

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Senzorická jakost vybraných cukrářských výrobků z  
bezlepkových surovin pomocí modifikovaných receptur**

**Diplomová práce**

**Bc. Daria Musiienko  
Výživa a potraviny**

**Ing. Mgr. Diana Chrpová, Ph.D.**

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Senzorická jakost vybraných cukrářských výrobků z bezlepkových surovin pomocí modifikovaných receptur" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.4.2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Mgr. Dianě Chrpové, Ph.D za odborné vedení, vstřícný přístup a čas, který mi během realizace této práce věnovala. Dále bych chtěla poděkovat hodnotitelům za účast v senzorické analýze cukrářských výrobků z bezlepkových mouk.

## **Senzorická jakost vybraných cukrářských výrobků z bezlepkových surovin pomocí modifikovaných receptur**

### **Souhrn**

Práce se zabývala senzorickou jakostí vybraných cukrářských výrobků z bezlepkových surovin připravených pomocí modifikovaných receptur. Práce byla rozdělena do dvou částí: teoretické a praktické. Nejprve se v práci věnovalo základním pojmům týkajícím se lepku a jeho složek. Dále byly zpracovány informace o onemocněních spojených s lepkem, jako je celiakie, neceliakální citlivost na lepek a alergie na lepek. V této části práce byly popsány faktory, které mohou vést k rozvoji těchto onemocnění, včetně epidemiologie, klinických projevů, metod diagnózy a léčby. Práce vysvětlila vliv bezlepkové diety na zdraví člověka a spojená rizika. Jednotlivé kapitoly obsahovaly studie o bezlepkové dietě a označování potravin. Na konci teoretické části práce byly uvedeny informace o bezlepkových moukách a recepturách na bezlepkové sušenky. Výzkumy ukázaly, že bezlepkové sušenky nejenže mohou mít příjemnou chuť, ale také vynikající nutriční složení, které je velmi důležité pro lidi, kteří mají omezení v příjmu lepku v jejich dietě.

Praktická část práce byla zaměřena na senzorickou analýzu tří druhů sušenek vyrobených z bezlepkových mouk. Vzorky pro degustaci byly upečeny s úpravou základního receptu, použitím bezlepkové směsi pro cukrářské výrobky, pohankové mouky a kokosové mouky. Degustace se zúčastnilo 15 lidí ve věku od 23 do 27 let, kteří netrpěli celiakií ani alergií na lepek. Pokud jde o výsledky, první hypotéza byla potvrzena a senzorická jakost vybraných bezlepkových cukrářských výrobků byla hodnocena velmi dobře vybraným panelem hodnotitelů. Pokud jde o druhou hypotézu, bylo zjištěno, že technologické zpracování bezlepkových surovin pro přípravu těsta a následné pečení cukrářských výrobků bylo na stejné úrovni jako pro přípravu těsta a pečení daného výrobku ze surovin obsahujících lepek, což nepotvrzuje druhou hypotézu.

**Klíčová slova:** celiakie, neceliakální citlivost na lepek, alergie na lepek, bezlepková dieta

## **Sensory quality of selected confectionery products from gluten-free ingredients using modified recipes**

### **Summary**

The work focused on the sensory quality of selected confectionery products made from gluten-free ingredients using modified recipes. The work was divided into two parts: theoretical and practical. The theoretical part of the work covered basic concepts of gluten and its components. Information about diseases related to gluten, such as celiac disease, non-celiac gluten sensitivity, and gluten allergy, was also presented. This part of the work described factors that can lead to the development of these diseases, including epidemiology, clinical manifestations, diagnostic methods, and treatment. The work explained the impact of a gluten-free diet on human health and associated risks. Individual chapters contained studies on gluten-free diets and food labeling. At the end of the theoretical part, information on gluten-free flours and recipes for gluten-free cookies was provided. Research has shown that gluten-free cookies not only have a pleasant taste but also excellent nutritional composition, which is very important for people who have limitations in gluten intake in their diet.

The practical part of the work focused on the sensory analysis of three types of cookies made from gluten-free flours. Samples for tasting were baked with modifications to the basic recipe, using gluten-free mix for confectionery products, buckwheat flour, and coconut flour. Fifteen people aged 23 to 27 years who did not suffer from celiac disease or gluten allergy participated in the tasting. As for the results, the first hypothesis was confirmed, and the sensory quality of selected gluten-free confectionery products was very well evaluated by the selected panel of evaluators. Regarding the second hypothesis, it was found that the technological processing of gluten-free ingredients for the preparation of dough and subsequent baking of confectionery products was at the same level as for the preparation of dough and baking of a product made from ingredients containing gluten, which does not confirm the second hypothesis.

**Key words:** celiac disease, non-celiac gluten sensitivity, gluten allergy, gluten-free diet

## Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Pšenice</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2 Lepek</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Gliadin</b> .....	<b>10</b>
<b>3.4 Glutenin</b> .....	<b>10</b>
<b>3.5 Celiakie</b> .....	<b>10</b>
3.5.1 Faktory spojené s rozvojem celiakie .....	11
3.5.2 Střevní mikrobiom člověka .....	12
3.5.3 Epidemiologie .....	13
3.5.4 Klinické projevy .....	13
3.5.5 Diagnóza .....	14
3.5.6 Léčba .....	14
3.5.7 Neceliakální citlivost na lepek .....	16
<b>3.6 Alergie na pšenici</b> .....	<b>18</b>
3.6.1 Epidemiologie .....	18
3.6.2 Alergeny .....	20
3.6.3 Diagnóza .....	20
<b>3.7 Bezlepková dieta</b> .....	<b>21</b>
<b>3.8 Označování bezlepkových výrobků</b> .....	<b>24</b>
<b>3.9 Bezlepkové mouky</b> .....	<b>25</b>
3.9.1 Nutriční kvalita a sensorické hodnocení bezlepkových sušenek .....	26
3.9.2 Bezlepkové cereálie ve výrobě bezlepkových sušenek .....	27
3.9.3 Pseudocereálie ve výrobě bezlepkových sušenek .....	29
3.9.4 Mouka z luštěnin ve výrobě bezlepkových sušenek .....	31
3.9.5 Prášek ze semen ovoce a zeleniny ve výrobě bezlepkových sušenek .....	32
<b>4 Materiál a metodika</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1 Materiál a metody</b> .....	<b>34</b>
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>38</b>
<b>6 Diskuze</b> .....	<b>40</b>
<b>7 Závěr</b> .....	<b>42</b>
<b>8 Literatura</b> .....	<b>43</b>
<b>9 Seznam použitých zkratk a symbolů</b> .....	<b>51</b>
<b>10 Samostatné přílohy</b> .....	<b>52</b>

## 1 Úvod

Lepek je bílkovinná frakce obsažená v pšenici, žitu, ječmeni a jejich křížencích a derivátech. Nekontaminovaný oves je obecně bezproblémový, ale je vyráběn ve stejných zařízeních jako obiloviny obsahující lepek a může být kontaminován. Někteří jedinci nesnášejí lepek, protože trpí alespoň jednou poruchou spojenou s lepkem, jako je celiakie, nesnášenlivost lepku, alergie na lepek atd. Tito lidé musí lepek z jídelníčku vyloučit a povinně konzumovat bezlepkové potraviny, aby mohli žít zdravě. Bezlepkové potraviny konzumují dobrovolně i někteří jedinci z jiných důvodů než porucha spojená s lepkem, např. kvůli zdraví a kontrole hmotnosti.

Vývoj nových bezlepkových cukrářských výrobků má několik výhod pro spotřebitele. Kromě toho, že zajišťuje širší sortiment výrobků, usnadňuje i přípravu jídla. Lidé, kteří jsou nuceni vyloučit lepek z jídelníčku, mají často omezený výběr potravin a musí trávit mnoho času přípravou jídla sami. Bezlepkové výrobky nabízejí řešení těchto problémů tím, že poskytují průmyslově vyráběné výrobky, které jsou rychle připraveny a jednoduše dostupné.

Další výhodou bezlepkových výrobků je složení, které může být lepší než u klasických výrobků z pšeničné mouky. Například kokosová mouka obsahuje mnoho vlákniny. Pohanková mouka je také bohatá na vlákninu a má vysoký obsah bílkovin.

V této diplomové práci bude sensorické hodnocení tří druhů sušenek, které byly vyráběny pomocí modifikovaných receptur z obchodní bezlepkové směsi, kokosové mouky a pohankové mouky. Sensorické hodnocení poskytne informace o chuti, vůni, textuře a dalších parametrech těchto sušenek. Na základě těchto informací bude možné porovnat kvalitu výrobků a ověřit dvě hypotézy, zda jsou bezlepkové sušenky dobře hodnoceny a zda je příprava vzorků náročnější než u klasických výrobků.

Teoretická část práce se bude zaměřovat na problematiku onemocnění asociovaných s lepkem a bezlepkovou dietu. Bude zahrnovat informace o celiakii, nesnášenlivosti lepku a alergiích na lepek a také o legislativních požadavcích na bezlepkové potraviny a suroviny. Důležitou součástí bude také nutriční složení bezlepkových mouk.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Cílem diplomové práce je sensorické hodnocení vybraných cukrářských výrobků z bezlepkových surovin pomocí vlastních modifikovaných receptur.

Hypotéza I:

Senzorická jakost vybraných bezlepkových cukrářských výrobků bude velice dobře hodnocena vybraným panelem hodnotitelů.

Hypotéza II:

Technologické zpracování bezlepkových surovin pro přípravu těsta a následné pečení cukrářských výrobků nebude na stejné úrovni jako pro přípravu těsta a pečení daného výrobku ze surovin obsahujících lepek.

Dané výrobky mohou rozšířit jídelníček jak jedincům, kteří musí lepek ze své stravy vynechávat, tak jedincům, kteří lepek bez problémů stravou přijímají.



### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Pšenice

Pšenice patří mezi "velkou trojku" obilovin a ročně se sklízí více než 600 milionů tun (Shewry 2019). První pěstování pšenice se uskutečnilo asi před 10 000 lety jako součást "neolitické revoluce", která představovala přechod od lovu a sběru potravy k usedlému zemědělství. V současné době je pšenice nejrozšířenější obilninou a je integrální součástí kultury a náboženství různých společností (Dubcovsky & Dvorak 2007). Například v židovsko-křesťanské tradici mají matzos velký význam jako tvrdé placky. V muslimských komunitách střední Asie je chléb považován za posvátný v každodenním životě. Klíčovou vlastností pšenice, která jí dává přednost před jinými obilovinami mírného pásma, jsou jedinečné vlastnosti těsta vyrobeného z pšeničné mouky, které umožňují výrobu chleba a jiných druhů pečiva (včetně koláčů a sušenek), těstovin, nudlí a jiných zpracovaných potravin. Tyto vlastnosti jsou závislé na struktuře zrna pšenice, která ovlivňuje "lepek" (Shewry 2019).

#### 3.2 Lepek

Lepek je komplexní směs proteinů, především gliadinu a gluteninu. Tyto dva proteiny jsou hlavní zásobní bílkoviny pšeničných zrn a slouží k podpoře klíčení a vývoje semenáčků. Podobné zásobní proteiny existují jako sekalin v žitu, hordein v ječmeni a aveniny v ovsu a jsou stejně označovány jako „lepek“ (Wieser 2007).

Je správné klasifikovat lepek a příbuzné bílkoviny z jiných obilovin jako „prolaminy“. Tento název byl uveden T.B. Osbornem, vědcem, který v letech 1886 až 1928 pracoval s rostlinnými proteiny na zemědělské experimentální stanici v Connecticutu. Název je dán tím, že všechny proteiny této skupiny po hydrolýze poskytují významné množství heterocyklické aminokyseliny prolinu a amoniaku (Wieser 2007)

Při výrobě pekařských výrobků je pšeničný lepek klíčovým faktorem ovlivňujícím kvalitu. Lepek zajišťuje absorpci vody, soudržnost a viskoelasticitu těsta. Pro výrobu chleba jsou důležité jak množství, tak složení lepkových bílkovin. Viskoelastické vlastnosti lepku jsou většinou připisovány gliadinu, který má viskózní vlastnosti, a gluteninu, který je elastický. Tyto dva typy proteinů se výrazně liší jak strukturou, tak funkcí (Wang et al. 2015).

### 3.3 Gliadin

Gliadiny jsou třída násobných proteinů přítomných v pšenici a několika dalších obilovinách v rámci rodu *Triticum*. Tyto bílkoviny ovlivňují roztažitelnost moučného těsta a zajišťují správné nakynutí chleba během pečení. Existuje mnoho genů kódujících gliadin a mnoho izoform kódovaných těmito geny, z nichž některé mohou ovlivňovat kvalitu mouky (Kizawa et al. 2021).

Podle Arentz-Hansena a jeho týmu (2002) gliadin obsahuje epitopy, tedy peptidové sekvence, které jsou vysoce odolné vůči proteolytickému štěpení v gastrointestinálním traktu a brání degradaci v lidském střevě. Toto obtížné trávení je způsobeno vysokým obsahem aminokyselin prolinu a glutaminu, které mnoho proteáz nedokáže rozložit. Zbytky těchto aminokyselin vytvářejí husté a kompaktní struktury, které mohou zprostředkovat nepříznivé imunitní reakce u celiakie.

### 3.4 Glutenin

Gluteninová frakce obsahuje agregované proteiny spojené meziřetězcovými disulfidovými vazbami, které mají různou velikost v rozmezí od asi 500 000 do více než 10 milionů. Část gluteninů patří k největším bílkovinám v přírodě. Glutenin je zodpovědný za pevnost a pružnost těsta. Distribuce molekulární hmotnosti gluteninů byla uznána jako jeden z hlavních determinantů vlastností těsta při pečení. Největší polymer nazýváme „makropolymer gluteninu“, a ten nejvíce přispívá k vlastnostem těsta. Množství makropolymerního gluteninu v pšeničné mouce silně koreluje s pevností těsta a objemem bochníku (Wrigley et al. 2006).

### 3.5 Celiakie

Celiakie (CD) je autoimunitní onemocnění, které postihuje především tenké střevo, ale může mít široké spektrum klinických projevů, včetně střevních i extraintestinálních příznaků (Singh et al., 2018). Hlavním faktorem zodpovědným za rozvoj celiakie je lepek obsahující gliadiny a glutaminy, které jsou špatně štěpeny žaludečními, pankreatickými a lemovými peptidázami. Podle Singha (2018) tyto peptidy vstupují do tenkého střeva přes transcelulární nebo paracelulární cesty, kde u geneticky predisponovaných jedinců dochází k adaptivní imunitní reakci závislé na deamidaci molekul gliadinu enzymem tkáňovou transglutaminázou (TTG), která je převládajícím autoantigenem celiakie. Deamidace zvyšuje imunogenicitu gliadinu a usnadňuje vazbu na molekuly HLA-DQ2 nebo HLA-DQ8 na buňkách prezentujících

antigen, což vede k tvorbě protilátek proti TTG, gliadinu a aktinu. Tyto protilátky mohou přispět k extraintestinálním projevům celiakie, jako je dermatitis herpetiformis a glutenová ataxie (Taylor et al., 2015).

