

VÝZNAM INULINU VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA

Michaela Kubíčková

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1]Beylot, M.: Effect of inulin – type fruktans on lipid metabolism in man and animal models. *British journal of Nutrition*, 2005, vol. 93, s. 163 – 168

[2]Čopíková J.: Náhrady sacharosy a tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách. *Chemické listy*, 1998, Roč. 93, s. 3 – 14

[3]Davídek J., Janíček G., Pokorný J.: *Chemie potravin*, s. 516. SNTL/ALFA, Praha 1983

[4]Hofer K., Jenewein D.: Enzymatic determination of inulin in food and dietary supplements. *Eur Food Res Technol*, 1999, 209:423 – 427

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislava Mišurcová

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

23. listopadu 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2008

Ve Zlíně dne 12. května 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Inulin je oligofruktan, který se skládá z β -(2 \rightarrow 1) spojených fruktosových jednotek zpravidla zakončených glukosou. Je to zásobní polysacharid oddenkových rostlin, jako jsou čekanka, slunečnice a jiřiny. Inulin se používá na výrobu dietních potravin pro pacienty trpících cukrovkou. Inulin je takzvané prebiotikum. Prebiotika jsou látky, které nejsou stravitelné v trávicím traktu. Jejich úloha začíná až v tlustém střevě, kde stimulují růst a metabolickou aktivitu mikroorganismů. Inulin je využíván v potravinářské průmyslu, lékařství a komerčních výrobcích.

Klíčová slova:

Inulin, fruktosa, prebiotika, potravinářský průmysl.

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

Inulin is an oligofructofuranoside containing up to fructose units linked β -1,2-glycosidic bonds. The fructose chain is usually terminated by a glucose. Inulin is found as a storage carbohydrate in many plant roots and tubers, for example dahlia tubers or chicory root. Inulin is used for the production of dietetic foods for diabetes mellitus patients. More recent interest in inulin stems from the fact that it is used as a so-called prebiotic. Prebiotics are substances added to food that are not reabsorbed in the digestive system and therefore pass undegraded into the colon, where they stimulate the propagation and metabolic activity of certain microorganisms (mainly bifidobacteria). Finally, inulin is used by the food industry, by the medical science and by the commercial products.

Keywords:

Inulin, fructose, prebiotics, dietetic food, food industry.

Poděkování, motto

Chtěla bych poděkovat své vedoucí práce Ing. Ladislavě Mišurcové za laskavou spolupráci, cenné rady, konzultaci a odborný dohled.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

podpis

OBSAH

OBSAH	5
ÚVOD	8
1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA INULINU	9
1.1 NESTRAVITELNÉ POLYSACHARIDY	9
1.2 FRUKTOOLIGOSACHARIDY	9
1.3 ROSTLINNÉ FRUKTANY	9
1.4 HISTORIE	10
1.5 CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI	10
1.6 BIOSYNTÉZA INULINU	12
1.7 FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI INULINU	13
1.7.1 PŮSOBNÍ INULINU	13
1.7.2 MECHANISMUS ÚČINKU INULINU	13
1.7.3 BIFIDOGENNÍ EFEKT	13
1.7.4 PROBIOTIKA	13
1.7.5 PREBIOTIKA	14
1.7.6 SYMBIOTIKA	15
1.7.7 VLÁKNINA	15
1.7.8 VLIV INULINU NA VSTŘEBÁVÁNÍ VÁPŇÍKU	17
1.7.9 NEGATIVNÍ PŮSOBNÍ INULINU	17
2 ZDROJE INULINU	18
2.1 SYSTEMATICKÉ ROZDĚLENÍ VYŠŠÍCH ROSTLIN OBSAHUJÍCÍCH INULIN.....	18
2.2 ČELEĎ: HVĚZDNICOVITÉ (SLOŽNOKVĚTÉ)	18
2.2.1 SLUNEČNICE TOPINAMBUR (<i>HELIANTHUS TUBEROSUS</i>)	19
2.2.2 ČEKANKA OBECNÁ (<i>CICHORIUM INTYBUS</i>).....	20
2.2.3 ARTYČOK ZELENINOVÝ (<i>CYNARA SCOLYMUS</i>).....	21
2.2.4 OMÁN PRAVÝ (<i>INULA HELENIUM</i>).....	21
2.3 ČELEĎ ZVONKOVITÉ (<i>CAMPANULANCAE</i>)	22
2.4 DALŠÍ ZDROJE INULINU	22

2.4.1	ČELEĎ LILIOVITÉ (<i>LILIACEAE</i>).....	22
2.4.2	ČELEĎ LIPNICOVITÉ (<i>POACEAE</i>).....	23
2.4.3	ČELEĎ JAMOVITÉ (<i>DIOSCOREACEAE</i>).....	23
2.4.4	ČELEĎ AGÁVOVITÉ (<i>AGAVACEAE</i>).....	24
2.4.5	ČELEĎ BOBOVITÉ (<i>FABACEAE</i>).....	24
2.5	BAKTERIÁLNÍ KMENY	25
2.5.1	<i>ASPERGILLUS</i>	26
3	STANOVENÍ	27
3.1	ENZYMATICKÉ STANOVENÍ INULINU	27
3.2	STANOVENÍ VODY V INULINU KARL-FISCHEROVOU TITRACÍ.....	27
3.3	STANOVENÍ INULINU V MASNÝCH VÝROBCÍCH	28
3.4	STANOVENÍ INULINU V BIOLOGICKÝCH TEKUTINÁCH.....	28
4	VYUŽITÍ INULINU V POTRAVINÁŘSTVÍ	30
4.1	POUŽITÍ INULINU V MLÉČNÝCH VÝROBCÍCH	30
4.1.1	JOGURT S INULINEM PODPORUJE VSTŘEBÁVÁNÍ VÁPNIKU	30
4.1.2	VYUŽITÍ INULINU V NÍZKOTUČNÉ ZMRZLINĚ	31
4.1.3	ČOKOLÁDOVÁ PĚNA	31
4.2	VYUŽITÍ INULINU V PEKÁRENSKÉM PRŮMYSLU.....	32
4.2.1	CHLÉB S OBSAHEM INULINU	32
4.3	POUŽITÍ INULINU V MASNÉ VÝROBĚ	32
4.3.1	FERMENTOVANÉ MASNÉ VÝROBKY	33
4.4	POUŽITÍ INULINU DO UMĚLÝCH SLADIDEL	34
4.4.1	SLADKÁ CHUŤ	34
4.4.2	NÁHRADY SACHAROSY V NEČOKOLÁDOVÝCH CUKROVINKÁCH.....	36
4.4.3	NÁHRADY SACHAROSY V ČOKOLÁDĚ	38
4.4.4	VÝROBA PRÁŠKOVÉHO INULINU	39
4.5	VYUŽITÍ INULINU V PRŮMYSLU	40
4.5.1	IZOLACE INULINU Z ČEKANKY.....	40
4.5.2	ČIKORKA	41
4.5.3	MELTA	41
4.5.4	TOPINAMBUROVÝ SIRUP	41
4.5.5	MOŽNÉ VYUŽITÍ INULINU V PRŮMYSLU.....	42
5	VYUŽITÍ INULINU V ŽIVOČIŠNÉ PRODUKCI.....	43
5.1	DRŮBEŽ	43
5.2	VEPŘI.....	43

5.3 RYBY	44
6 DALŠÍ VYUŽITÍ INULINU	45
6.1 LÉKAŘSTVÍ	45
6.1.1 LEDVINNÁ CLEARANCE	45
6.1.2 DIABETES MELLITUS	45
6.1.3 ŽLUČOVÉ KYSELINY	46
6.1.4 ONEMOCNĚNÍ TLUSTÉHO STŘEVA	47
6.1.5 STÁRNUÍ.....	47
6.1.6 ONEMOCNĚNÍ KARDIOVASKULÁRNÍHO SYSTÉMU.....	47
6.2 KOSMETICKÉ PŘÍPRAVKY, LÉČIVA	48
7 LEGISLATIVA	50
ZÁVĚR	51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59
SEZNAM OBRÁZKŮ	60
SEZNAM TABULEK	61
SEZNAM PŘÍLOH	62

ÚVOD

Výživa lidského organismu se závažným až rozhodujícím způsobem podílí na vzniku a rozvoji v podstatě všech onemocnění, mimo jiné aterosklerózy, obezity, diabetu, srdečních a cévních onemocnění, onemocnění trávicího a zažívacího systému, osteoporózy, degenerativních onemocnění kloubů i zhoubných nádorů. [1] Nedostatky ve výživě tím negativně ovlivňují celkový zdravotní stav, kvalitu života a podílí se na předčasné úmrtnosti. Na druhé straně je dostatek důkazů o pozitivních změnách ve výživě na zdraví jedinců, populačních skupin i celé populace.

Přes dílčí zlepšení je výživa průměrné české populace charakterizována některými závažnými chybami a nedostatky. Energetický příjem je nezdědka vyšší, zvláště s ohledem na nízký energetický výdej. Spotřeba tuků, především živočišných, nasycených, je stále vysoká, jejich podíl na energetickém příjmu je většinou vyšší než doporučených 30%. Naopak stále ještě je nedostatečná spotřeba ovoce a zeleniny, závažné problémy jsou v zabezpečení dostatečného přívodu vitamínu C a ostatních vitamínů rozpustných ve vodě, vápníku, železa.

Jedním z požadavků na změnu složení výživy je především spotřeba sacharosy. Proto se v posledních letech obrací pozornost na inulin, který může skvěle nahradit jednoduché cukry v lidské výživě.

Cílem mé práce bylo vytvořit souhrn dostupných informací o inulinu, jeho působení, zdrojích a možném využití v potravinářském průmyslu. Dále bych chtěla zdůraznit fyziologický účinek inulinu na lidský organismus jako prebiotika.

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA INULINU

1.1 Nestravitelné polysacharidy

Sacharidy je možné klasifikovat podle různých kritérií, podle délky řetězce, podle technologických vlastností, podle fyziologických funkcí. Prebiotikum inulin spadá do skupiny nestravitelných polysacharidů. [2] Není hydrolyzován ani absorbován v tenkém střevě a působí podobně jako rozpustná vláknina. [3] V posledních dvou desetiletích se často stává složkou funkčních potravin, hlavně v Japonsku a Evropě. Jeho důležitou vlastností je, že spolu s ostatními fruktooligosacharidy, hraje roli receptorových analogů, které se zapojují do specifických interakcí mezi bakteriálními patogeny a oligosacharidovými složkami receptorů střevní stěny. [4]

1.2 Fruktooligosacharidy

Fruktooligosacharidy (FOS) jsou polymery D-fruktosy, jejich polymerační stupeň je 2 – 30 a průměrný obsah v čerstvém ovoci či zelenině činí 6%. Průmyslově se vyrábí buď hydrolyzou inulinu [5] nebo ze sacharosy červené řepy účinkem *fruktosylfuranosidasy* z *Aspergillus niger* a to metodou transfruktosylace.[6] Nejsou využívány patogenními mikroorganismy tlustého střeva (*Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*) ani *Streptococcus mutans* v ústech. Při dávkování 3-6g FOS denně se snižuje produkce toxických složek a nežádoucích enzymů ve střevech o 40-45%. Pozitivní účinek pro dospělého jedince má dávka 2-10 g za den.

1.3 Rostlinné fruktany

Inulin je přírodní látka, řadící se mezi fruktany. Fruktany jsou polymery a oligomery D-fruktos. Pokud fruktany obsahují koncovou D-glukosu, používá se pro jejich lepší zařazení pojem glukofruktany. Jsou dva typy GF:

1. Inuliny, které obsahují vazby β -(1-2)
2. Levany, které obsahují vazby β -(2-6)

Inulin je tedy polysacharid, který se skládá z lineárních β -(2 \rightarrow 1) spojených polyfruktosových jednotek. Tento řetězec fruktofuranos je zakončen D-glukosou. U některých rostlin z čeledi hvězdnicovitých a zvonkovitých nahrazuje škrob jako zásobní látku. Také ho syntetizují některé mikroorganismy.

Je to bezbarvá látka mikrokystalické struktury, která se dobře rozpouští v horké vodě. Chuťově působí sladce, ale neštěpí se amylasou, takže živočišný organismus ho neumí využít. Ve střevě se tedy chová jako rozpustná vláknina. Protože bakteriální enzymy ho rozštěpit dokážou, je inulin zdrojem energie a má prebiotický efekt. Své využití si našel i v lékařství při vyšetření funkčního stavu ledvin a při přípravě pokrmů pro diabetiky. Inulin je polymer, složený z jednotek fruktosy spojených navzájem β -2,1 glykosidickou vazbou. Množství cukerných jednotek se pohybuje od 2 do 140, typicky jich bývá 20 – 30. Koncová cukerná jednotka bývá zpravidla tvořena D-glukosou. Řadí se mezi fruktooligosacharidy. [7]

1.4 Historie

Tato látka byla poprvé izolována z ománu pravého (*Inula helenium*) v roce 1804. Poté byla známa jako alantin, helenin, menianthin, dahlin, sinanterin a sinisterin. Jako inulin ji v roce 1818 pojmenoval Thomson. První poznatky o fyziologickém významu inulinu objevil Külz v roce 1874, který pozoroval, že moč diabetiků konzumujících 50-120 g inulinu denně, neobsahuje žádné jednoduché sacharidy. Této skutečnosti se dnes využívá při diagnostickém vyšetření ledvin. Účinky inulinu se staly předmětem vědeckého zájmu na začátku 20. století, kdežto studie o neškodnosti inulinu pro člověka byla provedena v roce 1935, kdy si autor intravenózně píchl 160g inulinu a jeho účinky sledoval na svém vlastním organismu. [8]

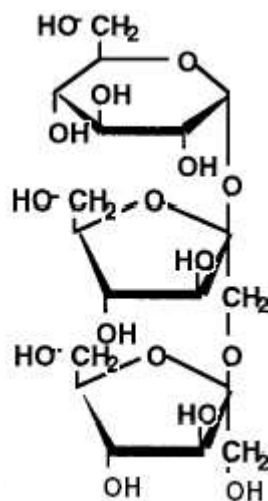
1.5 Chemické a fyzikální vlastnosti

Fruktooligosacharidy se získávají ze sacharosy transfruktosylací nebo využitím transfruktosylasové aktivity β -D-fruktosa-nosidasy. Transfruktosylace se uskutečňuje pů-

sobením mikrobiální nebo rostlinné *fruktosyltransferasy*. Vznikají oligomery, pro které se používá název neocukr. [9]

Obecně jsou fruktooligosacharidy ve vodě dobře rozpustné látky, které se nehydrolyzují sacharidasami, a proto se klasifikují jako rozpustná vláknina. V tenkém střevě člověka se množství částečně nestravitelných fruktooligosacharidů pohybuje v rozmezí mezi 86 % až 88 % z celkového množství rozpustné vlákniny.

