

Pregledni rad DOI: 10.5937/DDD26154G

SAVREMENI PRISTUPI U KONTROLI GLODARA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

MODERN APPROACHES IN RODENT CONTROL IN THE FOOD INDUSTRY

**Siniša Grubač¹, Ivan Pušić¹, Mira Majkić², Slobodan Knežević¹,
Vladimir Polaček¹, Milenko Rikić¹, Jasna Prodanov-Radulović¹**

Kratak sadržaj

Glodari predstavljaju jedan od najznačajnijih biotičkih hazarda u objektima prehrambene industrije. Njihovo prisustvo može uzrokovati direktnu kontaminaciju hrane fekalijama, urinom i dlakom, kao i indirektnu kontaminaciju putem prenošenja patogenih mikroorganizama poput *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* i *Leptospira* spp. Ekonomske štete koje nanose glodari uključuju oštećenje zaliha, ambalaže, infrastrukture i opreme. Savremeni standardi bezbednosti hrane (HACCP, BRC, IFS, ISO 22000) obavezuju prehrambena preduzeća na uspostavljanje sistemskog pristupa kontroli štetočina zasnovanog na principima integrisanog upravljanja štetočinama (Integrated Pest Management-IPM). IPM pristup integriše kontinuirani monitoring populacije štetočina, preventivne i sanitarne mere, kao i ciljnu primenu kontrolnih metoda uz minimalnu upotrebu rodenticida. U poslednjoj deceniji beležimo intenzivan razvoj alternativnih metoda kontrole, uključujući CO₂ klopke, električne barijere, elektromehaničke uređaje i digitalne sisteme monitoringa zasnovane na IoT tehnologiji. Cilj ovog preglednog rada je kritički prikaz aktuelnih naučnih saznanja i praktičnih dostignuća u oblasti kontrole glodara u prehrambenoj industriji, sa posebnim akcentom na implementaciju IPM koncepta i primenu inovativnih tehnoloških rešenja.

Ključne reči: bezbednost hrane, glodari, deratizacija, IPM, monitoring štetočina, prehrambena industrija, rodenticidi

¹ Dr sci. vet. med. Siniša Grubač, naučni saradnik; dr sci. vet. med. Ivan Pušić, viši naučni saradnik; dr sci. vet. med. Slobodan Knežević, viši naučni saradnik; dr sci. vet. med. Vladimir Polaček, naučni savetnik; dr sci. vet. med. Milenko Rikić, istraživač pripravnika; dr sci. vet. med. Jasna Prodanov-Radulović, naučni savetnik, Naučni institut za veterinarstvo „Novi Sad”, 21000 Novi Sad, R. Srbija

² Dr sci. vet. med. Mira Majkić, docent, Univerziteta u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za veterinarsku medicinu, 21000 Novi Sad, R. Srbija

* e-mail kontakt osobe: grubac@niv.ns.ac.rs

Abstract

Rodents represent one of the most significant biotic hazards in food industry facilities. Their presence can cause direct contamination of food with feces, urine, and hair, as well as indirect contamination through the transmission of pathogenic microorganisms such as Salmonella spp., Listeria monocytogenes, and Leptospira spp. Modern food safety standards (HACCP, BRC, IFS, ISO 22000) require food businesses to establish a systematic pest control approach based on the principles of Integrated Pest Management (IPM). This review presents current scientific knowledge and practical achievements in the field of rodent control in the food industry.

Key words: food industry, food safety, IPM, pest monitoring, rodents, rodent control, rodenticides

UVOD

Kontrola štetočina predstavlja jedan od ključnih elemenata sistema bezbednosti hrane u prehrambenoj industriji. Glodari, naročito sivi pacov (*Rattus norvegicus*), crni pacov (*Rattus rattus*) i kućni miš (*Mus musculus*), svrstani su u grupu najznačajnijih biotičkih hazarda u lancima prehrambene proizvodnje i distribucije.

