

アサマ
NEWS

パートナ

2010-9 NO.138

バイキン博士の衛生雑談

ばい菌博士の食品衛生談義

33 微生物と酸

1. 微生物の増殖できる pH の限界

自然界に生息する微生物のなかには最適の pH が pH2～3にあり、pH1.0でも増殖できる好酸性高熱細菌 (Sulfolobus acidocaldarius など) もいる。しかし、食品に見られ、食品の保存に関係のある微生物では、増殖の下限は pH2-2.5前後である (Alicyclobacillus のいくつかの種)。

一般の食品細菌、たとえば大腸菌、エンテロバクター Enterobacter などの腸内細菌科の細菌、シュードモナス Pseudomonas、バシラス Bacillus などでは増殖の下限の pH は4.0～5.0だが、乳酸菌ではそれより低く、pH3.3から4.0が増殖の下限になる。カビ・酵母では増殖の下限はさらに低く、pH1.6～3.2になる。

微生物増殖下限の pH は用いる酸の種類や、微生物の増殖に影響する他の要因 (温度、水分活性、酸素の有無など) によって大きな差がある。不利な条件ではより弱い酸性で増殖が阻止される。

2. 微生物の増殖を妨げる酸

天然の、あるいは発酵によって得た酸を利用して、食品を保存する技術は有史以前から知られていた。

自然界には多くの有機酸があり、それを加えることによって食品の pH は下がる。けれども、おなじ pH でも酸の種類によって微生物に対する作用には差がある。

表1にサルモネラ (3種の血清型) の増殖がおこる下限の pH を異なる酸について試験した結果 (Chung & Goepfert, 1970) を示す。

表1 サルモネラが増殖する最低の pH

酸の種類	増殖下限 pH
塩酸	4.05
クエン酸	4.05
酒石酸	4.10
グルコン酸	4.20
フマル酸	4.30
リンゴ酸	4.30
乳酸	4.40
コハク酸	4.60
グルタル酸	4.70
アジピン酸	5.10
ピメリン酸	5.10
サク酸	5.40
プロピオン酸	5.50

これで見ると、塩酸とプロピオン酸では、増殖の下限の pH に1.5近くの差がある。このような差は以下に説明するように主に酸の pK 値によるものだけれども、これ以外に酸固有の毒性などの要因もある。

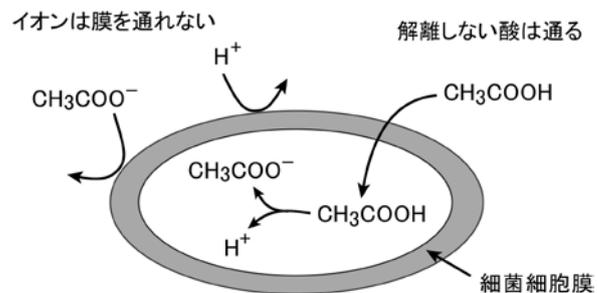
3. 有機酸の効果と溶液中での有機酸の形

有機酸は水溶液の中で解離し、マイナスに荷電した有機酸のイオンと、プラスの水素イオンとに分かれる。



細菌の表面の膜を構成している脂質二重層は、外からのイオンの侵入にたいして防壁となっており、イオンは自然には細胞内に入ることはできない。一方、解離しない形の有機酸は、かなり自由に脂質二重層を通過して細胞内に入ることができる。細胞内で、有機酸はあらためて解離し、細胞内の水素イオンの濃度を高め、pH を下げるはたらきをする。この作用が、有機酸の微生物阻害効果の大きな部分であるといわれている (図1)。

