

**ANALIZA OPASNOSTI I MOGUĆNOSTI SPREČAVANJA
BOTULIZMA IZ PROIZVODA OD MESA*****HAZARD ANALYSIS AND POSSIBILITIES FOR PREVENTING
BOTULISM ORIGINATING FROM MEAT PRODUCTS****D. Vasilev, I. Vuković****

U radu su navedeni važniji podaci o bakteriji *Clostridium botulinum*, pojavljivanju botulizma, analizi opasnosti i mogućnostima za sprečavanje botulizma. Proteolitički sojevi *C. botulinum* grupe I, čije su spore otporne na toplotu, stvaraju toksine pretežno u konzervama slabokiselih namirnica, pod uslovom da spore nisu inaktivisane prilikom sterilizacije. Neoteolitički sojevi grupe II su osetljiviji na visoke temperature, ali poseduju sposobnost da rastu i stvaraju toksine na nižim temperaturama. Tip E najčešće stvara toksin u vakuum-pakovanoj dimljenoj ribi, a neoproteolitički soj tipa B u suvim šunkama i nekim pasterizovanim proizvodima od mesa. U sprečavanju botulizma značajnu ulogu imaju: svođenje na minimum kontaminacije mesa sporama klostridija, sprovođenje mera dobre higijenske i proizvodne prakse prilikom klanja životinja, zatim inaktivacija spora *C. botulinum* prilikom sterilizacije ($F > 3$), a kod suvih šunki i pasterizovanih proizvoda sprečavanje rasta bakterije i stvaranja toksina održavanjem niskih temperatura u toku proizvodnje i skladištenja, kao i pravilna upotreba supstanci koje inhibiraju razmnožavanje bakterije i proizvodnju toksina (nitriti, kuhinjska so itd).

Ključne reči: botulizam, proizvodi od mesa, analiza opasnosti, sprečavanje

Uvod / Introduction

Clostridium botulinum je anaerobna sporogena bakterija koja je široko rasprostranjena u prirodi. U kasnoj fazi logaritamskog rasta bakterija stvara neurotoksine koji, kada se unesu hranom u organizam, izazivaju alimentarnu neuroin-

* Rad saopšten na simpozijumu "Bezbednost namirnica animalnog porekla", Fakultet veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, Beograd 16 i 17. oktobar 2008. godine

** Mr sci. med. vet. Dragan Vasilev, asistent; dr sci. med. vet. Ilija Vuković, redovni profesor, Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla, Fakultet veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, Beograd

toksinaciju poznatu kao botulizam. Pored alimentarne forme botulizma, koja je i najčešća, poznati su i drugi oblici ove intoksikacije, kao što su infantni botulizam, koji se javlja kod novorođenčadi posle unošenja spora *C. botulinum* hranom, pre svega medom, zatim botulizam iz rana, infektivni botulizam, inhalacioni botulizam i jatrogeni botulizam (Varnam i sar., 1996; Lindström i sar., 2006).

Na osnovu antigenih karakteristika toksina, razlikuje se osam tipova *C. botulinum*, koji se obeležavaju slovima A, B, C₁, C₂, D, E, F i G. Botulizam kod ljudi izazivaju tipovi A, B, E i F, a prema nekim podacima i tip C (Lücke i sar., 1993; Varnam i sar., 1996; Peck i sar., 2005). Pored *C. botulinum* i neki sojevi *C. baratii* i *C. butyricum* mogu da stvaraju neurotoksine. Na osnovu različitih genotipskih i fenotipskih karakteristika bakterije, tipovi *C. botulinum* svrstani su u četiri grupe (Peck i sar., 2005):

- grupa I - proteolitički tipovi A, B i F *C. botulinum*,
- grupa II - neproteolitički tipovi E, B i F *C. botulinum*,
- grupa III - *C. botulinum*, tipovi C i D,
- grupa IV - *C. botulinum*, tip G.

Alimentarni botulizam je neurointoksikacija koja se javlja posle konzumiranja hrane u kojoj je stvoren toksin. Botulinusni toksini su izuzetno jaki: svega 30 ng toksina, za šta je dovoljno uneti u organizam oko 0,1g namirnice koja sadrži toksine, izaziva botulizam sa fatalnim ishodom (Lindström i sar., 2006; Peck i sar., 2005). Botulinusni toksini su termolabilni proteini koji mogu da se inaktiviraju zagrevanjem, na primer pri 80 °C za 10 min; stabilni su u kiselj sredini, ali im ne odgovara pH vrednost veća od 7,0. Da bi delovali, toksini moraju prethodno da se aktiviraju, pri čemu se njihovi molekuli razlažu na laki i teški polipeptidni lanac. Toksine proteolitičkih tipova *C. botulinum* aktiviraju proteaze koje stvara sama bakterija, a toksini neproteolitičkih tipova aktiviraju se u digestivnom traktu pod dejstvom tripsina, zbog čega su oni slabiji od toksina proteolitičkih tipova (Miyazaki i sar., 1976; Varnam i sar., 1996). Botulinusni toksini se resorbuju u crevima i krvotokom dospevaju do centralnog nervnog sistema, gde sprečavaju oslobađanje neurotransmitera iz presinaptičkih holinergičkih završetaka, što kao posledicu ima paralizu odgovarajućih moždanih nerava (Varnam i sar., 1996; Lindström i sar., 2006; Peck i sar., 2005). Početni znaci botulizma su muka, povraćanje, dijareja, bolovi u trbuhu i nadutost stomaka, a zatim se javljaju karakteristični simptomi, kao što su smetnje u govoru i gutanju, nejasan vid i dvostruka slika, suvoća sluznica, malaksalost, zastoj mokraće, slabost i prestanak rada organa za disanje; u težim slučajevima bolest može da ima fatalan ishod (Šašić i sar., 1996).

