのばし、180で10分間焼成したのち切断し、5cm四方で厚さ1cmの多孔質体を作製し、モデル食品とした。このモデル食品をガラスシャーレに入れてオートクレーブ（121 15分）で殺菌した後、その上に0.1mlの乳酸菌液（約10<sup>8</sup>cfu）を接種し、コンラージ棒で均一に塗抹した。乳酸菌は *Enterococcus faecalis* NBRC100480、*Lactobacillus plantarum* NBRC14711、及び *Lactobacillus brevis* NBRC3345を使用した。

#### 2.2 殺菌試験

殺菌は、各菌種ごとに、SHS処理又は乾熱処理で行い、庫内温度を120、180、240とした6試験区で実施した。各試料はシャーレの蓋を開けた状態で庫内に一定時間保持することで加熱した。

加熱試験後、試料全体にリン酸緩衝生理食塩水を加えて、ストマッカーを使用してけん濁液とした。これをBCP加プレートカウント寒天培地で混釈培養を行い、出現したコロニー数を計測した。なお、1試料あたりの生残菌数の係数結果が100cfu以下の場合は確率誤差を考慮し100cfuとした。

SHSはDHF Super-hi-5（第一高周波工業（株）製）で発生（5kg/h）させた。これを、内寸255（幅）×255（高さ）×370（奥行）mmの処理室に導き、試料の加熱処理に使用した。乾熱処理は定温乾燥機FS-620（（株）東洋製作所製）を使用した。

\*1 食品工業技術センター 加工技術室

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 生残菌数

図に殺菌時間と生残菌数の関係を示す。乾熱処理をした場合、加熱初期では生残菌の減少が緩やかだった。これは乾熱処理の場合は熱伝達率が低いため、試料表面が殺菌に十分な温度まで上昇するのに時間がかかるためと思われた。それ以降は温度が高いほど殺菌速度が大きい傾向があった。240 で処理した場合は 480 秒で乳酸菌は検出限界以下となったが、試料にこげ色が観察され、実用的ではなかった。180 で 720 秒処理した場合はこげ色は観察されず、乳酸菌は検出限界以下となった。120 の場合は 720 秒の加熱をしても殺菌できなかった。

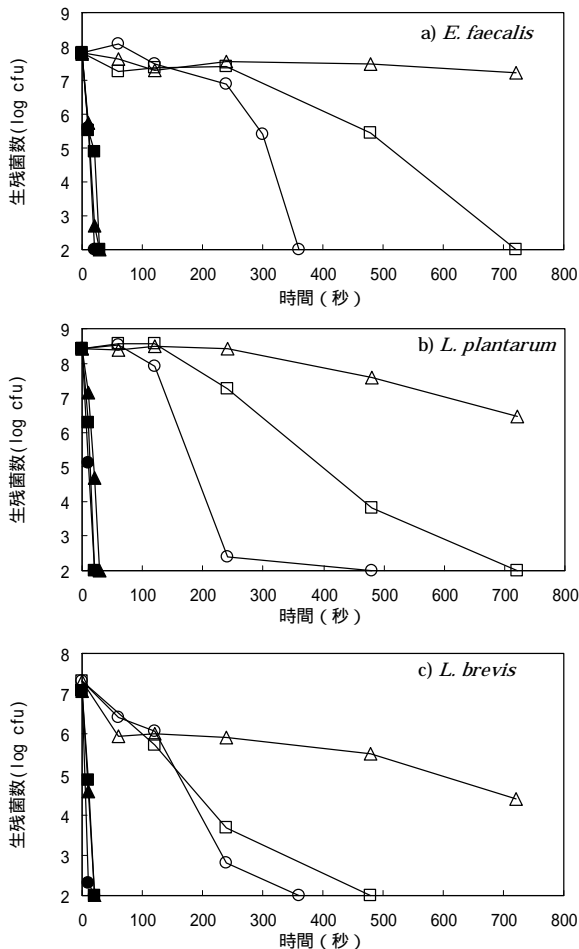


図 殺菌時間と生残菌数の関係

( □ : 120 乾熱処理、 ○ : 180 乾熱処理、 △ : 240 乾熱処理  
 ● : 120 SHS 処理、 ○ : 180 SHS 処理、 △ : 240 SHS 処理 )

一方、SHS 処理の場合はいずれの菌種、処理温度でも急速に生残菌数が減少し、30 ないしは 20 秒で検出限界以下となった。また、60 秒でもこげ色は観察されなかった。なお、同様の SHS 処理による殺菌試験をカビ孢子懸濁液 (*Aspergillus niger* NBRC6341) を使用して行った。この結果、120 及び 180 で処理した場合、30 秒で試料を殺菌 (100cfu 以下) することができた。

#### 3.2 殺菌速度

図のグラフから近似式を求め、細菌数が 1/10 に減少する時間 (D 値) を算出した (表)。乾熱処理の場合は、温度が高いほど D 値が小さかった。120 から 180 までの D 値の減少率は、180 から 240 までの D 値の減少率に比べて大きかった。これは、120 の場合は、食品の温度上昇に時間がかかり、殺菌の効率が良くないことを示す。

SHS 処理の場合は、いずれの乳酸菌においても、D 値は乾熱処理の 1/10 以下だった。また、SHS 処理では D 値に温度による明確な違いは見られなかった。これは、SHS の特性によるものと考えられる。すなわち SHS による凝縮熱で表面温度は 100 まで急速に上昇するが、凝縮水が蒸発する間は潜熱によってこの温度が維持される。殺菌はこの過程の間に急速に進むものと考えられた。

表 各試験区での D 値(秒)

	過熱水蒸気処理			乾熱処理		
	120	180	240	120	180	240
<i>E. faecalis</i>	3.9	6.9	4.5	1200	130	72
<i>L. plantarum</i>	5.4	4.7	3.0	370	98	38
<i>L. brevis</i>	4.1	4.5	2.1	330	66	54

食品中の微生物が死滅する時間(TDT: thermal death time)としては、一般的な細菌に対して実用的に 5D (生菌数を 5 桁減少させる殺菌時間) が使用されている<sup>5)</sup>。今回検討した乳酸菌については、SHS 処理の殺菌は、表及び図から 30 秒で十分な効果があると言える。また、乾熱処理と比較して SHS 処理を行うことで急速に殺菌できることが分かった。

### 4. 結び

SHS を使用することで 30 秒程度で食品表面の乳酸菌を効果的に殺菌できた。同条件の乾熱処理と比較すると 10 倍以上の速さだった。今回の検討はモデル食品に対して行ったが、実用化にあたって実際の食品で官能試験や過酸化物質の測定、保存試験等を行い品質について確認することが必要である。

### 文献

- 1) 小野和広, 遠藤浩志, 稲津康弘, 宮尾茂雄: 日本食品科学工学会誌, **53**, 172 (2006)
- 2) 阿部茂, 宮下和夫: 日本食品科学工学会誌, **53**, 373 (2006)
- 3) 内藤茂三: 醤油の研究と技術, **33**, 257 (2007)
- 4) 内藤茂三: 醤油の研究と技術, **33**, 411 (2007)
- 5) 高野光男, 横山理雄: 食品の殺菌, P39-41(1998), 幸書房