

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Stanovení pH v dutině ústní po konzumaci různých
potravin a nápojů**

Diplomová práce

Bc. Klára Zubková

Výživa a potraviny

doc. Ing. Boris Hučko, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení pH v dutině ústní po konzumaci různých potravin a nápojů" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu panu docentovi Borisi Hučkovi za jeho cenné rady, podporu a trpělivost během celého výzkumu. Dále bych chtěla poděkovat všem účastníkům studie za jejich čas a ochotu a nakonec patří dík mé rodině a přátelům za morální podporu a povzbuzování během celého studia.

Stanovení pH v dutině ústní po konzumaci různých potravin a nápojů

Souhrn

Na kvalitu prostředí dutiny ústní a mikrobiom má vliv řada faktorů. pH ústní dutiny je klíčovým faktorem zdraví zubů a celkové ústní hygieny. Monitorování pH v ústní dutině po konzumaci různých potravin je klíčovým prvkem v oblasti zubního zdraví a ústní hygieny, který pomáhá minimalizovat negativní účinky na zdraví. Účelem této studie bylo sledování fluktuace pH po konzumaci specifických potravin a nápojů. Dále se zkoumalo, zda obsah bílkovinné složky v dané potravine nebo nápoji ovlivňuje dynamiku pH a zda přítomnost cukru v ovoci má vliv na pH nebo ne.

Do sledování se zapojilo celkem 10 účastníků ve věkovém rozmezí od 18 do 50 let. Potraviny a nápoje byly postupně podávány účastníkům ve specifických intervalech a měření pH probíhalo ve čtyřech časových úsecích: okamžitě po konzumaci, 5 minut po konzumaci, 15 minut po konzumaci a 30 minut po konzumaci. Tato časová měření umožnily sledovat změny pH v ústní dutině v průběhu času po konzumaci daných potravin a nápojů. Měření pH bylo prováděno pomocí pH metru, který byl přímo aplikován na sliny účastníků. Tento metodický postup umožnil získat podrobné a srovnatelné výsledky vlivu konzumovaných potravin a nápojů na pH ústního prostředí u účastníků.

Nejprve došlo ke srovnání potravin s různým obsahem bílkovin, konkrétně sušeného masa, sýru a bílého rohlíku. Nejnižší naměřená hodnota pH byla 5,66, zaznamenaná 15 minut po konzumaci rohlíku. Tato hodnota se přiblížila kritické hranici pH 5,5, což by mohlo signalizovat možné poškození zubní skloviny. Statistické analýzy provedené v této skupině neprokázaly žádný signifikantní rozdíl mezi jednotlivými potravinami. Tím pádem nelze tvrdit, že rohlík snižoval pH více než potraviny s vyšším obsahem bílkovin.

Následně byl zkoumán vliv přítomnosti bílkovinné složky na dynamiku pH v ústní dutině, s důrazem na konzumaci kávy s mlékem a bez mléka. Statistický test neprokázal významný rozdíl ani v tomto případě. Tento výsledek vede k závěru, že přítomnost mléka v kávě nemá významnější dopad na snížení pH v ústní dutině. Naopak, naše studie naznačuje, že hodnota pH má tendenci se po konzumaci kávy zvyšovat, což je v rozporu s očekáváním.

Nakonec byl sledován vliv vyššího obsahu cukru v ovoci na pH v dutině ústní. Zjistilo se, že banán, který obsahuje vyšší obsah cukru, měl větší kolísání hodnot pH než jahody.

Celkově lze říci, že tato studie přináší nové poznatky o vlivu konzumovaných potravin a nápojů na hodnotu pH v dutině ústní. Tyto informace mohou být užitečné při prevenci zubního kazu a dalších zubních onemocnění. Další výzkum v této oblasti by mohl odhalit další faktory, které ovlivňují orální pH a přispět k lepšímu pochopení tohoto problému.

Klíčová slova: výživa, pH, dutina ústní, potraviny, nápoje

Determination of pH in the oral cavity after consumption of various foods and beverages

Summary

A number of factors influence the quality of the oral cavity environment and microbiome. Oral pH is a key factor in dental health and overall oral hygiene. Monitoring oral pH after eating different foods is a key element in dental health and oral hygiene to help minimize negative health effects. The purpose of this study was to monitor pH fluctuation after consumption of specific foods and beverages. Furthermore, it was investigated whether the content of the protein component in the given food or drink affects the pH dynamics and whether the presence of sugar in the fruit has an effect on the pH or not.

A total of 10 participants in the age range from 18 to 50 took part in the monitoring. Food and beverages were sequentially served to the participants at specific intervals, and pH measurements were performed at four time points: immediately after consumption, 5 minutes after consumption, 15 minutes after consumption, and 30 minutes after consumption. These time measurements made it possible to track pH changes in the oral cavity over time after consumption of the given foods and drinks. The pH measurement was performed using a pH meter that was directly applied to the participants' saliva. This methodical procedure made it possible to obtain detailed and comparable results of the influence of the consumed foods and drinks on the pH of the oral environment in the participants.

First, there was a comparison of foods with different protein content, namely dried meat, skyr and a white roll. The lowest pH measured was 5.66, recorded 15 minutes after eating the roll. This value approached the critical pH limit of 5.5, which could signal possible damage to tooth enamel. Statistical analyzes performed in this group did not show any significant difference between individual foods. Therefore, it cannot be claimed that the roll lowered the pH more than foods with a higher protein content.

Subsequently, the influence of the presence of a protein component on the dynamics of pH in the oral cavity was investigated, with an emphasis on the consumption of coffee with and without milk. The statistical test did not show a significant difference in this case either. This result leads to the conclusion that the presence of milk in coffee does not have a significant impact on reducing the pH in the oral cavity. On the contrary, our study suggests that the pH value tends to increase after coffee consumption, which is contrary to expectations.

Finally, the influence of the higher sugar content in the fruit on the pH in the oral cavity was monitored. Banana, which has a higher sugar content, was found to have a greater fluctuation in pH values than strawberries.

Overall, it can be said that this study brings new knowledge about the influence of consumed foods and drinks on the pH value in the oral cavity. This information can be useful in preventing tooth decay and other dental diseases. Further research in this area could explore other factors that influence oral pH and contribute to a better understanding of this issue.

Keywords: nutrition, pH, oral cavity, food, drinks

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecké hypotézy a cíle práce.....	9
3	Teoretická část.....	10
3.1	Slina.....	10
3.1.1	Složení sliny.....	10
3.1.2	Tvorba sliny.....	11
3.1.3	Funkce sliny.....	11
3.1.4	Hodnocení slinné sekrece.....	12
3.2	pH v dutině ústní.....	12
3.2.1	Demineralizace.....	13
3.2.2	Remineralizace.....	13
3.3	Faktory ovlivňující pH v dutině ústní.....	14
3.4	Zubní plak.....	14
3.4.1	Vývoj zubního plaku.....	15
3.4.2	Dělení plaku dle lokalizace.....	15
3.5	Mikrobiom v dutině ústní.....	16
3.6	Vliv pH na růst bakterií.....	17
3.7	Rizika poklesu pH.....	18
3.7.1	Zubní kaz.....	18
3.7.2	Eroze.....	19
3.8	Sacharidy.....	19
3.9	Stephanova křivka.....	20
3.10	Bílkoviny.....	22
3.11	Kyselé a alkalické potraviny.....	22
3.12	pH.....	23
3.13	Měření pH.....	23
4	Metodika.....	24
4.1	Zkoumané potraviny a nápoje.....	24
4.1.1	První skupina.....	24
4.1.2	Druhá skupina.....	24
4.1.3	Třetí skupina.....	25
4.2	Měření pH metrem.....	25
4.3	Statistické metody.....	26
5	Výsledky.....	27
5.1	Tabulky a grafy.....	27
5.1.1	Sušené maso - konzumace.....	27
5.1.2	Skыр - konzumace.....	28

5.1.3	Rohlík - konzumace.....	29
5.1.4	Káva - konzumace	30
5.1.5	Káva s mlékem - konzumace.....	31
5.1.6	Banán - konzumace.....	32
5.1.7	Jahody - konzumace.....	33
5.2	Statistické vyhodnocení	35
5.2.1	První skupina	35
5.2.2	Druhá skupina	37
5.2.3	Třetí skupina	39
6	Diskuze.....	41
7	Závěr	44
8	Literatura	45

1 Úvod

Konzumace potravin a nápojů v běžném životě má vliv jak na celkové zdraví člověka, tak i na orální zdraví. Každodenní stravovací návyky mohou ovlivnit pH v dutině ústní. Tato změna pH může mít vliv na stav ústních tkání, zubní sklovinu a celkové zdraví ústní dutiny. Stav dutiny ústní výrazně ovlivňuje kvalitu života člověka. Potraviny znečišťují prostor v ústech, což má negativní dopad na zubní tkáň. Snižování pH působí nepříznivě na sklovinu a má schopnost způsobit zubní kaz. Následky zubního kazu mohou vést až ke ztrátě zubních tkání, což vede ke zhoršenému příjmu a konzumaci potravin.

Sledování pH v dutině ústní po požití různých potravin je důležitým aspektem v oblasti zubního zdraví a ústní hygieny pro redukcí negativních dopadů na zdraví. pH je měřítkem kyselosti a alkality daného prostředí. Kyselé potraviny, jako jsou například citrusové plody nebo sladké nápoje, mají potenciál snižovat pH v dutině ústní. Nižší pH vytváří kyselé prostředí, které může mít negativní vliv na zubní sklovinu. Dochází k demineralizaci, tj. rozpouštění minerálů ve sklovině a zvýšenému riziku vzniku zubního kazu. Průběžné monitorování pH po konzumaci těchto potravin nám umožňuje přesněji pochopit jejich dopad na ústní dutinu a přijmout potřebná opatření.

Na druhé straně alkalické potraviny, například zelenina, některé druhy ovoce a mléčné výrobky, mohou mít neutralizační efekt na kyselost v ústech.

Zubní zdraví bylo často vnímáno izolovaně od celkového tělesného zdraví. Historie naznačuje, že v dřívějších dobách se zubní lékaři zaměřovali převážně na lokální reparativní léčbu onemocnění dutiny ústní. Současná stomatologie však klade zvýšený důraz na prevenci onemocnění dutiny ústní a uznává důležitost vzájemného vztahu mezi etiologickými faktory a zdravím zubů a ústních tkání spolu s celkovým zdravím těla. Je dobře známo, že správná strava je nezbytná pro vývoj a udržení zdravých zubů. Dieta je hlavním etiologickým faktorem zubního kazu a eroze skloviny. Nutriční stav má obrovský vliv na vývoj zubů a odolnost hostitele vůči mnoha onemocněním dutiny ústní, včetně onemocnění parodontu a rakoviny dutiny ústní.

