

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**Bc. Iveta Klabenešová**

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
Ústav techniky a automobilové dopravy

---



**Reologické vlastnosti včelího medu**  
Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Vojtěch Kumbár, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Bc. Iveta Klabenešová

---

Brno 2017

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Iveta Klabenešová**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Obor: Technologie potravin  
Název tématu: **Reologické vlastnosti včelího medu**  
Rozsah práce: 50-60 stran

## Zásady pro vypracování:


1. Prostudujte aktuální literární zdroje zabývající se výrobou, složením, přepravou a skladováním včelího medu. Zaměřte se i na jeho charakterizující fyzikální veličiny a na jakostní znaky včelího medu. Prostudujte i legislativní nařízení týkající se včelího medu.
2. Vytvořte vhodný soubor vzorků včelího medu. Prostudujte metodiky vhodné k posouzení reologických vlastností medu.
3. Experimentálně stanovte viskozitu a smykové napětí vzorků medu. Zaměřte se na závislost smykového napětí a viskozity na smykové deformační rychlosti a na čas (při konstantní rychlosti deformace).
4. Sestavte tokové křivky a reologické modely. Diskutujte jaký typ tekutiny včelí med reprezentuje. Vhodnost modelů kontrolujte pomocí hodnot koeficientů determinace.
5. Diskutujte získané závislosti měřených veličin a zformulujte závěry práce.

Seznam odborné literatury:

1. TRÁVNÍČEK, P. – VÍTEŽ, T. – PŘIDAL, A. Rheological properties of honey. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 2012. sv. 43, č. 4, s. 160–165. ISSN 1211-3174.
2. VORLOVÁ, L. *Med: souborná analýza*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2002. 67 s. ISBN 80-7305-450-7.
3. PŘIDAL, A. *Vznik, získávání, zpracování a kontrola medu : odborný kurz : další vzdělávání pedagogických pracovníků Středních odborných škol*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. 89 s. ISBN 978-80-7375-737-3.
4. WALTERS, K. – HUTTON, J. – BARNES, H. *An Introduction to Rheology*. Philadelphia: Elsevier Science, 1989. 210 s.
5. KNOLLER, R. *Knížka o medu*. 2. vyd. Praha: Granit, 1999. 81 s. ISBN 80-85805-80-4.
6. STEFFE, J. *Rheological methods in food process engineering*. East Lansing, MI, USA: Freeman Press, 1996. 418 s. ISBN 978-0-9632-0361-8.
7. STOSOVÁ, T. *Med ve školní laboratoři*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. 56 s. ISBN 978-80-244-2241-1.

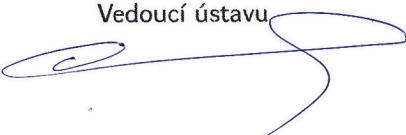
Datum zadání diplomové práce: září 2015

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2017

  
**Bc. Iveta Klabeněšová**  
Autorka práce



  
**Ing. Vojtěch Kumbár, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu

  
**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Reologické vlastnosti medu vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Vojtěchu Kumbárovi, Ph.D. za její odborné vedení, ochotu, trpělivost a cenné rady, které mi poskytoval při tvorbě diplomové práce. Poděkování patří také Ing. Romanu Pytlovi za všestrannou pomoc a jejich pozitivní a vstřícný přístup v průběhu experimentální části práce.

Dále děkuji svoji rodině na podporu v průběhu celého mého studia.

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce byla zaměřena na reologické vlastnosti medu. Ve své teoretické části se práce zabývala medem v širší rovině: produkcí medu, obecnou charakteristikou, vznikem, členěním medu, jeho fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Poslední kapitola v teoretické části byla věnovaná obecné reologii kapalin a reologickým vlastnostem medu.

Praktická část byla zaměřena na reologické vlastnosti konkrétních vzorků medů získaných od včelařů (nikoli z tržní sítě). U těchto devíti vzorků tří druhů medu (řepkový, lipový, medovicový) byla spektrofotometricky stanovena barva medu, měřen obsah sacharidů, viskozita, hodnoty smykového napětí v závislosti na smykové deformační rychlosti. K sestavení tokových křivek byl použit Newtonův model (Newtonův viskózní zákon), na jehož základě se poté rozhodlo, že med jako kapalina patří svými reologickými vlastnostmi mezi Newtonovské kapaliny. Dále byla stanovena časová závislost viskozity, na jejímž základě mělo dojít prokázání tixotropního chování medu.

**Klíčová slova:** med, fyzikální vlastnosti, viskozita, reologie, smykové napětí, tixotropie

## ABSTRACT

This diploma thesis was focused on the rheological properties of honey. In the theoretical part of the work, there I occupied with the honey from a wider point of view: its production, general characteristics, fabrication, classification and its physical and chemical properties. The last chapter of the theoretical part dealt with the general rheology of liquids and with the rheological properties of honey.

The practical part was concentrated on the rheological properties of chosen honey samples bought from beekeepers, not from the market network. Amongst the nine samples represented by three kinds of honey (rape, linden, honey dew) there was spectrophotometrically determined the colour, measured the content of carbonhydrates, the viscosity and the shear stress depending on the shear rate. The Newton model was used to assemble the flow curves (Newton viscosity law) whose the grounds it was determined that the honey belongs thanks to its rheological properties to the Newtonian liquids. Moreover, the temporal dependence of viscosity, on whose basis should have been assessed the thixotropy of honey, was established.

**Keywords:** honey, physical properities, viscosity, rheology, shear stress, thixotropy



# OBSAH

1	ÚVOD .....	10
2	CÍL PRÁCE .....	11
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	12
3.1	Produkce, spotřeba vývoz a dovoz medu.....	12
3.2	Charakteristika medu .....	12
3.3	Vznik medu.....	13
3.3.1	Zdroje pro tvorbu medu .....	13
3.3.2	Proces vzniku medu .....	15
3.4	Členění medu .....	17
3.4.1	Podle původu .....	17
3.4.2	Podle získávání a způsobu úpravy .....	17
3.5	Chemické složení medu .....	18
3.5.1	Voda.....	19
3.5.2	Cukry .....	19
3.5.3	Dusíkaté látky .....	20
3.5.4	Organické kyseliny .....	21
3.5.5	Minerální látky.....	22
3.5.6	Aromatické látky.....	23
3.5.7	Vitamíny .....	23
3.5.8	Tuky .....	24
3.5.9	Barviva.....	24
3.5.10	Hormony .....	26
3.5.11	Toxické látky .....	26
3.5.12	Hydroxymethylfurfural (HMF).....	27
3.6	Mikrobiologický profil medu.....	28
3.7	Fyzikální vlastnosti medu .....	29
3.7.1	Viskozita .....	29
3.7.2	Hygroskopicitu.....	29
3.7.3	Hustota .....	30
3.7.4	Krystalizace .....	30
3.7.5	Optická otáčivost .....	31
3.7.6	Povrchové napětí.....	31
3.7.7	Tepelné vlastnosti .....	32
3.7.8	Elektrická vodivost .....	32
3.7.9	Barva medu .....	32
3.8	Získávání medu.....	35
3.8.1	Odběr medných plástů .....	36
3.8.2	Odvíčkování.....	36
3.8.3	Vytáčení medu .....	36

3.8.4	Filtrace medu .....	36
3.9	Označování a jakost medu .....	37
3.9.1	Legislativa a označování .....	37
3.9.2	Jakost medu .....	38
3.10	Skladování medu .....	39
3.11	Reologie .....	39
3.11.1	Reologie kapalin .....	40
3.11.2	Rozdělení kapalin .....	43
3.11.3	Reologické vlastnosti medu .....	46
4	MATERIÁL A METODIKA .....	48
4.1	Materiál .....	48
4.2	Metodika .....	48
4.2.1	Barva .....	48
4.2.2	Obsah sacharidů .....	49
4.2.3	Viskozita .....	49
4.2.4	Časová závislost viskozity .....	51
5	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	52
5.1	Barva medu .....	52
5.2	Stanovení cukrů .....	54
5.3	Tokové vlastnosti medu .....	55
5.3.1	Závislost smykového napětí na smykové deformační rychlosti .....	55
5.3.2	Časová závislost viskozity při konstantní smyk. deformační rychlosti .....	56
6	ZÁVĚR .....	59
7	POUŽITÁ LITERATURA .....	60
8	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	66
9	SEZNAM TABULEK .....	67
10	PŘÍLOHY .....	68

# 1 ÚVOD

Česká republika patří mezi státy, kde včelařství je silně zakořeněno a neustále roste počet včelařů. Konzumace medu má dlouhodobě setrvalý stav, ale díky podpoře drobných včelařů se dá očekávat nárůst produkce i spotřeby. Nejvýznamnějšími konzumenty jsou Řekové.

Med jako ceněná surovina, potravina, dříve dokonce hojně používaný léčivý prostředek. Díky svým protizánětlivým účinkům je lidstvem využíván od nepaměti. Nejstarší zmínky o medu pocházejí již z období paleolitu (cca před 15 000 lety). Med je ceněn jednak pro své léčebné účinky, zejména jsou známy hojivé účinky na kůži, ale také pro své dietetické vlastnosti, což s ohledem na vyvíjející se trendy výživy „návratu k přírodě“ v posledních 10 letech, nabírá na stále větší důležitosti. Med zlepšuje celkově fyzickou kondici, snižuje únavu a má velmi pozitivní vliv na trávicí obtíže. Další unikátní vlastností je, že med, i když sacharidového původu, obsahuje složky, které brání vzniku zubního kazu. Kromě toho, že se med může konzumovat přímo jako potravina, existují výrobky, jako jsou například perníky, kam se med přidává jako jedna z hlavních nenahraditelných surovin.

Fyzikálně-chemické vlastnosti medu jsou do značné míry ovlivněny jeho původem, ale rozsah těchto parametrů je stanoven, pro regulaci a omezení falšování medu a klamání zákazníka, v mezinárodní a národní legislativě. Obsah vody patří mezi základní jakostní ukazatele medu, na jehož základě lze rozhodnout o zralosti či nezralosti medu. Mimo jiné na obsahu vody závisí i jedna z fyzikálních vlastností medu, která je v této práci jedním z měřených parametrů, a to je viskozita, která koreluje s jinými fyzikálně-chemickými ale i sensorickými vlastnostmi medu. Viskozita patří mezi základní reologické vlastnosti. Znalost reologických vlastností nejen medu, ale i ostatních potravin, hraje významnou roli v potravinářství, zejména při navrhování potravinářských strojů a dopravního potrubního systému v potravinářství. Právě viskozita, smykové napětí a jejich závislost na smykové deformační rychlosti a na čase jsou předmětem této diplomové práce.

Jak už bylo zmíněno výše, med patří mezi vysoce ceněné suroviny. I to je důvodem, že med patří mezi skupinu nejvíce falšovaných potravin. Využití hlubších znalostí z oblasti reologie by v budoucnu mohlo sloužit jako jedna z možností odhalování falšování potravin.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo prostudovat adekvátní literární zdroje týkající se výroby, složení, přepravy a skladování medu. Konkrétně se zaměřit na jeho fyzikálně-chemické parametry a reologické vlastnosti.

Cílem v praktické části bylo stanovit u vhodně zvoleného souboru vzorků reologické vlastnosti včetně grafického a statistického zpracování. Mezi stanovované parametry byla zařazena viskozita a smykové napětí vzorků medu se zaměřením na závislost smykového napětí na smykové deformační rychlosti a časové závislosti viskozity při konstantní smykové deformační rychlosti. Následně sestavit tokové křivky, vybrat vhodný reologický model pro jejich zhodnocení a diskutovat, jaký typ tekutiny med představuje.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Produkce, spotřeba vývoz a dovoz medu

Med patřil mezi potraviny člověka od pradávna. Zřejmě nejstarším dokladem o medu jako potravině pochází přibližně z paleolitu, z doby před 10 000–15 000 lety (Knoller, 1999). V České republice se ročně vyprodukuje v průměru 7 000 tun medu ročně. Výjimkou byl rok 2011, kdy produkce medu byla 11 000 tun. Největší vývozci medu jsou Argentina, Mexiko, Čína, Japonsko a Saudská Arábie. Největšími dovozci do ČR jsou Ukrajina, Čína a Německo. Spotřeba medu má z dlouhodobého hlediska setrvalý stav. V roce 2006 byla spotřeba medu 0,6 kg/obyvatel/rok, v roce 2014 se spotřeba navýšila na 0,8 kg/obyvatel/rok. Členské státy EU s dlouhodobě nejvyšší roční spotřebou jsou Řecko (1,7 kg/obyvatel/rok), dále Rakousko, Německo a Španělsko. V dalších letech lze předpokládat další navýšení spotřeby medu v ČR, vlivem podpory propagace spotřeby medu a prodeji tzv. „přímo ze dvora“. Vzhledem k poměrně malé spotřebě medu vůči produkci jsme, co se týče medu, zemí exportní. Exportními zeměmi jsou majoritně Slovensko, Maďarsko, Německo a Saudská Arábie (Krejčík, 2015).

### 3.2 Charakteristika medu

Mezinárodní legislativa pro celosvětové obchodování s medem, tzv. „Codex Alimentarius (1989)“ definuje med jako přírodní sladkou substanci, produkt vytvořený ze sesbíraného květního nektaru nebo sekretů z živých částí rostlin nebo sekretů z rostlin sajícího hmyzu včelami, přeměněn zkombinováním se speciálními látkami jejich vlastními, který je dále vyložen, dehydrován, uschován a ponechán v plástech k uležení a uzrání (FAO, 2001).

V národní legislativě je definice ukotvena vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kaka, čokoládu a čokoládové bonbony. Medu je věnován oddíl 2 § 7–10. Tato vyhláška byla v roce 2015 novelizována vyhláškou č. 43/2005 Sb.

Vyhláška č. 76/2003 Sb. Oddíl 2 § 7:

Pro účely této vyhlášky se rozumí medem – potravina přírodního sacharidového charakteru, složená převážně z glukózy, fruktózy, organických kyselin, enzymů a pevných částic zachycených při sběru sladkých šťáv květů rostlin (nektar), výměšků hmyzu na povrchu rostlin (medovice), nebo na živých částech rostlin, včelami (*Apis*

*mellifera*), které ji sbírají, přetvářejí, kombinují se svými specifickými látkami, uskladňují a nechávají dehydratovat a zrát v plástech (Ministerstvo zemědělství, 2003).

### 3.3 Vznik medu

#### 3.3.1 Zdroje pro tvorbu medu

Zdroje, ze kterých je včela medonosná schopna vytvářet med jsou přírodní sladké šťávy (roztoky). Mezi tyto šťávy patří nektar a medovice. Svým složením se liší a proto i med z nich vzniklý je odlišných vlastností (Vorlová, 2002).

##### 3.3.1.1 Nektar

Jedná se o cukerný roztok vylučovaný nektariem (pletivem). Nektar bývá vylučován drobnými trhlinami, průduchy, nebo přes povrchovou blánu sekrečních buněk. Vylučování je ovlivněno jednak vnějšími vlivy (sluneční svit, vlhkost, atd.), ale i rostlinou samotnou (př. fáze kvetení). Včely sbírají nektar převážně v květních nektariích hmyzosubných květin. Jedná se o výchozí surovinu pro květový med (Haragsim, 2004). Bienefeld (2010) uvádí, že nektar obsahuje 70 % vody a 30 % sacharidů (sacharóza, glukóza, fruktóza). Dále obsahuje bílkoviny, minerální látky, kyseliny a vitamíny.

Přidal (2013) uvádí, že obsah vody kolísá v rozpětí 15–95%, průměrně nektar obsahuje 40 % cukrů. Obsah bílkovin je minoritní (0,002 až 4,8 mg/100mg sušiny nektaru). Minerální látky (setiny – desetiny % sušiny), organické kyseliny převážně jablečná, vinná, jantarová, citronová a šřavelová. Z barviv se vyskytují flavony, z vitamínů vitamín C. pH nektaru je okolo 4,5. Podrobnější složení nektaru viz tabulka 1.

Tabulka č. 1: Složení nektaru dle Shuela (Přidal 2013)

složka (vztaženo k nativnímu nektaru)	obvykle	rozpětí
vlhkost [%]	60	5.85
cukry celkem [%]	40	15-95
(nevíce glukosa, fruktosa, sacharóza v různém poměru)		
maltosa [%] a jiné cukry	stopy	
kyseliny celkem [mekv. kg <sup>-1</sup> ]	kolísá (jablečná, vinná, jantarová, citronová, šřavelová)	
pH	4,5	2,7-6,4
popel [%]	0,08	0,02-0,45
aminokyseliny [%]	0,05	0,002-4,8

Dále obsahuje: enzymy z buněk nektarií, pryskyřičnaté látky, aromatické silice, terpeny, flavony, z vitamínů vit. C.

### **3.3.1.2 Medovice**

Jde o cukernou šťávu, vyskytující se na listech a jehličí stromů. Medovice je nejen zdrojem snůšky, ale je významná i tím, že její nejvyšší výskyt spadá do doby, kdy se v přírodě vyskytuje málo kvetoucích nektarodárných rostlin a kdy vývoj včelstva vrcholí. Výskyt medovice není pravidelný. Hlavním faktorem ovlivňující produkci medovice jsou vhodné podmínky pro rozmnožování a život stejnokřídlých. Střídají se roky bohaté a chudé na medovici. Množství medovice závisí na množství hmyzu, který ji vytváří (Veselý, 2003).

Hmyz tvořící medovici patří do řádu stejnokřídlých (*Homoptera*). Největšími producenty z tohoto řádu jsou mšice (*Aphidinea*), červci (*Coccinea*) a mery. Včelařsky významných druhů je asi 45. Samotná medovice vzniká z mízy získané ze sítkovic (rostlinného pletiva) a následnou filtrací v trávicím ústrojí hmyzu, kde se přes filtrační komoru vstřebávají jednoduché cukry a voda. Ty pak postupují do konečníku a následně jsou vystříknuty v podobě medovice. Bílkoviny z mízy jsou vstřebány v tenkém střevě jako potrava (Veselý, 2003).

Medovice je složitější látkou než nektar. Podstatnou část tvoří cukry, a to zejména sacharóza, dále také v menší míře fruktóza a glukóza. Na rozdíl od nektaru obsahuje kromě disacharidů i trisacharidy (např. melecitózu) a polysacharidy. Ihned po vyloučení z těla hmyzu obsahuje medovice 80 % vody a časem její obsah klesá k průměrné hodnotě okolo 16 % (Lampeitl, 1996). Aminokyseliny jsou zastoupeny v menším množství než v původní šťávě (míze sítkovic), ale jejich druhové zastoupení je širší. Bylo stanoveno 22 různých aminokyselin. Dále se zde nacházejí minerální látky, vitamíny, barviva. Hodnota pH je okolo 7. Zajímavé je, že různé druhy producentů medovice, kteří parazitují na stejné rostlině, mohou tvořit medovice rozličného složení a tedy i med z ní vzniklý má jiné složení a následně i jiné vlastnosti. Podrobnější a přehlednější složení medovice viz tabulka 2.