Jak ukázal Junker (2012), lidé s celiakií vykazují intenzivní imunitní odpověď na některé, ale zejména ne na všechny nelepkové proteiny v pšenici. Význam těchto nelepkových pšeničných proteinů v patogenezi celiakie není jasný, ačkoli jedna třída těchto proteinů, inhibitory amylázy trypsinu, by mohla hrát roli v poškození epitelálních buněk. Toto poškození je výsledkem vrozené odpovědi a citlivosti na lepek u lidí s celiakií, což je další porucha související s pšenicí.

### **3.5.1 Faktory spojené s rozvojem celiakie**

#### Genetické faktory

Význam genetické složky pro rozvoj celiakie je zřejmý na základě familiárního výskytu a vysoké konkordance mezi jednovaječnými dvojčaty. Téměř všichni pacienti s celiakií mají specifické varianty genů HLA II. třídy, přičemž více než 90 % pacientů s celiakií je DQ2 pozitivní a většina ostatních je DQ8 pozitivní. Byla hlášena geografická variabilita v prevalenci DQ2 a DQ8 mezi pacienty (Liu et al. 2017).

Skupinová studie dětí v Denveru (USA) zjistila, že ve věku 15 let se u 3,1 % populace vyvine celiakie, s rizikem 14,2 % mezi osobami homozygotními pro DQ2 a 1,5 % mezi těmi, kteří měli jednu kopii DQ8 (Liu et al. 2017).

Téměř všichni pacienti s celiakií mají HLA-DQ2 nebo HLA-DQ8. Nicméně, tyto alely jsou přítomny až u 40 % populace v Americe, Evropě a jihovýchodní Asii, což naznačuje, že tyto geny jsou nezbytné, ale nestačí k rozvoji celiakie. Tyto geny přispívají pouze k asi 40 % genetického rizika celiakie. Celogenomové asoční studie ukázaly, že existují 39 non-HLA oblastí spojených se zvýšeným rizikem celiakie (Gutierrez-Achury et al. 2015, Castellanos-Rubio et al. 2016).

#### Faktory prostředí

Zdánlivě nezbytné HLA geny a požití lepku jsou běžné. Nicméně, celiakie se vyskytuje pouze asi u 1 % populace, což naznačuje, že kromě lepku jsou pravděpodobně důležité i další faktory prostředí. Metaanalýza ukázala, že pozdní zavedení lepku do jídelníčku dětí (po 6 měsících věku) zvyšuje riziko vzniku celiakie. Avšak v současnosti neexistuje žádný důkaz, který by podporoval tvrzení, že časné zavedení lepku do kojenecké stravy zvyšuje riziko vzniku

celiakie. V současné době je výzkum v oblasti celiakie velmi aktivní a mnoho studií se zabývá vlivem různých faktorů na vznik této choroby. Nicméně, stále existuje mnoho otázek, na které je třeba najít odpovědi. Kromě již zmíněných faktorů jako je zavedení lepku do stravy dítěte v raném věku nebo genetická predispozice, je třeba zohlednit i další faktory prostředí. Je také důležité zohlednit možné zmátečné faktory, které by mohly ovlivnit výsledky studií, jako je například přítomnost jiných alergií u jedince. Proto je nutné provádět kontrolní skupiny, aby bylo možné vyloučit vliv těchto faktorů (Pinto-Sánchez et al., 2016).

#### Další rizikové faktory

Gastrointestinální infekce, včetně rotavirových u dětí a kampylobakterových u dospělých, byly identifikovány jako rizikové faktory pro vznik celiakie. Nicméně očkování proti rotavirům se zdá poskytovat ochranu proti rozvoji celiakie (Canova et al., 2014). Výzkum provedený Mårildem a kol. (2013) ukázal pozitivní vztah mezi užíváním antibiotik a následnou celiakií, ale také mezi užíváním antibiotik a lézemi, které mohou představovat ranou formu celiakie. Tyto výsledky naznačují, že střevní dysbióza může hrát roli v rozvoji celiakie, ale nelze vyloučit nekauzální vysvětlení této pozitivní asociace.

Výzkum provedený ve Švédsku odhalil spojení mezi inhibitory protonové pumpy a vznikem celiakie. Předepsání inhibitorů protonové pumpy bylo silně spojeno s rozvojem celiakie. Pacienti, kteří dostali předepsány jak inhibitory protonové pumpy, tak antagonisté receptoru histaminu-2, měli vyšší riziko celiakie než pacienti, kteří dostali předepsány pouze inhibitory protonové pumpy nebo histamin-2 antagonisty samostatně (Lebwohl et al., 2014).

Některé infekce, jako například infekce nepatogenním reovirem, mohou vyvolat celiakii, zatímco *Helicobacter pylori* může snížit riziko celiakie (Bouziat et al., 2017). Je tedy nutné provést další výzkumy k potvrzení těchto vztahů a pro lepší pochopení vlivu mikrobiomu na vznik celiakie.

#### **3.5.2 Střevní mikrobiom člověka**

Lidský gastrointestinální trakt je komplexní a dynamické prostředí, které ukrývá velké množství a rozmanitost komenzálních mikroorganismů. V poslední době se mnoho výzkumů zaměřuje na roli lidského mikrobiomu ve zdraví a nemoci a na schopnost využít lidský mikrobiom k léčbě různých nemocí (Galipeau et al., 2015).

Studie na myších s genem HLA-DQ8 ukázala, že střevní mikrobiom může zlepšit nebo zmírnit imunopatologii vyvolanou lepkem v závislosti na specifickém mikrobiálním prostředí (Galipeau et al., 2015).

Průřezové studie ukázaly, že pacienti s celiakií mají změny vstřebávání živin a změny střevního mikrobiomu, které nejsou zcela normalizovány ani po zavedení bezlepkové diety. Bylo zjištěno, že fekální koncentrace *Bifidobacterium bifidum* jsou významně vyšší u neléčených pacientů s celiakií než u zdravých dospělých (Nistal et al., 2012).

### **3.5.3 Epidemiologie**

Celiakie postihuje asi 1 % populace. Celosvětově existují rozdíly v prevalenci, které nelze vysvětlit známými genetickými a environmentálními rizikovými faktory. Například v Evropě má Německo nižší prevalenci celiakie než jiné země, přičemž nejvyšší prevalence je ve Švédsku a Finsku (Mustalahti et al., 2010). V Spojených státech amerických je prevalence u Afroameričanů nízká ve srovnání s bílými Američany. Toto onemocnění se stále častěji vyskytuje v Indii, s nejvyšší prevalencí v severní Indii. Tato oblast má podobnou prevalenci kompatibilních haplotypů HLA ve srovnání s jinými oblastmi v Indii, ale má mnohem vyšší míru konzumace pšenice (Ramakrishna et al., 2016).

Prevalence celiakie celosvětově roste. Studie porovnávající sérum skladované v letech 1948–54 se současnými vzorky séra z USA ukázaly rostoucí prevalenci s časem: 4 – 4,5násobný nárůst více než přibližně 50 let, srovnání vzorků od roku 1948–54 do současnosti a dvojnásobný nárůst za 15 let, mezi lety 1974 a 1989 (Ramakrishna et al., 2016).

Podobně ve Finsku bylo prokázáno dvojnásobné zvýšení prevalence během přibližně 20 let, a to srovnáním séra v letech 1978–80 až 2000–01. Prevalence celiakie byla 1,05 % v letech 1978-80 a 1,99 % v letech 2000-01. Tento růst je však dán i zvyšováním vzdělání lékařů a rozvojem nových diagnostických metod (Ramakrishna et al. 2016).

### **3.5.4 Klinické projevy**

V posledních 10 letech byly učiněny snahy o sjednocení terminologie klinických stadií celiakie (Ludvigsson et al. 2012). Prezentace celiakie se však změnila od historicky klasických příznaků malabsorpce v dětství k neklasickým příznakům, které mohou nastat jak v dětství, tak i v dospělosti. Klasické příznaky, jako je chronický průjem, hubnutí a neprospívání, jsou

poměrně vzácné. Naopak, častější neklasické příznaky zahrnují nedostatek železa, nadýmání, zácpu, chronickou únavu, bolesti hlavy a břicha a osteoporózu (Ludvigsson et al. 2012).

Podle studie “Impact of symptoms on quality of life before and after diagnosis of coeliac disease: results from a UK population survey” (Gray & Papanicolas 2010) se doporučuje vyšetření na celiakii při následujících stavech: přetrvávající nevysvětlitelné břišní nebo gastrointestinální příznaky, pokles růstu, dlouhodobá únava, neočekávaný úbytek hmotnosti, těžké nebo přetrvávající vředy v ústech, nevysvětlitelný nedostatek železa, vitamínu B12 nebo folátu, diabetes mellitus 1. typu, autoimunitní onemocnění štítné žlázy, syndrom dráždivého tračníku, příbuzní prvního stupně lidí s celiakií.

Mělo by se také zvážit vyšetření na celiakii při následujících stavech: metabolické poruchy kostí (snížená kostní minerální hustota nebo osteomalacie), nevysvětlitelné neurologické příznaky (zejména periferní neuropatie nebo ataxie), nevysvětlitelná subfertilita nebo opakované potraty, trvale zvýšené koncentrace jaterních enzymů s neznámou příčinou, defekty zubní skloviny, Downův syndrom, Turnerův syndrom (Gray & Papanicolas 2010).

### **3.5.5 Diagnóza**

Doporučuje se kombinace sérologického testování na protilátky proti tkáňové transglutamináze (tTG) a endomysiovému antigenovi (EMA) pro diagnostiku celiakie u dospělých. K odběru vzorků biopsie z duodena se přistupuje, pokud jsou tyto testy pozitivní nebo podezření na celiakii zůstává vysoké. Nicméně, asi 10 % případů může být stále obtížně diagnostikováno kvůli nedostatečné shodě mezi sérologickými a klinickými testy, což může vést k falešně negativním nebo falešně pozitivním výsledkům (Green & Cellier 2007). Proto by měl být výsledek interpretován v kombinaci s klinickým obrazem a v případě nejistoty by měl být proveden další diagnostický postup.

### **3.5.6 Léčba**

Nutriční terapie, jediná akceptovaná léčba celiakie, zahrnuje celoživotní vyloučení lepku ze stravy. Klinické studie naznačují, že většina pacientů s celiakií snáší oves a že jeho konzumace může zlepšit nutriční obsah stravy a celkovou kvalitu života. Nicméně, oves není jednotně doporučován, protože většina komerčně dostupného ovsa je kontaminována lepem během procesu pěstování, dopravy a mletí (Peräaho et al. 2009).

Kromě obilovin obsahujících lepek, jako jsou pšenice, žito a ječmen, existují i jiné obiloviny, které mohou sloužit jako náhražky, stejně jako jiné zdroje škrobu, které mohou poskytnout mouku na vaření a pečení. Bezpečné obiloviny a pseudoobiloviny (bez lepku) zahrnují: rýži, amarant, pohanku, kukuřici, proso, quinou, čirok, teff (etiopské obilné zrno) a oves, pokud je bez kontaminace lepkem (Peräaho et al. 2009).

Zdroje bezlepkových škrobů, které lze použít jako alternativy mouky jsou: obilná zrna - amarant, pohanka, kukuřice (polenta), proso, quinoa, čirok, teff, rýže (bílá, hnědá, divoká, basmati, jasmín), montina (indická rýžová tráva); hlízy - maranta, jicama, taro, brambor, tapioka (maniok, yucca); luštěniny - cizrna, čočka, fazole, hrachové boby, arašídy, sójové boby; ořechy - mandle, vlašské ořechy, kaštiny, lískové ořechy, kešu; semena - slunečnicová, len, dýňová (Peräaho et al. 2009).

Alternativní mouky nejsou obohaceny o vitaminy B, proto může dojít k nedostatku vitamínů. Nedostatky byly zjištěny u pacientů, kteří drží dietu po dlouhou dobu, tedy více než 10 let (Hallert et al. 2002). Proto se doporučuje suplementace vitamínů. Maso, mléčné výrobky, ovoce a zelenina přirozeně neobsahují lepek a pomáhají vytvářet výživnější a rozmanitější stravu. Po stanovení diagnózy celiakie by měl být pacient vyšetřen na nedostatek vitamínů, minerálních látek a stopových prvků, zejména kyselinu listovou, vitamin B12, vitamíny rozpustné v tucích, železo a vápník, a každý takový nedostatek by měl být léčen. Všichni pacienti s celiakií by měli podstoupit screening na osteoporózu, která má v této populaci vysokou prevalenci. Během léčby může dojít ke špatným výsledkům kvůli nedodržování bezlepkové diety (Sander et al. 2001).

Důvody špatného dodržování bezlepkové diety: vysoká cena bezlepkových potravin, špatná dostupnost bezlepkových produktů (v rozvojových zemích), špatná chuť, absence příznaků při nedodržení dietních omezení, nedostatečné informace o obsahu lepku v potravinách nebo léčivech, neadekvátní dietní poradenství, neadekvátní počáteční informace poskytnuté diagnostickým lékařem, neadekvátní lékařské nebo nutriční sledování, nedostatek účasti v podpůrné skupině, nepřesné informace od lékařů, dietologů, podpůrných skupin nebo na internetu, sociální, kulturní nebo vrstevnické tlaky, přechod do dospívání, nedostatečné lékařské sledování po dětství (Sander et al. 2001).

Příčiny špatných výsledků léčení celiakie: nesprávná diagnóza, požití lepku (úmyslné nebo neúmyslné), mikroskopická kolitida, laktózová intolerance, pankreatická insuficience,

přemnožení bakterií, nesnášenlivost potravin jiných než lepek (např. fruktóza, mléko, sója), zánětlivá onemocnění střev, anální inkontinence, kolagenózy, autoimunitní enteropatie, refrakterní celiakie (s klonálními T-buňkami nebo bez nich), T-buněčný lymfom spojený s enteropatií, syndrom dráždivého tračníku (Sander et al., 2001).

