

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 12: Tvorba učebních pomůcek, didaktická technologie

Identifikace intolerance laktózy pomocí mobilní laboratoře Bento

Identification of lactose intolerance using the Bento mobile laboratory

Autor: Nela Šulcová

Škola: Česko-anglické gymnázium s.r.o., Třebízského 1010,
370 06 České Budějovice 5

Kraj: Jihočeský kraj

Konzultant: RNDr. Květa Tůmová

České Budějovice 2025

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Českých Budějovicích dne 30.01.2025.....
Nela Šulcová

Poděkování

Ráda bych vyjádřila upřímné poděkování mé konzultantce paní doktorce Květě Tůmové. Oceňuji si vaši ochotu být k dispozici a vždy rychle odpovídat na mé dotazy. Moc si vážím vaší trpělivosti, podpory a všech rad, které mi pomohly lépe pochopit téma a úspěšně napsat tuto práci.

Zvláštní poděkování patří také mé škole, Česko-anglickému gymnáziu, za zakoupení Bento laboratoře, díky které mohl vzniknout nejen tento výzkum, ale i moje zkušenost s prací na moderním laboratorním vybavení. Velmi si cením příležitosti být prvním studentem, který měl možnost takové technologie využít. Zároveň mé velké díky patří paní doktorce Karolíně Mahlerové za odborné rady, cennou pomoc a příjemný, přitom vysoce profesionální přístup během školení. Díky jejímu vedení jsem se dozvěděla mnoho o laboratoři a její podpora mi výrazně usnadnila začátek praktické praxe.

Na závěr bych chtěla poděkovat své spolužačce Tereze Borovkové za její neocenitelnou pomoc při sběru vzorků DNA pro praktickou část mé práce. Její ochota a podpora mi výrazně usnadnily práci a přispěly k úspěšnému dokončení projektu.

Anotace

Tato práce se zabývá identifikací intolerance laktózy za pomoci mobilní laboratoře Bento. Zejména se zaměřuje na význam enzymu laktázy, příznaky jeho nepřítomnosti a na hojnost výskytu intolerance v populaci. Následuje rozbor moderních diagnostik přítomnosti enzymu laktázy. Dále pojednává o vybavení laboratoře Bento, a především o popisu postupu diagnostiky při jejím využití. Neposledně informuji o potencionálním využití mobilní laboratoře v klinické praxi.

Klíčová slova

Identifikace; Enzym; Intolerance; Mobilní laboratoř; Klinická praxe

Annotation

This paper deals with the identification of lactose intolerance using the Bento mobile laboratory. In particular, it focuses on the importance of the lactase enzyme, the symptoms of its absence and the abundance of intolerance in the population. This is followed by a discussion of modern diagnostics for the presence of the lactase enzyme. It also discusses the equipment of the Bento laboratory, and above all describes the diagnostic procedure when using it. Finally, I report on the potential use of the mobile laboratory in clinical practice.

Keywords

Identification; Enzyme; Intolerance; Mobile laboratory; Clinical practice

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Laktózová intolerance	8
2.1	Vymezení pojmu.....	8
2.2	Laktáza.....	8
2.3	Laktóza	9
2.4	Galaktóza a Glukóza.....	9
3	Složení mléka	10
4	Formy laktózové intolerance	11
4.1	Primární laktázový deficit	11
4.2	Sekundární laktózová intolerance.....	12
4.3	Vrozená laktózová intolerance (Alaktázie)	12
4.4	Příznaky.....	12
5	Léčba	13
6	Četnost intolerance v populaci	13
6.1	Evropa.....	14
7	Technologie mobilní laboratoře bento	14
7.1	Popis technologie.....	15
7.2	Centrifuga	15
7.3	Gelová elektroforéza a transiluminátor	15
7.4	PCR termocyklér	16
8	Experimentální část	16
8.1	Úvod metodiky	16
8.2	Metodika.....	16
8.3	Výsledky.....	18
8.4	Diskuse	19
9	Závěr.....	20
10	Seznamy	20
10.1	Seznam obrázků	20
10.2	Seznam grafů	21
11	Seznam literatury.....	21

1 Úvod

Ve své středoškolské odborné práci se budu zabývat identifikací intolerance laktózy za pomoci mobilní laboratoře Bento. Vzhledem k zakoupení nové mobilní laboratoře Bento školou, jsem se rozhodla využít jejích možností a zpracovat tuto tematiku. Už v útlém věku jsem se začala zajímat o analýzu DNA a všechny informace, které se z ní můžeme dozvědět. Doposud jsem přemýšlela o analýze DNA jen ve spojení s kriminalistikou nikoliv v souvislosti se zdravotnictvím, potravinářstvím či biologií. A proto jsem velmi ráda, že si budu moci vyzkoušet identifikaci intolerance laktózy a naučit se používat mobilní laboratoř Bento.

Ve své práci budu vysvětlovat důležitost enzymu laktázy v trávicím traktu a následné dopady jeho nepřítomnosti. Jakou roli hraje laktóza v našem metabolismu, jaké formy laktózové intolerance existují a jaké jsou jejich projevy na trávicí trakt a následné příznaky. Poté budu probírat formy diagnostiky, jejich principy a neposlední řadě se zaměřím na technologie využívané laboratoří Bento. Pokusím se je také porovnat s ostatními moderními metodami identifikace. Během praktické části se chci dozvědět, jak moc složité je pracovat s DNA a poznat celý proces analýzy.

Popíši laboratoř Bento, její technologii a provedení testů, typy vzorků a finální diagnostiku. Pro experiment vyberu vzorky slin z celého mého ročníku a následně je budu testovat v laboratoři. Podle zjištěných výsledků rozeberu četnost výskytu intolerance laktózy mezi svými vrstevníky. Diagnostikovaných se zeptám, zda o laktózové intoleranci věděli či je to pro ně novinkou. Chtěla bych provést kompletní a přehledný výzkum, který by zahrnoval výsledky testů a zároveň ověřil mé dovednosti při práci s laboratoří. jedním cílů praktické části je ocenit práci zdravotníků a kriminalistů, kteří s velmi podobnými přístroji pracují denně, a tím pomáhají a chrání potřebné.

Následně prodiskutuji výhody, nevýhody a metodiky Bento. V závěru se zaměřím na možnost uplatnění laboratoře v klinické praxi a její ekonomické a praktické výhody oproti klasickým metodám.

Při zpracování této práce budu vycházet z odborné literatury, která se zabývá problematikou laktózové intolerance a diagnostikou. Konkrétně budu vyhledávat vědecké články např. od American Family Physician, studie, vědecké výzkumy a odborné knihy o biochemii a struktuře laktózy.

Intolerance laktózy je porucha trávicího traktu, která je velmi rozšířená, a to až natolik, že mnoho jedinců ani neví, že jí trpí. Chtěla bych sjednotit informace o výskytu laktózové intolerance v populaci, přiblížit tuto poruchu, a to i její formy, které na první dojem nemusí být zjevné. Také chci vysvětlit dopady laktózy na náš trávicí trakt. Mým záměrem je osvětlit tento problém a přiblížit ji široké veřejnosti. Sjednotit zdroje a přepsat je do českého jazyka, jelikož většinu odborných článků a knih o laktózové intoleranci nalezneme v angličtině.