Fyzikální stav potravy hraje také velmi důležitou roli v jejím kariogenním potenciálu. Tekuté cukry, jako jsou nealkoholické nápoje a ovocné šťávy, procházejí ústní dutinou poměrně rychle s omezenou dobou kontaktu nebo přilnavostí k povrchu zubů. Pevné cukry, jako mentolky, tvrdé bonbóny či lízátko, se pomalu rozpouštějí a mají tak prodlouženou dobu expozice tvrdým zubním tkáním. Čím déle je zub vystaven sacharidům, tím déle budou bakterie rozkládat cukry a produkovat kyselinu, což vede ke vzniku zubního kazu.

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

Pro tuto práci byly stanoveny tři hypotézy:

Hypotéza 1

„Po konzumaci potravin s vyšším obsahem bílkovin, bude pokles pH nižší než po konzumaci potravin s nižším obsahem bílkovin.“

Hypotéza 2

„pH v dutině ústní po konzumaci kávy s mlékem poklesne méně než po konzumaci kávy bez mléka.“

Hypotéza 3

„Ovoce s vyšším obsahem cukrů bude snižovat pH výrazněji.“

Cílem práce bylo sledování pohybu hodnot pH po konzumaci vybraných potravin a nápojů. Dále bylo také zjištěno, zda obsah bílkovinné složky v potravině nebo nápoji má vliv na pohyb hodnot pH, a zda obsah cukru v ovoci ovlivňuje pH nebo nikoli.

3 Teoretická část

Dutina ústní je každodenně vystavována rizikům spojeným s onemocněním tvrdých i měkkých tkání v ústech. Tento děj je zapříčiněn každodenním přijímáním potravin a nápojů, což je nedílná součást života člověka nezbytná k přežití. Aby bylo možné zabránit rizikům poškození tkání v dutině ústní, je třeba znát procesy probíhající intraorálně.

Dočasné změny pH a koncentrace solí v dutině ústní v důsledku příjmu živin z potravy a nápojů, stejně jako expozice vnějším patogenům, mají potenciál často měnit ústní prostředí (Nagakubo et al. 2023).

3.1 Slina

Slina je bezbarvá až bělavě zpeněná biologická tekutina, jejíž složení má významný vliv na různé fyziologické procesy. Tato tekutina je produktem velkých i malých slinných žláz. Kromě samotné sliny je součástí orální tekutiny také sulkulární tekutina, slizniční transudát, buněčný detritus a zbytky potravin (Pink 2009).

Sliny hrají hlavní roli v udržování zdraví ústní dutiny a jsou jedním z nejdůležitějších faktorů, které zajišťují obranný mechanismus. Ve zdravé dutině ústní obsahují sliny glykoproteiny, antimikrobiální enzymy a bazické elektrolyty, které chrání ústní sliznici (Hanin et al. 2020).

Sliny jsou také důležité pro trávení, chuť, ochranu zubů a antimikrobiální účinky. Standardní pH ústních slin se obvykle pohybuje mezi 6,7 a 7,4. Nicméně bakterie přítomné v ústech degradují sacharidy, což vede k uvolňování kyselin, jako je kyselina mléčná, máselná a kyselina asparagová. Tyto kyseliny mají výrazný efekt na snížení pH slin (Nagakubo et al. 2023). Když hladina pH v dutině ústní klesne pod kritickou hodnotu pH 5,5, začnou přítomné kyseliny narušovat sklovinu na zubech. Čím déle jsou zuby vystaveny nízkým hodnotám pH, tím pravděpodobnější je rozvoj zubního kazu a onemocnění parodontu.

3.1.1 Složení sliny

Sliny jsou složeny z 99,4 % vody, 0,2 % rozpustných anorganických látek, 0,3 % rozpustných organických látek a 0,1 % ostatních látek. Mezi anorganické látky patří vápník, hydrogenuhličitan, fosfát a fluor, zatímco mezi organické látky ve slinách patří proteiny, sekreční imunoglobulin A (sIgA), amyláza, lysozym, laktoferin, glukóza, laktóza, lipidy, aminokyseliny, močovina a amoniak (Ali et al. 2021).

Sliny, které vylučují slinné žlázy, poskytují "vlhkost" nezbytnou pro růst bakterií a obsahují také antimikrobiální látky. Mezi ně patří aglutininy, které se vážou na ústní bakterie, jako je *Streptococcus mutans*, a podporují fagocytózu tím, že způsobují bakteriální agregaci. Dále obsahují lysozomy, které způsobují lýzu buněk narušením buněčných stěn. Ve slinách lze nalézt i laktoferin, který potlačuje tvorbu biofilmu chelatací železa, a peroxidázu, která vykazuje antimikrobiální aktivitu inhibicí bakteriálního glykolytického systému. Kromě toho obsahují sIgA, který brání vazbě

bakterií na sliznici, a sekretované muciny MUC5B a MUC7, které agregují bakterie a brání jejich uchycení na sliznici dutiny ústní. Sliny obsahující tyto složky udržují homeostázu mezi ústní sliznicí a velkým množstvím ústních bakterií, včetně *S. mutans* (Nagakubo et al. 2023).

3.1.2 Tvorba sliny

Sliny jsou vylučovány velkými slinnými žlázami, konkrétně příušními, podčelistními a sublingválními žlázami, a také malými slinnými žlázami. Velké a malé žlázy obecně vylučují 0,5 až 1,5 litru slin za den, a pH mezi 6,7 a 7,4 se považuje za normální pH slin (Ali et al. 2021).

Tvorba slin probíhá ve dvou fázích. První fáze začíná pohybem iontů Na^+ , Cl^- , K^+ a HCO_3^- z krevního řečiště do lumen (vnitřního prostoru) acinů, což jsou žlázové buňky slinných žláz. Tento proces umožňují transportní enzymy, které aktivně transportují tyto ionty. To vytváří v acinech záporný náboj a pro udržení výsledného roztoku elektrolytů v rovnováze proudí voda spolu s ionty Na^+ skrz kanály mezi buňkami acinů. Výsledkem této primární fáze je tvorba primárních slin, které mají stejnou osmotickou koncentraci jako krevní plazma.

V druhé fázi dochází k procesu, kdy jsou ionty Na^+ a Cl^- reabsorbovány z primárních slin, zatímco ionty HCO_3^- a K^+ jsou transportovány do primárních slin. Tento proces opět probíhá díky transportním enzymům a kanálům ve slinných žlázách. Propustnost buněk pro vodu je omezená, což má za následek, že výsledné sliny mají nižší osmotickou koncentraci než krevní plazma a vyšší pH (Kittnar 2020).

Produkci slin řídí dva nervové systémy – sympatický a parasympatický, z nichž každý má jiný vliv na produkci slin. Když jsme ve stresu nebo máme strach, dochází k aktivaci sympatiku, což má za následek snížení produkce slin a výraznou přítomnost mucinózní (hlenovité) složky ve slinách. Naopak parasympatický nervový systém se aktivuje, když něco jíme, ochutnáváme nebo si jídlo představíme. To zvyšuje produkci slin a serózní (řídka) složka ve slinách převažuje (Šiller 2006).

Obvykle by se mělo vylučovat 0,25 až 0,35 ml slin za minutu a během stimulace 1 až 3 ml slin (Szalay 2019). Správná tvorba slin je klíčem k udržení zdraví ústní dutiny. Nedostatečné množství slin může vést ke stavu nazývanému xerostomie, což znamená sníženou ochranu sliznic v ústech, vyšší riziko zubního kazu, parodontitidy a celkový diskomfort.

3.1.3 Funkce sliny

Sliny hrají významnou roli v udržování integrity zubů díky svému puфраčnímu působení a podporují remineralizační procesy, které se neustále odehrávají na povrchu skloviny (Akshaya et al. 2020). Slinná puфраční kapacita je určena k neutralizaci kyselin vznikajících z potravy v dutině ústní, které jsou produktem acidogenních mikroorganismů (Sungkar et al. 2020). Slinná tekutina vytváří prostředí v ústní dutině, které pomáhá při žvýkání, lubrikaci potravy a sliznic a při řeči. Stupeň kyselosti a puфраvací kapacita je

dána obsahem iontů ve slinách, které se zvyšují na základě rychlosti sekrece slin (Ali et al. 2021). Bikarbonát je slinný anorganický prvek, který hraje největší roli ve slinné pufrovací kapacitě. Mechanismus pufrovacího systému bikarbonátu je následující: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$.

Další složkou, která hraje menší roli ve slinném pufru, je protein ve formě makromolekul. Má místo pro vazbu H, peptidu jako hyalin a močovinu, které jsou metabolizovány ústními bakteriemi na amoniak a CO, což způsobuje zvýšení pH v dutině ústní. Pufrovací kapacita je také ovlivněna sekrecí slin. Sekrece slin je ovlivněna mechanickými a chemickými podněty. Mezi mechanické podněty patří žvýkání, zatímco chemické podněty jsou ve formě chuťových vjemů, jako je kyselý, sladký, slaný a hořký (Sungkar et al. 2020).

3.1.4 Hodnocení slinné sekrece

Správná produkce slin je klíčová pro zachování zdraví ústní dutiny. Nedostatečné množství slin může vést ke stavu nazývanému xerostomie. Tento stav může snížit ochranné vlastnosti sliznic v ústech, zvýšit riziko vzniku zubního kazu, parodontálních onemocnění a ztížit polykání. Sialometrické vyšetření je efektivní metodou pro posouzení produkce slin (Lagočka et al. 2011).

V České republice je nejběžnější metodou pro měření slinné produkce tzv. Škachův test. Princip spočívá v tom, že sledovaná osoba po dobu 15 minut shromažďuje nejprve slinu bez stimulace do nádoby, poté dalších 15 minut žvýká parafinovou žvýkačku a vyplivuje stimulovanou slinu. Během testu by sledovaný neměl být rušen žádnými podněty, neměl by slinu vysávat ani polykat a ideálně by ji měl nechat volně vytékat do nádoby. Celkově trvá vyšetření půl hodiny. Po této době se změří celkové množství nasbírané sliny. Normální hodnoty se pohybují mezi 8 a 50 ml. Pokud je množství sliny menší než 8 ml, jedná se o patologický stav, který je třeba řešit. Hodnoty nad 50 ml obvykle nemají klinický význam (Šiller 2006).

