

アサマ NEWS

パートナ

2016-1 No.170

食品の微生物変敗と 防止技術

(9) 果実及び果実ジャムの微生物変敗と制御

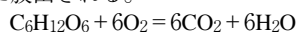
1. はじめに

食の安全・健康志向から、果実の機能性食品としての効能が認められてきた。その代表的なものは、ミカンに多く含まれるがん抑制効果のあるβ-クリプトキサンチン、りんご・ぶどう等に含まれるポリフェノール類、ブルーベリーに含まれ、眼に良いとされるアントシアニン等が話題になった。しかし消費者の選択基準は異なり鮮度が最も大きい。

風味や味に関連する成分としては、糖、酸、アミノ酸、でんぷん、ビタミン、香気成分がある。糖は、一般に、収穫後の果実の呼吸基質として利用され、貯蔵・流通中に徐々に減少する。しかし、キウイフルーツ、バナナ、西洋なし等のようにでんぷんとして果実内に蓄積している場合は、でんぷんが糖へと変換され、糖が増加する場合もある。クリでは、貯蔵中にでんぷんが糖へと変換され、甘味が増す。特に、低温で貯蔵した場合にでんぷんフォスホリラーゼの活性が高まり、糖への転換が著しくなる。酸の多い果実は柑橘類であるが、糖と同様収穫後減少する。

2. 果実の鮮度低下機構

果実は一般に太陽光線を受けて炭酸ガスと水を取り入れ、葉の葉緑素の中で炭水化物を合成し、そして酸素を放出する。これは酸素を取り入れ炭酸ガスを排出する動物の呼吸と全く逆のガスの出入りである。果実は樹木上では植物と同じ生理作用を営み、収穫後は動物と同じ呼吸作用によって生命を維持している。しかし、果実の成分の90%前後を水分が占めておりこの蒸散量の多いのが動物と異なる点である。果実は収穫後も呼吸をしており、それにとまって酸素を吸収し炭酸ガスを放出する。その際体内の糖や酸等の栄養分を消費して、水と炭酸ガスが出来、これが体外に放出される。



呼吸量は果実の種類により異なり、したがって発生する炭酸ガスも果実により著しく異なる。しかし果実は酸素補給がない状態において貯蔵されるとエタノール、アセトアルデヒドの発生する無気呼吸を行う。呼吸量は多くなるほど、果実の消耗が激しく鮮度が急激に低下する。一般に酸素濃度の低下で呼吸速度が低下し、炭酸ガス濃度の上昇で、呼吸によって生成された炭酸ガスの排出が妨げられるので、いずれも呼吸が抑制される。この原理を応用してCA貯蔵が開発され、リンゴでは実用化されている。しかし、この原理はすべての果実において認められるわけではなく、柑橘類ではガス濃度を変化させても呼吸は抑制されず、CA貯蔵は成果をあげなかった。果実の呼吸にはクライマクテリックライズと称する呼吸の変化があり、成熟にともなって呼吸が急激に増加する時期がある。これは果実の種類によって全くないものと顕著に起こるものがある。リンゴ、ナシ、バナナ、アボガドはクライマクテリックライズがあり、

CA貯蔵に適する。なおミカン、レモンにはクライマクテリックライズはない。リンゴなどの果実はエチレンを発生する。果実によっては、常に放出しているもの、傷が生じると発生するもの、他から発生したエチレンの刺激で発生する場合がある。エチレンは果実の成熟を促進し、さらに老化させる働きをもっており、鮮度は急激に低下するので、鮮度保持にとってエチレンは大敵である。エチレンの除外にはエチレン吸着剤である種々の化合物、エチレン分解剤であるオゾンが有効である。

