

乳酸菌の耐酸性について

山 本 真 弓、山 田 満

1. 緒 言

発酵乳は紀元前数世紀より伝統的な食品として、20数世紀にわたり人々に受け継がれてきた。そして20世紀初頭には、Metchnikoffがヨーグルトに含有される*L. bulgaricus*を生菌の状態が多量に摂取すると、大腸で腐敗菌の増殖が抑制されて、老衰と短命を防止させると唱えた¹⁾。これを契機に乳酸菌の研究が進み整腸作用、感染症に対する抵抗性の増大、抗菌作用などの腸内乳酸菌の有用性が明らかにされてきた。また、ビフィズス菌は1899年にパスツール研究所のTissierによって母乳栄養児の糞便より発見され、その後乳児から老人まで広く分布していることが明らかになり、ヒトの生涯にわたってビフィズス菌の存在意義が注目されるようになった²⁾。

わが国は現在世界一の長寿国ではあるが、医学の発達や食生活の欧米化により死因構造が伝染病から成人病へと大きく変化した。成人病は日常生活に深く関わっており、現在では成人病をどう予防するかが重要視されてきている。ビフィズス菌は腸内有害菌の増殖を抑えて発ガン物質や老化促進物質の産生を抑制するなど、成人病予防に寄与していると言われ、ビフィズス菌への関心が高まっている³⁾。厚生省の行なった「健康づくりに関する国民の意識調査」(平成2年)の結果を見ると、「新聞・テレビ・雑誌などで健康の情報・知識をふやすように努めている」という人が5年間で18ポイント伸びていることから人々の健康に対する意識が年々高まっていることがよくわかる⁴⁾。こうした健康志向を反映するかのよう乳製品の1世帯当たりの年平均1カ月支出は年々増加し発酵乳の消費は順調に伸びている⁵⁾。そのため乳酸菌を含む発酵乳製品は市場を拡大し、1971年に市販されたプレーンヨーグルトが需要拡大の基盤となり、品種の多様化も著しく、乳酸菌は健康食品などの新しい分野へも広がりをみせている⁶⁾。

腸内菌叢との関わりにおける乳酸菌の保健的効果が数多く報告されているが、その一方で

は経口的に乳酸菌を摂取した場合に菌が腸まで到達し生存し得るかという問題がある。経口的に摂取したものは消化の順序として腸に達する前に胃を通過しなくてはならない。胃では消化液として胃液が分泌されている。胃液のpHは1.0～1.5と強酸性であり、そのため菌数は少なく耐酸性のある細菌が $10^2 \sim 10^3$ 程度しか検出されない^{7,8)}。またLembkeによると、乳用スターター細菌は胃酸によってほとんど死滅し、胃を通過できても小腸で胆汁中のデゾキシコール酸によって殺菌されるという。したがって発酵乳中の*L. acidophilus*や*L. bulgaricus*は大腸に定着できず、その整腸作用は考えられないとしている⁹⁾。そこで市販のビフィズス菌製剤、その他の乳酸菌製剤、発酵乳製品や乳酸菌株などについて人工胃液を用いてその耐酸性を調べたので報告する。

2. 実験方法

(1) 検体および原材料

検体および使用菌と原材料については表1に示した。

(2) 方法

1) 製剤

人工胃液 (pH 1・2・3・4) 10mlに検体1gを浸漬しよく混和した。これを添加直後、30分後、60分後、120分後に各々1mlずつとり、それぞれ滅菌リン酸緩衝液9mlに加えた。これを滅菌生理食塩水で希釈して、各培地に塗抹または混釈培養して菌数を測定した。各培地での培養方法は下記のとおりである。

① ビフィズス菌製剤

TOS寒天培地に0.1ml塗抹し、37°Cで48時間嫌気培養した。

② その他の乳酸菌製剤

BCP加プレートカウント寒天培地で1mlを37°Cで72時間混釈培養した。

2) 製品

人工胃液 (pH 1・2・3・4) 10mlに検体1g (1ml) を浸漬しよく混和した。これを添加直後、30分後、60分後、120分後に各々1mlずつとり、それぞれ滅菌リン酸緩衝液9mlに加えた。これを各培地に塗抹または混釈培養してコロニーの有無を観察した。各培地での培養方法は下記のとおりである。

