

Chitosan a jeho využití v potravinových doplncích

Eva Weiserová

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva WEISEROVÁ**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Chitosan a jeho využití v potravinových doplňcích**

Zásady pro vypracování:

**Zpracovat literární rešerši o možnostech využití chitosanu v lidské výživě.
Provést průzkum použití chitosanu v potravinových doplňcích a zhodnotit jejich vliv na
zdravou výživu.**

Eva Weiserová

Eva Weiserová

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Věra Halabalová, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství a chemie

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2007

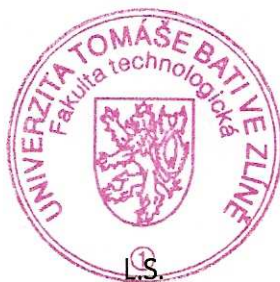
Termín odevzdání bakalářské práce:

4. června 2007

Ve Zlíně dne 2. května 2007



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Chitosan je významný derivát chitinu, který patří mezi strukturální polysacharidy. Díky svým vlastnostem má široké spektrum uplatnění v potravinářském průmyslu. Jednou z těchto vlastností je i schopnost vázat v lidském těle tuky, proto je velmi často používán jako složka potravinových doplňků určených k hubnutí.

Klíčová slova: chitin, chitosan, potravinové doplňky

ABSTRACT

Chitosan is an important derivate of chitin of the structural polysaccharide. Thanks to his characteristics, it has a wide usage in food-processing industry. One of this qualities is an ability to bound fats in the human body, so it is often used as a component of weight-loss dietary supplements.

Keywords: chitin, chitosan, dietary supplements

Mé poděkování patří Ing. Věře Halabalové, Ph.D. za ochotu, cenné rady, připomínky a především trpělivost při vedení mé bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	7
1 SACHARIDY	8
1.1 DĚLENÍ SACHARIDŮ.....	8
1.1.1 Monosacharidy.....	8
1.1.1.1 Esterifikace.....	10
1.1.1.2 Oxidace.....	11
1.1.1.3 Redukce.....	11
1.1.1.4 Aminocukry.....	12
1.1.2 Oligosacharidy.....	12
1.1.3 Polysacharidy.....	13
1.1.3.1 Strukturní polysacharidy.....	13
1.1.3.2 Rezervní polysacharidy.....	13
1.2 METABOLISMUS SACHARIDŮ.....	14
2 CHITIN	15
2.1 STRUKTURA CHITINU.....	15
2.2 ROZPUSTNOST CHITINU.....	16
2.3 CHITIN V ANALOGII S CELULÓZOU.....	17
3 CHITOSAN	18
3.1 PŘÍPRAVA CHITOSANU Z CHITINU.....	18
3.2 STRUKTURA CHITOSANU.....	20
3.3 ROZPUSTNOST CHITOSANU.....	20
3.4 VYUŽITÍ CHITOSANU.....	21
3.4.1 Komerční chitosan.....	22
3.5 CHITOSAN V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU.....	23
3.5.1 Vliv a účinky chitosanu na lidský organismus.....	23
3.5.1.1 Vliv na lipidy a cholesterol.....	23
3.5.1.2 Vliv na tělesnou hmotnost.....	24
3.5.1.3 Vliv na krevní tlak.....	24
3.5.1.4 Vliv na lipofilní vitaminy a minerální látky.....	24
3.5.1.5 Vliv na hojení ran.....	24
3.5.2 Využití chitosanu v potravinářském průmyslu.....	25
3.5.3 Chitosan v potravinových doplňcích.....	26
ZÁVĚR	29
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	30
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	35
SEZNAM TABULEK	36

ÚVOD

Podle posledních průzkumů se Česká republika v počtu obézních občanů propracovala na přední místo v Evropě. Tento problém skutečně narůstá - 21 % mužů a 31 % žen je obézních. Když sečteme nadváhu a obezitu, vyjde nám u žen alarmující číslo 68 % a u mužů dokonce 72 %, což převyšuje evropský průměr. V porovnání s jinými státy je u českých mužů zejména vyšší výskyt obezity, počet žen s nadváhou je nižší, ale naopak je jich více obézních [1]. Obezitu nelze vnímat jen jako zmnožení tuku v těle, ale také jako chronické onemocnění, spojené s řadou jiných poruch. Jde o významný rizikový faktor, který se podílí na vzniku a rozvoji závažných onemocnění (srdeční choroby, arterioskleróza).

Obezita je často způsobena nevhodnou stravou, která je pro dnešní dobu typická – fast foody, polotovary z mikrovlnné trouby, smažené pokrmy, časté návštěvy restaurací a v neposlední řadě i nedostatečná fyzická aktivita.

Rozmanitou a vyváženou stravou můžeme k prevenci těchto chorob předcházet. Pro lidské zdraví je důležité, aby potrava obsahovala všechny nezbytné složky ve vyváženém poměru. Ne každý má pevnou vůli na často výrazné omezení svých stravovacích zvyklostí a pomáhá si při hubnutí podpůrnými potravinovými doplňky.

Bakalářská práce na téma „Chitosan a jeho využití v potravinových doplňcích“ se zabývá látkou chitosanem, který je velmi často využíván právě jako komponenta těchto zdravotnických výrobků. Jedná se o nejznámější a nejdůležitější derivát chitinu, strukturního polysacharidu. Chitosan váže až několikanásobně více tuků než je jeho hmotnost, což je hlavní a nejdůležitější vlastnost, pro kterou je tato látka v potravinových doplňcích využívána.

Práce je rozdělena do tří částí, v první jsou shrnuty informace o sacharidech – o vlastnostech, chemickém složení a také jejich využití. Druhá část je věnována strukturnímu polysacharidu chitinu, který je výchozí látkou při přípravě a výrobě chitosanu. Poslední oddíl bakalářské práce shrnuje fakta o chitosanu, jeho vlastnostech, vlivech na lidský organismus a o jeho využití v potravinářském průmyslu, zejména v potravinových doplňcích. Práce pro ilustraci uvádí některé z komerčně dostupných preparátů na našem trhu, včetně základních informací o výrobcích.

1 SACHARIDY

Sacharidy jsou nejrozšířenějšími organickými sloučeninami, tvořícími základní složku všech živých organismů a také biologicky aktivními molekulami, které plní různorodé funkce. Slouží jako zdroj energie, které je potřeba pro biochemické a biologické pochody a ta je získávána právě z metabolismu rozkladu sacharidů. Například glukosa, sloužící jako základní živina nejen člověka, ale i ostatních živočichů, dodá z 1 g sacharidu 17 kJ, tj. asi 4 kcal. Sacharidy také plní funkci strukturní, jsou stavebními jednotkami buněk, které chrání proti působení vnějšího prostředí, zde můžeme zařadit i celulosu a chitin. Mnohé sacharidy jsou biologicky aktivní látky nebo tvoří jejich složky, proto o nich můžeme říci, že plní také funkci signální [4].

1.1 Dělení sacharidů

Sacharidy nejčastěji dělíme na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy podle počtu cukerných jednotek, které jsou v molekule vázány.

1.1.1 Monosacharidy

Monosacharidy jsou nejjednodušší formou sacharidů a souhrnně bývají označovány jako cukry. Jsou to bezbarvé látky, rozpustné ve vodě, ale téměř nerozpustné v organických rozpouštědlech a tucích.

