



STRUČNI RAD/PROFESSIONAL PAPER

Mogućnosti primjene nanotehnologije u prehrambenom sektoru s osvrtom na njeno prihvaćanje od strane potrošača

Possibilities of Nanotechnology Application in the Food Sector with Reference on its Consumers Acceptance

Nada Knežević¹, Mario Ščetar*², Kata Galić²¹ Podravka d.d., Ante Starčevića 32, 48000 Koprivnica, Hrvatska² Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu, Pirotičeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Nanotehnologija je jedna od najnovijih tehnologija koja je našla svoju primjenu u raznim granama industrije, uključujući i prehrambenu industriju. Ona ima važan utjecaj na znanost o hrani od toga kako je hrana proizvedena pa sve do toga kako je zapakirana. Nanotehnologija nudi niz prednosti za industriju i potrošače, ali treba uzeti u obzir i moguće rizike. Dostupna literatura ukazuje da mnoge nejasnoće oko nanomaterijala još uvijek postoje, uključujući i mogućnost bioakumulacije pa tako i potencijalne opasnosti za ljudsko zdravlje. Dok je moguća primjena nanotehnologije zaista široka i raznolika, razvoj se suočio s određenim oprezom, a napredak može biti stopiran zbog nedostatnog financiranja projekata i zbog potencijalnih rizika.

U ovom radu prikazani su aspekti primjene nanotehnologije u prehrambenoj industriji, zakonodavni okvir te mišljenje potrošača o pitanju korištenja nanotehnologije u hrani.

Ključne riječi: hrana, nanotehnologija, nanomaterijal, istraživanje potrošača

Summary

Nanotechnology is one of the newest technologies that found its application in various fields, including food and beverage industry. It has an important impact on many aspects of food science, from the field of production to the field of packaging. Although, nanotechnology offers many advantages for industry and consumers; the possible risks of its application should be taken into account. Available literature suggests that many uncertainties remain about nanomaterials, including the potential for bioaccumulation and potential human health risks. While proposed applications of nanotechnologies are wide and varied, developments are met with some caution, while progress may be stifled by lack of projects financial support and potential risks.

This paper presents various possibilities of nanotechnology application in the food industry, the legislative framework and the opinion of consumers regarding the use of nanotechnology in food.

Keywords: food, nanotechnology, nanomaterial, consumer opinion

Uvod

Nanotehnologija je područje primjene znanosti i tehnologije koje uključuje korištenje tvari molekulskih veličina, obično ispod 100 nanometara. Biološka aktivnost nanočestica je znatno veća u odnosu na krupnije čestice istog kemijskog sastava zbog velike površine po jedinici mase, čime su otvorene razne mogućnosti za njihovo korištenje u prehrambenom sektoru. Nanotehnologija se pokazala primjenjivom u poljoprivredi, materijalima koji dolaze u kontakt s hranom, proizvodnji funkcionalne hrane te kontroli zdravstvene ispravnosti hrane (Sekhon, 2010). Očekivanja od ove tehnologije diljem svijeta su velika, a promet proizvodima hrane i pića u kojima je korištena nanotehnologija iz godine u godinu bilježi rast, od 150 milijuna US\$ 2002. godine, preko 860 milijuna US\$ 2004. a predviđa se da će do 2015. dosegnuti jedan bilijun US\$ (Chaudhry i sur., 2008). Predviđanje porasti ove tehnologije do 2020. iznosi 30 bilijuna US\$ (Blasco i Picó, 2011). Isti autori (Blasco i Picó, 2011) smatraju da će od 2008. godine do 2013. upotreba ambalažnih nanomaterijala porasti za 11,65%.

Iako su potencijalni učinci nanotehnologije općenito dobro opisani, potencijali (eko) toksikoloških učinaka i utjecaja nanočestica do sada su dobili malo pozornosti.

Uvođenje proizvoda s nanočesticama u proizvode široke potrošnje te njihovu upotrebu, promatranih sa današnjeg

stajališta zahtjeva i bolje razumijevanje o potencijalnim negativnim utjecajima koje nanočestice mogu imati na biološkim sustavima pa tako i na zdravlje čovjeka (Bouwmeester i sur., 2009).

Pakiranje hrane u budućnosti će vjerojatno biti više nego samo fizička barijera koja pruža zaštitu hrani od utjecaja iz okoline. Kod ovog načina pakiranja vrlo je bitno smanjiti migracije nanočestica na najmanju moguću mjeru jer u suprotnom neće biti prihvaćena zbog sigurnosnih razloga pa tako i zbog negativne percepcije potrošača. Korištenje nanomaterijala za pakiranje bit će vjerojatno vrlo skupo pa će stoga na neki način trebati opravdavati nastale troškove.

U radu su prikazana najnovija dostignuća u primjeni nanotehnologije u prehrambenoj industriji, potencijalni rizik, utjecaj na zdravlje ljudi, zakonodavni okvir te mišljenja potrošača o primjeni nanotehnologije u prehrambenom sektoru.

