

**MASARYKOVA UNIVERZITA**  
**LÉKAŘSKÁ FAKULTA**  
**ÚSTAV PREVENTIVNÍHO LÉKAŘSTVÍ**



**Nanotechnologie v potravinářství**

*Diplomová práce*

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. Jiří Totušek, CSc.

Autor:

Bc. Martina Synková

Brno, květen, 2013

***Jméno a příjmení autora:*** Bc. Martina Synková

***Studijní program:*** Specializace ve zdravotnictví

***Studijní obor:*** Nutriční specialista

***Název diplomové práce:*** Nanotechnologie v potravinářství

***Pracoviště:*** Ústav preventivního lékařství, Lékařská fakulta, Masarykova univerzita v Brně

***Vedoucí diplomové práce:*** RNDr. Jiří Totušek, CSc.

***Rok obhajoby diplomové práce:*** 2013

***Klíčová Slova:*** Nanočástice, nanotechnologie, potravinářství, nanotoxikologie

***Key words:*** Nanoparticles, nanotechnology, food industry, nanotoxicology

***Anotace:***

Diplomová práce na téma nanotechnologie v potravinářství je rozdělena na dvě části. V teoretické části práce jsou definovány nanočástice, popsána historie oboru nanotechnologie a výskyt nanočástic v přírodě. V následujících kapitolách jsou popsány nanočástice a nanostruktury, které mohou být použity v potravinářském průmyslu, dále jsou popsány konkrétní potenciální aplikace nanotechnologií v potravinářství. V závěru teoretické části jsou zmíněna rizika použití nanočástic a současné legislativní dokumenty, zabývající se problematikou nanočástic v potravinářství. V praktické části byly prostřednictvím dotazníkového šetření zjišťovány znalosti pojmu nanotechnologie, postoj veřejnosti k použití nanotechnologií v potravinářství a obava z tohoto použití. Bylo také zjišťováno, zdali a jaké nanovýrobky dotazovaní používají a zda je používají cíleně nebo o tom neví. Součástí praktické části byla také tvorba edukačního videa, které bylo dotazovaným promítnuto při vyplňování dotazníku. Získané informace byly zpracovány, statisticky vyhodnoceny a prezentovány pomocí tabulek a grafů. Z předem formulovaných hypotéz se potvrdilo, že obava z nanotechnologií v potravinářství není závislá na pohlaví a také to, že zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na věku. Ostatní nulové hypotézy byly zamítnuty; o nanotechnologie se více zajímali muži, vysokoškoláci a projevil se vysoký edukační význam videa.

**Abstract:**

The thesis on nanotechnology in the food industry is divided into two parts. In the theoretical part there are defined nanoparticles, described history of nanotechnology and presence of nanoparticles in the nature. The following sections describe nanoparticles and nanostructures that can be used in the food industry, described specific potential applications of the technique in the food industry. At the end of the theoretical part there are mentioned risks, the use of nanoparticles and the current legislative documents dealing with nanoparticles in food industry. In the practical part the investigation was made through a questionnaire survey. There were investigated the knowledge of nanotechnology, public attitude to the use of nanotechnology in food and fear of this application. It was also investigated whether and which nanoproducts are used by interviewees and whether the nanoproducts are used purposefully or unintentionally. The part of the practical section was also the creating of educational video that was projected to interviewees during completing the questionnaire. Collected information was processed, statistically analyzed and presented using tables and graphs. Only two of the pre-formulated hypotheses were confirmed – the first is the fear of nanotechnology in the food industry doesn't depend on gender. And the second confirmed hypothesis is that interest in information about nanotechnology doesn't depend on age. The other hypotheses were rejected. Men and college students are more interested in nanotechnology. And high educational importance of created video have been shown.

Souhlasím, aby práce byla půjčována ke studijním účelům a byla citována dle platných norem.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jiřího Totuška, CSc. a uvedla jsem v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

Ve Frenštátě dne 30. dubna 2013

Bc. Martina Synková

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu RNDr. Jiřímu Totuškoví, CSc. za vedení této práce. Děkuji také Bc. Kristýně Veselé a Bc. et. Bc. Michaelu Kalábkovi za nahrání a namluvení komentáře k videu. Dále děkuji Bc. Rostislavu Měchovi za pomoc při zpracování praktické části. Velké poděkování patří taktéž mým nejbližším, za podporu a povzbuzení při studiu.

## **Obsah**

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>- 9 -</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>- 10 -</b>
<b>2 O nanočásticích obecně</b> .....	<b>- 11 -</b>
2.1 Definice nanočástic .....	- 11 -
2.2 Pojem nanotechnologie .....	- 11 -
2.3 Historie.....	- 13 -
2.4 Výskyt v přírodě .....	- 13 -
2.5 Využití nanostruktur a nanotechnologií v medicíně .....	- 14 -
<b>3 Nanočástice a nanostruktury v potravinářství – přehled</b> .....	<b>- 17 -</b>
3.1 Přírodní nanostruktury .....	- 17 -
3.2 Způsoby zvýšení nutriční hodnoty .....	- 18 -
3.3 ENMs – nanomateriály šité na míru .....	- 19 -
3.3.1 Anorganické nanomateriály .....	- 19 -
3.3.2 Povrchově funkcionalizované nanomateriály .....	- 20 -
3.3.3 Organické nanomateriály .....	- 20 -
3.4 Nanoobjekty používané v potravinářství .....	- 20 -
3.4.1 Nanokapsle .....	- 21 -
3.4.2 Biopolymerní částice .....	- 22 -
3.4.3 Nanolamináty .....	- 23 -
3.4.4 Nanokompozity .....	- 24 -
3.4.5 Nanotrubice .....	- 25 -
3.4.6 Nanovlákna.....	- 26 -
<b>4 Aplikace nanotechnologií v potravinářství</b> .....	<b>- 27 -</b>
4.1 Obalová technika .....	- 28 -
4.1.1 Inteligentní obaly.....	- 29 -
4.1.2 Aktivní obaly .....	- 33 -
4.1.3 Nanoobaly- environmentální hledisko .....	- 35 -
4.2 Antibakteriální materiály .....	- 36 -
4.2.1 Stříbro.....	- 36 -
4.2.2 Jiné antimikrobiální nanočástice .....	- 38 -
4.3 Nanočástice jako bioaktivní složky funkčních potravin – Nanoceutika.....	- 40 -
4.4 Cílená dodávka nutrientů .....	- 42 -

4.5. Interaktivní potraviny .....	- 42 -
4.5 Čištění vody .....	- 43 -
4.6 Nanopotraviny – spotřebitelské výrobky .....	- 45 -
<b>5 Rizika použití nanočástic a nanostruktur .....</b>	<b>- 47 -</b>
5.1. Obecně .....	- 47 -
5.2 Rizika při použití v potravinářství .....	- 48 -
5.2.1 Rizika použití nanočástic v potravinách a doplňcích stravy .....	- 49 -
5.2.2 Rizika použití nanomateriálů v balení potravin .....	- 50 -
5.2.3 Rizika použití nanomateriálů v zemědělství .....	- 50 -
5.3 Rizika při ošetřování vody .....	- 51 -
5.4 Toxikokinetika .....	- 51 -
5.4.1 GIT absorpce .....	- 52 -
5.4.2 Distribuce, metabolismus a exkrece.....	- 52 -
5.5 Toxicita stříbra .....	- 53 -
5.6 Toxicita mimo potravinářství.....	- 55 -
5.7 Regulace použití nanotechnologií.....	- 55 -
<b>6 Legislativní dokumenty .....</b>	<b>- 57 -</b>
6.1 WHO/FAO .....	- 57 -
6.2 USA .....	- 58 -
6.3 EU .....	- 59 -
6.3.1 EFSA .....	- 60 -
6.3.2 ILSI Europe .....	- 61 -
6.3.3 Evropský parlament a Rada (ES) .....	- 62 -
6.3.4 Evropská komise (EK) .....	- 65 -
6.4 Česká republika.....	- 68 -
<b>7 Praktická část.....</b>	<b>- 69 -</b>
7.1 Cíl a hypotézy diplomové práce .....	- 69 -
7.1.1 Cíl.....	- 69 -
7.1.2 Hypotézy .....	- 69 -
7.2 Metodika praktické části .....	- 70 -
7.3 Zpracování dat .....	- 70 -
7.4 Výsledky průzkumu a jejich analýza .....	- 71 -
7.4.1 Pohlaví dotazovaných .....	- 71 -

7.4.2 Věk dotazovaných .....	- 71 -
7.4.3 Vzdělání dotazovaných .....	- 73 -
7.4.4 Znalost pojmu nanotechnologie .....	- 74 -
7.4.5 Zdroje informací o nanotechnologiích – dostupnost, dostatečnost.....	- 75 -
7.4.6 Použití nanovýrobků mezi dotazovanými .....	- 76 -
7.4.7 Vnímaný rozdíl mezi použitím v potravinářství a v jiném průmyslu .....	- 77 -
7.4.8 Hodnocení informační přínosnosti videa .....	- 78 -
7.4.9 Využití nanotechnologií v potravinářství.....	- 82 -
7.4.10 Hodnocení bezpečnosti nanotechnologií v potravinářství .....	- 83 -
7.4.11 Přijetí nanotechnologií v potravinářství .....	- 89 -
7.5 Závěrečné vyhodnocení hypotéz .....	- 91 -
<b>8 Diskuse.....</b>	<b>- 92 -</b>
<b>9 Závěr .....</b>	<b>- 101 -</b>
<b>10 Seznam použité literatury .....</b>	<b>- 102 -</b>
<b>Přílohy .....</b>	<b>- 110 -</b>



## **Seznam zkratek**

AgNPs – stříbrné nanočástice

AuNPs – zlaté nanočástice

DBPs (Disinfection by-products) - vedlejší produkt desinfekce

EFSA- Evropského úřadu pro bezpečnost potravin

EK - Evropská komise

ENMs (Engineered nanomaterials) - navrhované nanomateriály

ES - Evropský parlament a Rada

EU - Evropská unie

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDA - Americký úřad pro potraviny a léčiva

GM - geneticky modifikovaný

GMO – geneticky modifikovaný organismus

NPs (nanoparticles) – nanočástice

SCENHIR – Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks

SRU – systémy regulovaného uvolňování

WHO – Světová zdravotnická organizace

# 1 Úvod

Nanotechnologie se někdy označuje jako univerzální technologie. To proto, že v budoucnosti bude pravděpodobně mít významný dopad na téměř všechna průmyslová odvětví. Nabízí aplikace pro domácnosti, komunikaci, lékařství, dopravu, zemědělství a průmysl obecně.

Nanotechnologie mohou být revolucí v potravinářském sektoru v pozitivním smyslu a rychle se přesouvají z laboratoří do regálů supermarketů a do našich kuchyní. Mohou poskytnout inovace v oblasti textury, chuti, zpracovatelnosti, trvanlivosti a bezpečnosti potravin. Celosvětově jsou již dostupné komerční potraviny a potravinové suplementy, které obsahují přidané nanočástice. Naproti tomu stojí názor vědců, kteří upozorňují na to, že nanomateriály jsou zásadně odlišné látky, se kterými souvisí rizika jednak dopadem na lidské zdraví, ale také na životní prostředí a požadují nové způsoby testování bezpečnosti (Sekhon, 2010).

V úvodu této diplomové práce budou definovány nanočástice, stručně popsána historie oboru nanotechnologie a výskyt nanočástic v přírodě. V následujících kapitolách budou popsány nanočástice a nanostruktury, které mohou být použity při aplikaci v potravinářském průmyslu. Dále budou zmíněny konkrétní aplikace nanotechnologií v potravinářství. V závěru teoretické části budou zmíněná rizika použití nanočástic a také současné legislativní dokumenty, které se této problematice věnují.

V praktické části budou zjišťovány znalosti a postoje veřejnosti k použití nanotechnologií v potravinářství. Součástí praktické části bude také edukační video, které bude dotazovaným předloženo při vyplňování dotazníku.

V samotném závěru diplomové práce bude provedeno shrnutí výsledků dotazníkového šetření.

## 2 O nanočásticích obecně

### 2.1 Definice nanočástic

Pojem “nano“ vyjadřuje násobek – jednu miliardtinu, tedy  $10^{-9}$ , základní jednotky. Jako nanotechnologie jsou označovány takové materiály, které splňují tyto podmínky:

- alespoň jeden rozměr nebo svoji vnitřní strukturu mají v intervalu velikostí 1 – 100 nm.
- využívají fyzikálních nebo chemických vlastností na úrovni atomů a molekul a na základě toho mají v porovnání se stejným materiálem nebo systémem, který nemá složky s nanorozměry, neobvyklé charakteristiky.
- mají vysokou shlukovací schopnost, tím mají schopnost tvořit větší struktury, které se vyskytují a působí v makrosvětě (Hošek, 2011).

Nanoobjekty lze roztrždit podle řady kvalitativních parametrů. Dle normy ISO/TS 27687 je základním parametrem, podle kterého se nanoobjekty třídí, počet souřadnic, ve kterých daná struktura splňuje interval rozměrů 1 – 100 nm.

- 0 dimenzionální nanoobjekty – nanočástice (NPs) (mají nanorozměry ve všech třech osách).
- 1 dimenzionální nanoobjekty – nanovlákná (mají nanorozměry ve dvou osách).
- 2 dimenzionální nanoobjekty – nanodesky (mají nanorozměry v jedné ose).

Toto je základní dělení. Existují i další podrobnější dělení, které nanočástice, nanovlákná a nanodesky dělí podle dalších morfologických znaků (Hošek, 2011).

### 2.2 Pojem nanotechnologie

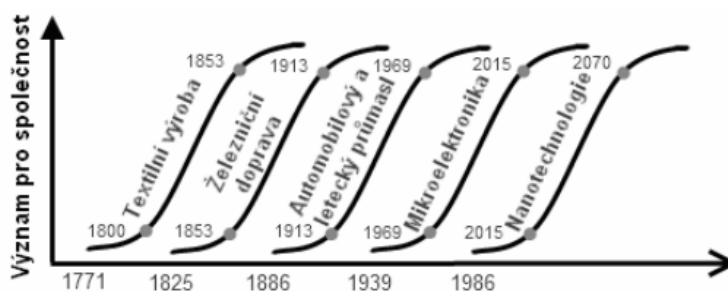
V současné době neexistuje všeobecně uznávaná definice nanotechnologie. Je jich více a navzájem se od sebe liší. Nejedná se o novou vědeckou disciplínu, ale spíš o novou oblast, ve které spolupracují klasické obory (fyzika, kvantová mechanika, chemie, biochemie, elektronika, atd.) při vývoji materiálů, funkčních systémů a zařízení s výjimečnými vlastnostmi. Jedna z definic je tato: „Nanotechnologie je výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni, v rozměrové škále 1 – 100 nm. Je to též vytváření a používání struktur, zařízení a systémů,

kteře mají v důsledku svých rozměrů nové vlastnosti a funkce. Je to rovněž dovednost manipulovat s objekty na atomové úrovni.“ (Prnka, Šperlink, 2004).

Nanotechnologie je průřezová technologie a rozvíjí se v řadě oblastí. Například nanomateriály, nanochemie, nanoelektronika, nanooptika, nanovýroba, nanobiotechnologie (zejména oblast lékařské techniky a molekulární diagnostiky) a nanoanalytika (Prnka, Šperlink, 2004).

V současné době patří mezi rozvíjející se obory z oblasti nano také nanotechnologie v potravinářství. V této oblasti je pozorována pomalejší tendence rozvoje a to zejména proto, že veřejnost preferuje přírodní potraviny a jen pomalu přijímá nové technologie v oblasti potravin (nanotechnologie nebudou výjimkou). Veřejnost je tak mnohem více ochotna přijmout tuto novou technologii v jiných oblastech života, než v potravinářském průmyslu (Duncan, 2011).

Výhodou nanotechnologií je, že všechny strukturální změny nastávají na atomární a molekulární úrovni, ale se zřetelnými důsledky do makrosvětva. A protože vše kolem nás, i my, je složeno z atomů a molekul, jsou nanotechnologie aplikovatelné na všechny lidské aktivity. A mohou být aplikovány jak v technice, tak v biologii, medicíně i v běžném životě (Hošek, 2011).



Obr. č. 1 Průběh jednotlivých fází vědeckotechnického vývoje společnosti (Hošek, 2011).

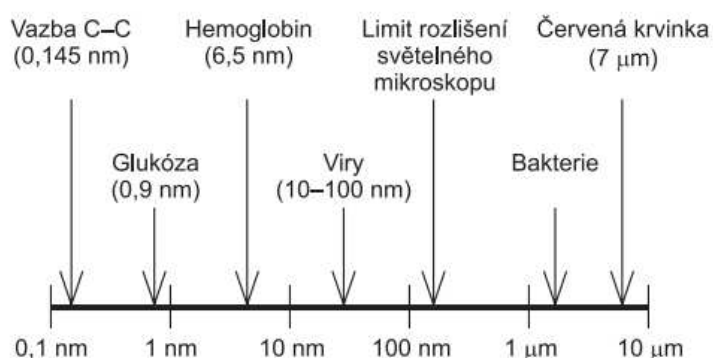
To, co dává nanotechnologiím takový inovační potenciál, že za 40 let mají ovlivňovat nebo být přítomny prakticky ve všech produktech či službách (viz. Obr. č. 1), je skutečnost, že nespočívají pouze ve zmenšení již používaných principů nebo zařízení, ale nabízejí kvalitativní změnu vlastností a funkcí oproti identickému makroskopickému materiálu nebo řešení (Hošek, 2011).

## 2.3 Historie

Za zakladatele myšlenky využití možností nanotechnologií je považován americký fyzik a nositel Nobelovy ceny Richard Feynman, který v prosinci roku 1959 přednesl přednášku s názvem „There’s Plenty of Room at the Bottom“ (Tam dole je spousta místa), ve které předpověděl možnost vytváření materiálů a mechanismů na úrovni atomů a molekul. Vycházel z toho, že příroda umí tyto struktury vytvářet a využívat. Tehdy naznačil, že k naplnění jeho předpovědí bude moci dojít, až bude k dispozici experimentální technika, která vědcům umožní pracovat s “nano“ objekty a hlavně měřit jejich vlastnosti. V současné době se řada jeho úvah, které byly dříve považovány za utopii, již dočkala uskutečnění (Hošek, 2011).

## 2.4 Výskyt v přírodě

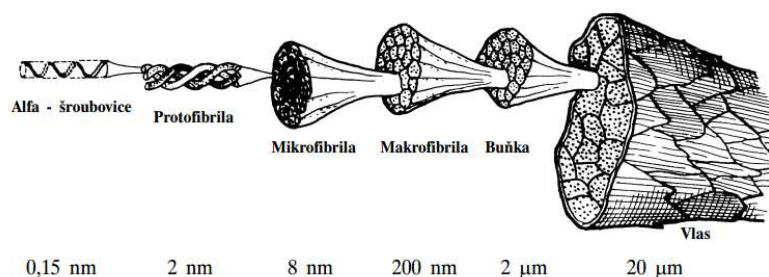
Nanotechnologie a celkově pojem “nano“ se jeví jako relativně nové slovo, ale nová oblast to tak úplně není. V přírodě většina základních procesů probíhá v nanorozměrech. Základními stavebními prvky přírody jsou molekuly. Ty jsou složeny z jednoho nebo více atomů. Tyto atomy jsou v molekule spojeny vzájemnými interakcemi po dostatečně dlouhou dobu, takže mohou být pozorovány. Existují značné rozdíly ve stabilitě a existenci molekul. Některé existují po dobu jednoho pokusu  $10^{-12}$  vteřin nebo i kratší dobu a jiné mohou být v nezměněném stavu po miliardy let. Na Obr. č. 2 je znázorněna relativní velikost atomů, biomolekul, bakterií a buněk (Prnka, Šperlink, 2004).



Obr. č. 2 Relativní velikost atomů, biomolekul, bakterií a buněk (Prnka, Šperlink, 2004).

Z tohoto obrázku je zřejmé, že i biologické materiály lze klasifikovat jako nanočástice. Například bílkoviny se obvykle vyskytují v rozměrech mezi 4 a 50 nm. Stavebním prvkem bílkovin jsou aminokyseliny a každá z nich má rozměr kolem 0,6 nm. Navzájem jsou pospojovány peptidovými vazbami a tvoří řetězce – polypeptidy. Tyto struktury odpovídají nanodrátkům. Molekula DNA je tvořena dvěma nanodrátky, které jsou obtočeny jeden kolem druhého v útvaru o průměru cca 2nm, který se opakuje každých 3,4 nm. Chromozom, ve kterém je DNA stočená, je dlouhý 6μm a 1,4μm široký.

Základní stavební složkou vlasu je protein keratin. Vlas tvoří 6 hierarchických struktur, které mají rozměry v nanometrech (viz. Obr. č. 3). V důsledku toho je vlas pevný, pružný a schopný růstu (Prnka, Šperlink, 2004).



**Obr. č. 3** Hierarchická struktura vlasu (Prnka, Šperlink, 2004).

## 2.5 Využití nanostruktur a nanotechnologií v medicíně

Nanomedicína je založena na třech vzájemně propojených a postupně výkonnějších molekulových technologiích (Kováč, 2012):

- nanometricky strukturovaných materiálech a zařízeních, pro vývoj pokrokových diagnostických biosenzorů, cíleného transportu léčiv a inteligentních léků, protéz a implantátů
- výhodách molekulové medicíny (pomocí genomově, proteomově a uměle vytvořených mikroorganismů)
- molekulových strojových systémech, které by umožnily okamžitou diagnostiku, chromozomovou substituci, specifické buněčné operace *in vivo*, efektivní rozšíření a zlepšení přirozených fyziologických funkcí

Nanomateriály a nanosenzory mohou přispět k rozvoji preventivní medicíny a včasné diagnostiky. Optické nanobiosenzory jsou vhodné pro minimálně invazivní dynamické analýzy biochemických pochodů uvnitř jednotlivých buněk. Zásadní aplikací nanotechnologií v medicíně může být identifikace rakovinných buněk a zároveň jejich likvidace.

Detekce s použitím nanotechnologií zahrnuje odhalení rakoviny, biomarkerů a diagnostiku. Nanočástice byly použity v různých aplikacích, jako jsou zobrazování, cílení nádorů, podávání léků nebo v kombinaci s jinými fyzikálními činiteli. Užitečná může být také aplikace nanorobotů v chemoterapii, může sloužit jako cílený transport léčiv (chemoterapeutika) nebo terapeutických genů přímo do nádorových buněk. Aplikace nanorobotů může být užitečná také při dávkování anti- HIV léků, v gerontologii, farmaceutickém výzkumu, klinické diagnostice a v zubní lékařství (Retél et al., 2009; Kováč, 2012).

Další velkou oblastí použití nanotechnologií v medicíně je baktericidní působení nanočástic stříbra, které mají schopnost interagovat s proteiny v bakteriálních membránách (Fojtík et al., 2012).

Rozvíjí se také aplikace ve stomatologii. Např. koloidní suspenze obsahující miliony aktivních analgetických částic by mohly být aplikovány do dásně (Sahoo et al., 2007) Vědci z FAP Dental Institute (Tokio, Japonsko) vyvinuli zubní pastu, která je schopna rychle a hladce opravit kariézní léze. Tato pasta obsahuje syntetickou sklovinu, která nanokrystalickým růstem hydroxyapatitových krystalů tyto léze zaplní (Kováč, 2012).

Nejnovější metoda, jak zastavit krvácení, je pomocí nanomateriálů, které se při aplikaci do rány, samy sloučí a vytvoří nanovláknennou bariéru (Kováč, 2012).

Další oblasti možné aplikace nanomateriálů jsou při léčbě aterosklerózy, kardiovaskulárních onemocnění a v chirurgii (Kováč, 2012; Sahoo et al., 2007).

Nanobiosenzory také mohou být použity na monitorování hladin glukózy v krevním řečišti u pacientů s diabetem, tyto údaje pak mohou být zaslány na mobilní telefon (Kováč, 2012).

V biomedicínských aplikacích se nejčastěji používají oxidy železa. Základem nanočástice je jádro z magnetického materiálu a povrchového obalu. Na tyto nanočástice může být „působeno na dálku“, protože se značenými magnetickými částicemi je možné manipulovat pomocí magnetického pole (Fojtík et al., 2012).

Pokroky v nanotechnologii začínají mít významný dopad také na neurologii. Prostřednictvím nanotechnologií mohou být pro účinnou léčbu dodávaná terapeutická činidla přes hematoencefalickou bariéru do centrálního nervového systému (Koo et al., 2005).

V současné době jsou uplatňovány při časně diagnóze Alzheimerovy choroby. Většina úsilí je soustředěna na detekci a identifikaci amyloidní plaků pomocí magnetické rezonance (MRI) s použitím NPs obsahujících kontrastní látku nebo pomocí fluorescenčních sond označených NPs (Brambilla et al., 2011).



### **3 Nanočástice a nanostruktury v potravinářství – přehled**

Malá velikost NPs v kombinaci s jejich chemickým složením souvisí kromě unikátních vlastností a širokým potenciálním použitím také s potenciálními toxikologickými vlastnostmi. NPs jsou už v současnosti vyvíjeny v elektronice, spotřebním zboží a farmaceutickém průmyslu a začínají mít dopad i do potravinářského průmyslu. Zde je množství organických NPs, které jsou většinou na základě tuků, proteinů, polysacharidů, polymerních sítí nebo jejich kombinaci (Peters et al., 2011).

Nanotechnologie v potravinářství může být aplikována ve všech fázích potravinového cyklu. Například balení potravin je jedním ze sektorů, kde se nanotechnologie v současnosti rychle rozvíjejí. Většina nanotechnologií je stále pouze příslibem pro umožnění vzniku nových potravinářských produktů – za pár nebo mnoho let (Sekhon, 2010).

#### **3.1 Přírodní nanostruktury**

Mnoho přírodních potravin obsahuje složky, které jsou v měřítku nanometrů a vlastnosti těchto potravin jsou ovlivňovány jejich strukturou. Takovéto potraviny jsou bezpečně konzumovány po generace (Sekhon, 2010).

Přírodní nanostruktury jsou běžné složky stravy: tuky, proteiny a sacharidy, které mají alespoň jeden rozměr v nanometrech a technicky mohou být nazývány nanostruktury. Tyto složky podstupují změny v průběhu zpracování potravin a dostávají se do mikrometrových nebo nanometrových rozměrů. Mnoho těchto komponent je přidáváno do potravin pro zlepšení textury nebo technologických vlastností při vaření a zpracování (Morris, 2011, Sekhon, 2010).

Mezi další příklady přírodních nanostruktur patří vláknité struktury v mase, složité molekulární struktury v celulóзовých vláknech ve stěnách rostlinných buněk nebo krystalické struktury nativních škrobů (Morris, 2011).

Nanostrukturní složky potravy jsou vyvíjeny proto, aby upravovaly chuť, texturu a konzistenci potravin. Ovlivňují způsob, jakým jsou vytvářené struktury rozkládány při trávení potravy. Rozklad potravinových struktur v průběhu trávení ovlivňuje nutriční hodnotu potravin a může uvolnit látky, které jsou považovány za protektivní proti chronickým nemocem. Nanovědy nám umožňují poznat detailní strukturu potravin a také

to, jak se mění v průběhu trávení. To poskytuje nový vhled, který nabízí cesty k racionálnímu vytváření potravinových struktur, ke zlepšení nutriční hodnoty a podpoře zdravé výživy.

Existuje celá řada fyzikálně chemických metod pro zkoumání molekulární struktury vytvořených nebo přirozeně se vyskytujících složek v potravinách. Schopnost vizualizace molekulární struktury potravin byla umožněna pomocí elektronových mikroskopů a nedávno začala prosperovat díky použití mikroskopie skenující sondou (nejčastěji AFM), která umožňuje zkoumat tyto struktury za přirozenějších podmínek (Morris, 2011, Sekhon, 2010).

### **3.2 Způsoby zvýšení nutriční hodnoty**

Roste zájem o složky potravin, které zvyšují nutriční hodnotu, působí preventivně proti onemocněním a zpomalují progresi chronických nemocí.

Lékaři pokládají za jeden z hlavních úkolů pro potravinářský průmysl snížení příjmu tuků a jednoduchých sacharidů z potravin v rámci boje proti obezitě a s ní spojených onemocnění. K řešení tohoto problému jsou různé přístupy.

Jedním z přístupů je přestavit makrostrukturu vytvořením “emulze“ voda/ voda použitím smíšených vodních roztoků biopolymerů k simulaci normálních vlastností emulzí olej/voda. Tyto přístupy mohou redukovat obsah tuků v potravinách (Morris, 2011). Například majonéza nebo zmrzlina budou stejně tak krémové jako doposud, ale pro konzumenta budou zdravější alternativou (Sekhon, 2010).

Dalším přístupem je snaha ovlivnit míru hydrolýzy. Tuky se rozkládají hydrolýzou esterů, pomocí lipázy. Hydrolýza může být buď kyselá, nebo zásaditá. Kyselou hydrolýzou vzniká glycerol a mastné kyseliny. Čím je vyšší obsah tuku v potravine, tím déle trvá hydrolýza a tím později (níže ve střevě) jsou uvolňovány její produkty. A protože se ukazuje, že tělo reaguje na mastné kyseliny přítomné ve střevě navozením pocitu plnosti, je žádoucí, aby hydrolýza proběhla co nejdříve a tím by se redukoval příjem tuků. Nedávno byl učiněn značný postup v pochopení významu surfaktantů a bio-surfaktantů, jako jsou žlučové kyseliny, na kinetiku činnosti lipázy. Lipáza hydrolyzuje tuk na povrchu emulzí a je známo, že aktivita lipázy je závislá na struktuře rozhraní (Morris, 2011).

Biosurfaktanty (fosfolipidy a žlučové soli) jsou příkladem přírodních nanostruktur, které jsou tvořeny během trávení. Je možné modifikovat tyto struktury použitím nových přísad (např. glykolipidy). Glykolipidy potom změni struktury fázového rozhraní fosfolipid-žlučová sůl ve směsi, což může ovlivnit adsorpci lipázy (Morris, 2011).

### 3.3 ENMs – nanomateriály šité na míru

ENMs - Engineered nanomaterials, jsou materiály navrhovány a následně vyrobeny pro speciální účel použití. Ty, které mohou být použity v nanopotravinách, se rozdělují do tří kategorií:

- a) anorganické nanomateriály
- b) povrchově funkcionalizované materiály
- c) organické nanomateriály

#### 3.3.1 Anorganické nanomateriály

Anorganické materiály používané v potravinářství, aditivech, obalech nebo při skladování zahrnují ENMs přechodných kovů, jako je stříbro a železo, kovy alkalických zemin (vápník a hořčík) a nekovy (selen a křemičitany a také oxid titaničitý). V balení potravin jsou nejdůležitější oxidy kovů.