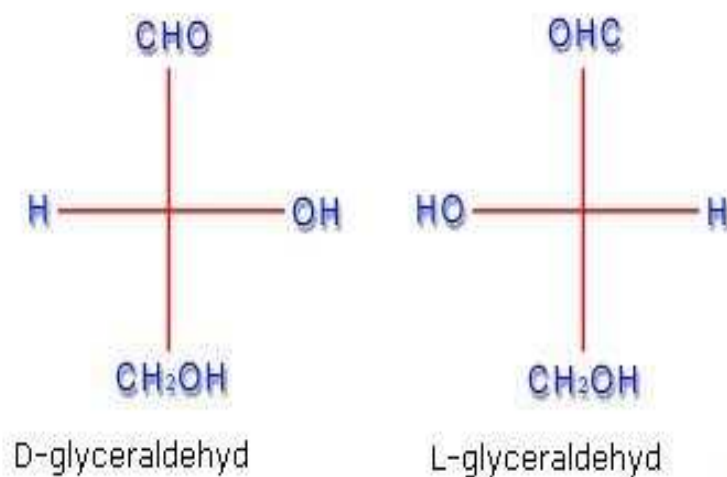
Řadíme mezi ně polyhydroxyaldehydy, tzv. aldosity, které obsahují aldehydovou skupinu $-CHO$ a několik hydroxylových skupin $-OH$, nebo polyhydroxyketony, tzv. ketosity, které mají místo aldehydové skupiny ketoskupinu $-CO$. Aldosity a ketosity mohou být dále děleny podle počtu uhlíků na triosy, tetrosy, pentosy, hexosy a heptosy [2]. Jejich přehled je uveden v Tab. 1.

Dále je můžeme dělit dle jejich prostorové konfigurace na D- a L-monosacharidy. Optické antipody mají většinu chemických i fyzikálních vlastností stejných, odlišují se pouze optickým chováním vůči rovině polarizovaného světla. Jeden i druhý optický antipod otáčejí rovinu světla o též úhel, ale v opačném směru, tj. jeden vlevo a druhý vpravo. Tato optická otáčivost se vyskytuje tam, kde molekuly jeví nedostatek souměrnosti, čehož je nejčastější příčinou přítomnost asymetrického (chirálního) uhlíkového atomu. A právě tento atom obsahují i sacharidy a proto i ony mohou existovat ve dvou optických antipodech, D a L [3].

Pokud je na předposledním chirálním uhlíku hydroxylová skupina orientovaná vpravo jedná se o D-cukr,

je-li orientovaná vlevo, tak jde o cukr řady L-, viz (obr.1) [4]. Dvěma enantiomerům přiřadíme stejný triviální název, lišící se jen předponou D- či L- [2].

Mezi monosacharidy patří běžné složky téměř všech potravin, jsou přítomny např. v ovoci, kde je jejich obsah závislý na stupni zrání. Do mnoha potravinových výrobků se však úmyslně přidávají za účelem zlepšení sensorických vlastností.



Obr.1. D- a L- glyceraldehyd

Tab. 1. Přehled nejznámějších monosacharidů

MONOSACHARIDY		
Aldosy	Triosy $C_3H_6O_3$	glyceraldehyd
	Tetrosy $C_4H_8O_4$	erythrosa
		threosa
	Pentosy $C_5H_{10}O_5$	ribosa
		arabinsa
		xylosa
	Hexosy $C_6H_{12}O_6$	glukosa
		mannosa
		galaktosa
Ketosy	Tetrosy $C_4H_8O_4$	erythrulosa
	Pentosy $C_5H_{10}O_5$	ribulosa
		xylulosa
	Hexosy $C_6H_{12}O_6$	fruktosa
		sorbosa

1.1.1.1 Esterifikace

Alkoholové skupiny mohou být esterifikovány různými kyselinami. Nejčastěji se uplatňují estery kyseliny fosforečné, především při metabolických pochodech, kdy jsou přeměňovány téměř výhradně na fosforylové cukry. Syntézu fosforečných enzymů katalyzují enzymy kinasy, donorem fosfátové skupiny $[-PO(OH)_2]$ bývá adenosintrifosfát (ATP).

Nejvýznamnější je D-ribosa-5-fosfát, která je součástí ATP a je součástí pyrimidinových a purinových nukleotidů v ribonukleové kyselině (RNA). Je obsažena v kofaktorech oxido-

reduktas a transferas – např. nikotinamidadenindinukleotid (NAD) a flavinadenindinukleotid (FAD) [4].

1.1.1.2 Oxidace

Oxidací aldos mohou vznikat tři typy sloučenin: aldonové, uronové a aldarové kyseliny. Reakce, vedoucí ke vzniku těchto sloučenin, patří mezi oxidačně redukční, jejich průběh zajišťují enzymy oxidoreduktasy s koenzymem NAD, méně často pak FAD. Zástupci těchto sloučenin se mohou vyskytovat takřka ve všech typech organismů. Aldonové kyseliny jsou sloučeniny, které vzniknou oxidací aldehydické skupiny monosacharidu na karboxylovou (např. kyselina glukonová).

Oxidací koncové hydroxyskupiny monosacharidu, za současného zachování aldehydické skupiny získáme uronové kyseliny (např. kyselina glukuronová).

Aldarové kyseliny obdržíme po oxidaci aldehydické i koncové hydroxylové skupiny (např. glukarová kyselina) [5].

1.1.1.3 Redukce

Redukcí, tj. hydrogenací karbonylové skupiny, vznikají alditoly neboli cukerné alkoholy, které ale skutečnými cukry nejsou, protože nemají redukční vlastnosti a neposkytují ani jiné reakce. Jsou biosyntetizovány z aldosa či ketosa pomocí enzymů závislých na NAD. Tím, že se -CHO skupina na jednom konci přemění na skupinu -CH₂OH, ztrácí se jeden prvek asymetrie a zužuje se množství možných alditolů. Ketoskupina se přemění na hydroxyskupinu [5]. Cukerné alkoholy jsou přirozenou složkou potravin, které vznikají Cannizzarovou reakcí (neenzymové hnědnutí). Nejznámějším alditolem je D-glucitol, známý spíše pod svým starším názvem D-sorbitol, který se často používá jako náhradní sladidlo při výrobě potravinových výrobků pro diabetiky [4].

Dalším typem redukce cukrů je odstranění některé hydroxylové skupiny. Při této biochemické reakci vznikají deoxycukry. Nejvýznamnější je 2-deoxy-D-ribose, která je součástí deoxyribonukleové kyseliny (DNA) a deoxyribonukleotidů.

1.1.1.4 Aminocukry

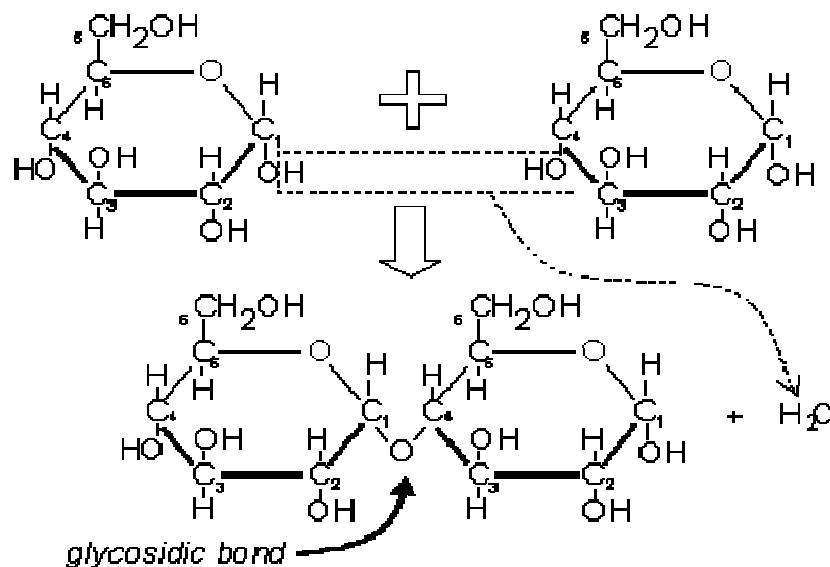
Aminocukry vznikají nahrazením jednoho hydroxyly aminoskupinou $-NH_2$. Řadíme mezi ně např. N-acetyl-D-glukosamin (chitosamin), N-acetyl-D-galaktosamin (chondrosamin), které jsou součástí glykoproteinů a glykolipidů, dále D-mannosamin a neuraminové kyseliny [4].