① ビフィズス菌製品

TOS寒天培地に0.1ml塗抹し、37°Cで48時間嫌気培養した。

② その他の乳酸菌製品

表 1 検体および原材料

| 検 体 名 | 使 用 菌 | そ の 他 原 材 料 |
|------------|---|---|
| ビフィズス30億 | <i>B. longum</i> | 澱粉加水分解物・コーンスターチ・乳糖 |
| 整腸薬ラロ | <i>B. infantis</i> ・ <i>B. longum</i> | |
| ロロンS | <i>B. longum</i> ・ <i>B. bifidum</i> ・ <i>L. acidophilus</i> | |
| 新バイオフェルミンS | <i>B. difidum</i> ・ <i>St. faecalis</i> <i>L. acidophilus</i> | |
| ヤクルト整腸薬 | <i>L. casei</i> ・ <i>St. faecalis</i> | |
| ホームメイドケフィア | <i>St. lactis</i> ・ <i>St. cremoris</i> <i>St. diacetylactis</i> ・ <i>Le. cremoris</i> <i>L. plantarum</i> ・ <i>L. casei</i> ・ <i>Sa. florentinus</i> | 脱脂粉乳 |
| ヨーグルトきのこの素 | <i>L. caucasicus</i> ・ <i>L. casei</i> ・ <i>St. lactis</i> <i>St. diacetylactis</i> ・ <i>St. cremoris</i> <i>Sa. fragilis</i> | |
| ミルミル | <i>B. breve</i> ・ <i>B. bifidum</i> ・ <i>L. acidophilus</i> | 全粉乳・パラチノース・香料 ニンジンジュース・DHA含有精製魚油 |
| ナチュレライブ | <i>B. bifidum</i> ・ <i>L. acidophilus</i> | 生乳・乳製品・天然オリゴ糖 |
| ビヒダスヨーグルト | <i>B. bifidum</i> | 生乳・乳製品 |
| ビックル | <i>B. bifidum</i> | 糖類（果糖ぶどう糖液糖、砂糖） 発酵乳・酸味料・乳清ミネラル ポリデキストロース（食物繊維）・香料 安定剤（ペクチン）・キシロオリゴ糖 ビタミンC・乳化剤 |
| カルピスキッズ | <i>L. acidophilus</i> | 果糖ぶどう糖液糖・砂糖・乳製品 乳酸カルシウム・安定剤（ペクチン） 酸味料・麦芽糖・香料 |
| カスタードヨーグルト | <i>L. acidophilus</i> | 生乳・乳製品・砂糖・卵黄・粉飴・香料 ゼラチン・寒天・着色料 |
| 北海道のむヨーグルト | <i>L. bulgaricus</i> ・ <i>St. thermophilus</i> | 乳・乳製品・砂糖 |
| ブルガリアヨーグルト | <i>L. bulgaricus</i> | 生乳・乳製品 |
| ローリーエース | <i>L. casei</i> | 砂糖ぶどう糖果糖液糖・乳製品 りんご果汁・安定剤・香料・蜂蜜 ローヤルゼリー |

B : Bifidobacterium L : Lactobacillus St : Streptococcus
Le : Leuconostoc Sa : Sacchromyces

BCP加プレートカウント寒天培地で1mlを37℃で72時間混釈培養した。

3) 菌株

菌株を1白金耳とり、1%脱脂粉乳で37℃24時間増菌した。以後は上記のその他の乳酸菌製品の操作と同様に行なった。

4) pHの測定

製剤は溶解したものを、製品はそのものを、菌株は増菌したものをそれぞれpHメーターを用いて測定した。

3. 実験結果

(1) 製剤

製剤はビフィズス菌が使用されているもの3検体、その他の乳酸菌が使用されているもの5検体を検査した。それぞれビフィズス菌製剤はビフィズス菌を、その他の乳酸菌製剤は乳酸菌の菌数を経時的に観察した。その結果は表2に示したとおりである。