Ve správném provedení výzkumu mi může bránit má nezkušenost s laboratoří Bento, ale i přes to se budu snažit zamezit takovým chybám, které by mohly zásadně ovlivnit celkový výsledek praktické části. Před zahájením testů s laboratoří podstoupím odborné školení i se svou mentorkou.

2 Laktózová intolerance

2.1 Vymezení pojmu

Laktózová intolerance, nesnášenlivost laktózy čili nesnášenlivost mléčného cukru. Názvy pro totožný problém označující neschopnost tenkého střeva strávit mléčný cukr. Způsobuje jej nedostatek enzymu laktázy nebo jeho úplná nepřítomnost. Obtíže mohou být způsobeny vrozeným deficitem laktázy či následky jiné nemoci poškozující střevní sliznice. Bez přítomnosti laktázy se laktóza nerozštěpí a putuje dál až do ilea (kyčelníku) a tlustého střeva. Při cestě na sebe váže vodu. Následně je v hlubším záhybu tlustého střeva laktóza rozložena bakteriemi a nastává kvašení. Při rozkladu se vytváří mastné kyseliny a plyny – vodík, oxid uhličitý, metan, které zapříčiňují charakteristické trávící potíže,¹ to znamená nadýmání, nafouklé břicho a bolesti v břiše. Jelikož laktóza na sebe váže vodu, způsobuje žaludeční a střevní příznaky, které se projevují ve formě zvýšeného osmotického tlaku ve střevě, jenž nutí vodu proudit do střeva za účelem vyrovnání tlaku. Tento stav se také označuje jako osmotický průjem.²

2.2 Laktáza

Laktáza (beta – D-galaktosidáza) je enzym, který za přítomnosti vody štěpí laktózu na glukózu (hroznový cukr) a galaktózu (šlemový cukr). Na úspěšný proces štěpení laktózy má zásadní vliv věk, přítomnost nemoci postihující tenké střevo, genetické predispozice a stavba tenkého střeva. Množství laktázy se přirozeně mění a významně pozměňuje následnou schopnost snášenlivosti mléčného cukru. Samotná laktáza se tvoří v buňkách tenkého střeva savců včetně lidského. Enzym dokážou vyprodukovat i některé mléčné bakterie z rodů *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* a další³. Přesněji se laktáza objevuje v kartáčovém lemu enterocytů duodena a jejunu, kde se nachází na koncích střevních klků, a proto je zranitelnější než ostatní disacharidázy, která se nacházejí hlouběji. Hrozbou pro laktázu jsou zejména střevním onemocnění, které způsobují poškození buněk „Laktáza je kódována *LCT* genem na dlouhém raménku (*q*) 2. chromozomu v pozici 21. Exprese genu je regulována introny *MCM6* genu na 2. chromozomu, jenž ovlivňuje transkripci promotoru *LCT* genu.“⁴

¹ Institut klinické a experimentální medicíny, Ústavní lékárna IKEM, [online], Praha, c2015-2024 [cit.2024-10-18]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/>

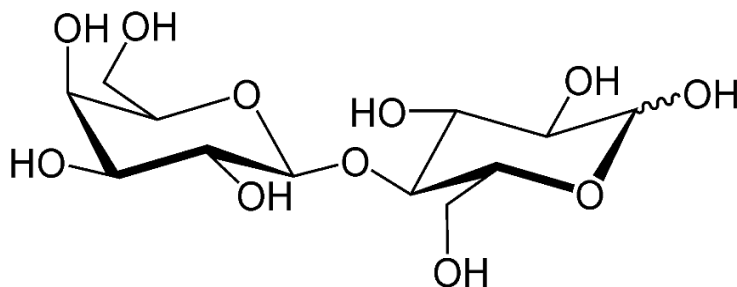
² FRITZSCHEOVÁ, Doris. Intolerance laktózy. Překlad Pavla Lutovská. vyd. Bratislava: Noxi, s.r.o., 2015, 128 s., ISBN 978-80-8111-258-4

³ Doc. MUDr. KOHOUT Pavel, RŮŽIČKOVÁ Lucie, Mléko – přítel nebo nepřítel, vyd. Praha: Forsapi, 2016, 53 s., ISBN: 978-80-87250-31-0

⁴ MUDr. BAJEROVÁ Kateřina, Ph.D., Laktózová intolerance – praktický přístup [online], Brno: Masarykova univerzita a Fakultní nemocnice, 2018; **19(3)**: 139–141. [cit.: 2024-10-19]. Dostupné z: www.pediatricpropraxi.cz

2.3 Laktóza

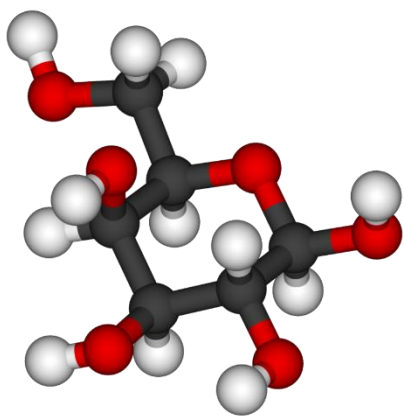
Laktóza neboli mléčný cukr patří mezi disacharidy obsahující dvě sacharidové molekuly, glukózou a galaktózou, které jsou vázané glykosidovou vazbou viz obrázek č. 1. Laktóza se v tenkém střevě lidského organismu štěpí za přítomnosti laktázy právě na tyto dva monosacharidy.⁵ V dospělosti laktóza nemá zásadní vliv na průběh života, nicméně v prvním roce života představuje nejvýznamnější zdroj energie.



Obrázek 1 chemická struktura laktózy

2.4 Galaktóza a Glukóza

Přítomnost těchto dvou molekul, které řadíme mezi jednoduché cukry, umožňuje efektivní trávení laktózy, vápníku, magnézia, železa a zinku. Galaktóza viz. obrázek číslo 2. (šlemový cukr) je základní stavební složka pro galaktolipidy, které jsou zásadní pro vývoj centrální nervové soustavy. Dále působí na mikrobiální adhezi.⁶ Přirozeně se objevuje i v ovoci např. v avokádu, a třešních. Galaktóza se v játrech přeměňuje na Glukózu.⁷



Obrázek 2 chemická struktura galaktózy

Glukóza viz. Obrázek číslo 3. (hroznový cukr) je krevní cukr, který je využíván jako základní energetický substrát. Podílí se na funkčnosti intermediárním metabolismu. Může být přijímána jak ve volné formě, tak jako součástí disacharidů a polysacharidů. Volná glukóza se stejně jako galaktóza nachází v ovoci. Glukóza je produktem fotosyntézy, proto ji samozřejmě nalézáme v rostlinách. Dále je součástí

⁵ PhDr. KOVÁŘŮ Dagmar, Mgr. KNÁPKOVÁ Jitka. Bezlepková a bezmléčná dieta. 1. Vyd. Brno: CPress, 2013, 119 s. ISBN 978-80-264-0185-8

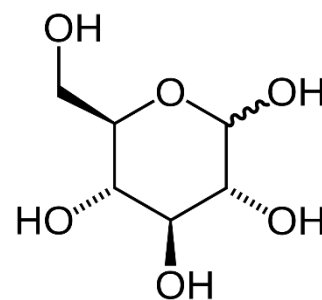
⁶ Tuula H. Vesa, Philippe Marteau & Riitta Korpela (2000) Lactose Intolerance, Journal of the American College of Nutrition, Helsinky, American College of Nutrition, 2013, **19**(2): 165–175. ISSN: 0731-5724

⁷Národní zdravotnický informační portál [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2024 [cit. 20. 10. 2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340.