Primjena nanotehnologije u prehrambenoj industriji

Mnoge vodeće svjetske prehrambene kompanije aktivno istražuju mogućnosti primjene nanotehnologije u proizvodnji hrane. Dosadašnja istraživanja usmjerena su na poboljšanje svojstava hrane, materijala koji dolaze u dodir s hranom i

Corresponding author: mscetar@pbf.hr



samoj primarnoj proizvodnji hrane. Primjena nanotehnologije u poljoprivredi se kreće u smjeru razvoja nanosenzora i raspršivača u prehrani bilja, pomoću kojih će se detektirati kada biljka treba hranjiva ili vodu prije nego što se pojave znakovi njihova nedostatka. Daljnja moguća primjena je u proizvodnji pesticida s kemikalijama nano veličina, koje će se oslobađati ciljano u probavnom sustavu kukaca čime se poboljšava njihova učinkovitost. Moguće primjene nanotehnologije u prehrambenom sektoru (Bouwmeester i sur., 2009) detaljnije su prikazane u Tablici 1.

Primjena nanotehnologije u hrani uključuje i mogućnost dodavanja nanočestica koje poboljšavaju dostupnost i topivost nutrijenata bez utjecaja na okus i izgled, te njihova brza apsorpcija iz probavnog trakta u krvotok (Blasco i Picó, 2011). Moguće je dobiti nanocijevčice iz proteina mlijeka koje mogu djelovati kao ugušivači (Ipsen i Otte, 2007), a u tijeku su istraživanja na polju razvoja nanokapsula s hranjivim tvarima koje bi imale sposobnost ciljanog otpuštanja nutrijenata kada nanosenzori utvrde nedostatak istih u organizmu (Mozafari i sur., 2008). Pravovremeno otkrivanje kvarenja hrane postiže se pomoću nanosenzora koji omogućavaju da prilikom dodira s hranom, u kojoj se nalaze patogeni mikroorganizmi, dolazi do promjene boje ugrađenog pokazatelja (Bhattacharya i sur., 2007; Otles i Yalcin, 2010). Ova činjenica ima veliki značaj u razvoju novih mikrobioloških i kemijskih analitičkih metoda, čime se vrijeme detekcije značajno skraćuje, sa nekoliko dana na nekoliko sati ili manje.

Primjena nanotehnologije u proizvodnji materijala koji dolaze u kontakt s hranom uključuje korištenje nanočestica radi poboljšanja mehaničkih, termičkih, antibakterijskih i barijernih svojstava takvih materijala te njihovih boljih UV zaštitnih svojstava (Bouwmeester i sur., 2009). Korištenje nanokompozita kao što su micelle, liposomi, na-

Tablica 1. Primjena nanotehnologije u lancu proizvodnje hrane
Table 1. The application of nanotechnology in the food chain

Faze proizvodnog lanca <i>Chain phase</i>	Primjena <i>Application</i>	Nanotehnologija <i>Nanotechnology</i>	Novo / poboljšane osobine materijala <i>Function</i>
Poljoprivredna proizvodnja <i>Agricultural production</i>	Nanosenzori <i>Nanosensors</i>	Nanosprejevi <i>Nanosprays</i>	Vezivanje i bojenje mikroorganizama, dokazivanje prisutstva kontaminanata, mikotoksina i mikroorganizama <i>Binds and colors micro-organisms, detection of contaminants, mycotoxins and microorganisms</i>
	Pesticidi <i>Pesticides</i>	Nanoemulzije, nanoinkapsulati <i>Nano-emulsions, nano-encapsulates</i>	Povećana djelotvornost i topivost u vodi, ciljano oslobađanje kemikalija (kada dođe u organizam kukca) <i>Increased efficacy and water solubility, triggered (local) release</i>
	Pročišćavanje vode/ pročišćavanje tla <i>Water purification/ soil cleaning</i>	Filteri s nanoporama <i>Filters with nano-pores</i>	Uklanjanje patogena i/ili kontaminanata <i>Pathogen/contaminant removal</i>
Proizvodnja i prerada hrane <i>Production and processing of food</i>	Uređaji u proizvodnji <i>Food production equipment</i>	Nano keramički uređaji <i>Nano-ceramic devices</i>	Velike reaktivne površine <i>Large reactive surface area</i>
	Hladnjaci, posude za čuvanje, oprema za pripremu hrane <i>Refrigerators, storage containers, food preparation equipment</i>	Ugrađene čestice nano veličina, uglavnom srebro, cink-oksidi <i>Incorporated nano-sized particles, mostly silver, occasionally zinc-oxide</i>	Antibakterijski premazi <i>Anti-bacterial coatings</i>
Konzerviranje <i>Conservation</i>	Prehrambeni proizvodi <i>Food products</i>	Sprejevi sa česticama srebra nano veličina <i>Nano-sized silver sprays</i>	Antibakterijski tretmani <i>Anti-bacterial action</i>
Funkcionalna hrana <i>Functional food</i>		Koloidni metali Nanoemulzije <i>Colloidal metals</i> <i>Nano-emulsions,</i>	Istaknut pojačan/ poželjan unos metala <i>Claimed enhanced desirable uptake of metal</i> Poboljšana tekstura i stabilnost proizvoda <i>Improved texture and stability of the product</i>
		Nanoagregati "Nano-clusters"	Ciljano/ pravovremeno otpuštanje nutrijenata <i>Protecting and (targeted) delivery of content</i>
Ambalažni materijali <i>Packaging materials</i>	„Inteligentna“ ambalaža <i>Smart or intelligent packaging</i>	Polimeri s ugrađenim nanometalima ili njihovim oksidima <i>Polymer materials with incorporated nanometals and oxides</i>	Nanoomotači sa nanočesticama srebra, reagiraju na kvarenje hrane i omogućavaju praćenje uvjeta čuvanja <i>Incorporated nano-sized silver particles, detection of food deterioration and monitoring storage conditions</i>
	Ambalažni materijali bolje ili poboljšane čvrstoće <i>Increasing barrier properties, packaging materials strength</i>	Ugrađene aktivne nanočestice <i>Incorporated active nanoparticles</i>	Poboljšana barijerna svojstva, čvrstoća materijala i UV zaštita <i>Increasing barrier properties, strength of materials and UV protection</i> Detektori kisika, sprječavanje rasta patogena <i>Oxygen scavenging, prevention of growth of pathogens</i>