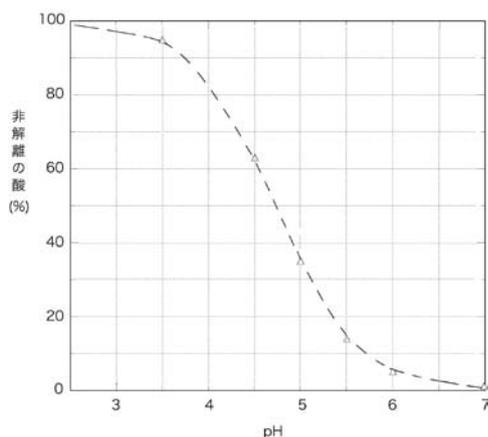
図1 有機酸と細菌



サク酸の解離

有機酸の解離は溶液の pH が高ければ大きく、逆に pH が低ければ解離が抑えられる。それぞれの有機酸について pH と解離度の関係が定まっている。図2にサク酸の解離と pH の関係を示した。サク酸は低い pH でも解離の割合は比較的小さく、pH4では80%余りが、また、pH5でも40%近くが解離しない状態で残っている。このことはサク酸が微生物の増殖抑制に高い効果をもっている事実を説明している。

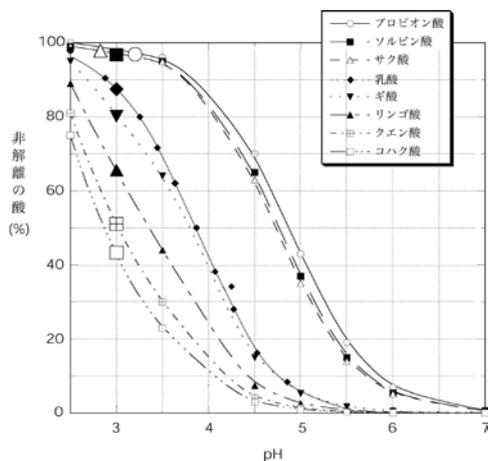
図2 サク酸の解離度と pH との関係



いくつかの有機酸について、pH と解離の関係を図にすると、図3のような。

この図で明らかなようにクエン酸、コハク酸、などの酸は比較的高い pH、たとえば pH5.5前後で、大部分が解離してしまっているのにたいして、プロピオン酸、ソルビン酸はサク酸と同様、かなりの部分が解離せずに止まっている。したがって、このような酸は、同じ pH で解離度の大きい酸にくらべて、増殖阻害効果の高いことが期待できる。

図3 有機酸の解離度と pH の関係



実際には、有機酸の抗菌作用はすべてが非解離の酸によるものではなく、解離した酸も少ないながらも抗菌力をもっている。

4. 酸による微生物の死滅と生き残り

微生物は増殖を阻止される pH または、それよりもわずかに (0.1 ~ 0.4) 低い pH で死滅をはじめ。

酸による死滅は、菌の種類によってはもちろん、温度により、酸の種類によって異なる。

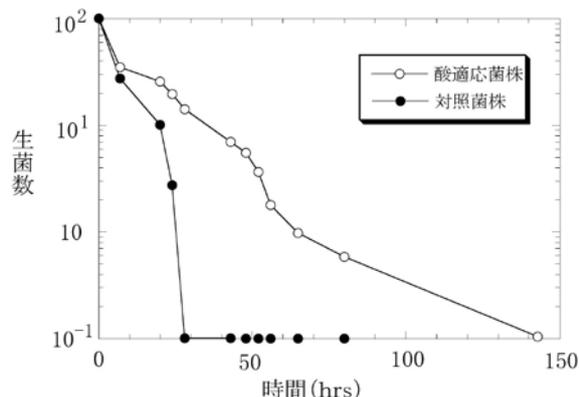
大腸菌は一般に pH4.5 ~ 5.0 程度で増殖が阻害されるが、病原大腸菌 O157 は酸にたいする抵抗力が比較的に強いと言われ、pH の低いアップルジュースや発酵中に pH の下がるサラミソーセージなどの食品でも普通の大腸菌よりも長く生き延びると言われる。

異なる温度で、マヨネーズ (pH3.86 ~ 3.97) など、酸性食品中でこの菌がどのくらい生き残れるかを追跡した

実験は多くある。酸の強さ、種類などによって結果は異なるが、菌の増殖しない低温では長く生き延びるのにたいして、温度が高くなると急速に死滅している。

また、菌をあらかじめ比較的低い pH で慣らすと、酸に対する抵抗力が強くなる。図4には、アップルサイダー (pH3.46) 中での O157 菌の生き残りを試験した結果をしめす。適応させない菌と、1、2 世代の間、pH5.0 の環境にさらして酸に適応させた菌との大きな差が認められる。

