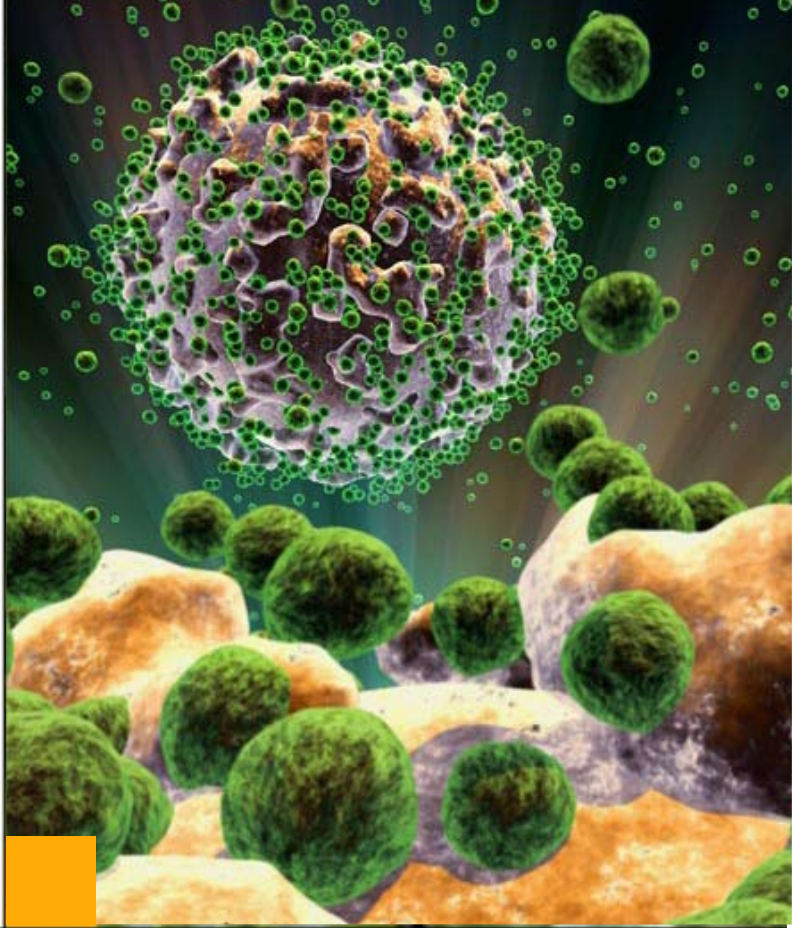


Alexandra
Kvasničková



Aplikace nanotechnologie v potravinářství



Ing. Alexandra Kvasničková

Nanotechnologie – vytváření částic nanorozměrů a manipulace s těmito nanočásticemi – se považuje za jeden z nejbouřlivěji se rozvíjejících oborů lidské činnosti. Existuje názor, že nanotechnologie představuje revoluci v agro-potravinářském sektoru. Mnoho zemí investuje do výzkumu a především pak do praktického využití nanotechnologie velké finanční prostředky a očekává, že jim tyto investice zajistí vedoucí postavení na trhu. Ačkoliv dosud není vždy zcela objasněna bezpečnost produktů získaných pomocí nanotechnologie, na trhu již existuje řada výrobků, při jejichž výrobě byla nanotechnologie použita. Některé firmy, zvláště v Asii, z reklamních důvodů zdůrazňují aplikaci nanotechnologie ve výrobě.

Propagace této technologie má navozovat, že výrobky mají výjimečné pozitivní vlastnosti. To však nemusí vždy odpovídat skutečnosti jak z hlediska použité technologie, tak z hlediska vlastností výrobků. Vzhledem k chybějící legislativě řada firem aplikaci nanotechnologie ve výrobě raději neuvádí. Důvodem jsou nevyjasněné otázky bezpečnosti výrobků jak pro spotřebitele, tak i pro životní prostředí. Tato situace vede k tomu, že přibývá mezinárodních akcí, na kterých se vedle potenciálních dalších aplikací nanotechnologie v agro-potravinářském sektoru diskutuje o bezpečnosti této technologie.

Úvod	5
1. Definice “nanověda” a “nanotechnologie”	6
1.1 Slovník termínů z oblasti nanotechnologie	7
2. Nanotechnologie v přírodě	8
3. Hlavní iniciativy zaměřené na nanotechnologii	10
3.1 Nanoforum (NF): Evropská informační brána pro nanotechnologii	12
3.2 Iniciativy v USA zaměřené na nanotechnologii	14
3.2.1 National Nanotechnology Initiative (NNI)	14
3.2.2 NNIN (National Nanotechnology Infrastructure Network)	15
3.2.3 Projekt “Emerging Nanotechnologies”	15
3.2.4 Ostatní	17
3.3 Asia Nano Forum (ANF): Iniciativa v Asii a Pacifiku	17
4. Výzkum zaměřený na nanotechnologii	18
4.1 Výzkum nanotechnologie v EU	19
4.1.1 Výzkumné projekty zaměřené na nanotechnologii v potravinářském sektoru v EU	20
4.2 Výzkumné projekty zaměřené na nanotechnologii v agro-potravinářském sektoru v USA	23
5. Potenciální aplikace nanotechnologie v agro-potravinářském sektoru	26
5.1 Nanosenzory pro detekci patogenů a kontaminantů	27
5.2 Nanozařízení pro ochranu identity (IP) a vysledování	28
5.3 Nanozařízení pro inteligentní systémy zajišťování nápravy	29
5.4 Integrace inteligentních systémů: snímání, lokalizace, hlášení a řízení	29
5.5 Nanozařízení pro molekulární a celulární biologii	30
5.6 Nanomateriály, problematika životního prostředí, zemědělského odpadu a nanočástic v životním prostředí	32
6. Využití nanotechnologie při výrobě potravin	33
6.1 Nanodisperze a nanokapsle. Aplikace funkčních složek	34
6.2 Nanolamináty. Vytváření jedlých fólií a potahů. Aplikace funkčních složek	35
6.3 Biopolymerní nanočástice. Aplikace funkčních složek	37
6.4 Nanokompozity. Obaly s lepšími mechanickými a bariérovými vlastnostmi	38
6.4.1 Nanokompozity polysacharid-jíl	39

6.5 Nanovlákna	40
6.6 Nanotrubice	41
7. Příklady realizovaných aplikací nanotechnologie v potravinářství	41
7.1 Antibakteriální účinky nanostrříbra, nano ZnO	41
7.2 Regulované uvolňování funkčních a aktivních složek	42
7.2.1 MultiSal™	43
7.3 Solubilizace potravinářských aditiv/fyziologicky aktivních látek	43
7.3.1 Ubisol-Aqua™ technology	43
7.3.2 NovaSOL® Nanosome	45
7.3.3 NutraLease™	45
7.3.4 NetColors (Nano-Encapsulation Technology)	46
7.3.5 Nanokurkumin: nová strategie léčby rakoviny u lidí	46
7.3.6 Bioral™ Technology	46
7.3.7 SunActive® FE	47
7.4 Další systémy	47
7.5 Využití technologie nanokompozitů pro potravinářské obaly	48
7.5.1 Plasty s lepšími bariérovými vlastnostmi	49
7.6 Hliníková fólie se zlepšenými vlastnostmi	54
8. Bezpečnost nanotechnologie	54
8.1 Potenciální zdravotní riziko potravinářských materiálů získaných pomocí nanotechnologie	55
8.2 Výzkumné projekty 5. a 6. rámcového programu V & V v EU zaměřené na bezpečnost nanotechnologie	58
9. Regulace nanotechnologie a nanoproduktů	60
9.1 Regulace nanotechnologie v USA	61
9.2 Regulace nanotechnologie v EU	62
9.3 Regulace nanotechnologie ve Velké Británii	63
9.4 Regulace nanotechnologie v Japonsku	64
9.5 Regulace nanotechnologie v Číně a na Tchaj-wanu	65
9.5.1 Certifikace nanoproduktů na Tchaj-wanu	65
10. Databáze komerčních spotřebitelských výrobků	67
11. Vývoj trhu nanopotravin	70
12. Mezinárodní akce zaměřené na (potravinářskou) nanotechnologii	77
Závěr	78
Literatura	79

Nanotechnologie – vytváření částic nanorozměrů a manipulace s těmito nanočásticemi – se považuje za jeden z nejbouřlivěji se rozvíjejících oborů lidské činnosti (8). Existuje názor, že nanotechnologie představuje revoluci v agro-potravinářském sektoru. Mnoho zemí investuje do výzkumu a především pak do praktického využití nanotechnologie velké finanční prostředky a očekává, že jim tyto investice zajistí vedoucí postavení na trhu. Ačkoliv dosud není vždy zcela objasněna bezpečnost produktů získaných pomocí nanotechnologie, na trhu již existuje řada výrobků, při jejichž výrobě byla nanotechnologie použita. Některé firmy, zvláště v Asii, z reklamních důvodů zdůrazňují aplikaci nanotechnologie ve výrobě. Propagace této technologie má navozovat, že výrobky mají výjimečné pozitivní vlastnosti. To však nemusí vždy odpovídat skutečnosti jak z hlediska použité technologie, tak z hlediska vlastností výrobků. Vzhledem k chybějící legislativě řada firem aplikaci nanotechnologie ve výrobě raději neuvádí. Důvodem jsou nevyjasněné otázky bezpečnosti výrobků jak pro spotřebitele, tak i pro životní prostředí. Tato situace vede k tomu, že přibývá mezinárodních akcí, na kterých se vedle potenciálních dalších aplikací nanotechnologie v agro-potravinářském sektoru diskutuje o bezpečnosti této technologie.

Předložená práce je rozdělena do 12 kapitol, ve kterých jsou shrnuty informace od definic, terminologie, výzkumných a komerčních aktivit až po bezpečnost a legislativu. Nejnovější informace o vývoji v dané oblasti lze získat sledováním výstupů z mezinárodních akcí. Z důvodu zachování přehlednosti a dodržení přiměřeného rozsahu se uvedená informační zpráva nezaměřuje na celý agropotravinářský komplex, ale především na oblast potravinářství. Využití nanotechnologie v zemědělském sektoru by mohlo být zpracováno samostatně jako pokračování tohoto přehledu.

1. DEFINICE “NANOVĚDA” A “NANOTECHNOLOGIE”

Mezi světem atomů a současným reálným světem leží oblast nanosvěta, území částic a struktur o rozměru od ca 1 nm do ca 100 nm, která nebyla v minulosti středem přílišné pozornosti. Nanostruktury, které jsou základními prvky nanomateriálů, jsou dostatečně malé na to, aby se v nich mohly uplatňovat kvantové jevy. Dnes rozumíme individuálními vlastnostem atomů, ale prozatím málo rozumíme tomu jak se chovají jejich seskupení a tomu, jak vznikají jejich leckdy neočekávané vlastnosti. Zkoumání těchto jevů je předmětem nanovědy, vědní oblasti zahrnující fyziku pevné fáze, chemii, inženýrství a molekulární biologii (13).

V současné době neexistuje jedna všeobecně uznávaná definice nanotechnologie. Nanotechnologie však není nová vědecká disciplína, je to spíše nová oblast soustřeďující klasické vědecké obory jako jsou fyzika, kvantová mechanika, chemie, biochemie, elektronika atd. při vývoji materiálů, zařízení a funkčních systémů s výjimečnými vlastnostmi, vyplývajícími z kvantové podstaty a schopnosti samorganizace hmoty v rozměru nanometrů. V současnosti existuje mnoho definic nanotechnologie, které se více nebo méně liší.

V americkém programu “**Národní nanotechnologická iniciativa (NNI)**” (ve znění z března 2004) je použita tato definice:

Nanotechnologie je výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni, v rozměrové škále přibližně 1–100 nm. Je to též vytváření a používání struktur, zařízení a systémů, které mají v důsledku svých malých nebo intermediálních rozměrů nové vlastnosti a funkce. Je to rovněž dovednost manipulovat s objekty na atomové úrovni.

V rámci zpracovávání studie “**The Nanotechnology Study**” v britské The Royal Society v roce 2003 byly použity tyto definice:

Nanověda je studium hmoty na atomové a molekulární úrovni (obvykle od 0,1 do 100 nm), kde se vlastnosti výrazně liší od vlastností při větších rozměrech.

Nanotechnologie je aplikací těchto znalostí při vytváření užitečných materiálů, struktur a zařízení.

Pojem “**nanotechnologie**” se obvykle používá jako společný pojem, který zahrnuje různé obory nanovědy a nanotechnologií.

Nanotechnologie je interdisciplinární a průřezová technologie. Rozvíjí se v řadě oblastí, např.:

- ▶ Oblast **nanomateriálů** je zaměřena na zkoumání a vývoj nových druhů materiálových systémů, jejichž podstatné vlastnosti vyplývají z rozměrů jejich složek v nanometrech.

- ▶ **Nanochemie** se zabývá vytvářením a modifikací chemických systémů, jejichž funkčnost pramení z jejich nanorozměrů. Supramolekulární funkční systémy představují materiálový základ nových látek.
- ▶ **Nanoelektronika** zkoumá různé strategie využití elektronických vlastností nanostruktur v celé řadě aplikací budoucích informačních technologií.
- ▶ **Nanooptika** pokládá základy optických vysokorychlostních komunikačních technologií, nových zdrojů laserového světla a optických systému pro široká použití.
- ▶ **Nanovýroba** zkoumá a vyvíjí metody technologie výroby struktur, vrstev a systémů v nanorozměrech.
- ▶ **Nanobiotechnologie** se zabývá využitím biologických nanosystémů v technických systémech, od senzorové technologie po fotovoltaiku. Používá též nanotechnologické postupy při zkoumání biologických systémů, z čehož budou mít velký prospěch zejména oblasti lékařské techniky a molekulární diagnostiky.
- ▶ **Nanoanalytika** zabezpečuje analytické metody a nástroje pro porozumění základních jevů a pro charakterizování výrobků.

Pozn.: Předpona „nano“ pochází z řeckého jazyka a označuje „trpaslíka“, avšak ve vědě a technice znamená 10^{-9} , tj. jedna miliardtina (= 0,000 000 001). Jeden nanometr (nm) je miliardtina metru.

1.1 Slovník termínů z oblasti nanotechnologie

Existuje řada slovníků obsahujících termíny speciálně zaměřené na problematiku nanotechnologie, např.:

- ▶ Institute of Nanotechnology (Velká Británie)
www.nano.org.uk/nano/glossary.htm
- ▶ Nanotechnology Now (informační brána pro nanotechnologii, USA)
www.nanotech-now.com/nanotechnology-glossary-N.htm
- ▶ BSI (British Standards Institution)

Ministerstvo obchodu a průmyslu ve Velké Británii (Department of Trade and Industry, DTI) ve spolupráci s BSI bylo pověřeno vypracováním PAS (Publicly Available Specification, veřejně dostupné specifikace) pro účely vývoje a podpory používání běžného jazyka pro technologie nanočástic, viz

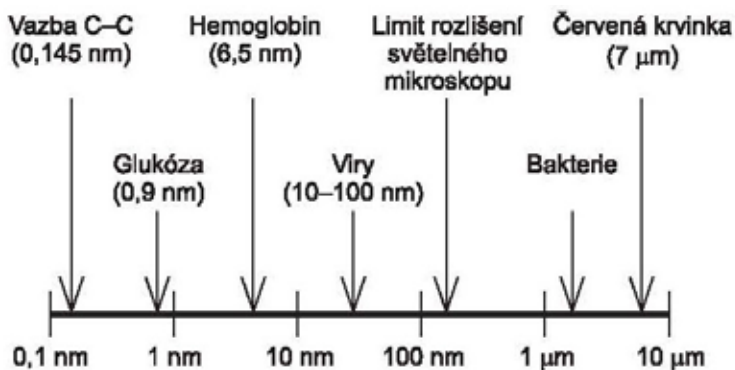
www.bsi-global.com/en/Standards-and-Publications/Industry-Sectors/Nanotechnologies/PAS-71/

2. NANOTECHNOLOGIE V PŘÍRODĚ

Nanotechnologie je poměrně nové slovo, ale není to úplně nová oblast. V přírodě většina základních životních procesů probíhá v nanorozměrech. Zejména v přírodě platí, že nanotechnologie je věda a umění vytvářet komplexní a praktická zařízení s atomovou přesností. Této vědě se příroda učila a tuto vědu rozvíjela po milióny let, a to jak v oblasti živé, tak neživé přírody.

Základními stavebními prvky přírody jsou atomy a molekuly, přičemž molekula je seskupení jednoho nebo více atomů, které jsou vzájemně spojeny interakcemi po dostatečně dlouhou dobu, takže mohou být pozorovány jako existující subjekty (13).

Na obr. 1 jsou znázorněny relativní velikosti atomů, biomolekul, bakterií a buněk.

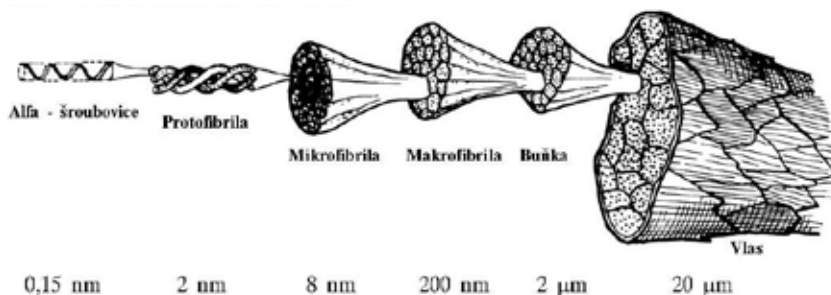


1. Relativní velikosti atomů, biomolekul, bakterií a buněk

Z obrázku je zřejmé, že mnoho biologických materiálů lze klasifikovat jako nanočástice. Velikost bakterií se pohybuje v rozmezí 1 až 10 μm, virů od 10 do 200 nm. Bílkoviny se obvykle vyskytují v rozměrech od 4 do 50 nm. Stavebními bloky proteinů je 20 aminokyselin, přičemž každá aminokyselina má rozměr kolem 0,6 nm. Při vytváření proteinu jsou tyto aminokyseliny navzájem svázány pomocí silných chemických peptidových vazeb. Vznikají dlouhé řetězce polypeptidů, které obsahují stovky a v některých případech tisíce aminokyselin. Podobají se tak nanodrátkům. Polypeptidové nanodrátky jsou zkrucovány a stačeny, aby se stlačily do relativně malého objemu, který odpovídá polypeptidové nanočástici o průměru 4–50 nm. Proto je bílkovina nanočásticí, která sestává ze stlačeného polypeptidového nanodrátku.

Deoxyribonukleová kyselina (DNA) představující genetický materiál má rovněž strukturu zhuštěného nanodrátka. Jejimi stavebními bloky jsou čtyři nukleové báze – molekuly, které jsou spojeny k sobě v dlouhém dvojšroubovitém nanodrátku. Molekulu DNA tedy tvoří dva nanodrátky, které jsou obtočeny jeden kolem druhého v útvaru o průměru asi 2 nm, který se opakuje každých 3,4 nm. Tento dlouhý, do dvojité šroubovice spletený nanodrátok rovněž prochází systematickým kroucením a stáčením, aby se DNA vešla do chromozomu asi 6 μm dlouhého a 1,4 μm širokého. Samotný chromozom není natolik malý, aby byl nanočásticí.

Příroda buduje svoje struktury a systémy hierarchicky. Hierarchické struktury mají velkou účinnost. Změnou stupně interakce na rozhraní mezi různými úrovněmi hierarchie lze vytvářet struktury různých vlastností. Příkladem je vlas (obr. 2).



2. Hierarchická struktura vlasu

Vlas je tvořen šesti strukturními hierarchiemi ze základní stavební jednotky vlasů (ale i nehtů a kopyt), kterou je protein keratin. Výsledkem je vysoce pružná a relativně pevná struktura schopná samostatného růstu.

Protože nejmenší aminokyselina – glycin je velká 0,42 nm a některé viry dosahují rozměru 200 nm, zdá se, že biologické nanostruktury je vhodné, na rozdíl od definice uvedené v kapitole 1, definovat jako struktury o rozměrech v rozmezí od 0,5 do 200 nm (13).

Na příkladu biomineralizace skořápky u měkkýše abalon (*Haliotis tuberculata*, ušň mořská) lze demonstrovat využití nanotechnologie v praxi k vytváření nanostruktur s požadovanými vlastnostmi. Měkkýš abalon si konstruuje superpevnou skořápku s krásným, duhově zbarveným vnitřním povrchem. Provádí to tak, že uspořádává uhličitan vápenatý (křídou) do pevných nanostrukturálních bloků. Jako maltu používá pružný sliz: směs proteinů a sacharidů. Trhliny, které vznikají na povrchu skořápky, jen obtížně postupují dovnitř, neboť struktura skořápky zamezuje postupu trhliny, jejíž dráha je při překonávání jemných bloků klikatá a dochází tak k rozptýlení energie potřebné k lomu. Významnou roli sehrává

i pružná malta. Jak trhlina roste, malta vytváří houževnaté nanostruny, které se snaží zamezit jakémukoliv vzájemnému oddálení nanobloků. Výsledkem je liliputánská konstrukce, která odolává ostrým zobákům, zubům, případně i úderům kladiva. Chytré uspořádání měkkýšovy skořápky naznačuje jednu z nejzajímavějších možností nanotechnologie – vytvářením nanostruktur lze řídit základní vlastnosti materiálu, např. barvu, elektrickou vodivost, teplotu tání, tvrdost, odolnost proti trhlinám a pevnost, a to bez změny chemického složení materiálu. Měkká křída se změnila u měkkýše v tvrdou skořápku (13).

3. HLAVNÍ INICIATIVY ZAMĚŘENÉ NA NANOTECHNOLOGII

Vlády, vysoké školy, privátní sektor v USA, Evropě, Japonsku a v některých dalších zemích světa spustily řadu iniciativ zaměřených na nanotechnologii, byly vytvořeny komise nebo centra k zajištění rychlého vývoje a aplikace nanotechnologie s cílem podpořit ekonomický růst, zajistit konkurenceschopnost na světových trzích a zvýšit inovační kapacitu. Přehled některých hlavních iniciativ, center, institucí nebo vládních organizací je uveden v tabulce I (4). Uvedené subjekty hrají důležitou úlohu v provádění nebo podporování výzkumu nanotechnologie (základního i aplikovaného), posuzování bezpečnosti nanomateriálů, vývoje legislativy ke zlepšení ochrany lidského zdraví a životního prostředí.