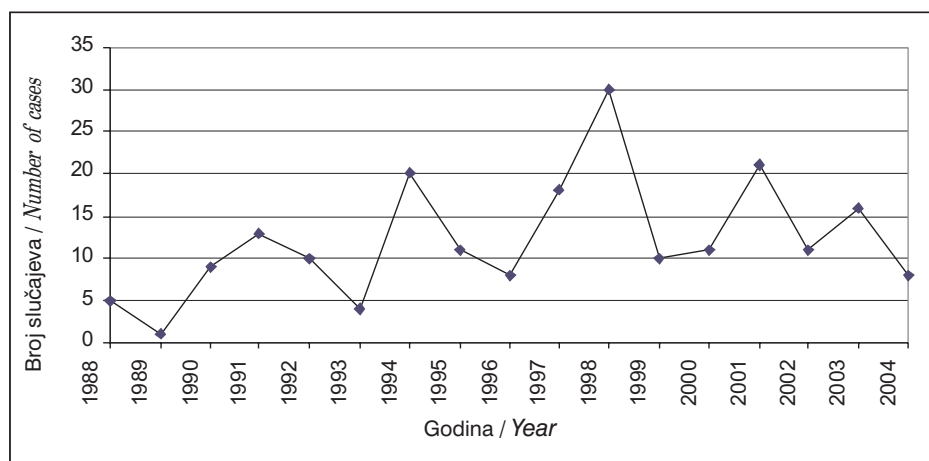
Pojavljivanje botulizma / Appearance of botulism

Kao što je opšte poznato, reč botulizam potiče od latinske reči *botulus* koja znači *kobasica*, a dovodi se u vezu sa trovanjima koja su se pre više vekova često javljala u centralnoj Evropi posle konzumiranja kuvanih kobasica - krvavica i jetrenjača. Krajem devetnaestog veka, posle jedne veće epidemije botulizma u

Flandriji, čiji su izvor bile suve šunke, Emile van Ermengem (1897) je iz šunke i slezine čoveka, koji je umro od botulizma, izolovao jednu istu bakteriju i nazvao je *Bacillus botulinum*.

Botulizam se danas relativno često javlja u krajevima gde se u većoj meri konzumiraju prehrambeni proizvodi izrađeni u domaćinstvima i koji se koriste bez prethodne toplotne obrade (Tompkin, 1980; Lücke i sar., 1993; Vuković, 2000). Konzerve iz industrijske proizvodnje u kojoj postoje dobri higijenski uslovi i sistematska kontrola danas se retko pominju kao izvori botulizma. S druge strane, proizvodi izrađeni u domaćinstvima i zanatskim radionicama, u kojima su uslovi u proizvodnji na nižem higijenskom nivou i gde ne postoji stalna kontrola, predstavljaju najčešći izvor botulizma. Sušeni proizvodi od svinjskog mesa su potencijalni izvori botulizma, ako su dobijeni u nehigijenskim uslovima i ako ne sadrže dovoljno kuhinjske soli koja inhibira stvaranje botulinusnih toksina u mesu (Tompkin, 1980; Lücke i sar., 1993; Vuković, 2000). U mnogim zemaljama Evrope (Nemačka, Francuska, Belgija, Norveška, Španija) najčešći izvor botulizma je suva šunka (Lücke i sar., 1993), u kojoj toksine stvara pretežno neproteolitički tip B *C. botulinum*. Interesantan je podatak da je broj slučajeva botulizma u Evropi veći nego na severnoameričkom kontinentu, ali je broj slučajeva sa fatalnim ishodom u Evropi manji. To se dovodi u vezu sa činjenicom da na evropskom kontinentu botulizam izaziva pretežno neproteolitički tip B, koji je slabije toksičan, dok su u Severnoj Americi izazivači botulizma jako toksični proteolitički tipovi A i B *C. botulinum* (Tompkin, 1980).