Tabulka č. 2: Složení medovice dle Whitea (Vorlová, 2002)

složka (vztaženo k nativnímu nektaru)	obvykle	rozpětí
vlhkost [%]	60	5.85
cukry celkem [%] (nevíce glukosa, fruktosa, sacharóza v různém poměru)	40	15-95
maltosa [%] a jiné cukry	stopy	
kyseliny celkem [mekv. kg <sup>-1</sup> ]	kolísá (jablečná, vinná, jantarová, citronová, šťavelová)	
pH	4,5	2,7-6,4
popel [%]	0,08	0,02-0,45
aminokyseliny [%]	0,05	0,002-4,8

Na níže uvedeném obrázku jsou shrnuty nejvýznamnější producenti medovice. Z obrázku je patrné, že nejvíce je zastoupen rod medovnice.

Včelařsky významní producenti medovice podle Haragsima.

producenti medovice	měsíce sběru					živná dřevina
	5	6	7	8	9	
Medovnice smrková		■	■	■		smrk
Medovnice zelenavá		■	■	■		smrk
Medovnice nahá		■	■	■		smrk
Puklice poloskrytá		■	■			smrk
Medovnice jedlová			■	■	■	jedle
Medovnice borová		■	■			borovice
Medovnice lesklá	■	■	■			borovice
Medovnice černoskrvná		■	■	■		modřín
Medovnice modřínová		■	■	■		modřín
Medovnice dubová	■	■	■			dub
Zdobnatka lípová			■	■		lípa
Brvnatka javorová	■	■	■			javor
Stromovnice javorová	■	■	■			javor
Stromovnice buková	■	■				buk

Obrázek č. 1: Významní producenti medovice (Boháč, 2003)

### 3.3.2 Proces vzniku medu

Včelí med je nejznámější a nejdůležitější produkt včel (Veselý, 2013). Proces vzniku medu je velmi složitý děj, který je závislý na fungování včelstva jako celku, př. jedna včela nemůže z nasáté medovice či nektaru vytvořit med (Přidal, 2013).

Na vzniku medu se podílejí včely dělnice, které sbírají sladké šťávy (medovice, nektar) z rostlin a nesou je do úlu ve svých medných váčcích, kde obsah medných



váčků vyvrhnou, a kde jiné včely dělnice (úlové včely) sladké šťávy znovu polykají a vyvrhují. Tento proces se několikrát opakuje, až dochází ke vzniku řídkého medu, který je uložen do plástu. Tímto procesem dochází k obohacování šťávy o výměšky hltanových žláz (enzym invertáza), díky tomu poté dochází ke štěpení disacharidu sacharózy na monosacharidy – glukózu a fruktózu (Křenková, 2009).

Během předávání šťávy se v ní rozběhl celý složitý fyzikálně-chemický proces a dochází k mnohým změnám parametrů sladké šťávy:

- a) obohacení o látky pocházející z hltanových žláz a patrně i z pyskových žláz včel dělnic:
  - enzymy – invertáza, diastáza, glukooxidáza
  - aminokyseliny – především prolin
  - látky ve stopovém množství – tuky, vitamíny skupiny B
- b) chemické změny – štěpení disacharidů a vyšších cukrů na monosacharidy a cukry nižší
- c) fyzikální změny – zahuštění (Přidal, 2003)

Proces zahušťování, respektive odpařování přebytečné vody, je prevence množení mikroorganismů a tedy jeden z důležitých kroků k tomu, aby med nezačal kvasit a mohl v plástech zrát. K procesu odpařování dochází především díky stálé teplotě 35 °C, která je udržována v úlu, a aktivní výměně vzduchu přes včelí plástve, kterou včely zajišťují ovíváním svými křídly.

Klesne-li obsah vody v medu pod 20 %, pro včely je to signál k zavíčkování buněk plástů a med zde poté pokračuje ve svém zrání. Dostatečně zralý med se pozná, tak že při trhnutí plástem již med nevystříkne ven z buněk. Konečný produkt (zralý med) je hustá, viskózní tekutina. Díky nízkému obsahu vody je skladovatelný při správných podmínkách velmi dlouhou dobu, protože nedochází k pomnožování mikroorganismů (Titěra, 2006).

Jedno včelstvo může během dne nasbírat 1–2 kg nektaru či medovice. Za jednu sezónu je možné od včelstva získat maximální výnos až 100 kg medu. Tohoto množství se však dosahuje jen v některých mimořádných letech (Přidal, 2013).

### 3.4 Členění medu

Med můžeme rozdělit do několika skupin podle různých kritérií. Členění medu je také zaneseno ve vyhlášce č. 76/2003 Sb. Med tedy můžeme členit:

#### 3.4.1 Podle původu

- Květový – vzniká z nektaru rostlin a stromů (řepka, ovocné stromy, akát, malinovník, slunečnice a další), barva je světlá, po krystalizaci až bílá. Vyznačuje se brzkou krystalizací (vyjma akátového). Vyznačuje se velmi jemnou chutí a jemným aroma (Hrobařová, 2010).
- Medovicový – označovaný za lesní nebo tmavý – vzniká z medovice. Výsledný produkt obsahuje více aromatických látek, a proto je medovicový med s výraznějším aroma. Tyto medy mají barvu od jantarové až po velmi tmavě hnědou (Hrobařová, 2010).

Dle Franka (2010) se med dělí podle původu na:

- Med jednodruhový – med ze snůšky jednoho rostlinného druhu
- Med smíšený – med z různých druhů rostlin
- Med z první snůšky (jarní) – med, který byl vytočen jako první
- Med z letní snůšky – med, který se vytáčí v létě (druhé vytáčení)
- Med medovicový (Frank, 2010)

#### 3.4.2 Podle získávání a způsobu úpravy

Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb.:

- Vytočený – med získaný odstředováním odvíčkovaných bezplodových plástů
- Plástečkový – med uložený a zavíčkovaný včelami do bezplodových plástů čerstvě postavených na mezistěnách vyrobených výhradně ze včelího vosku nebo bez nich a prodávány v uzavřených celých plástech nebo dílech takových plástů
- Lisovaný – med získaný lisováním bezplodových plástů za použití mírného ohřevu do 45 °C nebo bez použití tepla
- Vykapaný – med získaný vykapáním odvíčkovaných bezplodových plástů

- Med s plástečky – med, který obsahuje jeden nebo více kusů plástečkového medu
- Filtrovaný – med, který byl po získání upraven odstraněním cizích anorganických nebo organických látek takovým způsobem, že dochází k významnému odstranění pylu
- Pastový – med, který byl po získání upraven do pastovité konzistence a je tvořen směsí jemných krystalů
- Pekařský (průmyslový) med – med výhradně určený pro průmyslové použití, nebo jako složka do jiných potravin. Může vykazovat počátek kvašení či jiné pachy a mohl být zahřát.

Titěra (2006) uvádí ještě med panenský. Myslí se tím med, který je vytočen jen a výhradně z plástů, v kterých nebyla nikdy odchována ani jedna generace plodů.

Med můžeme členit ještě z dalších hledisek např. dle konzistence na tekuté, krystalické a rosolovité, podle barvy ve spektru od bílých průsvitných přes žluté, jantarové až k nejtmaší hnědé (Přidal, 2013).

### **3.5 Chemické složení medu**

V medu je obsaženo na 200 látek. Med tvoří převážně cukry, voda a další složky, jako proteiny (enzymy), organické kyseliny, vitamíny (skupiny B), minerály (vápník, hořčík, železo, měď, zinek, fosfor a draslík), dále obsahuje barviva, těkavé substance a nečistoty z medobraní. Zastoupení jednotlivých látek dává medu jeho specifické vlastnosti (Da Silva, 2015).

Složení medu se liší jednak dle jeho původu (květový má jiné zastoupení látek než medovicový), dále se vlastnosti liší podle botanického původu a vliv může mít u medovicového medu i producent medovice (Přidal, 2003).

Tabulka č. 3: Průměrné složení medu (Martzke a kol., 2003). Všechny hodnoty jsou uvedeny v g a vztaženy na 100 g medu (kromě pH).

Složka	Kvěťový med		Medovicový med	
	Průměr	min.-max.	Průměr	min.-max.
Voda	17,2	15-20	16,3	15-20
Jednoduché cukry				
fruktóza	38,2	30-45	31,8	28-40
glukóza	31,2	24-40	26,1	19-32
Disacharidy				
sacharóza	0,7	0,1-4,7	0,5	0,1-4,7
jiné (maltóza,turanóza aj.)	5	2,0-8,0	4	1,0-6,0
Trisacharidy				
melecitóza	< 0,1		4	0,3-22,0
erlóza	0,8	0,6-6,0	1	0,1-6,0
ostatní	0,5	0,5-1,0	3	0,1-6,0
Vyšší cukry	3,1		10,1	
Cukry celkem	79,7		80,5	
Minerální látky	0,2	0,2-0,5	0,9	0,6-2,0
Aminokyseliny, proteiny	0,3	0,2-0,4	0,6	0,4-0,7
Kyseliny	0,5	0,2-0,8	1,1	0,8-1,5
pH	3,9	3,5-4,5	5,2	4,5-6,5

### 3.5.1 Voda

Obsah vody v medu závisí na jeho původu, patří mezi základní ukazatele kvality a limitující faktory skladovatelnosti. Je ukazatelem jeho zralosti. Množství vody se v medu pohybuje v rozmezí 15–26 % (Yücel at al., 2013). Aby si med zachoval svoji samoudržnost, podle národní legislativy (Vyhláška č. 73/2003 Sb.), by med neměl obsahovat více jak 20 % vody. Medy s vyšším obsahem vody než 20 % jsou často nezralé a podléhají kvašení (Da Silva a kol., 2015). Kvašení je zanedbatelné, když je obsah vody menší než 18 %. Tyto medy lze skladovat bez rizika možnosti jeho zkvašení i několik let. Obsah vody se laboratorně stanovuje prostřednictvím indexu lomu (refraktometricky). Med je poměrně suchou potravinou, a proto je mikrobiálně velmi stabilní (Titěra, 2013).

### 3.5.2 Cukry

Poměr a zastoupení cukrů závisí na původu nektaru či medovice. Množství a složení jednotlivých cukrů může být použito jako indikátor původu medu. Například nektar z čeledi hluchavkovitých obsahuje velké množství D-fruktózy, zatímco nektar z brukve

řepky obsahuje velké množství D-glukózy (Tomasik, 2003). Celkově zaujímají cukry 95–99 % sušiny medu a jsou tedy kvantitativně nejvýznamnější komponentou medu. Monosacharidy (glukóza, fruktóza), vznikající enzymatickou hydrolýzou (inverzí), tvoří 85–95 % celkového obsahu cukrů. Převaha monosacharidů určuje většinu fyzikálních a nutričních vlastností medu (Přidal, 2013). V medu jsou minoritně zastoupeny i disacharidy (sacharóza, maltóza, isomaltóza), trisacharidy (melecitóza) a oligosacharidy – dextriny. Oligosacharidy jsou ve větším množství v medu medovicovém, ale v malém množství i v květovém (Přidal, 2003). Celkem bylo identifikováno v medu 25 odlišných oligosacharidů. Z nich nejvíce zastoupená je maltóza, dále kojibióza, turanóza a další (Bogdanov, 2008).

V medu se vyskytuje v malém množství (2–3 %) sacharosa, jelikož nedochází vždy k úplné hydrolýze na glukózu a fruktózu (Vorlová, 2002).

### 3.5.3 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky se podílejí na složení medu asi z poloviny promile, a přesto mají velký biologický význam. Jedná se převážně o volné aminokyseliny a enzymy (Titěra, 2013). Dominantní aminokyselinou je prolin, tvořící až 85 % všech aminokyselin (Ball, 2007). Z výživového hlediska je med unikátní. Med obsahuje všechny aminokyseliny, tedy i esenciální, a navíc ve volné formě, které jsou dobře stravitelné (Frank, 2010). Aminokyseliny se podílejí na chuťových vlastnostech medů a podle obsahu některých aminokyselin je možné určit geografický původ medů (Veselý, 2013).

Daleko významnější roli hrají enzymy, díky nimž vzniká z nektaru či medovice med. Jejich aktivita je závislá na kondici včelstva a intenzitě snůšky a klesá s rostoucím časem skladování (Přidal, 2013).

Enzymy můžeme rozdělit dle následujícího schématu (Vorlová, 2002):

#### Enzymy včelího původu

Jedná se o enzymy hypopharyngeálních žláz včel a slouží k přeměně nektaru či medovice na med. Do této skupiny patří invertáza ( $\alpha$ -glukosidáza, sacharáza). Tento enzym invertuje v nektaru obsaženou sacharózu na glukózu a fruktózu. Nejvyšší aktivitu má při 35–40 °C, pH 5,9–6,1. Oproti ostatním enzymům je značně citlivější k teplotě, a proto je v některých zemích legislativním parametrem kvality. Kromě

sacharózy, štěpí invertáza také maltózu a vykazuje transglukosidázovou aktivitu, je schopna z monosacharidů tvořit oligosacharidy (Vorlová, 2002; Přidal 2013).

Glukooxidáza oxiduje glukosu na kyselinu glukonovou, která je majoritní kyselinou v medu, a peroxid vodíku. Vzniklý peroxid vodíku je pokládán za jednu z příčin antimikrobiálních vlastností medu. Peroxid vodíku se však velmi rychle rozkládá na vodu a kyslík, což probíhá po celou dobu zrání medu. Optimální pH je 6,1. Ve zralém medu je její aktivita nulová. Aktivitu má vyšší v nezralém či zředěném medu při koncentraci sacharidů 25 až 30 %. Kromě glukózy může oxidovat i manózu (Vorlová, 2003).

Diastáza je enzym štěpící škrob. Rozlišujeme na  $\alpha$ -amylázu, štěpící škrob na dextriny a  $\beta$ -amylázu štěpící škrob za vzniku maltózy. V medu se stanovuje aktivita pouze  $\alpha$ -amylázy, jelikož vzniklou maltózu rozštěpí invertáza. Diastáza medu vykazuje nejvyšší aktivitu při teplotě 40 až 65 °C a pH 5,6 až 5,9. Je to termolabilní enzym, avšak termostabilnější než invertáza. Aktivita diastázy se v některých zemích legislativně stanovuje pro hodnocení kvality medu (Přidal, 2013).

#### Enzymy pocházející z jiného sociálního hmyzu

Invertáza i glukooxidáza může být do šťáv rostlin vylučována i jiným hmyzem, jako například vosami, mravenci či čmeláky (Vorlová, 2002).

#### Enzymy rostlinného původu

Kataláza je enzym štěpící peroxid vodíku na kyslík a vodu. Proto medy, ve kterých je tento enzym zastoupen v menší míře, mají velké množství peroxidu vodíku. Jedná se o medy květové z jetele plazivého, nebo medovicový med ze skotské borovice. Větší obsah katalázy obsahuje med vřesový a borůvkový (Vorlová, 2002; Veselý, 2013).

Kyselá fosfatáza pochází majoritně z pylu, ale menší podíl může pocházet také z nektaru. Význam enzymu v procesu zrání, či v průběhu zpracování nebyl dosud objeven (Vorlová, 2002).

### **3.5.4 Organické kyseliny**

Organické kyseliny tvoří, co do množství, jen nevýraznou složku medu. Jejich zastoupení je okolo 0,5 %, jejich význam v medu je však podstatný. Kyseliny ovlivňují chuť, stabilitu vůči mikroorganismům, podporují některé chemické reakce, některé mají antimikrobiální či antioxidační aktivitu a podporují krystalizaci. Organické kyseliny

mohou být použity jako indikátor podmínek skladování, stáří medu, nebo dokonce pro stanovení čistoty a autenticity (Boukraâ, 2013). Celkové množství kyselin závisí na délce intervalu mezi sběrem nektaru včelami a tvorby definitivního medu v buňkách plástu. Nejvíce zastoupenou kyselinou je kyselina glukonová, která vzniká enzymatickou oxidací glukózy a v medu je obsažena v rovnováze se svým laktonem (Belitz a kol., 2009). Druhou nejvíce zastoupenou kyselinou v medu je kyselina jablečná. Původ této kyseliny není znám. Dalšími kyselinami obsaženými v medu, v menším množství, jsou kyselina mléčná, maleinová, šťavelová, glutamová, vinná a další (Vorlová, 2002). Kyselina levulová a mravenčí vznikají rozkladem hydroxymethylfurfuralu, známého pod zkratkou HMF (Přidal, 2013).

Veselý (2003) uvádí, že medy obsahují běžně do 30 mval kyselin v 1 kg medu. Limit podle norem je 40 mval, vyšší kyselost svědčí o kvašení medu. Celkovou kyselost medu můžeme vyjádřit i jako hodnotu pH. Medy mají průměrné pH od 3,9 do 4,0, přičemž medy nektarové jsou kyselější, s pH okolo 3,4 a medovicové mohou dosahovat až pH 6,1.

### **3.5.5 Minerální látky**

Původním zdrojem minerálních látek v medu je půda. Z půdy se přes rostlinu dostávají do nektaru a pylu, které poté včely sbírají. Nejvíce minerálních látek obsahuje pyl. Celkový obsah minerálních látek se dle různých autorů mírně liší. Dle Vorlové (2002) se pohybuje v rozmezí 0,02 do 1,0 %, jiné rozmezí udává Boukraâ a to 0,02 – 0,2 %. Vysoký obsah minerálních látek má medovicový a vřesový med (Vorlová, 2002). V největší míře je zastoupený draslík, který tvoří až 50 % z celkového množství minerálů. Následující je vápník, sodík, hořčík, chlór, fosfor, železo, mangan, zinek. Poměr jednotlivých minerálů závisí na botanickém původu medu, podmínkách skladování a typu půdy, ze které rostlina poskytující pyl a nektar získává živiny. Minerální složení medu může být použito jako indikátor biologického původu medu. Např. dle Přidala (2003) pro medovicové medy je charakteristický obsah stříbra, molybdenu, vanadu a cínu, jelikož je složení značně ovlivněno znečištěním, a vyšší koncentrace např. kadmia, olova a jiných, může poukazovat na původ medu blízko průmyslových oblastí a tím na průmyslové znečištění (Uršulin - Trstenjak a kol., 2015). Některé prvky, jako mangan, hořčík a měď, respektive jejich koncentrace, má vliv na barvu medu. Čím vyšší koncentrace, tím tmavší je barva medu (Veselý, 2003).

Tabulka č. 4: Průměrný obsah některých minerálních látek světlých a tmavých medů dle Franka (2010).