Existuje také značný zájem o vývoj nedietních terapií, které by mohly buď nahradit nebo doplnit přísnou bezlepkovou dietu. Aktuálně nejatraktivnější alternativou je použití rekombinantních enzymů, které štěpí toxické frakce gliadinu v žaludku nebo v horní části tenkého střeva. Terapie, které narušují imunitní odpověď – například blokování vazby deaminovaného gliadinu na HLA-DQ2 nebo HLA-DQ8 nebo blokování účinku tkáňové transglutaminázy – pravděpodobně nebudou bez vedlejších účinků (Siegel et al., 2006).

### **3.5.7 Neceliakální citlivost na lepek**

Potravinové malabsorpční syndromy a neimunologické potravinové intolerance jsou hlášeny u přibližně 20 % populace v západních zemích a způsobují nespecifické gastrointestinální symptomy a několik extraintestinálních symptomů. Potravinová malabsorpce je způsobena určitými složkami potravy, jako jsou sacharidy (jako laktóza a fruktóza), proteiny (jako lepek) a biogenní aminy (jako histamin), které zhoršují trávení (Weichel et al. 2006).

Používání bezlepkové diety rychle vzrostlo v popularitě a v Evropě a Spojených státech ji následuje až 20 % populace, zejména lidé bez celiakie. Diskutuje se proto o nové symptomově podmíněné poruše související s konzumací výrobků obsahujících lepek, a to neceliakální citlivosti na lepek (NCNL). Protože pro tyto osoby nejsou k dispozici žádná diagnostická kritéria, lze je nazývat „lidé bez celiakie s intolerancí na lepek“. Diagnostika na NCNL se spoléhá pouze na symptomy hlášené pacienty a je diagnostikována a poté léčena sama. Ačkoli samotné symptomy nebo komplexy symptomů nejsou diagnostické, NCNL je charakterizována kombinací široké škály intestinálních a extraintestinálních symptomů (Ontiveros et al. 2015).

Střevní příznaky u NCNL zahrnují nadýmání, plynatost, bolest břicha, bolest žaludku, reflux, nevolnost, zvracení, říhání, břišní diskomfort, distenze, nepravidelné vyprazdňování, průjem a zácpa (Ontiveros et al., 2015).



Podle Ontiverosa a jeho kolegů (2015) se extraintestinální příznaky NCNL mohou projevovat jako únava, nedostatek pohody, bolesti hlavy, migréna, zmatenost, zamlžená mysl, ekzém, vyrážka, kopřivka, dermatitida, erytém, deprese, úzkost, porucha pozornosti, hyperaktivita, bolesti kloubů a svalů, brnění končetin, necitlivost nohou nebo paží, rýma, angioedém, potíže s dýcháním a anemie.

Zatímco neexistuje specifický krevní test, radiologické nebo endoskopické vyšetření pro diagnostiku NCNL, existuje podezření, že symptomy mohou být způsobeny jinými faktory než lepem. Nedávná studie ukázala, že cereálie obsahující lepek mají vysoký obsah inhibitorů amylázy a trypsinu, což zvyšuje intestinální zánět prostřednictvím aktivace toll-like receptoru myeloidních buněk. Existují také určité důkazy, že uváděné symptomy mohou být způsobeny dalšími faktory, jako jsou oligosacharidy fruktan nebo galaktan v pšenici (Elli et al., 2015).

Existuje podezření, že lidé s NCNL tvoří skupinu pacientů se syndromem dráždivého tračníku, kteří si sami diagnostikují své potíže a sami se léčí dodržováním bezlepkové diety. Vysazení pšeničných produktů snižuje závažnost příznaků a zlepšuje kvalitu života u osob s NCNL, a nové strategie šlechtění rostlin se používají k produkci zrn s nízkým obsahem lepku. Bezlepková dieta je však drahá, často s vysokým obsahem tuku a nízkým obsahem vlákniny, a proto se nedoporučuje zdravým lidem, protože může dokonce vést k nepříznivým zdravotním účinkům, jako je zvýšené riziko diabetes mellitus 2. typu. Zatím se zdá, že potraviny obsahující lepek spouštějí příznaky u NCNL, ale samotné NCNL není dobře definována ("Low gluten diets linked to higher risk of type 2 diabetes" 9. března 2017).

Obiloviny obsahující lepek se nacházejí v mnoha potravinách, včetně chleba, těstovin, pizzy, bulguru, kuskusu a nápojů, jako je pivo. Většina těchto potravin a nápojů však také obsahuje biogenní amin histamin a/nebo se obvykle konzumují s dalšími přísadami obsahujícími histamin. Mnoho pekařských výrobků a piv obsahujících lepek obsahuje kvasnice a bulgur, těstoviny a pizza se pravidelně konzumují s rajčaty a jinými kořením, které kvůli vysokému obsahu histaminu nejsou u lidí správně tráveny a metabolizovány. Gastrointestinální nespecifické symptomy u HIT zahrnují postprandiální plnost, plynatost, nadýmání, bolesti břicha, řídkou stolicí, průjem a/nebo zácpu. Mezi mimostřevní příznaky patří bolesti hlavy, migréna, zamlžená mysl, chronická únava, bolesti kloubů a svalů, brnění končetin, necitlivost nohou nebo paží, ekzém, astma a deprese (Elli et al., 2015).

Vysazení pšeničných produktů obsahujících lepek však snižuje celkové množství souběžné spotřeby histaminu, což také snižuje symptomy spojené s NCNL, což může vysvětlit současnou širokou popularitu bezlepkové diety (Elli et al. 2015).

### **3.6 Alergie na pšenici**

Alergie na pšenici je typickým příkladem potravinové alergie, která může způsobit řadu různých příznaků, včetně kožních, gastrointestinálních a respiračních příznaků. Mezi nejzávažnější formy alergie na pšenici patří anafylaxe vyvolaná cvičením, což je stav, kdy se alergická reakce projevuje až po fyzické námaze nebo cvičení. Dalšími formami alergie na pšenici jsou například profesionální astma (takzvané pekařské astma) a rýma, které se vyskytují u lidí pracujících v pekárnách nebo jiných průmyslových odvětvích, kde se manipuluje s pšeničnou moukou. Kromě toho mohou lidé trpět kontaktní kopřivkou, která se projevuje jako kožní vyrážka po přímém styku s pšeničnou moukou nebo jinými pšeničnými produkty (Morita et al. 2009).

Hlavními alergeny, které se podílejí na vývoji těchto stavů, jsou gliadiny, což jsou bílkoviny přítomné v pšeničné mouce, konkrétně omega-5 gliadin a podjednotky vysokomolekulárního gluteninu. Tyto alergeny mohou vyvolat alergickou reakci u lidí s citlivou imunitní odpovědí na tyto látky. Při alergické reakci imunitní systém reaguje nadměrně na tyto látky a produkuje protilátky, které vedou k uvolňování histaminu a dalších chemických látek způsobujících příznaky alergie (Morita et al. 2009).

#### **3.6.1 Epidemiologie**

Alergie má tendenci mizet s věkem, jako například alergie na kravské mléko a vejce. Podle výzkumu Kotaniemi a kolegů (2010) je pšenice tolerována u 59 % dětí ve věku 4 let, u 69 % ve věku 6 let, u 84 % ve věku 10 let a u 96 % ve věku 16 let. Autoři došli k závěru, že téměř všechny děti s alergií na pšenici mohou toto jídlo v dospívání tolerovat a že senzibilizace na gliadin je spojena s pomalejším rozvojem tolerance a zvýšeným rizikem astmatu.

Keet a kolegové (2009) studovali přirozený průběh alergie na pšenici a snažili se identifikovat faktory, které pomáhají předpovídat prognózu u populace 103 dětí s touto alergií. Do studie byli zařazeni pacienti, kteří měli v anamnéze symptomatické reakce na potraviny z pšenice a pozitivní test IgE specifický pro pšenici. Maximální zaznamenaná hladina IgE specifického pro pšenici byla významným prediktorem perzistující alergie, ačkoli mnoho dětí

překoná alergii na pšenici i při vysokých hladinách specifického IgE. Průměrný věk remise alergie na pšenici byl v této populaci přibližně 6,5 roku. U významné menšiny pacientů však alergie na pšenici přetrvávala až do dospívání.

Prevalence alergie na obiloviny u dětí ve věku 0–14 let se pohybuje mezi 0,3 a 0,5 %. Jiné studie ukazují, že alergie na pšenici zprostředkovaná IgE postihuje nejméně 0,5 % dětské populace a 1 % dospělé populace. Diagnóza citlivosti na pšenici a obiloviny obecně je komplikována různými patogenními mechanismy, které mohou být zapojeny. V klinické praxi je důležité rozlišit, zda je nežádoucí reakce na obilná zrna způsobena alergickou reakcí zprostředkovanou nebo nezprostředkovanou IgE, nebo nealergickou reakcí z přecitlivělosti (Venter & Arshad, 2011).

Alergické reakce zprostředkované IgE na obilné proteiny mohou být způsobeny expozicí různými cestami (inhalace, požití a/nebo kontakt s kůží nebo sliznicí) a mohou postihnout různé populace a věkové skupiny. Ačkoli je pšenice (*Triticum aestivum*) nejběžněji zapojeným zrnem do alergie na obiloviny v západních populacích, mohou se podílet i jiné obiloviny (rýže, kukuřice, žito, ječmen a oves) (Venter & Arshad, 2011).

Obiloviny lze obecně zařadit do stravy kojenců od 4 do 6 měsíců života, ale senzibilizace může nastat již před požitím, protože proteiny mohou procházet mateřským mlékem k výlučně kojenným dětem. Pacienti s typickou potravinovou alergií zprostředkovanou IgE vykazují klinické příznaky, které zahrnují jeden nebo několik z následujících projevů: kopřivka/angioedém, zvracení, bronchospasmus, anafylaxe a atopická dermatitida. Alergie na pšenici se často projevuje ve formě propuknutí atopické dermatitidy u dětí a běžná je také kosenzitivace na kravské mléko a vejce (Quirce & Diaz-Perales, 2013).

Respirační alergie na pšeničné proteiny, která se obvykle projevuje jako rýma a pekařské astma, je jedním z častějších typů astmatu z povolání. Prevalence respiračních příznaků souvisejících s prací je vysoká u pracovníků v pekárnách, kde asi 15–20 % trpí rýmou a 5–10 % astmatem. Častěji postiženými pracovními kategoriemi jsou pekaři, cukráři, dělníci v továrnách na pečivo, výrobci pizzy, mlynáři, farmáři a zpracovatelé obilnin. Tento stav je způsoben především IgE zprostředkovanou alergickou reakcí na inhalaci proteinů obilné mouky, zejména pšenice a žita. Je zajímavé, že pacienti s pekařským astmatem obvykle tolerují požití cereálie bez jakýchkoli nežádoucích účinků, což ukazuje na důležitost senzibilizace v klinických projevech (Quirce & Diaz-Perales, 2013).

Alergie na pšenici je také zodpovědná za syndrom známý jako anafylaxe vyvolaná cvičením (WDEIA), který se obvykle rozvíjí po požití pšeničných produktů a následném fyzickém cvičení nebo souběhu jiných kofaktorů, jako jsou například nesteroidní protizánětlivé léky, alkohol a infekce. Tento stav je klinicky charakterizován anafylaktickými reakcemi od kopřivky a angioedému po dušnost, hypotenzi a šok a vyskytuje se, když je požití pšenice doprovázeno několika kofaktory (Scherf et al., 2016).

Nedávno byl popsán zvýšený výskyt nového podtypu WDEIA v důsledku senzibilizace perkutánní a/nebo rinokonjunktivální cestou na hydrolyzovaný pšeničný protein obsažený v mýdle, zejména v Japonsku (Chinuki & Morita 2012). U tohoto syndromu kontaktní alergie s expozicí mýdla obvykle předcházela reakcím vyvolaným požitím pšenice. Nejčastějším pozorovaným příznakem tohoto podtypu WDEIA byl angioedém očních víček a u některých pacientů se rozvinula anafylaxe. Tito pacienti mají malé sérové IgE specifické pro omega-5 gliadin. Mezi japonskými ženami byl dokumentován epidemiologický vztah mezi alergií na pšenici a kontaktní expozicí vysokomolekulárního gluteninu. Toto zjištění naznačuje možnou roli kontaktní expozice hydrolyzátům bílkovin pocházejících z potravin jako rizikového faktoru pro rozvoj potravinové alergie manifestující se jako anafylaxe (Fukutomi et al. 2014).

### **3.6.2 Alergeny**

Proteiny představují přibližně 10–15 % suché hmotnosti pšeničného zrna a lze je rozdělit do tří různých frakcí na základě sekvenční extrakce v řadě rozpouštědel. Frakce rozpustná v soli, nazývaná albuminy a globuliny, představují pouze 15–20 % celkových proteinů, zatímco většina proteinů, nazývaných prolaminy (gliadiny a gluteniny), není extrahovatelná v fyziologických roztocích. Proteiny rozpustné v soli jsou spíše spojovány s astmatem způsobeným inhalací mouky, zatímco prolaminy jsou spíše spojovány s WDEIA. Obě proteinové frakce reagují s IgE u pacientů s typickou alergií na pšenici okamžitého typu (Tatham & Shewry 2008).

### **3.6.3 Diagnóza**

Standardní penetrační test (SPT) hraje velmi důležitou roli v diagnostice IgE zprostředkované alergie na obiloviny, stejně jako na jiné potraviny. Spolehlivost kožních testů však úzce souvisí s kvalitou, potenci a standardizací alergenních extraktů, které jsou v komerčních obilných extraktech často špatně definovány. Sander a kolegové (2004) provedli studii s cílem porovnat různé extrakty z pšeničné a žitné mouky používané pro SPT. Extrakty

z pšeničné a žitné mouky od tří různých společností se lišily koncentrací a složením bílkovin, což vedlo ke značné variabilitě výsledků SPT (aplikovaných na respirační alergii na obilnou mouku). Tito autoři také zjistili, že citlivost měření specifických IgE (pomocí ELISA nebo ImmunoCAP) byla lepší než u SPT s komerčními extrakty z pšenice a žita (Tatham & Shewry 2008).

Protože se diagnostická přesnost testů SPT na pšenici a stanovení IgE in vitro ukázala jako neuspokojivá, diagnóza okamžité alergie na pšenici je v současnosti založena téměř výhradně na výsledcích orálních potravinových testů (Tatham & Shewry 2008).

Musíme také vzít v úvahu, že obiloviny jsou součástí čeledi Poaceae a že existuje rozsáhlá zkřížená alergenová reaktivita mezi pšeničnou moukou a pyly různých trav (Sander et al. 2004), což může komplikovat diagnózu, zvláště když se IgE váže na zkříženě reaktivní sacharidové determinanty. Pacienti s alergií na travní pyl mají někdy pozitivní SPT a specifické IgE testy na pšeničnou mouku, ale rozvoj příznaků po požití obilovin je u těchto jedinců výjimečný (Quirce 2014).

