

低温芽胞菌の耐熱性と低温での増殖性

青山 好男, 遠田 智江

Heat Resistance and Growth Characteristics at Low Temperatures of Psychrophilic Spore-forming Bacteria

Yoshio Aoyama and Tomoe Enda

Heat resistance and growth characteristics at low temperatures of four kinds of psychrophilic spore-forming bacteria, *Sporosarcina psychrophila*, *S.globispora*, *Paenibacillus polymyxa*, *Clostridium putrefaciens* were investigated. D-value at 100°C was one minute or less in each bacterial spore. It seems to need heat treatment for 10min. at 100°C to sterilize these bacteria. Culture test on trypton-soy broth medium showed that *S.globispora* only grew below 5°C. *S.globispora* grew even at 3°C. The lag time for growth extends more by getting the low temperature, and the growth rate has decreased more. The microbiological hazard against psychrophilic spore-forming bacteria during storage at low temperatures was evaluated on the length of period taken until population that bacteria grew up.

Key words: spore, psychrophilic bacteria, heat-resistance, D-value, z-value, growth, preservation, pH, salt

高品質な食品を求める消費者志向を受け、製造技術の進歩や流通・冷蔵設備の普及を背景にチルド食品が増加しつつある¹⁾。他の食品同様に、チルド食品にとっても微生物的安全性の確保が最優先課題である。低温では生育できる微生物が限定される、増殖速度が小さいなどの理由により、常温流通品に比べてチルド品は加熱殺菌条件を緩和できることが予想される。しかし加熱殺菌条件をどこまで緩和できるのか、消費期限（変敗・腐敗が起こらない期間）をどう設定するかなどの課題が挙げられる。

チルド食品の微生物的安全性の確保に関しては、低温領域で増殖する微生物に関する情報が不可欠であるが、これらの微生物に関する情報は乏しい。松田²⁾はチルド食品の危害原因となる低温芽胞菌を挙げ、チルド食品の加熱殺菌条件の目安を示しているが、低温芽胞菌の耐熱性や低温での増殖性に関して十分なデータが示されているわけではない。加工食品においては食中毒菌を死滅させることが前提であり、低温で増殖できる芽胞形成菌のボツリヌスE型菌を死滅させる90°C程度の加熱処理が前提となる。チルド食品の微生物制御の考え方として次の2つがある。①食品中に存在する増殖可能な微生物をすべて死滅させる ②食品中に存在する増殖可能な微生物が生存しているが、増殖できない または 増殖が非常に遅く増殖に至るまでの期間が非常に長い（消費期限からみて十分に長い）。①には芽胞の耐熱性、②には低温での菌の増殖性に関する情報が必要である。

本研究では、チルド食品における微生物制御条件策定の基礎データを得るために、代表的な低温芽胞菌4種を選び、これらの芽胞の耐熱性（D値, z値）、低温での増殖性（pH,

水分活性（食塩濃度）を変えた条件の影響を加味したものを調べた。またコンソメスープにおける低温芽胞菌芽胞の耐熱性と増殖性についても調べた。

実験方法

1. 微生物および培養条件

独) 理化学研究所バイオリソースセンターより入手した4種の菌を用いた。なおTable 1には独) 理化学研究所カタログ³⁾記載の最適増殖温度を付記した。

Table 1 Bacterial strains used in this study

Bacterial strain	Optimum growth temp. (°C)
<i>Sporosarcina globispora</i> JCM10046	20
<i>Sporosarcina psychrophila</i> JCM9075	25
<i>Paenibacillus polymyxa</i> JCM2507	30
<i>Clostridium putrefaciens</i> JCM1431	26

Sporosarcina 属2種, *Paenibacillus* 属の好気性菌は、BBL社のトリプチケースソイブロス培地（TSB）で20°Cで前培養したものを低温での増殖性試験に供した。

