

アサマ NEWS

パートナ

2018-5 No.184

食品の微生物変敗と 防止技術

(23) 砂糖菓子の微生物変敗と制御

1. 砂糖菓子と微生物

1.1 砂糖菓子と酵母

酵母による砂糖菓子の微生物変敗は、酵母菌体付着による白斑点生成、アルコール発酵によるエタノール臭の生成、炭酸ガス発生による膨張、糖の資化によるシンナー臭等のエタノールの生成、糖資化による酸生成が多い。砂糖漬菓子の表面の白色状の斑点は *Zygosaccharomyces rouxii*, *Z. baillii* var. *osmophilus* が中心であり、*Wickerhamomyces anomalus*, *Debaryomyces hansenii*, *Candida tropicalis* が検出される。

蜂蜜、ジャム、ゼリー、シロップその他、高濃度の糖分を含む素材を使用している食品で生育できる酵母は高浸透圧性である。糖濃度40～70%の糖濃度で生育する酵母が該当する。

一般的に糖濃度が高くなると酵母は生育が遅くなるので、高濃度糖を含む砂糖漬菓子は微生物変敗に気づくのは長期間の保存または加温が続いた後である。多くの種類の酵母が60%でも生育することができる。砂糖菓子が吸湿して表面の糖濃度が低下すると「酵母の増殖が促進される。高浸透圧性酵母は *Zygosaccharomyces rouxii*, *Z. bisporus* var. *mellis*, *Z. baillii* var. *osmophilus*, *Saccharomyces rosei*, *Schizosaccharomyces octosporus*, *Hanseniaspora osmophila*, *Wickerhamomyces anomalus*, *Debaryomyces hansenii*, *Candida tropicalis* である。

砂糖菓子より検出される酵母を表1に示した。

表1 砂糖菓子より検出される酵母

酵母	砂糖菓子
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	甘納豆、小豆かこの
<i>Zygosaccharomyces baillii</i> , <i>Z. bisporus</i> var. <i>mellis</i>	甘納豆、アーモンドフロランタン
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	小豆かこの、きんつば、砂糖シロップ漬大学芋
<i>Candida tropicalis</i>	きんつば、小豆かこの
<i>Debaryomyces hansenii</i>	甘納豆、砂糖シロップ漬大学芋、きんつば
<i>Saccharomycopsis capsularia</i>	ようかん、マロングラッセ
<i>Saccharomyces rosei</i>	ようかん、マロングラッセ

1.2 砂糖菓子とカビ

砂糖菓子は水分活性が極めて低いので、生育するカビは高浸透圧性の好乾性のカビである。カビの変敗現象は斑点生成とカビ臭の生成である。

包装したのち蒸気やマイクロ波殺菌、脱酸素剤使用包装、炭酸ガス置換包装、炭酸ガス窒素ガス混合置換包装、エチルアルコール製剤添加包装等種々の技術が採用され、保存性を高めている。最近、これらの技術が採用されているにもかかわらず、カビによる変敗が多発してきた。例えば、蒸気やマイクロ波処理を行っているにもかかわらず砂糖漬菓子に生育するカビ、脱酸素剤を使用しているにもかかわらず砂糖漬菓子に生育するカビ、炭酸ガスや炭酸ガスと窒素ガス混合置換包装をしているにもかかわらず砂糖漬菓

子に生育するカビ、エチルアルコールを噴霧又はエチルアルコール製剤使用包装をしているにもかかわらず砂糖菓子に生育するカビが多発してきた

砂糖菓子からは *Eurotium*, *Wallemia sebi*, *Aspergillus restrictus*, *Chrysosporium farinicola* が検出されている。*Chrysosporium farinicola* は麦芽エキス寒天培地にグルコースを添加した場合、グルコース量が20～60%の範囲でよく生育し、最適濃度は50～60%であった。

