

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Kvalitativní parametry medu a jeho vliv na výživu člověka

Bakalářská práce

Veronika Novotná

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Kvalitativní parametry medu a jeho vliv na výživu člověka" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D. za jeho trpělivost, užitečné rady a čas, který mi v průběhu psaní bakalářské práce věnoval. Ráda bych také poděkovala panu Ing. Daliboru Titěrovi, CSc. za jeho ochotu a cenné odborné rady, které mi poskytl. Poděkování patří také mé rodině, která mi byla po celou dobu studia velkou oporou.

Kvalitativní parametry medu a jeho vliv na výživu člověka

Souhrn

Med je produktem včely medonosné (*Apis mellifera*). Jedná se o celosvětově velmi oblíbenou potravinu, která je využívána nejen jako sladidlo, ale také jako terapeutický prostředek.

Celkem osm parametrů kvality je definováno legislativně a několik dalších, jako je obsah prolinu či poměr mezi glukózou a fruktózou, náleží k parametrům dobrovolným. Stanovení dobrovolných parametrů by mělo zaručit ještě vyšší kvalitu medu či napomoci odlišit jeho botanický původ.

U některých z legislativně požadovaných parametrů je diskutována jejich možná nedostatečnost. Konkrétně se jedná o stanovení obsahu hydroxymethylfurfuralu a aktivity diastázy, které nemusí být dostatečnými indikátory zahřátí a čerstvosti medu. Jejich stanovení je tak vhodné doplnit analýzou senzitivnějších parametrů, jako je například aktivita invertázy. Vysoká aktivita invertázy by měla reflektovat, že med nebyl nadměrně zahřátý. V současnosti je stanovení aktivity invertázy projednáváno v rámci připravované „snídaňové“ směrnice. Ta navrhuje její zařazení k povinným kvalitativním parametrům v případě, bude-li med na etiketě označen jako „surový“ nebo „nezahřátý“. Včasnějším ukazatelem stáří a tepelného namáhání medu by mohl být také obsah α -dikarboxylových sloučenin. Jejich vyšší koncentrace je tak diskutována jako marker dodatečného dosoušení nezralého medu. Dosoušení medu je aktuálně řešenou problematikou v rámci výše uvedené směrnice.

Dalšími relevantními parametry jsou také aktivita vody a koncentrace glycerolu, které by mohly být senzitivnějšími indikátory trvanlivosti medu.

K výživě člověka přispívá med především jako zdroj monosacharidů, tedy glukózy a fruktózy. Ostatní živiny jsou v medu zastoupeny minoritně, a tak med může být pouze doplňující potravinou pestré stravy. V tradiční medicíně je med ve formě mastí a gelů využíván jako doplněk při léčbě kožních problémů, přičemž jeho účinek je spojován s fyzikálními a antimikrobiálními vlastnostmi.

Klíčová slova: hydroxymethylfurfural; legislativa medu; sacharidy; složení; včela medonosná

Quality parameters of honey and its effect on human nutrition

Summary

Honey is a product of the honey bee (*Apis mellifera*). It is a very popular food item worldwide, utilized not only as a sweetener but also as a therapeutic agent.

Eight quality parameters are legislatively defined, and several others, such as proline content and the glucose/fructose ratio, are voluntary parameters. Establishing voluntary parameters should ensure even higher quality honey or help to distinguish its botanical origin.

The possible insufficiency of some of the legally required parameters has been discussed. In particular, the determination of the hydroxymethylfurfural content and diastase activity may not be sufficient indicators of honey heating and freshness. Therefore, it is appropriate to supplement their determination by the analysis of more sensitive parameters such as invertase activity. High invertase activity should reflect that the honey has not been excessively heated. The determination of invertase activity is currently under discussion in the framework of the forthcoming so-called "breakfast" directive. This proposes its inclusion among the mandatory quality parameters if honey is labelled as "raw" or "unheated". The content of α -dicarbonyl compounds could also serve as an earlier indicator of honey aging and thermal stress. Thus, their higher concentration is discussed as a marker of additional drying of immature honey. Honey drying is a currently discussed issue within the framework of the abovementioned directive.

Other relevant parameters include also water activity and glycerol concentration, which could be more sensitive indicators of honey shelf life.

Honey contributes to human nutrition mainly as a source of simple carbohydrates, i.e. glucose and fructose. The other nutrients in honey are a minority, so honey can only be a complementary food in a varied diet. In traditional medicine, honey in the form of ointments and gels is used as an adjunct in the treatment of skin problems, its effect being associated with its physical and antimicrobial properties.

Keywords: hydroxymethylfurfural; honey legislation; carbohydrates; composition; honey bee

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Vznik medu	10
3.2 Sběr a získávání medu	10
3.3 Skladování medu	11
3.4 Legislativa medu	12
3.4.1 Členění medů	12
3.4.2 Označování medů	12
3.4.2.1 Povinné údaje na etiketě	12
3.4.2.2 Nepovinné údaje na etiketě	13
3.5 Kvalitativní parametry medu	14
3.5.1 Voda	14
3.5.1.1 Problematika dosoušení medu	15
3.5.2 Sacharidy	15
3.5.2.1 Monosacharidy	16
3.5.2.2 Oligosacharidy	16
3.5.3 Volné aminokyseliny	18
3.5.4 Bílkoviny a enzymy	18
3.5.4.1 Diastáza	19
3.5.4.2 Invertáza	19
3.5.4.3 Glukózooxidáza	20
3.5.4.4 Kyselá fosfatáza	21
3.5.5 Hydroxymethylfurfural	22
3.5.6 α -dikarboxylové sloučeniny	24
3.5.7 Elektrická vodivost	27
3.5.8 Volná kyselost a organické kyseliny	27
3.5.9 Krystalizace a vodní aktivita	28
3.5.10 Senzorická kvalita	28
3.5.10.1 Barva	29
3.5.10.2 Chuť a aroma	29
3.5.10.3 Konzistence	30
3.5.11 Mikrobiální kvalita	30
3.5.12 Antimikrobiální kvalita medu	31
3.6 Benefity spojené s konzumací medu	33
3.6.1 Med ve výživě člověka	33

3.6.1.1 Glykemický index	33
3.6.1.2 Polyfenoly	33
3.6.1.3 Minerální látky a vitaminy	34
3.6.2 Med a jeho využití v medicíně	34
3.6.2.1 Med při pálení žáhy	35
3.6.2.2 Med při kašli	35
3.7 Rizika spojená s konzumací medu.....	36
3.7.1 Přírodně toxické medy	36
3.7.1.1 Grayanotoxiny	36
3.7.1.2 Pyrolizidinové alkaloidy	37
3.7.2 Zdravotní rizika spojená s hydroxymethylfurfuralem	38
3.7.3 Zdravotní rizika spojená s α -dikarboonylovými sloučeninami	38
3.7.4 Alergie na med	40
4 Závěr	41
5 Literatura.....	42
6 Seznam použitých zkratk a symbolů	53

1 Úvod

Med je unikátní potravinou vytvořenou společenstvím včel (*Apis mellifera*). Získávání a využívání medu má hlubokou tradici a je rozšířeno v různých formách po celém světě, ať už se jedná o tradiční sběr medu z dutin stromů, který se stále uplatňuje v některých oblastech Asie, Afriky, Jižní Ameriky, nebo o převládající chov včel v úlech.

První psaná zmínka o medu pochází z oblasti Sumeru. Sběr medu je také vyobrazen na stěně jeskyně ve španělském Biscorpu. Pro některá světová náboženství je med symbolem bohatství a skvělého zdraví. Rovněž v bibli je obsaženo sto veršů odkazujících na med. Pro židy se med stal symbolem Rosh Hashanah (židovský Nový rok), v koránu je pak med doporučován jako výživné a zdravé jídlo.

Po dlouhou dobu lidské historie byl med důležitým zdrojem sacharidů a jediným široce dostupným sladidlem, dokud jej nezačala nahrazovat průmyslová výroba cukru. Med byl a je využíván kromě přímé konzumace také jako přísada do mnoha pokrmů a nápojů. Výrobkům dodává specifickou chuť, aroma a vláčnost. Typickými sladkostmi, které obsahují med, jsou například perníčky a medovník.

V posledních několika letech vzrůstá zájem spotřebitelů o přírodní produkty a jejich využití k prevenci a léčení nemocí. Roste tak opět zájem i o možné terapeutické využití medu a dalších včelích produktů. Poptávka po medu roste i mezi spotřebiteli, kteří jej chtějí využívat k přímé konzumaci, nebo ho použít při přípravě pokrmů.

Na med se vztahují určité kvalitativní parametry, jejichž stanovení by mělo být ukazatelem způsobu zacházení s medem a dodržování hygienických podmínek při jeho získávání a skladování. Stanovení parametrů kvality by také mělo být nápomocné při odhalování falšování medu. Kvalita medu je diskutovaným tématem a aktuálně je řešena v rámci připravované „snídaňové“ směrnice.

2 Cíl práce

Bakalářská práce bude zaměřena na kvalitativní parametry medu a jeho vliv na výživu člověka.

3 Literární rešerše

3.1 Vznik medu

Med vzniká ze sladkých šťáv květů (nektaru) a výměšků hmyzu (medovice) (Vyhláška č. 76/2003 Sb.; Olaitan et al. 2007; Bogdanov 2011).

Nektar je sacharidový roztok o koncentraci od 5 % do 80 %, který je vylučován nektárii. V malém množství jsou v nektaru kromě sacharidů zastoupeny také aminokyseliny, minerální látky, organické kyseliny, vitaminy a aromatické sloučeniny.

Medovice je sekret vylučovaný hmyzem řádu *Hemiptera*. Nejčastěji se jedná o mšice, mery a červce. Ti propichují listy nebo jiné povrchové části rostlin za účelem získání mízy. Z pozřené mízy si filtrují zejména proteiny, přebytečný cukerný roztok je tak vylučován jako kapičky medovice. V medovici je obsaženo od 5 % do 60 % sacharidů, zejména ve formě oligosacharidů. V menší míře jsou v medovici zastoupeny i aminokyseliny, bílkoviny, minerální látky, organické kyseliny a vitaminy (Bogdanov 2011).

Nektar a medovice jsou včelami (*Apis mellifera*) sbírány, ukládány do medného vaku a poté přenášeny do úlu. Včely při přenosu sesbírané šťávy obohacují o enzymy a následně je předávají dalším včelám. Během předávky dochází k zahušťování a dalšímu obohacení nektaru či medovice o enzymy. V momentě, kdy u sladkých šťáv poklesne obsah vody na 30–40 %, ukládají je včely do plástů. V plástech dochází k finálnímu zkoncentrování roztoku na optimální obsah vody. K odpaření vody ze sladkých šťáv napomáhá teplota uvnitř úlu (35 °C) a jeho odvětrávání, kterého včely dosahují rychlým kmitáním křídel. Celý proces transformace nektaru nebo medovice na med trvá několik dnů a je ukončen uzavřením buněk plástů vrstvou vosku (Olaitan et al. 2007; Bogdanov 2011).

3.2 Sběr a získávání medu

Ve své podstatě existují dva způsoby sběru medu, a to způsob tradiční a moderní. Med získávaný tradičním způsobem je obvykle směsí nezralého a zralého medu, včelího vosku a mrtvých včel. Při tradičním způsobu lovec nalezne kolonii divokých včel usazených v dutinách stromů a pomocí plamene se snaží hmyz zneškodnit, aby předešel jeho agresi (Babarinde et al. 2011). Lovcem odebrané voskové pláсты jsou následně stlačeny, přičemž dochází k jejich rozdrčení a smíchání vosku s medem. Protože včely nejsou chovány v úlech, znemožňuje to lovcům posoudit zralost medu před jeho sběrem, což se ve výsledku může projevit jeho zhoršenou kvalitou (Muli et al. 2007). Takto je med stále získáván v některých státech, jako jsou Keňa, Kongo, Etiopie, Kamerun, Indie nebo Indonésie. Lovci med sbírají zejména pro vlastní potřebu a pro účely lokálního prodeje (Muli et al. 2007; Tournernet & de Saint Pierre 2022).

Ve většině zemí světa však už převládá moderní metoda sběru medu, která zahrnuje chov včel v úlech a posouzení zralosti medu před jeho sklizní. Med je zralý, pokud je alespoň 70 % buněk v plástech zavíčkováných (Babarinde et al. 2011) a z nezavíčkované části při prudkém trhnutí plástem nevytéká med (Kamler 2022). Zároveň musí obsah vody v medu klesnout alespoň pod 20 %, nejlépe pak pod 18 % (Bogdanov & Martin 2002).

Proces získávání medu (tzv. medobraní) má dvě fáze. Jedná se o odběr plástů z úlu a samotné vytáčení medu. Obě fáze mohou být i časově oddělené, protože odebrané plásty je možné přechovávat po několik týdnů v chlazeném skladu a vlastní vytáčení provést později (Kamler 2022). Před odebráním plástů z úlu je někdy zapotřebí odvést pozornost včel od obrany jejich hnízda. Toho je dosaženo zakouřením, nebo také pomlžením vodou (Babarinde et al. 2011; Bogdanov 2011). V některých státech je při medobraní povoleno i používání repelentních přípravků. Tato praktika je však v České republice zakázána vzhledem k možnosti kontaminace medu repelentem. Po snížení bdělosti včel jsou následně plásty z úlu odebrány, přičemž včely sedící na plástech jsou smetáčkem odstraněny. Ke smetení včel jsou využívány i motorové ometače, vyfukovače nebo výkluzy vložené mezi nástavky 24 až 48 hodin před vlastním odběrem (Kamler 2022).

Samotné vytáčení je prováděno ve stáčírnicích medu, kde je med z plástů získáván využitím odstředivé síly, která vzniká otáčením plástů v medometu. Teplota plástů před samotným vytáčením by měla být kolem 30 °C. Vytočený med je následně z medometu vypuštěn přes síto do nádoby za účelem odstranění hrubých nečistot. Po vytočení je vhodné nechat med stát několik dnů při teplotě kolem 30 °C, aby přítomné kousky vosku a případná pěna mohla vyplavat na jeho povrch (Bogdanov 2011; Kamler 2022).

Získávání a zejména další zacházení s medem po jeho sklizni je odlišné u medů pocházejících od včelařů a od velkoproducentů chovajících velký počet včelstev a dodávajících med do tržní sítě. Med získávaný ve velkých provozech je často podroben například odvlhčení, ztekucení či pasterizaci. Technologické procesy ztekucení a pasterizace jsou odpovědí na požadavek prodejců, kteří chtějí, aby si med zachoval co možná nejdéle tekutou podobu a nekrytalizoval. Podle mnoha autorů však mohou zmíněná ošetření negativně ovlivnit kvalitu medu (Baglio 2018; Bučeková et al. 2018; Majtán et al. 2021; Mílek et al. 2021).

3.3 Skladování medu

Kvalita medu je významně ovlivněna podmínkami skladování. Med je citlivý zejména na vyšší teplotu a z důvodu své hygroskopicity i na vyšší relativní vlhkost vzduchu. Ideálně by tak měl být skladován při teplotě do 20 °C a při relativní vlhkosti vzduchu nižší než 65 %. Skladovaný med by neměl být přímo osluněn a v ideálním případě by měl být skladován ve tmě (Bogdanov 2011; Kamler 2022). Nevhodný je způsob skladování medů v supermarketech, kde jsou medy i po delší dobu umístěny přímo v regálech. Zvláště citlivé jsou na podmínky skladování pastované medy, které by měly být skladovány při teplotě nižší než 15 °C. Problematické není skladování medu při teplotách pod bodem mrazu (Kukurová et al. 2022; Kukurová et al. 2023).

Nejvhodnějším a nejčastěji používaným materiálem pro uchování medu je sklo, které díky své inertnosti ovlivňuje kvalitu medu nejméně. Dále se také používají materiály, jako jsou plast, nerezová ocel nebo plechy potažené ochranným potravinářským lakem. Nádoby sloužící ke skladování medu by měly být opatřeny vzduchotěsným uzávěrem, aby se eliminovalo riziko vlhnutí a příjmu cizích pachů (Aparna & Rajalakshmi 1999; Bogdanov 2011). Obecně platí, tak jako i u jiných potravin živočišného původu, že v prostředí, v němž se zachází s medem, nesmí docházet k jeho znečištění a poškozování (Kamler 2022).

3.4 Legislativa medu

V Evropské unii jsou legislativní požadavky vztahující se na med ustanoveny směrnicí Rady 2001/110 ES. Předpisy obsažené v této směrnici jsou pro Českou republiku závazné a jsou implementovány v komoditní vyhlášce č. 76/2003 Sb. Dále tak bude v textu odkazováno především na příslušnou prováděcí komoditní vyhlášku č. 76/2003 Sb. Příslušnou vyhláškou jsou stanoveny požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony.

Požadavky na med jsou upraveny také dokumentem Codex alimentarius standard for honey, které některé státy použily jako základ pro vytvoření svých národních předpisů. Na rozdíl od platné směrnice nejsou však v něm obsažená kritéria závazná (Thrasylvoulou et al. 2018).

3.4.1 Členění medů

Na základě vyhlášky č. 76/2003 Sb. se medy člení následovně:

- a) dle původu
 1. květový
 2. medovicový

- b) dle způsobu získávání nebo obchodní úpravy
 1. vytočený med
 2. plástečkový med
 3. lisovaný med
 4. vykapaný med
 5. med s plástečky
 6. filtrovaný med
 7. pastový med
 8. pekařský (průmyslový) med

3.4.2 Označování medů

Kromě obecných požadavků na označování potravin, které jsou stanoveny nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1169/2011 a zákonem č. 110/1997 Sb., je označování medů upraveno vyhláškou č. 76/2003 Sb.

3.4.2.1 Povinné údaje na etiketě

Med je povinné na etiketě označit podle způsobu získávání nebo obchodní úpravy. Výjimka je udělena medům vytočeným, vykapaným a lisovaným, které je možné označit pouze slovem „MED“ bez nutnosti další specifikace. Na obalu je dále nutné uvést údaje o výrobcí, hmotnosti balení, respektive čistém množství potraviny a datu minimální trvanlivosti (Vyhláška č. 76/2003 Sb.; Vořechovská & Titěra 2021).

Povinným údajem je také označení země původu, jehož způsob uvádění je však poněkud diskutabilní (Závodná & Pospíšil 2016; Mílek et al. 2021). Aktuálně platná legislativa

umožňuje u směsí medů, které byly získány smísením medů sklizených ve více než jedné zemi, namísto jejich země původu uvádět následující:

- směs medů ze zemí EU
- směs medů ze zemí mimo EU
- směs medů ze zemí EU a ze zemí mimo EU (Vyhláška č. 76/2003 Sb.; Council of the EU 2024).

Tato problematika je od roku 2023 řešena různými evropskými institucemi (Komise, Rada a Parlament EU) v rámci připravované „snídaňové“ směrnice. Na základě neformální dohody zmíněných institucí z ledna 2024 budou nejspíše provedeny následující úpravy způsobu označování medů:

- Na etiketách budou muset být vždy uvedeny země původu medu.
- Země původu budou muset být na etiketě uvedeny v sestupném pořadí dle procentního podílu, který každá země ve směsi představuje. Tím budou informace pro spotřebitele transparentnější.
- Pokud bude mít balení nižší hmotnost než 30 gramů, tak se názvy zemí nahradí dvoupísmenným kódem ISO (Council of the EU 2024).

