

アサマNEWS パートナ

1988- 5 NO. 4

食 品 衛 生 ミ ニ 講 座

4. ボツリヌス菌 食品工業にとっての大敵

ボツリヌス菌のプロフィルとボツリヌス食中毒の特徴

ボツリヌス食中毒は、食品中でボツリヌス菌 (*Clostridium botulinum*) が増殖して産生する毒素の摂取によって引き起こされる毒素型食中毒である。ボツリヌス中毒の語源は、ラテン語のボツルス (*botulus*)、つまりハム・ソーセージのような腸詰食品による病気という意味からきている。食肉製品消費の多いヨーロッパ諸国では、それらによる食中毒が1000年以上前から知られているが、ボツリヌス菌が初めて分離されたのは1895年ベルギーのバン・エルメンゲム (*Van Ermengem*) によってである。ボツリヌス中毒は細菌性食中毒の中で最も致死率*が高い点で古くから恐れられていた。この菌は後述するように嫌気性菌で芽胞を形成する。従って、ハム・ソーセージの内部のように空気のない嫌気的条件下を好んで増殖するため、現在のように冷蔵庫のない時代には食肉製品の常温保存中にしばしば毒素が作られ、これによる中毒が発生したものである。またボツリヌス菌は、缶詰やレトルト食品などの加熱殺菌の目標にされてきた。それは後述するように、本菌が強大な耐熱性を有する芽胞を作ることと、缶詰は脱気工程により内部が嫌気的になっていて、しかも製品を長期間常温で保存するためである。去る昭和59年6月、熊本県産の真空包装「辛子れんこん」で、14都府県下で33名（うち9名死亡）のA型ボツリヌス患者と3名の疑似患者（うち2名死亡）が発生し、大きな社会問題となったのは記憶に新しい。また最近、蜂蜜による乳児ボツリヌス症が大きな話題となった。

ここでは、2回にわたり、ボツリヌス菌とボツリヌス食中毒やその予防対策について述べることにする。

死者数

*致死率＝—— ×100 (%)

患者数

ボツリヌス菌のプロフィル

ボツリヌス菌はグラム陽性菌で芽胞を形成し、数本の鞭毛を持って運動性がある。ボツリヌス菌は産生する毒素によってAからG型まで7型に分離され、ヒトの食中毒を起こすのは、A、B、E、Fの4型である。本菌の毒素型と、り患動物、主な媒介物（食品）および地域的分布を表1に示した。

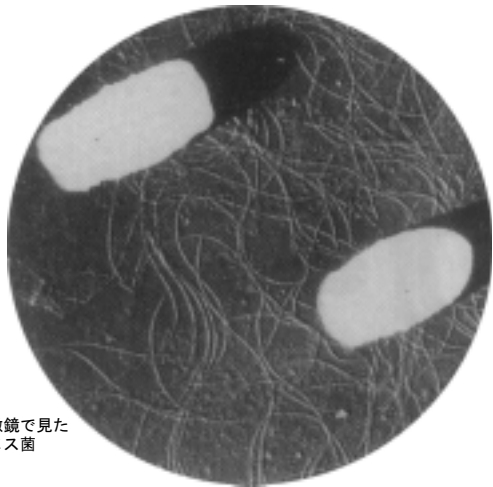
表 1 : ボツリヌス菌の毒素型とり患動物

型	主 な り 患 動 物	主 な 媒 介 物	地 域 的 分 布
A	ヒト、ニワトリ、ミンク	野菜、果物の缶詰、肉、魚	アメリカ西部、ソビエト日本
B	ヒト、ウシ、ウマ、ニワトリ、ミンク	肉製品、飼料	アメリカ東部、ヨーロッパ、日本
C	ウシ、ウマ、ミンク、ニワトリ、野鳥	飼料、死体、ハエ幼虫、腐敗植物	アメリカ西部、カナダ、オーストラリア、南アメリカ、ヨーロッパ、日本、南アメリカ
D	ウシ	死体	南アフリカ、オーストラリア
E	ヒト、ミンク	魚類、海生動物	日本、アメリカ、カナダ、北欧
F	ヒト	肉製品	デンマーク、アメリカ
G			アルゼンチン