Roztoky fruktooligosacharidů mají vyšší tepelnou stabilitu než roztoky sacharosy o stejné koncentraci. Při pH běžných potravin (4,0 – 7,0) jsou stabilní při mrazírenských teplotách déle než rok. [10]



Obr. 1. Chemický vzorec inulinu [11]

Enzymová hydrolýza inulinu přirozenými endoglykosidasami rostlin, tzv. *inulasou* neboli β -1,2-*fruktan fruktanohydrolasou*, poskytuje oligofruktany. To jsou lineární oligomery typu GF_n nebo také oligomery typu F_n. Ty vznikají po hydrolýze glukosy. Úplnou hydrolýzou inulinu se získá glukosa a fruktosa. V literatuře se také můžeme setkat s pojmem fruktooligosacharidy (dále FOS), což je termín používaný pro krátké řetězce inulinu syntetizovaných ze sacharosy. Oligofruktany a FOS jsou synonyma používaná pro fruktany inulinového typu, které se liší stupněm polymerace. Oligofruktosa má polymerační stupeň 2 – 8, FOS mají 2 – 4. [12]

FOS = fruktooligosacharid

F = fruktan

GF = glukofruktan

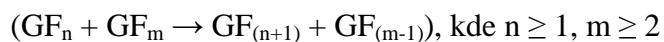
m, n = stupeň polymerace

Tabulka 1. Chemické vlastnosti inulinu [13]

Inulin	
Systematické jméno	$\beta(1,2)$ fruktosa
Sumární vzorec	$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]_n$
Molární hmotnost	cca 5 000 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Rozpustnost ve vodě	rozpustný ve vroucí vodě
stupeň polymerace	≤ 140 vazbou $\beta(1-2)$

1.6 Biosyntéza inulinu

Biosyntéza inulinu probíhá v rostlinných buňkách za pomoci dvou vakuolárních enzymů. Na začátku reakce enzym *sacharosa-1-fruktosyltransferasa* (SST) přenáší fruktosu z jedné molekuly sacharosu na C_1 uhlík fruktosy jiné molekuly sacharosu za vzniku trisacharidu a jedné molekuly glukosy ($\text{GF} + \text{GF} = \text{GFF} + \text{G}$). Tato reakce je ireverzibilní. Dalším krokem reakce je přenesení fruktosy pomocí enzymu *fruktosa-1-fruktosyltransferasa* (FFT) z trisacharidu na molekulu sacharosu nebo jiný fruktan. Celá reakce lze zapsat následujícím schématem:



1.7 Fyziologické vlastnosti inulinu

1.7.1 Působení inulinu

Inulin prochází trávicím ústrojím téměř beze změn, odolává agresivním žaludečním kyselinám a trávicím enzymům. Jeho funkce začíná až v tlustém střevě, kde je fermentován bakteriemi tlustého střeva.

1.7.2 Mechanismus účinku inulinu

Zvětšení obsahu vázané vody zlepšuje fermentaci ve střevním lumen vytvořením gelovité struktury, která interferuje s mukosou střevní stěny, stimuluje vazbu bifidogenních kmenů a tím vytváří ochrannou vrstvu mezi střevní stěnou patogenními mikroorganismy. [14]

1.7.3 Bifidogenní efekt

Funkční potraviny jsou jednou z oblastí potravinářského průmyslu s největší dynamikou růstu. Přímo nebo preventivně ovlivňují zdraví konzumenta. Bifidogenní mikroflora zajišťuje hydrolyzu prebiotik na monomerní jednotky a v druhé fázi je metabolizuje na těkavé mastné kyseliny a plyny. Vznikající krátké řetězce mastných kyselin jsou nejen zdrojem energie, ale stimuluji také střevní peristaltiku a kyselina máslá má navíc ochranný vliv na buňky intestinální mukosy. [15]

1.7.4 Probiotika

Tento termín je odvozen z řečtiny a doslovně tento termín znamená "pro život". Poprvé ho použili v roce 1965 Lilly a Stiwell, k označení substancí, které jsou vylučovány určitým mikroorganismem a podporují růst jiného mikroorganismu. [16] Byl utvořen podle vzoru antibiotik, ale s opačnou funkcí. Až Parker v roce 1974 použil poprvé tohoto termínu v dnešním slova smyslu. Jeho definice zněla: „probiotika jsou organismy a substance, které přispívají k udržení mikrobiální střevní rovnováhy“. [17] Tato definice přetrvala až do

této doby, pouze byla rozšířena Havenaarem v roce 1992, Salminem a Schaafsmem v roce 1996. [18]

Probiotika jsou tedy živé mikroorganismy, které příznivě ovlivňují zdravotní stav střeva modifikací střevní mikroflóry. Ve výživě lidí se často do jogurtů a dalších mléčných produktů aplikují bakterie *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Probiotika jsou pro patogenní mikroorganismy konkurenty ve využití střevního prostoru a živin, redukují střevní pH tvorbou organických kyselin, uvolňují bakteriokiny a peroxid vodíku a stimulují imunitní systém. Prebiotika mohou snižovat riziko infekcí a střevních poruch. Dále fungují jako substráty pro příznivé mikroorganismy a nemohou být využity škodlivými bakteriemi. Hlavním a konečným produktem bakteriálního rozkladu prebiotik jsou mastné kyseliny s krátkým řetězcem - octová, propionová a máselná. [19]

1.7.5 Prebiotika

Termín prebiotika zavedli Gibson a Roberfoid v roce 1995. Uvořili pojem a termín prebiotika právě do pojmu probiotika. Zaměnili pro za pre. Latinská předpona pre (prae) značí před, před něčím, nějakým časem, dobou. Definují tedy prebiotika jako „nestravitelné složky potravy, které příznivě ovlivňují hostitele tím, že selektivně stimulují růst a nebo aktivitu jednoho druhu nebo určitých druhů bakterií v tlustém střevě“. Selektivním mechanismem prebiotik je metabolismus bifidobakterií, které jsou schopny využít jen některé fruktooligosacharidy a inulin, dále transglykosylované oligosacharidy a některé oligosacharidy ze sojových bobů. [20]

Prebiotika prochází horní částí gastro-intestinálního traktu v nezměněné formě. Neštěpí se zde a ani nevstřebávají. Slouží jako selektivní substrát, který vede ke zvýšení metabolické aktivity nebo k podpoře růstu žádoucích bakterií a jejich účinek by se měl dostavovat po přiměřené denní dávce, aniž by jejich podání měla nějaké vedlejší účinky, jako například plynatost.

V budoucnu by měla být vyvíjena a testována prebiotika, která by svůj účinek rozvinula i do sestupující části tlustého střeva, protože především tam vznikají onemocnění jako ulcerózní kolitida a rakovina. [21]

Zdravotní účinky užívání prebiotik a probiotik

1. Udržení nebo obnovení fyziologické rovnováhy v trávicím traktu
2. Inhibici růstu hnilobných bakterií v GIT
3. Vliv na střevní infekce, ovlivnění průjmu a zácpy
4. Zlepšení tolerance laktosy, příznivé působení u nespecifických střevních zánětů a potravinových alergií
5. Příznivý vliv na regulaci cholesterolu v krvi
6. Určitou protinádorovou aktivitu
7. Nepřímou stimulaci imunity
8. Vliv na vstřebávání minerálů
9. Produkci vitaminů

1.7.6 Symbiotika

Tento termín se používá pro současnou přítomnost prebiotik a probiotik.

1.7.7 Vlákna

Vlákna stravy je směs polysacharidů, které jsou v lidském tenkém střevě nestravitelné a neabsorbovatelné, a které jsou součástí rostlinných buněčných stěn a mezibuněčných struktur (celulosa, pektin, hemicelulosa, beta-glukany). Dále sem patří některé přirozeně se vyskytující rezistentní škroby, lignin, velký počet oligosacharidů jako inulin a oligosacharidy se stupněm polymerizace 3 až 10 (např. rafinosa, stachyosa a verbaskosa), fruktany, polydextrosa, metylcelulosa, rezistentní maltodextriny a příbuzné látky, které nebyly získány srážením alkoholem. K vláknině stravy se nepočítají nestravitelné živočišné makromolekuly polysacharidů ani nestravitelné mono- a disacharidy. Těm není připisován žádný fyziologický efekt. [22]

Funkční vlákninou jsou látky chemicky, enzymaticky nebo vodou uvolněné, izolované, příp. extrahované. Patří sem také synteticky vyrobené nebo přírodní izolované oligosacharidy, a také z hlediska délky řetězce nebo molekulární konfigurace modifikované oligo- a polysacharidy rostlinného původu – rezistentní škroby, polydextroza, polyoly (polygycitolový nebo maltitolový sirup), inulin a nestravitelné dextriny. Mezi funkční vlákninu jsou zahrnuty i nestravitelné sacharidické makromolekuly živočišného původu, jako jsou součásti pojivové tkáně a především chitin a chitosan. Nepatří sem nestravitelné mono- a disacharidy nebo alkoholické cukry. [23]

Z prokázaných fyziologických účinků vlákniny byla odvozená tato doporučení: Během průchodu tenkým střevem vykazuje vláknina různé efekty. Viskózní vláknina obou skupin může zpomalovat vyprazdňování obsahu žaludku do střeva. Tím se vytváří pocit plnosti, který napomáhá při regulaci hmotnosti sníženým příjmem stravy. Kromě toho se zpomaluje trávení a absorpce živin. Zabrzdí se postprandiální vzestup glukosy v krvi. V tlustém střevě probíhá fermentace vlákniny mikroflórou a přitom se vytváří oxid uhličitý, vodík a methan. Neexistuje vztah mezi množstvím konzumované vlákniny a fermentovatelností, zvláště při velkých množstvích. Kontroverzní diskuse se však vedou ohledně souvislosti mezi vznikajícím butyrátem a rizikem karcinomu tlustého střeva. Předpokládá se, že energetický přínos z těchto procesů je 1,5 až 2,5 kcal/g vlákniny na den.

Charakteristický je pro funkční vlákninu laxativní účinek, snížení postprandiální hladiny glukosy v krvi s potenciálním příznivým vlivem na senzitivitu insulinu a normalizaci hladiny lipidů v krvi. Koncentrace lipidů v krvi je ovlivněna tím, že funkční vláknina zabraňuje jak absorpci tuku ze stravy, tak i cirkulaci cholesterolu a kyseliny žlučové v játrech. V důsledku toho může dojít k poklesu celkového a LDL-cholesterolu i triacylglycerolů v krvi. [24]

1.7.7.1 Nerozpustná vláknina

Hlavní složkou nerozpustné vlákniny je celulosa, hemicelulosa a lignin. Nevytváří viskózní roztok a je nefermentovatelná. Nezvětšuje svůj objem, urychluje střevní pasáž a peristaltiku střeva.

1.7.7.2 Rozpustná vláknina

K rozpustné vláknině se řadí hemicelulosa, pektinové látky, rostlinné slizy, agar. Je fermentovaná bakteriemi tlustého střeva. Absorbuje vodu a zvětšuje svůj objem. Zpomaluje vyprazdňování žaludku a tím vyvolává pocit sytosti. Reguluje trávení a absorpci sacharidů a tuků v tenkém střevě.

1.7.8 Vliv inulinu na vstřebávání vápníku

Zvýšením osmotického efektu dochází k zvýšené rozpustnosti a následně k zlepšení pasivní difuze. Rozsáhlá fermentace inulinu způsobuje okyselení střevního obsahu a tím efektivnější ionizaci minerálních látek. Již dříve byl zkoumán vliv inulinu na zvyšování absorpce vápníku u adolescentních dívek a nejnovější výzkumy klinického pracoviště při Palo Alto VA Health Care System v Kalifornii ukazují, že absorpce vápníku se zvyšuje i u postmenopauzálních žen o 20% po jeho podání. [20] (Kopáčová, O.,: Inulin napomáhá zvyšování vápníku v kostech. UZPI 2005) Absorpci hořčíku, železa a zinku není ve studiích věnováno tolik pozornosti jako je tomu u vápníku. Výsledky výzkumů na zvířatech popisují velké zvýšení absorpce hořčíku díky inulinu a stejné výsledky jsou předpokládány i u lidských studií. [25]

1.7.9 Negativní působení inulinu

Po konzumaci inulinu se mohou objevit vedlejší příznaky a to dyspeptické potíže zvýšené nadýmání a sklon k průjmovým stolicím. Potíže tohoto typu jsou většinou po dávce vyšší než 30 g denně. [26]

2 ZDROJE INULINU

Inulin se nachází ve všech rostlinách z čeledi hvězdnicovitých a zvonkovitých, kde je hlavní zásobní látkou. Hlavními komerčními zdroji jsou čekanka obecná (*Cichorium intybus*), terčovka úzkolistá (*Echinacea angustifolia*) a slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*). Dále se nachází v jamech, artyčoku, pampeliškách, slunečnicích, jirínách a v cibulovinách (česnek). Nejčastěji je inulin obsažen v kořenech těchto rostlin. [27]

2.1 Systematické rozdělení vyšších rostlin obsahujících inulin

Třída: Dvouděložné (Rosopsida)

- čeleď: Hvězdnicovité (Asteraceae)
- čeleď: Zvonkovité (Campanulaceae)

Třída: Jednoděložné (Liliopsida)

- čeleď: Liliovité (Liliaceae)
- čeleď: Lipnicovité, trávy (Poaceae (Gramineae))

Třída: Jednoděložné (Liliopsida) – Užitkové rostliny tropů a subtropů

- čeleď: Jamovité (Discoreaceae)
- čeleď: Agávovité (Agavaceae)
- čeleď: Banánovníkovité (Musaceae)
- čeleď: Bobovité (Fabaceae)

2.2 Čeleď: Hvězdnicovité (složnokvěté)

Nejvíce inulinu je obsaženo v řádu hvězdnicotvarých – Asterales, který je členěn do tří čeledí – Asteraceae, Ambrosiaceae, Cichoriaceae. Tyto tři čeledi však bývají pro svou

fylogenezi, morfologii a další společné vlastnosti spojovány v čeleď jedinou – Asteraceae, dříve nazývanou složnokvěté (Compositae). Hvězdicovité jsou jednou z nejpočetnějších čeledí vyšších rostlin, celosvětově jsou v počtu druhů na druhém místě, hned za čeledí (Orchidaceae). [28]

2.2.1 Slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*)

Rod *Helianthus* zahrnuje asi 70 druhů, jejichž původ je převážně v oblasti, která sahá od jihu Kanady po sever Mexika, několik druhů roste i v Jižní Americe, druhotně však rostou či jsou pěstovány téměř po celém světě.