3.4.2.2 Nepovinné údaje na etiketě

V případě medu vytočeného, vykapaného a lisovaného mohou prodejci jeho název doplnit slovy „květový“ nebo „medovicový“. Pokud tak ale učiní, je nutné, aby tomuto označení odpovídala hodnota elektrické vodivosti (viz kapitola 3.5.7. Elektrická vodivost).

S výjimkou medu filtrovaného a pekařského může být název medu doplněn následujícími údaji:

- Regionálním, územním nebo místním označením v případě, že zcela pochází z uvedeného zdroje původu.
- Slovy jednodruhový nebo smíšený.
- Údajem o druhu rostlin, z nichž med pochází. Doplnující údaj lze ale použít pouze v případě, že výrobek pochází zcela nebo převážně z uvedeného druhu a má odpovídající organoleptické, fyzikálně-chemické a mikroskopické charakteristiky.
- Specifickými kritérii jeho jakosti (Vyhláška č. 76/2003 Sb.).

Některé medy mohou být označeny slovem „biomed“, a to v případě, že producent splňuje požadovaná pravidla ekologického chovu včel. Ta jsou stanovena nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848. Dále musí mít výrobce také uzavřenou smlouvu s příslušnou certifikační kontrolní organizací (Závodná & Pospíšil 2016; Nařízení EP a Rady EU 2018/848).

Pokud včelaři splní požadovaná kritéria, mohou doplnit etiketu značkou kvality, například Regionální potravina, nebo ochrannou známkou normy jakosti ČESKÝ MED (viz kapitola 3.5 Kvalitativní parametry medu). Včelaři také mohou na etiketě odkazovat na ocenění získané v soutěži Český med. Dále je možné na etiketě medu uvádět i sousloví „panenský med“, ovšem s doplněním, že se jedná o med z nezaplodovaných plástů, tedy nikoliv o první vytočený med (Vořechovská & Titěra 2021).

3.5 Kvalitativní parametry medu

Kvalitativní parametry medu by se obecně daly rozdělit na ty, které jsou definovány legislativně, a jsou tedy závazné, a na ty, které nejsou, a jsou tedy dobrovolné. Legislativně jsou ustanoveny vybrané kvalitativní ukazatele v již zmíněných předpisech (viz kapitola 3.4. Legislativa medu). Med uváděný na trh musí splňovat celkem osm parametrů kvality, o nichž s výjimkou požadavků na obsah ve vodě nerozpustných látek bude více pojednáno v následujících odstavcích.

Kromě vyhlášky č. 76/2003 Sb. jsou v rámci České republiky požadavky vztahující se na med dále upraveny i normou jakosti ČESKÝ MED, která byla vydána Českým svazem včelařů k zaručení vysoké kvality medu. Norma jakosti je pro včelaře závazná v případě, že chtějí svůj med označit jako „ČESKÝ“, popř. „MORAVSKÝ“ nebo „SLEZSKÝ“. Norma zpřísňuje kritéria některých kvalitativních parametrů stanovených vyhláškou č. 76/2003 Sb. Konkrétně se jedná o požadavky na obsah vody, sacharózy, hydroxymethylfurfuralu a označení medu jako medovicového. Dále med s příslušným označením musí mít geografický původ na území České republiky a nesmí obsahovat jakékoliv příměsi jiného medu. Označení nelze použít pro med filtrovaný a průmyslový (pekařský) (Norma jakosti č. ČSV 1/1999).

3.5.1 Voda

Voda je po sacharidech v medu druhou nejvíce zastoupenou složkou. Obsah vody je pro kvalitu medu nanejvýš důležitým parametrem, jelikož je ukazatelem jeho zralosti a trvanlivosti (Bogdanov 2011; da Silva et al. 2016). Koncentrace vody v medu je závislá na mnoha faktorech, jako jsou vlhkost, teplota, síla včelstva, typ úlu, intenzita snůšky a původ nektaru. Vliv na obsah vody mají i podmínky získávání a skladování medu. Častou příčinou zvýšení koncentrace vody je tak sklizení nedostatečně zralého medu nebo odběr plástů v deštivých dnech, kdy u zralého medu může docházet k nežádoucímu zvýšení vlhkosti (Sanz et al. 1995; Bogdanov & Martin 2002). Množství vody v medu ovlivňuje jeho stabilitu, viskozitu, krystalizaci, chuť a hustotu (Machado De-Melo et al. 2018).

Legislativou je požadováno, aby obsah vody v medu byl nejvýše 20 %. Výjimka je udělena medu vřesovému (*Calluna*), který může obsahovat nejvýše 23 % vody, a medu pekařskému z vřesu (*Calluna vulgaris*), u něhož je přípustná koncentrace vody nejvýše 25 % (Vyhláška č. 76/2003 Sb.). Pro medy označené jako „ČESKÝ MED“ s odvoláním na výše zmíněnou normu jakosti č. ČSV 1/1999 jsou stanovena přísnější kritéria. U takto označeného medu je povolen obsah vody nejvýše 18 % bez ohledu na to, o jaký druh se jedná (Norma jakosti č. ČSV 1/1999).

Vysoký obsah vody v medu je závažným problémem, protože podporuje mikrobiální kažení (fermentaci) a snižuje jeho trvanlivost. Je tedy snahou jak některých komerčních producentů medu, tak občas i domácích včelařů vyšší koncentraci vody snížit. S tímto je spojena problematika dosoušení medu před jeho vytočením i po něm, která s kvalitou a autenticitou medu úzce souvisí (Yan et al. 2019; Qu et al. 2023; Council of the EU 2024). Falšování medu přidávkem vody není z důvodu rizika fermentace běžné (da Silva et al. 2016; Kukurová et al. 2023).

3.5.1.1 Problematika dosoušení medu

Před vytočením je možné snížit obsah vody v medu umístěním plástů do speciálně vytápěné místnosti s udržovanou vlhkostí vzduchu pod 18 % (Bogdanov 2011; Singh & Singh 2018). K dodatečné dehydrataci nezralého medu po jeho vytočení se pak používají různá zařízení, většinou fungující na principu tepelného nebo mikrovlnného ohřevu a pracující vakuově. Jedná se například o vakuový dehumidifier nebo vakuový evaporátor (Singh & Singh 2018; Yegge et al. 2021; Council of the EU 2024). Použití těchto přístrojů sice poměrně účinně snižuje obsah vody, ale zároveň je příčinou ztráty některých složek medu, jako jsou aromatické látky a enzymy, čímž se zhoršuje jeho celková kvalita (Bogdanov & Martin 2002; Council of the EU 2024). Ztráta složek při odvlhčení medu je zároveň v rozporu s ustanoveními dokumentů Codex Alimentarius a směrnice Rady 2001/110/ES, ve kterých je uvedeno, že z medu nesmí být odstraněn pyl ani jiná specifická součást medu, s výjimkou případů, kdy tomu při odstraňování cizorodých anorganických a organických látek, zejména filtrací, nelze zabránit (Bogdanov & Martin 2002; Council of the EU 2024). Navíc dehydratace nezralého medu je považována za podvodný proces, protože přeměna nektaru na med musí být dle výše zmíněných dokumentů zcela provedena a dokončena včelami bez lidského zásahu během zrání. Prodejem dehydratovaného medu je také negativně ovlivněn trh s včelími produkty, a dochází ke znevýhodnění včelařů, kteří se k této praktice neuchylují (Yan et al. 2019; Qu et al. 2023; Council of the EU 2024). Do Evropské unie jsou dodatečně dehydratované medy většinou dováženy ze třetích zemí. Dodatečné dosoušení producentům z těchto států zajistí, že splní legislativně stanovený limit pro obsah vody, který je platný v EU, tj. 20 % (Council of the EU 2024). K této praktice se ovšem také mohou uchýlovat producenti z Evropské unie (Malec et al. 2021; Morawski et al. 2022).

Z důvodu zásadní nevhodnosti této praktiky je Komise EU v rámci připravované „snídaňové“ směrnice navrženo, aby bylo vakuové dosoušení medu zakázáno (Council of the EU 2024).

3.5.2 Sacharidy

Sacharidy jsou v sušině medu zastoupeny přibližně z 95 %. Jedná se především o monosacharidy, dále pak o oligosacharidy (Bogdanov et al. 2004; Kolayli et al. 2013; Čížková et al. 2022). Sacharidy ovlivňují mnoho fyzikálně-chemických vlastností medu, jako jsou sladkost, viskozita, hygroskopicita, krystalizace a energetická hodnota (Kolayli et al. 2013; Machado De-Melo et al. 2018; Čížková et al. 2022).

Sacharidový profil medu je závislý zejména na jeho botanickém a zeměpisném původu, dále na počasí, podmínkách zpracování a skladování. Právě během skladování může i při pokojové teplotě docházet k poklesu koncentrace některých cukrů, zejména pak sacharózy. Úbytek je v tomto případě přičítán vyšší enzymatické aktivitě invertázy. Mírný pokles je dále způsoben také kyselou dehydratací hexóz (da Silva et al. 2016; Machado De-Melo et al. 2018).

Analýza profilu sacharidů také slouží k průkazu falšování medu. Například přítomnost anhydridu fruktózy může být markerem přídavku kukuřičného sirupu a naopak přítomnost inulotriózy může být markerem zředění medu inulinovým sirupem s vysokým obsahem fruktózy (HFIS) (Zábrodská & Vorlová 2014).

3.5.2.1 Monosacharidy

Hlavními monosacharidy v medu jsou glukóza s fruktózou. Z hlediska autenticity medu je důležitý především jejich součet, který je stanovován jako indikátor přidání nebo přítomnosti jiných sacharidů a souvisí se zralostí medu (Machado De-Melo et al. 2018). Pokud je med označen jako květový, nesmí podle platné legislativy součet glukózy s fruktózou klesnout pod 60 g/100 g medu. V případě, že je med označen jako medovicový, nesmí klesnout pod 45 g/100 g medu (Vyhláška č. 76/2003).

Dobrovolným parametrem je stanovení poměru mezi hlavními monosacharidy, které je nápomocné k predikci krystalizace a také k rozlišení botanického původu (Kolayli et al. 2013; da Silva et al. 2016; Čížková et al. 2022). Charakteristické je vyšší poměrné zastoupení glukózy oproti fruktóze pro medy řepkové, slunečnicové a pampeliškové, které proto i rychleji krystalizují (Persano Oddo & Piro 2004; Kolayli et al. 2013; da Silva et al. 2016). Poměr mezi glukózou a fruktózou je kromě původu nektaru ovlivněn i klimatickými a agrotechnickými podmínkami a ročním obdobím (Čížková et al. 2022).

3.5.2.2 Oligosacharidy

Oligosacharidy jsou v sušině medu zastoupeny z 5–10 %. Jejich obsah se odvíjí jak od botanického původu medu, tak i od reakcí probíhajících při jeho zrání a skladování. V medu jsou zastoupeny především oligosacharidy ve formě α -glukosylových derivátů (Machado De-Melo et al. 2018).

Významnými disacharidy přítomnými v medu jsou maltóza a sacharóza. Maltóza představuje přibližně třetinu všech oligosacharidů, které jsou v medu obsaženy (Machado De-Melo et al. 2018; Kružik et al. 2020). Častými oligosacharidy v medech jsou i trisacharidy melezitóza, erlóza, rafinóza a maltotrióza, které jsou ve vyšších koncentracích zastoupeny v medech medovicových (Bogdanov et al. 2004; Kolayli et al. 2013; Machado De-Melo et al. 2018; Čížková et al. 2022).

Sacharóza

Sacharóza je jediným oligosacharidem, jehož obsah je v medech legislativně limitován. Legislativně je požadováno, aby koncentrace sacharózy v medu byla nejvýše 5 %. Vyšší limity jsou povoleny pouze u medů pocházejících z nektaru rostlin, u nichž je sacharóza přirozeně více zastoupena. Konkrétně se jedná o rostliny *Robinia pseudoacacia*, *Banksia menziesii*, *Eucalyptus camadulensis*, *Eucryphia lucida*, *Eucryphia milliganii*, *Citrus* spp., *Medicago sativa* a *Hedysarum*, u nichž může být obsah sacharózy nejvýše 10 %. U medů z rostlin *Lavandula* spp. a *Borago officinalis* může být obsah sacharózy nejvýše 15 % (Vyhláška č. 76/2003). Normou jakosti č. ČSV 1/1999 je požadováno, aby obsah sacharózy byl u všech medů, bez ohledu na druh, nejvýše 5 %.

Sacharóza by měla být v medu přirozeně přítomna v malé míře, protože většina z ní je při zrání medu enzymaticky rozštěpena na monosacharidy (Vorlová & Přidal 2002). Zvýšený obsah sacharózy nad požadované limity tak svědčí o přikrmování včel cukrem během snůšky, či vypovídá o přímém přidání sacharózy do medu. Může být však způsobený i sklízením nedostatečně zralého medu (Kolayli et al. 2013; da Silva et al. 2016; Čížková et al. 2022).

Melezitóza

Významným oligosacharidem ovlivňujícím kvalitu medu je kromě sacharózy i trisacharid melezitóza. Melezitóza je syntetizována ve střevech a slinných žlázách hmyzu produkujícího medovici. Její množství v medu je závislé na druhu sajícího hmyzu a na botanickém taxonu rostlin, na kterém se živí (Machado De-Melo et al. 2018).

Vysoký obsah trisacharidu melezitózy způsobuje rychlou krystalizaci medu, k níž dochází již v plástech. Hovoří se pak o tzv. medu melezitózním neboli cementovém. Včelařům tento med způsobuje vážné technologické a chovatelské problémy. V důsledku krystalizace je totiž pro včelaře obtížné cementový med z plástů vytočit. Zároveň i pro včely je takovýto med nevyužitelný. Včely tak přichází o zdroj své potravy a jsou vystaveny riziku uhynutí (Kamler 2019).

Trehalóza

Trehalóza je neredukující disacharid, který se nalézá v některých organismech, jako jsou bakterie, kvasinky, vláknité houby a někteří bezobratlí. U těchto organismů se trehalóza uplatňuje jako zdroj energie a jako ochranný sacharid, který jim pomáhá přežít nepříznivé podmínky (mráz, nedostatek vody apod.). Dále se trehalóza uplatňuje jako marker rostlinného stresu (Kolayli et al. 2013). Tento disacharid je obsažen také v medu, a to v různých koncentracích (viz tabulka 1).

Jelikož trehalóza jen velmi obtížně krystalizuje, předpokládá se, že by mohla přispívat k pomalé krystalizaci medů akátových, u kterých je zastoupena ve vyšší koncentraci, a to sice okolo 2 g/100 g (Amariei et al. 2020).

Tabulka 1 Průměrné obsahy vybraných sacharidů ve vzorcích českých medů (Kružík et al. 2020, upraveno)

Sacharid	Med kvěťový (g/100 g)	Med medovicový (g/100 g)
Fruktóza	35,0	30,3
Glukóza	32,5	26,4
Sacharóza	0,50	0,7
Maltóza	4,0	3,9
Melezitóza	1,1	4,8
Turanóza	1,7	1,8
Trehalóza	0,6	1,3
Melibióza	0,2	0,3
Maltotrióza	0,2	0,4

3.5.3 Volné aminokyseliny

V medu jsou volné aminokyseliny zastoupeny v malé míře a obvykle se jejich obsah pohybuje kolem 1 %. Zdrojem většiny z nich jsou přímo rostliny, konkrétně jejich pyl nebo nektar. V různém zastoupení je možné v medech identifikovat až 26 aminokyselin. Podle obsahu aminokyselin je možné u některých medů určit i geografický původ. Nejvíce aminokyselin se nachází ve smíšených medech (Veselý et al. 2003; Kolayli et al. 2013; da Silva et al. 2016; Khalil et al. 2023).

Nejvíce zastoupenou aminokyselinou je prolin, který tvoří 50–85 % celkového obsahu aminokyselin. Prolin je specifický tím, že na rozdíl od ostatních aminokyselin obsažených v medu pochází převážně ze slinných žláz včel (da Silva et al. 2016; Machado De-Melo et al. 2018).

Koncentrace prolinu je považována za další ukazatel zralosti a kvality medu, který ale není legislativně povinné zjišťovat, a tudíž je parametrem dobrovolným. Obecně pak platí, že obsah prolinu by měl být vyšší než 200 mg/kg, neboť hodnoty nižší než 180 mg/kg signalizují nezralost medu, anebo jeho falšování cukerným sirupem. Obvykle lze očekávat vyšší hodnoty prolinu (> 400 mg/kg) u medů medovicových než u medů květových. Navíc květové medy se mohou v závislosti na jejich původu v obsahu prolinu lišit. Například u medu akátového mohou, ale nemusí být hodnoty koncentrace přirozeně nižší než 180 mg/kg, a naopak u lipového medu se může obsah prolinu přiblížit hodnotě medu medovicového, neboť medovice může tvořit jeho určitý podíl (Persano Oddo & Piro 2004; Tkáč et al. 2022).

3.5.4 Bílkoviny a enzymy

Bílkoviny a enzymy jsou důležitou složkou medu. Jejich obsah se většinou pohybuje v jednotkách desetin procent, případně přesahuje celé procento. Majoritně zastoupenou bílkovinou je major royal jelly protein 1 (MRJP 1) a peptid defensin-1 (Chua et al. 2013; Bučková et al. 2023). MRJP 1 je produkován hltanovými žlázami včelích dělnic a je také hlavním a nejvíce zastoupeným proteinem mateří kašičky. MRJP 1 je diskutován jako doprovodný ukazatel kvality a pravosti medu. Jeho nižší obsah by podobně jako u prolinu mohl poukazovat na falšování medu cukerným sirupem (Bučková et al. 2023).

Enzymy jsou zodpovědné za přeměnu nektaru a medovice na med, čímž se podílejí na jeho konečném složení a vlastnostech (da Silva et al. 2016). Med obsahuje pět hlavních enzymů, a to sice diastázu, invertázu, glukózooxidázu, katalázu a kyselou fosfatázu. Zdrojem enzymů v medu mohou být včelí sekrety, nektar, pylová zrna nebo mikroorganismy. Mezi enzymy pocházející z hypofaryngeálních žláz včel je řazena invertáza, diastáza a glukózooxidáza. Rostlinného a mikrobiálního původu jsou enzymy kataláza a kyselá fosfatáza (Persano Oddo et al. 1999; Chua et al. 2013; Baglio 2018; Alaerjani et al. 2022). Obsah enzymů je závislý na botanickém původu medu, množství a stupni přeměny nektaru, stavu a síle včelstva, stáří a fyziologickém stádiu včely (Persano Oddo et al. 1999).

Aktivita enzymů je jedním z velmi významných parametrů kvality medu, protože je povětšinou ukazatelem čerstvosti a nadměrného zahřátí (Persano Oddo et al. 1999; Přidal 2013; Baglio 2018; Majtán et al. 2021; Tkáč et al. 2022).

3.5.4.1 Diastáza

Diastáza je hydrolytický enzym, který se uplatňuje při procesu zrání medu. Prostřednictvím diastázy dochází ke štěpení polysacharidů obsažených v nektaru až na jednotlivé molekuly glukózy (Persano Oddo et al. 1999; Alaerjani et al. 2022; Tkáč et al. 2022). Její aktivita se zjišťuje metodou dle Schadeho a vyjadřuje se v Schadeho jednotkách na gram medu, či jako diastázové číslo (DN) (Bogdanov et al. 1997; Vorlová & Přidal 2002).