Tablica 2. Zakonodavstvo Europske unije koje se može primijeniti na nanomaterijale u hrani
Table 2. European Union legislation that can be applied to nanomaterials in food

Tematika Thematics	Mišljenje Opinion	Zakonodavstvo Legislation
Propisi o kemikalijama, REACH*propisi <i>Regulations on chemicals, REACH Regulations</i>	Zakonodavstvo Europske unije koje se bavi kemikalijama i njihovom sigurnom upotrebom - registracija, procjena, autorizacija i ograničavanje kemijskih tvari. <i>European Community legislation concerned with chemicals and their safe use and dealing with the Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemical substances.</i>	Uredba <i>Regulation (EC) No. 1907/2006</i>
Nova hrana <i>New Foods</i>	Novom hranom se smatraju hrana i sastojci hrane koji u EU nisu u znatnoj mjeri korišteni za prehranu ljudi prije 1997. godine. Ovom Uredbom zahtjeva se odobrenje za svu novu hranu i hranu proizvedenu pomoću novih tehnologija prije stavljanja na tržište. U siječnju 2008. Europska Komisija je objavila prijedlog za reviziju Uredbe o novoj hrani, gdje je na zahtjev Europskog parlamenta uvedena definicija nanomaterijala. <i>Novel foods are foods and food ingredients that have not been used for human consumption to a significant degree in the EC before 1997, and the Regulation subjects all novel foods and foods manufactured using novel processes to a mandatory pre-market approval system. In January 2008, the European Commission published a proposal to revise and update the Novel Foods Regulation. A definition of NMs has been introduced at the request of the European Parliament, and supported by the Council.</i>	Uredba <i>Regulation (EC) No. 258/97</i> Uredba <i>Regulation (EC) 1331/2008</i>
Prehrambeni aditivi <i>Food additives</i>	U hrani se mogu koristiti samo odobreni aditivi. U prosincu 2008. donesena je nova Uredba (EC/1333/2008) kojom se utvrđuje zajednički postupak odobravanja za aditive, enzime i arome. Početkom 2010. stupio je na snagu novi propis o odobrenim aditivima, dok su popisi aditiva i ograničenja za njihovo korištenje utvrđeni temeljem mišljenja EFSA-e. Novi propis određuje da, ukoliko je materijal odnosno proces proizvodnje aditiva značajno različit (na primjer kroz promjenu veličina čestica), on mora proći kroz postupak ponovnog odobravanja, uključujući i novu procjenu sigurnosti. <i>Only additives explicitly authorized may be used in food. In December 2008, a new Regulation was passed (Regulation EC/1333/2008), which set out a common authorization procedure for additives, enzymes and flavorings. From early 2010, a list of approved additives, including vitamins and minerals, came into force. Inclusion of additives on the list was decided by the Commission on the basis of an Opinion from the EFSA. The new regulations also specify that, where the starting material used, or the process by which an additive is produced, is significantly different (for example, through a change in particle size), it must go through a fresh authorization process, including a new safety evaluation.</i>	Direktiva <i>Directive 89/107/EEC</i> Uredba <i>Regulation (EC) No. 1333/2008</i> Uredba <i>Regulation (EU) No. 238/2010</i>
Materijali u kontaktu s hranom <i>Food contact materials</i>	Odnosi se na sve materijale koji dolaze u dodir s hranom, bilo izravno ili neizravno. Komisija ili države članice mogu zatražiti od EFSA-e provođenje sigurnosne procjene bilo koje tvari ili spoja koji se koristi u proizvodnji materijala koji dolaze u dodir s hranom. Određeni materijali, uključujući plastiku, podložni su i dodatnim mjerama odobravanja. U Uredbi (EU) br. 10/2011 o plastičnim materijalima koji dolaze u kontakt s hranom navedena je obaveza provođenja postupka odobravanja, uključujući i obaveznu procjenu rizika tijekom korištenja materijala s namjerno promijenjenom veličinom čestica. <i>All materials that are intended to come into contact with foodstuffs, either directly or indirectly. The Commission or Member States may request the EFSA to conduct a safety evaluation of any substance or compound used in the manufacture of a food contact material. Certain materials, including plastics, are subject to additional measures. The Commission has proposed updating the Regulation governing (EU) No. 10/2011 food-contact plastics to specify that a deliberately-altered particle size should not be used, even behind a migration barrier, without specific authorization.</i>	Uredba <i>Regulation (EC) No. 1935/2004</i> Uredba <i>Regulation (EU) No. 10/2011</i>
Dodatci prehrani <i>Food supplements</i>	U dodatcima prehrani se mogu koristiti samo vitamini i minerali koji su na popisu odobrenih. Na popis se mogu dodati i nove tvari, ali tek nakon što prođu sigurnosnu procjenu od strane EFSA-e. <i>States that only vitamins and minerals on an approved list may be used as food supplements. New substances may be considered for inclusion on the list, but only after a safety assessment by EFSA.</i>	Direktiva <i>Directive 2002/46/EC</i>