ビフィズス菌製剤は3検体共どのpHでも60分以上は生存せず、特に2検体(ビフィズス30億、整腸薬ラロ)はpH 1~2では全く生存できず耐酸性は弱かった。1検体(ロロンS)は30分まで $10^7 \sim 10^9$ の菌数を維持したものの30分から60分の間で急速に死滅し60分以上生存するものは認められなかった。

乳酸菌製剤はpH 1ではすべて生存できなかったが、pH 2では120分後まで生存するものが3検体(新ビオフィェルミンS、ロロンS、ヨーグルトきのこの素)あり、pH 3~4では全て120分後まで生き残った。また菌数としても120分後でも約 $10^7 \sim 10^9$ を示し、菌数の変動もあまりみられなかった。

(2) 製品

製品は市販されている発酵乳、乳酸菌飲料を中心に9検体を検査した。そのうち4検体はビフィズス菌使用の製品、5検体はその他の乳酸菌使用の製品として区別した。それぞれビフィズス菌製品はビフィズス菌を、その他の乳酸菌製品は乳酸菌の有無を確認した。なお、ビフィズス菌製品のうち2検体はその他の乳酸菌も使用しているため両方の菌について調べた。結果は表3に示した。

ビフィズス菌製品はpH 1では全く生存できずpH 3~4での生存が多かった。しかし、ビフィズス菌をベースにした清涼飲料水(ビックル)だけがpH 1~4の全ての時間で存在しなかった。乳酸菌製品はpH 1では60分以上生存するものはなくpH 2で生存するのが5検体(カルピスキッズ、北海道のむヨーグルト、ブルガリアヨーグルト、ミルミル、ナチュレライブ)あり、残り2検体(カスタードヨーグルト、ローリーエース)はpH 2で生き残れずpH 3~4で120分まで生存が認められた。

(3) 菌株

菌株は3菌種で2菌種は乳酸桿菌、1菌種は連鎖球菌を使用した。結果は表3に示したと

表2 製剤の人工胃液における乳酸菌数の変化

| | 検 体 名 | 検体 pH | 胃液 pH | 直 後 | 30分後 | 60分後 | 120分後 |
|---|------------|----------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ビ フ ィ ズ 菌 製 剤 | ビフィズス30億 | 3.78 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | | — | — | — |
| | | | 3 | 2.5×10^9 | 4.8×10^8 | — | — |
| | | | 4 | 5.1×10^9 | 1.4×10^9 | — | — |
| | 整腸薬ラロ | 7.64 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | | — | — | — |
| | | | 3 | 2.0×10^8 | 1.6×10^8 | — | — |
| | | | 4 | 2.1×10^8 | 1.2×10^8 | — | — |
| | ロロンS | 6.76 | 1 | 2.4×10^8 | 4.0×10^7 | — | — |
| | | | 2 | 3.6×10^8 | 1.0×10^7 | — | — |
| | | | 3 | 1.2×10^9 | 8.2×10^8 | — | — |
| | | | 4 | 1.6×10^9 | 1.3×10^9 | — | — |
| そ の 他 の 乳 酸 菌 製 剤 | 新ビオフェルミンS | 6.63 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | 2.0×10^8 | 1.8×10^8 | 9.1×10^7 | 8.3×10^7 |
| | | | 3 | 2.1×10^8 | 2.0×10^8 | 1.0×10^8 | 1.0×10^8 |
| | | | 4 | 2.3×10^8 | 2.0×10^8 | 1.0×10^8 | 1.0×10^8 |
| | ヤクルト整腸薬 | 6.22 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | 7.2×10^7 | 5.0×10^5 | — | — |
| | | | 3 | 1.3×10^9 | 1.0×10^9 | 9.0×10^8 | 2.0×10^8 |
| | | | 4 | 1.0×10^9 | 7.7×10^8 | 7.0×10^8 | 3.0×10^8 |
| | ロロンS | 6.76 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | 1.6×10^8 | 1.3×10^7 | 3.0×10^5 | 1.0×10^5 |
| | | | 3 | 1.5×10^8 | 1.0×10^8 | 1.0×10^8 | 6.9×10^7 |
| | | | 4 | 1.7×10^8 | 1.0×10^8 | 1.0×10^8 | 8.5×10^7 |
| | ホームメイドケフィア | 6.26 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | 6.2×10^8 | 5.5×10^8 | 4.5×10^8 | — |
| | | | 3 | 6.8×10^9 | 5.7×10^9 | 2.9×10^9 | 2.8×10^9 |
| | | | 4 | 3.6×10^9 | 2.1×10^9 | 1.9×10^9 | 1.2×10^9 |
| | ヨーグルトきのこの素 | 5.86 | 1 | | — | — | — |
| | | | 2 | 1.3×10^9 | 9.4×10^8 | 7.5×10^8 | 6.5×10^8 |
| | | | 3 | 2.8×10^9 | 2.6×10^9 | 2.5×10^9 | 2.5×10^9 |
| | | | 4 | 3.9×10^9 | 3.6×10^9 | 1.8×10^9 | 1.6×10^9 |