U Srbiji je u periodu od 1988. do 2004. godine registrovano 196 slučajeva botulizma (slika 1), a samo jedan fatalni ishod zabeležen je 1988. go-



Slika 1. Kretanje broja prijavljenih slučajeva botulizma u Srbiji (bez Kosmeta) u priodu 1988–2004. (Vuković, 2005/a)

Figure 1. Number of reported cases of botulism in Serbia (without Kosovo-Metohija) during the period 1988–2004 (Vukovic 2005/a)

dine (Vuković, 2005/a). Najviše slučajeva botulizma bilo je devedesetih godina 20. veka, u vreme ekonomske krize i povećane potrošnje mesa i proizvoda od mesa iz domaćinstava, a najveći broj slučajeva (30) registrovan je 1998. godine. Prema podacima navedenim u tabeli 2., najčešći izvor botulizma bili su suvi proizvodi od svinjskog mesa koji se tradicionalno konzumiraju bez prethodne toplotne obrade. Od ukupno 140 slučajeva botulizma, koliko je zabeleženo od 1994. do 2002. godine, kod 116 (83 %) slučajeva izvor botulizma bila je suva šunka izrađena u domaćinstvima (Vuković, 2005/a).

Tabela 1. Pojavljivanje botulizma u svetu čiji su izvor proizvodi od mesa i ribe (Peck i sar., 2005)

Table 1. Appearance of botulism world-wide originating from meat and fish products (Peck, 2005)

Godina i zemlja / Year and country	Vrsta namirnice / Type of food item	Broj slučajeva: ukupno/fatalno / Number of cases: total/fatalities	Tip C. botulinum / Type C. botulinum
1991, Egipat / 1991, Egypt	Neviscerirana usoljena riba / Non-eviscerated salted fish	> 91/18	Tip E / Type E
1993/94, Švajcarska / 1993/94, Switzerland	Suva šunka / Dried ham	12 /0	Tip B (nije identifikovan soj) Type B (strain not identified)
1997, Nemačka / 1997, Germany	Vakuum pakovana dimljena riba / Vacuum-packed smoked fish	2/0	Tip E / Type E
1997, Argentina / 1997, Argentina	Šunka iz domaćinstva / Home-made ham	6 /0	Tip E / Type E
1997, Nemačka / 1997, Germany	Vakuum-pakovana dimljena riba iz domaćinstva / Home-made vacuum-packed smoked fish	4/0	Tip E / Type E
1998, Hrvatska / 1998, Croatia	Šunka / Ham	20/0	dokazan toksin, nisu identifikovani tip i soj / Proven toxin, type and strain not identified
1999, Maroko / 1999, Morocco	Mortadela / Mortadella	78 /20	Tip B ^a / Type B ^a
2001, Kanada / 2001, Canada	Fermentisana ikra lososa / Fermented salmon roe	4/0	Tip E / Type E
2002, Južna Afrika / 2002, South Africa	Sardina u konzervi / Canned sardines	2 /2	Tip A / Type A
2003, Francuska / 2003, France	Kobasica proizvedena prema halal zahtevima / Halal sausage	4/0	Tip B ^a / Type B ^a
2003, Južna Koreja / 2003, South Korea	Kobasica u konzervi / Canned sausage	3/0	b
2003, Nemačka / 2003, Germany	Suva riba iz domaćinstva / Home-made dried fish	3/0	Tip E / Type E

Tabela 2. Proizvodi od mesa i ribe izvori botulizma u Srbiji u periodu od 1994–2002. (Vuković, 2005/a) /
Table 2. Meat and fish products that were sources of botulism in Serbia during the period 1994–2002 (Vuković, 2005/a)

Proizvod / Product	Broj slučajeva / Number of cases
Suva šunka iz domaćinstva / Home-made dried ham	116
Fermentisane suve kobasice iz domaćinstva / Home-made fermented dried sausages	4
Suvo svinjsko meso iz domaćinstva / Home-made dried pork	2
Kulen – fermentisana suva kobasica iz Mađarske / Kulen – fermented dried sausage from Hungary	2
"Pig meat" – konzerva iz humanitarne pomoći proizvedena u Danskoj / "Pig meat" can produced in Denmark as humanitarian aid	4
Jetrena pašteta u crevu / Liver pate in sausage casing	3
Jetrena pašteta u konzervi (aluminijumska posuda) / Canned liver pate (aluminum container)	2
Konzerve ribe / Canned fish	6
Nepoznat izvor / Unknown source	1
Ukupno / Total	140

Analiza opasnosti / Hazard analysis

Tipovi *C. botulinum* grupa I i II razlikuju se po svojim osobinama i na osnovu toga ne predstavljaju opasnost za konzumente kod istih vrsta namirnica. Proteolitički tipovi grupe I, čije su spore vrlo termorezistentne, stvaraju toksine uglavnom u konzervama slabokiselih namirnica, ukoliko spore nisu inaktivisane prilikom sterilizacije. Spore neproteolitičkih tipova grupe II su slabije otporne na toplotu i uništavaju se prilikom kuvanja ili jače pasterizacije, ali kao psihro-tolerantne vrste stvaraju toksine na temperaturi frižidera. *C. botulinum* tipa E predstavlja rizik za bezbednost vakuum-pakovane dimljene ribe, a neproteolitički tip B stvara toksin najčešće u suvoj šunki (Vuković, 2000; Vuković, 2005/a; Lindström i sar., 2006; Peck i sar., 2008).