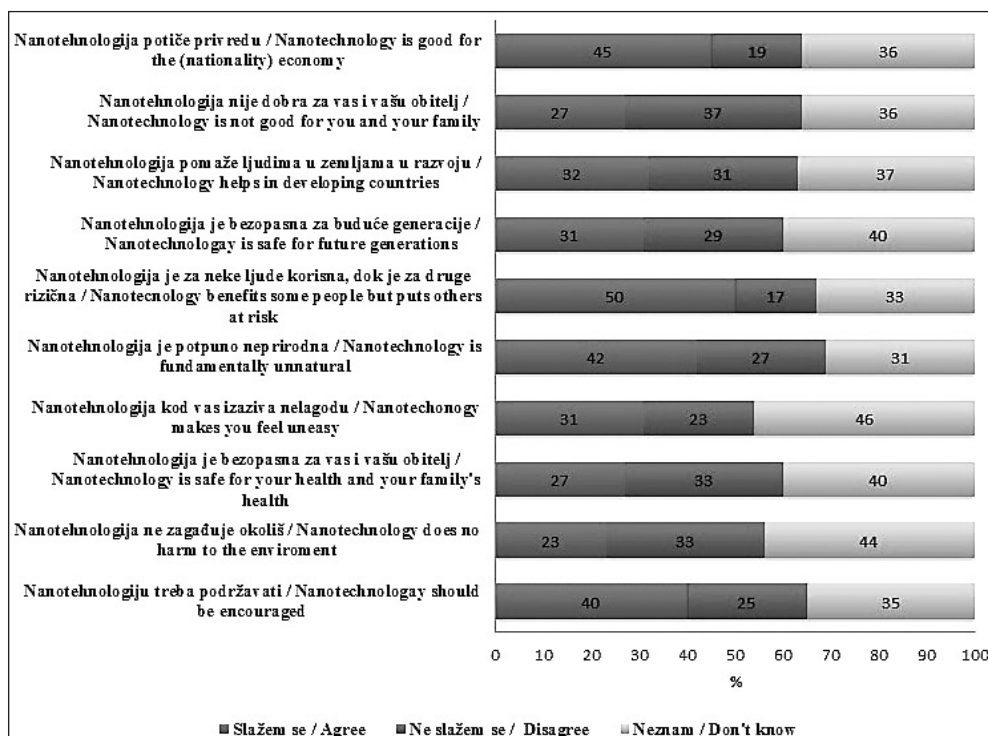
*REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances)

noemulzije, biopolimeri, kao i razvoj nanosenzora, usmjereni su na osiguravanje boljih svojstava hrane i kontrolu kvalitete. U proizvodnji ambalažnih materijala, ne samo da doprinose boljoj zaštiti hrane i produženju roka trajanja, nego se smatraju i ekološki prihvatljivim rješenjem jer se smanjuje potreba za korištenjem plastike kao materijala za pakiranje (Darder i sur., 2007). Vrlo važno svojstvo materijala za pakiranje hrane je njegova sposobnost da djeluje kao barijera na vlagu, kisik, ugljikov dioksid i druge medije (Ščetar i sur., 2010a), što se može pojačati ugradnjom anorganskih nanočestica kao što su čestice gline i silikata u biopolimerne strukture (Sorrentino i sur., 2007, Kaynek i sur., 2006). Škrob i njegovi derivati su prirodni polimeri čije korištenje se može dodatno poboljšati primjenom nanotehnologije. Nakon ekstruzije, škrob se pretvara u termoplastični materijal s niskom mehaničkom otpornošću i lošom zaštitom od kisika i vlage te se primjenom hibrida termoplastičnog škroba s nanocijevčicama poboljšavaju njegova barijerna svojstva (Lopez-Rubio i sur., 2006). Nanocijevi su najvećim dijelom proizvedene od ugljika i kao takve ugrađuju se u polimere radi poboljšanja njihovih mehaničkih svojstva odnosno čvrstoće i elastičnosti (Szeleifer i Yerushalmi-Rozen, 2005). Novost koju je nanotehnologija donijela je i korištenje bioaktivnih ambalažnih materijala koji su u mogućnosti kontrolirati oksidaciju hrane i stvaranje nepoželjnih okusa i/ili teksturnih svojstava (Guerra i sur., 2005).

