

УДК 664.8.036.523

ANALYSIS OF CAUSES AND MEASURES FOR THE PREVENTION OF *C. BOTULINUM* TOXINS IN CANNED PRODUCTS DURING THE ENTIRE PRODUCTION CYCLE

E. Ivashchenko, L. Stoyanova

State Educational Institution "Odessa Institute of Postgraduate Education" of the National University of Food Technologies

O. Krasulya

National University of Food Technologies

Key words:

Food poisoning
Pathogens
C. botulinum
Botulinum toxins
Toxin formation
Clostridia
Mesophila.

Article history:

Received 11.09.2019
Received in revised form
19.09.2019
Accepted 11.10.2019

Corresponding author:

O. Krasulya

E-mail:

olena_krasulya@ukr.net

ABSTRACT

The paper investigates and summarizes information on cases of botulinum poisoning, features of *C. botulinum* bacteria, methods of storage and processing of raw materials for food, which made it possible to identify the most dangerous products from the point of view of botulinum poisoning. Using the logic-analytical method, the analysis of domestic and foreign publications, own research, systematized and summarized the requirements for the sanitary status of production and the general principle of processing butulin-hazardous raw materials, characterized the impact of procedures of food safety management systems on improving the quality of products.

It is noted that the development, toxin formation of microorganisms are greatly influenced by physical, chemical and biological factors of the environment (temperature, humidity, presence of oxygen, pH of the medium, composition of its own microflora of the product, etc.) and the presence of nutrient medium. The main reasons for the production of hazardous products are the violation of the basic requirements for technological processes, namely temperature parameters, sanitary conditions of storage of raw materials, non-compliance with recipes, etc. In order to prevent food poisoning, the pathways and causes of *C. botulinum* development, as well as methods of inactivation of microorganisms and their toxins, have been studied in detail to work out basic measures to ensure food safety.

It is noted that the prevention of food spoilage is to regulate, slow down, eliminate or minimize the processes that cause the spoilage. Prevention of food poisoning of microbial nature, including *C. botulinum* toxins, is based on the complex application of organizational and technological measures inherent in each individual type of production and common sanitary and epidemiological measures aimed at preventing food contamination of products and the destruction of microorganisms in them.

DOI: 10.24263/2225-2924-2019-25-5-16

АНАЛІЗ ПРИЧИН І ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ ТОКСИНІВ *C. BOTULINUM* У КОНСЕРВОВАНИХ ПРОДУКТАХ ПРОТЯГОМ УСЬОГО ВИРОБНИЧОГО ЦИКЛУ

К. Ю. Іващенко, Л. О. Стоянова

*Державний заклад освіти «Одеський інститут післядипломної освіти»
Національного університету харчових технологій*

О. О. Красуля

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено та узагальнено інформацію про випадки ботулінічних отруєнь, особливості бактерій *C. botulinum*, способи зберігання та перероблення сировини на харчові продукти, що дало змогу виділити найбільш небезпечні, з точки зору ботулінічних отруєнь, продукти. Із застосуванням логіко-аналітичного методу проаналізовано вітчизняні та зарубіжні публікації, власні дослідження, систематизовано й узагальнено вимоги щодо санітарного стану виробництва та загального принципу обробки бутуліно-небезпечної сировини, охарактеризовано вплив процедур систем менеджменту безпеки харчових продуктів на підвищення якості продукції.*

*Відзначено, що на розвиток і токсиноутворення мікроорганізмів великий вплив мають фізичні, хімічні та біологічні фактори зовнішнього середовища (температура, вологість, наявність кисню, рН середовища, склад власної мікрофлори продукту тощо) та наявність поживного середовища. Основними причинами виробництва небезпечних продуктів є порушення вимог щодо ведення технологічних процесів (температурних параметрів, санітарних умов зберігання сировини, недотримання рецептур тощо). Для запобігання випадкам отруєння харчовими продуктами докладно вивчено шляхи потрапляння та причини розвитку в них *C. botulinum*, а також способи інактивації мікроорганізмів та їх токсинів для відпрацювання основних заходів для забезпечення безпеки харчування.*

