

アサマ
NEWS

ハートナ

2010-3 NO. 135

バイキン博士の衛生雑談

食と微生物

28. 乳酸菌と腐敗

前回メーチニコフを取り上げたのにつづいて、乳酸菌について、とくに食品に害を及ぼす乳酸菌について解説する。

1. 乳酸菌

乳酸菌はグラム陽性の桿菌・球菌で、孢子をつくらず、また、大部分は運動性をもたない。その名前が示すようにブドウ糖をはじめとする糖を発酵して乳酸をつくる。乳酸ができることにより、環境のpHは下がるけれども、乳酸菌の多くは酸に耐える性質をもっている。

遍性嫌気性菌のクロストリジウム属細菌が酸素を嫌うのに対して、乳酸菌は酸素のある環境でも増殖する。しかし、好気的な代謝の過程で体内につくられる過酸化水素を分解する酵素、カタラーゼをもっていないため、高い濃度の酸素は乳酸菌にとっては好ましいものではない。このため、乳酸菌は微好気性菌と呼ばれる。酸素があったり、なかったりで、しかも栄養分に富む、という環境が乳酸菌の本来の住み家である。

このような環境は動物の腸内や膣、口腔、あるいは土壌中の植物表面、腐敗している植物など、動植物の体と関係のある場所が多い。生きた、あるいは死んだ動植物が乳酸菌の住み家といえよう。

乳酸菌の多くは病原性をもたないけれども、中には、ストレプトコッカス属のいくつかの菌種のように、人にたいする病原菌もある。

2. 食品腐敗細菌としての乳酸菌

種類が多く、分布も広い上に、酸に強く、酸素のない環境にも増殖する。数多くの食品に増殖するところから、

重要な食品腐敗細菌になっている。

「乳酸菌は有用細菌であって、腐敗細菌とするのはおかしい」、かなり昔のことになるが、包装食肉の低温保存についての研究結果を、ある雑誌に投稿したとき、審査委員から、このような意見を頂いた。

たしかに、発酵乳・チーズ・ヨーグルト、多くの漬け物類、パン、ビール、お茶（黒茶）など、多くの発酵食品に乳酸菌は使われてきた。近年では《スターター》として、乳酸菌の純培養が、乳製品、食肉加工品などの製造に使われている。

しかし、善玉菌といい有用菌といっても、それは所詮、それを使う人の側からの評価であって、乳酸菌の側からは、自分に都合の良い栄養物にとりついて、増殖しているだけのことである。それが、ある時は発酵に、ある時は腐敗につながるのであって、菌の活動から見れば全くかわらない。人の都合により、それが、時には有用に、ときには有害になる。

乳酸菌による腐敗の現象は、食肉について、1950年代から報告されている。しかし、それが乳酸菌のしわざと分からなくても、牛乳の酸敗や酒の腐敗、漬け物の酸敗・膨張などの現象は、それらの食べ物が人に利用されるようになった古代から知られていた。

3. 乳酸菌による食品腐敗

未殺菌牛乳の酸敗には乳酸菌の関わるが多いし、チーズなどの乳製品にも雑菌として繁殖して、変色させ、ガスをつくり、また、腐敗臭や苦みを与える。肉およびソーセージ・ハムなどにも、ラクトバシラス、カルノバクテリウム、ほか、さまざまな乳酸菌が増殖し、変色（緑変）、ネト、腐敗臭、ガス発生などの原因になる。水産練り製品も表面にリューコノストックなどの乳酸菌がネトをつくる。包装した魚介・魚介製品の腐敗、ネト発生にも乳酸菌が関与するし、魚のくん製品などの腐敗

細菌として乳酸菌が重要であることも報告されている。

多くの漬け物製品でも、乳酸菌はその発酵・熟成に寄与していると同時に、さまざまな乳酸菌が過度に増殖して、酸やガスをつくり、本来の製品としての品質を損ねることがある。このような腐敗は、とくに包装した漬け物では問題を生ずる。

清酒が保存中に乳酸菌の発育によって白濁し、香味を損なう、独特の腐敗は、“火落ち”として、かつてわが国の酒造業界では恐れられた。ワイン・ビールなどの醸造酒でもペディオコッカス、イーノコッカスなどの乳酸菌が増殖して、スライム、粘性、バター様風味などの腐敗をおこすことがある。

