الفصل الثاني

التسمم الغذائي البكتيري بالتوكسين
Toxic bacterial food poisoning

يحدث هذا النوع من التسمم الغذائي عادة نتيجة تناول غذاء يحتوى على سموم (توكسينات) ناتجة من نمو أنواع معينة من البكتريا فى الغذاء . وقد يوجد التوكسين فى الغذاء ، بالرغم من عدم أستمرار وجود الميكروب المنتج لهذا التوكسين فى الغذاء . يعتمد وجود التوكسينات فى الأغذية على وجود البكتريا فى الغذاء ، صالحية الغذاء لنمو البكتريا ، قدرة البكتريا على النمو بأعداد كبيرة فى الغذاء ، إنتاج التوكسينات خلال مرحلة نمو البكتريا ، تناول الغذاء وحساسية المستهلك لفعل التوكسين. الميكروبات المسئولة عن إنتاج التوكسين فى الغذاء : *Staphylococcus aureus* ، *Clostridium botulinum* ، *Bacillus cereus* (emetic) . وهناك مجموعة أخرى من الميكروبات ، تصل إلى الأمعاء عن طريق الفم من خلال الغذاء الملوث ، ويتم تكوين التوكسين فى الأمعاء مثل *Clostridium perfringens* ، *Bacillus cereus* (diarrhoeal) ، Enterohaemorrhogic *Escherichia coli* (EHEC), Enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) (جدول ١-٢) .

جدول (١-٢) : الصفات الأساسية المميزة لبكتريا التسمم الغذائي بالتوكسين .

	صبغة جرام	الشكل الظاهري	أنزيم كتاليز	أنزيم أوكسيديز	الحركة عند ٣٧°م	النمو عند ٤°م
S. aureus	+	كروى	+	−	−	−
Cl. botulinum	+	عصوى	−	−	+	v
B.cereus(emetic and diarrhoeal)	+	عصوى	+	+	+	v
Cl. perfringens	+	عصوى	−	−	−	−
E. coli (ETEC, EHEC)	−	عصوى	+	−	v	−

v = نتائج متباينة

التسمم الغذائي العنقودي Staphylococcal food poisoning

التسمم الغذائى العنقودى أحد الأمراض الرئيسية الناتجة عن الغذاء فى أنحاء كثيرة من العالم . التسمم العنقودي من التسممات الغذائية الشائعة فى الحفلات ، الرحلات، والمعسكرات والأفراح وغيرها من التجمعات الكبيرة ، حيث يتم خدمة أعداد كبيرة من الأفراد . تقدر عدد حالات التسمم الغذائى فى الولايات المتحدة الأمريكية فى نهاية الثمانينات بحوالى ١,٦ مليون حالة ، ينتج عنها ٥,٤٠٠ حالة وفاة . وقد وجد أن ثلثى (٢/٣) حالات التسمم تنشأ من الأغذية التى تقدم فى التجمعات الكبيرة ، ثلث (١/٣) حالات التسمم تحدث على مستوى المنازل . يحدث هذا التسمم نتيجة تناول توكسين معوي enterotoxin الذى يتكون فى الغذاء أثناء نمو بعض سلالات من *Staphylocccus aureus* . ولحدوث هذا التسمم يجب توفر الظروف التالية :

١. يجب أن يحتوى الغذاء على أنواع staphylococci المنتجة للتوكسين .
٢. يجب أن يكون الغذاء بيئة جيدة ومناسبة لنمو staphylococci وإنتاج التوكسين .
٣. يجب أن تكون درجة الحرارة مناسبة لنمو الميكروب ، وأن يسمح بالوقت الكاف لإنتاج التوكسين .
٤. يجب أن يتناول الغذاء المحتوى على التوكسين .

مصادر الميكروب :

أهم مصادر بكتريا staphylococci المسببة للتسمم الغذائي هو الإنسان والحيوان. تتواجد هذه البكتريا ضمن الفلورا الطبيعية فى التجاويف الداخلية للأنف وتجويف الفم وعلى جلد الإنسان . كما أن الدمامل والجروح الملوثة قد تكون من مصادر هذه البكتريا. يسبب *S.aureus* مرض التهاب الضرع فى الماشية ويكون توكسين فى اللبن الناتج ومنتجاته ، لذلك تعتبر ماشية اللبن من المصادر الهامة لهذا الميكروب ، حيث يوجد فى اللبن الناتج ، خاصة فى حالة التهاب ضرع الماشية .

الميكروب المسبب :

البكتريا التى تسبب هذا النوع من التسمم الغذائي تنتمي إلى جنس *Staphylococcus* ، وينتمى لهذا الجنس ما يقرب من ٢٠ نوع species . الأنواع الهامة فى الغذاء تكون بصفة رئيسية من الأنواع القادرة على إنتاج التوكسين. ونظراً لأن إنتاج

أنزيم coagulase deoxyribonuclease (DNase), مرتبط بدرجة قوية بإنتاج التوكسين وسهولة الكشف عن هذه الأنزيمات ، فإن هذين الأنزيمين يعتبران دلائل هامة فى الكشف على قدرة هذه السلالات على إنتاج التوكسين .

يحتوى هذا الجنس أساساً على ثلاثة أنواع منتجة للتوكسين : *S.aureus*، *S.intermedius* ، *S.hyicus* . تنتج كل من *S.intermedius* ، *S.hyicus* كميات قليلة من التوكسين ، ونادراً ما تسبب أو تشارك فى حالات التسمم الغذائي (جدول ٢-٢) . ومع ذلك ، فقد حدثت حالات وباء محدودة outbreak من التسمم ترجع إلى *S.epidermidis* (لا تنتج أنزيم coagulase) التى عادة لا تنتج توكسين . لذلك فإنه يجب عدم تجاهل أنواع staphylococci السالبة للـcoagulase فى حالات التسمم الغذائي ، خاصة إذا وجدت بأعداد كبيرة فى الغذاء .

بكتريا staphylococci كروية موجبة لجرام ، توجد فى عناقيد clusters أو فى أزواج أو سلاسل قصيرة ، يتراوح قطر هذه الخلايا بين ٠,٧ - ٠,٩ um ، غير متحركة، غير مكونة للجراثيم ، هوائية ولا هوائية اختيارية (جدول ٢-٢) .

جدول (٢-٢): بعض صفات *Staphylococcus* spp.

S.hyicus	*S.intermedius*	*S.epidermidis*	*S.aureus*	الصفة	
v	+	−	+	Coagulase	أنزيم
v	+	−	+	DNase	أنزيم
+	−	−	+	Hyaluronidase	أنزيم
−	+	v	+	Haemolysis on blood agar	تحلل الدم
−	−	−	+	Golden yellow pigment	إنتاج الصبغات
−	−	−	+	Mannitol fermentation	تخمير المانيتول

v = تباين نتائج الاختبار

تنمو هذه الميكروبات أيضاً وتنتج توكسين تحت ظروف هوائية ولا هوائية ، بالرغم من أن كميات التوكسين الناتجة تكون أقل تحت الظروف اللاهوائية . هذه الميكروبات أيضاً مخمرة ومحللة للبروتين ولكن عادة لا تنتج روائح غير مقبولة فى معظم الأغذية .

بكتريا staphylococci منافس ضعيف للبكتريا الأخرى ، وخاصة بكتريا حمض اللاكتيك . وجود أنواع أخرى من البكتريا تنافس staphylococci ، وتثبط من نموها بدرجة كافيه لتأخير أو منع إنتاج التوكسين . تختلف درجة التثبيط باختلاف أنواع وأعداد البكتريا المنافسة ، نوع الغذاء ، درجة الحرارة والوقت . عادة تصل staphylococci إلى الأغذية بأعداد قليلة ، وعادة يفوق فى العدد البكتريا المنافسة فى الأغذية الخام ، بينما فى الأغذية المعاملة حرارياً لا يحدث هذا التنافس ويسود staphylococci .

تختلف المقاومة الحرارية لميكروبات staphylococci لحد ما باختلاف الأغذية والسلالة ، تبلغ قيم D عند ٦٠°م فى الكسترد حوالي ٧,٧ إلى ٧,٨ دقيقة ، وفى لحم الدجاج حوالي ٥,٢ إلى ٥,٤ دقيقه . كما أن التشعيع بأشعة جاما (بحوالى ٠,٣٧ – ٠,٤٨ ميجاراد Mrad) تؤدى إلى القضاء على معظم staphylococci . وقد وجد أن قيم D فى اللبن عند ٦٢°م تتراوح بين ٢ – ٦٥ ثانية وعند ٧٢ °م وصلت إلى ٤,١ ثانية. عندما تكون مزارع الميكروب قديمة ، أى فى مرحلة الثبات ، فإن قيم D تصل إلى ٣ أضعاف . جدول (٣-٢) يبين قيم D عند ١٤٠° ف لسلالة 196E *S.aureus* فى أغذية مختلفة .

جدول (٣-٢) : قيم D عند ١٤٠° ف لسلالة *S.aureus* 196E فى أغذية مختلفة .

نوع الغذاء	قيم D (دقيقة)
دجاج	٥,٣٧
كسترد	٧,٨٢
مرقة بسلة خضراء	٦,٧ – ٦,٩
لبن فرز	٢,٢ – ٢,٥
مرقة لحم بقرى	٢,٢ – ٢,٦
لبن فرز + ٦٪ دهن	٤,٢٧
لبن فرز + ١٠٪ دهن	٤,٢٠
لبن فرز + ١٠٪ سكر	٤,١١
لبن فرز + ٢٥٪ سكر	٦,٧١
لبن فرز + ٤٥٪ سكر	١٥,٠٨

التوكسينات :

تفرز البكتريا العنقودية ٨ أنواع سيريولوجيه من التوكسينات المعوية enterotoxins : A(SEA), B(SEB), C_1(SEC$_1$), C_2(SEC$_2$) C_3(SEC$_3$), D(SED), F(SEF), E(SEE). وتدل الدراسات على أن هذه التوكسينات ليست سموم تقليدية، مثل توكسين الكوليرا cholera-toxin ، حيث أنها لا تؤثر مباشرة على الأغشية المبطنة للقناة

الهضمية ، ولكن تؤثر هذه التوكسينات على الجهاز العصبى المركزى ، بإثارة مراكز القئ فى المخ ، لذلك يعتقد أن هذه التوكسينات عبارة عن توكسينات عصبيه **neurotoxins** .

جميع سلالات *S.aureus* السالبة لاختبار **coagulase** ، تكون غير قادرة على إنتاج التوكسينات . كثير من السلالات تنتج أكثر من نوع من التوكسينات ، وجميع هذه السلالات من مصادر آدمية وحيوانية . وقد وجد أن ٧٥٪ من سلالات *S.aureus* المعزولة من الإنسان ، ٢٨٪ من السلالات المعزولة من الحيوانات الأليفة ، تنتج توكسينات B,A أو C . كما أن السلالات المعزولة من الإنسان غالباً ما تنتج توكسين A، هذه الأنواع أيضاً سائدة فى حالات التسمم الغذائي فى الإنسان . وهذا يفسر أهمية دور العاملين فى مجال الأغذية فى حدوث التسمم . وفى دراسة أجريت على ١٢٠ سلالة من السلالات الشائعة فى حالات التسمم الغذائي فى التجمعات الكبيرة ، وجد أن ٧٣٪ من السلالات تنتج توكسين A ، ٤٠٪ من السلالات تنتج توكسين D ، ١٥٪ من السلالات تنتج توكسين C و ١٧٪ من السلالات تنتج توكسين B .

التوكسينات عبارة عن بروتينات بسيطة تتكون من سلسلة فردية **single** ذات وزن جزيئ ٢٦,٠٠٠ - ٢٩,٠٠٠ ، تنتج ١٨ حمض أمينى عند التحلل ، من أهمها الأسبارتيك ، الجلوتاميك ، الليسين والفالين والتيروسين . وقد وجد أن الطرف الأمينى **N-terminal** فى توكسين B عبارة عن حمض الجلوتاميك ، بينما الطرف الكربونى **C-terminal** عبارة عن الليسين . تتكون سلسلة بروينات توكسينات A ، B ، E من ٢٣٩ - ٢٩٦ حمض أميني . يتكون بروتين توكسين C_3 من ٢٣٦ حمض أميني والطرف الأمينى عبارة عن سيرين ، بينما يكون الطرف الأمينى فى C_1 حمض الجلوتاميك .

هذه التوكسينات عبارة عن بروتينات قاعدية حيث يبلغ نقطة التعادل الكهربي IEP ٧ - ٨,٦ ، كما أنها مقاومة للأنزيمات المحللة للبروتينات مثل الببسين ، التربسين ، الكيموتربسين ، الرنين والبابيين ، مما يساعدها فى المرور من القناة الهضمية والوصول إلى الموقع التى تؤثر فيه .

يختلف محتوى التوكسينات من الأحماض الأمينية طبقاً لنوع التوكسين ، توكسينات D,A ، E متماثلة فى محتوى الأحماض الأمينية ، كما أن توكسينات C,B أيضاً متماثلة فى محتواها من الأحماض الأمينية . يتم إنتاج هاتين المجموعتين من التوكسينات بطريقتين مختلفين ، حيث يتم إنتاج توكسينات C,B فى مرحلة الثبات **stationary** من النمو ، بينما يتم إنتاج توكسينات E,D,A فى مرحلة النمو اللوغاريتمى . هذه الاختلافات تنعكس أيضاً على الاختلافات فى تكوين هذه التوكسينات فى الأغذية . تتكون

توكسينات D,A تحت نطاق أوسع من الظروف البيئية عن توكسينات C,B مثل pH ، a_w ، E_h ، بالرغم من أن الأنواع الأخيرة (C,B) يتم إنتاجها بكميات أكبر كثيراً عن الأنواع الأخرى تحت الظروف المثلى . معظم حالات التسمم الغذائي تحدث نتيجة توكسينات D,A حيث أن هذه السموم يتم إنتاجها تحت نطاق واسع من الظروف فى الأغذية . جدول (٤-٢) يبين بعض صفات التوكسينات (A ← E) .

جدول (٤-٢) : بعض صفات توكسينات(A-E) staphylococci .

الوزن الجزئي	٢٦ - ٢٩ x 10^3
نقطة التعادل الكهربي (pH)	٧ - ٨,٦
الأحماض الأمينية	الليسين ، حمض الأسبارتيك ، حمض الجلوتاميك ، التيروسين بالإضافة إلى الميثايونين فى توكسين C, B
مقاومة الأنزيمات	أنزيمات التربسين ، الكيموتربسين، الرنين ، البابيين ، وأنزيم البيسين عند pH أعلى من ٢,٠ .
المقاومة الحرارية	تتراوح من ١٢١°م / ١٠ - ١٥ دقيقة إلى عدة ساعات عند ٨٠ - ١٠٠° م . التوكسينات أقل مقاومة للحرارة فى البيئات الحامضية عنها فى البيئات المتعادلة .
مقاومة الأشعة	شديد المقاومة لأشعة جاما (جرعة ٣٧ - ٩٣ kGy كيلو جراى)
الحد الأدنى للجرعة السامة	أكثر من ٠,٥ ميكروجرام/ كجم ، بالنسبة للقرود أكثر من ٩٠ نانوجرام (ng) .