Aktivita diastázy musí v medu odpovídat nejméně 8 stupňům podle Schadeho. Výjimka je udělena medům s přirozeně nízkým obsahem enzymů (citrusové medy) a obsahem HMF nižším než 15 mg/kg. U těchto medů je pro aktivitu diastázy nastaven mírnější limit, a to sice na minimálně 3 stupně dle Schadeho (Vyhláška č. 76/2003 Sb.).

Nižší aktivitu diastázy kromě citrusových medů mohou také vykazovat medy pocházející z nektaru sbíraného brzy na jaře, protože v tomto období může být aktivita včelstva nižší (Persano Oddo et al. 1999; Vorlová & Přidal 2002). K nedostatku enzymu také dochází, když jsou včely nadměrně přikrmovány a při naředění medu cukerným sirupem. Aktivita enzymu diastázy je tak doprovodným indikátorem těchto praktik (da Silva et al. 2016; Thrasyvoulou et al. 2018).

Zejména je však aktivita diastázy posuzována jakožto marker tepelného namáhání medu, ale nemusí být dostačujícím faktorem. Mnoha autory je uváděno, že i po výraznějším zahřátí medu je zachována její minimální úroveň požadovaná legislativou (Persano Oddo et al. 1999; Vorlová & Přidal 2002; da Silva et al. 2016; Baglio 2018; Bučeková et al. 2020; Majtán et al. 2021). V některých studiích se uvádí, že aktivita diastázy se výrazně nemění, pokud je med zahřát na 80 °C po dobu 15 minut, ani pokud je stejná teplota udržena po dobu jedné hodiny (Kędzierska-Matysek et al. 2016; Czipa et al. 2019). Výrazná změna podle Kowalskiho et al. (2012) nenastává ani v případě, že med je zahřát na 90 °C po dobu 3 minut. K významnějšímu poklesu aktivity diastázy, a to sice až pod limitní hodnoty, tak nejspíše dochází až po vystavení medu teplotě 100 °C po dobu 8–16 minut (Haouam et al. 2019).

Aktivita diastázy je také obecně považována za indikátor délky skladování, respektive čerstvosti medu (da Silva et al. 2016; Tkáč et al. 2022). Avšak i tento předpoklad je poněkud diskutabilní. Diastázová aktivita v medu totiž vykazuje různý poločas životnosti, který při pokojové teplotě kolem 20 °C může činit řádově několik desítek měsíců či dokonce let (Chua et al. 2013). Konkrétně autory Czipou et al. (2019) a Živkovem Balošem et al. (2023) nebylo pozorováno signifikantní snížení aktivity diastázy ani po dvouletém skladování medu akátového a slunečnicového při teplotě 20 °C. Ovšem výrazné snížení aktivity enzymu bylo zaznamenáno po ročním skladování medu šalvějového (viz tabulka 2).

3.5.4.2 Invertáza

Invertáza, označovaná také jako beta-fruktofuranosidáza, je enzym pocházející z hypofaryngeálních žláz včel. V procesu zrání medu přeměňuje sacharózu na glukózu a fruktózu, které jsou pro včely fyziologicky využitelné (Persano Oddo et al. 1999; Vorlová & Přidal 2002; Sahin et al. 2020). Aktivita invertázy je vyjadřována v mezinárodních (invertázových) jednotkách U, nebo v tzv. Gontarského jednotce či jako číslo invertázy (Hadornovo číslo, IN) (Dimiņš et al. 2006).

Invertáza je dle mnoha autorů více senzitivní vůči zahřátí než legislativně stanovovaná diastáza (Persano Oddo et al. 1999; Vorlová & Přidal 2002; Kowalski & Lukasiewicz 2017; Haouam et al. 2019; Flanjak et al. 2022). Bylo pozorováno, že snížení aktivity invertázy nastává již při teplotě 45 °C, přičemž s pokračujícím záhřevem dochází k dalšímu poklesu. Snížení aktivity invertázy o více než polovinu pak může nastat, pokud je med zahřát na teplotu 65 °C po dobu jedné hodiny (Sahin et al. 2020). Flanjakem et al. (2022) bylo zaznamenáno, že zahřátím medu na 65 °C po dobu 6 hodin se snižuje aktivita invertázy o 92 %, ale aktivita diastázy jen o 28 % (viz tabulka 2). K výraznějšímu poklesu aktivity invertázy v porovnání s diastázou dochází také při skladování medu (Kowalski & Lukasiewicz 2017; Flanjak et al. 2022), jak je naznačeno v tabulce 2.

Aktivita invertázy tak bude z důvodu výše zmíněné citlivosti nejspíše přidána k legislativně upraveným kvalitativním parametrům medu. Bude tak zřejmě učiněno po přijetí pozměňovacích návrhů v rámci připravované „snídaňové“ směrnice. Splnění parametru bude ovšem závazné pouze u medů, které budou mít na etiketě uveden výraz „surový med“ nebo „nezahřátý med“. U takto označených medů bude požadováno, aby aktivita invertázy byla nejméně 50 U/kg. Výjimka bude opět udělena medům s přirozeně nízkým obsahem enzymů, u nichž bude požadovaná hodnota nejméně 25 U/kg (Council of the EU 2024).

3.5.4.3 Glukózooxidáza

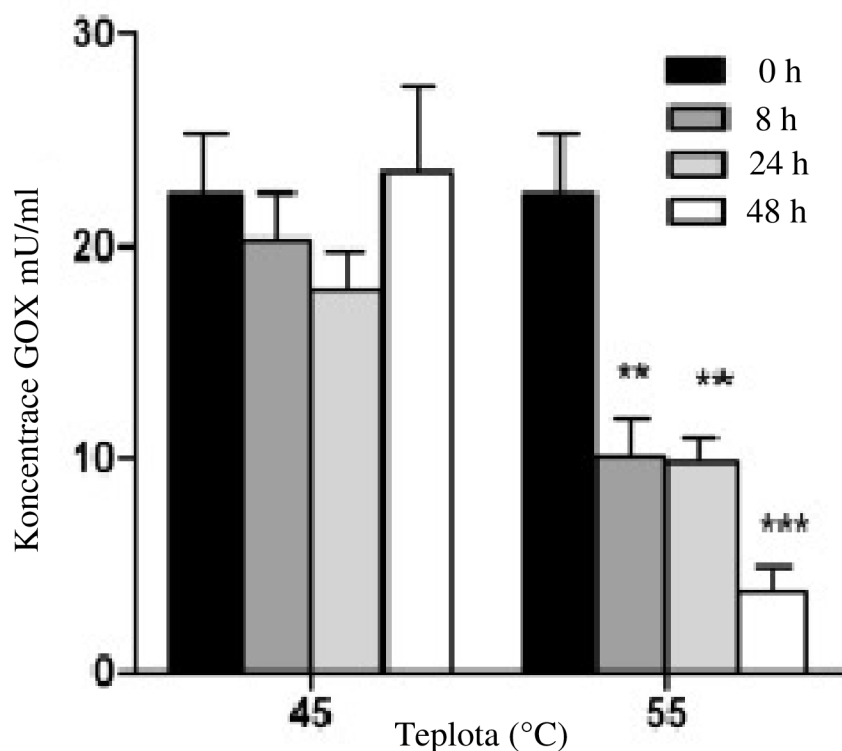
Enzym glukózooxidáza katalyzuje přeměnu glukózy, vody a kyslíku na glukonovou kyselinu a peroxid vodíku (Dimiņš et al. 2006; Sahin et al. 2020; Majtán et al. 2021).

Glukózooxidáza je enzymem senzitivním na světlo, viditelné záření (především o vlnové délce od 425 do 525 nm), teplotu a podmínky skladování (Machado De-Melo et al. 2018). Aktivita glukózooxidázy je udávána v mikrogramech vyprodukovaného peroxidu vodíku na gram medu, nebo v jednotkách enzymové aktivity U na kilogram medu (Dimiņš et al. 2006).

O tomto enzymu se z důvodu jeho citlivosti na podmínky prostředí uvažuje jako o dalším kvalitativním parametru, který by mohl poukazovat na tepelné namáhání medu a zároveň také na jeho antibakteriální potenciál (Dimiņš et al. 2006; Přidal 2013; Flanjak et al. 2022).

Podle některých autorů je ale aktivita glukózooxidázy v medech poměrně variabilní a při zahřátí medu může kolísat (Bučeková et al. 2018; Sahin et al. 2020; Majtán et al. 2021). Studií Sahina et al. (2020) bylo pozorováno, že aktivita glukózooxidázy se významně zvyšuje, pokud je med zahřát na teplotu 45 °C po dobu 3 hodin. Nárůst aktivity byl zaznamenán i v případě, že stejná teplota byla udržena po dobu 6 hodin. Autory Bučekovou et al. (2018) bylo pozorováno zvýšení aktivity glukózooxidázy, pokud byla teplota medu zvýšena na 45 °C po dobu 48 hodin (viz obrázek 1). Naopak nárůst aktivity nebyl pozorován studií Flanjaka et al. (2022) při ohřevu medu na 45 °C po dobu 48 hodin. Zvýšení aktivity glukózooxidázy nebylo zaznamenáno ani studií Dimiņše et al. (2006) při zahřátí medu na 40 °C po dobu 24 hodin. Dle některých autorů trvalý a výrazný pokles aktivity glukózooxidázy nastává, pokud je med zahřát na teplotu 55 °C po dobu 8 hodin (viz obrázek 1), nebo po vystavení medu teplotě 65 °C po dobu 6 hodin (viz tabulka 2). Variabilita v chování tohoto enzymu je odůvodňována skutečností, že aktivita glukózooxidázy je mnohem více ovlivněna botanickým původem medu, než je tomu u diastázy či invertázy. Aktivita glukózooxidázy se na rozdíl od jiných enzymů zvyšuje i při ředění medu vodou, jelikož přestává být inhibována nízkým pH (Sahin et al. 2020; Flanjak et al. 2022; Bučeková et al. 2023).

Nepříliš často je zkoumána změna chování tohoto enzymu při skladování. Dle dostupných studií není pokles aktivity glukózooxidázy při skladování výrazný (Dimiņš et al. 2006; Flanjak et al. 2022) a v některých případech může být i pomalejší než u diastázy, jak je znázorněno v tabulce 2.



Obrázek 1 Vliv konvenčního ohřevu na aktivitu glukózooxidázy (Bučeková et al. 2018)

3.5.4.4 Kyselá fosfatáza

Enzym kyselá fosfatáza je hydrolytický enzym katalyzující přeměnu organického fosfátu na anorganický. Tento enzym, jak již bylo zmíněno, může být produkovan mikroorganismy (kvasinkami), a tudíž jeho aktivita je v korelaci s fermentačními procesy v medu (Mílek et al. 2021; Alaerjani et al. 2022). Zejména je ale zdrojem kyselé fosfatázy pyl nebo nektar, a tak lze přítomnost tohoto enzymu použít k determinaci botanického původu medu. Například vysoká aktivita kyselé fosfatázy byla zaznamenána u medů pohankových a medovicových, kdežto nízká u akátových a lipových (Mílek et al. 2021).

Aktivita kyselé fosfatázy by podobně jako aktivita jiných enzymů mohla být ukazatelem způsobu zacházení s medem. Její aktivita je ovšem při zahřátí stabilnější, než jak je tomu u diastázy, invertázy či glukózooxidázy. Podobné je to i při skladování medu, kdy je pokles výraznější jen oproti glukózooxidáze (Mílek et al. 2021; Flanjak et al. 2022). Limitující je i skutečnost, že v medech není aktivita tohoto enzymu příliš často stanovována (Mílek et al. 2021; Alaerjani et al. 2022).

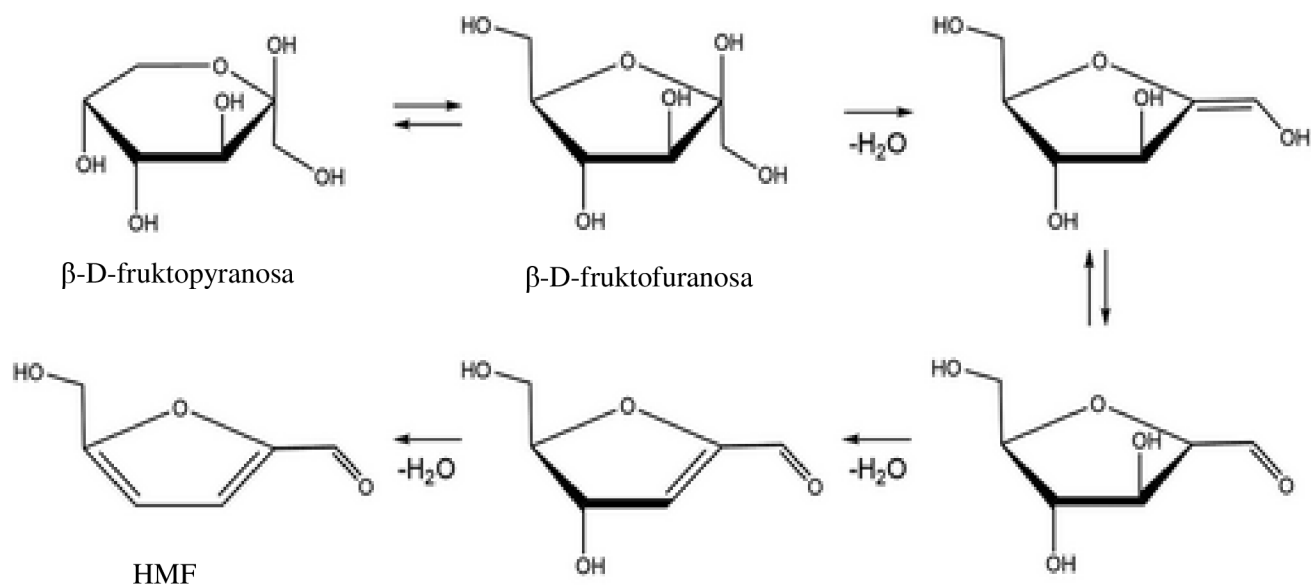
Tabulka 2 Průměrná změna aktivity enzymů v šalvějovém medu (Flanjak et al. 2022, upraveno)

Enzym	Čerstvý nezahřátý med	Nezahřátý med (po 12 měsících skladování)	Po zahřátí (45 °C/48 h)	Po zahřátí (65 °C/6 h)
Aktivita diastázy (DN)	17,5 ± 4,6	13,4 ± 3,4	16,0 ± 4,3	12,5 ± 3,3
Aktivita GOX (µg H ₂ O ₂ /h g)	223,6 ± 104,9	223,4 ± 90,5	211,9 ± 94,0	34,9 ± 46,3
Aktivita invertázy (U/kg)	92,5 ± 27,8	58,3 ± 20,2	66,4 ± 25,6	7,0 ± 5,6

3.5.5 Hydroxymethylfurfural

Hydroxymethylfurfural (5-hydroxymethylfuran-2-karbaldehyd, HMF) je šestiuhlíkatá cyklická sloučenina obsahující dvě funkční skupiny, a to sice aldehydovou a alkoholovou (hydroxymethylovou) (Shapla et al. 2018; Alaerjani et al. 2022). Jedná se o pevnou žlutou látku, pro kterou je charakteristická nízká teplota tání a vysoká rozpustnost ve vodě (Shapla et al. 2018).

Ve své podstatě existují dva mechanismy tvorby HMF, a to sice: kyselá dehydratace hexózy a Maillardova reakce, ve které HMF vystupuje jako meziprodukt (Alaerjani et al. 2022). V medu je sloučenina primárně tvořena prostřednictvím kyselé dehydratace glukózy nebo fruktózy (Yang et al. 2019; EFSA 2022). Schéma reakce je znázorněno na obrázku 2.



Obrázek 2 Schématické znázornění tvorby HMF kyselou dehydratací fruktózy (Yang et al. 2019; EFSA 2022, upraveno)

V čerstvě vytočeném medu není HMF obsažen, pokud včely nebyly v období snůšky krmeny nedostatečně kvalitními sirupy, anebo starými medy (Baglio 2018). Sloučenina se povětšinou tvoří až při skladování nebo zahřátí medu, přičemž její vznik je v korelaci s nízkým pH, tedy vysokou kyselostí, obsahem hexóz, laktonů, minerálů, intenzitou světla a teplotou (Shapla et al. 2018; Singh & Singh 2018; Yang et al. 2019; Alaerjani et al. 2022). Tradičně je v literatuře HMF uváděn jako marker čerstvosti a tepelného namáhání medu (da Silva et al. 2016; Baglio 2018; Machado De-Melo et al. 2018; Tkáč et al. 2022).

Nejvýše přípustné množství HMF v medu je 40 mg/kg, případně 80 mg/kg, pokud se jedná o med pocházející z tropických oblastí (Vyhláška č. 76/2003 Sb.). Vyšší limit je u medů pocházejících z oblastí s tropickým klimatem povolen z důvodu jejich možného vystavení vyšším skladovacím teplotám (Přidal 2013). Svazovou normou ČESKÝ MED je pro obsah HMF ustanoven přísnější limit, a to sice na 20 mg/kg (Norma jakosti č. ČSV 1/1999).

Dle některých studií ale nemusí být stanovení obsahu HMF jakožto indikátoru zahřátí, zejména pak dosoušení, dostatečné. Bylo zaznamenáno, že po šestihodinovém ohřevu medu na teplotu 60–65 °C dochází jen k nepatrnému nárůstu obsahu HMF (Kowalski & Lukasiewicz 2017; Flanjak et al. 2022). Podobně tomu je i po zahřátí medu na teplotu v rozmezí 45–75 °C po dobu 2 hodin a 30 minut (Yan et al. 2019) nebo po zvýšení teploty na 80 °C po dobu 15 minut (Kędzierska-Matyssek et al. 2016; Czipa et al. 2019). Výraznější nárůst obsahu HMF je způsoben až ohřátím medu na teplotu 80 °C po dobu 4 hodin (Czipa et al. 2019) nebo zahřátím na 100 °C po dobu 16 minut (Haouam et al. 2019).

Některými výše zmíněnými studii byla zároveň s HMF posuzována i aktivita enzymů. Bylo zjištěno, že u enzymů (zejména invertázy) je při stejné teplotě změna výraznější a k výraznějším změnám může docházet také při následném skladování, jak je znázorněno v tabulce 3. Diskutována je tak i určitá nedostatečnost HMF jakožto markeru stáří a skladovacích podmínek medu (Kowalski & Lukasiewicz 2017; Haouam et al. 2019; Flanjak et al. 2022; Průšová et al. 2023). Například studii Průšové et al. (2023) byly naměřeny nízké hodnoty HMF i u poměrně starých medů (viz kapitola 3.5.6. α -dikarboxylové sloučeniny). Některými autory bylo také pozorováno, že u některých medů může během skladování koncentrace HMF i mírně poklesnout (viz tabulka 3), což je důsledek rozkladu této sloučeniny na levulovou a mravenčí kyselinu (Fallico et al. 2008; Kowalski & Lukasiewicz 2017). Na druhou stranu autoři Živkov Baloš et al. (2023) zaznamenali 17násobné zvýšení obsahu HMF po dvou letech skladování slunečnicového medu při teplotě 20 °C. Při stejné teplotě byl výraznější nárůst koncentrace HMF zaznamenán i po dvouletém skladování medu akátového (Czipa et al. 2019) a šalvějového (Flanjak et al. 2022). Různá rychlost formování či případného rozkladu HMF při skladování je dáвана do souvislosti s rozdílným botanickým původem medu, který má dle několika autorů na tvorbu HMF poměrně značný vliv (Fallico et al. 2008; Kowalski & Lukasiewicz 2017; Flanjak et al. 2022; Sajtos et al. 2024). Například studii Sajtose et al. (2024) bylo pozorováno, jak ve vzorcích řepkového, slunečnicového a akátového medu, které byly průběžně každý rok po dobu 30 let odebírány od stejného včelaře, docházelo ke zvyšování koncentrace HMF. U akátového medu byl pozorován exponenciální nárůst koncentrace spolu s roky stárnutí medu, kdežto u medů slunečnicových a řepkových byl nárůst nerovnoměrný.