Materijali koji imaju antimikrobna svojstva zahvaljujući nano česticama srebra ili drugih tvari već se nalaze na tržištu. Tu se ubrajaju i materijali za pakiranje hrane koji sami održavaju čistu površinu, odbijaju nečistoće i mogu se promijeniti ovisno o vanjskim ili unutarnjim uvjetima kao što su svjetlo, temperatura, vlaga, tlak i pH (Cushen i sur. 2012, Emamifar i sur. 2010, Ščetar i sur. 2010b).

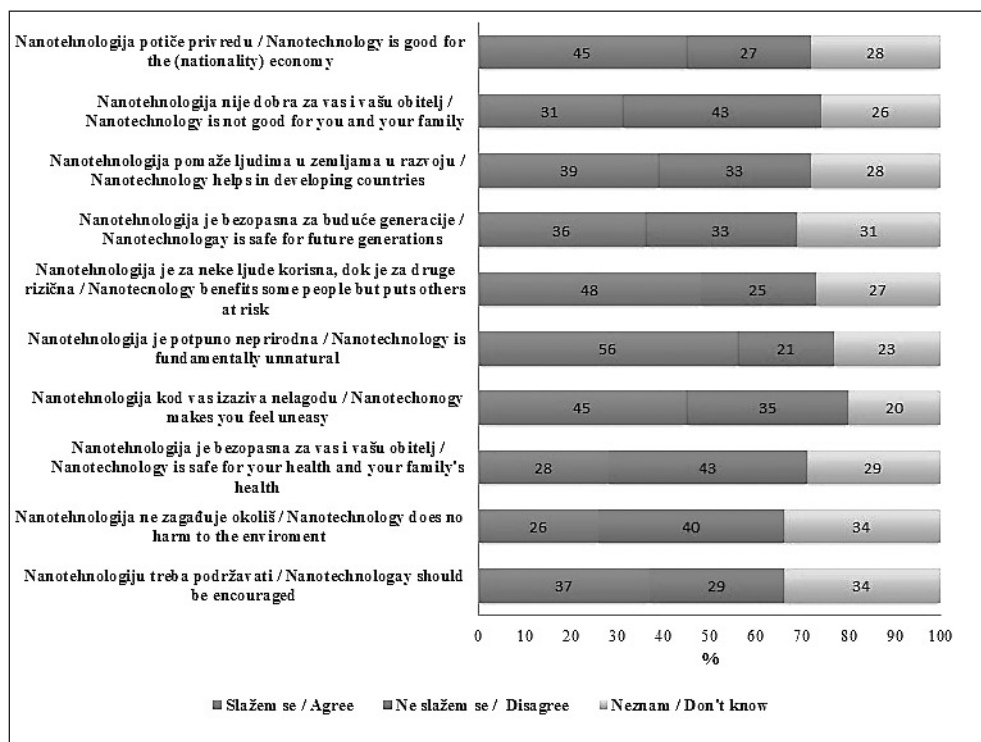
Rizici i zakonodavni okvir

Zbog malih veličina čestica i njihove velike specifične površine neki nanomaterijali mogu imati toksičan učinak na zdravlje čovjeka (Dowling, 2004). Iako se u hrani mogu naći prirodno sadržane nanočestice koje nemaju štetan učinak na organizam, neka znanstvena istraživanja ukazuju da namjerno izmijenjene nanočestice (ENMs) mogu prijeći stanične barijere i dovesti do njihova oštećenja (Holgate i Biomed, 2010). Preko krvotoka mogu doći u razne dijelove tijela, organe i tkiva, uključujući mozak, srce, jetru, bubrege, slezenu, koštanu srž i živčani sustav. Stoga se nameće zaključak da je teško generalizirati zdravstveni rizik povezan s



Slika 1. Stav ispitanika iz Europske unije (EU 27) prema nanotehnologiji (European Commission, 2010)

Figure 1. The attitude of the respondents from the European Union (EU 27) to nanotechnology (European Commission, 2010)



Slika 2. Stav ispitanika iz Hrvatske prema nanotehnologiji (European Commission, 2010)