تشمل العوامل التى تؤثر على إنتاج التوكسينات فى الأغذية درجة الحرارة pH ، a_w والظروف الهوائية ووجود ميكروبات أخرى . من الصعب تحديد عدد الميكروبات التى يجب توفرها لإنتاج التوكسين بكميات كافية لإحداث التسمم . وعادة يعتبر توفر الميكروب بأعداد 10^5 تكون كافية لإنتاج هذه الكمية من التوكسين ، ولكن تحت ظروف التجارب المعملية باستخدام البيئات والأغذية ، فإن التوكسينات من الصعب الكشف عليها قبل أن يصل عدد الميكروبات إلى 10^6 أو أعلى . وعموماً فإن معظم حالات التسمم الغذائي العنقودي تحدث عادة عندما يكون أعداد الميكروب 10^8 أو أعلى.

يتكون التوكسين بكميات محسوسة فقط بعد نمو staphylococci بدرجة كبيرة ، حيث يصل أعداد الميكروب إلى عدة ملايين (٥ x 10^6) على الأقل لكل مل أو جرام من الغذاء ، لذلك فإن الظروف التى تشجع إنتاج التوكسين تكون أفضل لنمو الميكروب .

ينتج التوكسين بمعدل محسوس عند درجة حرارة بين ١٥,٦ - ٤٦,١°م ، ويكون الإنتاج أفضل عند درجة ٤٠°م ، يتكون التوكسين تحت الظروف المثلى فى خلال ٤ - ٦ ساعات . النمو عند درجات حرارة منخفضة ، يؤدى إلى إطالة الفترة اللازمة لإنتاج التوكسين بكميات كافيه لإحداث التسمم . يتكون التوكسين فى بيئة نمو جيدة فى خلال ٣ أيام عند ١٥°م ، ٧ أيام عند ٩°م ، ٤ أسابيع عند ٤ - ٦,٧°م . يتكون التوكسين بكفاءة فى حالة وجود ميكروبات منافسة بإعداد قليلة ، أو فى حالة تثبيط الميكروبات المنافسة ، لذلك فإن الأغذية التى تلوثت بالـstaphylococci بعد المعاملة الحرارية تكون أكثر ملاءمة لإنتاج التوكسين .

يؤثر نوع الغذاء على كمية التوكسين الناتج . تتكون التوكسينات بكميات قليلة فى السالمون ، وبكميات أكبر فى منتجات اللحوم ومنتجات المخابز المحشوة كسترد . وجود النشادر والبروتين بكميات كبيرة يحسن من إنتاج التوكسين بواسطة staphylococci .

تختلف التوكسينات فى درجة مقاومتها للحرارة . المعاملات الحرارية ، مثل البسترة (٧٢°م/١٥ ثانية) ، والمعاملة الحرارية شديدة الارتفاع UHT (١٤٣,٣°م /٩ ثوان)، لا تكون كافيه لأتلاف توكسين B . يعتبر توكسين B أكثر أنواع التوكسينات مقاومة للحرارة . توكسينات C,B مقاومة للحرارة نسبياً ، حيث تستطيع مقاومة التسخين عند ٩٠°م لمدة ٣٠ دقيقة ، كما أنها تقاوم NaCl حتى تركيز ١٠٪ ، بينما توكسين A يتلف بسهولة عند هذا التركيز . تقاوم توكسينات C,B درجات الحرارة المنخفضة . عملية الطهى العادية للأغذية ، لا تؤدى إلى أتلاف التوكسين المتكون فى الغذاء قبل المعاملة الحرارية ، مثل هذه الأغذية قد تسبب التسمم الغذائي بالرغم من عدم وجود ميكروبات staphylococci حية .

توكسين A أكثر التوكسينات شيوعاً فى التسمم الغذائي ، حيث وجد فى الأغذية الناقلة فى حوالي ٧٥٪ من حالات التسمم العنقودي. التوكسين الذى يليه فى حالات التسمم العنقودي توكسين D ، بينما توكسين F أقل السموم انتشارا . يتميز التوكسين B بارتفاع سميته ، ويحدث التسمم عند تناول هذا التوكسين بتركيزات منخفضة تصل إلى ٢٠ - ٢٥ ميكروجرام . وقد ذكر بعض الباحثين أن تركيز الجرعة المؤثرة (السامة) فى الإنسان تكون حوالي ١٠٠ نانوجرام (ng) ، وقد قدرت كمية التوكسين A اللازمة لإحداث التسمم فى القرود بحوالي ١-٤ ميكروجرام ، بينما كانت فى الإنسان أقل من ميكروجرام واحد ، حيث أن الإنسان أكثر حساسية لهذا التوكسين من القرود . وقد أشارت الدراسات إلى أن جرعة التوكسينات اللازمة لإحداث التسمم تختلف من ١٠٠

إلى ١٠٠٠ نانوجرام . وقد دلت النتائج المتحصل عليها من حالات تسمم غذائي حدث لأطفال المدارس نتيجة تناول لبن شيكولاتة ، أن كمية التوكسين ١٠٠ - ٢٠٠ نانوجرام كانت كافية لحدوث التسمم .

ومن الأمور الجديرة بالذكر ، أن توكسين B لا يسبب حالات تسمم كثيرة ، حيث يفقد فاعليته نتيجة تفاعله مع بعض مكونات الغذاء مثل مركبات البوتاسيوم ، الكلورين والفلورين . الأغذية التى تشارك فى حدوث هذا التسمم بالتوكسين B ، هى الأصداف shellfish (لحوم القواقع والمحارات) والقشريات (الجمبري) ، أما فى اللحوم فيتفاعل هذا التوكسين مع ميتميوجلوبين metmyoglobin (الذى يتكون نتيجة الأكسدة الجزئية للميوجلوبين myoglobin بواسطة النيتريت المضافة إلى اللحوم) . يتكون توكسين B فى مرحلة الثبات من النمو stationary phase ، بينما يتكون توكسين A مبكراً فى مرحلة النمو اللوغاريتمى log phase . ويوجد ثلاث أنواع من توكسين C ، نظراً لاختلاف نقطة التعادل الكهربي IEP (C_1 = ٨,٦ ، C_2 = ٧,٠ ، C_3 = ٨,١٥) .

جدول (٥-٢) : تأثير بعض العوامل البيئية على نمو staphylococci وإنتاج التوكسين .

العامل	تحت ظروف هوائية		تحت ظروف لا هوائية	
	النمو	إنتاج التوكسين	النمو	إنتاج التوكسين
درجة الحرارة (°م)	٧-٤٦	١٠-٤٥	٧-٤٦	١٠-٤٥
a_w	٠,٨٣	٠,٨٤	٠,٩٠	٠,٩٠
pH	٤,٠	٤,٠	٤,٦	٥,٣

الأعراض:

يختلف الأفراد فى درجة حساسيتهم للتسمم العنقودي ، فعند تناول مجموعة من الأفراد غذاء يحتوى على توكسين ، نجد أن بعضهم قد يصاب بتسمم شديد ، وقليل منهم قد يصاب بتسمم خفيف ، أو لا يحدث لهم تسمم على الإطلاق . وقد يرجع ذلك إلى أن توزيع التوكسين خلال الغذاء غير متجانس بدرجة كبيرة ، بالإضافة إلى التباين الكبير فى حساسية الأفراد الذين يتناولون كمية مماثلة من الطعام الملوث .

عادة تتراوح فترة الحضانة من ١ إلى ٦ ساعات (جدول ١١-٢) وغالباً ما تظهر الأعراض بعد ٢ - ٤ ساعات من تناول الغذاء الملوث . يختلف هذا التسمم عن التسممات الغذائية الأخرى بالتوكسينات أو بالعدوى ، حيث تكون فترة الحضانة لهذه التسممات عادة أطول .

معظم الأعراض الشائعة فى الإنسان تكون زيادة اللعاب ثم غثيان ، قئ ، تقلصات فى البطن ، تختلف فى درجة شدتها ، وإسهال . قد يوجد فى البراز مواد مخاطية ودم . قد يحدث صداع ، تقلصات فى العضلات ، عرق ، وقشعريرة ، إجهاد ، ضعف النبضات weak pulse ، وصعوبة فى التنفس . عادة تكون درجة حرارة الجسم أقل من الدرجة الطبيعية ، ونادراً ما يحدث حمى (ارتفاع فى درجة الحرارة) .

عادة فترة المرض تكون قصيرة يوم أو يومين فقط ، (٦-٢٤ ساعة فى المتوسط) بعدها يتم الشفاء بدون مضاعفات مرضية وتعود الحالة إلى طبيعتها . الوفاة نادر الحدوث فى هذا التسمم . فى معظم الحالات لا يعطى علاج ، ماعدا فى الحالات الشديدة ، حيث يعطى المريض محاليل ملحية saline وذلك لاستعادة التوازن الملحي ومعالجة الجفاف . وقد أشارت بعض التقارير إلى أن حوالى ١٠٪ من حالات التسمم تحتاج إلى علاج داخل المستشفيات ، كما أن معدل الوفاة قد يصل إلى ٤٪.

الأغذية الناقلة :

تشمل الأغذية الشائعة فى هذا النوع من التسمم (جدول١٢-٢) اللحوم ومنتجاتها، السمك ومنتجاته ، اللبن ومنتجاته ، السلاطات ، البودنج ، الكسترد والفطائر . مواد حشو filling المخبوزات ، عادة تكون بيئة جيدة لنمو staphylococci، أثناء حفظ هذه المنتجات عند درجة حرارة الغرفة . حفظ الأغذية ، خاصة اللحوم ومنتجاتها ولحوم الدجاج والديك الرومي ، خارج الثلاجة يسبب التسمم، وقد وجد أن ٧٥٪ من حالات التسمم العنقودي ، تعزى إلى عدم التبريد الجيد للأغذية . قد تسبب الأغذية ، التى تحفظ ساخنة بالبخار فى مناضد الأعداد فى الكافتيريات ، والفنادق ، ومطاعم الوجبات السريعة وماكينات بيع الأغذية التسمم العنقودى ، حيث تبقى الأغذية ساخنة لمدة طويلة ، خاصة إذا كانت درجة الحرارة والمدد ليست مراقبة بدقة.

الوقاية :

تشمل طرق الوقاية من التسمم الغذائي العنقودي ما يلى :

١. منع تلوث الغذاء ببكتريا staphylococci .

٢. منع نمو بكتريا staphylococci .

٣. القضاء على staphylococci فى الغذاء .

يمكن خفض تلوث الغذاء بأتباع الطرق الصحية المتعارف عليها وذلك باستخدام مواد خالية من staphylococci ، مثل اللبن المبستر بدلاً من اللبن الخام ، مع استبعاد العاملين الحاملين للميكروب (فى صورة دمامل ، خراريج ، جروح متقيحة ، نزلات البرد وغيرها) ومنعهم من التعامل مع الأغذية . كما يمكن منع نمو staphylococci فى الغذاء، وذلك بالتبريد الجيد للغذاء ،وفى بعض الحالات قد يحدث تعديل pH لزيادة حموضة الغذاء ، أو إضافة المواد المثبطة bacteriostatic مثل السيرين serine أو مضاد حيوي . بعض الأغذية قد يتم بسترتها للقضاء على الميكروب ، وذلك قبل حفظها على درجة الحرارة العادية . كما أن حفظ الأغذية ، خاصة التى تقدم ساخنة فى المطاعم والكافتيريات والفنادق وغيرها من محلات تقديم الأغذية ، على درجة حرارة ٦٨°م على الأقل ، يساعد فى القضاء على الميكروب ومنع تكوين التوكسينات .

وقد وجد أن حفظ الأغذية عند درجة حرارة أقل من ٤,٤°م (٤٠°ف) ، أو أعلى من ٦٠°م (١٤٠°ف) حتى استهلاكه ، يمنع من نمو البكتريا العنقودية ، حيث تبقى أعداد هذه البكتريا منخفضة ، كما تبقى الأغذية خالية من التوكسين . وقد أجريت دراسة فى الفترة من ٦١ - ١٩٧٢ على ٧٠٠ حالة تسمم غذائي حدثت فى هذه الفترة للتعرف على العوامل المسببة للتسمم ، وقد وجد أن أهم العوامل المساهمة فى هذا التسمم :

١. التبريد غير الجيد .
٢. إعداد الغذاء مبكراً بفترة طويلة قبل استهلاكه .
٣. العاملين فى تداول وتحضير الأغذية من حاملي الميكروب .
٤. عدم الطهى الجيد أو المعاملة الحرارية الجيدة .
٥. حفظ الأغذية دافئة عند درجة حرارة مناسبة لنمو البكتريا .

وقد وجد أن عامل التبريد غير الجيد ساهم فى ٢٥,٥٪ من حالات التسمم ، وأن الخمس عوامل السابقة قد ساهمت فى ٦٨٪ من حالات التسمم . ويجب مراعاة أن الأغذية الناقلة للميكروبات العنقودية ، يجب عدم حفظها فى نطاق درجات حرارة نمو الميكروبات العنقودية لفترة لا تزيد عن ٣ - ٤ ساعة .

التسمم الغذائي البوتشولينى Botulism

عرف هذا التسمم منذ أكثر من ١٠٠٠ عام كمرض ناتج عن الغذاء . تعنى كلمة botulism المرض الذى ينتج من السجق sausage (الكلمة اللاتنية botulus تعنى

السجق) . يعتبر هذا النوع من التسمم من أخطر أنواع التسمم الغذائي البكتيري ، من حيث فاعليته ، لكنه أقل انتشارا فى العالم . هذا المرض يصيب الإنسان والحيوان ويسبب الوفاة ، ويمكن الشفاء منه إذا أعطى مضاد السم polyvalent botulinum antitoxin . قبل عام ١٩٤٩ ، كان معدل الوفيات فى هذا التسمم يصل إلى ٦٠٪ ، ولكن هذا المعدل انخفض حالياً إلى أقل من ١٠٪ . والجدول (٦-٢) يبين حالات التسمم البوتشولينى والوفيات فى بعض دول العالم .

جدول (٦-٢) : عدد حالات التسمم الغذائي البوتشولينى فى بعض دول العالم .