Je to víceletá, až 3 m vysoká bylina s hlízovitě rozšířenými oddenky. Lodyha přímá, v horní části větvená, hustě a drsně chlupatá. Listy v dolní polovině vstřícné, v horní střídavé, všechny řapíkaté, chlupaté, široce kopinaté, vejčité až srdčité, jemně pilovité až hrubě zubaté, na bázi zúžené v křídlatý nebo nekřídlatý řapík. Úbory 8 až 10 cm široké, stopkaté, stopky chlupaté, zákrovní listeny čárkovitě kopinaté, špičaté, v horní polovině odstávající, chlupaté, jazykovité květy v počtu 15 až 30, žluté, trubkovité květy taktéž žluté, prašníky černé. Kvete v průběhu srpna až do října. [29]



Obr. 2. Slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*) [30]

Podzemní hlízy jsou jedlé a to jak za syrova tak, i po tepelné úpravě. Pražené hlízy se dají použít i jako náhražka kávy.

Sbírají se hlízy, velmi zřídka i list nebo nať. Hlízy obsahují asi 16 % sacharidů, z tohoto množství tvoří polovinu inulin, přibližně 2,5 % bílkovin, asi 0,5 % tuků, dále vlákninu, esenciální aminokyseliny, vitaminy, kyselinu jablečnou, jantarovou, citronovou a minerální látky, zejména draslík. [31]

2.2.2 Čekanka obecná (*Cichorium intybus*)

Původní areál rozšíření zahrnoval Evropu, severní Afriku a západní Asii. Jako pěstovaná rostlina ze středověku byla zavlečena na Sibiř, do východní Asie, Severní i Jižní Ameriky, jižní Afriky, do Austrálie, na Nový Zéland. V ČR roste hojně od nížin až do podhůří, kde je vzácnější. Roste na rudérálních porostech podél cest, železničních naspů, na mýtinách a světlinách, na sušších loukách a mezích na pustých místech. Vyhovující půdy jsou sušší, bohaté na živiny a dusík.

Sbírá se kořen (*radix cichorii*), někdy i nať (*herba cichorii*) nebo list (oboje nejlépe před rozkvětem) nebo květ, jenž je nejlepší hned v rozkvětu. Kořen se sbírá na podzim nebo na jaře, po sběru a po omytí se rozřeže na asi 15 cm dlouhé kousky a suší ve stínu nebo při umělém sušení při teplotě max. 50 °C. Kořen je dlouhý až 30 cm a v průměru mívá okolo 15 mm. Květ se sbírá nejlépe za slunečného počasí v odpoledních hodinách.

Čekanka dále obsahuje glykosidickou hořčinu intybin, dále inulin (15 až 20%, podle některých zdrojů i 40%), silici, cholin, třísloviny, manit, arginin, sliz, terpenové hořčiny a větší množství minerálních látek. [32]



Obr. 3. Čekanka obecná (*Cichorium intybus*) [33]

2.2.3 Artyčok zeleninový (*Cynara scolymus*)

Pochází ze severní Afriky a do jižní Evropy, kde se dnes zejména pěstuje, se dostal pravděpodobně prostřednictvím Arabů již v 8. století. Artyčoky mají rozvětvenou lodyhou až 180 cm vysokou. Na konci květních stonků mají mohutné dekorativní úbory modrofialových květů, kvetoucích v červenci a srpnu. Artyčoky vyžadují hlubokou, lehčí humózní půdu s vysokým obsahem živin, slunné a teplé stanoviště. Pěstují se ze sadby nebo dělením oddenku. Sadba se může vypěstovat výsevem semen v únoru nebo březnu. Dobře vyvinuté, ještě nerozvinuté květní úbory se sklízí od června. Zákrovní listy mohou být tmavozelené. [34]

2.2.4 Omán pravý (*Inula helenium*)

Je to rostlina, z níž byl poprvé izolován inulin. Je to vytrvalá bylina s hlízovitě ztlustlým rozvětveným oddenkem. Dlouhá lodyha je plstnatá s přízemními a vejčitými listy. Žluté květy skládají velké úbory jednotlivě nebo ve vrcholovém květenství. Sušina oddenku obsahuje až 44 % inulinu. [35]

2.3 Čeleď Zvonkovité (*Campanulaceae*)

Tato čeleď dvouděložných rostlin zahrnuje přibližně 40 rodů a 1000 druhů. Jsou to zejména jednoleté až vytrvalé byliny, vzácně keře nebo stromy. Listy těchto rostlin jsou střídavé, bez palistů. Květy jsou jednotlivé nebo v latách, v hroznovitých nebo vrcholičnatých květenstvích. V pletivech mají článkované mléčnice. Oboupohlavní květy jsou pravidelné, kalich a koruna jsou pětičetné. Tyčinek je pět, spodní semeník srůstá ze dvou až pěti plodolistů. Volně spojené prašníky poskytují pyl ještě než dozraje blizna. Pyl je uchován na sběrných kartáčcích na povrchu čnělky. Plody jsou tobolky. Rostou hlavně v subtropickém a mírném pásmu na severní polokouli. Obsahují v průměru 15 – 45 % inulinu.

2.4 DALŠÍ ZDROJE INULINU

Pro úplnost jsou následovně uvedeny další čeledi rostlin, v kterých je inulin obsažen. Jeho množství v uvedených zástupcích je menší a nebo není zcela přesně definováno.

2.4.1 Čeleď Liliovité (*Liliaceae*)

Vytrvalé pozemní byliny, převážně s cibulemi. Listy jsou jednoduché, přisedlé nebo řapíkaté, střídavé, uspořádané nejčastěji spirálně, s listovými pochvami nebo bez nich. Listy jsou zpravidla dobře vyvinuty, vzácně jsou redukovány. Čepele listů jsou celokrajné, ploché, žlábkovité, svinuté nebo oblé, čárkovité až kopinaté nebo někdy vejčité. Žilnatina je souběžná a jazýček chybí. Oboupohlavní květy jsou jednotlivé nebo v květenstvích, zpravidla v hroznech, latách nebo okolících. Květy mohou být podepřeny listeny, listen pod květenstvím ve tvaru toulce není přítomen. Okvětí je vyvinuto, zpravidla 6 okvětních lístků ve 2 přeslenech, vzácně okvětí rozlišeno na kalich a korunu, okvětní lístky jsou volné, různých barev. Plodem je převážně tobolka nebo bobule.

2.4.2 Čeleď Lipnicovité (*Poaceae*)

Do čeledi Poaceae je řazeno více než 400 rodů s 10 tisíci druhy, které jsou od sebe často špatně odlišitelné. Je to hospodářsky významná čeleď, nejdůležitější skupinou jsou obiloviny a pícniny.

Jednoleté nebo vytrvalé, obvykle trsnaté rostliny. Kořeny jsou tenké, ve svazečcích. Oddenek je plazivý nebo trsnatý. Nevětvená, dutá stébla s výraznými kolénky jsou dole občas rozvětvená. Prodlužovací pletivo u stébel se nachází nad kolénky. Toto místo s mladým pletivem je chráněné před vysycháním listovou pochvou. Dává stéblu i potřebnou oporu, čímž ho drží ve vzpřímené poloze. Toto dělivé pletivo umožňuje jednostranným dělením napřimování polehlých stébel. Vznikající trsy stébel jsou různě husté. Záleží na tom, jestli přízemní výběžky prorážejí pochvy přízemních listů (řídké trsy) nebo vynikají horním ústím pochvy přízemních listů (husté trsy). Střídavé listy mají dlouhé, uzavřené nebo otevřené pochvy, které mají úzce nebo kopinatě čárkovitý tvar. Celokrajná čepel je svinutá štětinovitě nebo žlábkovitě. Tuto vlastnost umožňují řady ohýbacích buněk. Blanitý jazýček se vytváří na rozhraní pochvy a čepele listu. Někdy se přeměňuje na chlupy. Báze čepele se občas po stranách protahuje ve dvě ouška. Květenství je tzv. stažená lata. Tvoří ji jedno- i vícekvěté klásky, které mají vespod obvykle dvě plevy. Květy jsou uspořádané ve dvou řadách v úžlabí pluch. V květech stojí proti pluce menší blanitá, obvykle dvojžilná pluška, která je na špičce vykrojená (proto tvoří dva zuby). Plenky oddělují pluchu od tyčinek, během kvetení se zvětšují a oddalují tak pluchu od plušky. Květy jsou většinou oboupohlavné. Tyčinky jsou v nich nejčastěji po třech. Do středu vrtivých prašníků jsou vetknuté nitky (proto se prašníky lehce otáčejí). Semeník srůstá ze tří plodolistů, na něm jsou nejčastěji dvě dlouhé blizny. Semeník obsahuje jediné vajíčko, to později dozrává v obilku, která může být opatřená osinou. Osiny mají různý tvar - jsou krátké i dlouhé, pérovité nebo lysé. Buněčné stěny bývají často zpevněné kyselinou křemičitou. [36]

2.4.3 Čeleď Jamovité (*Dioscoreaceae*)

Do této čeledi patří jamy, které se pěstují pro jedlé hlízy. Zahrnují asi 650 druhů, původem z Afriky a jihovýchodní Asie. Největšími pěstiteli jsou africké země, hlavně Nigérie a Pobřeží slonoviny. Byliny mají popínavou nebo plazivou lodyhu, která je lysá, křídlatá nebo trnitá, asi 2 – 12 m dlouhá. Listy jsou vstřícné i střídavé s dlouhými řapíky, nedě-

lené nebo laločnaté. Květy jednopohlavní a pouze u některých druhů vyrůstají v úžlabí listů klasovité hrozny zelenavých květů s šesticípým okvětím. Plodem je trojpouzdrá tobolka s drobnými semeny. Kořenové hlízy mohou být barvy žluté, bílé, červené až tmavě hnědé s hmotností 0,5 – 20 kg s dužinou bílou nebo nažloutlou. [37]

2.4.4 Čeleď Agávovité (*Agavaceae*)

Agave, které patří do této čeledi, jsou víceleté byliny pocházejí hlavně ze Střední Ameriky. Vytvářejí nevětvený, různě krátký kmen s různí čárkovitě kopinatých až mečovitých, tuhých listů, které obsahují pevná sklerenchymatická vlákna. Zelenavé žluté květy jsou v terminálních latách na vysokých stvolech, kvetou jednou za život a po dozrání semen odumírají. Obsah inulinu 6%. [38]

2.4.5 Čeleď Bobovité (*Fabaceae*)

Bobovité jsou byliny nebo dřeviny, které se nikdy nevyskytují ve vodním prostředí. Všechny rostliny této čeledi mají na kořenech hlízky s bakteriemi, které dokáží přeměnit vzdušný dusík na důležité dusíkaté sloučeniny potřebné pro růst rostliny. Této skutečnosti se využívá zvláště ke zlepšení kvality půd. Listy jsou střídavé, složené, s palisty. Květy jsou souměrné, oboupohlavní. Plodem je lusk.

Tato čeleď je známá zvláště díky svému užití v zemědělství a při výživě obyvatelstva. Vojtěška, jetel, někdy také lupina se pěstují jako krmivo pro hospodářská zvířata a navíc zlepšují půdu. Luštěniny - jsou semena bobovitých rostlin. Také sója, arašídy a lékořice patří do této čeledi. Velké množství druhů se pěstuje jako okrasné rostliny. Jsou to také důležité pícninářské, medonosné a léčivé rostliny. Motýlokvěté zahrnují kolem 490 rodů a asi 12000 druhů rozšířených téměř po celém světě. [39]

V následující tabulce jsou uvedeny sestupně obsahy inulinu v různých rostlinách.

Tabulka 2: Obsah inulinu v rostlinách [40]

Zdroj	Jedlá část	Obsah sušiny (%)	Obsah inulinu (%)
Čekanka obecná (<i>Cichorium intybus</i>)	kořen	20 - 25	15 – 20
Slunečnice topinambur (<i>Helianthus tuberosus L.</i>)	hlíza	19 - 25	14 – 19
Jakon (<i>Smallanthus sonchifolius L.</i>)	hlíza	13 – 31	3 – 19
Česnek kuchyňský (<i>Allium sativum L.</i>)	cibulka rostliny	40 - 45	9 – 16
Smetánka lékařská (<i>Taraxacum officinale L.</i>)	listy	50 - 55	12 – 15
Salsify (<i>Tragopogon sonchifolius L.</i>)	kořen	20 - 22	4 – 11
Artyčok zeleninový (<i>Cynara scolymus</i>)	listy	14 – 16	3 – 10
Pórek zahradní (<i>Allium ampeloprasum L.</i>)	cibulka rostliny	15 - 20	3 – 10
Cibule kuchyňská (<i>Allium cepa L.</i>)	cibulka rostliny	6 - 12	2 – 6
Ječmen setý (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	obilka	data nejsou známa	0,5 – 1,5
Žito (<i>Secale cereale L.</i>)	obilka	88 - 90	0,5 – 1
Banánovník (<i>Musa cavendis</i>)	plod	24 - 26	0,3 – 0,5

2.5 Bakteriální kmeny

Různé druhy plísní (*Aspergillus*, *Penicilium*), kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*) a bakterie (*Arthrobacter*, *Bacillus*) jsou zdrojem *fruktosylfuranosidasy*, což je enzym, který katalyzuje hydrolýzu inulinu. Toho se využívá hlavně v lihovarnictví a pivovarnictví.