I. Přehled hlavních iniciativ, center, institucí nebo vládních organizací podporujících rozvoj nanotechnologie

Země	Iniciativy, centra, instituce nebo vládní organizace	Internet
USA	National Nanotech Initiative (NNI)	www.nano.gov
	Food and Drug Administration (FDA)	www.fda.gov/nanotechnology
	Environmental Protection Administration (EPA)	http://es.epa.gov/ncer/nano
	Center for Nanotechnology (CNT)	www.ipt.arc.nasa.gov/index.html
	National Science Foundation (NSF)	www.nsf.gov/crssprgm/nano
	Project on Emerging Nanotechnologies	www.nanotechproject.org
EU	Community Research & Development Information Service (CORDIS; Informační služba pro výzkum a vývoj ve Společenství)	http://cordis.europa.eu/nanotechnology
	European Nanotechnology Gateway (Informační brána pro nanotechnologii v EU)	www.nanoforum.org
	European Nanobusiness Association (ENA)	www.nanovip.com/node/834

Země	Iniciativy, centra, instituce nebo vládní organizace	Internet
Velká Británie	Institute of Nanotechnology (IoN)	www.nano.org.uk
	The Royal Society and Royal Academy of Engineering	www.royalsoc.ac.uk/page.asp?id=1212
	Institute of Food Science and Technology (IFST)	www.ifst.org
	Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra)	www.defra.gov.uk/environment/nanotech/index.htm
Francie	Ministry for Research and New Technology	www.nanomicro.recherche.gouv.fr/uk_index.html
	French Research Network in Micro and Nano Technologies (RMNT)	www.rmnt.org/EN/index.html
	National Center for Scientific Research (CNRS)	www.cnrs.fr/index.html
Německo	Gernam Federál Institute for Risk Assessment (BfR)	www.bfr.bund.de/cd/template/index_en
	Federal Ministry of Education and Research (BMBF)	www.bmbf.de/en/nanotechnologie.php
Kanada	National Institute for Nanotechnology	http://nint-innt.nrc-cnrc.gc.ca/nano/index_e.html
Japonsko	Nanotechnology Research Network Center (Nanonet)	www.nanonet.go.jp/english
	National Food Research Institute (NFRI)	www.nfri.affrc.go.jp/english/ourroles/index.html
	RIKEN	www.rikenresearch.riken.jp
	Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)	www.jsps.go.jp/english/index.html
	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)	http://www.mext.go.jp/english/
	National Institute of Health Science (NIHS)	www.nihs.go.jp/index.html
	National Institute for Environmental Studies (NIES)	www.nies.go.jp/index.html
	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	www.aist.go.jp/index_en.html
	National Institute for Materials Science (NIMS)	www.nims.go.jp/eng/index.html
	Ministry of Economy, Trade and Industries (METI)	www.meti.go.jp/english
Čína	Chinese Academy of Science	www.icas.ac.cn/5_keyanxitong/stm/english/home.htm
	National Center for Nanoscience and Technology (NCNST)	www.nanocr.cn/english/

Země	Iniciativy, centra, instituce nebo vládní organizace	Internet
Tchaj-wan	Industrial Technology Research Institute (ITRI)	www.itri.org.tw/eng/research/nano/index.jsp
	NanoTechnology Research Center (NTRC)	www.ntrc.itri.org.tw/eng/index.jsp
	nanoMark	www.nanomark.itri.org.tw/Eng
	National Nano Device Laboratories (NDL)	www.ndl.org.tw/ndl2006/eng/index.html
	National Science and Technology Program for Nanoscience and Nanotechnology	www.nanovip.com/node/2946
Korea	Korean Food & Drug Administration (KFDA)	www.kfda.go.kr
	National NanoFab Center (NNFC)	www.nnfc.com/index.html
	Korea Institute of Science and Technology Information (KISTI)	www.kisti.re.kr/english
	Center for Nanostructured Materials and Technology (CNMT)	http://cnmt.kist.re.kr/
	National Center for Nanomaterials Technology (NCNT)	www.nano.or.kr/english/index.asp
Austrálie	CSIRO Manufacturing and Materials Technology (CMMT)	www.cmit.csiro.au/brochures/tech/nanotech
	Department of Industry, Tourism and Resources (ITR)	www.industry.gov.au/nano
	Nanostructural Analysis Network Organisation, (NANO-MNRF)	www.nano.org.au

3.1 Nanoforum (NF): Evropská informační brána pro nanotechnologii

Ve Velké Británii byl založen v roce 1997 **Institute of Nanotechnology** (IoN). Jde o jednoho z předních poskytovatelů informací v oblasti nanotechnologie na světě, který dnes patří mezi přední pracoviště. IoN spravuje evropskou síť **Nanoforum** (NF). NF je tematická síť (základna, network), která vznikla za podpory Evropské komise v 5. rámcovém programu V & V. NF představuje obsáhlý zdroj informací ze všech oblastí nanotechnologie určených pro sféru podnikatelskou, vědeckou i sociální. Cílem NF je vytvářet spojující rámec pro všechny aktivity týkající se nanotechnologie v rámci Evropského společenství. NF slouží jako ústředí, ze kterého se zajišťuje v oblasti nanotechnologie v EU přístup k informacím týkajícím se:

- ▶ výzkumných programů,
- ▶ technologického rozvoje,



- ▶ příležitostí pro financování,
- ▶ připravovaných aktivit.

Od července 2007 funguje Nanoforum jako EEIG (European Economic Interest Grouping), což jí dává legislativní status a umožňuje vstupovat do kontaktů s ostatními stranami, např. do tendrů a nových projektů financovaných EU. Nadále bude poskytovat informace z EU, např. o projektech a organizacích. Nyní již může nabízet uživatelům služby týkající se reklamy a propagace prostřednictvím své sítě, která představuje 15 tisíc registrovaných uživatelů a internetové stránky, které navštíví každý měsíc více než 100 tisíc uživatelů (návštěvníků).

Členové NF jsou uvedeni v tabulce II.

II. Složení Nanofora

	Institute of Nanotechnology (Velká Británie)	www.nano.org.uk/
	CEA-Leti (Francie)	http://www-leti.cea.fr/
	VDI Technologiezentrum (SRN)	www.vdi.de/
	Malsch Techno Valuation (Nizozemí)	www.malsch.demon.nl
	FFG – Austrian Research Promotion Agency (Rakousko)	www.awsg.at/portal/
	METU (Middle East Technical University), Department of Physics (Turecko)	http://www.physics.metu.edu.tr/
	Unipress, Institute of High Pressure Physics of the Polish Academy of Sciences (Polsko)	www.unipress.waw.pl

	Sofia University, Faculty of Physics (Bulharsko)	http://cluster.phys.uni-sofia.bg/
	NanoNed (Nizozemí)	www.stw.nl/programmas/nanoned

Problematika NT je na internetové stránce NF (www.nanoforum.org) tematicky rozdělena do 12 sektorů, přičemž jedním z nich je sektor “Zemědělství & potravin” (sektor 11). Na horní liště je zprostředkován rychlý přístup k sektoru 1–7, sektory 8–12 jsou skryty pod oknem “More”.

3.2 Iniciativy v USA zaměřené na nanotechnologii

3.2.1 National Nanotechnology Initiative (NNI)

NNI (www.nano.gov) je federální program V & V, který byl spuštěn v USA v roce 2000 za účelem koordinace úsilí řady subjektů v oblasti vědy, techniky a technologie probíhající na úrovni nano. Do NNI je zapojeno celkem 26 federálních institucí, přičemž 13 z nich má finanční zdroje speciálně vyčleněné na V & V v oblasti NT. Ostatní federální organizace přispívají studiemi, aplikacemi výsledků získaných v institucích provádějících V & V, popř. jinými aktivitami. Řízení NNI zajišťuje National Science and Technology Council (NSTC). V tabulce III je uveden přehled vybraných subjektů zapojených do NNI.

Agentury zapojené do NNI zřídily během posledních sedmi let více než 60 interdisciplinárních výzkumných a vzdělávacích center a zařízení pro uživatele. Řada z těchto center, která jsou vybavena nejmodernějším zařízením pro nano V & V, je k dispozici výzkumníkům z vysokých škol i z privátního sektoru a vědcům z národních laboratoří. Přehled středisek, sítí excelence (NoE) a zařízení: www.nano.gov/html/centers/nnicenters.html

Cílem NNI je zajistit vedoucí postavení USA oblasti nanotechnologie, přičemž nanotechnologie se považuje za klíčový nástroj ke zlepšení zdraví lidí, k dosažení lepších ekonomických výsledků i národní bezpečnosti.

III. Vybrané vládní instituce a agentury zapojené do NNI

Člen	Internet
NSF, National Science Foundation	http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/
US Department of Energy	http://www.science.doe.gov/nano/
Department of Defence	http://www.nanosra.nrl.navy.mil/
NASA (National Aeronautics and Space Administration)	http://www.ipt.arc.nasa.gov/
NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health	http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/
US Consumer Product Safety Commission	http://www.cpsc.gov/
USDA, Cooperative State Research, Education, and Extension Service	http://www.csrees.usda.gov/nanotechnology.cfm
FDA, US Food and Drug Administration	http://www.fda.gov/nanotechnology/
NIH, National Institutes of Health	http://www.nih.gov/
NIST, National Institute of Standards and Technology	http://www.nist.gov/public_affairs/nanotech.htm
Přehled všech členů NNI	http://www.nano.gov/html/about/nniparticipants.html

3.2.2 NNIN (National Nanotechnology Infrastructure Network)

NNIN (www.nnin.org) je celostátní systém, který je tvořen 13 universitními pracovišti (www.nnin.org/nnin_site.html). Vytvořením této sítě pracovišť se má zvýšit podpora výzkumu a vzdělávání, inženýrství a technologií. Vedoucí postavení v rámci NNIN zaujímá Cornell University. Síť byla spuštěna 1. března 2004 a slouží různým skupinám uživatelů (VŠ, průmyslu, federálním laboratorům aj.). Předpokládá se, že na provoz této sítě bude během pěti let vynaloženo 70 milionů USD.

3.2.3 Projekt "Emerging Nanotechnologies"

Perspektivní nanotechnologie (Emerging Nanotechnologies, www.nanotechproject.org) je projekt Woodrow Wilson International Center for Scholars a Pew Charitable Trusts, který byl spuštěn v roce 2005 (10). Uvedený projekt byl vytvořen proto, aby se s dalším vývojem v oblasti nanotechnologií minimalizovala možná

rizika, aby angažovanost veřejnosti a spotřebitelů byla stále vysoká a aby došlo na realizaci potenciálních výhod těchto nových technologií. Záměrem projektu je tedy napomoci podnikatelské sféře, vládám a veřejnosti odhadovat a usměrňovat možné důsledky nanotechnologie pro člověka a životní prostředí.

Projekt se zaměřuje na:

- ▶ analyzování systému dohledu nad nanotechnologií,
- ▶ určování toho, jaký výzkum v oblasti nanotechnologie je zapotřebí v souvislosti s životním prostředím, zdravím a rizikem z hlediska bezpečnosti nanotechnologie,
- ▶ zjišťování toho, jak veřejnost vnímá a využívá spotřebitelské produkty vyrobené na bázi nanotechnologie.

V rámci projektu se vydává řada zpráv, např.:

- ▶ Hranice nanotechnologie: Víze budoucnosti nanotechnologie (březen 2007);
- ▶ Zelená nanotechnologie: Je to snadnější, než si myslíte (duben 2007);
- ▶ EPA a nanotechnologie: Přehled různých prostředků dohledu nad nanotechnologií v 21. století (květen 2007).

Poznámka:

Zelená nanotechnologie je přístup ke snižování rizika v perspektivních a důležitých oblastech průmyslu. Zahrnuje tři cíle, které se doplňují:

- a) zdokonalování vývoje čistých technologií, které využívají nanotechnologie,
- b) minimalizování potenciálního rizika pro životní prostředí a zdraví člověka v souvislosti s výrobou a používáním produktů nanotechnologie,
- c) podporování náhrady existujících výrobků novými nanoprodukty, které jsou během svého životního cyklu příznivější pro životní prostředí.

V rámci projektu se vytvářejí přehledy o různých aplikacích nanotechnologie, např.

- ▶ komercializované aplikace nanotechnologie v medicíně (pro 11 kategorií výrobků): <http://www.nanotechproject.org/inventories/medicine/apps/>
- ▶ spotřebitelské výrobky na trhu (databáze více než 500 komerčních výrobků): <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>
- ▶ databáze projektů V & V zaměřených na nanotechnologii v agro-potravinářském sektoru (databáze ca 160 projektů): <http://www.nanotechproject.org/inventories/agrifood/>

- ▶ přehled výzkumných aktivit zabývajících se důsledky nanotechnologie pro zdraví a životní prostředí:

<http://www.nanotechproject.org/inventories/ehs/browse/>

3.2.4 Ostatní

- ▶ **US National Academy of Science**

Experti v rámci NAS (www.nasonline.org) se zabývají kritickými národními problémy a poskytují doporučení federální vládě a veřejnosti. Např. jedna ze sekcí NAS – The Institute of Medicine (IOM, www.iom.edu/) se zabývá produkty souvisejícími s nanotechnologií.

- ▶ **US Food and Drug Administration (FDA)**

V srpnu 2006 vzniklo FDA Nanotechnology Task Force (NTF) – pro regulaci nanotechnologie (www.fda.gov/nanotechnology/).

- ▶ **Iniciativy průmyslu – projekty v potravinářské nanotechnologii**

V červnu 2005 byl vytvořen Nano Risk Framework (www.nanoriskframework.org). Jde o iniciativu firmy DuPont v oblasti bezpečnosti nanotechnologie pro životní prostředí a zdraví.

- ▶ **Nano Science and Technology Institute (NSTI)**

NSTI (www.nsti.org/) se zabývá vzděláváním, organizuje konference a obchodní výstavy zaměřené na nanotechnologii.

- ▶ **Institute of Food Technologies (IFT)**

IFT (www.ift.org) zřídil v roce 2006 pracovní skupinu pro potravinářskou nanotechnologii (21).

3.3 Asia Nano Forum (ANF): Iniciativa v Asii a Pacifiku

ANF (www.asia-nano.org) je uskupení 13 ekonomik v oblasti Asie a Pacifiku, jehož záměrem je podpora výzkumu, vývoje a industrializace nanotechnologie, což má vést v konečném důsledku ku prospěchu každé ze zúčastněných ekonomik.

Činnost ANF byla zahájena na Asia Nano Forum summitu (ANFoS2004), který se konal ve dnech 10.–11. května 2004 v Phuketu (Thajsko). Síť ANF koordinují v jednotlivých zúčastněných ekonomikách vládní organizace, přední pracoviště pro V & V nebo národní úřadovny pro koordinaci nanotechnologie. Přehled členů tvořících síť ANF včetně koordinátorů za jednotlivé ekonomiky je uveden v tabulce IV.

IV. Členové a koordinátoři sítě ANF

Člen	Koordinátor
Austrálie	Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO)
Čína	Chinese Academy of Science (CAS)
Hongkong	University of Science and Technology (HKUST)
Indie	Department of Science and Technology (DST)
Indonésie	Mochtar Riady Center for Nanotechnology and Bioengineering (MRCNB)
Japonsko	National Institute of Advanced Science and Technology (AIST)
Malajsie	University Teknologi Malaysia
Nový Zéland	MacDiarmid Institute for Advanced Materials and Nanotechnology
Singapore	National University of Singapore (NUS)
Jižní Korea	Korean Nanotechnology Researchers Society (KNoTRS)
Tchaj-wan	Taiwan Office of National Science and Technology Program for Nanoscience and Nanotechnology
Thajsko	National Nanotechnology Center (NANOTEC)
Vietnam	Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

V síti ANF lze velmi jednoduše sledovat aktivity jednotlivých členů. Kliknutím na příslušného člena v ANF Network www.asia-nano.org/index.php (lišta vlevo) se objeví přehled aktualit a akcí, které souvisejí s příslušným členem (lišta vpravo) i podrobné informace o příslušném členu (ekonomice, zemi), např. vládní programy, klíčová pracoviště zabývající se nanovědou a nanotechnologií aj.

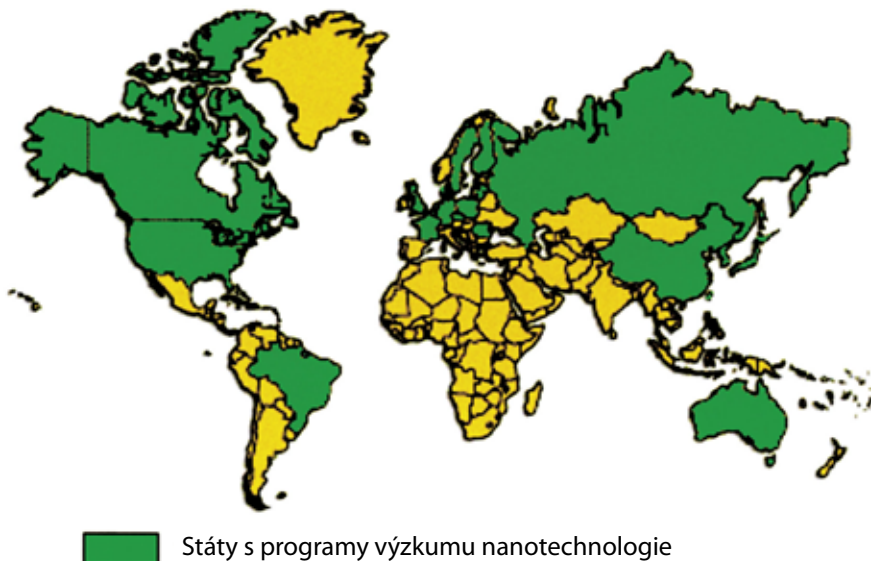
4. VÝZKUM ZAMĚŘENÝ NA NANOTECHNOLOGII

V současné době je výzkum nanotechnologie plně rozvinut ve všech průmyslově vyspělých státech. Výzkum nanotechnologie a nanomateriálů je v rozsáhlé míře podporován z veřejných i soukromých prostředků, zejména v USA, Japonsku a v zemích EU.

Výzkum nanotechnologie se postupně internacionalizuje. Na výzkum nanotechnologie se zaměřuje řada nadnárodních společností orientovaných zejména na

chemickou výrobu, elektroniku a materiály, ale i malé a střední podniky. O podporu výzkumu nanotechnologie se ve velké míře začínají zajímat banky a firmy poskytující rizikový kapitál.

Vzhledem k potenciálu nanotechnologie realizují mnohé země programy V & V s rozsáhlými a rychle rostoucími veřejnými investicemi (obr. 3). V uplynulém desetiletí vzrostly veřejné investice explozivním způsobem z ca 400 milionů EUR v roce 1997 na současné více než 3 miliardy EUR. Příspěvek soukromého sektoru k financování V & V v oblasti nanotechnologie nelze přesně zjistit, oceňuje se odhadem na 2 miliardy EUR; tím se zvyšují celkové investice na ca 5 miliard EUR. V této souvislosti je vhodné poznamenat, že EU s 56 % celkových investic ze soukromých zdrojů zaostává za USA a Japonskem, kde podíly soukromých investic činí 66 % resp. 73 % (13).



3. Státy s programy výzkumu nanotechnologie

4.1 Výzkum nanotechnologie v EU

První program podporující výzkum nanotechnologie z veřejných prostředků v Evropě byl vyhlášen ve Velké Británii v roce 1989. Následovalo Německo (1993), Finsko a Francie (1997), Švédsko (1998). V České republice byly první tři projekty z oblasti nanotechnologie podpořeny Grantovou agenturou ČR v roce 1993, určité priority se dočkal tento nový vědní obor až vyhlášením Národního programu výzkumu v roce 2002.

V rámci celoevropských programů byl první nanotechnologický projekt podpořen v programu EUREKA v roce 1995, v programu COST v roce 1998 a European Science Foundation vyhlásila první program zaměřený na nanotechnologii v roce 1998.

V Rámcových programech EU (RP) byla klíčová úloha nanotechnologie uznána až v 6. RP (2002–2006), i když řada výzkumných projektů se zaměřovala na některé problematiky související s nanotechnologií již ve 4. RP (1994–1998) v programu ESPRIT a zejména v 5. RP (1999–2002) v programech LIFE, IST a GROWTH.

V 6. RP se nanotechnologie dočkala ocenění zejména ve specifickém programu "Integrace a posilování ERA", v tematické prioritě "Nanotechnologie a nanověda, inteligentní

multifunkční materiály a nové výrobní procesy a zařízení". Výzkum nanotechnologie je zaměřen na:

- ▶ dlouhodobý interdisciplinární výzkum vedoucí k porozumění jevům, ovládnutí procesů a vývoj výzkumných přístrojů,
- ▶ nanobiotechnologie,
- ▶ inženýrské nanotechnologie pro vytváření materiálů a komponent,
- ▶ manipulační a kontrolní zařízení,
- ▶ aplikace.

Výzkum nanotechnologie je podporován i v rámci dalších tematických priorit, zejména v prioritě "Technologie informační společnosti" (13).

V 7. RP (2007–2013) bude problematika nanotechnologie řešena v programu "Spolupráce" a to v prioritní tematické oblasti "Nanovědy, nanotechnologie, materiály a nové výrobní technologie" (1, 22).

Evropská komise a Evropský parlament podporují rozvoj výzkumu a aplikací nanotechnologie s rostoucí intenzitou přibližně od roku 1997.

4.1.1 Výzkumné projekty zaměřené na nanotechnologii v potravinářském sektoru v EU

V 5. a 6. RP V&V podpořila Evropská komise výzkum zaměřený na nanotechnologii a to hned v několika oblastech aktivity. V tabulce V je uveden přehled projektů, na jejichž řešení finančně přispěla Evropská komise. Projekty byly vyhledány v databázi Informační služby Společenství pro výzkum a vývoj (CORDIS): <http://cordis.europa.eu/fp6/projects.htm>. Na internetových stránkách CORDIS (<http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>) lze průběžně sledovat problematiku nanotechnologie.

V. Výzkumné projekty v databázi CORDIS

Vyhledávané klíčové slovo	Oblast Aktivity	Počet Projektů	Název projektu
Food	NTP	19	1. METU-CENTER
			2. NANONIOMAG
			3. WACHEUP
			4. ECOBINDERS
			5. NANOBIOCHARIDES
			6. CONTROLLED RELEASE
			7. STAG
			8. ACTECO
			9. SCORE
			10. BASE
			11. NANOCAT
			12. BIOMERCURY
			13. GENSSENSOR-NANOPARTS
			14. NANO2LIFE
			15. POLYCOAT
			16. POLYSACCHARIDES
			17. ECOTARGET
			18. BARP+
			19. SUSTAINPACK
Food and nanotechnology	IST	3	1. GOODFOOD
			2. NANOWAYS
			3. OPTOLABCARD
Food and nanotechnology	NEST	3	1. NANOBIOCHARIDES
			2. PARTICLE_RISK
			3. SAFER
Food and nanotechnology	MOBILITY	4	1. BIOPOLYSURF
			2. REMO
			3. BIOPOWDERS
			4. SOCON

Vysvětlivky:

NTP = Nanotechnologies, Materials, New Processes

IST = Information Society Technologies

NEST = New and Emerging Science and Technology

MOBILITY = Marie Curie Actions

Více informací k vybraným projektům:

1. **GoodFood:** www.goodfood-project.org/

Integrovaný projekt, jehož cílem je vývoj přenosného zařízení pro detekci toxinů, patogenů a chemikálií v potravinách a to přímo na místě. Vzorke potraviny by se již nemusely zasílat do laboratoří k testování, bezpečnost a kvalita by se analyzovala na farmě, během transportu nebo skladování, při zpracování nebo balení nebo i v supermarketech.

2. **NanoBioSaccharides:** www.nanobiosaccharides.org/

Využití nanotechnologie k vývoji polysacharidů založených na znalostech, multifunkčních a inspirovaných přírodou, které se budou využívat jako inteligentní, udržitelné, ekologické a pro spotřebitele bezpečné biomateriály. Do projektu je zapojena také ČR (CPN spol. s r.o.).

Skořápky korýšů (krabů a garnátů) obsahují polymer chitin, který se konvertuje na biopolymer chitosan. Ten lze využívat v různých oblastech, např. v zemědělství a v medicíně. Ukázalo se, že rostliny ošetřené chitosanem jsou odolnější vůči nemocem (předpokládá se použití 40 kg chitosanu na hektar k ochraně rostlin). Chitosan se bude aplikovat ve formě nanočástic, které lépe prostupují přes biologické bariery.

3. **Acteco:** www.acteco.org/

Cílem projektu je pomocí technologie plazmy dosáhnout hyperfunkčních vlastností materiálů použitelných v textilním a potravinářském sektoru a v medicíně. Projekt si klade za cíl významně rozšířit technologii plazmy v průmyslu.

4. **BASE:** <http://base.cortex.nu/>

Cílem projektu BASE (Bio-based Functional materials from Engineered Self-Assembling Peptides) je dosáhnout pokroku ve vědě a technologii obnovitelných a funkčních materiálů. Projekt se specificky zaměřuje na inovační nanopotahy pro plasty, kovy a keramické předměty a to vyšetřováním schopností krátkých (< 25) sekvencí aminokyselin (tj. peptidů) se spontánně organizovat do uspořádaných struktur ("self assembly").

5. NANO2LIFE: www.nano2life.org/

Jde o první evropskou síť excelence (NoE: Bringing Nanotechnologies To Life, uvádění nanotechnologie do života) v oblasti nanobiotechnologie. Cílem je:

- ▶ snížit roztržitost nanobiotechnologie v Evropě,
- ▶ propojit svět vědy o životě s nanotechnologií,
- ▶ dostat Evropu na čelo v oblasti nanobiotechnologie,
- ▶ získat ekonomický prospěch z nanobiotechnologie,
- ▶ vzdělávat společnost v oblasti nanobiotechnologie.

Do projektu je zapojeno 23 hlavních evropských organizací aktivních v oblasti nanobiotechnologie, což představuje více než 200 vědců.

Záměrem projektu je položit základ virtuálního Evropského institutu pro nanobiotechnologie "European Nanobiotech Institute" (EIN).

6. SustainPack: www.sustainpack.com/index.php

Jde o dosud největší výzkumný projekt zaměřený na výzkum obalů. Cílem projektu SustainPack je dosáhnout toho, že se během deseti let obaly na bázi vláken (fibre-based packaging), obvykle ze dřeva, stanou dominantními hráči v oblasti obalů.