3. 果実の腐敗機構

収穫直後の果実の表面には正常な微生物のほか、土壌、水中の微生物、人間に付着している微生物および植物病原微生物等が付着しているが、それらの割合、総菌数は部位や環境条件によって異なる。果実では成熟にともなう菌数の増加が知られており、これは熟すると表皮が柔らかくなり微生物の増殖が容易になることと、昆虫や鳥類により汚染が増大するためである。果実の微生物菌数を測定すると、内部においても $10^2 \sim 10^3/g$ の菌数が検出された。従来は、健全な果実体内には微生物はほとんどいないとされてきた。これは収穫後、貯蔵期間が長くなると表皮に付着した細菌が導管組織を経て内部に入って増殖するものと考えられる。このため、外部付着菌の菌叢と中心部の菌の菌叢が極めてよく似ており、いずれも *Micrococcus* 属の細菌が多く検出された。また果実がカビに侵されて変敗すると、食用に供せなくなるので鮮度以前の問題である。収穫前の原因で発生するカビには *Alternaria citri* (黒腐病、開花時に菌が侵入)、*Phoma citricarpa* (黒斑病、樹上で菌が侵入)、*Diaporthe citri* (軸腐病、樹上で菌が侵入)、*Colletotrichum gloeosporioides* (炭そ病、樹上で菌が侵入) がある。また収穫後の原因で発生するカビには *Penicillium italicum* (青カビ病、収穫時の果皮の傷より侵入)、*Penicillium digitatum* (緑カビ病、収穫時の果皮の傷より侵入)、*Botrytis cinerea* (灰色カビ病、収穫、運搬、貯蔵中に汚染) がある。

4. 果実の変敗微生物

4. 1 果実の微生物

果実類には収穫後に長期間貯蔵できるものと、短時間で鮮度の低下するものがある。リンゴ、カンキツ類、キウイフルーツは1～6カ月の長期間保存でき、モモ、サクランボ、イチジクは短時間で鮮度が低下する。カキ、ブドウ、ナシはその中間に位置する。鮮度保持とは収穫時の新鮮さを出来るだけ長く保つことであり、鮮度の落ちる要因としては萎れや色調等の外観、味や硬さ等の果肉の変化、異臭、変敗がある。果実は水分の蒸散によって萎れるので外観が悪くなり、鮮度が低下する。また収穫後においても呼吸しているので、この呼吸により体内の養分が消費され特定の成分が変化して味が変化する。この変化が果実の鮮度低下の主原因であるが、微生物や酵素等によって硬度の低下や異臭が生じて鮮度が低下することがある。長期間保存できる果実は貯蔵庫でいかに鮮度を保つかが問題であり、収穫後傷み易い果実は収穫から消費者にわたるまでの鮮度をいかに保つかが問題である。

表1に果実の表層及び内部の微生物を示した。

表1 果実の表層及び内部の微生物

果 実	Micrococcus	Bacillus	酵母	総菌数
イチゴ	5.2×10^6	3.8×10^3	3.9×10	5.9×10^6
ブドウ	3.9×10^5	5.6×10^3	2.1×10	5.3×10^5
レモン (g)	外部 5.7×10^6	5.6×10^3	300以下	7.1×10^6
	内部 2.6×10^3	2.7×10^2	300以下	3.8×10^3
メロン (g)	外部 6.1×10^7	6.4×10^5	6.3×10	7.2×10^7
	内部 1.1×10^4	3.1×10^2	5.3×10	1.2×10^4
グレープ フルーツ (g)	外部 3.8×10^6	5.3×10^5	2.7×10^2	6.2×10^6
	内部 1.3×10^3	3.9×10^2	4.2×10^2	3.2×10^3

4. 2 トマトの変敗微生物

外観健全なトマト果実の表面汚染菌と潜在菌（内部）は、輸送、貯蔵中の劣化と密接な関係がある。そして潜在・汚染菌の数及び劣化活性に関与する劣化要因として、栽培方法、果実の熟度、傷、接触状態、品種、流通時の温度がある。ハウストマトの生菌数は露地トマトに比べいくらか多い。これは空中落下菌と関連がある。

トマト果実に変敗に関与する微生物は、*Alternaria*、*Aspergillus niger*、*Asp. oryzae*、*Cladosporium*、*Fusarium*、*Mucor*、*Penicillium*、*Trichoderma*、*Trichoderma roseum*等のカビ及び*Bacillus*、*Enterococcus*、*Pseudomonas*の細菌である。