表3 菌株、製品の人工胃液における菌の有無

| 検 体 名 | | | | | | | | 検 体 名 | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 検体 pH | pH | 直 後 | 30 分 | 60 分 | 120 分 | 検体 pH | pH | 直 後 | 30 分 | 60 分 | 120 分 | 検体 pH | pH | 直 後 | 30 分 | 60 分 | 120 分 | | |
| 菌 株 | L. acidophilus | 7.09 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | カルピスキッズ | 4.22 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | | |
| | L. casei | 7.18 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | カスタードヨーグルト | | 1 2 3 4 | — — + + | — — + + | — — + + | — — + + | — — + + | — — + + | — — + + | — — + + | | |
| | St. thermophilus | | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | 北海道のむヨーグルト | | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | | |
| | ビ フ ィ ズ 菌 製 品 | ミルミル | 5.58 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | その 他 の 乳 酸 菌 製 品 | ブルガリアヨーグルト | 4.45 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | |
| | | ナチュレライブ | 4.50 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | | ローリーエース | | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | |
| | | ビヒダスヨーグルト | 4.48 | 1 2 3 4 | — — + + | — — + + | — — + + | | ミルミル | 5.58 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | |
| | | ビックル | 3.91 | 1 2 3 4 | — — — — | — — — — | — — — — | | ナチュレライブ | 4.50 | 1 2 3 4 | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + | — + + + |

おりである。St. thermophilusだけpH 1の直後で存在したが、30分後には失活し他のL. acidophilus、L. caseiはpH 1では全く生存しなかった。したがって3菌種ともpH 1の胃液内に30分以上滞留することはできなかったが、pH 2～4においては3菌種とも120分後まで生存した。

(4) ビフィズス菌とその他の乳酸菌の比較

製剤、製品、菌株の全てをビフィズス菌使用とその他の乳酸菌使用の2つに区分して比較し両菌の違いをみた。結果は表4に示した。なおビフィズス菌は製剤3検体、製品4検体で合計7検体であり、その他の乳酸菌は製剤5検体、製品7検体、菌株3菌種で合計15検体とした。ビフィズス菌はpH 2の120分後に生存するものは1つもなく、pH 3～4でも120分後に