4.2 Výzkumné projekty zaměřené na nanotechnologii v agro-potravinářském sektoru v USA

USA stojí na čele ve výzkumu nanotechnologie se zaměřením na agro-potravinářský sektor. Ministerstvo zemědělství USA (US Department of Agriculture, USDA) prostřednictvím Cooperative State Research, Education and Extension Service (CSREES) financuje projekty týkající se uplatnění nanotechnologie v agro-potravinářském sektoru. V rámci NRI (National Research Initiative) existují programy, které jsou prioritní pro financování. Jedním z těchto programů je "Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems" (19).

V tabulce VI je přehled projektů, které získaly finanční podporu v roce 2005 (14 projektů) a v roce 2007 (12 projektů).

VI. Aplikace nanotechnologie v agro-potravinářském sektoru: projekty financované USDA

Rok	Název projektu	Odkaz
2007	Food micronutrient and flavor release in nanostructured matrice	1
2007	Food Nanotechnology Initiative (FNI)	2
2007	A soluble nanoscale self-assembling complex from starch, protein, and lipid for healthy nutrient delivery	3
2007	Multi-layered surround SERS nanosensor array system for the rapid, specific and multiplexed detection of foodborne bacteria and toxins	4
2007	Carbon nanotube arrays for bakteria	5
2007	Fabrication of nutraceutical nano-composites utilizing micro-dispensing technology and engineered edible films with controllable surface...	6
2007	Luminous edible nanoparticles as sensors of food quality and safety	7
2007	Synergistic action of electroporation and controlled release of nanoparticle additives to promote pathogen lysis	8
2007	Bionanofabricated SERS-based arrays	9
2007	Self-amplifying nanobiosensor for direct detection of prions in blood	10
2007	A nanostructured biosensor for the detection of microbial pathogens	11
2007	Exploratory research: the casein micelle from bovine milk as a carrier/ controlled release nano-systém	12
2005	Development of nanoscale magnetostrictive particles as novel biosensor	13
2005	Engineering ultrasensitive, electrically addressable nanotube-wiresensors through controlled DNA-nanotube interfacing	14
2005	The detection of food-borne toxins with multifunctional nanoparticles	15
2005	Zein nanofabricated biomaterials for tissue scaffolding	16
2005	Development and characterization of nanocomposite materials for the detection of pore-forming toxins	17
2005	Virus recognition using antibody sensor arrays on self-assembled nanoscale block copolymer patterns	18
2005	Molecular imprinted polymers for plant and insect virus recognition	19
2005	Using nanotechnology to identify and characterize hydrological flowpaths in agricultural landscapes	20
2005	Engineering a DNA nanobarcode to track bacterial population in agriculturally important microbial environments	21
2005	Use of nano-fabricated surfaces for studying colonization & dispersal of bacteria in water conducting plant vessels	22
2005	Nanoscale self assembly of starch: phase relations, formation and structure	23
2005	Photosystem I nanoscale photodiodes for creating photoelectrochemical device	24
2005	Protein structure sensors through molecular imprinting: applications towards prion detection and correction	25
2005	Development of blood protein assays for prions in mammalian TSEs	26

1. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=20428&format=WEBLINK>
2. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=32932&format=WEBLINK>
3. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=31264&format=WEBLINK>
4. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=32334&format=WEBLINK>
5. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=36843&format=WEBLINK>
6. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=17715&format=WEBLINK>
7. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=33444&format=WEBLINK>
8. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=32321&format=WEBLINK>
9. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=20546&format=WEBLINK>
10. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=33062&format=WEBLINK>
11. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=33001&format=WEBLINK>
12. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=33800&format=WEBLINK>
13. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=18891&format=WEBLINK>
14. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=52555&format=WEBLINK>
15. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25213&format=WEBLINK>
16. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25371&format=WEBLINK>
17. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25025&format=WEBLINK>
18. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=11505&format=WEBLINK>

19. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25044&format=WEBLINK>
20. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=9822&format=WEBLINK>
21. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25282&format=WEBLINK>
22. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=9811&format=WEBLINK>
23. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25093&format=WEBLINK>
24. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=11347&format=WEBLINK>
25. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=19997&format=WEBLINK>
26. <http://cris.csrees.usda.gov/cgi-bin/starfinder/0?path=fastlink1.txt&id=anon&pass=&search=R=25024&format=WEBLINK>

5. POTENCIÁLNÍ APLIKACE NANOTECHNOLOGIE V AGRO-POTRAVINÁŘSKÉM SEKTORU

CSREES/USDA jako jeden z partnerů NNI zorganizoval ve dnech 18.–19. listopadu 2002 workshop (National Planning Workshop) pod názvem “Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems” (Nano-věda a technika pro zemědělství a potravinářské systémy) (15). Účastníky uvedeného workshopu byli přední odborníci z univerzit a federálních institucí zapojených do programů zaměřených na nanotechnologie. V rámci workshopu byly vytvořeny pracovní skupiny, přičemž v každé této skupině byly identifikovány specifické cíle národního programu výzkumu v oblasti nanotechnologie pro zemědělství a potravinářství. K doporučením z jednotlivých pracovních skupin se v dalším jednání vyjádřili všichni účastníci workshopu a následně byla tato doporučení shrnuta (kompilována) a publikována jako zpráva. Uvedená zpráva sumarizuje doporučení workshopu pro národní plánování a uvádí potenciální prospěch nanotechnologie pro agropotravinářský sektor (15).

Výzkum v oblasti nanotechnologie pro agro-potravinářský sektor by se měl v budoucnu zaměřit na:

- ▶ detekci patogenů a kontaminantů,
- ▶ zachování identity a vysledování,
- ▶ inteligentní systémy pro zajištění nápravy,
- ▶ integraci inteligentních systémů pro zemědělskou a potravinářskou výrobu,
- ▶ nanozařízení pro molekulární a celulární biologii,
- ▶ vědu a techniku v oblasti materiálů nanometrových rozměrů,
- ▶ ekologické problémy a odpad ze zemědělské produkce,
- ▶ vzdělávání veřejnosti a budoucí pracovní síly.

Pro každou identifikovanou oblast byly stanoveny cíle, kterých by se mělo dosáhnout během následujících pěti let (tj. v blízké budoucnosti; vzhledem k tomu, že výchozím rokem byl rok 2002, jde o cíle, kterých by už mělo být dosaženo) a do patnácti let (15).

Účastníci národního plánovacího workshopu doporučili, aby do výzkumu v oblasti nanotechnologie byly investovány značné finanční prostředky, neboť existují velké možnosti uplatnění nanotechnologie v agro-potravinářském sektoru.

5.1 Nanosenzory pro detekci patogenů a kontaminantů

a) úkoly pro realizaci v blízké budoucnosti

- ▶ Dálkové a kontinuální snímání zemědělských produktů během výroby v různých systémech hospodaření (environmental settings).
- ▶ Sondy na bázi nukleových kyselin a metody k zesílení signálů pro detekci patogenů nebo kontaminantů.
- ▶ Rychlejší laboratorní biosenzory pro detekci patogenů nebo cizích materiálů, které mohou být zanášeny při výrobě potravin.
- ▶ Rychlejší laboratorní biosenzory pro detekci patogenů na farmě (patogenů, virů, chemických látek).
- ▶ Rychlejší laboratorní biosenzory pro detekci proteinů a geneticky modifikovaných organismů (GMO).

b) úkoly pro realizaci do 15 let

- ▶ Identifikace a kontrola patogenů, kontaminantů a toxinů v potravinovém řetězci (tj. v kritických kontrolních bodech).

- ▶ Rychlá odezva uvnitř zemědělských systémů skrz vnější a zabudované senzorové systémy (realizace bezpečnosti od farmy po vidličku).
- ▶ Zdokonalené prostředky pro veterinární medicínu (pro diagnózu, terapii, detekci a prevenci onemocnění).
- ▶ Sensory do ruky (hand-held sensors) pro detekci patogenů, virů, chemikálií, proteinů nebo GMO vnesených během výroby potravin a produkce na farmě.
- ▶ Vývoj biosenzorů k jednorázovému použití.
- ▶ Ochrana spotřebitelů z hlediska bezpečnosti potravin a nezávadného životního prostředí pomocí volně prodejných senzorů (over-the-counter sensors).

5.2 Nanozařízení pro ochranu identity (IP) a výsledování

Identity Preservation (IP) je systém poskytování informací spotřebitelům o praktických a aktivitách používaných k produkci určité plodiny nebo jiného zemědělského produktu (informace o původu farmy, environmentálních praktikách používaných při produkci, bezpečnosti a kvalitě potravin, informace týkající se welfare zvířat). Jištění bezpečnosti zemědělských produktů lze významně zvýšit prostřednictvím IP na nanoúrovni. IP na nanoúrovni dokáže kontinuálně výsledovat a zaznamenávat historii určitého zemědělského produktu.

a) úkoly pro realizaci v blízké budoucnosti

- ▶ Miniaturizované (ale ne jednorázové) testovací soupravy pro stanovení polních patogenů.
- ▶ Miniaturizované monitory pro zařízení na skladování zrnin nebo krmiv.
- ▶ Detektory na bázi proteinu nebo mikroorganismu na čipu.

b) úkoly pro realizaci do 15 let

- ▶ Biodegradovatelné senzory pro zaznamenávání teploty, vlhkosti skladované potraviny.
- ▶ Biodegradovatelné senzory pro sledování fyzikálních i biologických parametrů u plodin a některých typů zpracovaných potravin.
- ▶ Nanoelektronová zařízení na bázi nukleových kyselin (nucleic acid engineering-based), která kombinují organické i anorganické složky pro ochranu identity zemědělských a potravinářských systémů.

5.3 Nanozařízení pro inteligentní systémy zajišťování nápravy

Předpokládá se, že tato zařízení (nanodevices for smart treatment delivery systems) dokáží detektovat a reagovat na infekci, deficit nutrientu nebo na jiné zdravotní problémy a to dlouho předtím, než budou symptomy zřejmé na makroúrovni.

a) úkoly pro realizaci v blízké budoucnosti

- ▶ Vývoj zařízení pro monitorování zdravotního stavu u velkých zvířat a to využitím slin jako neinvazivního indikátoru.
- ▶ Vývoj neinvazivního zařízení pro monitorování zdravotního stavu rostlin, pro "včasnou detekci stresu" v systémech pěstování hydroponních rostlin (jsou méně složité než půdní systémy), která je založena na detekci změn v metabolismu rostlin, respiraci, vylučování v kořenové zóně a mikrobiální ekologii kořenové zóny.

b) úkoly pro realizaci do 15 let

- ▶ Monitorování zdravotního stavu a terapeutické intervence u velkých zvířat.
- ▶ Monitorování zdravotního stavu a terapeutické intervence u malých zvířat.
- ▶ Vývoj neinvazivního systému monitorujícího zdravotní stav rostlin pro "včasnou detekci stresu" v systémech pěstování rostlin na polích založenou na změnách v metabolismu rostlin, respiraci, výměšcích v kořenové zóně a mikrobiální ekologii kořenové zóny.
- ▶ Účinnější využití vody, hnojiv a pesticidů, menší znečišťování životního prostředí a lepší ekonomický výsledek při hubení pouze části plodiny zasažené nemocí v počátečním stádiu infekce.
- ▶ Zdokonalit systémy dopravy nukleové kyseliny (např. DNA) pro získání zemědělských produktů (živočišných a rostlinných) s přidanou hodnotou a další aplikace (transgenové, klonování, asistovaná reprodukce, vakcinace zvířat, prostředky k regulaci onemocnění zvířat).

5.4 Integrace inteligentních systémů: snímání, lokalizace, hlášení a řízení

Nanotechnologie použité pro detekci patogenů a kontaminantů, nanozařízení pro ochranu identity a vysledování a nanozařízení pro inteligentní systémy zajišťování nápravy dosáhnou svého úplného potenciálu, jestliže dojde k jejich integraci (sjednocení). Integrace inteligentních systémů (Smart Systems Integration) se podobá "nervovému systému", který umožňuje, aby jednotlivé části pracovaly

společně. Integrace nanotechnologií do fungujícího kontrolního systému bude vyžadovat elektronickou komunikaci mezi čtenými technologiemi, např. systémy snímání, systémy ohlašování, systémy lokalizace a systémy řízení.

a) úkoly pro realizaci v blízké budoucnosti

- ▶ Kontrolní algoritmy pro integraci snímání, hlášení, lokalizace (GPS), odezvy na zajištění nápravy a systémů kontroly nanotechnologických zařízení pro "inteligentní pole" a "inteligentní stáda". Systém by měl logicky umožnit rozšíření o nové technologie, jak budou vyvíjeny.
- ▶ Demonstrace virtuálního integrovaného systému pro lokalizaci, hlášení a regulaci využívajícího počítačové modely plodin a stád.

b) úkoly pro realizaci do 15 let

- ▶ Demonstrace "Systému inteligentního pole", který detektuje, lokalizuje, hlásí a aplikuje vodu, hnojiva a pesticidy pouze tehdy, je-li to zapotřebí.
- ▶ Demonstrace "Systému inteligentního stáda", který detektuje, identifikuje, hlásí a léčí onemocnění jednotlivého infikovaného zvířete ve stádu dříve, než se ukáží symptomy.

5.5 Nanozařízení pro molekulární a celulární biologii

Molekulární a celulární biologie má nástroje na objasnění nejzákladnějších živých procesů v zemědělství. Zemědělský výzkum v těchto oblastech lze široce aplikovat, např.:

- ▶ ve vědě a technologii reprodukce,
- ▶ při šlechtění rostlin a živočichů,
- ▶ při konverzi odpadů na energii a užitečné vedlejší produkty,
- ▶ ve vědě a technologii kompostování,
- ▶ ve fyziologii rostlin,
- ▶ ve veterinární medicíně,
- ▶ v patologii rostlin,
- ▶ v prevenci a léčení onemocnění aj.

Byly identifikovány tři prioritní oblasti ve výzkumu a vývoji nanozařízení pro molekulární a celulární biologii:

1. zařízení pro nanoseparaci, identifikaci a kvantifikaci biomolekul o velikosti do 100 nm;

2. nanobioreaktor pro studium enzymových procesů, kinetiky mikroorganismů, molekulární ekologie, systémů směsi enzymů a rychlé vyhodnocení odezvy na faktory životního prostředí;
3. nanozařízení a materiály ke zdokonalení procesů inzerce genů, technik aplikace DNA pro genovou terapii, DNA vakcinaci, diagnózu a prevenci nemocí pro veterinární medicínu a rostlinné a živočišné produkty s přidanou hodnotou.

a) úkoly pro realizaci v blízké budoucnosti

- ▶ Nové postupy při studiu molekul, DNA a buněk s využitím u potravin, nutraceutik a farmaceutik.
 - i) Získat materiály a zařízení schopné vyššího rozlišení pro separaci důležitých enzymů a jiných biomolekul, které jsou klíčovými katalyzátory pro průmyslovou biotechnologii.
 - ii) Získat metody nového typu pro pozorování chování molekul určitého (single) typu, což umožní posoudit snahy v oblasti proteinového inženýrství zaměřené na důležité enzymy degradující průmyslové polysacharidy.
- ▶ Zdokonalené přístroje a výzkumné metody pro identifikaci a manipulaci DNA a proteinů
 - i) Poskytnout technologii nového typu pro "laboratory-on-a-chip" proteomiku k posuzování metabolických drah u důležitých prostředků mikrobiální kontroly.
 - ii) Poskytnout rychlé a spolehlivé metody DNA pro detekci fyto toxinů a patogenů ve stráveném a kompostovaném živočišném odpadu a to ke stanovení jejich následného bezpečného využití v zemědělství.
- ▶ Fólie nového typu na bázi techniky nukleových kyselin se sofistikovanějšími a regulovatelnějšími nano- a mikrostrukturami pro zemědělské a potravinářské účely (např. separace bílkovin ze zemědělských produktů).

b) úkoly pro realizaci do 15 let

- ▶ Vysoce citlivé polní přístroje pro monitoring bezpečnosti potravin, zdravotního stavu rostlin a živočichů.
- ▶ Vysoce citlivé polní přístroje pro monitoring faktorů životního prostředí a kvality produktů.
- ▶ Zvýšení bezpečnosti potravin, zlepšení zdravotního stavu rostlin, živočichů a spotřebitelů, zvýšení kvality a nutriční hodnoty potravin.

5.6 Nanomateriály, problematika životního prostředí, zemědělského odpadu a nanočástic v životním prostředí

Materiály nového typu vyvinuté pomocí vědy a techniky zaměřující se na materiály jsou kritické pro zdokonalení zemědělských a potravinářských systémů. Musí se porozumět přirozeným nanočásticím v půdě, vodě a vzduchu do takové míry, aby šlo jejich vlastnosti a chování regulovat tak, že se tento přirozený zdroj bude moci více využívat. Rovněž zemědělská činnost vede k vytváření a rozšiřování nanočástic. Musí se objasnit rozšiřování nanočástic produkovaných zemědělstvím v životním prostředí a musí se zamezit jejich případným negativním účinkům.

Americké národní výzkumné priority v zemědělství a potravinářských systémech v této oblasti jsou:

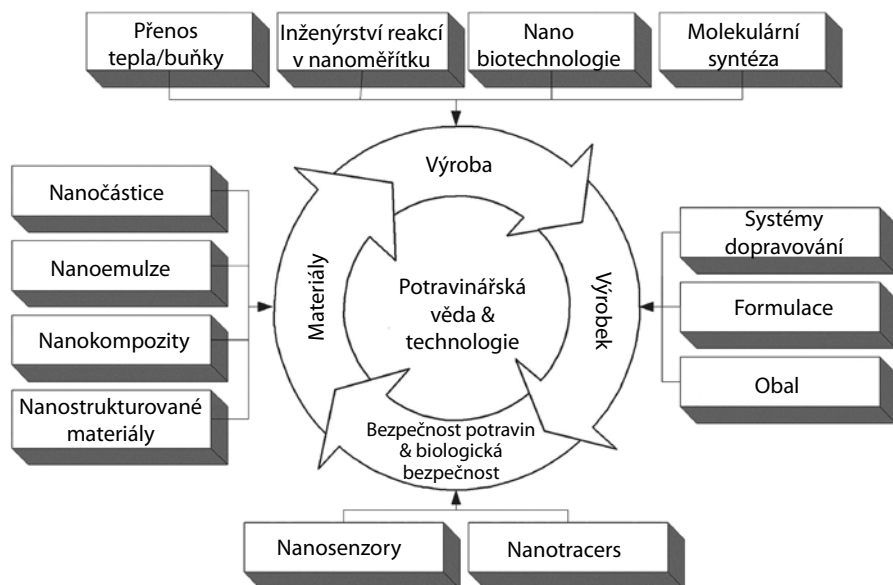
1. vývoj nových nanomateriálů,
2. vývoj bioselektivních povrchů,
3. základní výzkum nanomateriálů,
4. nanočástice v půdě a ovzduší,
5. biopolymery z rostlinného odpadu,
6. návrh nanokatalyzátorů pro biozpracování odpadu,
7. management odpadů a životní prostředí.
 - a) úkoly pro realizaci v blízké budoucnosti
 - ▶ Vývoj instrumentace založené na bioselektivních površích pro včasnou detekci rostlinných a živočišných škůdců a patogenů.
 - ▶ Vývoj "inteligentních detektorů" organismů způsobujících kažení potravin balených ve spotřebitelských obalech, což umožní včasné odstranění pouze kontaminovaných potravin, ne kompletních partií.
 - ▶ Návrh nových materiálů postupem "bottom up" pro zemědělské a potravinářské systémy.
 - b) úkoly pro realizaci do 15 let
 - ▶ Vývoj levných "pohotově na jednu sezonu" mikrosenzorů rozmístěných na poli pro detekci škůdců a patogenů a pro zlepšení kvality (zdravotního stavu) půdy.
 - ▶ Vývoj nanopovrchů pro odstraňování polutantů, patogenů, bioaktivních molekul z životního prostředí, rostlin a živočichů před zpracováním a výrobou potravin.
 - ▶ Dosažení pozitivních vlivů na globální management oxidu uhličitého.

- ▶ Vývoj povrchů zamezujících znečišťování pro zařízení na výrobu potravin a bioreaktory.
- ▶ Zdokonalené environmentální praktiky, např. účinnější využití vody, hnojiv a pesticidů, snížené zasolování půd a vyplavování nutrientů z půd, snížené znečišťování v důsledku zemědělské činnosti.

6. VYUŽITÍ NANOTECHNOLIE PŘI VÝROBĚ POTRAVIN

V potravinářské vědě a technologii existují čtyři hlavní oblasti (obr. 4), ve kterých se může s výhodou uplatnit nanotechnologie. Jde o:

- ▶ vývoj nových funkčních materiálů,
- ▶ výroba probíhající v mikro- a nanometrových rozměrech,
- ▶ vývoj nových výrobků,
- ▶ metody a zařízení pro dosažení vyšší bezpečnosti potravin a biologické bezpečnosti (biosecurity) (20).



4. Přehled aplikací nanotechnologie v potravinářském sektoru

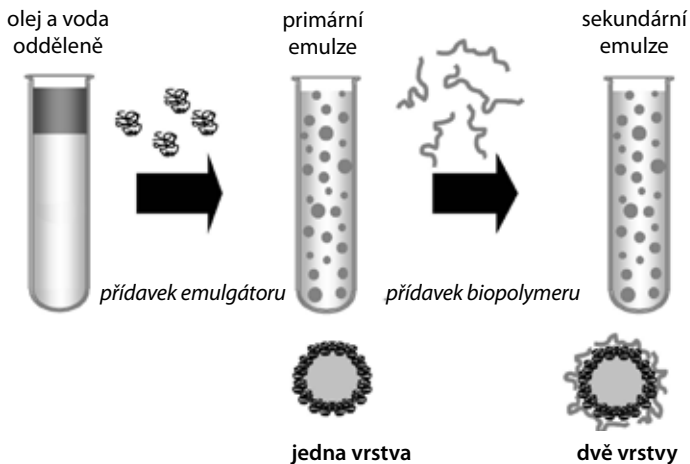
Obecně platí, že v rámci potravinářského sektoru existuje velký počet potenciálních aplikací nanotechnologie, avšak mnoho z nich lze využít komerčně jen obtížně, neboť jsou příliš drahé nebo není účelné je implementovat v průmyslovém měřítku. U níže uvedených aplikací je reálné, že by se v blízké budoucnosti mohly realizovat v praxi, popř. již nalezly komerční využití (17, 20).

6.1 Nanodisperze a nanokapsle. Aplikace funkčních složek

Funkční složky (např. léky, vitaminy, antimikrobiální prostředky, antioxidanty, aromatizující látky, barviva a konzervační prostředky) jsou základními složkami řady průmyslových výrobků, např. farmak, výrobků péče o zdraví, kosmetiky, agrochemikálií a potravin. Funkční složky mají různé molekulární a fyzikální vlastnosti, např. polaritu (polární, nepolární, amfifilní), molekulovou hmotnost (vysokou, nízkou), fyzikální stav (pevný, kapalný, plynný). Funkční přísady se zřídka používají přímo ve své čisté formě. Často se zabudovávají do některé formy systému vhodného pro aplikaci (delivery system).

Jako nosiče pro zapouzdření a dopravu funkční/aktivní složky lze použít např.:

- ▶ **asociační koloidy** (nanočástice o velikosti 5–100 nm);
- ▶ **nanoemulze** (kapičky o velikosti méně než 100 až 500 nm);
- ▶ **nanostrukturované vícečetné emulze**, např. nanostrukturovaná emulze typu $W_1/O/W_2$ je složena z kapiček vody o velikosti nano (W_1) obsažených uvnitř větších kapiček oleje (O), které jsou dispergovány ve vodné kontinuální fázi (W_2). Funkční potravinářské složky se mohou zapouzdřit do vnitřní vodné fáze, do olejové fáze nebo do vnější vodné fáze. Takto lze vytvořit jeden aplikační systém, který obsahuje četné funkční složky. Tuto technologii lze využít k oddělení dvou složek vodné fáze, které, pokud by byly přítomné ve stejné vodné fázi, by mohly vzájemně reagovat nežádoucím způsobem. Uvedený systém lze také využít k ochraně složky obsažené ve vnitřních kapičkách vody (W_1) a k jejímu uvolnění na požadovaném místě, např. v ústech, žaludku, tenkém střevu;
- ▶ **nanostrukturované vícevrstvé emulze** – typicky jsou složeny z kapiček oleje (jádro) obklopených nanovrstvami (skořápka) vytvořenými z různých polyelektrolytů. Tyto vrstvy se vytvářejí pomocí metody elektrostatického ukládání vrstvy po vrstvě (layer-by-layer, LbL), která spočívá v postupné adsorpci polyelektrolytů na povrchy opačně nabitých koloidních částic (obr. 5). Na obr. 5 je znázorněn příklad LbL postupu, který vede k zapouzdření olejových kapiček v emulzi O/W. Postup se opakuje, až se vytvoří kapičky oleje potažené třemi a více vrstvami;
- ▶ **biopolymerní nanočástice** (jako nosiče lze použít např. nanolamináty, viz kap. 6.2; výroba biopolymerních nanočástic, viz kap. 6.3).