Tabulka 3 Porovnání aktivity invertázy a obsahu HMF po zahřátí medu na teplotu 60 °C po dobu 60 minut a následném tříměsíčním skladování (Kowalski & Lukasiewicz 2017, upraveno)

Vzorek	Aktivita invertázy (U/kg) výchozí hodnota	Aktivita invertázy (U/kg) po zahřátí a skladování	Obsah HMF (mg/kg) výchozí hodnota	Obsah HMF (mg/kg) po zahřátí a skladování
Lipový med vzorek 1	60,3 ± 0,2	41,1 ± 0,3	7,9 ± 0,2	5,5 ± 0,4
Lipový med vzorek 2	24,7 ± 0,1	19,8 ± 0,1	18,8 ± 0,4	15,1 ± 3,3
Lipový med vzorek 3	50,0 ± 1,8	35,3 ± 0,1	5,9 ± 0,0	6,7 ± 0,1
Akátový med vzorek 4	19,5 ± 0,7	13,6 ± 0,1	32,7 ± 0,4	28,9 ± 0,4
Akátový med vzorek 5	41,5 ± 1,1	28,8 ± 0,3	19,1 ± 0,2	19,4 ± 0,3
Akátový med vzorek 6	20,2 ± 0,2	14,5 ± 0,1	26,5 ± 0,2	26,4 ± 0,4

3.5.6 α -dikarboonylové sloučeniny

α -Dikarboonylové sloučeniny (α -DC) představují širokou skupinu organických látek vyznačujících se přítomností dvou karboonylových skupin, které jsou v poloze 1,2 (α -) (Kukurová et al. 2022). Jmenovitě se jedná o sloučeniny jako glyoxal (GO), methylglyoxal (MGO), glukosulosa (GlcS), 3-deoxyglukosulosa (3-DG), biacetyl (BA), 1-deoxyglukosulosa (1-DG), 1,4-dideoxyglukosulosa (1,4-DDG) a 3-deoxypentosulosa (3-DP) (Yan et al. 2019; Kukurová et al. 2022; Cejpek et al. 2023; Průšová et al. 2023; Qu et al. 2023).

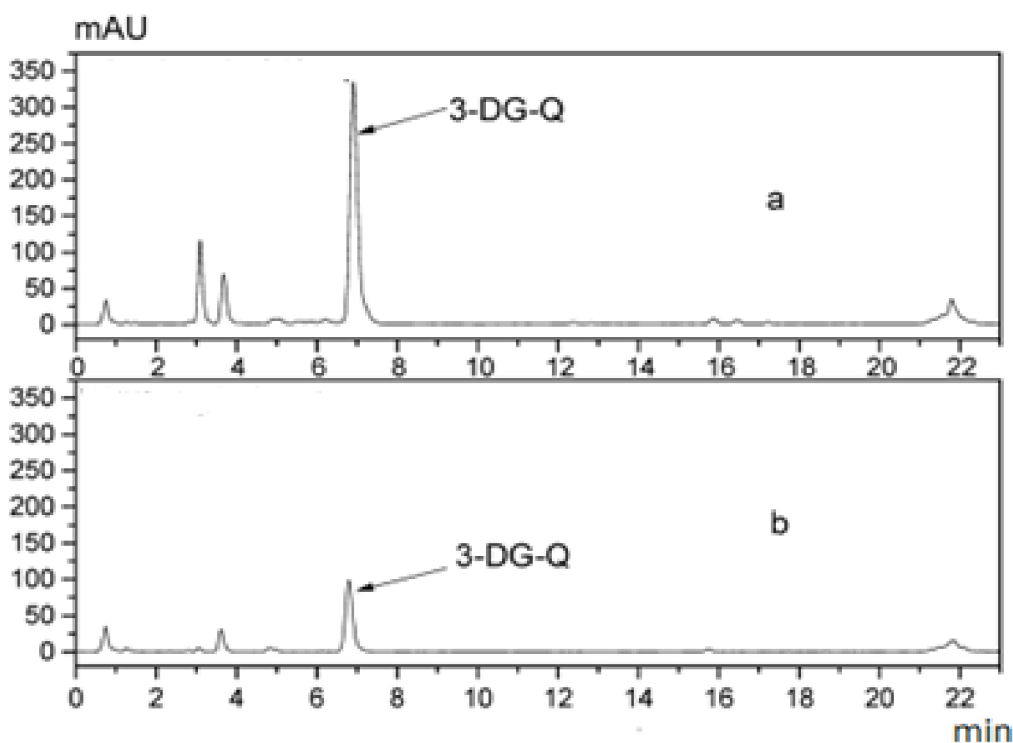
V potravinách se α -DC tvoří z cukrů, a to jak během záhřevu, tak i při skladování. Vznik různých α -DC je ovlivněn složením jejich prekurzorů a jejich reaktivitou. Pro příklad lze uvést, že dehydratací glukózy vzniká přednostně 3-DG, kdežto dehydratací fruktózy 1-DG (Cejpek et al. 2023). 3-DG je povětšinou nejvíce zastoupenou α -DC v potravinách a je prekurzorem 3,4-dideoxyglukosulosity (3,4-DG), která může působit jako prekurzor HMF. Oxidací glukózy nebo fruktózy dochází k tvorbě glukosulosity, jejíž degradací vznikají další látky, kterými jsou pentosulosa, 1-deoxypentosulosa (1-DP) a 3-DP (Kocadağlı & Gökmen 2018). Sloučeniny BA, GO a MGO jsou označovány také jako fragmentární α -DC, protože vznikají retroaldolizací či jinou fragmentací (deoxy)glykosulosity. Tyto sloučeniny jsou v potravinách zastoupeny v menší míře, ale více reagují s nukleofilními látkami. (Deoxy)glykosulosity se vyskytují zejména v cyklických formách. V mírně kyselém prostředí jsou prekurzory pyranonů a furanonů (Cejpek et al. 2023).

α -DC jsou prekurzory aromatických a chuťových složek (maltol, furaneol) a sloučenin přispívajících k barvě potravin (melanoidy) (Kukurová et al. 2022; Cejpek et al. 2023).

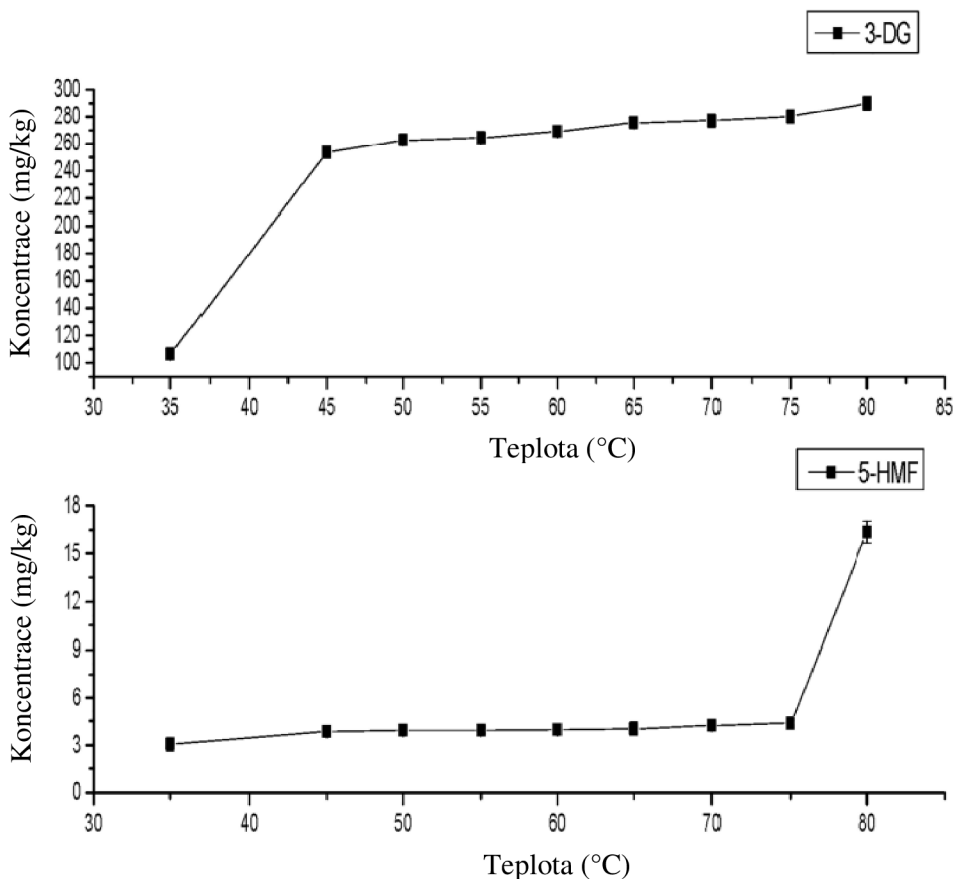
Některými studiemi je naznačeno, že koncentrace α -DC by mohla být dalším kvalitativním parametrem medu, podobně jako je tomu u jiných potravin bohatých na cukry, u kterých je zvýšená koncentrace α -DC využívána jako marker jejich znehodnocení záhřevem (Baglio 2018; Yan et al. 2019; Kukurová et al. 2022; Průšová et al. 2023; Qu et al. 2023).

U medů bylo pozorováno, že k výraznému nárůstu koncentrace α -DC dochází patrně již při mírném záhřevu, kterého je mimo jiné využíváno také při vakuovém dosoušení medu (Yan et al. 2019; Qu et al. 2023). Konkrétně studií Yana et al. (2019) byla posuzována koncentrace α -DC ve zralých nedosušených akátových medech a v nezralých akátových medech, které byly podrobeny dodatečné vakuové dehydrataci při teplotě 55 °C po dobu 2 hodin a 30 minut. Výsledky ukázaly, že právě u medů dosoušených (zahřátých) je obsah α -DC výrazně vyšší než u medů nedosušených (nezahřátých). Zahřátím se zvýšila koncentrace 3-DG, 1,4-DDG a 1-DG, přičemž nárůst 3-DG byl nejvýraznější. U zralých medů byla naměřena hodnota 3-DG v rozmezí 103,7–146,6 mg/kg a u medů dosoušených v rozmezí 572,4–1371,2 mg/kg. Při následném záhřevu na vyšší teplotu byl nadále pozorován nárůst koncentrace 3-DG (viz obrázek 4) a ostatních zmíněných α -DC, tj. 1,4-DDG a 1-DG.

Výše zmíněnou studií byl hodnocen i obsah HMF. Při stejné teplotě se zvyšovala koncentrace HMF jen nepatrně a výraznější nárůst byl zaznamenán až při následném zvýšení teploty nad 75 °C (viz obrázek 4). To je v souladu s výše uvedenou jistou nedostatečností stanovení HMF jakožto markeru zahřátí medu. Výrazný nárůst obsahu 3-DG při zahřátí medu na teplotu 55 °C po dobu 2 hodin uvádí také studie autorů Qu et al. (2023).



Obrázek 3 UHPLC-DAD chromatogram 3-DG (a) v zahřátém medu (55 °C, 2 hodiny a 30 minut) a (b) v nezahřátém medu, 318 nm (Yan et al. 2019)



Obrázek 4 Porovnání nárůstu koncentrace 3-DG a HMF v závislosti na teplotě (Yan et al. 2019, upraveno)

Dále byla studií Yana et al. (2019) posuzována změna koncentrace α -DC při skladování medu. V průběhu ročního skladování při pokojové teplotě byl pozorován výraznější nárůst obsahu α -DC u medů zahřátých než u medů nezahřátých, u nichž se koncentrace zvyšovala pomaleji. Obsah HMF ale během skladování hodnocen nebyl.

Autory Průšovou et al. (2023) byly hodnoceny obsahy α -DC v bratislavských medech a v medech z české tržní sítě, a to jak ze supermarketů, tak od včelařů. V analyzovaných vzorcích byly nejvíce zastoupenými α -DC sloučeniny 3-DG a 1-DG. Dále byly identifikovány sloučeniny: MGO, GlcS, 3-deoxygalaktosulosa (3-DGal) a některé další α -DC. Celkový obsah α -DC se pohyboval od 215 mg/kg u dva roky starého bratislavského medu až po koncentraci 1185 mg/kg u osm let starého českého květového medu, který byl koupen od včelaře. U osm let starého medu byla zjištěna také přítomnost sloučenin 3-DP, BA a vyšší koncentrace MGO. Obsah MGO byl u starého medu 9 %, kdežto v čerstvějších medech byl v rozmezí 0,4–3 %. U všech vzorků byla také stanovena koncentrace HMF, která se pohybovala v rozmezí 0,1–4,2 mg/kg, tudíž ani v případě starého medu se k legislativně stanovenému limitu nepřiblížila. To by mohlo poukazovat na již zmíněnou možnou nižší spolehlivost HMF jakožto markeru stáří medu.

Zastoupení α -DC v medech je nejspíše také ovlivněno botanickým původem, protože například v medech lipových byl podobně jako u osm let starého květového medu obsažen BA, který v jiných čerstvých květových medech zastoupen nebyl (Průšová et al. 2023).

Dále je nutné zmínit skutečnost, že v manukových medech je přirozeně vyšší koncentrace α -DC, aniž by byly zahřáty či delší dobu skladovány (Maasen et al. 2021).

3.5.7 Elektrická vodivost

Stanovení hodnoty elektrické vodivosti (konduktivity) je běžnou součástí kontroly kvality medu. Tato vlastnost se považuje za velmi vhodné kritérium pro hodnocení jeho čistoty a botanického původu (Živkov Baloš et al. 2018).

Elektrická vodivost medu je závislá na celkovém obsahu minerálních látek, organických kyselin a bílkovin (Lazarević et al. 2017; Živkov Baloš et al. 2018). Konduktivita je definována jako vodivost roztoku o koncentraci 20 % ve vodě při 20 °C, kde 20 % je vztaženo k sušině medu (Bogdanov et al. 1997). V případě označení medu jako květového je požadováno, aby hodnota elektrické vodivosti byla nejvýše 80,0 mS/m, a v případě označení medu jako medovicového nejméně 80,0 mS/m. Výjimka je udělena květovým medům původem z planiky, vřesovce, blahovičnicku, lípy, vřesu obecného a balmínu neboli manuky a kajeputu, u nichž je očekávána přirozeně vyšší hodnota elektrické vodivosti (Bogdanov & Martin 2002; Vyhláška č. 76/2003 Sb.).

Dle výsledků studie Kukurové et al. (2023) může být stanovení elektrické vodivosti prvním vodítkem k odhalení falšování květového medu karamellem a jeho vydávání za med medovicový, který je některými konzumenty považován za kvalitnější.

3.5.8 Volná kyselost a organické kyseliny

Volná kyselost je dalším důležitým ukazatelem kvality medu, přičemž je v korelaci s přítomností organických kyselin, laktonů, vnitřních esterů a některých anorganických iontů, jako jsou fosfáty, sulfáty a chloridy (da Silva et al. 2016; Živkov Baloš et al. 2018). Z organických kyselin je v čerstvých medech nejvíce zastoupena glukonová kyselina. V medu jsou dále obsaženy také kyseliny: citrónová, jablečná, jantarová, vinná, šřavelová, octová, benzoová nebo α -ketoglutarová. Bohaté spektrum organických kyselin je jedním ze znaků pravosti medu. V čerstvých medech se obsah organických kyselin pohybuje kolem 0,5 % (Veselý et al. 2003; da Silva et al. 2016).

Hodnota volné kyselosti je využívána k průkazu fermentace medu. Při fermentaci nejprve vznikají alkoholy (glycerol, butandiol, ethanol), které jsou následně oxidovány na octovou kyselinu a vodu (Bogdanov & Martin 2002). Fermentace způsobuje nežádoucí změny organoleptických vlastností, a proto se takovýto med stává neprodejným (Abramovič et al. 2008).

Legislativně je požadováno, aby hodnota volné kyselosti medu byla nejvýše 50 mekv/kg (Vyhláška č. 76/2003 Sb.). U čerstvého medu se volná kyselost pohybuje v rozmezí 15–30 mekv/kg. Zkouška na zjištění této hodnoty se provádí titrací volných kyselin (Bogdanov et al. 1997).

Podle některých autorů však není tento parametr dostatečně citlivým indikátorem fermentace medu, jelikož podlimitní hodnoty volné kyselosti byly také naměřeny u medů prokazatelně kvasících (Přidal 2013; Kukurová et al. 2023). Vhodnější metodou se zdá být stanovení obsahu glycerolu, protože jeho zvýšená koncentrace signalizuje fermentaci medu v počínající fázi, při níž ještě nemusí být volná kyselost zvýšená a ani probíhající změny nemusí

být znatelné (Walker et al. 2022). Již dříve byla navržena hodnota 300 mg/kg jakožto limit pro obsah glycerolu v medu (Bogdanov & Martin 2002). Avšak stanovení glycerolu nebylo doposud implementováno do harmonizovaných metod a legislativních požadavků na kvalitu medu (Vyhláška č. 76/2003 Sb.; Přidal 2013).

Neobvykle nízká hodnota volné kyselosti, tj. pod 10 mekv/kg, je naopak jedním z ukazatelů zředění medu invertním cukrem (Živkov Baloš et al. 2018).

3.5.9 Krystalizace a vodní aktivita

Krystalizace je přirozený jev, který nastává u medu během skladování. Krystalizace je závislá na viskozitě a vlhkosti medu, poměru mezi fruktózou a glukózou, teplotě, délce skladování a na přítomnosti mikrokystalů, pylových zrn, vzduchových bublin a prachu (Grégrová et al. 2015).

Při krystalizaci se uvolňují molekuly vody vázané na glukózu, čímž dochází ke vzniku monohydrátu (Abramovič et al. 2008). Zkrystalizovaný med s velkými krystalovými zrny a hrubou strukturou způsobuje nepříjemné tření v dutině ústní, a tak není spotřebiteli snadno přijímán (Kukurová et al. 2023).

Krystalizaci medu je možné předejít ošetřením medu zahřátím (Baglio 2018), anebo naopak procesem zvaným pastování medu, tedy indukovanou krystalizací. Principem pastování je přidání kolem 5–10 % zkrystalizovaného medu do medu, u něhož chceme zamezit hrubé krystalizaci. Přidaný vykystalizovaný med poskytuje zárodečné krystaly k tvorbě a růstu nových krystalů v medu ošetřovaném (Tappi et al. 2021). Pastováním med získává hladkou roztíratelnou konzistenci a typicky světlejší máslovou barvu. Takto ošetřený med se označuje jako pastovaný nebo šlehaný (Kukurová et al. 2023).