嫌気性菌である *C.putrefaciens* についてはクックドミート培地で滅菌済みの流動パラフィンを重ねて培養した（培養温度20°C）ものを低温増殖性試験に供した。

2. 芽胞の耐熱性

1) 芽胞形成

S.globispora 以外の好気性菌については硫酸マンガンを 10 ppm 含有標準寒天培地 (SMA) で 20°C で 7 日間培養して常法で芽胞懸濁液を調製した。 *S.globispora* は 20°C ではほとんど芽胞形成しなかったため、標準寒天培地 (SMA) で 10°C で 7 ~ 10 日間培養し芽胞形成させた。

C.putrefaciens 芽胞はクックドミート培地で 20°C, 7 日間培養し芽胞形成させた。

2) 耐熱性の測定

S.psychrophila は簡易 TDT タンク法⁴⁾ で、それ以外の菌については TDT チューブ法で測定した。後培養は好気性菌については混釈法で SMA 寒天培地を用いて 20°C で約 20 日間培養した。 *C.putrefaciens* については最確法でクックドミート培地で濁りの発生した試験管数から評価した。

3. 低温芽胞菌の増殖試験

1) 好気性菌

培養は分光光度計の測定セル (試験管型) にシリコ栓を付けて、培養試験管として用いた。 20°C で数日間培養したものを、培養液に接種し、恒温槽として以下の 2 つの装置を用いて、培養し、増殖を評価した。

- ・ 卓上型 振盪 恒温槽 パーソナル Lt-10F, Lt-100 ThermoMinder : 振盪は振幅 40 mm, 振盪速度は 40 rpm, 5, 10, 20°C での培養試験に用いた。
- ・ アトー Superstat mini (電気泳動装置付属の冷却装置) 静置タイプ, 3°C での培養試験に用いた。

増殖評価は濁度の増加を経時的に追跡することで行った。吸光度の測定は Thermo 社 Spectronics20+ (分光光度計) で波長は 660 nm で行った。経時的に測定した 660 nm の吸光度 (OD_{660}) と時間との関係をグラフにして、増殖曲線を得た。なおサンプルは 3 本で、その平均値を用いた。 OD_{660} と菌数の関係を調べ、 $OD_{660}0.1$ がおよそ 10^6 CFU/ml に相当していたので、 $OD_{660}0.1$ に到達した場合を増殖と判断することとした。

2) 嫌気性菌 *C.putrefaciens*

クックドミート培地を用いて増殖を評価した。あらかじめ EOG 滅菌したディスプレイ分光セルに滅菌済みのクックドミート培地 (上清) 3 ml を無菌的にとり、EOG 滅菌したキャップをセットし、嫌気パックに収容し、5°C, 10°C, 20°C で恒温器に設置し培養試験を行った。経時的にとりだし、分光光度計日立 U-2000 で濁度 OD_{660} を測定 ($n=3$) し、再度嫌気パックに収容した。濁度測定に要した時間は約 1 時間であった。

食品環境因子の影響をみるために、pH 3 水準、食塩濃度 (水分活性) 2 水準の培地を調製した。TSB 培地の pH を 1N 塩酸を加えて pH 7.3, 6.0, 5.0 に調整した。食塩濃度 2 水準は 0.5%, 4.5% (TSB 培地は元々 0.5% 食塩含有しており、食塩無添加および 4% 添加したものである)。

4. 市販コンソメスープを用いた低温芽胞菌芽胞の耐熱性および増殖性

市販品のコンソメスープを用いて、低温芽胞菌 4 種を接種し、加熱殺菌処理による菌の死滅および増殖を調べた。

1) サンプル: A 社の冷凍コンソメスープを用い、リパックし、所定加熱殺菌条件で処理した。

コンソメスープ (ポリ袋入りで冷凍品)