الدولة	الفترة الزمنية	عدد الأفراد المصابين	الوفيات	
			العدد	(%)
الولايات المتحدة الأمريكية	٧١ - ١٩٩٢	٧٩٥	٧٥	٩,٤٣
كندا	٧١ - ١٩٩٢	٢٠٢	٢٨	١٣,٨٦
فرنسا	٧٨ - ١٩٩٢	٤٠٦	١٠	٢,٤٦
المملكة المتحدة	٧٨ - ١٩٩٢	٣٢	٣	٩,٣٨
بلجيكا	٨٢ - ١٩٨٩	٢٥	١	٤,٠

يحدث هذا المرض نتيجة تناول أغذية محتوية على توكسين شديد السمية ، توكسين عصبى neurotoxin ، يفرزه *Clostridium botulinum* . لكى يحدث هذا التسمم فإنه يجب أن تتوفر الظروف التالية :

١. وجود جراثيم *Cl.botulinum* من أنواع B, A أو E فى الغذاء ، الذى يتم تعليبه أو معاملته بطرق أخرى .
٢. غذاء تستطيع الجراثيم أن تنمو فيه ، وأن تستمر الخلايا الناتجة فى النمو وإنتاج التوكسين .
٣. عدم كفاءة المعاملات الحرارية فى عملية التعليب أو المعاملات الأخرى ومقاومة جراثيم الميكروب لهذه المعاملات .
٤. مناسبة الظروف البيئية بعد المعاملات التصنيعية ، لإنبات الجراثيم ونمو الميكروب وإنتاج التوكسين .
٥. عدم كفاءة عملية الطهى فى أتلاف التوكسين .
٦. تناول الغذاء الحامل للتوكسين .

يوجد نوعان من التسمم البوتشولينى : تسمم البالغين adult botulism الذى يحدث نتيجة تناول الغذاء المحتوى على التوكسين الذى يفرزه *Cl.botulinum* (أى in vitro) ، وتسمم الأطفال الرضع infant botulism حيث تنمو جراثيم *Cl.botulinum* فى الأمعاء منتجة التوكسين فى الجسم الحي (أى in vivo) .

الميكروب المسبب :

يسبب هذا التسمم ميكروب *Cl.botulinum* . وهو ميكروب عصوي حجمه ٠,٥ - ١ x ١ - ٢ um ، متجرثم ويكون جرثومة بيضاوية تحت طرفية والأسبورانجيا منتفخة ، موجب لجرام و لاهوائي حتمي (إجباري) ، ومتحرك عند ٢٠ - ٢٥°م . واسع الانتشار فى التربة ويوجد أيضاً فى البيئات البحرية . تم التعرف حتى الآن على سبع أنواع سيريولوجية (A - G) من هذا الميكروب (جدول ٧-٢) . الأنواع G, D, C لم يثبت حتى الآن إنها تصيب الإنسان ، ولكنها تسبب وفاة عدد كبير سنوياً من الطيور الأليفة والبرية وغيرها من الحيوانات فى جميع أنحاء العالم . عندما ينمو أنواع E, B, A أو F فى الغذاء ، فأنها تنتج توكسينات عصبيه neurotoxin قوية جداً قد تؤدى إلى الوفاة .

يعتقد أن التربة هى الموطن الأصلي *Cl.botulinum* ، حيث توجد الجراثيم فى كل من التربة المزروعة وغير المزروعة (التربة البكر) فى جميع أنحاء العالم . وقد أوضحت الدراسات فى الولايات المتحدة الأمريكية أن جراثيم نوع A أكثر تواجداً فى تربة الولايات الغربية ، بينما توجد جراثيم نوع B فى مناطق أخرى . قد تصبح المحاصيل الزراعية ملوثة من التربة وفضلات الحيوان ، وبالتالى من الأسمدة الحيوانية بعد استهلاكها بواسطة هذه المحاصيل . توجد جراثيم نوع E فى التربة والبحار ، ووحل البحيرات lake mud ، وفى الأسماك وخاصة فى القناة الهضمية لهذه الأسماك .

يوجد سبع أنواع سيريولوجية من *Cl.botulinum* على النحو التالى (جدول ٧-٢):

- نوع A : أكثر الأنواع شيوعاً فى أحداث التسمم فى الإنسان ، وهو أكثر سمية من النوع B .
- نوع B : أكثر شيوعاً من النوع A فى معظم التربة فى جميع أنحاء العالم ، وأقل سمية فى الإنسان .
- نوع C : تسبب التسمم فى الطيور والماشية ، ولا يصيب الإنسان .
- نوع D : تسبب التسمم فى الماشية عن طريق تناول العلف الملوث خاصة فى جنوب أفريقيا .

- نوع E : سام للإنسان عن طريق الأسماك ومنتجاته .
- نوع F : مماثل للنوع B, A وقد تم عزله فى الدنمارك ، ويسبب تسمماً للإنسان .
- نوع G : تم عزله من التربة فى الأرجنتين ، ولا يسبب تسمماً للإنسان .

السلالات لا تنتج نوع واحد من التوكسين ، فمثلاً بعض سلالات من نوع C تنتج توكسين C_1 بدرجة كبيرة مع كميات قليلة من D ، C_2 أو C_2 فقط . سلالات نوع D تنتج أساساً توكسين D مع كميات أقل من توكسينات C_1 ، C_2 .

وفى دراسة عن حالات الإصابة بالتسمم البوتشولينى فى الولايات المتحدة ، وجد أن ٢٣,١٪ من حالات التسمم كانت نتيجة نوع A ، ٦,٣٪ نوع B ، ٣,٢٪ نوع E . يحظى هذا التسمم باهتمام كبير ، نظراً لارتفاع نسبة الوفيات ، مما أدى إلى انخفاض نسبة الوفيات نتيجة هذا الاهتمام . فمثلاً كانت نسبة الوفيات فى الفترة ما بين ١٨٩٩ - ١٩٤٩ أعلى من ٦٠٪ ، وانخفضت إلى ٢٣٪ فى الفترة من ٧٠ - ١٩٧٣، وحالياً وصلت نسبة الوفيات إلى أقل من ١٠٪ .

سلالات A ومعظم سلالات B محلله للبروتين ، وتسبب عفونة **putrefactive** بدرجة كافية ، تؤدى إلى ظهور رائحة كريهة فى الأغذية البروتينية ، لكن بعض سلالات B وكذلك E غير محلله للبروتين ولا تسبب مثل هذه التغيرات . بعض أنواع B, A قد لا تسبب تغيرات تعفنية واضحة فى الأغذية المنخفضة البروتين ، إلا أنها تنتج توكسين .

تقسم سلالات *Cl.botulinum* إلى ثلاث مجموعات طبقاً للصفات المزرعية والفسيولوجية على النحو التالى :

مجموعة I : وتشمل جميع سلالات A (محللة للبروتين) ، سلالات F, B المحللة للبروتين .

مجموعة II : وتشمل جميع سلالات E (غير المحللة للبروتين) وسلالات F, B غير المحللة للبروتين .

مجموعة III : وتشمل أنواع D, C وهى غير محللة للبروتين ، ومسار التمثيل الغذائي فيهما متماثل .

يخمر الميكروب الكربوهيدريت مع إنتاج غاز ، لكن فى بعض الأحيان لا يكون هذا الغاز واضحاً . ينمو الميكروب جيداً عند pH قريب من التعادل ، حيث لا ينمو فى البيئات الحامضية (pH = ٤,٦) . بعض أنواع من *Cl.botulinum* قد تنمو عند pH أعلى من ذلك قليلاً (حوالي ٥,٠) ، ومع ذلك فإن على الأقل مجموعة واحدة من

السلالات يثبط نموها عند pH ٤,٦ . ويعتبر هذا pH نقطة حرجة فـى تصنيـع الأغذيـة ، حيث تعتبر هذه الدرجة من pH الحد الفاصل بين الأغذية المرتفعة والمنخفضة الحموضة .

جدول (٧-٢) : بعض صفات الأنواع المختلفة من ***Cl.botulinum*** .

الصفة	A والأنواع المحللة للبروتين من F, B	E والأنواع غير المحللة للبروتين من F, B	D, C	G
يسبب تسمم للإنسان	+	+	−	+
يسبب تسمم للأطفال	+	±	−	−
يسبب تسمم للثدييات	نادراً	نادراً	+	−
يسبب تسمم للطيور	+	+	+	−
نطاق درجة الحرارة (°م)	١٠ - ٤٨	٣ - ٤٥		
الحد الأدنى للـpH	٤,٥ - ٤,٧	٤,٥ - ٥,٠		
الحد الأدنى للـ a_w	٠,٩٤	٠,٩٧		
الحد الأقصى لتركيز NaCl (%)	٨ - ١٠	٥ - ٦		
إنتاج H_2S	+	−		+
تحليل الكازين	+	−		+
تحليل الدهن	+	+	+	−
تخمر الجلوكوز	+	+		−
تخمر المانوز	−	+		−
تخمر السكروز	−	+	−	−
هضم اللحوم	+	−	v	+

+ = اختبار موجب − = اختبار سالب ± = غالباً سالب V = تباين نتائج الاختبار

يستطيع الميكروب أن ينمو فى نطاق من درجة الحرارة يتراوح بين ١١ - ٤٨ °م، ومع ذلك فإن نطاق درجة الحرارة لإنتـاج التوكسـين يكـون أضيـق مـن ذلـك . يسـتطيع الميكروب أن ينمو وينتج توكسين عند a_w ٠,٩٣ على الأقـل . وفـى هـذه الحالـة يكـون تركيز NaCl المقابل يتراوح من ٩ - ١١٪ فى الأغذية ، وعند هذا المسـتوى مـن NaCl يكون الغذاء غير مقبول حسياً . وفى ضوء ذلك ، فإن الـتركيزات المرتفعـة مـن NaCl أو السكر يستخدم فى حفظ الأغذية ومنع نمو *Cl.botulinum* .

النمو وإنتاج التوكسين :

يعتمد إنتاج التوكسين بواسطة *Cl.botulinum* على قدرة الخلايا علـى النمـو فـى الغذاء وقدرتها على التحلل الذاتي فيه . يتكون توكسين F, E, B, A, فى صورة بروتـين غير نشط ، الذى يصبح ساماً تماماً بعد حدوث بعض التحلل المائي له . لذلك فإن العوامل التى تؤثر على أنبات الجراثيم والنمو ، وبالتـالى إنتـاج التوكسـين علـى درجـة كبـيرة مـن

الأهمية . تشمل هـذه العوامـل تركيـب الغـذاء أو بيئـة النمـو ، (فمثـلاً مـن المعـروف أن الجلوكوز أو المالتوز ضروري لإنتاج التوكسين) ، محتوى الرطوبة ، pH ، جهد الأكسدة والاختزال (E_h) ، محتوى NaCl ، درجة حرارة وطـول فـترة تخزيـن الغـذاء . تحـدد هـذه العوامل مجتمعة مع بعضها ، حجم النمو ومعدله وإنتـاج التوكسـين . لذلـك فـإن صفـات الغذاء تحدد الحد الأدنى لدرجة pH أو درجة الحرارة ، والحد الأقصى لتركيز NaCl للنمو وإنتاج التوكسين . وتختلف النتائج طبقاً للصفات السيريولوجية لنوع الميكـروب والسـلالة المستخدمة .

وعمومـاً فـإن تركـيزات NaCl مـع درجـة الحـرارة وpH التاليـة ، يثبـط مـن نمـو الميكروب وإنتاج التوكسين:

أ- تركيز ١٠٪ NaCl عند درجة ٣٥°م و pH ٧,٢ .

ب- تركيز ٥٪ NaCl عند درجة ٣٥°م و pH ٥,٢ .

جـ- تركيز ٦,٥٪ NaCl عند درجة ٣٠°م و pH ٧,٢ .

د- تركيز ٣,٥٪ NaCl عند درجة ٣٠°م و pH ٥,٢ .

هـ- تركيز ٥٪ NaCl عند درجة ١٥°م و pH ٧,٠ .

كما أن خفض درجة الحـرارة يزيـد مـن التأثير المثبـط للملـح ، فمثـلاً تركـيز ٣٪ NaCl يسمح بإنتاج التوكسين فى يومين عند ٣٠°م ، ١٥ يوم عند ٢٠°م . بينما تركـيز ٣,٥٪ NaCl يؤخر من النمو وإنتاج التوكسين عنـد درجـة ٦°م و pH ٧,٠ لمـدة تصـل إلى ١٢٠ يوم .

وقد أجريت كثير من الدراسات على إنتاج التوكسين فى مختلف الأغذية ، ووجـد أن اللحوم ، الأسماك ، الأغذية المعلبة منخفضـة أو متوسـطة الحموضـة تشـجع مـن إنتـاج التوكسين، الذى يختلف فى شدة سميته . وقد أشار البعض إلى أن بيئات النمو المحتوية علـى لبن أو كازين ، جلوكوز أو مالتوز ، ومحلـول منقـوع الـذرة corn-steep liquor تنتـج توكسين من نوع A أكثر سميه عن غيرها من البيئات .

وقد وجد أن القصدير tin ، الذائب من العلب ، يثبط من النمو وإنتاج التوكسـين فى الخضراوات المعلبة . وقد دلت التجارب التى أجريت على اللحوم المجففة ، أن معـدل تكوين التوكسين يكون أبطأ ، عندما يكون محتوى الرطوبة ٤٠٪ مقارنة بمحتوى الرطوبـة ٦٠٪ ، وأن انخفاض الرطوبة إلى ٣٠٪ يوقف تكوين التوكسين.

يتوقف تركيز NaCl اللازم لمنع نمو وإنتاج التوكسـين فـى الأغذيـة علـى تركيـب الغذاء ودرجة الحرارة . وجود نترات الصوديوم فى السجق ، أو فوسفات ثنائى الصوديوم

فى مفرود الجبن cheese spread يخفض من تركيز NaCl اللازم لمنع إنتاج التوكسين. كما أن تركيز NaCl اللازم لمنع إنتاج التوكسين يزاد بارتفاع درجة الحرارة ، أى أن كمية NaCl اللازمة عند ٣٧°م تكون أكثر مما هو مطلوب عند ١٥°م . تحت ظروف نمو مناسبة فإن تركيز ٨٪ أو أعلى من NaCl يكون ضرورياً لتثبيط نمو *Cl.botulinum* .

إضافة نيتريت الصوديوم $Na\ NO_2$ يثبط من نمو الميكروب وإنتاج التوكسين، وهذا التأثير يرتبط بتركيز NaCl . وقد وجد أن :

أ- ١٠٠ جزء فى المليون $Na\ NO_2$ ، ٥٪ NaCl عند درجة ٣٥°م ، pH ٦,٢ .

ب- ٢٠٠ جزء فى المليون $Na\ NO_2$ ، ٤٪ NaCl عند درجة ٣٥°م ، pH ٦,٢ .

جـ- ١٠٠ جزء فى المليون $Na\ NO_2$ ، ٣٪ NaCl عند درجة ٣٥°م ، pH ٦,٢ .