Med je charakteristický nízkou aktivitou vody (0,6–0,63), která je způsobena silnou interakcí sacharidů a vazbou vody s glukózou. Při nízké hodnotě aktivity vody mohou mikroorganismy v potravině přežít dlouhou dobu, ale nemohou se v ní množit (Boukraâ 2016; Kukurová et al. 2023). Vlivem spontánní krystalizace i indukované krystalizace však může docházet ke zvýšení hodnoty aktivity vody, což je vysvětlováno snížením koncentrace glukózy v kapalně fázi a dostupností vody zadržované kolem molekul fruktózy (Amariei et al. 2020; Kukurová et al. 2023). V důsledku této skutečnosti tak mohou pastované medy snáze podléhat kažení způsobenému kvasinkami, a to i v případě, kdy množství vody v nich obsažené je nízké (tj. pod 18 %). Podle výsledků studie Kukurové et al. (2023) je mezi těmito parametry (aktivitou vody a obsahem vody) pouze mírná korelace, a tak v případě pastovaných medů nemusí být stanovení obsahu vody k predikci kažení medu dostatečné.

3.5.10 Senzorická kvalita

Smyslové posouzení je důležité pro identifikaci a kvantifikaci určitých vad medu, jako jsou probíhající fermentace, přítomnost nečistot, nevhodný pach a příchuť. Posouzení sensorické kvality je také nezbytnou součástí studií zabývajících se preferencemi spotřebitelů (Piana et al. 2004). Dále jsou sensorické parametry také posuzovány v případě, že producent označí svůj med jako jednodruhový (Vyhláška č. 76/2003 Sb.).

Klíčovými faktory určující sensorickou kvalitu medu jsou: barva, chuť, aroma a konzistence (Piana et al. 2004; Kružík et al. 2017).

3.5.10.1 Barva

Barva je prvním senzoryckým atributem medu, který je spotřebitelem vnímán. Pro některé kupující je barva medu významným znakem jeho kvality, a může tak rozhodnout o tom, zda si spotřebitel bude chtít med koupit, či nikoliv (da Silva et al. 2016).

Obecně se medy podle barvy rozdělují na světlé a tmavé. K tmavým medům jsou řazeny medy například z medovice, vřesu, pohanky a ke světlým medy například řepkové, akátové nebo citrusové (Machado De-Melo et al. 2018; Brudzynski 2023). Hodnocení barvy je u jednkvětých medů využíváno ke zjištění botanického původu, protože jejich charakteristická barva je ovlivněna zdrojem nektaru. Pro příklad lze uvést, že pro med slunečnicový je typická jasně žlutá barva, pro kaštanový načervenalá a pro eukalyptový našedlá (Olaitan et al. 2007; Khalil et al. 2023). Barva medu a její intenzita odráží obsah pigmentů, minerálů, fenolových kyselin a flavonoidů (Tkáč et al. 2022).

Mezi barviva přítomná v medu je zařazován chlorofyl, xantofyly, antokyany, taniny a karotenoidy (Khalil et al. 2023). Z minerálních látek přispívají k barvě medu přechodné kovy, jako jsou železo, měď a mangan. V případě železa je barva závislá na jeho oxidačním stavu, přičemž trojmocné železo ve vyšších koncentracích poskytuje žlutohnědé zbarvení (Brudzynski 2023). Také je udávána souvislost mezi barevným odstínem medu a obsahem prolinu. Bylo zaznamenáno, že vyšší koncentrace této aminokyseliny je v korelaci s vyšší barevnou intenzitou (Tkáč et al. 2022). Barva medu je také ovlivněna i používáním starých plástů, které obsahují barviva z předcházejícího obsahu buněk, tedy pylu nebo plodu a jeho výkalů. Čiřost a jas medu jsou dané množstvím suspendovaných částic, zejména pak obsahem pylových zrn (Olaitan et al. 2007).

Barevný odstín medu nemusí být stálý a může se měnit v závislosti na podmínkách skladování a způsobu zacházení s ním. Při skladování dochází k barevným změnám, zejména pokud je med vystaven přímému světlu. Přítomností světla je urychlena tvorba α -DC nebo HMF, tedy látek, které mohou přispívat k tmavnutí. Proto je možné u světlých medů i pouhým pozorováním barvy predikovat snižování jejich kvality (Kukurová et al. 2022). Kromě světla je barva medu ovlivněna i teplotou skladování. Bylo pozorováno, že při teplotě kolem 20 °C dochází k výrazným barevným změnám (tmavnutí) již po šesti měsících. Pokud je ale med skladován při 12 °C, tak se barva prakticky nemění, a to ani po dvou letech skladování. Překvapivě bylo zjištěno, že výrazné barevné změny nemusí u medu nastat ani v případě, že je skladován při kolísavé teplotě, která se pohybuje v rozmezí od 17 °C až po 28 °C (Radtke & Lichtenberg-Kraag 2018). Tmavší barevný odstín medu je dále způsoben i tvorbou melanoidů při zahřátí (Becerril-Sánchez et al. 2021; Brudzynski 2023).

3.5.10.2 Chuť a aroma

Med je charakteristický sladkou chutí, jejíž intenzita je ovlivněna poměrem mezi glukózou a fruktózou (Kolayli et al. 2013; Machado De-Melo et al. 2018). Kromě sacharidů se na chuti medu podílejí také těkavé sloučeniny a minerální látky (Kružík et al. 2017; Rahman et al. 2017). Výraznou chutí se vyznačují například medy lipové nebo vřesové, kdežto jemná chuť je typická pro medy akátové (Persano Oddo & Piro 2004).

Aroma medu je ovlivněno především přítomností těkavých látek, mezi něž jsou řazeny aldehydy, ketony, organické kyseliny a jejich estery, benzen a jeho deriváty, furan, pyran,

terpeny a jejich deriváty (Rahman et al. 2017). Medové aroma nebo jedinečná vůně některých jednodruhových medů jsou ovlivněny zejména přítomností benzaldehydu, 2-fenylethanolu, hotrienolu a 2-fenylacetaldehydu (Kružík et al. 2017). Aroma medu je také ovlivněno aminokyselinami. Například aromatické aminokyseliny (fenylalanin, tyrosin) jsou zodpovědné za typické aroma medu levandulového a eukalyptového (Kivrak 2015). U některých druhů medů je jejich aroma i jistou překážkou při konzumaci. Typicky se jedná o med pohankový, který se vyznačuje štiplavým a zemitým aroma. Sensorické vlastnosti pohankového medu jsou v korelaci s vyšším obsahem 3-methylbutanalů a p-kresolu. Jsou také dávány do souvislosti s vyšším obsahem minerálních látek (Kortesniemi et al. 2018).

3.5.10.3 Konzistence

Konzistence je po barvě druhým sensorickým atributem, který je spotřebitelem při koupi medu zhodnocován. Mnoha konzumenty jsou upřednostňovány medy tekuté před medy zkrystalizovanými (Piana et al. 2004; Kukurová et al. 2023).

Konzistence je také orientačním ukazatelem původu medu. Tekutá konzistence je obvyklá u medů akátových a květových, kdežto přítomnost jemných krystalů je charakteristická pro medy řepkové a jetelové. Gelovitá konzistence je typická pro medy vřesové (Veselý et al. 2003; Persano Oddo & Piro 2004; Piana et al. 2004).

Tabulka 4 Požadavky na sensorickou 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

3.5.11 Mikrobiální kvalita

Mikroorganismy jsou v medu zastoupeny v nízkém počtu. Důvodem je to, že pro přežívání v medu musí být odolné vůči vysoké koncentraci sacharidů (osmolaritě), nízkému pH, nízké aktivitě vody a také přítomnosti látek s antimikrobiální aktivitou (Olaitan et al. 2007). Pověšinou se tak jedná o osmotolerantní a acidotolerantní organismy (Brudzynski 2021). Do medu se mohou mikroby dostat při jeho tvorbě, zrání, získávání, anebo následném zpracování. Primárním zdrojem mikroorganismů je pyl, trávicí trakt včely, nektar či medovice. Sekundárně se mikroorganismy do medu dostávají při jeho sklizni nebo po ní. Mohou být

zaneseny například z pomocného náčiní, nádob, pokožky lidí nebo okolního vzduchu (Snowdon & Cliver 1996; Olaitan et al. 2007; Majtán et al. 2021; Khalil et al. 2023).

Nejhojnější skupinou mikrobů kontaminujících med nebo nektar/medovici jsou kvasinky a plísně (Brudzynski 2021). Zejména problematické, jak již bylo nastíněno, mohou být kvasinky, a to konkrétně rodu *Saccharomyces* spp. (Snowdon & Cliver 1996).

V souvislosti se zdravotní nezávadností medu je často zmiňovaným mikroorganismem sporotvorná bakterie *Clostridium botulinum*. Její přítomnost v medu je spojována s kojeneckým botulismem, který se projevuje poklesem víček, netečností, zácpou nebo poruchou polykání. Obecně je tak doporučováno, aby med nebyl kojencům, tj. dětem do 12 měsíců věku podáván. Ovšem je nutno zmínit skutečnost, že nálezy této bakterie jsou v medu ojedinělé. Navíc není zcela jasné, zda v případech hlášených otrav byly spory *Clostridium botulinum* přímo přítomny v medu, nebo zda byl med kontaminován sekundárně ze znečištěných nádob (Bittner et al. 2006; Bogdanov et al. 2008; Machado De-Melo et al. 2018).

3.5.12 Antimikrobiální kvalita medu

Antimikrobiální aktivita je jednou z často zkoumaných vlastností medu. V tradiční a lidové medicíně je antimikrobiálního potenciálu medu využíváno zejména při hojení ran, popálenin a kožních onemocnění (Bogdanov et al. 2008; Boukraâ 2016; Bučeková et al. 2020; Majtán et al. 2021). Mnoha studiemi je vhodnost použití medu k zevní aplikaci podporována. Antibakteriální účinek medu byl prokázán pro více jak 60 druhů aerobních i anaerobních bakterií. Například Farkasovskou et al. (2019) byl popsán inhibiční účinek medu vůči bakteriím *Staphylococcus aureus* a *Pseudomonas aeruginosa*. Schopnost medu inhibovat bakterii *Staphylococcus aureus* uvádí i autoři Majtán et al. (2021). Studií Kačániové et al. (2022) bylo dále popsáno, že med je schopný inhibovat mikroorganismy, jako jsou *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* nebo *Candida tropicalis*, avšak jeho účinnost je oproti antibiotikům nižší.

Med se aplikuje buď samotný, nebo ve formě mastí či gelů. V lékárnách se lze setkat s medical grade honey (MGH), tedy lékařským medem. Med označený jako „lékařský“ je sterilizován gama zářením, které při dávce 25 kGy ničí spory, ale neovlivňuje antimikrobiální aktivitu (Smaropoulos & Cremers 2019; Nair et al. 2020). Studií Smaropoulose & Cremere (2019) bylo popsáno, že aplikace lékařského medu napomáhá při léčbě ran a popálenin. Bylo také zdokumentováno, že použití lékařského medu podporuje hojení diabetických vředů a abscesů (Nair et al. 2020). Dále je také uváděno, že aplikace medu může být podpůrným prostředkem při léčbě dekubitů, infekčních ran a případně i Fournierovy gangrény (Bittner et al. 2006; Jodidio & Schwartz 2023).

Za jednu z hlavních antibakteriálních sloučenin v medu je považován peroxid vodíku produkovaný glukózooxidázou a pravděpodobně vznikající i neenzymatickou autooxidací polyfenolů (Boukraâ 2016; Majtán et al. 2021; Brudzynski 2023). Koncentrace peroxidu vodíku roste při naředění medu vodou a je v korelaci se zvyšující se aktivitou glukózooxidázy. Nejvyšší obsah peroxidu vodíku byl naměřen po naředění medu na koncentraci 15–50 %. V takto naředěném medu může být koncentrace peroxidu vodíku až 1–2 mmol/l, což je postačující k inhibici růstu bakterií (Kačániová et al. 2022). Antibakteriální vlastnosti peroxidu vodíku jsou dány jeho schopností oxidativně poškozovat struktury a konformace proteinů, enzymů

a nenasycených mastných kyselin buněčných membrán bakterií (Brudzynski 2021). Obsah této látky je některými autory diskutován jako vhodný ukazatel antibakteriální aktivity medu (Boukraâ 2016; Valachová et al. 2016). Avšak spolehlivost tohoto parametru je snížena skutečností, že koncentrace peroxidu vodíku v medech není stálá. Přirozeně totiž může docházet k poklesu jeho obsahu v důsledku přítomnosti katalázy, která jej hydrolyzuje za vzniku dvou molekul vody a jedné molekuly kyslíku (Majtán et al. 2021; Alaerjani et al. 2022). K jeho rozkladu dochází i neenzymaticky, a to reakcí s vitamínem C nebo ionty kovů. Navíc některé medy mohou i přes nízký obsah peroxidu vodíku vykazovat poměrně vysoké antibakteriální účinky (Bučeková et al. 2020; Brudzynski 2021). K antimikrobiálním vlastnostem medu tak přispívají i další látky.

K významným antimikrobiálním složkám medu je řazen již zmíněný defensin-1 a major royal jelly protein 1 (MRJP 1) (Majtán et al. 2021; Bučeková et al. 2023). Defensin-1 je peptid patřící do skupiny hmyzích defensinů, které jsou účinné především proti grampozitivním bakteriím, v menší míře pak vůči gramnegativním bakteriím včetně mikroorganismů *Pseudomonas aeruginosa* a *Salmonella choleraesui* (Valachová et al. 2016; Bučeková et al. 2023). MRJP 1 účinně působí proti bakterii *Bacillus subtilis* nebo *Escherichia coli* (Majtán et al. 2021).

Na antimikrobiální aktivitě medu se mohou podílet i těkavé sloučeniny, které zároveň přispívají k typickému aroma některých jednodruhových medů. Jedná se například o karvakrol (Russo et al. 2023), který lze nalézt ve vyšším množství v medu lipovém (Grégrová et al. 2021), nebo linalol, jehož vyšší obsah je typický pro medy citrusové (Castro-Vázquez et al. 2007; Russo et al. 2023).

Vysokou antibakteriální aktivitou je všeobecně znám med z manuky. Klíčovou sloučeninou, která je zodpovědná za vlastnosti tohoto medu, je methylglyoxal (MGO). Methylglyoxal u manukových medů vzniká dehydratací dihydroxyacetonu (DHA) obsaženého v nektaru keře *Leptospermum scoparium*, který roste na Novém Zélandu a v Austrálii (Boukraâ 2016; Baglio 2018). Methylglyoxal vykazuje silný antimikrobiální účinek zejména proti grampozitivním bakteriím. K vlastnostem manukového medu také přispívá látka leptosperin či samotný DHA. Antimikrobiální potenciál manukového medu je vyjádřen jako Unique Manuka Factor (UMF). UMF je výsledkem zhodnocení čtyř faktorů, které ovlivňují účinnost medu manuka. Těmito faktory jsou: koncentrace leptosperinu, MGO, DHA a HMF. Manukové medy jsou po zhodnocení označeny například jako UMF 25+; UMF 30+ apod. (Boukraâ 2016; Bučeková et al. 2020).

K účinku medu při podpoře hojení ran kromě antimikrobiálních sloučenin významně přispívají i jeho fyzikálními vlastnosti. Důležitou vlastností medu je jeho viskozita, díky níž aplikovaný med působí jako bariéra proti další infekci. Osmotický efekt medu přispívá k odtoku buněčného detritu z rány a usnadňuje hojení (Bittner et al. 2006; Boukraâ 2016; Majtán et al. 2021).

Stanovení antimikrobiální aktivity medu není součástí legislativně ustanovených kvalitativních parametrů a ani není v České republice prováděno. Ovšem toto stanovení je realizováno na Slovensku, a to sice Státním veterinárním a potravinovým ústavem v Bratislavě (Kukurová et al. 2022). Stanovení antimikrobiální aktivity je navrhováno jako další kvalitativní parametr medu, především u medů, které budou použity jako součást mastí a dalších podpurných přípravků (Majtán et al. 2021; Bučeková et al. 2023).

3.6 Benefity spojené s konzumací medu

3.6.1 Med ve výživě člověka

Med je pro člověka zdrojem energie a sacharidů. Obvykle konzumované množství (asi 20 g) je schopno pokrýt 3 % celkové denní energetické potřeby organismu. V medu jsou obsaženy především monosacharidy, které jsou po konzumaci rovnou vstřebávány do krevního řečiště bez potřeby jejich rozštěpení v tenkém střevě. Ostatní makronutrienty jakožto lipidy a bílkoviny jsou v medu zastoupeny minoritně, a tak konzumace medu k doplnění těchto živin nepřispívá (Bogdanov et al. 2008).

3.6.1.1 Glykemický index

Glykemický index (GI) je jedním z aspektů, který vypovídá o vhodnosti zařazení potraviny do jídelníčku. U medů se GI pohybuje od 32 do 85, může být tedy nižší než u sacharózy, u které je hodnota GI přibližně 68. Nízký GI, okolo hodnoty 30, je charakteristický pro medy akátové, naopak vysoký GI, tedy okolo hodnot 70–85, je typický pro medy vřesové nebo citrusové (Bogdanov et al. 2008; Kolayli et al. 2013; Fratianni et al. 2021). Obecně jsou potraviny s nízkým GI (< 50) považovány za vhodnější než potraviny s vysokým GI (> 70). Konzumací potravín s nízkým GI je zvyšování glykémie pozvolnější a následný pokles hladiny glukózy v krvi je pomalejší. Potraviny s nízkým GI jsou vhodné například pro pacienty s onemocněním diabetes mellitus nebo pro osoby s nadváhou (Fratianni et al. 2021).

3.6.1.2 Polyfenoly

K výživě člověka přispívají také polyfenoly, které jsou v medech rovněž obsaženy (Tkáč et al. 2022). Polyfenoly jsou spojovány především s antioxidační aktivitou, a tak jejich dietární příjem může být prevencí proti řadě nemocí, jako jsou kardiovaskulární, nádorová, zánětlivá nebo neurodegenerativní onemocnění (Majtán et al. 2021). Dále je jim také připisována antimikrobiální aktivita, která byla popsána například u p-kumarové kyseliny, quercetinu, hesperidinu nebo pinocebrimu (Becerril-Sánchez et al. 2021; Majtán et al. 2021).

Obsah polyfenolů v medu je sice variabilní, ale v některých případech může být podobný, či dokonce vyšší než u ovoce a zeleniny. Variabilní je také zastoupení jednotlivých fenolických sloučenin, jak je znázorněno v tabulce 5. Obecně je v literatuře uváděno, že vyšší obsah polyfenolů je charakteristický pro medy tmavé, tedy například pro medy pohankové, pro které je i typický vysoký obsah rutinu (Džugan et al. 2020).