1.1.2 Oligosacharidy

Mezi oligosacharidy patří sacharidy obsahující 2 – 10 monosacharidů, jež jsou spojeny glykosidovou vazbou (obr.2). Pokud je zachován minimálně jeden volný poloacetalový hydroxyl, pak má oligosacharid redukční vlastnosti, např. isomaltosa, laktosa (mléčný cukr), maltosa (sladový cukr, vyrábí se zahuštěním ze syrovátky). Maltosu obsahují klíčící semena ječmene a sladu jako produkt enzymové hydrolýzy škrobu, nachází se v ovoci a medu.

Jestliže jsou poloacetalové skupiny blokovány, jde o oligosacharidy neredukující, např. trehalosa (vyskytuje se v houbách, kvasinkách a řasách). Patří sem i velmi známá sacharosa (β -D-fruktofuranosyl- α -D-glukopyranosid) neboli třtinový či řepný cukr. Ve vodě tvoří rozpustné krystalky sladké chuti, které jsou známé jako kuchyňský cukr. V potravinářském průmyslu je využívána pro slazení potravin a jako výchozí surovina pro kvasný průmysl.

Kyselou hydrolýzou jsou oligosacharidy štěpeny zpět na jednotky monosacharidů.



Obr.2. Znárodnění glykosidové vazby

1.1.3 Polysacharidy

Polysacharidy jsou řazeny mezi vysokomolekulární látky, které se skládají z více než 10 jednotek monosacharidů. Některé polysacharidy jsou rozpustné ve vodě a tvoří koloidní roztoky nebo botnají, jiné jsou zcela nerozpustné. Tyto látky jsou nejčastěji děleny podle funkcí, které vykonávají.

1.1.3.1 *Strukturní polysacharidy*

Základním strukturním polysacharidem buněčných stěn vyšších rostlin je celulóza, kterou také můžeme nalézt v houbách či zelených řasách. Čistou celulosou jsou bavlněná vlákna z bavlníku, technická se získává ze dřeva. Vlákna celulosy jsou pevná a nerozpustná, což je způsobeno spojením jejich makromolekul vodíkovými můstky.

Dalším významným strukturním polysacharidem je chitin, který tvoří stavební jednotku schránek koryšů, krovek hmyzu, buněčných stěn hub, plísní a řas. Jelikož lidský organismus není zcela schopen chitin štěpit, jsou pro člověka houby stravitelné jen částečně.

1.1.3.2 *Rezervní polysacharidy*

Rezervní polysacharidy tvoří zásobu energie, kterou můžeme jejich odbouráváním uvolnit.

Škrob je pohotovým zdrojem glukosy, který je ukládán především v semenech, kořenech, hlízách (brambory), listech rostlin a obilovinách (především pšenice). Škrob je směs dvou polysacharidů a to ve vodě rozpustné amylosy a nerozpustného amylopektinu.

Glykogen je zásobní polysacharid živočichů. Vyskytuje se především v buňkách kosterního svalstva, ve svalu srdečním a v jaterních buňkách, kde je uložen ve formě granulí. Je však přítomen i ve vyšších houbách, plísních či kvasinkách.

Rezervním polysacharidem hlíznatých či oddenkových rostlin (slunečnice, jiriny, pampelišky) je inulin.

Agar můžeme najít v červených mořských řasách, kde plní obdobnou funkci jako celulóza u rostlin. Je hojně využíván v mikrobiologii pro přípravu pevných půd a v potravinářském průmyslu se využívá při výrobě cukrovinek [4].

1.2 Metabolismus sacharidů

Sacharidy slouží jako zdroj energie, kterou získává organismus při jejich odbourávání pro své fyziologické funkce a pochody.

Působením glykosidas, což jsou enzymy, které štěpí glykosidové vazby, vznikají z polysacharidů jednotlivé oligosacharidy až monosacharidy. Odbourávání monosacharidů, na jednodušší sloučeniny, se děje přesně danými metabolickými drahami. Tyto látky mohou být metabolizovány ve formě esterů s kyselinou fosforečnou. Velmi důležitými produkty tohoto procesu jsou pyruvát, laktát a ethanol. Při úplné oxidaci sacharidů vzniká oxid uhličitý a voda [6].

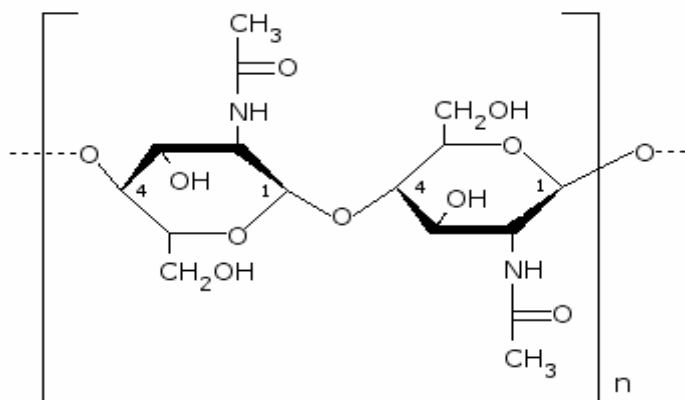
2 CHITIN

Důležitým příkladem polysacharidu s širokým spektrem využití jak v průmyslu, tak i v medicíně je chitin a z něj vyrobený chitosan. Je jedním z nejbohatších obnovitelných přírodních zdrojů, produkovaný druhotně ve velkém množství každoročně biosyntézou celulózy [7]. Komerční chitin se získává především z odpadních produktů vzniklých při zpracování exoskeletu bezobratlých mořských živočichů (krabů, koryšů, měkkýšů, chobotnic). Až donedávna byly krunýře ulovených mořských koryšů považovány za neužitečný odpad, v nejlepším případě se využívaly jako dusíkaté hnojivo s pesticidním účinkem. Chitin je také složkou buněčných stěn hub (plísni, kvasinek, vyšších hub) a vyskytuje se i v krovkách hmyzu. Hlavním zdrojem chitinu v potravě jsou především vyšší houby, např. žampiony, které obsahují okolo 1 % této látky, v plísních je ho 42 %. V pekařských kvasnicích se vyskytuje v množství kolem 2,9 % [8].

Poprvé byl objeven v houbách v roce 1811 profesorem Branconnotem v Nancy ve Francii jako frakce odolná proti výluhům plísně alkáliemi. V roce 1823 oddělil nerozpustný zbytek Odier a pojmenoval jej chitin [9].

2.1 Struktura chitinu

Chitin je kopolymer poly[β -(1 \rightarrow 4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glukopyranosy], který obsahuje nízké procento zbylých 2-amino-2-deoxy- β -glukopyranosových celků. Struktura chitinu je znázorněna na obr.3. Je zde patrná podoba struktury s celulózou. V chitinu na C(2) je hydroxylová skupina nahrazena acetamidovou.