د- ٢٥٠ جزء فى المليون $Na\ NO_2$ ، ٣٪ NaCl عند درجة ٣٥°م ، pH ٦,٢ .

يثبط من نمو الميكروب وإنتاج التوكسين ، أى أن إضافة $NaNO_2$ يقلل من تركيز NaCl اللازم لمنع النمو وإنتاج التوكسين.

درجة pH قريبة من التعادل تدعم نمو *Cl.botulinum* . الحد الأدنى من pH الذى يحدث عنده النمو وإنتاج التوكسين يتوقف على نوع الغذاء ودرجة الحرارة . درجة pH ٤,٥ أو أقل تمنع إنتاج التوكسين فى معظم الأغذية ، لكن الحد الأدنى لقيم pH لإنبات الجراثيم يكون أكثر ارتفاعا بدرجة واضحة . وجد أن الحد الأدنى لقيم pH للخلايا الخضرية ٤,٨٧ ، ولإنبات الجراثيم ٥,٠١ وذلك فى المرق المغذى ، ٤,٨ - ٥,٠ فى الخبز و ٤,٨ فى البودنج ، وأن الحد الأقصى لقيم pH لنمو الخلايا الخضرية هو ٨,٨٩ . وقد وجد أن *Cl.botulinum* تنمو وتنتج توكسين فى الأغذية ، التى عادة تكون زائدة الحموضة بالنسبة لهذا الميكروب ، عندما تنمو أيضاً ميكروبات أخرى فى الغذاء وتسبب ارتفاع pH عموماً .

حالات التسمم البوتشولينى التى تحدث من الأغذية المرتفعة الحموضة (pH أقل من ٤,٥) المعلبة والمعامل حرارياً معاملة غير مناسبة ، مثل الطماطم ، عصير الطماطم والتوت الأسود والمشمش والخوخ قد ترجع إلى : (١) نمو ميكروبات أخرى تستطيع رفع pH فى الغذاء لدرجة مناسبة لنمو *Cl.botulinum* ، (٢) نمو *Cl.botulinum* يعقبه نمو ميكروبات أخرى ، التى تخفض من pH الغذاء الذى كان أصلاً أعلى من ٤,٥ . وقد أشار بعض الباحثين إلى إنتاج التوكسين فى البيئات عند pH أقل من ٤,٦ .

تعتبر درجة الحرارة عاملاً هاماً فى إنتاج التوكسين وتحديد معدل إنتاجه . تنمو الخلايا الخضرية عند درجات حرارة أقل من الحد الأدنى لدرجة الحرارة لإنبات الجراثيم .

تختلف السلالات المختلفة من *Cl.botulinum* نوع B, A فى احتياجاتها من درجة الحرارة. عدد قليل من السلالات تستطيع أن تنمو عند ١٠ - ١١° م ، لكن وجد أن درجة حرارة حوالي ١٥°م هى درجة الحرارة الدنيا لإنبات الجراثيم . الحد الأقصى لدرجات حرارة النمو حوالي ٤٨°م لهذه الأنواع ، وحوالي ٤٥°م لنوع E . ميكروبات نوع E تنتج غاز وتوكسين فى خلال ٣١ - ٤٥ يوم عند درجة حرارة منخفضة تصل ٣,٣°م .

درجة الحرارة المثلى لإنتاج التوكسين ونمو السلالات المحللة للبروتين ، تكون حوالي ٣٥°م ، بينما درجة حرارة ٢٦ إلى ٢٨°م عادة تمثل درجة الحرارة المثلى للسلالات غير المحللة للبروتين . ومن الواضح أن انخفاض معدل إنتاج التوكسين يحتاج إلى وقت أطول للحصول على كميات محسوسة من التوكسين.

المقاومة الحرارية للجراثيم :

بالمقارنة مع جراثيم معظم أنواع *Clostridium* الأخرى ، فإن جراثيم الميكروبات اللاهوائية المحللة للبروتين (المتعفنة) pntrefactive anaerobes ، ومنها *Cl.botulinum* تتميز بمقاومتها العالية للحرارة . تعتمد المعاملة الحرارية الضرورية للقضاء على جميع الجراثيم فى غذاء ما على نوع الغذاء ، نوع وسلالة *Cl.botulinum*، البيئة التى تتكون فيها الجراثيم ، درجة الحرارة التى تتكون عندها الجراثيم ، عمر الجراثيم وعدد الجراثيم الموجودة . وقد وجد بعض الباحثين أنه يمكن القضاء على جميع جراثيم *Cl.botulinum* فى الغذاء بالمعاملات الحرارية التالية : ١٠٠°م/٣٦٠ دقيقه ، ١٠٥°م/١٢٠ دقيقه ، ١١٠°م/ ٣٦ دقيقه ، ١١٥°م/ ١٢ دقيقه و ١٢٠°م/ ٤ دقائق . وعموماً فإن جراثيم ميكروبات أنواع E, D, C أقل مقاومة للحرارة عن جراثيم أنواع B, A . جراثيم نوع E يمكن القضاء عليها بالتسخين على درجة حرارة ٨٠°م لمدة ١٥ دقيقه .

قيم D عند ١٢١°م لجراثيم أنواع B, A تبلغ ٠,١٢ دقيقه ، بينما قيم D عند ١٠٠°م لنوع E تبلغ ٠,٠٠٣ إلى ٠,٠١٧ دقيقه . عند مقارنة أنواع C ، وجد أن السلالات البحرية أكثر مقاومة للحرارة عن الأنواع التى تعيش فى التربة ، حيث تبلغ قيم D عند ١٠٤°م ٠,٤ إلى ٠,٩ دقيقه للسلالات البحرية ، بينما تبلغ ٠,٠٢ إلى ٠,٠٨ دقيقه للأنواع التى تعيش فى التربة .

التوكسينات :

تعتبر توكسينات *Cl.botulinum* من أخطر السموم البكتيرية ، تنتج بواسطة الخلايا النامية تحت ظروف مثالية optimal . كما وجد أن الخلايا الكامنة resting cells تكون توكسينات أيضاً . توجد سبعة أنواع من التوكسينات : A ، B ، C (C_α, C_β)، D, E, F, G,. وقد وجد أن أنواع E, B, A وكذلك F تكون سامة للإنسان ، بينما أنواع D, C سامة للدواجن والماشية والأغنام . كما تشير البيانات أن توكسين B أكثر انتشارا فى أوروبا ، بينما توكسين A أكثر انتشارا فى الولايات المتحدة الأمريكية . يوجد توكسين E فى الأغذية البحرية (الأسماك والأصداف) . تنتج توكسينات botulism تحت ظروف لاهوائية (الأغذية المعلبة والسجق) . الظروف المثلى لنمو الميكروب وإنتاج التوكسين عند pH ٤,٨ - ٨,٥ ودرجة حرارة ٣٠°م ، كما يمكن أن تتكون هذه التوكسينات عند درجة حرارة أقل .

يحدث التسمم البوتشولينى نتيجة تكوين توكسينات عصبيه neurotoxins فى الغذاء . يمتص التوكسين أساساً فى الأمعاء ، عندما يصل التوكسين إلى مجرى الدم فإنه يدخل الجهاز العصبي الطرفي peripheral nervous system ، حيث يمنع إفراز acetyl choline ، الذى ينقل الأشارات أو الرسائل لعصبية ، مما تؤدى إلى تقلص العضلات (الليفه العضلية) ، وتسبب شلل العضلات muscular paralysis . فى حالات التسمم الشديدة يكون الشلل واضحاً ، وتحدث الوفاة نتيجة شلل الجهاز النفسي فى خلال ٣ - ٦ أيام . توكسين A أكثر سمية من توكسين B أو E . معدل الوفاة فى حالة التسمم بتوكسين B أقل عما فى حالة توكسين A . قد يحدث شفاء كامل فى حالة التسمم بتوكسين B ، حتى عند وجوده بكميات محسوسة فى الدم .

التوكسينات عبارة عن سلسلة منفردة من الببتيدات العديدة polypeptide ، تتكون من ١٩ حمض أميني وذات وزن جزيئ ١٥٠,٠٠٠ دالتون . تنتج السلالات المحلله للبروتين F, B, A أنزيمات بروتيز داخلية endogeuous proteases ، التى تحلل وحدات التوكسين الناتجة ليكون سلسلة ثقيلة heavy ذات وزن جزيئ ١٠٠,٠٠٠ دالتون وسلسلة خفيفة light ذات وزن جزيئ ٥٠,٠٠٠ دالتون ، وترتبط هاتين الوحدتين (السلسلتين) معاً برابطة disulfide واحدة على الأقل . السلالات غير المحللة للبروتين، أنواع F, E, B ، تفرز فى البيئة السلسلة الكاملة ذات الوزن الجزيئ ١٥٠,٠٠٠ ، والتى يطلق عليها توكسينات غير نشطة progenitor ، حيث تصبح نشطه وسامه بالمعاملة بأنزيمات البروتييز الخارجية exogenous proteases مثل التربسين . فى

المزارع السائلة ، توجد التوكسينات فى صورة مركبات مع بروتينات المزرعة غير السامة، والتى قد تعتبر الحالة الطبيعية لتوكسينات botulism . الوزن الجزيئ لهذه المركبات يكون مرتفع ويصل إلى ٩٠٠,٠٠٠ دالتون .

على عكس توكسينات البكتريا العنقودية ، فإن توكسينات botulism غير مقاومة للحرارة ، حيث يمكن أتلافها بالتسخين عند ٨٠°م لمدة ١٠ دقائق ، أو الغليان لعدة دقائق. وقد وجد فى التجارب المعملية أن التسخين عند ٨٠°م لمدة ٥ - ٦ دقيقه تتلف توكسين A ، التسخين عند ٩٠°م لمدة ١٥ دقيقة تتلف توكسين B . الطهى الكامل للأغذية المحتوية على توكسين (٨٠°م/ ١٠ دقائق) يؤدى إلى الإتلاف الكامل للتوكسين . حساسية هذه التوكسينات للحرارة قد ساعدت بدون شك على الحد بدرجة كبيرة من حدوث حالات التسمم البوتشولينى فى الإنسان . لذلك ينصح بتعريض الأغذية المعلبة للغليان قبل تناولها .

يمكن أتلاف التوكسين فى الجبن بواسطة أشعة جاما بجرعة تقدر ٧,٣ ميجاراد Mard ، وفى المرق بواسطة ٤,٩ ميجاراد Mrad. ومن المعروف أن التوكسين يظل فى الغذاء فترات طويلة ، خاصة عندما يحفظ عند درجة حرارة منخفضة . التوكسين غير ثابت عند pH أعلى من ٦,٨ . كما أن السلالات غير المحللة للبروتين تنتج توكسينات غير نشطة تماماً وإضافة التربسين trypsin يزيد من الحد الأقصى لسمية التوكسين .

التوكسينات السبع (A إلى G) السابق ذكرها لها صفات أنتيجنيه ، عندما تصل إلى الدم تسبب إنتاج مضادات توكسين نوعية specific تناسب التوكسين المحقون . يتم تحضير التوكسيدات toxoids (تحويل التوكسين من مادة سامة إلى غير سامة toxoid) لبعض الأنواع لتلقيح العاملين فى مجال الأغذية ، الذين يتعرضون لخطر التسمم البوتشولينى، حيث أن هذه التوكسيدات تحفز الجسم على إنتاج مضادات التوكسين التى تعادل التوكسين الميكروبي المتكون بجسم العائل .

الأعراض:

عادة تظهر أعراض التسمم البوتشولينى خلال ١٢ - ٣٥ ساعة من تناول الغذاء الملوث المحتوى على التوكسين (جدول ١١-٢) ، ومع ذلك فقد تكون فترة الحضانة طويلة تصل إلى ٨ أيام ، ويتوقف ذلك على جرعة التوكسين الموجودة فى الغذاء . وقد وجد أن جرعة ضئيلة من التوكسين تصل إلى ٠,١ ميكروجرام تسبب التسمم البوتشولينى فى الإنسان .

تكون الأعراض المبكرة عادة عبارة عن اضطرابات فى الجهاز الهضمي ، يعقبها غثيان ، قئ واحتمال حدوث إسهال ، دوخه وصداع ، وغالباً ما يكون ذلك غير مصحوب بارتفاع فى درجة الحرارة (حمى) ، وقد يظهر الإمساك بعد ذلك .

قد يصاب المريض بازدواج فى الرؤيا (زغللة) وصعوبة فى البلع والكلام ، قد يشكو المريض من جفاف الفم وتقلص الحلق ، وانتفاخ اللسان . درجة الحرارة قد تكون طبيعية أو أقل . يحدث شلل فى العضلات الإرادية وينتشر إلى الجهاز التنفسي والقلب وتحدث الوفاة نتيجة فشل الجهاز التنفس . تتشابه أعراض التسمم فى أنواع E, B, A ، بالرغم من أن الغثيان ، القئ واحتباس البول ، عادة يكون أشد وطأة مع توكسين E . تحدث الوفاة فى حالات التسمم الشديدة ، فى خلال ٣ – ٦ أيام من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين ، وقد تكون هذه الفترة أطول أو أقصر .

يمكن معالجة التسمم البوتشولينى بحقن المريض بمضاد التوكسين antitoxin ، إلا أن هذه الطريقة تكون غير ناجحة ، إذا تم الحقن بعد ظهور أعراض التسمم ، لذلك يجب استخدامه مبكراً بقدر الإمكان لضمان نجاح العلاج والتغلب على الأضرار الناجحة عن التوكسين . يمكن إجراء التنفس الاصطناعي مع بقاء المريض هادئاً والمحافظة على أتزان السوائل فى الجسم .

الأغذية الناقلة :

يوجد *Cl.botulinum* فى أمعاء الإنسان والحيوان والتربة والوحل ، ويصل من هذه المصادر إلى الخضراوات (جدول ١٢-٢) . ونظراً لأن هذا الميكروب لاهوائى حتمي، فإن التسمم يكون مرتبطاً بالأغذية التى تستطيع توفير ظروف غير هوائية مناسبة. يسبب نمو *Cl.botulinum* فى بعض الأغذية إلى ظهور رائحة زناخة كريهة ، مما يجعلها غير مقبولة للاستهلاك . قد يظهر فى اللحوم والأغذية البروتينية والخضراوات المنخفضة الحموضة روائح كريهة . الأغذية المرتفعة الحموضة وكذلك المنخفضة فى البروتينات ، قد تصبح سامة بدون ظهور علامات الفساد (التعفن) . بالإضافة إلى ذلك ، فإن سلالات *Cl.botulinum* غير المحللة للبروتين تعطي علامات فساد أقل عن السلالات المحللة للبروتين. كما أن إنتاج الغاز لا يحدث دائماً بدرجة واضحة ، لذلك لا يمكن الاعتماد عليه كدليل على الفساد بواسطة هذا الميكروب . لذلك فإنه يجب رفض جميع الأغذية ، الخام والمعلبة ، التى يظهر بها علامات فساد ، ورفض الأغذية المعلبة التى تظهر بها انتفاخ.