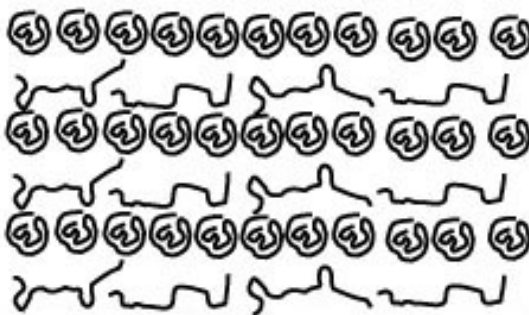


5. Schéma vytváření řady nanovrstev okolo částic

- **biopolymerní nanočástice** (jako nosiče lze použít např. nanolamináty, viz kap. 6.2; výroba biopolymerních nanočástic, viz kap. 6.3).

6.2 Nanolamináty. Vytváření jedlých fólií a potahů. Aplikace funkčních složek

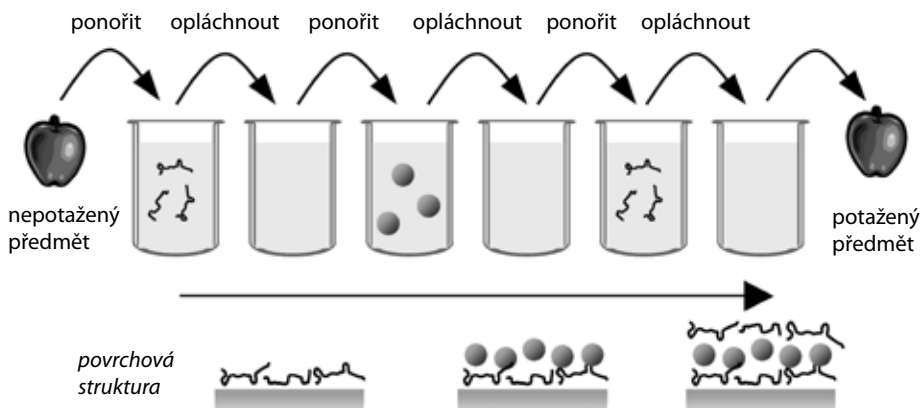
Nanotechnologie nabízí řadu postupů pro vytváření laminátových fólií nového typu s využitím v potravinářském průmyslu. Nanolaminát se skládá ze dvou nebo více vrstev materiálu nanometrových rozměrů, které jsou navzájem spojeny fyzikálně nebo chemicky. Na obr. 6 je znázorněn příklad nanolaminátu vytvořeného z globulárního proteinu a polysacharidu. Každá vrstva má tloušťku asi 1–100 nm. Jednou z metod výroby nanolaminátů je technika ukládání LbL (viz kap. 6.1).



6. Nanolaminát tvořený globulární bílkovinou a polysacharidem

Nanolamináty poskytují některé výhody oproti konvenčním technologiím pro přípravu jedlých potahů a fólií, a mohly by tak najít v potravinářském průmyslu řadu aplikací, např. pro ovoce, zeleninu, maso, čokoládu, cukrovinky, pekařské výrobky, smažené hranolky. Tyto fólie slouží jako bariéry proti vlhkosti, lipidům a plynu. Alternativně mohou zlepšovat strukturální vlastnosti potravin nebo sloužit jako nosiče funkčních složek, např. barviv, aromat, antioxidantů, výživových a antimikrobiálních faktorů.

Základní funkční vlastnosti jedlých potahů a fólií závisí na vlastnostech materiálů použitých k jejich výrobě. V současné době jsou primárními materiály polysacharidy, bílkoviny a lipidy. Použití nanolaminátů je spíše na potahy, které těsně přiléhají na povrchy potravin než jako samostatné fólie, neboť jsou extrémně tenké, a proto lámavé (nepevné). Na obr. 7 je znázorněno, jak by mohly nanolamináty uzavírat potravinářský objekt.

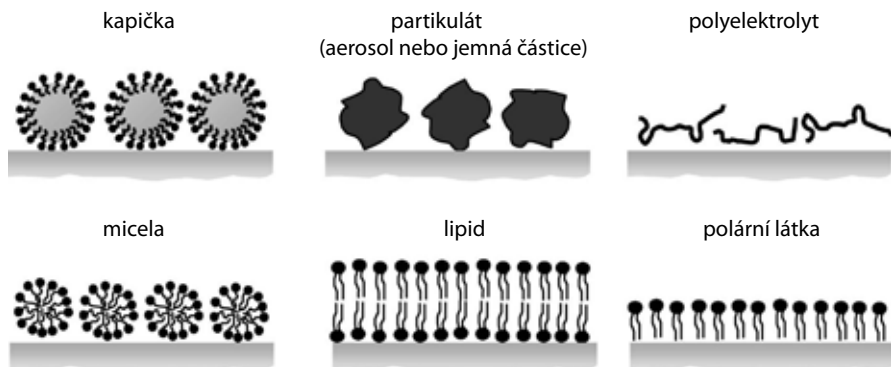


7. Schéma potahování objektu více vrstvami

K vytváření různých vrstev by se mohla využít řada různých adsorbujících se látek, např. přirozené polyelektrolyty (bílkoviny, polysacharidy), nabité lipidy (fosfolipidy, povrchově aktivní látky) a koloidní částice (micely, váčky/měchýřky, kapénky). Výběr druhu adsorbujících se látek (obr. 8) k vytvoření jednotlivých vrstev, celkový počet vrstev začleněných do výsledné fólie, posloupnost různých vrstev a výrobní podmínky použité pro každou vrstvu budou určovat funkční vlastnosti konečných fólií, např. jejich

- ▶ propustnost pro plyny, organické látky, minerální látky nebo vodu,
- ▶ schopnost nabobtnání a smáčení,
- ▶ citlivost k vnějším faktorům: pH, iontové síle a teplotě.

Výše uvedený postup by se mohl také využít k zapouzdření různých hydrofilních, amfifilních nebo lipofilních látek uvnitř fólií, např. jejich začleněním do kapiček oleje nebo asociačních koloidů (např. micel nebo liposomů). To by umožnilo začleňovat aktivní funkční složky (např. antimikrobiální látky, látky zamezující hnědnutí, antioxidanty, enzymy, aromata a barviva) do fólií. Tyto funkční prostředky by zvýšily údržnost a kvalitu potahovaných potravin. Uvedené nanolaminátové potahy by se vytvářely výhradně ze složek potravinářské kvality (bílkoviny, polysacharidy, lipidy) s využitím jednoduchých výrobních operací jako je ponořování a promývání.



8. Možné komponenty pro vytváření vícevrstevých jedlých fólií nebo potahů

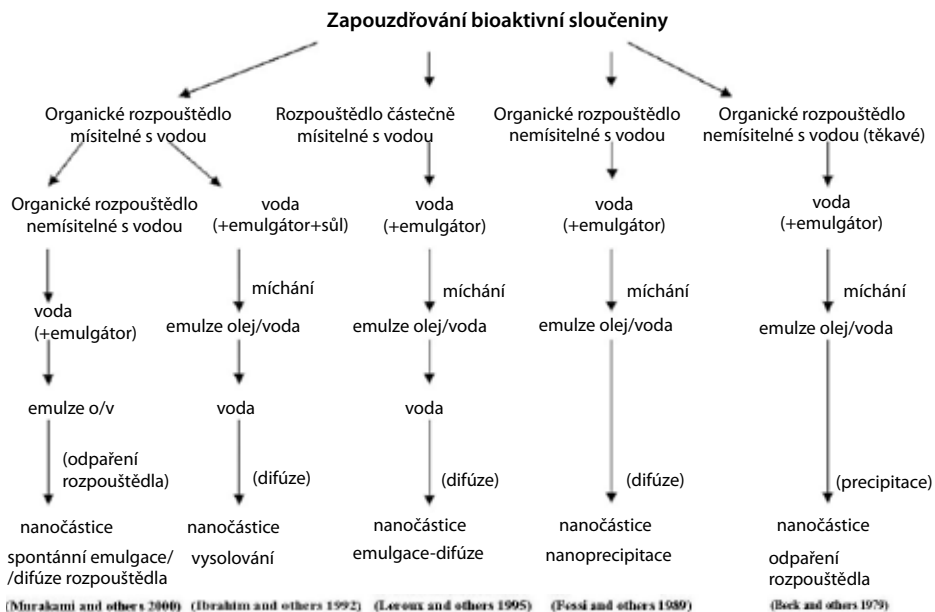
6.3 Biopolymerní nanočástice. Aplikace funkčních složek

Vzhledem k vynikající schopnosti zapouzdřovat je polymléčná kyselina (PLA) jednou ze základních stavebních jednotek řady biodegradovatelných nanočástic. Použití samotné PLA pro aplikaci požadovaných aktivních látek má však určitá omezení (např. PLA se rychle odstraňuje z krevního řečiště, a proto jako nosič aktivních látek určených pro jiné orgány v těle než jsou játra a ledviny není vhodná; PLA se odbourává působením šťáv v trávicím traktu, a proto není vhodná pro orální aplikaci aktivních látek). Tyto problémy lze překlenout spojením hydrofilní sloučeniny (např. polyetylen glykolu, PEG) s nanočásticí hydrofobní PLA. Nanočástice složené z dvousložkového komplexu PLA-PEG tvoří uskupení typu micel, které zachycuje sloučeninu, která se má aplikovat. Molekulová hmotnost PLA a poměr PLA a PEG jsou klíčové faktory pro tvorbu stabilních nanočástic. Nanočástice kopolymeru jsou menší než nanočástice vytvořené ze samotné PLA (což dokazuje silný vliv PEG na tvorbu nanočástic).

Jedním z hlavních kritérií při používání nanočástic jako systému pro aplikaci bioaktivních látek je, že jsou netoxické. Dřívější postupy zapouzdřování aktivních

látek nesplňovaly tato kritéria. Nově byla vyvinuta řada metod, které využívají méně škodlivé chemikálie a dále chemikálie, které se z konečného výrobku snadno odstraňují. Pokud výroba zahrnuje jako pomocné prostředky (processing aids) organická rozpouštědla, u nichž je obava z toxicity, pak vyrobené nanočástice nelze v potravinách používat.

Na obr. 9 je znázorněn přehled metod pro výrobu nanočástic (bioaktivní látka se zapouzdřuje do biopolymeru, který tvoří základ nanočástice). V závislosti na výběru základního biopolymeru k výrobě nanočástic může být povrch částice hydrofobní nebo hydrofilní. Typ rozpouštědla, ve kterém se částice před svojí aplikací do potravinářských systémů dispergují, může vést k problematickému shlukování částic, které má za následek, že se některé výhody těchto systémů aplikace aktivní látky snižují.



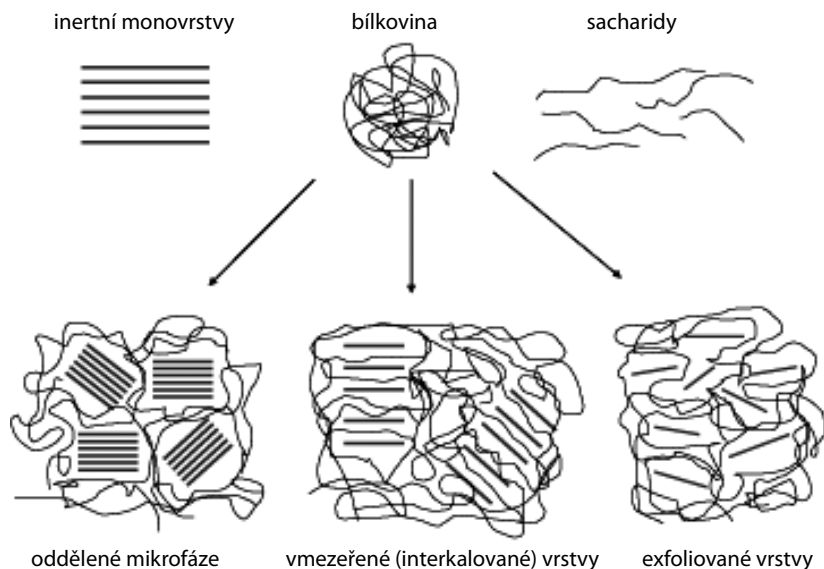
9. Přehled metod výroby nanočástic se zapouzdřenou bioaktivní složkou

6.4 Nanokompozity. Obaly s lepšími mechanickými a bariérovými vlastnostmi

V 80. letech minulého století se zjistilo, že přidavek 5 % hmotn. jíhlů ve formě nanočástic značně zlepšuje mechanické a tepelné vlastnosti nylonů. Následně se nej-

více studovaly nanokompozity typu polymer-jíl, tj. skupina hybridních materiálů složených z organických polymerních matic a organofilních jílových plnidel (používal se montmorilonit, MMT).

Vzhledem k hydrofilní povaze MMT není však snadné homogenně dispergovat MMT ve fázi organického polymeru. Aby byl kompatibilní s organickým polymerem, musí se zlepšovat organofilní vlastnosti MMT. Na obr. 10 je znázorněn princip vytváření nanokompozitů s lepšími mechanickými a bariérovými vlastnostmi obsahujících nanovrstvy jílu. Ideálními nanokompozity jsou dva typy hybridů: interkaláty a exfoliáty. U interkalátů jsou mezi jednotlivými vrstvami jílu přítomné dlouhé řetězce polymeru, u exfoliátů jsou silikátové vrstvy zcela separovány a dispergovány v kontinuální matici polymeru. Složení a vlastnosti vzniklých nanokompozitů lze měnit regulováním interakcí polymer-jíl.



10. Princip tvorby nanokompozitů obsahujících monovrstvy jílu

6.4.1 Nanokompozity polysacharid-jíl

Na řadě pracovišť se zkoumá výroba nanokompozitů typu polysacharid-jíl. Např. na univerzitě ve Wageningenu (Nizozemí) vyrobili fólii (exfoliované vrstvy jílu), která má značně sníženou propustnost pro vodní páru, což řeší jeden z dlouhodobých problémů u výroby biopolymerních fólií. Ukázalo se, že začleněním dispergovaných vrstev jílu do struktury matrice biopolymeru se značně zlepšuje celková mechanická

ká pevnost fólie, což umožňuje praktické využití těchto fólií. Vyšetřovaly se např. nanokompozity vyrobené ze škrobu a amorfního poly(beta-hydroxyoktanoátu), ze škrobu a speciálních chlupů (whiskers), ze škrobu a jíků (Cloisite 30B, Cloisite Na⁺).

Chitosan (vzniká deacetylací chitinu) je polysacharid vyskytující se u korýšů. Chitosan má vůči jiným neutrálním nebo záporně nabitým polysacharidům povahu kationtu. V kyselém prostředí přibírá aminoskupina NH₂ proton a vzniklý NH₃⁺ vykazuje protiplísňové nebo antimikrobiální účinky, neboť kationty se vážou na aniontová místa na povrchu buněčných stěn bakterií a plísní.

Chitosan je netoxický přírodní polysacharid a je kompatibilní s živou tkání. Nachází proto široké uplatnění při hojení ran, výrobě umělé kůže, konzervování potravin, v kosmetice a ošetřování odpadních vod. Hydrofilní povaha chitosanu a v důsledku toho špatné mechanické vlastnosti v přítomnosti vody a vlhkosti omezují jeho použití. Na rozdíl od toho fólie chitosanu obsahující exfoliované vrstvy hydroxyapatitu jsou funkční ve vlhkém prostředí, mají dobré mechanické a bariérové vlastnosti i antimikrobiální účinky.

6.5 Nanovlákná

Na katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci vynalezli v roce 2003 tzv. elektrospining (využití elektrického pole k výrobě nanovláken). Technologie na bázi elektrospiningu nazvaná "nanospider" umožňuje výrobu nanovláken. Obecně vlákna vyrobená za pomoci elektrického pole mají velikost v rozmezí 10–1 000 nm v průměru. Z hlediska jejich mechanických, elektrických a tepelných vlastností vykazují neobvyklé funkční vlastnosti, které se dají s výhodou využít v medicíně, textilním a elektronickém průmyslu. Uvedená technologie výroby nanovláken může najít uplatnění také v potravinářském průmyslu pro výrobu materiálů s novými nebo zdokonalenými vlastnostmi, např.:

- ▶ jako stavební/zlepšovací prvek kompozitních ekologických obalových materiálů pro potraviny,
- ▶ jako stavební prvky potravinové matrice pro imitované/umělé potraviny,
- ▶ jako nanostrukturovaný a mikrostrukturovaný základní materiál (scaffolding) pro bakteriální kultury.

Ačkoliv se počet aplikací vláken získaných elektrospiningem exponenciálně zvyšuje, aplikací v potravinářském a zemědělském sektoru je relativně málo. Je to pravděpodobně proto, že se vlákna nevyrobějí z biopolymerů používaných do potravin a v zemědělství. Vyrábějí se především ze syntetických polymerů. Jakmile dojde k pokroku ve výrobě nanovláken z potravinářských biopolymerů, využití biopolymerních nanovláken v potravinářském průmyslu se pravděpodobně zvýší.

6.6 Nanotrubičice

Uhlíkové nanotrubičice se široce používají k nepotravinářským účelům. Zjistilo se, že určité globulární proteiny z mléka (např. hydrolyzovaný alfa-laktalbumin) lze zpracovat tak, že se za vhodných vnějších podmínek vytvářejí podobně strukturované nanotrubičice (7). Uvedenou techniku lze aplikovat na další proteiny. Ověřovalo se její využití k imobilizaci enzymů nebo k vytváření analogů vláknitých struktur svaloviny.

7. PŘÍKLADY REALIZOVANÝCH APLIKACÍ NANOTECHNOLOGIE V POTRAVINÁŘSTVÍ

7.1 Antibakteriální účinky nanostříbra, nano ZnO

Antimikrobiální účinky stříbra jsou známy již staletí. Předpokládá se, že nanostříbro projevuje své antimikrobiální účinky tak, že v jeho přítomnosti dochází k denaturaci disulfidových vazeb v buněčných membránách bakterií. Funguje obdobně jako peroxid vodíku, což je neúčinnější zabíječ bakterií.

Nanostříbro lze aplikovat v různých oblastech: lékařské přístroje, textil, klávesnice pro počítače, automobilový průmysl, sportovní předměty, kosmetika, hračky, nátěry podlah a zdí aj. V sektoru potravinářského průmyslu je to především pro zásobníky potravin: nádoby na potraviny, chladničky, mrazničky.

Kontejner na potraviny, který má zabudovaný prášek nanostříbra, vyvinula korejská firma A-Do Global Co. Ltd. Kontejner dodávaný na trh pod označením **Fresh-Box**® má vynikající antimikrobiální účinky vůči *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus* a to bez negativního vlivu na barvu konečného výrobku (99,9% snížení bakterií po 24 hodinách) (24). Více informací je k dispozici na <http://nano-silver.net/eng/>.

Antibakteriální aktivita stříbra závisí na velikosti, ale také na tvaru nanočástic stříbra (23). Výrobky se zabudovanými nanočásticemi stříbra schválila řada akreditačních orgánů, např. v USA (US FDA, US EPA), v Japonsku (SIAA), v Korei (KOTRIC-CC).

Nanočástice stříbra zabudované do materiálů (www.blueмоongoods.com) je třeba odlišit od koloidního stříbra, které je součástí řady volně prodejných prostředků nabízených k regulaci některých zdravotních problémů. Podle FDA nelze prostředky obsahující koloidní stříbro nebo soli stříbra považovat za bezpečné a účinné. Tyto výrobky jsou nesprávně označovány (25).

Nano ZnO

Nano ZnO má vynikající antibakteriální účinky a vynikající fyzikální stabilitu. Další výhodou je, že neodbarvuje, nevyžaduje k aktivaci UV světlo. Nano ZnO nachází široké uplatnění např. v medicíně, kosmetice, při výrobě živočišných krmiv a veterinárních léčiv, v průmyslu pryže, keramiky, textilním, barev aj. Nano ZnO má vynikající schopnost chránit před oběma složkami UV světla (UVA a UVB). FDA schválila ZnO jako jednu ze dvou přísad na ochranu proti slunci první kategorie výrobků péče o pokožku. Oxid titaničitý (TiO_2) má schopnost blokovat pouze UVA (vlnové délky 340 až 400 nm). ZnO je tak jediný, který chrání před oběma složkami UV světla. Nano ZnO v živočišných krmivech napomáhá vyšší absorpci nutričních látek a tím umožňuje snížení dávek krmiva. Více informací je na www.nano-infinity.com.tw/application.htm.

Plastový obal se zabudovanými nanočásticemi ZnO vyvinula firma SongSing Nano Technology (www.ssnano.net), která vyrábí řadu dalších nanokompozitních materiálů, např. s obsahem stříbra.

7.2 Regulované uvolňování funkčních a aktivních složek

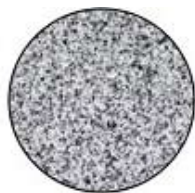
“Controlled Release Systems” (systémy regulovaného uvolňování, SRU) se používají k modifikaci způsobu, kterým jsou dodávány funkční a aktivní složky. Uvedené SRU jsou

založeny na technologiích zapouzdřování. Hlavní výhody SRU:

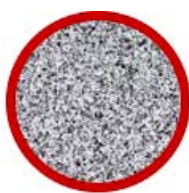
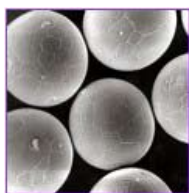
- ▶ uvolňování aktivní složky probíhá po dlouhou dobu (lepší využití aktivní složky v čase);
- ▶ k uvolňování aktivní složky dochází podle požadavku (působením vnějších faktorů, např. tlaku, vlhkosti a tepla nebo aktivitou spotřebitele);
- ▶ aktivní složky se dodávají do požadovaného místa (uvolnění aktivní složky v požadovaném místě, např. v určitém orgánu).

Existují dva tradiční typy systémů regulovaného uvolňování:

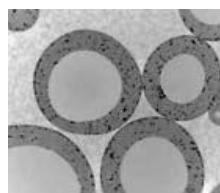
1. Matricové systémy: aktivní složka je homogenně dispergována v pevné fázi. V průběhu času aktivní složka difunduje z matrice (obr. 11).
2. Membránové systémy: aktivní složka je uzavřena do tuhé látky a potažena polymerním systémem. Vlastnosti materiálu, který potahuje aktivní složku, regulují její uvolňování (obr. 12) (26).



11. Matricové systémy



12. Membránové systémy



7.2.1 MultiSal™

Firma Salvona Technologies vyvinula multikomponentní systém regulovaného uvolňování a to pod označením **MultiSal™** (27). Pomocí tohoto systému lze dodávat řadu aktivních složek, které se běžně nedají dobře směřovat, např. složky rozpustné ve vodě a rozpustné v tuku, k jejich uvolňování dochází postupně. Systém zvyšuje stabilitu a biologickou využitelnost širokého okruhu nutrientů a jiných složek, reguluje jejich uvolňování a prodlužuje dobu jejich účinku v ústech (prodloužený vjem aroma).

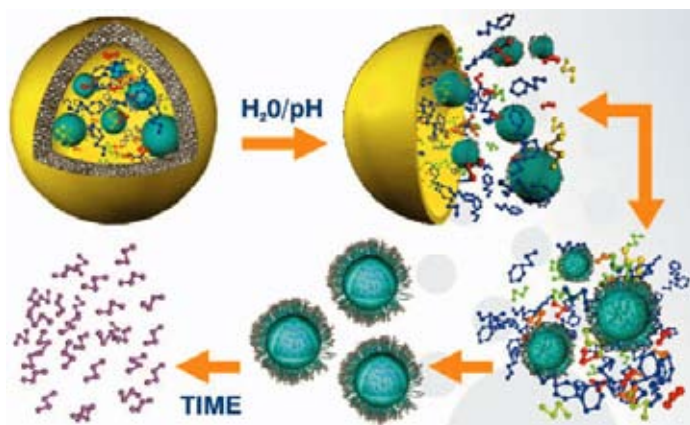
Systém je tvořen pevnými hydrofobními nanosférami (útvary kulovitého tvaru) složenými ze směsi hydrofobních materiálů potravinářské kvality zapouzdřených do bioadhezivních mikrosfér citlivých na vlhkost nebo pH. Vhodnou technologií suspendování vznikají nanosféry s průměrem 0,01–0,5 μm. Nanosféry jsou pak zapouzdřeny do mikrosfér o velikosti asi 2 050 μm. Nanosféry nejsou individuálně potaženy maticí mikrosféry citlivé na vlhkost, nýbrž jsou v ní homogenně dispergovány. Když se mikrosféra dostane do styku s vodou (např. slinami), rozpustí se, dojde k uvolnění nanosfér a dalších složek. Různé složky lze začlenit do hydrofobní matrice, do matrice mikrosfér citlivých na vodu nebo do obou matic. Na obr. 13 je znázorněno, jak systém zapouzdření s regulovaným uvolňováním pracuje (34).