*Nanostříbro* patří také do této skupiny (více o něm v kapitole 4. 2. 1).

Amorfní *nanooxid křemičitý* se používá na plochy, které přicházejí do styku s potravinami a v obalech.

*Nanoselen* je uváděn na trh jako aditivum přidávané do zeleného čaje s očekáváním pozitivních účinků souvisejících se zvýšeným příjmem selenu.

*Vápníkové nanosoli* jsou předmětem patentových přihlášek v zamýšleném použití ve žvýkačkách. *Nanosoli vápníku a hořčíku* jsou v zahraničí také dostupné jako doplňky stravy.

*Nanoželezo* je také dostupné ve formě doplňku stravy. Také se používá k dekontaminaci znečištěné vody.

Vědci se snaží vyvinout rozpustný nanomateriál nosič, který by konzumentům umožnil snížit denní příjem soli v potravě: malé množství takovéto soli by pokrylo větší plochu povrchu potravin a splnilo by chuťové očekávání konzumentů (Sekhon, 2010).

### ***3.3.2 Povrchově funkcionalizované nanomateriály***

Povrchově funkcionalizované nanomateriály přidávají určitý typ funkcionalizace na matici, jako například antimikrobiální aktivitu nebo zlepší konzervaci prostřednictvím absorpce kyslíku. U materiálu pro balení potravin jsou funkcionalizované ENMs používány pro poskytnutí mechanické pevnosti nebo bariéry proti plynům a těkavým látkám. Použití funkcionalizovaných nano-jílů v balení potravin může přispět k rozvoji materiálu se zvýšenou proti- plynovou bariérou (Sekhon, 2010). Tyto postupy by umožnily prodloužit trvanlivost potravin.

### ***3.3.3 Organické nanomateriály***

Mnoho z nich jsou přirozeně se vyskytující látky, které jsou používány v potravinách a krmivech pro zvýšenou absorpci a zlepšení biologické dostupnosti vitamínů a antioxidantů v organismu. Do této skupiny patří přísady do potravin (kyseliny benzoová, citrónová a askorbová), vitaminy (např. vitamin A, E, isoflavony, beta-karoten) a další látky (lutein,  $\Omega$ -3 mastné kyseliny, koenzym Q, lykopen) (Sekhon, 2010).

## **3.4 Nanoobjekty používané v potravinářství**

V potravinářství nachází uplatnění tyto nanoobjekty, které budou v následujícím textu rozebrány:

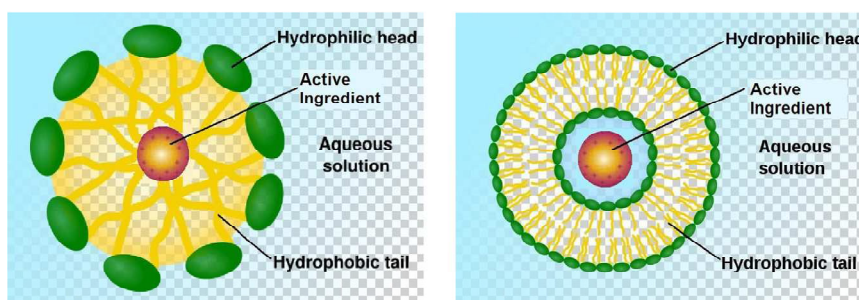
- 0 dimenzionální nanoobjekty – nanokapsle a biopolomyerní částice
- 1 dimenzionální nanoobjekty – nanotrubice a nanovlákna
- 2 dimenzionální nanoobjekty – nanolamináty

### 3.4.1 Nanokapsle

Aktivní přísady jsou umístěny do vnitřní oblasti nanočástice - nanokapsle, která je chrání před nežádoucími fyzikálními nebo chemickými reakcemi. Když je částice narušena nějakou fyzikální nebo chemickou změnou, otevře se a uvolní aktivní přísadu. Příkladem nanokapsle je micela nebo lipozom (Gressles et al., 2010; Peters et al., 2011).

Micely jsou kulaté struktury s rozměrem 5 - 100 nm v průměru (viz. Obr. č. 4 - vlevo). Jsou schopny zapouzdřovat nepolární molekuly, jako jsou například: lipidy, aromatické látky, antimikrobiální látky, antioxidanty a vitamíny. Složky, které nejsou zpravidla rozpustné ve vodě, mohou být pomocí micely solubilizovány. Micely jsou používány ve farmaceutickém průmyslu již dlouho, ale teprve v poslední době přitahují pozornost potravinářského průmyslu (Gressles et al., 2010; Peters et al., 2011).

Lipozomy jsou tvořeny lipidovou dvojvrstvou, která umožňuje, aby byla uvnitř stejná polarita jako v obklopujícím prostředí (viz. Obr. č. 4 - vpravo). Jejich velikost se pohybuje od 20 nm do několika stovek mikrometrů. Stejně jako micely, mohou lipozomy zapouzdřit široké spektrum funkčních složek. Rozdílné je to, že lipozomy mohou zapouzdřit jak látku rozpustnou ve vodě, tak v tucích. Lipozomy jsou úspěšně používány pro zapouzdření citlivých bílkovin tak, že si zachovají svou funkci bez ohledu na vnější podmínky (např. chemické vlivy). Tím lze např. prodloužit trvanlivost mléčných výrobků (Gressles et al., 2010; Peters et al., 2011).



Obr. č. 4 Vlevo: micela, vpravo: lipozom(Peters et al., 2011).

Když je chemická látka nerozpustná v kapalině, která je potřebná pro její aktivitu, je její použitelnost značně omezena: léčiva, nutriety a jiné potenciálně užitečné sloučeniny mají často omezenou biologickou dostupnost a efektivitu kvůli jejich nerozpustnosti ve vodě. Použitím organických NPs, z nich mohou být vytvořeny sloučeniny, které se budou chovat jako rozpustné ve vodě. Zapouzdření citlivých složek stravy v ochranné vrstvě chrání před oxidací. Budoucím možným použitím je také maskování nežádoucích organoleptických vlastností u jinak prospěšných sloučenin pomocí zapouzdření (Peters et al., 2011).

Funkční přísady mohou být uzavřeny v nanočásticích, které jsou utvořeny tak, aby se funkční složka mohla uvolnit při změně specifických podmínek v okolním prostředí, např. tím, že se celá nanočástice rozpustí nebo změní pórovitost (Weiss et al., 2006).

### **3.4.2 Biopolymerní částice**

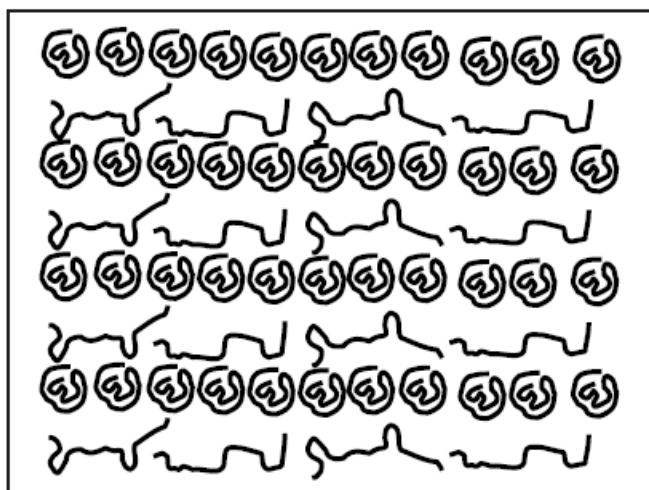
V potravinářství musí být používané částice stravitelné, proto mohou být používány pouze NPs založené na lipidech, proteinech a polysacharidech. Naopak syntetické polymerní NPs byly rozsáhle vyvíjeny pro biomedicínu a farmaceutický průmysl, aby chránily a transportovaly bioaktivní složky k cílovým funkcím, ale nemohou být použity v potravinářském sektoru. (Peters et al., 2011).

Mezi vhodné biopolymery patří škrob, který může být díky nanotechnologickým přístupům zlepšen. Při použití běžných postupů je škrob extruzí převeden na termoplast, který má ale nízkou mechanickou odolnost a působí jako slabá ochrana proti oxidaci a vlhkosti. K vylepšení jeho vlastností byl použit nanojíl, který zlepšil pevnost v tahu a také propustnost par (Sozer, Kokini, 2009).

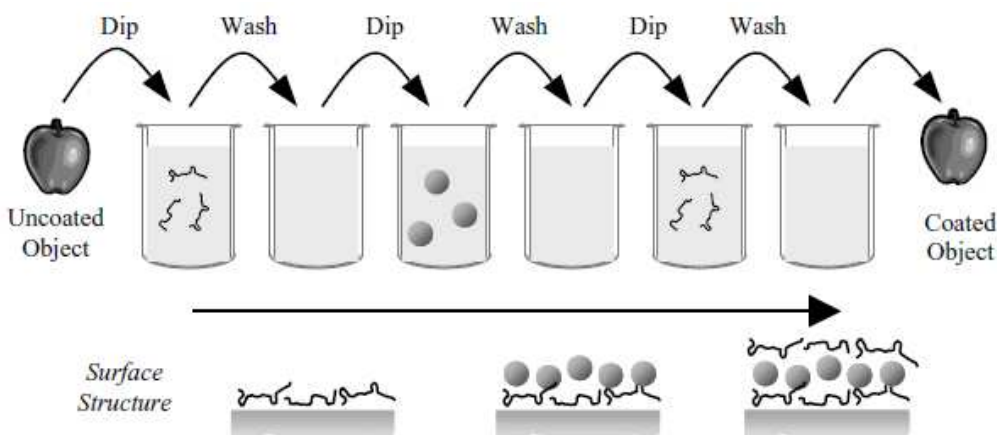
Byly popsány také polymerní nanočástice pro kontrolované uvolňování a cílenou dodávku funkčních sloučenin. Jsou vyrobeny s použitím polymerů a surfaktantů a zahrnují kyselinu alginovou a chitosan. Dále vědci popsali polymerní nanočástice obsahující vitamin D, itraconazol a beta-karoten jako barvivo. Tyto částice také mohou sloužit jako přenašeč antimikrobiálních komponent: např. biopolymerní částice obsahující niacin jsou mnohem účinnější proti *E.coli* O157:H7, než částice bez niacinu (Sekhon, 2010).

### 3.4.3 Nanolamináty

Nanolamináty se skládají ze dvou nebo více vrstev materiálů, které mají nanorozměry a jsou k sobě připojeny fyzikálními nebo chemickými vazbami. Jedlé potahové vrstvy by mohly být používány u různých potravin (např. ovoce, zelenina, maso, čokoláda, sladkosti, pekařské výrobky, ...). Tyto vrstvy nebo filmy mohou sloužit jako bariéra proti vlhkosti a plynům. Případně mohou zlepšit texturu potraviny nebo sloužit jako nosič pro funkční látky (např. barvy, chutě, antioxidanty, živiny a antimikrobiální látky). Pro vytvoření takovýchto jedlých vrstev jsou primárně používány polysacharidy, proteiny a lipidy. Obecně jsou vrstvy na bázi lipidů dobrou bariérou proti vlhkosti, ale jsou málo odolné proti plynům a mají slabou mechanickou pevnost, naopak je tomu u biopolymerních filmů (Kvasničková 2009; Weiss et al., 2006).



Obr. č. 5 Příklad možného nanolaminátového materiálu, který je vytvořený z globulárního proteinu a polysacharidu. Každá vrstva je přibližně 1 - 100 nm (Weiss et al., 2006)



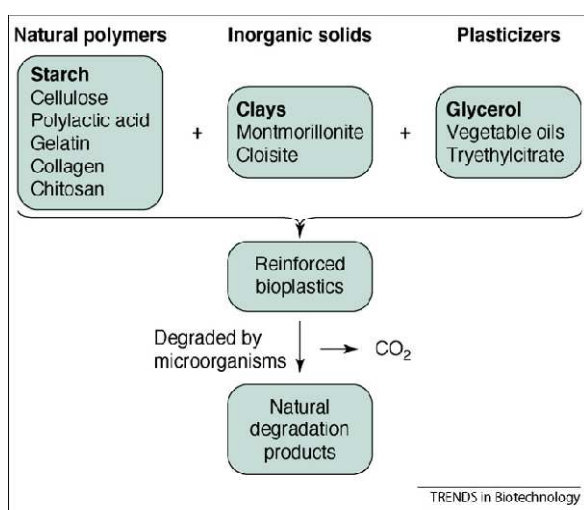
Obr. č. 6 Schéma tvorby nanovrstvy, vytvořené postupným máčením a promýváním (Weiss et al., 2006).

### 3.4.4 Nanokompozity

Nanokompozity jsou materiály složené ze dvou nebo více různých složek, kdy alespoň jedna složka se v materiálu vyskytuje ve formě částic o velikostech jednotek až desítek nanometrů. Většinou se jedná o nanočástice látky, která má magnetické, elektrické nebo jiné vlastnosti, tzv. aktivní látka. Úlohou inertní složky je nést a pevně spojovat jednotlivé nanočástice a zároveň bránit jejich přímému kontaktu mezi sebou. Vlastnosti nanokompozitů závisí jednak na složení, velikosti částic, jejich morfologii a uspořádání (Nanokompozity, 2008).

V nanokompozitech, které nacházejí uplatnění v obalových technologiích, se používá nanojíl. V 80. letech, výzkumní pracovníci v automobilovém průmyslu zjistili, že přidáním 5% nanojílu se významně zlepší mechanické a tepelné vlastnosti silikonu (Weiss et al., 2006). Nanojíl má přirozeně utvořené vrstvy, které omezují prostupnost plynů a tím poskytuje podstatné zlepšení v bariérových vlastnostech nanokonpozit. Na obrázku č. 7 je znázorněn vznik těchto nanokompozit sloučením přírodních polymerů, jílu a glycerolu (Chaudhry et al., 2008).

Nanojíl používaný v těchto nanokompozitech se nazývá bentonit (jinak také montmorillonit), tato hornina vzniká zvětráváním čediče a je charakteristická vysokým obsahem jílových nerostů. Je to relativně levný a široce dostupný přírodní jíl (Chaudhry et al., 2008).



**Obr. č. 7** Znárodnění vzniku biokompozit, kromě jejich vylepšených vlastností, je biologická rozložitelnost činí přívětivějšími k životnímu prostředí, než jsou tradiční obaly (Sozer, Kokini, 2009).

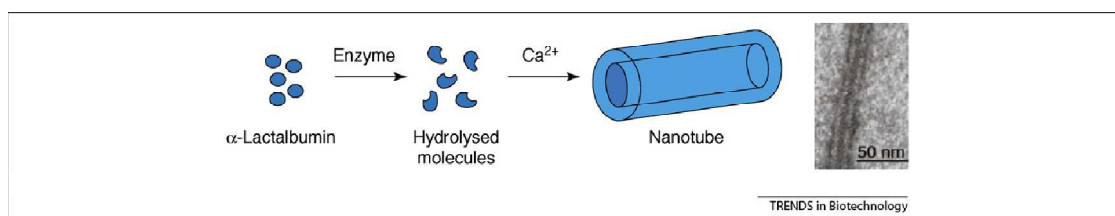


### 3.4.5 Nanotrubičky

Nanotrubičky jsou nanorozměrné, drátu podobné struktury, které jsou nejčastěji tvořeny uhlíkem. Uhlíkové nanotrubičky mohou být začleněny do polymerních struktur (lipidů, roztoků, gelů, amorfních a krystalických struktur) ke zlepšení jejich mechanických vlastností (tahu, pevnosti a elasticity) (Sozer, Kokini, 2009).

Významná pro potravinářský sektor je zejména možnost získání nanotrubiček z mléčného proteinu  $\alpha$ -lactalbuminu částečnou hydrolyzou. Tyto nanotrubičky jsou schopné zvýšit viskozitu. Mohou být také používány jako zahušťovadlo. Mají rozměr dutiny 8 nm, a mohou umožnit vazbu vitamínů nebo enzymů. Tyto dutinky mohou být rovněž použity k zapouzdření a ochránění látky nebo k zakrytí nežádoucích chutí nebo aromatických sloučenin. Protože tyto nanotrubičky jsou z mléčného proteinu, jsou považovány za stravitelné materiály, což může jejich uvedení na trh usnadnit a rozšířit jejich použití v nanokapsulaci nutrietů, suplement a léčiv (Sozer, Kokini, 2009).

Nanotrubičky mohou být vytvářeny i z jiných materiálů, např. uhlíkové nanotrubičky. V současné době jsou nanotrubičky vytvořené z potravinové bílkoviny nebo z jejich derivátů pouze z  $\alpha$ -lactalbuminu (Gravelad-Bikker, 2006).



**Obr. č. 8** Vlevo: Schéma samo uspořádání hydrolyzovaných molekul  $\alpha$ -lactalbuminu do tvaru nanotrubičky za přítomnosti iontů  $\text{Ca}^{2+}$ , vpravo: fotografie nanotrubičky z elektronového mikroskopu (Gravelad-Bikker, 2006).

Pro použití těchto nanotubic je také důležitá stabilita při různých podmínkách. Nanotrubičky z  $\alpha$ -lactalbuminu vydrží důležité procedury, které se v potravinářství provádí. V první řadě odolávají pasteračním teplotám (40 - 72°C), stejně tak odolávají sublimačnímu sušení. Další důležitou vlastností, která je potřebná k aplikaci, je řízené uvolňování a tím rozrušení struktury trubičky. To může být například vyvoláno snížením koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$ . Demontáž může být také iniciována EDTA (rozptýlení  $\text{Ca}^{2+}$  z trubiček), přidáním urey nebo změnou pH (pod 3 nebo nad 9). Nanotrubičky z  $\alpha$ -lactalbuminu

ukazují, že je možné vytvořit zajímavé nanostruktury založené na proteinu z potravin (Gravelad-Bikker, 2006).

### **3.4.6 Nanovlákná**

Použití nanovláken a nanotyčinek může být užitečné v obalové technice. Celulózní nanovlákná mohou mít pevnost a tuhost, která zdaleka přesahuje pevnost běžně používaných materiálů (Bradley et al. 2011). Nanovlákná nejsou obvykle složena z biopolymerů používaných v potravinách a zemědělství, většinou jsou vyráběna především ze syntetických polymerů a proto jejich použití v potravinářství zatím není velké. Mohou být využity například při výrobě materiálů šetrných k životnímu prostředí (Weiss et al., 2006).

Nejpoužívanější způsob výroby nanovláken je elektrostatické zvlákňování. Principem této metody je, že z kapky polymeru procházejícího elektrickým polem s napětím až 50 kV se tvoří kapiláry. Hotová nanovlákná s průměrem pod 500 nm se neuspořádaně ukládají na kolektor, který se pohybuje po povrchu elektrody. V České republice (na Technické univerzitě v Liberci, textilní fakultě, katedře netkaných textilií) bylo vyvinuto zařízení na výrobu nanovláken Nanospider (Nanovlákná - Wikipedia, 2001).

V potravinářském průmyslu by bylo možno použít nanovlákná několika způsoby (Kvasničková, 2009; Weiss et al., 2006):

- jako stavební / výztužný prvek materiálů šetrných k životnímu prostředí
- obalový materiál
- substrát pro pěstování bakterií
- jako stavební prvky potravinové matrice pro imitaci potravin

## 4 Aplikace nanotechnologií v potravinářství

Hlavními oblastmi aplikace nanotechnologií jsou balení potravin a dále produkty, které obsahují nanorozměrné nebo nanozapouzdřené látky a aditiva. Tyto aplikace mohou přinést zlepšení do oblasti produkce, zpracování, balení a skladování potravin. Příklady použití nanotechnologií v potravinářství jsou: identifikace bakterií a monitorování kvality potravin za použití biosenzorů, inteligentní a aktivní obalové systémy, nanozapouzdřování bioaktivních složek potravy a další (Sekhon, 2010).

V současnosti používané aplikace v potravinářství	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nanostříbro je začleňováno do kuchňských ploch, pomůcek a nádobí, používá se v čistících prostředcích, při skladování potravin- kontejnery, boxy a chladicí zařízení (ledničky) pro své antimikrobiální vlastnosti</li><li>• Nanočástice v "nanoceuticals" a doplňcích stravy jako je například koloidní nanočástice zinku a další, a nanozapouzdřování -urychluje absorpce a / nebo zaručuje cílenou distribuci obsahu</li><li>• Nanočástice jako nanojíl jsou začleněny do plastových lahví od piva ke zvýšení pevnosti, činí je nerozbitné, a prodloužuje tím trvanlivost obsahu, díky vylepšené bariérovým vlastnostem</li><li>• Nanočipy nebo nanosenzory jsou komerčně využívány k detekci skladovacích a přepravních podmínek vedoucí ke znehodnocení (např. teplota nebo vlhkost)</li></ul>
Aplikace připravené, ale dosud neuvedené na trh	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biosenzory k detekci patogenních bakterií a informující o stavu potravin uvnitř balení</li><li>• Nanosenzory, které spotřebitele informují např. o porušení skladovacích teplot</li><li>• Detekce těžkých kovů, toxinů, chemikálií v potravinách</li></ul>
Aplikace, které jsou dosud vědecky nepodloženy	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trasovací zařízení k rychlému odhalení původu potravin.</li><li>• Cílená dodávka slané chuti, což by vedlo k omezení příjmu soli.</li></ul>

Tabulka č. 1 Současné a potenciální aplikace nanotechnologií v potravinářství, upraveno (Buzby, 2010).

#### 4.1 Obalová technika

Hlavní funkcí potravinových obalů je chránit a zachovat potravinu, udržovat její kvalitu, nezávadnost a redukovat plýtvání potravinami. Obaly sehrávají důležitou roli v zajištění bezpečných a výživově hodnotných potravin. (Bradley, 2011, Marsh, 2007).

Balení potravin může zpomalit kažení produktu, prodloužit trvanlivost a udržet nebo zvýšit kvalitu a bezpečnost potravin. Přitom obal poskytuje ochranu před třemi hlavními skupinami vnějších vlivů: chemickými, biologickými a fyzikálními (Marsh, 2007).

Nanotechnologie poskytují nové příležitosti při výrobě a zdokonalování obalových materiálů. (Bradley, 2011, Marsh, 2007).

Vývoj se v této oblasti zabývá především zlepšováním mechanických a bariérových vlastností obalů, dále vývojem aktivních obalů, které by interagovaly s potravinou uvnitř, aplikací povrchových biocidů a biodegradabilitou obalů (Bradley, 2011).

Ukázalo se, že přidání nanočástic do obalů a potahů je učiní lehčí, nehořlavé a silnější ve smyslu mechanické a termické odolnosti a také jsou tyto obaly méně prostupné pro plyny (Chaudhry et al., 2008).

V tabulce č. 2 jsou uvedeny směry aplikace nanotechnologií v balení potravin. Jednak se přidávají tzv. nanokonpozity přímo do obalu, kde zlepšují především fyzikální vlastnosti nebo například umožňují biodegradaci. Dále se používají nanonátěry, kdy se vrstva nanomateriálu dává buď na vnitřní, nebo vnější stranu obalu a tím se zlepšují bariérové vlastnosti obalu. V obalech mohou být také použity antimikrobiální materiály, které působí proti bakteriím jednak na povrchu obalu – tzv. povrchové biocidy nebo mohou mít vliv přímo na potravinu uvnitř obalu. Takovým obalům se říká inteligentní. Mezi inteligentní obaly se řadí také obaly se zabudovanými nanosenzory, které mohou monitorovat podmínky uvnitř balení (Bradley, 2011).

Existuje zde však možnost kontaminace potravin migrací chemických látek z obalu. Je proto potřeba posoudit tyto nové obaly z hlediska jejich rizik a možných výhod (Bradley, 2011).

<b>Aplikace</b>	<b>Funkce</b>
<i>Nanokompozity</i>	Zahrnutí nanomateriálů do obalu ke zlepšení fyzikálních vlastností, trvanlivosti, bariérových vlastností, biodegradace.
<i>Nano - nátěry</i>	Zahrnutí nanomateriálů na povrch obalu (z vnitřní i vnější strany) zejména ke zlepšení bariérových vlastností.
<i>Povrchové biocidy</i>	Aplikace nanomateriálů s antimikrobiálními vlastnostmi působícími na povrchu obalu.
<i>Inteligentní/ aktivní balení</i>	Aplikace nanomateriálů s antimikrobiálními nebo jinými vlastnostmi (antioxidační) se záměrným vypouštěním dovnitř - efekt na zabalenou potravinu.

**Tabulka č. 2** Aplikace nanomateriálů v balící technologii (Bradley, 2011).

#### **4.1.1 Inteligentní obaly**

Inteligentní obaly jsou definovány jako obalový systém, který je schopen provádět inteligentní funkce, jako je detekování, snímání, nahrávání, sledování a komunikace s cílem usnadnit rozhodování spotřebiteli, prodloužit trvanlivost výrobku, zvýšit bezpečnost, zlepšit kvalitu, poskytovat informace a upozornit na možné problémy (Yam et al., 2005). Monitorují stav potraviny a poskytují informace o kvalitě zabalené potraviny během přepravy a skladování (Dainelli et al, 2008; Kruijff et al., 2002).

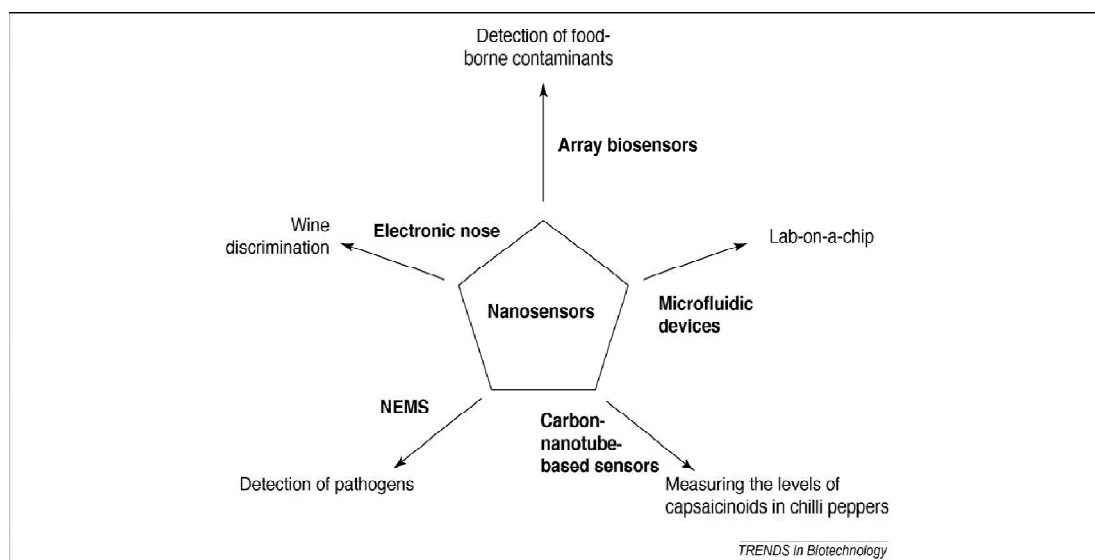


**Obr. č. 9** Model obalových funkcí – uzavření, uložení potraviny, ochrana, komunikace (Yam et al., 2005).

#### 4.1.1.1 Nanosenzory

Nové inteligentní a aktivní obaly by mohly využívat senzory, které jsou založeny na nanotechnologiích. Tyto nanosenzory v oblasti potravinářství mohou být použity při rychlé detekci bakterií a virů a také při prevenci otrav způsobených jídlem. Poskytují informace o kvalitě sledováním mikroorganismů, toxinů a kontaminantů po celou dobu zpracovatelského řetězce prostřednictvím automatického sběru údajů a dokumentace (Neethirajan, Jayas, 2011).

Nanosensor je zařízení sestávající z elektronické části na zpracování dat a vrstvy určené pro snímání, která může překládat signál (světlo nebo přítomnost organické látky nebo plynu) do elektronického signálu (Momin et al., 2012).



**Obr. č. 10** Typy nanosenzorů a znázornění jejich aplikace v potravinářství. Řadové biosenzory, elektrický nos, NEMS, mikrofluidní zařízení (lab on a chip), uhlíkové nanotrubičky na bázi senzoru (Sozer, Kokini, 2009).

Čerstvé ovoce a zelenina nebo maso, které jsou zkažené, vykazují pachy, barvy nebo jiné sensorické změny, které mohou být snadno konzumenty rozpoznány. Obalové materiály brání sensorickému rozpoznání a spotřebitelé se musí spoléhat na datum spotřeby, který uvádí výrobce na základě předpokladu o ideálních podmínkách při skladování a přepravě (Duncan, 2011).

Nanosenzory mohou informovat spotřebitele o historii daného výrobku, o průběhu skladovacích podmínek (teploty, světla nebo O<sub>2</sub> expozice) i podmínek během manipulace. To může dát spotřebiteli přesnější odhad stavu znehodnocení potravin (Cushen et al., 2012).

Například informace na obalu krabice mléka může spotřebiteli říkat, že výrobek by měl být použitelný ještě dva týdny. Toto datum už nemusí platit, pokud byla např. porušena teplota při transportu a skladování. Řešení tohoto problému nabízí nanočástice s unikátními chemickými a elektrooptickými vlastnostmi. Nanomateriály mohou být navrženy tak, že jsou schopny detekovat přítomnost plynů, aromatických látek, chemických kontaminantů a patogenů. Není to pouze užitečné pro kontrolu kvality potravin, ale také právě pro zlepšení bezpečnosti potravin a redukci alimentárních nákaz (Duncan, 2011).

Nanosenzory tedy nachází své uplatnění při brzkém odhalení kontaminace potravin. Každé potraviny může být detekováno například řadou tisíců nanočástic, které jsou navrženy tak, aby fluoreskovaly v různých barvách, když se dostanou do kontaktu s patogenem. Hlavní výhodou nanosenzorů je redukce času, který je běžně nutný k odhalení patogenu ze dnů na hodiny nebo i minuty. Takové nanosenzory mohou být umístěny přímo do obalu, kde slouží jako elektronický „jazyk“ nebo „nos“, který detekuje vznikající chemické látky během kažení potravin (Sozer, Kokini, 2009). Elektronický jazyk, je zahrnut do obalu jako pole nanosenzorů, které jsou extrémně citlivé na přítomnost plynů, které vznikají během kažení potravin. To způsobí změnu barvy snímacího proužku a dává tím jasný signál, jestli je potravina čerstvá nebo ne (Neethirajan, Jayas, 2011).

Jedním z typů senzorů jsou mikrofluidní zařízení, které mohou být také použity k efektivní detekci patogenů v reálném čase s vysokou citlivostí. Hlavní výhodou takovýchto nanosenzorů je jejich miniaturní formát a jejich schopnost detektovat pouze z mikrolitrových množství vzorku; toto vede k široké aplikaci v medicíně, biologických a chemických analýzách (Lab-on-a-chip) (Sozer, Kokini, 2009).