Minerální látka	Květový med (světlý)	Medovicový med (tmavý)
Draslík	205,0 ppm	1676,0 ppm
Sodík	18,0 ppm	76,0 ppm
Vápník	49,0 ppm	51,0 ppm
Hořčík	19,0 ppm	35,0 ppm
Železo	2,4 ppm	9,4 ppm
Mangan	0,3 ppm	0,6 ppm
Měď	0,3 ppm	0,6 ppm

### 3.5.6 Aromatické látky

V medu bylo objeveno na 120 těkavých látek, jako jsou estery, aldehydy, ketony a alkoholy. Tyto látky dodávají medu aroma (Sivasankar, 2002). Jedná se o látky s nízkým bodem varu. Některé sloučeniny jsou obsaženy ve všech medech např. formaldehyd, propionylaldehyd, aceton, hydroxymethylfurfural, benzylalkohol, fenylalkohol. Obzvláště významné jsou  $\beta$ -damascenon a fenylacetaldehyd, dávající medu charakteristickou vůni a chuť. Jiné těkavé látky jsou charakteristické jen pro určitý druh medu, např. metylester kyseliny antranilové pro med citrusových stromů a levandule, či diacetyl (a jiné diketoalkany) pro med vřesový (Vorlová, 2002).

### 3.5.7 Vitamíny

Vitamíny patří mezi významné složky medu, i když jejich množství v medu z hlediska nutričního je minoritní (Vorlová, 2002). Proto může být med brán jen jako doplňující zdroj vitamínů. Med obsahuje vitamíny rozpustné ve vodě. S největším podílem je zastoupena kyselina askorbová (vitamín C). Dále se v medu nachází vitamíny skupiny B: thiamin (B1), riboflavin (B2), niacin (B3) a kyselina panthotenová (B5). Většina vitamínů pochází z pylu a mateří kašičky (Simeonovová a kol., 2003).

Tabulka č. 5: Obsah vitamínů v medu (Crane, 1990)

Vitamíny	Jednotky	Průměrné množství ve 100g medu
thiamin	mg	0,004-0,006
riboflavin	mg	0,02-0,06
niacin	mg equiv.	0,11-0,36
pyridoxal	mg	0,008-0,32
kyselina pantotheonová	mg	0,02-0,11
C (kyselina askorbová)	mg	2,2-2,4



### 3.5.8 Tuky

Podíl tuků na složení medu je asi 0,015 %, jedná se v přepočtu o 150 mg tukových látek v 1 kg medu. Zastoupení jednotlivých lipidů je následující: 45 % esterů cholesterolu, 22 % triacylglycerolů, 18 % volných mastných kyselin a 17 % volného cholesterolu. Prozatím identifikované mastné kyseliny tvořící estery, jsou kyselina kaprylová, laurová, palmitoolejová, palmitová, stearová, olejová, arachidonová a linolová (Veselý, 2013). Lipidy v medu obsažené jsou původem nejspíše z mateří kašičky či jiných žláзовých produktů mladušek; včely vykonávající veškeré práce v úlu (Titěra, 2013).

V medu se nachází také látka cholin. Jde o silně zásaditou látku, která má účinky podobné vitamínům, proto byla i do této skupiny látek dlouho začleněna. Od vitamínů se ale liší tím, že naše tělo je schopno si ho samo vytvořit za předpokladu dostatečného příjmu methioninu (esenciální aminokyselina), který není využit na tvorbu bílkovin. Med obsahuje jednak prekurzor tvorby cholinu, tedy methionin, ale i samotný cholin. Cholin je důležitý na udržování správné hladiny cholesterolu, zabraňuje ukládání tuků v cévách a patří také mezi základní stavební jednotky buněčných membrán i jako neurotransmitter v mozku (Frank, 2010).

### 3.5.9 Barviva

Barviva v medu obsažená můžeme rozdělit dle původu do tří následujících skupin: rostlinná barviva, barviva vzniklá Maillardovou reakcí a barviva ze zbytků košilek po včelím plodu. V medu bylo zjištěno 11–13 různých barviv spadajících do flavonoidů, karotenoidů a antokyanů (Přidal, 2013; Veselý, 2013).

Převažující skupinou barviv jsou barviva rostlinná a jde majoritně o fenolické sloučeniny (flavonoidy, fenolické kyseliny a jejich deriváty). Jejich obsah v medu se pohybuje v rozmezí 56 – 500 mg na 1 kg medu, v závislosti a druhu medu (Bogdanov, 2008). Obsah rostlinných barviv v medu je mnohdy vyšší, než odpovídá jejich botanickému původu. Důvodem je, že barviva se kumulují ve vosku, odkud zpětně přecházejí do medu (Přidal, 2013). Flavonoidy jsou nejvíce zastoupenou skupinou a jsou známy pro svůj antioxidační účinek. V medu jsou obsaženy i jiné antioxidanty jako například organické kyseliny a jejich estery. Antioxidační kapacita medu závisí na botanickém původu a barvě medu. Celková antioxidační kapacita medu je srovnatelná s červeným vínem (1 sklenice vína = 4 polévkové lžice medu) (Titěra, 2013). Celkové

množství flavonoidů se pohybuje oko 60–460 µg na 100 mg medu (Bogdanov, 2008). V medu byl z flavonoidů prokázán quercetin a jeho glykosid rutin, který snižuje nežádoucí křehkost a propustnost kapilár. Samotný rutin figuruje jako tzv. P-faktor potlačující aterosklerózu (Přidal, 2003).

Autoři Al-Mamary a kol. (2002) provedli studii, která měla za cíl zjistit závislost mezi množstvím fenolových sloučenin v medu a jeho výší antioxidační kapacity. Ve studii bylo použito 5 různých druhů jemenských medů a 4 různé druhy importovaného medu z Ameriky, Švédska a Iráku. U všech vzorků byla pomocí reagentu Folin–Ciocalteuho zjištěna antioxidační aktivita. Poté byly všechny vzorky medu naředěny v poměru 1:10. Antioxidační kapacita medu na  $\text{FeSO}_4$ /askorbát indukovanou peroxidací byla měřena po aplikování naředěných vzorků medu v množství 50 µl, 100 µl, 200 µl do homogenizátu jater z prasat, které byly pořízeny z experimentální farmy a krmeny vším dle libosti. Játra byla homogenizována a každý vzorek jater o objemu 0,4 ml byl obohacen o 4 ml oxidující emulze ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  a askorbová kyselina) a již zmíněná různá množství naředěného medu byly inkubovány při 37 °C 20 minut. Poté byla inkubace a probíhající reakce zastaveny přidáním 1 ml trichloroctové kyseliny. Poté byl každý vzorek smíchán s 1,5 ml tiobarbituové kyseliny, centrifugován a vytvořená barva v supernatantu byla měřena spektrofotometrem. Kontrolní skupina byly vzorky stejně upravené avšak bez naředěného medu. Antioxidační kapacita byla poté vypočítána.

Výsledky studie ukazují, že jemenské medy mají vyšší obsah fenolů než importované medy z Ameriky, Švédska a Iráku, kromě jednoho vzorku z Ameriky, který měl obsah fenolů podobný jako jemenské medy. Co se týká antioxidační aktivity, jemenské a irácké medy měly výrazně vyšší aktivitu než zbylé vzorky. Zajímavé je, že jemenské medy měly jak vysoké množství fenolů tak i vysokou antioxidační aktivitu, zatímco irácké medy měly nejnižší množství fenolů, ale druhou nejvyšší antioxidační kapacitu. Nejvyšší množství i nejvyšší antioxidační kapacitu vykazoval jemenský akáciový med. Výsledky ukazují, že antioxidační aktivita byla ovlivněna nejen druhem medu a tedy různého zastoupení flavonoidu, fenolů, ale také množstvím v jakém byl aplikován do homogenizátu (čím vyšší množství, tím vyšší aktivita).

Další skupina barviv vzniká při degradaci cukrů. Při Maillardově reakci reagují aminokyseliny s fruktózou v kyselém prostředí. Výsledkem je vznik hnědých barviv

s výrazným aroma. Minoritní skupina barviv pochází z košilek po včelím plodu. Z aminokyseliny tyrozinu vznikají melanoidní barviva (Veselý, 2013).

### 3.5.10 Hormony

Med obsahuje i látky hormonálního charakteru. Jednou z nejvýznamnějších je acetylcholin, který je neurotransmiterem v periferní nervové soustavě. V medu jeho koncentrace může dosáhnout až k hranici 45 mg na 1 kg medu (Veselý, 2013). Med obsahuje dále adrenalin (20 – 60 µg), noradrenalin, dopamin a specifické hormonální látky z mastných kyselin (Přidal, 2003).

### 3.5.11 Toxické látky

Včely jsou schopné vytvořit i v prostředí, poměrně hodně znečištěném, velmi čistý med. Předpokládá se, že fungují jako „biologický filtr“. Přesto med může obsahovat exogenní toxiny, které se do medu dostávají nevhodným chováním člověka – chemická kontaminace látkami ze znečištěného životního prostředí. Mezi takovéto látky patří převážně pesticidy a léčiva (převážně antibiotika), ale i těžké kovy (Al-Wailli a kol., 2012; Přidal, 2013).

Kromě exogenních toxinů může med obsahovat i endogenní (přírodní) toxické látky. Hlavním toxickým zdrojem medu jsou rostliny čeledi *Ericaceae*. Do této čeledi patří například rododendrony, azalky, kyhanky, kalmie (Veselý, 2013). Tyto rostliny obsahují gyanotoxiny (též andromedotoxiny) I, II, III a tetracyklické diterpeny. Tyto toxiny se mimo jiné používají v medicíně jako antihypertonika (Vorlová, 2002). Při požití způsobují nevolnost, zvracení, nadměrné slinění, zmatenost a srdeční komplikace (Bogdanov, 2008).

Dalším jedovatým zdrojem medů jsou rostliny *Coriaria arborae* z Nového Zélandu, jejichž medovice obsahuje toxiny tutin a hyenanchin. Další rostliny, ze kterých může vzniknout toxický med, jsou: rulík zlomocný, durman (Maďarsko), v Severní Americe jde o liánu *Gelsemium sempervirens* tzv. virginský jasmín (Veselý, 2013).

V oblastech, kde se nachází takové velké množství jedovatých rostlin, ze kterých by mohl vzniknout toxický med, jsou si včelaři vědomi tohoto nebezpečí a neprodávají ho (Bogdanov, 2008). V ČR zatím jedovatý med nebyl zaznamenán. Tyto medy nejsou však běžné a padají v úvahu jen v některých lokalitách, kde hrozí riziko, že by včely

mohly donést podstatné množství nektaru a pylu z výše uvedených rostlin (Titěra, 2013).

### 3.5.12 Hydroxymethylfurfural (HMF)

Hydroxymethylfurfural, neboli 5-hydroxymethyl-2-furankarbaldehyd, je cyklický aldehyd vznikající z kyselá dehydratace hexózy, především glukózy a fruktózy, či jako produkt Maillardovi reakce. V čistém stavu je to látka bezbarvá, velmi reaktivní, na vzduchu hnědne a reaguje s ostatními sloučeninami medu, přičemž vznikají žlutohnědé barviva. Obsah v čerstvém medu je velmi nízký (0,6–2 mg / kg medu) či téměř až nulový. Jeho množství se zvyšuje s délkou skladování, v závislosti na pH, špatné teplotě skladování (vyšší jak 30 °C) a samozřejmě během záhřevu – teplota nad 50 °C (Bartáková, 2011; Přidal, 2013). Z těchto výše uvedených důvodů je HMF jedním z nejdůležitějších ukazatelů jakosti zakotvených v národní i mezinárodní legislativě (Vorlová, 2002).

Bartáková a kol. v roce 2011 provedli výzkum týkající se závislosti množství vzniklého HMF a působení mikrovlnného ohřevu. Bylo použito 22 vzorků (12 vzorků v roce 2004 a 10 vzorků v roce 2006) pouze od Českých včelařů. Vzorky byly při laboratorní teplotě, v uzavřené nádobě, byl zjištěn botanický původ medu pomocí pylové analýzy. Byl zjištěn obsah HMF před mikrovlnným ohřevem. Poté byly vzorky medu rozděleny do 14 kádinek o objemu 100 ml. Parametry mikrovlnného ohřevu se pohybovali od výkonu 90–350 W po dobu 15, 30 a 45 s. Po následném vychladnutí vzorků na laboratorní teplotu byl změřen vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií HMF. Výsledky studie ukázali, že u jednotlivých vzorků během uvedených časových intervalů, množství HMF klesalo a následně stoupalo. Což je velmi zajímavý výsledek, bohužel rozdíly v množství HMF nebyly statisticky průkazné, ale výsledky mohou vypovídat, že množství vznikajícího HMF při záhřevu závisí nejen na výkonu a době působení mikrovlnného záhřevu, ale i na botanickém původu. Dalšími faktorem mající vliv na množství HMF při mikrovlnném ohřevu je množství HMF v medu před ohřevem. Odolnější proti vzniku HMF při ohřevu se ukázal být medovicový med. Výstup z této studie je, že HMF může být rozpuštěn působením mikrovlnného ohřevu, což by mohlo změnit postavení HMF jako indikátoru přehřátí medu a tedy i jakostního parametru medu. Tohoto faktu by mohlo být zneužito. Nejen čeští spotřebitelé preferují tmavší druhy medu a hlavně sensorický přijatelný pro laickou veřejnost je med tekutý,

proto se med pro komerční účely často zahřívá na vysoké teploty, aby zhnědnu a zůstal déle tekutý. Na druhou stranu tímto procesem ztratí většinu svých pozitivních biologických účinků. Tato studie ukázala, že i když je legislativně stanovena norma HMF a při běžném tepelném záhřevu medu na vysokou teplotu tuto hranice hravě přesáhneme, za použití mikrovlnného ohřevu nedochází k zvýšení HMF v takové míře, abychom překročili normu a tedy v tomto případě pomocí HMF nelze odhalit tepelné přehřátí medu.

Čerstvé medy obsahují HMF maximálně 10 mg na 1 kg. Hraniční obsah HMF ještě vyhovující normě je 40 mg na 1 kg medu. Toto množství odpovídá zahřátí medu na 70 °C po dobu 5 minut (Veselý, 2013). Nutno podotknout že, HMF je z hlediska bezpečnosti pro člověka považován pouze za antinutriční, i když podle nejnovějších poznatků má i mutagenní a karcinogenní účinky (Přidal, 2013).

### 3.6 Mikrobiologický profil medu

Složení medu samo o sobě představuje nevhodné podmínky pro růst i přežívání bakterií. Vysoká hodnota osmolarity, nízké pH, vysoká koncentrace organických kyselin, aktivita některých enzymů, peroxidu vodíku, je podstatou antimikrobiální aktivity medu (Vorlová, 2002). Velmi silným faktorem pro růst mikroorganismů je aktivita vody (obsah vody nad 20 %). V medu nejsou schopné růst, s výjimkou kvasinek, žádné jiné mikroorganismy. Majoritně nežádoucí mikroflóru tvoří osmofilní kvasinky, např. *Zygosaccharomycesrouxii*, *Saccharomyces mellis*, *Torulopsis apicola*. V medovicovém medu nacházíme i spory hub rodu *Phycomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* a *Deuteromycetes*. Vyskytují se i mikroorganismy, které jsou běžné v okolním prostředí, respektive běžně se vyskytují v lokalitě získávání medu. Jejich celkové množství svědčí o dodržování hygienických předpisů při vytáčení a zpracování medu (Veselý, 2013).

Při nedodržení hygienických pravidel se v medu mohou vyskytovat patogenní mikroorganismy, jako jsou koliformní bakterie. Jejich mohutnému pomnožení většinou nedojde díky již výše zmínění antimikrobiální schopnosti medu. Nutno podotknout, že jejich výskyt je ojedinělý. Mezi nejzávažnější agens patří jednoznačně spory *Clostridium botulinum*. Tento druh je původcem kojeneckého botulismu. Toto onemocnění postihuje zdravé děti mladší 1 roku a je charakterizováno zácpou, slabostí

a neurologickými symptomy. Jelikož jde o děti velmi malé je nutná hospitalizace, ale k úmrtí naštěstí dochází jen zřídka (Vorlová, 2002).

Požadavky na mikrobiální profil medu upravuje nařízení Komise (ES) č.1441/2007, kterým se mění nařízení (ES) č. 2073/2005 o mikrobiologických kritériích na potraviny (Eurolex, 2007).

### **3.7 Fyzikální vlastnosti medu**

Fyzikálně-chemické vlastnosti medu, v závislosti na jeho složení, se využívají ke stanovení kvality medu (Veselý, 2013).

#### **3.7.1 Viskozita**

Med bezprostředně po vytočení má vlastnosti viskózní tekutiny, jejíž vlastnosti závisí na mnoha faktorech, především na teplotě a obsahu vody. Viskozita medu je ovlivněna i botanickým původem. Při teplotě 20 °C je viskozita medu přibližně 10 000x vyšší než vody. Viskozita je velmi důležitý fyzikální parametr, jelikož ovlivňuje průběh medobraní, respektive tok medu při medobraní a dalším zpracování medu až po finální plnění medu do spotřebitelských obalů (Přidal, 2013).

U většiny medů je viskozita konstantní, ale existují i medy s měnící se viskozitou. Tento děj se zvaný tixotropie, je znám zejména u vřesových medů. Tato vlastnost je ovlivněna vyšším množstvím proteinů s vyšší molární hmotností. Jsou známé i medy s vlastností dilatance (jejich viskozita vzrůstá po zamíchání), například med z opuncie (Vorlová, 2002; Přidal, 2003).

#### **3.7.2 Hygroskopicitá**

Hygroskopicitá je definována jako schopnost pohlcovat a udržovat vodu (Vorlová, 2002). Med, díky vysokému obsahu sacharidů, je silně hygroskopická látka. Med začíná přijímat vodu v závislosti na teplotě a relativní vlhkosti. Při pokojové teplotě a relativní vlhkosti vzduchu, hygroskopicitá medu prudce stoupá. Med nejen přijímá vzdušnou vlhkost, ale současně i pohlcuje pachy, proto je důležité ho skladovat hermeticky uzavřený (Přidal, 2003). V opačném případě může vlivem zvyšování obsahu vody (vlivem schopnosti hygroskopicity) docházet ke kvašení medu (Titěra, 2013). Může nastat i opačná situace, kdy je med skladován v příliš suchém prostředí. Není-li dobře hermeticky uzavřen, může se jeho vlhkost snižovat a med vysychat. Za rovnovážnou

relativní vlhkost vzduchu se považuje 56 až 59 %. V tomto rozmezí zpravidla med vodu nepřijímá, ani nevydává (Veselý, 2013).

Hygroskopicitu medu je žádoucí vlastností při výrobě některých pečárenských výrobků, jako jsou medové perníky, u nichž díky hygroskopicitě medu dochází k pomalejšímu vysychání a zpomalení jejich tvrdnutí, tedy stárnutí (Lunerová a kol., 2012).

### **3.7.3 Hustota**

Hustota (specifická hmotnost, relativní hustota) je závislá na obsahu vody v medu i jeho složení, ale tento faktor je zanedbatelný. Specifická hmotnost medu se měří pyknometricky, tzn. vážením obsahu nádoby o známém objemu (Bogdanov, 2008; Přidal, 2013; Veselý, 2013).