7.3 Solubilizace potravinářských aditiv/fyziologicky aktivních látek

7.3.1 Ubisol-Aqua™ technology

Jde o novou technologii, která umožňuje solubilizovat (rozpuštět) ve vodě nerozpustné sloučeniny, např. rybí olej. Vzniká tak jedinečná příležitost pro přísun n-3 mastných kyselin a jiných lipofilních sloučenin do potravin, nápojů a nutričních produktů. Licenci k této technologii má společnost (bio-science company) Zymes LLC (www.zymesllc.com).

Technologie **Ubisol-Aqua™** je založena na vytváření komplexu aktivní látky s Ubisol-Aqua™, což je skupina patentovaných neutrálních, neiontových nosičů



13. Jak systém zapouzdření s regulovaným uvolňováním pracuje

Legenda:

Nanosféry (modré) obsahující aktivní složku (purpurová) jsou zapouzdřeny s ostatními složkami (např. aromaty, sladidly) do mikrosféry (žlutá). Působením vody nebo pH uvolňuje mikrosféra svůj obsah a po delší časový interval nanosféry uvolňují zapouzdřenou aktivní složku prostřednictvím molekulární difúze a enzymové degradace lipázou. Povrchové vlastnosti nanosfér (klikaté linie) lze měnit tak, aby byly bioadhezivní nebo záporně nebo kladně nabitě v závislosti na cíli, kterého ho chce dosáhnout.

Poznámka.: Systémy o velikosti 0,1–100 nm se označují jako systémy vzniklé nanotechnologií. Částice o průměru 100–1 000 nm se považují za sub-mikronové systémy.

Firma Salvona Technologies dodává na trh velké množství výrobků řady Multi-Sal™, jejichž přehled je na adrese: <http://www.salvona.com/6-products>.

pro sloučeniny nerozpustné ve vodě (28). Do této skupiny nosičů patří sloučeniny označené jako PTS™, PCS™ a PSS™. Ve vodě nerozpustná látka, která se má rozpustit, vytvoří komplex s Ubisol-Aqua™, který má jak hydrofobní, tak hydrofilní subsekcce. Jestliže dojde ke smísení s vodou, samovolně se vytvoří micelární uskupení s hydrofobním středem a hydrofilním vnějším pláštěm. Když např. PTS™ solubilizuje koenzym Q10, vytvoří se v roztoku nanomicely o velikosti 22 ± 7 nm. Micely nanorozměrů poskytují oproti existujícím technologiím solubilizace řadu výhod. Solubilizovaný komplex je rozpustný ve vodě i v lipidu, je stabilní v širokém okruhu teplot (-80 až 120 °C) i pH (2,0–8,0), při změnách fází (zmrazování, tavení). Pomocí technologie Ubisol-Aqua™ se úspěšně solubilizovala řada biologicky aktivních látek, přičemž koenzym Q10 (H_2O ™) získal status GRAS (obecně se považuje za nezávadný). V březnu 2007 firma oznámila, že se jí podařila solubilizace n-3 mastných kyselin (DHA/EPA/ALA).

7.3.2 NovaSOL® Nanosome

Frost & Sullivan uděluje cenu za mimořádný přínos v oblasti technologie (Excellence in Technology Award) a to společnosti, která je průkopníkem ve vývoji nové technologie a v jejím využití pro komerční účely. Její zavedení v průmyslu musí být významným přínosem pro příslušný obor.

V roce 2006 tuto cenu získala firma Aquanova German Solubilisate Technologies (AGT) GmbH (www.aquanova.de) a to za vývoj vysoce sofistikované technologie **NovaSOL® Nanosome**, která umožňuje zapouzdřování aktivních přísad pro výrobu funkčních potravin a doplňků stravy (29). Na rozdíl od konvenční emulze a mikroemulze (obsahují velké částice) tato technologie vede ke tvorbě micel o průměru 30 nm, do kterých se zapouzdřuje aktivní látka. To mnohonásobně zvyšuje její biologickou využitelnost.

Dříve, než dojde k jejich absorpci, potřebuje lidský organismus konvertovat zvláště nutrienty rozpustné v tuku do micel. Struktury micel jsou přirozenou cestou přívodu nutrientů do organismu. Tím, že prostřednictvím technologie NovaSOL® lze dodávat aktivní přísady v přirozené formě, dovoluje tato technologie snižovat množství aktivní přísady, neboť odpadá proces její konverze. Pokud dojde k vytváření micel výrobku, hydrofilní a hydrofobní látky se konvertují do NovaSOL® solubilizátů, které jsou rozpustné v tuku i ve vodě.

Německá společnost aplikovala svoji technologii na široký okruh látek, např. askorbovou kyselinu. Patentovaný NovaSOL® C je první vitamin C na světě, který je rozpustný v tuku a přitom chemicky nemodifikovaný. Dalšími příklady jsou koenzym Q10 (NovaSOL® Q), vitamin E (NovaSOL® E) nebo isoflavony (NovaSOL® ISO). Aquanova vyrábí také extrakty rostlin, např. extrakt z rozmarýny nebo různé polyfenolové extrakty, které jsou k dispozici jako roztok zcela rozpustný ve vodě a tuku. Snadno se s nimi manipuluje a snadno se začleňují do konečných výrobků. Pro svůj solubilizát askorbové kyseliny získala Aquanova americký patent (Patent US 6,774,247 B2) i německý patent (DE 10158447 B4).

7.3.3 NutraLease™

Izraelská společnost Mishor Adumin založila Nutralease Ltd., společnost, která patentovala technologii pod názvem **NSSL** (Nano-sized Self-assembled Structured Liquids). Uvedenou technologií se získávají micely o velikosti ca 30 nm, které mají schopnost zapouzdřovat široký okruh aktivních složek (koenzym Q10, lutein, lykopen, fytoosterol/sitosterol, vitamin D, vitamin E). V roce 2005 společnost Mishor Adumin získala od americko-izraelské nadace pro vědu a technologii za technologii NSSL ocenění "Most Innovative Israeli Nanotechnology Companies (MI2NT) Award". Přísady jsou určeny pro mlékárenské výrobky, nápoje, tuhé i polotuhé

potraviny. Více informací na www.nutralease.com. Distributorem NutraLease™ je firma P.L. Thomas (www.plthomas.com). Mezi prvními zájemci o výrobky získané technologií NSSL byl izraelský výrobce masných výrobků – hot dogs (Tirat Zvi) a mražených krémů.

7.3.4 NetColors (Nano-Encapsulation Technology)

Nová řada přírodních barviv od Wild Flavors (www.wildflavors.com) se vyrábí spojením nanotechnologie se zapouzdřováním (30). Barviva lze tak použít i tam, kde to až dosud bylo problematické. Výrobky (např. kurkumín a antokyaniny) se prodávají pod názvem **NetColors**. Uvádí se, že **Net antokyanin** je jediné červené barvivo rozpustné v oleji. Lze používat jako alternativu karmínu/košenily pro pota-
hy na bázi másla, do čokolády, tukových náplní. Použití kurkumínu ve výrobcích je omezeno jeho citlivostí vůči světlu. **Net kurkumin** má vysokou stabilitu vůči světlu a teplu, prodlužuje se doba, po kterou se zachovává barva výrobků: cukrovinek, cereálních výrobků, jogurtu, kořenících směsí, mražených krémů.

7.3.5 Nanokurkumin: nová strategie léčby rakoviny u lidí

Kurkumin je žlutá polyfenolová látka, která se extrahuje z kořenů kurkumy (*Curcuma longa*). Nově se zjistilo, že uvedená látka vykazuje u lidí i zvířat anti-kancerogenní účinky. Širokému klinickému využití této látky při léčbě rakoviny a jiných nemocí dosud bránila špatná rozpustnost kurkuminu ve vodě a následně minimální využitelnost v biologických systémech.

Vědci z Johns Hopkins University School of Medicine (USA) a University of Delhi (Indie) zkoumají potenciální zdravotní prospěch kurkuminu zapouzdřeného do nanočástic (31). Tradiční kurkumin je nerozpustný, prochází střevy aniž by se dostal do krevního řečiště. Kurkumin zapouzdřený do nanočástic o velikosti 50 nm se snadněji absorbuje do krevního řečiště. Výsledný "**nano-curry**" má pozitivní vliv na organismus při nemocech jako je rakovina, cystická fibróza, Alzheimerova choroba.

7.3.6 Bioral™ Technology

Firma BioDelivery Science International (BDSI) vyvinula a patentovala technologii dopravy léků/nutričních faktorů založenou na tzv. "**nanokochleátech**" (nanocochleates). Jde o spirálovitě stočené nanočástice (ca 50 nm v průměru) získávané ze sóji (společnost zdůrazňuje, že ne geneticky modifikované) a vápníku, které mohou přivádět přímo do buněk organismu farmaceutické sloučeniny i nutriety, např. vitaminy, lykopen a n-3 mastné kyseliny. Podle výrobce lze prostřednictvím nanokochleátů obohacovat o n-3 mastné kyseliny koláče, muffiny, těstoviny, polévky a pokrmy, a to bez změny chutě a vůně výrobků. Dosud není na trhu

žádný výrobek s obsahem nanokochleátů. Firma aktivně usiluje o získání licence k této technologii (32).

7.3.7 SunActive® FE

Specialista na výrobu potravinářských přísad v Japonsku Taiyo Kagaku zvýšil dlouhodobě prodej svých přísad inovovaných pomocí nanotechnologie ke zvýšení jejich využitelnosti v živém organismu a ke zlepšení jejich funkčních vlastností. Firma tak má patentován široký sortiment minerálních látek, vitaminů a doplňků stravy.

Jedním z posledních úspěchů firmy Taiyo je výrobek **SunActive® FE**. Jde o jedinečný systém přívodu železa do těla. Nový výrobek již získal řadu mezinárodních ocenění. Použitím nanotechnologie se překonává řada problémů, které tradiční forma železa představuje pro průmysl. Hlavní výhody SunActive®FE jsou:

- ▶ úplná dispergovatelnost v tekutých recepturách,
- ▶ neprojevuje se nepříjemná chuť železa,
- ▶ vysoká biologická využitelnost,
- ▶ značná neutrálnost k trávicímu traktu.

Nerozpustné železo se u výrobku SunActive® FE disperguje v tekutinách bez jakéhokoliv vysrážení. Odolává teplu, soli, pH a oxidaci a nemá vliv na barvu konečného výrobku. Příklad lze použít do výrobků typu: mléko, sýr, nápoje pro sportovce (33).

7.4 Další systémy

Podle Forbes/Wolfe Nanotech Report (35) patří mezi hlavní hráče na poli nanopotravin mimo jiných firmy Heinz, Nestlé, Hershey Foods, Unilever a Keystone. Níže je uvedeno několik oblastí, na které se zaměřuje současný výzkum v těchto firmách.

- ▶ USDA financuje vývoj nanokapslí z jedlých polymerů, které mají zamezit v potravinách degradaci molekul chuti a vůně. Cílem je zvýšit údržnost citlivých potravin. Výzkum se provádí ve společnosti LNK Chemosolutions, kterou založil Dr. Gustavo Larsen, profesor chemického inženýrství na University of Nebraska (34).
- ▶ Řada společností pracuje na využití nanotechnologie k vytvoření "interaktivních potravin", které dodávají potřebné složky "podle požadavku". Princip spočívá v tom, že si spotřebitel podle vlastní volby (vzhledu, nutričních požadavků nebo upřednostňované chuti a vůně) vybere, které složky budou aktivovány a následně dodány do organismu (34).

- ▶ Vědci z NanoteK konsorcia firmy Kraft vyvíjejí nanokapsle, jejichž stěny praskají při různých mikrovlnných frekvencích. Do chodu jsou uváděny jen požadované nanočástice, ostatní zůstávají v klidu (jsou mimo hru). Firma Kraft rovněž pracuje na senzorech, které budou schopné stanovit u jednotlivých konzumentů deficity nutričních faktorů a následně odpovědět inteligentními potravinami (smart foods), které budou potřebné nutriety uvolňovat (35).
- ▶ Kromě přívodu nutričních faktorů mohou být nanočástice využity ke změně vlastností potravin. Například margarín, zmrzlina, máslo a majonéza patří ke skupině potravin známých jako koloidy, ve kterých jsou malé částice dispergovány v nějakém jiném prostředí: tekutině, plynu nebo pevné látce. Unilever, Nestlé a jiné společnosti provádějí výzkum a již mají patenty na nové postupy vytváření koloidů za pomoci nanočástic. Výhodou je prodloužená údržnost, delší vjem chuti v ústech, změněná textura a vyšší stabilita (35).

7.5 Využití technologie nanokompozitů pro potravinářské obaly

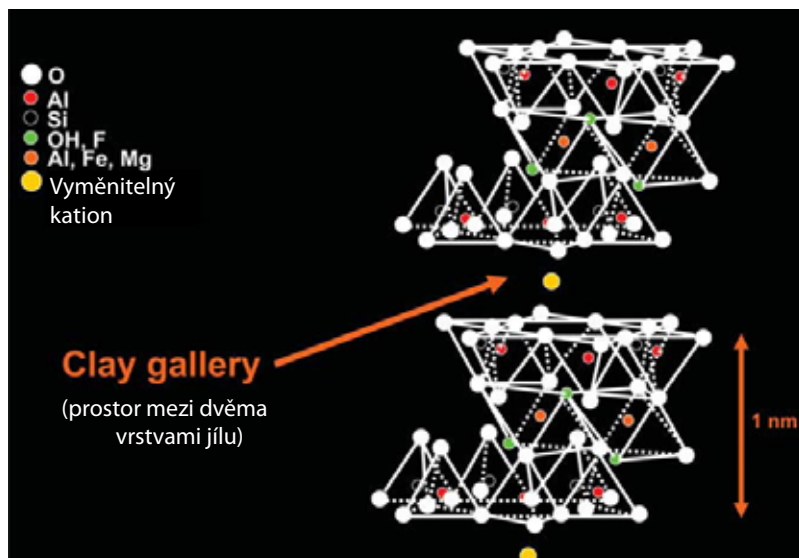
Polymerní nanokompozity jsou polymerní termoplasty, které obsahují 2–8 % hmotn. plnidla ve formě nanočástic. Při použití více než 8 % plnidla vznikají problémy se zpracováním fólie. Jako plnidla polymerních pryskyřic lze použít: nanojíly, nanočástice uhlíku, kovy a oxidy nanometrových rozměrů. Nanokompozity jsou charakterizovány extrémně velkým poměrem povrch: objem, např. 750 m²/g, což znamená, že jsou vysoce reaktivní ve srovnání s jejich protějšky makrorozměrů, a vykazují tak značně odlišné vlastnosti (3, 9).

Nanokompozity polymer-jíl

Nanokompozity polymer-jíl jsou plasty, ve kterých je homogenně dispergováno malé množství částic nanojílů. Jílové materiály (též vrstevnaté silikáty) mají schopnost přijímat do své vlastní krystalové struktury velké organické molekuly, polymery nebo velké komplexní ionty. Modifikace struktury, při níž se do hostitelské struktury vpraví atomy, molekuly nebo komplexní ionty jiné látky (tj. hosta, interkalantu) se nazývá interkalace (3).

Na obr. 14 je znázorněna struktura nanojílu ukazující dvě vrstvy, které obklopují vyměnitelný kation v mezivrstvě (zde je uvedena jako gallery).

Nanokompozity mají tři hlavní složky: základní hmotu (matrici), plnidlo a styčné plochy (mezifázové regiony). Silikátové vrstvy uvnitř polymerní matrice mohou být přírodního původu (např. montmorilonit) nebo syntetické. Styčná plocha "komunikuje" mezi matricí a plnidlem.



14. Struktura nanojílu

V současné době se v praxi používá montmorilonit (jílový minerál), neboť je dostupný, není drahý a lze používat ve spojení s polyetylenem o nízké i vysoké hustotě (PE, LDPE, HDPE), nylonem, polyvinylidenchloridem (PVdC) a biopolymeru.

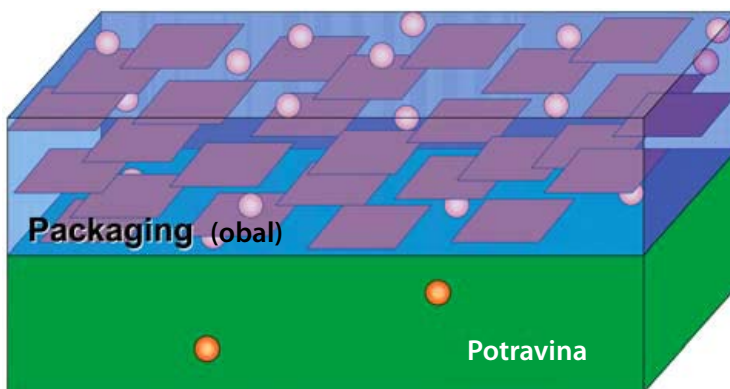
Nanokompozity polymer-jíl jsou hydrofóbní, neboť sodíkový ion uvnitř jílu je zaměněn za kation z polymerní matrice.

Chování nanokompozitu závisí na velikosti desek jílu v plastu. Čím jsou desky tenčí a menší, tím větší je k dispozici povrch pro interakci s polymerní matricí. Charakter nanočástic jílu v polymeru ovlivňuje: bariérové vlastnosti, mechanické vlastnosti, čírost, recyklovatelnost polymeru. Toho se s výhodou využívá v potravinářských obalech. Obaly na bázi nanokompozitních polymerů mají oproti konvenčním obalům řadu výhod (3).

Na obr. 15 je znázorněn průchod kyslíku (oranžové částice) skrz polymerní fólii obsahující jako plnidlo nanočástice jílu (tmavé desky uvnitř polymerní fólie).

7.5.1 Plasty s lepšími bariérovými vlastnostmi

Společnosti Nycoa, Bayer, Honeywell a Nanocor používají silikáty ve formě nanočástic do nylonu 6. Po smísení se silikátové vrstvy rovnoměrně distribuují v celém polyamidu (PA). Extrudováním se vrstvy orientují paralelně s povrchem, což



15. Průchod kyslíku polymerní fólií

zvýšuje bariérové vlastnosti. Fólie a láhve, k jejichž výrobě byl použit nylon 6 s přísadkou Nanomers® (povrchově modifikovaných montmorilonitových minerálů) vykazují lepší vlastnosti, např. bariérové vlastnosti vůči kyslíku, oxidu uhličitému a vodní páře, UV záření, dále mají vyšší čírost, tvrdost a tepelnou stabilitu.

V současné době existuje osm nanokompozitních bariérových výrobků. Sedm je založeno na polyamidu 6 a jeden je specializovaný polyamid známý jako MXD6. V tabulce VII je uveden přehled výrobků a výrobců polyamidových nanokompozitů (9).

VII. Polyamidové nanokompozitní výrobky a výrobci

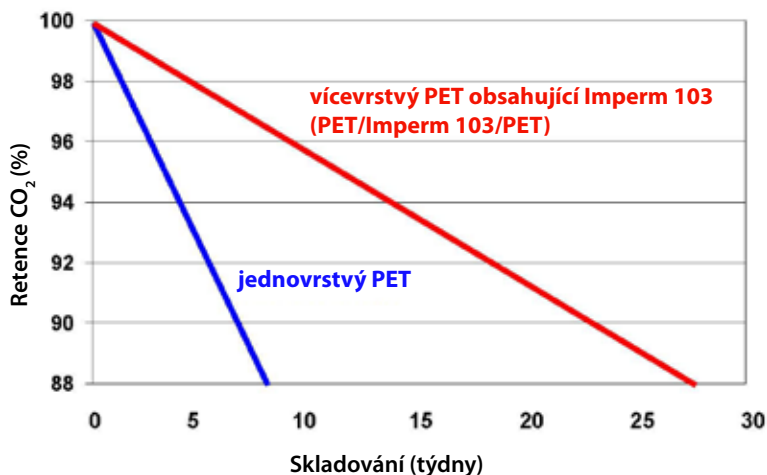
Výrobek	Region	Výrobce	Pryskyřičná matrice	www-stránka
Durethan® LDPU	Evropa	Lanxess	PA6	www.lanxess.com
NycoNano™	USA	Nycoa	PA6	www.nycoa.net
Argus™ NC	USA	Honeywell	PA6	www.honeywell.com
Nanoblend™	Evropa	PolyOne	PA6	www.polyone.com
Nanomide™	Asie	NanoPolymer	PA6	www.nanopolymer.com
Ecobesta®	Asie	Ube Industrie	PA6 kopolymer	www.UBE.com
Systemer	Asie	Showa Denko	PA6	www.showadenko.com
Imperm®	všechny	Nanocor	MXD6	www.nanocor.com

Nanokompozity MXD6 (Imperm®)

MXD6 je obchodní název pro polyamid (meta-xylylene adipamide), který patří k plastům s vysokými bariérovými vlastnostmi. Přídavkem nanojílů se jeho bariérové vlastnosti ještě zvýší, a to vůči kyslíku pětinasobně, čímž se dosáhne lepších bariérových vlastností, než má EVOH (etylvinylalkohol), zvláště pak při vysoké relativní vlhkosti a při vysokých teplotách okolí. Přenos vodní páry klesá na polovinu, prostupnost pro arómata je velmi nízká. Bariérové vlastnosti vůči oxidu uhličitému jsou nejvyšší ze všech komerčních pryskyřic, které jsou na trhu k dispozici (3).

Aplikace Imperm v pivních láhvích

Schopnost plastu zadržovat oxid uhličitý má vliv na jeho využití pro výrobu pivních láhví a v menší míře i lahví pro sycené nealkoholické nápoje (CSD, carbonated soft drinks). Použití PET pro výrobu pivních láhví je poměrně nové, u CSD lahví se PET používá desetiletí. Nápoje v jednovrstvém PET však mají krátkou údržnost (8 týdnů). Použitím vícevrstvého PET ve spojení s Imperm (PET/Imperm/PET) se údržnost zvýší trojnásobně, viz obr. 16 (9).



16. Údržnost sycených nápojů v obalu typu PET/Imperm/PET

Požadavek evropských výrobců pivních láhví byl 330ml láhev pro ležák s údržností 5 měsíců. Během tohoto období smí přívod kyslíku dosahovat 2 ppm a ztráta oxidu uhličitého 10 %.

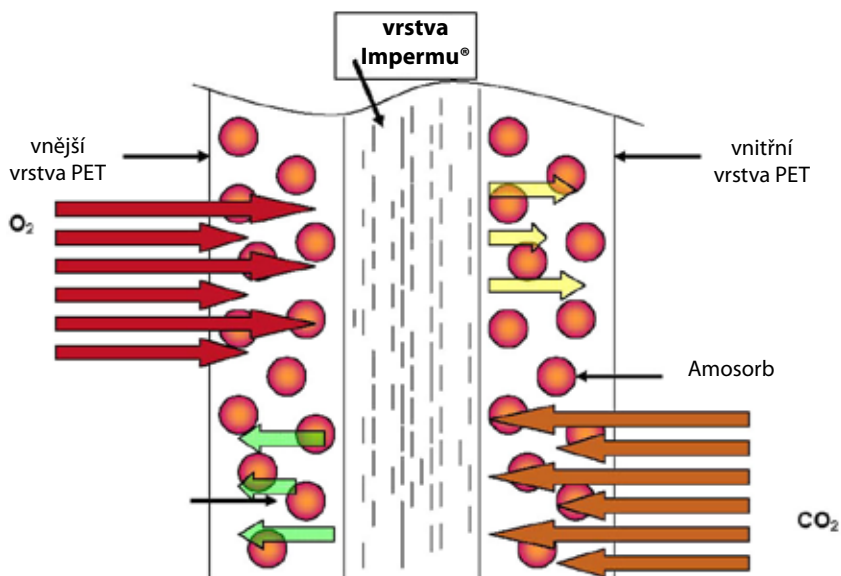
Plastové pivní láhve o objemu 500 ml a nižším vyžadují značnou ochranu vůči přístupu kyslíku a ztrátám oxidu uhličitého. Z tohoto hlediska mají obaly pro pivo

snad největší požadavky na zlepšení bariérových vlastností. Řešením je láhev o hmotnosti 30 g tvořená PET/Imperm/PET, přičemž na Imperm připadá z celé konstrukce 5 %. Nejsou zapotřebí žádná pojiva, láhev vykazuje asi 3% zakalení. Studie recyklace ukázaly, že 93 % bariérové vrstvy lze odstranit použitím standardního postupu recyklace. Cena láhve je asi o 10 % vyšší než cena plechovky.