Obr. 3. Chemická struktura chitinu

Chitin je svojí strukturou příbuzný mukopeptidu, který je hlavním polymerem tvořící stěnu bakterií. Tato shoda ve stavbě se odráží i ve stejných rolích, jež tyto polymery v přírodě sehrávají – jsou součástí stavebních a ochranných schránek.

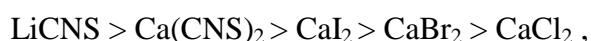
Existují tři polymorfní tvary chitinu: α -chitin se získává z krunýřů korýšů, má kosočtverečnou stavbu a řetězce jsou poskládány antiparalelně, β -chitin obdržíme z chobotnic a je uspořádán paralelně a γ -chitin je směs α - a β -chitinu se dvěma řetězci nahoře a dvěma dole. Vysoce krystalická struktura α -chitinu vyplývá z vodíkových vazeb čtyř hydroxylových a dvou amidových skupin v opakující se jednotce [10,11]. V důsledku této struktury má chitin malou rozpustnost ve většině běžných organických rozpouštědlech.

2.2 Rozpustnost chitinu

I přes svou strukturální podobu s celulózu je chitin nerozpustný v typických rozpouštědlech pro celulózu. Rozpouští se v omezeném počtu rozpouštědel, která můžeme rozdělit do 3 skupin:

- vodné roztoky neutrálních solí,
- kyseliny,
- organická rozpouštědla.

Modifikace α - a β -chitin jsou rozpustné v zahřátých koncentrovaných roztocích solí v následujícím pořadí:



přičemž β -chitin se rozpouští rychleji než α -chitin [12].

Dále je chitin rozpustný v koncentrované kyselině chlorovodíkové, sírové, fosforečné a v některých organických karboxylových kyselinách – např. kyselina mravenčí, dichloroctová a trichloroctová.

Capozza objevil pro chitin rozpouštědla hexafluoro-2-propanol a hexafluoroaceton [13]. Obě tato rozpouštědla jsou však dráždivá a toxická.

Jako nejlepší rozpouštědlo uvedli Ruttherford a Austin (1977) dvě směsi. Jednou je směs dimethylacetát – chlorid lithný a druhou N-methylpyrrolidon – chlorid lithný. Výhodou těchto dvou směsí je především to, že jako rozpouštědla nedegradují a roztok chitinu ve směsi dimethylacetát – chlorid lithný nemění viskozitu při laboratorní teplotě po dobu 48 dnů. Nejvíce jsou rozpouštěny chitiny hodně acetylované, zatímco chitosany připravené z těchto chitinů byly ve směsi dimethylacetát – chlorid lithný zcela nerozpustné [14].

Rozpustnost chitinu nezávisí na molární hmotnosti, nýbrž souvisí se stupněm N – acetylace, tedy s počtem přítomných N – acetylamo skupin.

2.3 Chitin v analogii s celulózou

Chitin se svou strukturou podobá jinému polysacharidu – celulóze. Z této podobnosti vyplývají jisté analogie mezi oběma látkami. Vlastnosti celulózy jsou určovány především stabilní sítí intramolekulárních a intermolekulárních vodíkových vazeb. Tyto vazby pocházejí z početných -OH skupin, které připadají na jednotku celulózy. Z tohoto důvodu je také celulóza nestravitelná. [15].

Celulóza se nerozpouští ve vodě ani v běžných organických rozpouštědlech. Tato vlastnost je dána silnými mezimolekulárními vazbami, které podmiňují nadmolekulární strukturu celulózy a také velkou krystalinitou. Je však rozpustná v roztocích mědi (Cu^{2+}) s amoniakem nebo aminy (Schweizerovo činidlo či cuoxam) [16].

Celulóza je rozpustná jako molekulární disperze, nebo v roztoku tvoří agregáty, které jsou složeny z několika molekul celulózy. Řetězce těchto agregovaných částic mohou být sbaleny vedle sebe v protažené konformaci [17].

3 CHITOSAN

3.1 Příprava chitosanu z chitinu

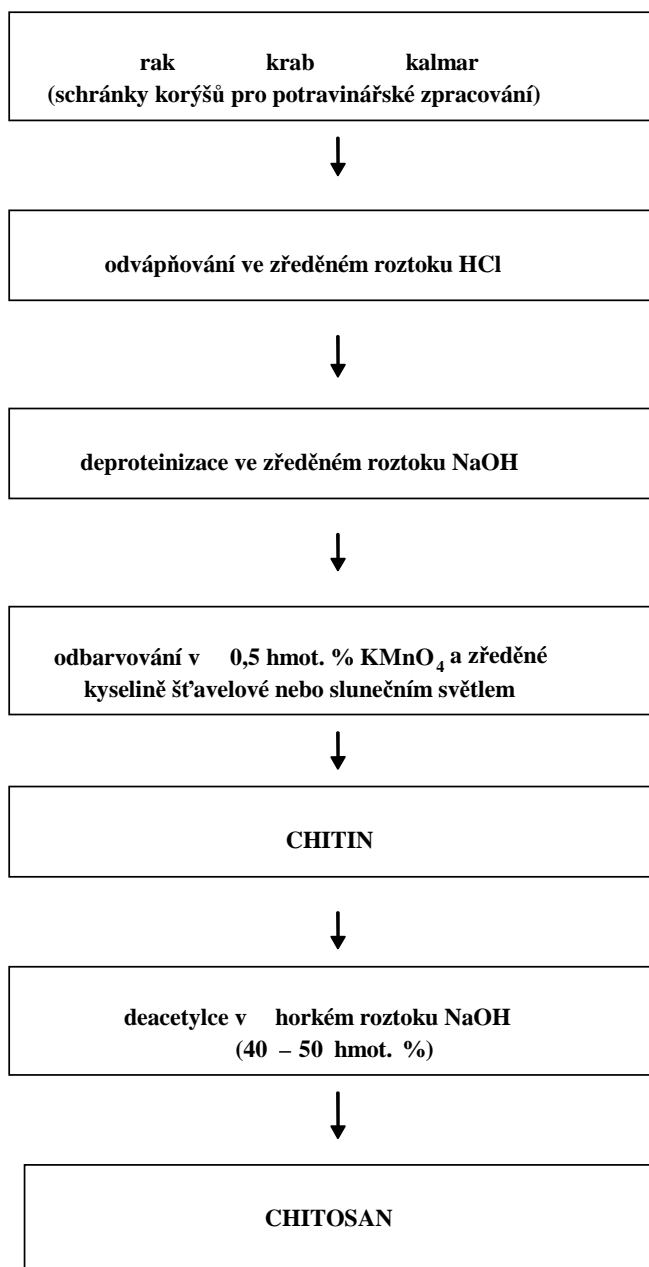
Chitosan je nejznámější a nejdůležitější derivát chitinu, který má vhodnější a standardnější vlastnosti pro praktické využití. Obvykle se chitosan vyrábí N-deacetylací chitinu, na který se působí koncentrovanou zásadou (40-50 hm.% hydroxid sodný či draselný), při teplotách 100°C a vyšších (obr.4).

Fyzikálně – chemické vlastnosti výsledného produktu závisí na několika faktorech:

- koncentraci deacetylačního činidla a době jeho působení,
- hmotnostním zlomku chitinu a použité zásady,
- na teplotě a prostředí (dusíková atmosféra, vzduch), ve které reakce probíhá,
- typu chitinu dle jeho původu,
- velikosti částic použitých schránek koryšů,
- typu deacetylace.