3.2 pH v dutině ústní

Orální pH je ovlivněno několika faktory, jako je složení sliny, celkové zdraví člověka a přijímaná strava. Normální hodnota pH se pohybuje mezi 6,7 a 7,4. Sliny mají potenciál udržovat své pH na normálních hodnotách, avšak konzumace potravin a nápojů vede ke snížení pH blízko kritickým limitům, tj. 5,5, při kterých může dojít k demineralizaci zubní tkáně (Hirani et al. 2021). Dva z vnějších faktorů, které mohou změnit hladinu pH a koncentraci iontů v prostředí dutiny ústní, jsou potraviny a tekutiny (Lagočka et al. 2011). Alkalické prostředí slin vzniká při zvýšení pH, což způsobuje tvorbu plaku a zubního kamene. Zdraví ústní dutiny při neutrálním pH má menší pravděpodobnost vzniku zubního kazu a onemocnění parodontu (Ali et al. 2021).

Snížení pH v důsledku acidogenních organismů lze inhibovat slinným pufrům. Minerální složkou zubů, které tvoří sklovina, dentin a cement, je hydroxyapatit (HA)

složený z $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. V neutrálních podmínkách je hydroxyapatit v rovnováze v prostředí slin, které obsahuje velké množství iontů Ca^{2+} a PO_4^{3-} (Sungkar et al. 2020). Při hodnotě $\text{pH} < 5,5$, která je kritická pro hydroxyapatit, se hydroxyapatit stává reaktivním vůči vodíkovým iontům a reaguje na fosfát ve slinách. Současně dochází k tlumení vodíkových iontů. Ionty HPO_4^{2-} nemohou přispívat k normální rovnováze hydroxyapatitu, protože obsahují PO_4^{3-} , který způsobuje rozpouštění hydroxyapatitu. Tento proces se nazývá demineralizace.

3.2.1 Demineralizace

Fyzikálně-chemická integrita skloviny v prostředí ústní dutiny je dána chemickým složením tekutin, které ji obklopují, tj. slin a plaku v kapalné fázi. Na povrchu skloviny neustále probíhají de- a remineralizační procesy v důsledku změn v jejím bezprostředním okolí. Hydroxyapatit se začne rozpouštět, když se roztok, který ho obklopuje, stane nenasyčeným v důsledku odstranění jednoho nebo více iontů. Čím více iontů je odstraněno, tím rychleji probíhá proces rozpouštění. Proces demineralizace pokračuje pokaždé, když je do úst přijat sacharid. Jakýkoli fermentovatelný sacharid může být metabolizován acidogenními bakteriemi a vytvářet organické kyseliny jako vedlejší produkty. Kyseliny difundují přes plak do porézní podpovrchové skloviny (nebo dentinu, je-li vystaven) a disociují za vzniku vodíkových iontů. Vodíkové ionty velmi rychle rozpouštějí hydroxyapatit a uvolňují vápník a fosfát do roztoku. Demineralizace hraje roli také při povrchovém rozpouštění tvrdých zubních tkání kyselinami, bez účasti mikroorganismů. Tento proces se nazývá zubní eroze (Lagočka et al. 2011).

3.2.2 Remineralizace

Remineralizace je fáze obnovy procesu demineralizace, která nastává, pokud je pH neutralizováno a je dostatek iontů Ca^{2+} a PO_4^{3-} . Krystaly apatitu, které byly rozpuštěny, mohou být znovu vytvořeny díky pufrovacímu systému nebo blokováním procesu rozpouštění pomocí běžných iontových jevů (Sungkar et al. 2020).

Dynamika rozpouštění hydroxyapatitu postupně klesá až do zastavení, kdy se sliny opět nasatí fosfátovými, hydroxidovými a vápenatými ionty. Sliny hrají klíčovou roli v prevenci nebo zvrácení procesu demineralizace zubů. Jejich složky neutralizují kyseliny produkované bakteriálním metabolismem v plaku, zvyšují pH a obracejí difúzní gradient pro vápník a fosfát. Hodnota pH slin a jejich nasycení vápenatými a fosfátovými soli spolu s přítomností fluoridu jsou důležitými faktory pro podporu obnovy demineralizované tkáně v dutině ústní. Kariézní proces může být reverzibilní v případech podpovrchového poškození skloviny díky remineralizaci (Lagočka et al. 2011).

3.3 Faktory ovlivňující pH v dutině ústní

Hodnota pH v dutině ústní a ve slinách je ovlivňována různými faktory. Jedním z hlavních faktorů je strava, která může změnit pH po jídle prostřednictvím kyselých nebo sladkých jídel a nápojů, nebo prostřednictvím aktivity bakterií v zubním plaku. Díky pufrovacímu systému ve slinách má však hodnota pH schopnost vrátit se na normální úroveň. Avšak trvá určitý čas, než se pH vrátí do normálu. Během tohoto období by jedinec neměl konzumovat žádné jiné potraviny. Pokud tato podmínka není splněna a jedinec například po celé dopoledne pije slazené nápoje, hrozí vznik zubního kazu nebo eroze (Higham et al. 2021).

Mezi endogenní faktory lze zařadit vlastní tělo, které také generuje kyseliny. Pokud jedinec trpí gastroezofageálním refluxem nebo často zvrací, může dojít k úniku žaludeční šťávy s pH kolem 1 do dutiny ústní. Během zvracení nebo refluxu je dolní čelist lépe chráněna před kyselinami díky přítomnosti jazyka. To znamená, že u pacientů s gastroezofageálním refluxem a bulimií je větší pravděpodobnost eroze zubů v horní čelisti (Loke et al. 2016).

Mezi další determinanty ovlivňující pH v dutině ústní se řadí fyzická námaha a různá patologická onemocnění. Snížená produkce slin způsobená fyzickou aktivitou, nemocemi nebo užíváním určitých léků může vést ke snížení pH v ústní dutině, protože kyselé prostředí není efektivně neutralizováno. Tento jev postihuje jedince, kteří se nadměrně potí, trpí Sjögrenovým syndromem nebo podstoupili radiační terapii v oblasti hlavy a krku. S nižším množstvím slin se také snižuje množství pufrovacích látek v ústech, což může vést k nežádoucím změnám v pH (Vilímovský 2020).

Hormonální změny mohou také ovlivnit pH. Studie naznačují, že během prvního a třetího trimestru těhotenství jsou produkovány klidové sliny, které jsou mírně kyselé (Sampaio-maia et al. 2015).

Léky známé jako antacida, které se používají při refluxní chorobě nebo opakovaném zvracení, mohou rovněž ovlivnit zvýšení pH v ústní dutině (Loke et al. 2016).

3.4 Zubní plak

Zubní plak je komplexní ekologická jednotka skládající se z rozsáhlého množství bakterií, usazených v makromolekulární matrix bakteriálního a slinného původu. Tento biofilm je lepkavý, plstnatý a kašovitý, a je odstranitelný pouze mechanicky.

Zubní biofilm vzniká vrstvou slinných glykoproteinů, na které se usazují vrstvy mikroorganismů uspořádaných do palisádovité struktury. Na koncích těchto vláken a mikroorganismů jsou rovněž další bakterie, tyčinky a kokové formy. *Materia alba* je lehce odstranitelná substance, která se nachází na povrchu plaku a může obsahovat zbytky potravy (Roubalíková 2007).

3.4.1 Vývoj zubního plaku

Vývoj zubního plaku probíhá ve čtyřech fázích:

1) Tvorba pelikuly: Pelikula se objevuje krátce po vyčištění povrchu zubu, a je to tenká vrstva bez buněčné struktury, která je nezbytná pro vznik zubního mikrobiálního povlaku. Tato vrstva je tvořena glykoproteiny získanými ze slin, včetně albuminu, amylázy, lysozymu, glukosyltransferázy, imunoglobulinů IgA a IgG a fosforylovaného albuminu, který může vázat vápníkové ionty. Pelikula hraje klíčovou roli v ochraně povrchu zubu před mírně kyselými látkami, slouží jako zásobárna iontů některých prvků (zejména Ca^{2+} a P) a ovlivňuje přilnavost ústních mikroorganismů.

2) Časné stádium plaku: Toto období trvá od 4 do 48 hodin. Během něj dochází k osídlení prvními mikroorganismy, hlavně grampozitivními koky, které se nejlépe přichytávají k povrchu zubu. Mezi tyto mikroorganismy patří především *Streptococcus sanguis* a *Streptococcus mitis*, ale také aktinomycety a laktobacily (Mutschelknauss & Diedrich 2002).

3) Fáze sekundární kolonizace: Fáze sekundární kolonizace, která začíná přibližně od třetího až pátého dne, je charakterizována změnou složení bakteriální mikroflóry. V blízkosti povrchu zubu vzniká anaerobní prostředí, což umožňuje osídlení anaerobními a fakultativně anaerobními mikroorganismy. Mezi hlavní zástupce patří grampozitivní kokové bakterie, jako jsou *Veillonella* a rod *Neisseria*. Dále zde nalezneme grampozitivní tyčinky z rodu *Actinomyces* a *Corynebacterium*, a gramnegativní tyčinky z rodu *Bacteroides*. Ke konci této fáze dochází k osídlování filamentů, na kterých se shromažďují produkty mikroorganismů, jako jsou levan a glukán, což posiluje vazbu mezi povrchem zubů a bakteriemi.

4) Zrání plaku: Poslední fáze vývoje plaku, která začíná od pátého až sedmého dne, je charakterizována obohacením plaku o fusiformní bakterie a spirochety. Během procesu zrání plaku dochází ke změně jeho struktury a rozmanitosti. Postupně se snižuje podíl grampozitivních anaerobů a zvyšuje se podíl gramnegativních anaerobních bakterií (Hellwig et al. 2003).

3.4.2 Dělení plaku dle lokalizace

Plak může být rozdělen do dvou hlavních skupin podle toho, které části zubu pokrývá, nebo vzhledem k umístění vůči dásni. Co se týče pokrytí zubního povrchu, rozlišujeme mezi koronárním a fisurálním plakem, z hlediska vztahu k dásni pak mezi supragingiválním a subgingiválním plakem.

Koronární plak je lokalizován především v horní části zubu a v mezizubních prostorech. Zde se často vyskytují streptokoky, aktinomycety, veillonelly a v menší míře laktobacily (Mutschelknauss & Diedrich 2002).

Fisurální plak se nachází v rýhách a jámkách zubu. Mikroflóra v tomto plaku je složena především z grampozitivních koků a tyčinek, a chybí zde typická palisádovitá struktura. Tento plak je charakteristický absencí bakteriální matrice a částečně degradovanou pelikulou, což umožňuje přímý kontakt patogenů se sklovinou. Zde nalézáme hlavně *Streptococcus mutans*, který se s postupem času v plaku stále více rozšiřuje.

Supragingivální plak, jak název naznačuje, se nachází nad hranicí dásní a má podobnou strukturu jako koronární plak (Hellwig et al. 2003).

