

アサマ
NEWS

パート

2016-5 No.172

**食品の微生物変敗と
防止技術**

(11) 包装餅の微生物変敗と制御

1. はじめに

1964年に防腐剤を使用しないで長期間保存が可能な包装餅が開発された。包装餅は、当初「板餅」と呼ばれ、搗きたての餅を合成樹脂袋に詰めて延ばし、脱気後密封して湯殺菌を行っていた。調理の時に切り、焼いて食べていた。1972年に「殺菌切り餅」が市場に登場し、広く流通した。この餅は一切れにした切り餅を真空包装後、加圧釜中にて型くづれを防ぎながら加熱殺菌したもので長期間の流通が可能であった。1978年に「生切り餅」が開発され、この製品の開発により生産工場の衛生管理が飛躍的に向上し、製品に脱酸素剤が封入された。1984年には一切れつつクリーンルーム内にて無菌化個包装された餅が開発され、クリーンルームでの製造が中心になってきた。

2. 包装餅の変敗現象

2. 1 細菌によるガス発生膨張変敗

小袋の中の生切り餅が、変質してガスを発生して、餅の表面が乳白色、ピンク色に変色し、開封時に発酵臭がある。原因菌は *Lactobacillus* 属細菌と *Leuconostoc* 属細菌であり、いずれも工場からの二次汚染菌である。袋が膨張して、餅の pH が低下すると共に、表面にクレーター状の窪みが生成する。原因の殆どが打ち粉使用による。検出されたガス発生膨張原因菌であるヘテロ発酵型乳酸菌を表 1 に示す。

表 1 包装生切り餅の膨張原因菌

| |
|----------------------------------|
| <i>Leuconostoc mesenteroides</i> |
| <i>Leuconostoc parameneris</i> |
| <i>Lactobacillus cellobiosus</i> |
| <i>Weissella viridescens</i> |

2. 2 細菌による褐色及び黄色変色軟化変敗

包装生切り餅の餅の表面がベトツキ、軟化して褐色から黄色に変色する。開封時に魚臭がして、表面が軟化している。原因菌は大腸菌群である *Erwin* 細菌、*Klebsiella* 属細菌が多く、ほとんどが工場からの二次汚染菌である。検出された細菌による褐色及び黄色変色軟化変敗原因菌である微生物を表 2 に示す。

表 2 褐色及び黄色変色軟化変敗原因菌微生物

| |
|--------------------------------|
| <i>Erwinia aroideae</i> |
| <i>Erwinia carotovora</i> |
| <i>Klebsiella aerogenes</i> |
| <i>Klebsiella pneumonia</i> |
| <i>Citrobacter freundii</i> |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> |
| <i>Pseudomonas putida</i> |

2. 3 細菌による白色軟化穴生成変敗

餅の表面に白色斑点、白色クレーター、白色軟化穴が生成しており、開封時に独特のムレ臭がある。この餅からは、*Bacillus* 属細菌が検出される。加熱包装後の餅に発生する。この原因菌の多くは原料もち米より検出されることが多い。

検出された細菌による白色軟化穴生成変敗原因菌である微生物を表 3 に示す。

表 3 白色軟化穴生成変敗原因菌微生物

| |
|--------------------------------|
| <i>Bacillus licheniformis</i> |
| <i>Bacillus subtilis</i> |
| <i>Bacillus pumilus</i> |
| <i>Bacillus coagulans</i> |
| <i>Paenibacillus marcerans</i> |
| <i>Bacillus mycoides</i> |
| <i>Bacillus cereus</i> |
| <i>Paenibacillus polymyxa</i> |

2. 4 酵母によるシンナー臭（酢酸エチル臭）の生成

生切り餅が市場で流通途上、シンナー臭（酢酸エチル臭）が生成する。外観は包装がやや膨張し、餅の表面の性状は変化がない。開封時に、強力な酢酸エチル臭とエタノール臭が生成する。

原因菌は製造工場からの二次汚染菌である酵母、*Wickerhamomyces pichia* である。シンナー臭生成はいずれも酵母に起因するもので多くの食品で発生し変敗となっている。

生切り餅の表面に白い *Wickerhamomyces anomalus* が菌膜を形成して、酢酸エチル臭で変敗する。原因は *Wickerhamomyces anomalus* がエタノールや酢酸を資化して酢酸エチルを生成する。酢酸エチルが生成されると必ずエタノールの生成が認められるところから酢酸エチル生成にはエタノールが関与する。