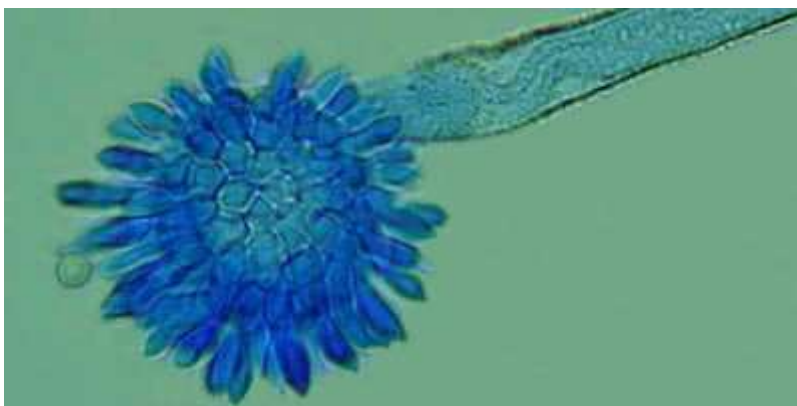
Plísňové preparáty tvoří maximum oligosacharidů při dosažení 40-50 % hydrolyzy při 50 °C a pH 4,5. Kvasinkové preparáty tvoří maximum oligosacharidů při dosažení 70-80 % hydrolyzy při teplotě 37 °C a pH 7. [41]

2.5.1 *Aspergillus*

Rod *Aspergillus* patří k nejrozšířenějším a nejhojněji se vyskytujícím rodům plísní. Jednotlivé druhy mohou být izolovány z půdy, ze vzduchu, z potravin, z organických zbytků a mnoha dalších zdrojů. Tento rod zaujímá výjimečné postavení v historii mykologie a v biotechnologiích a řada z nich disponuje metabolickými vlastnostmi vhodnými pro komerční využití. Je řazen mezi deuteromycety, jeho vegetativní cyklus vede ke tvorbě konidií. [42]

K biochemickému vybavení zástupců tohoto rodu patří enzymy EMP dráhy, E-D dráhy, pentosofosfátového cyklu, Krebsova cyklu, enzymy pro anaplerotickou fixaci oxidu uhličitého a respirační enzymy. [43]

Fruktooligosacharidy poněkud odlišného složení se získávají řízenou enzymovou hydrolyzou inulinu. Používá se β -D-fruktofuranosidasa (invertasa, sacharasa) z plísně *Aspergillus niger* nebo *endo-inulinasa* (EC 3.2.1.7). Produkty hydrolyzy jsou fruktooligosacharidy typu $[\beta$ -D-Fru (2 \rightarrow 1)]_n-1- β -D-Fru (2 \leftrightarrow 1)-D-Glc, zkráceně GF_n, ve směsi s fruktooligosacharidy typu $[\beta$ -D-Fru (2 \rightarrow 1)]_n, zkráceně F_n, kde n = 29. Oligomery typu F_n jsou redukující sacharidy. [44]

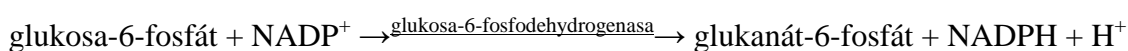
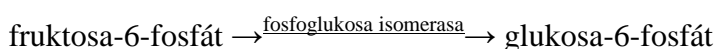
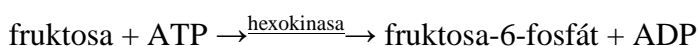
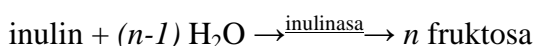


Obr. 4. *Aspergillus niger* [45]

3 STANOVENÍ

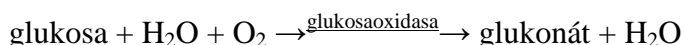
3.1 Enzymatické stanovení inulinu

Inulin se enzymaticky hydrolyzuje na fruktosu enzymem *inulasou*. Fruktosa je poté fosforylována na fruktosa-6-fosfát. Tato fosforylace probíhá pomocí adenosin – 5´- trifosfátu (ATP) za účasti *hexokinasy* (HK). Fruktosa-6-fosfát se izomeruje na glukosa-6-fosfát pomocí *fosfoglukosa izomerasy*. Glukosa-6-fosfát se poté oxiduje na glukonát-6-fosfát pomocí NADP za přítomnosti *glukosa-6-fosfatdehydrogenasy*. Množství redukovaného NADPH vytvořeného během reakce, je stanoveno fotometricky absorbcí 340 nm a je ekvivalentem k množství inulinu zpočátku přítomného ve vzorku roztoku. Tuto reakci je možné zapsat následujícími rovnicemi:



Ke stanovení množství inulinu v této fázi reakce je nutné stanovit množství glukosy a fruktosy přítomné ve vzorku. Stanovení inulinu je méně přesné, pokud je ve vzorku velké množství glukosy. Proto může být glukosa přesunuta oxidací v přítomnosti *glukosaoxidasy* (GOD) před stanovením inulinu.

Reakci lze sumárně zapsat následovně:



[46]

3.2 Stanovení vody v inulinu Karl-Fischerovou titrací

Pro stanovení obsahu vody v inulinu, byla vyvinuta nová metoda pomocí objemové Karl Fischer (KF) titrace. Ve srovnání s obvyklými způsoby zavádění vzorku, kdy je vzo-

rek zaveden do pracovního prostředí založeného na methanu, zde se používá upravený nebo neupravený vzorek v prostředí formamidu v poměru 1:3. Tímto se zvyšuje rozpustnost vzorku. V této metodě, byl inulin externě připraven rozpuštěním čistým formamidem.

Tato metoda umožňuje stanovení vody, která je obsažena i v krystalech vzorku a to bylo potvrzeno analýzou jak u krystalického, tak i u amorfního inulinového vzorku. Další výhodou této nové metody je její použitelnost pro stanovení obsahu vody i v jiných polysacharidech, které nejsou snadno rozpustné. Navíc stanovení obsahu vody je možno dosáhnout na jakémkoliv typu objemového KF titrátoru. Dále tato navrhovaná technika není závislá na dalších nástrojích, jako je například homogenizér nebo ohřivatelná titrační kádinka, které jsou potřebné při obvyklé metodě. [47]

3.3 Stanovení inulinu v masných výrobcích

Pro kvantitativní stanovení inulinu v mase a masných výrobcích byla použita metoda HPLC. Metoda zahrnuje extrakci inulinu horkou vodou, následnou hydrolyzou a určení uvolněného množství fruktosy se zjištěním indexu lomu světla. Pro stanovení fruktosy byl použit vnitřní standard s rhamnosou. Pro každý typ vzorku byl použit slepý vzorek k odečtení volné fruktosy a fruktosy ze sacharosy. U slepého vzorku nebyla provedena hydrolyza *inulinasou*. Výsledky vykazovaly velmi dobrou přesnost. [48]

3.4 Stanovení inulinu v biologických tekutinách

Metody HCPL je možné použít i pro stanovení inulinu v krevní plasmě a moči. Denaturované vzorky byly spolu s octanem zinečnatým, fosfowolframovou kyselinou a melezitousou smíchány jako vnitřní standard. Jako mobilní fáze byla použita deionizovaná voda. Separace byla provedena po dobu 16 min při průtoku 0,6 ml/min. Kvůli přesnějšímu měření může být separace provedena ve čtyřech různých koncentracích.

0,050 mg.ml⁻¹, 0,150 mg.ml⁻¹, 0,300 mg.ml⁻¹ a 1,200 mg.ml⁻¹. Při těchto koncentracích byl stanoven obsah inulinu v rozmezí 1,7 % až 3,4 % v krevní plasmě a od 1,5 % do 3,5 % v moči.

Tato metoda je jednoduchá a citlivá bez použití hexosy nebo léčiv. Je proto výhodná pro většinu pacientů s renálním onemocněním. Dále nabízí výhodu měření inulinu bez předchozí hydrolýzy. [49]

4 VYUŽITÍ INULINU V POTRAVINÁŘSTVÍ

Inulin se nejčastěji používá při výrobě chleba, pečiva, cukrovinek, masných výrobků, mléčných výrobků, ovocných šťáv, nealkoholických nápojů a cikorky. V těchto výrobcích snižuje množství přijímané energie a umožňuje zvýšení příjmu dietetické vlákniny. Jedná se o vlákninu rozpustnou, takže neovlivňuje subjektivně vnímanou strukturu výrobku. V průměru se do potravin přidává 5 – 10 % inulinu. Hydrolýzou se z inulinu získává fruktosa. Je nejsladší ze všech přírodních sladidel, její předností je vysoká rozpustnost ve vodě a často se používá ve směsi s glukosou jako náhrada sacharosu. [50] Energetická hodnota použitého inulinu nebo oligofruktanu se rovná asi 6,7 kJ.g⁻¹, což je asi třetina energetické hodnoty sacharosu nebo škrobu. [51]

4.1 Použití inulinu v mléčných výrobcích

Inulin a oligofruktosa jsou nejznámějšími prebiotiky v mléčných výrobcích, ve kterých nahrazují jak cukr tak tuk a tím snižují energetickou hodnotu výrobku. (Journal Of Food Science, Vol. 65, No. 2000) V mražených krémech, podrobených šokovému tepelnému zásahu, již nepatrné množství 1 až 2 % inulinu příznivě ovlivňuje jejich stabilitu. Zabráňuje vytváření krystalů při skladování, zlepšuje jejich krémovitost a lahodnost.

Přidáním inulinu do jogurtu se dosáhne lepší využitelnosti vápníku v organismu a sníží se obsah tuku a energie, přídavek oligofruktosy zase dodá nasládlou chuť. Dalším mléčným výrobkem, který je v současné době ve středu zájmu spotřebitelů jsou jogurty k pití, v nichž se přídavkem inulinu dosahuje příjemného pocitu v ústech. [52]

4.1.1 Jogurt s inulinem podporuje vstřebávání vápníku

Jogurt vyráběný americkým výrobcem mléčných výrobků Stonyfield Farm pod názvem Yo self, podporuje vstřebávání vápníku, je určený především ženám. Jogurt obsahuje šest kmenů probiotických bakterií a pro člověka nestravitelný inulin. Yo self je popisován jako symbiotikum. Inulin zlepšuje i vstřebávání vápníku. Výsledky posledních výzkumů naznačují, že vysoká koncentrace karboxylových kyselin s krátkým řetězcem, které vznikají v důsledku štěpení inulinu bakteriemi, usnadňuje vstřebávání minerálních látek v tlustém

střevě, zejména vápníku a hořčíku. Extenzivně fermentovaný inulin vede k okyselení obsahu tlustého střeva, což má za následek zvýšení koncentrace iontů minerálních látek, např. vápníku a tím jsou vytvořeny příznivé podmínky pro difuzi těchto iontů do buněk sliznice tlustého střeva.

Výrobce je deklarováno, že kelímek jogurtu Yo self obsahuje 20 % doporučené denní dávky vápníku. Stonyfield je v současnosti jediný americký výrobce jogurtů přidávající do svého výrobku inulin. [53]

4.1.2 Využití inulinu v nízkotučné zmrzlině

Do zmrzlinových krémů se přidávají sladidla zejména ze dvou důvodů. První z nich je zvyšování viskozity, která zdokonaluje texturu a tou druhou je sladkost. Hlavními sladidly jsou sacharosa, fruktosový sirup a kukuřičný sirup. Ve velkém množství mléčných mražených výrobků se celkové množství těchto sladidel pohybuje v rozmezí 12% - 16%.