Figure 2. The attitude of the respondents from the Croatian by nanotechnology (European Commission, 2010)

izlaganjem nanočesticama zbog čega se svaki novi nanomaterijal mora pojedinačno procijeniti, uzimajući u obzir pri tome sve njegove osobine. Unatoč sve većoj komercijalizaciji nanotehnologije u svijetu ne postoje specifični propisi koji se odnose samo na ovo područje. Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) objavila je znanstveno mišljenje o mogućim rizicima

znanja o mogućim učincima kao i nedostatak jasne komunikacije o rizicima i prednostima povezanim s korištenjem nanočestica mogu povećati zabrinutost, a samim time i otpor javnosti prema ovoj tehnologiji. Također je dokazano da će javnost neke proizvode sa ENM česticama prihvatiti brže i lakše od drugih (Cobb i Macoubrie, 2004; Lee i sur., 2005; Siegrist

koji proizlaze iz nanoznanosti i nanotehnologije u hrani i stočnoj hrani (EFSA, 2009) te je između ostalog napravljena procjena prikladnosti postojećih propisa koji se odnose na korištenje nanotehnologije u prehrambenom sektoru. Evidentna je potreba prilagodbe postojećih propisa u kojima bi se jasno definirale obaveze i odgovornosti prilikom stavljanja na tržište proizvoda u kojima je korištena nanotehnologija. Pregled dopunjenog zakonodavstva kojeg su objavili Blasco i Pocó (2011) prikazan je u Tablici 2. Hrana i materijali koji dolaze u kontakt s hranom, u kojima su korišteni nanomaterijali, uglavnom bi trebali proći neki od postupaka odobravanja prije stavljanja na tržište Europske unije (Blasco i Pico, 2011).

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) je u siječnju 2011. pokrenula javnu raspravu o nacrtu smjernica koje se bave procjenom rizika (RA) od ENM (izmijenjenih nanomaterijala) u području hrane i stočne hrane (EFSA, 2011). Smjernice je pripremio znanstveni odbor EFSA-e, na zahtjev Europske komisije, i prvi je dokument koji daje praktične upute za uklanjanje potencijalnih rizika koji proizlaze iz primjene nanoznanosti i nanotehnologije u lancu hrane i hrane za životinje, uključujući primjenu aditiva u hrani i stočnoj hrani, enzime, arome, materijale u dodiru s hranom, novu hranu i pesticide.

Važno je istaknuti da je ENM smjernicama propisana obaveza osiguranja dodatnih podataka, potrebnih za fizičku i kemijsku karakterizaciju ENM-a u usporedbi s konvencionalnim nanomaterijalima, te je definirana način testiranja njihove toksičnosti.

Mišljenje potrošača

Budućnost i održivost proizvoda na tržištu hrane u kojoj je korištena nanotehnologija uvelike će ovisiti o prihvaćanju takve hrane od strane potrošača. Poznato je da nepovjerenje u državne institucije i nedostatak



i sur., 2007). Istraživanja provedena s ciljem utvrđivanja percepcije javnosti prema različitim vrstama hrane i materijala s ugrađenim nanočesticama kao što su: kruh s omega-3-masnim kiselinama, sok s vitaminom A inkapsuliranim u škrob, nanofilmovi koji štite rajčicu od vlage i kisika i antibakterijski materijali za pakiranje hrane pokazala su da je za potrošače prihvatljivija primjena nanotehnologije u materijalima za pakiranje hrane nego njena primjena u samoj hrani (Siegrist i sur., 2007).

Istraživanje Eurobarometra, provedeno 2010. godine (European Commission, 2010), pokazalo je da su potrošači indiferentni ili nepovjerljivi prema korištenju nanotehnologije u prehrambenoj industriji, ali ne u onoj mjeri kao prema genetski modificiranoj hrani. Izdvojeni su i prikazani podatci istraživanja u zemljama članicama EU (27 zemalja) (Slika 1), te podatci o stavu hrvatskih ispitanika koji su prvi put uključeni u ovakvo istraživanje (Slika 2). Dijagrami pokazuju da su Europljani, ali i Hrvati, općenito manje kritični prema primjeni nanotehnologije u hrani u odnosu na GMO hranu. Europljani (40%) i Hrvati (37%) slažu se da bi primjenu nanotehnologije trebalo poticati, blizu polovice ispitanika (45% EU-27 i 45% HR) smatra da je ona korisna za nacionalno gospodarstvo, a nešto manji broj ispitanika (32% EU-27, 39% HR) smatra da će nanotehnologija pomoći zemljama u razvoju. S aspekta sigurnosti, 31% Europljana (i 36% Hrvata) smatra da je nanotehnologija sigurna za buduće generacije te prilikom razmatranja je li nanotehnologija sigurna i za njihovo zdravlje i zdravlje njihove obitelji, ispitanici su nešto više zabrinuti (27% EU-27 i 28% HR ispitanika). Slično tome, kada se gleda na ekološke učinke, 23% Europljana i 26% Hrvata slažu se da nanotehnologija neće štetiti okolišu, a 33% EU-27 i 40% HR ispitanika se ne slaže s navedenim. Veći dio ispitanika misli da je nanotehnologija neprirodna (42% Europljana i 45% Hrvata), te da kod njih izaziva nelagodu (31% Europljana i znatno više Hrvata, 45%). Zabrinjavajući su veliki postotci ispitanika koji su se na postavljena pitanja izjasnili s „ne znam“ (31-46% Europljana i 20-34% Hrvata), što ukazuje na nedovoljnu informiranost potrošača oko korištenja nanotehnologije u hrani (European Commission, 2010).