Technologie NEMS (nanoelektro-mechanical systems) je již v provozu. Skládá se z pohyblivých částí velikosti od nanometrů do milimetrů, které by mohly sloužit jako nástroj při uchování potravin. Mohou být použity u zařízení určených ke kontrole kvality potravin, protože se skládají z pokročilých snímačů určených pro specifickou detekci chemických a biochemických signálů (Sozer, Kokini, 2009).

Další skupinou biosenzorů jsou tzv. nanocantilevers (nanoraménka), jejich principem je schopnost detekovat interakce a biologické vazby v důsledku fyzické a elektromechanické signalizace, např. antigen-protilátka, enzym-substrát, kofaktor-receptor-ligand. Jedná se o malé senzory na bázi křemíku, které umí rozpoznat proteiny a detekovat patogenní bakterie a viry. Tyto biosenzory mají již obrovský úspěch ve studiích, které se zabývaly molekulárními interakcemi a detekcí kontaminujících chemikálií, toxinů a reziduí antibiotik v potravinách. Detekce patogenů je založena na schopnosti ramének kmitat na rezonanční frekvenci, která je závislá na biomase patogenního organismu (Das et al., 2009; Sozer, Kokini, 2009).

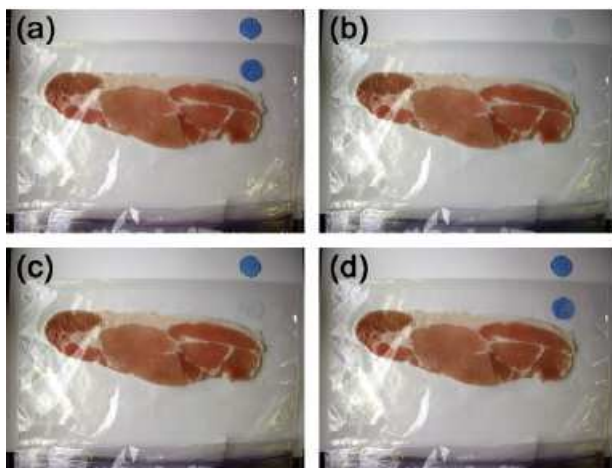
Projekt Bio-Finger, který byl financován Evropskou unií, vyvinul zařízení, které může být použito pro diagnózu rakoviny a také může detekovat patogeny ve vodě a potravinách na základě snímání interakcí ligand-receptor (Sozer, Kokini, 2009).

Mnoho z detekčních testů je založeno na pozorování barevných změn, které se vyskytují na kovových nanočásticích. Např. zlaté nanočástice (AuNPs) funkcionalizované kyanurovou kyselinou selektivně vážou melamin, příměs která byla nezákonně používána k umělému navýšení obsahu bílkovin v krmivech dovážených z Číny pro domácí zvířata, především pro psy a kočky (USA, 2007), ale také do kojeneckých formulí (Čína, 2008). Melaminem indukovaná agregace způsobí barevnou změnu z červené na modrou. A tak umožní precizní stanovení obsahu melaminu v syrovém mléce a v kojeneckých formulích pouhým okem v koncentraci nižší než 2,5 ppb. Zlaté nanočástice mohou být také použity ke stanovení množství glukózy v nápojích (Duncan, 2011).

Jiné testy jsou založeny na fluorescenci, detekující přítomnost gliadinu; to může být použito k určení obsahu lepku v bezpečných potravinách. Další fluorescenční testy jsou schopny efektivně detekovat kyanidy v pitné vodě (v koncentraci 2nM), bakteriální toxiny nebo jiné malé molekuly (proteiny, kovové ionty). Podobným způsobem by mohla být detekována řada běžných potravinářských příměsí, alergenů nebo nečistot (Duncan, 2011).

Pomocí elektrochemických metod mohou být stanovovány např. aflatoxin-B17, ochratoxin, stafylokokový enterotoxin B, cholera toxin a potravinářská barviva. Fotoaktivní indikátor, pro detekci kyslíku v balení, postupnou změnou barvy informuje o obsahu kyslíku uvnitř (viz. Obr. č.11) (Duncan, 2011).





**Obr. č. 11** Fotografie senzorů O<sub>2</sub>, které využívají UV-aktivované TiO<sub>2</sub> nanočástice a barvivo metylenovou modř, jako indikátor. Jeden indikátor je umístěn uvnitř potraviny a jeden mimo. Na obr. (a) je balík čerstvě utěsněn a oba ukazatele jsou modré. Na obr. (b) jsou indikátory vyfoceny okamžitě po aktivaci UVA zářením. Po několika minutách ukazatel mimo balík opět zmodrá, zatímco ukazatel bezkyslíkaté atmosféry zůstává bílý (c) když je balení otevřené, příliv kyslíku způsobí, že se změní zpět na modrou (d). Tento systém lze použít pro neinvazivní zjišťování přítomnosti netěsnosti v balení bezprostředně po skončení výroby (Duncan, 2011).

Biologické metody detekce jsou založeny na imunologických testech, které využívají selektivní interakce antigen-protilátka. Nanomateriály, jako mikrobiální senzory, nabízejí významné zlepšení specifity, rychlosti a citlivosti ve srovnání s chemickými nebo biologickými metodami (Duncan, 2011).

#### 4.1.2 Aktivní obaly

Vedle inteligentního obalu, který je chápán jako poskytovatel zlepšení komunikace, je vyvíjen aktivní obal, který je chápán jako poskytovatel zvýšené ochrany. Na celkovém obalovém systému je tedy inteligentní obalová složka odpovědná za snímání prostředí a zpracování informace a aktivní komponenta je odpovědná za provedení nějaké akce (např. uvolnění antimikrobiální látky) k ochraně výrobku (Yam et al., 2005).

Aktivní balení se zabývá především zachováním nebo zvýšením kvality a bezpečnosti balené potraviny (Lopez-Rubio et al., 2006). Aktivní materiály pro styk s potravinami a předměty, jsou definovány jako materiály, které jsou určeny k prodloužení skladovatelnosti nebo zachování či zlepšení stavu balené potraviny. Obsahují záměrně přidávané složky, jejichž účelem je uvolňovat nebo absorbovat (likvidovat) látky (Dainelli et al., 2008).

Takovéto obalové systémy mohou být klasifikovány jako “likvidující” nebo aktivně uvolňující systémy. “Likvidující” systémy odstraňují nežádoucí sloučeniny, jako je např. kyslík, nadměrná voda, etylen a oxid uhličitý. Uvolňující systémy aktivně přidávají

sloučeninu/ny, jako jsou oxid uhličitý, voda, antioxidanty nebo konzervační látky do balených potravin. Oba systémy jsou zaměřeny na prodloužení trvanlivosti a zlepšování kvality potravin (Kruijf et al., 2002).

Bioaktivní (funkční) obal bude mít přímý dopad na zdraví spotřebitele generováním zdravější balené potraviny. Bioaktivní obalové materiály by tedy byly schopny v sobě zadržet bioaktivní látku (za optimálních podmínek) až do jejího případného propuštění do potravinového výrobku, buď řízeným nebo rychlým uvolňováním, během skladování nebo až před konzumací (Lopez-Rubio et al., 2006).

Koncept enzymaticky bioaktivního balení je založen na navázání enzymu ve stěně obalu, např.  $\beta$ -galaktosidáza a cholesterol- reduktáza v balení způsobí hydrolyzu laktózy a cholesterolu. Použití tohoto typu balení by například umožnilo u UHT mléka produkovaného konvenční technologií proměnu produktu během skladování na bezlaktózový produkt (Lopez-Rubio et al., 2006).

Tyto látky budou považovány za potravinářské přídatné látky a podle nařízení budou muset splňovat všechny požadované údaje o bezpečnosti (Cushen et al., 2012).

#### Současné a budoucí aplikace aktivní obalů:

Obaly, které odstraňují kyslík, mohou zabraňovat růstu plísní (v sýrech, pečivu, zpracovaném masu nebo mořských plodech, těstovinách), kvasinek a aerobních bakterií (v potravinách s vysokou vodní aktivitou, jako je např. maso a hotová jídla). Tyto systémy mohou také omezit oxidaci lipidů (ořechy, smažené pokrmy, zpracované maso, plnotučné mléko,...) a ztrátu živin jako je např. vitamin C (Kruijf et al., 2002).

Obaly, které jsou zaměřeny na odstraňování etylenu, mohou prodloužit trvanlivost ovoce a zeleniny. Regulátory vlhkosti mohou zabránit růstu plísní (pekařské výrobky) kvasinek a bakterií. Některé obaly by mohly odstraňovat látky, jako jsou aminy, aldehydy a hořké složky (např. v ovocných šťávách) (Kruijf et al., 2002).

Obaly uvolňující oxid uhličitý mají bakteriostatický efekt a efekt na „dýchání“ čerstvého ovoce a zeleniny (Kruijf et al., 2002).

Systémy uvolňující antimikrobiální látky mohou být použity v širokém rozsahu u čerstvých a zpracovaných potravin, pečiva, sušeného ovoce, zeleniny, rýže, obilí a fazolí (Kruijff et al., 2002).

Tyto aplikace tedy mohou prodloužit trvanlivost výrobku, zvyšovat kvalitu a bezpečnost potravin a tím vést ke snížení plýtvání potravinami (Cushen et al., 2012).

#### **4.1.3 Nanoobaly- environmentální hledisko**

Nanomateriály mohou být v obalech používány také proto, aby jim udělily biologickou rozložitelnost (Bradley, 2011). To může být považováno za přívětivější k životnímu prostředí, protože tím dojde k redukci nutnosti použití plastů jako obalového materiálu. Biologická rozložitelnost obalových materiálů může být rozšířená díky použití anorganických částic (např. jílu) (Sozer, Kokini, 2009).

Jak již bylo výše uvedeno v nanokompozitech, které nacházejí uplatnění v obalových technologiích, se používá nanojíl. Tyto obaly jsou vhodné pro balení zpracovaného masa, sýrů, ale také sladkostí, cereálií a potravin, které se vaří v sáčku. Mezi známé průmyslové použití patří pivní láhve, láhve, ve kterých se skladují perlivé nápoje a termoobaly. Polymerní nanokompozity obsahující nanočástice kovů nebo oxidy kovů mají antimikrobiální aktivitu. Mezi nejčastěji používané patří stříbro, zlato, oxid zinečnatý, oxid křemičitý, oxid titaničitý, oxid hlinitý a oxidy železa (Chaudhry et al., 2008).

Nanočástice v takovém obalu jsou schopny blokovat kyslík, oxid uhličitý a vlhkost, která je například u čerstvého masa nebo jiných potravin s vysokým obsahem vody. Nanojíl také činí plast lehčím, pevnějším, a tepelně odolnějším (Sekhon, 2010).

Ovšem zatím není dostatek znalostí o vlivu nanomateriálů při likvidaci odpadů. Nejasnosti zahrnují možnosti znovupoužití, recyklace, spalování i likvidace na skládkách. Není jasné, jak se budou chovat nanomateriály použité při výrobě plastových, papírových, skleněných nebo kovových obalů a jestli bude možné používat ty cesty likvidace a recyklace obalů, které jsou používány doposud (Bradley, 2011).

## 4.2 Antibakteriální materiály

Mezi nejvíce používané a zároveň také diskutované antibakteriální částice patří stříbro, ze kterého se vytvářejí stříbrné nanočástice (AgNPs). Kromě stříbra budou popsány také další nanočástice, které mají antibakteriální vlastnosti.

### 4.2.1 Stříbro

Vzhledem k tomu, že ve výrobcích na českém trhu se můžeme nejčastěji setkat s nanočásticemi stříbra, pojednává tato kapitola o stříbru a jeho vlastnostech, trochu podrobněji.

Stříbro má jako antibakteriální materiál při skladování potravin a nápojů dlouhou historii. Početné starobylé národy skladovaly víno a vodu ve stříbrných nádobách. Stříbro je od doby Hippocrata používáno jako desinfekce také v medicíně. Velké uplatnění mělo stříbro během První světové války, při desinfekci ran a v současné době je stříbro součástí lokálních a také očních desinfekcí. Stříbro sloužilo jako desinfekční prostředek pro vodu v ruské vesmírné stanici MIR a ve vesmírných raketoplánech NASA. Široké spektrum antimikrobiálních vlastností stříbra a relativně nízká cena z něj dělá kandidáta na aktivní desinfekční prostředek vody v rozvojových zemích.(Duncan, 2011; Rai, 2009).

Na počátku 20. století bylo stříbro schváleno pro použití jako antimikrobiální látka. Jeho použití se omezilo se zavedením antibiotik v roce 1940. V poslední době však získává opět popularitu, zejména v léčbě otevřených ran, především díky zvýšenému výskytu antibiotické rezistence (Chopra, 2007). V tomto ohledu je totiž stříbro efektivním baktericidním prostředkem proti resistantním kmenům (Duncan, 2011).

Stříbro má oproti jiným antimikrobiálním prostředkům několik výhod. Například jeho působení je širokospektré. Působí proti početným kmenům bakterií, proti houbám, řasám a pravděpodobně také některým virům. Stříbro je také po dlouho dobu stabilní. Léčiva, která stříbro obsahují, mají jen velmi málo nežádoucích účinků v doporučených a schválených dávkách. Někteří vědci jsou toho názoru, že stříbro je daleko méně náchylné k vytváření rezistence oproti molekulovým antimikrobiálním prostředkům (Duncan, 2011; Ip, 2006).

Další výhodou stříbra je, že může být snadno začleněno do rozličných materiálů jako např. textilie a plasty, dřevo, sklo. Tím se jeho použití rozšiřuje do dalších oblastí. V potravinářství mohou být plasty, které obsahují stříbro, součástí různých zařízení (ledničky, nádoby na uskladnění potravin,...) a kuchyňských pracovních nástrojů. (Duncan, 2011; Rai, 2009). V oblasti zdravotnictví se stříbro používá v obvazových materiálech při léčbě popálenin, chronických bércových vředů, diabetických ran a traumatických poraněních nebo jej obsahují lékařské nástroje (Ip, 2006; Ruparelia, 2008).

V roce 2009 FDA (Food and Drug Administration) upravila předpisy pro potravinářské přídatné látky a povolila přímé přidávání dusičnanu stříbrného jako desinfekce do komerčně balených vod v koncentraci, která nesmí překročit 17  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Duncan, 2011).

Navzdory dlouhé historii použití stříbra je mechanismus jeho účinku předmětem aktivního zkoumání. Existuje několik možných způsobů jeho působení (Duncan, 2011):

- a) rušení důležitých buněčných procesů vazbou na sulfhydrylové nebo disulfidové funkční skupiny na povrchu membránových proteinů a ostatních enzymů
- b) narušení replikace DNA
- c) vyvolání oxidačního stresu prostřednictvím katalýzy reaktivní formy kyslíku

Někteří autoři popisují působení stříbra prostřednictvím interakce s thiolovými skupinami dýchacích enzymů bakteriálních buněk. Stříbro se váže na bakteriální buněčné stěny a buněčné membrány a přednostně inhibuje dýchací řetězec. Buněčné dělení nakonec vede ke smrti buňky (Rai, 2009).

Také se zde uplatňuje typická vlastnost nanočástic, že mají malou velikost, ale velký povrch, který jim umožňuje blízký kontakt s membránou mikroorganismů (Ruparelia, 2008).

Stříbrné nanočástice (AgNPs) jsou tedy potenciálním prostředkem proti početným druhům bakterií. Existují neshody v otázce, jakým způsobem jsou nanočástice stříbra toxické vůči bakteriálním buňkám. Nejvíce konzervativní názor je, že atomy stříbra se odpojí z povrchu AgNPs a způsobí buněčné poškození, stejným způsobem jaký byl pozorován u konvenčních stříbrných antimikrobiálních činidel (Duncan, 2011). Připojí se k

buněčné membráně a poté proniknout dovnitř bakterie, vytvoří se nízkomolekulární oblast v centru bakterií, kterou bakterie shlukuje, aby chránila DNA před ionty stříbra (Rai, 2009).

Morones et al. demonstrovali, že stříbrné nanočástice se váží na membrány proteinů, utvářejí jamky a způsobují další morfologické změny. Bylo také zjištěno, že reagují s fosfátovými skupinami DNA. Membrány se tak stávají více propustné, a to narušuje iontový a molekulární transport a umožňuje další vstup AgNPs, které způsobují další poškození DNA a dalších buněčných komponent (Duncan, 2011; Morones, 2005).

Některé studie ukazují, že AgNPs jsou více toxické než stejné množství disociovaných stříbrných iontů. Tyto studie citují model "Trojského koně" pro toxicitu navržených nanočástic, kde AgNPs působí jako dopravce velkého množství iontů stříbra dovnitř buňky v krátkém čase (Duncan, 2011).

Stříbrné nanočástice byly testovány se skutečnými potravinami ke stanovení jejich antimikrobiálního efektu na trvanlivost potravin. Sterilované mrkve a hrušky byly ponořeny do alginátového roztoku (alginany, soli kyseliny algové, získávané z hnědých mořských řas, se uplatňují v potravinářství a mají schopnost tvořit ve vodním prostředí rosoly), obsahujícího AgNPs, který vytvořil jedlý antimikrobiální film. Zjistili, že takto ošetřené mrkve a hrušky mají menší ztrátu vody a vyšší spotřebitelskou přijatelnost, díky barvě a chuti v průběhu deseti dní. V jiných studiích byl takto testován čerstvý chřest, kde se dosáhlo trvanlivosti 25 dní, při skladování při 2°C. Během této doby si udržel barvu, měl menší ztrátu hmotnosti (vody) také obsahoval méně mikroorganismů (Duncan, 2011).

#### ***4.2.2 Jiné antimikrobiální nanočástice***

##### ***4.2.2.1 ZnO***

Při kontaktu bakteriální membrány s ZnO nanočásticemi dochází k penetraci a disorganizaci membrány. ZnO se váže na membrány mikroorganismů a prodlužuje lag fázi (tzv. klidová fáze, bakterie se během ní adaptují na nové prostředí a nemnoží se moc rychle, připravují se na růst) a zvyšuje tak generační dobu mikroorganismu. Více náchylné tomuto účinku jsou grampozitivní bakterie (Atmaca, 1998). Částice ZnO se již používají

v antibakteriálních krémech, např. *Sudocrem* (zinková mast, antiseptický krém). Dále je zvažováno použití v ústních vodách, v nátěrech – jako antimikrobiální agent, který má zabránit tvorbě biofilmů.  $Zn^{2+}$  ionty i ZnO nanočástice jsou vysoce rozpustné ve vodě, proto je jejich aplikace v oblasti desinfekce pitné vody omezená (Li et al., 2008).

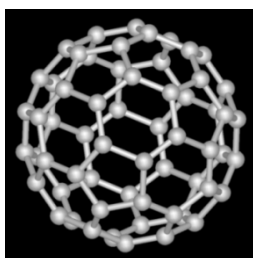
#### 4.2.2.2 $TiO_2$

Patří k nejvíce studovaným nanomateriálům, je aktivován UV-A zářením a má fotokatalytické vlastnosti. Ničí jak gramnegativní, tak grampozitivní bakterie, ale je účinnější proti gramnegativním.  $TiO_2$  nanočástice ničí také viry (např. Hepatitis B, Herpes simplex). Antibakteriální aktivita těchto nanočástic souvisí s tvorbou volných kyslíkových radikálů, především hydroxylových. Silná absorpce UV-A záření umožňuje aktivaci slunečním zářením (Li et al., 2008). Například kompletní inaktivace fekálně koliformních bakterií ve vodě proběhla během 15 minut při koncentraci 3000 KTJ/100 ml v plastovém kontejneru potaženém  $TiO_2$  vrstvou při vystavení slunečnímu záření (Gelover, 2006). Přídavek stříbra dokáže ještě urychlit fotokatalytickou inaktivaci bakterií. Na rozdíl od ZnO je oxid titaničitý vhodný k použití v desinfekci vody, protože je v ní stabilní a není toxický při požití (Li et al., 2008).

#### 4.2.2.3 *Fullereny*

Jsou molekuly, tvořené atomy uhlíku, které jsou prostorově svinuty do uzavřeného tvaru (nejčastěji do tvaru koule nebo elipsoidu). Stěny útvaru jsou tvořené pěti nebo šestiúhelníky.

Vyznačují se vysokou elektrickou vodivostí, pevností v tahu a unikátními tepelnými a optickými vlastnostmi. C60 (šedesáti-uhlíkový fullerén) může tvořit stabilní vodní suspenze nanočástic, tyto částice mají potenciální široké antibakteriální spektrum, jehož mechanismus je zkoumán. Pravděpodobně dochází k oxidaci bakteriální buňky (Li et al., 2008).



Obr. č. 12 *Fulleren C60* (Wikipedia, 2001)

### 4.3 Nanočástice jako bioaktivní složky funkčních potravin – Nanoceutika

Neexistuje všeobecně přijímaná definice „funkčních potravin“, ale několik organizací se pokusilo definovat tuto kategorii potravin.

IFIC (International Food Information Council) definuje „funkční potraviny“ jako potraviny, které poskytují zdravotní výhody nad rámec základní výživy. ILSI (International Life Sciences Institute) v Severní Americe „funkční potraviny“ definuje jako potraviny, které, na základě obsahu fyziologicky aktivních složek potravy, poskytují zdravotní výhody nad rámec základní výživy.

Kanadské ministerstvo zdravotnictví definuje „funkční potraviny“ jako potraviny podobného vzhledu jako tradiční potraviny, které jsou konzumované jako součást obvyklé stravy a mají prokázané fyziologické přínosy a / nebo mimo základní výživové funkce snižují riziko chronických onemocnění (Position of the American Dietetic Association, 2004).

Lze říci, že potraviny lze považovat za funkční, pokud ovlivňují příznivě jeden nebo více cílových funkcí v těle, a to způsobem, který ovlivňuje stav pohody a zdraví nebo vede ke snížení rizika onemocnění (Lopez-Rubio et al., 2006).

Obecně se jedná zejména o tyto druhy „funkčních potravin“:

- a) potraviny, do kterých jsou přidány složky, které mají příznivý vliv na lidské zdraví např. probiotika a prebiotika v mléčných zakysaných výrobcích
- b) potraviny, ze kterých jsou odstraněny složky, které mohou mít nepříznivý vliv na lidské zdraví např. trans-mastné kyseliny ve ztužených tucích
- d) potraviny, ve kterých některé přirozeně se vyskytující složky jsou chemicky modifikovány např. hydrolýza bílkovin v kojenecké výživě ke snížení možné alergenity
- e) potraviny, kde je zvýšená biologická dostupnost jedné nebo více složek

V České Republice ani v Evropské Unii dosud neexistuje žádný oficiální dokument, který „funkční potravinu“ definuje a uvádí pravidla a podmínky pro její výrobu (Winklerová, 2009).



Evropská komise v roce 1997 vydala nařízení č. 258/1997 o nových potravinách a o nových složkách potravin. Z hlediska zdravotní nezávadnosti musí být tyto složky posouzeny nejprve EFSA a až po souhlasném rozhodnutí Evropské komise mohou být uváděny na trh (Winklerová, 2009).

Vývoj nových „funkčních potravin“ je příležitostí ke zlepšení kvality potravin. Několik výživových výzkumů v celé Evropě ukázalo, že některé skupiny populace nedosahují doporučených denních dávek (RDA) důležitých živin. Přidání živin do potravin může poskytnout účinnou a bezpečnou strategii na zlepšení aktuálního příjmu mikroživin (Lopez-Rubio et al., 2006).

Vývoj těchto inovačních koncepcí lze provádět několika způsoby

- integrací a řízeným uvolňováním bioaktivních složek nebo nanokomponent
- mikro-a nanozapouzdřováním účinných látek v obalu nebo v potravíně
- transformací specifických potravinových složek

Vývoj takové nové „funkční potraviny“ poskytne alternativní, účinnější a jedinečné potraviny s lepším dopadem na lidské zdraví (Lopez-Rubio et al., 2006). Micely a liposomy mohou působit jako nosiče pro prebiotika, probiotika, fytochemikálie, mořské oleje, vitamíny, flavonoidy, apod. (Gressler et al., 2010).

Systém nanozapouzdřování nabízí početné výhody, které zahrnují snadnou manipulaci, zvýšenou stabilitu, ochranu proti oxidaci a retenci těkavých látek (Neethirajan, Jayas, 2011).

„Controlled Release Systems“ (SRU – systémy regulovaného uvolňování) se používají k dodání funkční a aktivní složky na konkrétní místo za určitý stanovený čas. Jsou založeny na technologiích zapouzdřování a mezi jejich hlavní výhody patří, že látku uvolňují po dlouhou dobu na přesně požadovaném místě (např. v konkrétním orgánu), při působení definovaných vnějších podmínek - např. teplota, vlhkost, tlak (Kvasničková, 2009).

#### 4.4 Cílená dodávka nutrientů

Pojem „chytré“ nebo „inteligentní“ nanočástice označuje částice schopné odpovídat na specifické prostředí nebo stimul. Spouštěcí mechanismy mohou být různé, např. fyzikální (teplota, tlak, světlo atd.), fyzikálně-chemické (bobtnání/smršťování, solvatace/desolvatace), iontové (elektrolyty, pH, chelatace), molekulové (receptorové), enzymatické (hydrolýza) nebo kombinované. Citlivost částic na tyto podněty je dána jejich strukturou nebo složením, případně připojením funkčních skupin (Rabišková, 2009).

Příkladem „chytrých“ částic využívaných hlavně ve funkci lékových nosičů jsou polymerové lipozomy. Lipozomy představil Bangham a kol. v 60. letech minulého století a od té doby našly uplatnění ve farmacii a medicíně, v biologii, v kosmetickém i potravinářském průmyslu (Rabišková, 2009).

Bioaktivní látky, jsou nutriční složky, které se obvykle objevují v potravinách v malých množstvích. Například se mezi ně řadí  $\beta$ -karoten, lykopen,  $\beta$ -glukan,  $\Omega$ -3 mastné kyseliny, *Lactobacillus* a isoflavony. Nanotechnologie umožňuje zvýšení efektivity dodávky těchto látek prostřednictvím „funkčních potravin“ tak, aby zlepšily zdraví (Neethirajan, Jayas, 2011; Sozer, Kokini, 2009).

Například nanokapsle byly použity firmou George Weston Foods v Austrálii, aby byla zamaskována chuť a vůně oleje z tuňáka, který byl tímto způsobem integrován do chleba. Tyto kapsle se otevřou, až když se dostanou do žaludku a tím se spotřebitel vyhne chuti a vůni oleje, která pro něj může být nepříjemná (Neethirajan, Jayas, 2011).

Nanokapsle mohou být také použity pro ochranu a cílené uvolňování prospěšných probiotických kmenů bakterií. Biologická dostupnost lykopenu, může být zvýšená přidáním jeho nanočástic do rajčatového džusu a omáčky na těstoviny (Neethirajan, Jayas, 2011).

#### 4.5. Interaktivní potraviny

Nanotechnologie umožňují vyrábět interaktivní potraviny, které umožní konzumentům upravit jídlo dle jejich individuální nutričních potřeb, či preferencí (Neethirajan, Jayas, 2011).

Aromata, potravinářská barviva nebo živiny se v takovýchto potravinách uvolňují v závislosti na vlnové délce, dle zvoleného ohřátí v mikrovlnné troubě (Siegrist et al., 2008).

Vývoj potravin, které mění barvu, chuť nebo nutriční složení (pomocí tisíců nanokapslí obsahujících stimulatory chuti nebo barvy) na základě nutričních potřeb konzumenta (alergie nebo preference) jsou vyvíjeny ve výzkumném programu firem Nestlé a Kraft (Neethirajan, Jayas, 2011).

Nanotechnologie také umožňují vyvinout metody, které zajistí, že potraviny jako např. zmrzlina, slazené nápoje, čokoláda, brambůrky, budou uváděny na trh jako "zdravé potraviny", protože budou mít redukováno množství tuku, sacharidů nebo celkově energie nebo naopak budou mít zvýšené množství bílkovin, vlákniny, či vitamínů (Neethirajan, Jayas, 2011).

Nestlé a Unilever uvádějí, že vyvíjí zmrzlinu obsahující nanoemulzi s nižším obsahem tuku, při zachování textury a chuti (Neethirajan, Jayas, 2011).

Proteinové nanočástice mohou být přizpůsobeny pro konkrétní aplikace ve vývoji inovativních funkčních potravinářských výrobků, mají potenciál začlenit nutriční sloučeniny a poskytnout jejich řízené uvolňování. Přijatelnost takovýchto nanočástic souvisí s tím, že jsou to přirozeně se vyskytující složky potravy rozložitelné trávicími enzymy. Bílkoviny mohou být použity pro přípravu široké škály i vícesložkových matric ve formě hydrogelu, mikro-nebo nanočástic (Chen et al., 2006).

Schopnost regulovat velikost částic bílkovinné hmoty má prvořadý význam nejen pro stanovení chuti, aromatu, textury a vzhledu, ale také pro určení způsobu uvolňování bioaktivních látek (Chen et al., 2006).

#### **4.5 Čištění vody**

Zabezpečení dostatečné dodávky kvalitní pitné vody je v dnešním světě jedním z nejdůležitějších úkolů. Přírodní zdroje vody, z nichž lze využívat vodu bez následné úpravy, jsou omezené a většina těchto zdrojů nesplňuje podmínky pro pitnou vodu, tak jak jsou definovány Světovou zdravotnickou organizací. Proto je potřeba hledat způsoby, jak zajistit dostatek pitné vody i přes tato omezení.

V úpravě vody je zpracovávána voda surová, a to tak, aby výchozím produktem byla voda pitná, která splňuje všechny stanovené jakostní požadavky, neboli „hygienické limity“ jak definuje § 1 vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky

na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. V úpravně vody proto probíhají pravidelné laboratorní testy vody a to jak vody surové, tak vzniklé vody pitné.

Pro čištění odpadních vod se používají metody chemické, fyzikálně chemické a biologické. Nově se také objevují způsoby, které využívají k úpravě i čištění nanočástice.

Při klasických způsobech chemického čištění vody mohou běžně používané desinfekční látky produkovat vedlejší produkty dezinfekce (disinfection by-products, DBPs) vznikající při reakcích mezi organickou a anorganickou látkou ve vodě. Mnohé z nich jsou karcinogeny (Li et al., 2008).

Dalším problémem je rezistence některých patogenních bakterií, jako například *Cryptosporidium* a *Giardia* ke konvenčním desinfekčním prostředkům, což vede k používání vyšších dávek, které zhoršují tvorbu DBPs. Je tedy potřeba zvažovat inovativní přístupy při čištění vody a jedním z nich je využití nanotechnologií (Li et al., 2008).

