



ESCO News Letter

第2巻 第17号

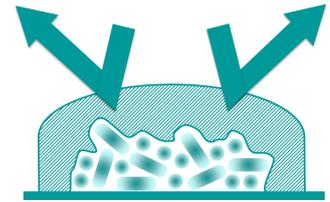
発行日 2013年10月30日

バイオフィーム汚染対策はお済みですか？

具体的対策
とは？

近年、食肉や飲料をはじめとした食品あるいは化粧品などの工場で、バイオフィームが原因の製品の腐敗や劣化が問題となり、その防止策に苦慮しているとの声も数多く聞かれます。実際に、バイオフィームに関する書籍の出版、

学会発表やセミナーも多くなっており、新聞紙上にもバイオフィーム形成を防止する技術が紹介されるようになりました。今やバイオフィーム防止は、工場の衛生管理、微生物管理を進める上で避けて通れない課題となっています。



バイオフィームとは

川の中の小石がぬるりとしているのを感じたことがある人もいるでしょう。これが石の表面に形成されたバイオフィームです。私たちの身近でも、台所や風呂場などで淡紅色を呈した付着物あるいは菌の表面にも菌垢(プラーク)としてバイオフィームが見られます。

様々な物質には必ず表面があり、微生物が付着(接着)しバイオフィームを形成しています。バイオフィームの中の微生物は浮遊したものではなく、付着したものであり、これらの微生物は単独で

はなく複数で共同体(集団)を形成しています。

ほんの少しの水と表面に存在する物質があればバイオフィームは形成されます。微生物が物質の表面に付着し、厳しい環境から身を守るために、必要な栄養分を確保するために、多糖など粘性のある多種多様な物質(有機物)と複合体を形成していることから、バイオフィームは除菌剤や殺菌剤の効力を低下させるバリアとしても働いています。

この号の内容

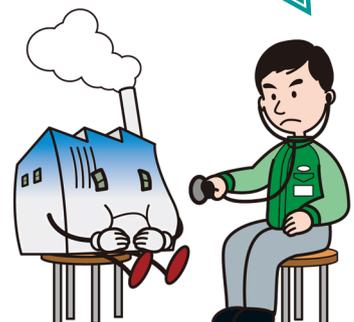
- バイオフィームとは 1
- バイオフィームはどのようなところに形成するのか
- バイオフィームを防止するには 2
- 洗浄および殺菌の評価は？ 3
- バイオフィーム防止の実際 4

バイオフィームはどの様なところに形成するのか

一般的に食品工場の基質への微生物の付着はグラム陽性菌よりグラム陰性菌のほうが強いといわれています。グラム陰性菌のほうが菌体外に莢膜(きょうまく)や粘性性物質などを産生することが多く、微生物の付着に大きく関与していると考えられるからです。ちなみに、自然環境では、グラム陽性菌は土壌や空气中に多く分布し、グラム陰性菌は淡水中に多く分布していることも衛生管理のヒントにすべきです。

バイオフィームを形成しやすい菌として、グラム陰性菌では *Enterobacter*(エンテロバクター)や *Klebsiella*(クレブシエラ)などの大腸菌群や *Alcaligenes*(アルカリゲネス)、*Flavobacterium*(フラボバクテリウム)、*Pseudomonas*(シュードモナス)などの水系由来の細菌など、グラム陽性菌では *Bacillus*(バチルス)、*Staphylococcus*(スタフィロコッカス)、*Listeria*(リステリア)などがあります(次ページ表参照)。

バイオフィームは、微生物が厳しい環境に耐え、競争に打ち勝つための生存戦略なのです！



口腔内のバイオフィーム

歯周病予防や歯磨きなどのテレビコマーシャルで「バイオフィーム」ということばを耳にしたことがある方もいらっしゃるでしょう。あまり歯磨きをしていない人や歯磨きが不十分な人の歯を見ると、本来滑沢な歯面の上に粗造に見える「歯の垢」が形成されているのがわかります。約300年前にアントニー・ファン・レーウェンフックはこの「歯の垢」の中を顕微鏡で観察し多数の微生物の形態をスケッチしました。歯科領域では、この「歯の垢」を歯垢とかデンタルプラーク（単にプラーク）と呼びます。このプラークこそが、今では、微生物と微生物の生産物からなる被膜、すなわちバイオフィームということになります。

専門的なことはさておき、これを放置しておくと、う蝕（虫歯）や歯周炎、歯周病に至る場合があります。プラークは研磨した直後のエナメル質表面でも唾液中のタンパク質などを選択的に吸着し、ペリクルと呼ばれる薄膜が形成されます。

ペリクルで覆われたエナメル質に細菌が吸着します。付着し脱離しなかった細菌は唾液中の栄養成分や人が摂取した食物の残渣を利用して増殖します。同時に、付着した細菌の多くは菌体外に粘性物質（多糖類）を産生します。この粘性物質は粘性であるために細菌の歯面への付着をより強固にします。皆さんがよく耳にするミュータンス菌は歯面への吸着をさらに強固にし粘性物質を多く含むプラークで、容易に除去できない状態となるわけです。