Chrysosporium farinicola はこれまで蜂蜜、乾燥ブラム、ドライフルーツ、ゼリーなど水分活性の低い、主として糖質の食品から検出されている。*Chrysosporium farinicola* は MY50G 寒天培地での生育は遅く (25℃、7日間培養後の集落の直径は12mm以下)、通常アレウロ型分生子に加えて大型のアレウロ型分生子が混在することで区別される。

Chrysosporium farinicola 等の好乾性カビの生育温度は15℃であるので、低温で保存すれば防止できる。生育に関する培地のpHではほとんどの好乾性カビがpH3.0でも生育して砂糖菓子を変敗させる。砂糖菓子より分離されたカビを表2に示した。

表2 砂糖菓子より検出されるカビ

カビ	砂糖菓子
<i>Aspergillus glaucus</i>	アーモンドフロランタン、マロングラッセ、甘納豆
<i>Aspergillus amstelodami</i>	マロングラッセ、甘納豆、小豆かこの
<i>Aspergillus flavus</i>	マロングラッセ
<i>Aspergillus penicillioides</i>	ようかん
<i>Aspergillus restrictus</i>	淡雪かん、小豆かこの
<i>Cladosporium herbarum</i>	きんつば、マロングラッセ
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	きんつば、マロングラッセ
<i>Wallemia sebi</i>	ようかん、きんつば、小豆かこの
<i>Exophiala dermatitidis</i>	ゼリー
<i>Trichoderma nigrescens</i>	淡雪かん
<i>Chrysosporium farinicola</i>	乾燥ブラム
<i>Eurotium herbariorum</i>	チョコレート

1.3 砂糖菓子と細菌

砂糖菓子の変敗で比較的多いのが、耐糖性細菌による変敗である。砂糖漬菓に普遍的に分布している細菌が *Micrococcus* であり *Micrococcus rosei*, *Micrococcus luteus* により着色変敗する砂糖食品もある。

植物性食品にも本菌は多く含まれ、米飯、和洋菓子、でん粉系食品等の変敗の原因となっている。しかし本菌単独で食品の変敗原因となる場合は少なく、他の微生物や酵素と共存して変敗原因菌となる場合が多い。

Micrococcus は自然界に広く分布しており、病原性を有するものはほとんどなく、形状は球状で単一又は集塊となるが連鎖せず無芽胞、大部分がグラム陽性、標準寒天培地上で良好に生育し、白色、黄色、橙黄色、淡赤色、赤色の集落を形成する。本菌は種々食品から多数分離され、食品の変敗に関与する菌種も多い。砂糖漬菓子から細菌を分離した場合、必ず検出されるのが *Micrococcus* である。これは土壌、海水、淡水、空气中に広く分布しているからである。しかし、砂糖菓子中には *Micrococcus* よりも変敗に強く関

与する *Bacillus* や *Pseudomonas* が存在する場合はほとんど主変敗菌とはならない。これは本菌が食品の分解作用に関与しない場合が多いからである。

砂糖菓子の変敗として起こる現象のうち、植物性加工食品やに粘質物の生成は普通に観察されている。*Bacillus* によりロープ生成（糸引き）とネット生成が生じる。

砂糖菓子が *Bacillus* により変敗する現象のうち、最も多いのがロープ生成（糸引き）とネット生成である。ロープと呼ばれる砂糖菓子のロープ現象の原因菌は *B. subtilis*、*B. pumilus*、*P. macerans*、*B. licheniformis*、*B. megaterium* であった。

2. 砂糖漬菓子の微生物変敗

2.1 「甘納豆」の微生物変敗

「甘納豆」とは豆類に砂糖液をしみ込ませてゆき、変形、変質をおこさないまでに砂糖の含量を大として固定した製品である。

特に豆類は厚さがあり硬いものの内部まで砂糖液をしみ込ませることは容易ではない。豆類の細胞膜は半透膜と称されるもので、物質を選択的に透過させる性質を持っている。このような現象を浸透作用（オスモシス）とよぶ。