*Відзначено, що запобігання псуванню харчових продуктів зводиться до регулювання, сповільнення, усунення чи мінімізації процесів, які є причинами псування. Профілактика харчових отруєнь мікробної природи, зокрема токсинами *C. botulinum*, ґрунтується на комплексному застосуванні організаційних і технологічних заходів, притаманних кожному окремому виду виробництва, і загальноприйнятих санітарно-епідеміологічних заходах, спрямованих одночасно на запобігання обсіменінню сировини, розмноженню збудників псування та харчових отруєнь у харчових продуктах і на знищення мікроорганізмів у них.*

Ключові слова: харчові отруєння, патогени, *C. botulinum*, ботулінічні токсини, токсиноутворення, клостридії, мезофіли.

Постановка проблеми. Наразі найбільш небезпечним патогеном, який викликає харчове отруєння і нерідко призводить до смерті людини, залишається *Clostridium botulinum*. Збудник ботулізму отримав свою видову назву від латинського «*botulus*» — ковбаса, оскільки вперше був виявлений в 1896 р. Ван Ерменгемом (Голландія) у ковбасі, яка стала причиною смертельного отруєння 34 людей [1; 2].

Збудник харчових отруєнь ботулінічної етіології *C. botulinum* — це великі паличкоподібні бактерії із закругленими кінцями розміром близько (0,3...1,3) · (3,4...8,6) мкм, у молодому віці рухливі, грамнегативні. Зі старінням культури стають грамваріабельними, втрачають рухливість. Мають протеолітичні і сахаролітичні властивості. Ростуть у діапазоні температур від 10 до 50°C, оптимальна температура — 30...40°C, але деякі штами можуть рости за 3...5°C. Оптимальні умови для розвитку і токсиноутворення створюються за рН 7,2...7,4. Культивують їх на казеїнових, м'ясних та інших середовищах. Ріст на рідкому середовищі Кітт-Тароцці супроводжується газоутворенням, помутнінням і випаданням осаду, при цьому з'являється запах масляної кислоти — згірлого масла, згодом бульйон просвітлюється. При глибинному посіві у тверді поживні середовища утворюють колонії у вигляді шматочків вати без оформленого центру. На глюкозокров'яному агарі дають неправильної форми колонії з ниткоподібними утвореннями [3; 4].

Ботулізм — це рідкісне, але найбільш важке харчове отруєння, причиною якого є токсин, що утворюється бактеріями *C. Botulinum*, з високою летальністю — від 20 до 70% випадків. Без специфічного лікування летальність досягає 85%.

Захворювання людини, зазвичай, пов'язують з інтоксикацією, яку викликають *C. Botulinum* типів А, В, Е, рідше F. Спалахи ботулізму типів А та В пов'язані з вживанням в їжу стерилізованих консервів, рідше пресервів (напівконсервів), а типом Е — зі споживанням солених, в'ялених рибних і м'ясних продуктів, які не піддавались температурному обробленню. Домінуючим серед типів збудників ботулізму є В, характерний для м'ясних виробів, друге місце посідає тип Е, третє та четверте місця поділяють між собою тип А та інші збудники, які виділялися з грибів, овочів та інших продуктів [2; 5].

Встановлено, що в США переважним типом *C. botulinum* є тип А (84% всіх випадків); в Європі — тип В; в країнах колишнього Радянського Союзу — типи А і В, меншою мірою — тип Е, що слід враховувати під час закупівлі відповідних протиботулінічних сироваток і лікування людей, які захворіли [6; 7].

У 2016 р. були зареєстровані 99 випадків харчових отруєнь, викликаних збудником ботулізму з кількістю постраждалих 119 осіб, 12 з яких померли. Так, тільки у вересні зареєстровано 12 випадків ботулізму з 15 постраждалими в 7 областях, 2 випадки закінчились смертю постраждалих. Причиною отруєнь стали домашнє консервоване тушковане м'ясо та овочеві консерви, в'ялена річкова риба.