4. 3 キウイフルーツの変敗微生物

キウイフルーツの花腐れ症状病斑から病原性のある細菌が分離され、*Pseudomonas syringer*に起因する新病害として、病名を「キウイフルーツ花腐病」とした。キウイフルーツ花腐細菌菌は晩秋の落葉期に枝葉から芽へ侵入・越冬し、翌春の萌芽期に芽より葉に侵入して黄色ハロー病斑を形成し、増殖する。萼片裂開部から滲出される樹液球は20%以上が保菌し、その菌濃度は高い。

殺菌工程ではキウイフルーツ特有の鮮やかな緑色は消失し、黄変する。更に果肉の肉質は強度と弾力を失い、いも臭に似た加熱臭が発生する。このため加熱殺菌条件についてはより穏やかな条件が望ましい。キウイフルーツスライス缶や瓶詰めの製造に当たっては、品質に対して影響の少ない殺菌条件が望まれる。変敗原因菌が*Pseudomonas syringer*であるので加熱殺菌温度は中心部温度85℃、15分間保持で可能である。

4. 4 ビワの変敗微生物

ビワ果肉内部変敗の原因となる病原菌類として、*Fusarium*、*Alternaria*、*Pestalotiopsis*、*Colletotrichum*が分離され、その分離率はそれぞれ37.9%、25.8%、21.1%及び15.2%であった。これらの分離菌は、健全なビワ果実に対して病原性を示した。ビワの花弁から分離した*Botrytis* sp.と*Botrytis*属菌(*Botrytis cinerea*、*B. allii*、*B. squamosa*、*B. fabae*)をビワの花弁、ミカン花弁、ソラメメ葉及びタマネギ鱗片に接種して病原性の比較を行った。*Botrytis* sp.は*Botrytis cinerea*と一致した。このことからビワの花腐病の病原菌は*Botrytis cinerea*であった。

5. ジャムの微生物変敗

消費者の健康志向が高まる中で、低糖ジャムが普及するようになってきてから、微生物による変敗が多発してきた。その大部分は真菌であり、即ち酵母とカビである。これらの微生物を抑制することができればジャムの腐敗は抑制されることが考えられる。

ジャムの腐敗菌として検出される頻度が高いカビは以下の通りである。

- ① *Aspergillus flavus*
- ② *Penicillium expansum*
- ③ *Talaromyces macrospores*
- ④ *Byssoschlamys fulva*

ジャム類は保存食品であるが、カビには弱い。空気の下、温度30℃、湿度80%の条件で、糖度40%のものは3日前後、60%で15日前後、70%で30日前後に通常カビが発生する。すなわち脱気、密封して保存する必要がある。また退色及び褐変防止上、直射光線を避けた低温貯蔵が必要

である。ジャムの種類によりカビの生育速度及び生育性状が著しく異なる。*Penicillium expansum*はブルーベリー、イチジクジャムにはよく生育するので青から緑の斑点が生成してクレームとなっている。しかしマーレードでは生育は非常に悪い。*Talaromyces macrospores*はイチゴ、白桃ジャムによく生育してクレームとなる。クランベリージャムではカビの生育がほとんどなくクレームもない。この原因はジャムに含まれる安息香酸による。

香辛料、フルフラール、ヒノキチオール等を利用してカビの生育を阻止する。ジャムの主要な変敗カビである*Penicillium expansum*、*Talaromyces macrospores*、*Byssoschlamys furuva*等に対するフルフラールの阻止効果を13種類のジャムを用いて行い、クランベリージャムで*Penicillium expansum*、*Penicillium frequentans*、レモンマーレードで*Talaromyces macrospores*、*Byssoschlamys furuva*等の生育阻止効果が認められた。

カビの発生が最も多いのが低糖度ジャムである。

低糖度リンゴジャムは酸味がやや強く香気の優れた紅玉が原料として望ましい。選果、洗浄、剥皮、除芯、熱破碎し、裏ごしをする。糖度50%、pH3.1～3.5他の果実も製造できるが、カルシウムを添加する必要がある。

