

粉体極超短時間加熱瞬時減圧殺菌装置 の開発

株式会社フジワラテクノアート

代表取締役社長 藤原 恵子

(株)フジワラテクノアート	常務取締役	狩山 昌弘
(株)フジワラテクノアート	戦略技術部 部長	平田 利雄
(株)フジワラテクノアート	技術部 機械設計グループ	岡本 敏弘
(株)フジワラテクノアート	技術開発部 部長	森 章
(株)フジワラテクノアート	製造部 プラントチーム	佐藤 文宏

はじめに

穀物である小麦、米、そばや海産物の鰹や鰯、中薬(中国で利用される漢方薬)に利用される生薬などの粉体原料は、一般食品、健康食品、化粧品、医薬品など多く利用されているが、未殺菌の粉体原料には種々雑菌が含まれるため、殺菌する必要がある。しかし、従来の加熱殺菌技術では粉体原料の品質特性を高く維持した状態での殺菌が不可能であった。特に耐熱性菌を殺菌処理する場合、強度の殺菌条件(高温、長時間)で処理する必要があるため、加熱殺菌処理された粉体原料の品質特性に大きな変化が生じ、殺菌したくてもできない。このため殺菌処理できる粉体原料は限定されているのが現状である。

開発のねらい

前述のように加熱殺菌では対応できない粉体原料には世界各国で放射線殺菌が行われているが、過剰な放射線照射や誘導放射能等の問題がある。また近年は食生活を取り巻く環境が大きく変化し、消費者の「食の安全」に対する意識は高いレベルにある。加えて、消費者の間で風味や

機能など付加価値を重要視する傾向が強まっている。また安全性および粉体原料の品質維持を優先すれば、殺菌処理を弱くする必要がある。このように殺菌効果、安全性および粉体原料の品質維持といった消費者の全てのニーズを満たす殺菌技術はこれまでに存在しない。そこで我々は粉体原料の品質を維持した殺菌が可能で、かつ安心・安全な粉体極超短時間加熱瞬時減圧殺菌システムおよび装置の開発を実施した。

装置の概要

本システムは熱と物理的な力を併用した“世界初の殺菌システム”であって、従来の加熱殺菌とは全く違う原理に基づくものである。具体的には、熱による影響を極小化することにより、原料の品質をできる限り維持したままの殺菌が可能となった。日本国内では加熱殺菌が主流のため、今までは品質が劣化するため殺菌したくてもできなかった食品粉体原料が殺菌できるようになった意義は非常に大きい。

本装置は大きく分けて、粉体原料投入装置、殺菌装置本体、第一冷却装置、第二冷却装置、CIP(定置洗浄)装置から構成される密閉系の装置形態であり、粉体原料が投入されて加熱、殺菌、

冷却、回収まで雑菌等の混入が一切無い状態で処理できる（図1）。



図1 粉体極超短時間加熱瞬時減圧殺菌装置の実機外観

粉体原料投入装置から投入された粉体原料は、殺菌装置本体内の加熱管内において、0.1～0.2秒間の極超短時間に加圧飽和水蒸気と混合され移送される。この時、粉体原料表面はその加圧飽和水蒸気の飽和蒸気温度まで加熱され、その後急激に大気圧下に放出される。大気圧下に放出されることで、100℃より高い温度になった粉体原料表面に付着した雑菌の組織内水分は、瞬時減圧により気化膨張し、その物理的な力により菌体は組織破壊され死滅する。耐熱性菌である芽胞形成菌の芽胞子、虫の卵などについても組織破壊できる。殺菌後は2つの冷却装置により瞬時に冷風と接触させ冷却を行うため、粉体原料に与える熱履歴は0.2秒程度のみであり、品質特性の劣化に対して非常に有利である。

技術上の特徴

（1）粉体原料投入部

一般的に粉体原料を圧力の高い装置内に投入する場合はロータリーバルブを使用するが、本装置のように凝縮性気体を使用する場合、投入装置である金属製ロータリーバルブは放熱によ

り凝縮性気体との温度差から結露してしまう。粉体原料はその結露水によりローター内部のマスに付着堆積し、結果として処理量が減少する問題がある。

本装置では粉体原料の定量供給に優れるテーブルフィーダーを採用し、粉体原料を加熱管内へ導入する際に、少量の同圧エアまたは不活性ガスと一緒に蒸気流体中へ投入するシステムを開発し採用した。このシステムにより、ロータリーバルブを使用することなく、粉体原料を安定的に供給することができる。また本装置で使用する熱源は加圧飽和水蒸気（大気圧沸騰温度より高温）なので、粉体原料との温度差分だけ粉体原料表面に凝縮するため、乾燥や焦げは発生せず、安定した状態が保持できる。