З 2017 р. в пресі починає з'являтися все більше повідомлень щодо отруєнь ботулінічними токсинами від харчових продуктів. За цей рік було зареєстровано 112 випадків харчових отруєнь, викликаних збудником ботулізму, в результаті захворіло 132 людини, з яких померло 11. Причини захворювань наведені на рис. 1.

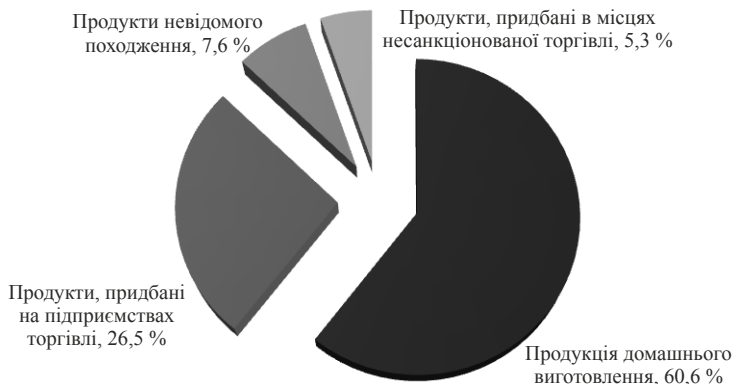


Рис. 1. Розподіл причин захворювань, викликаних збудником ботулізму

Станом на 11 вересня 2018 року зафіксовано 80 випадків ботулізму, в результаті яких постраждало 93 людини, 8 з них померли. Випадки отруєння в Сумській, Харківській, Полтавській областях пов'язані із вживанням в'яленої риби (лящ), придбаної в магазинах, куди вона потрапила з оптової бази; в Запоріжжі, Дніпрі, Херсоні, Києві — через вживання в'яленої та копченої риби власного виробництва. Захворюваність на ботулізм в Україні має чітко виражену сезонність. Підйом спостерігається в травні–червні [6].

Несприятлива ситуація, пов'язана зі спалахами захворювання на ботулізм, спостерігається не тільки в Україні, а й у світі в цілому. Регіонами, де має місце підвищена захворюваність на цю інфекцію, вважаються Аляска, Далекий Схід, Китай, Північна Америка, ряд країн Європи та Південної Америки. Щорічно у світі реєструється до 1000 випадків ботулізму, пов'язаних, в основному, зі споживанням продукції домашнього виготовлення [8—10].

Мета дослідження: визначення основних причин виникнення токсинів *C. botulinum* в консервованих продуктах протягом усього виробничого циклу та заходів щодо запобігання отруєнням, викликаними цими токсинами.

Матеріали і методи. В основу методології досліджень покладено логіко-аналітичний метод збору інформації про випадки отруєння ботулінічними токсинами, системний підхід до вивчення й узагальнення практичного досвіду вітчизняних і зарубіжних підприємств та організацій з дотримання правил гігієни та санітарії на підприємствах харчової промисловості, з аналізуванням впливу процедур систем менеджменту безпеки харчових продуктів на підвищення якості та безпеки продукції.

Викладення основних результатів дослідження. Ботулінічні токсини утворюються в клітинах в період експоненціальної фази розвитку, виділяючись у навколишнє середовище [4; 6; 8]. В продуктах харчування, особливо

густих або у великих шматках, мікроорганізми розвиваються і виділяють токсини локально, тому під час споживання зараженого продукту групою людей отруєння може настати не у всіх.

Найбільш небезпечними з точки зору отруєння токсинами *C. botulinum* вважають продукти, які з високою ймовірністю можуть бути забруднені цим мікроорганізмом, а під час зберігання в них утворюються анаеробні умови. Другий важливий фактор — це кислотність середовища, розвиток мікроорганізмів з утворенням токсинів можливий тільки у лужному або низькокислотному середовищі.

Розвитку й токсиноутворенню ботулізму в консервованих продуктах сприяє порушення технологічних норм і параметрів температурного оброблення (погано помита сировина, недотримання рецептурних закладок, неправильно обґрунтований або обраний режим температурного оброблення — стерилізації тощо).