2. 5 カビによる着色変敗

餅に生育するカビの種類は多い。殆どが着色変敗で、青、深緑、黄色、赤色等である。その原因は包装袋の傷やピンホール、製造工程での二次汚染である。餅のカビによる着色変敗原因カビを表 4 に示した。

表 4 餅のカビによる着色変敗原因カビ

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| <i>Cladosporium cladosporioides</i> | 深緑色 |
| <i>Cladosporium sphaerospermum</i> | 深緑色 |
| <i>Aspergillus niger</i> | 黒色 |
| <i>Aspergillus oryzae</i> | 黄緑色、橙色、黄色 |
| <i>Penicillium expansum</i> | 緑色 |
| <i>Penicillium cyclopium</i> | 緑色 |
| <i>Monilia sitophila</i> | 赤色 |
| <i>Moniliella suaverolens</i> | 赤色 |
| <i>Mucor javanicus</i> | 灰色 |

餅に生えるカビは青から緑色の青カビ (*Penicillium expansum*、*Penicillium cyclopium*) が多く、次に緑かかった暗褐色の深緑をしたクロカワカビ (*Cladosporium cladosporioides*、*Cladosporium sphaerospermum*) が多く、赤色の赤カビ (*Monilia sitophila*、*Moniliella suaverolens*)、灰色のモカビ (*Mucor javanicus*) が検出されることもある。

3. 包装板餅の微生物変敗

3. 1 包装板餅の軟化穴生成変敗

3. 1. 1 包装板餅の変敗発生

包装板餅はポリエステル/ポリエチレン又はナイロン/ポリエチレン、ナイロン/CPP ラミネートフィルムで包装されており、かつ加熱処理されているため、従来のバラ詰め餅や無包装餅に比較してその貯蔵性は大きい。一般に 90~95℃ で 20~30 分間湯殺菌がされており、100℃ 以上の高温及び長時間の加熱処理では餅の「コシ」を落とし、淡黄色に着色し、さらに艶がなくなるので問題があると言われる。しかしながら、餅製造の原料であるもち玄米や精白米及び製造工程（機械、工場）に多数の細菌、特に土壌に由来する耐熱性芽胞菌が付着又は混入してくるため現在の加熱条件では包装餅の完全殺菌は、困難であり、その保存期間は夏期特に 6~9 月に製造されたものは 1~2 週間であり、極めて保存性の悪いものとなっている。9 月に製造された市販の包装餅に白色の軟化穴が生成したの月で検討を行った。変敗した包装餅は製造後 3 ヶ月が経過しており、部分的に変敗が進行しており、異臭は発生していないが、白色の軟化穴が内部まで進行していた。

3. 1. 2 包装板餅の変敗微生物の分布

包装板餅の白色軟化穴の生成した変敗品の表面及び軟化穴内部より分離・同定した 6 種類の微生物の分布状況を検討した。最も多く検出されたのが *Paenibacillus polymyxa* で変敗品に表面及び内部よりそれぞれ $1.0 \times 10^7/g$ 、 $2.0 \times 10^6/g$

検出した。

なお正常品にも比較的多く検出され表面に $8.0 \times 10^3/g$ 検出した。次に多いのが*B. pumilus*で変敗品の表面のみに検出された。本菌はでん粉分解力を有していないため、餅表面にのみ検出された。本菌は正常品の表面にも $1.0 \times 10^7/g$ 検出され、*B. lentus*、*Paenibacillus macerans*、*B. coagulans*、*B. mycoides*はいずれも変敗品の表面及び内部より検出され、それらの菌数は $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5/g$ であった。

3. 1. 3 包装板餅の変敗微生物の発育温度

包装板餅の白色軟化穴の生成した変敗品の表面及び軟化穴内部より分離・同定した6種類の微生物の発育温度を検討した。

いずれの菌株も $15 \sim 20^\circ\text{C}$ より生育が盛んになり $40 \sim 45^\circ\text{C}$ まで生育した。しかし、*B. coagulans*は 55°C まで生育することを認めた。発育至適温度は*B. pumilus* $30 \sim 35^\circ\text{C}$ 、*B. lentus* $25 \sim 30^\circ\text{C}$ 、*Paenibacillus polymyxa* $30 \sim 35^\circ\text{C}$ 、*Paenibacillus macerans* $35 \sim 40^\circ\text{C}$ 、*B. coagulans* $35 \sim 45^\circ\text{C}$ 、*B. mycoides* $25 \sim 30^\circ\text{C}$ であった。