ボツリヌス菌の生化学的性状等の詳細は専門書に譲り、ここでは省略するが、食品工業にとって関連の深いA型菌（タンパク分解性）、および北海道・東北で発生する“いざし”によるボツリヌス中毒の原因菌となるE型菌（タンパク非分解性）の主な性状を比較したのが表2である。

表 2 : A型およびE型ボツリヌス菌の主な性状

性 状	たん白分解菌 (A型)	タンパク非分解菌 (E型)
芽 胞 の 熱 抵 抗 性	120℃ 4分	80℃ 6分
発 育 至 適 温 度	37℃	30℃
発 育 最 低 温 度	10℃	3.3℃
発育最低水分活性	0.94	0.97
発育最高食塩濃度	10%	5%
発 育 最 低 pH	4.8	4.8
発育最高酸化還元電位 (mV)	+250	+250



電子顕微鏡で見た
ボツリヌス菌

(1) 芽胞の耐熱性

ボツリヌス菌の中でA、B型菌芽胞は特に耐熱性が強大であって、古くから缶びん詰の加熱殺菌の目標とされてきた。A型菌芽胞の耐熱性は表3に示したように、100℃の沸騰水の中で完全に殺滅するには6時間もかかる。わが国では、昭和49年にフリルフラマイド（AF2）が使用禁止になったが、これに伴い常温で保存・流通する魚肉ハム・ソーセージについては水分活性（*a_w*）の調整、または、中心部の温度が120℃で4分間またはこれと同等以上の殺菌効果のある加圧加熱が現定された。そして、昭和52年には内容物のpHが5.5以上の缶びん詰およびレトルト食品に対して上記同様の加圧加熱殺菌条件を現定した。これはボツリヌスA型菌芽胞の完全殺滅を目標にしたものである。

表3 A型ボツリヌス菌芽胞の殺菌に要する時間
(リン酸緩衝液、pH7.0)

加熱温度(℃)	殺菌に要した時間(分)
100	360
105	120
110	36
115	12
120	4

なお、タンパク非分解性のE型菌芽胞の耐熱性は低く、80℃で6分間程度で死滅する。

(2) ボツリヌス毒素の耐熱性

ボツリヌス菌の産する毒素は単純タンパク質といわれ、熱に対しては不安定で、80℃、30分、100℃で10分間の加熱で完全に無毒化する。従って、食べる直前に食品を十分に加熱することは本菌による中毒予防に有効な手段である。

ボツリヌス食中毒の特徴

すでに述べたようにボツリヌス食中毒は毒素型食中毒に属する。ボツリヌス毒素は、あらゆる毒物中で最も猛毒である（ワンポイント・レッスン参照）。

(1) 中毒の発生状況

わが国におけるボツリヌス中毒の発生の歴史は比較的

新しく、昭和26年北海道岩内町で自家製の“いずし”によって14名が発病し、4名が死亡したのが最初の公式報告例で、それ以来毎年1～2件発生していて、昭和59年までに95件、482名の患者が発生し、112名が死亡している（致命率23.2%）。

諸外国の事例を見ると、米国では1899～1975年に722件、患者数1,833名、うち死者数987名（致命率53.8%）、カナダ（1919～1973年）では62件、患者数181名、うち死者数84名（致命率46.4%）である。一般に諸外国の致命率は30～76%と極めて高い。わが国のボツリヌス中毒で致命率の低いのは、後述するように、ほとんどがE型中毒で、この中毒の治療には、抗毒素血清が有効であるためといわれている。