Inulin a FOS obsahuje jinou skupinu sacharidů, které mají podobnou strukturu jako kukuřičná sladidla. Inulin je tedy efektivní náhradou dextrosy v kukuřičném sirupu, což je skvěle využitelné při výrobě nízkotučné zmrzliny. Použitím kombinace inulinu s kukuřičným sirupem při sensorické analýze byla hodnocena ledovost, žvýkavost, sladkost a vanilková vůně a chuť. Náhrada 50 až 100 % 42DE inulinem zvyšovala žvýkavost. Naproti tomu sladkost a vanilková příchut' byla snížena. Testy prokázaly, že při částečné nebo úplné náhradě inulinu, se zpomaluje utváření ledových krystalků a trvanlivost zmrzliny i při teplotních odchylkách překročila 6 týdnů. [54]

4.1.3 Čokoládová pěna

Byla připravena probiotická a symbiotická čokoládová pěna doplněná o *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 82 a složku inulinu. Produkty byly sledovány pro populaci *L. paracasei* a kontaminujících látek, při skladování při 5 ° C po dobu až 28 dní. Byly také otestovány smyslové preference. Ze skladovacích pokusů vyplynulo, že životaschopnost tohoto probiotika byla zachována více než 28 dní, ale růst kvasinek a plísní by mohly omezit životaschopnost výrobku. Čokoládová pěna se ukázala jako skvělý nosič pro

L. paracasei a prebiotická složka inulinu nenarušovala jejich životaschopnost. Navíc probiotické mikroorganismy neměly vliv na senzorické vlastnosti výrobku. [55]

4.2 Využití inulinu v pekárenském průmyslu

V současné době se ve světě připravují mnohé funkční potraviny na bázi obilovin. Chléb a ostatní druhy pečiva se ovšem často obohacují vlákninou i z jiných zdrojů, např. inulinem z čekanky, některými FOS a GOS, rezistentním škrobem a jinými látkami s prebiotickými vlastnostmi, které jsou vhodné i z hlediska nízkoenergetických potravin. Inulin je přidáván do bezlepkového pečiva na bázi deproteinovaného pšeničného škrobu a na bázi přirozeně bezlepkových surovin. Pektin a inulin je vhodné přidávat do těsta předem rozpustěné. [56]

4.2.1 Chléb s obsahem inulinu

Inulinový preparát Frutafit je přidáván do chleba a chlebových výrobků řady Vitaalbrood Flora. Byl podroben analýze, při níž bylo zjištěno, že konzumace tří krajíčků chleba podporuje správné složení, vyváženost střevní mikroflóry a funkci střev. Zároveň je zaručeno, že obsah inulinu je minimálně 5 g na 100 g výrobku. Tohoto stavu se docílí selektivní stimulací růstu bifidobakterií a "přátelských" probiotických mikroorganismů, které se běžně nacházejí ve střevech a v jogurtu [57]

4.3 Použití inulinu v masné výrobě

Masné výrobky obsahují průměrně 25 % tuku. Inulin s vlastností rozpustné vlákniny spoluvytváří gelový systém, který pomáhá snižovat obsah tuku ve výrobku až na přibližně 10 % obsahu tuku. Inulin pro výrobu uzenin je neutrální chuti a nemůže tedy zkreslit senzorické vlastnosti. Masné výrobky s přídatkem inulinu jsou lépe stravitelné a přispívají ke zdravé výživě. Inulin lze úspěšně použít při výrobě párků, játrovek, paštik, tepelně neopracovaných masných výrobků a vařené šunky. U tepelně neopracovaného masného výrobku dochází při snižování obsahu tuku ke zvýšení aktivity vody v důsledku použití libového

masa. A tím dojde ke zhoršení mikrobiologické stability. Přídavkem inulinu lze docílit mikrobiologicky stabilního výrobku s obsahem tuku sníženým až na 12 %. [58]

Při výrobě vařené šunky, která je přirozeně nízkotučným výrobkem, je třeba dodržovat některé výrobní operace vedoucí ke zlepšení šťavnatosti šunky pro dosažení optimálních sensorických vlastností. Lák použitý ke vstříkávání nebo tumblování musí splňovat specifické nároky na viskozitu a hladkost, což lze splnit při správném výběru typu inulinu. Přídavkem 10 % inulinu do láku lze vyrobit šťavnatý výrobek s nízkým obsahem tuku, která má pěkný vzhled (mírně mramorovaný) a je mikrobiologicky stabilní. Inulin má nízkotučným masným výrobkům vedlejší výživový fyziologický užitek a zvláštní příjemný pocit v ústech, který chybí masným výrobkům po dalekosáhlých odtučněních.

Inulin má příznivý vliv na kvalitu nízkotučné uzeniny. Při výrobě dochází ke snížení sensorických vlastností a tyto potraviny byly často posuzované jako potraviny pryžové konzistence, které byly příliš suché na skusu. Při snižování tuku ve výrobcích, se ztratil typický příjemný pocit v ústech. Za použití vhodných složek a za využití popsané technologie se mohou vyrábět nízkotučné výrobky, které nejsou na skus gumové a zůstává po nich příjemný pocit v ústech. [59]

4.3.1 Fermentované masné výrobky

Při výrobě fermentovaných salámů uherského typu se používají biotechnologie, v kterých jsou vyžívány příbuzné a někdy totožné mikroorganismy mléčného kvašení. Tyto salámy tedy mají stejnou probiotickou a prebiotickou hodnotu jako většina mléčných výrobků, zejména jogurtů. Fermentované salámy kromě toho nesou na svém povrchu ušlechtilé plísně. Při fermentaci bakterie mléčného kvašení způsobují rychlý pokles pH. Přítomná kyselina mléčná pak zcela zabrání přítomnosti jiných, zdravotně nevhodných bakterií a je důležitá pro vznik a udržení charakteristické červenavé barvy salámů. Fermentace může proběhnout jak pod vlivem přírodně se vyskytujících bakterií, tak pod vlivem úmyslně přidávaných startovacích kultur mikroorganismů. Při zrání ztrácejí ušlechtilé salámy vodu a probíhají v nich degradační pochody postihující bílkoviny a tuky. Během zrání také probíhá nitritová redukce v celém systému, která je podporována přítomností kyseliny mléčné a je zodpovědná též za barevný vzhled výrobku na řezu. V době zrání jsou pak některé výrobky kontaminovány ušlechtilými plísněmi rodu *Penicillium*. [60]

4.4 Použití inulinu do umělých sladidel

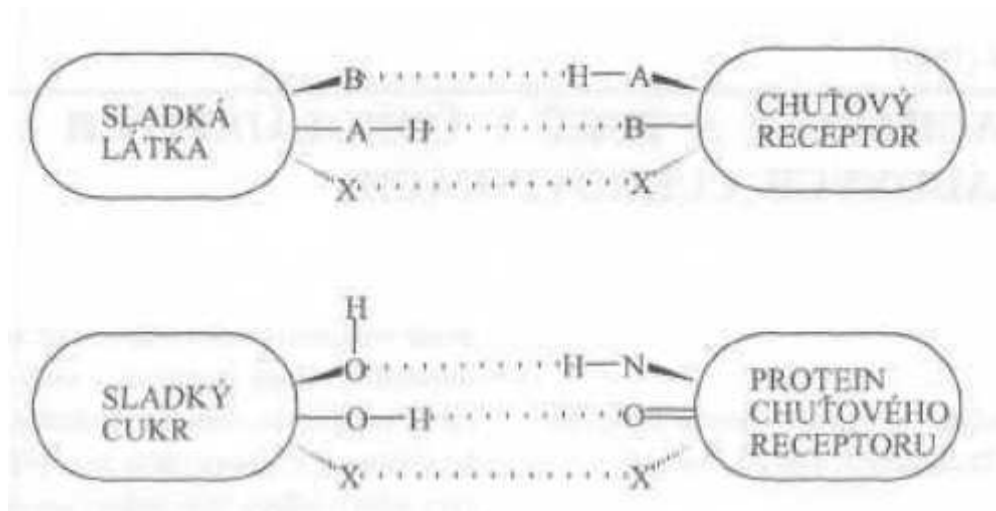
Jako náhrady sacharosy se obecně mohou uplatňovat inulin, fruktosa, fruktooligosacharidy, redukované hydrolyzáty škrobu, cukerné alkoholy, syntetická sladidla, sladké přírodní látky a polydextrosa.

Inulin a jeho nižší oligomery se uplatňují jako diabetická sladidla. Průmyslově se vyrábí směs FOS z 60% roztoku sacharosy, která je fermentována buňkami *Aureobasidium pullulans* var. *melanigenum* nebo *Aspergillus niger*, které produkují fruktosyltransferasy přenášející fruktosovou část sacharosy na jinou molekulu sacharosy jako akceptor, glukosa vzniká jako vedlejší produkt. Vyrobit se směs s obsahem 1 – ketózy a nystózy kolem 25%, D-glukosa tvoří 27%, sacharosy 13% a zbytek jsou vyšší oligomery. D-glukosa a vyšší oligomery se oddělí chromatografií na ionexech a vznikne směs FOS známá pod názvem Neosugar nebo Actilight. Tyto výrobky mají sladivost o polovinu nižší v porovnání se sacharosou a mohou se kombinovat s povolenými přídatnými látkami jako jsou Acesulfam K nebo Aspartam. [61]

4.4.1 Sladká chuť

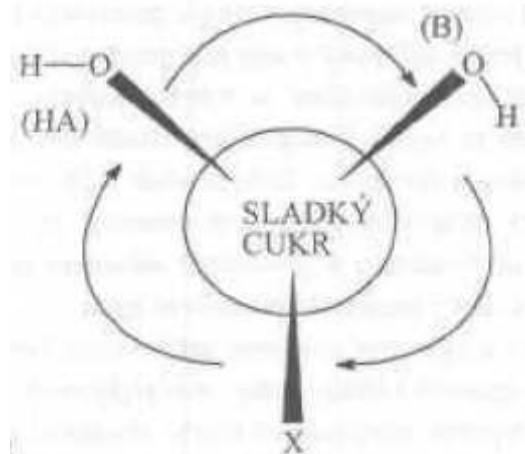
Sladká chuť je vlastnost, která je způsobena vhodným uspořádáním hydroxylových skupin většiny cukrů.

Všechny sladké sloučeniny navzdory různé chemické struktuře mají společné rysy. Především obsahují elektronegativní atomy, které jsou označovány jako A a B a jsou od sebe vzdáleny 0,25 až 0,4 nm. Na atom A je vázán vodík H, takže vzniká jednotka AH/B. Hydroxylová skupina cukrů představuje skupinu AH a kyslíkový atom další hydroxylové skupiny je B. Tato dvě uskupení reagují s proteinem receptoru chuťové buňky v ústech. Hydroxylová nebo iminová skupina aminokyseliny, jako je serin nebo threonin, tvoří AH skupinu a karbonylová skupina je B skupina. Mezi skupinou AH sladké látky a B skupinou receptoru a naopak AH skupinou receptoru a B sladké látky vznikají intermolekulární vodíkové vazby, o kterých se předpokládá, že jsou nositeli sladké chuti. Sladkou chuť látky posiluje lipofilní skupina X v molekule, která spolu s AH/B tvoří vazbu s molekulou chuťového receptoru. Celý mechanismus je vyjádřen na následujícím obrázku.



Obr. 5. Vnímání sladké chuti

Jestliže chirální látky, jako jsou cukry nebo aminokyseliny obsahují seskupení AH/B/X, je zapotřebí, aby skupiny byly uspořádány ve směru chodu hodinových ručiček. (obr. 5)



Obr. 6. Uspořádání skupin AH/B/X

Sladká chuť sacharosy je přičítána hydroxyly na C-2 glukosy a hydroxyly na C-1 nebo C-3' fruktosy, lipofilní centrum X je zastoupeno primární alkoholickou skupinou.

4.4.1.1 *Legislativní možnosti náhrady sacharosy*

V současné době jsou na trhu dostupná velká množství přípravků, které nahrazují sacharosu. Vzhledem k současné legislativě v České republice jsou však možnosti poněkud omezené. Zákon o potravinách a tabákových výrobcích č. 110/1997 Sb. definuje ve vyhlášce č. 334 pojem přírodní sladidla. Mezi přírodní sladidla patří sacharosa, glukosa, fruktosa a laktosa.

4.4.1.2 *Aplikace náhradních sladidel v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách*

V zákonu č. 110 jsou také vyjmenována náhradní sladidla, která je možno používat v České republice. Jde o náhradní sladidla, která se běžně používají po celém světě s výjimkou sukralosy. Jde o sorbitol, manitol, sorbitolový sirup, isomalt, maltitolový sirup, laktitol a xylitol, acesulfam K, sacharin, thaumatin a neohesperidim DC. [62]

4.4.2 *Náhrady sacharosy v nečokoládových cukrovinkách*

Praktické využití v cukrovinkách mají z povolených náhrad, v Zákonu o potravinách uvedených, všechny látky nebo směsi, s výjimkou taumatinu a neohesperidinu DC.

4.4.2.1 *Fruktosa*

Fruktosa je cukr, který lze v omezené míře, z důvodů denní spotřeby energie, použít při výrobě diabetických cukrovinek. Fruktosa se zúčastňuje Mailardovy reakce, podléhá karamelizaci, je dobře rozpustná ve vodě, má sladivost vyšší než sacharosa a je více hygroskopická. Používá se spíše při výrobě pečiva a ovocných pomazánek, nicméně nachází uplatnění ve směsi s vyššími oligosacharidy a inulinem při výrobě diabetické čokolády.

4.4.2.2 *Hydrogenované škrobové hydrolyzáty (HSH)*

Hydrogenovaných škrobových hydrolyzátů je celá řada a jednotlivé druhy se liší poměrným složením redukováných oligosacharidů. Jejich sladivost se pohybuje od 0,25 do 0,6. HSH je možno použít k výrobě kandytů, želé a gumovitých cukrovinek. [63]

4.4.2.3 *Laktitol*

Laktitol je možné použít při výrobě kandytů. Je možné ho kombinovat s maltitolem nebo HSH. Směsi laktitolu a polydextrosy je pak možno považovat za nízkoenergetické. Laktitol navíc snižuje hygroskopicitu výrobků obsahujících maltitol. Rovněž je nutné počítat se zvýšením bodu varu ve srovnání se standardním kandytovým roztokem. Zvyšováním obsahu laktitolu klesá lepivost cukrovinek, avšak více než 75 % laktitolu může způsobit rekrystalizaci.

4.4.2.4 *Isomalt*

Isomalt se svými fyzikálními vlastnostmi, s výjimkou sladivosti, snad nejvíce blíží sacharose. Jeho roztoky mají nepatrně vyšší bod varu ve srovnání se sacharosou a mají přibližně stejnou viskozitu. Výrobky z něj jsou málo hygroskopické, což má za následek delší skladovatelnost výrobků. Výjimku tvoří jeho rozpustnost, která je v rozmezí teplot 0 až 80°C nižší než rozpustnost sacharosy, avšak při vyšších teplotách jsou rozpustnosti prakticky stejné. Isomalt nepodléhá kyselé hydrolyze ani Maillardově reakci.

Z isomaltu je možné vyrábět dropsy a furé.

4.4.2.5 *Polydextrosa*

Polydextrosa je polymer, který se získá tavením glukosy, sorbitolu a kyseliny citronové. Tento polymer obsahuje glykosidické vazby, které se běžně v přírodě nevyskytují. Polydextrosa se prodává pod obchodním názvem Litesse I až III. Polydextrosa má totiž kyselou a hořkou příchuť. Rafinací se právě získají obchodní produkty Litesse. Litesse je plnidlo, které se může používat při výrobě kandytů, želé a čokolády.