Zaključak

Nanotehnologija postaje sve važnija za prehrambenu industriju. Brojna istraživanja i primjene pronašle su svoje mjesto posebno u raznim područjima proizvodnje hrane, novih ambalažnih materijala i praćenju sigurnosti hrane. Ugradnjom nanočestica u materijale koji dolaze u dodir s hranom postižu se bolja svojstva ambalažnih materijala što utječe na bolju održivost i kvalitetu zapakirane hrane. Problem dugotrajnih i zahtjevnih postupaka kontrole zdravstvene ispravnosti hrane moguće je, primjenom nanotehnologije, unaprijediti kroz razvoj inovativnih uređaja i tehnika koji će olakšati pripremu uzoraka i njihovu bržu i jeftiniju analizu. U svemu ovome posebnu pozornost treba posvetiti stavu potrošača prema hrani u kojoj je primijenjena nanotehnologija. Najnovije istraživanje Eurobarometra provedeno 2010. pokazalo je da većina Europljana, ali i Hrvata, nisu protiv nanotehnologije, te da su uglavnom slabo obaviješteni o prednostima i mogućim rizicima povezanim s korištenjem nanotehnologije u prehrambenoj industriji. Poučeni iskustvima vezanim za GM hranu, presudna je pravovremena javna rasprava svih sudionika, uključujući potrošače, proizvođače, znanstvenike, kao i odgovorna nadležna tijela, kroz koju će se javnost informirati o svim aspektima primjene nanotehnologije u proizvodnji hrane. Važan korak je i prilagodba postojećih propisa koji će jasno definirati postupke pri uvođenju ovakvih proizvoda na tržište kao i

načine njihova označavanja. Potpuno je neosporno da nanotehnologija predstavlja mnogo pozitivnih učinaka na prehrambenu tehnologiju kao što su određeni prehrambeni dodaci, novi načini pakiranja hrane te ciljani pesticidi i njihova smanjena količina kod upotrebe. Dozvoljena i nadzirana upotreba ove tehnologije može imati pozitivan utjecaj na privredu zemalja u razvoju, naročito za povećanje poljoprivredne proizvodnje te u poboljšanju kvalitete prehrambenih proizvoda, vode i tla. Ovom novom tehnologijom i njenom pravilnom primjenom u budućnosti možemo imati velike koristi stoga je potrebna uska suradnja između privrede i znanstvenih institucija.

Literatura

- Bhattacharya S., Jang J., Akin D., Bashir R. (2007) Biomems and nanotechnology based approaches for rapid detection of biological entities, *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*, 15, 1–32.
- Blasco C., Pico Y. (2011) Determining nanomaterials in food, *Trends in Analytical Chemistry*, 30 (1), 84–99.
- Blanchemanche S., Bieberstein A., Marette S., Roosen J. (2011) The public understanding of nanotechnology in the food domain -The hidden role of views on science, technology, and nature, *Public Understanding of Science*, 20 (2), 195–206.
- Bouwmeester H., Dekkers S., Noordam M.Y., Hagens W. I., Bulder A.S., De Heer C., Ten Voorde S.E.C.G., Wijnhoven S.W.P., Marvin H.J.P. (2009) Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 53, 52–62.
- Chaudhry Q., Scotter M., Blackburn J., Ross B., Boxall A., Castel L., Aitke R., Watkins R. (2008): Applications and implications of nanotechnologies for the food sector, *Food additives & contaminants: part A chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 25, 241–258.
- Chaudhry Q., Watkins R., Castle L. (2010) Nanotechnologies in the Food Arena: New Opportunities, New Questions, New Concerns, *RSC Nanoscience & Nanotechnology*, 14, 1–16.
- Cobb M.D., Macoubrie J. (2004) Public perceptions about nanotechnology: risks, benefits and trust, *Journal of Nanoparticle Research*, 6, 395–405.
- Commission Directive 2002/46/EC of the European Parliament and of the Council of 10. June 2002 on the approximation of the laws of the Member States relating to food supplements, *Official Journal*, L183.
- Commission Regulation (EC) No. 258/97 of the European Parliament and of the Council of 27. January 1997 concerning novel foods and novel food ingredients, *Official Journal*, L43.
- Commission Regulation (EC) No. 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27. October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC, *Official Journal*, L338.
- Commission Regulation (EC) No.1907/2006 European Parliament and of the Council of 18. December 2006. concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No. 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC, *Official Journal*, L 396.
- Commission Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16. December 2008 on food additives, *Official Journal*, L354.