このため豆類を砂糖液で煮る場合、このような変化を起こして糖分は主として組織及び細胞間隙に拡散作用によって入ることになるが、この場合ははじめから濃厚な糖液で煮れば内部まで糖分は浸入していかないので、糖液の濃度を順次増してゆくような煮方をする。このため、*Zygosaccharomyces*、*Bacillus* の生育が可能となる。これは濃厚な糖液は浸透性が小さいこと、最初から濃厚な糖液に接すれば組織の外側に砂糖の濃厚な層が形成され、内外の溶液の連結が断たれること、濃厚な糖液の高浸透圧に基づく脱水作用により周囲の組織の急激な硬化を起こすことによる。微生物は最初から高濃度の糖類に接した方が生育が抑制される。

それゆえ濃厚な糖液に接しても組織の内部への糖分の拡散を困難にする。また豆類には組織内に糖液が豊富であり、かつ浸漬する糖液の濃度の方がつねに大きくなるように順次濃厚な糖液に移すようにしないと、組織内に糖分の拡散による浸入が進行しない。

豆類への糖分の浸入は、物理学上の浸透作用ではなく豆類の含有水分への周囲の糖液から高濃度の糖分が拡散してゆく拡散現象であるので、この作用を十分にするためには、豆類の蒸熟軟化を十分にしておいて細胞膜の浸透機能を失わしめておく必要があり、かつ細胞内に十分水分を含有せしめ、濃厚なる外圍糖液との交流置換を容易にする必要がある。このため好糖性酵母、*Zygosaccharomyces* がより生育しやすくなる可能性がある。

「甘納豆」の表面が白くなる場合があるが、甘納豆は砂糖を使用して製造したものであるで、保存期間の経過とともに、製品表面に砂糖が結晶化したものが浮き出てくる。微生物による白色斑点は表面がべとべとになり吸湿した場合に発生する。

古くから、「甘納豆」における糖の吸着と補水性については「甘納豆」はその流過程において、製品がべとつき、品質が変化することが認められていた。そのため砂糖の一部をソルビットに代替した製品が作られ、ソルビットの甘納豆における保湿効果は明らかにするためにソルビットを配合して甘納豆の製造において、ソルビット添加製品の耐久試験を実施し、「甘納豆」の保湿性に及ぼすソルビットの効果が認められた。

砂糖の結晶化や吸水性により微生物が増殖する。砂糖は濃い溶液を作ることができ、濃度の高い溶液は低い方へ浸透する性質がある。また水分が少なくなると結晶化、あるいは脱水化してしまう。酵母や細菌類は水分が少ないと繁殖生育にくく、吸湿により増殖する。「甘納豆」の水分活性は0.78～0.80であるので、変敗微生物は耐糖性の酵母が中心である。「甘納豆」の表面に白色状の斑点は *Zygosaccharomyces rouxii*、*Z. bailli* var. *osmophilus*、*Z. bisporus* var. *mellis* が中心であり、*Wickerhamomyces anomalus*、*Debaryomyces hansenii*、*Candida tropicalis* が検出される。表面がべとべとになり吸湿した場合

には、*Bacillus subtilis*、*B. licheniformis* の細菌や *Aspergillus*、*Penicilium*、*Cladosporium* も検出される。

保存中の「甘納豆」は水分活性が0.78～0.80であるため、微生物はほとんど増殖せず、製造直後 $2.0 \times 10^3/\text{g}$ であるのに対して、30℃保存で、1日後、5日後、10日後、20日後でそれぞれ、 $3.0 \times 10^3/\text{g}$ 、 $3.5 \times 10^3/\text{g}$ 、 $4.3 \times 10^3/\text{g}$ 、 $5.1 \times 10^3/\text{g}$ であった。

保存1日後、5日後に検出される細菌は原材料に由来する *B. subtilis*、*B. licheniformis* の細菌であった。保存10日後、20日後においてカビ、酵母に由来するカビ臭、発酵臭が生成した。検出された酵母は *Z. bailli*、カビは *Aspergillus* 属であった。