Celkový obsah polyfenolů (TPC) může být vyjádřen v miligramech ekvivalentu gallové kyseliny na jeden kilogram nebo sto gramů potraviny. V českých medech byl například zjištěn TPC v rozmezí 89,9–215,2 mg GAE/kg (Lachman et al. 2010), 238,4–1465,0 mg GAE/kg (Halouzka et al. 2016) nebo 203,0–738,0 mg GAE/kg (Tkáč et al. 2022). U vzorků polských medů byl naměřen TPC v rozmezí 164,3–567,9 mg GAE/kg (Kędzierska-Matysek et al. 2021). Pro porovnání: u jablka odrůdy Red Delicious je TPC průměrně 739,6 mg GAE/kg (Francini & Sebastiani 2013), u pomerančů dosahuje TPC hodnot až 1157,0 mg GAE/kg. V zelenině, konkrétně v rajčatech, je TPC průměrně 342,0 mg GAE/kg (Skwarek & Karwowska 2023). Zdravotní přínos polyfenolů se však také kromě jejich celkového obsahu v potravine odvíjí

i od zkonsumovaného množství dané potraviny. Je tedy nutné vzít v potaz průměrné denní zkonsumované množství medu a průměrný denní příjem ovoce a zeleniny. Pokud je v medu TPC 203,0–738,0 mg GAE/kg, tak průměrně konzumované množství medu (20 g) je zdrojem 4,0–14,8 mg GAE. Oproti tomu jablko odrůdy Red Delicious o hmotnosti 150 g a TPC 739,6 mg GAE/kg je zdrojem 110,9 mg GAE (Francini & Sebastiani 2013; Tkáč et al. 2022).

Tabulka 5 Zastoupení fenolických sloučenin ve vybraných medech (Kędziarska-Matysek et al. 2021, upraveno)

	Akátový med	Lipový med	Medovicový med	Smíšený med
TPC (mg GAE/kg)	187,0 ± 34,3	224,3 ± 41,7	164,3 ± 2,5	328,9 ± 90,2
p-hydroxybenzoová kyselina (mg/kg)	5,4 ± 0,2	11,5 ± 0,4	4,5 ± 0,6	15,7 ± 2,2
p-kumarová kyselina (mg/kg)	3,3 ± 0,2	1,2 ± 0,1	2,4 ± 0,4	1,4 ± 0,2
Ferulová kyselina (mg/kg)	2,6 ± 0,2	0,4 ± 0,1	1,6 ± 0,3	0,9 ± 0,2
Kaempferol (mg/kg)	0,6 ± 0,0	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,6 ± 0,2
Quercetin (mg/kg)	0,8 ± 0,0	1,7 ± 0,3	0,5 ± 0,2	11,3 ± 3,8

3.6.1.3 Minerální látky a vitaminy

Pro správné fungování organismu je nezbytný příjem minerálních látek a vitaminů. V medech je obsaženo široké spektrum minerálních látek, avšak ve velmi malé koncentraci, která nepostačuje k pokrytí denních potřeb organismu. Například konzumace 1 lžice medu (20 g) by pokryla jen 0,4–0,6 % doporučeného denního příjmu draslíku a železa. Tyto minerální látky jsou povětšinou v medech nejvíce zastoupené. Z makroelementů je v medech dále obsažen zejména hořčík, vápník, sodík a z mikroelementů měď, mangan, fosfor, síra, křemík a nikl (Bogdanov et al. 2008; Mărgăoan et al. 2021).

Z vitaminů jsou v medech zastoupeny vitaminy skupiny B (0,01–0,1 %) a vitamin C. Vitamin C je povětšinou nejvíce zastoupený a jeho koncentrace se pohybuje okolo 2,5 mg/100 g medu. Doporučený denní příjem vitamínu C je 95 mg, a proto konzumace 1 lžice medu pokryje pouze 0,5 % referenčního příjmu (Machado De-Melo et al. 2018).

3.6.2 Med a jeho využití v medicíně

Kromě využití medu v podobě mastí či gelů určených k vnějšímu užití je med v tradiční medicíně využíván také vnitřně k prevenci či léčení různých zdravotních problémů. Takovými jsou například kašel, nachlazení, nespavost, pálení žáhy, hypertenze nebo problémy se zažíváním (Boukraâ 2016; Majtán et al. 2021). Ovšem ve většině případů chybí dostatek

klinických studií, které by skutečně příznivé účinky medu na lidský organismus prokázaly. Ze zmíněných potenciálně možných benefitů medu pro lidské zdraví se však zdá být nejvíce pravděpodobný účinek medu při použití proti kašli a při pálení žáhy (Majtán et al. 2021).

3.6.2.1 Med při pálení žáhy

Refluxní choroba jícnu (GERD) je jedním z častých onemocnění světové populace. Hlavním symptomem GERD je pálení žáhy (reflux), které je zapříčiněno nedostatečnou funkcí dolního jícnového svěrače (Boukraâ 2016; Gośliński et al. 2024). Polskou studií Goślińského et al. (2024) bylo zkoumáno, zda med může být skutečně nápomocný při léčbě těchto obtíží, jak se traduje v lidové medicíně. Možný příznivý vliv medu je připisován jeho fyzikálním vlastnostem, jako jsou vysoká hustota a viskozita, nízké povrchové napětí. Pacientům účastnícím se výše uvedené studie bylo třikrát denně po dobu čtyř týdnů podáváno 5 g manukového medu nebo placebo. Po skončení terapie bylo zlepšení stavu sliznice jícnu pozorováno u 73,3 % pacientů, kterým byl podáván med. Stejně tak ovšem bylo pozorováno zlepšení u 20,5 % pacientů, kterým bylo podáváno placebo. Studie byla zároveň provedena pouze u 30 osob.

3.6.2.2 Med při kašli

Tradičně je med u dětí i dospělých používán pro zmírnění kašle, který je jedním ze symptomů akutní infekce horních cest dýchacích (URTIs). Zvláště u dětí se URTIs objevují několikrát do roka a jsou převážně virového původu. Kašel se může zintenzivňovat v noci, a proto je příčinou spánkového deficitu nejen dětí, ale i jejich rodičů (Ayazi et al. 2017; Majtán et al. 2021). Použití medu při léčbě kašle se stalo předmětem některých studií. Jednou z nich bylo pozorováno, že u dětí je med při léčbě kašle účinnější než látka difenhydramin, která je běžně používána při léčbě nachlazení a alergií. Zmírněním kašle se také následně zlepšil spánek dětí i jejich rodičů (Ayazi et al. 2017). Příznivý vliv medu na zmírnění kašle a zlepšení spánku uvádí i studie Cohena et al. (2012). Dalšími studiemi bylo také popsáno, že med je účinnější než difenhydramin, ovšem v porovnání s látkou zvanou dextrometorfan vykazuje jen mírně vyšší či srovnatelný účinek (Paul et al. 2007; Shadkam et al. 2010; Abuelgasim et al. 2021). U dětí také bylo pozorováno zmírnění kašle po podávání sirupu, jehož základní složkou byl akátový med doplněný o výtažky ze slézu lesního, z omanu pravého, jitrocele většího a ze smilu vlnatého (Carnevali et al. 2021).

Schopnost medu tlumit kašel je dávana do souvislosti s předpokladem, že konzumace medu vyvolává v dýchacích cestách reflexní sekreci slin a hlenu, která je způsobena fyzikálními vlastnostmi medu, tedy vysokou hustotou a viskozitou (Majtán et al. 2021). Bylo zjištěno, že různé druhy medů se svou účinností proti kašli neliší, a proto není tato vlastnost medu jako jedna z mála ovlivněna botanickým původem (Ayazi et al. 2017; Majtán et al. 2021). Britským národním institutem pro zdraví a klinickou kvalitu (NICE) byl med doporučen jako prostředek při léčbě akutního kašle. Ovšem doporučení bylo založeno pouze na základě tří randomizovaných studií, a tak není dle některých autorů dostatečně relevantní (The Lancet 2018; Majtán et al. 2021). Podle prohlášení WHO nemůže med nahradit používání léků, ale může být pouze doplňujícím prostředkem při léčbě URTIs (Majtán et al. 2021).

3.7 Rizika spojená s konzumací medu

3.7.1 Přirozeně toxické medy

3.7.1.1 Grayanotoxiny

Grayanotoxiny (GTX) jsou polyhydroxylované cyklické diterpeny. Med obsahující grayanotoxiny se označuje jako „mad honey“ nebo také jako med „hořký“ či „šilný“ (Boukraâ 2016; Kromerová & Bencko 2018; Šramková & Kačániová 2020; Lucatello et al. 2022).

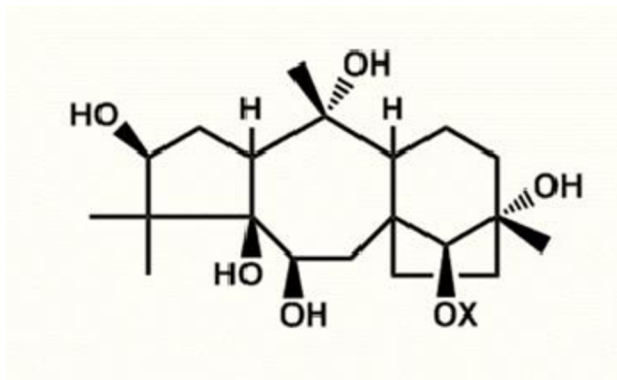
„Mad honey“ je v tradiční medicíně používán pro svůj potenciálně příznivý vliv na lidský organismus. Jsou mu připisovány antioxidační, protizánětlivé a analgetické vlastnosti. V léčitelství je využíván k léčbě hypertenze, trávicích potíží, diabetu či sexuální dysfunkce, přestože neexistují téměř žádné vědecké důkazy o jeho terapeutických účincích (Šramková & Kačániová 2020; Lucatello et al. 2022).

Grayanotoxiny jsou hlavními toxiny v medech, které pocházejí z určitých rostlin rodu *Rhododendron* spp. (*R. flavum*, *R. luteum* Sweet, *R. flavum* G. Don, *R. simsii* Planch, *R. caucasicum* Pallas, *R. ponticum* L., *R. urgenii* Trautv, *R. smirnovii* Trautv), které jsou svým výskytem typické pro oblast Černého moře, zejména pak pro oblast Turecka. Některé druhy rododendronů, například *R. ponticum*, ve kterých je obsaženo vysoké množství GTX, se vyskytují i ve středomořských státech (Boukraâ 2016; Lucatello et al. 2022). Z některých rostlin rodu *Rhododendron* spp. bylo izolováno více než 25 izoforem GTX. Hlavními izomery způsobujícími alimentární otravy jsou: grayanotoxin I (GTX I), grayanotoxin II (GTX II) a grayanotoxin III (GTX III). Z těchto látek je v „mad honey“ nejvíce zastoupen poslední zmíněný, tedy GTX III (Boukraâ 2016; Kromerová & Bencko 2018).

Toxicita GTX je dána schopností těchto látek vázat se na sodíkové kanály buněčných membrán, čímž je inaktivován jejich akční potenciál. To vede k nepřetržité depolarizaci membrán, což negativně ovlivňuje zejména činnost nervového systému, srdce a kosterních svalů (Kromerová & Bencko 2018; Yan et al. 2022). Úroveň intoxikace se odvíjí od množství zkonsumovaného „mad honey“ a koncentrace GTX v něm obsažené. Nelze tedy přesně říci, jaké množství „mad honey“ je škodlivé. Důvodem je, že obsah GTX v medu je velmi variabilní, a to i v případě, že med pochází ze stejného druhu rostliny. Koncentrace GTX v „mad honey“ se odvíjí především od sezonních klimatických podmínek a zralosti tohoto druhu medu (Šramková & Kačániová 2020; Yan et al. 2022). V některých medech z černomořské oblasti tak bylo detekováno různé množství GTX, a to například 2–16 mg/kg (Yan et al. 2022), nebo dokonce až 74 mg/kg medu (BfR 2023). V závislosti na přijaté dávce se pak symptomy otravy GTX objevují buď do několika minut, nebo do dvou a více hodin. Mezi hlavní příznaky intoxikace patří zpomalení srdečního tepu a pokles krevního tlaku. Dalšími příznaky jsou: závrať, slabost, nauzea, zvracení nebo nadměrné slinění (Lucatello et al. 2022).

Nejčastěji jsou otravy po požití „mad honey“ hlášeny z Turecka. Případy intoxikace se však několikrát objevily i v Německu a Rakousku, kde poptávka po těchto medech narůstá (Šramková & Kačániová 2020; BfR 2023). Podle BfR bylo od roku 2010 zaznamenáno nejméně pět případů otrav GTX. Například byl zaznamenán případ muže, který se otrávil po konzumaci dvou polévkových lžic „mad honey“. Koncentrace GTX III v medu, který muž zkonsumoval, byla vysoká, a to sice 54 mg/kg. Rovněž i v roce 2019 byl hlášen případ muže, u kterého se po konzumaci medu z oblasti Černého moře objevily příznaky typické pro otravu GTX.

V Německu tak bylo Spolkovým úřadem pro hodnocení rizik vydáno doporučení, aby lidé rododendronové medy zejména z černomořské oblasti nekonzumovali (BfR 2023).



Obrázek 5 vzorec GTX III (Šramková & Kačániová 2020)

3.7.1.2 Pyrolizidinové alkaloidy

Pyrolizidinové alkaloidy (PA) představují nejméně 600 různých sekundárních metabolitů, které jsou obsaženy přibližně ve 3 % kvetoucích rostlin (Kromerová & Bencko 2018; Yan et al. 2022). Hlavními zdroji PA jsou rostliny z čeledi *Asteraceae* (*Senecio* spp., *Eupatorium* spp.), *Boraginaceae*, *Apocynaceae* a *Fabaceae* (*Crotalaria* spp.) (Brugnerotto et al. 2021; Yan et al. 2022). Chemicky jsou PA tvořeny estery necinové kyseliny a hydroxylovaných methylpyrolizidinů. Mohou být přítomny ve formě terciárních bází nebo N-oxidů pyrolizidinových alkaloidů (PANO). Nejrizikovější jsou 1,2-nenasycené PA, které mohou být v játrech metabolizovány za vzniku hepatotoxických produktů (Brugnerotto et al. 2021). U těchto sloučenin byly pozorovány také pneumotoxické, genotoxické a karcinogenní účinky (Fuente-Ballesteros et al. 2024).

S ohledem na možné zdravotní riziko byl a je obsah PA v medech středem zájmu mnoha studií. U některých jihoamerických medů byla naměřena vysoká koncentrace PA, a to až 423 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Valese et al. 2016). Autory Kowalczykem et al. (2018) byla zjištěna přítomnost PA u 68 % z hodnocených polských medů ($n=40$), přičemž koncentrace těchto látek se v pozitivních vzorcích pohybovala v rozmezí 1,0–20,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. U medů prodávaných v německé tržní síti byly PA detekovány ve všech vzorcích, a to v rozmezí 6,1–15,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Bodi et al. 2014). EFSA ve svém stanovisku z roku 2011 zhodnotila 1 324 vzorků medů z maloobchodu. Počet PA na jeden vzorek byl v rozmezí 8 až 19, přičemž celková koncentrace PA se pohybovala v rozmezí 14,5–27,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (EFSA 2011; Kromerová & Bencko 2018). Ve smíšených medech původem z EU a mimo EU byla naměřena nízká koncentrace PA, a to okolo 17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Celano et al. 2019). Nejčastěji byly v medech detekovány sloučeniny jako echimidin, lykopsamin, clivorin, indicin, retrorsin a senecionin (Bodi et al. 2014; Valese et al. 2016; Kowalczyk et al. 2018; Celano et al. 2019; Brugnerotto et al. 2021).

Variabilita v koncentraci a ve složení PA je závislá na botanickém a geografickém původu medu. V medech pocházejících ze Střední a Jižní Ameriky, Austrálie a Nového Zélandu lze předpokládat vyšší množství PA než v medech evropských. Přestože jihoamerické medy jsou do Evropy velmi často dováženy, riziko zvýšeného příjmu PA se snižuje tím, že se tyto medy povětšinou do spotřebitelských balení míchají s medy z jiných zdrojů, například s medy

středoevropskými (Bodi et al. 2014; Kromerová & Bencko 2018). Podle prohlášení organizace EFSA není konzumace medů prodávaných v Evropě pro konzumenty riziková, protože obsažené množství PA lze považovat za bezpečné (EFSA 2011; EFSA 2017). Za rizikovější potraviny jsou považovány jiné produkty, a to sice pyl, doplňky stravy na bázi pylu či bylinné čajové směsi (EFSA 2017; Fuente-Ballesteros et al. 2024). U těchto produktů jsou již stanoveny maximálně přípustné limity pro obsah PA (Fuente-Ballesteros et al. 2024).

3.7.2 Zdravotní rizika spojená s hydroxymethylfurfurelem

Vliv HMF na lidské zdraví je diskutovanou problematikou. HMF může být v organismu přeměňován na 5-sulfomethylfurfural a 5-chloromethylfurfural, což jsou sloučeniny, které působí toxicky a mutageně. HMF je také spojován s poklesem hladiny glutathionu, hepatorenální toxicitou, neoplastickými změnami a karcinogenními účinky. Tato látka také působí jako inhibitor některých enzymů (Shapla et al. 2018; Aljahdali & Carbonero 2019; Surma et al. 2023). Některými studiemi je dále naznačen i možný negativní vliv HMF na střevní mikrobiotu (Aljahdali & Carbonero 2019).

Koncentrace HMF, která by byla pro člověka toxická, není doposud objasněna. Při denním příjmu HMF v rozmezí 80–100 mg na 1 kilogram tělesné hmotnosti nebyly podle preklinických studií pozorovány žádné toxické účinky (Shapla et al. 2018). Některými studiemi je také udáváno, že HMF může vykazovat i antioxidační a protizánětlivé účinky (Kitts et al. 2012; Zhao et al. 2013).

HMF je zastoupen v mnoha tepelně ošetřených potravinách, jako jsou například káva, sušenky, chléb, tmavé pivo, mléko nebo sušené ovoce, a to většinou ve vyšším množství, než je limitováno v medu (tj. 40 mg/kg). Konkrétně v sušeném ovoci je obsah vyšší než 1 g/kg a v instantní kávě může jeho koncentrace dosahovat hodnot až 6,2 g/kg (Shapla et al. 2018).

Negativní působení HMF je potvrzeno u včel. U nich tato sloučenina způsobuje oslabení, úplavici a při vysokých dávkách i smrt. Pro včely je toxická dávka 200 mg/kg krmiva, a proto není vhodné včely přikrmovat sirupy, u nichž si včelař není jist kvalitou (EFSA 2022).

3.7.3 Zdravotní rizika spojená s α -dikarboxylovými sloučeninami

α -Dikarboxylové sloučeniny jsou velmi reaktivní látky, které mohou mít na lidský organismus jak pozitivní, tak i nepříznivý vliv. Látky jako methylglyoxal a glyoxal jsou známé svými příznivými antimikrobiálními a antiseptickými účinky. Jejich přirozeně vyšší obsah je tak v případě manukových medů vnímán kladně (Henatsch et al. 2018; Bučeková et al. 2020; Kukurová et al. 2022). U jiných α -DC však antimikrobiální účinky pozorovány nebyly, a to ani v případě 3-DG, který je povětšinou nejvíce zastoupenou α -DC, a to jak v medech manukových, tak nemanukových (Henatsch et al. 2018).