表3にジャムの物理的及び微生物的性質を示した。

表3 ジャムの物理的及び微生物的性質

品 名	Aw	糖度(%)	酸度(%)	pH	細菌 (g)	真菌 (g)	大腸菌群
イチゴ	0.89	52	0.4	3.4	300以下	300以下	検出せず
イチジク	0.94	48	0.3	3.8	300以下	300以下	検出せず
ブドウ	0.89	51	0.5	3.4	300以下	300以下	検出せず
ウ メ	0.86	57	2.5	2.6	300以下	300以下	検出せず
ウ メ	0.66	76	1.6	2.8	300以下	300以下	検出せず
カ キ	0.94	47	0.1	4.3	300以下	300以下	検出せず
モ モ	0.88	56	0.7	3.4	300以下	300以下	検出せず

酸度は0.1%～2.5%、pHは2.6～4.3であった。ウメジャムは他のジャムに比べて酸度が高く、pHが低かった。大腸菌群は検出されず、細菌数、真菌数はいずれも300以下/gであった。

6. カット果実の微生物

カット果実およびスプラウトの一般生菌数は、カット果実が $10^3 \sim 10^5$ /g、スプラウトが $10^6 \sim 10^8$ /gである。カット果実は夏季に菌数が高いが、スプラウトでは冬季、夏季で菌数の差は認められない。メロンの一般生菌数は、国産が $10^3 \sim 10^5$ /g、輸入が $10^4 \sim 10^6$ /gであり、輸入の菌数が国産と比較して高い。カット果実は可食部をカット加工し販売するため、品質の劣化や微生物の汚染を受けやすい。市販カット果実のメロン、スイカ、パイナップル、グレープフルーツ、オレンジおよびキウイにおける一般生菌数は $10^2 \sim 10^6$ /gオーダーにある。市販のカット果実では、カット加工から販売段階において微生物汚染や増殖の可能性がある。未成熟パパイアのカット製品は、青果の剥皮前およびカット後に水洗処理を行うことによって、一般生菌数は100分の1に減少する。さらに水洗後、2%貝殻焼成カルシウム水溶液による浸漬処理を行うと、一般生菌数は400分の1に減少する。

文献

- 1) 内藤茂三：果実および野菜のオゾン処理、愛知食品工技、32、138-151 (1992)
- 2) 森哲也、田中廣行、和田真太郎、伊藤武、宇田川藤江、工藤由紀子、市販生食用カット野菜、カット果実およびスプラウトの微生物汚染調査、日本食品微生物学雑誌、27、163-170 (2010)
- 3) 内藤茂三：オゾン水の食品殺菌への利用、食品と開発、33、(3)、15-19 (1998)
- 4) 森田 昭：キウイフルーツ花腐細菌病の発生消長と本病原細菌の樹体各部位における消長、九病虫研会報、35、49-53 (1989)
- 5) 澤野哲也、亀川藍：収穫後のビワに発生する果実内部腐敗に関する病原菌、沖縄県農業研究センター研究報告、5、1-4 (2011)
- 6) 内藤茂三：オゾン水による微生物制御、無菌包装の最先端と無菌化技術、p298-310 (1999) サイエンスフォーラム
- 7) 高橋沙織、小櫃理恵、枳穀豊、木内幹：ジャム腐敗菌に対するフルフラールの生育阻止効果、防菌防黴、11、579-588 (2005)
- 8) 勝股理恵、吉田育恵、亀川紀子、村松芳多子、枳穀豊、田中健司、木内幹：ヒノキチオールによるジャムの腐敗防止、防菌防黴、31、59-67 (2002)

(内藤茂三 食品・微生物研究所)

乳児用調製粉乳による新生児等の *Cronobacter* 感染症

Cronobacter 属菌は、日和見感染症をもたらし病原体の一つであり、稀ではあるが、早産児、低出生体重児や免疫不全状態にある乳児に本菌汚染調製粉乳を与えることによって髄膜炎、壊疽性大腸炎や菌血症のような重篤な疾病をもたらしことが示されている (FAO/WHO, 2008)。*Cronobacter* 髄膜炎に罹患した新生児や乳児の予後は不良であり、致死率も高く、初期症状発現後数時間以内に死亡することも報告されている (Willis and Robinson, 1988)。また、*Cronobacter* は基礎疾患あるいは悪性腫瘍に罹患している高齢者の感染原因菌としても認められている (Gosney, 2008)。