pH : 5.95, Bx : 5.7, 食塩 0.8%

原材料 ビーフブイヨン, 牛肉, 野菜 (玉葱, 人参, セロリ), 卵白, ブイヨンパウダー, 食塩, 香辛料

レトルト殺菌: カムアップタイム無しで 100°C 10 分, 121°C 10 分の加熱殺菌をシャワー方式で行ったものを用いた。

2) コンソメスープ中での低温芽胞菌の加熱死滅試験

培地中での芽胞の耐熱性と比較するために、低温芽胞菌をスープに接種し、加熱殺菌処理 (カムアップタイム無しで 100°C 10 分, 121°C 10 分の加熱殺菌をシャワー方式で行った) したものをを用いた。処理後のスープ中の生菌数を混釈法で SMA 寒天培地で 20°C で 3 ~ 4 日間培養し生じたコロニー数を計測し、残存生菌数を求めた。接種菌数は *S.globispora*, *S.psychrophila*, *P.polymyxa*, *C.putrefaciens* はそれぞれ 10^4 CFU/ml であった。

3) コンソメスープ中での芽胞菌の増殖

コンソメスープ中で低温芽胞菌が増殖するかどうかを次のようにして調べた。好気性低温芽胞菌 3 種を接種した。これらの菌数の総数はおよそ 10^4 CFU/ml であった。5, 10, 20°C で 25 日まで保存し経時的に生菌数を測定した。生菌数測定は混釈法により SMA 寒天培地で 20°C 3 ~ 4 日間培養しコロニー数を計数した。

5. 増殖試験に用いた培地の水分活性

水分活性の影響をみる目的で培地に食塩を添加している。食塩濃度として 2 水準 (0.5%, 4.5%) である (TSB 培地そのものが 0.5% の食塩を含有しており、食塩含量としてそれぞれ 0.5, 4.5% となった)。それぞれの培地の水分活性を日本シイベルヘグナー社 Novasina Labmaster-aw (特殊電解質湿度センサ) で 25°C で測定した。その結果、TSB 培地 (食塩 0.5%) : 0.969, TSB 培地 +4% 食塩 (食塩 4.5%) : 0.955 であった。

実験結果

1. 低温芽胞菌芽胞の耐熱性

低温芽胞菌 4 種の芽胞耐熱性の測定結果を Table 2 に示す。4 種の低温菌芽胞の耐熱性はほぼ類似している。耐熱性が 100°C 換算では 1 分以上とならないことから、一般に加熱殺菌基準として採用されている 5D として、100°C 5 分の加熱処理条件をとれば商業的無菌が確保されると考えられる。また、Fig. 1 に代表的な中温菌、高温菌の芽胞の耐熱性も合わせて図示した。低温菌芽胞の耐熱性が中温菌、高温菌に比べて低いことが分かる。

Table 2 Heat resistance of psychrophilic spore-forming bacterial spore

Species	D-value (min.)						z-value (°C)
	82.5°C	87.5°C	90°C	92.5°C	95°C	100°C	
<i>S. globispora</i>	24.6	3.8	—	1.2	—	—	7.6
<i>S. psychrophila</i>	—	—	3.6	—	1.5	0.5	11.7
<i>P. polymyxa</i>	—	—	—	1.5	0.7	0.3	13.3
<i>C. putrefaciens</i>	—	—	5.9	3.0	1.6	—	8.8