バイオフィームを形成する主な細菌

| | | |
|--------|---------------------------------------|--------------------------------|
| 食中毒起因菌 | <i>Salmonella Typhimurium</i> | <i>Listeria monocytogenes</i> |
| | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Yersinia enterocolitica</i> |
| | <i>Escherichia coli</i> | |
| 腐敗微生物他 | <i>Alcaligenes faecalis</i> | <i>Bacillus subtilis</i> |
| | <i>Enterobacter sp.</i> | <i>Klebsiella pneumoniae</i> |
| | <i>Flavobacterium meningosepticum</i> | <i>Serratia marcescens</i> |
| | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | <i>Staphylococcus sp.</i> |

食品工場では製造環境や製造工程の中でバイオフィームを形成しやすいところという、たとえば下記のような場所があげられます。バイオフィームはステンレスまたはプラスチックの平滑な表面にも、野菜の表面や食鳥の体表面などにも形成されていることも認識しておく必要があります。

このバイオフィームが製造工程に存在

し、何らかの作用で欠落して食品中に混入すると、そこで微生物が増殖し、食品に重大な問題を引き起こすことになります。したがって、バイオフィームが形成しにくい、あるいは食品残渣等の有機物が残らない装置や配管等を使用したり、それらに適應する洗浄剤や殺菌剤を使用することが必要となります。

食品工場の製造環境や製造工程の中でバイオフィームを形成しやすい場所

- 1) 水道水の供給システム、長い配管、デッドエンド部、製品移送配管、ホールディングタンク、ホース類 など
- 2) 床、壁、排水溝、コンベア、装置の下面部、ラフな表面 など
- 3) クーリングタワー、熱交換機 など

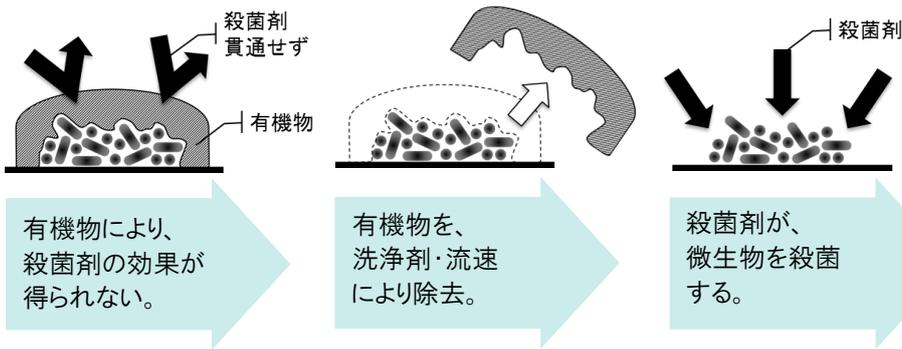
バイオフィームを防止するには

食品工場の場合、対策の基本は洗浄と殺菌です。その際、微生物が多糖類などの有機物によって保護されていることをいかに打破するかがポイントとなります。

表面に付着する最初の物質は微生物ではなく微量の有機物であり、食品の汚れや有機物は微生物の増殖を促すので洗浄することで制限することができます。洗浄にあたっては効率的・効果的な洗浄剤・洗浄方法を選ぶ必要があります。その際、汚れには無機系、有機系があり、有機系には炭水化物系、タンパク質系や脂質系があり、被洗浄体には様々な材質が使用されているので、それらを十分考慮しなければなりません。洗浄によりバイオフィームを除去するには、ブラッシングや高圧洗浄など表面に対する物理的な方法も効果がありますが、洗浄がより難しくなるラフな表面には注意が必要です。洗浄剤としては塩素化アルカリ洗浄剤が効果がありま

すが、プレートガasket等の劣化が早まるので注意が必要です。酸洗浄剤はバイオフィームの除去にはあまり効果はありませんが、スケールの防止や表面を平滑にし、バイオフィームの初期形成の防止には効果があります。洗浄剤の作用温度も重要であり、高温で作用させるとタンパク質の熱変性など汚れの付着を起こすこともあり、使用する温湯を50-55℃までとするなどの注意も必要です。洗浄の際に注意する箇所としては、洗浄しにくい、表面がラフな表面であり、窪みやセンサー取り付け部、ジョイント部、割れ目、シール材とステンレスの接触面などがあり、乳製品工場ではテフロン製ガasketの割れ目に多く発生、ガasketと接触する箇所（パイプの接触面）はパイプ内面より多く発生するとの報告があります。バイオフィームが形成しやすい深いクラックやポケットをなくすることも重要となります。