Specifická hmotnost medu se při teplotě 20°C pohybuje v rozmezí od 1,4457 g.ml<sup>-1</sup> (obsah vody 13 %) až 1,3950 g.ml<sup>-1</sup> (obsah vody 21 %). (Vorlová, 2002)

### **3.7.4 Krystalizace**

Proces krystalizace je přirozeným fyzikálním jevem, díky kterému med mění svoje skupenství z tekutého na polotuhé (Hamdan, 2010). Krystalizace se také někdy označuje jako zrání medu, které probíhá nepřetržitě od uložení medu do plástů a pokračuje i po naplnění medu do spotřebitelských balení (Hajdušková, 2013). Tento proces neovlivňuje chemické složení medu, ale má vliv na barvu a texturu. Přirozená krystalizace medu je rysem jeho čistoty a neporušenosti. Med krystalizuje z toho důvodu, že se jedná v podstatě o přesycený roztok cukrů, kde je množství cukrů daleko vyšší, než kolik jich je schopno zůstat rozpuštěno v roztoku. Proto je med považován za nestabilní roztok. Vliv na proces krystalizace mají dva hlavní sacharidy medu: glukóza a fruktóza, respektive jejich poměr, který určuje rychlost krystalizace. Z medu krystalizuje glukóza, vzhledem k tomu, že je z cukrů obsažených v medu nejméně rozpustná (Hamdan, 2010). Při krystalizaci vytvářejí molekuly glukózy a vody monohydrátovou formu glukózy z kterých vzniká krystalická mřížka v celém objemu medu (tuto schopnost mají jen roztoky přírodního původu). Fruktóza zpomaluje vykrystalizování glukózy, tzn. čím vyšší podíl fruktózy v medu, tím pomaleji med krystalizuje (Hamdan, 2010). Lothrop (1943) navrhl poměr glukóza/fruktóza jako hlavní parametr pro předvídaní krystalizace medu. Pro příklad: med řepkový, který

krystalizuje v celém objemu v krátkém intervalu po vytočení, má poměr G:F 1:1,2. Akátový med nekystalizuje téměř vůbec – poměr G:F 1:1,7. Někteří autoři, např. White, považují za faktor s vyšší výpovědní hodnotou predikce krystalizace, poměr mezi glukózou a vodou (G:V), který je dostačující pro medy s obsahem 17 % vody (Přidal, 2013).

Krystalizace může být podpořena ještě dalšími faktory, jako je obsah pylových zrn, vosku, propolisu, které slouží jako krystalizační jádra (Crane, 1990). Další faktor, který uvádí Veselý (2013) je nešetrné zacházení při získávání a zpracování medu. Jedná se o mechanický šok při odstraňování a tepelný šok při zpracování medu.

Všeobecně rychleji krystalizují medy květové (nektarové), obsahující více glukózy a pylových zrn. Krystalizují již několik týdnů po vytočení. Medovicové medy obsahují vyšší podíl fruktózy a krystalizují později (Hajdušková, 2013).

### **3.7.5 Optická otáčivost**

Med jako cukerný roztok otáčí rovinu polarizovaného světla. Směr otáčení roviny polarizovaného světla závisí na koncentraci jednotlivých cukrů, resp. glukózy a fruktózy. Květové medy stáčí rovinu polarizovaného světla doleva, z důvodu převažující levotočivé fruktózy ( $[\alpha]_D^{20} = -92,4^\circ$ ) nad pravotočivou glukózou ( $[\alpha]_D^{20} = +52,7^\circ$ ). Medovicové medy bývají pravotočivé, mají nižší obsah levotočivé fruktózy a vyšší obsah pravotočivých sacharidů, jako jsou glukóza, memecitóza a ezlóza (Dinkov, 2003; Bogdanov 2008).

Měření optické rotace je běžně používaná metoda v některých státech, např. v Řecku, Itálii a Velké Británii, k rozlišení květových medů od medů medovicových (Dinkov, 2003).

### **3.7.6 Povrchové napětí**

Med je hojně využíván v kosmetickém průmyslu, jako hydratační médium, díky svému nízkému povrchovému napětí. Med tak snadno proniká i přes malé póry do pokožky. Povrchové napětí medu je závislé na původu medu, což zřejmě souvisí s obsahem koloidů v něm obsažených. Spolu s vysokou viskozitou je povrchové napětí odpovědné za tvorbu charakteristické pěny na povrchu medu. Pěna obsahuje převážně bílkoviny, ale i pylová zrna, různé nečistoty, jako jsou vosk či košilky (Přidal, 2003).



### 3.7.7 Tepelné vlastnosti

Specifické teplo je definováno, jako množství tepla potřebného k ohřátí 1 kg látky o 1 K. Synonymem je tepelná absorpční kapacita, která je u medu při obsahu vody 17 % je okolo 2,26 J/g a teplotě 20 °C v rozmezí 2,34–3,06 J/g/°C. Poměrně nízká tepelná vodivost v kombinaci s nízkou viskozitou medu je příčinou rychlého přehřívání medu. Proto je důležité med nezahřívát přímým plamenem, ale jen ve vodní lázni (Přidal, 2013). Měrná tepelná vodivost medu  $\lambda = 5,4 \cdot 10^{-2} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  při teplotě 20 °C je asi 10x menší než u vody, což vysvětluje potíže s rozpouštěním medu (Veselý, 2013).

### 3.7.8 Elektrická vodivost

Elektrická vodivost (konduktivita) medu úzce souvisí s množstvím minerálních látek a iontů v roztoku. S rostoucí koncentrací minerálních látek a iontů v medu roste elektrická vodivost. Nezředěné medy mají elektrickou vodivost velmi nízkou, a proto ji lze srovnat z vodivostí destilované vody (Veselý, 2003).

Velmi často se používá jako provozní metoda pro stanovení medu dle původu. Květové medy běžně vykazují hodnoty nižší jak 55,0 mS·m<sup>-1</sup>. Medy medovicové dosahují vyšší hodnotu konduktivity 90,9–130,0 mS·m<sup>-1</sup> vzhledem k většímu obsahu minerálií (Dupal, 2011).

Vyhláška 76/2003Sb., která je v souladu se směrnicí Rady EU 2001/110/ES o medu, stanovuje hranici mezi nektarovými a medovicovými medy na 80 mS·m<sup>-1</sup>, za účelem obchodní klasifikace. Medy smíšené se podle této vyhlášky dělí rovným podílem do obou skupin, jelikož tato vyhláška nestanovuje parametry pro medy smíšené (Veselý, 2003; Přidal, 2013).

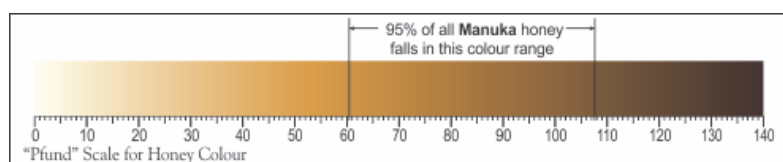
### 3.7.9 Barva medu

Tento parametr je jeden z nejvíce variabilních parametrů medu a je přímo ovlivněn botanickým původem medu. Mezi další faktory, ovlivňující barvu medu, patří obsah popela, teplota a délka skladování, a také přítomnost rostlinných barviv antioxidantního účinku jako jsou flavonoidy, karotenoidy, xantofyly, antokyany a chlorofyly (Mondragón-Cortez a kol., 2013). Dle Titěry (2013) na barvu medů může mít vliv i stáří plástů. Nové plásty jsou světlé, po čase vlivem vzdušného kyslíku, ale také působením barviv původem z uskladněného pylu, medu a plodu, tmavnou. Na tmavnutí mají vliv

i barviva, která přecházejí z pylu uloženého v plástech. Z plástů velmi tmavé barvy pak přechází část barviv do medu.

Barevná škála medů je velmi rozličná. Pohybuje se od vodojasné se žlutým či nazelenalým nádechem (typické pro akátový a ztekutěný slunečnicový med), přes žlutou (slunečnice), načervenalou (kaštanovník), hnědou (pohanka) až po hnědozelenou a hnědočervenou (medovice). Květové a smíšené medy jsou majoritně světlé barvy, maximálně hnědé. Medovicové medy jsou tmavé barvy, hnědé až hnědočerné, případně s tmavozeleným nádechem (Přidal, 2003).

Z důvodu mezinárodní obchodní deklarace barvy medu se používá stupnice dle Pfunda. Tato stupnice udává barvu v milimetrech a pohybuje se v rozmezí 0 až 114 (obr. 2). Nejsvětlejší medy mají do 8 mm Pfundovy stupnice, nejtmaší medy medovicové mají 85 mm a více.



Obrázek č. 2: Pfundova stupnice (Bray, 1999)

Medy bývají rozděleny do sedmi základních skupin (viz obr. 3). Barva může být vyjádřena ještě dle klasifikace navržené U. S. Department of Agriculture. Další metodou, která je velmi přesná, je absorpční spektrofotometrie, která se pro svoji větší pracnost při provedení moc nepoužívá (Titěra, 2006; Přidal, 2013).

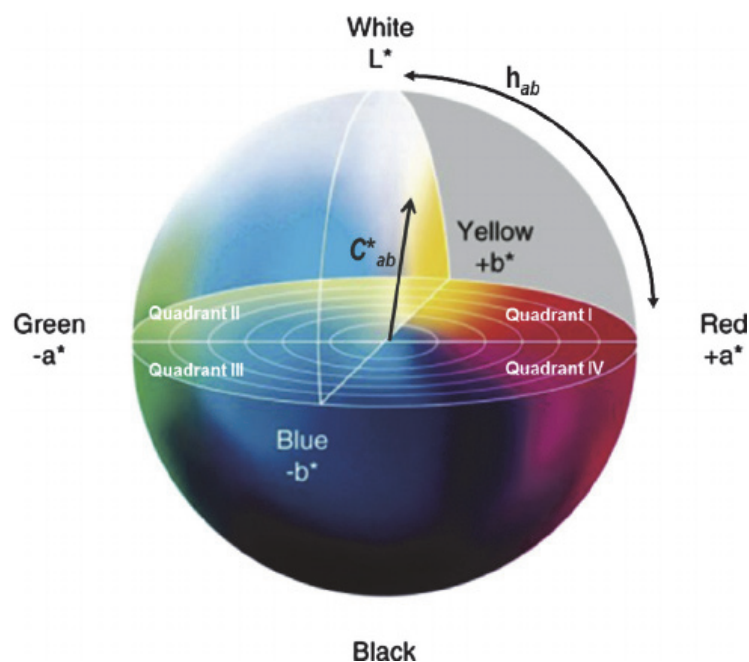
Color Name	Pfund Scale, millimeters
Water White	<9
Extra White	9 – 17
White	18– 34
Extra Light Amber	35 – 50
Light Amber	51 – 85
Amber	86 – 114
Dark Amber	>114

Obrázek č. 3: Barva medu dle USDA – levý sloupec (Honeybeesuite, 2017)

Pro měření barvy se velmi často používá barevný prostor  $L^* a^* b^*$  nazývaný CIELAB. Tento systém byl vytvořen v roce 1976 komisí CIE, Commission Internationale de l'Eclairage, která byla založena v roce 1931 a je mezinárodní organizací věnující se světlu, osvětlování, barvě a kolorimetrickým soustavám. Barevný prostor CIELAB nahradil nedokonalý prostor  $Yxy$ , kde nedokonalostí byl nesoulad rozdílů mezi barvami, tj. ve značném odstupu je teprve vidět rozdíl mezi zelenou a zelenožlutou, zatímco mezi modrou a červenou se nachází jen velmi malý odstup (Pospíšilová, 2008).

Barevný prostor  $L^* a^* b^*$  je charakterizován pravoúhlými osami  $L^*$  udávající jas a parametry  $a^*$  a  $b^*$ , představující souřadnice pro barevné směry (Sharma, 2003).

Složka  $L^*$  (světlost) se zobrazuje na svislé ose a nabývá hodnot od 0% (černá) až po 100% (bílá). Hodnota  $a^*$  vyjadřuje polohu barvy mezi zelenou (záporná část osy) a červenou barvou (kladná část osy). Hodnota  $b^*$  značí polohu barvy na ose modrá – žlutá (modrá leží na záporné části osy, žlutá na kladné části osy). Ve středu kruhového diagramu se nachází odstíny šedé barvy (Pospíšilová, 2008).



Obrázek č. 4: Znárodnění prostoru  $L^* a^* b^*$  (researchgate, 2017)

Celková barevná diference se vypočítá podle vztahu (Strnadlová, 2015):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

kde:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{(vzorku)}} - L^*_{\text{(předlohy)}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{(vzorku)}} - a^*_{\text{(předlohy)}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{(vzorku)}} - b^*_{\text{(předlohy)}}$$

Rozdíl barev  $\Delta E^*_{ab}$  představuje důležitou, obecně uznávanou metodu hodnocení rozdílů barev. Podle její velikosti lze hodnotit např. kvalitu monitorů, shodu mezi tisky apod.

Tabulka č. 6: Stupnice udávající stupeň neshody dvou barev (Strnadlová, 2015)

$\Delta E^*$	Rozdíl
0,0 – 0,2	Nepostřehnutelný
0,2 – 0,5	Velmi slabý
0,5 – 1,5	Slabý
1,5 – 3,0	jasně postřehnutelný
3,0 – 6,0	Střední
6,0 – 12,0	Výrazný
12,0 – 16,0	Velmi výrazný
větší než 16,0	Rušící

### 3.8 Získávání medu

Na kvalitu medu má rozhodující vliv způsob, jakým včelař med získává. Nesprávné a neodborné počínání během medobraní může značně ovlivnit jakost získaného medu.

Nejrozšířenějším způsobem získávání medu je vytáčení. Další méně používané a méně výnosné, či méně šetrné způsoby získávání medu, je vykapávání nebo lisování (Knoller, 1999).

Dobu medobraní ovlivňují mnohé faktory, jako počasí, zdroje nektaru/medovice. Okamžik začátku medobraní závisí na stavu rámků s plásty a zralosti medu. Test zralosti medu je zmíněn výše. Dle stavů rámků začínáme vytáčet, je-li med zralý v několika nástavcích. Med se sklízí po jednotlivých snůškách. Máte-li včelstvo blízko řepkových polí a ovocných sadů, první medobraní můžete očekávat již po odkvetení řepky a ovocných stromů, koncem května. Při vytáčení myslete na to, že pro včely je

med potrava a proto jim nechte alespoň jeden medník, pro případ, kdyby nastalo období bez snůšky. Med včelám poslouží jako potrava a nebudou se muset dokrmovat (Cramp, 2013).

### **3.8.1 Odběr medných plástů**

Jsou-li alespoň  $\frac{3}{4}$  buněk zavičkované a zkouška zralosti je v pořádku, plást odebereme. Obsedající včely smeteme smetáčkem. Zavičkované buňky jsou jakousi zárukou zralosti medu. Výjimku tvoří roky, kdy je velký výskyt tzv. melicitózního medu. Zde nesmíme čekat na zavičkování, jelikož by mohl med vykristalizovat a tím by se znemožnilo jeho vytěžení z plástů. V tomto období odebíráme med v krátkých intervalech, aby nestihl vykristalizovat. Takto získané plásty jsou ihned uskladněny v nástavcích opatřenými dny či v plástových bednách, aby se zamezilo v přístupu včel. Připravené plásty se přepraví do medárny k vytočení (Bienefeld, 2010; Zocsvsvetla, 2007).

### **3.8.2 Odvíčkování**

Abychom oddělili med od plástů, musíme odvíčkovat buňky. K tomu lze použít odvíčkovací vidličku, odvíčkovací nůž, odvíčkovací stroj, nebo u světlých, nezaplodovaných plástů, také pistolí s horkým vzduchem. Víčka sbíráme do vhodné nádoby (Zocsvsvetla, 2007).

### **3.8.3 Vytáčení medu**

V současné době se používají medometry. Jde o vytáčení medu použitím odstředivé síly. Plásty se v nich nezničí a mohou být včelám opět vráceny. Existují různé druhy medometů. Menší medometry (pro hobby včelaře) pojmu 3–6 plástů, jsou buď na ruční pohon či elektrické. Co se týče rychlosti, vždy platí, že začínáme od nejnižší, a poté postupně přidáváme rychlost. Dojde-li k odtrhávání velkých kusů díla, rychlost opět snížíme. Jakmile jsou plásty vytočené, vyjmeme je z medometu a postavíme na nějakou podložku (i ze sebelíp vytočených plástů ještě med bude kapat). Vytáčení jedné dávky trvá několik minut (Cramp, 2013).

### **3.8.4 Filtrace medu**

Med, který vytéká z medometu, není úplně čirý. Obsahuje drobné částičky vosku z víček a vzduchové bubliny. Proto se med dopravuje samospádem nebo vhodnými

čerpadly do nádob, kde dochází k jeho vyčeření (Titěra, 2006). V průběhu několika málo dnů (dva až tři dny) dochází ke vzlínání vzduchových bublin, nejjemnějších částíček vosku a různých nečistot, které se usazují na povrchu medu ve formě bílé pěny. Tato pěna se pak z povrchu odstraňuje (Bentzien, 2008). Poté se med plní do spotřebitelských balení.

## **3.9 Označování a jakost medu**

### **3.9.1 Legislativa a označování**

Problematika označování spadá pod tzv. „harmonizovanou sféru“ právních předpisů. To znamená, že české právní předpisy musí být v souladu s předpisy EU upravujícími problematiku medu. Problematiku medu v oblasti označování potravin v evropském společenství upravuje směrnice Evropského parlamentu 2000/13/ES o sbližování právních předpisů členských států týkající se označování potravin, jejich obchodní úpravy a související reklamy (Szpi, 2015).

Dalším právním předpisem na úrovni evropského společenství je směrnice Rady EU 2001/110/ES o medu, jenž doplňuje obecná pravidla EU o označování potravin stanovená v nařízení (EU) č. 1169/2011. Na etiketách musí být uvedeny základní informace pro spotřebitele. Etikety musí obsahovat zejména zemi původu medu a název výrobku podle vymezení v příloze I. Kromě pravidel týkajících se označování medu, směrnice ES 2001/110/ES, která byla pozměněna v roce 2014 směrnicí ES 2014/63/EU, specifikuje typy medu a pod jakými názvy je lze prodávat. Tato směrnice definuje i pravidla týkající se složení a definice medu (Evropa, 2015).

Národní legislativou, upravující označování potravin, je v České republice zákon o potravinách č. 110/1997 Sb., v úplném znění, a prováděcí vyhláška č.113/2005 Sb., o způsobu označování potravin.

Povinné údaje na etiketě (Přidal, 2013; Vořechovská a kol., 2014):

- Název výrobku: Med, označení včelí je navíc, jelikož žádný jiný výrobek než včelí produkt med, nemůže být označen tímto názvem
- Druh medu (květový, medovicový), lze doplnit o údaje vztahující se k botanickému původu (lipový, pohankový aj.)
- Způsob získávání (lisovaný, plástečkový, aj.)
- Obchodní jméno výrobce

- Sídlo výrobce
- Množství
- Minimální trvanlivost
- Země původu, kde byl med získán (pokud jde o směs medů různého původu, lze tento výrobek označit:
  - a) směs medů z ES
  - b) směs medů mimo ES)
  - c) směs medů z ES a mimo ES

### 3.9.2 Jakost medu

Základním předpisem týkající se jakosti medu je Vyhláška č. 76/2003 Sb. ve znění pozdějších novel, která je v souladu se směrnicí Rady EU 2001/110/ES o medu (Evropa, 2015).