3. 1. 4 包装板餅の変敗微生物の耐熱性

包装板餅の白色軟化穴の生成した変敗品の表面及び軟化穴内部より分離・同定した6種類の微生物の耐熱性を検討した。いずれの菌株も耐熱性の芽胞を有するため 100°C では殺菌されず、特に*B. coagulans*は強い耐熱性を認めた。包装餅は $90 \sim 95^\circ\text{C}$ で $20 \sim 30$ 分間湯殺菌がされていたが全ての微生物が生残した。

耐熱性の強い順序は、*B. coagulans*、*B. mycoides*、*B. pumilus*、*Paenibacillus polymyxa*、*B. lentus*、*Paenibacillus macerans*であった。

3. 1. 5 包装板餅の変敗微生物の α -アミラーゼ活性

包装餅の軟化穴の生成は汚染微生物の生産する α -アミラーゼの作用であることが予測される。そこで包装餅の軟化穴より分離した6菌株の α -アミラーゼ活性を測定した。包装餅の軟化穴の最も多く検出された*Paenibacillus polymyxa*に最大の α -アミラーゼ活性を認め、次いで*B. mycoides*、*B. coagulans*、*B. lentus*であり、*Paenibacillus macerans*はその活性が弱く、*B. pumilus*はほとんど α -アミラーゼ活性は認められなかった。

α -アミラーゼ活性は 30°C で培養後、2日後より検出され、徐々に強くなり、6日後に最大になり、以後減少した。

3. 1. 6 包装板餅の変敗微生物の生育制御

変敗包装餅は、包装餅の変敗部位から検出される微生物は好気性の*Paenibacillus polymyxa*、*B. mycoides*、*B. coagulans*が圧倒的に多く、*B. pumilus*、*B. lentus*、*Paenibacillus macerans*は比較的少ないという結果及び α -アミラーゼ活性は*Paenibacillus polymyxa*、*B. mycoides*、*B. coagulans*に顕著に認められたことから包装餅の軟化穴の生成の原因菌はこれらの3菌種であると考えられる。

包装板餅の場合は、包装内が嫌氣的に保持されていることより微生物の生育は阻止されている状態にあるが、しかし長期間(1~3ヶ月)保存すると生菌数が増加して軟化穴生成という変敗現象が生成した。このことは生理学的には、酸化還元電位が低いと嫌氣的な状態とされているので、外圍の酸素分圧が高くても包装餅自体の酸化還元電位が低ければ嫌気性菌が繁殖し、逆に酸素分圧が低くても酸化還元電位が高ければ*Bacillus*のような好気性菌が繁殖できると考えられる。このように嫌氣的な環境下での好気性細菌の繁殖については、酸素分圧と酸化還元電位の高低が複雑に影響することが考えられる。包装餅の*Bacillus*による軟化穴生成変敗現象を防止するためには、まず第1に初発菌数を少なくすること、次に包装内部の酸素分圧を長期間低い状態に維持することが必要である。そのためには原料米の生菌数及び製造工程での二次汚染菌を最小にすること、気体透過度の小さいプラスチックフィルムに包装し、脱気度を更に大きくすることが必要である。

4. 包装餅の変敗防止

4. 1 原料米の洗浄

4. 1. 1 原料米の洗米による微生物及び増殖促進物質の除去

洗米工程で米の洗浄が適切に行われたか否かの確認は、付着微生物、アミノ酸、糖類、水溶性タンパク質の除去率が適している。これらの成分の中で、包装餅の流通安定性に関与する*Bacillus*属細菌と本菌の増殖に影響するアミノ酸、

糖類、水溶性タンパク質が指標となる。*Bacillus*属細菌の生育がこれらの成分に関係するかを*B. cereus*を用いて検討した結果、水溶性タンパク質、アミノ酸、糖類の中では水溶性タンパク質、アミノ酸等の窒素系成分の関わりが大きく、さらにこれらの2成分の2元配置実験から水可溶性タンパク質の量で増殖性が決定される。

餅の品質に大きく影響する微生物は餅米の水溶性たんぱく質の量に大きく関係する。水溶性たんぱく質が多いと微生物特に*Bacillus*属細菌が急激に増殖する。洗米の効果に関係する要因には、精白餅米の水分、水温、攪拌の程度、洗米時間等が関係する。水溶性たんぱく質の除去に効果を示すのは水温であり、 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ で最も多く除去できる。水温を上げ過ぎると米粒表面に固い層ができ、普通の炊飯では炊飯時に米粒が固くなり、ほぐれ不良となり品質が低下する。そのため水温は 40°C 以上にはしてはならない。オゾン水の精白米の洗浄により、菌数が減少し、さらに耐熱性菌の損傷により炊飯後の菌数が減少する。