Obrázek 1, zdroj: Yikrazuul, 2011, Structure of beta-D-Lactose[online] [cit. 20.-10-2024] Dostupné z: <https://sk.wikipedia.org/wiki/Lakt%C3%B3za#/media/S%C3%B4bor:Beta-D-Lactose.svg>

Obrázek 2, zdroj: By CCoil (talk) - Own work, CC BY-SA [online] [cit. 20.-10-2024] dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5103270> 3.0,

oligosacharidů (např. disacharidů maltózy, sacharózy, laktózy, celobiózy) a polysacharidů (např. škrobu, glykogenu, celulózy). Do krevního oběhu se glukóza dostane jen ve volném stavu. Zde se stává okamžitým zdrojem energie pro všechny buňky. Pokud glukóza není využita jako zdroj energie, ukládá ve formě glykogenu. Největší koncentrace volné glukózy je v extracelulární tekutině. Transport glukózy do buněk u některých případů závisí na obsahu inzulinu (svaly, tuková tkáň) v krvi jinak převážně vstupuje do buněk tzv. usnadněnou difúzí. V ledvinách a trávicím traktu vstupuje prostřednictvím kotransportu Na^+ (sekundárně aktivní transport). V cytoplazmě je hned fosforylována enzymem hexokinázou na glukóza-6-fosfát. Přebytek glukózy je filtrován v ledvinách a vyloučen močí.⁸



Obrázek 3 chemická struktura glukózy

3 Složení mléka

Vzhledem k tématu práce mi přijde vhodné se poučit o složkách mléka. V této kapitole se věnuji kravskému mléku, které je v naší geografické oblasti nejvíce konzumované. Mléko je zdrojem bílkovin a vápníku, zdravých tuků a také obsahuje i velké množství vitamínů a minerálů potřebných pro naše zdraví. Též je jedinou potravinou podporující rychlý růst a rozvoj u savců.

Mléko je z 87 % tvořeno vodou. Zbývajících 13 % je tvořeno bílkovinami, tuky, sacharidy, vitamíny a minerály. Bílkoviny přijaté z kravského mléka jsou jednoduše stravitelné. Hlavním zdrojem bílkovin je kasein, který se váže na vápník. Kasein obsahuje všech devět esenciálních aminokyselin, které naše tělo není schopné vytvořit, a proto má velmi vysoké nutriční skóre a patří mezi vůbec nejkvalitnější bílkoviny. Zároveň se velmi pomalu vstřebává. Vstřebávání může trvat mezi čtyřmi až osmi hodin. Díky tomuto pomalému procesu kasein může doplňovat živiny do těla po delší dobu. Sekundárním zdrojem bílkovin, který tvoří 20 % proteinů v mléce, jsou syrovátkové bílkoviny. Naopak syrovátková bílkovina má poloviční dobu střebávání. Stavbou jsou si tyto proteiny velmi podobné oba jsou označeny za tzv. plnohodnotné.⁹ Na kasein se váže přes 65 % vápníku, což je další esenciální složka, která se hojně vyskytuje v mléce. Zatímco v rostlinných zdrojích je vápník využitelný pouze z 5-10 % v mléce je využitelný až ze 30 %. V průměru mléko obsahuje 120 mg vápníku ve 100 g mléka.¹⁰

⁸ Glukóza. Ministerstvo zdravotnictví, Glukóza: Glukóza [online]. KVASNICOVÁ Vladimíra. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky, c 2004. [cit. 20.-10-2024] Dostupné z: https://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS3/hypertext/AJCEH.htm

⁹ RNDr. NOVOTNÝ, Tomáš. Micelární kasein: přehlížený protein špičkové kvality. Vilgain s.r.o. [online]. Vilgain s.r.o., 2022 [cit. 03-11-2024] Dostupné z: <https://aktin.cz/309-utajena-perla-micelarni-kasein>
Obrázek 3, zdroj: Ben Mills, D-glucose-2D-skeletal-hexagon., [online] [cit. 20.-10-2024] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Gluk%C3%B3za#/media/Soubor:D-glucose-2D-skeletal-hexagon.svg>

¹⁰ Doc. MUDr. KOHOUT Pavel, RŮŽIČKOVÁ Lucie, Mléko – přítel nebo nepřítel, vyd. Praha: Forsapi, 2016, 53 s, ISBN: 978-80-87250-31-0

V kravském mléce nalezneme čtyři hlavní vitamíny a to: vitamín A, B2, B12 a D. Vitamín A obsahuje retinol, retinal a kyselinu retinovou, který se následně rozpouští v tucích a převážně se ukládají v játrech. Samotný vitamín je zásadní pro tvorbu membrán a diferenciaci epitelů.¹¹ Rovněž podporuje imunitní reakci, tvorbu hlenů, metabolismus kostí a zubů atd.. Dalším přírodním zdrojem vitamínu A jsou např.: játra, maso, vejce, petržel, rajčata, špenát nebo rybí tuk. Vitamín B2 neboli riboflavin je důležitý pro normální funkci nervové soustavy. Snižuje pocit únavy a vyčerpání s přímou návazností na energetický metabolismus. Vitamín B2 se vyskytuje v mnoha potravinách. Vitamin B12 se podílí na vzniku červených krvinek, též působí na nervový systém a proces dělení buněk. Vitamín D z části účinkující jako steroidní hormon je odlišný od ostatních vitamínů, protože oproti ostatním vitamínům se do organismu neproniká skrze potravu, ale skrz sluneční záření. Mléko je jedno z mála potravin, které jej obsahuje. Dále se v mléce nachází fosfor, draslík, hořčík, zinek a jod.

4 Formy laktóзовé intolerance

Laktózová intolerance (malabsorpce laktózy) je velmi častým onemocněním trávicího traktu. Akutnost nemoci se rozprostírá na široké škále od nepatrných symptomů až po intenzivní potíže, které mohou být vliv i na psychické zdraví jedince. Odlišujeme tři základní typy laktózové intolerance: primární nedostatek laktázy, sekundární nedostatek laktázy a kongenitální nedostatek laktázy (alaktázie). Všechny doprovází jiná kombinace symptomů, které nám mohou později pomoci při odhadování formy onemocnění.¹² Zároveň se kombinace příznaků a jejich intenzita se liší u každého jedince.

4.1 Primární laktázový deficit

Je nejrozšířenější typem laktózové intolerance. Nese názvy jako např. genetická nebo adultní laktózová intolerance. Ve většině případů se projevuje až v dospělosti, ale najdou se i případy výskytu u dětí a dospívajících. Na rozdíl od ostatních forem intolerance je tento typ dědičný a vyskytuje se frekventovaně v rodinách. Je zapříčiněn regulací laktázové aktivity na transkripční úrovni. Tento typ je úzce vázán na etnikum jedinců, a proto se bude častěji objevovat v populacích, kde trávení mléka (laktózy) není obvyklé.¹³ Na globální úrovni je laktózová intolerance v dospělém věku skoro normou. Trpí ním až 75 % dospělé populace.¹⁴ (Bajerová, 2018, s.140) „V evropské populaci je nejčastější příčinou non-perzistence laktázové aktivity přítomnost C/C nukleotidů na pozici 13 910 LCT genu. Tento typ genetické informace je

¹¹ Vitamín A, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy [online]. Praha: 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy c2024 [cit. 02-11-2024]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Vitamin_A

¹² Institut klinické a experimentální medicíny, Ústavní lékárna IKEM, [online], Praha, c2015-2024 [cit.2024-10-18]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/>

¹³ FRITZSCHEOVA, Doris. Intolerance laktózy. Překlad Pavla Lutovská. vyd. Bratislava: Noxi, s.r.o., 2015, 128 s., ISBN 978-80-8111-258-4

¹⁴ Institut klinické a experimentální medicíny, Ústavní lékárna IKEM, [online], Praha, c2015-2024 [cit.2024-10-18]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/>

označován za tzv. *wild type* (přirozený typ). Ke snížení exprese LCT genu dochází od 2. roku věku jedince a může gradovat s věkem, klinický korelát bývá vyjádřen do 12. roku věku“.