Požadavky na jakost medu dle vyhlášky č. 76/2003 Sb:

1. Do medu nesmí být přidány žádné jiné látky včetně přídatných látek, s výjimkou jiného druhu medu.
2. Z medu se nesmí odstranit pyl ani jakákoli jiná složka, vyjma odstraňování cizích látek filtrací, kdy tomu nelze zabránit.
3. Med (kromě pekařského medu) nesmí:
  - a) mít jakékoliv cizí příchutě a pachy
  - b) začít kvasit nebo pěnit
  - c) být zahřát do takové míry, že jeho přirozené enzymy jsou zničeny nebo se stanou neaktivní.
4. U medu se nesmí uměle měnit kyselost.
5. Filtrovaný med a pekařský (průmyslový) med nesmí být přidáván do jiných medů
6. Smyslové požadavky na jakost medu (tabulka č. 6):

Tabulka č. 7: Požadavky na jakost medu (Vyhláška č. 76/2003 Sb.)

Med	Konzistence a vzhled	Chuť	Barva
květový	mírně až silně viskózní, tekutý, částečně až plně krystalický	výrazně sladká až škrablavá	vodově čistá až s nazelenalým nádechem, slabě žlutá až zlatavě žlutá
medovicový	mírně až silně viskózní, tekutý, částečně až plně krystalický	sladká, popřípadě kořeněná až mírně škrablavá	tmavohnědá s nádechem do červenohněda

Med se ke spotřebiteli dostává ve své přirozené podobě bez výrazných technologických úprav a proto je jeho jakost a zdravotní nezávadnost velmi důležitá (Vorlová a kol., 2002).

### 3.10 Skladování medu

Med obsahuje množství látek, které jsou velmi nestabilní a citlivé na různé vlivy, jako je světlo, vysoká teplota, vlhkost. Proto ideální podmínky pro uskladnění jsou místa chladná, temná a med musí být dobře uzavřený. Doporučená teplota je 10–15 °C, maximální vlhkost vzduchu 60 %. Při správném skladování med vydrží i několik let ve stejné kvalitě (Frank, 2010). Nádoby na uskladnění medu mohou být skleněné, kovové (pocínované, hliníkové, poniklované) nebo i dřevěné. Nesmí se používat nádoby železné, zinkové, mosazné nebo měděné (Veselý a kol., 2003).

### 3.11 Reologie

Reologie je vědní obor zabývající se studiem deformačních a tokových vlastností pevných i tekutých látek. Zkoumá vzájemné vztahy, vnější síly a vnitřní reakce látky. Dále, v kombinaci s deformací a časem, rychlost deformace (Walters a kol., Adebawale, 1989). Reologie se uplatňuje zejména tam, kde je přímá úměrnost mezi napětím a deformací, jež je součástí Hookova zákona. U kapalin Newtonův viskózní zákon nemůže být pro řadu látek ani přibližným vystižením jejich mechanických vlastností. Mezi tyto látky patří asfalty, těsta či pryže. Ukázalo se, že tečení látek, jako je například med, či tělní tekutiny je daleko složitější než tečení vody či lihu, pro které platí klasická termodynamika (Walters a kol., 1989; Havránek, 2007).

Jedním z hlavních úkolů reologie je nalézt vztahy mezi napětím, deformací a rychlostí deformace. Znalost základních reologických veličin, jako jsou zejména viskozita, meze toku a modulů pružnosti, je nezbytné pro charakterizaci nejen surovin (event. produktů), ale i k řešení mnoha technických úloh a inženýrských výpočtů při



navrhování, zdokonalování a kontrole různých výrobních a dopravních zařízení (Steffe, 1996; Holubová, 2014).

Pro zkoumání pohybu a mechanických dějů kapalin a plynů, při nichž se mění vzájemné vzdálenosti jednotlivých bodů pevně, byl zaveden pojem kontinuum – spojité prostředí. Stav kontinua popisují pojmy deformace, rychlost deformace a napětí. Jejich vzájemný stav závisí na povaze kontinua (na jeho vlastnostech), proto bude vztah jiný pro plyn, jiný pro kapaliny a například bude jiný i pro med či vodu (Havránek, 2007).

Reologie rozlišuje 3 základní typy látek:

- Elastické (Hookovské) látky – tzv. lineárně elastické – nelze je trvale deformovat, po odstranění napěťového pole vzniklá deformace zcela vymizí. Platí zde Hookův zákon. Nelineárně elastické látky – je zde přímá úměra mezi napětím a deformací (Hookův zákon) až do okamžiku, kdy napětí přesáhne tzv. mez úměrnosti. Po překročení meze se látka nechová již jako Hookovská látka. Po odstranění napětí  $\tau_B$  deformace vzorku klesá na nulovou hodnotu.
- Viskózní látky – rozlišujeme newtonovské látky, kdy deformace je úměrná napětí a neneutronovské látky, kde deformace není úměrná napětí a tedy pro ně Newtonův zákon představuje jen přiblížení k jejich reologickému chování. Zvětšuje-li se rychlost deformace s dobou působení stálého smykového napětí, hovoříme o tixotropní látce, naopak zmenšuje-li se rychlost deformace s dobou působení napětí, mluvíme o tzv. reopexní látce. Toková funkce posledních dvou zmiňovaných látek nezávisí jen na rychlosti deformace, ale i na době působení deformace.
- Plastické látky – u nichž pohyb, při kterém je rychlost deformace  $D$  odlišná od nuly (tečení) nastává až po překročení určité mezní hodnoty napětí.

Existují i složitější reologické modely látek, které leží na pomezí viskózních a elastických látek, ale ty zmiňovat nebudu, vzhledem k tématu mé práce se dále zaměřím na modely týkající se viskózních látek, kam patří i med (Havránek, 2007).

### 3.11.1 Reologie kapalin

Kapaliny jsou látky, které se účinkem i malé vnější síly nevratně deformují – tečou. Matematickým vyjádřením tokových vlastností kapalin jsou reologické stavové rovnice, které zpravidla vyjadřují vztah mezi deformačním smykovým (tečným, vazkým)

napětím  $t$  a deformací kapaliny. Graficky mohou být tyto deformace popisovány tokovými křivkami (Holubová, 2014).

Rychlost toku kapaliny je tím větší, čím větší je vnější síla a čím menší jsou vnitřní síly, které proti toku působí. Vnitřní síly (vnitřní tření) vznikají v kapalině důsledkem tepelného pohybu a mezimolekulárních přitažlivých sil (Moore, 1981). Při malých rychlostech laminárního proudění se tok kapalin uskutečňuje jako smyková deformace, která charakterizuje změnu materiálu při smykovém (tečném) napětí. Tečné napětí je dáno jako podíl elementární síly a velikosti dané plochy, vyjádřeno vztahem (Prosser a kol., 1989; Holubová, 2014):

$$\tau = \frac{dF_t}{ds}$$

Tečná napětí v kapalině vyvolává posun částic. Pro elementární hranol o výšce  $dy$ , jehož stěna se pohybuje rychlostí  $v$  a horní stěna rychlostí  $v+dv$  platí Newtonův zákon:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$

kde  $\eta$  je dynamická viskozita kapaliny a  $\frac{dv}{dy}$  je rychlostní spád (tzv. smyková rychlost).

Tečné napětí je tedy úměrné rychlostnímu spádu a konstantou úměrnosti je tedy dynamická viskozita, charakterizující vnitřní tření, jejíž rozměr je definován (Wichterle, 2006):

$$[\eta] = \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} = Pa \cdot s = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$$

Dynamická viskozita kapalin je v obvykle závislá na teplotě a na tlaku (tato závislost je zanedbatelná). U newtonovské kapaliny se dynamická viskozita nemění v závislosti na tečném napětí. Dynamická viskozita u newtonovských kapalin je konstantní. U ne-newtonovské kapaliny je dynamická viskozita závislá na tečném napětí a rychlostním spádu. Kromě dynamické viskozity je zavedena i kinematická viskozita, definována vztahem (Havránek, 2007):

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

kde  $\rho$  je hustota kapaliny. Jednotka kinematické viskozity je  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Viskozita kapalin je definovaná za předpokladu laminárního proudění a řídí se Newtonovým zákonem. Projevuje se jako odpor proti pohybu částic. Viskozita je závislá na druhu látky. U newtonovské látky je viskozita závislá jen na teplotě a platí zde přímá úměra mezi smykovým napětím a gradientem rychlosti. Pro příklad mezi newtonovské kapaliny patří voda, mléko, stolní oleje aj.

Nenewtonské kapaliny rozlišujeme na časově závislé, kdy viskozita závisí na čase a časově nezávislé, kdy viskozita závisí na teplotě (Holubová, 2014).

Znalost viskozity je velmi významná, jelikož umožňuje popsat charakter proudění tekutin a to pomocí Reynoldsova čísla ( $Re$ ), což je bezrozměrné číslo definované vztahem (Buchar, 1990):

$$Re = \frac{v\rho R}{\eta}$$

kde  $v$  znázorňuje rychlost proudění,  $R$  je charakteristický rozměr potrubí či obtékaného tělesa a  $\rho$  je hustota tekutiny (Severa a Nedomová, 2011).

Znalost proudění viskózních kapalin se pak využívá v zemědělství i v potravinářství, stejně jako v řadě jiných oborů, při hydraulických výpočtech a pro výpočty procesů sdílení tepla za účasti proudící kapaliny (Prosser, 1989).

Grafickým vyjádřením závislosti smykového napětí na rychlosti deformace jsou tokové křivky. Pro měření této závislosti existují mnohá zařízení, v našich podmínkách je nejdostupnější rotační reometr. Obecně rozeznáváme několik druhů tokových křivek, kdy pro proudění potravin jsou nejvýznamnější tyto:

Mocninný zákon (Ostwald-de Waele model), Herschel-Bulkley, Casson, Mizrahu-Berk, Heinz-Casson, Carreau, Vocadlo aj. Mocninný zákon je dán vztahem:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n,$$

kde  $n$  je index toku a  $K$  koeficient konzistence.

Pro zdánlivou viskozitu platí:

$$\mu_a = K\dot{\gamma}^{(n-1)}$$

Pokud je  $n=1$  popisuje tento model chování newtonovské kapaliny (Severa a Nedomová, 2011).

Pro potraviny je relativně nejvýznamnější, druhý zmiňovaný, model Herschel–Bul–kley. Tento model je dán vztahem:

$$\sigma = K(\dot{\gamma})^n + \sigma_0,$$

kde  $K$  je koeficient konzistence,  $\dot{\gamma}$  rychlosti deformace a  $\sigma_0$  mez kluzu (Steffe, 1996).

### 3.11.2 Rozdělení kapalin

#### 3.11.2.1 Ideální kapalina

Jedná se o kapalinu pohybující se bez vnitřního tření (viskozity), bez ztrát energie způsobených vnitřním třením (Macháček, 1995).

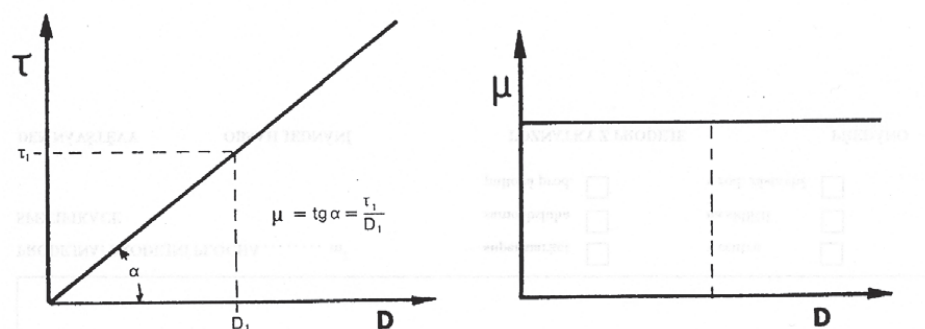
#### 3.11.2.2 Reálná kapalina

Kapalina, která vykazuje za pohybu vnitřní tření (viskozitu) (Prosser, 1989).

#### 3.11.2.3 Newtonovská kapalina

Tekutiny vykazující vlastnosti reálné tekutiny s vnitřním třením. Vnitřní tření je obecně závislé jen na teplotě, tlaku a chemickém složení tekutiny, nezávisí na gradientu rychlosti (Prosser, 1989).

Jedná se o reologický model viskózní látky, pro kterou platí Newtonův viskózní zákon a pro kterou je rychlost deformace přímo úměrná napětí. Tato závislost je vyjádřena charakteristickou reologickou rovnicí, v tomto případě Newtonovým viskózním zákonem (viz výše uveden). Zpravidla se jedná o nízkomolekulární látky (Havránek, 2007). Viskozita těchto látek nezávisí na vazkém napětí (Holubová, 2014).



Obrázek č. 5: Toková a viskózní křivka newtonovské kapaliny (Holubová, 2014)

### 3.11.2.4 Neneutronovská kapalina

Jedná se o kapaliny neřídící se Newtonovým zákonem, a proto jsou tyto kapaliny reologicky složitější. Viskozita je v každém časovém okamžiku závislá na napětíovém a deformačním stavu kapaliny.

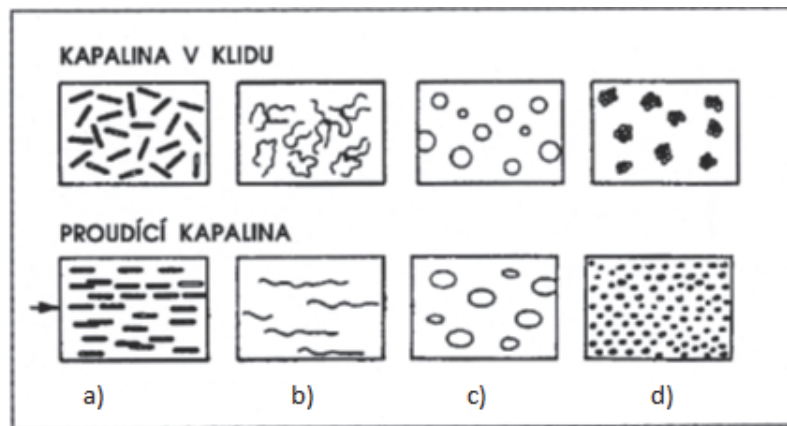
Platí pro ně analogicky s Newtonovým zákonem rovnice:

$$\tau = \eta \cdot D$$

kde  $\eta$  je zdánlivá viskozita, která není konstantní, ale je závislá na rychlosti deformace nebo tečném napětí. Nejčastější příčiny jsou znázorněny na obr. 6.

Příkladem neneutronovských tekutin jsou např. suspenze, emulze, aerosoly, kapaliny s bublinami, ale také látky pastovité, sirupovité, zrnité a práškovité, jejichž chování se může měnit závisle na teplotě, tlaku a obsahu vlhkosti (Havránek, 2007).

- a) orientace
- b) napřimění
- c) deformace
- d) rozmělnění



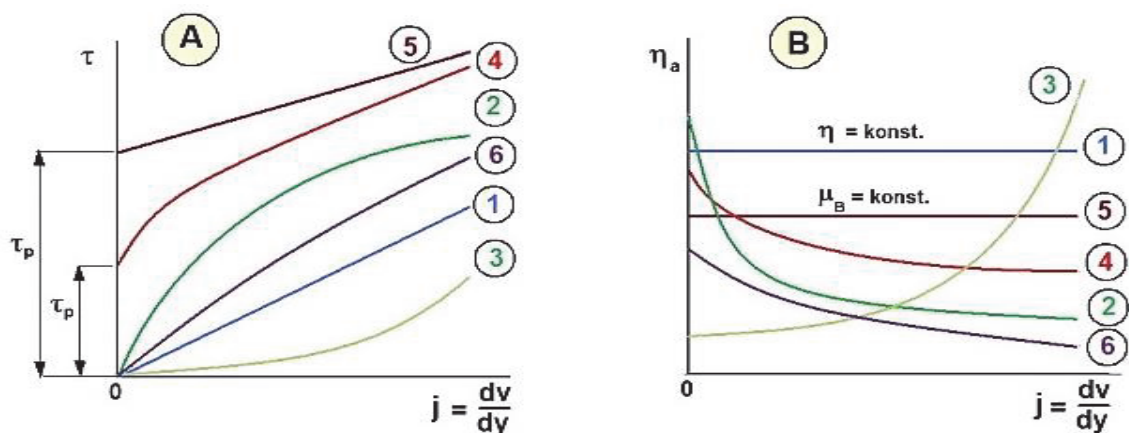
Obrázek č. 6: Vliv toku na uspořádání částic v neneutronovské kapalně (Holubová, 2014)

Literatura rozlišuje neneutronovské kapaliny z hlediska časové závislosti na dvě základní skupiny:

1. Časově nezávislé (viskózní) neneutronovské kapaliny – jedná se o kapaliny, u kterých je smyková rychlost v každém okamžiku funkcí pouze smykového napětí. Dále je dělíme na (Barnes, 1989):
  - a) Pseudoplastické kapaliny – jejich zdánlivá viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti zmenšuje. Někdy se dělí na pravé pseudoplastické kapaliny a strukturně viskózní kapaliny (Severa a Nedomová, 2011). Z technického hlediska je pseudoplasticita často vítanou vlastností, protože snižuje energetickou náročnost při míchání a toku kapalin potrubím (Steffe, 1996).

- b) Dilatantní kapaliny – jejich zdánlivá viskozita se s rostoucím gradientem rychlosti zvětšuje. Toto chování není tak časté a lze jej potlačit změnou složení (Severa a Nedomová, 2011).
  - c) Binghamské kapaliny – tyto kapaliny mají plastickou složku deformace, k toku dochází až po překročení prahového smykového napětí (mez toku, mez kluzu) (De Vicente, 2012).
2. Časové závislé neneutonské kapaliny – jedná se o kapaliny, u kterých je vztah mezi smykovým napětím a rychlostí smyku závislý na čase, po který byla tato kapalina zatížena smykovým namáháním, nebo je funkcí předchozí deformace kapaliny (Barnes, 1989).
  3. Tixotropní kapaliny – u těchto kapalin zdánlivá viskozita klesá s prodlužující se dobou působení napětí (Steffe, 1996). Tento typ chování je velmi výhodný např. pro nátěrové hmoty. Znalost tixotropního chování je důležitá např. pro stanovení spouštěcího příkonu míchadel (Holubová, 2014).
  4. Reopektické kapaliny – kapaliny, jejichž zdánlivá viskozita během smykového namáhání s časem roste. Na rozdíl od tixotropie se s tímto chováním můžeme setkat jen zřídka kdy. Příkladem může být suspenze bentonitu (Steffe, 1996).

