

極超短時間加熱粉体殺菌技術

株式会社 フジワラテクノアート 商品戦略室長 平田 利雄

一般的に食品では加熱殺菌が行われているが、本稿では、原料粉体について従来の加熱殺菌とは全く異なる殺菌原理を紹介する。

1. 食品原料粉体の殺菌

(1) 食品原料粉体の種類と用途

食品などの原料粉体には、穀物粉体、海産物粉体、医薬品原料、各種健康食品基材、化粧品基材等があり、様々な商品となって我々が利用している。粉体の状態でよく目にするものでは、お好み焼き用プレミックスや鰹節出汁粉末、中間製品では生麺類を想像してもらえばよく分かる。また、これらの食品原料粉体は食の多様化の下で使用法も様々であり、今後も新しい食品原料粉体及びその用途が開発されると思われる。

(2) 食品粉体原料の殺菌目的

一般細菌数 (生菌数)	適用
$1 \times 10^5 \text{cfu/g}$	加工食品(加熱食品)
$1 \times 10^6 \text{cfu/g}$	未加工食品(非加熱食品)
$1 \times 10^7 \text{cfu/g}$	初期腐敗 官能的な異常が発生
$1 \times 10^8 \text{cfu/g}$	腐敗 官能的な異常が発生

表1 一般細菌数

(「食品の期限設定の考え方と事例について」
財食分析センターより)

農作物には無数の菌が生息しており、農地から収穫し、乾燥粉碎された食品原料粉体には通常 $10^5 \sim 10^6$ 個/g オーダーの菌が付着しているのが通常である。これらはその生産地または、収穫方法、製造方法、取扱い方により付着している菌の数が異なっている。これら食品原料粉体を利用する段階で加水等により水分活性が上がった状態になると菌は増殖を始め、その食品の腐敗という結果をもたらすこととなる。従って、利用する前に殺菌しておくことが有効である。後述する菌数に関する目安、規格を参照するとその影響を確認できる。

(3) 食品衛生法の規定

食品衛生法では、食品に関する菌数の目安について表1のように表現されている。

また、食品衛生法の規格も表2のように決められている。

これから分かるように、一般細菌、大腸菌群、病原菌に分けて規定されている。最終食品では、この規格に合うようにあらかじめ対処しておくことが重要である。

2. 従来の殺菌技術とその特徴

(1) 加熱殺菌

加熱殺菌は、食品原料に最も多く利用されている技術である。学問的にも確立された技術で、

食品名	規格
牛乳	細菌数 5 万/ml 以下 大腸菌群 陰性
アイスクリーム	細菌数 10 万/g 以下 大腸菌群 陰性
清涼飲料水	大腸菌群 陰性
粉末清涼飲料水	細菌数 3000/g 以下 大腸菌群 陰性
食鳥卵 (鶏の液卵)	未殺菌 細菌数 100 万/g 以下 殺菌 サルモネラ 陰性
鯨肉製品	大腸菌群 陰性
生食用鮮魚介類	腸炎ビブリオ最確数 100/g 以下
魚肉練り製品	大腸菌群 陰性
生食用冷凍鮮魚介類	細菌数 10 万/g 以下 大腸菌群 陰性 腸炎ビブリオ最確数 100/g 以下
食肉乾燥品	<i>E.coli</i> 陰性
食肉非加熱品	<i>E.coli</i> 最確数 100/g 以下 黄色ブドウ球菌 1000/g 以下 サルモネラ属菌 陰性

表2 食品規格の中の微生物

(「食品の期限設定の考え方と実例について」

勸食品分析センターより)

対象となる菌体の死滅に関する D 値, Z 値から殺菌条件を導き出すことが出来る。また, レトルト食品には, F 値が規定されている。

しかし, この加熱殺菌では加熱時間が長く品質に与える影響が大きい為, 殺菌したくても出来ない状況がある。

D 値: ある温度で微生物が 90% 死滅する時間

Z 値: D 値を 1/10 にする温度差

F 値: 121.2℃における加熱時間(分)