（2）加熱管内部

前記投入方法により、粉体原料は加圧飽和水蒸気流中に投入される。0.1～0.6MPa、120～

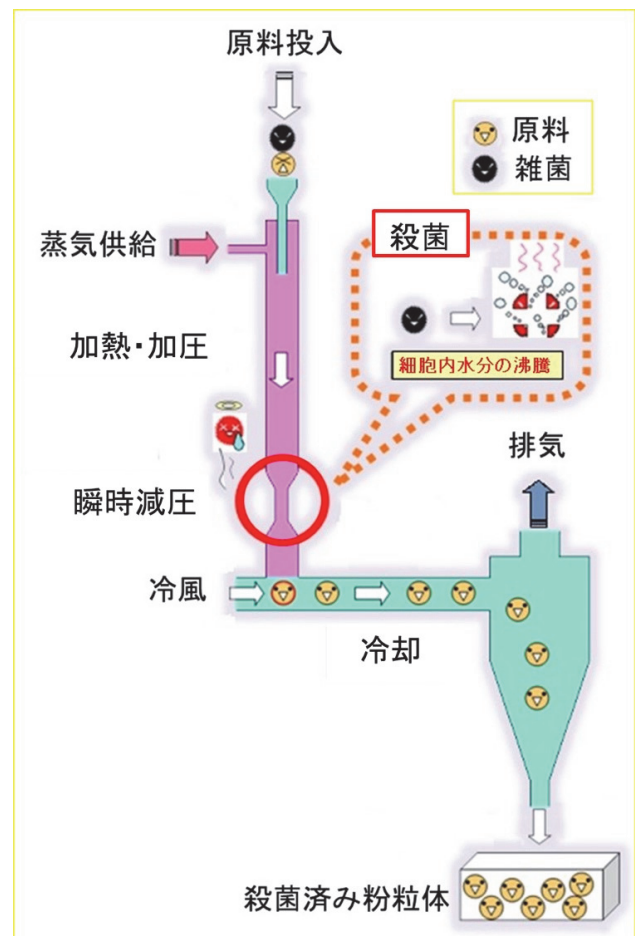


図2 本殺菌システムのフロー図

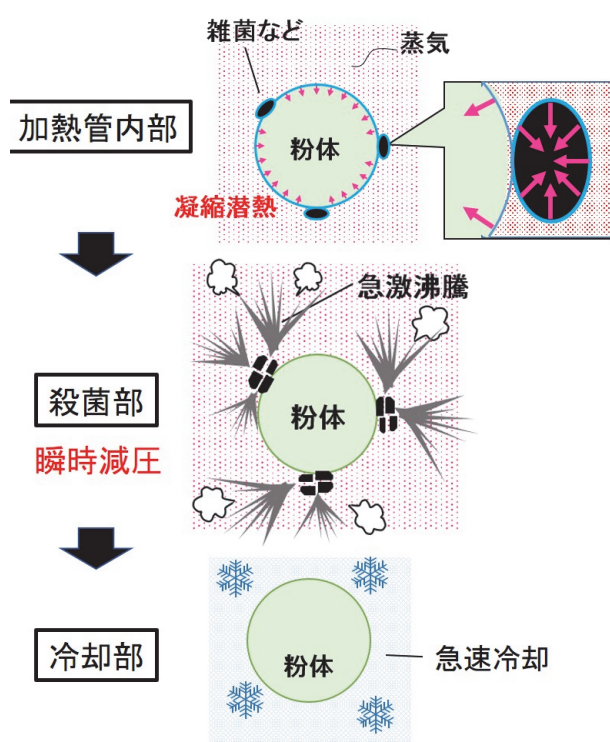


図3 粉体原料の殺菌イメージ図

164℃の加圧飽和水蒸気の凝縮潜熱で粉体原料表面に付着している雑菌の内部までを約 0.2 秒という極超短時間で飽和水蒸気温度まで一気に昇温させる（図3）。

また加熱管内の離型性、撥水性を向上させるため、水との接触角が 90°～120°と非常に大きい非粘着材料を加熱管内壁に採用することで、粉体原料の加熱管内壁への付着を低減させた。