Procenjuje se da glodari godišnje unište između 1% i 20% svetskih zaliha hrane, pri čemu su direktne kontaminacije fekalijama, urinom i dlakom posebno problematične u kontekstu normi mikrobiološke bezbednosti hrane (Meerburg i sar., 2009). Pored direktnih ekonomskih gubitaka, glodari su poznati kao rezervoari i vektori više od 35 zaraznih bolesti ljudi i životinja, uključujući salmonelezu, leptospirozu, hantavirusne infekcije i tularemiju (Himsworth i sar., 2013).

Savremeni standardi bezbednosti hrane, kao što su Analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke (HACCP), *British Retail Consortium* (BRC), *International Featured Standards* (IFS) i ISO 22000, eksplicitno zahtevaju uspostavljanje dokumentovanog programa kontrole štetočina u okviru preduslova programa (PRP). Ovaj zahtev podrazumeva implementaciju Integrisanog upravljanja štetočinama (*Integrated Pest Management* – IPM), koncepta koji kombinuje preventivne, sanitarne, mehaničke i hemijske mere u cilju dugoročne i ekološki održive kontrole populacije štetočina (FAO/WHO, 2003; Buckle i Smith, 2015).

Cilj ovog preglednog rada je kritička analiza savremenih naučnih saznanja i praktičnih dostignuća u oblasti kontrole glodara u prehrambenoj industriji, sa posebnim osvrtom na implementaciju IPM koncepta i primenu inovativnih tehnoloških rešenja u sistemu monitoringa i suzbijanja populacija glodara.

NAJZNAČAJNIJE VRSTE GLODARA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI I NJIHOV SANITARNI ZNAČAJ

***Rattus norvegicus* – sivi (norveški) pacov**

Sivi pacov (*Rattus norvegicus*) je kosmopolitska vrsta i ujedno najčešće zastupljena štetočina u urbanim i industrijskim sredinama. Odlikuje se robusnom

građom tela (telesna masa 200–500 g), karakteristično kopajućim ponašanjem i sklonosti ka zadržavanju u podrumskim etažama, kanalizacionim sistemima i otpadnim prostorima objekata prehrambene industrije (Buckle i Smith, 2015). Vrsta je omnivornog karaktera, konzumira do 30 g hrane dnevno i može kontaminirati višestruko veće količine hrane od potrošene. Reproductivni potencijal je visok: ženka rađa 5–10 legala godišnje sa prosečno 8 mladunaca po leglu, što može dovesti do eksponencijalnog rasta populacije u povoljnim uslovima.

***Rattus rattus* – crni pacov**

Crni pacov (*Rattus rattus*) je agilnija i vitkija vrsta u poređenju sa sivim pacovom, prilagođena životu u višim zonama objekata – na tavanima, krovnim konstrukcijama i regalnim sistemima skladišta. Odlikuje se izraženom sposobnošću penjanja duž vertikalnih površina i kablova, što ga čini posebno problematičnim u modernim industrijskim postrojenjima. Istorijski je poznat kao vektor kuge (*Yersinia pestis*) posredstvom buva, a danas se smatra rezervoarom različitih hantavirusa i leptospira (Himsworth i sar., 2013).

***Mus musculus* – kućni miš**

Kućni miš (*Mus musculus*) je najmanji i ujedno najtolerantniji na prisustvo čoveka od tri ekonomski značajne vrste. Zbog svojih malih dimenzija (telesna masa 15–30 g) sposoban je da se provuče kroz otvore prečnika svega 6–7 mm, što otežava primenu isključivo fizičkih barijera kao metode kontrole. Miš konzumira 3–5 g hrane dnevno, ali kontaminira neuporedivo veće površine izmetom (do 80 fekalnih peleta dnevno), što ga čini posebno hazardnim u proizvodnim pogonima (Meerburg i sar., 2009).