V literatuře jsou ale především α -DC dávány do souvislosti se vznikem karboxylového a oxidačního stresu. Tyto sloučeniny jsou také prekurzory produktů pokročilé glykace (advanced glycation endproducts, AGEs). AGEs jsou látky, které v lidském organismu vznikají neenzymatickou glykací, a jejich vyšší obsah je považován za nežádoucí. AGEs jsou nejspíše jednou z příčin zánětů a jejich nadměrná koncentrace v organismu je také spojována s metabolickými onemocněními, jako je například diabetes mellitus 2. typu. Dále mohou způsobovat komplikace při neurodegenerativních onemocněních a hrát roli v patogenezi

aterosklerózy. Jsou také dávány do souvislosti s Alzheimerovou chorobou (Kalousová & Zima 2014; Çintesun et al. 2021; Cejpek et al. 2023; Průšová et al. 2023).

AGEs jsou schopny modifikovat proteiny a měnit tak jejich chemické a fyzikální vlastnosti. Dále také působí prostřednictvím receptorů. K AGEs jsou řazeny sloučeniny, jako jsou například karboxymethyllysin, pentozin, methylglyoxal-lysin dimer, vesperlysin nebo imidazoly (Kalousová & Zima 2014; Çintesun et al. 2021).

Obdobně jako HMF, tak také α -DC jsou kromě medů obsaženy v mnoha dalších běžně konzumovaných potravinách, jak je uvedeno v tabulce 6. Obsah α -DC v potravinách je zkoumán, ovšem prozatím není známo, jaké expozici je člověk ze stravy vystaven a do jaké míry přispívá dietární příjem α -DC k výše uvedeným onemocněním (Maasen et al. 2021). Studie zabývající se touto problematikou se prozatím svými závěry různí, ale spíše se přiklání ke stanovisku, že vysoký obsah α -DC v potravinách je nežádoucí (Maasen et al. 2021; Cejpek et al. 2023).

Tabulka 6 Průměrné zastoupení α -DC ve vybraných potravinách (Maasen et al. 2021, upraveno)

Potravina	MGO (mg/kg)	GO (mg/kg)	3-DG (mg/kg)
Med smíšený	6,1 ± 0,1	7,7 ± 0,2	274,0 ± 9,4
*Med manukový UMF 12+	25,0 ± 1,1	9,0 ± 0,6	490,0 ± 62,0
*Med manukový UMF 30+	112,0 ± 3,5	16,0 ± 0,9	583,0 ± 9,2
Tyčinka Snickers	5,2 ± 1,3	8,7 ± 0,9	403,0 ± 83,0
Rozinky	9,3 ± 1,1	14,0 ± 0,7	2990,0 ± 399,0
Cukrový sirup	7,7 ± 0,1	31,0 ± 0,0	330,0 ± 56,0
Granola	7,8 ± 0,2	6,6 ± 0,2	71,0 ± 9,4
Sójová omáčka	5,0 ± 0,0	11,0 ± 0,1	52,0 ± 0,4
Chléb	2,3 ± 0,7	1,5 ± 0,4	2,4 ± 0,7

*Pozn.: UMF 12+; UMF 30+ vyjadřuje antimikrobiální potenciál manukového medu

3.7.4 Alergie na med

Alergie na med je vzácná. Odhaduje se, že postihuje méně než 0,001 % populace, tedy do 10 lidí z milionu (Burzyńska & Piasecka-Kwiatkowska 2021).

Symptomy alergické reakce na med mohou být různé, od neutichajícího kašle až po anafylaxi, která může být doprovázena kopřivkou, otokem rtů nebo angioedémem (Bogdanov et al. 2008; Aguiar et al. 2017; Burzyńska & Piasecka-Kwiatkowska 2021).

Alergenními složkami medu jsou některé proteiny, které mohou pocházet jak z pylu, tak nejspíše i ze slinných a z hypofaryngeálních žláz včel (Burzyńska & Piasecka-Kwiatkowska 2021). Alergická reakce se objevuje po požití medu samotného, nebo po konzumaci výrobků obsahujících med. U velmi citlivých osob způsobuje i stopové množství medu obtíže, jak je uvedeno ve studii Aguiara et al. (2017). V práci je popsána anafylaxe u ženy, která nechtěně zkonzumovala nepatrné množství medu ulpělého na lžičce.

U některých osob je alergie na med spojena i s alergií na pyl. Konkrétní případ je uveden studií, kterou provedli autoři Di Costanzo et al. (2021). Tou byl zdokumentován případ anafylaxe u dítěte v předškolním věku. První příznaky alergické reakce se objevily po 30 minutách od konzumace tepelně neupraveného pokrmu s medem a byly dány do souvislosti právě s obsahem pylových zrn, konkrétně původem z čeledi hvězdnicovité, na které bylo dítě senzitivní.

Též je popisován vzájemný vztah mezi alergií na med a alergií na včelí jed, který se do organismu dostane při včelím bodnutí (Burzyńska & Piasecka-Kwiatkowska 2021). Alergie na včelí jed je mnohem častější než alergická reakce na med. Obecně se uvádí, že na jed blanokřídlého hmyzu (tj. včel, vos, sršňů a čmeláků) je senzitivních 27–40 % dospělých. Složkami včelího jedu působícími alergenně jsou enzymy a glykoproteiny. Dvanáct z nich je zařazeno k alergenům v nomenklatuře WHO/IUIS (Erban et al. 2019; Burzyńska & Piasecka-Kwiatkowska 2021).

Dle poznatků se osm z těchto registrovaných alergenních frakcí může v malém množství nacházet i v medu. Konkrétně byla v medu detekována fosfolipáza A, icarapin, hyaluronidáza, kyselá fosfatáza, secapin, MRJP 9, melitin a vitellogenin (Erban et al. 2019). Tato skutečnost by mohla vysvětlit, proč jsou lidé, kteří jsou alergičtí na včelí jed, citliví i na konzumaci medu. Díky přítomnosti těchto látek je diskutováno i možné využití medu v imunoterapii (Burzyńska & Piasecka-Kwiatkowska 2021).

4 Závěr

Med je komplexním produktem, jehož majoritní podíl je tvořen monosacharidy glukózou a fruktózou. V malém množství jsou v medu obsaženy i další složky, jako jsou například enzymy, bílkoviny, organické kyseliny, polyfenoly, minerální látky, vitaminy, pigmenty a těžké sloučeniny. Některé z minoritně zastoupených látek mohou ovlivňovat fyzikálně-chemické a sensorické vlastnosti medu.

Z výživového hlediska je med především zdrojem monosacharidů a energie. U některých medů je poměrně zajímavý obsah polyfenolů, a tak by med s přihlédnutím k jeho průměrnému dennímu zkonsumovanému množství mohl být považován za vhodný doplněk a zpestření vyvážené stravy. Zevní aplikace lékařského medu může být samostatnou či doplňující terapií při léčbě ran, popálenin a dalších kožních problémů, nicméně skutečný přínos konzumace medu v rámci standardní léčby není dostatečně vědecky podložen.

Med lze považovat za bezpečnou potravinu. Obsah látek, které by pro člověka mohly být potenciálně rizikové (hydroxymethylfurfural a pyrolizidinové alkaloidy), nedosahuje škodlivých dávek, navíc jejich vyšší expozici je člověk vystavován z jiných potravin. Otázkou je koncentrace α -dikarboxylových sloučenin, jejichž vliv na organismus je v současné době předmětem studií. Jejich obsah v medu může být sice vysoký, ale s ohledem na průměrný denní příjem medu nejspíše nebude pro člověka představovat nebezpečí. Zdravotní riziko však může představovat konzumace medů označovaných jako „mad honey“, které jsou produkovány v černomořské oblasti. Při jejich koupi je tedy na místě opatrnost.

Dle platné legislativy musí med, který je uváděn na trh, splňovat osm parametrů kvality. Jak ale naznačují některé studie, některé ze stanovených parametrů nemusí být pro zajištění kvality medu dostatečné. Do jisté míry za nedostatečné lze považovat stanovení aktivity diastázy a obsahu hydroxymethylfurfuralu, které nemusí vždy zcela reflektovat tepelné namáhání a stáří medu. Dle studií jsou senzitivnějšími parametry aktivita invertázy a glukózooxidázy. Využití aktivity glukózooxidázy jakožto kvalitativního parametru je však limitováno skutečností, že aktivita tohoto enzymu je silně ovlivněna botanickým původem medu. Včasnějším markerem kvality medu by mohly být α -dikarboxylové sloučeniny, jejichž koncentrace významně roste již při mírnějším záhřevu. Stanovení koncentrace α -dikarboxylových sloučenin by tak mohlo napomoci odhalit dodatečnou dehydrataci medu. Diskutována je také relevance těchto sloučenin jakožto indikátorů čerstvosti medu. Prozatím však neexistuje dostatek studií, které by vhodnost parametru potvrdily, a proto je vhodné se problematikou dále zabývat.

Kromě obsahu vody může o trvanlivosti medů vypovídat i aktivita vody, jejíž stanovení by mohlo být doplňujícím parametrem kvality. Vhodným a včasnějším indikátorem fermentace medu se zdá být obsah glycerolu, a tak by jeho analýza mohla doprovázet stanovení volné kyselosti.

5 Literatura

1. Abramovič H, Jamnik M, Burkan L, Kač M. 2008. Water activity and water content in Slovenian honeys. *Food Control* **19**:1086-1090.
2. Abuelgasim H, Albury C, Lee J. 2021. Effectiveness of honey for symptomatic relief in upper respiratory tract infections: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Evidence-Based Medicine* **26**:57-64.
3. Aguiar R, Duarte F, Mendes A, Bartolomé B, Barbosa M. 2017. Anaphylaxis caused by honey: a case report. *Asia Pacific Allergy* **7**:48-50.
4. Alaerjani WMA, et al. 2022. Biochemical reactions and their biological contributions in Honey. *Molecules* (e4719) DOI: 10.3390/molecules27154719.
5. Aljahdali N, Carbonero F. 2019. Impact of Maillard reaction products on nutrition and health: Current knowledge and need to understand their fate in the human digestive system. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **59**:474-487.
6. Amariei S, Norocel L, Scripcă LA. 2020. An innovative method for preventing honey crystallization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (e102481) DOI: 10.1016/j.ifset.2020.102481.
7. Aparna AR, Rajalakshmi D. 1999. Honey – Its characteristics, sensory aspects, and applications. *Food Reviews International* **15**:455-471.
8. Ayazi P, Mahyar A, Yousef-Zanjani M, Allami A, Esmailzadehha N, Beyhaghi T. 2017. Comparison of the effect of two kinds of iranian honey and diphenhydramine on nocturnal cough and the sleep quality in coughing children and their parents. *PLoS ONE* (e70277) DOI: 10.1371/journal.pone.0170277.
9. Babarinde GO, Babarinde SA, Adegbola DO, Ajayeoba SI. 2011. Effects of harvesting methods on physicochemical and microbial qualities of honey. *Journal of Food Science and Technology* **48**:628-634.
10. Baglio E. 2018. *Chemistry and Technology of Honey Production*. Springer International Publishing, Switzerland.
11. Becerril-Sánchez AL, Quintero-Salazar B, Dublán-García O, Escalona-Buendía HB. 2021. Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants* (e1700) DOI: 10.3390/antiox10111700.
12. BfR. German Federal Institute for Risk Assessment. 2023. Selected Questions & Answers on Grayanotoxins in Honey. German Federal Institute for Risk Assessment. Available from <https://www.bfr.bund.de/cm/349/selected-questions-and-answers-on-grayanotoxins-in-honey.pdf> (accessed February 2024).
13. Bittner L, Titěra D, Urban M, Grill R, Heráček J, Novotný T, Otava Z. 2006. Použití medu při léčbě infikovaných ran. *Urologie pro praxi* **6**:274-275.

14. Bodi D, Ronczka S, Gottschalk C, Behr N, Skibba A, Wagner M, Lahrssen-Wiederholt M, Preiss-Weigert A, Anja T. 2014. Determination of pyrrolizidine alkaloids in tea, herbal drugs and honey. *Food Additives and Contaminants – Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment* **31**:1886-1895.
15. Bogdanov S, et al. 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie* **28**:1-59.
16. Bogdanov S, Martin P. 2002. Honey authenticity: a Review. *Mitt. Geb. Lebensmittelunters Hyg.* **93**:232-254.
17. Bogdanov S, Ruoff K, Persano Oddo L. 2004. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie* **35**:4-17.
18. Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, Gallmann P. 2008. Honey for Nutrition and Health: A Review. *Journal of the American College of Nutrition* **27**:677-689.
19. Bogdanov S. 2011. *The Book of Honey*. Bee-Hexagon. Available from <https://www.bee-hexagon.net/english/bee-products/downloads-honey-book/> (accessed September 2023).
20. Boukraâ L. 2016. *Honey in Traditional and Modern Medicine*. CRC Press, Boca Raton.
21. Brudzynski K. 2021. Honey as an ecological reservoir of antibacterial compounds produced by antagonistic microbial interactions in plant nectars, honey and honey bee. *Antibiotics* (e551) DOI: 10.3390/antibiotics10050551.
22. Brudzynski K. 2023. Unexpected Value of Honey Color for Prediction of a Non-Enzymatic H₂O₂ Production and Honey Antibacterial Activity: A Perspective. *Metabolites* (e526) DOI: 10.3390/metabo13040526.
23. Brugnerotto P, Seraglio SKT, Schulz M, Gonzaga LV, Fett R, Costa ACO. 2021. Pyrrolizidine alkaloids and beehive products: A review. *Food Chemistry* (e128384) DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128384.
24. Bučková M, Juričová V, Monton E, Martinotti S, Ranzato E, Majtán J. 2018. Microwave processing of honey negatively affects honey antibacterial activity by inactivation of bee-derived glucose oxidase and defensin-1. *Food Chemistry* **240**:1131-1136.
25. Bučková M, Bugarová V, Godočíková J, Majtán J. 2020. Demanding new honey qualitative standard based on antibacterial activity. *Foods* (e1263) DOI: 10.3390/foods9091263.
26. Bučková M, Godočíková J, Kohutová L, Danchenko M, Barath P, Majtán J. 2023. Antibacterial activity and bee-derived protein content of honey as important and suitable complementary tools for the assessment of honey quality. *Journal of Food Composition and Analysis* (e105610) DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105610.
27. Burzyńska M, Piasecka-Kwiatkowska D. 2021. A review of honeybee venom allergens and allergenicity. *International Journal of Molecular Sciences* (e8371) DOI: 10.3390/ijms22168371.

28. Carnevali I, La Paglia R, Pauletto L, Raso F, Testa M, Mannucci C, Sorbara EE, Calapai G. 2021. Efficacy and safety of the syrup “KalobaTUSS®” as a treatment for cough in children: a randomized, double blind, placebo-controlled clinical trial. *BMC Pediatrics* **21**:1-9.
29. Castro-Vázquez L, Díaz-Maroto MC, Pérez-Coello MS. 2007. Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys. *Food Chemistry* **103**:601-606.
30. Chua LS, Lee JY, Chan GF. 2013. Honey protein extraction and determination by mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **405**:3063-3074.
31. Çintesun EE, Tanyıldız SN, Yıldırım H, Mızrak ÖF, Yaman M. 2021. Investigation of the α -dicarbonyl compounds in some snack foods by HPLC using precolumn derivatization with 4-Nitro-1,2-Phenylenediamine. *Biointerface Research in Applied Chemistry* **12**:2242-2250.
32. Čejpek K, Šírová A, Tobiška V, Průšová A, Procházková Z. 2023. Jak vznikají reaktivní karbonylové sloučeniny z oligosacharidů. Pages 39-43 in Čejpek K, editor. 51. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Ústav analýzy potravin a výživy VŠCHT & Výzkumný ústav potravinářský, Praha.
33. Celano R, Piccinelli A, Campone L, Russo M, Rastrelli L. 2019. Determination of selected pyrrolizidine alkaloids in honey by dispersive liquid-liquid microextraction and ultrahigh-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **67**:8689-8699.
34. Cohen HA, Rozen J, Kristal H, Laks Y, Berkovitch M, Uziel Y, Kozler E, Pomeranz A, Efrat H. 2012. Effect of honey on nocturnal cough and sleep quality: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Pediatrics* **130**:465-471.
35. Di Costanzo M, De Paulis N, Peveri S, Montagni M, Berni Canani R, Biasucci G. 2021. Anaphylaxis caused by artisanal honey in a child: a case report. *Journal of Medical Case Reports* (e235) DOI: 10.1186/s13256-021-02823-4.
36. Council of the EU. 2024. Breakfast directives: Council and Parliament strike deal to improve consumer information for honey, fruit jams and fruit juices. Council of the EU. Available from <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6468-2024-INIT/en/pdf> (accessed February 2024).
37. Czipa N, Phillips CJC, Kovács B. 2019. Composition of acacia honeys following processing, storage and adulteration. *Journal of Food Science and Technology* **56**:1245-1255.
38. Český svaz včelařů. 1999. Norma jakosti č. ČSV 1/1999. Český svaz včelařů. Available from https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/prilohy/smernice_med_CSV.pdf (accessed February 2024).
39. Čížková H, Titěra D, Hrabec P, Pospiech M. 2022. Nine-year statistics of Czech honey carbohydrate profiles in the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences* **40**:85-92.

40. Dimiņš F, Kūka P, Kūka M, Čakste I. 2006. The Criteria of Honey Quality and Its Changes during Storage and Thermal Treatment. *LLU Raksti* **16**:73-78.
41. Džugan M, Grabek-Lejko D, Swacha S, Tomczyk M, Bednarska S, Kapusta I. 2020. Physicochemical quality parameters, antibacterial properties and cellular antioxidant activity of Polish buckwheat honey. *Food Bioscience* (e100538) DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100538.
42. EFSA. 2011. Scientific Opinion on Pyrrolizidine alkaloids in food and feed. *EFSA Journal* (e2406) DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2406.
43. EFSA. 2017. Statement on the risks for human health related to the presence of pyrrolizidine alkaloids in honey, tea, herbal infusions and food supplements. *EFSA Journal* (e4908) DOI: 10.2903/j.efsa.2017.4908.
44. EFSA. 2022. Scientific Opinion on the evaluation of the risks for animal health related to the presence of hydroxymethylfurfural (HMF) in feed for honey bees. *EFSA Journal* (e7227) DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7227.
45. Erban T, Shcherbachenko E, Talacko P, Harant K. 2019. The Unique Protein Composition of Honey Revealed by Comprehensive Proteomic Analysis: Allergens, Venom-like Proteins, Antibacterial Properties, Royal Jelly Proteins, Serine Proteases, and Their Inhibitors. *Journal of Natural Products* **82**:1217-1226.
46. Evropský parlament, Rada Evropské unie. 2018. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/848 ze dne 30. května 2018 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení Rady (ES) č. 834/2007. Pages 1-92 in *Úřední věstník Evropské unie*, Brusel.
47. Fallico B, Arena E, Zappala M. 2008. Degradation of 5-hydroxymethylfurfural in honey. *Journal of Food Science* **73**:625-31.
48. Farkasovská J, Bugarová V, Godočíková J, Majtán V, Majtán J. 2019. The role of hydrogen peroxide in the antibacterial activity of different floral honeys. *European Food Research and Technology* **245**:2739-2744.
49. Flanjak I, Kenjerić D, Strelec I, Rajs BB, Primorac L. 2022. Effect of processing and storage on sage (*Salvia officinalis* L.) honey quality. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* (e3375) DOI: 10.55251/jmbfs.3375.
50. Francini A, Sebastiani L. 2013. Phenolic Compounds in Apple (*Malus x domestica* Borkh.): Compounds Characterization and Stability during Postharvest and after Processing. *Antioxidants* **2**:181-193.
51. Fratianni F, Ombra MN, d'Acierno A, Caputo L, Amato G, De Feo V, Coppola R, Nazzaro F. 2021. Polyphenols Content and In Vitro α -Glycosidase Activity of Different Italian Monofloral Honeys, and Their Effect on Selected Pathogenic and Probiotic Bacteria. *Microorganisms* (e1694) DOI: 10.3390/microorganisms9081694.