表4 胃液に対する生存率

| 分類 | 時間 pH | 実 数 | | | | % | | | |
|------------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----|------|------|-------|
| | | 直 後 | 30分後 | 60分後 | 120分後 | 直 後 | 30分後 | 60分後 | 120分後 |
| ビフィズス菌 | 1 | 1 (5) | 1 (7) | 0 (7) | 0 (7) | 20 | 14 | 0 | 0 |
| | 2 | 3 (5) | 3 (7) | 1 (7) | 0 (7) | 60 | 43 | 14 | 0 |
| | 3 | 6 (7) | 6 (7) | 3 (7) | 3 (7) | 86 | 86 | 43 | 43 |
| | 4 | 6 (7) | 6 (7) | 3 (7) | 3 (7) | 86 | 86 | 43 | 43 |
| その他の乳酸菌 | 1 | 5 (10) | 2 (15) | 1 (15) | 0 (15) | 50 | 13 | 7 | 0 |
| | 2 | 14 (15) | 13 (15) | 12 (15) | 11 (15) | 93 | 87 | 80 | 73 |
| | 3 | 15 (15) | 15 (15) | 15 (15) | 15 (15) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 4 | 15 (15) | 15 (15) | 15 (15) | 15 (15) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| L. acidophilus | 1 | 3 (5) | 1 (7) | 0 (7) | 0 (7) | 60 | 14 | 0 | 0 |
| | 2 | 6 (7) | 6 (7) | 6 (7) | 6 (7) | 86 | 86 | 86 | 86 |
| | 3 | 7 (7) | 7 (7) | 7 (7) | 7 (7) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 4 | 7 (7) | 7 (7) | 7 (7) | 7 (7) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| L. casei | 1 | 0 (2) | 0 (5) | 0 (5) | 0 (5) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 5 (5) | 4 (5) | 3 (5) | 2 (5) | 100 | 80 | 60 | 40 |
| | 3 | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 4 | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 5 (5) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| St. thermophilus | 1 | 1 (2) | 0 (2) | 0 (2) | 0 (2) | 50 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 3 | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 4 | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| L. bulgaricus | 1 | 1 (2) | 1 (2) | 0 (2) | 0 (2) | 50 | 50 | 0 | 0 |
| | 2 | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 3 | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 4 | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 2 (2) | 100 | 100 | 100 | 100 |

() : 検体数

生存しているものは43%で過半数にも満たなかった。一方、その他の乳酸菌の方はpH 2で120分後まで生存するものが73%あり、pH 3～4では全ての検体が存在できるためビフィズス菌よりも耐酸性が高かったといえる。

(5) 菌種別による比較

L. acidophilus、L. casei、L. bulgaricus、St. thermophilusの4菌種を比較し表4に示した。pH 1では60分以上生存したものは見られなかった。L. bulgaricusとSt. thermophilusはともに検体数が少ないがpH 2～4で生存可能であり、L. acidophilusも5検体中1検体が生き残れないだけであり86%は生存できた。L. caseiはpH 2の120分後で40%の生存率であ

り、他の3菌種より耐酸性が弱いと思われる。pH 3～4では4菌種とも生存が認められた。

4. 考 察

乳酸菌とは糖類を発酵して多量の乳酸を生成する一群の細菌の総称である。乳酸菌は乳酸の生成により腐敗菌や病原菌の生育を阻止し、製造工程を安全化し、保存性を高めるため乳製品、漬物類、醸造食品の製造に重要な働きをしている^{10,11)}。またヒトや動物の消化管などの中でも乳酸菌は重要な役割を果たしていると言われている。近年、腸内菌叢の宿主における役割が盛んに研究されるに伴って、腸内細菌が発がん物質や老化促進物質の産生に密接に関与していることが明らかとなり、腸内菌叢と健康との関わりが注目され、乳酸菌の効用に関する研究も数多く報告されるようになった²⁾。乳酸菌を体内に取り入れるためには、製剤や製品を経口投与するのが一般的であるが、この時の乳酸菌の胃酸に対する不活化が問題にされているため乳酸菌の耐酸性を調べてみた。