Як в Україні, так і в інших країнах, на обґрунтування, перевірку та узаконення режимів стерилізації мають право тільки ліцензовані організації. При цьому кожна країна встановлює певні критерії для продуктів, які вважаються найбільш небезпечними джерелами мікробних отруєнь. Наприклад, у США та деяких європейських країнах нижній рівень рН продуктів, потенційно небезпечних з точки зору можливості ботулінічного токсиноутворення, встановлений на рівні рН більше 4,6 [10; 12; 13]. За нормативними документами України, це овочеві консерви з рівнем рН вище 4,2 (для маринованих огірків — 4,0), консерви з низькокислотних фруктів (абрикоси, персики тощо) з рН 3,8 та вище і м'ясні, рибні, грибні, молочні консерви з нерегульованою кислотністю.

Термостійкість спор *C. botulinum* залежить від кислотності — чим вищий рН, тим вища термостійкість спор. Найбільш термостійкі спори *C. botulinum* типу А і гнильних штамів типів В і F. Вони гинуть під час кип'ятіння протягом 5...6 год за температури вище 100°C. При вмісті в 1 см³ нейтрального середовища 10¹² спор *C. Botulinum* типів А і В вони гинуть за 100°C протягом 330 хв; 105°C — 100 хв; 110°C — 32 хв; 115°C — 10 хв; 120°C — 4 хв; 121,1°C — 3 хв; 125°C — 1 хв [12; 15]. Режими температурного оброблення продукції повинні розроблятися з урахуванням термостійкості спор саме цих штамів.

Найчастіше псування харчових продуктів, консервованих у тому числі, і харчові отруєння ботулінічної етіології відбуваються у тих випадках, коли виробники не дотримуються науково обґрунтованих режимів температурного оброблення, застосовують «саморобні» режими стерилізації або взяті з технологічної документації на аналогічну продукцію, довільно змінюють режими при фасуванні продукції в іншу тару тощо. Режими стерилізації можуть виявитися недієвими також у випадках недотримання температурних режимів попередньої підготовки компонентів продуктів і температури фасування [14—18].

Під час розвитку клостридій ботулізму і токсиноутворення в продуктах з рН $\geq 5,2$ їх зовнішній вигляд, зазвичай, змінюється: з'являється неприємний запах (частіше масляної кислоти — згірклого масла), порушується структура

тканин, утворюється газ і в герметично закритій тарі виникає бомбаж, іноді «хлопуші» чи банки з вібруючими кінцями. За більш високої кислотності продукту, навіть за рН від 4,2 до 4,8, а для консервованих огірків за рН > 4,0, розвиток і токсинування може відбуватися без видимих ознак псування. Це спостерігалось в консервах для дитячого харчування, томатному соку та інших консервах. Особливо небезпечно, що в консервах токсин зберігається протягом 6...8 місяців [2; 14].

Токсин ботулізму руйнується за теплового оброблення продукту. За даними досліджень термоінактивація токсину починається вже за 50°C. Найбільшу термостійкість ботулінічні токсини мають за рН 5,0...6,0. Також слід зауважити, що на термостійкість токсинів впливає хімічний склад продукту. Так, за концентрації сахарози від 43,5 до 87,0% токсини типів А і В витримують нагрівання за 100°C протягом 10 хв, за 80°C — до 40 хв. Але у більшості випадків для інактивації ботулінічного токсину достатньо нагрівання протягом 1...3 хв за 100°C або 20...30 хв за 80°C [15].

Під час санітарного оброблення на підприємстві необхідно враховувати, що спори *C. botulinum* стійкі до дії дезінфікуючих речовин і кислот: розчини з масовою часткою фенолу 5% і формаліну 40% руйнують спори протягом доби; розчин з масовою часткою соляної кислоти 10% — протягом години. Етиловий спирт не руйнує спори протягом багатоденної експозиції — до двох місяців. Тому для забезпечення належних гігієнічних умов виробництва важливо проводити своєчасний ремонт і прибирання виробничих цехів та якісне миття обладнання, інвентарю тощо.