Deacetylace může být provedena homogenním či heterogenním způsobem. Homogenní metoda vychází z disperze zásada – chitin a poskytuje amorfní produkt se zvýšeným obsahem náhodně rozložených N – acetylovaných a volných glukosaminových jednotek. Touto metodou získáme ve vodě rozpustný chitosan se stupněm acetylce 48 – 55 %, ale o nízké molární hmotnosti. Heterogenní deacetylce je charakterizována v kyselině rozpustnými a nerozpustnými podíly a značnou krystalinitou vysoce deacetylovaného chitosanu [18]. Obecně lze říci, že alkalická deacetylce chitinu probíhá rychle až ke stupni konverze 75 – 85 %. Po této době roste deacetylce velmi pomalu.

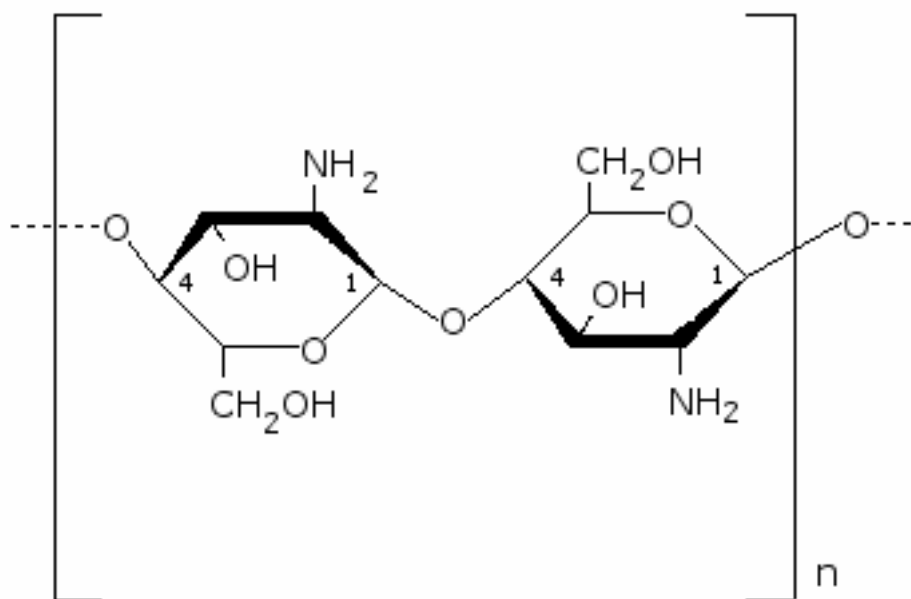
Vzhledem k tomu, že dovoz vyrobeného chitosanu k dalšímu praktickému využití je nákladný (přibližně 1000 Kč za kilogram), pokusili se čeští výzkumní pracovníci navrhnout několik technologických postupů pro jeho přípravu. Jednou z navržených variant je využití velkého množství odpadní plísňové myceliární biomasy. Zhodnocení této suroviny znamená nejen snížení finančního efektu, ale i zátěže životního prostředí.



Obr. 4. Příprava chitinu a chitosanu

3.2 Struktura chitosanu

Chitosan je nejvýznamnější derivát chitinu (obr.5), připravený N – deacetylací. Je to lineární polysacharid složený z $\beta(1\rightarrow4)$ spojených částí 2-amino-2-deoxy-D-glukopyranosy (GlcN-chitosan) a 2-acetamido-2-deoxy-D-glukopyranos (GlcN-chitin).



Obr.5. Chemická struktura chitosanu

Zásadní rozdíl mezi chitinem a chitosanem je ve stupni acetylace, který je definován jako poměr počtu glukosaminových k celkovému počtu N-acetylglukosaminových (Glc-NAc) a glukosaminových skupin (GLcN). Tento rozsah je nejdůležitějším parametrem chitosanu a chitinu.

3.3 Rozpustnost chitosanu

S kyselinami vytváří chitosan soli (polyelektrolyty). Rozpustnost těchto solí závisí na povaze aniontu. Z tohoto důvodu je v praxi k chitosanu, který je rozptýlen ve vodě, přidávána kyselina. Vzniká tak chitosanová sůl, která má ve vodě jen omezenou rozpustnost. Ta je ovlivněna řadou veličin – molární hmotností, stupněm acetylace, teplotou či celkovým množstvím přítomné kyseliny. Chitosan se rozpouští ve zředěných minerálních kyselinách (chlorovodíková, bromovodíková, jodovodíková, dusičná, chloristá). Může být také vysrá-

žen z roztoku v HCl nebo HBr se vzrůstající koncentrací kyseliny v daném systému [19]. Mírně je chitosan rozpustný ve zředěné kyselině fosforečné, ale ve zředěné kyselině sírové se při laboratorní teplotě nerozpouští.

Chitosan vytváří vodorozpustné soli v organických kyselinách (monokarboxylová, dikarboxylová, benzensulfonová). V organických rozpouštědlech se rozpouští velmi málo, s výjimkou směsi dimethylformamid – N_2O_4 . Takto vzniklý roztok má poměrně nízkou viskozitu [20].

Příprava chitosanových solí rozpustných ve vodě byla popsána Austinem a Sennettem [21]. Jako organické prostředí byly použity karboxylové kyseliny, především kyselina mravenčí, pyrohroznová a mléčná. Vyhovujícími rozpouštědly byl tetrahydrofuran, etylacetát a 1,2 – dichlorethan. Při tomto procesu zjistili, že kyselina mravenčí a octová v poměru 1 : 1 ztrácí v přítomnosti chitosanu postupným stáním svou kyselost, přestože soli kyseliny mravenčí a chitosanu zůstávají ve vodě rozpustné až rok.

I přes omezenou organickou rozpustnost chitosanů, mohou jeho roztoky ve zředěné kyselině octové snášet přídavky většího objemu polárního rozpouštědla, aniž by se polymer vysrážel. Tato tolerance platí až do 70 obj.% alkoholu (od methanolu až po butanol), ethylen glykol, diethylenglykol, triethylenglykol, aceton a formamid [22]. Dále také platí do 40 obj.% pro 2 – propanol a do 80 obj.% pro glycerol [23].

3.4 Využití chitosanu

Existuje řada publikací, které popisují využití chitosanu v mnoha oborech lidské činnosti.

Čištění vody – používá se k odstranění kovových iontů, pesticidů, fenolů či radioizotopů [24], jako srážedlo bílkovin [25], barviv [26], aminokyselin [27] a k filtraci [28].

Při výrobě buničiny a papíru se používá k povrchové úpravě [29], jako složka zlepšující pevnost fotografického papíru a také k výrobě křídového papíru [30]. Své uplatnění našel i jako lékařské a farmaceutické materiály, především obvazy, obinadla, umývací houby [31], ke kontrole cholesterolu [32], syntetická kůže na popáleniny [33], kontaktní čočky [34], kontrola postupného uvolňování léčiv [35], chirurgické nitě [36]. V kosmetice je součástí laků na nehty, pleťových vod a krémů, zubních past [37].

V zemědělství je využíván k postřiku listů a ovoce [38] a jako hnojiva a fungicidy [39].

3.4.1 Komerční chitosan

Komerční chitosan je obvykle nabízen v podobě šupin, prášku, fólií nebo membrán, kuliček, mikrokapslí, vláken a v poslední době i jako tzv. mikrokrytalický chitosan. Produkty různých firem se liší čistotou granulátu, barvou, stupněm acetylace, průměrnou molární hmotností a rozpustností.

Chitosanové kuličky

Tyto kuličky mohou být použity na regeneraci kapalných odpadů, iontů těžkých kovů [40] nebo jako chromatografický nosič [41]. Zesíťované chitosanové útvary mikroskopických rozměrů potažené aniontovými polysacharidy nebo lipidy se využívají pro přípravu léků s kontrolovaným užíváním [42].