(2) 薬剤殺菌

薬剤の種類には, ハロゲン系殺菌剤, 酸素系殺菌剤, 界面活性剤, ガス殺菌剤, ビグアナイ

単位の種類	内容
ベクレル(Bq) 原子崩壊個数 (個/sec)	放射性物質が単位時間当たりに壊変して放出する放射線の数を表す単位
グレイ(Gy) 吸収線量 (J/kg)	放射線にさらされた物質の単位質量当たり吸収された放射線のエネルギーを表す単位
シーベルト(Sv) グレイ値×放射線荷重係数×組織荷重係数*	人が放射線にさらされた時の影響を表す単位

*組織荷重係数(人体への影響)

生殖線: 0.2, 肺, 胃: 0.12, 肝臓: 0.05

皮膚: 0.01, その他: 0.05

表3 放射線に使われる単位

ド系殺菌剤などがある。用途は食品以外の医療器具の殺菌や消臭などに使われる。

(3) 放射線殺菌

日本ではじゃがいもの発芽防止目的で JA 士幌町が認可を得て放射線照射を行っているが, 一般的に食品の殺菌に放射線を利用することは許されていない。一方, 外国では香辛料を中心に年間約 40 万トンの食品原料が放射線殺菌されている。食品への放射線照射は, コーデックス委員会が吸収線量の規定を発表しており, 10 kGy 以下としている。

放射線の強さを表す単位には表3のようなものがあり, 殺菌ではその中の吸収線量の単位が使われている。

(4) その他

前述の殺菌技術とは異なったものにラジカルガスがある。例えば, ヒドロキシラジカルガス, 二酸化塩素ガス, メチルラジカルガスなどである。これらは, 非常に強い酸化作用等を示すガスで, 空間の殺菌などに使用される。

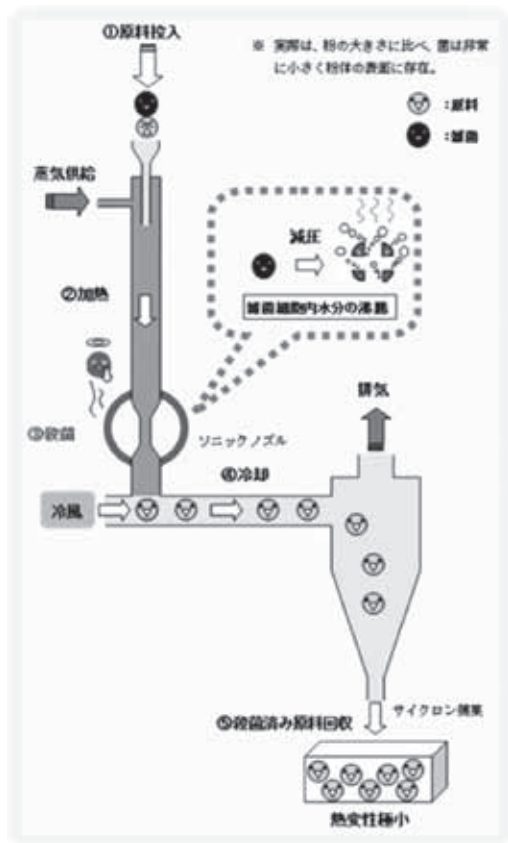


図 1

3. 極超短時間加熱殺菌技術

(1) 殺菌原理 基本フロー図（図 1）

極超短時間加熱殺菌では、加圧された蒸気流中に約 0.2 秒間の極超短時間、蒸気と食品原料粉体を混合し移送する。この時、粉体表面はその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と 100℃ より高い温度になった粉体表面やその表面に付着している菌が持つ水分は急減圧により気化膨張し、その物理的な力により菌体は破壊される。

この極超短時間加熱粉体殺菌技術は、熱と物理的な力を併用した殺菌システムで、従来の加熱殺菌とは全く違うシステムである。

熱による影響を極小化した結果、原料の品質

に近い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出来なかった食品原料粉体が殺菌出来るようになった意義は大きい。