ボツリヌス食中毒の原因食品は、ヨーロッパ各国ではハム・ソーセージ等の食肉製品によるB型の事例が多いが、米国では古くから野菜等の自家製缶詰によるAおよびB型中毒事例が極めて多い。わが国で発生するボツリヌス中毒の原因食品は、“いずし”およびその類似品による事例が圧倒的に多い。しかもこれらの漬物は自家製のものが大部分で、市販の“いずし”による中毒事例は、昭和37年の北海道豊富町における集団発生の1件に過ぎない。上記“いずし”の事例はすべてE型菌によるものであった。昭和44年8月宮崎県で発生した中毒はB型菌による事例で、ある会食で発生したものである。出席者65名中21名が中毒し、3名が死亡したが、原因食品は西ドイツから輸入された模造キャビアであった。昭和51年には東京都内の家庭で2名のA型中毒が発生し、1名が死亡した（原因食品不詳）。59年6月、冒頭に紹介した熊本産の真空包装「辛子れんこん」でA型ボツリヌス中毒が発生した。このほかに公式記録には収載されなかったA型中毒が、56年新潟県下で発生し、2名の患者（うち1名死亡）が出た。

表4 都道府県別ボツリヌス中毒発生状況
(1951～1983)

都道府県	事例数	患者数	死者数	致命率(%)
北海道	51	297	52	17.5
青森	17	36	10	27.8
秋田	14	63	24	38.1
岩手	2	8	5	62.5
山形	1	3	3	100
福島	3	5	1	20.9
東京	1	2	1	50.0
滋賀	1	3	2	66.7
宮崎	1	21	3	14.3
合計	91	438	101	23.1

厚生省生活衛生局食品保健課資料による。

(2) 潜伏期と症状

ボツリヌス食中毒の潜伏期は12～36時間が普通であるが、2時間から、長い例では8日間というものもある。

主な症状は特異的な神経症状であるが、その前に悪心、嘔吐、腹痛、下痢などの消化器症状の現れることがある。神経症状としては眼症状が必ず現れ、視力低下、複視（物が二重に見える）、眼けん下垂、瞳孔散大などが起こる。また口渴、舌のもつれ、嚥下困難、唾液の分泌停止、声のかすれといった咽喉頭麻痺、便秘、腹部膨満、呼吸困難、四肢脱力感、あるいは歩行不能などが見られ、重症では閉尿がある。意識は最後まで明瞭で、死亡の直接原因は呼吸困難による窒息で、多くは発病2～3日以内に起こる。

ボツリヌス食中毒の最も確実な診断は、患者の血液、糞便および原因食品からボツリヌス毒素を証明することである。

本中毒の治療は、早期に抗毒素血清を投与するのが有効とされており、それ以外の特効薬は知られていない。

(以下次号)

ワンポイント・レッスン

この世の中で最強の毒 ボツリヌス毒素

ボツリヌス毒素は猛毒であるといわれるが、一応他の代表的な毒物と毒力の比較をしてみよう。

毒素（毒物） (L D50 μ g/kg、マウス、腹腔内注射)

ボツリヌス毒素（A型、結晶）	0.00003
シフテリア毒素	0.3
サキントキシン（麻痺性貝毒の1種）	10
テトロドトキシン（フグ毒）	8.7
ストリキニーネ	500
青酸ナトリウム	10,000

つまりボツリヌス毒素は、猛毒として知られているフグ毒の29万倍、グリコ・森永事件で話題となった青酸ナトリウム（ソーダ）の3億倍以上の毒力を持っていることになる。

なお、1 μ g（マイクログラム）は100万分の1グラムで、ここに記載し毒力は、マウスの腹腔内注射をしたときのLD₅₀（50%致死量）で表した。

(河端俊治：国立予防衛生研究所食品衛生部客員研究員、農学博士)

食品の微生物 ミニ講座

前回に引き続き低温処理法について述べるが、ここでは「冷霧法」と「氷結力プセル形成法」などまだ広く知られていない方法と、オーソドックスな深温冷結貯蔵法について紹介する。

(1) 冷霧冷却法 (Cold Fog、CF法)