2.2 「甘納豆」用豆類の浸漬による微生物の増殖

通常、豆類として小豆、エンドウ、金時豆の3種については水温20℃以下の場合には約30時間、20℃以上の場合には約20時間で最大に達し、 a 化度の多い蒸煮条件は小豆で100℃50分以上、110℃30～60分、120℃20分であり、エンドウは100℃40～50分、110℃20～40分、金時豆は100℃50分以上、110℃40分以上、120℃30分である。

従来、豆の煮方は、調理技術の上ではいわゆる秘伝秘訣として伝えられてきた。煮る場合の技術上の問題点は多々あるが、その一つにショ糖を入れて煮ると、しわのよる豆とよらないものがある。しわがよるとその中の *B. subtilis* が増殖して、軟化変敗する危険性がある。

一番しわのよりやすい豆は黒大豆である。またしわのよりにくい豆はそら豆である。黒大豆、そら豆及びうずら豆の種皮と子葉を95℃のショ糖液で煮て、その伸縮度を測定した結果、黒豆がショ糖液で煮ることが、しわのよる原因であった。豆の長径を a 、短径 b とし、その水に浸漬処理の結果、うずら豆、そら豆は、 a 、 b 各々の方向にほぼ同様の比率で伸びている。水煮においてもほぼ同様なことが認められる。

酸及びショ糖を加えて煮ることは豆を硬くすることは昔から知られてきた。しかし、酸を加えて煮ることはその色彩を美しくし煮崩れを防ぐ作用があると共に *Bacillus* の生育抑制作用もある。また通常、水で豆を煮ることにより、0.2～0.5%の炭酸アンモニア、0.2～0.3%の重曹、0.2～0.5%の食塩で煮ることにより柔らかくなることが経験的に知られている。

2.3 「甘納豆」の製造工程と微生物汚染

原料豆を水に浸漬し、この時に *B. subtilis* の汚染を受ける。次に水で炊き上げ、この水炊きした豆を低濃度から高濃度の糖類に時間をかけて漬け込む。この蜜掛け工程で工場の汚染を受ける。この時に *Zygosaccharomyces rouxii*、*Saccharomyces cerevisiae* の二次汚染を受ける。

これを煮詰めることにより豆の中と外の糖濃度を一定にする。このため夏と冬の気温差により糖濃度を変化させている。また、蜜掛けした豆を広げて砂糖掛けをしながら粗熱を取る。この砂糖掛け工程でも *Aspergillus glaucus*、*Aspergillus amstelodami*、*Wallemia sebi* のカビの二次汚染を受ける。

具体的には煮上がった豆は水を加えて熱をさまし、下部のコックを開けて水を流し、煮上げ水を垂らして切ってからつるし上げ、最初は濃度の薄いショ糖液に金網とともに移動させて浸漬し一昼夜浸漬させる。

翌日豆を金網とともにつるして蜜を切り、蜜だけを煮詰める。104℃程度のとき再度豆を漬けてさらに一昼夜浸漬される。翌日ふたたびま豆をつるし上げて蜜を垂らし、煮詰め108～110℃の時豆を浸し漬け、蜜が沸騰してきたとき熱を止め、そのまましばらく放置して40～50℃の低温となったとき、蜜を十分垂らし切って、乾いたアンペラのようなものを台に敷いた上に乾燥砂糖をふり、その上に豆を移し上部からも乾燥砂糖を散布してまぶし揚げておくと熱が抜けるにしたがって、表面が乾き製品となるが微生物の二次汚染を受ける。

この時に好糖性カビである *Wallemia sebi* 汚染が発生して茶褐色斑点生成変敗となる場合がある。

小豆を水洗し、一夜水に浸漬して、水を替えて強く煮る。煮汁は2～3回すてて重曹を溶かししていれ、また煮て煮汁を捨て2～3回くり返し煮汁を捨てると「あく」がとれ

て柔らかくなる。この「あく」の除去がpHを低下させて真菌等の微生物の増殖を促進する。

この時、初めは大きな泡が出るが、徐々に細かい泡となり蜜が糸を引くようになったら蜜を切り、残りの砂糖をまぶして十分冷やして乾燥する。乾燥工程で微生物の二次汚染が多い。