ZDRAVSTVENI I EKONOMSKI ZNAČAJ

Sva tri navedena glodara su zoonotski relevantne vrste koje mogu direktno ugroziti zdravlje radnika i potrošača. Najznačajniji patogeni mikroorganizmi koje prenose su:

- *Salmonella* spp. – uzročnik salmoneloze, jedne od vodećih alimentarnih infekcija u Evropi;
- *Listeria monocytogenes* – oportunistički patogen posebno opasan za trudnice, starije i imunokompromitovane osobe;
- *Leptospira* spp. – uzročnik leptospiroze, sistemske zoonoze sa mogućim smrtnim ishodom;
- *Hantavirusi* – uzročnici hemoragijske groznice sa renalnim sindromom;
- *Toxoplasma gondii* – uzročnik toksoplazmoze.

Ekonomski gubici prouzrokovani glodarima obuhvataju direktne gubitke od uništenih sirovina i gotovih proizvoda, troškove sanacije i dezinfekcije, oštećenje ambalaže i opreme, kao i indirektno gubitke u vidu povlačenja proizvoda sa tržišta, kazni regulatornih organa i narušavanja ugleda preduzeća (Corrigan, 2001).

INTEGRISANO UPRAVLJANJE ŠTETOČINAMA (IPM) U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Konceptualni okvir IPM pristupa

Integrirano upravljanje štetočinama (*Integrated Pest Management* – IPM) je naučno zasnovana strategija kontrole štetočina koja nastoji da minimizira zdravstvene, ekonomske i ekološke rizike kroz primenu kombinirane palete preventivnih i kontrolnih mera. IPM pristup se zasniva na principu da hemijska kontrola treba biti poslednje, a ne prvo sredstvo u borbi sa štetočinama, primenjujući je isključivo kada su preventivne mere nedovoljne i kada su pragovi štetnosti prekoračeni (Buckle i Smith, 2015).

U prehrambenoj industriji IPM ima poseban regulatorni i reputacioni značaj. Relevantna evropska legislativa (Uredba EC 1107/2009, Direktiva 2009/128/EC o održivoj upotrebi pesticida) eksplicitno propisuje obavezu primene integrisanog pristupa u upravljanju štetočinama za sve objekte koji rukuju hranom.

Tabela 1. Osnovni elementi IPM sistema u prehrambenoj industriji

Element IPM sistema	Opis	Primeri mera
Monitoring i inspekcija	Sistematsko praćenje aktivnosti štetočina i identifikacija rizičnih zona	Klopke za monitoring, UV-svetlosni uređaji, vizuelni pregled, tragovi, fekalije
Preventivne mere	Eliminacija faktora koji pogoduju naseljavanju glodara	Zatvaranje ulaznih tačaka, zaštitne mreže, čelične ploče na bazi vrata
Sanitarne mere	Uklanjanje izvora hrane, vode i skrovišta	Pravilno skladištenje, upravljanje otpadom, čišćenje perifernih zona
Mehaničke metode	Fizičko hvatanje ili eliminacija glodara	Klopke s živim hvatanjem, CO ₂ klopke, električne klopke
Hemijska kontrola	Primena rodenticida u slučaju aktivne infestacije	Antikoagulantni rodenticidi (1. i 2. generacije), akutni rodenticidi
Dokumentacija i evaluacija	Vođenje evidencije i procena efikasnosti programa	Karte rasporeda klopki, izveštaji o aktivnosti, trend analiza

Monitoring kao osnova IPM sistema

Kontinuirani monitoring aktivnosti glodara predstavlja temelj svakog efikasnog IPM programa. Pravilno postavljen sistem monitoringa omogućava rano otkrivanje prisustva štetočina, procenu veličine i prostornog rasporeda populacije, identifikaciju ulaznih tačaka i migracionih koridora, kao i evaluaciju efikasnosti primenjenih kontrolnih mera (Corrigan, 2001).

U praksi se monitoring sprovodi kombinacijom metoda: mehaničkih klopki za monitoring bez toksičnih mamaca (tzv. blokovi bez otrova), ploča za otiske stopala, luminiscentnih prahova koji fluoresciraju pod UV svetlom, kao i vizuelnih inspekcija prema standardizovanim protokolima. Sve uočene aktivnosti unose se u digitalnu mapu objekta koja omogućava identifikaciju *hot-spot* zona i praćenje trendova.