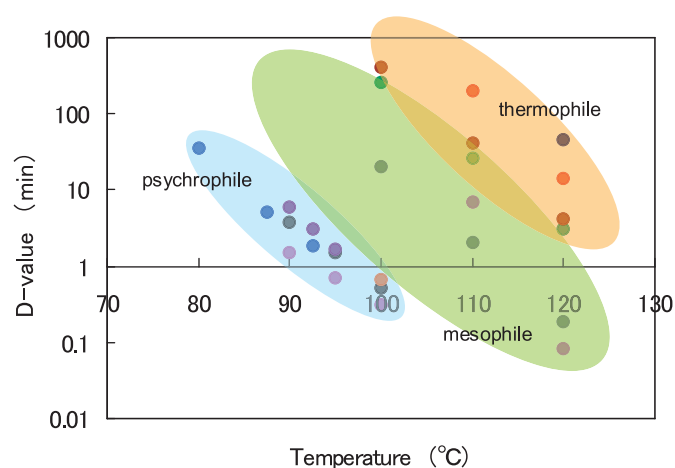
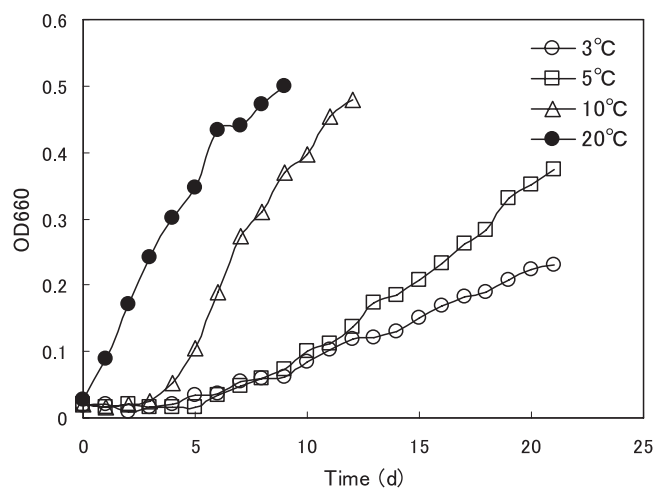


Fig. 1 Heat resistance of psychrophilic, mesophilic, thermophilic bacterial spores

2. 低温芽胞菌の低温での増殖性 (培地)

1) 温度の増殖への影響

低温芽胞菌の増殖曲線の一例として, *S.globispora* の TSB 培地 (pH 7.3, 食塩 0.5%) での増殖曲線を示す (Fig. 2). このような増殖曲線を, 低温芽胞菌 4 種について, pH と食塩濃度を変えた TSB 培地で得た. その増殖曲線から通常増殖したと見なされる OD₆₆₀ として 0.1 に到達するまでの日数を求めて一覧表にしたものが Table 3 である. この表で日数が表示されていない場合 (-) は試験期間では増殖しなかったことを示している. この日数が 20°C から 10°C, 5°C, 3°C と低温になるにつれて増加しており, 低温になるにつれて増殖しにくくなることを示している. 試験された菌の中では *S.globispora* が最も低温まで増殖した (3°C でも増殖). カタログによると, *S.globispora* が増殖最適温度が最も低い. またいずれの菌でも pH 7.3, 食塩 0.5% が最も増殖しやすく, pH が低くなり, 食塩濃度が高くなるにつれて増殖しにくくなる傾向であった.

Fig. 2 Effects of temperatures on the growth of *Sporosarcina globispora*

Medium : trypticase soy broth (pH 7.3, NaCl 0.5%)

Table 3 Effects of temperature, pH, salt concentration on the growth of psychrophile (days)

Species	pH	salt (%)	3 °C	5 °C	10 °C	20 °C
<i>S. globispora</i>	7.3	0.5	10.6	9.8	4.8	1.5
		4.5	27.0	22.6	15.8	5.0
	6.0	0.5	27.5	28.0	14.2	4.0
		4.5	—	—	—	—
	5.0	0.5	—	—	—	—
		4.5	—	—	—	—
<i>S. psychrophila</i>	7.3	0.5	—	—	6.7	0.4
		4.5	—	—	—	2.1
	6.0	0.5	—	—	6.4	6.9
		4.5	—	—	—	7.7
	5.0	0.5	—	—	—	—
		4.5	—	—	—	—
<i>P. polymyxa</i>	7.3	0.5	—	—	6.4	0.9
		4.5	—	—	—	2.8
	6.0	0.5	—	—	6.1	0.8
		4.5	—	—	—	16.9
	5.0	0.5	—	—	14.9	1.0
		4.5	—	—	—	—
<i>C. putrefaciens</i>	7.3	0.5	—	—	7.4	2.1
		4.5	—	—	—	—
	6.0	0.5	—	—	—	8.0
		4.5	—	—	—	—
	5.0	0.5	—	—	—	—
		4.5	—	—	—	—

*The extent of growth was represented as the period(days) until OD₆₆₀ increased up to 0.1. ** “—” shows no growth within test period.