Chitosanová vlákna

Pro zvláknění se používá roztok chitosanu v kyselině octové. Aplikace speciálních přísad do zvláčňujícího roztoku a ke koagulační lázni dovoluje kontrolovat modifikaci struktury chitosanu a následně upravit biodegradabilitu a bioaktivitu vláken. Možnost impregnace přírodních a umělých vláken zlepšuje jejich mechanické vlastnosti, např. odolnost vůči vodě, bakteriím a elektrickou vodivost.

Mikrokrytalický chitosan

Jde o dostupný druh produktu, který existuje jako želatinová vodná disperze nebo jako prášek. Připravuje se srážením polymeru z kyselého vodného roztoku do hydroxidu sodného jako koagulačního činidla. Příprava mikrokrytalického chitosanu v zásaditém prostředí zahrnuje neutralizaci, koagulaci a agregaci polymerních řetězců.

Mikrokrytalický chitosan má řadu jedinečných použití, která vyplývají z vlastností standardního chitosanu užívaného pro jeho výrobu. Jsou to především:

- vysoká nasákavost vodou
- značná adhezivita
- schopnost tvořit silné vodíkové vazby
- dobré sorpční vlastnosti
- vysoká stabilita vodní disperze
- kontrolovaná biodegradabilita a vyšší citlivost k hydrolytické degradaci
- metodičnost
- vysoká chemická reaktivita, bioreaktivita, biokompatibilita

Mikrokrystalický chitosan může být aplikován ve formě gelové disperze jako pomocná složka s bioaktivním účinkem v kosmetice – šampony, tekutá mýdla, koupelové pěny. Často byl také používán jako zahušťovadlo a regulátor viskozity, změkčovadlo, stabilizátor nebo pro kožní a vlasové ochranné emulze [43].

Chitosanové filmy

Vodný roztok chitosanových solí velmi snadno tvoří transparentní filmy, které mohou být přeměněny na chitosanové fólie a to úpravou zásaditým roztokem. Takové filmy jsou charakteristické dobrou absorpcí vody, biokompatibilitou a propustností kyslíku, biodegradabilitou, vysokou reaktivitou, značnou pevností a elasticností. Možnosti utvářet povlaky přímo na kůži se využívá pro ošetřování zranění a popálenin.

3.5 Chitosan v potravinářském průmyslu

3.5.1 Vliv a účinky chitosanu na lidský organismus

Chitosan nabízí rozmanité využití v potravinových doplncích, které jsou určeny k redukci tělesné hmotnosti. Díky přijímání chitosanu s potravou dochází ke sníženému vstřebávání tuků, protože chitosan váže až několikanásobně více tuků než je jeho hmotnost.

3.5.1.1 Vliv na lipidy a cholesterol

Významnou roli hraje zřejmě koagulace a flokulace chitosanu. Žlučové kyseliny tvoří micely obsahující cholesterol, které se vstřebávají stěnami tenkého střeva. Chitosan tvoří gumovité koaguláty, které zachycují a váží tyto micely, čímž se snižuje obsah emulgovaného cholesterolu. V tlustém střevě blokuje chitosan konverzi cholesterolu na koprostanol, což zvyšuje vylučování cholesterolu stolicí a snižuje jeho přenos do krevního séra [8]. Žlučové kyseliny, které jsou v tenkém střevě zpětně absorbovány do krve, jsou chitosanem také vázány a vylučovány stolicí [44]. Chitosan také váže mastné kyseliny a tvoří s nimi soli, které nedisociují ani v kyselém pH žaludku. Na soli se váží další lipidy (triacylglyceroly), které se takto vylučují [8]. Bylo prokázáno, že u lidí podávání chitosanu v dávce 3 – 6 g / den po dobu dvou týdnů snižuje hladinu celkového cholesterolu průměrně o 6 % a zvyšuje hladinu HDL - cholesterolu zhruba o 10 %. Za 5 týdnů podávání chitosanu v tomto množství také klesl LDL - cholesterol a to asi o třetinu a triglyceroly o necelých 20 %. Z toho výzkumu vyplývá, že podávání chitosanu snižuje možnost vzniku aterosklerózy. Paralelní

podávání kyseliny askorbové (vitamin C) snižuje viskozitu chitosanu. Tím zvyšuje jeho vazebnou kapacitu pro lipidy a cholesterol a zvyšuje jeho účinnost. Literatura uvádí, že chitosan v kombinaci s kyselinou askorbovou dokáže vázat až dvacetinásobné množství tuků než je jeho hmotnost [44].

3.5.1.2 Vliv na tělesnou hmotnost

Redukcí obsahu tuku v potravě se snižuje energetická hodnota přijaté stravy a lidský organismus začíná využívat jako energetického substrátu svůj zásobní tuk. Chitosan není stravitelný, z čehož plyne, že nemá žádnou energetickou hodnotu. Bylo prokázáno, že jeho přijímání potravou nebrání vstřebávání bílkovin [44]. Podávání chitosanu nelze chápat jako jediný a poměrně snadný prostředek vedoucího k redukcii tělesného tuku. Dávkování chitosanu je nutno kombinovat s redukcí celkového kalorického příjmu a zvýšením energetického výdeje.

3.5.1.3 Vliv na krevní tlak

Pozitivní vliv na hmotnost a krevní tuky by mohl vysvětlovat i mírné snížení zvýšeného krevního tlaku, které bylo zjištěno po podávání chitosanu. Při klinických studiích účinku chitosanu podávaného jako součást diety bylo zjištěno, že zvyšuje účinnost léků podávaných při léčbě hypertenze (vysokého krevního tlaku) [44].

3.5.1.4 Vliv na lipofilní vitaminy a minerální látky

Chitosan redukuje absorpci vitaminů rozpustných v tucích a minerálních látek, především vápníku a zinku. U vápníku chitosan nezpůsobuje pouze redukcii absorpce, ale zvyšuje i jeho exkreci močí, a to poměrně brzy, zhruba za 2 týdny. Při dlouhodobém užívání chitosanu je proto doporučováno doplnit potravu vitamínem D, E a vápníkem [44].

3.5.1.5 Vliv na hojení ran

Chitosan aplikovaný lokálně podporuje hojení kůže a to buď stimulací tvorby granulační tkáně nebo reepitelizací. Bylo zjištěno, že chitosan inhibuje tvorbu fibroplastů, které se podílejí na tvorbě jizevnaté tkáně a tím umožňuje normální regeneraci tkání [44]. Proto je také chitosan hojně využíván při terapii popálenin.