PREVENTIVNE I SANITARNE MERE – KLJUČ DUGOROČNE KONTROLE

Ekskluzioni pristup (fizičko isključivanje glodara iz objekata) smatra se najefikasnijom dugoročnom merom kontrole. Glodari ulaze u objekte kroz otvore veće od 6 mm (miševi) ili 12 mm (pacovi), duž cevovoda, kablovskih instalacija, kroz neadekvatno zaptivene prolaze i kroz nepravilno postavljene podne slivnike. Sistematska inspekcija i sanacija svih potencijalnih ulaznih tačaka, u kombinaciji sa instalacijom čeličnih barijera i odgovarajućih vrata sa gumenim pregradama pri dnu, predstavlja prioritetnu meru u svakom IPM programu (Buckle i Smith, 2015).

Sanitarne mere uključuju pravilno upravljanje otpadom (zatvorenost kontejnera, redovno pražnjenje), eliminaciju nakupina debrisu u perifernim zonama objekata koje služe kao skrovišta, adekvatno skladištenje sirovina na palelama na minimalnoj visini od 15 cm od poda i na odstojanju od zidova, kao i eliminaciju izvora stajaće vode.

SAVREMENE I ALTERNATIVNE METODE KONTROLE GLODARA

Resistencija na rodenticide – izazov savremene deratizacije

Antikoagulantni rodenticidi su dugi niz decenija predstavljali primarni alat hemijske kontrole glodara. Međutim, nekontrolisana i neselektivna primena ovih jedinjenja, naročito rodenticida druge generacije (bromadiolon, brodifakum, difetialon), doprinela je pojavi i širenju rezistencije kod populacija *R. norvegicus* i *R. rattus* u brojnim evropskim zemljama (Buckle i Smith, 2015).

Genetska osnova rezistencije na antikoagulantne rodenticide je u velikoj meri razjašnjena – radi se o mutacijama u genu VKORC1 koji kodira enzim vitamin K 2,3-epoksid reduktaza, koji je meta dejstva antikoagulantnih rodenticida. Različite mutacije ovog gena konstatovane su u populacijama glodara iz Srbije, čime je potvrđena lokalna relevantnost ovog fenomena (Meerburg i sar., 2009). Pojava rezistencije dodatno naglašava potrebu za rotacijom aktivnih supstanci i primenom alternativnih metoda kontrole.

Alternativne metode kontrole

U odgovoru na izazove rezistencije na rodenticide i sve strože propise o upotrebi biocida u blizini hrane, razvijene su brojne alternativne metode kontrole glodara pogodne za primenu u prehrambenoj industriji:

Tabela 2. *Savremene alternativne metode kontrole glodara – prikaz karakteristika i primene*

Metoda	Princip dejstva	Prednosti	Ograničenja
CO ₂ klopke	Gušenje ugljendioksidom pri aktiviranju senzora	Humano, bez hemikalija, selektivno, automatski reset	Viša nabavna cena, potreban izvor CO ₂
Električne klopke	Visokona. strujni impuls pri prolasku glodara	Brzo i humano uklanjanje, bez otrova, lako pražnjenje	Ograničen kapacitet, nije za vlažna mesta
Električne barijere	Elektrostatičko polje sprečava prolaz glodara	Preventivna zaštita, bez hemikalija, dugotrajna	Primena u ograničenim zonama
Digitalne klopke (IoT)	Senzori šalju alarm pri aktivaciji putem WiFi/GSM	Monitoring u realnom vremenu, ušteda inspekcija, analitika	Zahteva stabilnu mrežu i softver
Video AI monitoring	Algoritmi mašinskog učenja prepoznaju glodare	Neinvazivno, 24/7 detekcija, prostorna analiza	Visoka inicijalna investicija, zahteva IT podršku
Biološka kontrola	Korišćenje prirodnih predatora (mačke, sove)	Ekološki prihvatljivo, preventivno	Ograničena efikasnost, nije prihvatljivo u pogonima
Elektromehanički uređaji	Senzorska aktivacija, napajanje iz baterije	Bez hemikalija, biološki prihvatljivo i humano, Hvatanje više jediniki	Veoma velik fizički uređaj