Antimikrobiální nanomateriály pro desinfekci vody se dají rozdělit do tří skupin: antimikrobiální peptidy a chitosan, kovy a oxidy kovů a nové nanomateriály (fullerény a uhlíkové nanotrubičky) (Li et al., 2008).

Chitosan, je polysacharid vyráběný deacetylizací chitinu, který je obsažen například ve vnějších kostrách koryšů. Má schopnost na sebe vázat těžké kovy i některé jiné látky – z toho vyplývá jeho použití při čištění vody. Nanorozměrný chitosan vykazuje antimikrobiální účinky proti bakteriím, virům a houbám a je dokonce více efektivní (Li et al., 2008).

Antimikrobiální aktivita přirozeně se vyskytujícího polysacharidu chitinu a některých peptidů je dlouho známá, ale až nedávno byly z těchto materiálů vytvořeny nanočástice. Předpokládá se u nich desinfekční využití, které bude mít nízké náklady a nízké požadavky na technologické vybavení, proto jejich použití bude zejména v rozvojových zemích (Li et al., 2008). Anti-mikrobiální mechanismus peptidů spočívá ve vytvoření nanokanálek v membránách bakteriálních buněk, které způsobí osmotický kolaps (Li et al., 2008).

V tabulce č. 3 jsou souhrnně uvedeny nanomateriály, které mohou být použity při čištění vody.

Nanomateriál	Antimikrobiální mechanismus	Současná aplikace	Potenciální budoucí aplikace
Nanostříbro	Uvolnění stříbrných iontů, narušení buněčné membrány a elektronového transportu, poškození DNA	Přenosné vodní filtry, povrchy myček nádobí	Povrchové vrstvy, membrány
TiO <sub>2</sub> - oxid titaničitý	Produkce reaktivních forem kyslíku, poškození buněčné stěny a membrány	Systémy na úpravu vody pro degradaci organických kontaminantů	Solární a UV desinfekce vody a odpadních vod, reaktivní membrány, povrchy odolné proti biologickému znečištění
ZnO – oxid zinečnatý	Intracelulární akumulace nanočástic, poškození buněčné membrány, produkce H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , uvolnění zinečnatých iontů	-	Povrchová úprava k zabránění tvorby biofilmů
Chitosan	Zničení membrány, vyvázání reziduí stopových kovů	Flokulant (vločkovač) vody a odpadních vod	Biosorbent, imobilizace bakterií, enzymů a jiných biologických molekul
Uhlíkové nanotrubičky	Narušení celistvosti membrány	-	Membrány odolné proti bioznečištění

**Tabulka č. 3** *Současné a potenciální použití antimikrobiálních nanomateriálů při čištění vody* (Li et al., 2008).

#### 4.6 Nanopotraviny – spotřebitelské výrobky

Příklady nanomateriálů v potravinách a nápojích, pro skladování potravin a pro přípravu pokrmů na trhu Spojených států amerických, lze nalézt na webových stránkách projektu o rozvíjejících se nanotechnologiích - Woodrow Wilson International Center for Scholars (<http://www.nanotechproject.org>) (The Project on Emerging Nanotechnologies, 2013; WHO/FAO, 2012).

Již v roce 2008 tento seznam obsahoval 67 produktů v kategorii "Potraviny&Nápoje", o kterých výrobci tvrdí, že jsou vyráběny pomocí nanotechnologií a které obsahují nanomateriály (Gressler et al., 2010).

Jsou mezi nimi uváděny například: antibakteriální přibory, nelepící pánve, dezinfekční spreje, čisticí prostředky, pekáče, vzduchotěsné PET láhve, skladovací kontejnery, chladničky, dětské láhve, potravinářské fólie. Mezi doplňky stravy, které jsou na tomto seznamu, patří (Gressler et al., 2010):

- Řepkový olej Active, Israel: micely s fytosterolem, který zabraňuje vstřebávání cholesterolu ve střevě
- Slim Shake čokoláda, USA: produkt na hubnutí
- Nanotea, Čína: čaj s nano-selenem

Další příklady:

- Tip-Top Up Bread- chléb s nano-kapslí obsahující rybí olej, Austrálie
- Žvýkačka se zapouzdřeným kakaovým práškem k výrobě čokoládové příchutě, USA

Další databází nanovýrobků, která je dostupná na internetu, je databáze na stránkách [www.nanoproducts.de](http://www.nanoproducts.de). Obsahující názvy devíti výrobků ze skupiny “Nano Food“(10. 3. 2013). Například se jedná o nanokoenzym-Q, nanohořčík/nanovápník, Squeezy Nano – doplněk stravy s obsahem minerálních látek, vhodný po fyzické zátěži, atd. (Nanotechnology material database, 2010).

Přehled spotřebitelských výrobků z oblasti nanopotravin a doplňků stravy, které jsou k dostání v zahraničí nebo na internetu, jsou zpracovány ve videu k diplomové práci.

## 5 Rizika použití nanočástic a nanostruktur

Použití nových technologií je vždy spojeno s jistými výhodami, ale také s sebou přináší dosud nerozpoznaná rizika, která je potřeba definovat a předcházet jim. Platí zde pravidlo, že čím více prosperující technologie se objevuje, tím více nepředvídatelné důsledky a potenciální nebezpečí může znamenat (Uskoković, 2007). Potravinářské nanotechnologie jsou zahaleny nejistotou. Jakým způsobem mohou ohrozit veřejné zdraví? Jakým způsobem mohou ovlivnit prostředí? Jaké způsoby dohledu a regulace jsou zapotřebí ke snížení rizika?

### 5.1. Obecně

Bezpečnost potravin je definována jako stav, kdy všichni lidé, za všech okolností mají fyzický a ekonomický přístup k dostatečnému množství bezpečných a výživných potravin, které uspokojí jejich dietní potřeby a potravinové preference pro jejich aktivní a zdravý život (FAO, 1996).

Obecné prohlášení, že nanotechnologie jsou bezpečné nebo naopak nebezpečné, nelze provést, protože je to různorodá skupina látek. Např. o chemikáliích (jako o celku) také nemůžeme prohlásit, že jsou bezpečné nebo nebezpečné (Buzby, 2010). Je potřeba definovat konkrétní nanočástice a teprve potom, můžeme definovat jejich bezpečnost.

Ačkoliv byli lidé vystaveni nanočásticím ve vzduchu po celou evoluční fázi, v průběhu minulého století se v důsledku antropogenních zdrojů tato expozice dramaticky zvýšila. Nanorozměrné materiály, včetně fullerenu, vznikají v přírodě během spalovacích procesů, jako jsou lesní požáry a vulkány (Oberdörster et al., 2005).

Jsou tedy nutné informace o bezpečnosti a potenciálních rizicích. Výsledky starších bio-kinetických studií a novější epidemiologické a toxikologické studie zabývající se jemnými částicemi ve vzduchu lze považovat za základ pro rozšiřující se oblast nového oboru nanotoxikologie (Oberdörster et al., 2005).

Je známo, že nanočástice mají mnohem větší povrch a mohou vykazovat výrazně odlišné fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti ve srovnání s jejich konvenčními formami (Chaudry et al., 2008).

## 5.2 Rizika při použití v potravinářství

V potravinářství to může znamenat, že potraviny mohou být kontaminovány při použití nanopesticidů, nanočástice mohou migrovat z obalů do potravin a je tu také možnost, že nanočástice se budou hromadit v životní prostředí a měnit potravní řetězec (Dudo, 2011).

Nanorozměrné součásti potravin mají na jedné straně výhody, ale na druhé straně s sebou pro člověka přináší také potenciální zdravotní rizika. Diskuse o těchto přímých rizicích se obvykle soustředí na otázku biologické dostupnosti. Problémem je to, že nanočástice mohou snadno obcházet buněčné bariéry v těle, které jsou pro běžné potraviny neproniknutelné, poté se mohou šířit a hromadit v organismu s dosud neznámými dlouhodobými účinky. Potenciální zvýšená biologická dostupnost může znamenat početné riziko, zahrnující změny v nutričním profilu, vyšší vstřebatelnost nano-aditiv a zavedení cizích látek do krve (Dudo, 2011).

Rychle se rozvíjející oblast nanotechnologií v potravinářství se tak pravděpodobně stane dalším zdrojem nanočástic, které mohou být vdechovány, požitý a absorbovány kůží (Oberdörster et al., 2005).

Vzhledem k tomu, že NPs ve spotřebitelských výrobcích jsou záležitostí posledních let, znalosti o potenciální toxicitě jsou omezené. Několik studií naznačuje, že NPs mohou mít jiný profil toxicity ve srovnání s jejich konvenčními chemickými analogy. Nejdůležitější otázkou pro hodnocení rizik je citlivost a platnost v současné době existujících testovacích systémů (Bouwmeester et al., 2009).

Takové mezery ve znalostech komplikují posouzení celkového rizika, protože není možné odhadnout pravděpodobnost a rozsah expozice volným nanočásticím (Chaudhry et al., 2008). Toxikologické výzkumy nanotechnologií prakticky neexistují, a to zejména v oblasti potravin (Cushen et al., 2012).

Při použití nanotechnologií v potravinářství mohou tedy existovat tři hlavní cesty expozice:

- absorpce kůží
- vdechnutí (inhalace)
- požití (digesce)



### **5.2.1 Rizika použití nanočástic v potravinách a doplňcích stravy**

Mnoho základních složek potravin může být přítomno v potravinách v nano formě přirozeně. Má-li být zlepšena funkčnost nebo výživová hodnota potraviny, její složky jsou navrženy tak, aby byly menší než jejich původní molekuly (Cushen et al., 2012).

K expozici může dojít prostřednictvím požití potravy obsahující nanočástice organické nebo anorganické. Je možné, že takové nanočástice budou tvořit sloučeniny s jinými složkami potravy, vzájemně mezi sebou nebo zůstanou ve volném stavu. Jak to ovlivní absorpci, není dosud známo. Zvýšené používání těchto nanoforem živin může vyžadovat revizi doporučených denních dávek (RDA). Například, použití nanoemulsifikace ve zmrzlině nebo majonéze umožňuje použít podstatně méně tuku, než vyžadují jejich tradiční protějšky a to bez ztráty chuti (Chaudhry et al., 2008).

Použití nanomateriálů při dodávce živin může vést k tomu, že absorbované množství v těle může být potenciálně vyšší (případně toxické), než tomu je u tradičních potravin (Buzby, 2010).

Přítomnost NPs v potravině může mít za následek zvýšenou biologickou dostupnost dalších látek (jak živin, tak kontaminantů) normálně přítomných v potravinách. Například, potraviny obsahující NPs s aktivně nabitými povrchy, mohou adsorbovat biomolekuly při průchodu gastrointestinálním traktem. Tyto tzv. "Trojské koně" poté mohou transportovat toxiny do sliznice (Bouwmeester et al., 2009).

Stanovování přítomnosti NPs v potravinách bude obtížné, protože je dosud nedostatek metod pro detekci v potravních matricích (Bouwmeester et al., 2009). A také je složité porovnávat různé výsledky studií, protože jsou v nich často nedostatečně charakterizovány použité nanočástice.

Při sledování výživové spotřeby dosud neexistují nástroje na sledování spotřeby výrobků obsahující NPs. Nicméně, použití NPs jako přísady nebo v konkrétním výrobku (nové potraviny nebo potravinové doplňky) může vyžadovat dodatečné údaje o spotřebě těchto specifických potravin, tak aby byly informace o konkrétní expozici nanočásticím (Bouwmeester et al., 2009).

### **5.2.2 Rizika použití nanomateriálů v balení potravin**

Zde může být riziko ve formě částic migrujících z nanomateriálů do potravin. Výsledky tohoto druhu expozice nebyly dosud plně charakterizovány a nedostatek těchto údajů představuje zásadní překážku pro posouzení rizika, které představuje spotřeba potravin balených v nanoobalu. Potenciální expozice člověka je v současné době založena na výsledcích migračních testů a předpokládané bezpečné úrovni expozice, jsou založeny na výsledcích experimentů na zvířatech (Cushen et al., 2012).

Ačkoli nanomateriály z obalů nejsou spotřebiteli běžně požívány ani vdechovány, je potřeba prozkoumat jejich vliv na mikroflóru přítomnou v ústech a ve střevě (Sozer, Kokini 2009).

Dosud není známo, zda spotřeba potravin, které obsahují částice přenesené z obalových nanomateriálů představuje významné zdravotní riziko. To bude záviset na toxicitě nanomateriálů, které budou používány, míře migrace a míře spotřeby určité potraviny (Cushen et al., 2012).

Biologicky rozložitelné obaly jsou ovšem rostoucím trendem v obalovém průmyslu, vzhledem k příznivým dopadům na menší znečišťování životního prostředí (Cushen et al., 2012).

### **5.2.3 Rizika použití nanomateriálů v zemědělství**

Nanomateriály nejsou v současné době používány ve výživě zvířat, ale je pravděpodobné, že přínosy nanotechnologií budou využity i v této oblasti, stejně jako u veterinárních léčiv s obsahem nanočástic. Pokud by používání těchto typů léků nebo krmiv bylo povoleno, musí být stanovovány toxikologické údaje o případném hromadění v organismu zvířat. Bylo by třeba určit metabolismus a clearance k zajištění bezpečné úrovně v době porážky. Další potenciální neúmyslnou cestou expozice může být použití vody upravované pomocí nanomateriálů v potravinářské výrobě a také spotřeba ryb z oblasti kontaminované nanomateriály (Cushen et al., 2012).

### 5.3 Rizika při ošetřování vody

Retence nanomateriálů ve vodě po čištění je kritická hlavně z důvodu potenciálních vlivů na lidské zdraví a také na ekosystém. Je potřeba vyvinout separační proces (např. membránová filtrace), aby se nanomateriály zadržely a recyklovaly. Jejich imobilizace na membráně filtru eliminuje potřebu následné separace. Účinná dávka nanomateriálu je poté limitována dostupnou plochou filtru (Li et al., 2008).

Přírodní  $\text{TiO}_2$  je považován za neškodný pro člověka i zvíře, ovšem nanorozměrný  $\text{TiO}_2$  byl nedávno klasifikován jako možný karcinogen, pokud je vdechován (IARC – International Agency for Research on Cancer, 2006). Jeho potenciální požití s vodou není považováno za hlavní riziko, tak jako jeho použití v zubních pastách a opalovacích krémech (Li et al., 2008).  $\text{TiO}_2$  nanočástice by mohly proniknout přes kůži a dokonce i do buněk, tvořit volné radikály a působit intracelulární poškození (Das et al., 2009).

U  $\text{nC}_{60}$  byla prokázána toxicita k savcím buňkám. U  $\text{ZnO}$  částic bylo prokázáno, že snižují životaschopnost lidských T- buněk. Nicméně dostupné informace jsou nedostatečné ke stanovení maximální přípustné koncentrace nanočástic v pitné vodě (Li et al., 2008).

### 5.4 Toxikokinetika

Dostupné experimentální údaje zatím naznačují, že charakteristika NPs (např. velikost, náboj na povrchu, funkcionalizované skupiny) pravděpodobně ovlivňuje jejich absorpci, metabolismus, distribuci a vylučování (Bouwmeester et al., 2009).

Chování, interakce a osud nanočástic v GIT není znám a je tedy možné, že nanočástice nezůstane ve volné formě v důsledku určitých transformací ve střevě, např. aglomerace, agregace, adsorpce, nebo vazby s jinými složkami potravy, reakce s kyselými a trávicími enzymy, atd. (Chaudhry et al., 2008).

### **5.4.1 GIT absorpce**

Příjem nanočástic gastrointestinálním traktem závisí na šíření a prostupnosti. Zdá se, že menší částice jsou schopny se šířit rychleji přes hlenovou vrstvu než větší částice. Šíření závisí také na náboji částic. Ukázalo se, že aniontové částice dosáhnou epitelálního povrchu, zatímco kationové zůstávají uvězněny v hlenu. Hlenovou vrstvu lze tedy považovat za první bariéru, kterou NPs musí projít (Bouwmeester et al., 2009).

Gastrointestinální epitel představuje druhou bariéru. První možnou cestou průchodu je průchod mezi buňkami. Buňky v gastrointestinálním epitelu jsou pevně spojeny prostřednictvím těsných spojení (tight junctions). Střevní epitel je propustný pro velké proteiny a polypeptidy. Propustnost může být modulována například specifickými polymery. Tyto polymery mohou působit jako expandéry pro vstup mnoha částic, včetně toxinů, bakterií a imunogenů. Proto průchod nanočástic nelze vyloučit a měl by být prozkoumán (Bouwmeester et al., 2009).

Další možnou cestou je transcelulární cesta – látky takto mohou prostupovat přes střevní buňky a dostávat se do krve, či mízy. Specifické vlastnosti nanočástic, jako je velikost, povrchový náboj, připevnění ligandů nebo povlak s povrchově aktivní látkou, mohou mít vliv na vstřebávání v gastrointestinálním traktu (Bouwmeester et al., 2009).

Pokud by byly NPs zapouzdřeny, bylo by zabráněno rozkladu nebo metabolismu a dostaly by se jak do krve, tak do lymfatického oběhu v intaktním stavu, poté by mohly být dále distribuovány v těle (Bouwmeester et al., 2009).

### **5.4.2 Distribuce, metabolismus a exkrece**

Jakmile se nanočástice dostanou do krevního oběhu, mohou komunikovat s různými krevními složkami (tj. plazmatické bílkoviny, koagulační faktory, krevní destičky a červené a bílé krvinky) v závislosti na povrchu částic. Tyto interakce mohou mít výrazný vliv na distribuci a vylučování NPs (Bouwmeester et al., 2009).

Rozhodující pro posouzení rizika je potenciál průchodu hematoencefalickou bariérou, placentou a bariérou mezi krví a mateřským mlékem. Existují náznaky, že pro některé nanočástice mohou být tyto bariéry prostupné (Bouwmeester et al., 2009).

Roste počet důkazů, že některé inhalované nanočástice mohou překročit buněčnou stěnu a poté poškodit buňky. Bylo prokázáno, že částice menší než 70 nm mohou vstoupit do buněčného jádra. Tato studie také zjistila hromadění bílkovin v jádrech vedoucí k poškození DNA replikace a transkripce (Chaudhry et al., 2008).

Většina z mála studií, které zkoumaly expozici přes gastrointestinální trakt, zjistila, že nanočástice procházejí gastrointestinálním traktem a jsou rychle odstraněny (Buzby, 2010).

## 5.5 Toxicita stříbra

Toxicita stříbra je pro člověka známá jako argyrie. Nejsou důkazy o tom, že by AgNPs byly toxické pro člověka, jediným negativním vlivem na lidské zdraví je tmavnutí pokožky, v důsledku dlouhodobého vystavení jeho vysoké koncentraci (tzv. Argyrie) (Li et al., 2008).

Ale kvůli jejich malé velikosti a proměnlivým vlastnostem jsou považovány za nebezpečné pro prostředí (Rai, 2009).

Argyrie je vzácné kožní onemocnění, které je způsobené delším kontaktem sliznic se stříbrem nebo po jeho požití, projevující se depozicí stříbra v kůži. Kůže, nehtové lůžko, skléry a ústní sliznice jsou břidlicově modré, šedé až šedě-černé barvy. Častěji se vyskytovala v 19. století ve spojitosti s profesní expozicí. V současné době je riziko například u akupunktury stříbrnými jehlami nebo v alternativní medicíně při použití koloidního stříbra (Rosemary, 2006; White et al., 2003).



**Obr. č. 13** Modro- šedá pigmentace kůže na obličeji a ramenou v kontrastu s obvyklou barvou kůže (Brandt et al., 2005).

V USA je od srpna 1999 koloidní stříbro distribuováno jako doplněk stravy a nepodléhá přísné kontrole jako léky (US Food and Drug Administration). Některé firmy uvádějí, že koloidní stříbro může léčit rakovinu kůže, leukémii a dokonce AIDS. Koloidní stříbro jako doplněk stravy je široce dostupný na internetu (White et al., 2003). Přesný mechanismus není zcela znám, ale požití stříbra způsobuje ukládání stříbro-proteinových komplexů (Brandt et al., 2005). Argyrie typicky nemá žádné systémové projevy, ale pigmentové změny obvykle nevymizí (Rosemary, 2006).

Je známo, že nanočástice stříbra mají silnou antimikrobiální aktivitu, ale v současné době není publikovaný výzkum, který by se zabýval jejich potenciálními účinky na přirozenou střevní mikroflóru (Chaudhry et al., 2008).

*In vitro* toxikologické studie ukázaly, že AgNPs nemusí být tak neškodné k izolovaným savčím buňkám. Zkoumané fibroblasty a glioblastomy vystavené AgNPs snížily obsah ATP, zvýšily produkci reaktivních forem kyslíku, dále měly poškozené mitochondrie, DNA a chromozomální aberace v závislosti na dávce ve srovnání s kontrolou. Toto naznačuje potenciální cytotoxické, genotoxické, antiproliferativní a pravděpodobně karcinogenní vlastnosti AgNPs (Duncan, 2011).

AgNPs při nízkých koncentracích *in vitro* způsobují změny v progresi buněčného cyklu nádorových jaterních buněk, při vyšších koncentracích vyvolaly tyto nanočástice abnormální buněčné morfologie, smrštění buňky. Za určitých podmínek je zde také riziko poškození reprodukčního zdraví mužů (zejména se jedná o velikost AgNPs) (Duncan, 2011).

Zatímco tedy *in vitro* studie ukazují cytotoxicitu AgNPs pro různé savčí buňky, *in vivo* studie, které zkoumaly efekt expozice orální cestou, jsou nejednoznačné. Například u potkanů bylo zjištěno, že nanočástice, které jim byly podány v krmění byly distribuovány do celého organismu, ale jejich účinky byly toxické až při velice vysokých koncentracích. U prasat byla pozorována akumulace v játrech, ale bez toxických účinků. Dále byla prokázána infiltrace lymfocytů a zánět v játrech myši, které byly krmeny jak nano, tak mikro částicemi stříbra. Avšak výpovědní hodnota některých studií nemusí být velká, protože nanočástice byly špatně charakterizovány nebo nebyly charakterizovány vůbec. A také vztah mezi účinky na izolovaných buňkách *in vitro* a účinky v celém organismu není vždy znám (Duncan, 2011).

## 5.6 Toxicita mimo potravinářství

Nedávné výzkumy ukázaly, že inhalované nanočástice se mohou kumulovat v plicích a způsobovat chronické onemocnění, díky jejich malé velikosti (Dudo, 2011). Obavy z možných nepříznivých účinků nanotechnologií souvisejí hlavně s jejich relativně dlouhým přetrváváním v plicní tkáni (tj. až několik měsíců), jejich potenciálem překročit hematoencefalickou bariéru a tak se dostat do mozku a vyvolat jeho poškození a také s jejich absorpcí přes kůži do krevního řečiště (Uskoković, 2007).

Při vdechnutí, jsou nanočástice difuzí rozšířeny do všech částí dýchací soustavy. Malá velikost umožňuje vychytávání v buňkách a přestup do krevního a lymfatického oběhu a tím dosažení potenciálně citlivých cílových míst, jako je kostní dřev, lymfatické uzliny, slezina a srdce. Přístup do centrálního nervového systému a ganglií pomocí přemístění podél axonů a dendritů neuronů byl také pozorován (Oberdörster et al., 2005).

Nanotechnologie mají na jedné straně potenciál způsobovat zánět a prooxidativní aktivitu, na druhé straně je některým nanočásticím připisován antioxidační potenciál. Nanočástice na rozdíl od mikročástic mohou cestovat vzduchem nebo i vodou na mnohem větší vzdálenosti (Uskoković, 2007).

Opalovací krémy jsou na jedné straně doporučovány jako ochrana před škodlivým působením slunečního záření, ale na druhé straně některé nedávné studie naznačují, že by jejich použitím mohlo zvyšovat riziko rakoviny kůže tím, že obsahují organické chemikálie a fotoaktivní částice – např. oxid titaničitý, který v nanorozměrech může snadno proniknout do pokožky a tam potenciálně tvořit volné radikály, které by mohly narušovat DNA sekvence (Uskoković, 2007).

## 5.7 Regulace použití nanotechnologií

Celosvětově sílí tlak na vytvoření vymahatelné definice, která by mohla regulovat použití, schvalování a možné značení nanotechnologických výrobků. V současné době je používána definice, která identifikuje nanomateriály (viz. kap. 1) (Morris, 2011).

Použití nanotechnologií v produkci nových potravin, potravinářských přísad a materiálů určených pro styk s potravinami vyžaduje schválení (Morris, 2011).

Když novinka vzniká řízeným snížením velikosti struktur v rámci produktu, může být při schvalování požadováno zjištění této skutečnosti a zároveň stanoveno, zda jsou stávající postupy přiměřené nebo jsou pro hodnocení potřebné nové postupy. Trendem v současné době je stupňovitý proces hodnocení, který eliminuje nanostruktury, na které se vztahují současné postupy a soustřeďuje pozornost na produkty nanotechnologií, které požadují pro hodnocení nové informace související s jejich velikostí a umožní jejich hodnocení (Morris, 2011).



## 6 Legislativní dokumenty

Využití nanotechnologií v potravinářském průmyslu může představovat potenciální rizika v důsledku používání nových materiálů novým způsobem, proto musí být provedeno hodnocení s cílem identifikovat a kvantifikovat rizika. U všech aplikací této nové technologie musí být zkoumána bezpečnost použití. Současné rozdíly ve světových právních předpisech týkajících se nanotechnologií a bezpečnostních testů, kterým jsou produkty podrobeny, znamenají, že ne všechny produkty splňují stejné bezpečnostní normy (Cushen et al., 2012).

Aktuálně se mezinárodní organizace stále pokoušejí určit a posoudit zdravotní a bezpečnostní rizika spojená s používáním nanotechnologií v potravinářství.

### 6.1 WHO/FAO

Světová zdravotnická organizace (WHO) společně s FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) zveřejnily zprávu o konferenci konané v červnu 2009 na téma *Aplikace nanotechnologií v potravinářském průmyslu a zemědělství- potenciální bezpečnostní dopady*. Tato zpráva uvádí přehled široké škály současných a plánovaných aplikací nanotechnologií v potravinářství a zemědělství (Blasco, Picó, 2011).

Na setkání se shodli, že nanotechnologie nabízí značné příležitosti pro rozvoj inovativních výrobků a aplikací pro zemědělství, úpravu vody a produkci potravin, zpracování, konzervaci a balení a jejich použití může mít prospěch v zemědělství, potravinářském průmyslu i přímo pro spotřebitele. Bylo konstatováno, že potravinářské výrobky vyrobené pomocí nanotechnologií nebo obsahující nanočástice, budou čím dál více k dispozici spotřebitelů na celém světě.

Aktuální přístupy hodnocení rizik používané FAO, WHO a Komisí pro Codex Alimentarius byly posouzeny jako vhodné pro ENMs používané v potravinách a zemědělství. Další bezpečnostní problémy mohou vzniknout v důsledku charakteristických vlastností nanomateriálů, které je odlišují od jejich mikro / makro protějšků. Bylo uznáno, že je potřeba jasných a mezinárodně uznávaných definic a že rozdíly v definicích v oblasti potravin by mohly být vyřešeny Komisí pro Codex Alimentarius (WHO/FAO, 2012).

Dále je v této zprávě uvedeno, jaké legislativy jsou používány na národní úrovni v jednotlivých státech, například v: Austrálii, Novém Zélandu, Kanadě, Číně, EU, Indonésii, Japonsku, USA a Švýcarsku.

Rada Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) ustanovila pracovní skupinu pro nanomateriály jako dceřinou společnost jejího Výboru pro chemické látky (Blasco, Picó, 2011).

## 6.2 USA

Přístup USA se řídí názorem, že "dávka činí z látky jed", takže toxikologické odůvodnění zde není nutné, na základě předpokladu, že expozice těmto látkám je minimální. Naopak Evropský přístup vychází ze zásady, že musí existovat toxikologické údaje o všech látkách bez ohledu na výši předpokládané expozice (Restuccia et al., 2010).

Úřad pro potraviny a léčiva - US Food and Drug Administration (FDA) byl jednou z prvních vládních agentur po celém světě, které měly definovány nanotechnologie (Bouwmeester et al., 2009).

FDA reguluje širokou škálu produktů, včetně potravin, kosmetiky, léků, přístrojů, veterinárních přípravků, a tabákových výrobků, z nichž některé mohou využívat nanotechnologie nebo obsahují nanomateriály (Nanotechnology, 2012).

Vyžaduje, aby výrobci prokazovali bezpečnost potravin a jejich složek, ale nemají žádná zvláštní pravidla pro NPs, protože FDA reguluje výrobky, nikoli výrobní technologie (Blasco, Picó, 2011).

V roce 2006 FDA začala řešit otázky týkající se přiměřenosti použití nanotechnologií a uplatnění regulačních orgánů (Blasco, Picó, 2011).

Zpráva FDA z července 2007 doporučuje zvážení pokynů, které by upřesnily, jaké informace musí výrobce poskytnout FDA o nanoproduktu a také kdy se použitím nanomateriálů změní regulační status výrobku. Cílem je pomoci výrobcům zajistit bezpečnost výrobků (Silvestre et al., 2011).

V USA se nanotechnologiemi a jejich regulací zabývá také agentura ochrany životního prostředí- Environmental Protection Agency (EPA), která je oprávněna regulovat nanomateriály podle několika zákonů (Blasco, Picó, 2011).

### 6.3 EU

Evropská komise (EK) se zaměřuje na posílení nanotechnologie a zároveň, se snaží zvýšit podporu kooperačního výzkumu a vývoje. Dále se zabývá potenciálními dopady nanotechnologií na lidské zdraví a životního prostředí prostřednictvím toxikologických a ekotoxikologických studií.

Evropský parlament a Rada (ES) provádí regulaci výrobků pomocí již existujících regulačních rámců, které mohou být aplikovány na problematiku nanotechnologií (např. chemikálie, ochrana pracovníků a životního prostředí, a konkrétní produkty). Cílem je přezkoumat a případně navrhnout změny právních předpisů EU v příslušných odvětvích.

Zejména důležitá je oblast právních předpisů vztahujících se na používání nových potravin, potravinářských přídatných látek a materiálů, které přicházejí do styku s potravinami (Blasco, Picó, 2011).

Hlavní předpisový rámec EU vztahující se k použití materiálů pro styk s potravinami je stále nařízení (ES) 1935/2004 (viz výňatek dále). Uvádí, že jakýkoliv materiál určený pro styk s potravinami musí být neaktivní, aby se zabránilo, že látky jsou převedeny do výrobku v takovém množství, že by poškodily lidské zdraví nebo způsobily nepřijatelnou změnu složení potraviny nebo jejich vlastností (Silvestre et al., 2011).