また洗米時間は5分間前後が最も水溶性たんぱく質の除去効果が大きい。5分以上しても大きな差異はなく、3分以下では洗浄不足である。

米粒から*Bacillus*のような細菌を積極的に除くには水洗時に米粒を研磨するか、水洗用水の粘性を調節し米粒から離脱させるか、あるいはpH調整等を行う離脱する方法を講じる必要がある。研磨する方法は、水中に微小な粒子を懸濁し、洗米時に懸濁した微粒子により米を研磨して米粒表面より細菌を除去する方法である。細菌除去に必要な微粒子の大きさは、 $20 \mu\text{m}$ 以下でなければならないが、この条件が満たされれば微粒子は固体でなくとも微小気泡粒子でも良い。微小気泡粒子であれば、洗米後に排水から粒子を分離回収する必要がない。微小気泡水を利用する洗米方法は、 $10 \mu\text{m}$ レベルの気泡を吹き込めるエゼクターを利用して微小気泡含有水を調製する。この気泡水で洗米することにより、米粒付着菌を水道水により洗米した米粒の生菌数の1/10から1/100に低減できる。これは、米粒付着菌のうち*Bacillus*のような桿菌が除去されるためである。米粒に残存する微生物は $1 \mu\text{m}$ 以下の乳酸菌、球菌、グラム陰性菌となる。これらの微生物も同時に除去する目的でオゾン水を利用した微小気泡含有水を利用して多くの企業で成果を上げている。オゾンは乳酸菌、球菌、グラム陰性細菌に殺菌効果が顕著であるため、オゾン水含有微小気泡水による洗浄効果との併用効果があり、有効である。また江川は、球菌除去に $0.01 \sim 0.05\%$ 濃度のペクチンを洗米に加えた微小気泡水により米粒より球菌を除去している。

4. 1. 2 米粒付着菌について

餅の製造において主として問題となる微生物に*Bacillus*属細菌がある。餅の製造において主として問題となる微生物に*Bacillus*属細菌があり、米粒付着菌である*Bacillus*属細菌は強いマグネシウム吸着性を有している。*Bacillus*属細菌を液体培地を用いて振とう培養した後、菌体を回収し、各種界面活性剤で洗浄して溶出成分を検討した結果、マグネシウムが多く検出された。その結果、米粒付着菌である*Bacillus*属細菌は強いマグネシウム吸着性を有していることが明白になった。米粒に付着するマグネシウムを除去することは*Bacillus*属細菌を除去することとなり、有機酸が有効であった。有機酸洗浄による*Bacillus*属細菌の除去効果を検討した。

餅の品質に影響のない有機酸について検討してみると以下のものがあげられる。

餅米を洗浄するのに適切な有機酸

- ①クエン酸：0.05~0.5%
- ②フマル酸：0.05~0.5%
- ③グルコン酸：0.05~0.5%

餅米を十分水洗して、その後クエン酸で洗浄し、最後に水道水で洗浄するシステムが多くとられている。

また浸漬中に微生物は増加するためにクエン酸を用いてpH調整も必要な場合がある。

餅の品質に大きく影響する微生物はもち米の水溶性たんぱく質の量に大きく関係する。水溶性タンパク質が多いと微生物、特に*Bacillus*属細菌が急激に増殖する。洗米の効果に関係する要因には、精白もち米の水分、水温、攪拌の程度、洗米時間が関係する。水溶性タンパク質の除去に効果を示すのは水温であり、 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ で最も多く除去できる。また洗米時間は5分間前後が最も水溶性タンパク質の除去効果が

大きい。5分以上洗米をしても大きな差異はなく、3分以下では洗浄不足である。また浸漬中に*Bacillus*属細菌が増殖するためにクエン酸を用いてpH調製が必要な場合もある。