Na druhé straně **subgingivální plak** má různé složení, které se liší v závislosti na tom, kde se nachází. V dásňovém žlábků je subgingivální plak podobný supragingiválnímu plaku. Avšak plak v paradontálních kapsách má výrazně odlišnou charakteristiku. Obsahuje převážně gramnegativní koky, tyčinky a spirochety. Tyto mikroorganismy nemusí být schopné přilnutí ke sklovině. V tomto plaku převažuje anaerobní mikroflóra, jako jsou například *Actinobacillus actinomycetemcomitans* nebo *Fusobacterium nucleatum*. Tyto bakterie neprodukují extracelulární polysacharidy, což znamená, že plak nemá tendenci se přichytit. Subgingivální plak můžeme též označit jako plovoucí plak (Roubalíková 2007).

3.5 Mikrobiom v dutině ústní

Mikrobiom v dutině ústní a zubní plak představují rozdílné mikrobiální ekosystémy, avšak jsou vzájemně úzce propojeny a jejich interakce má významný vliv na zdraví ústní dutiny. Dutina ústní je komplexní prostředí, ve kterém se nachází mnoho druhů bakterií, hub, virů a dalších mikroorganismů. Na povrchu zubů a dásní se vytváří zubní plak, což je biofilm obsahující mikroorganismy, který se skládá z bakteriálního a slinného matrixu (Baker et al. 2017). Zubní plak není pouze pasivní vrstvou mikrobů, ale je aktivním ekosystémem, který je ovlivněn složením mikrobiomu v dutině ústní. Bakterie v dutině ústní přispívají k tvorbě zubního plaku tím, že se na něj usazují a množí se v něm. Naopak, složení a množství bakterií v zubním plaku může ovlivnit mikrobiom v ústní dutině. Tyto interakce mohou mít významný vliv na vznik zubního kazu, zánětu dásní a dalších ústních onemocnění (Baker et al. 2023).

Taková vzájemná interakce mezi mikrobiomem v dutině ústní a zubním plakem může být klíčová pro pochopení a léčbu onemocnění ústní dutiny. Studium těchto vzájemných vztahů nám pomáhá lépe porozumět složitosti mikrobiomu v ústní dutině a zlepšit strategie prevence a léčby ústních onemocnění (Struzycka 2014). Když mikrobiom v ústní dutině zahrnuje mnoho různých mikroorganismů v různých částech ústní dutiny, zubní plak je konkrétní formou tohoto mikrobiomu, která se nachází na povrchu zubů. Mikrobiom v ústní dutině a zubní plak spolu interagují a jejich nerovnováha může mít negativní dopady na ústní zdraví. Při úpravě stravy a správné ústní hygieně lze ovlivnit jak mikrobiom v dutině ústní, tak tvorbu zubního plaku (Verma et al. 2017).

Složení mikrobiomu je dynamické a může být ovlivněno různými faktory, jako je strava, hygiena ústní dutiny, užívání léků a genetické predispozice. Kromě toho jsou stále

probíhající výzkumy spojeny s potenciálním vlivem mikrobiomu v dutině ústní na celkové zdraví, včetně možných spojitostí s kardiovaskulárními onemocněními, diabetes mellitus, revmatoidní artritidou a dalšími chorobami (Kilian et al. 2016). Porozumění složení, rozmanitosti a funkcím jednotlivých mikroorganismů v ústním mikrobiomu je klíčové pro vývoj nových terapeutických a preventivních strategií v oblasti ústního zdraví a může přispět k celkovému zlepšení kvality života jedinců (Baker et al. 2023).

Mikrobiom ústní dutiny je složen z různých mikroorganismů, které hrají klíčovou roli v udržení zdraví ústního prostředí. Mezi nejčastěji se vyskytující bakterie patří skupina *Streptococcus*, která zahrnuje druhy jako *Streptococcus mitis*, *Streptococcus salivarius* a *Streptococcus sanguinis*. Tyto bakterie jsou běžně přítomny a podílí se na biologických procesech v ústní dutině (Costalonga & Herzberg 2014). Další významnou skupinou bakterií v mikrobiomu ústní dutiny jsou Actinomyces, mezi něž patří druhy jako *Actinomyces odontolyticus* a *Actinomyces naeslundii*. Veillonella je další častá skupina bakterií, která se nachází v ústním mikrobiomu. Mezi konkrétní druhy patří *Veillonella parvula* a *Veillonella dispar*. Tyto bakterie jsou součástí komplexního ekosystému ústní dutiny a mají svou roli v mikrobiální interakci. Další významnou složkou mikrobiomu jsou bakterie rodu Lactobacillus. Tyto bakterie mohou být přítomny ve zvýšeném množství při poruše rovnováhy mikrobiomu, což může být spojeno se zubními kazy a dalšími ústními onemocněními. *Prevotella intermedia* a *Prevotella melaninogenica* patří mezi časté druhy bakterií v ústní dutině a přispívají k celkovému složení mikrobiomu (Kilian et al. 2016).

Z hub obsahuje mikrobiom ústní dutiny především druhy rodu Candida, mezi něž patří *Candida albicans*, nejběžnější druh houby v ústní dutině. Existuje však i několik dalších druhů, jako jsou *Candida glabrata* a *Candida krusei*, které se mohou vyskytovat v ústním mikrobiomu (Verma et al. 2017).

Co se týče virů, mikrobiom ústní dutiny obsahuje například viry z rodiny Herpesviridae, mezi něž patří virus *Herpes simplex* (HSV), který může způsobit opary v ústech. Dále se zde nacházejí i bacteriophage, viry, které infikují bakterie a mohou ovlivňovat složení bakteriálního mikrobiomu (Costalonga & Herzberg 2014).

Mezi další mikrobiální komponenty mikrobiomu ústní dutiny patří Archea, některé druhy archeí mohou být přítomny, i když v menší míře. A také mikroskopické jednobuněčné organismy zvané Protozoa, které se mohou vyskytovat v ústní dutině a ovlivňovat mikrobiální ekosystém (Kilian et al. 2016).

3.6 Vliv pH na růst bakterií

Různé hodnoty pH v dutině ústní ovlivňují růst bakterií v zubním plaku. Jednotlivé druhy bakterií se nejlépe množí při specifických hodnotách pH. Většina bakterií obsažených v zubním plaku dokáže přežít v kyselém prostředí, a jsou tedy acidofilní (Kurucová 2011). Streptokoky, včetně *Streptococcus mutans*, upřednostňují růst při pH 5,0, bez ohledu na přítomnost glukózy (Takahashi et al. 2016). *Streptococcus mutans* navíc vytváří další kyseliny a v situaci, kdy není dostatek živin z potravy (např. sacharóza), produkuje vnitrobuněčné polysacharidy (Kurucová 2011).

Bakterie *Actinomyces viscosus* preferují růst v rozmezí pH mezi 5,0 a 5,5, ale jsou schopny růst i při jiných hodnotách pH díky své proteolytické aktivitě. Naopak pro růst bakterie *Porphyromonas gingivalis*, která je spojena se zánětem dásní, je optimální hodnota pH téměř neutrální až mírně kyselá (6,5 - 7,0), s nejvyšší proteolytickou aktivitou při hodnotách pH 7,5 - 8,0. Bakterie *Prevotella intermedia*, která je zodpovědná za parodontopatie, roste a je aktivní i při kyselé hodnotě pH 5,0. Existují bakterie, které mohou růst a být aktivní v širokém rozmezí pH od 5,0 do 8,0 (Takahashi et al. 2016).

Na základě hodnoty pH klidových slin můžeme odhadnout, zda existují další specifické druhy bakterií. Nižší pH způsobuje převahu acidofilních streptokoků a kvasinek. Naopak vyšší pH může indikovat přítomnost některých bakterií spojených s onemocněním parodontu (Weber 2012).

3.7 Rizika poklesu pH

Nezbytnými faktory, které zapříčiňují vznik zubního kazu nebo jiná onemocnění spojená s parodontem, jsou pH, obsah vápníku a fosfátu ve slinách, v nápoji nebo potravíně (Akshaya et al. 2020). Příjem potravy a různých tekutin způsobuje změnu pH, což vede ke změně prostředí dutiny ústní. pH slin klesá na kyselou stranu, když bakterie rozkládají sacharidy a začnou uvolňovat kyseliny. Tyto kyseliny poškozují strukturu zubu a vedou ke tvorbě kavity, tedy zubního kazu (Ali et al. 2021).

Pokud množství a složení slin nejsou adekvátní, naruší se rovnováha ústní mikroflóry a zvýší se riziko vzniku onemocnění dutiny ústní, jako je zubní kaz a onemocnění parodontu. Když se například sníží sekrece slin, sníží se čistící funkce dutiny ústní a zbytky potravy se stanou náchylnějšími k rozkladu bakteriemi. V důsledku toho vznikají kyselé látky, které zvyšují riziko vzniku kavity. Kromě toho může nerovnováha ve složení slin vést k relativnímu zvýšení počtu patogenních bakterií spojených s periodontálním onemocněním (Nagakubo et al. 2023).

V současnosti se zdůrazňuje, že k demineralizaci skloviny je zapotřebí neustálá změna nebo delší trvání kyselého prostředí. Krátkodobé snížení pH v dutině ústní již nepřipisuje patogenezí jako hlavnímu rizikovému faktoru, avšak vývoj léze a její progresse závisí na vlastnostech složek stravy, tj. adhezních a chelatačních vlastnostech, hodnotách pKa, vápníku, fosfátu a obsah fluoridů.

3.7.1 Zubní kaz

Zubní kaz je jedním z nejčastějších infekčních onemocnění u dětí i dospělých. Urbanizace a ekonomický rozvoj vedly k rychlým změnám životního stylu a stravy, které se staly méně výživnými. Rovněž došlo ke značnému nárůstu spotřeby slazených, perlivých a ovocných šťáv. I když si jednotlivci uvědomují škodlivý dopad těchto nápojů na chrup, přesto mají tendenci je preferovat (Nagakubo et al. 2023). Oxid uhličitý reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličitě. Kyselina uhličitá se poté disociuje na vodíkové a hydrogenuhličitanové ionty. Vodíkový iont je zodpovědný za snížení pH ve slinách. Mikroorganismy rozkládají sacharidy, uvolňují karboxylové kyseliny, nasycené mastné

kyseliny a aminokyseliny, které snižují pH. Jakmile úroveň pH v ústní dutině klesne pod 5,5, kyseliny začnou narušovat sklovinu. Čím déle jsou zuby vystaveny nízkému pH slin, dochází k dalšímu rozvoji zubního kazu.