Під час заморожування, висушування, маринування, посолу, копчення продуктів токсини *C. botulinum* не руйнуються і не втрачають активності. На прямому сонячному світлі токсин зберігається кілька годин і більше, на розсіяному світлі — кілька місяців, у захищеному від світла місці — кілька років. Тому рибну чи м'ясну сировину, яка навіть потенційно може містити токсин ботулізму через порушення часових і температурних параметрів зберігання, не можна використовувати для виробництва продуктів без високотемпературної обробки [2; 4; 15].

Враховуючи вищенаведене, найбільш небезпечними слід вважати низькокислотні консервовані продукти, виготовлені з порушенням санітарних умов і технологічних параметрів, а також нестерилізовані продукти, виготовлені з ботулінонебезпечної сировини, яка до переробки зберігалася з порушенням часових і температурних умов. Для гарантування мікробіологічної безпечності харчових продуктів дуже важливий постійний контроль, коригування параметрів процесу і регулярне дослідження мікробіологічного стану сировини, напівфабрикатів впродовж технологічного процесу і готової продукції.

Під час мікробіологічного контролю протягом усього технологічного циклу слід звертати увагу не лише на окремі види мікроорганізмів, але й на загальний рівень обсіменіння сировини чи готового продукту — кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ), адже їх підвищена кількість свідчить про порушення температурних режимів у процесі виготовлення або зберігання харчового продукту, незадовільний санітарний стан виробництва тощо. Крім того, «несанкціонований» розвиток

навіть корисних мікроорганізмів, наприклад молочнокислих, може сприяти розвитку й токсиноутворенню *C. botulinum* внаслідок синтезу ростових факторів і зниження окислювально-відновного потенціалу.

При контролюванні виробництва консервованої продукції для кожного виду консервів нормується залишкова мікрофлора певного складу, залежно від технології перероблення, параметрів температурного оброблення, способів консервування та умов зберігання.

При контролюванні процесу виробництва нестерилізованої м'ясної, рибної продукції увагу приділяють органолептичним показникам сировини, які опосередковано свідчать про стан мікрофлори, а також визначають за відбитками загальну кількість мікроорганізмів і ступінь руйнування м'язової тканини. Згідно з наказом МОЗ № 548 від 19.07.2012 «Про мікробіологічні критерії для встановлення показників безпечності харчових продуктів» для рибних продуктів, м'яса та м'ясних продуктів, нормованими показниками є кількість колоній МАФАНМ, БГКП (коліформи), *Enterobacteriaceae*, патогенних мікроорганізмів у тому числі роду *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* та коагулазопозитивних стафілококів, бактерій роду *Proteus*, *Staphylococcus aureus*, *V parahemolyticus* та сульфїтредукуючих клостридій [18].

Враховуючи всі перелічені факти, доцільно було б додати до переліку контрольованих мікробіологічних показників у сировині, напівфабрикатах і готових продуктах, потенційно небезпечних з точки зору зараження бактеріями або спорами *C. botulinum*, виявлення спор анаеробних мезофільних мікроорганізмів.

Для профілактики отруєнь ботулінічної етіології, крім основних, загальноприйнятних правил, необхідно суворо дотримуватись науково обґрунтованих технологічних параметрів, як наразі прийнято формулювати — кодексу усталеної практики, а саме:

- суворе дотримання санітарних, часових і температурних умов транспортування і зберігання ботулінонебезпечної сировини до переробки;
- ретельне миття сировини з обов'язковим мікробіологічним контролем;
- суворе дотримання температурних режимів бланшування, розварювання, обсмажування тощо і своєчасного охолодження інгредієнтів;
- суворе дотримання температури фасування продукту перед температурним обробленням;
- обов'язковий мікробіологічний контроль консервів перед стерилізацією;
- застосування для температурного оброблення продукції тільки науково обґрунтованих режимів, недопущення довільної зміни режиму при коригуванні рецептур, зміні виду тари тощо;
- недопущення до виробництва нестерилізованої продукції (соленої, копченої, в'яленої тощо) сировини, термін та умови зберігання якої порушені і є підозра на токсиноутворення, контролювання наявності спор мезофільних анаеробних мікроорганізмів у сировині та готовій продукції.