Generální ředitelství pro zdraví a ochranu spotřebitele zřídilo vědecký výbor pro vznikající a nově zjištěná zdravotní rizika (SCENHIR – Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks). Tento výbor poskytuje stanoviska k otázkám o vznikajících nebo nově zjištěných zdravotních rizicích a rizicích pro životní prostředí, které vyžadují komplexní hodnocení (SCENIHR, 2013).

### 6.3.1 EFSA

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) určil dvě specifické překážky v provádění hodnocení rizik nanomateriálů:

- obtížná charakterizace, odhalování a měření nanočástic
- nedostatečné toxikologické údaje (EFSA, 2009).

Byla vytvořena vědecká síť pro posuzování rizik nanotechnologií v potravinách a krmivech. Tato vědecká síť měla první schůzi v únoru 2011 a dále, je plánováno jedno zasedání za rok, v současnosti nejbližší bude probíhat na jaře 2013.

Cílem je zlepšit dialog mezi účastníky; budovat vzájemné porozumění při posuzování rizik, zvýšit znalosti o a důvěru ve vědecká posuzování provedených v EU a zajistit větší transparentnost v rámci procesu mezi členskými státy a EFSA. To vše s cílem zvýšit úroveň harmonizace hodnocení rizik na úrovni EU.

Vědecká síť se v současné době skládá ze zástupců 21 členských států Evropské unie a Norska. Kromě této sítě jsou pozorovateli Chorvatsko, Makedonie, Turecko a také Černá Hora. K dispozici je také zastoupení z Evropské komise (EFSA, 2012).

Konkrétní cíle této vědecké sítě jsou (EFSA, 2012):

- Usnadnit harmonizaci hodnotících postupů a metodik pomocí:
  - o sdílení osvědčených posuzování rizik mezi EFSA a členskými státy
  - o diskuse o probíhajících otázkách posuzování rizik aplikací nanotechnologií
  - o diskuse o nových technických vývojiích a hodnocení rizik aplikací nanotechnologií a jejich důsledky pro posouzení rizik v praxi
  - o zaměření pozornosti na zefektivnění společné potřeby výzkumu, který podporuje pokrok v hodnocení rizik
- Zvýšit výměnu informací a dat mezi EFSA a členskými státy Evropské unie:
  - o projednání otázky dostupnosti a kvality údajů potřebných pro účely posouzení rizika aplikací nanotechnologií
  - o sdílení informací a zkušeností při shromažďování údajů a dohledu nad aplikacemi nanotechnologií
  - o identifikace a mapování odborných znalostí v konkrétních oblastech a na konkrétní otázky pro posuzování rizik

- Dosažení synergických efektů při posuzování rizika činností:
  - o identifikace společných témat a oblastí vzájemné spolupráce pro posuzování rizik aplikací nanotechnologií.
  - o diskuse o probíhajících posuzováních, aby se zabránilo duplicitě a divergentním názorům
  - o sdílení a diskuse o prioritách pro posouzení rizik na národní úrovni a na úrovni EU
  - o sdílení rizik prostřednictvím systému pro výměnu informací EFSA

Hlavní dokumenty EFSA zabývající se problematikou nanotechnologií vydané v letech 2009 – 2012:

- 2009 The Potential Risks Arising from Nanoscience and Nanotechnologies on Food and Feed Safety
- 2011 Guidance on the risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain
- 2012 Annual report of the EFSA Scientific Network of Risk Assessment of Nanotechnologies in Food and Feed

### **6.3.2 ILSI Europe**

Mezinárodní institut přírodních věd - International life sciences institute (ILSI) je organizace, která byla založena v roce 1986. ILSI Europe podporuje spolupráci mezi nejlepšími vědci, aby vznikal vědecký konsenzus v oblasti výživy, bezpečnosti potravin, toxikologie, hodnocení rizik, a životního prostředí. ILSI Europe pomáhá vědcům z mnoha odvětví řešit komplexní vědecké a zdravotní problémy a dělit se o své jedinečné znalosti a perspektivy.

V roce 2008, ILSI Europe vytvořila skupinu odborníků na posuzování bezpečnosti nanomateriálů s cílem poskytnout jasné a praktické pokyny jak posuzovat bezpečnost potravin, které mohou obsahovat ENMs (ILSI Publications, 2013).

### 6.3.3 Evropský parlament a Rada (ES)

Legislativa týkající se nanočástic a nanotechnologií v potravinářství je uvedena v **nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 o nových potravinách a nových složkách potravin**

Výňatek z nařízení (ES) č. 258/97:

V článku č. 1 je uvedeno, na které potraviny se toto nařízení vztahuje:

1. na uvádění nových potravin nebo nových složek potravin na trh ve Společenství.
2. na uvádění na trh takových potravin a složek potravin, které dosud nebyly ve významné míře používány na trhu ve Společenství k lidské spotřebě a které patří do těchto skupin:
  - c) na potraviny a složky potravin s novou nebo záměrně modifikovanou primární molekulární strukturou;
  - f) na potraviny a složky potravin, u nichž se použil výrobní postup, který není běžně používán, pokud tento postup způsobuje významné změny ve složení nebo struktuře potravin nebo složek potravin, což ovlivňuje jejich výživovou hodnotu, metabolismus nebo obsah nežádoucích látek.

V článku č. 3 je uvedeno co potraviny, na něž se vztahuje toto zařízení, nesmí:

1. Potraviny a složky potravin, na které se vztahuje toto nařízení, nesmějí
  - představovat nebezpečí pro spotřebitele,
  - uvádět spotřebitele v omyl,
  - být do té míry odlišné od potravin a složek potravin, k jejichž náhradě jsou určeny, aby jejich běžná spotřeba byla pro spotřebitele z hlediska výživy nevhodná.

V článku č. 8 je definována odlišnost mezi běžnou potravinou nebo složkou potraviny a novou potravinou nebo složkou potraviny:

- a) nová potravina nebo složka potraviny se považuje za nadále rovnocennou pro účely tohoto článku, pokud vědecké posouzení založené na vhodné analýze stávajících údajů

může prokázat, že hodnocené charakteristické znaky jsou odlišné ve srovnání s běžnou potravinou nebo složkou potravy s ohledem na uznávané mezní hodnoty přirozených odchylek těchto charakteristických znaků. V tomto případě se musí při označování uvést změněné charakteristické znaky nebo vlastnosti zároveň s postupem, kterým byl tento charakteristický znak nebo vlastnost dosažen;

- b) přítomnosti materiálu, který je obsažen v nové potravině nebo složce potravy a který stávající rovnocenná potrava neobsahuje a který může mít dopady na zdraví určitých skupin obyvatelstva;
- c) přítomnosti materiálu, který je obsažen v nové potravině nebo nové složce potravy a který stávající rovnocenná potrava neobsahuje a který vzbuzuje výhrady etické povahy;

### **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami**

#### Výňatek z nařízení (ES) č. 1935/2004:

Zásada, z níž toto nařízení vychází, spočívá v tom, že jakýkoliv materiál nebo předmět, který je určen pro přímý nebo nepřímý styk s potravinami, musí být dostatečně stabilní, aby se zabránilo přechodu látek do potravin v množstvích, která by mohla ohrozit lidské zdraví nebo způsobit nepříjemnou změnu ve složení potravin nebo zhoršení jejich organoleptických vlastností.

V článku č. 2 jsou definovány mezi jinými i pojmy „aktivní“ a „inteligentní“ materiál:

- a) „aktivními materiály a předměty určenými pro styk s potravinami“ (dále jen „aktivní materiály a předměty“) se rozumějí materiály a předměty, které mají prodloužit životnost nebo zachovat či zlepšit stav balených potravin. Jsou navrženy tak, aby záměrně obsahovaly složky, které uvolňují nebo absorbují látky do nebo z balených potravin nebo prostředí, které potraviny obklopuje;

b) „inteligentními materiály a předměty určenými pro styk s potravinami“ (dále jen „inteligentní materiály a předměty“) se rozumějí materiály a předměty, které sledují stav balených potravin nebo prostředí, které potraviny obklopuje;

V tomto nařízení je uvedeno, že

(5) Aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami jsou vyrobeny tak, aby záměrně obsahovaly „aktivní“ složky, které se mají uvolňovat do potravin nebo které mají naopak absorbovat látky z potravin. Měly by být rozlišovány od materiálů a předmětů, které se tradičně používají k tomu, aby uvolňovaly své přirozené složky do určitých druhů potravin v průběhu jejich výroby, například dřevěné sudy.

(6) Aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami mohou měnit složení nebo organoleptické vlastnosti potravin pouze, pokud jsou tyto změny v souladu s předpisy Společenství vztahujícími se na potraviny, jako je směrnice 89/107/EHS o potravinářských přídatných látkách. Takové látky, jako jsou potravinářské přídatné látky, které se záměrně přidávají do některých aktivních materiálů a předmětů určených pro styk s potravinami, aby se uvolňovaly do zabalенých potravin nebo do prostředí, které tyto potraviny obklopuje, by především měly být povoleny odpovídajícími předpisy Společenství upravujícími potraviny a měly by podléhat i dalším pravidlům zavedeným zvláštními opatřeními.

(7) Aktivní a inteligentní materiály a předměty určené pro styk s potravinami, by neměly měnit složení ani organoleptické vlastnosti potravin a neměly by o stavu potravin poskytovat takové informace, které by mohly být pro spotřebitele zavádějící. Například aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami by neměly uvolňovat nebo absorbovat látky, jako jsou aldehydy nebo aminy s cílem zakrýt počínající kažení potravin. Takové změny, které by mohly měnit známky kažení, by mohly být pro spotřebitele zavádějící, a neměly by proto být povoleny. Podobně by neměly být povoleny ani aktivní materiály a předměty určené pro styk s potravinami, které na potravinách způsobují změnu barvy a poskytují tak nesprávnou informaci o stavu potravin, která by mohla být pro spotřebitele zavádějící.



(9) Látky pro povrchové vrstvy a povlaky, které tvoří součást potravin a které mohou být případně konzumovány spolu s potravinou, by neměly spadat do oblasti působnosti tohoto nařízení. Nařízení by se však mělo vztahovat na látky pro povrchové vrstvy nebo povlaky, které pokrývají povrch sýrů, zpracované masné výrobky nebo ovoce, které však netvoří součást potravin a nejsou určeny ke konzumaci s touto potravinou.

Mimo jiné upravuje také podávání žádostí o povolení nové látky.

### **6.3.4 Evropská komise (EK)**

#### **Nařízení EK č. 450/2009 o aktivních a inteligentních materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami**

##### Výňatek z nařízení (EK) č. 450/2009:

Toto nařízení se také zabývá aktivními a inteligentními materiály, jsou zde také zmiňovány nanočástice: Nové technologie, pomocí kterých se vyrábějí látky ve velikosti částic, jež vykazují chemické a fyzikální vlastnosti významně se lišící od vlastností částic s větší strukturou, například nanočástice, by se měly, pokud jde o riziko, posuzovat individuálně, dokud o této nové technologii nebude k dispozici více informací. Proto by se na ně neměl vztahovat koncept funkční bariéry.

V článku č. 11 je uvedeno, jak označovat potraviny, které obsahují aktivní a inteligentní materiály:

1. Aby mohl spotřebitel identifikovat nejedlé části, označují se aktivní a inteligentní materiály a předměty nebo jejich části vždy, když mohou být považovány za jedlé:

a) slovy „NEJEZTE“ a

b) vždy, je-li to technicky možné, symbolem uvedeným v příloze I.

2. Informace podle odstavce 1 musí být dobře viditelné, zřetelně čitelné a nesmazatelné. Jsou vtištěny písmem o velikosti alespoň 3 mm a jsou v souladu s požadavky podle článku 15 nařízení (ES) č. 1935/2004.

3. Uvolněná účinná látka se považuje za složky ve smyslu čl. 6 odst. 4 písm. a) směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES (2) a vztahují se na ni ustanovení uvedené směrnice.



**Obr.č. 14** Symbol pro nejdle části při značení materiálů určených pro styk s potravinami (Restuccia et al., 2010).

### **Nařízení EK č. 10/2011 o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami**

#### Výňatek z nařízení (EK) č. 10/2011:

(23) Nové technologie umožňují výrobu látek o velikosti částic, jež vykazují chemické a fyzikální vlastnosti, které se značně liší od částic většího rozsahu, například nanočástice. Tyto odlišné vlastnosti mohou vést k odlišným toxikologickým vlastnostem, a proto by měl úřad tyto látky, pokud jde o jejich rizikovost, posuzovat jednotlivě, dokud nebude o příslušné nové technologii známo více informací. Proto by mělo být upřesněno, že povolení, která se zakládají na posouzení rizika částic obvyklé velikosti určité látky, nezahrnují vyráběné nanočástice.

Opět je zde uvedeno, že rizikovost nanočástic musí být posuzována jednotlivě:

(27) ....Nové technologie, pomocí kterých se vyrábějí látky o velikosti částic, jež vykazují chemické a fyzikální vlastnosti, které se značně liší od částic větších rozměrů, například nanočástice, by se měly, pokud jde o jejich rizikovost, posuzovat jednotlivě, dokud o příslušné nové technologii nebude známo více informací. Proto by se na ně koncept funkční bariéry neměl vztahovat.

Článek 9 upravuje zvláštní požadavky týkající se látek:

- a) Látky v nanoformě mohou být používány, pouze jsou-li výslovně povoleny a uvedeny ve specifikacích v příloze I.

**Doporučení EK ze dne 7. února 2007 o kodexu chování pro odpovědný výzkum v oblasti nanovo a nanotechnologií (Brussels, 07/02/2008 , C(2008) 424 final)**

Tento kodex chování poskytuje členským státům, zaměstnavatelům, výzkumným pracovníkům a obecněji všem osobám a organizacím občanské společnosti, které jsou zapojeny ve výzkumu v oblasti nanověd a nanotechnologií, v souladu s pokyny podporují odpovědný a otevřený přístup k výzkumu nanověd a nanotechnologií ve Společenství.

Kodex chování vyzývá všechny zúčastněné strany, aby jednaly odpovědně a vzájemně spolupracovaly. Kodex chování se vztahuje na všechny výzkumné činnosti prováděné v Evropské unii. Kodex chování je dobrovolný. Nabízí soubor obecných zásad a pokynů pro opatření, která mají být přijata všemi zúčastněnými stranami. Měl by usnadnit a podpořit regulační, zlepšit provádění současné regulace a poradit si s vědeckou nejistotou. Kodex chování by také měl být evropským základem pro dialog s třetími zeměmi a mezinárodními organizacemi.

Kodex chování doplňuje stávající předpisy. Neomezuje možnosti členských států poskytovat širší opatření na ochranu v souvislosti s výzkumem nanotechnologií, než je stanoveno v tomto kodexu chování (Commission Recommendation,2007).

Výňatek z doporučení EK:

2. Aby se členské státy snažily dodržovat tyto obecné zásady a pokyny při provádění svých vnitrostátních regulačních výzkumů a při vývoji strategií nebo rozvoji výzkumu a vývoji norem, s ohledem na již existující použitelné postupy nebo předpisy.

## 6.4 Česká republika

Česká republika je zařazena ve společné iniciativě EU v oblasti nanotechnologií, která je zaměřena na bezpečnou a odpovědnou strategii v nanovědách a nanotechnologiích (Kalhotka et al., 2013). V tomto směru bylo publikováno doporučení EK "Kodex chování pro odpovědný výzkum v oblasti nanověd a nanotechnologií" viz výše.

"Kodex chování" je doporučen k dobrovolnému přijetí všemi uživateli v nanovědách a nanotechnologiích. Lze také doporučit, aby byl tento Kodex využíván např. jako podmínka pro financování dané oblasti z veřejných finančních zdrojů. Transparentní chování by mohlo přispět k prevenci možných negativních reakcí veřejnosti, zejména v oblasti bezpečnosti těchto technologií (Ruprich, 2010).

Dále se v ČR touto problematikou měl zabývat *Vědecký výbor pro potraviny*, jehož zřízením bylo pověřeno Ministerstvo Zdravotnictví ČR na základě usnesení vlády ČR č. 1320/2001, ze dne 10. 12. 2001. Tento výbor by se v praxi zabýval otázkami hodnocení zdravotních rizik a komunikaci o riziku v oblasti zdravotní nezávadnosti potravin (potraviny a suroviny k jejich výrobě, výživa, aditiva, pesticidy, kontaminanty chemické i mikrobiologické, GMO potraviny, materiály a předměty přicházejících do styku s potravinami, alimentární onemocnění včetně alergií). Náplň práce výboru měla být odrazem a doplňkem náplně práce některých panelů EFSA. Od roku 2009 činnost tohoto výboru není financována, ale výbor nebyl zrušen (Ruprich, 2011).

## 7 Praktická část

### 7.1 Cíl a hypotézy diplomové práce

#### 7.1.1 Cíl

- Zjistit informovanost a zájem respondentů o nanotechnologie obecně.
- Zjistit jestli se respondenti obávají použití nanotechnologií v potravinářském průmyslu.
- Zjistit jestli respondenti používají nadvýrobky vědomě, či o jejich použití neví.
- Porovnat názor respondentů na nanotechnologie v potravinářství a v jiných odvětvích průmyslu.
- Vypracovat video, které bude součástí dotazníku a bude podávat základní informace o nanotechnologiích a jejich možném použití v potravinářství

#### 7.1.2 Hypotézy

**H<sub>1</sub>** : H<sub>0</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na stupni vzdělání.

H<sub>A</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na stupni vzdělání.

**H<sub>2</sub>** : H<sub>0</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na pohlaví.

H<sub>A</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na pohlaví.

**H<sub>3</sub>**: H<sub>0</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na věku.

H<sub>A</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na věku.

**H<sub>4</sub>** : H<sub>0</sub>: Obava z nanotechnologií v potravinářské oblasti není závislá na pohlaví.

H<sub>A</sub>: Obava z nanotechnologií v potravinářské oblasti je závislá na pohlaví.

**H<sub>5</sub>** : H<sub>0</sub>: Video nemělo podstatný informační význam.

H<sub>A</sub>: Video mělo podstatný informační význam.

## **7.2 Metodika praktické části**

Metodou sběru dat jsem zvolila dotazníkové šetření, které probíhalo jak formou online dotazníku, tak písemnou formou. Dotazník byl vytvořen v dokumentech Google a byl rozeslán pomocí sociální sítě Facebook, emailem a také byl umístěn na blogu a v diskusním fóru jedné online hry. Dále byl distribuován mezi studenty Lékařské fakulty oboru Nutriční terapeut v 1. a 2. ročníku bakalářského studia a mezi jejich rodiče, kdy každý student obdržel dva dotazníky. Dotazník byl také zaslán studentům 1. ročníku navazujícího magisterského studia oboru Nanotechnologie a fyzikální inženýrství na Strojní fakultě VUT v Brně.

Součástí dotazníku bylo video, které bylo vytvořeno v programu PowerPoint a z formy prezentace bylo převedeno do formátu videa. K videu byl vytvořen ve spolupráci se studenty Fakulty sociálních studií komentář, který byl nahrán v prostorách studentského Rádía R. Video bylo umístěno na YouTube a pomocí odkazu bylo vloženo do dotazníku tak, aby si jej každý, kdo vyplňoval online dotazník, spustil na svém počítači. Studentům nutriční terapie bylo video puštěno hromadně v učebně v průběhu vyplňování dotazníku. Těmto studentům byl také zaslán odkaz na video, aby jej prezentovali těm, kterým předali dotazníky k vyplnění. Video je přiloženo ve formě DVD k tištěné formě této diplomové práce.

Dotazníkové šetření bylo zahájeno 29. 1. 2013 a sběr dat byl ukončen 29. 3. 2013. Celkový počet vyplněných dotazníků byl 356. Z toho 85 bylo písemnou formou a 271 bylo online formou. Zpracováno bylo 351 dotazníků. Počet zhlédnutí videa na stránce YouTube bylo 334 (k 29. 3. 2013).

## **7.3 Zpracování dat**

Ke zpracování dat byly výsledky z online dokumentu exportovány do programu Excel, který byl doplněn o dotazníky, které byly vyplněny v papírové formě. Tento soubor byl upraven, z dat byly vytvořeny tabulky a grafy. Hypotézy a statistické zpracování souboru bylo provedeno v programu Statistica 10. Byly použity tyto statistické testy: Chi-kvadrát, Kruskal – Wallis a mediánový test.

## 7.4 Výsledky průzkumu a jejich analýza

### 7.4.1 Pohlaví dotazovaných

Z celkového počtu 351 dotazovaných, bylo rozložení v souboru dotazovaných následující: 141 (40 %) mužů a 210 (60 %) žen.

$H_2$  :  $H_0$ : Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na pohlaví.

$H_A$ : Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na pohlaví.

Zajímáte se o problematiku nanotechnologií?			
Popisky řádků	ano (%)	ne (%)	Celkový součet
Muž	54 (38 %)	87 (62 %)	141
Žena	31 (15 %)	179 (85 %)	210
<b>Celkový součet</b>	<b>85</b>	<b>266</b>	<b>351</b>

Tabulka č. 4: Rozdělení zájmu o nanotechnologie mezi muži a ženami

Hypotéza  $H_2$  byla testována statistickým testem Chi-kvadrát, p- hodnota je menší než  $0,5 \cdot 10^{-5}$ .

$H_0$ , která zní: „Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na pohlaví“ zamítáme.

$H_A$ : Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na pohlaví. Muži se o problematiku nanotechnologií zajímají významně častěji.

### 7.4.2 Věk dotazovaných

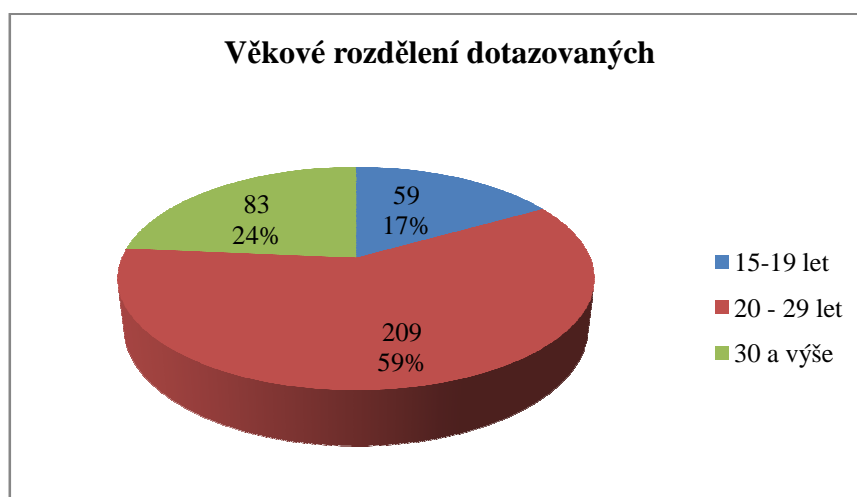
Původní věkové rozložení souboru je uvedeno v tabulce č. 5. Vzhledem k tomu, že věkové skupiny 46 – 59 let a 60 let a výše jsou v tomto souboru respondentů zastoupeny minimálně, bylo z důvodu statistického zpracování provedeno sloučení těchto dvou skupin se skupinou 30 – 45 let. (graf č. 1)

Věková skupina	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
15-19 let	59	17
20 - 29 let	209	59
30 - 45 let	42	12
46 - 59 let	27	8
60 let a výše	14	4

**Tabulka č. 5:** Původní věkové skupiny

Věková skupina	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
15-19 let	59	17
20 - 29 let	209	59
30 a výše	83	24

**Tabulka č. 6:** Sloučené věkové skupiny



**Graf č. 1** Věkové rozdělení dotazovaných

**H<sub>3</sub>:** H<sub>0</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na věku.

H<sub>A</sub>: Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na věku.

Zajímáte se o problematiku nanotechnologií?	ano (%)		Celkový součet
	ano (%)	ne (%)	
15 - 19 let	12 (20 %)	47 (80 %)	59
20 - 29 let	56 (27 %)	153 (73 %)	209
30 let a výše	17 (20 %)	66 (80 %)	83
<b>Celkový součet</b>	<b>85</b>	<b>266</b>	<b>351</b>

**Tabulka č. 7:** Rozdělení zájmu o nanotechnologie dle věku.

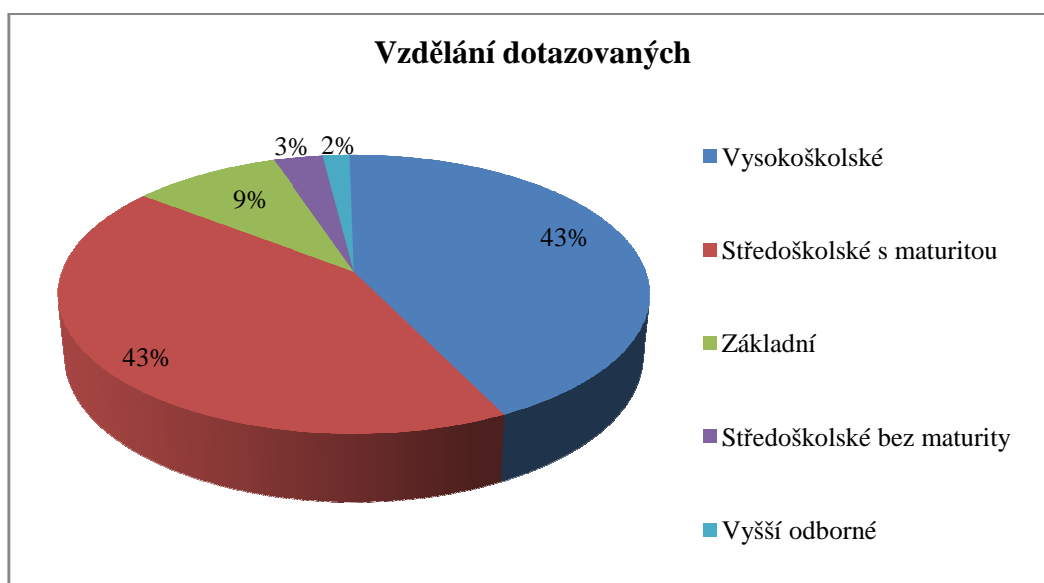


Hypotéza  $H_3$  byla testována statistickým neparametrickým testem Kruskal – Wallis test, p-hodnota 0,3935.

$H_0$ , která zní: „Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na věku“ nezamítáme. V nejpočetnější skupině osob ve věku 20 – 29 let bylo sice těch, kteří se o nanotechnologie zajímají, více, ale rozdíl proti oběma dalším věkovým skupinám nebyl statisticky významný.

### 7.4.3 Vzdelání dotazovaných

Z celkového počtu respondentů uvedlo vysokoškolské vzdělání 151 dotazovaných (43 %), středoškolské s maturitou 150 dotazovaných (43 %), základní 33 dotazovaných (9 %), středoškolské bez maturity 11 dotazovaných (3 %) a 6 dotazovaných (2 %) uvedlo vyšší odborné vzdělání.



Graf č. 2 Vzdelání dotazovaných

$H_1$  :  $H_0$ : Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na stupni vzdělání.

$H_A$ : Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na stupni vzdělání.

Zajímáte se o problematiku nanotechnologií?				
Vzdělání	Popisky řádků	ano (%)	ne (%)	Celkový součet
	Základní	6 (18 %)	27 (82 %)	33
	Středoškolské bez maturity	1 (9 %)	10 (91 %)	11
	Středoškolské s maturitou	24 (16 %)	126 (84 %)	150
	Vyšší odborné	3 (50 %)	3 (50 %)	6
	Vysokoškolské	51 (34 %)	100 (66 %)	151
	<b>Celkový součet</b>	<b>85</b>	<b>266</b>	<b>351</b>

Tabulka č. 8: Zájem o nanotechnologie z hlediska vzdělání dotazovaných

Hypotéza  $H_3$  byla testována statistickým neparametrickým Kruskal – Wallis testem, p-hodnota 0,018 a také mediánovým testem, kde hodnota  $p = 0,0017$ .

$H_0$ , která zní: „Zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na stupni vzdělání“ zamítáme.

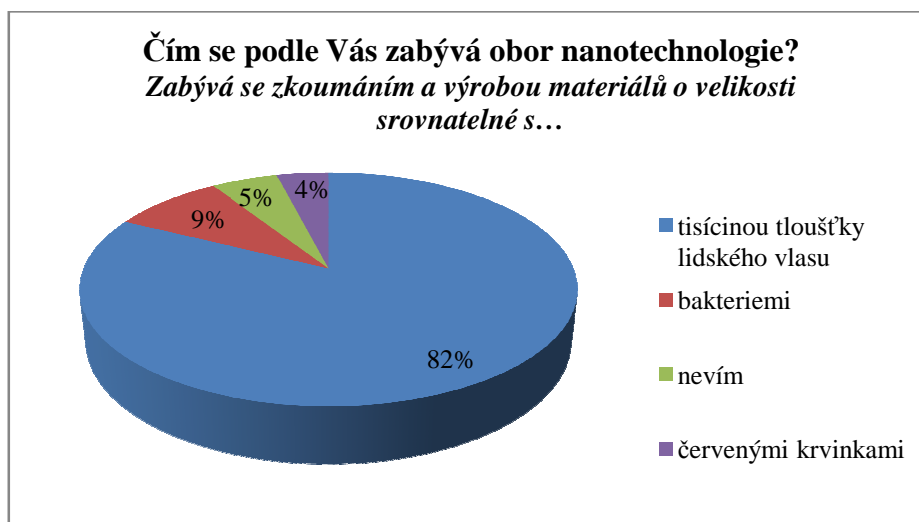
$H_A$ : Zájem o informace v oblasti nanotechnologií je závislý na stupni vzdělání. Dotazovaní s vyšším odborným a vysokoškolským vzděláním se o problematiku zajímají významně častěji.

#### 7.4.4 Znalost pojmu nanotechnologie

Byla zjišťována znalost „pojmu nanotechnologie“. Kladně odpovědělo 302 (86%) dotazovaných. Muži odpověděli kladně častěji 131 (93 %), než ženy 171 (81 %). Tento pojem neznalo 49 (14 %) dotazovaných z toho 10 mužů (7 %) a 39 žen (19 %).

U otázky, čím se zabývá obor nanotechnologie, měli respondenti na výběr ze tří odpovědí. Odpověď byla uvozena větou: *Zabývá se zkoumáním a výrobou materiálů o velikosti srovnatelné s...*

Správných odpovědí bylo 289 (82 %) - obor nanotechnologie se zabývá zkoumáním a výrobou materiálů o velikosti srovnatelné s tisícinou tloušťky lidského vlasu. Další nabídnuté odpovědi byly, že se jedná o velikost srovnatelnou s bakteriemi, tuto odpověď zvolilo 30 dotazovaných (9 %). A odpověď, že se jedná o materiály o rozměrech srovnatelných s červenými krvinkami, vybralo 14 (4 %) dotazovaných. Odpověď nevím uvedlo 18 (5 %) dotazovaných.