2.4 「甘納豆」の異臭

「甘納豆」でカルキ臭、消毒臭が発生した。

その製品より2,4ジクロロフェノール、2,6ジクロロフェノール、2,4,6トリクロロフェノールが検出された。検出量は1～2ppb以下であったが、異臭の原因となった。その結果、甘納豆の異臭はこのクロロフェノール類に起因するものとされ、甘納豆の製造用釜は水道水を用いた高温の蒸気加熱方式を採用しており、その蒸気配管の修理後で苦情が多く発生することが判明した。この蒸気配管の修理に用いたシール剤はフェノール樹脂を主成分とするものであり、配管中にフェノールが漏れ蒸気に含まれる塩素と反応してクロロフェノールが生成して甘納豆に移行した。

文献

- 1) Skou, J.P.: A series of xerophilic Chrysosporium species. Mycotaxon, 43, 237-259 (1992)
- 2) Pitt, J. I. and Hocking, A. D.: Fungi and food spoilage, 2nd ed., p. 417-437, Chapman and Hall, N. Y. (1997)
- 3) 内藤茂三: 改訂増補食品の変敗微生物、幸書房 (2017)
- 4) 内藤茂三: 食品とオゾンの科学、建帛社 (2017)
- 5) 島田保子、山本充子、森川直子、鎌谷香代子、中山キミ子: 甘納豆における糖の吸着と補水性について、日本家政学会第20回総会研究発表要旨集、A-75 (1968)
- 6) 荻原 勉、近藤治美、都田路子、山田洋子、青柳陽子: クロロフェノール類を異臭物質とした甘納豆の苦情事例 東京都健康安全センター年報54: 227-230 (2003)

(内藤茂三 食品・微生物研究所)

微生物による食品の劣化

前号からの続き。

2) 食品加工時の影響

(1) 食品の加熱

加熱処理は、食品を製造・加工・調理する上で最も重要な手段の一つである。表6に示したように、食品細菌のうち栄養型細胞の多くは比較的軽度の加熱で死滅するが、細菌芽胞は加熱に対して強い抵抗力(耐熱性)を有している。従って、食品の加熱処理にさいしては細菌芽胞の制御が特に重要となる。

表6 いくつかの食品細菌の耐熱性

菌の形態	菌種	加熱殺菌条件	
		温度 ℃	時間 (分)
無芽胞桿菌	<i>Pseudomonas fragi</i>	60	1.1
	<i>Salmonella Typhi</i>	60	4.3
	<i>Escherichia coli</i>	60	10.0
	<i>Staphylococcus aureus</i>	60	18.8
	<i>Streptococcus thermophilus</i>	60	30.0
乳酸桿菌	<i>Lactobacillus sp.</i>	71	30.0
芽胞形成桿菌(芽胞)	<i>Bacillus subtilis</i>	100	6.0~17.0
	<i>B. cereus</i>	100	6.0
	<i>Clostridium botulinum</i>	100	300.0
	<i>C. perfringens</i>	100	10.0
	<i>C. sporogenes</i>	100	600

食品の加熱殺菌効果は、一般的には微生物の殺菌のための加熱温度と加熱時間との関係 (Time-Temperature Relationship) で説明され、加熱温度の上昇に伴って殺菌所要時間は短縮される。通常、微生物の死滅効果や耐熱性を調べる場合には、微生物集団の数の減少をとらえる。たとえば、一定菌数の細菌を一定の加熱温度で加熱したさいに、加熱時間の経過ごとに生残菌数を測定し、これを図3に示したように、グラフ化して加熱致死時間 (Thermal Death Time) を求める。さらに、一定のAw値、pH値をもった加熱媒体に一定の菌数を懸濁させて、一定の温度下で加熱したときの細菌数を1/10に減少させる平均時間をD値