52. Fuente-Ballesteros A, Brabenec O, Tsagkaris AS, Ares AM, Hajšlová J, Bernal J. 2024. Comprehensive overview of the analytical methods for determining pyrrolizidine alkaloids and their derived oxides in foods. *Journal of Food Composition and Analysis* (e105758) DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105758.
53. Gośliński M, Nowak D, Mindykowski R, Kulewski W, Popławski C. 2024. Application of Manuka honey in treatment patients with GERD. *Food Science and Nutrition* **12**:172-179.
54. Grégrová A, Kružík V, Vrácovská E, Rajchl A, Čížková H. 2015. Evaluation of factors affecting crystallization of disparate set of multi-flower honey samples. *Agronomy Research* **13**:1215-1226.
55. Grégrová A, Kružík V, Nguyen TQN, Pospiech M, Javůrková Z, Titěra D, Čížková H. 2021. Vybrané těkavé markery českých řepkových a lipových medů. *Chemické listy* **115**:524-529.
56. Halouzka R, Tarkowski P, Zeljkovic SĆ. 2016. Characterisation of Phenolics and other Quality Parameters of Different Types of Honey. *Czech Journal of Food Sciences* **34**:244-253.
57. Haouam L, Dailly H, Tahar A. 2019. The quality of honeys influenced by the traditional heating method. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* **8**:1276-1280.
58. Henatsch D, den Hartog GJM, Duijvestijn AM, Wolffs PF, Phielix E, Stokroos RJ, Briedé JJ. 2018. The contribution of α -dicarbonyl compound dependent radical formation to the antiseptic effect of honey. *Journal of Functional Foods* **45**:239-246.
59. Jodidio M, Schwartz RA. 2023. Honey therapies for dermatological disorders: more than just a sweet elixir. *International Journal of Dermatology* **63**:422-430.
60. Kačániová M, Borotová P, Galovičová L, Kunová S, Štefániková J, Kowalczewski PŁ, Šedík P. 2022. Antimicrobial and antioxidant activity of different honey samples from beekeepers and commercial producers. *Antibiotics* (e1163) DOI: 10.3390/antibiotics11091163.
61. Kalousová M, Zima T. 2014. AGEs a RAGE – konečné produkty pokročilé glykace a jejich receptor v otázkách a odpovědích. *Vnitřní lékařství* **60**:720-724.
62. Kamler F. 2019. Máte problém s „cementovým“ medem? *Včelařství* **72**:301.
63. Kamler F. 2022. Správná praxe v chovu včel. 4., doplněné vydání. Certifikovaná metodika Ministerstva zemědělství ČR. Výzkumný ústav včelařský, Dol.
64. Kędzierska-Matyssek M, Florek M, Wolanciuk A, Skalecki P, Litwińczuk A. 2016. Characterisation of viscosity, colour, 5-hydroxymethylfurfural content and diastase activity in raw rape honey (*Brassica napus*) at different temperatures. *Journal of Food Science and Technology* **53**:2092-2098.

65. Kędzińska-Matysek M, Stryjecka M, Teter A, Skąlecki P, Domaradzki P, Florek M. 2021. Relationships between the content of phenolic compounds and the antioxidant activity of polish honey varieties as a tool for botanical discrimination. *Molecules* (e1810) DOI: 10.3390/molecules26061810.
66. Khalil MI, Gan SH, Goh BH. 2023. *Honey: Composition and Health Benefits*. John Wiley & Sons, Hoboken.
67. Kitts DD, Chen XM, Jing H. 2012. Demonstration of antioxidant and anti-inflammatory bioactivities from sugar–amino acid Maillard reaction products. *Journal of agricultural and food chemistry* **60**:6718-6727.
68. Kivrak I. 2015. Free amino acid profiles of 17 Turkish unifloral honeys. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies* **38**:855-862.
69. Kocadağlı T, Gökmen V. 2018. Caramelization in foods: A food quality and safety perspective. Pages 18-29 in Varelis P, Melton L, Shahidi F, editors. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier, Amsterdam.
70. Kolaylı S, Boukraâ L, Sahin H, Abdellah F. 2013. Sugars in Honey. Pages 3-15 in Preedy VR, editor. *Dietary Sugars*. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
71. Kortseniemi M, Rosenvald S, Laaksonen O, Vanag A, Ollikka T, Vene K, Yang B. 2018. Sensory and chemical profiles of Finnish honeys of different botanical origins and consumer preferences. *Food Chemistry* **246**:351-359.
72. Kowalski S, Lukasiewicz M, Bednarz S, Panus M. 2012. Diastase number changes during thermal and microwave processing of honey. *Czech Journal of Food Sciences* **30**:21-26.
73. Kowalski S, Lukasiewicz M. 2017. Diastase and invertase activity changes and 5-hydroxymethyl-2-furfural formation in honeys under influence of microwave irradiation. *Journal of Food Process Engineering* (e12410) DOI: 10.1111/JFPE.12410.
74. Kowalczyk E, Sieradzki Z, Kwiatek K. 2018. Determination of Pyrrolizidine Alkaloids in Honey with Sensitive Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method. *Food Analytical Methods* **11**:1345-1355.
75. Kromerová K, Bencko V. 2018. Vybrané rastlinné toxíny v mede a ich účinky na zdravie. *Hygiena* **63**:50-53.
76. Kružík V, Grégrová A, Rajchl A, Čížková H. 2017. Study on honey quality evaluation and detection of adulteration by analysis of volatile compounds. *Journal of Apicultural Science* **61**:17-27.
77. Kružík V, Grégrová A, Titěra D, Pospiech M, Čížková H. 2020. Charakterizace medu vyprodukovaného v České republice. *Výživa a potraviny* **5**:132-136.
78. Kukurová K, et al. 2022. Nové přístupy v hodnocení kvality medu: HMF a dikarboonylové zlučeny. *Trendy v potravinářství* **27**:40-41.

79. Kukurová K, et al. 2023. Qualitative parameters of monofloral honey from Slovakia and Austria and the role of water activity. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* (e9938) DOI: 10.55251/jmbfs.9938.
80. Lachman J, Orsák M, Hejtmánková A, Kovářová E. 2010. Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *LWT* **43**:52-58.
81. Lazarević KB, Jovetić MS, Tešić ŽL. 2017. Physicochemical parameters as a tool for the assessment of origin of honey. *Journal of AOAC International* **100**:840-851.
82. Lucatello L, Piana L, Fasolato L, Francesca C. 2022. A multivariate statistical approach to identify the factors influencing the grayanotoxin content of Italian *Rhododendron* honey. *Food Control* (e108881) DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.108881.
83. Maasen K, Scheijen JLJM, Opperhuizen A, Stehouwer CDA, Van Greevenbroek MM, Schalkwijk CG. 2021. Quantification of dicarbonyl compounds in commonly consumed foods and drinks; presentation of a food composition database for dicarbonyls. *Food Chemistry* (e128063) DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128063.
84. Machado De-Melo AA, de Almeida-Muradian LB, Sancho MT, Pascual-Maté A. 2018. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research* **57**:5-37.
85. Majtán J, Bučeková M, Kafantaris I, Szweda P, Hammer K, Mossialos D. 2021. Honey antibacterial activity: A neglected aspect of honey quality assurance as functional food. *Trends in Food Science and Technology* **118**:870-886.
86. Malec M, Morawski M, Niezgoda-Żelasko B. 2021. Heat and mass transfer in a honey dehydrator with closed air circulation. *Food and Bioproducts Processing* **125**:113-125.
87. Mărgăoan R, Topal E, Balkanska R, Yücel B, Oravec T, Cornea-Cipcigan M, Vodnar DC. 2021. Monofloral honeys as a potential source of natural antioxidants, minerals and medicine. *Antioxidants* (e1023) DOI: 10.3390/antiox10071023.
88. Miłek M, Bocian A, Kleczyńska E, Sowa P, Dżugan M. 2021. The comparison of physicochemical parameters, antioxidant activity and proteins for the raw local polish honeys and imported honey blends. *Molecules* (e2423) DOI: 10.3390/molecules26092423.
89. Ministerstvo zemědělství. 2003. Vyhláška č. 76 ze dne 27. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. Pages 2470-2487 in *Sbírka zákonů České republiky, 2003, částka 32*. Česká republika.
90. Morawski M, Malec M, Niezgoda-Żelasko B. 2022. Effective condensing dehumidification in a rotary-spray honey dehydrator. *Energies* (e10100) DOI: 10.3390/en15010100.
91. Muli E, Munguti A, Raina SK. 2007. Quality of Honey Harvested and Processed Using Traditional Methods in Rural Areas of Kenya. *Acta Veterinaria Brno* **76**:315-320.

92. Nair HKR, Tatavilis N, Pospíšilová I, Kučerová J, Cremers NAJ. 2020. Medical-grade honey kills antibiotic-resistant bacteria and prevents amputation in diabetics with infected ulcers: A prospective case series. *Antibiotics* (e0529) DOI: 10.3390/antibiotics9090529.
93. Olaitan PB, Adeleke OE, Ola IO. 2007. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. *African health sciences* **7**:159-165.
94. Paul IM, Beiler J, McMonagle A, Shaffer ML, Duda L, Berlin CM. 2007. Effect of honey, dextromethorphan, and no treatment on nocturnal cough and sleep quality for coughing children and their parents. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine* **161**:1140-1146.
95. Persano Oddo L, Piazza MG, Pulcini P. 1999. Invertase activity in honey. *Apidologie* **30**:57-65.
96. Persano Oddo L, Piro R. 2004. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie* **35**:38-81.
97. Piana ML, Persano Oddo L, Bentabol A, Bruneau E, Bogdanov S, Guyot Declerck C. 2004. Sensory analysis applied to honey: state of the art. *Apidologie* **35**:26-37.
98. Průšová A, Šírová A, Tobiška V, Procházková Z, Cejpek K. 2023. Sledování maillardovy reakce v medu a výrobcích z medu. Pages 44-47 in Cejpek K, editor. 51. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Ústav analýzy potravin a výživy VŠCHT & Výzkumný ústav potravinářský, Praha.
99. Přidal A. 2013. Vlastnosti medu a jeho zkoušení na jakost a pravost. *Veterinářství* **63**:456-457.
100. Qu L, Li Y, Wang Y, Wu D, Ning F, Nie Z, Luo L. 2023. Rapid characterization of Maillard reaction products in heat-treated honey by nanoelectrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry* **419**:136010.
101. Radtke J, Lichtenberg-Kraag B. 2018. Long-term changes in naturally produced honey depending on processing and temperature. *Journal of Apicultural Research* **57**:615-626.
102. Rahman MM, Alam MN, Fatima N, Shahjalal HM, Gan SH, Khalil MI. 2017. Chemical composition and biological properties of aromatic compounds in honey: An overview. *Journal of Food Biochemistry* (e12405) DOI: 10.1111/jfbc.12405.
103. Russo N, Di Rosa AR, Pino A, Mazzeo G, Liotta L, Caggia C, Randazzo CL. 2023. Assessment of sensory properties and in vitro antimicrobial activity of monofloral Sicilian honey. *Food Bioscience* (e102449) DOI: 10.1016/j.fbio.2023.102449.
104. Sahin H, Kolayli S, Beykaya M. 2020. Investigation of Variations of Invertase and Glucose Oxidase Degrees against Heating and Timing Options in Raw Honeys. *Journal of Chemistry* (e8062) DOI: 10.1155/2020/5398062.
105. Sajtos Z, Ragyák ÁZ, Hódi F, Szigeti V, Baranyai E, Bellér G. 2024. Hydroxymethylfurfural content of old honey samples – Does the sticky treat really last forever? *LWT* (e115781) DOI: 10.1016/j.lwt.2024.115781.

106. Sanz S, Gradillas G, Jimeno F, Perez C, Juan T. 1995. Fermentation problem in spanish north-coast honey. *Journal of Food Protection* **58**:515-518.
107. Shadkam MN, Mozaffari-Khosravi H, Mozayan MR. 2010. A comparison of the effect of honey, dextromethorphan, and diphenhydramine on nightly cough and sleep quality in children and their parents. *Journal of Alternative and Complementary Medicine* **16**:787-793.
108. Shapla UM, Solayman M, Alam N, Khalil MI, Gan SH. 2018. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal* volume **12**:1-18.
109. da Silva PM, Gauche C, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R. 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* **196**:309-323.
110. Singh I, Singh S. 2018. Honey moisture reduction and its quality. *Journal of Food Science and Technology* **55**:3861-3871.
111. Skwarek P, Karwowska M. 2023. Fruit and vegetable processing by-products as functional meat product ingredients – a chance to improve the nutritional value. *LWT* (e115442) DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115442.
112. Smaropoulos E, Cremers NAJ. 2019. The pro-healing effects of medical grade honey supported by a pediatric case series. *Complementary Therapies in Medicine* **45**:14-18.
113. Snowdon JA, Cliver DO. 1996. Microorganisms in honey. *International Journal of Food Microbiology* **31**:1-26.
114. Surma MS, Sadowska-Rociek A, Draszanowska A. 2023. Levels of Contamination by Pesticide Residues, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), and 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) in Honeys Retailed in Europe. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **84**:165-178.
115. Šramková KF, Kačániová M. 2020. Selected toxicological aspects of honey. *Archives of Ecotoxicology* **2**:95-99.
116. Tappi S, Glicerina V, Ragni L, Dettori A, Romani S, Rocculi P. 2021. Physical and structural properties of honey crystallized by static and dynamic processes. *Journal of Food Engineering* (e110316) DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110316.
117. The Lancet. 2018. Does a spoonful of honey make the medicine go down? *Lancet* **392**: 712.
118. Thrasyvoulou A, Tananaki C, Goras G, Karazafiris E, Dimou M, Liolios V, Kanelis D, Gounari S. 2018. Legislation of honey criteria and standards. *Journal of Apicultural Research* **57**:88-96.
119. Tkáč M, Vorlová L, Borkovcová I, Golian J. 2022. Physicochemical and bioactive characterization of beekeeper and market honeys. *Emirates Journal of Food and Agriculture* **34**:268-278.
120. Tourneret E, de Saint Pierre S. 2022. *Cesty medu*. Nakladatelství Brázda, Praha.

121. Valachová I, Bučeková M, Majtán J. 2016. Quantification of bee-derived peptide defensin-1 in honey by competitive enzyme-linked immunosorbent assay, a new approach in honey quality control. *Czech Journal of Food Sciences* **34**:233-243.
122. Valese AC, Molognoni L, de Sá Plôencio LA, de Lima FG, Gonzaga LV, Górnaiak SL, Daguer H, Barreto F, Oliveira Costa AC. 2016. A fast and simple LC-ESI-MS/MS method for detecting pyrrolizidine alkaloids in honey with full validation and measurement uncertainty. *Food Control* **67**:183-191.
123. Veselý V, et al. 2003. *Včelařství*. Nakladatelství Brázda, Praha.
124. Vorlová L, Přidal A. 2002. Invertase and diastase activity in honeys of Czech provenience. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Sbornik Mendelovy Zemedelske a Lesnicke Mendelianae Brunensis* **50**:57-66.
125. Vořechovská M, Titěra D. 2021. Soutěž Český med 2021. *Včelařství* **6**:186-188.
126. Walker MJ, Cowen S, Gray K, Hancock P, Burns DT. 2022. Honey authenticity: the opacity of analytical reports – part 1 defining the problem. *Npj Science of Food* **6**:11.
127. Yan S, Sun M, Zhao L, Wang K, Fang X, Wu L, Xue X. 2019. Comparison of differences of α -dicarbonyl compounds between naturally matured and artificially heated acacia honey: Their application to determine honey quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **67**:12885-12894.
128. Yan S, Wang K, Al Naggar Y, Vander Heyden Y, Wu L, Xue X. 2022. Natural plant toxins in honey: An ignored threat to human health. *Journal of Hazardous Materials* (e127682) DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.127682.
129. Yang W, Zhang C, Li C, Huang ZY, Miao X. 2019. Pathway of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde formation in honey. *Journal of Food Science and Technology* **56**:2417-2425.
130. Yegge MA, Fauzi NAM, Talip BA, Jaafar MB, Othman MB, Yaacob M, Ilyas MA, Ngajikin NH. 2021. Reduction in moisture content of dehumidified and microwave-heated stingless bee (*Kelulut*) honey and its quality. *Materials Today: Proceedings* **42**:75-79.
131. Zábrodská B, Vorlová L. 2014. Adulteration of honey and available methods for detection – a review. *Acta Veterinaria Brno* **83**:85-102.
132. Závodná LS, Pospíšil JZ. 2016. Honey bee: a consumer's point of view. *Environmental & Socio-economic Studies* **4**:26-32.
133. Zhao L, Chen J, Su J, Li L, Hu S, Li B, Zhang X, Xu Z, Chen T. 2013. In vitro antioxidant and antiproliferative activities of 5-hydroxymethylfurfural. *Journal of agricultural and food chemistry* **61**:10604-10611.
134. Živkov Baloš M, Popov N, Vidaković S, Ljubojević Pelić D, Pelić M, Mihaljev Ž, Jakšić S. 2018. Electrical conductivity and acidity of honey. *Arhiv veterinarske medicine* **11**:91-101.

135. Živkov Baloš M, Popov N, Jakšić S, Mihaljev Ž, Pelić M, Ratajac R, Ljubojević Pelić D. 2023. Sunflower Honey—Evaluation of Quality and Stability during Storage. *Foods* (e2585) DOI: 10.3390/foods12132585.

6 Seznam použitých zkratek a symbolů

AGEs	produkty pokročilé glykace
α -DC	α -dikarboonylové sloučeniny
1-DG	1-deoxyglukosulosa
3-DG	3-deoxyglukosulosa
1,4-DDG	1,4-dideoxyglukosulosa
3-DP	3-deoxypentosulosa
DHA	dihydroxyaceton
BA	biacetyl
BfR	Spolkový úřad pro hodnocení rizik
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
EU	Evropská unie
GERD	refluxní choroba jícnu
GI	glykemický index
GlcS	glukosulosa
GO	glyoxal
GOX	glukózooxidáza
GTX	grayanotoxiny
HMF	hydroxymethylfurfural
MGO	methylglyoxal
MRJP 1	major royal jelly protein 1
MRJP 9	major royal jelly protein 9
PA	pyrolizidinové alkaloidy
TPC	celkový obsah polyfenolů
UMF	Unique Manuka Factor
URTIs	akutní infekce horních cest dýchacích
WHO	Světová zdravotnická organizace
WHO/IUIS	Světová zdravotnická organizace/Mezinárodní unie imunologických společností