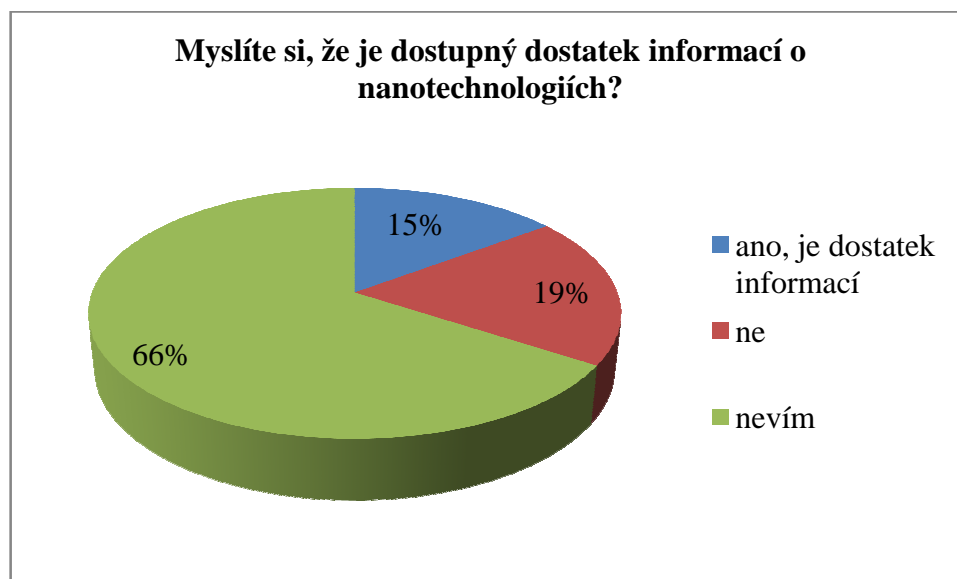
**Graf č. 3** Čím se podle Vás obor nanotechnologie zabývá?

#### **7.4.5 Zdroje informací o nanotechnologiích – dostupnost, dostatečnost**

Zdrojem informací o nanotechnologiích je nejčastěji internet. Uvedlo jej 48 % dotazovaných, 27 % dotazovaných čerpá informace z literatury (knihy, časopisy), 17 % z televize, 8 % jiným způsobem. Mezi odpověďmi „jinak“ byla pro 14 (86 %) dotazovaných zdrojem informací škola, jednou (7%) bylo uvedeno, že dotazovaný čerpá informace z legislativních dokumentů a jedna (7%) odpověď byla, že informace získává od přátel.

Další otázka zkoumala, jak dotazovaní hodnotí množství a dostupnost informací o nanotechnologiích. Největší část dotazovaných 231 (66 %) neví, jestli je dostatek informací. Že je informací dostatek uvedlo 52 dotazovaných (15 %). Nedostatek informací o nanotechnologiích pociťuje 68 (19 %) dotazovaných, u nich bylo v následující otázce zjišťováno, jaké informace jim konkrétně schází. Nejvíce dotazovaní uváděli, že jim schází informace o bezpečnosti nanovýrobků a rizicích spojených s jejich použitím (42 %). Dále

dotazovaným schází informace o obsahu nanočástic na obalu výrobku (31 %) a vadí jim nedostatečné informace o konkrétních výrobcích (27 %).



**Graf č. 4** Myslíte si, že je dostupný dostatek informací o nanotechnologiích?

#### 7.4.6 Použití nanovýrobků mezi dotazovanými

Otázka „Používáte nějaký nanovýrobek?“ byla částečně otevřená. Pokud dotazovaní uvedli, že nějaký výrobek používají - 23% odpovědí, byli požádáni o uvedení typu výrobku. Když uvedli, že ne - 16 % odpovědí, měli specifikovat z jakého důvodu.

Nejvíce dotazovaných - 61% odpovědělo, že neví, jestli nějaký nanovýrobek používá. Otevřené odpovědi „ano“ jsem rozdělila do skupin, podle typu nanovýrobku: „ano používám tento...“

	Absolutní četnost
Oblečení a obuv	41
Kosmetika, hygienické potřeby, kontaktní čočky	18
Impregnace	15
Elektronika	14
Čisticí prostředky	2
Léky	2
Potravinářská oblast	3
Jiné	21

**Tabulka č. 9:** Dotazovanými používané nanovýrobky

U odpovědi „ne“ měli dotazovaní doplnit: „protože...“

	Absolutní četnost
Dosud jsem na žádný nenarazil/a.	16
Nechci, nemám potřebu.	6
Je to nebezpečné, nemám dost informací.	3
Jiné	3

**Tabulka č. 10:** Důvody proč dotazovaní nepoužívají nanovýrobky

Odpovědi typu „jiné“, zahrnovaly odpověď: ne protože je to drahé a ne protože to co je prezentováno jako „nano“ je ve většině případů ještě stále mikro.

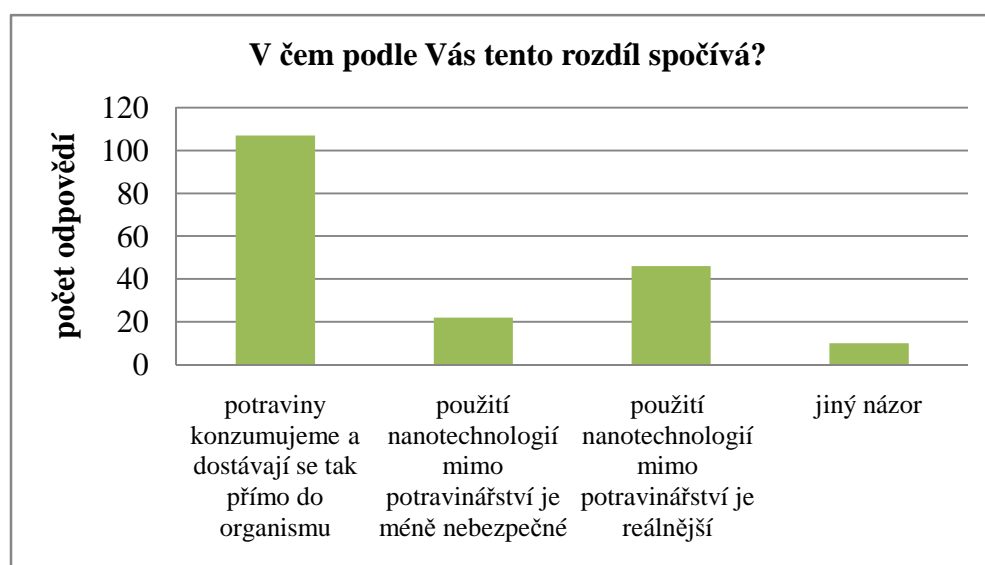
Z dalších výrobků, které dotazovaní používají, byly uvedeny síto v pekárně, nanopodložky do auta, slitiny v autě, koloidní roztoky v práci, nanovláknem k výrobě kompozitů, nanočástice v laboratoři a v experimentech.

#### **7.4.7 Vnímaný rozdíl mezi použitím v potravinářství a v jiném průmyslu**

Dále byli dotazovaní požádáni o vyjádření názoru na použití nanotechnologií v jiném než potravinářském průmyslu. Že je rozdíl mezi použitím nanotechnologií v potravinářství a v jiném průmyslu si myslí 185 (53%) dotazovaných. Naopak 41 (12%) dotazovaných nevidí rozdíl v oblasti použití a poměrně velké množství dotazovaných 125 (35%) uvedlo, že neví, jestli existuje rozdíl.

Dotazovaní, kteří v předchozí otázce uvedli, že vidí rozdíl mezi použitím v potravinářství a jiných oblastech, měli uvést, v čem tyto rozdíly podle nich spočívají. Byly nabídnuty tři konkrétní možnosti a také možnost uvést vlastní názor. Většina 107 (58 %) dotazovaných uvedla, že rozdíl spočívá v tom, že potraviny jsou konzumovány a dostávají se tak přímo do organismu, 46 (25 %) dotazovaných považuje použití v jiných oblastech za reálnější, 22 (12 %) dotazovaných považuje použití nanotechnologií v jiných oblastech za méně nebezpečné. Vlastní názor uvedlo 10 (5 %) dotazovaných, někteří ve smyslu již nabídnuté možnosti, že se potraviny konzumují a tak jsou v těsnějším kontaktu s organismem člověka. Dále, že se nanočástice dostanou do koloběhu a následně se mohou

vymknout kontrole. Jeden dotazovaný uvedl, že nezná žádnou odbornou studii, která by se zabývala vlivem nanočástic na lidské tělo a obává se účinků z dlouhodobějšího horizontu. Dalším názorem bylo, že je rozdíl v měřítku možného použití a využití, které je větší v jiných oblastech, v druhu používaných materiálů, jejich velikosti a jiné technologii výroby a zpracování. Také se objevil názor, že v jiném průmyslu je dlouhodobější expozice a má větší dopady, než nanotechnologie v potravinářství. Dalším názorem bylo, že je to jedno, protože nanočástice tak jako tak procházejí tkáněmi.

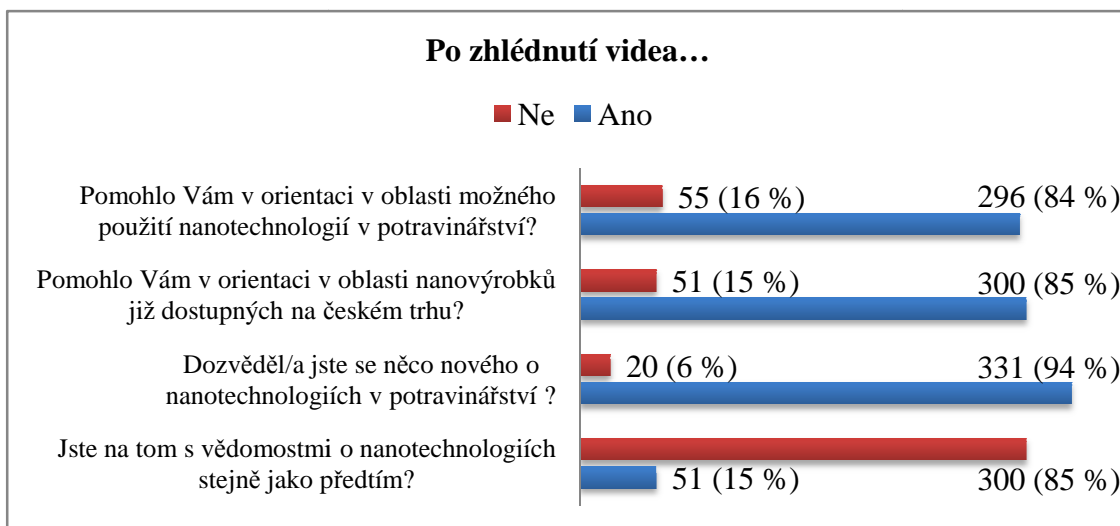


Graf č. 5 V čem podle Vás tento rozdíl spočívá?

#### 7.4.8 Hodnocení informační přínosnosti videa

Video, které bylo součástí dotazníku, mělo dotazovaným poskytnout základní informace o nanotechnologiích a jejich využití v potravinářství.

Po zhlédnutí videa byla série otázek zabývajících se samotným videem, aby byla získána zpětná vazba o tom, jak dotazovaným video pomohlo v nabytí nových informací o nanotechnologiích obecně a nanotechnologiích v potravinářství a také jestli pomohlo v orientaci již dostupných výrobků na českém trhu. Většina dotazovaných potvrdila, že video splnilo informační úlohu (graf č. 6).



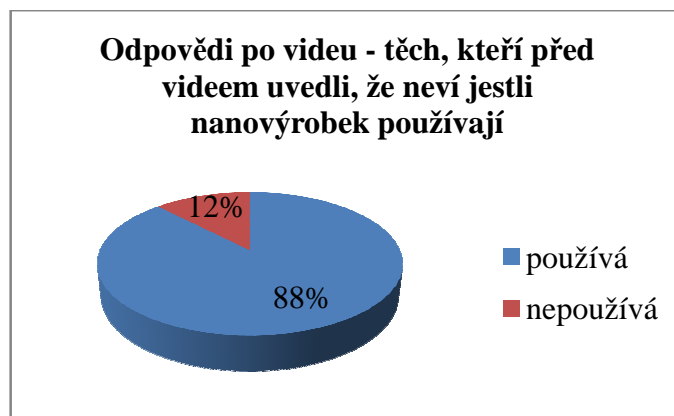
**Graf č. 6** Po zhlédnutí videa...

Další otázka zjišťovala, zda si někteří dotazovaní po zhlédnutí informačního videa uvědomili, že se již s výrobky obsahující nanočástice setkali a použili je. I v tomto ohledu většině dotazovaných video rozšířilo poznání (graf č. 7)



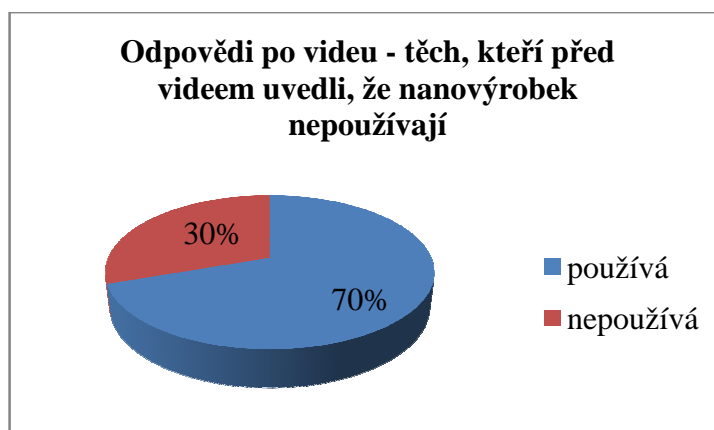
**Graf č. 7** Uvědomění si použití nanovýrobku po zhlédnutí videa

Bylo porovnáno 213 výpovědí dotazovaných, kteří před zhlédnutím videa nevěděli, jestli nějaký nanovýrobek používají; po zhlédnutí videa 187 (88 %) dotazovaných uvedlo, že nanovýrobek použilo nebo používá a 26 (12 %) ani po videu nevedlo, že nanovýrobek používá.



**Graf č. 8** Odpovědi po videu - těch, kteří před videem uvedli, že neví jestli nanovýrobek používají

Z 56 dotazovaných, kteří na tutéž otázku odpověděli, před zhlédnutím videa, že nanovýrobky nepoužívají, si 39 (70 %) po zhlédnutí videa uvědomilo, že tomu tak není; naopak 17 (30%) dotazovaných potvrdilo také po videu, že žádný nanovýrobek nepoužívají.



**Graf č. 9** Odpovědi po videu - těch, kteří před videem uvedli, že nanovýrobek nepoužívají

V nabídnutých odpovědích mohli vybírat především z výrobků, které byly uvedeny ve videu, ale mohli také uvést jiný výrobek. Nejčastěji bylo uváděno, že někdy použili nebo používají krém na opalování, deodorant se stříbrem, nanoimpregnaci a ponožky se stříbrem. Kromě v dotazníku nabídnutých výrobků byly dále uváděny tyto: obal na kontaktní čočky, roztok na kontaktní čočky, elektronika, potah na matraci se stříbrem (tab. č. 11).



Dotazovaní mohli z nabídnutých množností zvolit více výrobků, většina dotazovaných po videu uvedla, že si uvědomila, že používá více výrobků - průměrně se jednalo o 4 výrobky.

	Absolutní četnost
Krém na opalování	148
Deodorant se stříbrem	143
Nanoimpregnace	138
Ponožky se stříbrem	100
Oděv se stříbrem	94
Bělící zubní pasta s nanočásticemi	91
Čisticí prostředek s nanočásticemi	82
Kuchyňské potřeby s antibakteriální úpravou	72
Kosmetika se stříbrnými částicemi	71
Lednice s antibakteriální úpravou	68
"Zdravá láhev"	58
Vložky do bot se stříbrem	55
Punčochové kalhoty se stříbrem	38
Nanonátěr na stěnu, beton, kov, sklo, dřevo	37
Kosmetika se zlatými částicemi	26
Jiné	9

**Tabulka č. 11:** Nanovýrobky, jejichž použití dotazovaní uvedli po zhlédnutí videa

$H_5$  :  $H_0$ : Video nemělo podstatný informační význam.

$H_A$ : Video mělo podstatný informační význam.

<b>Dozvěděl/a jste se něco nového o nanotechnologiích v potravinářství?</b>			
<b>Popisky řádků</b>	<b>ano (%)</b>	<b>Ne (%)</b>	<b>Celkový součet</b>
Četnost	331 (94 %)	20 (6 %)	351
Očekávaná četnost	176 (50 %)	175 (50 %)	351

**Tabulka č. 12:** Četnost a očekávaná četnost dotazovaných, kteří se (ne)dozvěděli nové informace o nanotechnologiích v potravinářství.

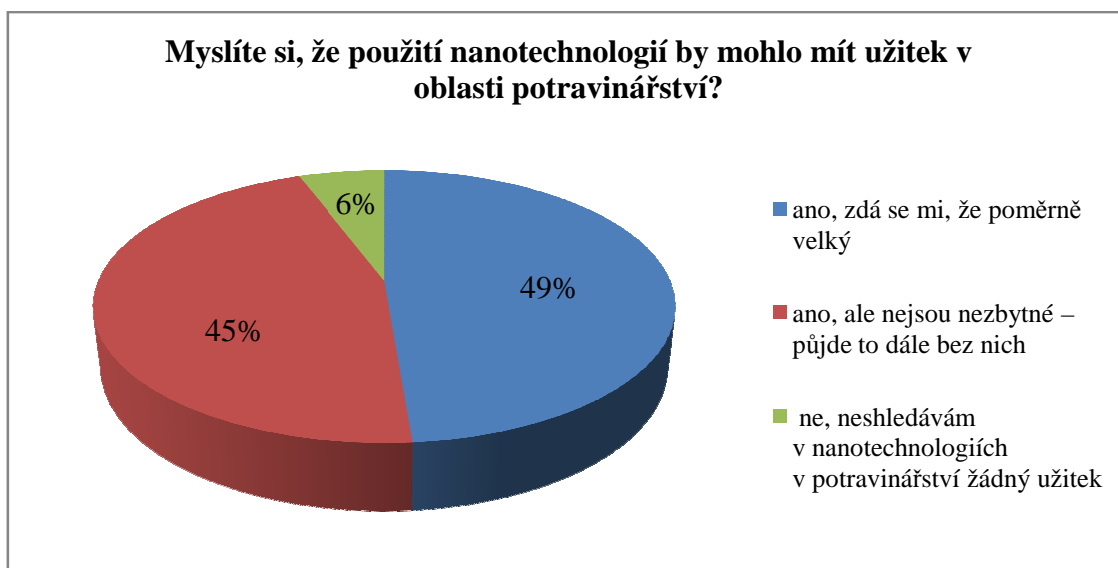
Hypotéza  $H_5$  byla testována statistickým testem Chi-kvadrát, p- hodnota je menší než  $0,5 \cdot 10^{-5}$ .

$H_0$ , která zní: „Video nemělo podstatný informační význam.“ zamítáme.

$H_A$ : Video mělo podstatný informační význam. Většina dotazovaných se dozvěděla něco nového o problematice nanotechnologií v potravinářství.

#### 7.4.9 Využití nanotechnologií v potravinářství

Další otázka zjišťovala názor dotazovaných na potenciální budoucí užitek v oblasti potravinářství. Téměř shodný počet dotazovaných 171 (49 %) očekává od nanotechnologií v oblasti potravinářství velký užitek s těmi, kteří s použitím souhlasí ale s výhradou, že to není nezbytné 160 (45 %) dotazovaných. Žádný užitek v oblasti potravinářství neshledává 20 (6 %) dotazovaných.

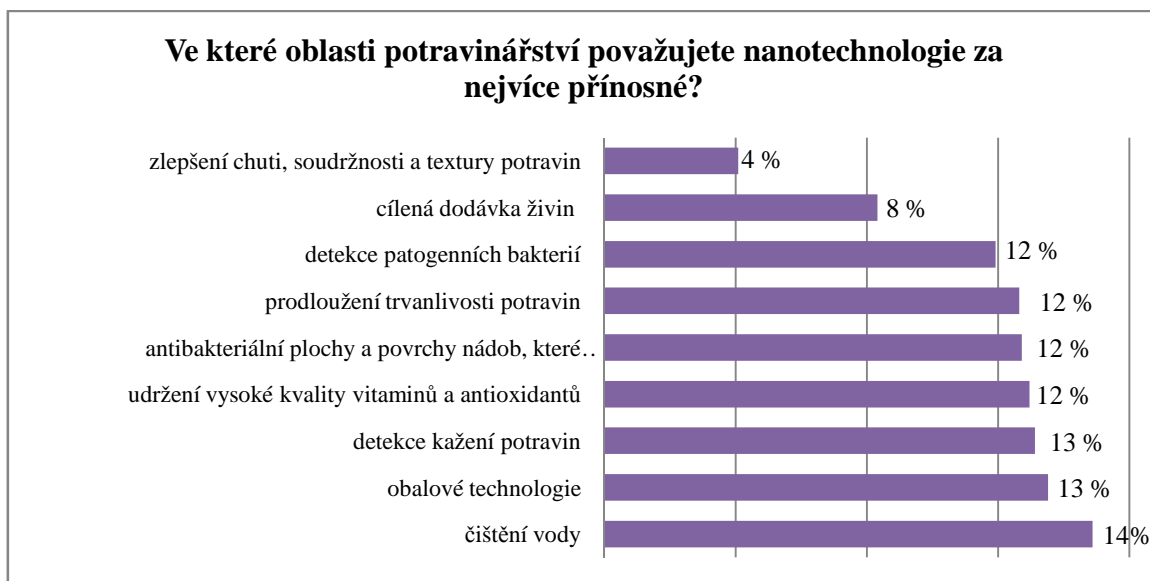


**Graf č. 10** Myslíte si, že použití nanotechnologií by mohlo mít užitek v oblasti potravinářství?

Na základě nastínění možných použití nanotechnologií v potravinářství ve videu, byli dotazovaní požádáni o určení oblasti potravinářství, kde se jim použití nanotechnologií jeví jako nejvíce přínosné. Z nabídnutých odpovědí mohli zvolit více možností. Na grafu č. 11 je znázorněn počet zvolení konkrétního použití. Oblasti možného použití jsou seřazeny dle četnosti názorů dotazovaných.

Za nejméně přínosnou oblast dotazovaní považovali zlepšení chuti, soudržnosti a textury potravin a cílenou dodávku živin. Poměrně vyrovnaně vyšly oblasti použití, jako jsou detekce patogenních bakterií, prodloužení trvanlivosti, antibakteriální plochy a povrchy, udržení vysoké kvality vitaminů a antioxidantů.

Mezi tři nejvíce přínosné oblasti použití nanotechnologií v potravinářské oblasti dotazovaní řadili detekci kažení potravin, obalové technologie a čištění vody.



**Graf č. 11** Ve které oblasti potravinářství se Vám jeví nanotechnologie jako nejvíce přínosné?

#### **7.4.10 Hodnocení bezpečnosti nanotechnologií v potravinářství**

Za nebezpečné považuje nanotechnologie v potravinářství 142 (40 %) dotazovaných. Většina 209 (60 %) dotazovaných uvedla, že nanotechnologie v potravinářské oblasti považuje za bezpečné. Mezi muži a ženami nebyly v těchto názorech statisticky významné rozdíly (tab. č. 12).

$H_4$ :  $H_0$ : Obava z nanotechnologií v potravinářské oblasti není závislá na pohlaví.

$H_A$ : Obava z nanotechnologií v potravinářské oblasti je závislá na pohlaví.

Považujete nanotechnologie v potravinářství za nebezpečné?			
Popisky řádků	ne (%)	ano (%)	Celkový součet
muž	78 (55 %)	63 (45 %)	141
žena	131 (62 %)	79 (38 %)	210
<b>Celkový součet</b>	<b>209</b>	<b>142</b>	<b>351</b>

Tabulka č. 12: Rozdíl ve vnímání bezpečnosti nanotechnologií v potravinářství mezi muži a ženami

Hypotéza  $H_4$  byla testována statistickým testem Chi-kvadrát, p- hodnota 0,186.

$H_0$ , která zní: „Obava z nanotechnologií v potravinářské oblasti není závislá na pohlaví“ nezamítáme.

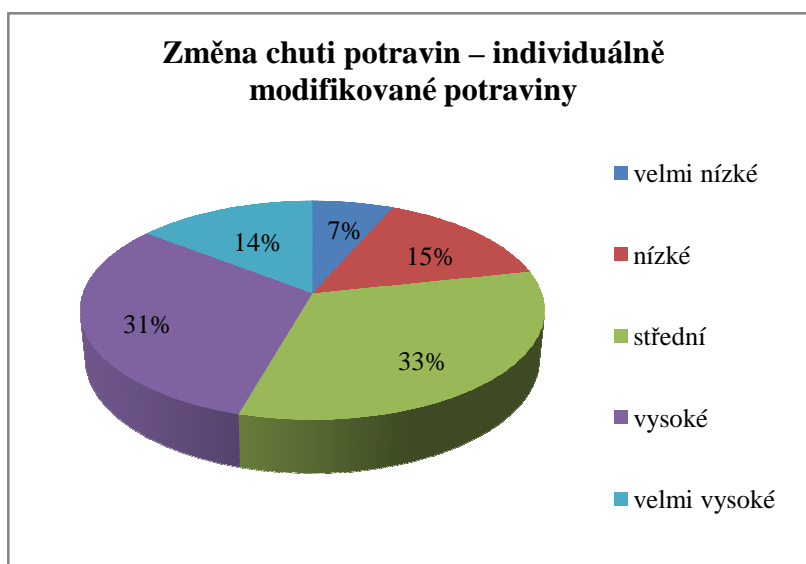
Míra rizika	Obaly potravin	Dodávka živin a aditiv pomocí nanokapslí	Čištění vody	Změna chuti potravin – individuálně modifikované potraviny	Plochy a povrchy nádob z nanomateriálu, které přicházejí do styku s potravinami	Detekce patogenních bakterií	Detekce kažení potravin	Krémy se zlatými/ stříbrnými nanočásticemi	Opalovací krémy s nanočásticemi ZnO	Deodoranty s nanočásticemi stříbra	Zubní pasta s nanočásticemi	Desinfekční spreje a ubrousky s nanočásticemi	Prací prášky mýdla s nanočásticemi	Oděvy a textil s nanočásticemi	Čistič prostředky s nanočásticemi	Impregnace a nátěry s nanočásticemi
1	108	45	76	23	90	87	85	64	65	55	45	91	92	141	127	158
2	137	88	121	53	123	132	130	108	111	112	106	134	128	130	124	109
3	78	124	96	115	106	99	99	115	112	110	120	92	106	66	73	61
4	21	67	45	109	24	26	28	46	49	56	61	28	18	11	20	18
5	7	27	13	51	8	7	9	18	14	18	19	6	7	3	7	5
průměr	2,1	2,8	2,4	3,3	2,3	2,2	2,3	2,6	2,5	2,6	2,7	2,2	2,2	1,9	2,0	1,9
medián	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2
modus	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	3	2	2	1	1	1

Tabulka č. 13: Vnímané riziko u konkrétního použití

Dotazovaní byli také požádáni o určení míry rizika, kterou vnímají u konkrétního použití nanotechnologií. Riziko měli označit na stupnici 1 – 5.

1 – velmi nízké riziko, 2 – nízké riziko, 3 – střední riziko, 4 – vysoké riziko, 5 – velmi vysoké riziko (tab. č. 13).

Z výsledků byl vypočítán průměr, medián a modus. Nejvyšší hodnota rizika byla dotazovanými vnímána u změny chuti potravin – individuálně modifikované potraviny získaly průměrně stupeň vnímaného rizika 3,3 – střední riziko. 31 % dotazovaných toto použití hodnotilo jako vysoce rizikové a 14 % jako velmi vysoce rizikové (graf č. 12).

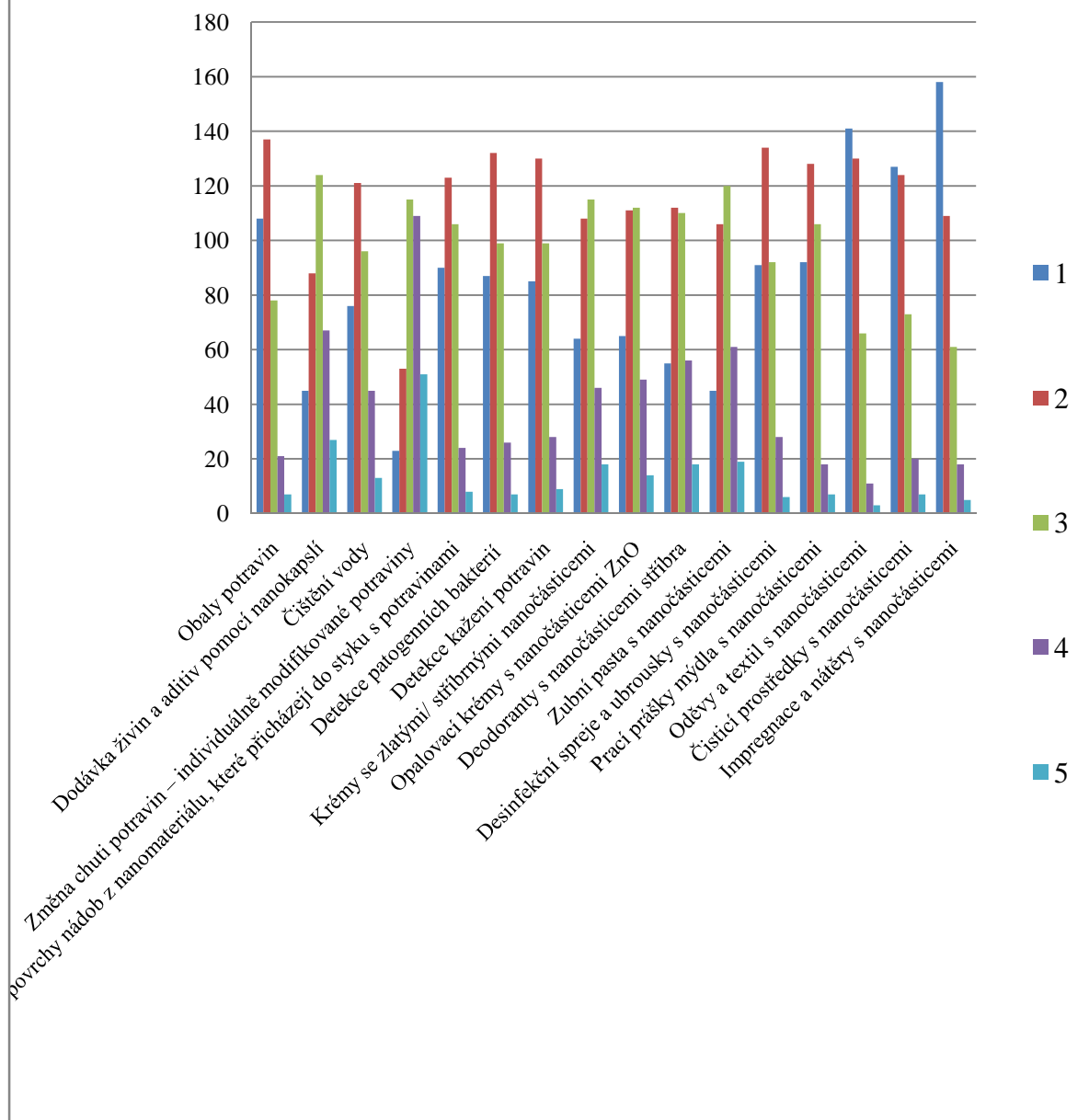


Graf č. 12 Změna chuti potravin – individuálně modifikované potraviny

Průměrně střední riziko také vyšlo u dodávky živin a aditiv, krémů se zlatými/stříbrnými nanočásticemi, opalovacích krémů, deodorantů s nanočásticemi stříbra a také u zubní pasty s nanočásticemi.