4.2 Sekundární laktózová intolerance

Stav, jenž je vyvolán jiným onemocněním, které napadá tenké střevo a sliznice. Rovněž mohou sekundární laktózovou intoleranci vyvolat žaludeční a střevní infekce. Zároveň se tento typ intolerance dostavuje i po užití některých léků (antibiotik) a neposlední příčinou může být i nedostačující výživa a deficit důležitých bílkovin. Tato kondice doprovází poruchy příjmu potravy zejména bulimii a anorexii. Během průběhu těchto poruch nemohou být enzymy produkovány v dostatečném množství. Mezi další choroby, které podmiňují snížení laktázy v tenkém střevě patří např. neléčená celiakie (nesnášenlivost vůči lepku), Crohnova nemoc apod. Po vyléčení základní nemoci je sliznice opět schopna produkovat dostačující množství enzymu laktázy a tím všechny příznaky vymizí. Sekundární laktózová intolerance se označuje jen za přechodný jev.¹⁵ Také se může vyskytovat už v kojeneckém věku po infekčním průjmu způsobeným rotaviry. Ne vždy se, ale musí dostavit symptomy laktózové intolerance. Jedinci dokážou tolerovat až do 12 g laktózy v jedné dávce s minimálními či žádnými příznaky.¹⁶

4.3 Vrozená laktózová intolerance (Alaktázie)

Alaktázie je velmi vzácné autozomálně recesivní onemocnění, s mutací nacházející se v LCT genu. Účinky se dostavují již v druhém týdnu po narození novorozence v návaznosti na podání mléka obsahujícího laktózu. Pozdní zjištění přítomnosti alaktázie může prudce zvýšit možnost předčasného úmrtí kojence způsobené těžkými průjmy, ztrátou tekutin a podvýživou. Neschopnost trávení laktózy je celoživotní.¹⁷ Při pozdní léčbě může dojít až k poškození mozku z důvodu nedostatku potravy. Dalším faktorem, který by mohl v prvních týdnech způsobovat nesnášenlivost mléčného cukru, je neúplný vývin střeva kojence. Pokud tato skutečnost nastane existuje možnost, při níž by se produkce laktázy mohla zvýšit po dovyvinutí střeva a odbourat se tak dosavadní nesnášenlivost laktózy.¹⁸

4.4 Příznaky

Většina příznaků se pojí se zažívacím traktem. Nejčastěji se vyskytuje již zmíněný osmotický průjem. Mezi typické projevy intolerance se řadí: flatulence (odcházející větry), meteorismus (nadýmání), průjmy, kašovitá stolice, zvýšená frekvence stolice, nevolnost po jídle, zvracení, křečovitě bolesti břicha, říhání, pyróza (pálení žáhy), bolesti hlavy i svalů a celková únava. Většina příznaků se objevuje v méně intenzivní podobě, a to především u dospělých pacientů. Ačkoliv většina symptomů je nepříjemná, ale je lehké se jim vyhnout a tak, že jedinci nebudou konzumovat nadměrné množství potravin obsahující laktózu. Kromě těchto typických

¹⁵ Institut klinické a experimentální medicíny, Ústavní lékárna IKEM, [online], Praha, c2015-2024 [cit.2024-10-18]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/>

¹⁶ KOPÁČEK, Jiří, Mlékařské Listy: Laktózová intolerance, její příčiny, příznaky a nutriční řešení, Praha, Českomoravský svaz mlékařský. 2017, 165, **28** (6): 11-16. Dostupné z: <http://www.mlekarskelisty.cz/>

¹⁷ Tuula H. Vesa, Philippe Marteau & Riitta Korpela (2000) Lactose Intolerance, Journal of the American College of Nutrition, Helsinky, American College of Nutrition, 2013, **19**(2): 165–175. ISSN: 0731-5724

¹⁸ Institut klinické a experimentální medicíny, Ústavní lékárna IKEM, [online], Praha, c2015-2024 [cit.2024-10-18]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/>

symptomů existují ještě nespecifikované projevy, které jsou spojeny s psychologickou stránkou postiženého, kdy nesnášenlivost zásadně narušuje mentální pohodu jedince a vede až k ochablosti a depresivním náladám.

5 Léčba

Účinná léčba intolerance laktózy spočívá v dodržování diety, která je modifikována podle stupně intenzity intolerance laktózy. Pacienti, kteří trpí lehčí formou intolerance, se musí vyvarovat konzumace samostatného čerstvého mléka a pokrmů, do kterých se přidává sušené mléko a syrovátka. Naopak ti, kteří mají silnější příznaky se musí vyhýbat i zakysaným mléčným výrobkům a sýrům. V případech, kdy chybí laktáza v enterocytech úplně, se musí z jídelníčku odstranit i máslo, zrající tvrdé sýry a všechny ostatní produkty obsahující laktózu. Místo produktů lze jednoduše nahradit momentálně jednoduše dostupnými produkty neobsahující laktózu (lactose-free dairy products) a alternativními nápoji obsahující vápník, které často můžeme nalézt nesprávně označené jako „mléko“ např. ovesný nápoj a sójový nápoj. Konzumací těchto nápojů zamezíme nedostatku příjmu vápníku, který by mohl vést k riziku vzniku osteoporózy (onemocnění, které vede ke slábnutí a chřadnutí kostí a následnému zvýšení rizika zlomenin). Proto v těchto případech bývá doporučeno vyhledat rad nutričního odborníka, který může nahradit příjem vápníku skrze jiné potraviny např. lískové ořechy, mák, mandle atd. Laktózu je skoro nemožné úplně vyloučit z jídelníčku, neboť obsahuje důležitý vápník a vitamín D, proto existuje možnost odstranit mléčný cukr za pomoci digescí laktázy. Při které účinkují probiotické bakterie *Lactobacillus* nebo beta-galaktozidáza. Dále se nesmí zapomínat, že mléčné výrobky jsou zdrojem nejen vápníku a vitamínu D ale i kvalitních bílkovin. Proto není doporučeno úplné vyloučení mléčných výrobků.