図4 アップルサイダー中の O157 菌の生き残り



5. 微生物の酸への適応

図4の実験のように、微生物はあらかじめ低い pH にさらされると、酸にたいする抵抗力をもつようになる。

このような抵抗力についてはいくつかのメカニズムが考えられている。

1) 酸ショックタンパク質

その一つはいわゆる酸ショックタンパク質 (acid shock proteins, ASP) によるものである。

微生物を酸性の環境におくとショックタンパク質という一連のタンパク質がつくられ、それによって強い酸への抵抗力が生まれる。

弱い酸にさらされたときに、酸ショックタンパク質がつくられ、さらに強い酸にたいしても抵抗力をもつようになることは、多くの細菌種にみられ、このような酸ショックタンパク質もすでに50種類以上が発見されている。

一方、それではこのような酸ショックタンパク質が、どのようなはたらきをして、酸から微生物を守っているのかについては、まだよく分かっていない。酸によってタンパク質、DNA が損傷し、断片化されるのを防ぐ、あるいは損傷した DNA を修復するなどの機能、また、後述のアミノ酸脱炭酸酵素の誘導などの機能が考えられている。

2) アミノ酸脱炭酸酵素のはたらき

細菌が、細胞内でアミノ酸から脱炭酸酵素 (decarboxylase) の作用でアミンをつくり、酸を中和しているという機構も知られている。たとえばサルモネラ *Salmonella Typhimurium* では、培地にリジン、オルニチン、アルギニンなどがあると、酸性の環境ではこれらのアミノ酸の脱炭酸酵素をつくって、アミンに変える (リジン → カダベリン; オルニチン → プトレッシン; アルギニン → アグマチンなど)。

カルボキシル基がなくなることによって、水素イオンが減少する。つくられたアミンはそれぞれ対応するアミノ酸の取り込みとカップルして外に排出される。

(清水 潮 元東京大学・広島大学教授)

食品加工と微生物

その 52. ノロウイルスによる食中毒 (3)

日本では新しい食中毒微生物

ノロウイルス食中毒は、わが国では1998年（平成10年）より正式に微生物性食中毒として行政的に対応されるようになった新しい食中毒である。しかしこのウイルスが見つかったのは比較的早く、1968年の冬のことで、米国のオハイオ州ノーオークの小学校で集団下痢症が発生し、その患者から得た糞便中に免疫電顕下で直径27nmのウイルス粒子が観察されたのがきっかけであった。1972年に同試料（無菌濾液）の人体感染実験の結果から、本ウイルスが下痢症の原因物質であることが確認され、ノーオーク因子と名付けられた。その後、同様のウイルスによる胃腸炎は世界各地で報告され、小型球形ウイルス（small round structured virus；SRSV）と総称されていた。わが国でも当初は小型球形ウイルスという名前で呼ばれていたが、2003年からは、国際ウイルス命名委員会の命名に従って、ノロウイルスと呼ばれるようになった。

ノロウイルスはエンベロープをもたない直径30～40nm程度の球形ウイルスである。プラス一本鎖RNAを遺伝子にもち、カリシウイルス科ノロウイルス属に分類される。

ノロウイルスの潜伏期間は1～3日で、その後下痢、吐き気、嘔吐、腹痛、発熱、頭痛などの症状を起こす。このような症状が1～2日続いた後治癒し、後遺症は残らない。ノロウイルスはヒト小腸上皮細胞に感染して増殖し、細胞を破壊して炎症を起こすため、腹痛・下痢を発症する。また、胃の運動神経の機能低下や麻痺により、胃内容物を小腸に送る機能が麻痺するため、嘔気や嘔吐が起こる。近年、ウシ、ブタ、ネズミなどの動物からもノロウイルス属ウイルスが検出されているが、現時点ではこれらによるヒトの感染事例は知られていない。

ノロウイルスは組織培養および動物実験などの培養法も見出されていない。また患者糞便や食品からの検出には電顕での観察や酵素免疫測定（ELISA）法があるが、ともに1g中に100万個以上ウイルス粒子がなければ検出できない。現在は逆転写PCR（RT-PCR）法やリアルタイムPCR法などにより遺伝子を検出する方法が一般化しつつある（表1）。