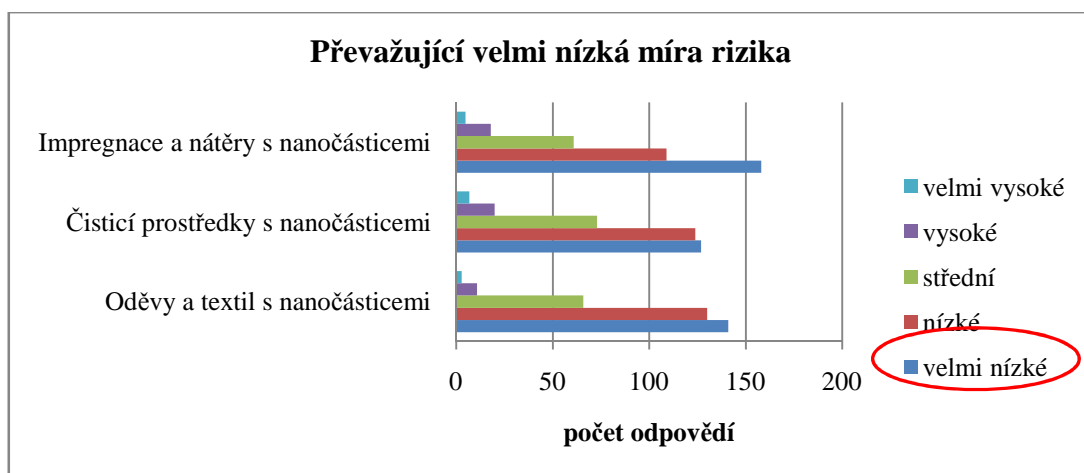
V průměru nízké riziko dotazovaní vnímají u obalů potravin, čištění vody, ploch a povrchů z nanomateriálů, které přicházejí do styku s potravinami, při detekci patogenních bakterií, detekci kažení potravin, dále desinfekční spreje a ubrousky s nanočásticemi, prací prášky a mýdla s nanočásticemi, oděvy a textil, čisticí prostředky, impregnace a nátěry s nanočásticemi.

### Vnímání míry zdravotního rizika u konkrétních výrobků s obsahem nanočástic.



Graf č. 13 Vnímání míry zdravotního rizika u konkrétních výrobků s obsahem nanočástic.

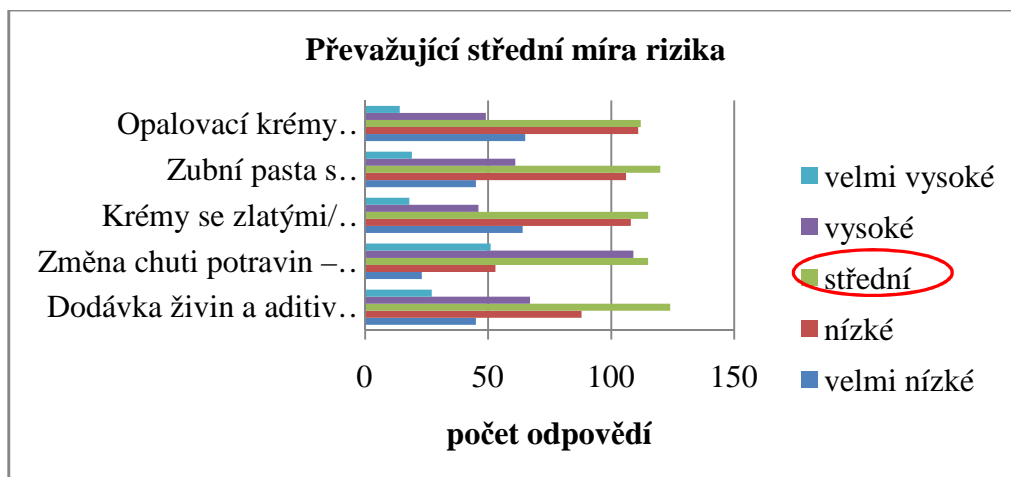
Na následujících grafech jsou znázorněny odpovědi dle převažující míry rizika.



**Graf č. 14** Převažující velmi nízká míra rizika



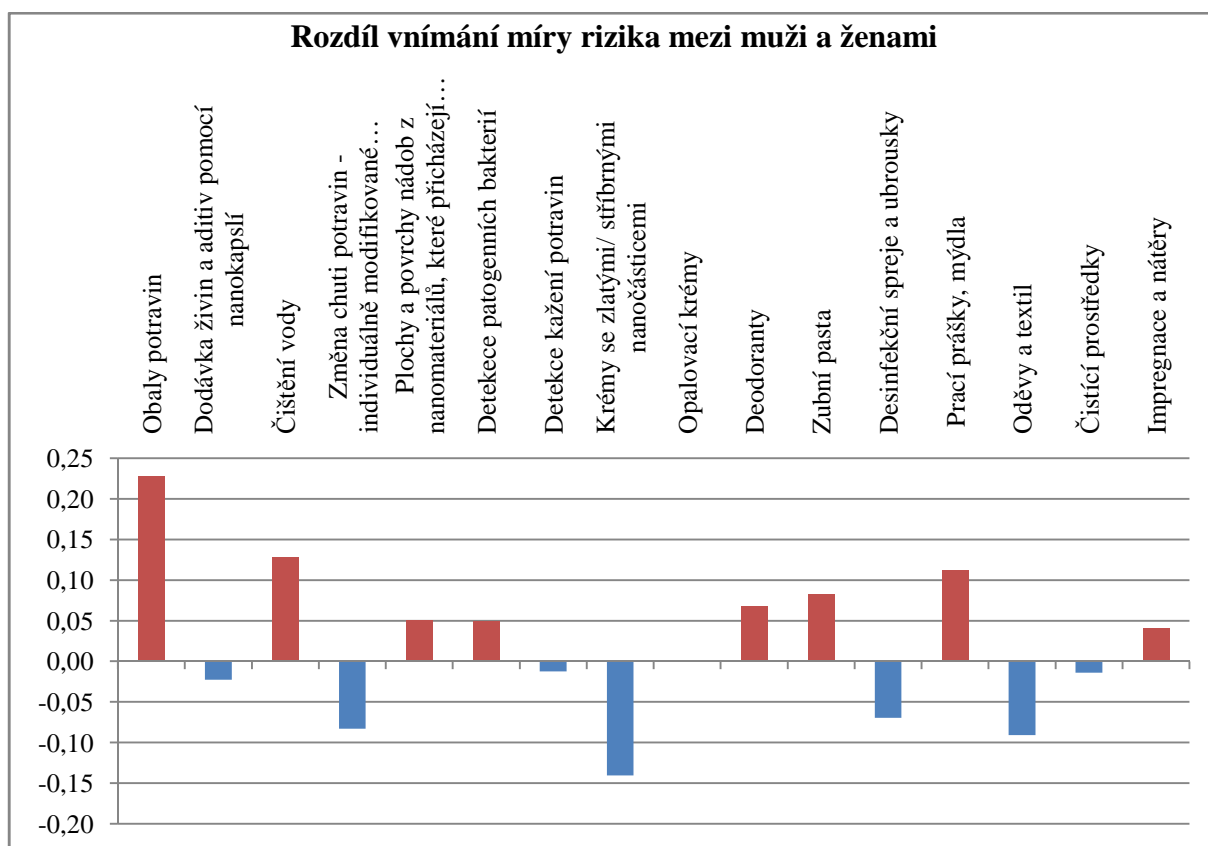
**Graf č. 15** Převažující nízká míra rizika



Graf č. 16 Převažující střední míra rizika

Bylo hodnoceno vnímání rizika u mužů a u žen. Graf č. 17 vyjadřuje rozdíly průměrů vnímání rizika v daných oblastech mezi ženami a muži. Hodnoty nad osou znamenají, že u těchto konkrétních výrobků vnímají větší riziko ženy, pod osou muži. Velikost sloupce značí míru rozdílnosti vnímání rizika. Oblasti, v nichž se muži se ženami nejvíce rozcházejí, jsou obaly potravin, ze kterých mají ženy větší obavy, a krémy se zlatými/stříbrnými nanočásticemi, ze kterých mají naopak větší obavy muži. Z grafu je také patrné, že ženy v průměru vnímají rizikovost nanotechnologií více než muži.





**Graf č. 17** Rozdíl vnímání míry rizika mezi muži a ženami

#### **7.4.11 Přijetí nanotechnologií v potravinářství**

Dále bylo zjišťováno, jestli by dotazovaní uvítali použití nanotechnologií v potravinářství. Většina 265 (75%) dotazovaných uvedla, že by jejich použití uvítala. Naopak 86 (25%) dotazovaných je proti, jejich postoj byl zkoumán v následující otázce. Rozdíly v odpovědích mezi muži a ženami nebyly.

Z celkového počtu 86 dotazovaných, kteří odpověděli, že by neuvítali použití nanotechnologií v potravinářství, svou odpověď rozvedlo 76 (88%) dotazovaných, 10 dotazovaných (12 %) uvedlo pouze ne, bez podrobnějšího vysvětlení.

Důvody, které byly zmiňovány nejčastěji jsou uvedeny v tab. č. 14:

	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
Nedostatek informací a výzkumů, protichůdné názory	28	33
Obava z rizik	24	28
Nepřirozenost	16	19
Jiné	9	11
Nedůvěra v inovace v potravinářské oblasti	8	9

**Tabulka č. 14:** Důvody, proč by dotazovaní neuvítali použití nanotechnologií v potravinářství

Mezi odpovědi jiného typu patřily: „Je to tak malé, že si to nedovedu představit.“ Další názor, že větší využití dotazovaný vidí v jiných průmyslových odvětvích. Názorem jednoho z dotazovaných je také to, že: „v potravinách je už tolik přídatných látek, tak proč ještě přidávat něco dalšího, avšak pokud by tyto technologie zcela nahradily současné konzervanty a suplementy a byly méně škodlivé, tak s jejich použitím budu souhlasit.“ Jedním z názorů byla také vysoká cena: „výhodnější se zaměřit na oblasti, kde to bude mít větší význam, záleží na oblasti použití – obalový materiál by mi nevadil.“

## 7.5 Závěrečné vyhodnocení hypotéz

Hypotéza č. 1: předpokládala jsem, že zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na stupni vzdělání. Tato hypotéza byla zamítnuta. Zvýšený zájem o nanotechnologie významně souvisel s vyšším dosaženým vzděláním.

Hypotéza č. 2: předpokládala jsem, že zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na pohlaví. Tato hypotéza byla rovněž zamítnuta. Protože dotazovaní muži se o problematiku nanotechnologií zajímají významně více než ženy.

Hypotéza č. 3: předpokládala jsem, že zájem o informace v oblasti nanotechnologií není závislý na věku. Tato hypotéza nebyla zamítnuta. Rozdíl mezi věkovými skupinami a zájmem o problematiku nanotechnologií nebyl statisticky významný. Skupina osob ve věku 20 – 29 let byla sice nejpočetnější, ale nezajímá se o nanotechnologie významněji, než jiné věkové skupiny.

Hypotéza č. 4: předpokládala jsem, že obava z nanotechnologií v potravinářské oblasti není závislá na pohlaví. Tato hypotéza také nebyla zamítnuta. Protože zjištěný rozdíl mezi obavou z použití nanotechnologií u mužů a žen v potravinářství, není významný.

Hypotéza č. 5: předpokládala jsem, že video nemělo podstatný informační význam. Tato hypotéza byla zamítnuta, protože většina dotazovaných po zhlédnutí videa uvedla, že se dozvěděla nové informace o nanotechnologiích v potravinářství.

## 8 Diskuse

Jedním z cílů praktické části bylo zjišťování zájmu o problematiku nanotechnologií.

Studie zkoumající znalosti veřejnosti o nanotechnologiích v USA a v Evropě ukazují, že jsou velmi omezené. V Evropě je přijetí nanotechnologií méně optimistické ve srovnání s USA (Siegrist et al., 2008).

V roce 2004 v průzkumu ve Spojených státech bylo dotazováno 1536 dospělých, z nich neslyšelo nic nebo jen málo o nanotechnologiích 83,6% (Cobb, Macoubrie, 2004).

V září 2006 byly vydány výsledky amerického národního telefonního průzkumu s více než 1000 dospělých o jejich názorech na nanotechnologie. Téměř 70 % dotazovaných o nanotechnologiích neslyšelo nic nebo jen velmi málo. Téměř polovina účastníků průzkumu vyjádřila znepokojení, že potenciální rizika převažují výhody (Rejeski, Lekas, 2008).

V roce 2008 byl proveden další průzkum, který zahrnoval 1003 dospělých, 49% dotazovaných neslyšelo o nanotechnologiích „vůbec nic“, 26% „trochu“ a 17% „něco málo ano“ (Buzby, 2010). Tato nedostatečná informovanost může způsobit to, že spotřebitelé nebudou schopni posoudit potenciální rizika a výhody spojené s novými technologiemi.

V průzkumu znalostí pojmu nanotechnologií v této diplomové práci 86 % z celkového počtu dotazovaných (351) uvedlo, že zná pojem nanotechnologie. Byl zde patrný rozdíl mezi pohlavím, pouze 7 % mužů uvedlo, že tento pojem nezná, mezi ženami je neznalost pojmu vyšší (19 %). I takto je znalost pojmu mezi dotazovanými vyšší, než ve zmiňovaných zahraničních studiích. Za posledních 5 let mohlo dojít k nárůstu informovanosti, protože poslední citovaná je z roku 2008. Vyšší znalost pojmu může být také dána tím, že Česká republika patří k zemím, které se na vývoji nanotechnologií velmi významně podílí. Ovšem je důležité zmínit, že náš soubor není reprezentativním vzorkem populace, jelikož zahrnuje vysoký počet vysokoškoláků.

Vzhledem k tomu, že minulé průzkumy ukazovaly, že veřejnost není obeznámena s pojmem nanotechnologie – bylo v úvodu videa nejprve vysvětleno obecně, co jsou nanotechnologie, aby bylo zdrojem alespoň základních informací, pro ty, kteří odpověděli, že o nanotechnologiích neslyšeli.

V diplomové práci byl také zjišťován zájem o nanotechnologie, kdy 76 % dotazovaných odpovědělo, že se o nanotechnologie nezajímá. Ukázalo se, že větší zájem o informace v oblasti nanotechnologií projevují muži (38 % z celkového počtu dotazovaných mužů) a pouze 15 % žen ( $H_2$ ). Tento rozdíl je statisticky významný. Z hlediska věku byl největší zájem pozorován u skupiny dotazovaných ve věkovém rozmezí 20 – 29 let, ale rozdíl oproti ostatním věkovým skupinám nebyl statisticky významný ( $H_3$ ). Z hlediska dosaženého vzdělání, statisticky významně projevují větší zájem o nanotechnologie dotazovaní s vyšším stupněm vzdělání ( $H_1$ ).

Do dotazníku byla zařazena také otázka, která zkoumala, zdali dotazovaní umí zjednodušeně definovat, čím se obor nanotechnologie zabývá. 82 % dotazovaných na tuto otázku odpovědělo správně. U těch, kteří odpověděli, že se o tento obor zajímají, to bylo 95 % správných odpovědí a u těch, kteří uvedli, že se nezajímají, bylo i přesto 78 % správných odpovědí. Nejčastější špatná odpověď byla, že obor nanotechnologie se zabývá zkoumáním a výrobou materiálů o velikosti srovnatelné s bakteriemi. Poměrně vysokou míru schopnosti dotazovaných definovat pojem „nano“ připisují tomu, že skupinu dotazovaných tvořili ze 43 % vysokoškolsky vzdělaní lidé.

Mezi největší zdroj informací patří internet, který uvedla téměř polovina dotazovaných a následuje literatura (27 %). Mezi další zdroje informací patří televizní pořady a škola. Zde jsem předpokládala, že největším zdrojem informací bude internet, kde lidé čerpají informace z nejrůznějších oborů. Existuje však problémem odbornosti a pravdivosti informací a s tím související riziko, že se veřejnost dostane ke špatným informacím, na jejichž základě bude činit odpovídající rozhodnutí. Na internetu existuje stránka [www.nanotechnologie.cz](http://www.nanotechnologie.cz), kde se veřejnost může dozvědět relevantní informace z této oblasti. Avšak poslední příspěvek v sekci novinky, je z června 2012 (Nanotechnologie.cz, 2007). Veřejnost také může získat informace na různých akcích technických fakult. Na internetu jsou po vyhledání pojmu nanotechnologie dohledatelné stránky různých výrobců produktů obsahujících nanočástice, kde jsou informace zaměřeny na konkrétní výrobek. Opatření s cílem zvýšit důvěru v potravinářský průmysl např. zvyšování informovanosti veřejnosti, mohou být důležité pro přijímání nových potravinových technologií (Siegrist et al., 2008). To jak budou vládní agentury regulovat nanotechnologie, může výrazně ovlivnit názor laiků (Siegrist et al., 2007).

Proto bylo dále zjišťováno, zdali dotazovaným schází nějaké informace. Pouze 15 % jich uvedlo, že si myslí, že je dostatek informací. Nejvíce dotazovaných (66 %) ale odpovědělo, že neví, jestli je dostatek informací. Tato odpověď dle mého názoru souvisí s tím, že bylo zjištěno, že 76 % dotazovaných se o tuto problematiku vůbec nezajímá – neví tedy ani to, zdali jsou dostupné informace. Právě z toho důvodu, že jsem předpokládala, že mezi dotazovanými budou lidé, kteří dosud informace nehledali, jsem do dotazníku zařadila video. Vyplnění dotazníku tedy mohlo být i pro dotazované přínosné. Dle výsledků, kterými jsem si ověřovala, jestli video splnilo svůj účel: pouze 18 dotazovaným nepřineslo žádné informace.

Z těch účastníků studie, kteří se o nanotechnologie zajímají, uvedlo 52 %, že není dostatek informací. Mezi nejvíce postrádané informace mezi dotazovanými patří informace o bezpečnosti nanovýrobních a rizicích spojených s jejich používáním (42 % odpovědí). Zkoumání bezpečnosti nanotechnologií se zabývá nově vznikající obor nanotoxikologie. Existují již studie o vlivu nanočástic na lidské zdraví, ale je problém jejich interpretace, protože chybí definice jasné metodiky těchto studií. Tento problém souvisí s typickými vlastnostmi nanorozměrných materiálů. Je tedy zatím obtížné poskytnout veřejnosti jasné stanovisko o bezpečnosti nanovýrobních.

Následně bylo v dotazníku, zjištěno, že 31 % dotazovaných by uvítalo informace o obsahu nanočástic na obalu výrobku. Etikety mohou být použity k označení toho, že byly použity nové technologie k výrobě konkrétní potraviny (Siegrist, 2008). Mnoho výrobků označení „nano“ používá jako jakousi reklamu. Jedná se spíše o výrobky technického rázu nebo o oblečení. V oblasti potravin je povinností výrobce uvádět zákonem stanovené údaje o výrobku na obalu. S tím dle mého názoru souvisí to, že spotřebitelé chtějí být informováni na obalu také o použití nanočástic. 27 % dotazovaných vnímá nedostatek informací o konkrétních výrobcích. Tyto informace, se dají dohledat na internetu, kde existují databáze výrobků např. na stránce [www.nanotechproject.org](http://www.nanotechproject.org).

Spotřebitelé nemohou sami přímo poznat výhody „funkčních potravin“, pokud se v dané problematice neorientují. Tyto výhody výrobci sdělují na obalu. Zde je důvěra rozhodující pro přijetí takových výrobků. Je tedy pravděpodobnější přijetí výrobků, které budou mít hmatatelné přínosy pro spotřebitele, než například potravin, bez zřejmých přínosů (Siegrist, Cousin et al., 2007).

Absence široce přijímané definice nanotechnologií komplikuje rozvoj vhodného označování výrobků. A je také otázka, zda označování potravinářských výrobků pomůže spotřebiteli v rozhodování. Mohlo by to mít i nezamýšlené negativní důsledky v případě, že veřejnost si toto označení interpretuje jako varování o možných rizicích (Siegrist, 2008).

Jedním z cílů této práce bylo zjistit, jestli dotazovaní používají nanovýrobky vědomě nebo jestli o jejich použití mnohdy ani netuší. Ve videu byly prezentovány nejběžnější výrobky, které obsahují nanočástice a jsou k dostání v České republice. Před zhlédnutím videa, bylo zjišťováno, jestli dotazovaní používají nanovýrobky a následně po videu jim byla tato otázka položena znovu. Mohli vybrat z nabízených možností výrobků, ty které byly uvedeny ve videu nebo napsat i jiný použitý výrobek, který je při sledování napadl. Ve videu byly také zmíněny zahraniční výrobky, kde se již nanočástice v potravinářství celkem běžně používají.

Z 213 dotazovaných, kteří před videem uvedli, že neví, jestli nějaký nanovýrobek používají, 88 % po zhlédnutí videa zjistilo, že nanovýrobek použilo nebo používá. Pouze 12 % dotazovaných ani po videu nevedlo, že nanovýrobek používá. Z 56 dotazovaných, kteří nejprve odpověděli, že nanovýrobky nepoužívají, si 70 % po zhlédnutí videa uvědomilo, že tomu tak není. Toto porovnání odpovědí před videem a po videu ukázalo, že dotazovaní používají výrobky, o kterých nevědí, že obsahují nanočástice. Mezi nejčastěji uváděné výrobky, které dotazovaní někdy použili nebo používají, patří krém na opalování, deodorant se stříbrem, nanoipregnace a ponožky se stříbrem – tyto s výjimkou krému na opalování většinou využívají označení „nano“ přímo v názvu. I přesto dotazovaní o těchto výrobcích před videem neuvažovali jako o nanovýrobcích.

Co se týče potravinářské oblasti, tak 6 % dotazovaných po videu uvedlo, že si uvědomilo, že používá kuchyňské potřeby s antibakteriální úpravou, používání lednice s antibakteriální úpravou uvedlo také 6 % dotazovaných a 5 % dotazovaných používá „zdravou láhev“, aniž by se zamýšleli nad tím, co způsobuje její antimikrobiální vlastnosti.

Bylo také zjišťováno, jak toto video dotazovaným pomohlo v orientaci ve výrobcích a také jestli jim bylo zdrojem nových informací. Výrazná většina (94 %) dotazovaných se o této problematice dozvěděla něco nového, 84 % dotazovaných video pomohlo se zorientovat v možném použití v potravinářství, jen 16 % dotazovaných video nepomohlo. Při zpracování videa byl kladen důraz na to, aby bylo zaměřeno na potravinářství, proto byl obecný úvod, o tom co jsou nanotechnologie, zkrácen na

minimum. Z důvodu časového limitu – 10 minut, který jsem pro video stanovila, nebyl prostor pro podrobnější rozpracování konkrétních výrobků ani konkrétních způsobů použití. Celková doba vyplnění dotazníku s videem dotazovaným trvala cca 20 – 25 minut. U některých odpovědí je patrné, že by o tyto informace měli dotazovaní zájem, ale u většiny bylo hodnoceno jako informačně přínosné, proto si myslím, že pro účely této práce byl rozsah dostačující.

Použití nanotechnologií v potravinářství by uvítalo 75 % dotazovaných, rozdíl mezi muži a ženami v této otázce je minimální. Jako nejčastější zdůvodnění odmítnutí nanotechnologií v potravinářství byl uveden nedostatek informací a výzkumů, protichůdné názory na vliv nanočástic na lidský organismus, obava z rizik a názor, že je to nepřírodní a obecná nedůvěra v inovace v potravinářské oblasti.

Téměř všichni účastníci vidí v použití nanotechnologií v potravinářství potenciální užitek, ale polovina z nich dodala, že nejsou nezbytné a potravinářství může fungovat dále i bez nich. Pouze 6 % dotazovaných neshledává v použití nanotechnologií v potravinářství žádný užitek.

Z těch, kteří odpověděli, že u použití nanotechnologií v potravinářství nevidí žádný užitek, 65 % považuje nanotechnologie v potravinářství za nebezpečné. Z těch, kteří si myslí, že použití nanotechnologií v potravinářství může být užitečné, pouze 39 % dotazovaných považuje tyto technologie za nebezpečné. Siegrist et al., (2008) zjistili, že dotazovaní, kteří považují použití nanotechnologií v potravinářství za výhodné, vnímají nižší riziko ve srovnání s lidmi, kteří vnímají jen málo výhod. I z dat, která byla získána pro diplomovou práci, se tedy zdá, že vnímání užitku ovlivňuje vnímání rizika.

Co se týče určení oblasti, ve které jsou, dle dotazovaných, nanotechnologie potenciálně nejvíce přínosné, nebyl jednoznačný výsledek. Jako nejvíce přínosnou oblast dotazovaní vnímají čištění vody, což je samostatná oblast použití, která ale s potravinářstvím do jisté míry souvisí. Do práce byla tato problematika stručně zařazena proto, aby byl pohled na oblasti použití ucelený. Mezi potravinářskými aplikacemi dotazovaní vybrali jako nejvíce přínosnou oblast balení potravin, následovala možnost detekce kažení potravin, což do jisté míry souvisí také s obalovými technologiemi, kde použití inteligentních obalů může spotřebitele informovat o stavu potraviny dříve, než ji zakoupí nebo spotřebuje. V nedávné studii (Siegrist, Cousin et al., 2007) bylo zkoumáno vnímání lidí různých aplikací nanotechnologií v potravinách a jedna aplikace v balení



potravin. Balení do obalů obsahujících nanotechnologie je veřejností vnímáno méně problematicky a je pravděpodobnější, že spotřebitelé budou lépe přijímat inovace týkající se balení, než těch, které souvisejí se suplementací potravin (Siegrist et al., 2008).

Jako nejméně přínosnou oblast použití spotřebitelé označili možnost zlepšit chuť, soudržnost a texturu potraviny. Toto dle mého názoru může být spotřebiteli jednak vnímáno jako velký zásah do přirozenosti potravin nebo dotazovaní tyto pojmy neznají a neví co si pod texturou představit a proto jim toto použití nepřijde vhodné. Myslím si, že obecně zlepšování chutě potravin, je vnímáno spotřebiteli jako něco nepřirozeného.

Výsledky studie Rozin et al. naznačují, že i když je uvedeno, že zdravotní prospěšnost je shodná u přírodních a umělých potravin, většina lidí i přesto preferuje přirozené potraviny (Rozin et al., 2004). Dá se tedy předpokládat, že přirozenost či nedostatek přirozenosti může ovlivnit vnímání rizika a s tím také pocíťované přínosy nanotechnologií v potravinách. Již dříve se ukázalo, že výrobek, který je GM (geneticky modifikovaný) ale působí přirozeně, je pravděpodobněji spotřebiteli přijat, než produkt GM, který je vnímán jako méně přirozený (Siegrist et al., 2008).

Polovina dotazovaných si myslí, že je rozdíl mezi použitím v potravinářství a v jiných průmyslových odvětvích, 35 % dotazovaných neví a 12 % dotazovaných si myslí, že rozdíl není. Mezi těmi, kteří odpověděli, že rozdíl vnímají, převažoval důvod, že potraviny při konzumaci přicházejí do přímého kontaktu s organismem. Následoval názor, že v jiných odvětvích průmyslu je použití nanotechnologií reálnější a také bezpečnější. Tyto výsledky srovnání použití v potravinářství a v jiném průmyslu, jsou v souladu s průzkumem z roku 2008, kde srovnávali použití v potravinářství a v jiném průmyslu. Jejich výsledky naznačují, že aplikace, jako jsou obaly potravin nebo čištění vody jsou vnímány jako více rizikové ve srovnání s použitím u autolaků nebo v elektronice (Siegrist et al., 2008). Avšak v našem průzkumu jsou v kontextu jiných možných použití nanotechnologií v potravinářství vnímány obaly potravin a čištění vody jako relativně nejméně rizikové z ostatních možných aplikací.

Dotazovaní, kteří uvedli, že neví, jestli je rozdíl mezi nanotechnologiemi v potravinářství a v jiném průmyslu, by v 79 % uvítali použití v potravinářství. Zajímavé je, že se skoro neliší četnosti názorů těch, kteří odpověděli, že vidí rozdíl v použití v různých odvětvích průmyslu, od těch, kteří tento rozdíl nevidí. Uvítání nanotechnologií v potravinářství tedy nezávisí na vnímaném rozdílu v použití v různých průmyslech.

Méně než polovina dotazovaných použití nanotechnologií v potravinářství považuje za nebezpečné. Není staticky významný rozdíl mezi názorem mužů a žen (H<sub>4</sub>).