2) 初発菌数の増殖性に与える影響

菌が一定数（増殖と判断される菌数）に到達するまでの期間に初発菌数が大きな影響を与えることは当然のことと考えられるが、その期間がどの程度延びるかを調べた。温度10℃のみの試験で、Table 4にOD₆₆₀が0.1に到達するまでの日数を示した。初発菌数が少なくなると、増殖できる条件が少なくなった。また増殖までの日数が増大した。初発菌数が1/100になると増殖までの日数は1.5～2.5倍に延長している。

なお増殖曲線は示さないが、初発菌数を減少すると対数増殖期に入るまでの期間が延長したが、対数増殖期の菌数が最も増加するときの増殖速度そのものには影響しなかった。原料の微生物面での管理によって初期菌数を減少することによって、増殖までの日数を数日間延長することができる。消費期限の設定によっては、その期限内では増殖が起こらないようにできる可能性があり、チルド食品においても原料の微生物数の管理は重要である。

Table 4 Effects of initial population of bacteria on the growth of psychrophile

Medium	Initial population (CFU/ml)	<i>S. globispora</i>		<i>S. psychrophila</i>		<i>P. polymyxa</i>	
pH7.3-NaCl0.5%	10 ⁴ -10 ⁵	3/3*	2d**	3/3	3d	3/3	3d
	10 ² -10 ³	3/3	4d	3/3	7d	3/3	7d
	10 ⁰ -10 ¹	3/3	6d	0/3		0/3	
pH6.0-NaCl0.5%	10 ⁴ -10 ⁵	3/3	5d	3/3	3d	3/3	3d
	10 ² -10 ³	3/3	8d	1/3	7d	0/3	
	10 ⁰ -10 ¹	0/3		0/3		0/3	
pH5.0-NaCl0.5%	10 ⁴ -10 ⁵	0/3		3/3	4d	3/3	4d
	10 ² -10 ³	0/3		1/3	7d	0/3	
	10 ⁰ -10 ¹	0/3		0/3		0/3	
pH7.3-NaCl4.5%	10 ⁴ -10 ⁵	3/3	5d	0/3		0/3	
	10 ² -10 ³	0/3		0/3		0/3	
	10 ⁰ -10 ¹	0/3		0/3		0/3	

*number of tubes in that OD₆₆₀ increased up to 0.1 were increased /number of test tubes

** The figure shows the days(the averages of three samples)until OD₆₆₀ increased up to 0.1.

3. コンソメスープでの試験

1) コンソメスープ中での低温芽胞菌の加熱処理による死滅 (接種試験)

市販コンソメスープに低温芽胞菌を接種し、レトルト殺菌処理した後の生菌数を調べた結果は Table 5 の通りである。好気性菌評価の SMA 培地、嫌気性菌評価のクックドミート培地の両方に、わずかであるが生菌が認められた。初期菌数からみて 3.4 log および 4.2 log の低下であった。この数値からコンソメスープでは 5D をとるには 100℃で 15 分は必要であると考えられる。

Table 5 Total viable count in heat treated consommé soup

Medium	Heat treatment	Viable count (CFU/ml)
SMA	Non-heat	1.3 × 10 ⁴
	100℃ 10min.	5.5 × 10 ⁰
	121℃ 10min.	—
Cooked meat broth	Non-heat	2.4 × 10 ⁴
	100℃ 10min.	1.5 × 10 ⁰
	121℃ 10min.	—