1. *Cronobacter* 属菌構成菌種

Cronobacter 属菌は、腸内細菌科 *Enterobacteriaceae* に属するグラム陰性、通性嫌気性、芽胞非形成で運動性がある。本菌は、当初は黄色色素産生 *Enterobacter cloacae* とよばれていたが、DNA-DNA hybridization、生化学的性状、色素産生性や抗生物質感受性が *Enterobacter cloacae* と異なることから、1980年に *Enterobacter sakazakii* と再分類された。さらに、*Enterobacter sakazakii* は、*Cronobacter* 属に Iversen 等によって2008年に再分類され、さらに Joseph 等 (2012) に新菌種を加えたことにより、現在 *C. sakazakii*、*C. muytjensii*、*C. malonaticus*、*C. turicensis*、*C. dublinensis*、*C. condimentii* および *C. universalis* の7菌種に分類され、また、*C. dublinensis* は subsp. *dublinensis*、subsp. *lausannensis* と subsp. *lactaridi* の3亜種が設けられている。*Cronobacter* spp. は、通常トリプチケースソイ寒天平板上で黄色コロニーを形成し、オキシダーゼ陰性、リジン脱炭酸陰性、オルニチン脱炭酸陽性、アルギニン脱水素陽性であり、糖の分解に関しては、ラムノース、シュークロース、メリビオース、アミグダリンを分解して酸を産生するが、ソルビトールは分解しない。また、クエン酸加水分解能を有している。*Cronobacter* 菌属の鑑別性状を表1に示した。

表1 *Cronobacter* 属菌の種および亜種鑑別のための生化学性状

性状	<i>Cronobacter</i> 属菌*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Indole 産生能	-	-	-	+	+	+	v	+	-
炭素源利用能									
dulcitol	-	-	+	+	-	-	-	-	+
lactulose	+	+	+	+	+	+	-	-	+
maloate	-	+	+	+	+	-	-	+	+
maltitol	+	+	+	-	+	+	-	-	+
palatinose	+	+	+	v	+	+	+	-	v
putrescine	+	v	+	+	+	+	v	-	-
melezitose	-	-	+	-	+	-	-	-	+
turanose	+	+	+	v	+	v	-	-	-
myo-inositol	v	v	+	+	+	+	-	-	+
cis-aconitate	+	+	+	v	+	+	+	-	v
trans-aconitate	-	+	-	v	+	+	+	+	-
1-o-methyl α -D-glucopyranoside	+	+	+	-	+	+	+	+	+
4-aminobutyrate	+	+	+	+	+	+	+	-	-

* 1 : *C. sakazakii* ; 2 : *C. malonaticus* ; 3 : *C. turicensis* ; 4 : *C. muytjensii* ; 5 : *C. dublinensis* subsp. *dublinensis* ; 6 : *C. dublinensis* subsp. *lactaridi* ;

7 : *C. dublinensis* subsp. *lausannensis* ; 8 : *C. condimentii* ; 9 : *C. universalis*

**+ : >90%以上陽性 ; v : 20-80%陽性 ; - : 陽性10%未満

★ Iversen et al. (2008)、Joseph et al. (2012) と「食品衛生検査指針 (2015版) : p.490-503」による

2. *Cronobacter* 感染症

Cronobacter 属菌は、1958年にイングランドにおいて乳児髄膜炎発症例に関与し、この事例では2名の乳児の死亡例が報告されて以来、2006年までの間に70例の本菌感染症例が欧米諸国で報告されている (Drudy et al., 2006)。本菌感染症の発生頻度は低いが、予後は不良であり、感染すると罹患率および死亡率は顕著に高いとされている。

本菌は、乳児の生命に脅威をもたらす髄膜炎、敗血症や壊疽性小腸結腸炎の重要な原因因子である。未熟児や低出

生体重児や28日未満の乳児は、月齢の高い乳児よりリスクが高いと考えられる。主な臨床徴候は、髄膜炎 (脳室炎、脳膿瘍、脳梗塞および嚢胞形成により複雑になっている)、菌血症および壊疽性小腸結腸炎である。ほとんどの場合に嚢胞変性、膿瘍、液体貯留、脳室拡張や梗塞のような異常を表わすので、CTスキャン等により症状発現初期に脳の検査を実施すべきとされている。わが国でも超低体重出生児に本菌による多発性脳膿瘍事例や敗血症事例も報告されている。*Cronobacter* は無症状乳児の糞便あるいは尿中からも検出され、糞便中には18週まで存在していることが証明されている。本菌感染症は新生児や乳児に比較的一般的にみられており、通常予後不良であり、罹患率が高く、死亡率は33-80%と報告されている。一方、健康成人における *E. sakazakii* 感染例はほとんど報告されていないが、成人感染例のほとんどは、悪性腫瘍のような重篤な基礎疾患を有していたことが報告されている。