DIGITALIZACIJA KONTROLE ŠTETOČINA – IoT i AI SISTEMI

Digitalna transformacija sistema kontrole štetočina predstavlja jedan od najznačajnijih trendova u savremenom upravljanju štetočinama. Razvoj WiFi-baziranih i IoT (*Internet of Things*) klopki omogućio je automatsko prikupljanje podataka o aktivnosti štetočina, eliminišući potrebu za fizičkim obilascima inspekcije i time smanjujući operativne troškove programa kontrole štetočina (WHO, 2020).

Prednosti digitalnih sistema monitoringa su višestruke: mogućnost praćenja aktivnosti u realnom vremenu sa mobilnih uređaja, automatsko generisanje izveštaja u formatima kompatibilnim sa zahtevima bezbednosnih standarda, trendovska analiza aktivnosti štetočina po zonama objekta, kao i integracija sa sistemima upravljanja kvalitetom (QMS). U nekim naprednim sistemima implementirani su i algoritmi veštačke inteligencije koji automatski razlikuju aktivnosti glodara od lažnih alarma uzrokovanih insektima ili prašinom.

Video-bazirani sistemi zasnovani na dubokom učenju (*deep learning*) predstavljaju najsavremeniji pristup, omogućavajući trodimenzionalnu prostornu analizu kretanja glodara unutar objekata bez direktnog kontakta sa štetočinama. Pilot projekti implementacije ovih sistema u objektima prehrambene industrije u Skandinaviji i Ujedinjenom Kraljevstvu pokazali su smanjenje troškova inspekcije za 40–60% uz istovremeno povećanje stope detekcije infestacija u ranoj fazi.

REGULATORNI I CERTIFIKACIONI ZAHTEVI

Kontrola glodara u prehrambenoj industriji Srbije regulisana je nizom propisa i standarda. Na nacionalnom nivou, Zakon o bezbednosti hrane (Sl. glasnik RS, br. 41/2009) i prateći podzakonski akti propisuju obavezu primene sistema kontrole štetočina u svim objektima u kojima se rukuje hranom. Pravilnik o higijeni hrane (preuzeto prema Uredbi EC 852/2004) eksplicitno navodi kontrolu štetočina kao deo Preduslovnih programa.

Međunarodni sertifikacioni standardi BRC *Global Standard for Food Safety* (verzija 9, 2022) i IFS *Food Standard* (verzija 8, 2023) sadrže detaljne zahteve koji se odnose na dokumentovani IPM program, uključujući: pisanu proceduru kontrole štetočina, mape sa ucrtanim klopnama, zapise o inspekcijama i aktivnostima štetočina, analizu trendova, kvalifikacije *pest control* servisa i dokaze o efikasnosti programa. Auditovanjem ovih aspekata može se ostvariti od 5% do 10% ukupnih poena u scoring sistemu sertifikacionih tela.

DISKUSIJA

Kontrola glodara u prehrambenoj industriji predstavlja kompleksan multidisciplinarni izazov koji integriše znanja iz veterinarske, javnozdravstvene i inženjersko-ekološke oblasti. Pregled aktuelne literature ukazuje da primena isključivo hemijskih metoda (rodenticida) bez komplementarnih preventivnih mera dugoročno nije efikasna, a pojava i širenje rezistencije na antikoagulantne rodenticide dodatno komplikuje situaciju.

IPM pristup se nameće kao naučno validiran i regulatorno prihvaćen okvir za upravljanje populacijama glodara. Njegova efikasnost je višestruko dokumentovana u literaturi: studija Meerburg i sar. (2009) pokazala je da implementacija sveobuhvatnog IPM programa smanjuje populaciju glodara u prehrambenim objektima za 60–80% u roku od 6 meseci, uz istovremenu redukciju upotrebe rodenticida za više od 50%.