コンソメスープではリン酸緩衝液に比べて耐熱性が少し高くなっていた。食品では一般にリン酸緩衝液中で得られる基礎耐熱性からの加熱処理条件より高くすることが必要であると考えられる。

2) コンソメスープ中での低温芽胞菌の増殖

芽胞菌混合液 (好気性低温芽胞菌 3 種) をコンソメスープに接種したものを 5, 10, 20℃ に保管した場合の経時的な生菌数の変化を Fig. 3 に示す。5℃ では 24 日まで増殖はみられなかった。10℃ では増殖は遅く 7 ~ 10 日の間に増殖がみられ、20℃ では増殖までに 3 日を要していた。いずれも 10⁶ ~ 10⁷ CFU/ml に到達していた。一般に培地は増殖が早く、食品では培地より増殖が遅いといわれており、それにあてはまる (培地は微生物の増殖に適するように工夫されているため、食品より増殖が早い)。

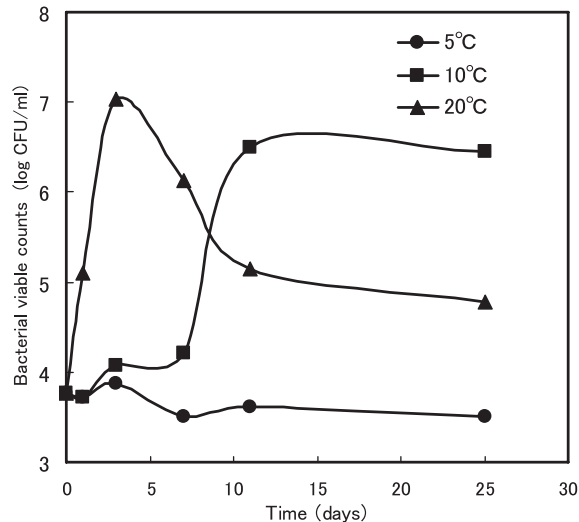


Fig. 3 Changes in bacterial populations in consommé soup during storage at low temperatures
inoculum: mixture of four psychophilic spore-forming bacteria

考 察

1. チルド食品の加熱殺菌条件

チルド食品の加熱殺菌条件は低温菌の芽胞の耐熱性から決定される。低温菌芽胞の耐熱性は中温菌や高温菌に比べて低いといわれているが、実際に低温菌の芽胞の耐熱性(リン酸緩衝液中)の測定結果は、4種の菌で最も高いもので100°CのD値が0.5分であり、いずれも100°C 1分以下であった。一般に腐敗菌に関しては死滅させるF値として5Dがとられる。100°CでのD値0.5分から5Dは100°Cで2.5分と算出される。

食品中での耐熱性は、リン酸緩衝液(pH 7.0)中に比べて増大するといわれており、ある程度高く見積もる必要がある。低温芽胞菌芽胞をスープに接種して加熱殺菌処理した後の生菌数を測定したところ、100°C 10分処理では好気性菌および嫌気性菌の両者でわずかながら菌数が残存していた。この結果はこれらの芽胞の耐熱性が1/15Mリン酸緩衝液(pH 7.0)とコンソメスープでは相違することを示すものである。同等であれば100°C 10分処理では、生菌は認められないはずである。生残菌数からみて好気性菌について3.4D、嫌気性菌について4.2Dの低下であった。食品中では耐熱性は増大している。このことを考慮して、リン酸緩衝液中で得られたD値から計算された加熱殺菌条件より高めのF値に設定する必要がある。食品の種類により耐熱性の増大程度は異なるため、一概にどの程度高めに設定すべきかは不明である。ただしリン酸緩衝液でのD値がおおまかな目安として利用できることは確かである。チルド食品の開発で加熱殺菌条件を決めるためには実際に食品に低温菌芽胞接種試験により死滅の確認を行わなければならないであろうが、その試験の加熱殺菌条件として本研究の結果が参考になると考える。