3. *Cronobacter* 属菌の病原巣

Cronobacter 属菌の自然界での生息箇所は不明であるが、黄色色素、担鉄小体およびインドール酢酸の産生、乾燥状態での生残能、鉍物性リン酸塩の溶解能、トマトやトウモロコシの根への定着能などのいくつかの性状の全ては、*Cronobacter* 属菌が植物関連微生物であることを示している (Schmid et al., 2009)。このことと関連して *Cronobacter* 属菌は、土壌、水、ネズミ、昆虫、家庭と粉乳工場の塵埃、家畜用ブラシや乳児用製剤の混合に使用される攪拌用スプーンやブレンダー等の種々の環境試料から分離されている。さらに、*Cronobacter* は広範囲の食品および食品原材料から分離されている。即ち、Friedemann (2007) は、野菜類、ハーブ類、スパイス類、豆類や穀類製品を含む植物性食品、またミルク、チーズ、魚介、食肉および食肉製品からも同様に検出している。また、本菌は生鮮食品、乾燥食品、冷凍食品、調理済み食品や ready-to-eat 食品中にも認められている。*Cronobacter* は種々のタイプの食品でみられているが、乳児用乳製品および離乳食だけが乳児の感染症と関連づけられると Jarvis (2005) は述べている。また、本菌は、中枢神経、血液、骨髄、喀痰、尿、虫垂炎組織、腸管、呼吸気道、目、耳、創傷部や糞便等の広範な臨床材料や、病院環境からも分離されている。

4. *Cronobacter* の伝播・感染

Cronobacter 属菌の感染源と伝播媒体は必ずしも明らかではない。本菌は多様な食品で検出されているが、乳児用調製粉乳 (PIF) とは強い関連性がみられている。本菌による PIF の汚染は、内因的なものと外因的なものが考えられる。即ち、内因的汚染は製造工程のある段階で PIF に本

表2 PIF が感染源となったと考えられる *Cronobacter* 属菌 (*Enterobacter sakazakii*) の散発・集団発生例

発生地・年	患者数	死者数	原因食品	発表者
イングランド (1958)	2	2	不明	Urmenyi et al. (1961)
デンマーク (1958)	1	1	不明	Joker et al. (1965)
ジョージア (1958)	1	0	不明	Monroe et al. (1979)
オクラホマ (1958)	1	1	不明	Adamson et al. (1981)
インディアナ (1981)	1	0	不明	Kleiman et al. (1981)
デンマーク (1983)	8	6	PIF が疑われた	Muytjens et al. (1983)
ギリシャ (1977-1981)	1	1	特定していない	Aldova et al. (1984)
ギリシャ (1984)	11	4	不明	Arseni et al. (1987)
ミズーリ (1984)	1	0	不明	Naqvi et al. (1985)
マサチューセッツ (1984)	2	1	不明	Wills et al. (1988)
アイスランド (1986-1987)	3	1	PIF	Biering et al. (1989)
テネシー (1988)	4	0	PIF とブレンダー	Simmons et al. (1989)
メリーランド (1990)	1	0	PIF とブレンダー	Norega et al. (1990)
オハイオ (1990)	1	0	特定していない	Gallagher et al. (1991)
ベルギー (1998)	12	2	PIF	van Acker et al. (2001)
イスラエル (1999-2000)	2	0	PIF とブレンダー	Bar-Oz et al. (2001)
テネシー (2001)	10	1	PIF	Himelright et al. (2001)
ベルギー (2002)	1	1	PIF	US FAD (2005)
ニュージーランド (2004)	5	1	PIF	US FAD (2005)
フランス (2004)	4	2	PIF	Food Safety Authority of Ireland (2006)