殺菌性能は食品原料粉体によるが、初発菌数にかかわらず $10^0 \sim 10^2$ オーダーまでの殺菌が可能である。最終菌数は、蒸気圧力と食品原料粉体の表面状態に依存する。食品原料粉体の表面の凹凸や割れ目の状態により菌の隠れ家が多い場合は減菌効果が低下する傾向にある。本システムの前提として、菌は粉体表面にいるということを考えておかなければならない。

(2) 適合粉体と不適合粉体

この殺菌システムでは加熱手段として蒸気を使用しているため、投入直後に食品原料粉体と接触した蒸気が凝縮し、粉体表面に水分が付着する。この水分の付着により粉体表面の粘りや粉体自身の溶解が起こると殺菌効果が低下し、殺菌処理ができない場合がある。微量の水分で粉体同士の吸着が起こると、造粒や表面にいる菌を覆うことになり殺菌効果が得られない。また加熱管内に原料粉体の付着があると、付着した食品原料粉体が過熱蒸気により焦げて異物混入を引き起こすため、連続運転出来ないこととなる。また、スプレードライ品や凍結乾燥品はその微量水分により溶解するため、処理できない。現状ではこのように微量の水分で粘りの発生や溶解がないものを適合粉体としている。

(3) 極超短時間加熱粉体殺菌技術の課題

不適合粉体の主なものには、粉ミルク、糖粉末等がある。これらは液体の時に殺菌されるがスプレードライヤー等、後工程機器の汚染によりコンタミが発生する場合がある。従って、製品の状態で殺菌したいというニーズがある。この目的に特化した能力を有する殺菌装置を考案することが出来ればより幅の広い食品粉体原料に対応出来る。今後開発を進め別タイプの粉体殺菌装置としてラインアップしたい。

(4) 特許

特許取得または出願済国は、以下の通りである。

日本 特許第 499184 号

国際特許 米国, ロシア, メキシコ, 南ア,
中国他 5 か国と EU 諸国

4. 粉体殺菌装置 ソニックステラ (図2)

極超短時間加熱粉体殺菌技術を具現化した装置の構成、特徴は以下の通りである。

(1) 装置基本構成

① 連続投入デバイス

一般的に、圧力の異なるところへ原料を移動させるには、ロータリーバルブが多く利用されているが、蒸気を使うためローター升表面に発生する結露を考えると安定運転には問題がある。濡れると食品原料粉体がローターの升に付着し詰まり等の問題が発生する。そこでソニックステラは大気圧中の原料を圧力の高い加熱管に蒸気をシールしながら投入するために圧縮エアと特殊構造を採用して解決している。この構造により原料投入部での結露による原料粉体の付着が発生せず安定的に投入できるようになった。

② 加熱管

連続投入された食品原料粉体は極超短時間(例えば約0.2秒)加熱されて加熱管を通過する。



図2 粉体殺菌装置 ソニックステラ

食品原料粉体は熱により瞬間的に表面が加熱される。この時粒径 100 μ 位の粉体では、表面は蒸気の飽和蒸気温度まで加熱されるが粉体の中心部は約 60℃ までにしか昇温しない。このため原料品質の劣化を抑えることができる。

③ ソニックノズル

極超短時間加熱した粉体原料を 10^{-4} sec オーダーの短時間で大気圧下へ解放する為のノズルである。

④ 第一冷却装置

基本フロー (図1) に示したように、冷却に使用するエア供給装置と、湿度の高い雰囲気食品原料粉体から分離するためのサイクロンからなる。通常、タンパク質の変性が始まるとされる約 60℃ よりも低い冷却温度となるような風量、風温を設定している。