表1 ノロウイルスの検査法と検出感度（西尾）

検査法	感度（／g）*
電子顕微鏡	>100万
RT-PCR	>100～1,000
リアルタイムPCR	>100～10,000
ELISA法	>100万

*：1g中に含まれるウイルス量、それぞれの検査法で陽性となる最小のウイルス量

増えている二枚貝以外による感染

わが国では毎年10月から4月頃にかけて集団食中毒が数百件程度発生していたが、これら患者の糞便や原因食

品からは食中毒細菌はまったく検出されず、長い間原因不明であった。現在では、これら冬季の非細菌性胃腸炎の大部分はウイルスによると考えられている。1998～2008年の発件数は2,996件、患者数は102,356名であった。本食中毒は近年急増しており、とくに2006年の患者数は27,616名（事件数499件）と突出した数字であった。また2001年以降は病因物質別患者数が毎年1位である。ノロウイルスの感染力は非常に強く、10～100個程度のウイルスで発症するといわれており、このことが大規模食中毒の起きやすい原因にもなっている。

前号でも述べたように、ノロウイルス食中毒の原因食品は、2001年には件数で44%がカキによるものであったが、2006～2008年には2.0～6.6%に減少している。一方、カキを含まない食事（施設提供料理、仕出し・弁当など）が2001年の11%から2006～2008年には34～40%というように急増しており、原因食品は近年大きく変わってきている（前号の表1参照）。

カキなどの二枚貝では1日に1億個以上のプランクトンを食餌とするため、1時間に10ℓ以上の海水を吸引するが、カキの養殖海域が処理の不十分な下水処理場などからの排水によってノロウイルスで汚染されると、カキの中腸腺にノロウイルスが濃縮・蓄積され、かつてはこのようなカキが主な食中毒の原因と考えられていた。カキ以外に、プランクトンを食餌とするハマグリ、アサリ、シジミなどの二枚貝も、同様にノロウイルスを蓄積するので原因食品となる。海藻を餌とするサザエやアワビなど一枚貝は海水を大量吸引しないのでノロウイルス汚染は極めて少ない。

二枚貝以外の食事が原因の事例の多くは食品取扱者を介する場合で、ノロウイルス感染者の排便や、おむつ替え、嘔吐物処理などの時に手指がノロウイルスに汚染され、その手で食材に触れるためノロウイルスを付着させ、食中毒を引き起こすことになる。表2は2001～2008年に発生したノロウイルス食中毒の原因食品であるが、近年この類の食中毒が多発しており、さまざまな食品が原因となっていることが分かる。ノロウイルスに感染しても症状がない不顕性感染の場合があり、これらの人では無症状であっても一定期間ウイルスを保持し、排出している可能性がある。調理従事者が不顕性感染の場合には重要な汚染源となる。

表2 ノロウイルス食中毒の原因食品（食品安全委員会）

食材区分	料理名
カキ	酢カキ、生カキ、カキグラタン
カキ以外 の二枚貝	シジミの醤油漬け、アサリの老酒漬、貝類のサラダ仕立て
そうざい	コロッケパン、かつ弁当、野菜サラダ、ほうれん草のお浸し、チキンカツ、スパゲッティサラダ、ほうれん草シラス和え、ロールキャベツ、春雨サラダ、人參炒め、アスパラベーコン、大根のナムル、酢ガニ
菓子類	きなこねじりパン、バターロール、ケーキ、和菓子、もち、きな粉もち、クレープ、杏仁豆腐
その他	井戸水

※厚生労働省食中毒統計から作成

これらのほかに、最近注目されている感染事例は、いわゆる「ヒト→ヒト感染」で、排便や嘔吐物などの処理時に、手指や雑巾、バケツ、水道の栓や蛇口、ドアノブなどがノロウイルスで汚染され、さらに周りの人たちがそれに触れ、その汚染された手指から、ウイルスが口に入り感染するケースである。この過程に食品が介在すれば食中毒になる。