Aktivní/pasivní kombinované systémy

Evropští výrobci piva tlačí na limity technologie bariér určených pro obaly, neboť požadují udržitelnost prémiových piv minimálně šest měsíců. Tato piva jsou zvláště citlivá na kyslík, ztráta oxidu uhličitého nesmí přesáhnout 10 %. Cena tohoto obalu nesmí být vyšší než cena plechovky o více než 15 %.

Uvedená kritéria splňuje systém více bariér využívající Amosorb™ DFC jako lapač kyslíku a to ke zvýšení bariérových účinků Imperm vůči kyslíku (bariérový synergismus). Do PET vrstev (vnější a vnitřní) se přidává 1 % Amosorb, středovou vrstvu tvoří 5 % Imperm, viz obr. 17 (7, 8).



17. Systém více bariér

Většinu kyslíku obklopujícího obal zachytává Amosorb (aktivní bariéra) ve vnější vrstvě PET, zatímco Imperm jakožto pasivní bariéra chrání lapač kyslíku umístěný ve vnitřní vrstvě PET. V důsledku tohoto lapače ve vnitřní vrstvě PET zajišťuje ochra-

nu kyslíku v prostoru nad hladinou a rozpuštěného v pivu. Imperm mezitím také zajišťuje únik oxidu uhličitého.

Použitím kombinovaného systému se sníží přívod kyslíku během šesti měsíců na méně než 1 ppm, což samotný Imperm nedokáže a dále ztráta oxidu uhličitého, kterou samotný Amosorb není schopen zajistit.

Poznámka:

1. Komerční výroba nanojílů ve firmě Nanocor začala v roce 1998. Firma dnes nabízí řadu výrobků pod obchodním názvem Nanomer®.
2. Firma Honeywell vyrábí obalové materiály s obsahem nanojílů pod obchodním názvem Aegis. Komerční využití těchto obalů je pro maso, drůbež, ryby, sýry, chlazené ovocné šťávy a sušené potraviny.
3. Pivní láhve na bázi vícevrstvého PET s bariérou obsahující nanojily používá např. společnost Anchor Brewing, Miller Brewing.
4. Existují určité obavy z účinků nanočástic na lidský organismus a životní prostředí. Vysoký poměr povrch: objem u nanomateriálů způsobuje, že jsou tyto materiály reaktivnější a potenciálně více toxické. Tím, že jsou reaktivnější, mohou během používání a recyklace interagovat s jinými materiály. Dalším rysem nanomateriálů je, že mohou být zdrojem nových alergenů, nových toxických kmenů, nanočástice se mohou ve zvýšené míře absorbovat do životního prostředí.

Dne 7. června 2007 se uskutečnilo společné zasedání řešitelů projektu "Emerging Nanotechnologies" s představiteli výrobců potravin (Grocery Manufacturers/Food Products Association, GMA/FPA) a přizvanými experty. Diskutovalo se o možných aplikacích technických (engineered) nanomateriálů při výrobě potravinářských obalů.

Existují tři základní kategorie využití nanotechnologie pro potravinářské obaly:

- ▶ zlepšení bariérových účinků plastů,
- ▶ zabudování aktivních komponent, které poskytují funkční vlastnosti nad rámec funkčních vlastností konvenčních aktivních obalů,
- ▶ snímání a signalizování relevantních informací.

Bylo dohodnuto, že pro každý z těchto způsobů využití bude provedena případová studie, jejímž cílem bude zvýšit znalosti o nanotechnologii a zlepšit praktiky dozoru nad nanotechnologií v oblasti průmyslu i u dozorových orgánů (Food and Drug Administration/Environmental Protection Agency, FDA/EPA).

Případové studie se budou zabývat výrobkem od jeho vývoje až po jeho využití (bezpečnost z hlediska výrobce a dozorových orgánů). Případové studie budou

vytvořeny pod dohledem Michaela R. Taylora, profesora pro výzkum na George Washington University School of Public Health and Health Service a budou se na nich podílet vědečtí odborníci i zástupci regulačních orgánů, průmyslu potravin a obalů, spotřebitelských organizací.

Zprávy z případových studií budou dány k dispozici veřejnosti. Předpokládá se, že budou dokončeny začátkem roku 2008 (2).

Očekává se, že v příštím desetiletí dojde ke zvýšení aktivit v oblasti výzkumu a vývoje bio-nanokompozitních materiálů pro potravinářské účely, tj. obalů a jiných povrchů, které přicházejí do kontaktu s potravinami. Předpokládá se, že se objeví nové polymerní materiály a kompozity s anorganickými nanočásticemi (16).

7.6 Hliníková fólie se zlepšenými vlastnostmi

Hliníková fólie **Toppits® Fix-Brat Alu** opatřená vnějším černým potahem, který byl vyroben pomocí nanotechnologie, byla jedním z pěti oceněných výrobků v soutěži "Alufoil Trophy 2005" organizované Evropskou asociací výrobců hliníkové fólie (EAFA). Fólie odolává teplotám přesahujícím až 220 °C, přičemž zkracuje dobu tepelné úpravy potravin až o 30 % ve srovnání s konvenční Al-fólií a to v důsledku toho, že černý potah zvyšuje absorpci tepelného záření, čímž se teplo rychleji přenáší do tepelně upravované potravin. Fólii vyvinul Hueck Folien ve spolupráci s Cofresco a Nano X (47).

8. BEZPEČNOST NANOTECHNOLOGIE

Existují tři cesty, kterými se mohou nanočástice dostávat do těla. Je to: pokožka, inhalace, konzumace. Při posuzování toxicity nanočástic se musí brát do úvahy řada hledisek, např.:

- ▶ expozice nanočásticím,
- ▶ toxikologie nanočástic,
- ▶ schopnost extrapolovat toxicitu nanočástic za použití existujících toxikologických databází,
- ▶ osud nanočástic v životním prostředí, biologickém systému, při dopravě, stálosti, transformace nanočástic,
- ▶ recyklovatelnost a celková udržitelnost nanomateriálů.

Vzhledem k tomu, že je k dispozici málo informací o riziku, které existuje při manipulaci s nanomateriály, měla by být zavedena přísná kontrola, pokud jde o expozici nanočásticím a sice do té doby, než bude k dispozici více poznatků (4).

Výbor pro chemickou bezpečnost Americké chemické společnosti (Committee on Chemical Safety of the American Chemical Society) vydal manuál pro bezpečnou manipulaci s nanomateriály v laboratoři (Lab safety guidelines for handling nano-materials) (36).

Expozice pokožky nanočásticím

Vliv nanomateriálů na organismus závisí na jejich schopnosti pronikat skrz vnější ochranné vrstvy pokožky. V současné době existuje stále ještě málo informací o nebezpečí z nanomateriálů pro kůži a diskuse o mechanismech interakce a možných zdravotních dopadech jsou spíše spekulativní (4).

Inhalace nanočástic

Částice o průměru menším než 10 μm se mohou dostat přes nosní dutinu do plic. U částic menších než 4 μm existuje více než 50% pravděpodobnost, že proniknou do alveolární oblasti. Čím menší částice jsou, tím hlouběji pronikají do plic. Na základě současných poznatků nelze učinit všeobecné závěry týkající se toxicity založené pouze na velikosti částic. Potenciální toxicita každého jednotlivého nanomateriálu se musí vyhodnocovat případ od případu (4).

Konzumace nanočástic

Z toxikologického hlediska jsou důležitými vlastnostmi materiálu velikost částic a velikost povrchu částic. Posuzování bezpečnosti nanomateriálů vstupujících do těla skrz trávicí trakt je zvláště důležité u potravinářských výrobků obsahujících nanomateriály. Nanočástice mohou značně prodloužit dobu, po kterou sloučení zůstává v trávicím traktu (např. v důsledku velkého povrchu, který je k dispozici pro interakce). V translokačním pokusu se zjistilo, že částice o velikosti několika nanometrů procházejí skrz mukózní bariéru střev. Čím menší je částice, tím rychlejší je penetrace (4).

8.1 Potenciální zdravotní riziko potravinářských materiálů získaných pomocí nanotechnologie

Mnoho potravinářských látek nebo složek má nanostruktury v povaze a existuje o velikosti mikro a nano. Potravinářské proteiny, které tvoří globulární částice o velikosti desítek až stovek nanometrů, jsou pravé (true) nanočástice. Lineární polysacharidy s nanostrukturami v jednom rozměru, mají tloušťku menší než

1 nm. Škrobové polysacharidy tvořící malé trojrozměrné nanostruktury mají tloušťku pouze několik desítek nanometrů.

V rámci potravinářského průmyslu bylo provedeno mnoho pokusů vyrábět potravinářské materiály o velikosti mikro a nano a to postupem (14):

- ▶ zmenšování velikosti (top-down; existují tři síly používané při snižování velikosti potravin: tlak, úder, stříh),
- ▶ agregace (bottom-up).

Pro pochopení toxických účinků nanomateriálů je důležité znát fyzikálně-chemické vlastnosti (např. velikost částic, distribuce velikostí částic, stav aglomerace, tvar, krystalová struktura, chemické složení, plocha povrchu, náboj na povrchu, poréznost). Je třeba stanovit, zda jedinečné fyzikálně-chemické vlastnosti nanomateriálů budou zavádět nové mechanismy poškození (neprospěchu) a povedou k nepředvídatelným škodlivým účinkům na organismus.

Na příkladu lykopenu, TiO_2 a SiO_2 jsou demonstrovány mezery v současné legislativě z hlediska bezpečnosti výrobků pro spotřebitele při aplikaci potravinářských složek/aditiv ve formě nanočástic (5).

Lykopen

Firma BASF vyrábí karotenoidy velikosti nano, tj. skupinu potravinářských aditiv, které dávají výrobkům oranžovou barvu a které se vyskytují přirozeně v mrkvi a rajčatech. Některé typy karotenoidů jsou antioxidanty a v těle se přeměňují na vitamin A. BASF prodává své syntetické karotenoidy nanorozměrů hlavním potravinářským a nápojovým společnostem na celém světě k výrobě limonád, ovocných šťáv a margarínů. Výrobky o nanorozměrech se v těle snáze absorbují a mají také vyšší údržnost. Prodej karotenoidů u firmy BASF představuje ročně 210 mil. USD, přičemž v tomto čísle jsou zahrnuty karotenoidy o nanorozměrech i ostatní.

V roce 2002 firma BASF zaslala Úřadu pro potraviny a léky v USA (FDA) informaci, která dokládala status GRAS u lykopenu, syntetického karotenoidu (přirozeně se vyskytuje v rajčatech) prodávaného jako aditivum, které se vyrábí ve velikosti nanočástic. FDA nepožadoval na firmě BASF speciální testování "nanoparticulovaného" lykopenu, neboť firma demonstrovala bezpečnost tohoto lykopenu v řadě toxikologických studií. FDA akceptoval sdělení firmy bez dalších otázek. BASF prováděl toxikologické testování ne z důvodu nanočástic lykopenu, nýbrž proto, že k výrobě byla použita chemická syntéza. Vlastnosti lykopenu ve formě nanočástic nebyly prověřovány. Tento postup, tj. uvedení na trh již schváleného potravinářského aditiva, avšak ve formě nanočástic, jejichž bezpečnost (nezávadnost) nebyla prověřována, vzbuzuje u řady odborníků obavy, zvláště tehdy, když

se příslušné látky nevyskytují v potravinách přirozeně. Příkladem je oxid titaničitý (TiO_2) a křemičitý (SiO_2).

TiO_2

TiO_2 je schválen jako potravinářské barvivo v USA již od roku 1966 s jediným omezením – jeho podíl ve výrobku nesmí přesáhnout 1 % hmotnosti výrobku. Mikronizovaný oxid titaničitý vytváří jasnou bílou barvu a přidává se do plev na pečivo. FDA rovněž schválil oxid titaničitý jako látku, která může přicházet do kontaktu s potravinami, tzn. pokud je začleněn do obalu, který přichází do kontaktu s potravinami, nepředstavuje TiO_2 nebezpečí. TiO_2 se používá jako barvivo (bělo-ba) do papíru používaného pro balení potravin.

Pokroky v nanotechnologii vedly k tomu, že se TiO_2 nyní vyrábí ve velikosti nano. Se změnou velikosti částic došlo ke změně některých vlastností TiO_2 , např. došlo ke zvýšení chemické reaktivity. Vznikla tak obava z aplikace TiO_2 zvláště v těch případech, kdy je TiO_2 v přímém kontaktu s lidským tělem (např. jako přísada v kosmetických prostředcích). Nano-částice TiO_2 již nejsou bílé, nýbrž transparentní, stále však blokují UV světlo. Transparentní nanočástice TiO_2 se nyní používají v čirých plastových potravinářských obalových materiálech jako ochrana před UV zářením. Protože TiO_2 byl již schválen jako potravinářské barvivo (aditivum) a jako látka, která může přicházet do kontaktu s potravinami, použití ve formě nanočástic nevyžaduje další testování toxicity. Dřívější omezení na 1 % hmotnosti výrobku nemá dnes již také žádný význam, neboť použitím již nepatrného množství se dosahuje velkých účinků.

SiO_2

SiO_2 je dalším příkladem potravinářského aditiva schváleného FDA, které se nevyskytuje přirozeně v potravinách. Křemen je běžnou látkou v přírodě, kde se nachází v krystalické a amorfní formě. Synteticky vyráběný křemen, který je schválen FDA jako přísada zamezující spékání (anti-caking agent), existuje v amorfní formě. Podle předpisů obsah oxidu křemičitého musí být nižší než 2 % hmotnosti potravin. Na trhu je k dispozici amorfní křemen potravinářské kvality s částicemi o velikosti nano. Není jasné, které potravinářské výrobky obsahují syntetický křemen ve formě nanočástic, neboť neexistují požadavky na jeho značení.

Firma Mars, Inc. podala v roce 1998 US patent 5.741.505 týkající se "jedlých produktů s anorganickými povlaky". Povlaky tvoří bariéru, která zamezuje přístupu kyslíku a vlhkosti k výrobku pod povlakem, čímž zvyšuje údržnost výrobku. Povlaky lze vyrábět z různých chemických sloučenin, přičemž se uvádějí v patentu především SiO_2 a TiO_2 . Podle vynálezců by povlaky měly být extrémně tenké, v rozmezí 0,5–20 nm. V patentu se popisují cukrovinky značek M & M, Twix a Skittles s anorganickým nano-potahem.

Z výše uvedeného vyplývá, že nanotechnologie otevírá řadu nových možností pro potravinářský průmysl, avšak začlenění vyráběných nanočástic do potravinového řetězce může vést k akumulaci toxického kontaminantu v potravinách a negativnímu vlivu na lidské zdraví. Proto existují otázky, zda by se potravinářské materiály nanometrových rozměrů neměly, ve srovnání s jejich většími protějšky, kategorizovat jako nové nebo nepřirozené materiály.

Ačkoliv nanomateriály mohou být toxické a mimo očekávání působit škodlivě, výzkum rovněž odhalil, že postupy vytváření a zpracování nanočástic nemusí nezbytně vést k produktům se škodlivými účinky, např. toxicita některých látek (např. selenu) významně klesá, jestliže se jejich velikost sníží na úroveň nano. Uvádí se také, že čisté nanotrubičky uhlíku aplikované do průdušnice myší mohou způsobit smrt, zatímco naplnění nanotrubic uhlíku dusíkem snížilo jejich toxicitu a riziko úmrtí. To by mohlo vést k využití této technologie u potravinářských obalů. Aby se rozptýlily pochyby o bezpečnosti nanočástic, mělo by se na základě "principu obezřetnosti" provádět více vyšetřování toxicity nanočástic obsažených v potravinářských výrobcích (4).

V souvislosti s aplikací nanotechnologie při výrobě potravin se nově objevil termín "Frankenfood" (potraviny dávané do souvislosti s Frankensteinem) (37, 38).

8.2 Výzkumné projekty 5. a 6. rámcového programu V & V v EU zaměřené na bezpečnost nanotechnologie

Jediný způsob, jak identifikovat zdravotní a ekologická rizika, která jsou specifická pro nanočástice, je provést toxikologické testy za pomoci "nanotech" materiálů.

V 5. RP V & V (1998–2002) podpořila Evropská komise dva výzkumné projekty, jejichž záměrem bylo vyšetřovat účinky nanočástic na lidské zdraví.

Projekt **NANODERM** se zabýval kvalitou pokožky jakožto bariery vůči ultrajemným částicím, kterým je dnešní populace ve zvýšené míře vystavována, neboť ultrajemné částice jsou obsaženy v prostředcích péče o tělo a ve výrobcích pro domácnost. Cílem projektu bylo mimo jiného shromažďovat informace o dopadech nanočástic na lidské zdraví a vypracovat strategii prevence (39). V rámci projektu se zjistilo, že produkty obsahující nanočástice TiO_2 nepředstavují riziko pro zdraví pokožky (40).

Cílem projektu **NANOPATHOLOGY**: úloha nanočástic v patologiích indukovaných v biomateriálu bylo zkoumat možnou patogenní úlohu nanočástic v onemocnění lidí (41).

Poznámka:

Nanopatologie je obor vzdělávání, který se zabývá reakcemi organismu na přítomnost nanočástic (10^{-9} – 10^{-7}) a mikročástic (10^{-6} – 10^{-5}) cizích předmětů.

K lepšímu pochopení potenciálního dopadu nanočástic na lidské zdraví a životní prostředí podpořila Evropská komise řadu projektů v **6. RP** (2002–2006), např. (42):

- ▶ Projekt **IMPART-NANOTOX: lepší pochopení dopadu nanočástic na lidské zdraví a životní prostředí** (1. 2. 2005–31. 1. 2008; <http://www.impart-nanotox.org>)

Primárním cílem projektu je zamezit tomu, aby znalost zdravotních a ekologických dopadů nanočástic zaostávala za technologickými pokroky. Podporováním komunikačních vazeb mezi řadou regionálních, národních a mezinárodních iniciativ se má zamezit duplicitě (opakovanému vynakládání úsilí) a má se zlepšit spolupráce na tomto poli.

- ▶ Projekty **NANOSAFE / NANOSAFE2: bezpečná výroba a použití nanočástic** (1. 4. 2005–31. 3. 2009; www.nanosafe.org/node/270)

Cílem je vypracovat postupy detekce, vystopování a charakterizace nanočástic (vývoj metod pro bezpečné používání nanočástic).

- ▶ Projekt **NANOTRANSPORT: chování aerosolů uvolňovaných do okolního ovzduší při výrobě nanočástic** (1. 9. 2006–29. 2. 2008).
- ▶ Projekt **PARTICLE RISK: posuzování rizika z expozice částicím** (1. 6. 2005–31. 5. 2008)

Některé NEST (New & Emerging Science & Technology) mají schopnost vytvářet jemné pevné a kapalné částice (tzv. particuláty), které vstupují do těla prostřednictvím inhalace, zažívacího traktu nebo se absorbují pokožkou. Jedním ze zdrojů těchto “partikulátů” je nanotechnologie. V rámci projektu bude vytvořena databáze jemných částic potenciálně vytvářených NEST (NESTP) a bude se posuzovat zdravotní riziko z expozice těmto materiálům ze vzduchu nebo potravinového řetězce.

Poznámka:

Partikuláty (particulates; aerosoly nebo jemné částice) jsou maličké částice pevné látky nebo kapaliny suspendované v plynu. Mají v průměru velikost < 10 nm až > 100 nm.

- ▶ Projekt **POLYSOA: polymery v sekundárních organických (organic) aerosolech** (1. 10. 2005–30. 9. 2007; <http://polysoa.web.psi.ch/>)

Nejnovější výzkumy ukazují, že organický materiál v sekundárních organických aerosolech (SOA) může polymerovat, což vede ke vzniku nových sloučenin s vysokou molekulovou hmotností (až 1 000). Tyto polymery jsou předmětem obav, neboť mohou mít potenciálně škodlivé účinky na zdraví, mohou ovlivňovat kvalitu ovzduší a klima.

Ve Velké Británii byla zřízena internetová stránka www.safenano.org/, která je věnovaná výhradně informacím o zdravotních aspektech a bezpečnosti nanotechnologie.

9. REGULACE NANOTECHNOLOGIE A NANOPRODUKTŮ

Použití nanotechnologie při výrobě potravin a obalů se rychle rozšiřuje. V současné době stále neexistuje žádný požadavek na značení potravinářských výrobků obsahujících nanočástice a také žádný zákon, který by se měl v této souvislosti dodržovat. Pro výrobky na trhu se používají různé termíny jako “nanopotravina” (nanofood) a “ultrajemná potravina” (ultrafine food) a je obtížné zjistit, které zboží by se mělo označovat jako “nano”.

Podle definice NNI, kterou schválil FDA, by měly mít nanomateriály velikost v rozsahu 1–100 nm. Tato definice však nebyla primárně navržena pro obecné potravinářské účely. U potravinářských výrobků by se velikost částic měla řešit v definici “**nanopotraviny**”. V současné době nejsou spotřebitelé v Evropě informováni o používání nanotechnologie při výrobě potravin a dosud jen málo výrobců uvádí u konečných výrobků, že byla použita k jejich výrobě nanotechnologie. Výrobci v Asii (např. Čína, Tchaj-wan a Hongkong) používají termín nanopotravina nebo ultrajemná potravina pro komerční účely ke zdůraznění speciálních funkcí jemných složek. Na trhu na Tchaj-wanu existuje mnoho výrobků takto označených, což má zdůrazňovat vztah mezi malou velikostí částic a zvýšeným fyziologickým účinkem.

Protože rizika, která se mohou vyskytnout z expozice různým typům nanočástic, nejsou dosud zcela známa, může povolování potravinářských výrobků na bázi nanotechnologie (tj. uvádění na trh nanopotravin, když neexistuje jejich jasná definice, neproběhla o nich veřejná diskuse, chybí posouzení bezpečnosti těchto potravin a není k dispozici odpovídající nařízení o potravinách) případně ohrozit potenciální prospěch, který by nanotechnologie mohla pro potravinářský průmysl přinést (4).

Nedostatky v současné legislativě týkající se vlivu nanotechnologie na potraviny a obaly uvádí The Institute of Food Science & Technology (11). Z preventivních důvodů je zapotřebí vytvořit důkladný regulační systém, který stanoví definice a standardy, bude se zabývat označováním a posuzováním bezpečnosti materiálů nanorozměrů používaných v různých potravinářských aplikacích.

Ačkoliv existují v některých zemích některé definice a nařízení pro nanotechnologii, dosud neexistuje v této souvislosti žádné nařízení pro potraviny. Na základě současných poznatků je zřejmé, že diskuse o prospěchu a riziku z aplikace nanotechnologie v potravinářském průmyslu bude probíhat po dlouhou dobu (4).

V roce 2007 NNI financovala výzkumné projekty ke zjištění potenciálních dopadů nanotechnologie na společnost (ekonomiku, pracovní síly, etiku a legislativu) (43). Tato výzkumná úsilí jsou užitečná, neboť mohou napomoci vyloučit negativní vnímání nové technologie, ke kterému došlo v souvislosti s GMO.

Komise Kodex Alimentarius (CAC), společný orgán FAO a WHO, se podílí na vývoji mezinárodních pravidel pro zajištění bezpečnosti potravin. Dosud neexistují žádná mezinárodní nařízení týkající se nanotechnologie a nanovýrobků. Pouze několik vládních institucí v různých zemích (např. USA, Velká Británie, Japonsko, Čína) zavedlo předpisy, které definují a regulují použití nanotechnologie (4).

9.1 Regulace nanotechnologie v USA

Úřad pro potraviny a léky (FDA) patří k prvním vládním institucím na světě, které mají definici nanotechnologie a nanoproduktů. FDA (www.fda.gov/nanotechnology/faqs.html) však nevytvořil svoji vlastní formální definici, nýbrž se podílel na vypracování definice v rámci NNI, jejímž je členem. NNI definuje nanotechnologii jako:

- (i) Výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni, v měřítku ca 1–100 nm.
- (ii) Vytváření a využívání struktur, přístrojů a systémů, které mají v důsledku své malé anebo intermediární (intermediate) velikosti nové vlastnosti a funkce.
- (iii) Schopnost regulace nebo manipulace na atomové úrovni.