一般の電気冷蔵庫は所定の温度に設定（例えば0～5℃）してもドアの開閉の反覆によって庫内温度は容易に変動し、安定した温度の維持が難しいことと設定温度への復帰に長時間を要することなどの問題がある。また庫内は常に乾燥状態（相対湿度30～70%）であるため、生鮮食品、特に果菜類のように生きている食品では脱水に伴う諸種の変質（果実の果皮の凹みや斑点の発生、野菜の凋萎と変色など）を生じ、食品の品質劣化は避けられないという欠点がある。

CF法は上記の欠点を改良するため、電気冷蔵庫に超音波加湿機を付設したものである。その結果、庫内温度を-0.2～+1.8℃、庫内湿度をRH80～100%に調整することが可能となり、また加湿した冷霧の湿り空気は熱伝導が良いため設定温度への復帰時間の短縮と設定温度の安定化に成果をもたらした。CF法では除霜処理が不要であることが温度の安定化にプラスに作用していることも看過できない。このほか、まだ生活活性のある果菜類では、その生活エネルギーの消耗の軽減、自家酵素活性の抑制などによって鮮度保持が図れること、さらにCF法は凍結品の解凍法としても利用できることなど多くの利点がある。ただ、CF法で気になる点は加湿用の用水の衛生面である。加湿用水の使用頻度如何によっては溜め水の状態で使用することにもなりかねず、その場合衛生上安全かどうか一度はチェックする必要がある。このほか、多くの青果物では呼吸作用と同時に蒸散作用が基本的生理作用の1つとして知られているように、水分を体外に発散している。従って、この蒸散水分を包装またはその他の有機高分子物質で湿度をコントロールすれば、あえて加湿機を付設しなくても乾燥と過湿を調整できるとの意見もある。

CF法は高水分の野菜、果実、うに、甘えびなどのほか冷凍変性を受けやすいタンパク質系食品の保存に適しているといわれ、野菜類では2～3週間、当初の鮮度が保持できる中間型冷蔵法に属する。

(2) 深温凍結法 (Deep Freezing)

深温凍結とは単に低温で凍結することを意味するのではなく、この方法では最大氷晶生成帯（品温の温度域-1～-5℃）を急速（約30分間以内）に通過し、最終平衡温度が-18℃以下で、引き続き最終温度またはそれ以下の温度で凍蔵する場合のことを言うのである。

前回のアサマニュースNo. 3に引用した微生物は発育下限温度は約-4℃であったが、一般に微生物は-10℃以下が下限の発育限界温度とみなされているということを述べておいた。また氷結点の降下に関する研究が進展しており、-10℃またはそれ以下の温度でも食品が凍結しないような方法の開発が期待されていることにも言及した。

しかし、微生物の発育や代謝活性を阻止するこがで

きても魚類や動物の筋肉と内臓に本来存在している自家酵素類の活性は -10°C はもちろん、それ以下の温度でも阻止できないことが知られている（図1）。このことは

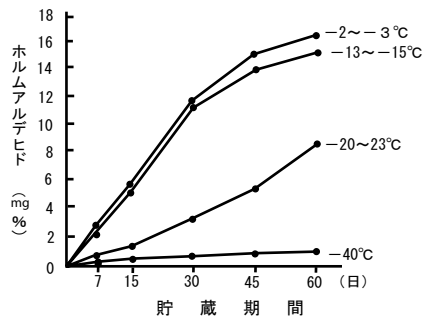


図1 スケートウダラ肉のホルムアルデヒド生成に及ぼす凍結貯蔵温度の影響

〔徳永俊夫：北水研報，第30号 90～97（1965）〕

凍結中の変性や変色などの品質の低下に関連することになるのである。

このような冷却貯蔵中の変質防止のためには、適当な凍結温度（例えば $-30\sim-40^{\circ}\text{C}$ ）と適当な凍結速度（最大氷晶生成帯の通過時間30分間以内）で深温凍結することが極めて効果的である。そのため凍結品の大部分はこの方法で製造されており、その製品は6～12か月間もの長期間の貯蔵に耐えるのである。