⑤ 第二冷却装置

基本フローでは図示していないが、第一冷却のサイクロンで分離され、回収された食品原料粉体は湿度の高い雰囲気と同時に出てくるため、そのまま回収すると結露してしまう。そこでもう一度空気輸送を利用し、その湿度の高い雰囲気を乾燥した空気 で置換する。第二冷却装置では、第一冷却装置と同様に第一冷却装置のサイクロン下部へ空気を送り、もう一度空気輸送することにより乾燥状態の処理粉体として回収する。第一冷却装置と同様にこの輸送用空気の温度調整により食品原料粉体の処理後水分を少なくすることが可能である。

⑥ CIP 洗浄装置

CIP 洗浄装置 (定置洗浄装置) は、装置内の洗浄のために装備している。加熱管から第二冷却サイクロンまでの装置内部を温水、アルカリ溶液を使い自動洗浄する装置である。通常、サイクロンの洗浄は困難とされてきたが、本装置ではサイクロン内部全体を洗浄液で浸漬することにより洗浄を可能としている。洗浄には 60℃ 温水と 60℃ アルカリ水溶液を使用する。ア

品名	蒸気圧力 (MPa)	原料菌数 (cfu/g)	殺菌後菌 数 (cfu/g)
そば粉	0.25	1.4×10^6	1.0×10^2
小麦粉	0.15	1.4×10^3	1.0×10^2
コーンフラワー	0.25	5.3×10^3	1.0×10^2
デュラム小麦	0.25	8.0×10^3	10 ² 未満
いりこ粉末	0.6	5.6×10^5	2.2×10^2
鯉節粉末	0.5	7.1×10^4	2.0×10^2
昆布粉末	0.6	4.0×10^5	6.0×10^1
六味地黄丸 (漢方薬原料粉体)	0.25	2.7×10^4	6.0×10^1
増粘剤 (ローカストビーンガム)	0.4	4.0×10^3	4.0×10^1
抹茶	0.2	3.1×10^2	2.5×10^1
あずき粉末	0.3	7.9×10^3	5.0×10^1
大麦若葉	0.4	3.3×10^6	10 ² 未満

表4 殺菌テスト例

ルカリ水溶液は回収、再利用する。

5. 殺菌例

今まで殺菌テストした実績の一部を表4に示す。

6. 導入が期待される分野

(1) 製粉分野

穀物粉体は主に消費期限の延長を目的に殺菌される。従って、麺を打った状態の生麺で流通するものや麺を茹でた状態で流通するようなものの原料粉体が対象となる。消費期限を延長することが出来れば、殺菌処理コストをかけてもそれを上回るコストメリットがある。

(2) 海産物分野

海産物の粉末は、出汁等に利用されている。この海産物分野では、魚粉のような、出汁を目的としている原料粉体では、出汁の濁りや風味

の向上が目的となる。通常殺菌しにくいとされている耐熱性芽胞形成菌も多くおり、殺菌処理は難しい範疇であるため、加熱殺菌ではより強い条件で処理する必要がある。粉体殺菌装置ソニックステラでは蒸気圧力は比較的高いが、非常に短い時間の加熱で殺菌出来るので品質劣化は少ない。

(3) 漢方薬、医薬分野

漢方薬原料粉体は、熱による変性が大きく、加熱殺菌では対応出来ない。従って、海外では放射線殺菌が用いられている。放射線殺菌は、前述の通りコーデックス委員会で吸収線量の上限を規定し、その使用方法に制限をかけることにより使用を容認している。各国とも認可している品目は限られており、輸入を禁止している品目も多い。そこで放射線を使用しない極超短時間加熱粉体殺菌技術が着目されている。放射線殺菌の代替技術として着目される背景には、消費者による放射線への拒否反応があるように思われる。

7. まとめ

今回紹介した極超短時間加熱粉体殺菌技術を、従来の殺菌技術に加えられる新たな殺菌方法として提案している。従来の殺菌技術は、それぞれ特徴があり、その適した分野で浸透しているが、すべての殺菌ニーズには応えられていない。従来技術で補完出来ていない分野にこの新しい技術を適用し、また新しい殺菌ニーズにも応えていきたい。われわれの極超短時間加熱粉体殺菌技術は、従来の加熱殺菌技術にとって代わるものではなく、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になるであろう。