Proteolitički tipovi *C. botulinum* / Proteolytic types of *C. botulinum*

Optimalna temperatura rasta proteolitičkih tipova *C. botulinum* je 35 °C, a minimalna temperatura je 10 °C. Spore proteolitičkih tipova A i B *C. botulinum* su veoma otporne na toplotu. Vreme decimalne redukcije (D-vrednost)

spora iznosi 0,21 min pri 121,1 °C. Za inaktivaciju ovih spora u konzervama slabo kiselih namirnica (pH veća od 4,5) usvojeno je opšte pravilo da letalnost postupka sterilizacije mora biti takva da može da smanji broj spora za 10^{-12} (12D-koncept), odnosno da letalnost sterilizacije iznosi najmanje $F=2,5$ min (Stumbo, 1973). Na temperaturama pasterizacije spore proteolitičkih tipova *C. botulinum* ne mogu biti inaktivisane. Vegetativni oblici *C. botulinum* mogu da se inaktiviraju zračenjem u dozama od 3 do 5 KGy, a spore mogu da se inaktiviraju samo visokim dozama zračenja koje izazivaju i senzorne promene hrane (Varnam i sar., 1996). Optimalne vrednosti pH za rast svih tipova *C. botulinum* su od 6,8 do 7,0. Proteolitički tipovi *C. botulinum* ne mogu da rastu u namirnicama čija je pH vrednost manja od 4,5. Optimalna vrednost redoks-potencijala (E_h) za rast *C. botulinum* u namirnicama je -350 mV, a ne mogu da rastu pri vrednostima većim od +150 mV. Isključavanje spora i stvaranje toksina proteolitičkih sojeva sprečava se pri $a_w < 0,95$ za tip A i pri $a_w < 0,94$ za tip B. Proteolitički tipovi A, B i F mogu da tolerišu koncentraciju NaCl u vodi maksimalno do 10 %. Poseban značaj za inhibiciju *C. botulinum* u proizvodima od mesa imaju nitriti, i to kako uneta tako i rezidualna količina nitrita u proizvodu. Nitriti se proizvodima od mesa dodaju u količini od 100 do 150 mg/kg i deluju baktericidno na klostridije i druge bakterije (Varnam i sar., 1996; Vuković, 2005/a).

Neproteolitički tipovi C. botulinum / Non-proteolytic types of C. botulinum

Neproteolitički tipovi grupe II *C. botulinum* optimalno rastu i stvaraju toksin pri temperaturi od 30 °C, minimalna temperatura rasta je 3,3 °C, a maksimalna 45 °C (Varnam i sar., 1996). Spore neproteolitičkih tipova *C. botulinum* su znatno manje otporne na toplotu. Vreme decimalne redukcije (D-vrednost) spora iznosi 30 minuta pri 82,2 °C, što znači da preživljavaju uobičajene procese pasterizacije (Stumbo, 1973). Preživljavanje i germinacija spora zavise i od prisustva pojedinih materija u namirnici, kao što su lizocim, proteini i masti. Lizocim koji se nalazi u mnogim namirnicama (jaja, sirova riba, ekstrakti voća i povrća itd.) difunduje kroz omotač toplotom oštećenih spora i podstiče germinaciju. Zbog prisustva lizocima u mnogim namirnicama i njegove relativno visoke termostabilnosti, on nepovoljno utiče na bezbednost namirnica u kojima spore neproteolitičkih tipova *C. botulinum* nisu potpuno inaktivisane (Peck i sar., 2005). Neproteolitički tipovi *C. botulinum* su osetljiviji na smanjenje a_w , tako da tip E ne raste pri a_w vrednostima manjim od 0,97. Neproteolitički tipovi B, E i F ne mogu da rastu pri koncentraciji NaCl u vodi većoj od 5 %, a minimalna pH vrednost rasta je 5,0 (Peck i sar., 2005).

Mogućnosti sprečavanja botulizma / *Possibilities for prevention of botulism*

Primarnu ulogu u sprečavanju botulizma iz proizvoda od mesa ima svođenje kontaminacije mesa na najmanju moguću meru, odnosno sprovođenje svih mera kontrole za vreme transporta životinja u klanicu, klanja, hlađenja,