洗浄剤・殺菌剤によるバイオフィルムの殺菌



微生物は汚れや有機物に保護されて、熱や殺菌剤の効果を減少させ、汚れが付着した箇所では殺菌が不十分となり、耐熱性が低い大腸菌群でも生残することもあります。したがって、微生物汚染を防止するためには洗浄が重要であり、有機物内部の微生物を表面に露出させ、殺菌剤と接触しやすくさせることで殺菌効果を発現させることが重要です。

洗浄および殺菌の評価は

目的通りに洗浄殺菌が達成されていることを検証し、その結果に再現性があることを実証することが必要です。測定法には種々の方法がありますが、食品工場ではタンパク質の付着量や洗浄度を判定するフキトリマスターを用いた方法やATP測定法を採用している場合も多いですが、現場では表面付着菌測定法などの微生物的方法が多用されています。

ここでは、とくに「表面付着菌測定法」について説明します。「表面付着菌測定法」には、「拭き取り法(スワブ法)」と「スタンプ法」があります。

微生物は栄養的に過剰な条件下では

遊離の状態となりバイオフィルムを通常形成しないといわれています。これらの方法は遊離した微生物に対しては有効ですが、通常の栄養状態と異なり過酷な栄養状態で基質に強く付着したバイオフィルムの微生物を容易に剥がすことは難しいことから、定量性に欠けるとされています。弊社でも、綿棒による拭き取りとピンセットを用いたガーゼによる拭き取りの結果を比較して、その菌数と菌叢が大きく異なるという経験をしています。拭き取り法では拭き取り時の角度や圧力が測定結果に影響を及ぼすために、操作は強く丹念に行うことを心掛ける必要があります。

洗浄効果の評価法の例

微生物検査(培養法)

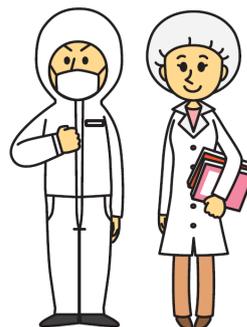
- スタンプ法・拭き取り法・すすぎ水の検査
- 特定菌(指標菌)の検査

迅速法

- タンパク質の拭き取り検査
- ATP法

洗浄時のモニター

- 洗浄液のpH、電気伝導度、TOCの測定



バイオフィーム防止の実際

私たちは、これまで数多くの食品工場で微生物管理、微生物制御についてのお手伝いをしてきました。その中で、10数年前からバイオフィームを意識した効果的な洗浄殺菌について管理手法を提供してきました。また、HACCPの手法が導入され、管理手法として「量(菌数)レベル」から、安全性評価のための「質(問題となる菌)レベル」への転換についても取組みを進め、微生物汚染による食品事故を効果的に解決するためのツールとして、「微生物汚染源の迅速推定システム:ラピコム」を開発し、実用化を実現しました。このシステムは、同定せずにフローラ解析により汚染源を探索、効率的にクレームを削減しようとするものです。現在、大腸菌群、乳酸菌、耐熱性芽胞形成菌を対象に、数多くの食品工場で活用されています(カビについては、DNAチップを用いた遺伝子検査システム「ジェノゲート」で対応しています)。

これらのシステムは、

- ・ 洗浄消毒バリデーションや洗浄消毒計画の見直し、HACCPプランの検証などに活用されています。
- ・ バイオフィームを考慮し、洗浄消毒の評価にガーゼによる拭き取りを採用しています。
- ・ 現場の情報(バイオフィームを形成しやすいポイントの抽出など)をもとに、危害地図を作成し、清掃のCCPの設定などに生かしています。
- ・ 洗浄殺菌については、科学的根拠に基づき再現性のある対策を講じることができるよう、単純・簡単・明確なマニュアルの作成にも努めています。

バイオフィーム防止対策としての洗浄殺菌が適切に実施されることで、衛生管理がレベルアップし、汚染予防管理が実現するものと考えます。

参考文献

高野光男ら編、洗浄殺菌の科学と技術、サイエンスフォーラム(2000)

森崎久雄ら編、バイオフィーム、サイエンスフォーラム(1998)

磯部賢治、食品衛生と界面活性剤5ーバイオフィームと界面活性剤の利用一、防菌防黴、33(11)、617-625(2005)

弊社ブース・セミナーへのご来場ありがとうございました！ 食品開発展2013

多くの皆様にお立ち寄りいただき、また弊社のサービスに関心をお持ちいただきましたことあらためてお礼申し上げます。

ご紹介いたしました「微生物汚染源の迅速推定システム(Rapicom/GENOGATE)」に關しまして、詳細なご案内をご希望、またはご不明な点等ございましたら、お問い合わせいただければ幸いです。

今後とも総合環境衛生管理で社会に貢献すべく、新たなサービスをご提供して参りますので、弊社、ならびに弊社サービスを何卒宜しくお願い申し上げます。



アース環境

総合環境衛生管理で
社会に貢献します

無断複写・複製はご遠慮下さい。
本件に関してのお問合せは、
03-3253-0640
ホームページもご覧ください
<http://www.earth-kankyo.co.jp/>