4.4.3 Náhrady sacharosy v čokoládě

Inulin a fruktosa mohou ve směsi nahradit sacharosu v mléčné čokoládě. Vzhledem ke sladivosti fruktosy, není zapotřebí použít v receptuře intenzivní syntetické sladidlo.

4.4.3.1 *Laktitol*

Laktitol se vyrábí také jako monohydrát. V tom případě je nutné čokoládu opatrně válcovat a konšovat při teplotě nižší než 60°C, protože nesmí nastat uvolnění krystalické vody. Používá-li se laktitol bezvodný, potom je možno pracovat při standardních podmínkách. Protože má laktitol menší sladivost než sacharosa, používá se v kombinaci se syntetickými sladidly.

4.4.3.2 *Maltitol*

Čokoládu je však také možno vyrobit s maltitolem. Maltitol je poměrně mladý cukerný alkohol, který má řadu výhod. Maltitol má sladivost 0,8, vysoký bod tání, nízkou hygroskopicitu a krystalizuje v bezvodé formě. Maltitol v receptuře čokolády neznamena žádná změny v technologickém procesu.

4.4.3.3 *Xylitol*

Xylitol je cukerný alkohol, kterým je možno zlepšit senzoričké vlastnosti čokolády přidávkem 0,2 až 0,5 % na čokoládovou hmotu. Při vyšším obsahu v čokoládě se začne negativně projevovat jeho chladivý efekt. Xylitol je málo hygroskopický, a proto se může používat při suchém kandýrování různého typu želé. Xylitol má srovnatelnou sladivost se sacharosou, takže se vzhledem ke svému chladivému efektu může používat při výrobě želé, kandytů, ale především ve výrobě žvýkaček. Dále se xylitol používá při výrobě diabetic-
kých cukrovinek, které nezpůsobují kazivost zubů.

4.4.3.4 *Salatrim*

Náhrada kakaového másla v čokoládě, která má za cíl snížit energetickou hodnotu čokolády je známa pod obchodním názvem salatrim. Salatrim je pak zkratka anglického

označení „, Short (s) and long (l) chain acid triacylglycerol molecules“. U tohoto nízkoe-nergetického tuku je z hlediska technologického důležitý poměr s/l. S klesajícím počtem uhlíků v nižší mastné kyselině klesá tvrdost produktu a se zvyšujícím se poměrem s/l také klesá tvrdost tuku. [64]

4.4.4 Výroba práškového inulinu

Americká společnost TIC Gums, zabývající se výrobou hydrokoloidů, zařadila do svého výrobního programu novou řadu přírodních gum na bázi zeleniny, určených pro obohacování potravin a nápojů potravní vlákninou. Jedním z nejnovějších výrobků této řady je práškový Inulin LV-100, polymer β -D-fruktofuranosy, k použití pro mnoho výrobků, počínaje masovými náhražkami, přes nejrůznější druhy tyčinek až po funkční nápoje. Inulin LV-100 – potravní vláknina získaná extrahováním z čekankového kořene nebo izolovaná z různých druhů zeleniny, jako artyčoku nebo chřestu.

Z funkčního hlediska je Inulin LV-100 vhodný pro použití ve výrobcích, jako jsou tyčinky pro sportovce, protože jeho vysoká rozpustnost ve vodě umožňuje velmi dobře udržet tvar a integritu výrobku a nadto napomáhá prodloužení jeho životnosti, zlepšení chuti a aromatu. Inulin LV-100 se může rovněž přidávat do nápojů s vysokým obsahem vlákniny. Komerčně se prodává ve formě bílého prášku s nízkou viskozitou.

Firma představuje hned trojici výrobků : TICOrganic Inulin, Nutriloid 4000, Nutriloid 7000. [65]

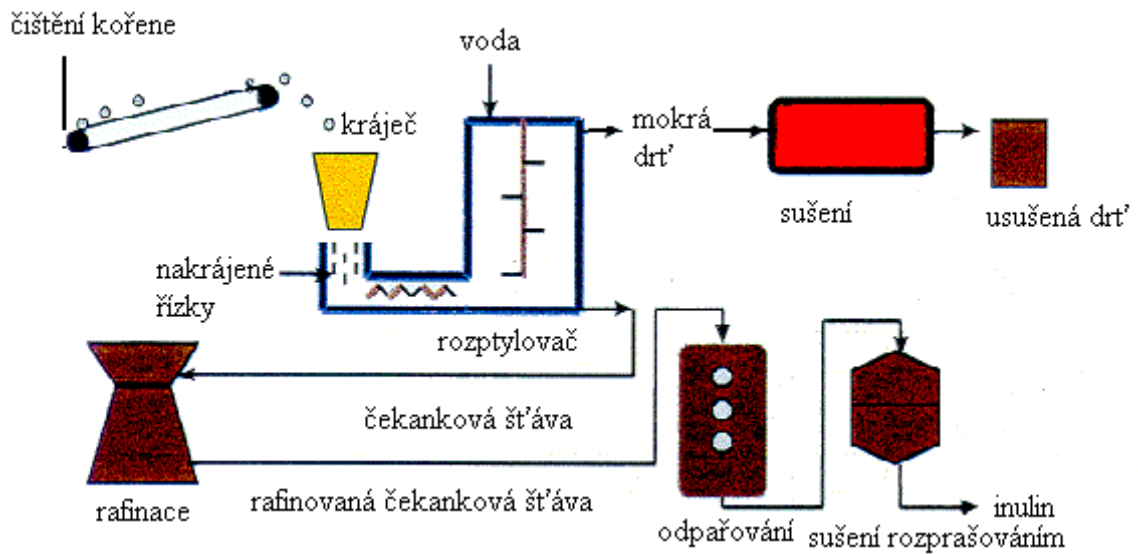
Tabulka 3. Sladivost syntetických a přírodních sladidel [66]

Sladivost syntetických a přírodních sladidel	
Druh alternativního sladidla	Sladivost v poměru k sacharóze
Fruktosa - přírodní	1 - 1,4x vyšší
Usal - aspartam - umělé	100 - 200x vyšší
Acesulfam K - umělé	100 - 200x vyšší
Komplex steviosid - přírodní	100 - 300x vyšší
Rebaudiosid C,D,E - přírodní	20 - 120x vyšší
Cyklamát - umělé	20 - 30x vyšší
Sacharin - umělé	250 - 500x vyšší
Rebaudiosid A - přírodní	400x vyšší
Sorbit - přírodní	Poloviční
Manit - přírodní	Poloviční
Dulkosid B - přírodní	Přibližně stejná
Xylit - přírodní	Stejná

4.5 Využití inulinu v průmyslu

4.5.1 Izolace inulinu z čekanky

Při technologickém zpracování inulinu, je velmi důležité optimalizovat všechny výrobní kroky. Prvním důležitým krokem je způsob čištění surového materiálu a čištění konečného výrobku. Dále jsou to teplota při extrakci směsi, expoziční doba při extrakci, vliv pH, optimalizace modulu pro stanovení nejvhodnějšího objemu extrakčního činidla a stanovení nejvhodnějšího poměru objemu etanolu pro získání inulinu z reakčního média. Získané experimentální výsledky jsou pak porovnány a vyhodnoceny z hlediska kvality (bělost) a výnosu ze získaného konečného produktu. [67]



Obr. 7. Izolace inulinu z kořene čekanky

4.5.2 Cikorka

Kořeny čekanky se praží a slouží k výrobě kávové náhražky zvané cikorka. Její výroba se u nás rozšířila zejména po první světové válce. Pražením kořenů inulin i další přítomné sacharidy karamelizují a tím vzniká tmavohnědé zbarvení cikorky.

V Evropě se cikorka známa už z konce 17. století. Průkopníky v jejím zpracování se stali Holanďané, ale i u nás se brzy postavila továrna na výrobu cikorky. [68]

4.5.3 Melta

Melta se vyrábí ze směsi kořene čekanky, cukrové řepy, žita a ječmene. Protože však obsahuje lepek, není vhodná pro lidi trpící celiakií. [69]

4.5.4 Topinamburový sirup

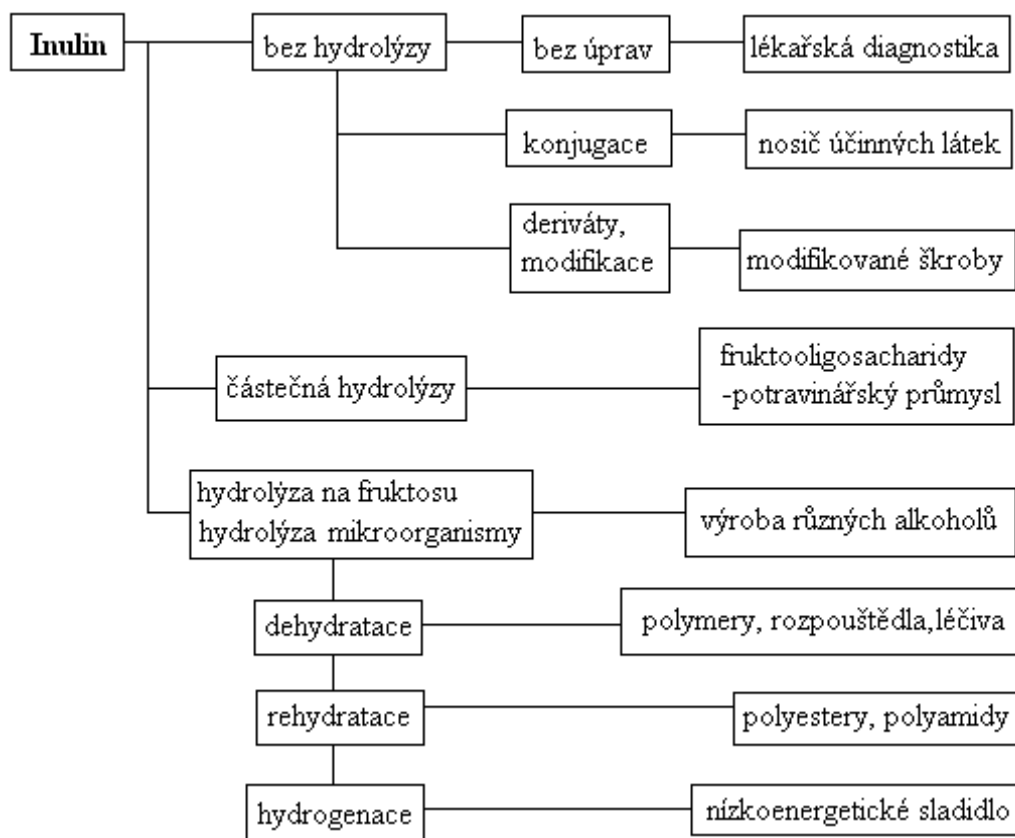
Výrobní postup:

čistění hlíz → drcení hlíz → pasterizace řízků → extrakce šťáv → enzymatická hydrolyza inulinu → čištění šťávy → filtrace šťávy → koncentrace sirupu

Ze sirupu lze vyrábět různé buď čištěné nebo zahuštěné sladidlo s parametry dia výrobku nebo dalším čištěním lze získat čistou krystalickou fruktosu. Sirup se používá při slazení nealkoholických nápojů, mléčných výrobků, zavařenin, ovocných konzerv a čokolády. [70]

4.5.5 Možné využití inulinu v průmyslu

Na následujícím obrázku je schéma možného využití inulinu v průmyslové výrobě. Pro lékařské účely je používán bez jakýchkoliv změn a bez hydrolyzy. Pro potravinářský průmysl se používá částečně hydrolyzován s pro výrobu léčiv je hydrolyzován úplně.



Obr. 8. Možné využití inulinu v průmyslu [71]

5 VYUŽITÍ INULINU V ŽIVOČIŠNÉ PRODUKCI

Živočichové mají obvykle zažívací ústrojí na trávení potravy a vstřebávání vody. Různé druhy živočichů mají různé bakteriální osídlení střeva. V obecném pohledu zvířata nejsou schopny hydrolyzovat β glykosidové vazby a jejich střevní bakteriální ekosystém je vlákninou příznivě ovlivněn. Ukázalo se, že krmení prebiotikama má příznivý vliv na zootechnické výkony hospodářských zvířat.

5.1 Drůbež

Pro drůbež je typický velmi rychlý střevní postup a celá doba trávení je asi 6 hodin. Na GI trakt je kolmo napojeno slepé střevo s chlopní, která brání odchodu nestrávitelného materiálu. Krmením inulinu a oligofruktosy u brojlerů mělo za následek výrazné zlepšení zootechnických výkonů a to zejména u samic brojlerů. Zlepšená výkonnost mohla být spojena s výrazně zvýšenou absorpční kapacitou GI traktu následkem zvětšení délky tenkého i tlustého střeva. Dále byly zlepšeny i systémové funkce jako snížení sérových hladin cholesterolu a ukládání tukové tkáně.

5.2 Vepři

V trávicím traktu prasat je doba průchodu tráveniny přes horní gastrointestinální trakt 8 hodin. Bakteriální osídlení je až do výše 10^9 CFU. Kladný vliv inulinu v krmení spočívá v tom, že se zvýší bakteriální aktivita a kvašení ve střevě o 20 až 30%. Prostřednictvím bakteriální fermentace a zvýšení výroby kyseliny máselné se zvýší absorpční kapacita a dochází k rychlejšímu růstu. Při krmné směsi 60 kg inulinu na tunu krmiva, se u kanců potlačují proteolytické procesy masa, kdy se tryptofan mění na skatol a ten během tří až pěti dní snižuje typický pach masa. Dalším příznivým faktorem je zvýšení odolnosti proti invazi parazitů.

