

## 1. ボツリヌス菌 (*Clostridium botulinum*)

### (1) 特徴

グラム陽性、偏性嫌気性、芽胞形成桿菌で、土壌・河川・海洋に広く存在する(参照 9, 参照 10)。菌体の大きさは  $0.3\text{-}0.7 \times 3.4\text{-}7.5 \mu\text{m}$  とされている。ボツリヌス毒素には、抗原性が異なる A、B、C、D、E、F、G の 7 つの型が存在する。そのうちの A、B、E、F 型は、主にヒトのボツリヌス症と関連している。血清学的には 8 つの神経毒素が同定されている。(参照 9)

また、近年、乳児ボツリヌス症の患者から分離された菌株から H 型の毒素の産生が認められたとする報告がある(参照 11)。

### (2) 増殖条件

発育許容温度は  $10\text{~}45^\circ\text{C}$  で、A 型菌と B 型菌の最適発育温度は  $37^\circ\text{C}$  (参照 14)。 $3^\circ\text{C}$  未満では菌は増殖及び毒素を産生することはできない(参照 15)。真空包装辛子蓮根に A 型菌を接種した試験では、 $10^\circ\text{C}$ 、 $15^\circ\text{C}$  保存では菌数の増加が見られなかったのに対し、 $25^\circ\text{C}$  保存では最初の接種菌量に関係なく、保存 7 日後より菌の増殖と毒素が検出され、15 日後では大量の毒素産生が見られた(参照 14)。

ボツリヌス菌は、低 pH 又は低水分活性のものを除くほとんどの食品で発育し得る。ボツリヌス菌のうち、第 I 群菌に属するタンパク分解性の A、B、F 型菌のグループ(以下、「第 I 群菌」という)では、pH が 4.6 未満、第 II 群菌に属するタンパク非分解性の B、E、F 型菌のグループ(以下、「第 II 群菌」という)では、pH が 5.0 未満の条件では発育できないとされている。水分活性については、第 I 群菌では、水分活性  $a_w$  値として 0.94 未満、第 II 群菌では、 $a_w$  値として 0.97 未満の条件では発育できないとされている。(参照 16)

### (3) 不活化条件

ボツリヌス菌の芽胞のうち、第 I 群菌は、耐熱性が高く、最も強い加熱条件を必要とし、低酸性缶詰食品の加熱条件 ( $121^\circ\text{C}$  3 分) が適用される。この条件は、ボツリヌス菌の芽胞を死滅させる 12D の条件であり、この過程によりウエルシュ菌 (*Clostridium perfringens*) の芽胞も死滅させられるとしている。第 II 群菌は、耐熱性が低く、 $90^\circ\text{C}$  10 分又は同等の加熱条件で不活化され、この条件は少なくとも 6D の条件とされている。(参照 16, 参照 17, 参照 18)

ボツリヌス菌の芽胞の耐熱性については、第 I 群菌が高いことが知られており、缶詰のハザードとして、第 I 群菌が対象となっている。

第 I 群菌の芽胞の  $121^\circ\text{C}$  の D 値 ( $D_{121^\circ\text{C}}$ ) は  $0.1\text{~}0.2$  分と報告されて

いる（参照 19）。缶詰産業において、芽胞数を 12 log 減少させる 12D の過程は、低酸性缶詰食品の最小加熱条件として使用され、第 I 群菌の菌株では、121°C で  $12 \times 0.2 = 2.4$  分となる（参照 20）。

なお、市販の豆乳（pH 7.0、加熱殺菌済みの紙容器詰製品）を材料とし、豆乳中におけるボツリヌス菌芽胞（62A: ATCC7948 の 3 株及び A90 の A 型計 4 株、BIG4、B Lamanna 及び 213B の B 型計 3 株、合計 7 株を用いた）の耐熱性を測定した結果に基づき、ボツリヌス菌の芽胞を殺滅するには、少なくとも 121° 2 分間の殺菌値が必要と予測され、また、常温下に流通販売される容器詰豆乳には、加熱温度 100～103° では、121° の F 値が 2 分間（120°C では 2.6 分間）に相当する加熱殺菌を施せばボツリヌス菌芽胞を殺滅しうると予測した報告がある（参照 21）。

#### （４）引き起こされる疾病の特徴

##### ① ボツリヌス菌（*Clostridium botulinum*）による食中毒

ボツリヌス中毒は本菌が食品の保存中に産生する菌体外毒素を摂取することによって起こる。本中毒は世界中で発生し、わが国では 1951 年に北海道でニシンのいずしによる E 型中毒事例が報告されて以来、北海道、東北地方で E 型毒素による中毒が多発した。1970 年ごろまでは、発酵魚に限って北海道から東北北部に限局したものと考えられていた。しかし、その後、輸入キャビアによる B 型中毒、滋賀県でのハス寿司による E 型中毒、1984 年のカラシレンコンによる A 型中毒、鳥取県で発生した岩手県の業者で製造されたあずきばっとうによる食中毒（参照 28）などが次々に発生し、従来の概念は変更された。（参照 12）