3.5.2 Využití chitosanu v potravinářském průmyslu

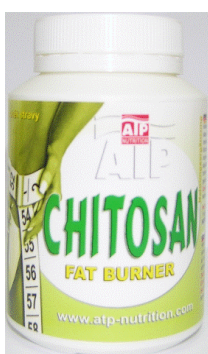
Tab.2. Přehled využití chitosanu v potravinářském průmyslu

Využití a funkce chitosanu v potravinářském průmyslu		
Produkt	Funkce	Výsledek
Vejce [46]	Zvýšení jakosti vajec ve skořápce povrchovým ošetřením 2% roztokem nízkomolekulárního chitosanu	Prodloužení trvanlivosti o 3 týdny
Přídavek do stravy zvířat [47]	Účinky jako prebiotika, jeho doplněk inhibuje růst ústních a střevních bakterií, podporuje množství střevních mikroklků	U prasat příznivě mění metabolismus lipidů a zvyšuje hladinu celkového proteinu, růstového hormonu a růstového faktoru v séru
Pivo [48]	Stabilizace piva světlého typu	Snížení obsahu polyfenolů a dusíkatých látek, zvýšení pH a mírné snížení kyselosti vzorků piva
Réva vinná [49]	Biologická ochrana před plísní révou, plísní šedou a révovým padlím	Orientační pokusy s chitosanem potvrzují, že jeho použití k ochraně proti houbovým patogenům u révy vinné se jeví jako perspektivní
Obaly na bázi obnovitelných zdrojů [50]	Obal	Materiál na bázi chitosanu má dobré bariérové vlastnosti pro kyslík a je méně nákladnou alternativou konvenčních obalů např. etylvinylalkohol

3.5.3 Chitosan v potravinových doplňcích

Chitosan se velmi často používá i v lidské výživě. Nejobvyklejší formou jsou želatinové kapsle, ale vyskytuje se také ve formě prášků rozpustných ve vodě (práškové nápoje). Použití chitosanu v těchto přípravcích je dáno jeho vlivy na lidský organismus, které jsou popsány v kapitole 3.5.1.

Potravinových doplňků, které obsahují chitosan, je na našem trhu poměrně mnoho. K dostání jsou v lékárnách či na internetu. Pro ilustraci uvádím některé výrobky i s jejich základními údaji.



CHITOSAN

Výrobce: ATP Nutrion

Složení: 1 kapsle obsahuje 200 mg chitosanu

Dávkování: 2 kapsle 30 minut před jídlem

Cena: 298 Kč (100 tablet) [51]



CHITOSAN MEGA PRO

Výrobce: Nutrition

Složení: 1 kapsle obsahuje 200 mg chitosanu

Dávkování: 3 kapsle 30 minut před jídlem

Cena: 290 Kč (100 tablet) [52]



CHITOSAN a HCA

Výrobce: ATP Nutrion

Množství chitosanu: 1 kapsle obsahuje 150 mg chitosanu

Dávkování: 4 kapsle denně 30 minut před jídlem

Cena: 299 Kč (100 tablet) [53]



CHROMDIET

Výrobce: Walmark

Množství chitosanu: 1 tableta obsahu 225 mg chitosanu

Dávkování: 3krát denně 1 tableta půl hodiny před jídlem

Cena: 246 Kč (100 tablet) [54]



ULTRA DIET SHAKE

Výrobce: Walmark

Množství chitosanu: 0,5 g v jednom nápoji dle návodu k přípravě

Dávkování: 2x denně jeden nápoj

Cena: 225,50 Kč (500g) [55]



KITOFIT C

Výrobce: Finclub

Množství chitosanu: ve 3 tabletách 1050 mg chitosanu

Dávkování: 3 tablety denně půl hodiny před jídlem

Cena: 702 Kč (180 tablet) [56]



CHITOSAN (CHITOSORB)

Výrobce: Star Life

Množství chitosanu: 500 mg v 1 tabletě

Dávkování: 4-6 tablet denně 10 minut před hlavním objemným jídlem

Cena: 772 Kč (90 tablet) [57]



CHITOSAN + PSYLLIUM

Výrobce: Aminostar

Množství chitosanu: 1 kapsle obsahuje 500 mg chitosanu

Dávkování: 4-5 kapslí asi 30 min. před jídlem

Cena: 595 Kč (120 kapslí) [58]



CHITOSAN 500mg + Cr + C

Výrobce: Medpharma

Množství chitosanu: 500 mg v 1 tabletě

Dávkování: 1 tableta 2x denně před jídlem

Cena: 173 Kč (67 tablet) [59]



HCA CHITOSAN CHROM

Výrobce: Nutrend

Množství chitosanu: 212 mg v 1 tabletě

Dávkování: 3 kapsle 3x denně, cca 30-60 minut před jídlem

Cena: 268 Kč (60 tablet) [60]

Z výše uvedených výrobků obsahujících chitosan po srovnání informací bych doporučila zřejmě výrobek Chitosan 500 mg+Cr+C a to nejen vzhledem k nízké ceně, ale právě i z důvodu obsahu dalších významných látek pro lidský organismus, kterými chrom a vitamin C beze sporu je.

ZÁVĚR

První oddíl mé bakalářské práce na téma „Chitosan a jeho využití v potravinových doplňcích“ se zabývá rozdělením, vlastnostmi a využitím sacharidů. Další část je věnována chitinu, což je strukturní polysacharid, který se zejména v poslední době stále více zpracovává N – deacetylací na svůj významný derivát chitosan. Práce je zaměřená na obecné vlastnosti chitosanu a jeho následné využití v potravinářském průmyslu.

Chitosan je nejznámější a nejdůležitější derivát chitinu, který má vhodnější a standardnější vlastnosti pro praktické použití. Může sloužit k čištění vody či při výrobě buničiny a papíru. Široký význam našel především v lékařství a farmacii - jako obvazy, obinadla, umývací houby, ke kontrole cholesterolu či jako syntetická kůže na popáleniny. Dalším oborem pro uplatnění chitosanu je kosmetický průmysl, kde je součástí laků na nehty, pleťových vod a krémů anebo zubních past. V zemědělství se využívá k postřiku listů a ovoce nebo jako hnojivo a fungicid.

Nejširší uplatnění našel chitosan v potravinářském průmyslu a to zejména v potravinových doplňcích určených k redukci tělesné hmotnosti a to díky svým vlastnostem popsaným v kapitole 3.5.1. Nejdůležitější vlastností chitosanu je schopnost vázat na sebe tuky a zabránit tím jejich emulzifikaci. To umožňuje jejich vyloučení z těla spolu s nevstřebatelným chitosanem. Na českém trhu existuje široká škála výrobků obsahujících chitosan, jejich přehled i se základními informacemi je uveden v kapitole 3.5.3.

Využití chitosanu v potravinářském průmyslu se neomezuje pouze na potravinové doplňky pro lidskou výživu, ale bývá používán k ochraně vajec, ke stabilizaci piva či jako biologická ochrana révy vinné.

Bakalářská práce se snažila uvést do povědomí potravinový doplněk s obsahem chitosanu a zhodnotila jeho vliv na lidský organismus.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný
WWW: < <http://www.obezita.cz/obezita/v-cr-a-ve-svete/>>
- [2] anonym [cit. 2007-15-03] dostupný
WWW: <<http://www.sweb.cz/naturstoff/chemdir/monosach.html>>
- [3] anonym [cit. 2007-15-03] dostupný
WWW: < <http://www.ronnie.cz/c-476-sacharidy-i..html>>
- [4] HOZA I., KRAMÁŘOVÁ D. *Potravinářská biochemie I*, 1.vydání, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2005
- [5] anonym [cit. 2007-15-03] dostupný
WWW: < <http://www.sweb.cz/naturstoff/chemdir/derivsach.html>>
- [6] HOZA I., KRAMÁŘOVÁ D., BUDÍNSKÝ P. *Potravinářská biochemie III*, 1. vydání, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2006
- [7] LI, Q. aj. *J. Bioact. Comp. Polymers*, 1992, 7,370
- [8] VELÍŠEK J. *Chemie potravin I*, Osis, Tábor 1999
- [9] ROBERTS, G.A.F *Chitin Chemistry*, Hooundmills. McMilan Press LTD, London, 1992
- [10] MINKE, R., BLACKWELL, J. *J. Mol. Biol.*, 1978, 167 – 181 s.
- [11] SALMON, S., HUDSON, S. M. *J.Macromol. Sci. – Rev. Macromol. Phys.*, 1997, 199 -276 s.
- [12] VON WEIMARN, P.P. *Ind. Eng. Chem.*, 1927, 109 s.
- [13] CAPOZZA, R.C. *German Patent*, 1975, 2, 305, 505 s.
- [14] RUTHERFORD, F.A., AUSTIN, P.R. in: *Proceeding 1st International Conference on Chitin/Chitosan (1977)*, (Ed. R.A.A Muzzarelli and E.R. Pariser), MIT Sea Grand Program Report MITSG 78-7, 1978, s.182