5.3 Ryby

Ryby představují velmi různorodou skupinu živočichů. Jsou masožravé, všežravé nebo býložravé. Ryby jsou studenokrevní živočichové s poměrně jednoduchým trávicím traktem. Bakteriální osídlení je velmi malé v porovnání s teplokrevnými živočichy. Výsledný efekt vlivu inulinu na masožravé ryby byl ve zlepšení zootechnických výkonů včetně růstu. U býložravého jesetera a všežravého sumce bylo kromě toho i zvětšení střeva a růst populace střevních bakterií. [72]

6 DALŠÍ VYUŽITÍ INULINU

6.1 Lékařství

Inulin si díky svým vlastnostem našel důležitou roli i v moderní medicíně. Asi největší uplatnění je pro něj v oborech zabývajících se obezitou a onemocněním diabetes mellitus. Neméně záslužné postavení však představuje funkční vyšetření ledvin, které by bez něj nebylo možné provádět.

Bylo prokázáno, že inulin může zpomalovat růst patogenů v intestinálním traktu, zvyšovat absorpci živin jako vápníku, hořčíku a železa a je hodnotným zdrojem potravní vlákniny. Inulin je rovněž, vzhledem ke svému nízkému glykemickému indexu, prospěšný pro diabetiky a jiné pacienty s problémy spojenými s inzulinem. [73]

6.1.1 Ledvinná clearance

Metody clearance mohou být použity k měření několika aspektů renálních funkcí. Glomerální filtrace nebo průtok krve ledvinou, reabsorbce solutů z tubulární tekutiny do krve a sekrece látek z krve do tubulární tekutiny. [81]

Tato metoda slouží k funkčnímu vyšetření ledvin. Používá se hlavně k měření glomerální filtrační rychlosti. Výsledné číslo udává hodnotu sledované látky, od které je ledvina schopna vyčistit krevní plazmu za časovou jednotku. Mezi tyto látky patří glukosa, kreatin, para-aminohipuronová kyselina a hlavně inulin. Tento polysacharid je ledvinami pouze filtrován, není absorbován ani secernován tubuly, není metabolizován a samotný neovlivňuje glomerální filtrační rychlost. [74]

6.1.2 Diabetes Mellitus

Úplavice cukrová je nejčastější onemocněním žláz s vnitřní sekrecí. Choroba je způsobena nedostatkem hormonu inzulinu nebo jeho nedostatečným účinkem v tkáních. Primárně je to porucha metabolismu sacharidů, zejména glukosy a následně porucha metabolismu bílkovin i tuků. Organismus začne využívat místo glukózy mastné kyseliny a aminokyseliny.

Hladina krevního cukru v krvi je udržována v mezích 3,3 - 6,6 mmol/l. Organismus různými regulačními zásahy brání, aby hladina krevního cukru ani příliš nepoklesla, ani nevystoupila. Mezi příčiny DM patří nedostatečná tvorba inzulínu v Langerhansových buňkách pankreatu, což má za následek jeho nedostatek v organismu. Další je snížená citlivost nebo necitlivost receptorů v tkáních na vlastní inzulín. Inzulín se přitom vytváří v dostatečném množství, glukosa špatně prochází přes buněčnou membránu, pochody vážnou a buňka glukózu hůře přijímá a nebo ji nepřijímá vůbec. Poslední příčinou je špatné vytváření glykogenu z glukózy, glukosa se musí vytvářet z něčeho jiného např. z nesacharidových zdrojů jako jsou aminokyseliny a mastné kyseliny.

Příjem inulinu u diabetiků pozitivně upravuje hladinu glukosy v krvi a snižuje se krevní tlak. Tím, že se inulin nevstřebává z tenkého střeva jako stravitelné sacharidy, ale štěpení podléhá až v tlustém střevě, se sníží energetický příjem a hladina krevního cukru se nezvyšuje. [75]

6.1.3 Žlučové kyseliny

Snížení střevního pH, potlačením růstu některých bakteriálních druhů, redukuje inulin fekální enzymovou aktivitu a tím zasahuje do metabolismu žlučových kyselin. Dochází k poklesu *7- α -dehydroxylázy* a k poklesu sekundárních žlučových kyselin. Snížení aktivity zejména deoxycholové kyseliny prokázala studie (1999) s 12 zdravými muži v období konzumace inulinu.

Tab. 4: Vliv přidavku nestravitelných polysacharidů na koncentrace metabolitů žlučových kyselin [76]

Nestravitelné sacharidy	LK	DK	CHK1	CHK2	IK
inulin	0,57	1,23	0,21	0,25	0,54
FOS	0,68	1,2	0,09	0,16	0,41
GOS	0,59	1,35	0,21	0,32	0,41
kontrola	0,74	1,49	0,13	0,24	0,51

Seznam zkratk:

LK = Litocholová kyselina

DK = Deoxycholová kyselina

CHK1 = Chenodeoxycholová kyselina

CHK2 = Cholová kyselina

IK = Isolithocholová kyselina

6.1.4 Onemocnění tlustého střeva

Crohnova choroba a ulcerózní kolitida se týkají až 500 z 100000 lidí v západní Evropě. Tyto nemoci jsou způsobeny kombinací genetických vad, životního prostředí a imunologických faktorů. Podáváním inulinu těmto pacientům se zvyšuje počet probiotických bakterií ve střevě a na rozdíl od probiotické terapie, nevyžadují podávání velkého množství živých probiotických bakterií. [77]

6.1.5 Stárnutí

Na celém světě se odhaduje počet stárnoucího obyvatelstva na 1 miliardu lidí ve věku 60ti let. Se stárnutím přichází snížení celkového zdraví a zvýšení nemocnosti a úmrtnosti v důsledku nakažlivé choroby. Úmrtnost v důsledku gastrointestinální infekce je až 400 krát vyšší u starších osob ve srovnání s mladšími dospělými. Se stárnutím organismu se mění i bakteriální osídlení střeva. Účinnost prebiotik u starších osob měla příznivý vliv na zdraví a bylo prokázáno i snížení rizika onemocnění. [78]

6.1.6 Onemocnění kardiovaskulárního systému

Onemocnění kardiovaskulárního systému je zejména v naší zemi velmi častá choroba, kterou trpí až 40% populace. Hlavní příčina je v nadměrné konzumaci živočišných tuků a s nimi i cholesterolu, kouření a stresu. Ostatní příčiny jsou v kombinaci genových dispozic, obezity, špatné životosprávy a minimální fyzické aktivity.

Denní příjem inulinu v maximálním množství 20g může snižovat hladinu triacylglycerolů a cholesterolu v krevní plasmě. Kromě toho může zlepšit glukosovou toleranci u diabetiků. [79]

Tab. 5. Souhrn studií účinku inulinu na krevní lipidy

autor	subjekt (věk, muž, žena)	dávka	doba užívání	krevní lipidy
1.	12 M normolipidemie	9 g	4 týdny	↓TAG ↓TC
2.	66 Ž normolipidemie	14 g	4 týdny	↓TAG
3.	9 M normolipidemie	20 g	3 týdny	↓TAG
4.	21 M a Ž hyperlipidemie	18 g	6 týdnů	↓LDL ↓TC
5.	54 M a Ž normolipidemie	10 g	8 týdnů	↓TAG

Seznam autorů studií:

1. Canzi et [80]
2. Pederson [81]
3. Causey [82]
4. Davidson [83]
5. Jackson [84]

Seznam zkratk:

M = muž

Ž = žena

TAG = tryacylglycerol

TC = celkový cholesterol

LDL = LDL cholesterol

6.2 Kosmetické přípravky, léčiva

Široké využití inulin nachází ve farmaceutickém průmyslu. Jde zejména o vitamíny obohacené inulinem jako vláknina a fitness přípravky určené pro hubnutí. Obsah inulinu v

těchto výrobcích se pohybuje od 2 do 1000g v jedné tabletě a dostupný je i 100% inulin.
[85]

7 LEGISLATIVA

Inulin se podle české legislativy a ve státech EU nepovažuje za aditivum. Je označován jako potravní doplněk, což znamená, že výrobky s obsahem inulinu se mohou používat v širokém okruhu bez potřeby dalšího schvalování nebo uvádění E čísla na obalech zemích EU. Identifikace číslem E znamená kód, pod kterým je přídatná látka označována v mezinárodním číselném systému. Číselný kód E je kód, pod kterým je přídatná látka označována úplně stejně na celém světě. Podobný číselný systém má Evropská unie i *INS Codex Alimentarius*. INS vychází ze systému EU. Označení kódem E rovněž znamená, že aditivní látka prošla hodnocením své bezpečnosti.

Na obalech se inulin může označovat jako vláknina, přírodní, přirozená ingredience nebo přísada a výrobky s inulinem. Požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin potravními doplňky se řídí v ČR vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č.304/2004 Sb. Nejvyšší přípustné množství v denní dávce a ani doporučené množství není určeno. Používá se jako složka funkčních potravin, což je odůvodněno z hlediska výživového a fyziologického.

ZÁVĚR

Inulin je zásobním polysacharidem mnoha rostlin, například se nachází v slunečnicích, artyčocích, cibulích tulipánů a narcisů, avšak jeho průmyslovým zdrojem je hlavně čekanka. Inulin obsahuje převážně D-fruktosu, terminální jednotkou je D-glukosa a jeho stupeň polymerace bývá udáván $n \leq 140$. Fruktosové jednotky jsou spojeny (1→2) β glykosidovými vazbami. Hydrolýzou inulinu se získá směs nižších oligomerů, které se nazývají fruktooligosachridy. Inulin se spolu s nimi uplatňuje jako prebiotikum, tj. příznivě ovlivňuje střevní mikroflóru a zároveň se dá využít jako umělé sladidlo. Snižuje glykemický index potravin, čímž se snižuje i sekrece inulinu. Dále způsobuje pokles hladiny celkového cholesterolu v krvi. Pro svou nasládlou chuť a nízkou energetickou hodnotu je stále více používán v potravinářském průmyslu. Nejde již jen o velmi dobrou náhražku cukru, ale zjišťují se i další pozitivní vlastnosti, které zlepšují texturu, vstřebávání jiných látek a trvanlivost. Široké využití má také v lékařství. Je vhodný pro diabetiky a lidi trpící nadváhou a obezitou. Komerčně se nejvíce využívá jako přípravek na hubnutí nebo jako kombinace s potravinami pro zvláštní výživu.

Cílem mé práce bylo podrobně popsat (sumarizovat) funkci inulinu ve výživě člověka. Z nashromážděných dat jsem zjistila, že se tato látka stává čím dál více oblíbeným aditivem a že si získává velmi dobré postavení v potravinářském průmyslu. Je prokázán jeho pozitivní účinek při řadě chronických onemocněních trávicího traktu, modulaci imunity a civilizačních chorobách. Dostupné jsou i studie pro zdravé stárnutí a aplikuje se i v pediatrii.

Na základě poznatků se domnívám, že je inulin velmi cenná látka, které je zapotřebí nadále věnovat pozornost a hledat pro ni další možnosti využití.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOLÁŘ, J. a kol.: Kardiologie pro sestry intenzivní péče. Akcenta, Praha, 1998, 384 s. ISBN 80 86 232 – 00 - X
- [2] VORAGEN A.G. J.: Trends Food Science Technology 9 (1998) 328
- [3] ENGLYST H. N., HUDSON G. J.: Food Chemistry. 57 (1996) 15
- [4] RUSTOM I. Y., FODA M. I., LÓPEZ-LEIVA M. H.: Food Chemistry 62 (1998) 141
- [5] PLAYNE, M. J., CRITTENDEN, R.: Bull. International Dairy Federation 22 (1996) 313
- [6] RIVERO-URGELL, M., SANTAMARIA-ORLEANS, A.: Early Human Development 65, 43 (2001) 6,15
- [7] KAUR, N., GUPTA, A., K.: Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. Journal of Bioscience 27 (2001) 703-714
- [8] ROBERFOID, M. B.: Functional foods: concepts and application to inulin and oligofructose. British Journal of Nutrition 87 (2002) 139-143
- [9] VELÍŠEK, J.: Chemie potravin I, str. 187–195. OSSIS, Tábor 1999.
- [10] YUN, J. W., KIM, D. H., UHM, T. B., & SONG, S. K.: Production of high-content inulo-oligosaccharides from inulin by a purified endoinulinase. Biotechnology Letters 19 (1997) 935–938
- [11] Dostupné na World Wide Web <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Inulin.svg>
- [12] ROCHA, J.R., CATANA, R., FERREIRA, B.S., CABRAL, J.M.S., FERNANDES, P.: Food Chemistry 95 (2006) 77-82
- [13] Dostupné na World Wide Web <http://cs.wikipedia.org/wiki/Inulin>
- [14] VAN LAERE, A., VAN DEN ENDE, W.: Inulin metabolism in dicots: chicory as a model system. Plant, Cell and Environment 25, 6 (2002) 803-813.
- [15] RIVERO-URGELL, M., SANTAMARIA-ORLEANS, A.: Early Human Development 65 (2001) 43

- [16] LILLY, D.M., STIWELL R.H., Probiotics. Growth promoting factors produced by micro-organisms. *Science* 147 (1965) 747-748
- [17] PARKER, R.B.: Probiotics, the other half of antibiotic story. *Animal Nutrition Health* 29 (1974) 4-8
- [18] HAVENAAR, R.: Probiotics: a general view. In: *Lactic acid bacteria in health and disease*. Elsevier Applied Sciences Publishers 11 (1992) 436-876
- [19] SALMINEN, S.: Uniguess of probiotic strains. *IDF Nutrition News Letters* 4 (1996) 16-18
- [20] FULLER, R., Probiotics in man and animals. *J Appl Bakteriol* 66, 365-78 (2004).
- [21] DOUGLAS, L. C., SANDERS, M. E.: Probiotics and Prebiotics in Dietetics Practice. *Journal of the American Dietetic Association* 108, 3 (2008) 510-521
- [22] COSTALOS, C., KAPIKI, A., APOSTOLOU, M., PAPATHOMA, E.: The effect of a prebiotic supplemented formula on growth and stool microbiology of term infants, *Early Human Development* 84 (2008) 45-49
- [23] SHAH, N. P.: Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal* 17 (2007) 1262-1277
- [24] *Ernährungs-Umschau* 50, 3 (2003) 96–102
- [25] BEITÁNES, I.: *European Journal of Clinical Nutrition* 51, 6 (1997) 375-380
- [26] [24]
- [27] BEYLOT, M.: Effect of inulin – type fructans on lipid metabolism in man and animal models. *British Journal of Nutrition* 93 (2005) 163-168
- [28] SLAVÍK, B. aj.: *Květena České republiky*. Díl 7, Praha: Academia, 2004, 767s. IBSN 80-200-1161-7
- [29] JEŽKOVÁ, E.: *Topinambur hlíznatý (Helianthus tuberosus L.)* Dostupné na World Wide Web <http://biom.cz/index.shtml?x=85107>
- [30] Dostupné na World Wide Web <http://www.biolib.cz/cz/taxon/id41542/>
- [31] [28]