Na závěr je třeba připomenout, že pro neneutonské kapaliny, které se v průmyslu vyskytují velmi často, nemá pojem viskozity jako látkové konstanty fyzikální význam (kvůli četným anomáliím viskozity) a je nutno jej nahradit tokovou křivkou v potřebném rozsahu tečných napětí (Holubová, 2014). Hodnota zdánlivé viskozity změřená na jednoduchém viskozimetru bez udání tečného napětí nebo rychlostního gradientu může sloužit pouze pro orientační srovnání konzistence neneutonských kapalin stejného druhu měřené na stejných přístrojích za stejných podmínek (Holubová, 2014).



Obrázek č. 7: Reogramy a zdánlivá viskozita vybraných neneutronovských kapalin – A. reogram, B. zdánlivá viskozita [1) newtonovská kapalina, 2) pseudoplastická kapalina, 3) diletantní kapalina, 4) skutečná plastická kapalina, 5) Binghamova kapalina – ideálně plastická kapalina, 6) Eyringův model] (Janalík, 2010)

### 3.11.3 Reologické vlastnosti medu

Odhalení a porozumění reologických vlastností a chování medu v určitých podmínkách v závislosti na znalostech oblasti reologie je nesmírně důležitá, jelikož reologické vlastnosti medu mají významný vliv na jeho sensorickou kvalitu, ale také ovlivňují technologické operace jako je stáčení, filtrace a hydraulická doprava. To je zvláště v současnosti důležité pro navrhování vybavení (přístroje) v procesu pro transport, zpracování a skladování v potravinářství. Ale i v jiných odvětvích je běžně využíváno aplikované reologie, např. v metalurgii (Trávníček a kol., 2012). Ve většině dostupné literatury je med prezentován z reologického hlediska jako newtonovská kapalina, tedy její chování popisuje Newtonův zákon. Vědci Cohen a Weihs (2010), provedli studii Rheology and microrheology of natural and reduced-calorie Israeli honeys as a model for high-viscosity Newtonian liquids, kde je med uváděn jako newtonovská kapalina, je studie skupiny vědců, mezi které patřil Cohen I. a spol. Byla zde uplatněna mikrorheologie pro měření několika druhů izraelského medu jako model vysoce viskózní newtonské kapaliny. U mikrorheologie byly použity fluorescenční karboxylově modifikované polystyrenové částice. Cílem této studie bylo také určit teplotní a vlhkostní závislost vybraného květového medu, odrůdy izraelského medu, srovnání přírodního a kaloricky redukovaného medu. Naměřené závislosti odpovídaly Arrheniově rovnici, kdy viskozita exponenciálně klesala s teplotou. Arrheniova aktivační

energie a viskozita byly závislé i na vlhkosti a bylo zjištěno, že změna vlhkosti o 1 % způsobuje stejné změny jako změna teploty o 3,5 °C (Cohen a Weihs, 2010).

Další studie českých vědců Trávníčka, Vítěze a Přídala o reologických vlastnostech medu z roku 2012, jejímž cílem bylo zjistit závislost viskozity na teplotě, smykovém napětí a smykové rychlosti a zjistit hodnotu aktivační energie (použit Arrheniův model) u tří druhů českých medů (květový, lipový a květovo-medovicový). Všechny vzorky byly před samotným měřením zahřáty na teplotu 55 °C. Důvodem bylo odstranění případných krystalů a tedy zabránění negativního ovlivnění výsledků. Poté byla teplota snížena na 30 °C a odstraněny všechny vzduchové bubliny ze stejného důvodu. Následně byly všechny vzorky měřeny při teplotě vzorku 29 °C a získané hodnoty byly extrapolovány na teplotu 20 °C. Výsledky studie ukazují, že závislost smykového napětí na smykové rychlosti je lineární a tedy všechny medy použité ve studii patří mezi newtonovské kapaliny a vykazují newtonovské chování. U žádného vzorku nebyla pozorována tixotropie ani dilatance. Nejvyšší viskozitu vykazoval vzorek lipového medu, nejmenší viskozitu měl med květový.

Jak je patrné z výše popsaných studií, viskozita medu závisí nejen na teplotě, ale i na botanickém původu a tedy chemickém složení medu (Trávníček a kol., 2012). Tato data byla srovnatelná s dříve publikovanými hodnotami.

Naopak studie Stelmakienė a kol. (2012), která měla za cíl zjistit efekt botanického původu a teploty u 5 vzorků medu: pohankového, eukalyptového, akátového řepkového a medovicového medu o různé aciditě, pH, vlhkosti a mikrostrukturu. Výsledkem této studie bylo i mimo jiné, že všechny vzorky vykazovaly za všech použitých experimentálních teplot neneutronovské chování. Avšak žádný z vzorků nebyl před měřením tepelně zbaven krystalů či vzduchových bublin, všechny vzorky byly měřeny v naturální (nijak neupravené) formě. I tato skutečnost zřejmě měla vliv na konečný výstup studie. Z většiny studií vyplývá a v reologické literatuře se uvádí, že nejvíce tekuté druhy medu jsou dány newtonovým zákonem a jejich viskozita silně závisí na teplotě (Cohen a Weihs, 2010). Neneutronovské chování může být způsobeno přítomností krystalů, vyššími cukry (dextran) nebo vysokomolekulárními sloučeninami, jako jsou proteiny (ve formě koloidů), a bílkoviny nebo dextrany v medu. Tixotropie byla pozorována především u medu vřesového, manukového a pohankového. Mezi diletantní medy patří některé eukalyptové medy (Bhandhari, 1999).



## **4 MATERIÁL A METODIKA**

### **4.1 Materiál**

Ke stanovení fyzikálních a reologických vlastností včelího medu byly použity vzorky medu přímo od včelařů. Celkově bylo analyzováno 9 vzorků od 3 včelařů z různých lokalit. Vzorky byly podle lokality (včelaře) označeny K1, K2, K3. Od každého včelaře byl analyzován vzorek řepkového, lipového a medovicového medu. Všechny medy byly analyzovány 2. den po vytočení.

Lokality vzorků: K1 – Znojensko, K2 – Vysočina, K3 – Čechy. Med byl dodán ve skleněném obalu o objemu 730 ml.

### **4.2 Metodika**

U analyzovaných vzorků medu byly stanoveny, z fyzikálně-chemických parametrů, barva a obsah sacharidů. Stanovení probíhalo na ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Z oblasti reologie byly zjišťovány hodnoty viskozity, smykového napětí, závislosti smykového napětí na smykové deformační rychlosti a závislost viskozity na čase. Tyto parametry byly měřeny na ústavu techniky a automobilové dopravy Mendelovy univerzity v Brně.

Získané výsledky byly zpracovány pomocí programu Microsoft Excel 2010 a pomocí statistického programu Statistica 12.

Přesnost proložených funkcí byla zjišťována pomocí koeficientu determinace  $R^2$  a stupně významnosti ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ).

Výsledky a výstupy závěrečné práce byly zpracovány na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpI CZ. 1. 05/4. 1. 00/04. 0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.

#### **4.2.1 Barva**

K měření barvy medu byla použita UV/VIS spektrofotometrie za použití spektrofotometru Konica Minolta CM-3500d (Japonsko). Získaná data byla analyzována softwarem SpectraMagic verze 2.0, který je součástí vybavení jmenovaného přístroje. Transmitance spektra (380-780 nm) byla měřena při intervalu vlnové délky 5 nm. Použité osvětlení D65 představuje průměrné denní světlo s korelací

barvy 6500K a pod úhlem 10°. Vzorčky byly měřeny v režimu transmitancí ve skleněné kyvetě.

Vzorčky byly tekutého charakteru, tudíž je nebylo nutné rozehtřívát v termostatu. Byly tedy sledovány vlastnosti medů (respektive barva) u vzorků, které nebyly retemperovány. Měření bylo prováděno v optické skleněné kyvetě proti slepému vzorku, kterým byla voda. Každý vzorek byl měřen 5x.

#### **4.2.2 Obsah sacharidů**

Množství sacharidů bylo měřeno digitálním refraktometrem 0–95° Bx, který je určen pro rychlé a přesné měření indexu lomu kapalin. Byl použit režim měření RI (refrakční index). Pro měření bylo nanášeno na digitální refraktometr pár kapek medu (cca 0,3 ml).

#### **4.2.3 Viskozita**

Měření viskozity (reologických vlastností) vzorků medu bylo provedeno na rotačním viskozimetru značky Anton Paar typ DV-3P, který měří kroučící moment rotujícího vřetena ponořeného do vzorku. Tento viskozimetr pracuje na principu měření kroučící síly, nutné k překonání odporu u rotujícího válce nebo disku ponořeného v měřeném materiálu. Rotující válec nebo vřeteno jsou propojeny přes pružinu s hřídelí motoru, který se točí definovanou rychlostí. Úhel pootočení hřídele je měřen elektronicky a poskytuje přesnou informaci o poloze hřídele, potažmo vřetene. Z měřených hodnot je na základě vnitřních výpočtů přímo zobrazena hodnota dynamické viskozity [mPa·s]. Pro kapaliny konstantní viskozity odpor vůči pohybu roste s velikostí vřetena. Pro stanovení reologických vlastností materiálu lze rozsah měření nastavit vhodnou kombinací vřetene a rychlosti otáčení. Pro získání relevantních výsledků měření je nezbytné znát nejdůležitější reologické vlastnosti vzorku. Nutností tedy je vyhodnotit, o jaký typ materiálu se jedná a správně jej klasifikovat.

### Technické údaje použitého přístroje:

Rozsahy měření pro standardní vřetena:

**DV – 3 P L:** 15\*) do 2 000 000 *mPa.s* = 15 \*\*) do 2 000 000 *mPa.s* 32

**DV-3P R:** 100 \*) do 13 000 000 *mPa.s* = 100 \*\*) do 13 000 000 *mPa.s*

**DV-3P H:** 0,16 \*\*) do 106 000 *Pa.s* = 1,6 \*) do 1 060 000 *mPa.s*

\*) omezeno vlivem turbulence, \*\*) pro měření odpovídající 10% plného rozsahu

Rozlišení:

pro adaptér „nízká viskozita“: 0,01

viskozita < 10 000 *mPa.s*: 0,1

viskozita > 10 000 *mPa.s*: 1

Přesnost:

+/- 1% z plného rozsahu

Opakovatelnost:

+/- 0,2% z plného rozsahu

Hodnoty momentu (plné zatížení):

DV-3P L: 0,07 *mN.m*

DV-3P R: 0,7 *mN.m*

DV-3P H: 5,8 *mN.m*

Teplota místnosti:

10 – 35 °C

Vlhkost:

max. 80% RH do 31 °C

max. 50% RH do 40 °C

Teplotní senzor Pt 100:

Rozsah: 0 – 100 °C

Rozlišení: 0,1 °C

Přesnosti: +/- 0,25 °C

Opakovatelnost: +/- 0,1 °C

Výstupy:

RS 232

Zapisovač 1 kanál

0 V do 5 V DC vstup

Přesnost nejméně 1 % z plného rozsahu

Rozměry (d x š x v) :

350 x 300 x 500 mm

Materiál vřeten:

AISI 316 nerez ocel

K měření viskozity vzorků medu bylo použito vřeteno TR 11. Množství vzorku požívané pro měření bylo 100 ml medu. Měření probíhalo při teplotě místnosti 22 °C. Pro stanovení tokových křivek byl použit interval hodnot smykové rychlosti dle rozsahu měřícího přístroje daného viskozimetru.

#### **4.2.4 Časová závislost viskozity**

Měření závislosti bylo provedeno opět na rotačním viskozimetru značky Anton Paar typ DV-3P. Bylo použito stejné vřeteno, tedy TR 11. Byly měřeny hodnoty viskozity při konstantní smykové rychlosti 5 1/s. Viskozita byla zaznamenávána vždy po 5 sekundách.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Barva medu

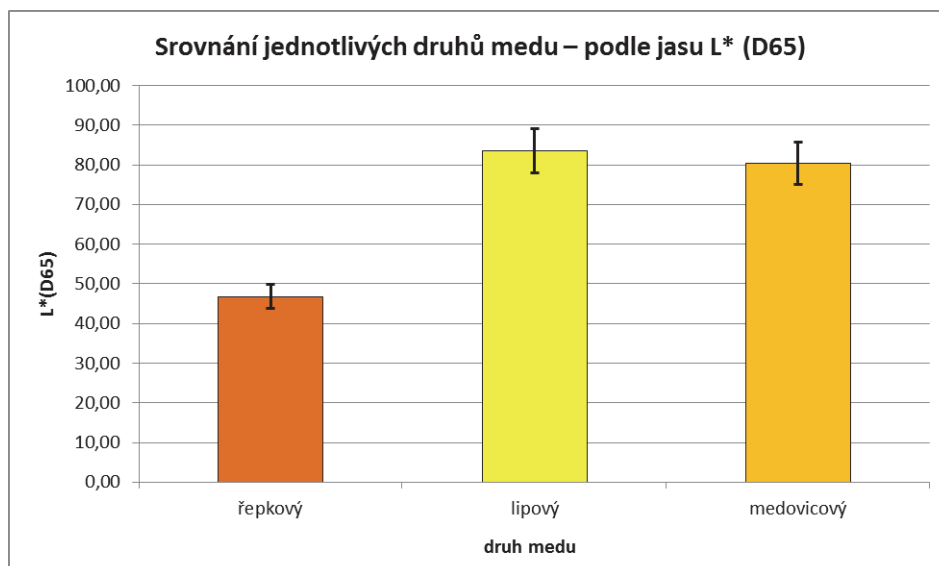
Porovnáním všech skupin měřených druhových medů dle jasu  $L^*$  (D 65), viz tabulka 8, vyplývá z našich naměřených hodnot, že řepkový med dle jasu, patří mezi medy tmavší, zatímco lipový a medovicový mezi medy světlejší. Obecně se řepkový med řadí mezi medy světlé, zatímco lipový a medovicový mezi medy tmavé. Naměření nízké hodnoty jasu  $L^*$ (D 65) u řepkového medu bylo pravděpodobně způsobeno krystalizací, kdy se začala projevovat krystalizace cukru. Krystalizace způsobila „zákal“ medu a tím došlo k naměření nižších hodnot, než uvádí jiní autoři, jako Tuberoso (2014), který uvádí hodnotu pro řepkový med  $L^*$  (D 65)  $81,2 \pm 3,9$ .

Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty barevných parametrů měřených medů dle druhu

Druh medu	Počet vzorků	$L^*$ (D65)	$a^*$ (D65)	$b^*$ (D65)
řepkový	3	$46,81 \pm 2,96$	$1,73 \pm 1,05$	$26,98 \pm 2,84$
lipový	3	$83,55 \pm 5,59$	$2,81 \pm 2,75$	$46,76 \pm 8,62$
medovicový	3	$80,36 \pm 5,25$	$5,37 \pm 3,94$	$50,90 \pm 9,14$

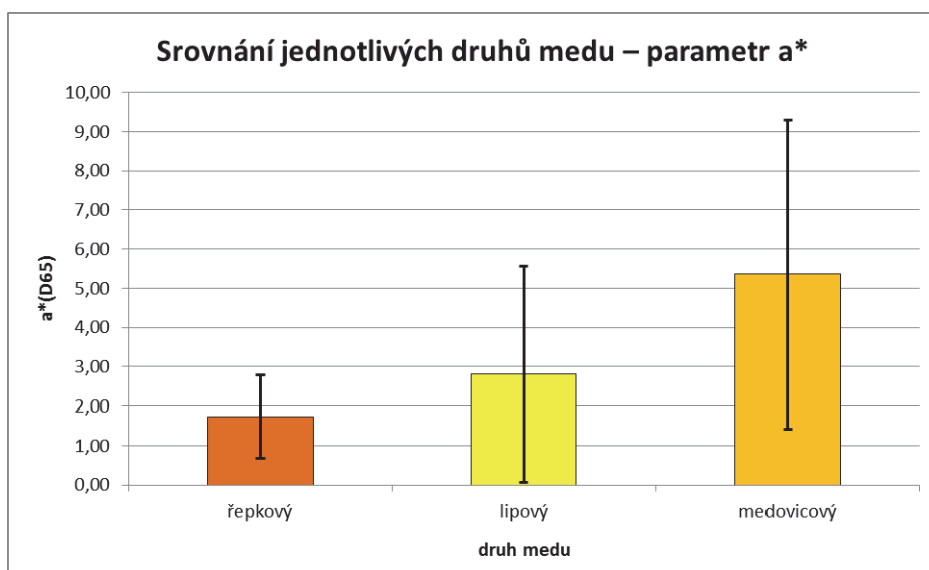
Mezi další vlivy snížení jasu u řepkového medu můžeme zařadit i fakt, že všechny vzorky řepkového medu byly z prvního vytáčení, dva včelaři vytáčí jen ze starého díla, jeden vytáčí řepkový med v poměru 60:40 ve prospěch starého díla. Stará díla obsahují pigmenty z exuvií larev a z tohoto důvodu med vytáčený ze starého díla bývá tmavší než z panenského. El Sohaimy a kol. (2015) uvádí jako jeden z mnoha faktorů změny barvy medu právě vytáčení ze starých děl. Již zmíněný El Sohaimy (2014) neuvádí, zda vzorky medů použité ve studii byly vytáčeny z panenských děl a tedy i proto uvádí hodnoty jasu  $L^*$  vyšší.

Naše naměřené hodnoty jasu  $L^*$  (D65) pro medy medovicové jsou vyšší, než uvádí jiní autoři například Lekova a kol (2016). Hodnoty jasu lipového medu jsou shodné s našimi výsledky. Tuberoso (2014) uvádí, že u některých druhů medu, jako je medovicový (a tudíž sem lze zařadit i med lipový, protože se většinou jedná o smíšený květovo – medovicový med), je variabilita parametru  $L^*$  a celkově barvy značně rozsáhlá. Důvodem je různý botanický původ mízy pro vznik medovice a přítomnost okolní flóry.