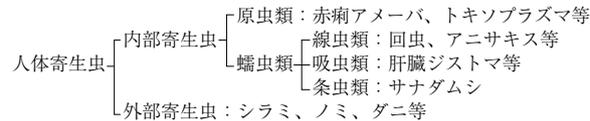
参考文献

- 1) 内藤茂三、山口直彦：酵母による食品の変敗、一酢酸エチル生成による食品の変敗一、*New Food Industry*, 27, (2), 13-17 (1985)
- 2) 内藤茂三、寺本祐毅、山口直彦：包装生切り餅の貯蔵性に及ぼすオゾン処理の影響、*防菌防黴*, 15, 225-231 (1987)
- 3) 内藤茂三：脱酸素剤とオゾンガスによる食品保存効果、*食品加工技術*, 19, 155-164 (1999)
- 4) 内藤茂三：洗米による精米の除菌効果、HACCP管理による加工米飯の製造システムと品質保証対策、p.141-157 (1995)、サイエンスフェアラム
- 5) 江川和徳：洗米による精米の除菌効果、HACCP管理による加工米飯の製造システムと品質保証対策、p.135-138 (1995)、サイエンスフェアラム
- 6) 江川和徳：食品の微生物変敗防止技術と制御[4]包装餅の微生物変敗と制御、*防菌防黴*, 42, 45-49 (2014)
- 7) 内藤茂三：食品の微生物変敗防止技術と制御③、酸性飲料の微生物変敗と制御、*防菌防黴*, 43, e325-335 (2015)
- 8) 山口尹通、生島文夫、小松美博、岸本昭：包装餅の変敗菌について、*日食工試*, 18, 84-86 (1971)
- 9) 岸田一則、高橋治男、依田清江：市販生きもちの変敗に関わる苦情事例について、*千葉県衛生年報*, 55, 70-71 (2006)
- 10) 内藤茂三：ワシコーンスターチで製造した包装生切り餅の貯蔵性に及ぼすオゾン処理の影響、*愛知食品工試年報*, 33, 136-153 (1992)

(内藤茂三 食品・微生物研究所)

食中毒病因物質と しての寄生虫

人体に何らかの有害作用をもたらす寄生虫は、一般に下記のように分類される。



過去においては食品と関係する寄生虫症は寄生性蠕虫類によるものが主体であったが、近年は環境衛生の向上、衛生教育等の成果によってそれらの寄生虫症はわが国ではほとんど見られなくなった。一方で、食生活が豊かになり、魚介や食肉等の生所やグルメ嗜好に伴い新たな寄生虫症が近年重要視されている。

アニサキスは1999年12月に食品衛生法施行規則が一部改正され、食中毒の原因物質として食中毒事件票に例示されていた。さらに、2011年6月にアニサキスとともにクドア、サルコシステイス、その他の寄生虫（クリプトスポリジウム等）が食中毒の病因物質種別（寄生虫）として取扱うよう通知されている。また、2012年の同法施行規則の一部改正により、これら寄生虫による食中毒が疑われる患者を診断した医師は24時間以内に最寄りの保健所への届け出が義務化され、さらに医師以外のものからの苦情や報告は食中毒が疑われる事案として保健所が受け付けるようになっている。この数年の寄生虫による食中毒事件の発生状況を表1に示した（厚生労働省全国食中毒発生状況による）。

表1 寄生虫による食中毒事件

| 年次 (年) | アニサキス | | クドア | | サルコシステイス | | 全食中毒 | |
|-----------|-------|-----|-----|-----|----------|-----|-------|--------|
| | 事件数 | 患者数 | 事件数 | 患者数 | 事件数 | 患者数 | 事件数 | 患者数 |
| 2011 (23) | 2 | 3 | 3 | 473 | 2 | 11 | 1,062 | 21,616 |
| 2012 (24) | 65 | 71 | 41 | 418 | 1 | 3 | 1,100 | 26,699 |
| 2013 (25) | 88 | 89 | 21 | 244 | 1 | 6 | 931 | 20,802 |
| 2014 (26) | 79 | 79 | 48 | 429 | 0 | 0 | 976 | 19,355 |
| 2015 (27) | 127 | 133 | 17 | 169 | 0 | 0 | 1,202 | 22,718 |

* クドアとサルコシステイスは2011年6月から記載

表に示したように、食中毒全体をみると1件当たりの患者数は20人であるが、アニサキスは1件に1人の割合であり集団的な感染事例はみられず、クドアについては1件当たり10人程度の小規模の集団発生がみられている。ここでは、アニサキス、クドアおよびサルコシステイスについて述べる。