### **3.7 Bezlepková dieta**

Jedinou účinnou léčbou alergie na lepek je přísné vysazení lepku a lidé s celiakií musí kontrolovat množství tohoto proteinu v potravinách. To znamená, že se musí vyhýbat důležitému zdroji živin, jako jsou některé obiloviny, například pšenice, ječmen, tritikale, žito a jejich deriváty, které mohou způsobit značnou nerovnováhu v jejich stravě. Tato nerovnováha může vést ke vzniku deficitu živin, jako jsou železo, biotin nebo folát, a může zvýšit riziko rozvoje patologií, jako jsou anémie, diabetes mellitus 2. typu, kardiovaskulární onemocnění nebo osteoporóza. Zatímco celiakie je nejčastější poruchou spouštěnou lepkem, dodržování tohoto dietního omezení prospívá i dalším onemocněním, jako jsou neceliakální citlivost na lepek, dermatitis herpetiformis nebo syndrom zánětlivého střeva (Cardo et al. 2021).

Kromě vyloučení přírodních produktů obsahujících lepek (pšenice, ječmen, žito, oves) je součástí dietetické strategie těchto skupin nahrazení produktů obsahujících lepek jejich bezlepkovými protějšky. Jejich nutriční složení však není totožné. Lepek je ve skutečnosti nahrazován jinými složkami, jako jsou vláknina a tuky, aby napodobily sensorické a technologické vlastnosti proteinu, ale poskytly jiné nutriční vlastnosti. Konzumace těchto náhradních produktů by proto mohla být dalším zdrojem nerovnováhy (Cardo et al. 2021).

Navzdory nárůstu počtu lidí, kteří drží bezlepkovou dietu, nedostatek povědomí a znalostí o bezlepkové dietě způsobuje problémy lidem bez celiakie, kteří se domnívají, že bezlepkové výrobky jsou zdravější, a také lidem s celiakií, kteří musí dodržovat bezlepkovou dietu. Prokázal se také významný vztah mezi znalostmi o celiakii a dodržováním bezlepkové diety. Přestože prevalence celiakie a nálezů přetrvávajících příznaků, symptomů a enteropatie tenkého střeva jsou u pacientů častější, než se dříve myslelo. Bylo zjištěno, že více než jedna třetina lidí s diagnózou celiakie nikdy nenavštívila dietologa. Souvislost mezi znalostmi o celiakii a dodržováním diety, stejně jako vztah mezi znalostmi o bezlepkové dietě u pacientů s celiakií a jejich dodržováním diety, naznačuje vývoj tréninkových programů pro celiakii (Paganizza et al., 2019).

S bezlepkovou dietou se začalo také samovolně zabývat velké množství lidí, kteří se snaží zhubnout nebo uvažují o bezlepkové dietě jako o módním trendu životního stylu. Spekulovalo se však, že konzumace bezlepkových výrobků může vést k přibírání na váze, pokud se pekařské výrobky zaměňují za zeleninu, ovoce atd., protože bezlepkové výrobky obsahují vyšší množství škrobu, tuku atd. Navíc mají nižší nutriční hodnoty. V důsledku toho pokračuje debata o dodržování bezlepkové diety z důvodu nedostatečného povědomí a znalostí lidí bez celiakie, a tudíž nutnost dalšího výzkumu, který by definoval účinky bezlepkové diety na lidi bez celiakie. Tento fakt byl také zdůrazněn v mnoha studiích. Pozitivní účinky zvýšené úrovně povědomí a znalostí o celiakii na dodržování bezlepkové diety byly zdůrazněny v mnoha studiích. Lidé s celiakií mají vyšší úroveň znalostí o bezlepkové dietě ve srovnání s neceliaky, ale většina pacientů s celiakií, kteří dodržují bezlepkovou dietu, stále má potíže s označováním potravin kvůli nedostatečné informovanosti a znalostem pacientů (Demirkesen & Ozkaya, 2022).

Počet lidí, kteří dodržují bezlepkovou dietu, a tím i trh s bezlepkovými potravinami, rychle roste. Stále však existují důležité překážky, které ovlivňují dodržování bezlepkové diety. Omezená dostupnost, vysoká cena výrobků, psychologické faktory u pacientů s celiakií, riziko křížové kontaminace a kvalitativní vady bezlepkových výrobků patří k hlavním problémům, kterým celiakové čelí. Bylo hlášeno, že vysoká náročnost léčby také způsobuje potíže s dodržováním bezlepkové diety. Dostupné důkazy také naznačují, že existuje souvislost mezi špatným dodržováním bezlepkové diety a depresivními symptomy, které si pacienti sami uvádějí (Wild et al., 2010).

Nežádoucí účinky bezlepkové diety, jako je nízká nutriční kvalita bezlepkové stravy a zdravotní problémy potenciálně vyvolané bezlepkovou dietou, jsou také problémy, kterým

pacienti čelí. Když pacienti s celiakií konzumují lepek, jejich imunitní systém vytváří protilátky proti tomuto proteinu, což vede k poškození drobných vláskových výběžků v tenkém střevě a tedy k malabsorpci makro- a mikroživin. Kromě toho jsou bezlepkové výrobky nekonkurenceschopné vůči svým protějškům obsahujícím lepek, pokud jde o nutriční vlastnosti. Nedostatek živin je tedy dalším problémem spojeným s dodržováním bezlepkové diety (Wild et al., 2010).

Studie také ukazují, že vyhýbání se lepku může být spojeno s nežádoucími účinky u pacientů bez prokázaných onemocnění souvisejících s lepem. Například se spekuluje, že konzumace bezlepkových výrobků může vést k přibírání na váze, pokud se pekařské výrobky nezaměňují za zeleninu, ovoce atd. (Wild et al., 2010).

Bylo také zjištěno, že mnoho dospělých i dětí s celiakií trpí nadváhou nebo obezitou při diagnóze nebo po léčbě, u dětí se však spíše vyskytuje podváha kvůli průměm. V důsledku toho mají pacienti vyšší riziko rozvoje nealkoholického ztučnění jater. Tyto pozorování podnítily hypotézu, že úpravy jako snížení stravy s vysokým obsahem tuků a pohybová aktivita mohou přinést zlepšení nealkoholického ztučnění jater. Studie také ukázaly, že dlouhodobý příjem lepku ve stravě nesouvisí s rizikem ischemické choroby srdeční. Proto by propagace bezlepkové diety za účelem prevence ischemické choroby srdeční u asymptomatických lidí bez celiakie neměla být doporučována. Nový vznik zácpy pozorovaný u pacientů po zavedení bezlepkové diety může souviset s poklesem příjmu vlákniny v důsledku diety. Studie proto naznačují, že je nezbytné rozšířit výzkum, aby se zjistilo, zda může být bezlepková dieta spojena s dalšími nepříznivými zdravotními problémy u lidí (Demirkesen & Ozkaya, 2022).

Glutenin a gliadin jsou hlavní frakce lepku. Gliadin dodává těstovinám viskózní vlastnosti a roztažnost, zatímco glutenin vytváří elastické a soudržné vlastnosti těsta. Protože lepek je hlavním strukturotvorným proteinem v mouce, odstranění lepku vede u bezlepkových výrobků k některým vadám kvality. Bezlepkové výrobky mají obecně menší objem, pevnější texturu a rychleji ztrácejí svou svěžest. Kromě toho postrádají jedinečnou chuť a vůni, které přidávají různé těkavé sloučeniny. Protože očekávání spotřebitelů ohledně bezlepkových výrobků jsou výrazně ovlivněna tradičními vlastnostmi výrobků, výrobci a vědci určují atributy kvality na základě výrobků obsahujících pšenici. Dalším kritickým problémem spojeným s dodržováním bezlepkové diety jsou kvalitativní vady bezlepkových výrobků (Demirkesen & Ozkaya 2022).

### 3.8 Označování bezlepkových výrobků

Lidé s celiakií musí číst všechny etikety na potravinách, aby zjistili, zda potravinářský výrobek neobsahuje lepek. Zarkadas a kolegové (2006) uvádějí, že i když účastníci dodržují bezlepkovou dietu více než pět let, více než tři čtvrtiny z nich stále mají potíže s identifikací bezlepkových potravin na základě označení. Ve studii Halmosa a kolegů (2018) byl hodnocen vliv potravinových znalostí a psychického stavu pacientů s celiakií na dodržování bezlepkové diety. Bylo zjištěno, že pacienti s horšími znalostmi o čtení etiket mohou s větší pravděpodobností nesprávně identifikovat bezlepkové potraviny, ale stále dokážou identifikovat potraviny obsahující lepek. Bylo konstatováno, že nedostatečné dodržování bezlepkové diety může souviset s nadměrným omezováním stravy způsobeným nedostatečnými znalostmi. Proto bylo pro tyto pacienty doporučeno, aby se obrátili na dietologa a drželi se bezlepkové diety pod jeho vedením.

Vhodné potraviny při bezlepkové dietě jsou mléko, tvrdé sýry, maso, vnitřnosti, vejce, ovoce a zelenina, rýže, kukuřice, sója, rýžová mouka, laskavec, pohanka, tuky, cukry, med, káva, čaj, a kakao (Halmos a kol., 2018). Naopak nevhodné jsou běžné pečivo, běžné těstoviny, zahuštěné omáčky, jíška, alkohol se sladem, müsli, cornflakes se pšeničnými nebo ovesnými vločkami, cukrovinky jako zákusky, lentilky, čokoláda apod. (Halmos a kol., 2018).

V České republice musí být značkování výrobků uváděno v souladu s nařízením EU o požadavcích na poskytování informací o sníženém obsahu lepku. Od 20. července 2016 platí nová vyhláška č. 828/2014 o požadavcích na informace o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách. Tato vyhláška ruší definici potravin pro zvláštní účely a požadavky na označování bezlepkových potravin spadají pod obecné potravinové právo.

Tato vyhláška umožňuje deklarovat označení "bez lepku" i na potravinách, které jsou přirozeně bez lepku. Různé osoby s nesnášenlivostí lepku mohou snášet různě malá množství lepku. Cílem nařízení je umožnit nabídku výrobků s různě nízkým obsahem lepku, tak aby spotřebitelé na trhu našli potraviny odpovídající jejich potřebám a míře citlivosti.

#### **BEZ LEPKU**

Tvrzení „bez lepku“ lze použít pouze tehdy, neobsahuje-li potravina ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, více než 20 mg/kg lepku.



## **VELMI NÍZKÝ OBSAH LEPKU**

Tvrzení „velmi nízký obsah lepku“ lze použít pouze tehdy, pokud u potravin, jež sestávají z jedné nebo více složek vyrobených z pšenice, žita, ječmene, ovsu nebo jejich kříženců, které byly speciálně zpracovány tak, aby v nich byl snížen obsah lepku, nebo tyto složky obsahují, činí obsah lepku v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, nejvýše 100 mg/kg.

### **B. Dodatečné požadavky na potraviny obsahující oves**

Oves obsažený v potravinách označovaných jako „bez lepku“ nebo „s velmi nízkým obsahem lepku“ musí být speciálně vyroben, připraven a/nebo zpracován tak, aby bylo zamezeno kontaminaci pšenicí, žitem, ječmenem nebo jejich kříženci, přičemž obsah lepku v ovsu nesmí být vyšší než 20 mg/kg.

Nařízení stanovuje jen jeden způsob uvádění informací o obsahu lepku, avšak zároveň nezakazuje uvádění alternativních způsobů označení mimo požadavky platných právních předpisů, jejichž cílem by mělo být usnadnit spotřebiteli s nesnášenlivostí lepku výběr vhodných potravin.

### **3.9 Bezlepkové mouky**

Při výrobě bezlepkových potravin se čelí různým výzvám. Odstranění lepku narušuje strukturu těsta, způsobuje tekuté těsto a také několik defektů v pečivu. Rozvoj lepkové sítě je u těstovin zásadní, protože ovlivňuje texturu a kvalitu vaření a zabraňuje bobtnání škrobu během pečení. Síť lepku je důležitá i v pečivu a dalších měkkých výrobcích s biologickým kynutím, zatímco u sušenek nehraje lepek zásadní roli. Lepková síť musí být jen mírně rozvinutá, aby se získalo soudržné, ale ne příliš elastické těsto. Soudržnost je nezbytná k tomu, aby těsto stálo pohromadě během celého procesu. Správný stupeň pružnosti je nutný pro získání čistého řezu během fáze tvarování. Rozvoj lepkové sítě u sušenek je však omezený kvůli vysokému obsahu tuku a cukru. Textura sušenek nezávisí na struktuře protein/škrob, ale především na želatinaci škrobu a superchlazených cukrech. Zejména je lepková síť mírně rozvinutá u sušenek z krátkého těsta, ve kterých je vysoký podíl tuku a cukru a fáze míchání je velmi krátká. Naopak lepková síť je rozvinutější u tvrdých sladkých a polosladkých sušenek. V sušenkách z tekutého těsta nevzniká lepková síť (Hadnađev et al., 2011).

Na rozdíl od výroby chleba je obtížné definovat vliv lepku na kvalitu těsta pro sušenky, ale je známo, že lepek dodává sušenkám strukturu a drží další přísady, jako jsou cukr, tuky a voda. Sušenky jsou nejjednodušším produktem bez lepku. Ve skutečnosti hraje lepek druhořadou roli v jejich výrobě a kvalitě konečného produktu. Přesto se ukázalo, že nedostatek lepku často dává sušenkám nižší kvalitu, a to jak z hlediska technologických vlastností, tak i sensorické kvality. Lepkem se také docílí soudržnosti, jinak by se musely použít hydrokoloidy jako alternativa k získání po sobě jdoucích bezlepkových formulací. Lepek navíc dává možnost laminovat a formovat sušenky, aby získaly požadovaný tvar. Pro získání produktu srovnatelného s konvenčním je důležité kombinovat správné suroviny, které simulují chování pšeničné mouky a nahradit pšeničnou mouku a její složky (zejména škrob a bílkoviny) vhodnými náhražkami. Bezlepkové sušenky mají potenciál poskytovat základní živiny ve stravě pacientů s celiakií, protože lze použít širší škálu přísad. K dosažení optimálního výsledku se často používají směsi mouky a přísad (Hadnađev et al. 2011).