また患者の糞便や嘔吐物が乾燥し、エアゾルとして室内に浮遊し、それによる感染事例も知られている。

ノロウイルスでは嘔吐が突然、強烈に起きるため、トイレに行く余裕がなく室内を汚染してしまうため、汚染の拡大が起きやすい。

図1に高齢者施設でのヒト→ヒト感染ルートの例を、また図2にノロウイルス集団発生事例の感染経路別、月別推移を挙げておく。

(東京海洋大学名誉教授、東京家政大学生生活科学研究所所長 藤井建夫)

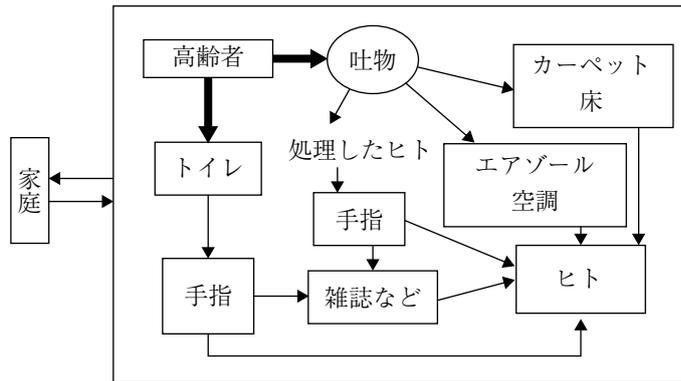


図1 高齢者施設でのヒトからヒトへの感染 (伊藤)

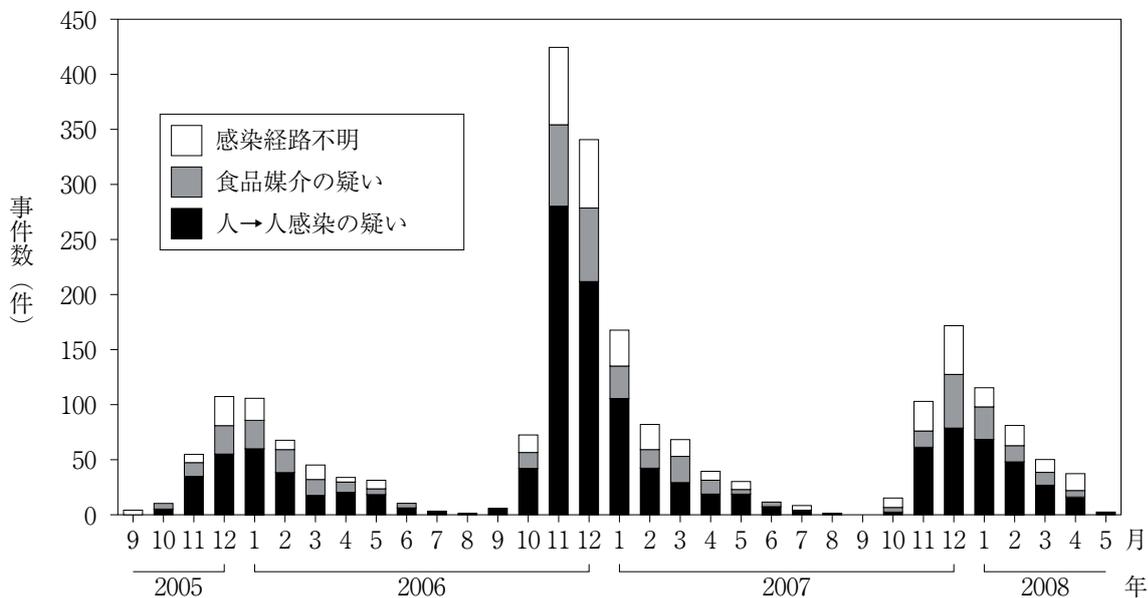


図2 感染経路別ノロウイルス感染集団発生の月別推移 (2005年9月~2008年5月) (IASR)

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20-3 TEL (03)3661-6282 FAX (03)3661-6285
 ●大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06)6305-2854 FAX (06)6305-2889
 ●東京アサマ化成 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854
 ●中部アサマ化成 / 〒453-0063 名古屋市中村区東宿町2-28-1 TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830
 ●九州アサマ化成 / 〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11 TEL (092)582-5295 FAX (092)582-5304
 ●桜陽化成 / 〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061