- [15] MORGENSTERN, B., KAMMER, H.W. *Trends in Polymer Science*, 1990
- [16] MLEZIVA, J., KÁLAL, J. *Základy makromolekulární chemie*, SNTL Praha, 1986
- [17] TERBOJEVICH, M., aj. *Macromolecules*, 1985
- [18] KURITA, K., SANNAN, T., IWAKURA Y. *Macromol. Chem.*, 1977, 178 s.
- [19] DOMSZY, J.G., ROBERTS, G.A.F. *Macromol. Chem.*, 1985, 186, 1671 s.
- [20] ALLAN, G.G., aj. *Chem. Ind.*, 1971, 127 s.
- [21] AUSTIN, P.R., SENNET, S., *Amer. Chem. Soc., Pol. Preprints*, 1977, 18, 87 s.
- [22] MOORE, G.K., ROBERTS, G.A.F. *Int. J. Biol. Macromol.*, 1980, 2, 73 s.
- [23] FILAR, L.F., WIRICK, M.G. in: *Proceeding 1st International Conference on Chitin / Chitosan* (1977), (Ed. R.A.A. Muzzarelli and E.R. Pariser), MIT Sea Grand Program report MITSG, 1978, 169 s.
- [24] KULAK, Z., NIEKRASZEWICK, A., STRUSZCYK, H. *Polimery*, 2001, 41, 46 s.
- [25] NO, H.K., MEYERS, S.P., LEE, K.S. *J. Agric. Food Chem.*, 1989, 37, 575 s.
- [26] YOSHIDA, H., OKAMOTO, A., KATAOKA, T. *Chem. Eng. Sci.*, 1993, 48 s.
- [27] PELLEGRINO, J.J., aj. *Ann. N. Y. Acad. Sci., Biochem. Eng.*, 1990, 229, 589 s.
- [28] LEE, Y.M., NAM, S.Y., WOO, D.J. *J. Membr. Sci.*, 1997, 103, 133 s.
- [29] ALLAN, G.G., NEOGI, A.N. *Cell. Chem. Tech.*, 1974, 8, 297 s.
- [30] STRUSZCZYK, M.H., LOTH, F., PETR, M.G. *Advance in Chitin Chemistry*, vol. IV (Eds. M.G. Peter, aj.), Uni. Postdam, Germany, 2000, 128 -135 s.
- [31] OTTOY, M.H., aj. Preparative and analytical size-exclusion chromatography of chitosans. *Carbohydr. Polym.*, 1996, 253 – 261 s.
- [32] YIHUA, Y.U., BINGLIN, H.E. *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol.*, 1997, 25, 445 s.

- [33] SHAHABEDDIN, L., aj. *J. Mater. Sci.: Mater. Med.*, 1991, 2, 222 s.
- [34] YU, G., XU, G., ZOU, H. *C-MRS Int. Symp. Proc.*, vol. 3, (Ed. Feng, Hanbao) North – Holland, Amsterdam, 1991, 305 – 315 s.
- [35] AKBUGA, J., BERGISADI, N. *J. Microencapsulation*, 1996, 13, 161 s.
- [36] TSIGOS, I., aj. *Tibetech*, 2000, 305, 318 s.
- [37] MUZZARELLI, R.A.A. *Chitin and Chitosan* (Eds. G. Soják-Braek, aj.), Elsevier Applied Science, New York 1989, 87 – 99 s.
- [38] POSPIESZNY, H., GIEBEL, J. *Chitin enzymology*, vol. 2, (Eds. R.A.A. Muzzarelli), Atec Edizioni, Italy, 1997, 379 – 383 s.
- [39] ILUM, L. *Pharm. Res.*, 1998, 15, 1326 s.
- [40] HIRANO, S. *Science*, 1996, 212, 237 s.
- [41] ITOYAMA, K. *Gekkan Fudo Kemikaru*, 1996, 12, 19 s.
- [42] YAO, K., aj. *Rev. Macromol. Chem. Phys.*, 1995, C35, 155 s.
- [43] BODEK, K.H. *Polimery*, 2000, 45, 818 s.
- [44] anonym [cit. 2007-15-03] dostupný
WWW: <<http://www.finclub.cz/web/index.php?src=clanek&id=41>>
- [45] anonym [cit. 2007-15-03] dostupný
WWW: <http://tianshi.unas.cz/index.php?stred=db_produk&produkt_id=7>
- [46] anonym [cit. 2007-16-04] dostupný WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=418&ch=13&typ=1&val=22130>>
- [47] anonym [cit. 2007-16-04] dostupný WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=119&ch=1&typ=1&val=40196>>
- [48] anonym [cit. 2007-16-04] dostupný WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=173&ch=13&typ=1&val=3212>>

- [49] anonym [cit. 2007-16-04] dostupný WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=153&ch=13&typ=1&val=23589>>
- [50] anonym [cit. 2007-16-04] dostupný WWW:
<<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=138&ch=1&typ=1&val=51267>>
- [51] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<http://www.czech.bbcenter.sk/show_product.php?id=93>
- [52] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<[http://www.fitness-suplementy.cz/s-31-chitosan-\(mega-pro\)](http://www.fitness-suplementy.cz/s-31-chitosan-(mega-pro))>
- [53] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<http://www.czech.bbcenter.sk/show_product.php?id=94>
- [54] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW: :
<<http://www.walmark.cz/search.asp?nLanguage=http%3A%2F%2Fwww.walmark.cz%2F&sSearchText=chitosan&x=0&y=0>>
- [55] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<<http://shop.kulturistika.com/good.php?goodId:136#top>>
- [56] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<<http://www.001shop.cz/Kitofit-C-Vynikajici-bojovnik>>
- [57] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<<http://www.lekarnadodomu.cz/starlife-chitosan-chitosorb--it>>
- [58] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<<http://obchod.ronnie.cz/s-21-chitosan+-psyllium.html>>
- [59] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<<http://www.fitness-suplementy.cz/s-225-chitosan-500-mg-cr-c>>
- [60] anonym [cit. 2007-27-04] dostupný WWW:
<<http://www.fitness.cz/spalovace-tuku/spalovace-tuku/nutrrend-hca-chitosan-chrom-60-s3555374>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ATP	adenosintrifostát
CaBr ₂	bromid vápenatý
CaCl ₂	jodid vápenatý
Ca(CNS) ₂	rodanid vápenatý
DNA	deoxyribonukleová kyselina
FAD	flavinadenindinukleotid
GlcN	glukosaminová skupina
Glc-NAc	N-acetglukosaminová skupina
HBr	kyselina bromovodíková
HCl	kyselina chlorovodíková
HDL	cholesterol o vysoké hustotě
LDL	cholesterol o nízké hustotě
LiCNS	rodanid lithný
NAD	nikotinamidadenindinukleotid

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: D- a L- glyceraldehyd	9
Obrázek 2: Znázornění glykosidické vazby	12
Obrázek 3: Chemická struktura chitinu	15
Obrázek 4: Příprava chitinu a chitosanu	19
Obrázek 5: Chemická struktura chitosanu	20

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled nejznámějších monosacharidů.....	10
Tabulka 2: Využití a funkce chitosanu v potravinářském průmyslu.....	25