### **3.9.1 Nutriční kvalita a sensorické hodnocení bezlepkových sušenek**

Pacienti s celiakií se často musí potýkat s nevyváženou stravou, protože jejich strava je často bohatší na sacharidy, ale chybí jim další makromolekuly a základní živiny potřebné pro normální metabolismus. Pro celiaky není snadné najít vhodné jídlo mimo domov, a tak často konzumují balené produkty bez lepku, jako jsou svačiny a sušenky, aby dodali do své stravy konzistentní množství potravin. Tento přístup však představuje vážné riziko pro dosažení vyvážené stravy. Ve skutečnosti bylo prokázáno, že lidé s celiakií mají zvýšenou spotřebu bílkovin a lipidů a trpí nedostatkem vlákniny. Kukuřice je často součástí jídelníčku celiaků. Poskytuje vysoký energetický příjem, ale její bílkoviny mají nízkou biologickou hodnotu (obsahují například málo kvalitních aminokyselin, jako jsou lysin, tryptofan a hlidiny) a postrádá mnoho základních vitamínů. Abychom zajistili splnění každodenních nutričních potřeb těla kromě energetické potřeby, je nutné používat kombinaci ingrediencí s přidanou hodnotou (Jnawali et al., 2016).

Rybicka a Gliszczyńska-Swigło (2017) studovali minerální složení různých produktů bez lepku a zjistili vysokou variabilitu. Obsah minerálních látek byl obecně vyšší ve výrobcích z pohanky, prosa, cizrny, ovsu, amarantového teffu a quinoa než ve výrobcích vyrobených z rozšířených surovin, jako je rýže, kukuřice, brambor a pšeničný škrob bez lepku. Aby se zlepšila nutriční kvalita čiroku, perličkového prosa a sušenek na bázi sóji, přidali Omoba a kolegové v roce 2015 do formulace kvásek. Dosáhli mírného zvýšení obsahu fenolů a snížení hladiny

fytátů, přičemž ve srovnání s kontrolou byla výrazně vyšší antioxidační aktivita. Nové složení mělo silný vliv na sensorické vlastnosti, se zvýšenou kyselou chutí, vůní a fermentovanou chutí.

Pečené výrobky bez lepku mají obvykle nižší sensorickou kvalitu ve srovnání s produkty obsahujícími lepek. V roce 2014 vědci hodnotili vizuální a chuťové preference některých bezlepkových sušenek u skupiny dětí s celiakií. Výsledky ukázaly, že bezlepkové sušenky nevyhovovaly plně chuti dětí s celiakií. Použití nepšeničné mouky může vést ke zhoršení sensorických vlastností sušenek. Sensorickou kvalitu sušenek obvykle hodnotíme hodnocením textury (pevnosti, křupavosti a pevnosti v lomu), vzhledu (tvar, jednotnost, povrch a barva) a chuti. Vzhledem k použité mouce mohou být bezlepkové sušenky tvrdší a tmavší než protějšky obsahující lepek, mohou mít suchý a pískový pocit v ústech a nepříjemný vzhled a chuť. Jemná a neutrální chuť rýžové mouky je jedním z hlavních důvodů jejího rozšířeného používání v bezlepkových sušenkách, ale použití chutnějších mouk, jako je pohanková mouka, může sušenkám poskytnout příjemnou vůni. Při výrobě bezlepkových sušenek jsou obvykle preferovány rafinované mouky. V některých případech mohou sušenky vyrobené z celozrnné mouky a/nebo s přidáním otrub mít menší přitažlivost. Přidání otrub vede k zrnitějšímu produktu a při vysokém procentu otrub mohou být sušenky tmavší a obtížně se žvýkají. Vyšší přítomnost fenolických sloučenin a popela v mouce může být zodpovědná za tmavší barvu finálních produktů a přítomnost antinutričních sloučenin může způsobit hořkou pachut'. Začlenění zdravějších ingrediencí bohatých na vlákninu a fenolové sloučeniny má za následek vybledlý sensorický profil pečených sušenek (Di Cairano et al., 2018).

Historicky se věnovala malá pozornost nutričnímu a sensorickému aspektu produktů bez lepku. Hlavním pravidlem pro pacienty s celiakií bylo vyhýbat se potravinám obsahujícím lepek. Dostupnost potravinových produktů bez lepku vyrobených ze surovin bohatších na živiny představuje významné zlepšení pro zajištění dostatečného příjmu živin pro jedince s CD. Snaha potravinářských vědců a výrobců v současnosti směřuje k používání směsí bezlepkových mouk, které poskytují nutričně vylepšené sušenky s dobrou chutí. Je však třeba zdůraznit, že sušenky by měly být konzumovány s mírou kvůli jejich složení bohatému na cukr a tuk. Použití výživné mouky může být způsobem, jak zlepšit nutriční kvalitu sušenek a poskytnout důležité živiny celiakům, avšak v omezeném množství (Di Cairano et al. 2018).

### **3.9.2 Bezlepkové cereálie ve výrobě bezlepkových sušenek**

#### **Rýže**

Rýže setá (*Oryza sativa*) je trávnína, která pochází z tropických oblastí Afriky a Asie a byla domestikována v Číně před 8200-13500 lety. Je to nejrozšířenější obilovina na světě z

hlediska produkce. Dalším pěstovaným druhem je africká rýže (*Oryza glaberrima*), která se pěstuje v povodí Nigeru. Na trhu se vyskytuje mnoho odrůd rýže, které se liší tvarem, délkou zrna a způsobem zpracování (Obiloviny v lidské výživě, 2015).

Pro výrobu bezlepkových pekařských výrobků se často používá mouka z pololoupané rýže smíchaná s moukou z loupané rýže. Nejnutričnější je tzv. "indiánská rýže" s úzkými dlouhými černými obilkami. Obsahuje 92% sušiny, přibližně 77% sacharidů, 15% bílkovin, 6% vlákniny a z minerálů zinek, draslík, hořčík, železo a vitaminy skupiny B: kyselinu listovou, B2, B3 a B6 (Obiloviny v lidské výživě, 2015).

Mouka z rýže se již velmi často používá při výrobě bezlepkových sušenek. Vedlejší produkty zpracování rýže mohou být také použity k vylepšení nutričních vlastností bezlepkových produktů. Taylor a jeho kol. (2016). vyráběli bezlepkové sušenky s přidavkem vedlejších produktů, které vznikly při agroprůmyslovém zpracování rýže. V jejich pokusu použili pražené rýžové otruby, drcenou rýžovou mouku a sójové okary. Sušenky měly světlejší barvu, nižší aktivitu vody a menší specifický objem a vnitřní a vnější průměry ve srovnání s komerčně dostupnými vzorky. Experimentální sušenky měly stejnou stabilitu v průběhu času jako komerční vzorky.

Schober a jeho kolegové (2003) vyvinuli směs mouky bez lepku na bázi hnědé rýžové mouky (70 dílů), sójové mouky (10 dílů), kukuřice (10 dílů) a bramborového škrobu (10 dílů), která vedla k dobré kvalitě těsta a přijatelným sušenkám, které byly srovnatelné s pšeničnými sušenkami. Méně pozitivní výsledky byly získány u směsí vyrobených z hnědé rýžové mouky (50 dílů), bramborového škrobu (30 dílů), pohankové mouky (10 dílů) a jáhelných vloček (10 dílů), a s moukou z hnědé rýže (25 dílů), kukuřičným škrobem (25 dílů), bramborovým škrobem (25 dílů) a sójovou moukou (25 dílů).

## **Proso**

Proso seté (*Panicum miliaceum*) je travina, která patří mezi nejstarší kulturní plodiny. Jeho pěstování začalo na samém počátku neolitu v Mandžusku a Mongolsku a bylo jednou z hlavních plodin pěstovaných Slovany. V pekařství se používá loupané zrnko nazývané jáhly. Jáhly obsahují kolem 90 % sušiny, 10-11 % bílkovin, které mají nízký obsah lysinu, 4 % tuku, z čehož 0,8 % tvoří MUFA a 2,1 % PUFA. Mají vysoký obsah vlákniny, kolem 12 %, a z minerálních látek obsahují železo (2,9 mg/100 g) a zinek (1,7 mg/100 g). V jehlách jsou přítomny vitaminy skupiny B: foláty, B1, B3, B2, B6 (Obiloviny v lidské výživě, 2015).

Jáhlová mouka se díky své bezlepkové povaze stává užitečnou surovinou pro výrobu pekařských výrobků bez lepku, jako jsou chleby, sušenky a další dezerty. Studie provedená

panem Di Cairano a kolegy (2018) potvrzuje možnost využití jáhlové mouky pro výrobu kvalitních bezlepkových výrobků.

### **Teff**

Teff (*Eragrostis tef*) je typická etiopská obilovina, která byla domestikována před více než 8000 lety. V Etiopii se dodnes používá k výrobě tradiční palačinky zvané injera a je pěstována významně (Di Cairano et al., 2018). Semena mají různé barvy, od smetanově bílé po červenou a černou. Mají vysokou nutriční hodnotu a obsahují dobře stravitelné bílkoviny s vysokým obsahem lysinu, methioninu a cystinu. Obsah bílkovin činí 13 %, obsah tuku kolem 2 % a vlákniny 8 %. Teff je také zdrojem vitaminů B1, B6 a B3 a důležitých minerálních látek, jako je železo, hořčík, zinek a draslík. Při výrobě pekařských výrobků je možné přidávat až do 30 % teffové mouky do suché směsi (Obiloviny v lidské výživě 2015).

### **Oves**

Oves (*Avena*) je důležitým zdrojem bílkovin, lipidů, vitaminů, minerálů a vlákniny. Konzumace ovesu je obecně považována za bezpečnou pro většinu lidí s celiakií, ale stále je předmětem pozornosti vědecké komunity. Oves zahrnuje mnoho odrůd s různými sekvencemi aminokyselin, které mohou vyvolat imunitně zprostředkovanou odpověď (Di Cairano et al. 2018). Kromě toho existuje možnost křížové kontaminace obilovinami obsahujícími lepek v důsledku řízení po sklizni. Oves může být použit jako částečná nebo úplná náhrada jiné bezlepkové mouky ve formulaci sušenek, aby se zlepšily nutriční vlastnosti. Lze použít jak ovesnou mouku, tak otruby. Duta a Culetu (2015) prokázali, že různé úrovně náhrady ovesné mouky ovesnými otrubami zvyšují nutriční hodnotu a vlákninu produktu. Vyšší úrovně náhrady a celková substituce mohou však negativně ovlivnit celkovou přijatelnost sušenek.

#### **3.9.3 Pseudocereálie ve výrobě bezlepkových sušenek**

Pseudocereální mouky mají lepší nutriční profil než široce používané bezlepkové mouky (rýžové, kukuřičné a čisté škroby) při výrobě bezlepkových potravin a jejich obsah bílkovin je podobný mouce z pšenice (Di Cairano et al. 2018).

### **Pohanka**

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum Moench*) je rostlina, která patří do čeledi rdesnovitých. Tato pseudoobilovina se pěstuje na území České republiky již od 16. století, zejména v horských oblastech a na chudých půdách. Pohanka v minulosti patřila k významným

plodinám a v některých regionech tvořila součást každodenní stravy obyvatel. Postupem času však její význam klesl a renesance nastala až v 90. letech 20. století v souvislosti s jejím uplatněním v ekologických systémech hospodaření (Obiloviny v lidské výživě 2015).

Pohankové nažky jsou zdrojem kvalitních bílkovin s vysokým obsahem esenciálních aminokyselin, zejména lysinu. Vynikají také vysokým obsahem vitaminů skupiny B, vitamínu C a E, minerálních látek, zejména hořčíku, draslíku, fosforu a některých mikroprvků, jako jsou měď, zinek a selen. Pohanka se vyznačuje jedinečnou koncentrací fytochemikálií, zejména rutinu, který má mnoho zdravotních výhod (např. protizánětlivé, antioxidační, protirakovinné účinky) a který se nachází převážně v pohankových klíčcích (Obiloviny v lidské výživě 2015).

Pohanka je jednou z nejvíce studovaných pseudocereálií pro formulaci bezlepkových sušenek. Po tepelné úpravě si pohanková mouka dokáže zachovat antioxidační kapacitu. Výzkum nahrazení rýžové mouky pohankovou moukou (v podílu 10, 20 a 30 %) odhalil vysokou dostupnost minerálů, antioxidační potenciál, hladinu fenolů a zvýšený obsah rutinu oproti kontrolní skupině sušenek vyrobených výhradně z rýžové mouky (Sakač et al., 2011). Dále bylo zjištěno, že směsi rýžové a pohankové mouky lze úspěšně začlenit do produktů na bázi bezlepkových cereálií. Tyto sušenky měly příjemnou chuť a přijatelnou technologickou kvalitu, vyjádřenou tvarem, strukturou průřezu, protržením a vzhledem vrchní a spodní plochy. Další dvě studie potvrzují, že pekařské výrobky na bázi pohanky mají významný obsah antioxidantů: Vědci vyrobili bezlepkové krekry s pohankovou moukou s vyšším obsahem antioxidantů než kontrolní krekry s pšeničnou moukou a zjistili, že sušenky obohacené o běžnou pohankovou mouku a sladovou tatarskou pohanku (*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn.) mají vyšší obsah fenolů než kontrolní skupina (Di Cairano et al. 2018).

## Quinoa

Quinoa nebo merlík čilský (*Chenopodium quinoa*) patří do skupiny pseudoobilovin. Už před 5000 lety ji jako potravinu využívali Inkové v pohoří And na území dnešního Peru a Chile. Její název znamená "matka zrna". Po kolonizaci těchto oblastí však pěstování pseudoobiloviny upadlo. Od sedmdesátých let minulého století je opět pěstována zejména pro vývoz v Bolívii a Peru. Semena mohou mít různou barvu – žlutou, oranžovou, červenou, hnědou, fialovou a černou. Jsou pokryta pryskyřičnatým povlakem, obsahujícím hořké saponiny, takže musí být obroušena nebo máčena (Obiloviny v lidské výživě, 2015).

Semena mají vysoký obsah plnohodnotných bílkovin (14 %), obsahujících všechny esenciální aminokyseliny. Jejich tuk, kterého obsahují 6 %, tvoří přes 3 % PUFA a kolem 2 % MUFA. Vlákna tvoří 6 % a semena obsahují vitaminy skupiny B: B1, B2, B6 a kyselinu

listovou. Z minerálních látek je ve větším množství přítomný hořčík, draslík a zinek (Obiloviny v lidské výživě, 2015).

Přidání mouky z quinoa do pšeničných sušenek zlepšilo všechny nutriční a sensorické vlastnosti (Di Cairano et al., 2018).