skladištenja, transporta mesa i izrade proizvoda. Ukoliko su životinje pre klanja bile u stanju stresa ili ako nisu bile izložene dijeti, moguća je endogena kontaminacija mesa, pri čemu spore klostridija, koje se nalaze i u crevima zdravih životinja, probijaju prirodne odbrambene barijere i krvotokom dospevaju u meso (Lücke i sar., 1993; Vuković, 2005/a; Anon, 2005). Proizvodi od mesa svinja su češći izvor botulizma, nego proizvodi od mesa drugih životinja, a jedan od razloga za to je prisustvo spora klostridija u crevima svinja, naročito kod životinja iz slobodnog uzgoja, koje konzumiraju zemlju u kojoj se nalaze brojne spore; kod svinja sa farmi, zbog boljih higijenskih uslova držanja spore klostridija unose se u manjoj meri u organizam (Lücke i sar., 1993). Prilikom klanja životinja meso se najčešće kontaminira sporama klostridija sa kože i iz digestivnog trakta. U toku procesa klanja mora se sprečiti kontakt kože sa površinom trupa, podvezati jednjak i rektum i evisceracija obaviti bez oštećenja želudačno-crevnog trakta. Ukoliko dođe do vidljivog zagađenja trupa crevnim sadržajem, takvi delovi se isecaju, ako je to moguće, a nikako ne peru, jer se time samo kontaminiraju čiste površine. Da bi se smanjili izvori kontaminacije, preporučuje se pranje životinja pre klanja, a kod izbora metoda šurenja, prednost ima šurenje u vertikalnom položaju (kabineti sa vrelom vodom ili vodenom parom), u odnosu na šurenje u bazenima, u kojima je voda kontaminirana brojnim mikroorganizmima, koji potiču sa kože i iz crevnog trakta svinja. Od posebnog je značaja da životinja pre ubacivanja trupa u bazen za šurenje bude klinički mrtva, jer u suprotnom dolazi do usisavanja bazenske vode u presečene krvne sudove u kojima vlada negativan pritisak, a topla voda podstiče kontrakcije mišića i spore klostridija na taj način dospevaju u najdublje partije mišićne mase (Vuković, 2005/a). Hlađenje mora biti efikasno, odnosno mora biti obezbeđena pravilna distribucija hladnog vazduha u komori i što brže opadanje temperature mesa. Redovno mora da se sprovodi čišćenje i dezinfekcija prostorija za klanje, komora za hlađenje i skladištenje, kao i održavanje "hladnog lanca" prilikom transporta i distribucije mesa (Anon, 2005).

Suva šunka / Dried ham

U našoj zemlji suva šunka izrađena u domaćinstvima je najčešći izvor botulizma. Osnovni razlozi za to su klanje svinja u nehigijenskim uslovima, koji omogućavaju kontaminaciju mesa sporama, i nepostojanje minimalnih higijenskih i tehnoloških uslova za obradu mesa i proizvodnju šunke, što omogućava stvaranje toksina u šunki. Zato u cilju sprečavanja botulizma treba voditi računa o više činilaca. Pored klanja svinja u higijenskim uslovima, pri izboru sirovine treba kontrolisati temperaturu u dubini svinjskih butova i pH u tamnijim mišićima (*m. quadriceps*, *m. gracilis*, *m. adductor*). Trupovi svinja moraju biti ohlađeni tako da temperatura u dubini buta iznosi 0–4 °C. Nije preporučljivo korišćenje mesa čiji je pH veći od 6,0, jer u takvo meso sporije prodiru soli, a sušenje je usporeno zbog veće sposobnosti vezivanja vode. Soljenje i prosoljavanje treba da se odvijaju na temperaturama ispod 5 °C, sve dok kuhinjska so ne difunduje u dubinu šunke i a_w ne opadne ispod 0,96, kako bi se sprečilo razmnožavanje neproteolitičkog tipa B

C. botulinum na početku sušenja (Anon, 2005; Vuković, 2005/a; Vuković i sar., 2005/b). Difuzija soli u mesu je relativno spora i zato period prosoljavanja šunki treba da traje dovoljno dugo. Za inhibiciju tipa B *C. botulinum* potrebno je da koncentracija soli u vodi proizvoda bude veća od 5,0 %. Posle usoljavanja i prosoljavanja u trajanju od 10 sedmica, sadržaj natrijum-hlorida u dubini usoljenih šunki iznosi oko 2,5 %, a koncentracija soli u vodi proizvoda je manja od 4,0 %, što nije dovoljno za inhibiciju *C. botulinum* (Vuković i sar., 2005/b). Da bi se sprečilo stvaranje toksina u šunki, temperatura vazduha na početku sušenja mora biti manja od 15 °C (Anon, 2005; Vuković, 2005/a; Vuković i sar., 2005/b). Pošto se suva šunka konzumira bez prethodne toplotne obrade, ne postoji mogućnost za inaktivaciju eventualno prisutnih neurotoksina. Međutim, ni kuvanje delimično osušene šunke, koje se ponegde praktikuje u domaćinstvima, nije uvek dovoljno za inaktivaciju botulinusnih toksina, jer su i takve šunke bile izvor trovanja. Za pojavu botulizma važna je činjenica da razmnožavanje neproteolitičkog tipa B *C. botulinum* i stvaranje toksina u suvoj šunki kao posledicu nema truležni kvar i značajnije promene mirisa i ukusa proizvoda, pa konzumenti ne mogu da budu upozoreni na potencijalnu opasnost (Lücke i sar., 1993; Vuković, 2000).