Při hodnocení vnímání rizika byli vybráni ti, kteří uvedli, že s nanotechnologiemi setkávají při studiu a při práci v laboratoři. Jak tedy tyto dotazované hodnotili nebezpečnost nanotechnologií v potravinářství? 47 % je považuje za bezpečné a 53 % za nebezpečné. Toto zjištění není v souladu se zjištěním Satterfielda et al. (2009), kteří zjistili, že ti, kteří mají více informací o nanotechnologiích, si myslí, že existuje více výhod než rizik. Z oslovených studentů a dotazovaných, kteří v oblasti nanotechnologií pracují, tedy více než polovina považuje použití nanotechnologií v potravinářství za nebezpečné. Dle studie (Siegrist et al., 2007) se názor odborníků a veřejnosti liší ve vnímání rizik spojených s nanotechnologiemi. Veřejnost vnímá vyšší riziko než odborníci, a odborníci mají větší důvěru ve vládní agentury, jejichž úkolem je ochrana zdraví lidí, než veřejnost. Odborníci, jsou v oblasti nanotechnologií vzdělaní, mají zkušenosti a také více informací o možných nebezpečích než většina veřejnosti a proto jsou schopni lépe nezávisle posoudit rizika (Siegrist et al., 2007). Myslím si, že vyšší obava dotazovaných, kteří mají více informací o nanotechnologiích než široká veřejnost, je oproti dřívějším studiím způsoben tím, že se o rizicích začíná mluvit více než dříve a jsou prováděny nové studie o rizicích, o kterých se dříve neuvažovalo. Úskalím těchto studií je dosud nejednotná metodika, která komplikuje porovnání jednotlivých výsledků a určení konkrétních rizik. Studenti a vědci jsou si těchto nedokonalostí studií vědomi a vnímají, dle mého názoru, riziko výše právě z toho důvodu, že ví, že testy jsou nedostatečné.

Dotazovaní v jedné otázce určovali míru rizika, kterou vnímají u konkrétního použití na stupnici od 1 do 5 (velmi nízké riziko – nízké riziko – střední riziko- vysoké riziko – velmi vysoké riziko). Byla zahrnuta různá použití i mimo potravinářskou oblast.

Průměrně nejvyšší riziko je vnímáno u možnosti použití při změně chuti, individuálně modifikovaných potravin, kdy 14% dotazovaných, toto použití hodnotilo dokonce jako použití s velmi vysokým rizikem. Přitom doplňky stravy s nanokapslemi a individuálně modifikovatelné potraviny patří mezi nejslibnější aplikace v potravinářském průmyslu (Siegrist et al., 2008). Siegrist et al. (2008) zjistil, že lidé mohou vnímat nano-uvnitř výrobku (potravina) jako relativně rizikovější než nano-na povrchu (např. obal). Toto vyplývá také ze zjištěných odpovědí, kdy nejvíce rizikově dotazovaní vnímají právě zásah do chuti potraviny.

Z výsledků se nedá jednoznačně určit, že by použití v potravinářství bylo vnímáno jako výrazně více rizikové. Přesto, že polovina dotazovaných dříve uvedla, že vnímá rozdíl mezi použitím v potravinářství a v jiném průmyslu. Riziko nanotechnologií ve všech oblastech použití je dotazovanými vnímáno podobně. Přesto u těch aplikací nanotechnologií, kde dotazovaní ve většině vnímají velmi nízké riziko, nebylo ani jedno potenciální využití v potravinářství. Za nejméně rizikové (1) respondenti považují impregnace, čisticí prostředky a oděvy.

Mezi použití, kde převažuje nízké riziko (2), dotazovaní zařadili prací prášky a mýdla s nanočásticemi, desinfekce, deodoranty a zde se již také objevily některé potravinářské použití: detekci kažení potravin a detekci patogenních bakterií, obaly, plochy a povrchy nádoby s antibakteriální úpravou. Do této skupiny vnímaného rizika dotazovaní zařadili také čištění vody.

Do skupiny se středním rizikem (3) bylo dotazovanými zařazeno použití opalovacích krému, zubních past, kosmetiky se zlatými a stříbrnými nanočásticemi a z potravinářských použití změna chuti potravin a cílená dodávka živin a aditiv.

V jedné studii si autoři všimli, že někteří lidé posuzovali všechny aplikace nanotechnologií pozitivně, zatímco jiní posuzovali nanotechnologie obecně negativním způsobem. Proto by mohla být zkoumána otázka, z jakého důvodu různé osoby vnímají nanotechnologie jinak (Siegrist et al., 2007).

Ženy vnímají z potravinářské oblasti jako rizikovější obaly, čištění vody, antibakteriálních plochy a detekci patogenní bakterií (viz graf č. 17). Muži vnímají větší riziko u těchto použití: dodávka živin a aditiv, změny chuti a individuálně modifikované potraviny. Nejvíce se názory obou pohlaví rozcházejí u obalů potravin, kde vnímají větší riziko ženy a mimo potravinářskou oblast u kosmetiky s nanočásticemi, kde vnímají daleko větší riziko muži. Naopak opalovací krémy jsou jediné, kde se obě pohlaví shodují.

To, že mužům přijde rizikovější použití krému s nanočásticemi přičítám tomu, že muži tyto přípravky nepoužívají v takové míře jako ženy, které jsou dle mého názoru ovlivněny reklamou, která v současné době prezentuje tyto výrobky, jako to nejlepší v péči o pleť.

Jedním z řešení zvyšování informovanosti jsou veřejné debaty. Ty mají zvýšit zapojení veřejnosti do rozvoje politiky technologií. Taková veřejná diskuse proběhla,

například ve Velké Británii o GMO (geneticky modifikovaný organizmus). Lidé, kteří se jí zúčastnili, byli mnohem více proti GMO zemědělství než běžná populace. Takováto debata tedy může způsobit nepravdivě pesimistický pohled veřejnosti a naopak veřejnost může odvodit, že nanotechnologie musí být spojeny s určitými riziky, když se o nich má takto diskutovat (Siegrist, 2008). Aby se zabránilo některým chybám z oblasti genové technologie, postoje veřejnosti vůči nanotechnologiím v potravinářství by měly být zohledněny v raném stadiu vývoje produktu (Siegrist, Cousin et al., 2007). Podobně jako u GM potravin, spotřebitelé nemají možnost přímo posoudit výhody potraviny získané z nanotechnologií a veškeré výhody, je třeba spotřebiteli vysvětlit (Sozer, Kokini, 2009). Toto vysvětlení dotazovaní dle odpovědí již požadují. Jak bylo zjištěno, uvítali by více informací o konkrétních výrobcích. Tyto informace mohou být spotřebitelům nabídnuty jednak prostřednictvím online databází, ale také by v budoucnosti neměly chybět údaje o nanotechnologiích na obalu výrobku. V současné době, tomu tak je pouze v případě, že si na tom výrobce zakládá reklamu. A tak se v současnosti může zdát, že co není „nano“ není dost dobré.

V roce 2006 National Science v USA provedla průzkum veřejného vnímání nanotechnologických výrobků a zjistila, že američtí spotřebitelé jsou ochotni používat specifické výrobky obsahující nanočástice, které mají vysoké potenciální výhody použití, i v případě, že u nich existují zdravotní a bezpečnostní rizika, (Silvestre et al., 2011). Avšak mezi evropskými spotřebiteli je pozorována nižší míra přijetí výrobků obsahujících nanočástice (Cushen et al., 2012). Proto si myslím, že se do budoucna dá předpokládat, že spotřebitelé začnou být opatrnější při používání nanovýrobků, přímo úměrně s tím, jak se bude zvyšovat informovanost, která nutně bude znamenat zvýšení uvědomění si rizik spojených s použitím nanotechnologií.

Problémem organizace vyšší informovanosti je stále nedostatek znalostí o případných zdravotních rizicích nanotechnologií.

## 9 Závěr

Vzhledem k tomu, že nanotechnologie jsou rychle se rozvíjejícím oborem, který začíná pronikat i do oblasti potravinářství, je potřeba informovat veřejnost o tomto oboru – o výhodách, ale také rizicích. Tak aby se spotřebitelé byli schopni rozhodovat při nákupu a použití takovýchto výrobků. Je taktéž potřeba posilovat důvěru v řídicí orgány, které se zabývají bezpečností potravin, tak, aby se spotřebitelé mohli spolehnout, že rizika konkrétních výrobků a aplikací jsou prozkoumaná a jejich použití je bezpečné. Bezpečnost a vliv nanotechnologií na zdraví je velice komplikovaná oblast. V současné době jsou vyvíjeny nové metody testování toxicity nanočástic, protože klasické toxikologické metody jsou pro takovéto částice nedostatečné.

Vývoj výrobků obsahujících nanočástice je stále rychlejší než vývoj oboru nanotoxikologie. A tak dochází k tomu, že se spotřebitelé mohou dostat k výrobkům, u kterých není zřejmé, jaký mohou mít vliv na lidské zdraví. V oblasti potravinářství vnímám tento problém jako velice závažný, protože při konzumaci doplňků stravy, které obsahují látky v nanorozměrech, není jasný mechanismus jejich účinku ani to, kde všude mohou v organismu pronikat a případně se kumulovat. Dle mého názoru je tedy použití nanotechnologií bez dostatečných toxikologických testů nebezpečné a veřejnost by s tímto měla být seznámena, tak aby se mohla zodpovědně rozhodovat, zdali chce konkrétní výrobek použít. Informace by měly být spotřebitelům dostupné jednak na obalu výrobků, ale také by měly být poskytovány informace o nových testech a nových výrobcích obsahujících nanočástice na českém trhu např. na internetových stránkách zabývajících se bezpečností potravin.

Použití nanotechnologií může být tedy v oblasti potravinářství přínosné, protože tyto technologie poskytují nové možnosti výroby obalů, zlepšení bezpečnosti potravin, výrobu „zdravějších“ potravin a další výhody, které dosud žádné jiné technologie nebyly schopny poskytnout. Ale bez posouzení rizik bude jejich použití nereálné. Veřejnost bude tyto informace požadovat, protože bezpečnost potravin je mezi spotřebiteli velice diskutovaným tématem a pokud je nedostane od důvěryhodných zdrojů v dostatečné a srozumitelné podobě, bude tyto technologie odmítat.

## 10 Seznam použité literatury

ATMACA, S., K.GÜL a R. ÇIÇEK. The Effect of Zinc On Microbial Growth. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 1998, č. 28, 595 - 597.

BLASCO, C. a Y. PICÓ. Determining nanomaterials in food. *Trends in Analytical Chemistry*. 2011, roč. 30, č. 1, s. 84-99. ISSN 01659936. DOI: 10.1016/j.trac.2010.08.010.

BOUWMEESTER, Hans, et al. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2009, roč. 53, č. 1. ISSN 02732300. DOI: 10.1016/j.yrtph.2008.10.008.

BRAMBILLA, Davide, et al. Nanotechnologies for Alzheimer's disease: diagnosis, therapy, and safety issues. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. 2011, roč. 7, č. 5, s. 521-540. ISSN 15499634. DOI: 10.1016/j.nano.2011.03.008.

BRADLEY, E. L., et al. Applications of nanomaterials in food packaging with a consideration of opportunities for developing countries: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Trends in Food Science*. 2011, roč. 22, č. 11, s. 604-610. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.01.002.

BRANDT, D., et al. Argyria secondary to ingestion of homemade silver solution. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2005, roč. 53, č. 2, S105-S107. ISSN 01909622. DOI: 10.1016/j.jaad.2004.09.026.

BUZBY, Jean C. Nanotechnology for Food Applications: More Questions Than Answers. *The Journal of Consumer Affairs*. 2010, roč. 44, č. 3, s. 528-545.

Commission Recommendation: on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research. In: *Commission of the European Communities*. 2007. Dostupné z: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/nanocode-recommendation.pdf>

CUSHEN, M., et al. Nanotechnologies in the food industry, Recent developments, risks and regulation: What we do not know. *Trends in Food Science*. 2012, roč. 24, č. 1, s. 30-46. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.10.006.

DAINELLI, Dario, et al. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science*. 2008, roč. 19, S103-S112. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2008.09.011.

DAS, Mukul, et al. Emerging trends of nanoparticles application in food technology: Safety paradigms. *Nanotoxicology*. 2009, roč. 3, č. 1. ISSN 1743-5390. DOI: 10.1080/17435390802504237.

DUDO, Anthony, et al. Food nanotechnology in the news. Coverage patterns and thematic emphases during the last decade. *Appetite*. 2011, roč. 56, č. 1, s. 78-89. ISSN 01956663. DOI: 10.1016/j.appet.2010.11.143.

DUNCAN, Timothy V. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2011, roč. 363, č. 1, s. 1-24. ISSN 00219797. DOI: 10.1016/j.jcis.2011.07.017.

EFSA (European Food Safety Authority) (2009). *The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety*. Scientific Opinion of the Scientific Committee. Dostupné z:

<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/958.htm>, [citováno 3.3.2013]

EFSA. *Annual report of the EFSA Scientific Network of Risk Assessment of Nanotechnologies in Food and Feed for 2012*. Parma, Italy, 2012.

FAO, 1996, Report of the World Food Summit, FAO, Rome.

FOJTÍK, A., et al. Nanočástice a nanostruktury v biomedicínských aplikacích. *Praktický Lékař*. 2012, roč. 92, č. 8, s. 440-444.

GELOVER, S., et al. A practical demonstration of water disinfection using TiO<sub>2</sub> films and sunlight. *Water research*, 2006, 40.17: 3274.

GRAVELAND-BIKKER, J.F. a C.G. DE KRUIF. Unique milk protein based nanotubes: Food and nanotechnology meet. *Trends in Food Science*. 2006, roč. 17, č. 5, s. 196-203. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.12.009.

GREßLER, Sabine, et al. Nanoparticles and nanostructured materials in the food industry. *Institute of Technology Assessment of the Austrian Academy of Sciences*. 2010, č. 4.

HOŠEK, Jan. *Úvod do nanotechnologie*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2011, 170 s. ISBN 978-80-01-04555-8.

CHAUDHRY, Qasim, et al. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives*. 2008, roč. 25, č. 3, s. 241-258. ISSN 1944-0049. DOI: 10.1080/02652030701744538.

CHEN, Lingyun, et al. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends in Food Science*. 2006, roč. 17, č. 5, s. 272-283. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2005.12.011.

CHEN, X. a H.J. SCHLUESENER. Nanosilver: A nanoparticle in medical application. *Toxicology Letters*. 2008, roč. 176, č. 1, s. 1-12. ISSN 03784274. DOI: 10.1016/j.toxlet.2007.10.004.

CHEN, Hongda a Rickey Y. YADA. International Conference on Food and Agriculture Applications of Nanotechnologies, NanoAgri 2010, São Pedro, SP, Brazil, June 20 to 25, 2010. *Trends in Food Science*. 2011, roč. 22, č. 11, s. 583-584. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.10.007.

CHOPRA, I. The increasing use of silver-based products as antimicrobial agents: a useful development or a cause for concern. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2007-02-27, roč. 59, č. 4, s. 587-590. ISSN 0305-7453. DOI: 10.1093/jac/dkm006.

ILSI Publications. *International life sciences institute (ILSI Europe)* [online]. © 2013 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.ilsa.org/Europe/Pages/FindPublicationsResult.aspx?k=nanotechnology&b=ALL&t=ALL&d=ALL>

IP, M. Antimicrobial activities of silver dressings: an in vitro comparison. *Journal of Medical Microbiology*. 2006-01-01, roč. 55, č. 1, s. 59-63. ISSN 0022-2615. DOI: 10.1099/jmm.0.46124-0.

JACOBS, Rosemary. Argiria: my life story. *Clinics in Dermatology*. 2006, roč. 24, č. 1, s. 66-69. ISSN 0738081x. DOI: 10.1016/j.clindermatol.2005.09.001.

KALHOTKA, Libor, Jaroslav BUCHAR a Jaroslav LEV. Nanočástice a nanotechnologie v potravinářství. In: *Sborník XXXIX. Konference o jakosti potravin a potravinových surovin - Ingrovy dny 2013*. Brno: Mendelova Univerzita, 2013, s. 16-18. ISBN 978-80-7375-705-2.

KOO, Otilia M., Israel RUBINSTEIN a Hayat ONYUKSEL. Role of nanotechnology in targeted drug delivery and imaging: a concise review. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. 2005, roč. 1, č. 3, s. 193-212. ISSN 15499634. DOI: 10.1016/j.nano.2005.06.004.



KOVÁČ, J. Budúcnosť nanotechnológie v medicíne a stomatológii. *Praktický lekář*. 2012, roč. 92, č. 6, s. 334-338.

KRUIJF, N., D., et al. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives and Contaminants*. 2002, roč. 19, sup1, s. 144-162. ISSN 0265-203x. DOI: 10.1080/02652030110072722.

KVASNIČKOVÁ, Alexandra. Aplikace nanotechnologie v potravinářství. *Informační centrum bezpečnost potravin MZe* [online]. 2009 [cit. 2013-03-17]. Dostupné z: [http://www.nanotechnologie.cz/storage/Nanotechnologie\\_web-final.pdf?#page=](http://www.nanotechnologie.cz/storage/Nanotechnologie_web-final.pdf?#page=)

LI, Qilin, et al. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: Potential applications and implications. *Water Research*. 2008, roč. 42, č. 18, s. 4591-4602. ISSN 00431354. DOI:10.1016/j.watres.2008.08.015.

LINAZASORO, G. Potential applications of nanotechnologies to Parkinson's disease therapy. *Parkinsonism*. 2008, roč. 14, č. 5, s. 383-392. ISSN 13538020. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2007.11.012.

LOPEZ-RUBIO, Amparo, Rafael GAVARA a Jose M. LAGARON. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends in Food Science*. 2006, roč. 17, č. 10, s. 567-575. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2006.04.012.

MARSH, Kenneth a Betty BUGUSU. Food Packaging-Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of Food Science*. 2007, roč. 72, č. 3. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x

MOMIN, Jafarali K., Chitra JAYAKUMAR a Jashbhai B. PRAJAPATI. Potential of Nanotechnology in Functional Foods. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2012-11-24, roč. 25, č. 1, s. -. ISSN 2079-0538. DOI: 10.9755/ejfa.v25i1.9368.

MORONES J., R., et al. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*. 2005-10-01, roč. 16, č. 10, s. 2346-2353. ISSN 0957-4484. DOI: 10.1088/0957-4484/16/10/059.

MORRIS, V.J. Emerging roles of engineered nanomaterials in the food industry. *Trends in Biotechnology*. 2011, roč. 29, č. 10, s. 509-516. ISSN 01677799. DOI: 10.1016/j.tibtech.2011.04.010.

Nanokompozity. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. *Kompozity.info: Informační a vzdělávací centrum kompozitních technologií* [online]. 2008 [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.kompozity.info/index.php?pr=15&uid=&id=>

Nanotechnologie.cz. *Novinky* [online]. © 2007 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z: <http://www.nanotechnologie.cz/search.php?rsvelikost=sab&rstext=all-phpRS-all&rstema=3>

Nanotechnology material database. *Http://www.nanoproducts.de* [online]. 2010 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.nanoproducts.de/index.php?mp=main&file=shop&cPath=26&OOSID=089f66050bc99e0dea3e15be4974864b>

Nanotechnology. *US Food and Drug Administration* [online]. 2012, 07/05/2012 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.fda.gov/ScienceResearch/SpecialTopics/Nanotechnology/default.htm>

Nanovláknó. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nanovl%C3%A1kno>

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 258/97: o nových potravinách a nových složkách potravin. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 1997.

Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004: o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami a o zrušení směrnic 80/590/EHS a 89/109/EHS. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2004.

Nařízení komise (ES) č. 450/2009: o aktivních a inteligentních materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2009.

Nařízení komise (ES) č. 10/2011: o materiálech a předmětech z plastů určených pro styk s potravinami. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2011.

NEETHIRAJAN, Suresh a Digvir S. JAYAS. Nanotechnology for the Food and Bioprocessing Industries. *Food and Bioprocess Technology*. 2011, roč. 4, č. 1, s. 39-47. ISSN 1935-5130. DOI: 10.1007/s11947-010-0328-2.

OBERDÖRSTER, Günter, et al. Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. *Environmental Health Perspectives*. 2005-3-22, roč. 113, č. 7, s. 823-839. ISSN 0091-6765.

PETERS, Ruud, et al. Identification and characterization of organic nanoparticles in food. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2011, roč. 30, č. 1, s. 100-112. ISSN 01659936. DOI: 10.1016/j.trac.2010.10.004.

Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *Journal of the American Dietetic Association*. 2004, roč. 104, č. 5, s. 814-826. ISSN 00028223. DOI: 10.1016/j.jada.2004.03.015.

PRNKA, Tasilo a Karel ŠPERLINK. *Šestý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje*. Vyd. 1. Ostrava: Repronis, 2004, 67 s. ISBN 80-732-9070-7.

RABIŠKOVÁ, Miloslava. Nanočástice pro léčivé formy. In: *Remedia.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.remedia.cz/Clanky/Lekove-formy/Nanocastice-pro-lekove-formy/6-H-ix.magarticle.aspx>

RAI, Mahendra, Alka YADAV a Aniket GADE. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*. 2009, roč. 27, č. 1, s. 76-83. ISSN 07349750. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2008.09.002.

REJESKI, David a Deanna LEKAS. Nanotechnology field observations: scouting the new industrial west. *Journal of Cleaner Production*. 2008, roč. 16, 8-9, s. 1014-1017. ISSN 09596526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2007.04.014.

RESTUCCIA, Donatella, et al. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*. 2010, roč. 21, č. 11, s. 1425-1435. ISSN 09567135. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.04.028

RETÉL, Valesca P., Marjan J.M. HUMMEL a Wim H. VAN HARTEN. Review on early technology assessments of nanotechnologies in oncology. *Molecular Oncology*. 2009, roč. 3, 5-6, s. 394-401. ISSN 15747891. DOI: 10.1016/j.molonc.2009.05.001.

ROZIN, Paul, et al. Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between foods and medicines. *Appetite*. 2004, roč. 43, č. 2, s. 147-154. ISSN 01956663. DOI: 10.1016/j.appet.2004.03.005.

RUPARELIA, et al. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. *Acta Biomaterialia*. 2008, roč. 4, č. 3, 707-716.

RUPRICH, Jiří. Nanotechnologie a ochrana veřejného zdraví. *Státní zdravotní ústav* [online]. 2010 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/nanotechnologie-a-odpovednost-vyzkumnika>

RUPRICH, Jiří. Mandát vědeckého výboru. *Vědecký výbor pro potraviny* [online]. 2011 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://czvp.szu.cz/vedvybor/vvp.htm>

SAHOO, S. K. , S. PARVEEN The present and future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. 2007, roč. 3, č. 1., s. 20 – 31. ISSN 15499634. DOI: 10.1016/j.nano.2006.11.008.

SATTERFIELD, Terr, et al. Anticipating the perceived risk of nanotechnologies. *Nature Nanotechnology*. 2009, roč. 4, č. 11, s. 752-758. ISSN 1748-3387. DOI: 10.1038/NNANO.2009.265.

SEKHON, Bhupinder Singh. Food nanotechnology - an overview. *Nanotechnology, Science and Applications*. 2010, č. 3, s. 1-15.

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks), 2013. Dostupné z [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/index\\_en.htm#](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/index_en.htm#)., [citováno 2.3.2013]

SIEGRIST, Michael, Marie-Eve COUSIN, et al. Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: The influence of affect and trust. *Appetite*. 2007, roč. 49, č. 2, s. 459-466. ISSN 01956663. DOI: 10.1016/j.appet.2007.03.002.

SIEGRIST, Michael, et al. Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology food packaging. *Appetite*. 2008, roč. 51, č. 2, s. 283-290. ISSN 01956663. DOI: 10.1016/j.appet.2008.02.020.

SIEGRIST, M. Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends in Food Science*. 2008, roč. 19, č. 11, s. 603-608. ISSN 09242244. DOI: 10.1016/j.tifs.2008.01.017.

SILVESTRE, Clara, Donatella DURACCIO a Sossio CIMMINO. Food packaging based on polymer nanomaterials. *Progress in Polymer Science*. 2011, roč. 36, č. 12, s. 1766-1782. ISSN 00796700. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2011.02.003.

SOZER, Nesli, Jozef L. KOKINI a Qasim CHAUDHRY. Nanotechnology and its applications in the food sector: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Trends in Biotechnology*. 2009, roč. 27, č. 2, s. 82-89. ISSN 01677799. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.10.010.

The Project on Emerging Nanotechnologies: Food and Beverage. *Http://www.nanotechproject.org* [online]. 2013 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: [http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/browse/categories/food\\_beverage/](http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/browse/categories/food_beverage/)

USKOKOVIĆ, Vuk. Nanotechnologies: What we do not know. *Technology in Society*. 2007, roč. 29, č. 1, s. 43-61. ISSN 0160791x. DOI: 10.1016/j.techsoc.2006.10.005.

WEISS, Jochen, Paul TAKHISTOV a D. Julian MCCLEMENTS. Functional Materials in Food Nanotechnology. *Journal of Food Science*. 2006, roč. 71, č. 9, R107-R116. ISSN 0022-1147. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2006.00195.x.

WHITE, J. M. L., et al. Severe generalized argyria secondary to ingestion of colloidal silver protein. *Clinical and Experimental Dermatology*. 2003, roč. 28, 254–256.

WHO/FAO. *State of the art on the initiatives and activities relevant to risk assessment and risk management of nanotechnologies in the food and agriculture sectors*. 2012. Dostupné z: [http://www.who.int/foodsafety/biotech/FAO\\_WHO\\_Nano\\_Paper\\_Public\\_Review\\_20120608.pdf](http://www.who.int/foodsafety/biotech/FAO_WHO_Nano_Paper_Public_Review_20120608.pdf)

*Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-02-03].

WINKLEROVÁ, Daniela. Funkční potraviny a legislativa. V: *Společnost pro výživu* [online]. 2009 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/funkcni-potraviny-a-legislativa.html>

YAM, Kit L., Paul T. TAKHISTOV a Joseph MILTZ. Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *Journal Of Food Science*. 2005, roč. 70, č. 1.



b) ne

c) nevím (pokračujte otázkou č. 7)

**6. Jaké konkrétní informace Vám schází? (můžete vybrat i více odpovědí)**

a) uvítal/a bych více informací o konkrétních výrobcích obsahujících nanočástice

b) uvítal/a bych více informací o bezpečnosti a rizicích spojených s použitím nanovýrobků

c) uvítal/a bych více informací o obsahu nanočástic na obalu výrobku

**7. Používáte nějaký „nanovýrobek“? (Pokud ano uveďte prosím jaký/jaké.)**

a) ano, tento/tyto:.....

b) ne, protože:.....

c) nevím

**8. Myslíte si, že je rozdíl mezi použitím nanotechnologií v potravinářství a v jiném průmyslu?**

a) ano

b) ne (přejděte k otázce č. 10)

c) nevím (přejděte k otázce č. 10)

**9. V čem podle Vás tento rozdíl spočívá?**

a) potraviny konzumujeme a dostávají se tak přímo do organismu

b) použití nanotechnologií mimo potravinářství je méně nebezpečné

c) použití nanotechnologií mimo potravinářství je reálnější

d) jiný, vlastní názor:.....

**VIDEO-----Nyní prosím o zhlédnutí přiloženého videa----- VIDEO**

**10. Po zhlédnutí videa (Prosím odpovězte na každou otázku.):**

<b>Svou odpověď označte křížkem.</b>	<b>ANO</b>	<b>NE</b>
Jste na tom s vědomostí o nanotechnologiích stejně jako předtím?		
Dozvěděl/a jste se něco nového o nanotechnologiích v potravinářství?		
Pomohlo Vám v orientaci v oblasti nanovýrobků již dostupných na českém trhu?		
Pomohlo Vám v orientaci v oblasti možného použití nanotechnologií v potravinářství?		

**11. Po zhlédnutí videa jste si uvědomil/a, že jste někdy nějaký nanovýrobek použil/a?**

a) ano

b) ne (pokračujte otázkou č. 12)

**Pokud ANO, z níže uvedených “nanovýrobků“ vyberte ty, které jste už alespoň jednou použil/la:**

- |  |  |
|--|--|
| a) kosmetiku se stříbrnými částicemi           | i) deodorant se stříbrem                       |
| b) kosmetiku se zlatými částicemi              | j) vložky do bot se stříbrem                   |
| c) krém na opalování s ZnO                     | k) čisticí prostředek s nanočásticemi          |
| d) bělicí zubní pastu s nanočásticemi          | l) nanonátěr na stěnu, beton, kov, sklo, dřevo |
| e) oděv se stříbrem                            | m) nanoimpregnaci (např. obuv)                 |
| f) lednici s antibakteriální úpravou           | n) ponožky se stříbrem                         |
| g) kuchyňské potřeby s antibakteriální úpravou | o) punčochové kalhoty se stříbrem              |
| h) „zdravou láhev“                             | p) jiné:.....                                  |

**12. Myslíte si, že použití nanotechnologií by mohlo mít užitek v oblasti potravinářství?**

- a) ano, zdá se mi, že poměrně velký
- b) ano, ale nejsou nezbytné – půjde to dále bez nich
- c) ne, neshledávám v nanotechnologiích v potravinářství žádný užitek (přejděte k otázce č. 14)

**13. Ve které oblasti potravinářství se Vám jeví nanotechnologie jako nejvíce přínosné?**

**(Můžete zvolit více odpovědí.)**

- a) prodloužení trvanlivosti potravin
- b) cílená dodávka živin
- c) udržení vysoké kvality vitaminů a antioxidantů
- d) obalové technologie
- e) zlepšení chuti, soudržnosti a textury potravin
- f) detekce kažení potravin
- g) detekce patogenních bakterií
- h) antibakteriální plochy a povrchy nádob, které přicházejí do styku s potravinami
- i) čištění vody

**14. Považujete nanotechnologie v potravinářství za nebezpečné?**

- a) ano
- b) ne



**15. Prosím určete míru zdravotního rizika, kterou vnímáte u konkrétního použití:**

1- velmi nízké    2 – nízké            3- střední            4- vysoké            5-velmi vysoké

Obaly potravin	
Dodávka živin a aditiv pomocí nanokapslí	
Čištění vody	
Změna chuti potravin – individuálně modifikované potraviny	
Plochy a povrchy nádob z nanomateriálu, které přicházejí do styku s potravinami	
Detekce patogenních bakterií	
Detekce kažení potravin	
Krémy se zlatými/ stříbrnými nanočásticemi	
Opalovací krémy s nanočásticemi ZnO	
Deodoranty s nanočástice stříbra	
Zubní pasta s nanočásticemi	
Desinfekční spreje a ubrousky s nanočásticemi	
Prací prášky mýdla s nanočásticemi	
Oděvy a textil s nanočásticemi	
Čisticí prostředky s nanočásticemi	
Impregnace a nátěry s nanočásticemi	

**16. Uvítal/a byste tedy použití nanotechnologií v potravinářství?**

a) ano (přejděte k otázce č. 18)                      b) ne

**17. Z jakého důvodu nejste nakloněn/na použití nanotechnologií v potravinářství?**

.....

**18. pohlaví**

a) muž                      b) žena

**19. věk**

a) 15 – 19            b) 20 – 29            c) 30 – 45            d) 46 – 59            e) 60 a výš

**20. vzdělání**

a) Základní    b) Středoškolské bez maturity    c) Středoškolské s maturitou    d) Vyšší odborné    e) Vysokoškolské