1. アニサキス *Anisakis*

アニサキス症は、種々の海産魚介類を生食する習慣のあるわが国では注意せねばならない寄生虫症である。アニサキスが強烈な腹部症状を起こすことが明らかにされたのは1960年代とされ、それ以前からアニサキス症があったと考えられている。1970年代以降になると内視鏡検査の普及とともに生検用鉗子による虫体抽出が可能となり、本症が多発していることが明らかにされるようになった。本症は

欧米諸国でも報告されているが、わが国では魚介類の生食習慣があることから特に多くみられている。

[疫学] アニサキス症は、海産魚介類の生食（寿司、刺身等）習慣と深く関連することが従来からよく知られていることである。人への感染源となる魚介類は、わが国近海で漁獲されるものでも160種を超えるとされている。平成27年の食中毒事件録からみると、サバ（刺身やシメサバ等）のほか、サンマ、アジ、イワシ、アジ、秋サケ、ブリ、マグロ、ヒラメ、イカ、ニシン等様々な海産魚介類の生食によってアニサキス症をおこしている。

アニサキス症の発生時期は、従前は12月から3月の冬季に多発し、夏季には少ない傾向があるとされていたが、最近の食中毒統計（平成23年～26年）によると、8月から11月の時期に事件数・患者数ともにピークがみられ、1月から3月に小さなピークがあることが示されている。

[病原体] アニサキスは分類上アニサキス科に属する線虫の総称である。アニサキス類の成虫は、本来クジラ、イルカやアザラシ等の海産哺乳類の胃に寄生するものである。虫卵は糞便とともに海中に放出され、オキアミなどの甲殻類を中間宿主として第3期幼虫に発育する。幼虫をもったオキアミが多種にわたる魚介類に摂食され、新しい宿主の体内で第3期幼虫のまま寄生し続ける。これらが本来の最終宿主である海産哺乳類に摂食されると幼虫は胃内で成虫となりその生活環を完結する。しかし、本来の宿主でないヒトがこれらの海産魚やイカを生食した場合、幼虫は生きてまま摂取され、胃壁や腸壁に侵入することによってアニサキス症を引き起こすことになる。人体症例から抽出された虫体は多くが第3期幼虫であるが、第4期幼虫も検出されることがある。症例由来の幼虫は、形態学的には *Anisakis Type I* (主に *Anisakis simplex*)、*Anisakis Type II* (*Anisakis physeteris*) と *Pseudoterranova spp.* (*Pseudoterranova azarasi*) の3群に大別されているが、Type Iが大多数を占める。

[症状] ヒトに摂取されたアニサキス幼虫が消化器管粘膜に侵入することによって発症する。

- 1) 胃アニサキス症：魚介類の摂食後数時間で激しい上腹部痛、悪心、嘔吐をもって発症するものであり、人体症例の大半がこの症状（劇症型胃アニサキス症）を呈する。時に下痢、蕁麻疹、大量吐血がみられることがある。
- 2) 腸アニサキス症：虫体が腸粘膜に侵入し、原因食品の摂取後、数時間から数日して腹痛、悪心、嘔吐等をもたらす。時に腸閉塞や腸穿孔を併発することがある。
- 3) 腸管外アニサキス症：稀に虫体が消化管を穿通し、腹腔内へ脱出し、大網、腸間膜、腹壁皮下等に移行し肉芽腫を形成したり、虫体寄生部位に応じた症状を起こしたりする。
- 4) アニサキスアレルギー：魚介類の生食後に蕁麻疹を主症状とするアレルギーを起こすことがあり、さらに血圧降下、呼吸不全、意識喪失等のアナフィラキシー症状を起こす症例もみられている。

[予防] アニサキス症は、幼虫1匹の摂取であっても発症する可能性があると考えられている。従って、海産魚介類の生食を避けるか、加熱後（60℃で1分以上）に喫食することが確実な感染予防対策になる。また、冷凍処理（-20℃で24時間以上）により幼虫は感染力を失うので、魚介を冷凍後に解凍して生食することは予防に有効である。また、加熱や冷凍意外の方法として、内臓に寄生する幼虫が漁獲後に肉質部に移行することもあり、漁獲後できるだけ新鮮なうちに魚介類の内臓を摘出除去することも予防に有効とされている。なお、醤油、わさび、酢がアニサキスの予防に有効ではないかと期待されていたこともあるが、料理で使用する程度の量、濃度、接触時間では虫体は死滅しない。このことは実際に食酢を使用したシメサバの喫食により感染した事例が多数あることから明らかである。

