

過熱蒸気を用いた食品殺菌技術の開発

中川 力夫* 辻村 正之** 内山 友和**

1. はじめに

水蒸気による食品殺菌技術の現状は、100℃前後の常圧蒸気による殺菌技術や110～120℃の加圧蒸気によるレトルト殺菌技術が主流であるが、数分～数十分の殺菌時間が必要なことと、殺菌による食品の外観の変化が大きいという問題がある。そこで、加熱時間の短縮と加熱による外観の変化の軽減のため、過熱蒸気による殺菌技術について検討した。今回は、「①過熱蒸気によってそばの抜き身を殺菌し、殺菌後の大腸菌群は陰性、一般細菌数は1gあたり1,000個以下を目標とした試験」と「過熱蒸気によりカット野菜を殺菌し、加熱による変色が少なく、官能検査による食感が優れている製品を製造することを目標とした試験」の2つを実施した。



連続過熱蒸気殺菌装置写真

2. 過熱蒸気殺菌装置の試作

新熱工業（株）では、「そばの抜き身及びカット野菜を連続で殺菌処理できる装置」及び「試験用小型過熱蒸気殺菌装置」の試作を行った。

3. 装置の試作結果

3.1 連続過熱蒸気殺菌装置

以下の機能をもった連続過熱蒸気殺菌装置の開発を行った。

- ①均一に蒸気がワークに照射できる。
- ②送り速度が可変である。（処理時間が可変:10秒～10分）
- ③温度が可変である。（100℃～350℃）
- ④温度分布が均一である。（±10℃）
- ⑤そばがコンベアに付着しない。
- ⑥そばの抜き身がコンベア上に均一の高さに並ぶ。

そばの抜き身殺菌処理の場合、開発初期段階において、過熱蒸気が表面に凝縮し、糊化してコンベアに付着し、うまく払い出しができない問題があった。

今回の試作では、コンベアの形状とスクレーパーを併用するように改造したことにより、この問題を解決した。また、ローダーの部分に改良を重ねることで、そばの抜き身を任意の高さに均一に並べることも可能になった。

3.2 試験用小型過熱蒸気殺菌装置

殺菌の試験に際して、基本的な条件をつかむために、バッチ式の処理庫が必要となり、下記の処理庫の開発を行った。また、連続式と異なり、時間を長く、温度を高く設定できるよう機能を付加した。

- ① 庫内温度 400℃
- ② 温度分布 ±10℃

これにより、カット野菜の殺菌実験も可能となり、最適過熱蒸気処理条件の実験を実施した。



試験用小型過熱蒸気殺菌装置写真

4. 過熱蒸気による食品の殺菌試験方法

4.1 細菌検査法

①大腸菌群の検査法

試料10gを滅菌済みストマフィルターに入れ、滅菌済み生理食塩水で10倍希釈してストマッカーで90秒間振とう処理したのち、滅菌済みシャーレを使用して、デゾキシコーレート培地で35℃ 24時間平板培養後に形成された赤色コロニーを大腸菌群として測定した。

②一般細菌数の検査法

試料10gを滅菌済みストマフィルターに入れ、滅菌済み生理食塩水で10倍希釈してストマッカーで90秒間振とう処理したのち、滅菌済みシャーレを使用して、標準寒天培地で35℃ 48時間平板培養後に形成されたコロニーを一般細菌数として測定した。

③耐熱性菌数（好気性芽胞菌数）の検査法

試料10gを滅菌済みストマフィルターに入れ、滅菌済み生理食塩水で10倍希釈してストマッカーで90秒間振とう処理したのち、予め滅菌しておいた共栓付き

試験管に 10ml 入れ、栓付き試験管を恒温水槽を用いて 75℃で 15 分加温し、希釈液を 1 ml 採取して滅菌済みシャーレに入れ、標準寒天培地で混釈し、35℃ 48 時間平板培養後に形成されたコロニーを耐熱性菌数として測定した。

4.2 過熱蒸気によるそばの抜き身の殺菌法

①過熱蒸気の処理時間と殺菌効果比較

130℃の過熱蒸気をそばの抜き身に 0 秒（非加熱）、12 秒、15 秒、18 秒、21 秒当てる試験を実施した。

②過熱蒸気装置内の試料の位置による比較

過熱蒸気処理は 130℃で 15 秒とし、そばの抜き身を通常量ずつ、「コンベア奥側」「コンベア中央」「コンベア扉側」の 3 箇所配置した。

③処理量の違いによる比較

装置に投入するそばの抜き身の量は「通常量」と「通常量の 3 倍量」とし、過熱蒸気処理は 130℃で 15 秒とした。

④装置のコンベアへの投入方法等の比較

装置内のコンベアに投入する方法等を「コンベアへ直接投入（以下「直接投入区」という。）」、「投入シューター使用（以下「投入シューター区」という。）」、「投入シューター使用后ザルに試料を入れ放冷（以下「放冷区」という。）」の 3 通りとし、蒸気処理は 130℃で 15 秒とした。

4.3 過熱蒸気によるカット野菜の殺菌法

①カットニンジンへの過熱蒸気殺菌

130℃の過熱蒸気をカットニンジンに 0 秒（非加熱）、12 秒、15 秒、18 秒、21 秒当てる試験を実施した。

②カットレタスへの過熱蒸気殺菌

130℃の過熱蒸気をカットレタスに 0 秒（非加熱）、と 2 秒当てる試験を実施した。

5. 過熱蒸気による食品の殺菌試験結果

5.1 そばの抜き身の殺菌試験結果

結果は以下のとおり。単位はいずれも CFU/g で表記した。

①過熱蒸気の処理時間と殺菌効果比較

時間	0 秒	12 秒	15 秒	18 秒	21 秒
大腸菌群	1.8×10^4	55	5	0	0
一般細菌数	3.3×10^5	2.6×10^4	4.3×10^2	3.4×10^2	2.9×10^2
耐熱性菌数	40	55	10	30	10