فى الولايات المتحدة ، فإن الأغذية المعلبة فى المنازل بطريقة غير مناسبة ، غالباً ما تكون السبب الرئيسي للتسمم البوتشولينى ، بينما فى أوروبا يكون السبب الرئيسي اللحوم والسمك المحفوظ . الأغذية المصنعة أو المعاملة تجارياً تكون مسئولة عن أقل من ١٠٪ من حالات التسمم ، بينما الأغذية المصنعة على مستوى المنازل مسئولة عن ٧٢٪ من حالات التسمم ، وتشمل الفاصوليا والذرة الحلوة والأسبرجس والسبانخ . وعموماً فإن الأغذية المعلبة المنخفضة والمتوسطة الحموضة ، غالباً ما تكون مسئولة عن كثير من حالات التسمم ، ولكن هناك بعض الأستثناءات لحدوث التسمم من الأغذية الحامضية، مثل الطماطم ، المشمش ، الكمثرى والخوخ . هذه الأغذية الحامضية لا يتم تصنيعها باستخدام درجات حرارة عالية ، مما يسمح بنمو ميكروبات أخرى تساعد على نمو وإنتاج التوكسين بواسطة *Cl.botulinum* .

قد يحدث التسمم البوتشولينى من أغذية أخرى غير الأغذية المعلبة ، حيث سجلت أول حالة تسمم من أغذية غير معلبة فى الستينات عندما حدثت سبع حالات وفاة نتيجة تناول سمك مدخن فى الولايات المتحدة الأمريكية . وقد وجد أن هذا التسمم يعزى إلى سلالة E من *Cl.botulinum* التى ترتبط بالأغذية البحرية . تتميز هذه السلالة بقدرتها على النمو وإنتاج التوكسين عند درجة حرارة الثلاجة . كما وجد أن إنتاج التوكسين يتم بكمية اكبر إذا تم تشعيع السمك أولاً ، حيث يؤدى ذلك إلى القضاء على الميكروبات المنافسة .

فى دراسة فى الولايات المتحدة عن الأغذية المسئولة عن حالات التسمم البوتشولينى ، وجد أن الخضراوات تمثل ٥٦٪ من حالات التسمم ، والفواكه ١٠٪ ، والأسماك ومنتجاتها ١٤٪ ، والألبان ومنتجاتها ٢٪ واللحم البقرى ٣٪ .

وقد وجد الباحثون أن جراثيم *Cl.botulinum* تقاوم فترات التخزين الطويلة فى الأغذية الخام والأغذية سابقة الطهى المجمدة ، ويمكن أن تنمو وتنتج توكسينات إذا حفظت هذه الأغذية لفترات طويلة على درجة حرارة مرتفعة بعد التسبيح thawing. يجب تجنب حفظ الأغذية على درجات حرارة غير مناسبة والتى قد تساعد على نمو *Cl.botulinum* والتى قد يكون الغذاء قد تلوث بها .

الوقاية :

لمنع حدوث التسمم البوتشولينى يجب مراعاة الاحتياطات التالية :

١. استخدام معاملات حرارية معتمدة فى تعليب الأغذية .

٢. عدم تناول معلبات الأغذية المنتفخة وغيرها من علامات الفساد .
٣. عدم تذوق الغذاء المشتبه فيه أو الذى يحتوى على أطعمة وروائح غير مرغوبة.
٤. تجنب تناول الأغذية التى تم طهيها وحفظت لفترة ، و لم يتم تسخينها بدرجة كافية بعد ذلك .
٥. غلى الغذاء المشكوك فيه لفترة لا تقل عن ١٥ دقيقة .
٦. تجنب استخدام الأغذية المجمدة (الخام أو المطبوخة) التى تم تسيحيها وحفظها على درجة حرارة الغرفة .

ولتجنب حدوث التسمم البوتشولينى من السمك المدخن فإنه يجب اتخاذ الإجراءات التالية :

١. الاهتمام بالنواحي الصحية خلال الإنتاج والتداول .
٢. يجب أن تصل درجة الحرارة إلى ٨٢°م على الأقل لمدة ٣٠ دقيقة فى السمك أثناء التدخين أو بعد التدخين .
٣. يجب تجميد السمك بعد التعبئة مباشرة والمحافظة عليه فى حالة مجمدة .

تسمم بوتشولينى الأطفال الرضع Infant botulism

فى نهاية السبعينات ظهر هذا المرض فى الولايات المتحدة وبعض الدول الأخرى مثل كندا وإنجلترا وسويسرا ، حيث يصاب الطفل الرضيع (عادة أقل من سنة) بأعراض الموت الفجائي sudden death syndrom ويطلق عليه "cot-death " . عند ظهور أول حالة لهذا المرض فى ولاية كاليفورنيا فى عام ١٩٧٦ ، ظهرت عدة مئات من حالات التسمم أكدت هذا المرض .

يحدث هذا المرض نتيجة تناول جراثيم *Cl.botulinum* التى تستوطن فى الأمعاء وتنتج توكسين . هذا المرض مشابه للتسمم الغذائي البرفرنجى الذى يسببه *Cl.perfringens* . الأطفال الرضع يكونوا أكثر حساسية لهذا المرض لعدم وجود الفلورا الطبيعية فى الأمعاء بدرجة كافية . الرضاعة الطبيعية تحمى الطفل من هذا التسمم ، عند تناول جراثيم *Cl.botulinum* . يختلف هذا التسمم عن تسمم البوتشولينى للبالغين ، الذى يحدث نتيجة تناول غذاء يحتوى على توكسين سبق إنتاجه فى الغذاء بواسطة *Cl.botulinum* أى in vitro ، فى أن التوكسين يتم أفرازه فى الجسم الحي in vivo عقب إنبات جراثيم الميكروب فى الأمعاء . الأطفال ذات أعمار أكثر من سنه ، عادة لا

يصابون بهذا التسمم نظراً لاكتمال الفلورا الطبيعية فى الأمعاء ، التى تمنع إنبات الجراثيم وإفراز التوكسين .

تشمل أعراض المرض الضعف (الهزال) ، عدم القدرة على الرضاعة ، وفقد السيطرة على الرأس head control . كثير من الأطفال يصابون بالإمساك . هذه الأعراض قد تكون متوسطة ، وفى بعض الحالات تكون شديدة . فى المراحل الشديدة من المرض ، توجد أعداد كبيرة من الجراثيم فى براز الأطفال . عندما تتحسن الحالة المرضية تقل هذه الأعداد .

تصل الجراثيم الحية إلى الأطفال من أغذية الأطفال infant foods ، وقد تكون من البيئة . الأغذية الناقلة للجراثيم لم يتم معاملتها حرارياً بدرجة كافية للقضاء على الجراثيم . الأغذية الشائعة فى هذا المرض عسل النحل honey والمحاليل السكرية syrup. وقد وجد أن أنواع B, A وهى الأنواع الشائعة فى حالات التسمم ، التى حدثت فى الولايات المتحدة فى أطفال يتراوح أعمارهم من ٢ - ٤٨ أسبوع .

وقد أشار بعض الباحثين أن مصادر الميكروب فى تسمم الأطفال تتضمن تربة الحدائق وبعض أنواع من عسل النحل ، الذى غالباً ما يستخدم فى تغذية الأطفال أثناء الفطام weaning . حدثت ٨٨ حالة تسمم بوتشولينى للأطفال الرضع فى عام ١٩٨٦، ترجع ٣٠٪ من هذه الحالات إلى عسل النحل ، ٣٣٪ إلى عسل الذرة corn syrup . وقد أظهرت دراسة مسحية أجريت على كل من عسل النحل والذرة ، فى منطقة واشنطون بالولايات المتحدة الأمريكية ، إلى وجود جراثيم *Cl.botulinum* فى عينتين من ١٠٠ عينة من عسل النحل و٨ عينات من ٤٠ عينة من عسل الذرة .

وقد وجد أن اطفال الرضاعة الطبيعية والإصطناعية عرضة للإصابة بهذا التسمم ، كما وجد أن الأجسام المضادة فى لبن الأم تعمل على تجميع agglutination ميكروب *Cl.botulinum* ، وبالتالى يؤخر من ظهور أعراض المرض . أطفال الرضاعة الإصطناعية قد يصابون بالمرض فى سن مبكرة عن أطفال الرضاعة الطبيعية .

ومن الأمور الجديرة بالذكر أن البالغين ، عند تناولهم عسل نحل يحتوى على جراثيم *Cl.botulinum* لا يظهر عليهم أعراض التسمم ، وقد يرجع ذلك إلى أن حموضة المعدة لا تسمح للجراثيم بالنمو وإنتاج التوكسين ، أو إلى الميكروبات المنافسة فى الأمعاء تمنع من نمو *Cl.botulinum* . ونظراً لأن حموضة معدة الأطفال الرضع لا تصل إلى مستوى الحموضة فى البالغين ، حتى بلوغهم عمر سنة ، فإن الميكروب يستطيع أن ينمو جيداً عند pH معدة الأطفال القريب من التعادل وإنتاج التوكسين .

تلعب الفلورا الطبيعية فى أمعاء الأطفال دوراً هاماً فى حماية الأطفال الرضع من الإصابة بهذا التسمم . عدد حالات هذا التسمم فى زيادة مستمرة بدرجة واضحة منذ ظهور هذا المرض . وحالياً عدد حالات هذا التسمم أعلى بكثير عن حالات التسمم البوتشولينى عن طريق الغذاء .

التسمم الغذائي البرفرنجي Perfringens food poisoning

بدأ ظهور هذا التسمم فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٤٥ ، نتيجة حدوث تسمم جماعي من تناول لحم دجاج مطبوخ بعد تركه لفترة عدة ساعات بعد الأعداد . أصبح هذا التسمم من التسممات الشائعة منذ الثمانينات فى جميع أنحاء العالم . وفى التسعينات وجد أن هذا التسمم يحتل المرتبة الثانية فى المملكة المتحدة ، المرتبة الثالثة فى الولايات المتحدة ، من حيث الانتشار بين بقية أنواع التسمم الغذائي الأخرى .

يقترن هذا التسمم بصفة عامة بالتغذية الجماعية فى المدارس ، المطاعم والمستشفيات والأفراح ، وغيرها من التجمعات الكبيرة مثل المعسكرات والرحلات ، أما حدوث هذا التسمم على مستوى المنازل فهو محدود ، ويحدث عادة مع تحضير الأغذية مقدماً (قبل فترة طويلة من الإستهلاك) بكميات كبيرة ، والتى يكون من الصعب تبريدها بكفاءة قبل الحفظ . وقد أشارت التقارير إلى أن هذا الميكروب كان مسئولاً عن ١٩٠ حالة outbreak تسمم شملت ١٢,٢٣٤ فرداً فى الولايات المتحدة الأمريكية فى الفترة ما بين ١٩٧٣ إلى ١٩٨٧ .

الميكروب المسبب :

يسبب هذا التسمم *Clostridium perfringens (welchii)* type A ، الذى ينتشر فى كل مكان ، ومصادره التربة (يوجد فى جميع أنواع التربة ما عدا الصحراوية) والماء والغبار والوحل ، كما يتواجد فى براز الإنسان والحيوانات الداجنة والذباب .

هذا الميكروب عصوي (١,٠ - ١,٣ x ٣ - ٩ um) ، متجرثم يكون جراثيم طرفيه ، موجب لجرام ، غير متحرك ، لاهوائى حتمي ، ويمكن أن ينمو فى وجود الأكسجين فى مرحلة النمو اللوغاريتمى . درجة الحرارة القصوى للنمو حوالي ٥٥°م ودرجة الحرارة المثلى للنمو حوالي ٤٣ - ٤٧°م . النمو يكون محدود عند ١٥ - ٢٠°م. لا يستطيع الميكروب النمو عند pH أقل من ٥,٠ أو أعلى من ٩,٠ ، درجة pH المثلى للنمو ٦ - ٧,٥ . الحد الأدنى a_w للنمو ٠,٩٧ ، كما يتم تثبيط نمو الميكروب بواسطة

٦٪ ملح . عند درجة ١٥°م ، يحدث نمو فى خلال ٧ أيام عند pH ٧,٢ ، ولكن لا يحدث نمو فى ٧ أيام عند pH ٥,٦ أو ٦,٥ . تقاوم البكتريا درجات حرارة التجميد ، وتبقى حيه عند -٥ إلى -٢٠°م .

البكتريا مقاومة للحرارة نسبياً ، حيث يمكن القضاء على ٩٩٪ من هذه البكتريا عند التسخين على درجة ٤٨,٨ ، ٥١,١ ، ٥٣,٣°م لمدة ٦ ساعات ، ولكن يمكن القضاء عليها تماماً بالتسخين على درجة ٥١,١°م لمدة ١٢ ساعة . تختلف مقاومة الجراثيم للحرارة ، حيث وجد أن قيم D عند درجة ١٠٠°م تتراوح بين ٠,٣١ - ١٧,٦ دقيقه ، وعند ١٠٥°م تتراوح بين ٥ إلى ٢٧ دقيقه .

يوجد خمسة أنواع من هذه البكتريا (E - A) . يوجد نوع A فى التربة ، البراز ، الرواسب البحرية والغبار ، وهو أكثر الأنواع المسببة للتسمم فى الإنسان ، ويمثل حوالي ٩٤٪ من عدد العزلات من اللحوم والسجق المعامل . أنواع E, D, C, B بكتريا متطفلة على الحيوانات ، بالرغم من أنها أحياناً توجد فى الإنسان (جدول ٨-٢) . تتميز هذه الأنواع عن بعضها بواسطة نوع التوكسين أو مضادات التوكسين التى تفرزها أى منها ، حيث يوجد ١٠ أنواع من التوكسينات . بالإضافة إلى أن النوع A يسبب التسمم للإنسان ، فإنه أيضاً يسبب مرض الغارغارينا الغازية فى الإنسان gas gangrine وذلك عن طريق إفراز التوكسين من نوع ألفا (α) . أما النوع C فهو نادر الانتشار ، ولكنه أكثر سميه من النوع A ، ويفرز نوعان من التوكسين ألفا (α) وبيتا (β) ، بالإضافة إلى أنها أكثر مقاومة للحرارة .

جدول (٨-٢) : أنواع *Cl.perfringens* والتوكسينات الناتجة .