このほかにも、乳酸菌は、果汁・ケチャップ・サラダドレッシングなど数多くの食品の腐敗をおこす。

近年、真空包装を含め、さまざまな形の包装食品が広く普及している。真空包装ではもとより、通常の包装食品でも、保存中、酸素はすくなくなり、微好気性の乳酸菌が増殖しやすい環境をつくる。したがって、このような食品では、しばしば乳酸菌が繁殖して、主な腐敗細菌になる。

4. 乳酸菌の分類

食品に関係する乳酸菌は以前には比較的狭い細菌グループに限定され、乳酸桿菌（ラクトバシラス属）乳酸球菌（ストレプトコッカス属、リユーコノストック属、ペディオコッカス属）の四つの属に分類されていた。しかし、乳酸菌自体が数多くの属に再編成される中で、食品関係の菌種も、下のように11の属に増えている。

食品に関係の深い乳酸菌の菌属

乳酸桿菌：ラクトバシラス (*Lactobacillus*)、カルノバクテリウム (*Carnobacterium*)

乳酸球菌：ラクトコッカス (*Lactococcus*)、エンテロコッカス (*Enterococcus*)、ヴァゴコッカス (*Vagococcus*)、ストレプトコッカス (*Streptococcus*)、イーノコッカス (*Oenococcus*)、リユーコノストック (*Leuconostoc*)、ワイセラ (*Weissella*)、ペディオコッカス (*Pediococcus*)、テトラジエノコッカス (*Tetragenococcus*)

近年、分子系統学の急速な進展にともなって、細菌の分類体系には革命とも言いえる大きな変化が生じた。現在この変化は進行中であり、将来、乳酸菌の分類体系もさらに修正されるだろう。とくに幅の広い、多様な菌種を含むラクトバシラス属は、細分化され、大きく再編成

されるものと考えられる。

ひとつには、このような分類体系の変化とも関連して、食品の腐敗に関係する乳酸菌の種類も多様になった。

また、一つの食品に増殖し、腐敗の原因になる乳酸菌も、単一の菌種であることはむしろ少ない。多くは複数の種を含み、複雑な細菌相をつくっている。ここでは、Schillinger and Holzapfel (文献1) による表を簡略化したものを中心に、いくつかの食品種と、その腐敗に関与する乳酸菌を、表1にまとめた。

わが国では乳酸菌の利用に関する研究が盛んで、すぐれた解説書も多く出ている (文献2, 3)。一方《火落ち菌》についての先人のすぐれた研究があるものの、食品腐敗細菌としての乳酸菌については、あまり注目されてこなかったように見受けられる。有用とは裏腹の有害な食品微生物としての乳酸菌についても、多くの研究が現れることを期待したい。

表1. 食品の腐敗と乳酸菌

食品	腐敗	腐敗に関わる主な乳酸菌
真空包装肉	緑変 H ₂ S臭 ガス発生	<i>W. viridescens</i> , <i>L. sakei</i> <i>L. sakei</i> , <i>L. curvatus</i> <i>Leuconostoc gasicomitatum</i> <i>Leuc. origofermentans</i>
真空包装肉加工品 (ハム・ソーセージ)	緑変 酸臭 スライム	<i>Carnobacterium viridans</i> <i>Leuc. carnosum</i> <i>L. sakei</i>
チーズ	苦み・気泡・過度の熟成	クエン酸利用乳酸菌
包装魚製品 (ニシンなど)	ガス発生	<i>L. arimentaris</i>
	ガス発生・スライム	<i>Leuc. gasicomitatum</i> など
包装漬け物	ガス発生・酸敗	ヘテロ発酵乳酸菌
練り製品 (かまぼこなど)	スライム	<i>Leuc. mesenteroides</i>
ケチャップ・ドレッシング	ガス発生	<i>L. fructivorans</i>
レモネードなど	酸味・異味	<i>Leuc. mesenteroides</i> <i>L. perolens</i> , <i>L. paracasei</i>
果実ジュース	バターよう風味	<i>Leuconostoc</i> 種、 <i>Lactobacillus</i> 種
ワイン	スライム・バターよう風味	<i>Oenooccus oeni</i> , <i>Ped. Damnosus</i>
ビール		<i>L. brevis</i> , <i>L. lindneri</i> <i>Ped. damnosus</i> , <i>Ped. clausenii</i>
酒		<i>L. fructivorans</i> , <i>L. hilgardii</i> など