②過熱蒸気装置内の試料の位置による殺菌効果比較

位置	コンベア奥側	コンベア中央	コンベア扉側	(参考) 非加熱区
大腸菌群	1.1×10^3	1.0×10^3	7.8×10^2	3.9×10^4
一般細菌数	3.8×10^3	1.3×10^4	3.4×10^3	4.4×10^6
耐熱性菌数	0	50	0	480

③処理量の違いによる殺菌効果比較

処理量	通常量	3 倍量	(参考) 非加熱区
大腸菌群	4.8×10^3	5.2×10^3	3.9×10^4
一般細菌数	2.7×10^4	2.6×10^4	4.4×10^6
耐熱性菌数	0	20	480

④装置のコンベアへの投入方法等の比較

処理区	直接投入区	投入シューター区	放冷区	(参考) 非加熱区
大腸菌群	10	0	1.5×10^2	5.6×10^5
一般細菌数	3.0×10^3	2.7×10^3	2.0×10^3	3.1×10^6

5.2 カット野菜の殺菌結果

①カットニンジンへの過熱蒸気殺菌

時間	0 秒 (非加熱)	12 秒	15 秒	18 秒	21 秒
大腸菌群	8.2×10^3	6.9×10^2	50	0	0
一般細菌数	2.5×10^4	1.1×10^4	6.5×10^2	5.1×10^2	60



カットニンジンの過熱蒸気処理結果写真
左が非加熱，右が 130℃，18 秒

②カットレタスへの過熱蒸気殺菌

時間 項目	0 秒 (非加熱)	2 秒
大腸菌群	60	0
一般細菌数	1.1×10^6	5.0×10^4



カットレタスの過熱蒸気処理結果写真
左が非加熱，右が 130℃，2 秒

6. 考察

6.1 そばの抜き身

- ①130℃の過熱蒸気によるそばの抜き身の殺菌では、18 秒以上の殺菌で大腸菌群を陰性にする事ができた。また一般細菌数は 15 秒以上の殺菌で 1g あたりの菌数が 1,000 個以下にすることができた。
- ②そばの抜き身の耐熱菌数は 130℃，12～21 秒の過熱蒸気処理による殺菌効果はなかったが、非加熱状態のサンプルでも菌数が少ないため、耐熱性菌がそばの抜き身の衛生管理上重大な問題を起こす可能性も少ないといえる。
- ③過熱蒸気装置内の試料(そばの抜き身)の位置による比較では、どの位置でも殺菌効果は確認できたが、一般細菌数と耐熱菌数に関しては、コンベア中央部の成績がやや悪かった。「試料への蒸気の当たり具合がコンベア中央部では少し悪かった。」または、「蒸気処理後の試料の放冷方法に問題があった。」のいずれかが原因として考えられる。
- ④そばの抜き身の通常処理量と 3 倍量の比較では、両者の殺菌効果に明確な違いはなく、通常処理量の 3 倍程度なら殺菌効果が低下する心配はないと言える。
- ⑤今回の結果では、一般細菌数の比較では、コンベアへの投入方法等の違いによる殺菌効果の違いは明確にはならなかった。大腸菌群数の比較では、投入シューター使用による 130℃15 秒の過熱蒸気殺菌で大腸菌群は陰性になった。しかし、他の 2 処理区は陽性で、放冷区はやや多かった。大腸菌群が放冷区で多かった理由として、「過熱蒸気処理前の段階で放冷区の試料だけ他区の試料より大腸菌群が多く付着していた。あるいは、放冷時に何らかの理由で大腸菌群が外部から付

着した。」等が考えられる。

6.2 カット野菜

- ①カットニンジンの大腸菌群は 130℃，18 秒以上の過熱蒸気処理で陰性になり、一般細菌数は 10 の 4 乗オーダーから 130℃，15 秒以上の過熱蒸気処理で 10 の 2 乗オーダーにまで減った。
- ②カットレタス (3～4cm 四方にカット) は 130℃，5 秒以上の過熱蒸気を当てると外観と食感が悪くなり、カット野菜というイメージではなくなったため、今回は 130℃，2 秒殺菌のものについて細菌検査を実施した。この殺菌法で一般細菌数は 10 の 6 乗オーダーから 10 の 4 乗オーダーに減少した。カット野菜の一般細菌数の法的規制はないものの、量販店などの自主規制では 10 の 3 乗以下 (食品 1g あたり 1000 個以下) が望ましいとされていることや、過熱殺菌後の外観の問題 (カットレタスの緑色がやや薄茶色がかった色に変色) からカット野菜のレタスとニンジンでは、レタスは過熱蒸気処理に不向き、ニンジンは向いているという結果になった。つまり、過熱蒸気をカット野菜の殺菌に使用する場合は葉菜類よりも根菜類に使用した方が良いことがわかった。

7. まとめ

- 1) 130℃，18 秒以上の殺菌でそばの抜き身の耐熱菌数は陰性になり、一般細菌数は 1g あたり 1000 個以下になることがわかった。
- 2) 過熱蒸気殺菌装置と試験用小型過熱蒸気殺菌装置の試作を行った。そして、そばの抜き身とカット野菜 (カットニンジン) の最適加熱条件は 130℃，18 秒～21 秒であることがわかった。また、カット野菜の殺菌目的で過熱蒸気を利用する場合は、殺菌後の野菜の外観から、葉菜類よりも根菜類に利用した方が良いことがわかった。