النوع	نوع التوكسين	العائل	طبيعة المرض	ملاحظات
A	α	الإنسان	تسمم خفيف	أكثر انتشارا
B	δ، β ، α	الغنم	إسهال الغنم	
C	β ، α	الإنسان	تسمم شديد ، التهاب وآلام فى البطن حادين	أقل انتشاراً
D	-	الغنم	التهاب الأمعاء	
E	-	العجول	التهاب الأمعاء	

طبيعة التسمم :

عندما يتم طهي الغذاء الملوث (خاصة اللحوم) ، فإن الحرارة تطرد الأكسجين الذائب وتحفز البكتريا على تكوين الجراثيم . عندما يتم تبريد الغذاء فإنه يحدث إنبات للجراثيم ، وتستمر الخلايا الخضرية فى التكاثر ما لم يتم تبريد الغذاء تبريداً سريعاً وحفظه مبرداً حتى يعاد تسخينه جيداً قبل تناوله . هذا الميكروب قادر على التكاثر فى نطاق واسع من درجة الحرارة (١٥ - ٥٠°م) ، وينمو بطريقة مثلى عند درجة حرارة ٤٣ - ٤٧°م ، حيث تكون فترة الجيل ، (الفترة اللازمة لتضاعف أعداد خلايا البكتريا) ، قصيرة لدرجة تصل إلى ١٢ دقيقة .

يحدث هذا التسمم الغذائي للإنسان على النحو التالى :

١. تناول أغذية تحتوى على $١٠^{٦}$ - $١٠^{٧}$ خلية خضرية حية/جم من الغذاء .
٢. تكاثر الخلايا وتكوين الجراثيم داخل الأمعاء الدقيقة للإنسان أو الحيوان .
٣. تكوين توكسين معوي enterotoxin ، وهو عبارة عن بروتين ذات وزن جزيئي ٣٥٠٠٠ دالتون ، داخل الجراثيم أثناء مراحل تكوين الجراثيم ، حيث يرتبط تكوين التوكسين بتكوين الجراثيم فى أمعاء العائل . وقد وجد أن التوكسين لا يتكون أثناء تكوين الجراثيم خارج أمعاء العائل ، وقد يتكون التوكسين فى البيئات الغذائية الخاصة بتكوين الجراثيم فى بعض أنواع البكتريا.
٤. خروج التوكسين من الجراثيم بعد تحلل جدرانها الخارجية فى داخل الأمعاء الدقيقة .
٥. يسبب التوكسين أضراراً للخلايا الطلائية فى الأمعاء . تحت الظروف الطبيعية، يحدث امتصاص الماء ، Na^{+} ، Cl^{-} والجلوكوز فى الأمعاء ، وفى حالة وجود التوكسين يحدث تثبيط لامتصاص الجلوكوز مع زيادة إفراز الماء ،Na^{+} ، Cl^{-} ، ونتيجة لذلك يحدث زيادة كبيرة فى حركة السوائل وتتجمع السوائل ، فى تجويف الأمعاء الدقيقة ، مما يؤدى إلى حدوث الإسهال .

تختلف طبيعة التسمم الغذائي البرفرنجى عن كل من التسمم البوتشولينى والتسمم العنقودي ، حيث يقترن التسمم البرفرنجى بدخول أعداد كبيرة من الخلايا الخضرية الحية مع الأغذية إلى الجهاز الهضمي ، حيث تنمو وتتكاثر مكونه جراثيم بداخلها ، التى ينطلق منه بعد تحلل جدر الجراثيم داخل الأمعاء ليسبب التسمم . بينما فى النوعين الآخرين ، تقترن طريقة التسمم بتواجد التوكسين فى الأغذية التى يتناولها الإنسان . لذا

يجب فحص الأغذية الناقلة للتسمم (المشكوك فيها) ، مع فحص براز المريض بهذا التسمم للتأكد من وجود خلايا البكتريا من عدمها .

التوكسين :

التوكسين المسئول عن التسمم توكسين معوي **enterotoxin** عبارة عن بروتين . ويعتقد أن عملية إنتاج التوكسين وتكوين الجراثيم ، تحدث فى وقت واحد وتحت ظروف بيئية متماثلة . تسبب سلالات نوع A جميع حالات التسمم الغذائي ، بينما النوع C عادة يسبب مرض تليف الأمعاء **necrotic enterties** فى الإنسان ، ويصل معدل الوفاة فى هذا المرض إلى ٣٥ - ٤٠٪ ، بينما فى حالات التسمم الغذائي بنوع A تحدث الوفاة فى كبار السن والضعفاء .

وقد تم عزل التوكسين المعوي الخاص بسلالات النوع A ، حيث يبلغ وزنه الجزيئ ٣٦,٠٠٠ دالتون ونقطة التعادل الكهربائي IEP ٤,٣ . هذا التوكسين غير مقاوم للحرارة حيث يتم إتلافه بالتسخين عند ٦٠°م لمدة ١٠ دقائق ، كما إنه حساس لأنزيم **pronase** ولكنه مقاوم لأنزيمات التربسين ، الكيموتربسين والبابيين .

يتكون التوكسين فى الخلايا المتحرمة خلال المراحل المتأخرة من تكوين الجراثيم . يفرز التوكسين مع الجراثيم ، ويصل إنتاج التوكسين إلى أقصى حد له مباشرة قبل تحلل الإسبورانجيا **sproangium**. الظروف التى تساعد على تكوين الجراثيم ، تساعد أيضاً على إنتاج التوكسين . وقد وجد أن التركيب البنائى لبروتين التوكسين مماثل للبروتين الموجود فى جدار الجراثيم . ومن المعروف أن التوكسين قد ينتج بواسطة الخلايا الخضرية بتركيزات ضئيلة ولكن فى بيئات النمو ، وعادة ينتج التوكسين فقط عندما يسمح بتكوين الجراثيم .

يوجد التوكسين فى براز المصاب ، حيث يتراوح بين ٣ - ١٦ ميكروجرام/ جرام براز . ولكى يحدث التسمم فإنه يجب توفر الظروف التالية:

١. تلوث الغذاء بميكروب *Cl. perfringens* (حوالي $١٠^{٦}$ /جرام) .
٢. طهى الغذاء عادة يؤدى إلى توفير ظرف مختزلة (لاهوائية) مناسبة .
٣. توفر درجة حرارة مناسبة ، نتيجة عدم تبريد الغذاء بكفاءة ، مع مرور فترة كافية من الزمن تسمح بنمو الميكروب بدرجة كافية .
٤. تناول الغذاء بدون إعادة تسخينه ، حيث أن أعداداً كبيرة من الخلايا الحية يتم تناولها مع الغذاء .

٥. تجرثم الخلايا (تكوين الجراثيم فى الخلايا) داخل الجسم in vivo وإفراز التوكسين المعوي الذى يسبب التسمم .

الأعراض :

تظهر الأعراض فى خلال ٨ - ٢٤ ساعة ، (غالباً بين ٨ - ١٢ ساعة) ، من تناول الغذاء الملوث ، ويكون فى صورة آلام فى البطن وإسهال مع غثيان ، وعادة بدون حدوث مضاعفات مرضية ، إلا فى حالات كبار السن والأطفال ، الذين قد يعانون من الإجهاد . هذه الأعراض عادة تكون غير مصحوبة بحمى أو قئ .

فترة المرض تكون قصيرة نسبياً مع اختفاء الأعراض فى خلال ١٢ - ٢٤ ساعة (جدول ١١-٢) ، قد تحدث حالات وفاة أحياناً بين المرضى كبار السن والضعفاء نتيجة الجفاف .

مصادر التلوث :

١. الإنسان . يحتوى براز الإنسان الطبيعي على $١٠^{٣}$ - $١٠^{٤}$/ مل من النوعين C, A ، وتنتقل هذه البكتريا إلى الأغذية عن طريق مياه المجارى وغيرها .

٢. الحيوانات . يحتوى براز الحيوانات على نسب متفاوتة من هذه البكتريا ، حيث وجد أن ١٨,٤٪ من عينات براز الخنازير ، ١٤,٦٪ من عينات براز الفئران ، ١,٧٪ من عينات براز الأبقار ، تحتوى على هذه البكتريا ، وبذلك تكون الأغذية وعلف الحيوانات عرضه للتلوث عن هذا الطريق .

٣. الغذاء . تعتبر جميع اللحوم الطازجة مثل لحوم البقر ، الغنم ، الخنزير والدواجن تحتوى على هذه البكتريا ، بنسب مختلفة من ١,٥ - ٤٢,٧٪ وقد تصل إلى ٧٢٪ . الأغذية المطبوخة تحتوى على نسب أقل . لذلك فإن الإنسان يكون عرضه للتسمم الغذائي عن طريق تناول اللحوم ، التى لم تتعرض إلى درجات حرارة كافية أثناء الطهى ، أو نتيجة ترك الأغذية لفترة طويلة تحت ظروف ملاءمة لنمو البكتريا بعد طهيها .

٤. الذباب . يحمل الذباب بكتريا مقاومة للحرارة ، وبذلك يكون الذباب عامل نقل رئيسي لهذه البكتريا إلى الغذاء .

٥. التربة والغبار . تتواجد البكتريا فى كافة أنواع التربة ما عدا الصحراوية ، وفى حوالي ٩٠٪ من غبار الدواجن .

الأغذية الناقلة :

الميكروب المسبب للتسمم شائع الوجود فى أمعاء الإنسان والحيوان وفى التربة ، مما يؤدى إلى تلوث اللحوم والخضراوات (جدول ١٢-٢) . توفر اللحوم المطبوخة ، الدجاج، السمك ، الفطائر والمرقة ظروف جيدة للنمو . العامل الرئيسي فى معظم حالات التسمم ، يرجع إلى الفشل فى تبريد الأغذية المطهية تبريداً جيداً ، خاصة عندما تحضر هذه الأغذية بكميات كبيرة ، كما يحدث فى حالات التغذية الجماعية . الأغذية الأكثر شيوعاً فى هذا التسمم اللحوم التى تم طهيها وتركت كى تبرد ببطء مع حفظها بعض الوقت قبل تناولها . تسبب اللحوم ومنتجات الدواجن حوالي ٧٥٪ من حالات تسمم *Cl.perfringens*. عجينة السمك والدجاج البارد أيضاً من الأغذية المشاركة فى هذا التسمم .

نظراً لأن الجراثيم الشائعة فى الأغذية الخام مقاومة للحرارة ، فإن تواجدها فى كثير من الأغذية لا يمكن تجنبه . طهى الأغذية يؤدى إلى القضاء على الخلايا الخضرية والجراثيم من بعض السلالات ، ومع ذلك فإنه من المحتمل أن تنمو الجراثيم المتبقية فى الأغذية المطهية، التى لم يتم تبريدها جيداً . قد تحدث حالات تسمم أيضاً من اللحوم المطهية .

الطهى فى الفرن لا يؤدى إلى القضاء على جميع الجراثيم ، لكن قد يخلق ظروف مختزلة مناسبة . عقب عملية الطهى وفى غياب التبريد الجيد ، فإن جراثيم *Cl.perfringens* تنمو ويزداد عددها . وجود أعداد كبيرة من هذا الميكروب فى غذاء مطهى يدل على سوء التداول والأعداد .

حدثت حالات تسمم فى الولايات المتحدة ، نتيجة تناول لحوم أبقار ، لحوم الديك الرومي ولحوم دواجن . تحدث حالات التسمم عندما تطهى اللحوم على نطاق واسع ، تحت درجات حرارة غير كافية للقضاء على جراثيم البكتريا المسئولة عن التسمم ، وخاصة نتيجة حفظ هذه الأغذية لفترة طويلة تحت ظروف ملاءمة لنمو وتكاثر هذه البكتريا ، حتى تصل إلى أعداد كافية لإحداث التسمم . عادة يحدث هذا التسمم فى حالات التغذية الجماعية ، كما فى المدارس والمطاعم ، المستشفيات والمعسكرات والحفلات وغيرها ، ولكن هذا التسمم نادر الحدوث فى المنازل .

الوقاية :

تتضمن طرق الوقاية من التسمم الغذائي بواسطة *Cl.perfringens* :

١. التبريد السريع ولدرجة مناسبة للحوم المطهية والأغذية الأخرى . عادة يجب حفظ اللحوم ومنتجاتها تحت درجات حرارة ٥,٥°م أو أقل ، وذلك لمنع الجراثيم من النمو والتكاثر ، لحين استهلاكها .
٢. حفظ الأغذية الساخنة عند درجات حرارة أعلى من ٦٠°م .
٣. إعادة التسخين الكامل للأغذية المحفوظة باردة أو المتبقي لدرجة حرارة ٦٥°م أو أعلى قبل استهلاكها ، ضروري للقضاء على الخلايا الخضرية الموجودة .
٤. عدم إطالة الفترة الزمنية بين طهى الأغذية وحفظها بالتبريد .
٥. النظافة الشخصية للعاملين فى مجال أعداد وتداول الأغذية .
٦. التحصين باستخدام التوكسيد toxoid المحضر من مزارع *Cl.perfringens* من نوع C .
٧. الاعتماد على العاملين فى مجال الأغذية ، الذين يكون لديهم خبرة جيدة فى تحضير وتخزين وتداول الأغذية .

التسمم الغذائي الأيشريشي *Escheichia coli* food poisoning

بالرغم من أن *E.coli* من الفلورا الطبيعية فى الأمعاء الغليظة فى الإنسان والحيوان، إلا أن هناك بعض السلالات تستطيع أن تسبب بعض الأمراض المعوية وكذلك تسمم غذائي ، وأحياناً الالتهاب السحانى والتسمم الدموي . أى سلالة تستطيع أن تسبب مرض الإسهال فى الإنسان أو الحيوان تعرف بأنها مرضية معوية enteropathogenic .

هذه البكتريا عصوية قصيرة فردية (٠,٥ - ٢ x ٣ - ١٥ um) ، متحركة سالبه لجرام ، غير متجرثمة ، تحلل اللاكتوز والجلوكوز مع إنتاج غاز CO_2, H_2 ، كما تحلل السكروز والمانيتول ، وتنتج الأندول ولا تخمر السترات . درجة الحرارة المثلى للنمو ٣٧°م، ونطاق درجة حرارة النمو يتراوح من ١٠ إلى ٤٠°م . درجة pH المثلى للنمو ٧ - ٧,٥ ، ويتراوح نطاق pH للنمو من ٤,٥ إلى ٨,٥ . الميكروب غير مقاوم للحرارة نسبياً ، ويمكن القضاء عليه بسهولة عند درجات حرارة البسترة والطهى الجيد للطعام .

تقسم سلالات *E.coli* المرضية المعوية طبقاً لميكانيكية عدوى هذه السلالات إلى ٤ مجموعات :

١. سلالات Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC) .تكون قادرة على الإرتباط بالخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء الدقيقة وتسبب إسهالاً ، كما تنتج توكسينات مقاومة أو غير مقاومة للحرارة أو الاثنين معاً .