W.: *Weissella*; L.: *Lactobacillus*;
Leuc.: *Leuconostoc*; Ped.: *Pediococcus*

(清水 潮 元東京大学・広島大学教授)

文献

- Schillinger, W., and W. H. Holzapfel: Lactic acid bacteria. In Blackburn, C. de W. (ed.): Food spoilage microorganisms, 578. CRC Press, 2006.
- 小崎道雄: 乳酸菌—健康を守る発酵食品の秘密—, pp805, 八坂書房, 2002
- 雪印乳業健康研究所, 小坂道雄共編: 乳酸発酵の文化譜, pp.364, 中央法規出版, 1996

食 品 加 工 と 微 生 物

その49. 魚の鮮度の考え方とその指標（6）

生菌数による鮮度判定

細菌の腐敗活性の強さは種類によって異なるので、必ずしも細菌数＝腐敗の程度という訳ではないが、腐敗は細菌の作用によって起こるので、細菌数は腐敗や品質低下の最も直接的な指標として古くから用いられてきた。

食品中の細菌数はふつう、寒天平板法と呼ばれる方法で測定される。試料中の1個の細菌は直接肉眼で見えることはできないが、これを寒天培地と混ぜて（または寒天培地上に塗抹して）培養すると、培地中で増殖し、やがて1個の点（コロニー）として目で見えるようになるのでコロニーの数から試料中の細菌数を求めるというのがこの方法の原理である。微生物の増殖・栄養条件は多様であるので、ある一定の培地・培養条件下ですべての微生物が一樣に増殖するわけではないが、こうして得られる細菌数のことを生菌数と呼び、これを食品中の細菌数とみなして鮮度や品質の判定に用いるわけである。

食品中の生菌数は、従来食品の製造・流通過程における品質管理や衛生対策上の重要な指標として、食品や製造ラインの日常的な検査項目に取り入れられてきた。また冷凍食品においては凍結前の品質を知る目安としても重要であり、食品衛生法の成分規格や各都道府県の指導基準にも取り入れられている（たとえば冷凍鮮魚介類では $5 \times 10^6/\text{g}$ 以下、生食用冷凍魚介類では $1 \times 10^5/\text{g}$ 以下などの規格が設けられている）。また一般に畜肉や魚肉など生鮮食品では生菌数が $10^7 \sim 10^8/\text{g}$ に達すると官能的にも腐敗が認められることが多く、腐敗の指標としても用いられてきた。最近では生鮮食品や加工食品の賞味期限の設定を、生菌数が一定値（たとえば $10^5/\text{g}$ レベル）に達するまでの日数を目安として決める場合が多い。

生菌数測定は結果がでるまでに時間がかかるため、日常的な HACCP システムの監視項目には不適當であるので普通は物理・化学的方法（温度・時間、pH、濃度測定など）や官能的方法が用いられる。しかし生菌数測定は HACCP においてもそのシステムの設計のための危害分析やそれが日常的な品質衛生管理手法として十分機能しているかどうかの検証の際などには不可欠である。

いろいろな目的で行われる微生物検査

微生物検査（生菌数測定）はいろいろな目的で行われるが、大きくは品質に関連する検査と安全性に関連する検査の2つに分けることができる（表1）。

前者は品質劣化に関わる腐敗・変敗細菌が主な検査対象微生物であり、なるべく菌数の少ないことが品質的に好ましいということになるが、発酵食品では乳酸菌などの発酵細菌が対象となり、この場合は逆に一定数以上の細菌が存在することが求められることになる。同じ乳製品でありながら、発酵乳では菌数が $10^7/\text{ml}$ 以上、乳飲料では $3 \times 10^6/\text{ml}$ 以下という基準（表2参照）はこのような理由による。

一方、安全性に関与する検査は食中毒細菌が対象である。このほか衛生指標細菌と呼ばれる菌群も検査の対象となる。検査に当たってはこれらの意義を理解して行うことが重要である。