(Decimal reduction value) といい、食品工業の分野では加熱殺菌条件の設定のために使用される。特に、缶詰食品では耐熱性の強いボツリヌス菌 *C. botulinum* の芽胞の完全制御が重要であり、12Dの概念が取り入れられている。これは 10^{12} cfu/gの芽胞を1cfuに減少させるための時間、即ちD値の12倍の時間をかけて加熱殺菌することである。ただし、ボツリヌス菌芽胞はpH4.5以下では発芽や毒素産生がみられないので、この概念が適用される食品はpH4.6以上の低酸性食品である。

缶詰食品にみられる代表的な耐熱性芽胞の121℃でのD値(D_{121℃})は次のようである

<i>B. stearothermophilus</i>	4～5分
<i>B. coagulans</i>	0.01～0.07分
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	3～4分
<i>C. nigrificans</i>	2～3分
<i>C. botulinum</i>	0.12～0.2分
<i>C. sporogenes</i>	0.10～1.5分

12Dで高熱加熱殺菌すればボツリヌス菌芽胞は死滅するが、*B. stearothermophilus*等の強い耐熱性を有する細菌芽胞は生残し、表7に示したように缶詰食品の劣化現象をもたらすことがある。

表7 缶詰食品の腐敗と耐熱性芽胞形成菌

酸度による食品群別	腐敗のタイプ	原因菌	至適温度 ℃	D _{120℃}
低酸性・中酸性食品 ^{LA}	フラットサワー flat sour	<i>B. stearothermophilus</i>	50	4-5 ^{*1}
	腐敗性膨化 putrid swell	<i>C. sporogenes</i>	37	0.1-1.5 ^{*1}
	硫化腐敗 sulfide spoilage	<i>C. nigrificans</i>	55	2-3 ^{*1}
	ハードスウェル hard swell	<i>C. thermosaccharolyticum</i>	55~62	3-4 ^{*1}
高酸性食品 ^L	フラットサワー flat sour	<i>B. thermocacidurans</i>	45	3-4 ^{*2}
		<i>C. botulinum</i> A, B	37	0.1-0.2 ^{*1}

LA: 食肉・魚介・乳・野菜・スープ等のpH4.5以上の食品

A: 果実・漿果・ピクルス・ジャム等pH4.5以下の食品

*1: pH4.5以上の低酸性媒体中で加熱 *2: pH4.5-5.0の媒体中で加熱

一般的な加熱殺菌法には、100℃以下で殺菌する方法と100℃以上で殺菌する方法とが利用されているが、いずれも加熱による食品の極端な変質をもたらさない加熱条件下で行われる。低温殺菌法 Pasteurization は65℃で30分、あるいは70℃で20秒程食品を加熱保持するもので、牛乳・乳製品やその他の食品に応用されているが、この程度の加熱条件では細菌芽胞はむろん芽胞形成菌以外の micrococci、D群 streptococci、microbacteria等の耐熱性菌が生残することがある。

食品の加熱処理により生食品にみられた微生物叢のうち耐熱性のあるものは生残し、それによって腐敗時の化学的变化も異なってくる。このような現象は加熱後に再汚染がなかった時のことであり、実際的には包装食品を含めて加熱後の再汚染の機会には常にある。再汚染が起これば、加熱しても無意味なことになり、むしろ潜在的危険性が大きくなり、安全性を損なうことになり、加熱した食品であっても取り扱いに注意せねばならない。

(2) 加工時の食品性状の変化

加工工程で食品の基質組成や理化学的性状が影響を受け、それによって微生物叢が変化することがある。特に、重要な変化はAw値の変化であり、乾燥とか燻製による水分の除去、あるいは食塩や砂糖を加えることによって起こる。Aw値の変化は、既に述べたように汚染微生物叢に影響し、また食品構造にも影響する。酢酸や乳酸等の有機酸の添加や乳酸発酵させて作られた低pH食品(高酸性食品)中では耐酸性の弱い腐敗細菌の発育は抑制される一方、酵母やカビが発育することがある。