Jetrena pašteta u crevu / Liver pate in sausage casing

Jetrena pašteta u crevu je u jednom periodu bila izvor botulizma u našoj zemlji. Ovi proizvodi se izrađuju pretežno od iznutrica (jetra, pluća i srce), kožica, masnog tkiva, mesa svinjskih glava i krvi, odnosno od sirovina koje su, po pravilu, više konatminirane sporama nego meso. Na primer, broj spora klostridija u jednom kilogramu mesa iznosi od 0 do 20, a u jednom kilogramu jetre, svinjskih glava ili kožica broj spora klostridijuma dostiže i jednu hiljadu. Jeterne paštete u crevu se najčešće konzervišu pasterizacijom (80 °C–85 °C), pri čemu se ne inaktiviraju spore svih tipova *C. botulinum*, a ređe se obrađuju na temperaturama kuvanja (96-98 °C) pri kojima se inaktiviraju samo spore neproteolitičkih tipova *C. botulinum*. Povoljne okolnosti za rast klostridija u jetrenim paštetama su te što one sadrže veću količinu gvožđa koje potiče iz jetre i krvi i imaju pH vrednost veću od 6,0, što ima kao posledicu smanjen baktericidni efekat nitrita u proizvodu; takođe, redoks-potencijal ovih proizvoda je niži nego u mesu i pogoduje razmnožavanju klostridija (Vuković, 2000). Stoga pasterizovane jetrene paštete u crevu treba da se skladište na temperaturi manjoj od +5 °C, a proizvodi koji su konzervisani na temperaturi kuvanja treba da se čuvaju ispod +10 °C (Vuković, 2000).

Sterilisane konzerve od mesa / Sterilized meat cans

Konzerve od mesa proizvedene u našoj zemlji su vrlo retki izvori botulizma. Jedna manja epidemija botulizma zabeležena je 1997. godine, a izvor trovanja bila je konzerva od svinjskog mesa ("pig meat") iz humanitarne pomoći, proizvedena u Danskoj. U cilju prevencije botulizma važnu ulogu imaju hermetičnost posuda za konzerve, adekvatna toplotna obrada i temperatura skladištenja. Posude za konzerve (limenke, staklenke, aluminijumske i plastične folije)

treba da obezbede dobru hermetičnost proizvoda, da su bez oštećenja, da poseduju dovoljnu čvrstoću i da su otporne na koroziju. Mašine za zatvaranje konzervi moraju da funkcionišu besprekorno, a pre početka i na kraju proizvodnje mora da se ispita kvalitet dvostrukog šava, odnosno hermetičnost praznih posuda. Toplotna obrada mora biti pravilno izvedena, a letalnost postupka sterilizacije mora biti takva da može da izvrši 12 decimalnih redukcija najotpornijih spora tipova A i B *C. botulinum*, što iznosi najmanje $F_0=3$ (ne više od $F_0=5$). Prema principima HACCP-koncepta, svaki postupak sterilizacije mora biti kontrolisan i dokumentovan. Hlađenje konzervi na kraju sterilizacije mora biti takvo da ne izazove oštećenje limenki i drugih posuda, odnosno ne omogući naknadnu kontaminaciju sadržaja sporama. Sterilisane konzerve se skladište na temperaturama do 25 °C i mogu biti održive do 4 godine (Anon, 2005; Vuković, 2000).

"Shelf-stable" proizvodi / Shelf-stable products

SSP-proizvodi (engl. Shelf Stable Products) se pune u hermetički zatvorene posude ili u omotače i obrađuju toplotom na temperaturama pasterizacije, kuvanja ili blagom sterilizacijom, a održivi su bez primene hladnoće. Prilikom pasterizacije uništavaju se vegetativni oblici bakterija, a prilikom kuvanja i blage sterilizacije i spore mezofilnih bacila i psihrotrofnih neproteolitičkih klostridija. Blagi postupci toplotne obrade obezbeđuju visoku biološku vrednost proizvoda i senzorni kvalitet, a održivost i ispravnost proizvoda počivaju na kombinovanim efektima toplotne obrade i inhibiciji preživelih spora klostridija nekim od antimikrobnih parametara, kao što su a_w , pH, količina kuhinjske soli i nitrita. U zavisnosti od toga koji je parametar primaran, razlikuju se a_w -SSP, pH-SSP, F-SSP i kombi-SSP. Održivost proizvoda tipa a_w -SSP zasniva se na aktivnosti vode manjoj od $a_w=0,95$ i može da iznosi i do 12 meseci pri 20 °C. U proizvode se dodaje svega 40–50 mg/kg nitrita, radi postizanja stabilne boje i arome, a prilikom pasterizacije u centru proizvoda treba ostvariti temperaturu od 75 °C da bi bili inaktivisani vegetativni oblici bakterija. Održivost proizvoda tipa pH-SSP zasniva se na niskim pH vrednostima (5,4–5,6) i iznosi nekoliko meseci pri 20 °C; prilikom pasterizacije u proizvodu treba ostvariti temperaturu od najmanje 72 °C. Održivost proizvoda u tipu F-SSP zasniva se na inaktivaciji spora neproteolitičkih tipova *C. botulinum* blagom sterilizacijom ($F_0>0,4$), a za inhibiciju preživelih spora proteolitičkih tipova *C. botulinum* potrebno je dodati najmanje 100 mg/kg nitrita, kao i da pH vrednost bude manja od 6,5 i a_w -vrednost manja od 0,97. Ovi proizvodi mogu biti održivi nekoliko meseci bez primene hladnoće (Vuković, 1981; Vuković, 2005/a; Anon, 2005).