食品企業や検査機関などで行われる微生物検査は、次のような目的や法的根拠によるものが主と考えられる。

表1. 食品微生物検査の目的と対象微生物、菌数レベル

検査の目的	対象微生物	菌数基準	測定項目の例
品質管理 (賞味期限設定、腐敗防止など)	一般食品 腐敗・腐敗微生物 (一般微生物)	低菌数が好ましい	一般生菌数、VBNなど
	発酵食品 発酵微生物 (乳酸菌)	製品によっては一定以上の菌数が必要	乳酸菌数、pHなど
安全管理 (食中毒防止、汚染防止など)	食中毒微生物	ゼロまたは低菌数	各種食中毒菌数、毒素量、遺伝子、抗原抗体反応など
	衛生指標細菌	ゼロまたは低菌数	大腸菌、大腸菌群、腸球菌など

(1) 食品衛生法第4条

食品衛生法第4条では、病原微生物により汚染され、人の健康をそこなう恐れのある食品の製造、加工、販売等を禁じており、この条項はすべての食品に当てはまる。したがって、食品メーカーや流通関係者は製造・取り扱い製品の自主管理のために、また行政当局は食品衛生上の監視指導のために、それぞれ必要な微生物検査を行うこととなる。

(2) 食品衛生法に基づく食品の規格・基準

表2および表3に示した一般食品と乳・乳製品については、食品衛生法第7条に基づく「食品、添加物等の規格基準」ならびに「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令（乳等省令）」により食品の規格基準が定められているので、該当する食品ではその基準をクリアする必要がある。

表2 一般食品の規格基準における微生物数の規準

	細菌数	大腸菌群	大腸菌	黄色ブドウ球菌	サルモネラ属菌	クロストリジウム属菌	腸炎ビブリオ	その他
清涼飲料水 ミネラルウォーター類		○						
粉末清涼飲料	<3,000/g	○						
氷雪	<100/ml	○						
氷菓	<10,000/ml	○						
乾燥食肉製品		○						
非加熱食肉製品		○						
特定加熱食肉製品		○						
加熱食肉製品（包装後加熱）		○				○		
加熱食肉製品（殺菌後包装）		○						
鶏卵（殺菌液卵）		○						
鶏卵（未殺菌液卵）	<1,000,000/g	○						
鯨肉製品		○						
魚肉ねり製品		○						
冷凍ゆでだこ	<100,000/g	○					○	
非凍結ゆでがに（加熱摂取）	<100,000/g	○					○	
冷凍ゆでがに（非加熱摂取）	<100,000/g	○					○	
冷凍ゆでがに（加熱摂取）	<100,000/g	○					○	
生食用鮮魚介類	<50,000/g	○	*2				*1	
生食用かき	<100,000/g	○						
無加熱摂取冷凍食品	<100,000/g	○						
加熱後摂取冷凍食品（凍結前加熱）	<100,000/g	○						
加熱後摂取冷凍食品（凍結前加熱以外）	<3,000,000/g	○	○					
生食用冷凍鮮魚介類	<100,000/g	○						
食肉製品、食肉製品用砂糖、でん粉、香辛料								*3
容器包装詰加圧加熱殺菌食品								*4
食品保存用氷雪		○						

*1：<100MPN/g *2：<230MPN/100g（剥き身は<100MPN/g）（尾上，1996に追加）
 *3：芽胞数<1,000/g *4：発育しうる微生物陰性 ○印は陰性であること