## **Amarant**

Amarant nebo laskavec (*Amaranthus*) pochází ze Střední Ameriky a byl pěstován Aztéky a Inky na území Mexika, Guatemaly a Peru již před třemi tisíci lety. Laskavec je v českých podmínkách jednoletá bylina z čeledi laskavcovitých (*Amaranthaceae*). Jedná se většinou o mohutné rostliny až 2 metry vysoké, s vejčitými listy a květy v klubíčkách uspořádaných do klasů nebo lat. Plody jsou drobné nažky velikosti do 1,7 mm, hnědé, černé a u kulturních odrůd béžové barvy. Laskavec je rostlina všestranného využití a podařilo se prosadit pěstování laskavce na zrno. Na trhu se objevily výrobky obsahující mouku z laskavce nebo upravené zrno (Obiloviny v lidské výživě 2015).

Amarant díky svému složení představuje užitečný přídavek pro zvýšení nutričního příjmu celiaků. Jeho obsah lipidů činí asi 6–8 % a obsah bílkovin v amarantovém zrně se pohybuje mezi 13 až 18 %, složením aminokyselin se blíží optimálnímu složení pro lidskou spotřebu. Značný je i obsah minerálů a vitamínů v amarantu. Obsah vápníku, fosforu a železa je vysoký a amarant je také bohatý na antioxidantní sloučeniny, jako jsou tokotrienoly, tokoferoly, flavonoidy a další fenolické sloučeniny. Během výzkumu byly upečeny sušenky ze syrové a naklíčené amarantové mouky. Výsledky ukázaly, že použití naklíčené mouky by mohlo vést k výrobě přijatelných sušenek s dobrou nutriční kvalitou (Di Cairano et al. 2018).

### **3.9.4 Mouka z luštěnin ve výrobě bezpečných sušenek**

Luštěninové mouky mohou být vhodnou složkou pro zvýšení nutriční hodnoty sušenek. Všechny druhy luštěnin jsou významným zdrojem živin a jsou bohaté na bílkoviny, sacharidy, vlákninu, minerální látky a antioxidantní sloučeniny. V současné době se již luštěninové mouky používají při výrobě sušenek. Výzkumníci použili fazol s nízkým obsahem antinutričních látek k výrobě sušenek a výsledky ukázaly, že vyšší procento fazolové mouky snižuje sensorické hodnocení konečného produktu. Sušenky z kukuřičné a fazolové mouky měly nižší glykemický index díky přítomnosti inhibitorů  $\alpha$ -amylázy (Di Cairano et al., 2018).

### 3.9.5 Prášek ze semen ovoce a zeleniny ve výrobě bezlepkových sušenek

#### Kokos

Kokosový ořech (*Cocos nucifera L.*) je významnou plodinou s celosvětovou produkcí více než 54 miliard ořechů ročně, pěstovanou v více než 85 zemích. Kokos je bohatý na bioaktivní látky, jako jsou fenolické látky a flavonoidy, které poskytují řadu zdravotních výhod. Kokosová mouka je vynikající volbou pro lidi, kteří dbají na nízkosacharidovou dietu nebo sledují hladinu glukózy v krvi, protože obsahuje méně sacharidů než jiné mouky a až 61 % vlákniny. Kokosová mouka také obsahuje až 19 % bílkovin a je bohatá na různé minerální látky, včetně železa, hořčíku, manganu, fosforu a draslíku (Marasinghe et al. 2019).

Studie Pauceana a kolegů (2016) potvrdily, že kokosová mouka má vynikající nutriční vlastnosti, které mohou být využity při výrobě pečiva. Kokosová mouka může být alternativou k tradičním moukám a lze ji používat jako náhradu při výrobě chleba, muffinů, sušenek a dalších dezertů. Navíc kokosová mouka dodává výrobkům vynikající chuť a aroma, které mohou být upraveny dle preferencí. Kokosová mouka je také hypoalergenní a bezlepková, což ji činí ideální pro lidi s alergiemi nebo intolerancí na lepek.

#### Konopí

Konopí seté (*Cannabis sativa L.*) je kosmopolitní druh, který je široce rozšířen po celém světě. Konopná semínka jsou bohatá na bílkoviny, minerální látky a nenasycené mastné kyseliny. Konopná mouka může být přidána do receptů na sušenky k zlepšení jejich nutriční hodnoty (Radočaj et al., 2014).

Ve studii Radočaje a jeho kolegů (2014) byla zkoumána receptura na sušenky, které byly vyrobeny z konopné a kukuřičné mouky. Nejlepší poměr se ukázal být 80:20 pro konopí a kukuřici. Nahrazení 100% pšeničné mouky konopnou moukou vedlo ke snížení oblíbenosti hotových výrobků. To naznačuje, že není možné vyrábět sušenky pouze z konopné mouky, ale lze ji použít v kombinaci s jinými přísadami.

Lisovaný koláč z konopného oleje byl použit při formulaci bezlepkových sušenek. Všechny vzorky s přidanou konopnou moukou měly mnohem lepší nutriční hodnoty než krekry z hnědé rýžové mouky, pokud jde o vyšší obsah bílkovin, hrubé vlákniny, minerálů a esenciálních mastných kyselin (Radočaj et al., 2014).

#### Inulin

Inulin je přirozeně se vyskytující polysacharid a patří mezi fruktany, což jsou skupina nestravitelných sacharidů, které se nacházejí v řadě rostlin. Inulin je však často získáván z



kořenů cikorky, která je považována za nejvýznamnější zdroj inulinu. V potravinářství se inulin používá jako náhražka tuku nebo cukru, protože má sladkou chuť a snižuje energetickou hodnotu potravin. Inulin také slouží jako zdroj vlákniny a pro své prebiotické působení, které podporuje růst prospěšných bakterií v trávicím traktu (Di Cairano et al. 2018).

Různá procenta inulinu obohaceného oligofruktózou byla použita k nahrazení rýžové mouky v čokoládových sušenkách, aby se získal produkt, který by mohl podporovat vstřebávání vápníku u celiaků. Sušenky s 25% náhražkou rýžové mouky vykázaly dobrou přijatelnost, zatímco sušenky s vyšší náhražkou měly nižší skóre oblíbenosti kvůli jejich menší krupičnosti a nižší lámavosti a intenzitě vůně, chuti a texturních vlastností (da Silva & Conti 2018).

## 4 Materiál a metodika

Praktická část této diplomové práce se skládá ze tří částí. V první části byly upravovány existující recepty a vyvíjen nový recept z pohankové mouky. Poté byly připraveny vzorky sušenek pro sensorické hodnocení. Druhá část se zaměřovala na výrobu bezlepkových sušenek a následné hodnocení těchto výrobků veřejností. Poslední třetí část se věnovala analýze získaných výsledků.

Pro hodnocení sušenek bylo použito sedm parametrů: celkový vzhled, barva, intenzita barvy, vůně, chuť, textura, sladkost a hořkost. Hodnocení bylo prováděno pomocí nestrukturované grafické stupnice o délce 100 mm. Hodnotící osoby určily pozici vyznačeného bodu na stupnici a vzdálenost od tohoto bodu byla změřena pomocí pravítka a vyjádřena v milimetrech.

Pečení sušenek proběhlo v domácí kuchyni v troubě při teplotě 200 stupňů Celsia po dobu 15 minut. Podmínky pro sensorické hodnocení byly zvoleny tak, aby se minimalizovaly rušivé vlivy a zlepšila se tak přesnost stanovení, a aby se dosáhlo objektivních a vzájemně srovnatelných výsledků. Snažila jsem se dodržet podmínky uvedené v ČSN ISO 5496 (560031) Sensorická analýza – Metodologie – Zaslíbení do problematiky a výcvik posuzovatelů při zjišťování a rozlišování pachů.

Sensorické hodnocení proběhlo za účasti 15 hodnotitelů: 6 žen a 9 mužů ve věku od 23 do 27 let. Degustace byla provedena, v předem připravené místnosti pro sensorické hodnocení po třech hodnotitelích. Před začátkem degustace byla vysvětlena pravidla a účastníci seděli daleko od sebe (50-60 cm). Na místě byly k dispozici sklenice s vodou a talíře se sušenkami, papír pro hodnocení a propiska.

### 4.1 Materiál a metody

Pro výrobu sušenek byly použity tři modifikované recepty sušenek z různých druhů mouky. První recept byl připraven s použitím bezlepkové směsi pro cukrářské výrobky, jejíž hlavní složkou byl kukuřičný škrob a rýžová mouka. Druhý recept byl vytvořen na základě pohankové mouky a třetí recept byl převzat z kuchařky a obsahoval kokosovou mouku.

#### **Vzorek №1–z hotové bezlepkové směsí, koupené v lékárně DrMax**

„Nutrifree Bezlepková směs na koláče 1 kg“

#### Složení:

kukuřičný škrob, rýžová mouka, tapiokový škrob, cukr, rostlinná vláknina, zahušťovadla (guarová guma a E464), sůl, přírodní aromata.

### Výživové hodnoty na 100 g:

Energie 1463 kJ/ 345 kcal, sacharidy 83,9 g z toho cukry 1,2 g, tuky 0,1 g z toho nasycené mastné kyseliny 0,1 g, vláknina 2,8 g, bílkoviny 0,6 g, sůl 0,4 g.

### **Ingredience**

- 500 g bezlepkové směsi
- 3 žloutky
- 50 g másla (pokojové teploty)

### **Postup přípravy**

1. Všechny suroviny smícháme dohromady a vytvoříme těsto.
2. Z toho pak tvoříme lžičkou malé hručky, které klademe na plech s pečícím papírem.
3. Pečeme v troubě vyhřáté na 180 stupňů cca 12-15 minut.

Během tvorby pracovní metody došlo ke změně původních receptů. Hlavním důvodem bylo to, že všechny základní recepty byly upraveny pro menší množství sušenek a obsahovaly příliš mnoho cukru. U receptu číslo 1 nebylo navýšeno pouze množství mouky, ale také byla použita celá vejce místo pouze žloutků, aby se usnadnilo dodržení receptu a práce byla lehčí. Dále byla u všech receptů upravena teplota trouby, protože bylo potřeba zvýšit teplotu pečení.

### **Vzorek №1 – modifikovaná verze**

#### **Ingredience**

- 1000 g bezlepkové směsi
- 3 vejce
- 50 g másla (pokojové teploty)

#### **Postup přípravy**

1. Všechny suroviny smícháme dohromady a vytvoříme těsto.
2. Z toho pak tvoříme lžičkou malé hručky, které klademe na plech s pečícím papírem.
3. Pečeme v troubě vyhřáté na 200 stupňů 15 minut

### **Vzorek №2 – imaginární, na základě několika bezlepkových receptů**

#### **Ingredience**

- 70 g pohankové mouky
- 1 vejce
- 50 g másla (pokojové teploty)
- 1 g soli
- 2 lžíce medu
- 2 lžičky kypřicího prášku do pečiva

### **Postup přípravy**

1. Všechny suroviny smícháme dohromady a vytvoříme těsto.
2. Těsto dejte na cca 5-10 minut do chladničky.
3. Z toho pak tvoříme lžičkou malé hrudky, které klademe na plech s pečícím papírem.
4. Pečeme v troubě vyhřáté na 180 stupňů cca 12-15 minut.

V modifikované verzi receptu došlo k navýšení množství mouky a vajec, ale bylo sníženo množství cukru a medu, protože v porovnání s ostatními recepty bylo příliš sladké.

### **Vzorek №2 – modifikovaná verze**

#### **Ingredience**

- 360 g pohankové mouky
- 2 vejce
- 50 g másla (pokojové teploty)
- 1 g soli
- 1 lžíce medu
- 1 lžíce cukru

### **Postup přípravy**

1. Všechny suroviny smícháme dohromady a vytvoříme těsto.
2. Těsto dejte na cca 5-10 minut do ledničky.
3. Z toho pak tvoříme lžičkou malé hrudky, které klademe na plech s pečícím papírem.
4. Pečeme v troubě vyhřáté na 200 stupňů 15 minut.

### **Vzorek №3 z internetové kuchařky Aymook - <https://www.iamcook.ru/showrecipe/22664>**

#### **Ingredience**

- 90 g kokosové mouky
- 1 vejce
- 40 g másla
- 2 lžičky cukru

### **Postup přípravy**

1. Všechny suroviny smícháme dohromady a vytvoříme těsto.
2. Z toho pak tvoříme lžičkou malé hrudky, které klademe na plech s pečícím papírem.
3. Pečeme v troubě vyhřáté na 180 stupňů cca 12-15 minut.

Během modifikace receptu bylo zvýšeno množství mouky, vajec a másla, protože bylo potřeba připravit větší množství sušenek než v původním receptu. Ale množství cukru bylo sníženo. Stejně jako v předchozích receptech byla zvýšena teplota během pečení.

### **Vzorek №3 – modifikovaná verze**

#### **Ingredience**

- 400 g kokosové mouky
- 2 vejce
- 60 g másla
- 2 lžičky cukru

#### **Postup přípravy**

1. Všechny suroviny smícháme dohromady a vytvoříme těsto.
2. Z toho pak tvoříme lžičkou malé hrudky, které klademe na plech s pečícím papírem.
3. Pečeme v troubě vyhřáté na 200 stupňů 15 minut.

## 5 Výsledky

Tabulka 1 a Graf 1 ukazují, že modifikované sušenky vyrobené z bezlepkových směsí byly v hodnocení velmi dobře až výborně. Vzorek číslo 3, vyrobený z kokosové mouky, byl nejlépe hodnocen ve všech sedmi parametrech. Lze si všimnout, že vzorek z kokosové mouky získal nejvíce bodů v parametru "příjemnost chuti", což může být spojeno s vysokým hodnocením v parametru "intenzita sladké chuti" a s větší preferencí. U ostatních dvou vzorků lze také pozorovat, že čím nižší byla příjemnost chuti, tím méně bodů získal i parametr "intenzita sladké chuti".

Na základě této myšlenky byla provedena statistická korelace, kde byl parametr "intenzita sladké chuti" považován za nezávislou proměnnou a parametr "příjemnost chuti" za závislou proměnnou. U vzorku číslo 1 byla získána hodnota  $r = 0,624$ , u vzorku číslo 2  $r = 0,678$  a u vzorku číslo 3  $r = 0,656$ . Tyto hodnoty naznačují, že mezi hodnocením intenzity sladké chuti a hodnocením příjemnosti chuti existuje středně silná pozitivní korelace.

Výsledky této studie naznačují, že použití kokosové mouky může být vynikající alternativou pro bezlepkové pečení. Tato mouka je nejen chutná, ale také se zdá být preferovaná ve srovnání s ostatními moukami. Tyto zjištění mohou být užitečné pro pekaře a výrobce potravin, kteří se snaží vytvořit kvalitní bezlepkové produkty pro své zákazníky.