Ohlađene namirnice produžene održivosti /

Refrigerated Processed Foods of Extended Durability

U grupu ohlađenih namirnica produžene održivosti (engl. RPFED= Refrigerated Processed Foods of Extended Durability) može da se ubroji veliki broj različitih namirnica, kao što su vakuum-pakovano sveže meso, kuvano sala-

mureno i nesalamureno meso upakovano u atmosferi zaštitnih gasova, upakovana jela, riba i plodovi mora upakovani u atmosferi zaštitnih gasova, vakuum-pakovana dimljena riba itd. (Peck i sar., 2005). Zajedničko za ove proizvode je da poseduju visoku nutritivnu vrednost i senzorni kvalitet, da se izrađuju bez ili sa što je moguće manje konzervanasa, da se neki od njih podvrgavaju blagoj toplotnoj obradi i da su održiviji od konvencionalnih proizvoda. Termički tretirani proizvodi se pasterizuju na temperaturama od 70 do 90 °C, posle čega se brzo hlade i skladište pri +1 do +8 °C, a održivost proizvoda iznosi do 42 dana. Prema Pecku i sar. (2008) u pasterizovanim proizvodima u kojima vladaju anaerobni uslovi postoji realna opasnost od stvaranja botulinusnih toksina, a jedan od najznačajnijih faktora rizika je povećanje temperature proizvoda na putu od mesta prodaje do domaćinstva, koje može da bude i do 20 °C, kao i porast temperature u kućnim frižiderima (od 0 do 11 °C). Da bi se kod ovih proizvoda sprečio rast neproteolitičkih sojeva *C. botulinum*, koji stvaraju toksine pri temperaturama iznad 3,3 °C, Peck i sar. (2005, 2008), daju sledeće preporuke za čuvanje i održivost ovih proizvoda: (1) do 42 dana pri +3 °C, (2) do 10 dana pri +5 °C, (3) do 5 dana pri +10 °C, (4) do 42 dana pri +8 °C, ukoliko je toplotna obrada iznosila 10 minuta pri 90 °C, ili 36 minuta pri 85 °C, ili 129 minuta pri 80 °C, (5) do 42 dana pri +8 °C, ukoliko su u proizvod dodati nitriti koji sprečavaju rast *C. botulinum* ili ako u proizvodu deluju i drugi inhibitorni činioci, kao što su pH vrednost manja od 5,0, koncentracija soli u vodi veća od 3,5 %, a_w vrednost manja od 0,97 itd.

Zaključak / Conclusion

Najčešći izvor botulizma u Srbiji je suva šunka proizvedena u domaćinstvima. U ovom proizvodu toksin pretežno stvara psihrotrofni tip B *Clostridium botulinum*, koji kao neproteolit gotovo da ne menja miris i ukus proizvoda. Drugi proizvodi od mesa, uključujući i konzerve, vrlo su retki izvori botulizma.

U sprečavanju botulizma značajnu ulogu imaju svođenje na minimum kontaminacije mesa sporama klostridija, vođenje računa o dobrobiti životinja za klanje, primena mera dobre higijenske prakse prilikom klanja, inaktivacija spora *C. botulinum* prilikom sterilizacije, a kod pasterizovanih i sušenih proizvoda od mesa sprečavanje stvaranja botulinusnih toksina primenom niskih temperatura u toku proizvodnje i skladištenja. Važnu ulogu u sprečavanju botulizma imaju i pH, a_w , Eh, sadržaj kuhinjske soli i nitrita u proizvodima od mesa.

Literatura / References

1. Anon. Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on a request from the Commission related to the effects of Nitrites/Nitrates on the Microbiological Safety of Meat Products. The EFSA Journal 2003; 14: 1-34. <http://www.efsa.eu.int>.
2. Anon. Microorganisms in foods 6. Microbial ecology of food commodities. In: ICMSF Kluwer Academic/Plenum Publishers 2005; 10-88.