٢. سلالات Enteroinvasive *E.coli* (EIEC) . تكون قادرة على اختراق (غزو) الخلايا الطلائية في الأمعاء الدقيقة والقولون والتكاثر فيها ، ولكن لا تنتج توكسينات مقاومة أو غير مقاومة للحرارة .

٣. سلالات Enteropathogenic *E.coli* (EPEC) . وتكون غير قادرة على مهاجمة (غزو) أغشية الأمعاء ، أو إنتاج توكسينات مقاومة أو غير مقاومة للحرارة ، بالرغم من أن هذه السلالات لها القدرة على الارتباط بالأغشية المخاطية للأمعاء الدقيقة .

٤. سلالات Enterohemorrhagic *E.coli* (EHEC) . وهي سلالات سيريولوجية ، من أهمها H7 : 0157 ، تسبب نزيف الأغشية المخاطية للقولون والذى يتميز بإسهال دموي شديد قد يؤدى إلى الوفاة . بالإضافة إلى ذلك فإن المرضى غالباً ما تعانى من أعراض البول الدموي والذى يسبب أضراراً بالغة فى الكلى ، قد يؤدى إلى ضرورة زراعة أو نقل كلى .

سوف يتم مناقشة (ETEC) (EHEC) فى هذا الفصل حيث أن العدوى مرتبطة بإنتاج التوكسين . بينما المجموعتين (EPEC), (EIEC) سوف يتم مناقشتها ضمن أنواع التسمم الغذائي بالعدوى (الفصل الثالث) .

تقسم هذه السلالات سيريولوجيا طبقاً لأنتيجينات الخلايا antigens ، حيث يوجد ٣ أنواع من الأنتيجنبات :

O أنتيجينات جسميه مقاومة للحرارة heat-stable somatic antigens

K (Vi) أنتيجنبات كبسولية (جسميه) غير مقاومة للحرارة heat-labile somatic antigens

H أنتيجينات الأسواط(الفلاجلا) غير مقاومة للحرارة heat-labile flagellar antigens.

يوجد حوالي ١٦٤ ، ١٠٠ ، ٥٦ سلالات سيرولوجيه معروفة من O ، K(Vi)، H على التوالى . حوالي ٤٠ سلاله سيرولوجيه فقط تسبب مرض الإسهال ، وكانت أول سلالة سيريولوجيه ثم عزلها من أطفال يعانون من الإسهال ، هى 0111 وتكون نسبة

عالية من فلورا البراز ، تصل إلى ٨٠ - ١٠٠٪ . عادة تستوطن *E.coli* الجزء السفلي من الأمعاء ، بينما تستوطن الأنواع المرضية الجزء العلوي من القناة الهضمية . بالرغم من وجود مئات من السلالات السيريولوجيه *E.coli* ، فإن عدد قليل نسبياً يسبب العدوى (جدول ٩-٢) .

جدول (٩-٢) : الأنواع السيريولوجية O لكل EHEC, ETEC المرتبطة بمرض الإسهال .

⇒ Enterotoxigenic (ETEC)
06, 08, 020, 025, 063, 078, 080, 085, 0115
0125, 0139, 0148, 0153, 0159, 0167
⇒ Enterohaemorrhagic (EHEC)
01, 026, 091, 0111, 0113, 0121, 0128, 0145, 0157 (أكثر شيوعاً)

أ- التسمم الإيشريشى المعوي

Enterotoxigenic *E.coli* (ETEC)

تنتج سلالات ETEC نوعين من التوكسينات المعوية enterotoxins ، أحدهما غير مقاوم للحرارة heat-labile (LT) ، والثاني مقاوم للحرارة heat-stable (ST) . معظم السلالات تنتج كل من النوعين من التوكسينات ، إلا أن بعض السلالات تنتج نوع واحد فقط .

توكسين LT عبارة عن بروتين ذات وزن جزيئي ٨٤ - ٩١ x 10^3 دالتون ، ويماثل توكسين الكوليرا cholera-toxin (CT) ، من حيث التركيب والصفات الأنتيجينية وكذلك أسلوب التأثير ، ولكن يختلف عنه فى محتوى الأحماض الأمينية . توكسين LT يتلف بالتسخين عند ٦٠°م لمدة ٣٠ دقيقه كما أنه غير مقاوم للأحماض .

توكسين ST عبارة عن ببتيدات عديدة polypeptide حامضية (لا تحتوى على أحماض أمينية قاعدية) . هذه التوكسينات مقاومة للحرارة ، ويتم أتلافها بالتسخين عند ١٠٠°م لمدة ١٥ دقيقه ، كما أنها مقاومة للأحماض . ويوجد نوعان من توكسين ST وهما St_a ، St_b ، ذات أوزان جزيئية ٢٠٠٠ ، ٥٠٠٠ دالتون على التوالى .

يعتقد أن هذه التوكسينات مسئولة عن مرض إسهال الرضع infantile diarrhoea ، وكذلك مرض إسهال المسافرين traveller's diarrhoea . توكسين LT يساعد الميكروب على الإرتباط بالخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء ، وينشط أنزيم adenylate cyclase مما يؤدى إلى زيادة مستوى AMP الحلقي (cAMP) ، الذى

يسبب خللاً أو اضطراباً فى وظائف الخلايا الطلائية ، مما يـؤدى إلى زيـادة إفـراز السـوائل (الماء والإلكيتروليتات Na^+, Cl^-) فى تجويف الأمعاء وحدوث إسـهال مـائي غزيـر . أى أن الإسهال يحدث نتيجة سوء امتصاص الماء والأملاح ، حيث يكون معدل إفراز السوائل أعلى من معدل امتصاص السوائل ، مما يؤدى إلى إفراغ متكرر لبراز مائي . يعتقد أيضاً أن توكسين ST يؤثر بطريقة مماثلة ، حيث ينشط أنزيم guanylate cyclase ، ويزيـد مـن مستوى GMP الحلقي (cGMP) مما يزيد من إفراز السوائل فى تجويف الأمعاء وحـدوث إسهال مائي .

سـلالات ETEC مسـئولة عـن حـدوث مـرض إسـهال الرضـع infantile diarrhoea وكذلك إسهال المسافرين traveller's diarrhoea ، خاصـة المسـافرين مـن مناطق ذات مستوى صحي مرتفع ومناخ معتدل إلى مناطق منخفضـة المسـتوى الصحـي . قد يكون المرض ناتج عن طريق الغذاء أو الماء الملوث ، تتوطن $10^6 - 10^{11}$ خليـة /جـم الأمعاء الدقيقة ، وتنتج توكسـينات معويـة تسـبب حـدوث إسـهال مـائي مماثل لإسـهال الكوليرا .

التسمم الغذائي بواسطة ETEC غير شائع فى الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة وكذلك فى دول أخرى ، حيـث أنـه مـن الصعـب التعـرف علـى الميكـروب فـى المزارع المختلطة (*E.coli* الذى يتوطن الأمعاء) ، ويحتاج ذلك إلى خبرة وتقنية عاليـة فـى التعرف على هذا الميكروب بصورة مؤكدة .

الأعراض :

تظهر الأعراض بعد فترة حضانة تتراوح من ١٢ إلى ٧٢ ساعة مـن تنـاول الغـذاء الملوث (جدول ١١-٢) ، وتشـمل إسـهال مـائي حـاد وألم فـى البطـن ، وأحيانـاً غثيـان ونادراً ما يحدث قئ . تستمر الأعراض ١ - ٧ أيام ، حيث يتم شفاء المرضى ، ومع ذلـك فى الأطفال الذين يعانون من سوء التغذية فى الدول النامية ، فإن أعراض المرض قد تستمر عدة أسابيع وقد يحدث جفاف للأطفال .

الأغذية الناقلة :

يمكن عزل هذه الميكروبات من كثير من الأغذية الخام (النيئة) ، خاصـة الأغذيـة الحيوانية (جدول ١٢-٢) . ونظراً لأن *E.coli* جزء من فلورا الأمعاء فى الإنسان ، فـإن وجوده يكون دليلاً على عدم النظافة وتداول الأغذية تحت ظروف صحية سـيئة ، ويمكـن

أن يستخدم كدليل على التلوث بالبراز . كما تحدث حالات مرضية كثيرة بواسطة ETEC عن طريق الماء .

الوقاية :

نظراً لأن *E.coli* من الملوثات البرازية الشائعة ، فإنه يجب اتخاذ الإحتياطات الكافية لتجنب التلوث المباشر للأغذية من البراز ، وذلك بالاهتمام بالنظافة الشخصية وخاصة للعاملين فى تحضير وتداول الأغذية . كما يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع تلوث المياه بالمجارى ، وكذلك الطهى الكامل للأغذية التى يحتمل تلوثها وكذلك تجنب تلوث الأغذية المطهية من الأغذية الخام .كما يجب عدم استخدام فضلات المجارى غير المعاملة فى تسميد المحاصيل والخضراوات .

تحدث حالات التسمم الغذائي *E. coli* نتيجة تلوث الأغذية بالبراز ، حيث تنمو وتتكاثر الميكروبات عند حفظ الأغذية على درجات حرارة مناسبة لنمو هذه الميكروبات. لذلك فإنه يجب حفظ الأغذية المعدة للاستهلاك تحت ظروف تبريد مناسبة (درجة حرارة لا تزيد عن ٧°م) .

ب– تسمم الإسهال الدموي الأيشريشى

Enterohaemorrhagic *E.coli* (EHEC)

فى عام ١٩٨٢ حدث حالات تسمم فى بعض المناطق فى الولايات المتحدة الأمريكية ، نتيجة تناول سندوتشات لحم مفروم من مطاعم الوجبات السريعة . جميع المصابين كانوا يعانون من إسهال دموي hemorrhagic colitis وتقلصات شديدة فى البطن ، وقد وجد أن ٦٢٪ من المصابين كانوا يعانون من غثيان ، ٤٩٪ قئ ، ٧٪ فقط حمى . مدة الحضانة ٤ – ٥ أيام ، وتستمر الأعراض فترة ٣ إلى أقل من ٧ أيام ، وقد تم عزل سلالة *E.coli* 0517 : H7 من براز المرضى . نادراً ما توجد السلالة فى براز المريض بعد ٧ أيام من ظهور الأعراض ، كما سجلت حالات تسمم مماثلة فى كندا واليابان والمملكة المتحدة . توجد أنواع سيريولوجيه من *E.coli* تسبب هذا المرض (جدول ٩–٢) ، وقد وجد أن حالات نزيف القولون مرتبط بنوع واحد من الأنواع السيريولوجيه (0157:H7) ، وتوجد أنواع أخرى مثل 026 ، 0111 ، 0113 ، 0121 ، 0145 قد تسبب أيضاً إسهال دموي أقل شدة .

يعزى هذا المرض إلى إنتاج واحد أو أكثر من توكسينات خلوية vero cytotoxins (VTs) ، وهذه التوكسينات مماثلة بدرجة كبيرة لتوكسين الشيجيلا

shiga toxin النـاتجـة بواسـطة *Shigella dysenteriae* . هـذه التوكسينات تسـبب إسهال دموي أو مائي أو الاثنين .

هذه التوكسينات تصيب القولون أكـثر مـن إصابـة الأمعـاء الدقيقـة ، وهـى أكـثر حساسية للحرارة عن توكسينات السالمونيلا . الميكروبات غير مقاومة للحرارة حيث تبلـغ قيم D عند درجة ٦٩°م ٤٥ ثانية فى اللحم المفروم ، كما تقاوم ظروف التجميد ، حيث تبقى حية فى اللحم المفـروم المحفـوظ عنـد -٢٠°م لمـدة ٩ شـهور مـع تغيـير طفيـف فـى الأعداد. نمو الميكروب يكون ضعيفاً عند درجة ٤٤ - ٤٥°م ، ولا ينمو عند ٤٥,٥°م ، لذلك فإنه من الصعب الكشف عن وجوده فى اختبار بكتريا القولون فى البراز .

الأعراض :

يحدث نزيف القولون الدمـوي haemorrhagic colitis (HC) ، وهـو إسـهال مصحوب بدم غزير واضح فى البراز ، مصحوب بألم شديد فى البطن ، ثم يصبـح شـديداً ومماثلاً لالتهاب الزائدة الدودية appendicitis . وقـد يحـدث قئ ، وقـد يصاحبـه حمى خفيفـة . حـوالي ١٠٪ مـن الحـالات تتطـور إلى مـرض يعـرف بـأعراض البـول الدمـوي uraemic ، والذى يسبب أضراراً خطيرة فى الكلى تحتاج إلى عمليـات غسـيل كلـوى ، وقد يؤدى إلى ضرر دائم فى الكلى يحتاج إلى نقل أو زراعة كلى .

تختلف فترة الحضانة من ٢ - ٨ يوم ، وقد تصل إلى ١٢ يوم ، وقد تستمر أعراض المرض فترة تصل إلى ٨ أيام (جدول ١١-٢) .

الأغذية الناقلة :

فى المملكة المتحدة ، تم عزل *E.coli* 0157 من براز الأبقار فى عام ١٩٨٩ ، ممـا يدل على أن الماشية قد تكون مصدراً لهذه العدوى . وقـد وجـد أن تلـوث الذبيحـة أثنـاء عملية الذبح والأعداد ، يجعل اللحم البقري ومنتجاته مصدراً لهذه العدوى .

كما يمكن أن ينتقل الميكروب من الماشية إلى الإنسان عن طريق استهلاك لبن هـذه الحيوانات . كما حدثت حالات مرضيه فى أمريكا الشمالية ، نتيجة اسـتهلاك لـبن خـام أو لحم بقرى خام أو مطهى جزئياً (جدول ١٢-٢) .

الوقاية :

يجب تجنب تناول الأغذية من أصـل حيوانـي فـى صـورة خـام أو مطهيـة جزئيـاً ، خاصة اللحم البقرى المفروم ، مع أخذ الإجراءات الكافية والمعاملات التـى قـد تـؤدى إلى

منع تلوث الأغذية المطهية من الأغذية الخام . كما يجب مراعاة النظافة الشخصية للأفراد المتعاملين مع تحضير وتداول الأغذية .

التسمم الغذائي الباسيللي : *Bacillus cereus* food poisoning

من المعروف أن *Bacillus cereus* يسبب تسمم غذائي منذ بداية هذا القرن (١٩٠٦) ، وقد ظهر فى المجر فى الفترة من ١٩٦٠ - ١٩٦٨ نتيجة تناول وجبات من كفتة اللحم meat balls ، وفى الولايات المتحدة فى عام ١٩٦٩ نتيجة تناول مهروس البطاطس ، وفى المملكة المتحدة فى عام ١٩٧١ نتيجة تناول أرز مطبوخ ، وفى ١٩٧٥ نتيجة تناول قشدة مبسترة . كما ظهر فى كندا واليابان وشمال وشرق أوروبا .