Ve většině případů je bezpečné denně konzumovat mezi 6–12 g laktózy. Lépe se laktóza vstřebává, pokud je zakomponována do jídla, než kdy je stravována samostatně. Také je velmi důležité, aby pacienti laktózu konzumovali po menších dávkách nikoli najednou. Zde jsou příklady potravin s malým obsahem laktózy, který by většině pacientům neměly způsobovat potíže: „*Tvrdé a zrající sýry (např. Parmezán, Ementál, Čedar, Camembert, Brie, Blaťácké zlato, Madeland) – (...) Většina tvrdých sýrů obsahuje kolem 5 % laktózy, zrající sýry neobsahují žádné nebo jen mizivé množství laktózy. Zakysané mléčné výrobky (např. jogurt, kefír, zakysaná smetana, podmásli) – (...) mají snížené množství laktózy až o 20-40 % (...) Šlehačka, smetana a máslo – mléčné výrobky se zvýšeným obsahem tuků obsahují menší množství laktózy tzv. light mléčné výrobky.*“¹⁹

6 Četnost intolerance v populaci

Výskyt laktózové intolerance v populaci je úzce spojen s jídelníčkem dané kultury. Např. v kulturách, kde používání mléka je časté můžeme očekávat menší počet jedinců trpících laktózovou intolerancí než v kulturách, kde se mléko nevyužívá. Největší počet lidí trpících laktózovou intolerancí nalezneme v Asii, následuje Afrika, jižní Evropa a Jižní Amerika, kde

¹⁹ Doc. MUDr. KOHOUT Pavel, RŮŽIČKOVÁ Lucie, *Mléko – přítel nebo nepřítel*, vyd. Praha: Forsapi, 2016, 53 s, ISBN: 978-80-87250-31-0

intolerancí trpí něco okolo 50 % populace. V Severní Americe (USA) trpí laktózovou intolerancí 15 % bílých Američanů, 53 % Mexičanů a 80 % Afroameričanů. V přepočtu trpí laktózovou intolerancí kolem 76 % světové populace.²⁰

6.1 Evropa

V Evropě je se nachází 95 % obyvatel se schopností trávení laktózy. V České republice je okolo 10 % populace trpící laktózovou intolerancí. Procento neschopných strávit laktózu se směrem na jih Evropy zvyšuje a směrem na sever naopak snižuje.²¹ Nejvyšší počet obyvatel tolerující mléční cukr nalezneme ve Skandinávii, a to ve Švédsku a Finsku. Švédská populace má 74 % obyvatel schopných snášet laktózu a ve Finsku dokonce až 82 % populace. Zajímavostí přitom je, že mléko není tradičním komponentem švédské a finské kuchyně.²²

7 Technologie mobilní laboratoře bento

Bento je mobilní laboratoř, která se snaží o dostupnost a jednoduché a srozumitelné ovládání pro začínající vědce. Záměrem Bento je zpřístupnit vědu, a proto popisují svou laboratoř jako kompatibilní a vhodnou spíše pro jednotlivé zájemce o vědu. Dále na stránkách Bento můžeme nalézt řadu obrázkových i video průvodců, které zobrazují přesné ovládání laboratoře. Zakladatelé tvrdí, že hlavním cílem laboratoře je dát lidem možnost porozumět základním principům fungování genetiky a molekulární biologie.

Firma Bento byla založena v roce 2014 zakladateli Philippem Boingem a Bethan Wolfenden na iGEM biotech competition. Oba zakladatelé studovali na University College London s plánem vytvořit dostupné biotechnické nástroje, které by zároveň byly jednoduché ovládat. V září 2015 bylo vytvořeno 20 Bento laboratoří financovaných peněžními odměnami od London E-Challenge, UCL's Bright Idea Awards, IBLF Awards a nadace ERA Královské akademie inženýrství. Tyto laboratoře byly následně rozposlány na beta testování do celého světa.²³

²⁰ Laktoseintoleranz: weltweite Verteilung. Dr. Michael Zechmann-Khreis [online]. nmi-Portal: Ernährung im Fokus – Laktose, Fruktose, Histamin C2024 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://www.nahrungsmittel-intoleranz.com/laktoseintoleranz-weltweite-verteilung/>

²¹ Alergie na bílkovinu kravského mléka a intolerance laktózy. Mgr. et Mgr. Jitka Laštovičková [online]. Šance dětem, c2018-2023 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://sancedetem.cz/alergie-na-bilkovinu-kravskeho-mleka-intolerance-laktozy>

²² Vuorisalo T, Arjamaa O, Vasemägi A, Taavitsainen JP, Tourunen A, Saloniemi I. Perspect Biol Med. 2012;55(2):163-74. doi: 10.1353/pbm.2012.0016. PMID: 22643754.

²³ Bento Lab Stories, Towards Open and Accessible Biotechnology [online], Londýn: Bento lab, 7 s. [cit.: 25-10-2024], dostupné z: <https://www.bento.bio/files/press-talking-points.pdf>

Obrázek 4: Bento Lab. Physical description of Bento lab, [online], 2013–2024 Dostupné z: <https://cdn.bento.bio/app/uploads/helpcenter/usermanual/bento-lab-physical-layout-numbers-annotated.jpg>

7.1 Popis technologie

Samotná laboratoř se skládá ze třech hlavních částí viditelných na obrázku 4. Tyto části jsou: mikrocentrifuga (2), PCR termocyklér (1), modrý LED transiluminátor (3) a napájecí zdroj pro gelovou elektroforézu s externí nádobou pro gelovou elektroforézu (4). Součástí laboratoře je i stojan na zkumavky (6). Laboratoř se ovládá za pomoci třech tlačítek (5), která umožňují jednoduché přepínání mezi komponenty. Modré tlačítko uživatele vždy přenesse zpět na domovskou stránku. Velké kulaté oranžové tlačítko je tzv. click-dial skrz něj se vybírají možnosti na obrazovce. Poslední zelené tlačítko ve tvaru šipky směřující doleva je využíváno při navrácení o krok zpět.



Obrázek 3 základní popis laboratoře Bento

7.2 Centrifuga

Centrifuga je umístěna uprostřed laboratoře. Pro zabezpečení je její součástí i automatický zámek, který se aktivuje vždy při spuštění. Kapacita centrifugy je 6 x 1,5 ml zkumavek nebo 6x 2 ml zkumavek podle modelu rotoru. Používání rotoru se špatným typem zkumavek může vést k poškození centrifugy. K poškození může dojít i v případech, kdy jsou zkumavky špatně vyvážené. V laboratoři jsou dvě možnosti využití centrifugy, a to burst spin a time spin. Burst spin se využívá při předem nedefinovaném krátké otáčení např. setřepání tekutiny ze stran zkumavky. Time spin je naopak využíván při jasně daném časovém limitu. PCR termocyklér²⁴

7.3 Gelová elektroforéza a transiluminátor

Transiluminátor je umístěn na levé straně laboratoře viz na obrázku 4 označený číslem 3. S transiluminátorem se zde nachází tzv. vana, kterou lze vidět na obrázku 5 pro gelovou elektroforézu viz číslo 2 na obrázku. Ta se skládá ze dvou částí. Podkladová část číslo (1) je vytvořena z čirého plastu do této části naléváme gel. Dále s v ní nachází gumové drážky a dva hřebeny viditelné na obrázku číslo 5. Víčko nádoby je tvořeno oranžovým plastem, který účinně funguje jako ochrana před modrým led zářením z transiluminátor. Vana se otevírá posouváním oranžové části doleva. Dále se ve víku nachází malý systém gelové elektroforézy, který má větší gradient napětí než větší gelové systémy. Doporučený nastavený čas je po dobu 45 min při 50 V.²⁵



Obrázek 4 popis nádoby pro gelovou elektroforézu

²⁴ Bento Lab [online]. Londýn: Bento Bioworks Ltd, c2013 – 2024 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://bento.bio/resources/manual/centrifuge/>

Obrázek 5: Bento Lab. The gel electrophoresis and transilluminator module, [online]. 2013-2024. Dostupné z: <https://cdn.bento.bio/app/uploads/helpcenter/usermanual/gel/gel-box-detailed-illustration.jpg>

²⁵ Bento Lab [online]. Londýn: Bento Bioworks Ltd, c2013 – 2024 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://bento.bio/resources/manual/gel-electrophoresis-and-transilluminator/>

7.4 PCR termocyklér

PCR termocyklér neboli topný blok je umístěn na pravé straně laboratoře. Do termocykléru se vkládají pouze zkumavky s plochým víčkem o velikosti 0,2 ml. Kapacita termocykléru je 32 zkumavek. Vyhřívané víko je vyrobené tak, aby se vždy přizpůsobilo zkumavkám.