Zubní kaz je způsoben zásobováním bakterií cukrem z potravin a nápojů za vzniku kyselin, které rozpouštějí a poškozují zuby. Běžné nealkoholické nápoje, energetické nápoje a ovocné džusy obsahují velké množství těchto cukrů. Pravidelná expozice skloviny cukrům může vést k obnažení vnitřních vrstev zubu, které se mohou stát citlivými a bolestivými.

Prevence ztráty skloviny je velmi důležitá pro dlouhodobé zdraví našich zubů. Každý útok kyselinou trvá přibližně 20 minut. Pokaždé, když si dáme doušek nápoje, poškození kyselinou začíná znovu. Zubní kaz lze zvládnout úpravou chování a řízením jeho přispívajících faktorů, tj. snížením frekvence příjmu fermentovatelných sacharidů z potravin a nealkoholických nápojů (Lagočka et al. 2011).

3.7.2 Eroze

Sklovina je unikátně organizovaný nanostrukturovaný materiál, který tvoří vnější obal zubů. Tvoří ji ameloblasty, což jsou epiteliální buňky pocházející z orgánu skloviny vyvíjejících se zubů. Dlouhodobý kontakt se sycenými nápoji má za následek poškození tvrdé tkáně zubů erozí (Akshaya et al. 2020).

Eroze může být způsobena řadou faktorů. Mezi nejdůležitější faktory patří především konzumace kyselých potravin a nápojů sycených oxidem uhličitým, citrusových plodů a v menší míře expozice kyselému prostředí (Lagočka et al. 2011).

Zubní eroze je nevratná ztráta struktury zubu způsobená rozpouštěním skloviny kyselinami bez účasti mikroorganismů. Při erozi dochází k rozpouštění vápníku a fosforu ve sklovině, což má za následek kolaps povrchové struktury skloviny a její ztrátu. Pokud fáze demineralizace trvá delší dobu, může dojít ke ztrátě struktury zubní skloviny a vzniku kavit (Hanin et al. 2020).

3.8 Sacharidy

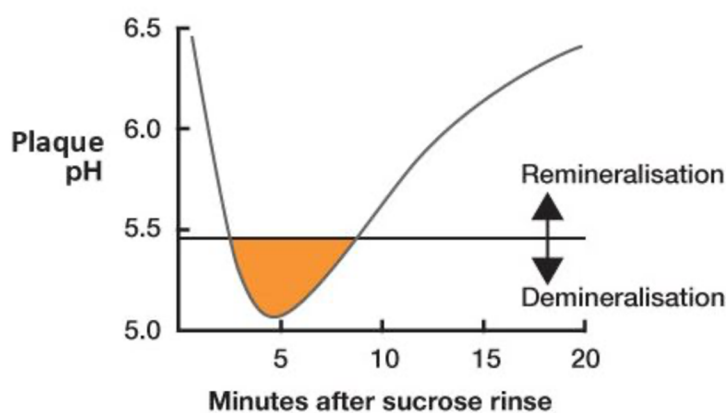
Rafinované potraviny a fermentovatelné sacharidy zvyšují nebezpečí onemocnění zubů. Na druhé straně se ukázalo, že základní potraviny obsahující škrob a čerstvé ovoce souvisejí s nízkou úrovní aktivity zubního kazu (Akshaya et al. 2020). Potraviny bohaté na sacharidy mohou snížit kapacitu pufry slin, zatímco potraviny bohaté na vlákninu a bílkoviny mají účinek na zvýšení pufry slin. Potraviny bohaté na sacharidy zvyšují metabolismus tvorby kyselin orálními bakteriemi, zatímco proteiny jako zdroje potravy bakterií zvyšují sekreci alkalických látek (Sungkar et al. 2020).

Hlavním faktorem vzniku patologických stavů v dutině ústní jsou zejména monosacharidy a disacharidy, protože jsou bakteriemi v ústech snadno využitelné. Tyto sacharidy jsou považovány za potenciálně kariogenní, což znamená, že mohou vést ke vzniku zubního kazu. Důležitější než množství přijatých sacharidů, je jejich frekvence (Weber 2012). Ovšem nelze zabránit příjmu sacharidů, jelikož jsou nezbytné pro život.

Glukóza a fruktóza jsou považovány za méně kariogenní než sacharóza. Šťávy obsahují nadměrné množství přidaného cukru, tedy sacharózy, která je vysoce kariogenní a zvyšuje náchylnost k zubnímu kazu (Hanin et al. 2020).

3.9 Stephanova křivka

Stephanova křivka, viz Obrázek 1, pojmenovaná po Robertu Stephanovi, byla objevena v roce 1943 ve studii provedené spolu s Millerem. Tato křivka popisuje rychlý pokles pH plaku po konzumaci sacharidů. Bylo zjištěno, že pH plaku kleslo na hodnotu 5 ihned po konzumaci a poté se vrátilo na neutrální pH 7 během 30 až 60 minut. Tento diagram je užitečný pro hodnocení potenciálu potravin z hlediska jejich schopnosti vyvolat acidogenní reakci v dutině ústní. Hladina pH v dutině ústní prochází během dne několika výkyvy a téměř každé jídlo nebo nápoj může způsobit pokles pH v závislosti na složení, konzistenci, délce konzumace a dalších faktorech. Na hodnotu pH má vliv také množství a kvalita slin a také množství bakterií v ústech. Stejně důležitá je frekvence příjmu potravy. S tím souvisí pojem orální clearance cukru, což je období po skončení jídla, během kterého koncentrace cukru v dutině ústní opět klesne na úroveň před konzumací. Tento proces je ovlivněn stavem zubů, sekrecí slin a také vlastnostmi konzumované potravy (Heinrich & Burghardt 2015).



Obrázek 1: Stephanova křivka (Wrigley 2024
<https://www.wrigleyoralhealthcare.co.uk/research-and-evidence>)

Rychlost a rozsah poklesu pH závisí na několika faktorech. Sacharóza je metabolizována bakteriemi v plaku rychleji než škrob, což znamená, že po konzumaci sacharózy může dojít k většímu a rychlejšímu poklesu pH plaku. Důležitá je také tloušťka a hustota plaku, které ovlivňují rychlost snižování pH. V případě tenké vrstvy plaku se pufrovací systémy sliny snadno dostanou do kontaktu s povrchem zubů, což vede k menšímu a pomalejšímu poklesu pH (Higham et al. 2021).

Čas potřebný k neutralizaci pH v dutině ústní závisí na struktuře potravy, délce konzumace, frekvenci konzumace, schopnosti sliny neutralizovat kyselinu a množství slin. Pro efektivní remineralizační procesy je klíčové, aby byly mezi jednotlivými jídly dostatečné pauzy. Pokud by k příjmu potravy docházelo v krátkých intervalech v průběhu dne, nebyl by dostatek času na obnovení optimální hodnoty pH a remineralizace by probíhala pouze po omezenou dobu. Důležitým faktorem je také doba trvání konzumace jedné potraviny – čím déle se konzumuje, tím více klesá pH. To vše zvyšuje riziko zubního kazu nebo eroze (MonSPORTOVÁ 2020 & Higham et al. 2021).

Zvýšená produkce stimulované sliny přispívá k rychlejšímu obnovení pH v ústní dutině po jídle. Stimulovaná slina obsahuje více pufrovacích látek než nestimulovaná slina, a navíc samotné zvýšení množství sliny pomáhá odplavit kyseliny z dutiny ústní. K podpoře tvorby sliny může přispět žvýkačka, přičemž žvýkačky bez cukru, jako jsou například parafinové, jsou preferované. Studie však naznačují, že rozdíl mezi žvýkačkou s cukrem a bez cukru není významný; oba druhy žvýkaček pomáhají neutralizovat kyseliny v dutině ústní stejně efektivně.

Zvýšené množství pufrovacích látek ve slině vede ke zvýšené produkci dusíkatých látek, které jsou metabolizovány na bazické produkty, což přispívá k vyššímu pH. Ochranný účinek proti neutralizaci kyselin v plaku má i konzumace sýra. Sýr obsahuje dusíkaté složky, podporuje slinný tok a zároveň zvyšuje koncentraci důležitých iontů, jako je vápník a fosfát, které jsou klíčové při remineralizaci zubní skloviny (Rokaya et al. 2013 & Higham 2021).

Pro rychlejší obnovení hladiny pH v dutině ústní se doporučuje po jídle vypláchnout ústa čistou vodou. Tím se odstraní zbytky potravy, které se mohou usazovat na zubech, a neutrální pH vody pomáhá ředit kyseliny v ústech. Nicméně studie, která porovnávala účinnost žvýkání žvýkačky, vyplachování úst vodou a čištění zubů při neutralizaci pH v ústech po jídle, ukázala, že nejlepší výsledky přináší žvýkačka. Naopak vyplachování úst vodou téměř nepřineslo žádné zlepšení (Narges et al. 2014).

Potraviny lze klasifikovat jako kariogenní, pokud pH v dutině ústní po konzumaci klesne pod 5,5. Při hodnotě pH nižší než 5,5 dochází v dutině ústní k demineralizačním procesům, které jsou součástí rozvoje kazu. Dnes jsou na trhu dostupné produkty, které tyto kariogenní sacharidy neobsahují, ale jsou nahrazovány náhradními sladidly, jako jsou uměle vyrobené cukerné alkoholy (například xylitol, sorbitol) nebo přírodní glykosidy steviolu (Weber 2012 & Limeback et al. 2017). Vzhledem k tomu, že hodnota pH těchto produktů po konzumaci neklesá pod 5,5, označujeme je jako nekariogenní nebo „šetrné k zubům“. Jako zvláštní symbol mají tyto výrobky většinou zub s deštníkem, jak můžeme vidět na Obrázku 2. Logo „šetrné k zubům“ bylo vytvořeno ve Švýcarsku v roce 1982 a od té doby je používáno. Od roku 1985 se objevilo také v Německu a poté se rozšířilo do dalších evropských zemí, Argentiny, Asie a Turecka. Ve Švýcarsku se děti učí o výživě a jejím vlivu na zdraví v mateřské škole a více než 90 % populace zná logo „šetrné k zubům“. Naopak v České republice je toto logo laické veřejnosti téměř neznámé. V roce 2012 byla v Německu otevřena první prodejna s produkty s označením „tooth-friendly“, což jsou sladkosti, které neobsahují cukr (Basel 2018).