وقد تم التعرف على نوعين من هذا التسمم ، يسبب كل منهما نوعين مختلفين من التوكسينات ، أحدهما يسبب تسمم القئ emetic والثاني يسبب تسمم الإسهال diarrhoeal . يتجرثم *B.cereus* بسهولة فى الغذاء ، على عكس *Cl.perfringens* ، لذلك فإن *B.cereus* يقاوم المعاملة الحرارية ، وبالتالى تنمو الجراثيم وتتكاثر وتسبب التسمم . وعموماً فإن *B.cereus* أكثر انتشارا فى حالات تسمم الأغذية عن *Cl.perfringens* .

الميكروب المسبب :

يسبب هذا التسمم *B.cereus* ، وهو ميكروب عصوي(١ - ١,٢ x ٣ - ٧ um) ، متجرثم ويكون جراثيم وسطيه ، هوائي ولاهوائى اختياري . تتراوح درجة حرارة النمو من ١٠ إلى ٥٠°م ، الدرجة المثلى للنمو ٢٨ - ٣٥°م . يتراوح نطاق pH النمو من ٤,٩ إلى ٩,٣ ، وقد يصل الحد الأدنى للـpH إلى ٤,٣٥ . يصل الحد الأدنى a_w للنمو ٠,٩١٢ ، لا يستطيع هذا الميكروب النمو فى وجود NaCl بتركيز يصل إلى ١٠٪.

الجراثيم مقاومة للحرارة ، ومماثلة لجراثيم الأنواع المحبة للحرارة المعتدلة mesophiles . تبلغ قيم D عند ٨٥°م ٢٢٠ دقيقه ، عند ٩٠°م /٧١دقيقه ، عند ٩٥°م ١٣ دقيقه وعند ١٠٠°م ٥,٥ - ٨ دقيقه ، وذلك فى منظم فوسفات عند pH ٧,٠ . تبلغ قيمة D عند ١٠٠° م فى اللبن الفرز ٢,٧ - ٣,١ دقيقه .

بعض سلالات *B.cereus* تستطيع أن تنمو عند درجة ٤°م ويتضاعف عددها فى ٧ أيام ، وتصل إلى ٣ أضعاف العدد فى ١٠ أيام .

توجد ٢٦ نوع سيريولوجى مختلف من *B.cereus* تسبب التسمم . وقد تم تشخيصها طبقاً لأنتيجينات الأسواط (الفلاجلا) . أنواع H.8, H.3, H.1 تسبب تسمم القئ ، وأنواع H.8, H.2, H.1 ترتبط بتسمم الإسهال .

التوكسين :

تنتج السلالات المسببة للتسمم الغذائي التوكسينات والنواتج الخارجية التالية : β-lactamase , hemolysin , proteases, lecithinase, cereolysin وهى توكسينات خلوية ، بالإضافة إلى توكسين معوي مسبب للقئ emetic enterotoxin وتوكسين معوي مسبب للإسهال diarrhoetic enterotoxin. التوكسينات المعوية enterotoxins مسئوله عن أعراض التسمم الغذائي الذى يسببه هذا الميكروب .

التوكسين المسبب للإسهال ، عبارة عن بروتين ذات وزن جزيئ حوالي ٥٠,٠٠٠ دالتون ، نقطة التعادل الكهربي IEP ٤,٩ . ينتج هذا التوكسين خلال مرحلة النمو اللوغاريتمى للميكروب . التركيز المنخفض من O_2 ينشط من إنتاج هذا التوكسين . هذا التوكسين غير مقاوم للحرارة ، وحساس لأنزيم التربسين والبرونيز pronase . يتم إنتاج التوكسين فى نطاق درجة الحرارة يتراوح بين ١٨ - ٤٣°م ، وpH من ٦,٠ - ٨,٥ ، والدرجة المثلى من pH لإنتاج التوكسين ٧,٠ - ٧,٥ .

التوكسين المسبب للقئ غالباً ما يكون ببتيد peptide مقاوم للحرارة والتغيرات فى pH ، ويبلغ وزنه الجزيئ ٥٠٠٠ دالتون ، ومقاوم للتربسين والبيسين . تنمو السلالات المنتجة لهذا التوكسين فى نطاق ١٥ - ٥٠°م ، مع درجة حرارة مثلى ٣٥ - ٤٠°م . بينما أعراض تسمم القئ غالباً ما يكون مرتبط بوجبات الأرز المطهى ، فإن نمو السلالات المنتجة لتوكسين القئ فى الأرز لا تفوق عموماً سلالات *B.cereus* الأخرى ، بالرغم من وجود أعداد أكثر وإنبات جراثيم بمعدل أكبر فى هذا المنتج . التوكسين مقاوم للحرارة (١٢٦°م لمدة أكثر من ٩٠ دقيقة) .

يوجد نوعان من تسمم الغذائي الباسيللى :

أ- تسمم القئ Emetic type :

يحدث هذا التسمم عقب تناول أغذية ملوثه بتوكسين منخفض الوزن الجزيئى ، يتكون أثناء تكوين الجراثيم ، ويعتقد أن تأثير هذا السم مماثل لأسلوب تأثير التوكسين الذى يفرزه *Staphylococcus aureus* . ويتم إنتاج التوكسين فى الغذاء على النحو التالى :

الجراثيم الموجودة فى الأرز مقاومة للحرارة بدرجة كبيرة ، ولا يقضى عليها أثناء عملية الطهى ، التى بدورها تنتقى جراثيم تتميز بمقاومة حرارية أعلى . عندما يبرد الأرز حيث يتم إنبات الجراثيم ، فإن نمو الخلايا الخضرية يكون سريعاً ، خاصة عند درجة حرارة الغرفة ، نتيجة لذلك يوجد أعداد كبيرة من الخلايا الخضرية فى الغذاء ، حيث يتجرثم بعض هذه الخلايا مما يؤدى إلى تكوين التوكسين ، خاصة إذا حفظ الأرز عدة ساعات عند درجة حرارة الغرفة الدافئة نسبياً . بالرغم من أن الأرز قد يتم تحميره قبل الاستهلاك، فإن التوكسين مقاوم للحرارة ، ويمكن أن يقاوم درجة ١٢١°م لمدة ٩٠دقيقه .

الأعراض :

تظهر أعراض هذا التسمم بعد ١ - ٦ ساعات ، وغالباً ما تكون ٢ - ٥ ساعة عقب تناول الغذاء المحتوى على التوكسين (جدول ١١-٢) . أعراض هذا التسمم مشابه لأعراض التسمم العنقودي ، حيث تكون الأعراض غثيان وقئ ونادراً ما يحدث إسهال . يتم الشفاء الكامل فى خلال ٢٤ ساعة ، كما فى التسمم العنقودي ، ونادراً ما يحدث مضاعفات .

الأغذية الناقلة :

الميكروب المسبب شائع الانتشار فى البيئة الطبيعية ، بالإضافة إلى البيئة فى المنزل والمستشفى ، وكذلك الحبوب الغذائية وخاصة الأرز ، حيث يشارك فى معظم حالات التسمم (جدول ١٢-٢) . هذا التسمم غالباً ما يكون مرتبطاً بوجبات الأرز المحمر أو الأرز المطهى الذى حفظ على درجة حرارة دافئة لعدة ساعات بعد الطهى ، القشدة المبسترة ، بودنج الأرز ، المكرونة ، مهروس البطاطس mash potatoes والخضراوات . وقد حدث هذا التسمم فى المملكة المتحدة وكندا وأستراليا وهولندا وفنلندا واليابان والولايات المتحدة. معظم حالات التسمم التى حدثت فى المملكة المتحدة فى الفترة من ٧١ - ١٩٧٨ ، كانت نتيجة تناول الوجبات الصينية السريعة (الأرز المقلى) .

أعداد الميكروبات اللازمة لحدوث هذا التسمم يكون أعلى منها فى حالة تسمم الإسهال حيث تصل هذه الأعداد إلى ٢ x ١٠^{٩} / جم .

وحديثاً وجد نوع آخر من *Bacillus* وهو *B.subtilis* يسبب تسمم القئ حيث تظهر الأعراض بدرجة سريعة جداً (جدول ١٠-٢) . ومن المعتقد أن التوكسين الذى ينتجه هذا الميكروب مماثل للتوكسين الذى ينتجه *B.cereus* . تسمم *B.subtilis* يرتبط أساساً باللحوم والفطائر والفطائر المحشوة باللحم والأطباق الشرقية .

الوقاية :

نظراً لأن أنواع *Bacillus* شائعة الانتشار فى البيئة ، فإن هذا الميكروب دائماً يلوث الأغذية . يمثل *B.cereus* مشاكل خطيرة عندما يوجد بأعداد كبيرة ، أو عندما ينتج التوكسين . ولتجنب ذلك يجب منع إنبات الجراثيم ومنع الخلايا الخضرية من التكاثر فى الأغذية المطهية . حفظ الأغذية المطهية وخاصة الأرز تحت درجات حرارة منخفضة (أقل من ٤°م) ، يحد كثيراً من نمو هذه الميكروبات وإنتاج التوكسين .

ب- تسمم الإسهال Diarrhoetic type

بالإضافة إلى النوع الذى يسبب القئ ، فإن *B.cereus* أيضاً مسئولة بدرجة كبيرة عن هذا التسمم نتيجة توكسين الإسهال ، الذى يتكون على النحو التالى : نظراً لأن الجراثيم أكثر مقاومة للحرارة عن الخلايا الخضرية ، فإنها تقاوم عملية الغليان التى تتعرض لها الأغذية المطهية ، وتبقى فى هذه الأغذية . تستطيع هذه الجراثيم أن تنمو فى القناة الهضمية بعد تناول الغذاء الملوث ، حيث يتكون التوكسين . أسلوب تأثير هذا التوكسين مماثل لأسلوب توكسين الكوليرا ، حيث يسبب إفراز السوائل فى تجويف الأمعاء نتيجة لتنشيط أنزيم adenylate cyclase، مما يؤدى إلى حدوث الإسهال . هذا التوكسين غير مقاوم للحرارة ، وينخفض نشاطه بدرجة كبيرة عند درجات حرارة أعلى من ٤٥°م .

الأعراض :

تظهر أعراض هذا التسمم فى خلال ٨ - ١٦ ساعة ، وغالباً ما تكون ١٢ - ١٣ ساعة ، وتستمر الأعراض لمدة ١٢ - ٢٤ ساعة (جدول ١١-٢) . تتكون الأعراض أساساً من غثيان ، ألم فى البطن مع تقلصات وإسهال مائي شديد ونادراً ما يحدث قئ وحمى . تتشابه أعراض هذا التسمم مع أعراض التسمم البرفرنجى *Cl.perfringens* intoxication ، هذا التسمم شائع الحدوث فى شمال وشرق أوروبا ، وكذلك فى المملكة المتحدة ، الولايات المتحدة الأمريكية ، كندا واليابان ، لكنه أقل انتشارا عن تسمم القئ .

الأغذية الناقلة :

أنواع كثيرة من الأغذية تشارك فى هذا التسمم ، مثل اللحم المفروم والمطهى ، الخضراوات ، المرقه ، السجق ، اللبن ، البودنج ووجبات الحبوب التى تحتوى على ذرة أو نشا ذرة . وقد وجد أن المحتوى الميكروبي للأغذية المسببة لحالات التسمم تتراوح من

10^{5} إلى ٩,٥ x 10^{8} /جم . وكثير من هذه الأغذية تقع فى نطاق 10^{7} - 10^{8} /جم. وقد وجد أن الحد الأدنى للجرعة المسببة للتسمم 10^{7} / جم ، والحد الأقصى ٥ x 10^{10}/ جم ، وفى المتوسط تصل الجرعة إلى 10^{7}/ جم . كما وجد أن ٧٦٪ من الأغذية المشاركة فى حالات التسمم تحتوى على 10^{6}/ جم .

كما وجد البعض أن *B.licheniformis* يسبب تسمماً مماثلاً لتسمم الإسهال ، بالرغم من حدوث القئ بنسبة أعلى (جدول ١٠-٢) . يرتبط هذا التسمم باللحم البقرى المفروم والعجائن المحشوة والدواجن والأطباق الشرقية .

جدول (١٠-٢) : بعض صفات التسمم الغذائي بواسطة كل من *B.subtilis* و *B.licheniformis* .

الصفة	*B.licheniformis*	*B.subtilis*
الأعراض (% من حالات التسمم)		
فترة الحضانة (ساعة)	٨	٢,٥
إسهال	٩٢	٤٩
قئ	٥٤	٨٠
غثيان	صفر	٢٠
فترة الشفاء (ساعة)	٢٤	٨
الجرعة المسببة للتسمم	10^{8}	٠,٥ X 10^{7}

الوقاية :

مماثلة للوقاية فى كل من تسمم القئ والتسمم البرفرنجى .

جدول (١١-٢) : المظاهر الأكلينكيه الناتجه عن التسممات الغذائية البكتيرية بالتوكسين .

الصفة	*S.aureus*	*Cl.botulinum*	*B.cereus (E)*	*Cl.perfringens*	*B.cereus* (D)	ETEC	EHEC
فترة الحضانة (ساعة)	١ - ٦	١٢ - ٣٥	١ - ٦	٨ - ٢٤	٨ - ١٦	١٢ - ٧٢	٤٨ - ٢٨٨
فترة المرض (ساعة)	٦ - ٢٤	١ أسبوع - ٦ شهور	٦ - ٢٤	١٢ - ٢٤	١٢ - ٢٤	٢٤ - ١٦٨	٧٢ - ١٩٢
قئ	+	±	+	−	−	−	−
غثيان	+	±	+	±	+	+	+
إسهال	+	±	±	+	+	+	+
ألم فى البطن (مغص)	+	±	+	+	+	+	+
حمى (ارتفاع فى درجة الحرارة)	−	−	−	−	−	+	−

− نادراً ما يحدث ، ± يحدث أحياناً ، + غالباً ما يحدث ، E = قئ ، D = إسهال

جدول (١٢-٢) : الأغذية الشائعة فى التسممات الغذائية البكتيرية بالتوكسين .

التسمم	اللحوم ومنتجاتها	الدواجن	البيض	اللبن	منتجات الألبان	الأغذية البحرية	خضراوات	حبوب غذائية
S.aureus	+	−	+	−	+	−	−	−
Cl.botulinum	+	−	−	−	−	+	+	−
B. cereus (E)	−	−	−	−	−	−	−	+
Cl.perfringens	+	+	−	−	−	−	−	−
B. cereus (D)	+	−	−	−	+	−	−	−
ETEC	+	−	−	−	−	−	−	−
EHEC	+	−	−	+ (a)	−	−	−	−

E = قئ ، D = إسهال ، (a) = لبن غير مبستر