Na straně termocykléru se nachází ventilátor k odvodu teplého vzduchu pro předcházení přehřívání laboratoře. Ventilátor se vždy samovolně spustí po několika sekundách od zahájení procesu v termocykléru. Důležité je se ujistit před spuštěním termocykléru, že žádné předměty nebrání proudění vzduchu z ventilátoru, aby nedošlo k přehřátí laboratoře. Dále se zde nachází indikační světlo, které oznamuje aktivitu systému.²⁶

8 Experimentální část

8.1 Úvod metodiky

Moje experimentální část spočívá v otestování mobilní laboratoře Bento v klinické praxi. Mobilní laboratoř Bento, používaná v této práci byla zaplacená z projektu: Šablony OP JAK "Inovativní vzdělávání na Česko-anglickém gymnáziu" Číslo projektu: CZ.02.02.XX/00/22_003/0003634

Sekundárním cílem je zjistit, jak moc je rozšířené obecné povědomí o laktózové intoleranci. Kolik respondentů o ní vědělo a na druhé straně kolik o ní nevědělo. Celý proces testování a identifikace je anonymizován, Výběr vzorků DNA proběhl se souhlasem dárců, v případě nepletosti se souhlasem jejich zákonného zástupce.

8.2 Metodika

Nejprve jsem se musela rozhodnout, jakým způsobem budu vybírat vzorky. Nakonec jsem se zvolila buklí stěr za pomoci vatové tyčinky. Po shromáždění dostatečného množství vzorků DNA od spolužáků jsem vzorky uchovala do papírových obálek, na kterých bylo označeno, zda si daný jedinec myslí, že trpí či netrpí laktózovou intolerancí. Následuje využití mobilní laboratoře Bento, konkrétně metodu Dipstick. Před každým výzkumem musíme důkladně očistit pracovní plochu a nasadit si latexové rukavice, které si podle uvážení můžeme sterilizovat. Ostatní pomůcky umyjeme vodou a následně opláchneme destilovanou vodou.

První část Dipstick metody je extrakce DNA. Při níž použijeme zkumavku o velikosti 1,5 ml, kterou řádně označíme datem a identifikačním číslem. V mém případě jsem dopisovala i symboly pro předpokládaný výsledek. Do zkumavky vložíme vatovou tyčinku se slinami a přidáme 200 µl extrakční pufferu. Následným cvrknutím po dobu 5-10 sekund do zkumavky zamícháme tekutiny do sebe. Po promíchání se do stejné zkumavky přidá dalších 400 µl extrakčního pufferu. Při přidávání tekutiny se musí dát pozor na špičku pipety, která se nikdy

²⁶ Bento Lab [online]. Londýn: Bento Bioworks Ltd, c2013 – 2024 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://bento.bio/resources/manual/pcr-thermocycler-heating-block/>

nesmí dotknout tekutiny ve zkumavce. Když se tak stane, musí se hned vyměnit, aby nenastalo kontaminaci extrakčního pufferu. Do vedlejší zkumavky se připraví 1000 µL wash buffer, který se hned spotřebuje. V tento moment se musíme přesunout na druhou část metody, a to je PCR mix. Po dokončení PCR mixu se navrátíme k první části.

PCR neboli amplifikační reakce je druhá část celého procesu identifikace. Pro namíchání tzv. PCR mixu potřebujeme Firepol – Master mix a Primer mix – na laktózu. Před mícháním vložíme oba mixy do centrifugy a na pár sekund je necháme zamíchat. Poté si vezmeme novou zkumavku a označíme ji stejně jako zkumavku určenou pro extrakci DNA do ní nepipetujeme 4 µl Mastermixu k němuž následně přidáme 2 µl Primer mixu – na laktózu. A nakonec dodáme 14 µl destilované vody. V tento moment se vracíme k první části a to tím, že vezmeme indikační papírek a namočíme ho 3x v extrakčním pufferu, 5x ve wash pufferu a 15x v PCR mixu. Ten (PCR mix) následně vložíme do termocykléru na předem nastavený cyklus.

Mezitím, co termocyklér běží, si připravíme gel pro elektroforézu. Pro správné vytvoření gelu namícháme 50 ml 0,5x TBE pufferu. Ten vytvoříme smícháním 20 ml 10x TBE pufferu s 180 ml destilované vody. Odlijeme si 30 ml 0,5x TBE pufferu a smícháme ho s jednou tabletou agarózy (0,6 g) a promícháme. Zbylý koncentrát TBE pufferu odložíme na později. Mícháme do té doby, dokud se tableta dokonale nerozpustí, cca 2 minuty. Následně vložíme nádobu se směsí do mikrovlnné trouby na 20 až 30 sekundové intervaly při výkonu 850 W. Pokaždé vyjmeme nádobu a kruhovitými pohyby zamícháme směs. Takto opakujeme až do té doby, dokud není směs čirá. Pokud by ve směsi zůstaly hrudky, způsobilo by to horší viditelnost výsledků. Zároveň směs nesmí být přehřátá, neboť by se agaróza mohla vypařit. Poté gel necháme lehce zchladnout a přidáme 1,5 µl GelGreen DNA stain, což je barvivo, které vmícháme do gelu. V průběhu chladnutí připravíme nádobu na gel, kam vložíme gumové drážky a hřeben. Když je gel hustší a má okolo 55 °C, (nádobu je teplá na dotek) nalijeme ho do připravené nádoby. Gel naléváme do nádoby pomalu, abychom zamezili tvorbě bublinek. Pokud se bublinky vytvoří je vhodně je špičkou pipety odstranit. Tuhnutí gelu trvá okolo 20-30 minut při pokojové teplotě nebo 15 minut v lednici.