- Commission Regulation (EU) No. 238/2010 of 22 March 2010 amending Annex V to Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council with regard to the labelling requirement for beverages with more than 1,2 % by volume of alcohol and containing certain food colours, *Official Journal*, L75.
- Commission Regulation (EU) No. 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food, *Official Journal*, L12/1.
- Council Directive 89/107/EEC of 21. December 1988 on the approximation of the laws of the Member States concerning food additives authorized for use in foodstuffs intended for human consumption, *Official Journal*, L0107.
- Cushen M., Kerry J., Morris M., Cruz-Romero M., Cummins E. (2012) Nanotechnologies in the food industry – Recent developments, risks and regulation, *Trends in Food Science & Technology*, 24 (1), 30-46.
- Darder M. Aranda P., Ruiz-Hitzky E. (2007) Bionanocomposites: a new concept of ecological, bioinspired and functional hybrid materials, *Advanced Materials*, 19, 1309–1319.
- Dingman J. (2008) Nanotechnology: Its Impact on Food Safety, *Journal of Environmental Health*, 70 (6), 47-50.
- Dowling A.P. (2004) Development of nanotechnologies, *Materials Today*, 7, 30–35.
- Emamifar A., Kadirav M., Shahedi M., Soleimani-Zad S. (2010) Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11 (4), 742-748.
- European Food Safety Authority (2009) Scientific Opinion of the Scientific Committee on a request from the European Commission on the Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety, *The EFSA Journal*, 958, 1-39. Dostupno na: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/s958.pdf>. Pristupljeno: 22.4.2011.
- European Food Safety Authority (2011) Draft Scientific Opinion on Guidance on risk assessment concerning potential risks arising from applications of nanoscience and nanotechnologies to food and feed. Dostupno na: <http://www.efsa.europa.eu/en/consultationsclosed/call/scaf110114.htm/>. Pristupljeno: 11.7.2011.
- European Commission Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Novel Foods and Amending Regulation (EC) 1331/2008, COM (2007) 872 final. Dostupno na: http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/novelfood/initiatives_en.htm/. Pristupljeno: 28.05.2011.
- European Commission (2010) Biotechnology, Special Eurobarometer 341/ Wave 73.1, Dostupno na: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_341_en.pdf. Pristupljeno: 28.5.2011.
- Holgate S.T (2010) Exposure, uptake, distribution and toxicity of nanomaterials in humans, *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 6 (1), 1-19.
- Guerra N.P., Macias C.L., Agrasar A.T., Castro L.P. (2005) Development of a bioactive packaging cellophane using Nisaplina as biopreservative agent, *Letters in Applied Microbiology*, 40, 106–110.
- Ipsen R., Otte, J. (2007) Self-assembly of partially hydrolysed α -lactalbumin, *Biotechnology Advances*, 25, 602–607.
- Kaynak C., Tasan C. (2006) Effects of production parameters on the structure of resol type phenolic resin/layered silicate nanocomposites, *European Polymer Journal*, 42, 1908–1921.
- Lee C. J., Scheufele D.A., Lewensten B.V. (2005) Public attitudes toward emerging technologies, *Science communication*, 27, 240–267.
- Lopez-Rubio A., Gavara R., Lagaron J. M. (2006) Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials, *Trends in Food Science & Technology*, 17, 567–575.
- Mozafari M.R., Johnson C., Hatziantoniou S., Demetzos C. (2008) Nanoliposomes and Their Applications in Food Nanotechnology, *Journal of Liposome Research*, 18 (4), 309-327.
- Otles S., Yalcin B. (2010) Nano-biosensors as new tool for detection of food quality and safety. Dostupno na: http://www.logforum.net/pdf/6_4_7_10.pdf. Pristupljeno: 12.06.2011.
- Sozer N., Kokini J.L. (2009) Nanotechnology and its applications in the food sector, *Trends in Biotechnology*, 27 (2), 82-89.
- Sekhon B.S. (2010) Food nanotechnology – an overview, *Nanotechnology, Science and Applications*, 3, 1-15.
- Siegrist M., Cousin M-E., Kastenholz H., Wiek A. (2007) Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: the influence of affect and trust, *Appetite*, 49, 459–466.
- Sorrentino A., Gorrasia G., Vittoria V. (2007) Potential perspectives of bionanocomposites for food packaging applications, *Trends in Food Science & Technology*, 18, 84–95.
- Szleifer I., Yerushalmi-Rozen R. (2005) Polymers and carbon nanotubes – dimensionality interactions and nanotechnology, *Polymer (Guildf)*, 46, 7803–7818.
- Šćetar M., Kurek M., Galić K. (2010a) Trends in Fruit and Vegetable Packaging – a Review, *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 5 (3-4), 69-86.
- Šćetar M., Kurek M., Galić K. (2010b) Trends in meat and meat products packaging – a review, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, (1), 32-48.