諸外国の予防対策をみると、オランダでは法律により酢漬で生食するニシンを調理前に-20℃以下で24時間以上冷凍することを義務づけたことによりアニサキス症患者が激減させている。また、米国FDAは生食用の魚介については-35℃以下で15時間か-20℃以下で7日間の冷凍処理を勧告し、EUの衛生管理基準では海産魚介類の目視による寄生虫検査を義務づけ、生食用海産魚介に関しては-20℃以下で24時間以上の冷凍処理を指示している。

2. クドア *Kudoa septempunctata*

2011年6月の厚生労働省の通知により、ヒラメに寄生す

る粘液胞子虫 *Kudoa septempunctata* が食中毒原因物質として取り扱われるようになった。これより以前から、食後数時間程度で一過性の下痢や嘔吐を呈し、軽症で終わる事例が各地で報告されており、原因食品としてヒラメが推測されていた。大西ら¹⁾は、ヒラメの生食による有症事例の喫食残品について食中毒細菌、ウイルス、マリントキシン等を検査したがそれらを検出しなかった。しかし、メタゲノミック解析した結果、細菌等のDNAはごくわずかしが含まれず、一方クドア属粘液胞子虫のDNAは非常に多く含まれ、さらにDNA配列を解析した結果、残品に特異的に存在するのは *K. septempunctata* であることを明らかにした。また、喫食残品中のクドア属のDNAをスクリーニングした結果、事例残品の83%からクドア属DNAを検出したことから、感染ヒラメから *K. septempunctata* 胞子を精製し、動物実験や培養細胞を用いた系で胞子の毒性を検査した結果、食中毒症状と同様の症状をもたらすことが確認された。これにより、*K. septempunctata* がヒラメの生食による病因物質として同定された。本食中毒はクドア属寄生虫による世界初の食中毒としてクドア食中毒と呼ばれる。

【疫学】 クドア食中毒は、表1に示したように、平成23年から27年の間に155件（患者数1,733人）が食中毒統計に記載されており、それらの原因は全てヒラメの刺身あるいは寿司類の生食によるものであった。本食中毒事例数は、統計上から8～10月にピークを示しており、通常、ヒラメの消費量は12月と1月の冬季に多く、本食中毒発生頻度と消費量との間には関連性がみられておらず、また夏季に発生頻度が高いのは海水温との関連性があると考えられている。本食中毒に関与したヒラメは国産あるいは輸入された養殖ヒラメが大部分であり、特に韓国産による食中毒が多数報告されているが、天然ヒラメによる事例もみられている。また、ヒラメ以外にも、マグロ、タイ、カンパチ等からもクドア属の粘液胞子虫が検出され、原因食品となることが示唆されている。

【病原体】 *K. septempunctata* は、ミクソゾア門 (Phylum Myxozoa) に属する粘液胞子虫類の一種である。粘液胞子虫類は世界中で2000種以上報告されており、まれには両生類や爬虫類に寄生するものもあるが、ほとんどは魚類を宿主とする寄生虫である。淡水魚、海産魚のいずれにも寄生し、それらの組織内や管腔内に寄生・発育し10 μ m程度の胞子を多数形成する。粘液胞子虫の胞子は、内部に極糸がコイル状に巻かれた極囊細胞、通常二核の胞子原形質細胞、それらを包含する二個から数個の胞子殻細胞から構成される多細胞体であり、単細胞生物である原虫ではなく後生生物であり、分子系統学的解析からクラゲやイソギンチャク等の刺胞動物の近縁であることが明らかにされている²⁾。

K. septempunctata 以外の筋肉寄生クドアには、プリに感染する *K. amamiensis* や、サケなどに寄生する *K. thyrssites* が代表的であるが、これらはシストが肉眼で観察されたり、罹患魚が醜悪な外観になり食品価値が低下したり、養殖場では魚が致命的影響を受け、漁業被害をもたらしている。一方、*K. septempunctata* は、このような目視的变化をもたらさず、調理過程等で見過ごされる原因になる。

K. septempunctata の生活史は解明されていないが、淡水魚に寄生するクドア属では魚類と環形動物（イトミミズなど）を交互に宿主として発育することが明らかにされており、魚体⇒胞子排泄⇒環形動物（腸管内で有性生殖）⇒放線胞子虫排出⇒魚（皮膚感染）のような生活史をとり、魚から魚への直接的感染は一般に起こらない。*K. septempunctata* は、生きた状態でヒトに喫食されないと食中毒は起こらず、また腸管内や生体内での増殖は認められておらず、このことから、本食中毒発症には一定数以上の胞子を摂取することによって発症する。ちなみに、厚生労働省では、筋肉1gあたりのクドア胞子数が1.0 \times 10⁶個を超えることが確認された場合、食品衛生法第6条に違反するものとして取り扱うこととしている。