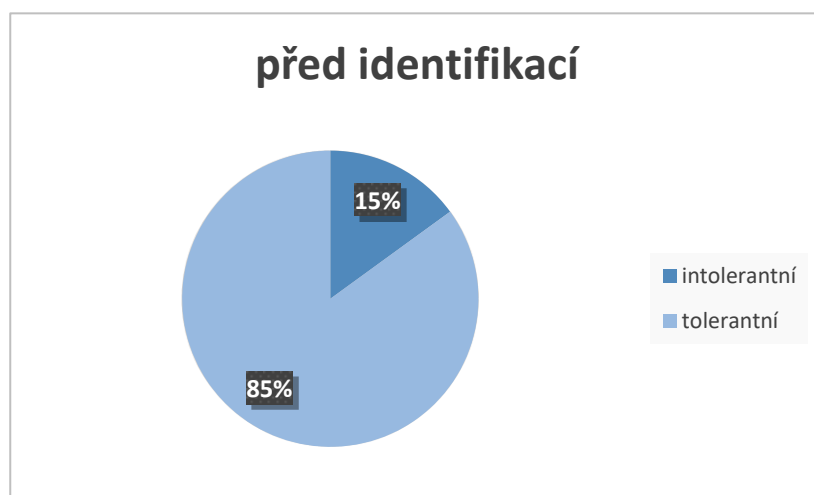
Po zatuhnutí opatrně vyjmeme gumové drážky a hřeben. Následně přelijeme celý gel předem namíchaným koncentrátem 0,5x TBE pufferu. Hladina pufferu je cca 3 mm nad úrovní zatuhlého gelu tak, aby jej zakryla. Do první jamky napipetujeme 5 µl 100 bp DNA Ladder (žebříku). A do ostatních jamek přidáme 5 µl produktu PCR. Elektroforézu nastavíme na 80 V po dobu 60 minut a celou laboratoř ideálně umístíme do tmavšího místa. Po dokončení cyklu vložíme nádobu i s oranžovým víčkem na zhaslý transiluminátor. Ten rozsvítíme až v moment, kdy je nádobu správně umístěná a máme přes ní položenou tmavou komoru.

Výsledky se následně kontrolují podle 100 bp DNA žebříku. Pokaždé vyjde kontrola na úrovni 440 bp, která nám oznamuje správné provedení identifikace. Dále se zobrazují alely C (328 bp) a T (166 bp). Pokud se objeví i s kontrolou obě alely, znamená to, že jedinec je heterozygotní. Schopnost trávit laktózu je dominantní, což znamená že daný jedinec bude schopen trávit laktózu i v dospělosti. V případě, kdy se s kontrolou objeví alela TT (166 bp), tedy dominantní homozygot s největší pravděpodobností jedinec je schopen trávit laktózu. A poslední možností

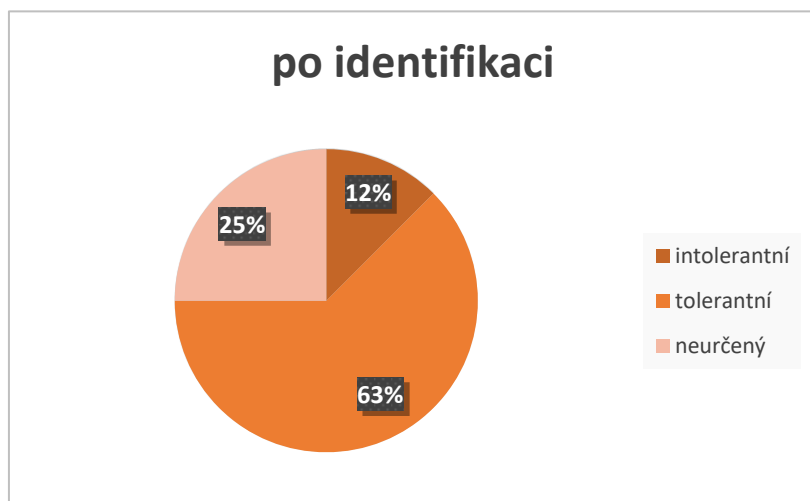
je objevení alel CC (328 bp), tedy recesivní homozygot, což znamená, že jedinec nebude neschopný trávit laktózu v dospělosti.

8.3 Výsledky

Celkově jsem odebrala 40 vzorků – 6 vzorků laktózově intolerantních a 34 tolerantních viz graf číslo 1. Všechny vzorky jsem zpracovala, ale úspěšně mi vyšla identifikace pouze u 30 vzorků – 5 laktózově intolerantních a 25 tolerantních viz graf číslo 2.



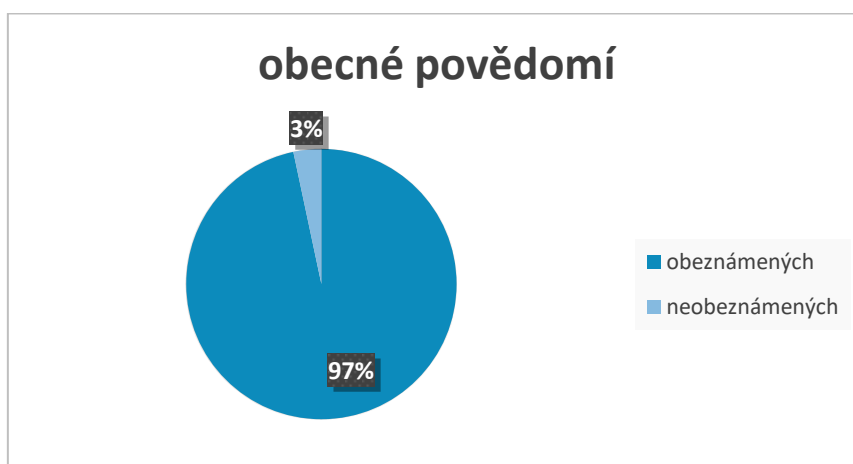
Graf 1 Procentuální počet laktózově intolerantních a neintolerantních před identifikací



Graf 2 Procentuální počet laktózově intolerantní a tolerantních po identifikaci

8.4 Diskuse

Výsledky výzkumu potvrzují 97 % obeznámenost dárců se svou tolerancí/intolerancí viz graf číslo 3. Osobně jsem předpokládala vysoké povědomí o laktóзовé intoleranci u dárců, nicméně jsem nečekala, až tak vysoké procento obeznámenosti mezi mými spolužáky. Jediný neshodující se výsledek s dárčovým tvrzením, mi připadal nejzajímavější, a to z následujícího důvodu. Dárce znám osobně, a proto jsem se dodatečně zeptala, zda jeho tvrzení nemůže být mylné. Odpovědí mi bylo, že dárce denně pocítuje symptomy laktóзовé intolerance, a proto si je 100 % jist s uvedeným tvrzením. Nevím, zda například nemohla dojít ke kontaminaci vzorku s jiným, nebo zda nedošlo k jiné chybě během postupu identifikace. Dalším vysvětlením by mohlo být i to, že uvedený dárce může pocítovat symptomy laktóзовé intolerance jen kvůli tzv. nocebo efektu. „Nocebo efekt je opakem placebo efektu. Popisuje situaci, kdy dojde k negativnímu výsledku kvůli přesvědčení, že intervence způsobí škodu. Ve světě bezpečnosti léků je to někdy zapomenutý fenomén. Termín nocebo pochází z latinského „škodit“.²⁷



Graf 3 Procentuální počet obecného povědomí mezi dárci

Mé zásadní omezení byl nedostatek času mezi hodinami pro obsluhu mobilní laboratoře. Elektroforéza byla celkově nejtěžší částí celé identifikace. První překážkou byl uvedený údaj o doporučené délce elektroforézy, který jak jsem později zjistila byl neodpovídající mým potřebám. Především při první várce vzorků jsem musela opakovat celý proces tvoření gelu a gelové elektroforézy, jelikož jsem musela odejít kvůli docházce do hodin. Mezitím v čase mé nepřítomnosti se gel odlepil od dna nádoby a výsledky tak nebyly viditelné. Dále mě velmi limitoval nedostatek stojanů na zkumavky. Musela jsem vymyslet alternativní způsoby bezpečné úschovy vzorku, a to se snahou nezapříčinit kontaminaci. Na další problém, na který jsem narazila bylo to, že ve školní laboratoři není možné zatáhnout záclony a tím ztemnit

²⁷ Medsafe. The nocebo effect. New Zealand ministry of health and University of Otago. [online] Wellington: The Privacy Officer Ministry of Health, 2019, 40(1): 14–15 [cit.: 30-11-2024] Dostupné z: <https://medsafe.govt.nz/profs/PUArticles/March2019/The%20nocebo%20effect.htm> , přeloženo autorem práce

místnost. Pro finální část identifikace je zásadní mít tmu a zde to nebylo bohužel úplně možné. Tento fakt zapříčinil ztrátu 10 vzorků.