Висновки

Вперше проведено статистичний огляд випадків ботулінічних отруєнь в Україні, систематизовано й узагальнено вимоги щодо санітарного стану ви-

робництва та загального принципу обробки бутулінонебезпечної сировини, проаналізовано вплив процедур систем менеджменту безпечності харчових продуктів на підвищення якості продукції.

Сформульовано рекомендації для профілактики отруєнь ботулінічної етіології, для практичної реалізації яких мають бути чітко сплановані та прописані організаційні заходи, які повинні враховувати специфіку кожного окремого виробництва.

Література

1. Дроздова Т. М. Санитария и гигиена питания: учебное пособие. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2005. 108 с.
2. Персианова И. Н., Герасименко Л. Н., Стоянова Л. А. Микробиология консервирования и микробиологический контроль консервного производства / учеб. пособие / под общ. ред. Л. А. Стояновой. Одесса: Внешрекламсервис, 2011. 310 с.
3. Аністратенко Т. І., Білко Т. М., Благодарова О. В. та ін. Харчування з основами нутриціології: підручник у 2 кн. — кн. 1 / за ред. проф. В. І. Ципріяна. Київ: Медицина, 2007. 528 с.
4. Johnson E. A. Clostridium botulinum. *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, edn 4. Edited by Doyle MP, Buchanan RL. ASM Press, 2013. P. 441—463.
5. Carter A. T., Peck M. W. Genomes, neurotoxins and biology of Clostridium botulinum Group I and Group II. *Research in Microbiology*. 2015. № 166, P. 303—317.
6. Ципріян В. І., Матасар І. Т., Слободкін В. І. та ін. Гігієна харчування з основами нутриціології: підручник, у 2 кн. — кн. 2 / за ред. проф. В. І. Ципріяна. Київ: Медицина, 2007. 544 с.
7. Всемирная организация здравоохранения. Ботулизм. Центр СМИ. Информационные бюллетени. Информационный бюллетень за октябрь 2017 г. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs270/ru/> (дата звернення 21.02.2018 р.).
8. Иванова М. А. Ботулизм: учеб.-метод. пособие. Минск : БГМУ, 2009. 24 с.
9. Максимчук М. М. Спалахова захворюваність на ботулізм в Україні та методи її профілактики: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.02. Київ, 2006. 25 с.
10. Peck M. W., Vliet van A. H. M. Impact of Clostridium botulinum genomic diversity on food safety. *Current Opinion in Food Science*. 2016, Vol. 10. P. 52—59.
11. Зінчук О. М., Прикуда Н. М., Задорожний А. М. Клініко-епідеміологічні особливості перебігу ботулізму в сучасних умовах. *Медицина транспорту України. Оригінальні дослідження*. 2015, № 2. С. 12—17.
12. Austin J. W. Clostridium: Occurrence and Detection of Clostridium botulinum and Botulinum Neurotoxin. *Encyclopedia of Food and Health*. 2016, P. 155—159.
13. Пилипенко Л. Н., Верхивкер Я. Г., Пилипенко И. В. Консервирование пищевых продуктов. Микробиология, энергетика, контроль: монографія. Одесса: ВМВ, 2015. 232 с.
14. Dahlsten E., Lindström M., Korkeala H. Mechanisms of food processing and storage-related stress tolerance in Clostridium botulinum. *Research in Microbiology*. 2015, Vol. 166, Is. 4. P. 344—352.
15. Стоянова Л. О., Іващенко К. Ю., Персианова І. П., Герасименко Л. М. Мікробіологічний контроль консервного виробництва: навч. посіб. Одеса: ОДАБА, 2017. 422 с.
16. СОУ 01.1-37-680:2007. Продукти харчові стерилізовані. Правила обґрунтування та розроблення режимів стерилізації та пастеризації. Київ: Мінагрополітики, 2007. 20 с.
17. СОУ 01.1-37-681:2007. Система технологічної документації. Порядок розроблення, погодження та затвердження режимів стерилізації і пастеризації консервів та консервованих напівфабрикатів. Київ: Мінагрополітики, 2007. 33 с.
18. ГОСТ 23392. Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести. Издание официальное. Москва: Стандартинформ, 2017. 11 с.