まず、ビフィズス菌についてみると製剤はどの検体でも60分以上生存できなかった。胃液は強酸性であり新生児の場合はpH2.3、成人の場合はpH1.0～1.5であるが¹²⁾、pHは食物の摂取によってかなり変動する。空腹時の胃は胃酸のためpH2.0以下にまで低下し、細菌数は極めて少なく耐酸性の細菌だけが存在する¹³⁾。今回の実験でビフィズス菌製剤はpH 1～2ではほとんど生存しなかったため、空腹時に摂取するとビフィズス菌は胃酸により死滅してしまうと考えられる。また胃内滞留時間は食物の量と質によって違うが、食物の消化が短い糖質で2～3時間である¹⁴⁾。仮に胃内pHが3～4でも、ビフィズス菌が60分以上生存できなかったという結果は、消化の間にビフィズス菌は胃内で死滅してしまうことを示唆するものである。成人の消化管各部位の菌叢の種類を見てもビフィズス菌は胃であまり存在しない¹³⁾。李らも市販ビフィズス菌製剤の耐酸性を調べ、腸溶コーティングしていない粉末製剤ではpH1.2の人工胃液の作用で120分後に菌数が減少したと報告している¹⁵⁾。製品は4検体中3検体でpH 3～4の生存がみられたが、1検体だけpH 1～4の全てで生存が認められなかった。ビフィズス菌製品のpH値は4.3～4.4としそれ以下になると生菌数の減少が著しいとされる¹⁶⁾。この検体のpHは3.91であり、検査したビフィズス菌製品の中でも最も低いpHであった。これよりこの検体は製品のpHが低いため菌が存在できなかったのではないだろうか。また乳成分の含まれない清涼飲料水であることも一因と考えられる。製剤、製品ともにpH 1～2では生存できないことから、ビフィズス菌の耐酸性は弱いものと考えられ、ビフィズス菌が生きたまま胃を通過するとは考えられない。

その他の乳酸菌については、製剤がpH 1では全て生存しなかったが、pH 2で120分後まで

生き残っているものが5検体中3検体あり菌数としても大きな減少は見られなかったことから、pH 2の強酸に耐えられるものが検体によってはあると考えられる。また製品もpH 1では生存しないが、7検体中5検体がpH 2～4で生存し、菌株もpH 2～4で120分後まで生存可能であり、製剤、製品、菌株はほぼ同様の結果が得られ耐酸性があったといえる。このことは製品や菌株増菌の場合に用いられ、乳成分によって乳酸菌が胃液から保護されるためではないと思われる。また菌別においての比較では*L. bulgaricus*と*St. thermophilus*、*L. acidophilus*がpH 2でほぼ生存可能であった。したがって胃酸での失活は比較的少ないものと思われる。両菌を使用したヨーグルトを飲用直後から3時間以内あるいは連続的にヨーグルトを飲用した場合、小腸、大腸には菌が生き残るという報告もある¹⁷⁾。また両菌を幼児に2週間投与し糞便を培養したところ、生菌体投与した場合はこれらの乳酸菌が死滅せず腸管を通過することが確認されている¹⁸⁾。胃では酵母とともに乳酸桿菌、連鎖球菌も検出される。そして小腸上部（十二指腸、空腸）では十二指腸より分泌される胆汁酸、腸粘膜より分泌されるリゾチームなどの影響を受け、菌数が腸内容1g当たり 10^4 以下になるが、連鎖球菌、乳酸桿菌は菌数が少ないものの存在する¹⁹⁾。しかしヨーグルトのスターターとして使われている*L. bulgaricus*や*St. thermophilus*は腸内では定着できないといわれている²⁰⁾。そこでこれらの菌は胃酸によって死滅することなく腸まで届くが、定着せずに排泄されるものと考えられる。つまり乳酸桿菌、連鎖球菌は酸にある程度耐えることができ、特に食物と共に摂取したり、食後すぐに摂取すると、十分な菌数を保ったまま胃を通過できる可能性が高いが定着は難しいと思われる。

製剤、製品、菌株の区別なく全てをビフィズス菌使用のものとその他の乳酸菌を使用したものとの区別してみても、ビフィズス菌はpH 4でも120分後まで生存できるものが7検体中3検体であり生存率は43%と個体差があった。それに比べその他の乳酸菌は全てpH 3～4で生存でき、pH 2で120分後まで生存できるものが15検体中11検体とpH 2での生存率は73%でありビフィズス菌の0%と比べると非常に高い。またビフィズス菌とその他の乳酸菌がいっしょに使われている製剤1検体、製品2検体はビフィズス菌の他に*L. acidophilus*が使用されておりビフィズス菌は120分後にはpH 2では存在できないのに対し、*L. acidophilus*はpH 2で生存できたことからビフィズス菌の方が酸に弱いことがわかる。