TOOTHFRIENDLY
INTERNATIONAL

Obrázek 2: Symbol tooth-friendly (Toothfriendly 2020
<https://www.toothfriendly.org/en/>)

3.10 Bílkoviny

Obsah proteinů v potravě jedince může ovlivnit pH v ústní dutině. Proteiny mají schopnost neutralizovat kyseliny v ústní dutině, což může vést k mírnému zvýšení pH (Marsh 2006). Vyšší příjem proteinů také může zvýšit pH prostřednictvím zvýšené produkce amoniaku v ústní dutině. Studie naznačují, že konzumace potravin s vyšším obsahem proteinů může způsobit mírné zvýšení pH v ústní dutině. Naopak, potraviny s nižším obsahem proteinů nebo vyšším obsahem sacharidů mohou vést k mírnému poklesu pH (Garg & Palaskar 2011). Určité proteiny, jako ty obsažené v mléce a mléčných výrobcích, mají tendenci zvyšovat pH v ústech (Biswas & Chattopadhyay 2016). Během trávení proteinů jsou uvolňovány aminokyseliny do trávicího traktu. Některé z těchto aminokyselin mohou být bakteriemi v ústech metabolizovány na látky s alkalickými vlastnostmi, což může stabilizovat pH sliny (Takahashi & Nyvad 2011).

Důležité je si uvědomit, že pH sliny se může měnit během dne v závislosti na stravě. Zdravá strava bohatá na proteiny z různých zdrojů (maso, ryby, vejce, mléčné výrobky, luštěniny atd.) může přispět k udržení vyváženého pH v ústech. Nicméně nadměrný nebo nedostatečný příjem proteinů v potravě může způsobit nepříznivé změny v pH sliny, což může ovlivnit zdraví zubů a dásní (Takaoka et al. 2002).

Bílkoviny, zejména ty obsažené ve vysoce proteinových potravinách, mohou poskytnout živiny pro bakterie přítomné v ústech (He et al. 2013). Tyto bakterie mají schopnost metabolizovat bílkoviny na látky, které pak mohou podporovat růst a tvorbu zubního plaku (Bowen & Koo 2011). Proteiny rovněž slouží jako substrát pro tvorbu biofilmu, což je tenká vrstva organických látek, včetně bakterií, která se může ukládat na povrchu zubů a dásní (Rosier et al. 2014). Bílkoviny mohou také zvyšovat adhezi bakterií na zubní povrch, čímž zlepšují jejich schopnost vytvářet plak (Willems et al. 2020).

3.11 Kyselé a alkalické potraviny

Kyselé potraviny mají obvykle pH nižší než 7. Mezi ně patří citrusové plody (např. citrony, pomeranče, grapefruity), rajčata, kysané zelí a okurky, některé druhy mléčných výrobků (např. jogurty, sýry) a také některé kyselé nápoje obsahující citron (Bowen et al. 2005). Kyselost je často způsobena obsahem organických kyselin, jako je kyselina citronová, kyselina jablečná nebo kyselina mléčná. Kyselé potraviny mohou stimulovat tvorbu žaludečních šťáv, což může pomoci při trávení těžších jídel. Mnoho kyselých

potravin obsahuje důležité vitamíny, minerály a antioxidanty, které jsou pro zdraví nezbytné. Například citrusové plody jsou bohaté na vitamin C. Nicméně nadměrná konzumace kyselých potravin může mít negativní účinky, jako je podráždění sliznice ústní dutiny nebo žaludku (Fiedler et al. 2017). Důležité je si uvědomit, že i když kyselé potraviny dočasně snižují pH v dutině ústní a vytvářejí prostředí příznivé pro bakterie způsobující zubní kaz, neznamená to automaticky, že jsou tyto potraviny nezdravé. Klíčem je vyvážená strava a dobrá ústní hygiena (Slavin et al. 2012).

Alkalické potraviny mají pH vyšší než 7 a obsahují vysoké množství minerálů, které přispívají k udržení pH těla v rovnováze. Tělo má schopnost regulovat pH v rozmezí 7,35 až 7,45, což odpovídá mírně alkalickému prostředí. Mezi alkalické potraviny patří zejména ovoce (například banány, avokádo, melouny), zelenina (například špenát, brokolice, ředkvičky), ořechy, semínka, luštěniny a některé obiloviny (Schwalfenberg & Gerry 2012). Konzumace alkalických potravin může mít několik pozitivních účinků na zdraví. Mohou podporovat zdravé trávení a chránit před chronickými onemocněními, jako jsou srdeční choroby nebo diabetes (Wynn 2021).

3.12 pH

pH je zkratka pro "potenciál vodíkového iontu" a vyjadřuje koncentraci vodíkových iontů ve vodném roztoku. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí od 0 do 14, přičemž hodnota nižší než 7 označuje kyselé prostředí a hodnota vyšší než 7 označuje zásadité prostředí. Hodnota pH = 7 indikuje neutrální prostředí. Kyselé prostředí je charakterizováno nadbytkem vodíkových iontů, zatímco zásadité prostředí je charakterizováno nadbytkem hydroxidových iontů. Neutrální prostředí znamená rovnováhu mezi vodíkovými a hydroxidovými ionty, což je obvykle charakteristické pro čistou vodu (Berg et al. 2015). Z chemického hlediska je pH definováno jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů v roztoku $\text{pH} = -\log_{10} c(\text{H}_3\text{O}^+)$ (Skoog et al. 2013).

3.13 Měření pH

Existuje několik způsobů, jak měřit pH různých tekutin, včetně slin. Pro měření pH sliny se často používají pH papírky nebo lakmusové proužky. Tyto indikátory obsahují speciální barvivo, které reaguje na změnu pH ve vlhkém prostředí. Po nanesení kapky sliny na papírek se změní jeho barva, která se poté porovnává se stupnicí barev, jež odpovídá různým hodnotám pH. Přestože je tato metoda snadná a rychlá, její přesnost může být ovlivněna subjektivním posuzováním barev (Dawes et al. 2003).

Další možností je použití elektronického přenosného pH metru. Tyto přístroje poskytují přesnější a spolehlivější měření. Obsluha je navržena tak, aby byla rychlá a snadná. Měřicí část pH metru se ponoří do nádoby se slinami a naměřená hodnota pH se během několika sekund objeví na displeji. Výsledky se obvykle zobrazují s dvěma desetinnými místy, aby bylo zajištěno velmi precizní měření (Yeh et al. 2010).

4 Metodika

Do sledování se zapojilo 10 účastníků ve věku od 18 do 50 let, z toho 4 muži a 6 žen. Pro objektivitu výzkumu museli účastníci splňovat následující kritéria: nesměli kouřit, nesměli mít žádná zdravotní omezení a nesměli užívat žádné léky. Každý zúčastněný nesměl 60 minut před měřením jíst, nesměl nic žvýkat a mohl pít pouze čistou vodu. Během měření také nesměli nic konzumovat. Účastníkům byly podávány postupně potraviny a nápoje a měření pH probíhalo ve čtyřech časových úsecích: okamžitě po konzumaci, dále 5 minut po konzumaci, 15 minut po konzumaci a 30 minut po konzumaci. Měření pH bylo prováděno pomocí pH metru z jejich slin. Měření každé potraviny a nápoje probíhalo v odlišných dnech.

4.1 Zkoumané potraviny a nápoje

Zkoumané potraviny a nápoje byly rozděleny do tří skupin pro pozdější porovnání. V každé skupině byly potraviny a nápoje porovnávány mezi sebou. V první skupině byl pozorován vliv množství bílkovin v potravine na hodnoty pH. Do této skupiny byly zařazeny tři potraviny s postupně klesajícím obsahem bílkovin. Do druhé skupiny byly zařazeny dva nápoje, u kterých byl sledován vliv přítomnosti bílkovinné složky na hodnoty pH. Ve třetí skupině byl zkoumán vliv množství cukru v potravine na pohyb hodnot pH.

4.1.1 První skupina

Jako potravina s nejvyšším obsahem bílkovin v této skupině bylo vybráno sušené maso Fine Gusto Jerky beef natural v balení 12 g. Tento výrobek obsahuje 61,1 g bílkovin na 100 g. Účastníci konzumovali celý balíček o hmotnosti 12 g.

Dále byl vybrán skyr značky Pilos Skyr natur s obsahem 0,1 % tuku a hmotností 150 g, obsahující 12 g bílkovin na 100 g. Účastníci konzumovali celý výrobek o hmotnosti 150 g.

Potravinu s nejnižším obsahem bílkovin představoval klasický bílý rohlík o hmotnosti 1 kus, tedy přibližně 42 g, s obsahem 9 g bílkovin na 100 g. Účastníci konzumovali celý rohlík.

4.1.2 Druhá skupina

Ve druhé skupině byly zaznamenány hodnoty pro čistou kávu a kávu s mlékem. Čistá káva, jako zástupce nápoje s minimálním obsahem bílkovinné složky, byla podávána jako jeden šálek espressa o objemu 30 ml, připravený v kávovaru. Jednalo se o kávu Segafredo Zanetti Intermezzo, která byla čerstvě namletá. U tohoto nápoje byla naměřena hodnota pH 5,63.

pH kávy závisí na několika faktorech, včetně typu kávy, způsobu přípravy a délce pražení zrn. Hodnota pH je ovlivněna přítomností kyselin, zejména kyseliny chlorogenové, která se vyskytuje v kávových zrnech (Souza et al. 2016). Podle internetových zdrojů se pH kávy s vyšším obsahem kyselin pohybuje mezi 4,5 a 5,0, zatímco u kávy s nižším obsahem kyselin mezi 5,5 a 6,35 (Beckley 2021).

Mléko se do kávy přidává pro jemnější a sladší chuť nápoje, jelikož káva sama o sobě je známá svou hořkostí (Matoušová 2016). Káva s mlékem byla připravována stejně jako espresso, do kterého bylo přidáno 15 ml polotučného kravského mléka. Nápoj byl poté změřen a hodnota pH ukázala 5,84. pH kravského mléka se obvykle pohybuje v rozmezí 6,5 až 6,7 (Huppertz et al. 2004).

4.1.3 Třetí skupina

Ovoce s vysokým obsahem cukrů byl zastoupen banánem, jedním kusem o hmotnosti 100 g, s průměrným obsahem sacharidů 22 g na 100 g.

Jahody, jako zástupce ovoce s nízkým obsahem cukrů, s průměrným obsahem sacharidů 6 g na 100 g, byla odměřena porce 150 g.

4.2 Měření pH metrem

Pro tuto práci byl použit digitální pH metr Voltcraft pH-100 ATC. Tento pH metr měří s přesností na dvě desetinná místa. Je přenosný s automatickou teplotní kompenzací a měří v teplotním rozsahu od 0 °C do 50 °C. Sonda pH metru je uchovávána v roztoku KCl. Po každém měření byla sonda opláchnuta destilovanou vodou a osušena pH metr je zapotřebí kalibrovat jednou za dva týdny nebo po každém desátém měření, jak výrobce udává. Kalibrace proběhla v pufrovém roztoku s pH 7 a 4.