2. 低温芽胞菌の低温での増殖性

最も増殖に適した条件と考えられるTSB培地(pH 7.3, 食塩濃度0.5%)において、増殖に及ぼす温度の影響は以下のものであった。*S.globispora*以外の菌は5°C以下では増殖しなかった。より低温になるほど、増殖できる低温菌の種類は減少するものと考えられる。したがって食品をより低温で管理することによって微生物的安全性は大幅に増大すると考えられる。pHがより低くなり、食塩濃度がより高く増殖しにくい条件では、低温による増殖はより一層困難になる:増殖できない、増殖までの日数が大幅に増大。

*S.globispora*は5°C, 3°Cで増殖した。*S.globispora*は増殖最適温度も4つの菌の中で最も低い。一般的にいわれているように、増殖最適温度が低い菌ほど増殖最低温度は低いという結果である。

また培養温度と増殖の関係を調べた結果には、より低い温度で増殖までの日数が急激に延長している。たとえば*S.globispora*では最も増殖に適したTSB培地(pH 7.3, 食塩濃度0.5%)では温度と増殖までの日数の関係をみると、20°C:10°C:5°C=1.5日:4.8日:9.8日となっており、20°Cから10°Cに温度が低下すると、増殖までの期間が3倍、10°Cから5°Cでは2倍になっており、20°Cから5°Cでは6.5倍に温度の少しの低下で、増殖までの期間が大きく延びていた。逆に、温度がわずかに高くなっても、増殖までの期間が大幅に短くなってしまうことがある。微生物面での安全性確保に温度管理の重要性を示すものである。

なおスープ中でのこれらの菌(好気性の菌3種混合)の増殖速度はTSB培地とほぼ同等か、それより少し小さい程度であった。食品よりも培地の方が増殖に適していると考えられ、食品中で培地よりも短期間に菌が増殖する危険性は少ないものとする。

低温菌は、低温領域で増殖するという共通点があるが、

増殖できる pH, 食塩濃度 (水分活性) 範囲, 酸素に対する挙動には異なる点が多い. 試験した低温芽胞菌は属が同じものもあれば, 異なるものもあり, 遺伝形質も当然異なる. これらを一律的な条件で制御することには困難があり, 安易に pH や食塩濃度での制御に期待することには限界があると考えるべきである.

3. 食品環境因子の影響

10℃では pH 6.0 かつ食塩濃度 4.5% の条件では 4 種とも試験期間 25 日内では増殖しなかった (20℃では *P.polymyxa* が増殖していた). したがって pH 6.0 以下で, かつ食塩濃度 4.5% 以上の食品であれば, 10℃保存において試験した低温芽胞菌が増殖する危険性は低いと考えられる.

4. 初発菌数の影響

初発菌数が増殖までの期間に影響を与えることは当然のことと考えられるが, 初発菌数が少なくなれば急激に期間が延びることが明らかになった. 原料の微生物面での管理によって初期菌数を減少させることにより, 増殖までの日数を数日間延長することができることが分かる. 消費期限の設定によっては, その期限内では増殖が起らないようにできる可能性があり, チルド食品においても原料の微生物数の管理は重要である.

5. 温度の低温芽胞菌の増殖に対する影響

S.globispora が好気性 3 種の中で最も低温で増殖したが, その温度依存性についてデータ解析した. Fig. 4 は横軸に培養温度, 縦軸に濁度 (OD₆₆₀) が 0.1 にいたるまでの期間 (日数) をプロットしたグラフである. 得られたデータに対して, 以下のように対数回帰式がよくフィットしている.

$$\text{pH}7.3\text{-食塩濃度 } 0.5\% : y = -5.1 \ln(x) + 16.9 \quad (R_2 = 0.967)$$

$$\text{pH}7.3\text{-食塩濃度 } 4.5\% : y = -12.4 \ln(x) + 41.9 \quad (R_2 = 0.993)$$

$$\text{pH}6.0\text{-食塩濃度 } 0.5\% : y = -11.5 \ln(x) + 40.6 \quad (R_2 = 0.981)$$

Fig. 4 から *S.globispora* は低温になるほど増殖までの日数が急激に延びることが分かる. 特に増殖しにくくなる条件である, 高い食塩濃度や低い pH で増殖までの日数の延長が大きい. 温度を下げることで, pH の低下や食塩濃度の増加 (水分活性の低下) と相乗的に増殖遅延効果をもつことが分かる.

