



IDF ファクトシート 2019年9月

## バイオプロテクション（生物による保護）

食品保存は、人類史上最も初期からの重要な関心事でした。開発され、伝承されてきた多くの経験に基づく製法の中で、発酵は最も古い保存技術の1つで、今も様々な食品素材で広く使われています。発酵は、細菌や酵母のような微生物による化学変化を受けて、食品で有効性を示します<sup>(2)</sup>。バイオプロテクション（生物による保護）は、食品における腐敗と有害な汚染から守る天然の方法です。これにより食品製品を保存期間中、新鮮に安全に保つことができ、食品廃棄物を減らす可能性につながります<sup>(9)</sup>。

食品業界は現在、このように食品廃棄物を減らして、天然、低塩、低糖質で合成保存料使用を少なくした食品への消費者需要に応え、賞味期限を延長した安全な食品製品を製造する手段を探索しています。発酵食品製品はより長い賞味期限をもち、同じ食材の非発酵食品製品よりも腐敗が少ない傾向があります。食品微生物学への理解が進み、バイオプロテクションの効果をもつ食品微生物カルチャー（食品中で培養する微生物）により食品がより安定するように、食品微生物カルチャーを選択できるように進化してきました<sup>(4)</sup>。

### 微生物により食品を新鮮に安全に保つ食品保存：バイオプロテクション

食品の微生物的な安定性、安全性ならびに味覚・嗅覚と栄養の品質は、ハードルといういくつかの保存要因の組合せによって得られます。食品を新鮮に安全に保つために最も重要なハードルは、温度（高温または低温）、水分活性（ $A_w$ ）、酸性度（pH）、酸化還元電位、保存料（食品添加物）、競合する微生物（細菌、カビ、酵母）とそれらの代謝産物です。よりよいプロテクション効果をもつ競合微生物は、もともと存在したり、特に選ばれた食品微生物カルチャーとして添加されたりします<sup>(5)</sup>。

バイオプロテクションとは、もともと存在したり意図的に加えられたりした菌叢が微生物的競合や抗菌性代謝産物の産生により病原体や腐敗微生物の発育を抑制することで、食品安全性を改善したり賞味期限を延長したりすることを言います。食品微生物カルチャーとしての様々な菌種の中で、乳酸菌は長い安



# 国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets/> より

全な使用履歴、証明された抗菌特性、自然に菌叢において優勢となり保管中生態的ニッチを占める能力ゆえに、バイオプロテクションとして使用されるのに最も有力です<sup>(4)</sup>。

バイオプロテクションのための食品微生物カルチャーは代謝活性のある製剤です。従来の発酵食品における微生物利用が製品特性にプラス方向の作用（食感、香り、消化性・・・）を及ぼす一方、バイオプロテクション特性を有する食品微生物カルチャー利用は腐敗菌を抑制し、食品の安全性を向上させます。

## 食品微生物カルチャーの生物学的機序

発酵とそれによるプロテクションは、カルチャーのもつ種々の生物学的機序に起因します：

- 発酵による食材の pH コントロール
- 食品製品から代謝産物、酵素、いろいろな化合物や分解産物の産生。たとえば食品のたんぱく質の分解物であるペプチドのように。
- 他の微生物との競合（限られた栄養源、酸素、食品製品における発育スペース、食品容器における発育スペースなどの環境的な競合）。

ある食材においてバイオプロテクションに用いられる適切な食品微生物カルチャーは、食品の保存期間中のこの 3 点におけるパフォーマンスを詳細に分析して選択します。

多くの科学論文を検討すると、乳酸菌単独の産生化合物量では最大限のプロテクション効果を得るには不十分であるという重要な所見が示されます<sup>(7)</sup>。それゆえに、バイオプロテクション効果を有する食品微生物カルチャーは上述の機序を組み合わせて機能させます。

## ハードルの 1 つとしてのバイオプロテクション

バイオプロテクションはフードマネジメントシステムの有効性を向上させるものではありませんが、決して十分な清掃、製造の衛生的な設計、コールドチェーンに代わるものではありません<sup>(6)</sup>。バイオプロテクション効果をもった食品カルチャー（培養した食品）は、製造中や製品が製造施設を離れた後、例えば輸送中、保管中、店頭陳列中、消費者によって開封した後も含めて、製品の特



# 国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets/> より

定の病原体や腐敗微生物に対してプロテクトする追加のハードルをもたらします<sup>(1)</sup>。

プロテクションのための食品微生物カルチャーを選択、適用するには、食品業界で用いられる、すべての食品微生物カルチャーに関しての同一安全基準に従わなければなりません。