Tyto definice jsou relativně široké a zaměřují se na nepotravinářskou oblast nanotechnologie. Dosud není zcela jasné, zda jsou tyto definice vhodné také pro potraviny.

FDA uvádí, že reguluje výrobky, ne technologie. Úvaha o regulaci používání produktu nanotechnologie se nemůže vyskytnout dříve, dokud nedojde k počáteční-

mu výzkumu nanotechnologie a nebude uzákoněna její klasifikace. FDA reguluje pouze určité kategorie výrobků a očekává se, že velký počet produktů nanotechnologie bude spadat do působnosti řady útvarů v rámci FDA a bude regulováno jako “kombinované výrobky” útvarem pro kombinované produkty. FDA tradičně reguluje řadu produktů obsahujících jemné materiály (particulate materials) ve stejné velikosti jako jsou buňky a molekuly (tj. ve velikosti nano). Z tohoto důvodu jsou existující požadavky FDA i existující soubor testů farmakotoxicity adekvátní pro většinu produktů nanotechnologie. Vzhledem k tomuto FDA prohlašuje, že velikost částic není problém. Pokud se zjistí nová toxikologická rizika, která pocházejí z nových materiálů nebo výrobních technik, budou požadovány nové testy bezpečnosti (44).

Pro vývoj harmonizované směrnice týkající se použití nanotechnologie je zapotřebí těsná spolupráce různých vládních institucí. FDA spolupracuje s ostatními vládními institucemi: NIH (National Institutes of Health) a NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences) na studiích nanotoxicity a přímo přispívá k vyhodnocování toxicity materiálů. V roce 2006 vzniklo v rámci FDA úkolové uskupení pro nanotechnologii na podporu trvalého vývoje inovačních, bezpečných a účinných produktů regulovaných FDA, které využívají materiály z nanotechnologie (4).

9.2 Regulace nanotechnologie v EU

Kolem problematiky nanotechnologie panují velké diskuse. Úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) obdržel od Evropské komise požadavek, aby vydal do 31. 3. 2008 stanovisko k obecnému posouzení rizik z nanotechnologií v souvislosti s potravinami, krmivy a životním prostředím. Podle Komise je téměř jisté, že se nanotechnologie používá v membránách, antibakteriálních prostředcích, ochucovadlech, filtrech, suplementech a stabilizátorech. Použití nanotechnologie u senzorů patogenů a kontaminantů je podle Komise pravděpodobné. Za nepravděpodobné označila Komise vytváření neomezeného počtu potravin syntézou probíhající na úrovni atomů (“bottom-up” postupem). Komise vyzvala EFSA, aby spolupracoval s Vědeckým výborem pro nově se objevující a nově identifikovaná zdravotní rizika (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, SCENIHR) GŘ pro zdraví a ochranu spotřebitele (DG SANCO). EFSA se pokouší omezit široce pojaté pověření ohledně rizik z nanotechnologií na užší specifikovanou oblast.

SCENIHR tvrdí, že současná metodika hodnocení rizik vyžaduje úpravy, aby byla vhodná i pro posuzování rizika z nanotechnologií. Dosavadní toxikologické a ekotoxikologické metody nestačí na posouzení všeho, co se může ve formě nanočástic vyskytnout, protože právě tato velikost částic má zásadní vliv na zvlášt-

ní vlastnosti nanomateriálů. Malá velikost částic může snížit účinnost bariér vůči pronikání cizích objektů do těla (např. do krve, placenty, mozku) a jejich pohybu v něm (6, 45).

Dosud EFSA obdržel požadavek na vyšetřování bezpečnosti:

- ▶ nanočástic nitridu titanitého (TiN),
- ▶ SiO_2 , který vzniká na místě a sice na vnitřní straně PET obalu.

Schvalování nano TiN

Britská společnost Colormatrix předložila v prosinci 2006 prostřednictvím kompetentního německého úřadu žádost o schválení používat TiN ve formě nanočástic jako aditiva do PET-lahví. V EU je žádost schvalována podle nařízení 1935/2004/ES. Použití nano TiN výrazně urychlí výrobní proces PET lahví, přispěje k úsporám energie alepší vzhled lahví. Těchto efektů se dosáhne při použití TiN v nepatrných množstvích. Posudek vypracovává panel odborníků pro aditiva, aroma, pomocné prostředky a materiály v kontaktu s potravinami (EFSA-AFC) (6, 48).

Obdobnou žádost podala společnost Colormatrix i americkému úřadu FDA. Ten již vydal kladné stanovisko, připouští množství max. 20 ppm. Pro hodnocení byly předloženy výsledky rozsáhlých testů na migraci a bezpečnost. Některé údaje si FDA a EFSA vyžádaly na doplnění. FDA hodnotil i environmentální dopady (na recyklovatelnost a při uložení na skládku).

Potah SiO_2 na vnitřní straně PET

EFSA posuzoval bezpečnost potahu SiO_2 , který vzniká z monomerů hexametyldisiloxanu a hexametyldisilazanu *in situ* na vnitřní straně PET předmětů. Potah tvoří bariéru vůči plynům, maximální tloušťka je 100 nm. EFSA-AFC vydal kladné vědecké stanovisko v únoru 2007 (46).

9.3 Regulace nanotechnologie ve Velké Británii

Britská vláda pověřila Royal Society a Royal Academy of Engineering, aby provedly nezávislou studii zaměřenou na nanotechnologie a posoudily prospěch a problémy spojené s těmito technologiemi. Do legislativního procesu týkajícího se nanočástic je také zapojen Health and Safety Executive (HSE). Předpokládá se, že lze nařízení týkající se nebezpečných chemikálií, rizika ohně a exploze materiálů aplikovat pro regulaci používání nanomateriálů. Dále bylo doporučeno, aby se s chemikáliemi ve formě nanočástic nebo nanotrubic zacházelo jako s novými látkami podle nařízení o chemické bezpečnosti, jako je zákon o notifikaci nových látek (Notification of New Substances, NONS) a také nařízení Evropské komise

o registraci, hodnocení a autorizaci chemikálií (REACH). Cílem systému REACH je zajistit, aby se nové chemikálie, u kterých není dostatek informací o bezpečnosti, nedostaly na trh. Dosud není jasné, zda se mají přirozeně se vyskytující látky a chemické prvky v rozměrech nano, pro jejichž větší formy je již deklarováno, že jsou bezpečné, považovat za “nové chemikálie” nebo ne.

Ve shodě s European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS) by se podle nařízení NONS měly materiály nanorozměrů považovat za “existující” nebo “nové” látky podle způsobu výroby, tj. zda byl použit k výrobě postup top-down nebo bottom-up. Nanomateriály vzniklé top-down procesem jsou ty materiály, které vznikají z dobře známých látek, a tak je menší pravděpodobnost, že bude zapotřebí notifikace podle NONS. U nanomateriálů vzniklých bottom-up postupem je větší pravděpodobnost vzniku látek nového typu, pro které bude zapotřebí notifikace.

Příklad: V databázi EINECS existuje údaj pro “oxid titaničitý” a velikost částic této pevné látky nemá vliv na status EINECS. Za těchto okolností nanočástice oxidu titaničitého (vznikají top-down procesem) se považují za “existující” chemikálii a ta není podle NONS předmětem notifikace. Naproti tomu fullerén (pozn.: fullerén je po grafitu a diamantu třetí formou uhlíku, která byla objevena v roce 2006; molekula fullerenu C_{60} je dokonale kulatá), tj. nanomateriál vzniklý “bottom-up” postupem, je třeba považovat za odlišný a samostatný alotrop uhlíku, který není na seznamu EINECS. A tak uhlíkaté fullereny a uhlíkaté nanotrubičky by se měly považovat za “nové” chemikálie (4).

9.4 Regulace nanotechnologie v Japonsku

Rozvoj nanotechnologie je značně podporován japonskými vládními institucemi, např.

- ▶ Ministerstvem pro vzdělávání, kulturu, sport, vědu a technologii (MEXT),
- ▶ Ministerstvem financí, obchodu a průmyslu (METI),
- ▶ Ministerstvem zdraví, práce a prospívání (MHLW),
- ▶ Ministerstvem životního prostředí (MOE).

MEXT je odpovědný za výzkum a vývoj a vytváří platformy, v rámci kterých spolupracuje průmysl, vysoké školy a vláda na výzkumu zaměřeném na NT a nanomateriály (49).

METI pracuje na standardizaci testovacích metod pro posuzování bezpečnosti nanočástic.

MHLW vyvíjí metody pro hodnocení zdravotních dopadů nanomateriálů (50)

MEXT je tak odpovědný za provádění základního výzkumu se zaměřením na obecné využití nanotechnologie, zatímco METI, MHLW a MOE se zaměřují na výzkum z hlediska regulace.

Nanonet (Nanotechnology Researchers Network Center) založený National Institute for Materials Science (NIMS) zajišťuje informační podporu rozvoji nanotechnologie (51).

9.5 Regulace nanotechnologie v Číně a na Tchaj-wanu

V Číně byl v březnu 2003 založen společně Čínskou akademií věd (CAS) a Ministerstvem školství National Center for Nanoscience and Technology (NCNST). V rámci NCNST funguje několik divizí, a to:

- ▶ laboratoř pro nanovýrobu a nanozařízení,
- ▶ laboratoř pro nanomateriály a nanostruktury,
- ▶ laboratoř pro nanomedicínu a nanobiotechnologii,
- ▶ laboratoř pro charakterizaci a testování nanostruktur,
- ▶ laboratoř pro koordinaci.

Byla spuštěna veřejná technologická platforma a provádí se základní a aplikovaný výzkum v oblasti nanovědy. V roce 2005 byla při NCNST zřízena Komise pro standardizaci nanotechnologie, která je odpovědná za vývoj národních standardů, např. terminologie, požadavků na protokolování a bezpečnost při měření velikosti částic, nanozpracování, nanomateriály a nanozařízení, nanobiotechnologii a nanomedicínu. Na základě existujícího čínského národního standardu se tato komise podílí na řízení a regulaci, posuzování a schvalování nanoproduktů (4).

9.5.1 Certifikace nanoproduktů na Tchaj-wanu

Úřad pro průmyslový rozvoj (Ministerstvo ekonomických záležitostí na Tchaj-wanu) pověřil v roce 2004 Industrial Technology Research Institute, aby implementoval certifikační systém pro spotřebitelské výrobky na bázi nanotechnologie. Pro verifikované nanoprodukty tak vznikl na světě první certifikát pod názvem

“Nano Mark”. Aby se výrobek mohl považovat za certifikovaný “Nano Mark”, musí splňovat minimálně dva základní požadavky:

- ▶ jeden z rozměrů hlavní funkční složky ve výrobku má velikost v rozsahu 1–100 nm,
- ▶ díky své malé velikosti má nanoproduct nové vlastnosti nebo lepší funkčnost.

Do ledna 2007 existovaly tři kategorie výrobků, které byly certifikovány a získaly certifikát “Nano Mark”, a to:

- ▶ antimikrobiální fotokatalytická fluorescenční lampa,
- ▶ antimikrobiální fotokatalytická dlaždice,
- ▶ fotokatalytické potahování pro získání deodoračního účinku.

V rámci uvedených tří kategorií bylo dosud certifikováno 42 nanoproductů, u kterých je hlavní aktivní složkou fotokatalytický oxid titaničitý nanorozměrů.

Až dosud všechny certifikované nanoproducty patří do nepotravinářské kategorie. Velikostní limit (1–100 nm) pro certifikaci pravděpodobně omezuje do určité míry certifikaci nanopotravin.

Vedle vládního systému certifikace výrobků existuje na Tchaj-wanu nevládní asociace “Nano Manufacture and Inspection Union”, která byla založena v roce 2006 různými tuzemskými výrobci (52). Na rozdíl od certifikačního systému je unie platforma pro vývoj analytických technik, standardu měření, inspekčního protokolu a standardního operačního postupu. Unie provádí také řadu servisních služeb (výroba nanomateriálů, analýzy, inspekce výrobků, výměna informací a technická konzultace) (4).

V současné době se unie zabývá výrobou i prověřováním bezpečnosti jemného perleťového prášku (velikost částic 100–500 nm), jehož větší forma je v tradiční čínské medicíně běžným jedlým materiálem. U submikronizovaného perleťového prášku se posuzuje: velikost částic, přítomnost těžkých kovů, nutriční značení, profil aminokyselin, funkční vlastnosti, místo původu. Unie považuje mikronizovaný perleťový prášek za nanoproduct. Pokud jde o velikost stanovenou pro nanoproduct, liší se stanovisko unie od stanoviska vládního orgánu.

10. DATABÁZE KOMERČNÍCH SPOTŘEBITELSKÝCH VÝROBKŮ

Po více než dvaceti letech základního a aplikovaného výzkumu došlo na komerční využití nanotechnologie. Je obtížné určit, kolik spotřebitelských výrobků, při jejichž výrobě byla použita nanotechnologie, je v současné době na trhu a které výrobky nesou označení “nano” jen z reklamních důvodů.

V rámci projektu “Emerging Nanotechnologies” bylo vytvořeno několik databází (viz kap. 3.2.3), přičemž jedna z nich se zaměřuje na spotřebitelské výrobky na trhu. V uvedené databázi je v současné době více než 500 komerčních výrobků, u kterých výrobce uvedl, že byla použita při jejich výrobě nanotechnologie. Výrobky v databázi si lze prohlížet podle jejich abecedního uspořádání (funkce browse) nebo je lze vyhledávat podle různých hledisek (funkce search), např. slov v názvu výrobku, názvu společnosti, podle země a podle výrobních kategorií, přičemž jednou z výrobních kategorií jsou “potraviny a nápoje” (Food and Beverage).

V této kategorii se k datu 31. 12. 2007 nacházelo 66 výrobků typu: kuchyňského náčiní, doplňků stravy, potravin, obalů na uskladnění potravin, chladičských boxů aj. Vstup do databáze spotřebitelských výrobků na trhu je na adrese <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>. Jednotlivé výrobky jsou popsány a zobrazeny, je uveden kontakt na internetovou stránku výrobku u výrobce. Přehled vybraných výrobků je uveden v tabulce VIII–X.

VIII. Stolní a kuchyňské náčiní, nádobí, čisticí prostředky

Výrobce	Země	Výrobek
Nano Care Technology, Ltd.	Čína	Stolní a kuchyňské náčiní s potahy nanostříbra
GreenPan™	USA	Nádobí s nepřilnavým potahem Thermolon™ (Thermolon™ je hybridní polymerní nanokompozit, který je zcela bez PTFE, tj. polytetrafluoretylenu, Teflonu)
Baby Dream® Co., Ltd.	Korea	Hrneček pro děti s potahem nanočástic stříbra
DO Global	Korea	Prkénko na krájení s potahem nanostříbra
SongSing Nano Technology Co., Ltd.	Tchaj-wan	Nano Silver Spray; sprej k ošetření nádobí
SongSing Nano Technology Co., Ltd.	Tchaj-wan	Konvice na čaj využívá dezinfekčních účinků nanočástic stříbra, odstraňuje se také hořká chuť čaje
Nano-Infinity Nanotech Co., Ltd.	Tchaj-wan	Nano-in, přírodní ekologický čisticí prostředek na bázi nanomicel glycerinu; lze použít na mytí ovoce, zeleniny, nádobí, rukou; složení: neionogenní tenzid, přírodní kokosový olej a 100% pomerančový olej

IX: Doplnky stravy

Výrobce	Země	Výrobek
AQUANOVA® GmbH	Německo	Technologie NovaSOL® Nanosome k zapouzdřování přísad pro funkční potraviny a doplňky stravy (např. vitamínu C, vitamínu E, koenzymu Q10, isoflavonů)
Američan Biotech Labs	USA	ASAP Health Max 30; využití "SilverSol Technology" na bázi nanočástic stříbra
SportMedix, Inc.	USA	C.L.E.A.N. (Compete Legally Excel Athletically with Nanotechnology) na bázi nanostrukturovaného bioregulatoru,
Shemen Industries	Izrael	Aktivní řepkový olej vyrobený pomocí technologie NSSL (Nano-sized self assembled structured liquids); vzniklé nanokapičky oleje slouží jako nosič pro vitaminy, minerální látky, fytochemikálie (lepší penetrace)
Skybright Natural Health	Nový Zéland	Colloid Silver Cream/Colloid Silver Liquid
Galaxia Nano Technology Limited™	Čína	Aerobní aktivita malých molekul vody se využívá k rychlému přísunu kyslíku do lidského těla (řešení řady zdravotních problémů)
Pharmanex®	USA	LifePak®Nano: výživový program proti stárnutí (optimální absorpce nutričních faktorů, které zamezují stárnutí)
MaatStop™	USA	Bio-Sim™: výrobek na bázi nanočástic křemeliny k usmrcení parazitů v těle
MaatStop™	USA	Nano Skin Rejuvenator: nanočástice aktivních složek k obnově pružnosti a hebkosti pokožky, méně vrásek
MaatStop™	USA	Nano-2+: nanočástice aktivních složek (minerální látky, aminokyseliny, enzymy aj.) se lépe dostávají do buněk lidského těla
Purest Colloids, Inc.	USA	MesoCopper®: nanočástice mědi (99,99%) suspendované v čisté deionizované vodě; měď zajišťuje aktivitu řady enzymů, např. kardiovaskulárního, kosterního, nervového systému
Purest Colloids, Inc.	USA	MesoGold®: nanočástice zlata suspendované v čisté deionizované vodě; řada pozitivních účinků na lidský organismus (utišující účinek, zlepšení funkce mozku, pohybového aparátu aj.).

Výrobce	Země	Výrobek
Purest Colloids, Inc.	USA	<p>Další výrobky:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Meso-Iridium™ – MesoPalladium™ – MesoPlatinum® – MesoSilver® – MesoTitanium™ – MesoZinc™
Nutrition By Nanotech, LLC	USA	Nano B-12 Vitamin Spray: použití patentovaného Nanoceutical™ Delivery System (NDS) pro aplikaci aktivních molekul (dispergovány do nanokapíček)
Mag-I-Cal.com	USA	Nano Calcium & Magnesium: doplněk stravy na bázi nanočástic vápníku a hořčíku
RBC Life Sciences®, Inc.	USA	<p>Artichoke NanoClusters je výrobkem z nové řady doplňků stravy a prostředků k ochraně pokožky nabízených pod označením Nanoceuticals™ (nanoceutika). Jde o výrobek na bázi extraktu artyčoku obsahujícího bioflavonoidy (detoxikační účinky), spiruliny a echinacei. NanoCluster™ je směs různých složek, která napomáhá absorpci aktivních složek (delivery system).</p> <p>Další výrobky z řady Nanoceuticals™:</p> <ul style="list-style-type: none"> – HydraCel NanoClusters: snižuje povrchové napětí pitné vody, což vede k lepšímu zavodňování buněk v těle a k lepšímu průchodu nutrientů skrz buněčnou stěnu; – MicroBrite: prostředek (prášek) na ošetření zubů s obsahem antioxidantu Microhydrin® a zásaditým pH (lepší odstranění oxidovaných sloučenin a neutralizace kyselin na povrchu zubů); – Microhydrin®: antioxidant; – Silver 22: ve formě kapaliny nebo spreje; – čokoláda Slim Shake: kakao se aplikuje společně s NanoClusters (CocoaClusters), lepší chuť výrobku; – Spirulina NanoClusters

X. Obaly, zařízení pro skladování

Výrobce	Země	Výrobek
Voridian + Nanocor	USA	Pivní láhev se zabudovanou bariérou Imperm; používá ji např. Miller Brewing
Blue Moon Goods, LLC	USA	"Fresh box" – zásobník na bázi nanočástic stříbra pro uskladnění potravin
Daewoo®	Korea	Daewoo® mraznička; nanočástice stříbra zamezují růstu a množení bakterií a eliminují zápach
A-DO Global	Korea	Obal na bázi nanočástic stříbra pro uskladnění potravin (vynálezce "Fresh box")
Sharper Image®	USA	Fresher Longer™: kontejner/sáček pro uskladnění potravin; nanočástice stříbra
Haier YuHang™	Čína	Mraznička; nanočástice stříbra
LG® Electronics	Korea	Chladnička; nanočástice stříbra
Song Sing Nano Technology Co., Ltd.	Tchaj-wan	Plastový obal (Nano Plastic Wrap); využití oxidu zinečnatého ve formě nanočástic

11. VÝVOJ TRHU NANOPOTRAVIN

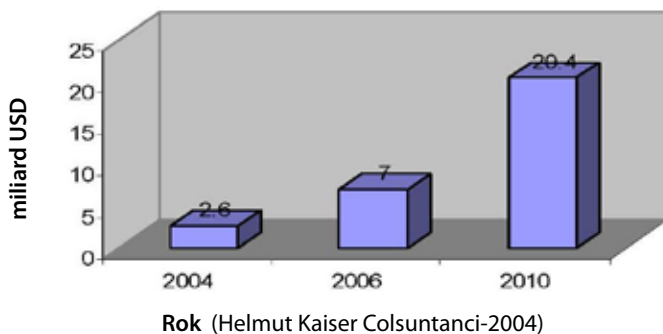
Nanotechnologie se popisuje jako nová průmyslová revoluce a jak rozvinuté, tak rozvojové země investují do této technologie, aby získaly nebo si uhájily svůj podíl na trhu. V současné době jsou na čele USA, které investují během čtyř let do nanotechnologie prostřednictvím NNI 3,7 mld. USD. Po USA následuje Japonsko a Evropská unie, které počítají s částkou 750 mil. a 1,2 mld. USD. Tato částka se ještě zvýší o příspěvek jednolitých zemí EU.

I když úroveň financování nanotechnologie v rozvojových zemích může být poměrně nižší, neznamená to menší vliv některých zemí na celkovou situaci. V Číně např. vzrostl počet publikací zabývajících se nanovědou a nanotechnologií ze 7,5 % v roce 1995 na 18,3 % v roce 2004, čímž se země dostala z pátého místa na

druhé místo ve světě. Také Indie, Jižní Korea, Irán a Thajsko se zaměřují na aplikace nanotechnologie a to z důvodu zajištění ekonomického růstu a potřeb svých zemí. Irán se zaměřil na nanotechnologii pro oblast zemědělství a potravinářského průmyslu.

Ve studii provedené Helmut Kaiser Consultancy se předpovídá, že trh nanopotravin se zvýší z 2,6 mld. USD v roce 2004 na 20,4 mld. USD v roce 2010 (obr. 18) (18). Zpráva předpokládá, že největším trhem pro nanopotraviny (s více než 50 % světové populace) bude Asie na čele s Čínou.

Ve zprávě se dále uvádí, že více než 400 společností na světě se aktivně podílí na výzkumu a vývoji v oblasti nanotechnologie, přičemž se očekává, že se tento počet během 10 let zvýší na více než 1 000 společností. V počtu těchto společností vedou USA, následují Japonsko, Čína a EU. Podle zprávy nebyl dosud v sektoru zemědělství a potravinářského průmyslu realizován úplný potenciál nanotechnologie.



18. Vývoj světového trhu nanopotravin

ETC group uveřejnila v listopadu 2004 zprávu pod názvem **"Down on the Farm"**, která se zabývá dopadem nanotechnologií na potravinářství a zemědělství (5). Podle Jozefa Kokiniho, ředitele Střediska pro zdokonalenou potravinářskou technologii na Rutgers University, "každá významná potravinářská korporace má program zaměřený na nanotechnologii nebo se snaží o jeho vývoj". Přehled neaktivnějších společností je uveden v tabulce XI a uvádí je také Forbes (35). V tabulce XII je přehled patentů se zaměřením na potraviny a obaly, při jejichž výrobě se využívá nanotechnologie.