Účastníci vždy v daných intervalech odplivli slinu do zkumavky, většinou stačily dvě až tři vplivnutí. Ihned poté byla sonda ponořena dovnitř, počkalo se zhruba půl minuty na ustálení hodnoty a bylo změřeno pH. Následně se sonda opláchla destilovanou vodou.



Obrázek 3: pH metr Voltcraft pH-100 ATC (Promertech 2022 www.promertech.cz)

4.3 Statistické metody

V rámci této diplomové práce byl ke komplexnímu vyhodnocení posbíraných dat využit software Statistica 12. Tento software poskytuje robustní nástroje pro statistickou analýzu, což umožnilo detailní zkoumání vztahů mezi proměnnými a interpretaci výsledků. Pro konkrétní analýzu dat byl použit test ANOVA (Analýza rozptylu), který je efektivním nástrojem pro srovnání více skupin a určení, zda existují statisticky významné rozdíly mezi jejich průměry. Tento test nám poskytl důležité informace o vlivu zkoumaných faktorů na sledované ukazatele, a tím podpořil validitu a relevanci našich zjištění v této studii.

5 Výsledky

Výsledky byly zaznamenány do tabulek a následně byl z každé naměřené hodnoty v daném intervalu vypočítán průměr. U každé tabulky byl poté vytvořen graf. Ke statistickému vyhodnocení byla použita dvoufaktorová ANOVA s replikací.

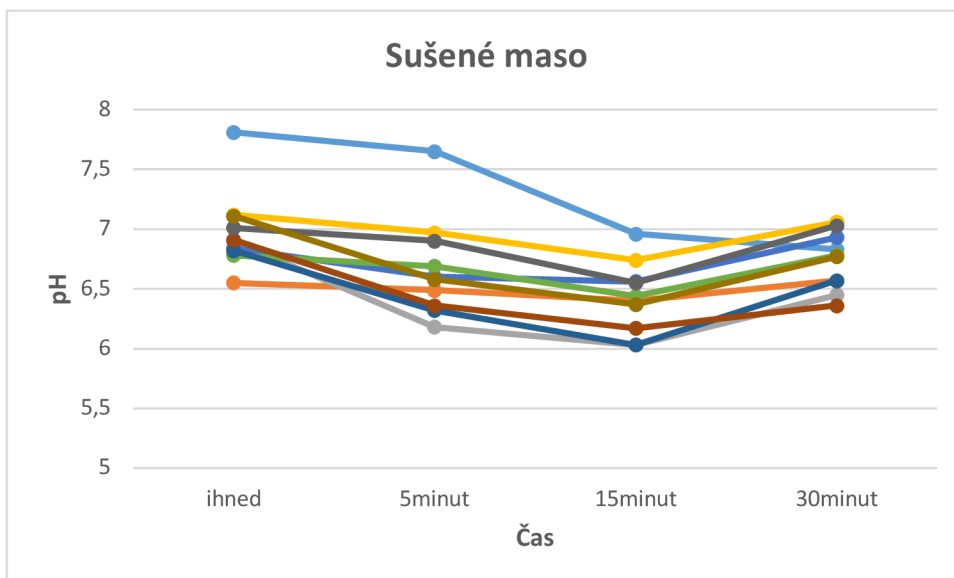
5.1 Tabulky a grafy

5.1.1 Sušené maso - konzumace

Tabulka 1: Naměřené hodnoty pH u sušeného masa

Sušené maso	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	7,81	7,65	6,96	6,83
2	6,55	6,49	6,40	6,57
3	6,90	6,18	6,03	6,45
4	7,12	6,97	6,74	7,06
5	6,84	6,60	6,56	6,93
6	6,78	6,69	6,44	6,78
7	6,82	6,32	6,03	6,57
8	6,91	6,36	6,17	6,36
9	7,01	6,90	6,55	7,03
10	7,11	6,58	6,37	6,77
průměr	6,99	6,67	6,43	6,74

Můžeme pozorovat průměrný pokles hodnot pH od začátku konzumace pokrmu do 15 minut po pozření. Po 30 minutách došlo opět k nárůstu. U jedince číslo 6 došlo po 5 minutách k nárůstu hodnoty pH. U jedince číslo 1 došlo po 30 minutách k poklesu hodnoty pH.



Graf 1: Graf – sušené maso

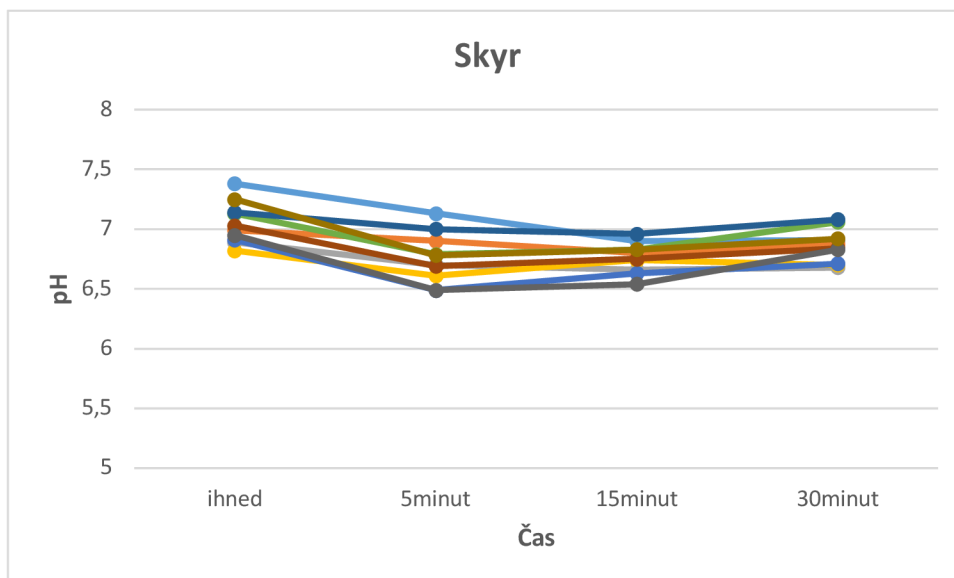
V grafickém znázornění můžeme pozorovat nejnižší hodnotu po 15 minutách od konzumace.

5.1.2 Skyr - konzumace

Tabulka 2: Naměřené hodnoty pH u skyr

Skыр	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	7,38	7,13	6,90	6,91
2	6,99	6,90	6,80	6,88
3	6,89	6,70	6,66	6,68
4	6,82	6,61	6,74	6,70
5	6,91	6,49	6,63	6,71
6	7,13	6,79	6,83	7,06
7	7,14	7,00	6,96	7,08
8	7,03	6,69	6,75	6,84
9	6,95	6,49	6,54	6,83
10	7,25	6,78	6,83	6,92
průměr	7,05	6,76	6,76	6,86

Zde opět pozorujeme průměrný pokles hodnot pH, ovšem ve srovnání se sušeným masem dochází po 15 minutách opět k nárůstu hodnot, a to u většiny jedinců. U jedince číslo 4 došlo k poklesu hodnoty pH po 30 minutách.



Graf 2: Graf - skyr

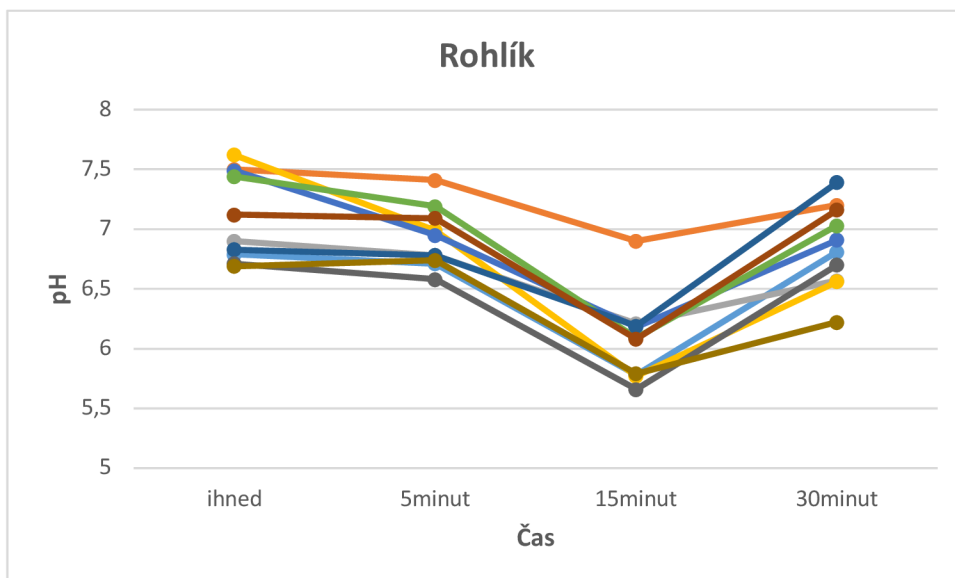
Zde můžeme pozorovat pozvolný pokles hodnot pH, ovšem hodnoty se nijak radikálně neměnily.

5.1.3 Rohlík - konzumace

Tabulka 3: Naměřené hodnoty pH u rohlíku

Rohlík	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	6,79	6,71	5,78	6,81
2	7,50	7,41	6,90	7,20
3	6,90	6,78	6,21	6,57
4	7,62	6,99	5,77	6,56
5	7,49	6,95	6,18	6,91
6	7,44	7,19	6,09	7,03
7	6,83	6,78	6,19	7,39
8	7,12	7,09	6,08	7,16
9	6,71	6,58	5,66	6,70
10	6,69	6,74	5,79	6,22
průměr	7,11	6,92	6,07	6,86

U rohlíku hodnoty pH v průměru klesaly, po 15 minutách došlo k nárůstu hodnot. U jedince číslo 10 hodnota pH po 5 minutách stoupla. U jedince číslo 9 byla pozorována hodnota blízká kritické hranici 5,66 po 15 minutách od konzumace.



Graf 3: Graf - rohlík

Po konzumaci rohlíku jsme zaznamenali nejnižší naměřené hodnoty a to po 15 minutách.