【症状】 この食中毒の症状は、潜伏期が非常に短く、食後2時間～5時間程度で発症し、一過性であるが非常に激しい下痢や嘔吐を起こすことが共通した症状として知られている。*K. septempunctata* を原因とするヒラメ喫食者約500人のうち約100人が発症した大規模食中毒事例が平成22年10月に愛媛県で報告されている。これによると、潜伏期の中央値が5時間で、最短で1時間であった。発症者の症状は、下痢が78%、次いで嘔吐が58%、発熱が20%であった。下痢については、回数中央値は3回、最も多い患者では24時間以内に22回の下痢をしている。また、平成23年10月に奈良市で20人のうち14名がヒラメを原因食とする事例が報告されており、この事例では、嘔気を86%、嘔吐を79%、悪寒を64%、発熱を50%、頭痛を50%、下痢を43%、脱力感を43%を発症している。潜伏時間3～7.5時間、平均5.4時間、嘔吐回数は1～5回、下痢に関しては2から10回で平均3.5回、その持続時間は1.5～18時間で平均6.1時間であった。この事例では1.1 \times 10⁷個/gの胞子虫を含むヒラメを患者1人あたり15～16g以上喫食しており、結果的に1人あたり1.7 \times 10⁸個（中央値）摂取したことになり、愛媛県の例での7.2 \times 10⁷個を上回っていたことになる。

【予防】 -16～-20℃で4時間の冷凍処理または90℃で5分間の加熱処理によってクドアは死滅する。また、水産庁では①養殖段階でのクドア保有魚の駆除、②ヒラメ飼育環境の清浄化、③養殖場における出荷前のモニタリング検査等の養殖場での対策を行うこととしている。また、厚生労働省の通知により各検疫所では輸入生食用ヒラメのモニタリング検査を実施している。

3. ザルコシスティス *Sarcocystis fayeri*

Sarcocystis 属は胞子虫類に分類される寄生性原虫であり、爬虫類、鳥類及びヒトを含む哺乳類に感染し、その生活環では中間宿主と終宿主の2つの動物を必要とする。中間宿主は多種類の草食動物であり、筋肉中に多数の増殖虫体を内包するザルコシストを形成する。終宿主はイヌや、ネコ科の肉食動物であり、ザルコシストを含んだ中間宿主動物の肉を摂取することにより消化管に原虫が感染後、有性生殖をおこない、オーシストを糞便中に排泄する。

ヒトに食中毒をもたらすのはフェイヤー住肉胞子虫 *S. fayeri* である。この原虫は本来ウマとイヌの原虫であり、上述したように、イヌがこの原虫に感染すると糞便中にオーシストを排泄し、この糞便に汚染された水や飼料をウマが摂取することにより筋肉内に感染し、さらに感染した馬の肉を摂取することによりイヌに感染するという感染サイクルがあるが、ヒトに寄生して体内で発育することはない。

ヒトの食中毒事例では、*S. fayeri* の虫体を多く含んだ馬肉を摂取することにより、食後数時間程度で一過性の嘔吐や下痢を起こし、軽症で終わることが報告されている。馬肉の生食による本原虫が原因とされた有症事例は2009年～2011年6月までの間に37件報告されており、熊本県を中心とした九州地方に加え、福島県、山梨県、青森県でも報告され、国内馬産地と一致している。2011年の通知後は、表1に示したように、それ以前と比較して発生数は減少しているようである。

予防のためには、生食用馬肉は-20℃で48時間以上冷凍処理を徹底する必要がある。馬肉の生食による食中毒は未冷凍肉で発生しており、またカナダからの輸入馬肉では汚染率が高いこと報告されている。

また、農場段階では、イヌとウマの間に感染環があるので、イヌの糞便によって資料や飲料水が汚染されないように管理し、また牧場で飼養するイヌには馬肉を与えないことが重要である。

参考文献

- 1) 大西貴弘 (2012) : モダンメディア, 58(7), 205-209.
- 2) 横山博 (2004) : 原生動物学雑誌, 37(2), 1-9.

桑原祥浩 (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 | 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 | 名古屋市中区東宿町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 |