XI. Přehled hlavních společností vyrábějících potraviny a nápoje, ve kterých se provádí nanotechnologický výzkum a vývoj (V & V)

Nestlé (Švýcarsko): podporuje nanotechnologickou potravinářskou výzkumnou skupinu; veřejně dostupných informací je málo

Altria (Kraft Foods, USA): založila v r. 1999 první potravinářskou laboratoř zaměřenou na nanotechnologie; financuje a sponzoruje NanoteK Consortium – V&V “smart drinks” (inteligentních nápojů) a nanokapslí

Unilever (V. Británie & Nizozemí): V & V nanokapslí; v r. 1997 Unilever vytvořil joint venture s Cambridge University – vzniklo Unilever Cambridge Center for Molecular Informatics. V roce 2002 se Unilever rozhodl investovat během tří let 30 milionů EUR do vlastního V & V v Santa Barbaře (Kalifornie) zaměřeného na nové technologie, včetně genomiky a nanotechnologie

PepsiCo (USA): zaujímá 4. místo na seznamu top10 společností pro výrobu potravin a nápojů

Cargill (USA): zaujímá 7. místo na seznamu top10 společností pro výrobu potravin a nápojů; spolupracuje s EcoSynthetix na vývoji kukuřičného škrobu ve formě nanočástic pro lepenkové obaly

ConAgra (USA): zaujímá 8. místo na seznamu top10 společností pro výrobu potravin a nápojů

General Mills: vynakládá 6–9 000 mil. USD do V & V souvisejícího s nanotechnologiemi

H. J. Heinz: sektor zaměřený na potraviny (zvýrazňovače chuti a vůně) využívá nanotechnologii, nanomateriály se používají v obalech

Campbell Soup (USA): jedním z cílů je zvýrazňovač chuti a aroma

Maruha (Japonsko): přední producent potravin z moře v Japonsku

Associated British Foods (V. Británie): mezinárodní skupina pro potraviny, přísady a obchod

Ajinomoto (Japonsko): nanotechnologický V & V se týká lepší absorpce nutrientů a systému dopravujícího jak potraviny, tak farmaka

DuPont Food Industry Solutions (USA): strategický partner pro potraviny, nápoje a potravinářské přísady; založen v květnu 2003; Dupont provádí výzkum zaměřený na “food engineering” týkající se velikosti částic, a to ve svém oddělení Particle Size and Technology Research Group ve Wilmingtonu, Delaware (USA). Společnost odmítá podávat podrobnější informace.

McCain Foods (Kanada): soukromá kanadská potravinářská korporace; v roce 2002 zaujímala 7. místo na žebříčku zmrazených potravin

Nippon Suisan Kaisha (Japonsko): druhý největší výrobce produktů z moře v Japonsku; zpracované ryby tvoří více než 45 % obrátu společnosti

Nichirei (Japonsko): v Japonsku na 1. místě ve výrobě zmrazených potravin

BASF (Německo): roční prodej výrobků na bázi nanotechnologie nyní tvoří ca 2 000 mil. EUR; většina z tohoto prodeje se netýká potravin, ačkoliv BASF prodává potravinářská aditiva (karotenoidy) ve formě nanočástic

Goodman Fielder (Austrálie): největší výrobce potravin v Austrálii

John Lusty Group, PLC: dovoz a distribuce potravin ve Velké Británii

La Doria: přední italský zpracovatel výrobků na bázi rajčat

Northern Foods: jeden z největších výrobců potravin ve V. Británii

United Foods: soukromý výrobce a zpracovatel zeleniny; firma založena ve V. Británii

XII. Nanopatenty pro potraviny a potravinářské obaly

Číslo patentu	Oblast uplatnění ^(*)	Popis
Nabyvatel		
WO04012998A3 (2004-02-12) Atofina, Francie	FP	Kompozice pro potravinářský obal založená na vinylové aromatické pryskyřici obsahující plnidlo (filler) ve formě nanočástic
US 20030232095A1 (2003-12-18) Nutralease, Ltd., Izrael	BD	Nosiče pro transport aktivních materiálů do lidského těla ve formě nanočástic; využití pro dodávky nutraceutik, doplňků stravy, potravinářských aditiv, rostlinných extraktů, léků, peptidů, bílkovin nebo sacharidů
US20030152629A1 (2003-08-14)	BD	Systém regulovaného uvolňování; zapouzdřují se různé aktivní přísady (flavory, sensory markery), které se postupně uvolňují
CN1409966A (2003-04-16) Qingtian New Material Research & Development Co., Čína	FA	Antibakteriální prášek ve formě nanočástic, který neodbarvuje potraviny; obsahuje nanočástice zirkoniumfosfátu jako nosiče a aktivní antibakteriální složku
CN1408746A (2003-04-09) Pengcheng Vocational Univ., Čína	FP	Antibiotická plastová fólie s konzervačními účinky a metoda její výroby
US6204231 (2001-03-20) Henkel, SRN	Food Processing BD	Alkálie pro čištění potravinářských provozů; koncentrát různých zásad aplikovaný přímo do živočišných krmiv
US6197757 (2001-03-06)	BD	Mikro- a makročástice zesíťovaných monosacharidů a oligosacharidů pro kosmetické, farmaceutické a potravinářské účely
EP1355537A1 (2003-10-29) Kraft Foods	BD	Výroba kapslí a částic pro zdokonalení potravinářských výrobků

US5891907 (1999-04-06) BASF	BD FA	Vytváření nanodisperze (micel o velikosti do 100 nm) z karotenoidů a vitamínů (nerozpustných ve vodě)
US5968251 (1999-10-19) BASF	FA	Příprava karotenoidů ve formě prášků dispergovatelných ve studené vodě
EP1447074A2 (2004-08-18) Rohm and Haas	BD	Polymerní nanočástice ve spotřebitelských produktech; zesíťované polymerní nanočástice mající průměr 1–10 nm jsou tvořeny přísadami na ochranu pokožky a potravinářskými aditivami
WO04063267A1 (2004-07-29) Borealis Technology, Finsko	FP	Zpevnění polymeru prostřednictvím plnidel ve formě nanočástic (nanofiller)
WO04030649A2 (2004-04-15) Cap-Solution Nanoscience Ag, SRN	BD	Mikro- nebo nanokapsle aktivní složky mírně rozpustné ve vodě; vhodné např. pro rychlé uvolňování léku
WO04016696A1 (2004-02-26) University College Dublin, National University of Ireland, Dublin	FA	Metoda pro výrobu mikročástic, včetně nanočástic, široké využití těchto částic v řadě oborů
WO03095085A1 (2003-11-20) Rhodia Chimie, Boulogne-Billancourt Cedex, Francie	BD	Koloidní disperze nanočástic kalciumfosfátu a minimálně jednoho proteinu; velikost nanočástic 50–300 nm; využití pro potravinářské, farmakologické a kosmetické účely
CN1454939A (2003-11-12) Shanxi Coal Chemistry Inst., Chinese Academy of Sciences, Čína	FP	Metoda výroby nanogranulí (10–100 nm) oxidu titaničitého, jehož povrch je potažen oxidem hlinitým – dobrá dispergovatelnost, vynikající schopnost UV stínění
DE10310021A1 (2003-10-23) CN1448427A (2003-10-15) Guan-Gzhou Institute Of Chemistry, Chinese Academy Of Sciences	FA	Mikro- nebo nanočástice biomasy mořských organismů obsahujících lipidy
CN1439768A (2003-09-03) Zhang Liwen, Čína	FA, BD	Nanočástice (6,3–100 nm) mikrokryalické celulózy; snadná dispergovatelnost ve vodě
		Výroba prášku z peří kachen, hus a ptáků

WO03055804A1 (2003-07-10)		
Nano-Materials Technology Pte Ltd., Singapore Beijing University Of Chemical Technology		Uhličitan vápenatý různých tvarů o velikosti 10 nm–2,5 μm; využití v řadě oborů, např. při výrobě potravin a krmiv
US20030129403A1 (2003-07-10)	FP	Kovové částice (zinku nebo podobně reaktivního kovu nebo slitiny kovů) o velikosti nano k potahování obalových materiálů (plastů) přicházejících do kontaktu s potravinami
Cellresin Technologies, Llc		
US6579929 (2003-06-17)	FA	Stabilizovaný křemen a metoda jeho výroby; použití do širokého okruhu výrobků, včetně potravin
Bridgestone Corporation, Tokyo, Japonsko		
WO03028700A3 (2003-04-10)	BD, FA	Ve vodě rozpustné nanočástice hydrofilních a hydrofóbních aktivních materiálů; tzv. "solu-nanoparticles" mohou být tvořeny farmaceutickými sloučeninami, potravinářskými aditivami, kosmetickými prostředky, zemědělskými produkty a veterinárními produkty
Solubest Ltd., Rehovot, Izrael		
WO03024583A1 (2003-03-27)	BD	Dispergovatelné koloidní systémy na bázi nanočástic modifikovaného "kalixarenu"
Central P BV, Naarden, Nizozemí		
WO03011040A1 (2003-02-13)	potravina	Proces nového typu pro výrobu gelové kompozice, přičemž gel je tvořen globulárními bílkovinami, např. syrovátkovou, ovalbuminem, sójovou
Wageningen Centre For Food Sciences, Nizozemí		
WO02060591A1 (2002-08-08)	BD, FA	Zařízení a metoda na výrobu mikro a nano-kapslí, které lze využít např. v potravinářské technologii
University of Seville, University of Málaga, Španělsko		
US5741505 (1998-04-21)	FA	Potah o tloušťce 0,0001 až 0,5 μm určený k potahování jedlých materiálů
Mars, Inc.		
US6379712 (2002-04-30)	FA (konzer- vovadlo)	Antibakteriální a protiplísňové granule obsahující nanostříbro ("NAGs"). NAGs mají dlouhodobý inhibiční účinek vůči širokému spektru bakterií a plísní. Aplikace: konzervační prostředek pro potraviny, dezinfekce vody, dezinfekce papíru
Globoasia, L.L.C., Hanover, Md.		

US6352737 (2002-03-05)	FA	Steroly nebo estery sterolů o velikosti částice 10–300 nm jako potravinářská aditiva a jako aktivní složky pro výrobu hypocholesterolemických prostředků; ve srovnání s běžnými steroly a jejich estery malý rozměr částic vede k rychlejší absorpci do krve
Cognis Deutschland		
DE10027948A1 (2001-12-20)	FA	Výroba suspenze pro farmaceutické, kosmetické a potravinářské účely
Henkel Kgaa, SRN		
US6303150 (2001-10-16)	BD	Metoda výroby nanokapslí; nanokapsle na bázi zesíťovaného proteinu; pro kosmetické, farmaceutické a potravinářské účely
Coletica, Francie		
CN1298902A (2001-06-13)	obaly	Postup výroby antibakteriálních plastů pro obaly na potraviny nebo nápoje za použití antibakteriálního prášku o velikosti nano
Lu Bingkun, Čína		
DE19937117A1 (2001-02-08)	obaly	Fólie pro potravinářské obaly, obsahuje minimálně jednu kopolyamidovou vrstvu obsahující 10–2000 ppm dispergovaných nukleárních částic
Wolff Walsrode Ag, Německo		
US6117541 (2000-09-12)	obaly	Obalový laminát používaný v obalech pro tekuté potraviny, např. mléko nebo šťávy; obsahuje jednu vrstvu polyolefinu opatřenou částicemi kaolínu o velikosti nano pro vytvoření bariery vůči plynům
Tetra Laval Holdings & Finance S.A.		
US5946930 (2001-02-08)	obaly	Obal na nápoje používající "fullerene nanotubes"

*) Vysvětlivky:

FP = food packaging

FA = food additives

BD = bio-delivery

12. MEZINÁRODNÍ AKCE ZAMĚŘENÉ NA (POTRAVINÁŘSKOU) NANOTECHNOLOGII

Vzhledem k pokroku, kterého bylo dosaženo v oblasti potravinářské nanotechnologie a nanovědy, došlo postupně k tomu, že se z původně všeobecně koncipovaných mezinárodních akcí začaly vyčleňovat akce speciálně zaměřené na oblast potravinářství a související obory.

Konference IFT

Institut potravinářských technologií v USA (IFT) zorganizoval dosud dvě mezinárodní konference věnované problematice potravinářské nanotechnologie.

První se uskutečnila ve dnech 28.–29. června 2006 v USA (Orlando, Florida). Organizátorem bylo vedle IFT Ministerstvo zemědělství USA (USDA/CSREES) a řada dalších subjektů. Uvedená konference byla uspořádána proto, aby se zjistilo, co dnes víme o nanotechnologii a jak lze tyto poznatky dále využít ve prospěch spotřebitelů tím, že jim budou poskytnuty lepší a bezpečnější potraviny (53, 54).

Druhá konference IFT se uskutečnila dne 1. srpna 2007 v Chicago (USA). Konference poskytla přehled o situaci v oblasti nanotechnologie ve vybraných regionech světa (Evropa, Asie, Amerika) (55).

EuroNanoForum: 2003–2005–2007

EuroNanoForum je akce, která se koná ve dvouletých intervalech. Pořádá ji vždy ta země, která právě předsedá Radě EU.

Za italského předsednictví Radě EU se uskutečnilo v Trieste ve dnech 9.–12. prosince 2003 **EuroNanoForum 2003**: Zkoumání současného stavu k překonávání barier, otevřená diskuse (56).

Ve dnech 5.–9. září 2005 se konalo v Edinburgu **EuroNanoForum 2005**: Nanotechnologie a zdraví občanů EU v roce 2020 (57). Během konání konference EuroNanoForum 2005 byla spuštěna dne 6. září 2005 evropská technologická platforma (ETP) NANOMEDICINA (58).

V rámci německého předsednictví Radě EU se uskutečnila v Düsseldorfu ve dnech 19.–21. června 2007 konference a výstava **EuroNanoForum 2007**: Nanotechnologie v průmyslových aplikacích. Uvedená akce byla označena za stěžejní evropský kongres týkající se transferu nanotechnologie z výzkumu do průmyslových procesů, produktů a aplikací. Konferenci provázela speciální průmyslová výstava pre-

zentující evropské klíčové hráče v oblasti nanotechnologie. Je k dispozici sborník z konference, který poskytuje přehled o současné situaci v oblasti nanotechnologie pro průmyslové aplikace (59).

Další akce

Euroforum organizovalo konferenci **“Nanotechnologie: revoluce pro potraviny a obaly?”**, která se uskutečnila dne 30. srpna 2006 v Rüschiikonu (Curych, Švýcarsko). Více informací o konferenci viz EUROFORUM (60).

Za finského předsednictví EU se uskutečnila ve dnech 14. a 15. září 2006 konference **“Nanotechnologie – k úspěchu bezpečnost”**(61).

V Parmě (Itálie) se uskutečnilo dne 4. října 2007 vědecké symposium o bezpečnosti potravin, výživě a nanotechnologii, pro které EFSA připravila prezentaci pod názvem **“Perspektiva nanotechnologie v Evropě v souvislosti s výrobou potravin a krmiv”** (6).

“Nano4Food” konference se uskutečnila ve dnech 12.–13. října 2006 v Atlantě (Georgia, USA). Navazovala na úvodní konferenci pořádanou ve Wageningenu (Nizozemí) v červnu 2005, která byla širokou analýzou požadavků potravinářského průmyslu (výroby, distribuce, spotřeby) (62).

Ve dnech 25.–26. října 2007 se uskutečnila v Bruselu akce pod názvem **“First Annual Nanotechnology Safety for Success Dialogue”** (63).

“EuroNanOSH” byla první evropská konference, která se zaměřovala na bezpečnost a zdraví zaměstnanců, kteří přicházejí v rámci svého povolání do styku s nanotechnologií a zpracovanými nanočásticemi. Konference se uskutečnila v Helsinkách (Finsko) ve dnech 3.–5. prosince 2007 (64).

ZÁVĚR

Ukazuje se, že výhody z aplikace nanotechnologie se nemusí projevit pouze v nepotravinářských oborech. Postupným vývojem se zjistilo, že nanotechnologie již našla svoje uplatnění v agropotravinářském sektoru a počet těchto aplikací se stále zvyšuje. Za slibné oblasti využití nanotechnologie v potravinářském průmyslu se z hlediska současných poznatků považují zejména tyto:

1. podpora zdraví prostřednictvím potravin: využití matrice potravin k přívodu bioaktivních látek;
2. vytváření přísad se zvýšenou funkčností, které lze využít k výrobě potravin s novými a zvláštními organoleptickými vlastnostmi a texturami;
3. vývoj nanostrukturovaných obalových materiálů nového typu se zvýšenými barierovými vlastnostmi;
4. materiály se schopností odpuzovat mikroorganismy, které by se využily k výrobě povrchů přicházejících do kontaktu s potravinami (např. obalů a výrobního zařízení);
5. výrobní technologie nového typu;
6. zdokonalené prostředky pro monitorování a varování, které by obsahovaly nanosenzory pro monitorování bezpečnosti, údržnosti a kvality potravin.

Aby se produkty nanotechnologie objevily v praxi, je zapotřebí nejprve investovat do výzkumu zaměřeného na technologii, ale i bezpečnost. Zůstává tak na výrobcích potravin, aby zvážili, zda aplikace nanotechnologie jim přinese očekávaný ekonomický prospěch.

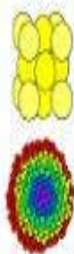
LITERATURA

1. BOWADT, S. Nanotechnology and Materials in the Seventh Framework Programme. Presentation European Commission, DG Research G3. SusChem Brokerage Event. 24 January 2007. <http://www.suschem.org/media.php?mld=5102&PHPSESSID=0f6f15b3e116e3509b55a78d603498bc>
2. BRODY, A. L. Case Studies on Nanotechnologies for Food Packaging. Food Technology 61, 2007, č. 7, s. 102, 105–107. <http://pti-solutions.com/resources/articles/pdfs/0707packaging.pdf>
3. BRODY, A. L. Nanocomposite Technology in Food Packaging. Food Technology 61, 2007, č. 10, s. 80–83. <http://members.ift.org/NR/rdonlyres/F73159CB-180A-4161-96C2-187DB0F711AD/0/1007packaging.pdf>
4. CHAU, C.-F. – WU, S.-H. – YEN, G.-C. The development of regulations for food nanotechnology. Trends in Food Science & Technology 18, 2007, č. 5, s. 269–280.

5. Down on the Farm. The Impact of Nano-scale Technologies on Food and Agriculture. ETC Group. November 2004.
http://www.etcgroup.org/documents/ETC_DOTFarm2004.pdf
6. European Perspective on Nanotechnology in the Context of Food and Feed Production. EFSA Scientific Symposium on Food Safety, Nutrition and Nanotechnology. University Parma, 4th October, 2007.
http://www.efsa.europa.eu/EFSA/DocumentSet/Anne_Theobald_-_EFSA.pdf
7. GRAVELAND-BIKKER, J. F. – deKRUUIF, C. G. Unique milk protein based nanotubes: Food and nanotechnology meet. Trends in Food Science & Technology 17, 2006, č. 5, s. 196–203.
8. KLUSOŇ, P. – DROBEK, M. – BARTKOVÁ, H. – BUDIL, I. Vítejte v “nanosvětě”. Chem. Listy 101, 207, č. 4, s. 262–272.
http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_04_262-272.pdf
9. MAUL, P. Barrier Enhancement Using Additives. Fillers, Pigments and Additives for Plastics in Packaging Applications. Pira International Conference. Brussels, Belgium. December 5-6, 2005. http://www.nanocor.com/tech_papers/BARRIER%20ENHANCEMENT%20USING%20ADDITIVES%20110605.pdf
10. MAYNARD, A. – MICHELSON, E. The Nanotechnology Consumer Products Inventory. Wilson Center and The Pew Charitable Trusts 2005.
http://www.nanotechproject.org/index.php?s=file_download&id=38
11. Nanotechnology. IFST 2006.
<http://www.ifst.org/uploadedfiles/cms/store/ATTACHMENTS/Nanotechnology.pdf>
12. Nanotechnology. A Report of the U.S. Food and Drug Administration Nanotechnology Task Force. July 25, 2007.
<http://www.fda.gov/nanotechnology/taskforce/report2007.pdf>
13. PRNKA, T. – ŠPERLINK, K. Nanotechnologie. Česká společnost pro nové materiály a technologie, 2004.
<http://www.nanotechnologie.cz/storage/nanotechnologie6.pdf>
14. SANGUANSRI, P. – AUGUSTIN, M. A. Nanoscale materials development – a food industry perspective. Trends in Food Science & Technology 17, 2006, č. 10, s. 547–556.
15. SCOTT, N. – CHEN, H. Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. USDA, September 2003.
<http://www.nseafs.cornell.edu/web.roadmap.pdf>
16. SORRENTINO, A. – GORRASI, G. – VITTORIA, V. Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. Trends in Food Science & Technology 18, 2007, č. 2, s. 84–95.

17. TANTHAPANICHAKOON, W. Roles of Nanoencapsulation in Food Innovation. Prezentace Nanotec na Food Innovation Asia 2007 (14.–15. 6. 2007).
<http://www.fostat.org/picture-bin/file/Food%20innovation%202007/Presentation/Roles%20of%20Nanoencapsulation%20in%20Food%20Innovation.pdf>
18. TIJU, J. – MORRISON, M. Nanotechnology in Agriculture and Food. Institute of Nanotechnology, May 2006. <http://www.nanoforum.org/dateien/temp/nanotechnology%20in%20agriculture%20and%20food.pdf?13062007114636>
19. USDA-CSREES National Research Initiative – Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems.
<http://www.csrees.usda.gov/fo/nanoscalescienceengineeringnri.cfm>
20. WEISS, J. – TAKHISTOV, P. – MCCLEMENTS, J. Functional Materials in Food Nanotechnology. Journal of Food Science 71, 2006, č. 9, s. R107–R116.
<http://members.ift.org/NR/rdonlyres/FA9DE19E-1AFF-4B94-9012-CDAC3C45B0FF/0/Nanotech.pdf>
21. <http://members.ift.org/IFT/Communities/Committees/Food+Nanoscience+Working+Group/>
22. http://cordis.europa.eu/fp7/cooperation/nanotechnology_en.html
23. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1828795>
24. http://www.bluemooongoods.com/silver_nanoparticle_food_containers.htm
25. http://www.bluemooongoods.com/silver_nano_technology.htm
26. <http://www.salvona.com/28-why-controlled-release->
27. <http://www.salvona.com/18-multisal->
28. <http://www.zymesllc.com/science/ubisol/>
29. <http://www.aquanova.de/index.php?site=index.html&dir=&nav=50>
30. http://www.wildflavors.com/index.cfm?fuseaction=home.viewPage&page_id=CED68A52-08CD-81B5-C3721E77E54808BC
31. <http://www.jnanobiotechnology.com/content/5/1/3>
32. <http://www.bdsinternational.com/AboutNanocochleateTechnology.html>
33. http://www.nutriscienceusa.com/productinfo_47.htm
34. <http://www.foodtech-international.com/papers/application-nano.htm>
35. http://www.forbes.com/2005/08/09/nanotechnology-kraft-hershey-cz_jw_0810_soapbox_inl.html
36. <http://membership.acs.org/c/ccs/nano.htm>

37. <http://www.alternet.org/environment/23534>
38. <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Frankenfoods>
39. http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5/TIONeqDndSESSIONeq112482005919ndDOC_eq2243ndTBLeqEN_PROJ.htm
40. <http://www.uni-leipzig.de/~nanoderm/>
41. www.nanopathology.it
42. http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pressroom_projects_nmp6.htm
43. http://www.nano.gov/html/society/home_society.html
44. <http://www.fda.gov/nanotechnology/regulation.html>
45. <http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/>
46. http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178620770954.htm
47. http://www.nano-x.de/pdf/Handout_blackalu_deutsch.pdf
48. <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=16&typ=1&val=63699&ids=0>
49. <http://www.mext.go.jp/english/org/struct/029.htm>
50. <http://www.nanonet.go.jp/english/aboutus/index.html>
51. <http://www.nims.go.jp/eng/>
52. <http://www.nanounion.com.tw/>
53. <http://members.ift.org/IFT/Research/ConferencePapers/firstfoodnano.htm>
54. <http://www.csrees.usda.gov/nanotechnology.cfm>
55. <http://members.ift.org/IFT/Research/ConferencePapers/foodnanoscience.htm>
56. <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/euronanoforum.htm>
57. <http://www.euronanoforum2005.org/>
58. <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/nanomedicine.htm>
59. <http://www.euronanoforum2007.eu/>
60. <http://www.euroforum.ch/conf/default.asp?pnr=P5100094>
61. <http://www.fmnt.fi/ntss/programme.html>
62. <http://www.nanofood.info/>
63. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/ev_20071025_en.htm
64. <http://www.ttl.fi/Internet/English/Information/International+meetings+and+symposia/EuroNanOsh>



1st: Passive nanostructures (1st generation products)

- a. *Dispersed and contact nanostructures.* Ex: aerosols, colloids
- b. *Products incorporating nanostructures.* Ex: coatings; nanoparticle reinforced composites; nanostructured metals, polymers, ceramics

Frame 1

~ 2000



2nd: Active nanostructures

- a. *Bio-active, health effects.* Ex: targeted drugs, biodevices
- b. *Physico-chemical active.* Ex: 3D transistors, amplifiers, actuators, adaptive structures



Frame 2

~ 2005



3rd: Systems of nanosystems

Ex: guided assembling; 3D networking and new hierarchical architectures, robotics, evolutionary

~ 2010



4th: Molecular nanosystems

Ex: molecular devices 'by design', atomic design, emerging functions

~ 2015-2020

Risk Governance