Vzorek číslo 2 dostal nejméně bodů ve všech parametrech. Je možné, že tento vzorek nebyl přijat hodnotiteli kvůli jeho neobvyklému složení a chuťovým vlastnostem, což může být důsledkem nedostatku zkušeností s pohankovou moukou. Navíc, snížení množství cukru může mít negativní dopad na celkovou chuť a přijatelnost produktu, což by mohlo vysvětlit nižší hodnocení.

Směrodatná odchylka je statistický ukazatel, který měří, jak moc jsou data rozptýlena kolem průměru. V daném případě vyjadřuje se v bodech a udává, jak velký rozptyl mají data vzhledem k průměru. Čím je směrodatná odchylka větší, tím více jsou data rozptýlena (Řeháčková 2022). Z Tabulky 1 je vidět, že k největšímu rozptylu hodnot došlo u parametru „intenzita pachuti“ u vzorku číslo 1. Tohle mohlo být ovlivněno individuálními sensorickými schopnostmi hodnotitelů, což znamená, že každý hodnotitel mohl mít jiný názor na intenzitu pachuti tohoto vzorku. Zároveň je důležité si uvědomit, že hodnocení sensorických vlastností produktu je subjektivní a může být ovlivněno mnoha faktory, jako jsou například osobní preference nebo zkušenosti hodnotitele.

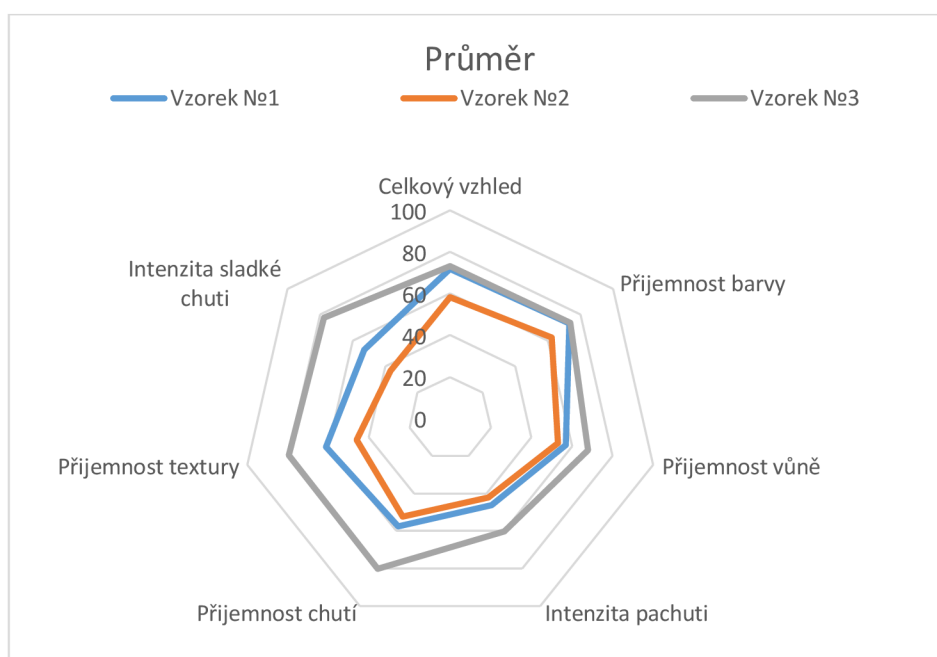
Na druhé straně, vzorek číslo 3 z kokosové mouky získal nejvyšší hodnocení u parametrů "příjemnost chuti" a "příjemnost textury", což naznačuje, že byl vůbec nejchutnější a nejvíce

oblíbený mezi hodnotiteli. Tyto výsledky mohou být přičítány specifickým chuťovým vlastnostem kokosové mouky, které jsou pro hodnotitele atraktivní a příjemné.

Celkově lze tedy říci, že sensorické hodnocení modifikovaných produktů je velmi subjektivní a může být ovlivněno mnoha faktory. Výsledky ukazují, že změna receptu a použití netradičních surovin může mít vliv na celkové hodnocení produktu, a že každý vzorek může mít své specifické vlastnosti a charakteristiky, které budou hodnotiteli buď přijímány nebo odmítány.

**Tabulka 1:** Průměr hodnocených modifikovaných vzorků v celkovém hodnocení

Parametr	Vzorek №1	Vzorek №2	Vzorek №3
Celkový vzhled	72 ± 17	58 ± 21	73 ± 25
Příjemnost barvy	73 ± 17	62 ± 19	73 ± 21
Příjemnost vůně	57 ± 28	53 ± 28	68 ± 25
Intenzita pachuti	46 ± 31	42 ± 23	60 ± 24
Příjemnost chutí	58 ± 22	52 ± 21	80 ± 14
Příjemnost textury	61 ± 20	46 ± 20	80 ± 14
Intenzita sladké chuti	53 ± 26	37 ± 27	78 ± 16



**Graf 1:** Průměr hodnocených modifikovaných vzorků v celkovém hodnocení

## 6 Diskuze

Trh s cukrářskými výrobky z bezlepkových mouk v poslední době stále roste. Tyto výrobky jsou vhodné nejen pro lidi s celiakií, nesnášenlivostí na lepek nebo alergií na lepek, ale také pro ty, kteří chtějí doplnit svůj jídelníček o zdravější alternativy (Ushakova & Domakhina, 2020).

Jak bylo zaznamenáno v předchozích kapitolách, bezlepkové sušenky jsou také často vyhledávány lidmi, kteří se snaží držet bezlepkovou dietu pro zlepšení svého zdraví. Bezlepková dieta se ukázala jako účinná při snižování příznaků celiakie, ale také při léčbě dalších onemocnění, jako je například syndrom dráždivého tračníku.

Výroba cukrářských výrobků z bezlepkových surovin se také stává běžnou praxí v mnoha cukrárnách a pekárnách po celém světě. Existuje mnoho receptů na bezlepkové dezerty, jako jsou dorty, koláče, sušenky a další, které umožňují lidem s nesnášenlivostí na lepek nebo celiakií užívat si sladkosti bez obav z negativních zdravotních účinků.

V této diplomové práci byly sensoricky hodnoceny tři druhy bezlepkových sušenek, které byly vyrobeny na základě modifikovaných receptur z kokosové mouky, pohankové mouky a bezlepkové směsi. Respondenti pomocí nestrukturované grafické stupnice ohodnotili sedm parametrů cukrářských výrobků. Nejlepší výsledky ve všech parametrech dosáhl vzorek č. 3 z kokosové mouky, ale i ostatní vzorky byly dobře hodnoceny. Toto potvrzuje hypotézu práce, že cukrářské výrobky z bezlepkové mouky budou dobře hodnoceny. Gambuś a kolegové (2009) provedli podobné srovnání výrobků z bezlepkových mouk, přičemž sušenky z kokosové mouky měly také vyšší hodnocení než výrobky z pohankové, amarantové a dalších mouk.

Výsledky práce naznačují, že přítomnost cukru v potravinách ovlivňuje jejich sensorické vnímání. Hodnotitelé zaznamenali, že vzorek č. 3 měl větší intenzitu sladké chuti a získal více bodů v kategorii "příjemnost chuti". Naopak sušenky vyrobené z pohankové mouky s nižším obsahem cukru byly méně oblíbené v této kategorii. Statistická analýza ukázala středně silnou pozitivní korelaci mezi intenzitou sladké chuti a příjemností chuti. Biguzzi a jeho kolegové (2014) zkoumali vztah mezi snížením cukru a tuku v sušenkách a dospěli k závěru, že u dvou ze tří zkoumaných výrobků byly varianty se sníženým obsahem cukru méně oblíbené než standardní sušenky. Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky Drewnowského a jeho kolegů (1998) u šesti druhů sušenek s původně podobným obsahem cukru jako u Biguzzi. Autoři pozorovali, že snížení obsahu cukru v sušenkách o 25 % mělo okamžitý a nepříznivý dopad na celkové hodnocení oblíbenosti.



V rámci výzkumu pro tuto diplomovou práci bylo zjištěno, že výroba bezlepkových sušenek nebyla problematická. To bylo způsobeno tím, že pro výrobu těsta nebylo nutné použít ingredience, které zajišťují kynutí nebo elasticitu těsta, jako například lepek. Pokud jde o modifikaci receptů, bylo sníženo množství cukru a zvýšeno množství mouky. Dále byla provedena úprava u jednoho vzorku, kdy místo použití pouze tří žloutků bylo použito celé vejce ve stejném množství. Tyto změny vedly ke vzniku bezlepkových výrobků s vylepšeným nutričním složením a chuťovými vlastnostmi, které mohou být atraktivní pro širší skupinu spotřebitelů, nejen pro lidi trpící celiakií, nesnášenlivostí na lepek nebo alergií na lepek. Výsledky studie provedené Radhikem a kolegy v roce 2019 ukázaly, že se bezlepkové výrobky líbily lidem bez problémů s lepem a chemická analýza potvrdila, že přidání výživných bezlepkových složek významně ( $P < 0,05$ ) zvýšilo obsah důležitých živin, jako jsou hrubá vláknina, tuk, bílkoviny, minerální látky a popel, ve srovnání s kontrolním vzorkem.

## 7 Závěr

V diplomové práci byla potvrzena hypotéza, že sensorická jakost vybraných bezlepkových cukrářských výrobků bude velmi dobře hodnocena vybraným panelem hodnotitelů. Z výsledků také vyplývá, že přítomnost cukru působí pozitivně na celkové vnímání vzorku. Výrobek č. 3 z kokosové mouky, který byl podle hodnotitelů nejsladší, byl hodnocen nejlépe v rámci celkové příjemnosti chuti a byl zvolen jako nejlepší i ve všech ostatních parametrech.

Hypotéza č. 2 nebyla potvrzena a technologické zpracování bezlepkových surovin pro přípravu těsta a následné pečení cukrářských výrobků bylo na stejné úrovni jako pro přípravu těsta a pečení daného výrobku ze surovin obsahujících lepek.

Cukrářské výrobky z bezlepkových směsí mohou být součástí jídelníčku zdravých jedinců a jedinců s problémem trávení lepku. Sušenky z různých druhů mouk mohou rozšířit jídelníček a mít dobré nutriční složení. V rámci dalších výzkumů by bylo vhodné zaměřit se na rozsáhlejší skupiny hodnotitelů a výrobu nových receptur s kombinovanými bezlepkovými moukami.

## 8 Literatura

1. Arentz–Hansen H, Mcadam SN, Molberg Ø, Fleckenstein B, Lundin KEA, Jørgensen TJD, Jung G, Roepstorff P, Sollid LM. 2002. Celiac lesion T cells recognize epitopes that cluster in regions of gliadins rich in proline residues. *Gastroenterology* 123:803-809. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016508502001713>.
2. Biguzzi C, Schlich P, Lange C. 2014. The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Food Quality and Preference* 35:41-47. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950329314000123> (accessed March 30, 2023).
3. Bouziat R et al. 2017. *Science* 356. Available at <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aah5298>.
4. Canova C, Zabeo V, Pitter G, Romor P, Baldovin T, Zanotti R, Simonato L. 2014. Association of Maternal Education, Early Infections, and Antibiotic Use With Celiac Disease: A Population-Based Birth Cohort Study in Northeastern Italy. *American Journal of Epidemiology* 180:76-85. Available at <https://academic.oup.com/aje/article-lookup/doi/10.1093/aje/kwu101>.
5. Cardo A, Churrua I, Lasa A, Navarro V, Vázquez-Polo M, Perez-Junkera G, Larretxi I. 2021. Nutritional Imbalances in Adult Celiac Patients Following a Gluten-Free Diet. *Nutrients* 13. Available at <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/8/2877> (accessed September 18, 2022).
6. Castellanos-Rubio A, Fernandez-Jimenez N, Kratchmarov R, Luo X, Bhagat G, Green PHR, Schneider R, Kiledjian M, Bilbao JR, Ghosh S. 2016. A long noncoding RNA associated with susceptibility to celiac disease. *Science* 352:91-95. Available at <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aad0467>.
7. Chinuki Y, Morita E. 2012. Wheat-Dependent Exercise-Induced Anaphylaxis Sensitized with Hydrolyzed Wheat Protein in Soap. *Allergology International* 61:529-537. Available at <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1323893015302537>.
8. Da Silva TF, Conti-Silva AC. 2018. Potentiality of gluten-free chocolate cookies with added inulin/oligofructose: Chemical, physical and sensory characterization. *LWT* 90:172-179. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817309258> (accessed January 30, 2023).

9. Demirkesen I, Ozkaya B. 2022. Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62:571-597. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2020.1823814> (accessed September 18, 2022).
10. Di Cairano M, Galgano F, Tolve R, Caruso MC, Condelli N. 2018. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology* 81:203-212. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224418301924> (accessed January 30, 2023).
11. Drewnowski A, Nordensten K, Dwyer J. 1998. Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference. *Food Quality and Preference* 9:13-20. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950329397000177> (accessed March 30, 2023).
12. Dubcovsky J, Dvorak J. 2007. Genome Plasticity a Key Factor in the Success of Polyploid Wheat Under Domestication. *Science* 316:1862-1866. Available at <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1143986>.
13. Duta DE, Culetu A. 2015. Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *Journal of Food Engineering* 162:1-8. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877415001533> (accessed January 30, 2023).
14. Elli L, Branchi F, Tomba C, Villalta D, Norsa L, Ferretti F, Roncoroni L, Bardella MT. 2015. Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. *World Journal of Gastroenterology* 21:7110-7119. Available at <http://www.wjgnet.com/1007-9327/full/v21/i23/7110.htm> (accessed September 16, 2022).
15. Fukutomi Y, Taniguchi M, Nakamura H, Akiyama K. 2014. Epidemiological link between wheat allergy and exposure to hydrolyzed wheat protein in facial soap. *Allergy* 69:1405-1411. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/all.12481>.
16. Galipeau HJ et al. 2015. Intestinal Microbiota Modulates Gluten-Induced Immunopathology in Humanized Mice. *The American Journal of Pathology* 185:2969-2982. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002944015004769>.
17. Gambuś H, Gambuś F, Pastuszka D, Wrona P, Ziobro R, Sabat R, Mickowska B, Nowotna A, Sikora M. 2009. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits.