3. Ermengem van E. Über einen neuen anaeroben Bacillus und seine Beziehung zum Botulismus. Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten 1897; 6: 1-56.
4. Lindström M, Kiviniemi K, Korkeala H. Hazard and control of group II (non-proteolytic) *Clostridium botulinum* in modern food processing. International Journal of Food Microbiology 2006;108: 92-104.
5. Lücke FK, Roberts TA. Clostridium botulinum Ecology and Control in Foods. In: Hauschild AHW, Dodds K, Control in Meat and Meat Products. New York, 1993; 177-207.
6. Miyazaki S, Kozaki S, Sakaguchi S, Sakaguchi G. Comparison of Progenitor Toxins of Nonproteolytic with Those of Proteolytic *Clostridium botulinum* Type B. Infection and Immunity 1976; 13(3): 987-9.
7. Peck MW, Goodburn KE, Betts RP, Stringer SC. Assessment of the potential for growth and neurotoxin formation by non-proteolytic *Clostridium botulinum* in short shelf-life commercial foods designed to be stored chilled. Trends in Food Science and Technology 2008; 19: 207-16.
8. Peck MW, Stringer SC. The safety of pasteurised in-pack chilled meat products with respect to the foodborne botulism hazard. Meat Science 2005; 70: 461-75.
9. Stumbo CR. Thermobacteriology in Food Processing. In: Academic Press, New York 1973.
10. Šašić M, Dragojlović-Krušedolac J, Milošević B, Ćirić B, Kačar A. Neurointoksikacije izazvane toksinima *Clostridium botulinum*. Acta Infectologica Jugoslavica 1996; 1: 31-6.
11. Tompkin RB. Botulism from meat and poultry products – a historical perspective. Food Technology 1980; 229-35.
12. Varnam AH, Evans G. Foodborne pathogens. In: Manson Publishing, London 1996; 289-311.
13. Vuković I. Ispitivanje uticaja odabranih fizičkih i hemijskih faktora na održivost proizvoda od mesa. Doktorska disertacija. Veterinarski fakultet: Beograd, 1981.
14. Vuković I. Botulizam u Jugoslaviji i mogućnosti sprečavanja. Tehnologija mesa 2000; 41: 19-28.
15. Vuković I. *Clostridium botulinum*: inhibicija i inaktivacija u proizvodima od mesa. Tehnologija mesa 2005/a; 46(3-4): 101-9.
16. Vuković I, Dimitrijević M, Tubić M, Vasilev D, Kričković D. HACCP u proizvodnji suve sremeske šunke. Tehnologija mesa 2005/b; 46(3-4): 115-20.

ENGLISH

**HAZARD ANALYSIS AND POSSIBILITIES FOR PREVENTING BOTULISM
ORIGINATING FROM MEAT PRODUCTS**

D. Vasilev, I. Vuković

The paper presents the more important data on the bacteria *Clostridium botulinum*, the appearance of botulism, hazard analysis and the possibilities for preventing botulism. Proteolytic strains of *C. botulinum* Group I, whose spores are resistant to heat, create toxins predominantly in cans containing slightly sour food items, in the event that the spores are not inactivated in the course of sterilization. Non-proteolytic strains of Group II

are more sensitive to high temperatures, but they have the ability to grow and create toxins at low temperatures. Type E most often creates a toxin in vacuum-packed smoked fish, and the non-proteolytic strain type B in dried hams and certain pasteurized meat products. The following plays an important role in the prevention of botulism: reducing to a minimum meat contamination with spores of clostridia, implementing good hygiene measures and production practice during the slaughter of animals, the inactivation of spores of *C. botulinum* during sterilization ($F > 3$), and, in dried hams and pasteurized products, the prevention of bacterial growth and toxin forming by maintaining low temperatures in the course of production and storage, as well as the correct use of substances that inhibit the multiplication of bacteria and the production of toxins (nitrites, table salt, etc.).

Key words: botulism, meat products, hazard analysis, prevention

РУССКИЙ

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ БОТУЛИЗМА ИЗ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Д. Василев, И. Вукович

В работе приведены более важные данные о бактерии *Clostridium botulinum*, появления ботулизма, анализе опасности и возможностях для предупреждения ботулизма. Протеолитические штаммы *C. botulinum* группы I, чьи споры сопротивлены на теплоту, создают токсины преимущественно в консервах слабокислых пищевых продуктов, при условии, что споры не инактивизированы при стерилизации. Нейролептические штаммы группы II более чувствительные на высокие температуры, но обладают способностью расти и создавать токсины на более низких температурах. Тип E чаще всего создает токсин в вакуум-упаковыванной копчённой рыбе, а неопротеолитический штамм типа B в копчённой рыбе, а неопротеолитический штамм типа B в копчённых ветчинах и некоторых пастеризованных мясных продуктах. В предупреждении ботулизма значительную роль имеют сведение на минимум контаминации мяса спорами клостридий, проведение мер хорошей гигиенической и производственной практики при убойе животных, затем инактивация спор *C. botulinum* при стерилизации ($F > 3$), а у копчённых ветчин и пастеризованных продуктов предупреждение роста бактерии и создания токсинов поддержанием низких температур в течение производства и склада, словно и правильное употребление субстанций, тормозящие размножение бактерии и производство токсинов (нитриты, поваренная соль и т.д.).

Ключевые слова: ботулизм, мясные продукты, анализ опасности, предупреждение