この方式には、自然対流型（管棚式）と強制流動型（エアブラスト式）の冷気により凍結する方式（コンタクトフリージング式）、および冷媒に浸漬して凍結する方式（ブライン式）などがある。冷却効率はブライン方式が最も高いが、管棚式以外の方式が急速凍結法に属し、このうちエアブラスト方式が最もポピュラーである。

深温凍結法は魚肉や畜肉の肉質の保持ばかりでなく、肉色の保持手段としても勝れており、特にマグロの実用的肉色保持法として必須の方法となっている（凍結マグロはすべて $-40\sim-50^{\circ}\text{C}$ で深温凍結）。

しかし深温凍結法でも良いことづくめではない。凍結条件（温度と速度）次第で品質（変性、変色など）に大きな差が出ること、冷却エネルギーの所要量が他の方法に比しかなり大きいこと、使用時に解凍が必要なことなどの欠点があるが、利点の方がはるかに大きく、前記の欠点をカバーしてもなお余りあるくらいである。

（3）氷結カプセル形成法

（Capsule Packed Freezing、CPF法）

このCPF法は深温凍結法の変法とも言える。深温凍結法では食品を一気に -18°C 以下の温度で凍結する。この場合、食品中の水分が凍結して氷に変わると容積は約9%膨張する。このとき、内部膨圧が発生し食品の表面に

亀裂を生ずることがある。カツオ節の原料の凍結カツオに亀裂があれば、製品の節の付加価値を著しく低下するので、凍結時の亀裂の発生は大きな問題となっている。

CPF法では冷却工程を4つに分けている点が、一挙に凍結する深温凍結法と異なっている。CPF法の4工程にわたる凍結曲線を図2に示した。CPFの装置は通常

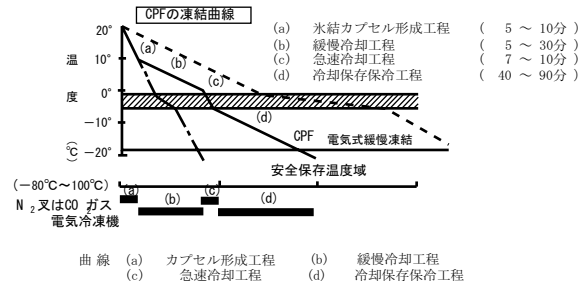


図2 CPFの凍結曲線

満田久輝：食品加工技術 1 (1) 6～10 (1981)

の電気冷蔵庫に液化ガス噴射装置を付設している。第1工程(a)では庫内にガスを噴射して食品を急速凍結して食品の表層に数mmの厚さの氷結カプセルを形成させるが、内部の品温はなお 0°C 以上に保つ。第2工程(b)では電気冷蔵庫による緩慢冷却工程で、食品の中心温度が 0°C になるまで緩慢に冷却する。第3工程(c)は急速冷却工程で再び液化ガスを噴射して最大氷晶生成帯を急速に通過させる。最後の第4工程(d)は再び緩慢冷却工程に切り替え、食品の中心温度を -18°C 以下に低下させ凍結を完了する。凍結終了後は終温度またはそれ以下の温度で引き続き凍蔵する。

以上がCPF法の原理であるが、専門家の検討によれば、上記の4工程と同様な効果は液化ガス噴射装置だけでもその適当な操作によって得られることから、4工程操作のCPF法は過剰設備の観があると批判している。またCPF法は動植物細胞凍結保存法にヒントを求めていることから、食品が有害な微生物で汚染されていれば汚染菌はそのまま残存する可能性が高いという逆に不利な面があるので、総合的に判定すると新しい冷却技術として推奨するに値するかどうか若干疑問があるともいわれている。しかし、CPF法はすでに“生ずし”の量販システムに乗っているともしわれており、原理的には興味ある方式であると言えよう。

引用文献

- 1) 徳永俊夫：北水研報、第30号、90～97（1965）
- 2) 満田久輝：食品加工技術、1（1）、6～10（1981）

（笹島正秋：元水産庁東海区水産研究所保蔵部長）

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