食品の微生物制御には, 食品中に存在する低温芽胞菌の種類や数, 芽胞の耐熱性 (食品中) および低温微生物の増殖性に関する情報が必要である. 本試験結果から種々の食品における芽胞の耐熱性や菌増殖を予測することは困難であるが, 加熱殺菌条件や微生物面での安全な保存期間についての目安をつけることはできる. チルド食品を開発する場合には, 種々の微生物試験が必要で, 接種試験も必要である. ここで用いた低温芽胞菌 4 種なども接種試験候補微生物として利用できると考えられる.

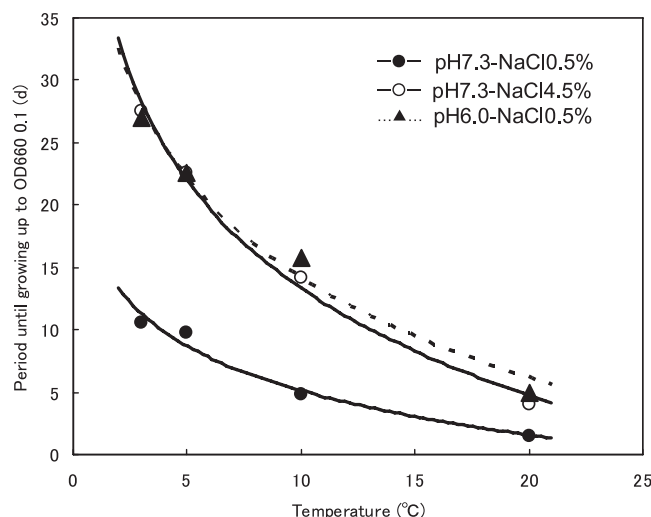


Fig. 4 Effects of temperature on the growth of *S.globispora* in different medium

食品の微生物的安全性に関与する因子としては, 食品の性質 (pH, 水分活性など), 食品の置かれた環境 (温度, 酸素濃度など), 微生物の種類と汚染度がある. 微生物にはさまざまなタイプが存在する. 本研究では食中毒菌を死滅させる加熱処理を前提にすることで, 耐熱性のある低温芽胞菌を制御するための条件の観点で論じてきた. さまざまな菌が存在しており, その中には耐熱性の高いものが存在する可能性があるが, まれにしか存在しない特別耐熱性の高い菌が存在する場合には, 加熱以外の他の手段で抑制することを考えるべきである. 特に低温では pH, 水分活性などの調節で菌が増殖困難となることを積極的に利用すべきである. 常温流通タイプの食品でも非常に耐熱性の高い菌は存在しており, 耐熱性の極端に高い菌まで考慮した加熱処理条件はとられていない. 大部分の低温芽胞菌の芽胞が死滅する加熱殺菌条件を採り, 生残した芽胞については他の手段 (生残する菌が増殖できない, または極端に増殖までの期間が延びる条件) を用いて制御すべきであると考える.

文献

- 1) 増田敏郎: 新しいロングライフチルド食品の製造技術 (「アクティブシニア社会の食品開発指針」), p.189-200, サイエンスフォーラム, 2006.
- 2) 松田典彦: 食品と低温, 11, 35, 1985.
- 3) 独) 理化学研究所バイオリソースセンター微生物材料開発室: JCM 微生物株カタログ第 9 版, 2005.
- 4) 松田典彦, 松本直起, 牛沢早苗: 缶詰時報, 52, 255, 1980.