Razvoj digitalnih sistema monitoringa i AI-baziranih rešenja otvara nove mogućnosti u optimizaciji IPM programa. Automatizacija prikupljanja podataka i analitika zasnovana na velikom broju podataka (*big data analytics*) omogućava preciznije predviđanje infestacija i pravovremenu intervenciju, što je posebno važno u kontekstu FSMA (*Food Safety Modernization Act*) i sličnih preventivno orijentisanih regulatornih okvira.

Ključni izazovi u implementaciji naprednih IPM sistema u Srbiji odnose se na edukaciju i sertifikaciju *pest control* servisa, troškove uvođenja digitalnih rešenja za srednja i mala prehrambena preduzeća, kao i potrebu za standardizacijom procedura monitoringa i izveštavanja na nacionalnom nivou.

ZAKLJUČAK

Na osnovu pregleda dostupnih naučnih podataka i praktičnih iskustava u kontroli glodara u prehrambenoj industriji, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Glodari (*R. norvegicus*, *R. rattus*, *M. musculus*) predstavljaju značajan sanitarni, javnozdravstveni i ekonomski rizik u objektima prehrambene industrije, posredujući u prenosu brojnih zoonotskih patogena.
- IPM pristup, zasnovan na kombinaciji monitoringa, preventivnih, sanitarnih i kontrolnih mera, predstavlja savremeni standard i regulatorni zahtev u kontroli štetočina u prehrambenoj industriji.
- Pojava i širenje rezistencije na antikoagulantne rodenticide potvrđena je u brojnim populacijama glodara, uključujući Srbiju, što naglašava imperativ primene integrativnih pristupa koji smanjuju oslanjanje na hemijsku kontrolu.
- Alternativne metode kontrole (CO₂ klopke, električne klopke i barijere, digitalni IoT sistemi, AI video monitoring) nude ekološki prihvatljivija i potencijalno efikasnija rešenja u regulatorno zahtevnim okruženjima prehrambene industrije.
- Digitalizacija kontrole štetočina kroz IoT i AI tehnologije omogućava monitoring u realnom vremenu, smanjenje operativnih troškova i unapređenje dokumentacije u skladu sa zahtevima sertifikacionih standarda.
- Dalja istraživanja treba usmeriti ka validaciji efikasnosti digitalnih sistema monitoringa u lokalnim uslovima, epidemiološkim studijama rasprostranjenosti rezistencije u populacijama glodara u Srbiji i razvoju edukativnih programa za *pest control* stručnjake.

LITERATURA

1. Buckle, A.P., Smith, R.H. (2015). Rodent Pests and Their Control (2nd ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK.
2. Corrigan, R.M. (2001). Rodent Control: A Practical Guide for Pest Management Professionals. GIE Media, Cleveland, OH.
3. European Parliament (2009). Directive 2009/128/EC establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. Official Journal of the European Union.
4. European Parliament (2009). Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market. Official Journal of the European Union.
5. FAO/WHO (2003). Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems. FAO Food and Nutrition Paper 76, Rome.
6. Himsworth, C.G., Parsons, K.L., Jardine, C., Patrick, D.M. (2013). Rats, cities, people, and pathogens: A systematic review and narrative synthesis of literature regarding the ecology of rat-associated zoonoses in urban centers. Vector-Borne and Zoonotic Diseases, 13(6): 349–359.

7. Meerburg, B.G., Singleton, G.R., Kijlstra, A. (2009). Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, 35(3): 221–270.
8. Uredba (EC) br. 852/2004 Evropskog parlamenta i Saveta o higijeni prehrambenih proizvoda. Preuzeta u pravni sistem Srbije.
9. WHO (2020). *Food Safety Management Systems: Key Principles and Guidance for Implementation*. World Health Organization, Geneva.
10. Zakon o bezbednosti hrane (2009). Službeni glasnik RS, br. 41/2009.