原材料の芽胞汚染の機会が多いため、嫌気性下で長期保存された食品中における毒素産生が食中毒発生の必要条件とされる。主な原因食品は、野菜及び果実の缶詰・瓶詰、食肉及び食肉加工製品、魚及び魚製品（日本では、魚を用いた発酵食品のいずし等）がある。（参照 9, 参照 10, 参照 12, 参照 13）

ボツリヌス中毒の潜伏期間は、病型・暴露毒素量・個体によって異なるが、一般には 8～36 時間とされている。神経症状の発現の前におう吐、下痢の胃腸炎症状がみられることもあるが、特異症状は倦怠感、眼瞼下垂などの視神経麻痺、嚥下困難などの咽頭喉麻痺次いで筋麻痺から呼吸困難となり死に至る。（参照 10）

発症に必要なボツリヌス菌量は  $10^4$  以上とされ（参照 29）、一般的に毒素を産生する菌量は食品 1 g あたり  $10^4 \sim 10^5$  とされている（参照 12）。また、少なくとも 30 ng の毒素の摂取により、ヒトが発症及び致

死となるとされている（参照 30）。別の報告では、ヒトにおける A 型毒素の致死量は、0.1～1.0  $\mu\text{g}$  と推定されている（参照 9）。あずきばっとうの事例では食品中の毒素量（マウス LD<sub>50</sub>）の推定結果は、あずきばっとうグラムあたり約 75,000 マウス LD<sub>50</sub> であった（参照 28, 参照 31）。

<参照>

9. ICMSF. MICROORGANISMS IN FOODS 5. 1996.5. Clostridium botulinum
10. 花岡正季. 細菌性食中毒とその予防（2）. 生活衛生. 1991. 35(4): 301-307
11. Barash JR, Arnon SS. A Novel Strain of Clostridium botulinum That Produces Type B and Type H Botulinum Toxins. The Journal of infectious Diseases. 2014. 209: 183-191
12. 熊谷 進 編集代表, 小久保彌太郎, 小沼博隆, 豊田正武 編集. HACCP: 衛生管理計画の作成と実践. 改訂データ編. 中央法規. 6. ボツリヌス菌. P. 100-111
13. 公益社団法人日本食品衛生協会. 食品衛生検査指針. 微生物編. 2015
14. 伊藤 武, 坂井千三. 主な食中毒起因細菌の食品中における増殖について. 食衛誌. 1989. 30(2): 123-137
15. CODEX STAN 311-2013. Standard for Smoked Fish, Smoke-Flavoured Fish and Smoke-Dried Fish. P. 8-9
16. EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on the request from the Commission related to Clostridium spp in foodstuffs. The EFSA Journal. 2005. 199: 1-65
17. Advisory Committee on the Microbiological Safety of Food. Report on Vacuum Packaging and Associated Processes. 1992. 1-69
18. 阪口玄二. ボツリヌス症 ー病因、病形、発病機構、診断と治療 - IASR. 2008. 29: 37-38
19. Microbial Pathogen Data Sheet: Clostridium Botulinum – MPI
20. FAO. Assessment and management of seafood safety and quality. 2014. 1-432
21. 松田典彦, 駒木 勝, 市川良子. 豆乳中における A 及び B 型ボツリヌス菌芽胞の耐熱性. 食品衛生学雑誌. 1988. 29(2): 151-155
22. 鳥取県衛生環境研究所 上田裕, 花原悠太郎, 独立行政法人国立病院機構 米子医療センター 阪本智宏, 鳥取県西部総合事務所生活環境局 松村 毅, 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部 北村勝, 百瀬愛佳 他. 鳥取県で発生した国内 5 年ぶりとなる食餌性ボツリヌス症. IASR 2012. vol. 33: 218-219

29. 伊藤 武. 厨房をおびやかす病原菌－食品から施設まで－. 生活衛生. 2001. 45(1): 3-13
30. Peck MW. Clostridium botulinum and the safety of minimally heated, chilled foods: an emerging issue? Journal of Applied Microbiology. 2006. 101:556-570
31. 飯島義雄, 坂本裕美子, 綿引正則, 大西貴弘, 五十君静信. 事例に学ぶ細菌学. 日本細菌学雑誌. 2014. 69(2): 349-355