Podle mého názoru je laboratoř vhodná jak pro klinickou praxi, tak pro začínající vědce. Obsluha laboratoře je překvapivě jednoduchá. Zpočátku na mě celý systém mobilní laboratoře působil složitě a nepřehledně, ale už při mém prvním samostatném použití jsem zjistila, že ovládání je mnohem jednodušší, než se na první pohled zdálo. Tento poznatek mě přesvědčil o praktičnosti a uživatelské přívětivosti laboratoře, což ji činí ideální i pro ty, kteří nemají s podobnou technologií předchozí zkušenosti.

9 Závěr

Cílem mé středoškolské odborné práce bylo přiblížit problematiku laktóзовé intolerance, včetně její biochemické podstaty a příznaků, s důrazem na využití mobilní laboratoře Bento. V teoretické části jsem shrnula význam enzymu laktázy pro lidský organismus, různé formy laktóзовé intolerance a jejich projevy na trávicí trakt. Praktická část zahrnovala testování vzorků slin odebraných od mých spolužáků pomocí mobilní laboratoře Bento. Tento proces mi umožnil lépe pochopit celý postup práce s DNA, od přípravy vzorku až po finální diagnostiku. Výsledky mého výzkumu ukázaly četnost výskytu laktóзовé intolerance v mé skupině vrstevníků a přinesly poznatky o informovanosti diagnostikovaných jedinců.

Tato práce pro mě znamenala jedinečnou příležitost propojit mé dlouhodobé zájmy o analýzu DNA s praktickými zkušenostmi v oblasti biologie a diagnostiky. Práce s mobilní laboratoří Bento mi umožnila nahlédnout do problematiky diagnostiky laktóзовé intolerance z perspektivy vědce i zdravotníka. Zpočátku jsem narazila na určité výzvy, jako je nezkušenost s laboratorní technikou, postupně jsem získala jistotu v ovládání technologií a lepší porozumění celému procesu.

Dospěla jsem k závěru, že mobilní laboratoř Bento má velký potenciál nejen ve výuce a vědeckém výzkumu, ale také v klinické praxi, zejména díky své ekonomické dostupnosti a jednoduchosti použití. Mou prací jsem chtěla nejen sjednotit informace o laktóзовé intoleranci, ale také přiblížit tuto poruchu širší veřejnosti a upozornit na její zdravotní i společenské dopady. Doufám, že výsledky této práce mohou posloužit jako inspirace pro další studenty.

10 Seznamy

10.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 chemická struktura laktózy	11
Obrázek 2 chemická struktura galaktózy	11
Obrázek 3 základní popis laboratoře Bento	16
Obrázek 4 popis nádoby pro gelovou elektroforézu	17

10.2 Seznam grafů

Graf 1 Procentuální počet laktózově intolerantních a neintolerantních před identifikací.....	25
Graf 2 Procentuální počet laktózově intolerantních a tolerantních po identifikaci.....	25
Graf 3 Procentuální počet obecného povědomí mezi dárči.....	26

11 Seznam literatury

Institut klinické a experimentální medicíny, Ústavní lékárna IKEM, [online], Praha, c2015-2024 [cit.2024-10-18]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/>

FRITZSCHEOVÁ, Doris. Intolerance laktózy. Překlad Pavla Lutovská. vyd. Bratislava: Noxi, s.r.o., 2015, 128 s., ISBN 978-80-8111-258-4

Doc. MUDr. KOHOUT Pavel, RŮŽIČKOVÁ Lucie, Mléko – přítel nebo nepřítel, vyd. Praha: Forsapi, 2016, 53 s, ISBN: 978-80-87250-31-0

MUDr. BAJEROVÁ Kateřina, Ph.D., Laktózová intolerance – praktický přístup [online], Brno: Masarykova univerzita a Fakultní nemocnice, 2018; **19**(3): 139–141. [cit.: 2024-10-19]. Dostupné z: www.pediatriepropraxi.cz

PhDr. KOVÁŘŮ Dagmar, Mgr. KNÁPKOVÁ Jitka. Bezlepková a bezmléčná dieta. 1. Vyd. Brno: CPress, 2013, 119 s. ISBN 978-80-264-0185-8

Tuula H. Vesa, Philippe Marteau & Riitta Korpela (2000) Lactose Intolerance, Journal of the American College of Nutrition, Helsinki, American College of Nutrition, 2013, **19**(2): 165–175. ISSN: 0731-5724

Národní zdravotnický informační portál [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2024 [cit. 20. 10. 2024]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340.

Glukóza. Ministerstvo zdravotnictví, Glukóza: Glukóza [online]. KVASNICOVÁ Vladimíra. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky, c 2004. [cit. 20.-10-2024] Dostupné z: https://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS3/hypertext/AJCEH.htm

RNDr. NOVOTNÝ, Tomáš. Micelární kasein: přehlížený protein špičkové kvality. Vilgain s.r.o. [online]. Vilgain s.r.o., 2022 [cit. 03-11-2024] Dostupné z: <https://aktin.cz/309-utajena-perla-micelarni-kasein>

Vitamín A, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy [online]. Praha: 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy c2024 [cit. 02-11-2024]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Vitamin_A

KOPÁČEK, Jiří, Mlékařské Listy: Laktózová intolerance, její příčiny, příznaky a nutriční řešení, Praha, Českomoravský svaz mlékárenský. 2017, 165, **28** (6): 11-16. Dostupné z: <http://www.mlekarskelisty.cz/>

Laktoseintoleranz: weltweite Verteilung. Dr. Michael Zechmann-Khreis [online]. nmi-Portal: Ernährung im Fokus – Laktose, Fruktose, Histamin C2024 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://www.nahrungsmittel-intoleranz.com/laktoseintoleranz-weltweite-verteilung/>

Alergie na bílkovinu kravského mléka a intolerance laktózy. Mgr. et Mgr. Jitka Laštovičková [online]. Šance dětem, c2018-2023 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://sancedetem.cz/alergie-na-bilkovinu-kravskeho-mleka-intolerance-laktozy>

Vuorisalo T, Arjamaa O, Vasemägi A, Taavitsainen JP, Tourunen A, Saloniemi I. Perspect Biol Med. 2012;55(2):163-74. doi: 10.1353/pbm.2012.0016. PMID: 22643754.

Bento Lab Stories, Towards Open and Accessible Biotechnology [online], Londýn: Bento lab, 7 s. [cit.: 25-10-2024], dostupné z: <https://www.bento.bio/files/press-talking-points.pdf>

Bento Lab [online]. Londýn: Bento Bioworks Ltd, c2013 – 2024 [cit. 2024-11-16]. Dostupné z: <https://bento.bio/resources/manual/pcr-thermocycler-heating-block/>