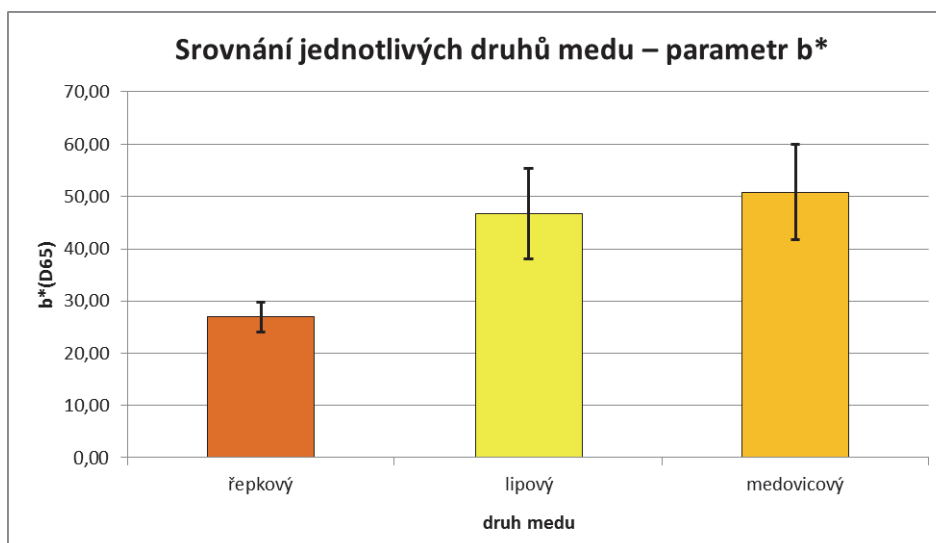
Obrázek č. 8: Srovnání jednotlivých druhů medu dle jasu L\*

Z grafu uvedeného níže, který porovnává barevné souřadnice  $a^*$  (D65) vyplývá, že všechny měřené vzorky medu patří mezi červenější ( $a^* > 0$  vzorek je červenější). Žádný z vzorků není zelenější ( $a^* < 0$  vzorek je zelenější). Nejvíce červený je vzorek medovicového medu, zatímco nejméně červený je vzorek řepkového medu. Lipový a medovicový med dle našeho měření je téměř totožně červený. Výsledky, které uvádí Kasperová a kol. (2010), jsou téměř shodné s našimi naměřenými hodnotami, tedy že medy řepkové, lipové a medovicové jsou červenější.



Obrázek č. 9: Srovnání jednotlivých druhů medů podle hodnoty  $a^*$

Při porovnání druhů medu dle parametru  $b^*$  (D65) je viditelné, že medy lipové ( $46,76 \pm 8,62$ ) a medovicové ( $50,9 \pm 9,14$ ) jsou téměř shodně žluté ( $b^* > 0$  vzorek je žlutější,  $b^* < 0$  vzorek je modřejší). Nejméně žluté jsou medy řepkové ( $1,73 \pm 1,05$ ).



Obrázek č. 10: Srovnání jednotlivých druhů medů podle hodnoty  $b^*$

Hodnoty parametrů  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  pro všechny měřené vzorky medů jsou podrobněji uvedeny v tabulce, v příloze I, tabulka č. 9.

Naše výsledky se do značné míry rozcházejí s výsledky, které ve své studii získal Tuberoso a kol (2014). Ve studii uvádí, že spektrofotometrie je vhodnou metodou pro stanovení jednodruhových medů. Na základě tohoto tvrzení můžeme konstatovat, že naše vzorky medu nebyly jednodruhové, i když tak byly prezentovány. Nelze to však tak tvrdit s určitostí, jelikož nebyla prováděna pylová analýza.

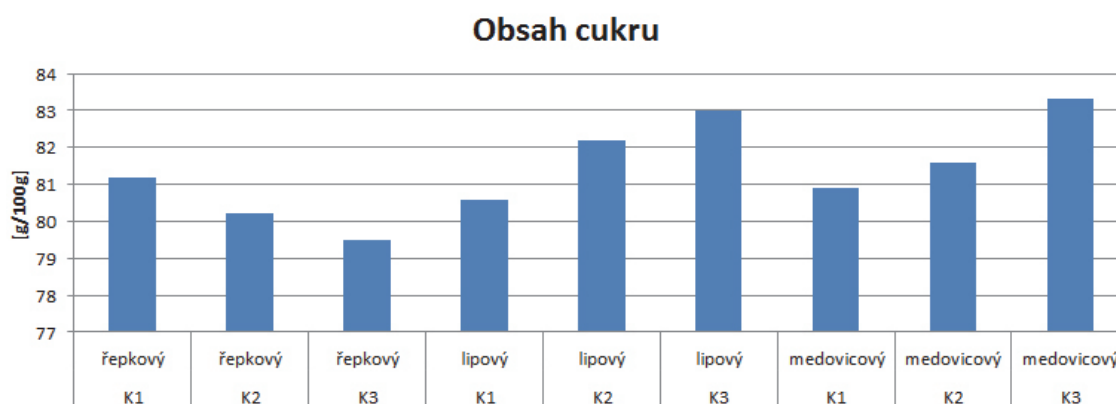
Rozdílnost výsledků může být dána i tím, že jsme použili jinou metodiku přípravy vzorků a naše vzorky byly analyzovány do 2 dnů od vytočení, v neretemperovaném stavu. Ve všech výše uvedených studiích byly vzorky retemperovány a byly analyzovány déle jak druhý den po vytočení.

Tabulka s podrobnými výsledky měření barvy medu je v příloze I.

## 5.2 Stanovení cukrů

Z níže uvedeného grafu vyplývá, že všechny vzorky mají celkový obsah cukrů okolo 80 g/100g. Tyto hodnoty jednoznačně splňují legislativní normu, která určuje minimální hranici pro celkový obsah cukrů u květových medů 65 % hmotnostních, mimo určité výjimky, jako je akátový med atd. U medovicového medu je minimální hranice 50 %

hmotnostních. Celkově nejvyšší hodnoty obsahu cukrů dosahoval vzorek: K3 medovicový (83,3 g/100g medu). Nejnižší obsah cukrů byl naměřen u medu řepkového od včelaře K3.

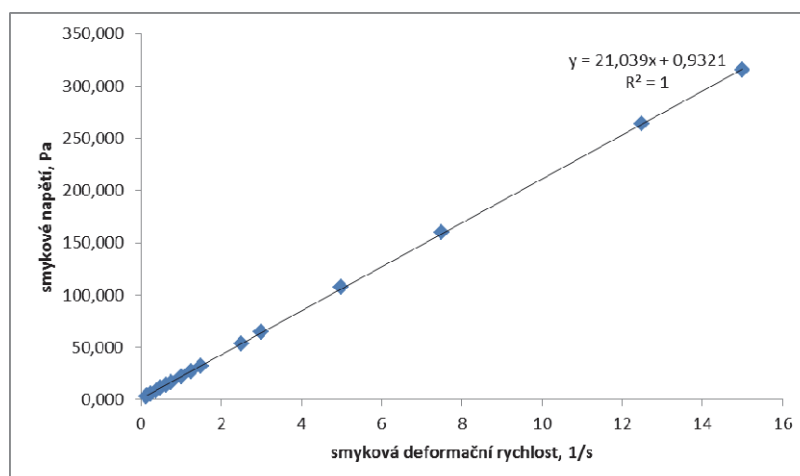


Obrázek č. 11: Obsah cukrů u všech 9 vzorků medu měřený pomocí refraktometru 0–95 °Bx

### 5.3 Tokové vlastnosti medu

#### 5.3.1 Závislost smykového napětí na smykové deformační rychlosti

S přihlédnutím k faktu, že všechny měřené vzorky medu mají téměř shodné křivky, uvádím zde jednu příkladnou tokovou křivku. Jde o tokovou křivku medovicového medu od včelaře K1.



Obrázek č. 12: Toková křivka, vzorek K1 – medovicový med

Z grafu je patrné, že při zvyšující se smykové deformační rychlosti roste i smykové napětí. Tato závislost je lineární. Tento typ chování potvrzují i studie autorů Bakiera



a kol. (2017) či Trávníčka a kol. (2012). Studie autora Stelmakienė a kol. (2012) toto chování jako jedna z mála nepotvrzuje.

Pro vyhodnocení tokových křivek byl použit Newtonův model, který je definován:

$$\tau = \eta \dot{\gamma}.$$

Tabulka č. 9: Parametry medu získané pomocí Newtonova modelu viskozity

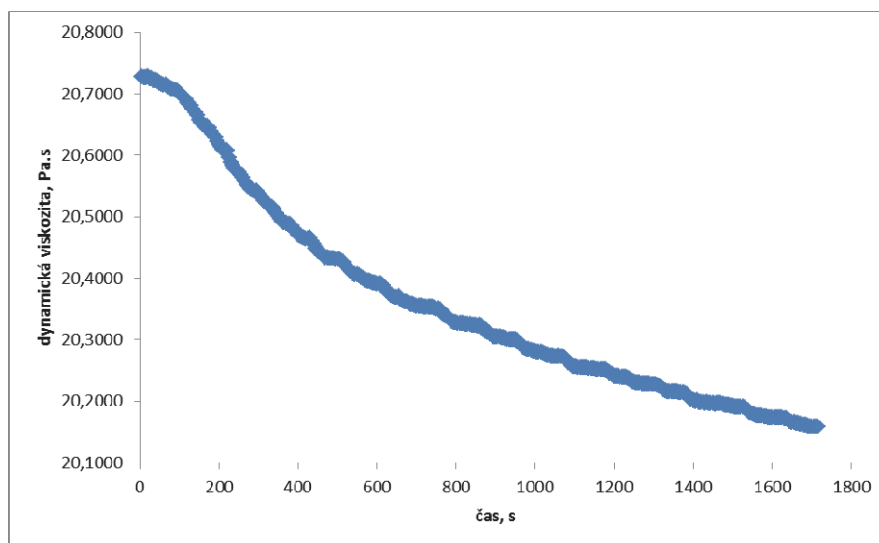
Včelař	Druh medu	Dynamická viskozita $\eta$ [Pa.s]	$R^2$
K1	řepkový	18,993	1
K2	řepkový	10,514	0,9995
K3	řepkový	93,957	0,9994
K1	lipový	4,7239	0,9999
K2	lipový	15,477	0,9998
K3	lipový	12,975	1
K1	medovicový	21,039	1
K2	medovicový	5,5907	1
K3	medovicový	30,062	0,9999

Na základě získaných hodnot a za použití tohoto modelu lze rozhodnout, že med se řadí svým chováním mezi newtonské kapaliny. Koeficienty determinace se u vzorků pohybují v rozmezí 0,9994–1,0, což ukazuje na téměř dokonalé až dokonalé proložení křivky. Zcela dokonalé proložení křivky bylo pozorováno u vzorků: K1 – řepkový, K3 – lipový, K1 – medovicový a K2 – medovicový.

### 5.3.2 Časová závislost viskozity při konstantní smykové deformační rychlosti

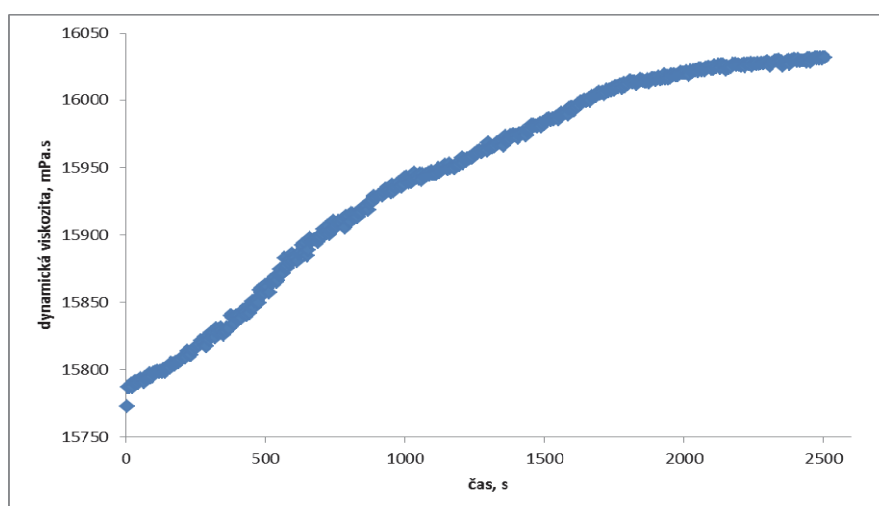
Z níže uvedených grafů vyplývá, že dynamická viskozita se při konstantní smykové deformační rychlosti 5 1/s mění. V naší práci bylo dosaženo dvou odlišných výsledků. U vzorků medu řepkového K1 – K3 dochází se vzrůstajícím časem působení konstantní smykové deformační rychlosti k poklesu viskozity. K prokázání tixotropního chování tedy došlo jen u medů řepkových.

Pro příklad uvádím jeden vzorový graf zobrazující tixotropní chování medu – graf vzorku K1 – řepkový.



Obrázek č. 13: Časová závislost viskozity: tixotropní chování – vzorek K1 – řepkový

Námi naměřené výsledky jsou obdobné jako v publikaci Bakier (2017), který ve své studii uvádí, že všechny krystalické medy vykazují výrazné tixotropní chování. Vzorky řepkových medu, byly měřeny druhý den po vytočení, i přesto vykazovaly známky krystalizace, i když stále byly tekutého charakteru. Většina autorů, např. Trávníček a kol. (2012) tixotropii řepkového medu neprokazují. Důvodem může být odlišná metodika měření. Vzorky použité v jejich studii byly retemperovány a tudíž zbavené krystalů.



Obrázek č. 14: Časová závislost viskozity: zpětné budování struktury – vzorek K2 – lipový

Všechny vzorky lipového a medovicového medu vykazovaly při měření časové závislosti viskozity při konstantní smykové deformační rychlosti  $5 \text{ 1/s}$  tzv. zpětné budování struktury. S časem namáhání rostla viskozita. Důvodem je zpětné budování struktury po předchozím narušení, v našem případě narušení bylo způsobeno vložením měřícího vřetene. Toto chování může nastat, je-li pro měření časové závislosti použita nízká smyková deformační rychlost, jak uvádí i Chhabra (2010). K této skutečnosti došlo i v našem případě.

## 6 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na charakteristiku medu a analýzu jeho vybraných reologických vlastností. Z literární rešerše vyplynulo, že med je nejdůležitější včelí produkt patřící mezi přírodní sladidla, které je známé svými zdravotními účinky. Je zde popsán jeho původ, získávání, složení a fyzikální vlastnosti, které jsou silně ovlivněny jeho chemickým složením.

V experimentální části jsme se zaměřili na analýzu vybraných reologických a tokových vlastností a analýzu vybraných fyzikálně-chemických parametrů medů. Konkrétně se jednalo o obsah cukru, stanovení barvy, smykového napětí, viskozity a její časové závislosti.

Obsah cukru u všech vzorků medu splňuje legislativní požadavky. Barva medu byla měřena na spektrofotometru Konica Minolta CM-3500d v barevném prostoru CIELAB. Z uvedených výsledků vyplývá, že krystalizace medů ovlivňuje výrazně hodnotu jasu  $L^*$ , a tudíž zatím co řepkový med díky krystalizaci, která vytvořila zákal, vyšel jako nejméně jasný, lipový med a medovicový med vyšly přibližně stejně jasné. Nejvyšší hodnota parametru  $a^*$  (nejvíce žlutý) byla naměřena u vzorku od včelaře K2 – medovicový med. Nejvyšší hodnota parametru  $b^*$  (nejvíce červený) byla naměřena u vzorku od včelaře K2 – medovicový med.

Reologické chování vzorků medu bylo ověřeno na základě experimentálně stanovených tokových křivek, které jsou prezentovány závislostí smykového napětí  $\tau$  na smykové deformační rychlosti  $\dot{\gamma}$ . Z tokových křivek vyplynulo, že med je typickým představitelem newtonské kapaliny, kdy viskozita je přímo úměrná smykové deformační rychlosti. Koeficient Newtonova modelu viskozity se pohyboval v rozmezí 0,9994–1,0. Dále byla měřena časová závislost viskozity k prokázání tixotropního chování medů. Měření proběhlo při konstantní smykové deformační rychlosti  $5 \text{ s}^{-1}$ , data byla zaznamenávána každých 5 sekund. Z výsledku tohoto experimentu vyplynulo, že med řepkový (viditelně začínající krystalizovat) vykazuje tixotropní chování, zatímco medy lipové a medovicové vykazují zpětné budování struktury. Celkově tedy můžeme říct, že med je typickou newtonovskou kapalinou, kdy jeho tixotropní chování a zpětné budování struktury závisí majoritně na jeho chemickém složení a časovém intervalu od jeho vytočení z plástů.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

ADEBOWALE A. A. . Food rheology Dr. A.A. Adebowale. *Foodelphi*. [online]. [cit. 2017-02-8]. Dostupné z: <http://www.foodelphi.com/food-rheology-dr-a-a-adebowale/>

Airborne Honey. Airbone' s New Zeland Collection. *Manuka honey* [online]. Airborne Honey Ltd, © 1999 – 2017. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.airborne.co.nz/manuka.shtml>

AL-MAMARY, M., AL. MEERI, A. a AL- HABORI, M. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research* [online]. 2002, 22, 1041-1047 [cit. 2016-9-20]. Dostupné z: doi: 10.1016/S0271-5317(02)00406-2

AL-WAILI, N., SALOM, K., AL-GHAMDI, A. a ANSARI, M., J. Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey: Human Health Hazards. *The Scientific World Journal* [online]. 2012, 2012 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: doi: 10.1100/2012/930849

BAKIER S. Rheological Properties of Honey in a Liquid and Crystallized States. *INTECH* [on-line]. 2017, 6, 166-136 . [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: doi.org/10.5772/67035

BARNES, H., A, HUTTON, J. a WALTERS, K. *An introduction to rheology*. New York: Distributors for the U.S. and Canada, Elsevier Science Pub. Co., 1989. Rheology series, 3. ISBN 0444871403.

BARTÁKOVÁ, K., DRAČKOVÁ, M., BORKOVICOVÁ, I. a VORLOVÁ, L. Impact of Microwave Heating on Hydroxymethylfurfural Content in Czech Honeys. *Czech J. Food Sci.* [online]. 2011, 29 (4), 328-336 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/55646.pdf>

BELITZ H. D., GROSCH W. a SCHIEBERLE P. Honey and artificial honey . *Food Chemistry* [online]. New York: Springer, 2009, 883–891 [cit. 2016-9-12]. ISBN 978-3-540-69934-7. Dostupné z: <http://cst.ur.ac.rw/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Chemistry.pdf>

BENTZIEN, C. *Ekologický chov včel: včelaření podle pravidel přírody*. Praha: Víkend, 2008. ISBN 978-80-86891-86-6.

BHANDARI, B., D'ARCY B. a CHOW S. Rheology of selected Australian honeys. *Journal of Food Engineering*[on-line]. 1999, 41(1), 65 – 68 [cit. 2017-02-20]. ISSN 0260-8774. Dostupné z: doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00078-3

BIENEFELD, K. *Včelařství krok za krokem: pro milovníky krásného konička*. 2. vyd. Líbeznice: Víkend, 2010, 95 s. ISBN 978-80-7433-023-0.

BOHÁČ, J. *Včelí pastva: O vzniku medovicového medu*. [online]. PSNV, 2003 [cit. 2016-8-22]. Dostupné z: [http://www.psnv.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=72:o-vzniku-medovicoveho-medu&catid=58:vceli-pastva&Itemid=68](http://www.psnv.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=72:o-vzniku-medovicoveho-medu&catid=58:vceli-pastva&Itemid=68)

BOGDANOV, S., JURENDIC, T., SIEBER R. a GALLMANN, P. Honey for Nutrition and Health: a Review . *American Journal of the College of Nutrition* [online]. 2008, 27(6), 677-689 [cit. 2016-8-23]. Dostupné z: [http://www.bee-hexagon.net/files/fileE/HealthHoney/Honey\\_NutritionJACN.pdf](http://www.bee-hexagon.net/files/fileE/HealthHoney/Honey_NutritionJACN.pdf)

BOUKRAÂ, L. *Traditional Herbal Medicines for Modern Times : Honey in Traditional and Modern Medicine* [online]. Florida: CRC Press, 2013 [cit. 2016-10-12]. ISBN 978-1439840160. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=OabMBQAAQBAJ&pg=PR11&lpg=PR11&dq=BOUKRAA%CC%82,+L.+Traditional+Herbal+Medicines+for+WtiGdywWAoBvfNo&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwj2pZm3tvzSAhUCOJoKHUonBygQ6AEIOTAE#v=onepage&q=BOUKRAA%CC%82%2C%20L.%20Traditional%20Herbal%20Medicines%20for%20Modern%20Times%20%5Bonline%5D.&f=false>

BUCHAR, J., 1990: Fyzika I, 1. vyd., Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno, 198 s.