* Drudy et al. (2006) による

表3 市販食品中の *Cronobacter* 属菌の出現状況

サンプル	検査 検体数	陽性 検体数	検出された <i>Cronobacter</i> 属菌種				
			<i>sakazakii</i>	<i>malomaticus</i>	<i>mytjensis</i>	<i>dublinensis</i>	<i>turicensis</i>
乳児食	18	0					
乳製品							
殺菌乳および生乳	22	0					
粉乳	20	2	2				
粉末山羊乳飲料	10	0					
卵および肉類							
タマゴ	10	1	1				
鶏肉・ひき肉	45	0					
穀類							
ドーナツ・パスタ	18	0					
オートフレーク	10	1	1				
米粉	16	6	1	3		2	
小麦胚芽	9	1	1				
豆類・豆腐	40	11	5	4		2	
スパイス・ハーブ類	104	14	7	3	4		
種実							
ケシ	11	1	1				
カボチャ	11	5	2	2			1
ゴマ	12	8	6	2			
その他の食品							
乾燥ココナッツ	10	1	1				
ココナッツビスケット	1	1		1			
ポテト粉末・紅茶	22	0					
合計	399	52	29	15	4	4	1

* Hochel et al. (2012) より一部改変

菌が持ち込まれたことにより、外因的汚染は PIF の調製に使用するブレンダーやスプーンのような汚染された器具を使用することによって起こると考えられる。

PIF 中の本菌の存在に関していくつかの研究が行われている。Muytjens 等 (1988) は、35 か国から入手した 141 種の PIF を検査し、13 か国の 20 検体から 0.36–66cfu/100g の範囲の本菌を分離している。Simmons 等 (1989) は、米国での感染事例と関係した PIF から本菌が 8cfu/100g を検出している。これらの報告以後 PIF が本菌感染症の原因食と推定される事例が報告されている。Drudy 等 (2006) は、PIF が感染媒体となった事例を表 2 のようにまとめている。

一方、Hochel 等 (2012) は、チェコの市販食品資料 399 検体について検査した結果、PIF、小麦ベース離乳食、低温殺菌乳・生乳、ひき肉、鶏肉やポテト粉末からは検出されず、植物起源や乾燥食品資料から *Cronobacter* 属菌が検出されたことを報告している (表 3)。わが国で、中村等 (2011) は 3 検体の PIF 試料と 11 検体の乳幼児食品を検査した結果、いずれの資料からも本菌は検出されなかったと報告している。

5. 病原性と毒性因子

動物組織培養試験で、本菌は腸管細胞に付着しマクロファージ内で生残できるが、この過程に関与する特異的な細菌付着素と宿主細胞のレセプターは不明のようである。また、いくつかの株は莢膜物質を産生し、これがマクロファージの攻撃を回避するのかどうかはまだ分っていないが、莢膜が本菌に防御機能を与え、乾燥環境での生残に役立っているとも考えられる。

本菌はプラスチックやシリコンゴム表面に付着し、バイオフィームを形成し、そこで発育する。経口チューブや哺乳瓶の乳首に本菌が多数生息することがあり、バイオフィーム形成は抗菌物質に対する感受性を変化させる要因になる可能性がある。

乳飲みマウスを使った実験で、Pagotto et al. (2003) は 18

菌株の *Cronobacter* 属菌 (*E. sakazakii*) 分離株 (臨床株: 9 株、食品株: 8 株、type strain: 1 株) について経口投与あるいは腹腔内投与して最少致死菌量を調べている。その結果、全ての菌株を 1×10^8 cfu 腹腔内投与されたマウスは全て死亡し、そのうち 2 菌株の最少致死菌量は 1×10^5 cfu であった。18 菌株のうち 2 株は経口投与により死亡させた。この実験結果から、新生児の最少致死菌量は異常に高い生菌数 (不適切な温度条件で長時間放置された調整済みの離乳食で起こりうる) を必要であると結論づけ、さらにエンテロトキシン産生の可能性があることを示唆している。また、菌株間に毒力に差があることは認められていない。