## 適切で安全な食品カルチャーの選択

食品カルチャーは、微生物学的競合と優占現象を活用することで食中毒菌や腐敗菌をコントロールして減少させる能力によって選択されます。カルチャーの分離、選択、詳細な性状解析、バリデーションは、微生物が複雑な環境下で互いに競合する自然な行程を利用するための過程です。その目的は添加したバイオプロテクションのためのカルチャーが、一貫して特定の条件の特定の食材で、特定の病原体や腐敗菌を阻害する特定の特性を有することを確実にすることです。このことは自然発酵よりも工程上でコントロールすることを可能にします。新たな分析手法により、所定の環境に存在する微生物の同定と性状解析が可能になっています。これにより膨大な数の食品カルチャーの中から、病原菌や腐敗菌からプロテクトする最も優れた候補を選択することが可能になります。

食品カルチャーに用いられる菌株は同じ菌種でもそれぞれ異なる発酵特性を有し、味、香り、舌触り/粘性に多様性をもたせます。たとえば、ヨーグルトに用いられるよく知られた 2 つの菌種 (*Streptococcus thermophilus* と *Lactobacillus bulgaricus*) において菌株を選択することで、今や、数十年前には見られなかったくらい様々な粘性/口あたりや酸味のヨーグルトを製造することが可能となっています。同じように、よく知られていて通常使われている菌種の中で菌株を精選することで、バイオプロテクション効果の目的に沿う特性を寄与することが可能となります。

## 食品業界は何をしているか？

食品の品質、安全、安心を向上するためのハードル技術の一端として食品微生物カルチャーを応用することは、1990 年代後半から注目されてきました。

消費者は、食品に合成保存料を使用することによるヒトの健康リスクについてますます警戒するようになってきました。対照的に、乳業業界による乳製品の



# 国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets/> より

賞味期限の延長と腐敗抑制の要求は増しており、新たな保存料や保存方法が求められています。バイオプロテクションを、すでに実用化されている物理的方法（熱処理、高圧処理、フィルターろ過・・・）と組み合わせることで、より長い賞味期限をもつ、より安全な食品となりえます。バイオプロテクションの効果はしばしば、食品のもとの菌叢だけでなく、pH、温度、食品成分と構造のような環境要因によって規定されます。食品は複雑な生態系であり、その中で微生物の相互作用により、微生物的バランスや有益な菌や有害な菌の増殖に大きく影響する可能性があります。非発酵の ready to eat 製品（加熱せずにそのまま食べる食品）では、食品自体の菌叢により短期間で腐敗してしまうかもしれません。バイオプロテクションを用いることで、元の菌叢と競合し、早期腐敗を抑制することが可能となります。近年の微生物生態学の分子生物学的な発展により、食品の生態系におけるバイオプロテクションの包括的な効果への理解が可能となっています。

近年酪農の研究は、従来使われてきたカルチャーの、重要な腐敗菌（カビや酵母）や病原菌（*Listeria monocytogenes*）との環境的な競合に焦点が当てられています<sup>(3,8)</sup>。

## 引用文献

1. Baka, M., Fernández, E.N., Mertens, L., Derlinden, E. V., Impe, J.F.M.V., 2014. Protective role of indigenous *Leuconostoc carnosum* against *Listeria monocytogenes* on vacuum-packed Frankfurter sausages at suboptimal temperatures. *Food Research International* 66:197-206
2. Caplice, E., Fitzgerald, G.F., 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology* (50) 131-149
3. Goerges, S., Aigner, U., Silakowski B, Scherer, S., 2006. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by food-borne yeasts. *Applied Environmental Microbiology* 72(1): 313-8.
4. Hansen, E.B., 2002. Commercial bacterial starter cultures for fermented foods of the future. *International Journal of Food Microbiology* (78) 119-131
5. Mieszkin, S., Hymery, N., Debaets, S., Cotton, E., Le Blaya, G., Valence, F., Mounier, J., 2017. Action mechanisms involved in the bioprotective effect of *Lactobacillus harbinensis* K.V9.3.1.Np against *Yarrowia lipolytica* in fermented milk. *International Journal of Food Microbiology*, (248) 47-55
6. Motarjemi, Y., Nout, M.J.R., on behalf of the Joint FAO/WHO Workshop on Assessment of Fermentation as a Household Technology for Improving Food Safety, 1996. Food fermentation: a safety and nutritional assessment. *Bulletin of the World Health Organization*, 74 (6): 553-559
7. Siedler, S., Balti, R and Neves, R. 2019. Bioprotective mechanisms of lactic acid bacteria against fungal spoilage of food. *Current Opinion in Biotechnology*, 56: 138-146
8. Silva et al., 2018. *Front. microbiol.* Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation.



# 国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ <https://www.fil-idf.org/publications/fact-sheets/> より

9. United Nations, Sustainable Development Goal 12, Ensure sustainable consumption and production patterns, Target 3. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>

翻訳：下島優香子（JIDF 微生物・衛生専門部会委員）

編者注：仮訳の正確性、完全性、有用性等についてはいかなる保証をするものではありません。参考資料として扱い、内容に疑義が生じた場合は英文の原文をご確認ください。