- International Journal of Food Sciences and Nutrition **60**:31-50. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09637480802375523> (accessed March 30, 2023).
18. García-Martín E, Martínez C, Serrador M, Alonso-Navarro H, Ayuso P, Navacerrada F, Agúndez JAG, Jiménez-Jiménez FJ. 2015. Diamine Oxidase rs10156191 and rs2052129 Variants Are Associated With the Risk for Migraine. *Headache: The Journal of Head and Face Pain* **55**:276-286. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/head.12493> (accessed September 16, 2022).
  19. Green PHR, Cellier C. 2007. Celiac Disease. *New England Journal of Medicine* **357**:1731-1743. Available at <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/nejmra071600>.
  20. Gray AM, Papanicolas IN. 2010. Impact of symptoms on quality of life before and after diagnosis of coeliac disease: results from a UK population survey. *BMC Health Services Research* **10**. Available at <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6963-10-105>.
  21. Gutierrez-Achury J, Zhernakova A, Pulit SL, Trynka G, Hunt KA, Romanos J, Raychaudhuri S, van Heel DA, Wijmenga C, de Bakker PIW. 2015. *Nature Genetics* **47**. Available at <http://www.nature.com/articles/ng.3268>.
  22. Hadnađev TD, Torbica A, Hadnađev M. 2011. Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. *Procedia Food Science* **1**:328-334. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211601X11000526> (accessed January 30, 2023).
  23. Hallert C, Grant C, Grehn S, Grännö C, Hultén S, Midhagen G, Ström M, Svensson H, Valdimarsson T. 2002. Evidence of poor vitamin status in coeliac patients on a gluten-free diet for 10 years. *16*. Available at <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2036.2002.01283.x>.
  24. Halmos EP, Deng M, Knowles SR, Sainsbury K, Mullan B, Tye-Din JA. 2018. Food knowledge and psychological state predict adherence to a gluten-free diet in a survey of 5310 Australians and New Zealanders with coeliac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* **48**:78-86. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/apt.14791> (accessed September 20, 2022).
  25. Halmos EP, Deng M, Knowles SR, Sainsbury K, Mullan B, Tye-Din JA. 2018. Food knowledge and psychological state predict adherence to a gluten-free diet in a survey of 5310 Australians and New Zealanders with coeliac disease. *Alimentary*

- Pharmacology & Therapeutics 48:78-86. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/apt.14791> (accessed September 18, 2022).
26. Jnawali P, Kumar V, Tanwar B. 2016. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Science and Human Wellness* 5:169-176. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213453016300325> (accessed January 30, 2023).
27. Junker Y, Zeissig S, Kim S-J, Barisani D, Wieser H, Leffler DA, Zevallos V, Libermann TA, Dillon S, Freitag TL. 2012. *Journal of Experimental Medicine* 209. Available at <https://rupress.org/jem/article/209/13/2395/40998/Wheat-amylase-trypsin-inhibitors-drive-intestinal>.
28. Keet CA, Matsui EC, Dhillon G, Lenehan P, Paterakis M, Wood RA. 2009. The natural history of wheat allergy. 102:410-415. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1081120610605133>.
29. Kizawa K, Ishida Y, Abe C, Hayakawa K. 2021. Expression analysis of  $\alpha$ -gliadin isoforms in wheat grains. *Journal of Proteomics* 246. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874391921002116>.
30. Kotaniemi-Syrjänen A, Palosuo K, Jartti T, Kuitunen M, Pelkonen AS, Mäkelä MJ. 2010. The prognosis of wheat hypersensitivity in children. *Pediatric Allergy and Immunology* 21:e421-e428. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3038.2009.00946.x>.
31. Lebwohl B, Spechler SJ, Wang TC, Green PHR, Ludvigsson JF. 2014. Use of proton pump inhibitors and subsequent risk of celiac disease. *Digestive and Liver Disease* 46:36-40. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1590865813004118>.
32. Liu E, Dong F, Barón AE, Taki I, Norris JM, Frohnert BI, Hoffenberg EJ, Rewers M. 2017. High Incidence of Celiac Disease in a Long-term Study of Adolescents With Susceptibility Genotypes. *Gastroenterology* 152:1329-1336.e1. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016508517301336>.
33. Low gluten diets linked to higher risk of type 2 diabetes. March 9, 2017. American Heart Association, -. Available at <https://www.sciencedaily.com/releases/2017/03/170309120626.htm> (accessed September 16, 2022).
34. Ludvigsson JF, Leffler DA, Bai JC, Biagi F, Fasano A, Green PHR. 2012. *Gut* 62. Available at <https://gut.bmj.com/lookup/doi/10.1136/gutjnl-2011-301346>.

35. Mårild K, Ye W, Lebwohl B, Green PHR, Blaser MJ, Card T, Ludvigsson JF. 2013. Antibiotic exposure and the development of coeliac disease: a nationwide case–control study. *BMC Gastroenterology* **13**. Available at <https://bmcgastroenterol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-230X-13-109>.
36. Marasinghe SSK, Marikkar JMN, Yalgama C, Wimalasiri S, Seneviratne G, Weerasooriya R, Liyanage R. 2019. Comparison of inter-varietal differences in chemical composition and nutritional properties of coconut testa flour. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka* **47**:349-356. Available at <https://jnsfsl.sljol.info/article/10.4038/jnsfsr.v47i3.8699/> (accessed March 30, 2023).
37. Morita E, Matsuo H, Chinuki Y, Takahashi H, Dahlström J, akiratanaka. 2009. Food-Dependent Exercise-Induced Anaphylaxis—Importance of Omega-5 Gliadin and HMW-Glutenin as Causative Antigens for Wheat-Dependent Exercise-Induced Anaphylaxis—. *Allergology International* **58**:493-498. Available at <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1323893015307334>.
38. Mustalahti K, Catassi C, Reunanen A, Fabiani E, Heier M, mcmillan S, Murray L. 2010. *Annals of Medicine* **42**. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/07853890.2010.505931>.
39. Nistal E, Caminero A, Vivas S, Ruiz de Morales JM, Sáenz de Miera LE, Rodríguez-Aparicio LB, Casqueiro J. 2012. Differences in faecal bacteria populations and faecal bacteria metabolism in healthy adults and celiac disease patients. *Biochimie* **94**:1724-1729. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300908412001332>.
40. Obiloviny v lidské výživě. 2015-. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Praha.
41. Omoba OS, Taylor JRN, de Kock HL. 2015. Sensory and nutritive profiles of biscuits from whole grain sorghum and pearl millet plus soya flour with and without sourdough fermentation. *International Journal of Food Science & Technology* **50**:2554-2561. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.12923> (accessed January 30, 2023).
42. Ontiveros N, López-Gallardo J, Vergara-Jiménez M, Cabrera-Chávez F. 2015. Self-Reported Prevalence of Symptomatic Adverse Reactions to Gluten and Adherence to Gluten-Free Diet in an Adult Mexican Population. *Nutrients* **7**:6000-6015. Available at <http://www.mdpi.com/2072-6643/7/7/5267> (accessed September 16, 2022).
43. Paganizza S, Zanotti R, D'Odorico A, Scapolo P, Canova C. 2019. Is Adherence to a Gluten-Free Diet by Adult Patients With Celiac Disease Influenced by Their

- Knowledge of the Gluten Content of Foods?. *Gastroenterology Nursing* 42:55-64. Available at <http://journals.lww.com/00001610-201901000-00009> (accessed September 20, 2022).
44. Paucean a, man s, muste s, pop a. 2016. Development of Gluten Free Cookies From Rice And Coconut Flour Blends. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*73:163-164. Available at <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/fst/article/view/12311> (accessed March 30, 2023).
45. Peräaho M, Kaukinen K, Mustalahti K, Vuolteenaho N, Mäki M, Laippala P, Collin P. 2009. Effect of an oats-containing gluten-free diet on symptoms and quality of life in coeliac disease. A randomized study. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* 39:27-31. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00365520310007783>.
46. Pinto-Sánchez MI, Verdu EF, Liu E, Bercik P, Green PH, Murray JA. 2016. *The Journal of Pediatrics* 168. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022347615010458>.
47. Quirce S, Diaz-Perales A. 2013. Diagnosis and Management of Grain-Induced Asthma. 5. Available at <https://e-aair.org/doix.php?Id=10.4168/aair.2013.5.6.348>.
48. Quirce S. 2014. Ige antibodies in occupational asthma. 14:100-105. Available at <https://journals.lww.com/00130832-201404000-00005>.
49. Radočaj O, Dimić E, Tsao R. 2014. Effects of Hemp ( *Cannabis sativa L.*) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves ( *Camellia sinensis* ) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers. *Journal of Food Science* 79:C318-C325. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.12370> (accessed January 30, 2023).
50. Ramakrishna BS, Makharia GK, Chetri K, Dutta S, Mathur P, Ahuja V, Amarchand R. 2016. *American Journal of Gastroenterology* 111. Available at <https://journals.lww.com/00000434-201601000-00028>.
51. Řeháčková A. 2022. Rozptyl a další míry variability. '. Available at <https://www.statistickyneklasicky.cz/rozptyl-a-dalsi-miry-variability/> (accessed March 29, 2023).
52. Rybicka i, gliszczynska-swiglo a. 2017. Gluten-Free Flours from Different Raw Materials as the Source of Vitamin Bsub1/sub, Bsub2/sub, Bsub3/sub and Bsub6/sub. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 63:125-132. Available at



- [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv/63/2/63\\_125/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv/63/2/63_125/_article) (accessed January 30, 2023).
53. Sakač M, Torbica A, Sedej I, Hadnađev M. 2011. Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours. *Food Research International* 44:2806-2813. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996911004042> (accessed January 30, 2023).
54. Sander I, Flagge A, Merget R, Halder TM, Meyer HE, Baur X. 2001. Identification of wheat flour allergens by means of 2-dimensional immunoblotting. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 107:907-913. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0091674901345670> (accessed September 7, 2022).
55. Sander I, Raulf-Heimsoth M, Düser M, Flagge A, Czuppon AB, Baur X. 2004. Differentiation between Cosensitization and Cross-Reactivity in Wheat Flour and Grass Pollen-Sensitized Subjects. *International Archives of Allergy and Immunology* 112:378-385. Available at <https://www.karger.com/Article/fulltext/237483>.
56. Scherf KA, Brockow K, Biedermann T, Koehler P, Wieser H. 2016. Wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Clinical & Experimental Allergy* 46:10-20. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cea.12640> (accessed September 7, 2022).
57. Schober TJ, O'Brien CM, mccarthy D, Darnedde A, Arendt EK. 2003. Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology* 216:369-376. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00217-003-0694-3> (accessed January 30, 2023).
58. Shewry P. 2019. What Is Gluten—Why Is It Special?. *Frontiers in Nutrition* 6. Available at <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnut.2019.00101/full>.
59. Shewry PR. 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany* 60:1537-1553. Available at <https://academic.oup.com/jxb/article-lookup/doi/10.1093/jxb/erp058>.
60. Siegel M, Bethune MT, Gass J, Ehren J, Xia J, Johannsen A, Stuge TB, Gray GM, Lee. 2006. **13**. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1074552106001499>.
61. Singh P, Arora A, Strand TA, Leffler DA, Catassi C, Green PH, Kelly CP, Ahuja V, Makharia GK. 2018. Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-analysis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology* 16:823-836.e2. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1542356517307838>.

62. Tatham AS, Shewry PR. 2008. Allergy to wheat and related cereals. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2222.2008.03101.x>.
63. Taylor JRN, Kruger J. 2016. Millets. 748-757in Encyclopedia of Food and Health. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472004669> (accessed January 30, 2023).
64. Taylor TB, Schmidt LA, Meyer LJ, Zone JJ. 2015. Transglutaminase 3 Present in the Iga Aggregates in Dermatitis Herpetiformis Skin Is Enzymatically Active and Binds Soluble Fibrinogen. *Journal of Investigative Dermatology* 135:623-625. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022202X1537086X>.
65. Ushakova J, Domakhina M. 2020. Biscuits with vegetable fat for a gluten-free diet. *Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies* 2020:5
66. Venter C, Arshad SH. 2011. Epidemiology of Food Allergy. *Pediatric Clinics of North America* 58:327-349. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031395511000137>.
67. Wang P, Jin Z, Xu X. 2015. Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage – A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives. 46:189-198. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224415002204>.
68. Weichel M, Vergoossen NJ, Bonomi S, Scibilia J, Ortolani C, Ballmer-Weber BK, Pastorello EA, Cramer R. 2006. Screening the allergenic repertoires of wheat and maize with sera from double-blind, placebo-controlled food challenge positive patients. *Allergy* 61:128-135. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1398-9995.2006.00999.x>.
69. Wieser H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology* 24:115-119. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740002006001535>.
70. Wild D, Robins GG, Burley VJ, Howdle PD. 2010. Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* 32:573-581. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2036.2010.04386.x> (accessed September 20, 2022).
71. Wrigley C, Bekes F, Bushuk W. May 15, 2006. Gliadin and Glutenin: The Unique Balance of Wheat Quality. Amer Assn of Cereal Chemists, USA

72. Zarkadas M, Cranney A, Case S, Molloy M, Switzer C, Graham ID, Butzner JD, Rashid M, Warren RE, Burrows V. 2006. The impact of a gluten-free diet on adults with coeliac disease: results of a national survey. *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 19:41-49. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-277X.2006.00659.x> (accessed September 20, 2022).

### **Další zdroje:**

ČSN ISO 5496 (560031) Sensorická analýza – Metodologie – Zaslavení do problematiky a výcvik posuzovatelů při zjišťování a rozlišování pachů

Evropská komise přijala nařízení (EU) č. 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům

<https://bezpecnostpotravin.cz/narizeni-eu-o-pozadavcich-na-poskytovani-informaci-o-snizenem-obsahu-lepku/>

Vyhláška č. 828/2014

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0828&from=SV>

### **9 Seznam použitých zkratk a symbolů**

CD = Celiakie

tTG = tkáňové transglutamináze

EMA = endomysiovému antigenovi

NCNL = neceliakální citlivosti na lepek

WDEIA = anafylaxe vyvolaná cvičením

SPT = Standardní penetrační test

## 10 Samostatné přílohy

Příloha 1: Formulář pro senzorickou analýzu

### Senzorické hodnocení modifikovaných bezlepkových sušenek

Jméno: \_\_\_\_\_ Datum: 24.2.2023 Zdravotní stav: \_\_\_\_\_

Úkol 1: U předložených vzorků zaznamenejte, prosím, na grafické stupnici nejdříve hodnocení vzhledu, vůně, intenzity pachuti, chuti, textury a sladkou chuť.

#### Vzorek č ...

Celkový vzhled: -----  
nepříjemný příjemný

Příjemnost barvy: -----  
nepříjemná příjemná

Příjemnost vůně: -----  
nepříjemná příjemná

Intenzita pachutí: -----  
slabá silná

Příjemnost chuti: -----  
nepříjemná příjemná

Příjemnost textury: -----  
nepříjemná příjemná

Intenzita sladké chuti: -----  
slabá silná

Příloha 2: Foto upečených sušenek