表3 乳・乳製品の成分規格における微生物数の規準

	細菌数	大腸菌群	その他
生乳，生山羊乳	<4,000,000/ml		
生乳，殺菌山羊乳，部分脱脂乳，脱脂乳，加工乳	<50,000/ml	○	
特別牛乳	<30,000/ml	○	
乳製品			
クリーム			○
バター，バターオイル，プロセスチーズ，濃縮ホエイ	<10,000/mlまたはg	○	
アイスクリーム，	<100,000/g	○	
アイスマルク，ラクトアイス	<50,000/g	○	
濃縮乳，脱脂濃縮乳	<100,000/g		
無糖れん乳，無糖脱脂れん乳	0/g		
全粉乳，脱脂粉乳，クリームパウダー，	<50,000/g	○	
ホエイパウダー，バターミルクパウダー，			
加糖粉乳，調整粉乳，			
はっ酵乳，乳酸菌飲料			
（無脂乳固形分3.0%以上）			○ 乳酸菌数または酵母数 >10,000,000/mlまたはg
乳飲料	<30,000/ml	○	
乳などを主要原料とする食品			○ 乳酸菌数または酵母数 >10,000,000/mlまたはg
乳酸菌飲料（無脂乳固形分3.0%未満）			
常温保存加能品			
牛乳，部分脱脂乳，脱脂乳，加工乳	0/ml（55℃，7日間保存後）		
乳飲料	0/ml（55℃，7日間保存後）		

○印は陰性であること（尾上，1996に追加）

表4 衛生規範における微生物数の規準

規範名	細菌数	大腸菌群	大腸菌	黄色ブドウ球菌	その他
弁当・そうざい（加熱処理）	<100,000/g	○	○	○	サルモネラ，腸炎ビブリオ
（非加熱処理）	<1,000,000/g				
漬物（充填後加熱）					カビ陰性，酵母<1,000/g
（一夜漬）		○			腸炎ビブリオ
洋生菓子	<100,000/g	○		○	
生めん類（生めん）	<3,000,000/g	○		○	
（ゆでめん）	<100,000/g	○		○	
（貝など：加熱済み）	<100,000/g	○		○	
（貝など：未加熱）	<3,000,000/g	○		○	
すし（煮がになど加熱済み）	<100,000/g	○		○	腸炎ビブリオ<100MPN/g
（生鮮魚介類など未加熱）	<100,000/g	○		○	腸炎ビブリオ<100MPN/g

○印は陰性であること（尾上，1996に追加）

（3）衛生規範

食品衛生法に基づく規格・基準による規制になじまない食品で、しかも過去に食中毒や腐敗・変敗事例などが多い食品について衛生の確保と向上を図るために、弁当・そうざい、漬物、洋生菓子、セントラルキッチン・カミサリーシステム、生めん類、すし類についての衛生規範（表4）が定められている。

（4）地方自治体による指導基準

食品衛生法に基づく規格・基準のない食品に対して、監視指導の効率化や、事業者の自主管理強化、衛生上の安全性確保等のために、自治体によっては独自に指導基準を設定している。

（5）HACCPとの関連

HACCPにおける微生物危害防止のためのCCP監視（モニタリング）では、結果の出るまでに時間のかかる微生物検査は不適当であり、リアルタイム的に監視の可能な時間・温度などの測定が中心となる。しかし微生物検査はHACCPシステムの組み立てやその導入後に行われる検証には必要である。

（6）食中毒や変敗事例の原因究明

食中毒事故の原因究明や様々な変敗事例・クレームなどの原因解明のために行政機関やメーカーの立場から微生物検査が行われる。

（7）消費期限・賞味期限等の設定

平成7年4月に期限表示制度が導入されたのを受け、各メーカーでは、農水省のガイドラインや民間団体の設定基準を参考に、製品毎に保存試験（官能試験、微生物検査など）を行うなどして、賞味期限が設定されている。

（8）量販店等への納入基準

大手量販店などへ納入する生鮮食品や加工食品については、独自の基準としてかなり低い菌数レベル（たとえば 10^3 /g以下）が要求されている場合が多く、メーカーまたは受け入れ側ではその基準に合致していることをチェックするための微生物検査が必要となる。

（9）その他

以上のほか、加工場の施設や製造ラインなどの日常的な衛生管理のために各種微生物検査が行われている。

（藤井建夫：東京海洋大学名誉教授、東京家政大学特任教授）

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
 http://www.asama-chemical.co.jp

本社／〒103-0001
 大阪営業所／〒532-0011
 東京アサマ化成／〒103-0001
 中部アサマ化成／〒453-0063
 九州アサマ化成／〒811-1311
 滋陽化成／〒006-1815

東京都中央区日本橋小伝馬町20-3 TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285
 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889
 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854
 名古屋市市中村区東宿町2-28-1 TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830
 福岡市南区横手2-32-11 TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304
 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061