COHEN, I. a WEIHS, D.: Rheology and microrheology of natural and reduced-calorie Israeli honeys as a model for high-viscosity Newtonian liquids. *Journal of food Engineering* [on-line]. 2010, 100(2), 366-371 [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.023](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.023)

*Codex standard for honey*. [online ]FAO, Rome. 2001 [cit. 2016-8-19] Dostupné na: [www.fao.org/input/download/standards/310/cxs\\_012e.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/310/cxs_012e.pdf)

CRAMP, D. *Včelařství: obrazový průvodce: od porřízení včelstev po medobraní : více než 400 návodných fotografií*. 2. vyd. Čestlice: Rebo, 2014. 160 s. ISBN 978-80-255-0831-2.

DA SILVA, M. P., GAUCHE, C. a FETT, R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* [online]. 2016, 196, 309-323 [cit. 2016-9-12]. Dostupná z: [doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.051](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051)

DE VICENTE, J. *Rheology* [on-line]. Rijeka, Croatia: InTech, 2012 [cit. 2017-02-12]. ISBN 978-953-51-0187-1. Dostupné z: <http://www.issp.ac.ru/ebooks/books/open/Rheology.pdf>

DINKOV, D. A scientific note on the specific optical rotation of three honey types from Bulgaria. *Apidologie* [online]. 2003, 34 (3), 319-320 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [doi: 10.1051/apido:2003017](https://doi.org/10.1051/apido:2003017)

DUPAL, L. Med – kvalita, vady, znehodnocení. *Včelařství*. 2011, 64(10) 330-331. ISSN 0042-2924

EL SOHAIMY, S., A., MASRY, S., H., D., SHEHATA, M., G. Physicochemical characteristics of honey from different origins [online]. *Annals of Agricultural Science*. 2015 60 (2), 279-285 [cit. 2017-4-20]. Dostupné z: [doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.015](https://doi.org/10.1016/j.aogas.2015.10.015)

Europa.eu. *Euro-Lex. Access To European Union laws* [online]. Europa.Eu. Poslední aktualizace 20. 02. 2015. [cit. 2017-03-3]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=URISERV%3A121124a>

FRANK, R. *Zázračný med*. Líbeznice: Vikend, 2010. ISBN 978-80-7433-024-7.

- HAJDUŠKOVÁ, H. Krystalizace medu – známka kvality.[online]. *Český svaz včelařů*, o.s, 2013 [cit. 2016-10-15]. Dostupné z: [http://www.vcelarstvi.cz/files/pdf\\_2013/zkrystalmed-205x290.pdf](http://www.vcelarstvi.cz/files/pdf_2013/zkrystalmed-205x290.pdf)
- HAMDAN, K. Crystallization of Honey. *Bee World* [online]. 2010, 87, 4 [cit. 2016-8-11]. Dostupné z: [doi.org/10.1080/0005772X.2010.11417371](https://doi.org/10.1080/0005772X.2010.11417371)
- HARAGSIM, O. *Medovice a včely*. Praha: Ve spolupráci s Českým svazem včelařů vydalo nakl. Brázda, 2005. ISBN 80-209-0332-1.
- HAVRÁNEK, A. *Úvod do bioreologie*. Praha: Karolinum, 2007. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-1445-8.
- HOLUBOVÁ, R. *Základy reologie a reometrie kapalin*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4178-8.
- Honey Bee Suite. *Bee Blog. TheColor of Honey* [online]. Rusty Burlew, © 2010-2017 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <https://honeybeesuite.com/the-color-of-honey/>
- HROBAŘOVÁ, B. Včelí produkty. *Včelařství*, 63 (8), 268-269. ISSN 0042-2924
- CHHABRA, R. P. Non-Newtonian Fluids. An Introduction. In: Muralikrishnan, J., Deshpande, A., P. Kumar S., P., B. *Rheology of complex fluids*. [online]. New York: Springer, 2010, 3-34. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: [doi: 10. 1007/978-1-4419-6494-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6494-6_1)
- JANALÍK, J. *Viskozita tekutin a její měření*. VŠBTU, fakulta strojní Ostrava. [on-line]. 2010 [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/14903740-Viskozita-tekutin-a-její-mereni.html>
- KASPEROVÁ J., NAGY J., POPELKA P., DIČÁKOVÁ Z., NAGYOVÁ, A., MAĽA P., Physico-chemical indicators and identification of selected Slovak honeys based on colour measurement . *Acta. Vet.* [online]. 2012, 81, 57-61. Dostupné z: [doi:10.2754/avb201281010057](https://doi.org/10.2754/avb201281010057)
- KNOLLER, R. *Knižka o medu*. Vyd. 2. Praha: Granit, 1999, 81 s. ISBN 80-85805-80-4.
- KREJČÍK, P. *Situační a výhledová zpráva: Včely*. [online]. Ministerstvo zemědělství ČR, 2015 [cit. 2016-08-19]. ISBN 978 - 80 - 7434 - 127-4. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/457620/SVZ\\_Vcely\\_2015\\_komplet\\_final\\_20042016.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/457620/SVZ_Vcely_2015_komplet_final_20042016.pdf)
- KŘENKOVÁ, E. Používání včelích produktů. *Včelařství: odborný spolkový měsíčník*, 2010, 63, 12-13. ISSN 0042-2924
- LAMPEITL, F. *Chováme včely*. Vyd. 2. Ostrava: Blesk, 1996. 176 s. ISBN 80-85606-96-8
- LEKOVA, S., TSANKOVA, D. Determination of Botanical Origin of Honey by MID Infrared Spectroscopy (Mid-FTIR), Colorimetry and Chemometric analysis. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy* [online]. 2017, 52 (1), 52-57. Dostupné z: [http://dl.uctm.edu/journal/node/j2017-1/6\\_16-87\\_Lekova\\_p\\_52-57.pdf](http://dl.uctm.edu/journal/node/j2017-1/6_16-87_Lekova_p_52-57.pdf)

LUNEROVÁ, J., PAŽOUT, V. Obsah vody v medu. *Včelařství: odborný a spolkový měsíčník*. Praha, 2012, 65 (6), 190-193. IS SN 0042-2924

MACHÁČEK, M. *Encyklopedie fyziky*. Praha: Mladá fronta, 1995. ISBN 80-204-0237-3. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:89d9fff0-0660-11e4-b1a4-005056827e52>

MATZKE, A., BOGDANOV, S. *Bienenprodukte und Gesundheit*. ALP forum [online]. 2006, 41 (d) [cit. 2016-8-24]. ISSN 1661-0814 dostupné z: <http://www.beehexagon.net/files/file/filesD/Gesundheit/ALPforum%2041d.pdf>

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony*. [online] Praha 1: Ministerstvo zemědělství ČR, 2003 [cit. 2016-8-21] Dostupné na: [www.bezpecnostpotravin.cz/attachments/y76-2003cokol.doc](http://www.bezpecnostpotravin.cz/attachments/y76-2003cokol.doc)

MONDRAGN-CORTÉZ, P., ULLOA, J.A., ROSAS-ULLOA, P., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, P., a. RESENDIZ-VÁZQUEZ, J. A. Physicochemical characterization of honey from the West region of México. *CyTA - Journal of Food* [online]. 2013, 11(1), 7-13 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: [doi.org/10.1080/19476337.2012.673175](https://doi.org/10.1080/19476337.2012.673175)

MOORE, J. W. *Fyzikální chemie*. Praha: SNLT, 1981. 976 s. ISBN 04-604-81.2

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1441/2007 ze dne 5. prosince 2007, kterým se mění nařízení (ES) č. 2073/2005 o mikrobiologických kritériích pro potraviny. [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32007R1441>

POSPÍŠILOVÁ, J., RUŠAROVÁ, L. CIE. Kartografická polygrafie a reprografie [online]. Fakulta stavební. České vysoké učení technické v Praze. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008\\_2009/pospisilova\\_rousarova/cie.html](http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/pospisilova_rousarova/cie.html)

PROSSER, V. *Experimentální metody biofyziky*. Praha: Academia, 1989. ISBN 80-200-0059-3.

PŘIDAL, A. *Vznik, získávání, zpracování a kontrola medu: odborný kurz: další vzdělávání pedagogických pracovníků Středních odborných škol*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 9788073757373.

PŘIDAL, A. *Včelí produkty*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-717-0.

SEVERA, L. NEDOMOVÁ, Š. *Fyzikální a mechanické vlastnosti potravin*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-521-8.

SHARMA, G. Digital Colour imagine: Handbook [online]. New York: CRC Press, 2003. [cit. 2016-9-12]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=OxIBqY67rl0C&pg=PA32&lpg=PA32&dq=CIELABsource=bl&ots=Ix2fkyKVnk&sig=U8GCu-T21ASM3AGhXdsuPgDILWo&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiYm9HapLjTAhXKXRQKHbdPDVc4ChDoAQhAMAQ#v=onepage&q=CIELAB&f=false>



SIMEONOVÁ, J. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů*. Vyd.2.nezměněné. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-891-2

SIVASANKAR, B. *Food Processing and Preservation* [online]. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd. 2002 [cit. 2016-9-12]. ISBN 8120320867. Dostupné z: [https://books.google.cz/books/about/FOOD\\_PROCESSING\\_AND\\_PRESERVATION.html?id=tbxGHBUY0BcC&redir\\_esc=y](https://books.google.cz/books/about/FOOD_PROCESSING_AND_PRESERVATION.html?id=tbxGHBUY0BcC&redir_esc=y)

SMĚRNICE RADY EU 2001/110/ES , ze dne 20. Prosince 2001 o medu, jenž doplňuje obecná pravidla EU o označování potravin stanovená v nařízení (EU) č. 1169/2011. [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU\\_x2001-2005\\_smernice-2001-110.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/predpisy-es-eu/Legislativa-EU_x2001-2005_smernice-2001-110.html)

SZPI. Szpi.gov. *Označování medu podle původu jako květový nebo medovicový* [online]. Publikováno 30. 07. 2015. [cit. 2017-3-12]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/oznacovani-medu-podle-puvodu-jako-kvetovy-nebo-medovicovy.aspx>

STEFFE, J. *Rheological methods in food process engineering* [online]. East Lansing, MI, USA: Freeman Press, 1996. ISBN 978-0-9632-0361-8. Dostupné z: <http://eva.sepyc.gob.mx:8383/greenstone3/sites/localsite/collect/ciencia1/index/assoc/HASH3578.dir/23990015.pdf>

STELMAKIENĚ, A., RAMANAUSKIENĚ, K., BRIEDIS, V. a LESKAUSKAITĚ, D. Examination of rheological and physicochemical characteristics in Lithuanian honey. *African Journal of Biotechnology* [on-line]. 2012, 11 (60), 12406-12414 [cit. 2017-02-20]. ISSN ISSN 1684-5315. Dostupné z: doi: 10.5897/AJB12.829

STRNADLOVÁ, M. *Vliv kvality papírových obalů na stabilitu fotografického obrazu skleněných deskových negativů s želatinovou citlivou vrstvou*. Brno, 2015. Diplomová práce Masarykova univerzita v Brně. Fakulta přírodovědecká.

The CIELAB sphere. *Researchgate*. [on-line]. Researchgate © 2008-2017 [cit. 2017-04-3]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/258425659\\_fig1\\_Fig-1-The-CIELAB-sphere](https://www.researchgate.net/figure/258425659_fig1_Fig-1-The-CIELAB-sphere)

TITĚRA, D. *Včelí produkty mýtů zbavené: med, vosk, pyl, mateří kašička, propolis, včelí jed*. Praha: Ve spolupráci s Českým svazem včelařů vyd. nakl. Brázda, 2006. ISBN 80-209-0347-X.

TITĚRA, D. *Včelí produkty mýtů zbavené: med, vosk, pyl, mateří kašička, propolis, včelí jed*. Vyd. 2. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0398-3.

TOMASIK, P. *Chemical and Functional Properties of Food Components Series: Chemical and Functional Properties of Food Saccharides* [online]. New York: CRC Press, 2004 [cit. 2016-9-12]. ISBN 0-8493-1486-0. Dostupné z: <https://ttnmai.files.wordpress.com/2012/09/chemicalfunctionalpropertiesoffoodsaccharides.pdf>

TRÁVNÍČEK, P., VÍTĚT, T. PŘIDAL, A.: *Rheological properties of Honey*. Scientica Agriculturae Bohemica [on-line]. 2012, vol. 43 (4), 160-165 [cit. 2017-02-12]. Dostupné z: <http://mendelu.apridal.cz/text/023.pdf>

TRSTENJAK, U., LEVANIĆ, D., PRIMORAC, L., BOŠNIR, J., VAHČIĆ, N., A ŠARIĆ, G. Mineral profile of Croatian honey and differences due to its geographical origin. *Czech J. Food Sci.* [online]. 2015, 33(2), 156–164 [cit. 2016-9-12]. Dostupné z: 10.17221/502/2014-CJFS

TUBEROSO, C., I., G., JERKOVIĆ, I., SARAIS, G., CONGIU, F., MARIJANOVIĆ, Z., KUŠ, P., M. Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE chromaticity coordinates. *Food Chemistry* [online]. 2014, 145, 284-291 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.foodchem.2013.08.032.

VESELÝ, V. *Včelařství*. 2. vyd. / . Praha: Nakladatelství Brázda, 2003. ISBN 80-209-0320-8.

VESELÝ, V. *Včelařství*. Vyd. 3. Praha: Brázda, 2013. ISBN 978-80-209-0399-0.

VORLOVÁ, L. *Med: souborná analýza*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, 2002. ISBN 80-7305-450-7.

VOŘECHOVSKÁ, M., TITĚRA, D. *Etiketa na medu*. Zkušební laboratoř VÚVč Dol. Výzkumný ústav včelařský v Dole [on-line]. 2013 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: [www.beedol.cz/wp-content/uploads/2012/04/Udaje-na-etikete-2013.pdf](http://www.beedol.cz/wp-content/uploads/2012/04/Udaje-na-etikete-2013.pdf)

WALTERS, K., HUTTON, J. a BARNES, H. *An Introduction to Rheology* [online]. Philadelphia, USA: Elsevier Science, 1989 [cit. 2017-3-20]. ISBN 9780444871404. Dostupné z: <http://homes.ufam.edu.br/berti/reologia/42892162-An-Introduction-to-Rheology.pdf>

WICHTERLE K., 2006: Nenewtonské kapaliny a disperze v hydrodynamických procesech. Databáze online [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~wih15/Publikace/KWMix06.pdf>

YÜCEL, Y. a SULTANOĞLU, P. *Characterization of honey from Hatay region by their physicochemical properties combined with chemometric*. *Food bioscientific* [online]. 2013, 1, 16-25 [cit. 2016-9-12]. Dostupné z: doi.org/10.1016/j.fbio.2013.02.001

Základní organizace Českého svazu včelařů, z.s. Světlá n/S. *Medobraní. Zocsvsvetla* [online]. ©2007. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <http://www.zocsvsvetla.cz/MEDOBRAN.htm>

ZMEŠKAL, Oldřich, Michal ČEPPAN a Petr DZIK. Barevné prostory a správa barev. [online]. 2002 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [www.fch.vut.cz/~zmeskal/obring/prednasky\\_2005/07\\_barevné%20prostory.ppt](http://www.fch.vut.cz/~zmeskal/obring/prednasky_2005/07_barevné%20prostory.ppt)

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Významní producenti medovice

Obrázek č. 2: Pfundova stupnice

Obrázek č. 3: Barva medu dle USDA

Obrázek č. 4: Znárodnění prostoru  $L^*$   $a^*$   $b^*$  (researchgate, 2017)

Obrázek č. 5: Toková a viskózní křivka newtonovské kapaliny

Obrázek č. 6: Vliv toku na uspořádání částic v neneutronovské kapalině

Obrázek č. 7: Reogramy a zdánlivá viskozita vybraných neneutronovských kapalin

Obrázek č. 8: Srovnání jednotlivých druhů medu dle  $L^*$

Obrázek č. 9: Srovnání jednotlivých druhů medů podle hodnoty  $a^*$

Obrázek č. 10: Srovnání jednotlivých druhů medů podle hodnoty  $b^*$

Obrázek č. 11: Obsah cukrů u všech 10 vzorků medu měřený pomocí refraktometru 0–95 °Bx

Obrázek č. 12: Toková křivka, vzorek K1 – řepkový med

Obrázek č. 13: Časová závislost viskozity: tixotropní chování – vzorek K1 – řepkový

Obrázek č. 14: Časová závislost viskozity: zpětné budování struktury – vzorek K2 – lipový

## **9 SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1: Složení nektaru dle Shuela

Tabulka č. 2: Složení medovice dle Whitea

Tabulka č. 3: Průměrné složení medu

Tabulka č. 4: Průměrný obsah některých minerálních látek světlých a tmavých medů dle Franka

Tabulka č. 5: Obsah vitamínů v medu

Tabulka č. 6: Stupnice udávající stupeň neshody dvou barev

Tabulka č. 7: Požadavky na jakost medu

Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty parametrů měřených medů dle druhu

Tabulka č. 9: Parametry medu získané pomocí Newtonova modelu viskozity

## 10 PŘÍLOHY

### Příloha I.

Tabulka č. 9: Průměrné hodnoty barevných parametrů všech vzorků medu

Včelař	Druh medu	Počet měření	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)
K1	řepkový	5	46,13 ± 0,61	2,81 ± 0,24	29,29 ± 2,04
K2	řepkový	5	50,10 ± 0,09	0,70 ± 0,05	23,61 ± 0,30
K3	řepkový	5	44,19 ± 0,22	1,67 ± 0,26	28,04 ± 0,95
K1	lipový	5	89,78 ± 0,09	-0,61 ± 0,08	35,58 ± 0,41
K2	lipový	5	78,61 ± 0,08	4,88 ± 0,09	51,86 ± 0,26
K3	lipový	5	82,26 ± 0,07	4,16 ± 0,03	52,83 ± 0,03
K1	medovicový	5	82,26 ± 0,03	3,71 ± 0,01	44,76 ± 0,11
K2	medovicový	5	74,16 ± 0,01	10,13 ± 0,03	63,05 ± 0,13
K3	medovicový	5	84,65 ± 0,26	2,26 ± 0,11	44,88 ± 1,00