食品加工に際して、加工中にある種の化学物質が形成され、間接的な化学的保存効果が得られる。たとえば、燻製食品では蟻

酸等の抗菌物質が形成される。また、食品の劣化を防止するために種々の食品保存料・日持ち向上剤等が添加されることがあるが、このような食品であっても、それぞれの抗菌物質に抵抗性をもった菌が増殖し、それによって腐敗することがある。

3) 食品腐敗に関する外的要因

(1) 食品保存時の温度条件

環境温度条件は、微生物が発育・増殖するために重要な要素である。微生物が発育できる温度範囲は-10~70℃とかなり広いが、これは微生物全体を通してのことであり、個々の微生物はこれより非常に狭い範囲の温度で発育する。微生物の発育温度は、その発育に最も適した温度を至適温度、発育できる上限温度を最高発育温度、下限を最低発育温度という。それぞれ微生物は至適温度から遠ざかるに従って発育の程度は悪くなる。自然界にみられる微生物は至適温度が異なり、その相違によって表8のように分類される。

表8 発育温度による微生物の分類

	最低発育温度 ℃	最高発育温度 ℃	至適発育温度 ℃
低温菌 psychrotrophs	0	35	20-30
中温菌 mesophiles	10	45	30-40
高温菌 thermophiles	40	70	50-60

中温微生物は、至適温度が30~40℃の温度範囲にあり、自然界に最も広く分布している。食品微生物のうち腐敗細菌、食中毒細菌のほとんどはこのグループに属する。また、カビのうちケカビや麹カビもこの範囲で発育する。この群の最高温度は45~50℃であり、これ以上の温度になると発育できず、急速に死滅する。また、最低発育温度は10℃前後にあり、これより温度が低くなると死滅はしないが、発育は停止する。

一方、高温微生物は、至適温度が50~55℃の高温にあり、自然界での分布は少ないが、加熱殺菌にも生残し、温度管理が不十分な温蔵庫では増殖することがある。缶詰食品などの高温性腐敗細菌として*B. stearothermophilus*、*C. nigrificans*、*C. thermosaccharolyticum*等がよく知られている。

低温微生物の至適温度は、中温菌よりほぼ10℃ほど低い20~30℃にあり、10℃以下でも発育できる。この群の菌は自然界では中温菌に次いで多く分布し、低温貯蔵食品の劣化に関与する。食品の主な低温菌として、*Pseudomonas*、*Achromobacter*、*Acinetobacter*、*Alcaligenes*、*Flavobacterium*、*Aeromonas*、*Vibrio*属の菌がよく知られている。

低温菌と中温菌の発育温度特性を図4に示してある。中温菌は10℃以下の低温条件下では発育が完全に抑制される。一方、低温菌は10℃以下でも発育できるが、発育速度は遅くなり、5℃以下になると指数関数的に発育速度が低下する。従って、食品を冷蔵する場合は単に低温下に置くということではなく、0℃に近い温度条件下で貯蔵することが微生物による劣化を防止することになる。また、図5に、食中毒細菌を含めた微生物の低温耐性を示した。

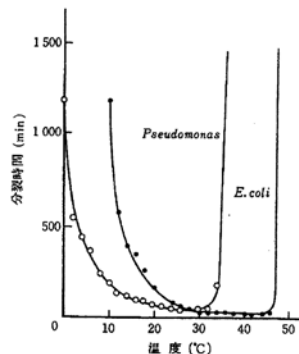


図4 中温性*E. coli*と低温性*Pseudomonas*の増殖に及ぼす温度の影響 (Ingraham, 1962)