（3）殺菌部

加熱管内の加熱・加圧領域では、粉体原料は十分な拡散状態を保ちながら加熱管中を移動する。粉体原料は、殺菌部（ソニックノズル）を約 0.0001 秒で通過後、瞬時に大気圧下へ放出され（瞬時減圧）、菌体内の水分が急激沸騰する（図2および3）。菌体内水分の急激沸騰により、菌体の組織、芽胞子、虫の卵等を破壊する。大気圧下へ放出する時の圧力差が殺菌条件の強弱となり、圧力差が大きいほど殺菌効果は高い。

（4）冷却部

第一冷却装置は、除菌され温調された外気の

導入により、加熱された原料を約 60℃に急速冷却する。粉体原料と一緒に排出された蒸気が水滴化しないように、蒸気を温調された空気と混合し、その高湿度空気のほとんどと粉体原料をサイクロンで分離する。第二冷却装置では、第一冷却装置で約 60℃まで冷却され、高湿度空気の雰囲気下で出てくる粉体原料を除菌された外気によりほぼ常温（30～40℃）まで冷却する。高湿度空気は外気と置換し、サイクロンにより乾燥状態の処理粉体として回収できる。この第二冷却装置で完全に高湿度空気を粉体原料と分離し、ほぼ常温の粉体原料を回収できる（図3）。

（5）装置洗浄

装置内の洗浄は、温水およびアルカリ水溶液を用いた CIP 装置を採用する。まず温水による内部洗浄を行い、次にアルカリ水溶液（60℃）を充填し、一定時間保持させた後、温水リンスを行う。温水リンス後、装置内乾燥工程が自動で起動し所定時間の乾燥を行い、一連の洗浄工程は終了する。またアルカリ水溶液は再利用される。これら一連の洗浄作業は自動運転により行われる。

実用上の効果

従来の加熱殺菌では、過熱蒸気中で 4 秒程度粉体原料を処理するため、水分に接触して粘性を示す増粘剤のような粉末原料を殺菌処理することができなかった。本装置は加熱管を垂直方向へ配置し、粉体原料の流速を最適化し、加熱管内壁を粉体原料が付着しない材質にすることで、増粘剤粉末原料も殺菌処理することができるようになり、幅広い種類の粉体原料の殺菌に対応することができる。

また本殺菌処理による熱影響について、大豆たんぱく粉末を用いて熱によるたんぱく質変性率を評価することができる NSI（水溶性窒素指数）で確認したところ、従来の加熱殺菌方法に比べ大豆たんぱく粉末の変性率は優位に低かった。このことから従来の加熱殺菌と比べ粉体原料の品

質を維持した殺菌が可能であるといえる。蒸気圧力設定 0.1 ～ 0.6MPa において、耐熱性菌は 10^2 オーダー以下まで殺菌が可能となった。

さらに熱源が水蒸気であるため安全な殺菌処理であり、日本だけでなく世界中の人々の求める高い安全性を担保する技術である。現時点で本装置を凌ぐ安全性と品質を同時に満足できる実用装置はない。ランニングコストは、従来殺菌装置と比べ遜色ないレベルであり、コストアップなしで消費者に高い安全性を提供できる。具体的には、原料の見掛比重や要求品質にもよるが、原料 1 kg 当たり 1 kg の蒸気量を目安とし、処理費用も安価に抑えることができる。

本装置は粉体原料の品質を維持した殺菌処理ができるので、従来の加熱殺菌処理では品質が劣化するため殺菌処理できなかった食品等の消費期限を大幅に伸ばすことができる。結果として消費期限切れ等の理由による食品ロスの削減が期待でき、高い経済的優位性がある。

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第 4499184 号

名称：粉粒体の殺菌方法

概要：加熱と急激な減圧によって微生物を内側から破壊し、被殺菌対象物の品質の劣化を最小限に抑え、かつ十分な殺菌を行うことができる粉粒体の殺菌方法

※さらに海外 18 カ国で既に権利化されている。

② 日本国特許第 6232242 号

名称：加熱処理装置

概要：加熱部の内周面への粉粒体の付着を防止できる加熱処理装置

③ 日本国特許第 6251016 号

名称：加熱処理装置及び加熱処理方法

概要：粉粒体の加熱部への投入構造および投入方法

むすび

粉体極超短時間加熱瞬時減圧殺菌技術は、従来の殺菌技術とは全く異なる新たな殺菌方法である。従来の殺菌技術は、それぞれ特徴があり、その適した分野で利用されているが、すべての殺菌ニーズには応えることはできていない。従来技術で対応できていない分野にこの新しい殺菌技術を適用し、また新しい殺菌ニーズにも対応することで、今まで得られなかった品質を実現して新たな商品が開発されることを願う。