*B. bifidum*の至適pHは6～7で、pH 5.5以下ではほとんどあるいは全く生育できない¹⁶⁾。加えて胃液pHが2.0以下になることから今回の実験と合わせてみてもビフィズス菌の胃酸における生存はかなり低く乳酸桿菌、連鎖球菌の方が耐酸性があると考えられる。このようにビフィズス菌が胃酸に弱く腸までたどりつけないため、いかに腸まで生きた菌を届けるかを

考慮し、ビフィズス菌を腸溶性フィルムでコーティングした製剤やヨーグルトが最近開発されてきている。荒井らはビフィズス菌含有カプセルの摂取はヨーグルト、ビフィズス菌未添加ヨーグルトよりもビフィズス菌増加が認められ、この増菌効果はビフィズス菌含有カプセルが確実に腸管まで達し、ヨーグルトの発酵乳成分とともに腸内環境に大きく寄与していると報告している¹⁹⁾。このように胃酸に弱いビフィズス菌を生きたまま腸に届けるような技術の開発を講じなければビフィズス菌の有用性を最大限に利用することはできないと考えられる。ビフィズス菌や乳酸菌の菌数を常に高いレベルに保つことが重要であるため継続して多量に摂取することが必要であり、またオリゴ糖がビフィズス菌の増殖を促進するとされる^{20,21)}ことから同時にオリゴ糖を摂取することも効果的と思われる。

5. 要 約

- 1) 人工胃液のpH 1 ではすべての乳酸菌の失活が認められた。
- 2) ビフィズス菌は製剤においてpH 1～4 のどのpHでも60分後にはビフィズス菌が死滅しており、製品についてもpH 2 で失活することからビフィズス菌の腸への到達は難しい。
- 3) ビフィズス菌以外の乳酸菌はpH 1 ではすべて失活するが、pH 2 では120分後まで生存する確率が高く、pH 3～4 では120分後で全て生存がみられた。
- 4) 菌別にみると、*L. acidophilus*、*L. bulgaricus*、*St. thermophilus*はpH 2 に耐えられ、比較的耐酸性があった。

参考文献

- 1) 鈴木英毅：食の科学、8月号(1993)
- 2) 中澤勇二、細野明義編：発酵乳類の機能、(株)食品資材研究会(1988)
- 3) 奥恒行：栄養学雑誌、Vol. 52、No. 5、267-268(1994)
- 4) 原正俊：食料・栄養・健康、医歯薬出版(株)、79-84(1991)
- 5) 総務庁：平成5年家計調査年報
- 6) 神邊道雄・山内邦男、横山健吉編：ミルク総合事典、朝倉書店(1992)
- 7) 伊東一郎、山崎龍男：簡明医学用語辞典、医歯薬出版(株)(1965)
- 8) 光岡知足：腸内菌の世界、叢文社、(1980)
- 9) Lembke, A. :Milchwiss., 18, 1215, (1963)
- 10) 岡本隆史・山内邦男、横山健吉編：ミルク総合事典、朝倉書店(1992)
- 11) 日本微生物学協会編：微生物学辞典、技報堂出版(株)(1989)
- 12) 生化学データブック I：東京化学同人(株)(1979)
- 13) 光岡知足：腸内細菌の話、岩波書店(1979)

- 14) 石井節：明解栄養学事典、医歯薬出版(株) (1983)
- 15) 李雪蛇、原佳宏、寺田厚、光岡知足、堰圭介：第15回日本食品微生物学会講演要旨 (1994)
- 16) 馬田三夫：ビフィズス菌の科学、ヤクルト本社 (1988)
- 17) M.I. Gurr et al: IDF Document, 179 (1984)
- 18) B. Bianchi-Salvadori et al: Le Lati, 571-572 (1978)
- 19) 荒井修、佐々木雅邦、杉本敬之：食品工業、Vol. 39、No. 6、53-58 (1996)
- 20) 光岡知足：食品工業、Vol. 39、No. 6、18-23 (1996)
- 21) 藤川茂昭、岡崎昌子、松元信也：日本栄養、食糧学会誌、Vol. 44、No. 1、37-40 (1991)

山 本 真 弓 (本学助手)

山 田 満 (本学教授)