- [32] Dostupné na World Wide Web
http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cekanka_obecn%C3%A1
- [33] Dostupné na World Wide Web <http://botanika.wendys.cz/kytky/K20.php>
- [34] Dostupné na World Wide Web
http://www.foodlife.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=3275&Itemid=115
- [35] DOSTÁL, J.: Nová květena ČSSR. Díl 2. Praha, 1989, 759 – 1548s. IBSN 80-200-0095
- [36] HRON, F.: Kapesní atlas. Rostliny luk, pastvin, vod a bažin. Praha: SPN, 1983
- [37] Dostupné na World Wide Web <http://cs.wikipedia.org/wiki/Jamy>
- [38] Dostupné na World Wide Web
http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=10019
- [39] Dostupné na World Wide Web <http://www.kvetenacr.cz/celed.asp?IDceled=2>
- [40] SLAVÍK, B aj.: Květena České republiky. Díl 7, Praha: Academia, 2004, 767 s. IBSN 80 – 200 – 1161 – 7
- [41] HIDETOSHI, A., TAKAYUKI, K., TOYOHICO, N., KAZUYOSHI, O.: Transcriptional analysis of two endoinulinase genes in *Aspergillus niger*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 88, 6 (1999) 599-604
- [42] LINGHUA, Z., CHANGXIN, Z., DAOCHEN, Z., YOSHIYUKI, O., YUNJI, W.: Purification and characterization of inulinase from *Aspergillus niger*. *Protein Expression and Purification* 35, 2 (2004) 272-275
- [43] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D., BUDÍNSKÝ, P., *Potravinářská biochemie III. díl*, Zlín: UTB – Academia centrum, 2006, první vydání, IBSN 80 – 7318 – 396 – X
- [44] [42]
- [45] Dostupné na World Wide Web <http://www.aspergillus.org.uk/>
- [46] HOFER, K., JENEWEIN, D.: Enzymatic determination of inulin in food and dietary supplements. *Eur Food Res Technol* 209 (1999) 423-427

- [47] RONKART, S., N., PAQUOT, M., FOUGNIES, CH., DEROANNE, J., BLECKER, CH.: Determination of total water content in inulin using the volumetric Karl Fischer titration. *Talanta* 70, 5 (2006) 1006-1010
- [48] VENDRELL-PASCUAS, S., CASTELLOTE-BARGALLO', A.I., LOPEZ-SABATER, M.C.: Determination of inulin in meat products by high-performance liquid chromatography with refractive index detection. *Journal of Chromatography A* 881 (2000) 591–597
- [49] MARSILIO, R., NATURALE, M., MANGHI, P., MONTINI, G., MURER, LROS, M., BISOGNO, G., ANDRETTA, G., DUSSINI, N., GIORDANO, G., ZACCHELLO, G.: Rapid and simple determination of inulin in biological fluids by high-performance liquid chromatography with light-scattering detection. *Journal of Chromatography B* 744 (2000) 241–247
- [50] KONEČNÝ, I.: Pěstování čekanky. Metodika pro zemědělskou praxi. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 1997, 22s ISBN 80-86153-01-0
- [51] KUŽELA L.: Inulin – použití v dietologii, 1998. Dostupné na World Wide Web <http://www.hemann.cz/index.php?lang=cz&clanek=17>
- [52] KOPÁČOVÁ, O.: Inulin napomáhá zvyšování vápníku v kostech. UZPI 2005. Dostupné na World Wide Web <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=147&ch=13&typ=1&val=32628>
- [53] NZEUSSEU, A., DIENST, D., HAUFROID, V., DEPRESSEUX, G., DEVOGELAER, J-P., MANICOURT, D-H.: Inulin and fructo-oligosaccharides differ in their ability to enhance the density of cancellous and cortical bone in the axial and peripheral skeleton of growing rats. *Bone* 38 (2006) 394–399
- [54] SCHALLER-POVOLNY, L.A., SMITH, D.E.: Sensory Attributes and Storage Life of Reduced Fat Ice Cream as Related to Inulin Content. *Journal of Food science* 64,3 (1999) 555-559
- [55] ALEGRO, L., ALEGRO, J.H., CARDAVELLI, H.R., CHIHCHIU, M., SAAD, S.H.I.: Potentially probiotic and synbitic chocolate mousse. *Food Science and Technology* 40 (2007) 669-675
- [56] KOPÁČOVÁ, O.: Bezlepkové směsi a jejich uplatnění pro speciální výživu. UZPI 2004. Dostupné na World Wide Web www.agronavigator.cz

- [57] Dostupné na World Wide Web
<http://www.foodnavigator.com/news/ng.asp?id=46113>
- [58] Die Fleischerei, 58, 2007, č. 7-8, s. 70-71
- [59] HVÍZDALOVÁ, I.: Vliv inulinu na kvalitu mastných výrobků. UZPI 2005, dostupné na World Wide Web www.agronavigator.cz
- [60] [48]
- [61] ČOPÍKOVÁ, J.: Cukerná nesacharidová sladidla a příbuzné látky. Chemické listy, 100, 9 (2006) 778-783
- [62] ČOPÍKOVÁ, J.: Náhrady sacharosy a tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách. Chemické listy 93 (1999) 3-14
- [63] DAVÍDEK J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J.: Chemie potravin, SNTL/ALFA, Praha 1983, 516
- [64] [62]
- [65] Dostupné na World Wide Web
<http://ticgums.com/store/member/basket.asp?category=&search=&mscssid=TBNNU1SBA7KF9L025TV9P6AHQD5S8T4A>
- [66] Dostupné na World Wide Web <http://www.sladidla.cz/biomasa.html>
- [67] Dostupné na World Wide Web <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15945463>
- [68] Dostupné na World Wide Web
<http://www.modrahvezda.estranky.cz/clanky/zdravi/melta-a-cikorka>
- [69] Dostupné na World Wide Web <http://www.vareni.cz/trendy/nahrazky-kavy/?idp%5B4112%5D=on&bt=5>
- [70] KASAL, P., ČEPL, J., VACEK, J.: Topinambur – znovu objevená plodina. Agrom. Zemědělský ústav Havlíčkův Brod, 2007
- [71] [50]
- [72] LOO, J.V.: How Chicory Fructans Contribute to Zootechnical Performance and Well-Being in Livestock and Companion Animals. Journal of Nutrition 137 (2007) 2594–2597

- [73] VAN ROSSUM, L., CRANSBERG, K., RIJKE, J., LINDEMANS, J., VULTO, A.: Determination of inulin clearance by single injection or infusion in children. *Pediatr Nephrol* 22 (2005) 777–781
- [74] PACOVSKÝ, V.: Vnitřní lékařství. Avicemum, Praha, 1986, 1024 s. ISBN 08 – 001 – 86
- [75] ZEMAN, M. a kol.: Chirurgická propedeutika. Grada, Praha, 2000, 520 s. ISBN 80 – 7169 – 705 - 2
- [76] DOKKUM VAN, W.: Effect of nondigestible oligosacharides on large – bowel function, blood lipid and glucose absorption in young healthy male subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* 53, 1 (1999) 1 – 7
- [77] LEENEN, C. H. M., DIELEMAN, L. A.: Inulin and Oligofructose in Chronic Inflammatory Bowel Disease. *The Journal of Nutrition* 137 (2007) 2572–2575
- [78] TUOH, K.M.: Inulin-Type Fructans in Healthy Aging. *The Journal of Nutrition* 137 (2007) 2590-2593
- [79] VAN HET HOF, K.H., TIJBURG, L.B., DE BOER, H.S., WISEMAN, S.A. and WESTSTRATE, J.A.: Antioxidant fortified margarine increases the antioxidant status. *European Journal Clinical Nutrition*, 52 (1998)292–9.
- [80] VAN POPPEL, G. and GOLDBOHM, R.A.: Epidemiologic evidence for betacarotene and cancer prevention. *Am J Clin Nutr* 65(1995) 1393–1402
- [81] YOUNG, K.J. and LEE, P.N.: Intervention studies on cancer. *Eur J Cancer Prev.* 8 (1999) 91–103
- [82] HENNEKENS, C.H., BURING, J.E., MANSON, J.E.: Lack of effect of longterm supplementation with beta carotene on the incidence of malignant neoplasms and cardiovascular disease. *N Engl J Med.* 334 (1996) 1145–1149
- [83] KOHLMEIER, L., HASTINGS, S.B.: Epidemiologic evidence of a role of carotenoids in cardiovascular disease prevention. *Am J Clin Nutr.* 62 (1995) 1370–1376
- [84] ALBANES, D., HEINONEN, O.P., TAYLOR, P.R.: Alpha-tocopherol and beta-carotene supplements and lung cancer incidence in the alphantocopherol, beta-carotene cancer prevention study: effects of base-line characteristics and study compliance. *J Natl Cancer Inst.* 88 (1996)1560–1570
- [85] Dostupné na World Wide Web <http://www.4fitness.cz/inulin-vlaknina-p-115.html>

- [86] VYHLÁŠKA č. 304/2004 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných a pomocných látek, přijata dne 6.5. 2004, datum účinnosti 20.5. 2004
<http://www.szpi.gov.cz/cze/article.asp?id=56474>)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GF	glukofruktan
F	fruktan
FOS	fruktooligosacharid
SST	<i>sacharosafruktosyltransferasa</i>
FFT	<i>fruktanfruktosyltransferasa</i>
LDL	low density lipoproteins
ATP	adenosintrifosfát
HK	<i>hexokinasa</i>
GOD	<i>glukosaoxidasa</i>
ADP	adenosindifosfát
KF	Karl-Fischer
HPCL	high performance liquid chromatografie
HSH	hydrogenové škrobové hydrolyzáty

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Chemický vzorec inulinu.....	11
Obr. 2. Slunečnice topinambur.....	19
Obr. 3. Čekanka obecná.....	21
Obr. 4. <i>Aspergillus niger</i>	26
Obr. 5. Vnímání sladké chuti.....	35
Obr. 6. Uspořádání skupin AH/B/X.....	35
Obr. 7. Izolace inulinu z kořene čekanky.....	41
Obr. 8. Možné využití inulinu v průmyslu.....	42

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Chemické vlastnosti inulinu.....	12
Tab. 2. Obsah inulinu v rostlinách.....	25
Tab. 3. Sladivost syntetických a přírodních sladidel.....	40
Tab. 4. Vliv přídatku nestravitelných polysacharidů na koncentrace metabolitů žlučových kyselin.....	46
Tab. 5. Souhrn studií účinku inulinu na krevní lipidy.....	48

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Seznam všech výrobků s obsahem inulinu

PŘÍLOHA P I: SEZNAM VŠECH VÝROBKŮ S OBSAHEM INULINU

název	výrobce/dovozce	složení
Lepicol pro děti	ASP Czech	ovesný beta-glukan, inulin, <i>Bifidobacterium breve</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>
Protexin Restore	ASP Czech	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium breve</i> , FOS
Protexin Vitality	ASP Czech	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Bifidobacterium infantis</i> , <i>Bifidobacterium breve</i> , FOS
BioPRO	Brainway Inc.	<i>Lactobacillus acidophilus</i> (DDS-1), <i>Sporolactobacillus sp.</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Enterococcus faecium</i> , FOS z banánu, růstový faktor laktobacilů a vitamin B5
Stimulsin prebiotic	Dr. Staněk	inulin
Probiosan	Energy	<i>Chlorella pyrenedoisa</i> , inulin, <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Enterococcus faecium</i>

Freelax	Favea	vláknina ze lnu, oligosacharidy, pantotenan vápenatý
Inubio forte	Fin club	inulin
Iontia prebio	Goldim	inulin, rýžový škrob, glukóza, zázvorový extrakt
Probioflora	Goldim	suchý extrakt artyčoku, citrusová vláknina, stearan hořečnatý, probiotické bakterie (<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium animalis subsp. lactis</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>)
Regulátor trávení	Laboratories Super Diet	<i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , rebarbora, růže stolistá, proskurník, artyčok, bazalka, koriandr, pивní kvasnice, inulin
Apotheke Psyllium s lactobacilem	Mediate	psyllium, FOS, <i>Lactobacillus sp.</i>
Lacium	Naturprodukt	Lb.plantarum, inulin
Aloe live trávení	Pharma activ	řebříček, lékořice, FOS, benedikt lékařský
Barny's Greens Diet VegiS-plash	Premium Quality Product	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , lecitin, spirulina, chlorela, inulin, vláknina, ostropestřec, ginko, acerola, pyl, mateří kašička, astragalus, borůvka, žen-šen, lékořice, pampeliška, ananas
Kolonfit drink	Virde	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , Vit.C, B1, B2, B6, kyselina listová, niacin, inulin, Ca, Mg, Se

Lacto seven	Vitalbalans	<i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Bifidobacterium sp.</i> , inulin
Dianeta	VUC Praha	jablečná vláknina
Bifita Probio	VUC Praha	jablečná vláknina, <i>Enterococcus faecium</i>
Ginseta	VUC Praha	jablečná vláknina, žen-šen
Lineta Chrom	VUC Praha	jablečná vláknina, chrom
Sita	VUC Praha	řepná vláknina, vit.C
Vláknina	Walmark	celulóza, hemicelulóza, pektin, lignin