Cronobacter の耐熱性に関しては幾人かの研究者によって検討されており、乳製品から分離された他の Enterobacteriaceae より耐熱性が強いようである。中村等 (2012) は、PIF 調製時の湯温の影響を調べるために、調製ミルク 1 ml あたり 10^4 cfu の菌を接種、37、60、70 および 90 °C に保持した滅菌水を加えて *Cronobacter* の生残性を試験した結果、90 °C で完全に死滅することを示している一方、WHO が推奨している 70 °C の調製温度では完全には死滅しないものの、4 桁減少することから実際の製品の汚染菌量からすると、実際の調乳時にはほぼ無菌状態になると思われる。

6. *Cronobacter* 属菌と食品の安全性

本菌は、上述したように多岐にわたる食品から検出されており、このことから様々な食品を介して特に易感染性宿主である乳児や高齢者に本菌感染症の可能性がある。しかし、多くの研究結果から乳児用調製粉乳からの乳児の感染リスクが特に高い。本菌の調製粉乳への細菌汚染は製造環境あるいは調製工程における 2 次汚染がかなりの部分を占めていると考えられる。調製粉乳の製造にさいして、粉乳の製造に使用される原料乳の微生物学的品質の確保、HACCP 方式を取り入れた適切な食品衛生システムが導入されている。また、製造施設の除菌を含む製造環境管理を徹底することにより最終製品の汚染を最小限度に押さえることが可能である。また、粉乳の溶解調乳時の環境からの汚染による発生事例が報告されている。調製粉乳自体には *Cronobacter* の汚染がなかったにもかかわらず、調乳に用いたブレンダーから本菌が検出された事例もあり、調乳に使用する器具類の衛生・清潔保持が重要となる。また、調乳時に熱湯を使用することも本菌の殺菌に効果的であり、一般に 70 °C 以上の水を用いて調乳することも現時点では重要である。なお、(社)日本乳業協会は医療機関に対して育児用調製粉乳について 80 °C 前後の熱湯による調乳、または調乳後 80 °C 前後に加熱し、冷却することを推奨している。

なお、FAO/WHO 専門家会合 (2004 年 2 月) は PIF に関して勧告が出されている。

主な参考・引用文献

- 1) Drudy, D., et al. (2006): *CID*, **42**, 996–1002.
- 2) Friedmann, M. (2007): *Int. J. Food Microbiol.*, **116**, 1–10.
- 3) Hochel, I., et al. (2012): *J. Appl. Microbiol.*, **112**, 1257–1265.
- 4) Iversen, C., et al. (2008): *Int. J. Syst. Evolut. Microbiol.*, **58**, 1442–1447.
- 5) Jarvis, C. (2005): *Am. J. Infect. Control*, **33**, E19.
- 6) Joseph, S., et al. (2012): *Int. J. Syst. Evolut. Microbiol.*, **62**, 1277–1283.
- 7) Muytjens, H. L., et al. (1988): *J. Clin. Microbiol.*, **26**, 743–746.
- 8) 中村寛海 等 (2011): 大阪市立環科研報告, **73**, 15–22.
- 9) Pagotto, F. J., et al. (2003): *J. Food Prot.*, **66**, 370–375.
- 10) Schmid, M., et al. (2009): *Res. Microbiol.*, **160**, 608–614.
- 11) Simmons, B. P., et al. (1989): *Infect. Control Hosp. Epidemiol.*, **10**, 398–404.
- 12) Willis, J. and Robinson, J. E. (1988): *Pediatr. Infect. Dis.*, **7**, 196–199.

(楽原祥浩 女子栄養大学名誉教授)

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 東京都中央区日本橋小伝馬町20-6
 ●大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル
 ●東京アサマ化成 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-20
 ●中部アサマ化成 / 〒453-0063 名古屋市南区東宿町2-28-1
 ●九州アサマ化成 / 〒811-1311 福岡市南区清水1-16-11
 ●桜陽化成 / 〒006-0815 札幌市手稲区前田五条9-8-18

TEL (03)3661-6282 FAX (03)3661-6285
 TEL (06)6305-2854 FAX (06)6305-2889
 TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854
 TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830
 TEL (092)408-4114 FAX (092)408-4350
 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061