同一の食品でも保存温度によって、食品微生物叢に変化が生じ、それによって生化学的な腐敗パターンが変化する。例えば、新鮮

食肉を冷蔵温度に置いた場合にはグラム陰性桿菌を主体とした低温細菌が優勢となりたんばくの分解がみられ、酸度の低下がみられる。一方、常温に近い条件に置いた場合には芽胞形成菌*Bacillus spp.*や乳酸桿菌*Lactobacillus*等の中温菌が優勢となり、炭水化物の分解により酸度が高くなる。また、保存温度条件により腐敗細菌の菌体が酵素活性も影響を受け、低温下と常温下で異なる。

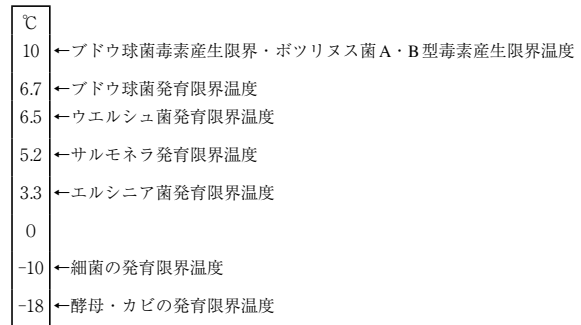


図5 微生物の低温耐性

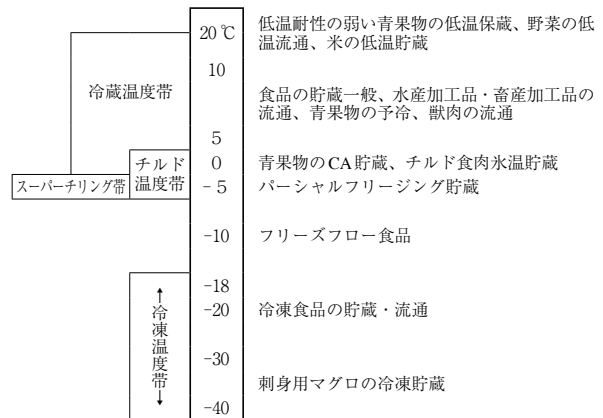


図6 食品の保蔵温度帯 (田中宗彦、2005より)

実際的に、食品を-1~5℃に置けば微生物の増殖を阻止できることが確実であり、また食品の構造的特徴を含めて、-18℃以下に冷凍すれば食品の長期保存が可能になる。図6に食品の保存温度帯を示し、表9に大量調理施設衛生管理マニュアルに示されている原材料・製品等の保存温度を示した。

表9 原材料、製品等の保存温度

保存温度	食品
室温	穀類加工品(小麦粉、デンプン)、砂糖、液状油脂、乾燥卵、清涼飲料水(規格基準に規定のあるものは、保存基準に従う)
15℃以下	ナッツ類、チョコレート、バター、チーズ、練乳
10℃前後	生鮮果実・野菜
10℃以下	食肉・鯨肉およびそれらの製品、ゆでだこ、生食用かき、魚肉ハム・ソーセージおよび特殊包装かまぼこ、固形油脂(ラード、マーガリン、ショートニング、カカオ脂)、穀付卵、乳・濃縮乳、脱脂乳、クリーム
8℃以下	液卵
5℃以下	生鮮魚介類(生食用鮮魚類を含む)
-15℃以下	細切した食肉・鯨肉を凍結したものを容器包装に入れたもの、冷凍食肉・鯨肉製品、冷凍ゆでだこ、生食用冷凍かき、冷凍食品、冷凍魚肉練り製品
-18℃以下	凍結卵

*大量調理施設衛生管理マニュアル(平成25年10月改正版)

次号に続く。(女子栄養大学名誉教授 桑原 祥浩)

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 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16-20 TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854
 ●中部アサマ化成 / 〒453-0063 名古屋市市中村区東宿町2-28-1 TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830
 ●九州アサマ化成販売 / 〒815-0031 福岡県福岡市南区清水1-16-11 TEL (092)408-4114 FAX (092)408-4350
 ●桜陽化成 / 〒006-0815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061