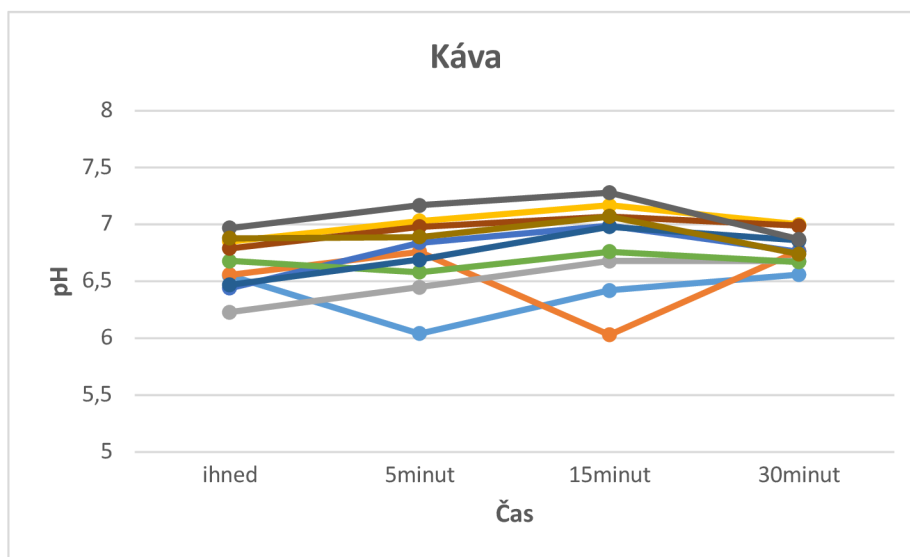
5.1.4 Káva - konzumace

Tabulka 4: Naměřené hodnoty pH u kávy

Káva	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	6,55	6,04	6,42	6,56
2	6,56	6,76	6,03	6,77
3	6,23	6,45	6,68	6,68
4	6,85	7,03	7,17	7,00
5	6,44	6,84	6,99	6,76
6	6,68	6,58	6,76	6,67
7	6,47	6,69	6,98	6,86
8	6,79	6,98	7,07	6,99
9	6,97	7,17	7,28	6,87
10	6,88	6,89	7,07	6,74
průměr	6,64	6,74	6,85	6,79

Hodnoty pH po konzumaci čisté kávy v průměru stoupaly, pouze u prvního a šestého jedince poklesly v časovém úseku 5 minut po konzumaci. Po 15 minutách hodnoty opět stoupaly s výjimkou druhého účastníka měření, u kterého hodnota poklesla.

Konečné hodnoty po 30 minutách měření byly vyšší, nižší či stejné, v průměru ale vyšší oproti hodnotám po 15 minutách měření.



Graf 4: Graf - káva

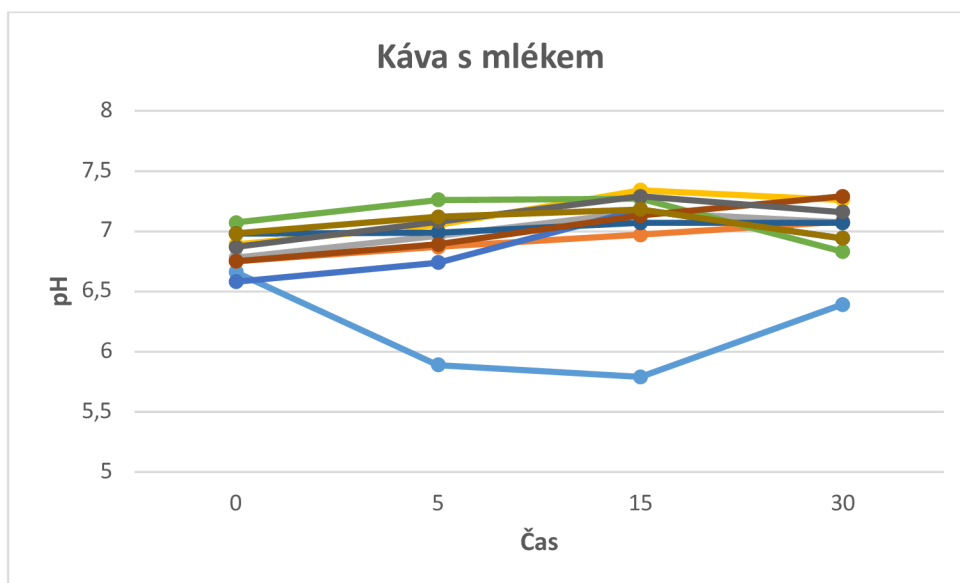
V grafickém znázornění můžeme pozorovat pozvolný nárůst hodnot pH.

5.1.5 Káva s mlékem - konzumace

Tabulka 5: Naměřené hodnoty pH u kávy s mlékem

Káva s mlékem	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	6,66	5,89	5,79	6,39
2	6,75	6,87	6,97	7,08
3	6,78	6,96	7,16	7,07
4	6,89	7,05	7,34	7,26
5	6,58	6,74	7,18	6,94
6	7,07	7,26	7,27	6,83
7	6,98	6,99	7,07	7,07
8	6,75	6,89	7,13	7,29
9	6,87	7,08	7,29	7,16
10	6,98	7,12	7,18	6,94
průměr	6,83	6,89	7,04	7,00

U kávy s mlékem můžeme pozorovat opět stoupání hodnot, a po 30 minutách došlo u některých k poklesu nebo k nárůstu, a u jednoho jedince byla hodnota stejná. U prvního jedince došlo po 5 i po 15 minutách k poklesu hodnot.



Graf 5: Graf – káva s mlékem

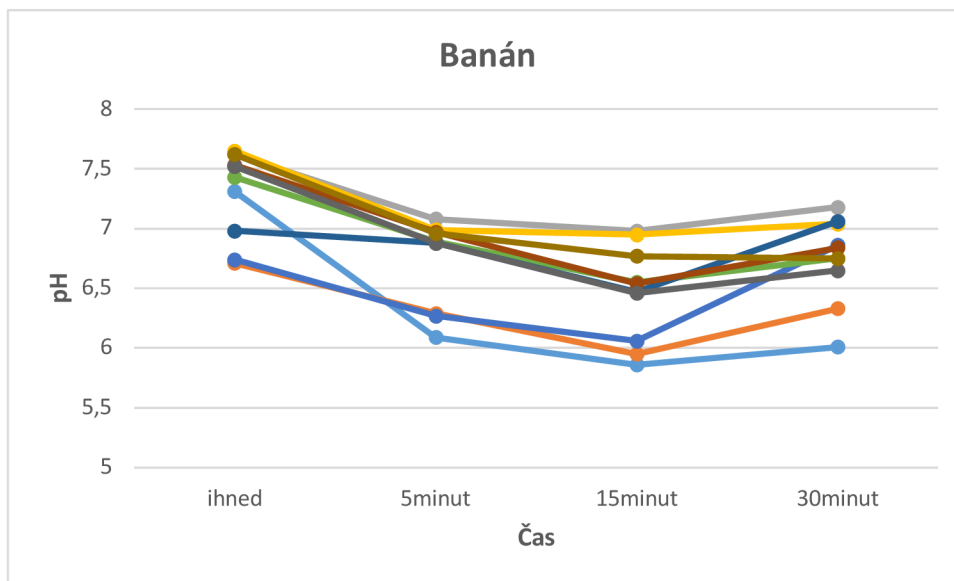
Po konzumaci kávy s mlékem hodnoty pH zásadně stoupaly. U prvního jedince hodnoty naopak klesaly, což je neobvyklé a pravděpodobně způsobeno chybou měření.

5.1.6 Banán - konzumace

Tabulka 6: Naměřené hodnoty pH u banánu

Banán	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	7,31	6,09	5,86	6,01
2	6,71	6,29	5,95	6,33
3	7,62	7,08	6,98	7,18
4	7,65	6,99	6,95	7,04
5	6,74	6,27	6,06	6,86
6	7,43	6,89	6,55	6,75
7	6,98	6,88	6,47	7,06
8	7,53	6,97	6,54	6,84
9	7,52	6,88	6,46	6,65
10	7,62	6,96	6,77	6,75
průměr	7,31	6,73	6,46	6,75

Po konzumaci banánu můžeme pozorovat průměrný pokles hodnot a po 30 minutách došlo k nárůstu.



Graf 6: Graf - banán

V grafickém znázornění můžeme pozorovat pokles hodnot po 15 minutách, hodnoty se blížily kritické hranici.

5.1.7 Jahody - konzumace

Tabulka 7: Naměřené hodnoty pH u jahod

Jahody	Ihned po konzumaci	5 minut po konzumaci	15 minut po konzumaci	30 minut po konzumaci
1	7,14	7,06	7,19	7,12
2	7,67	7,37	7,38	7,41
3	7,06	6,85	6,97	7,13
4	6,99	6,87	6,89	7,02
5	6,96	6,76	6,77	7,23
6	6,95	6,98	6,76	6,92
7	6,88	6,85	6,94	6,93
8	6,96	6,84	6,99	7,07
9	7,07	6,66	6,76	6,80
10	6,73	6,65	6,74	6,96
průměr	7,04	6,89	6,94	7,06

U jahod byl pozorován pokles hodnot pH po 5 minutách, následně však došlo k jejich nárůstu. U jedince číslo šest se po 5 minutách hodnoty zvýšily a po 15 minutách opět snížily. U účastníků číslo jedna a sedm byl zaznamenán pokles hodnot po 30 minutách.



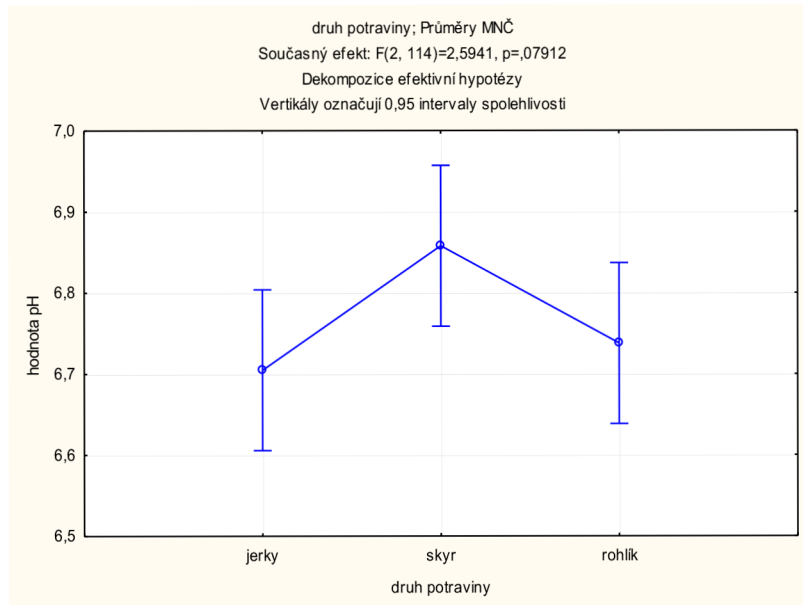
Graf 7: Graf - jahody

Po konzumaci jahod se pH nijak výrazně neměnilo a nedocházelo k zásadním výkyvům.

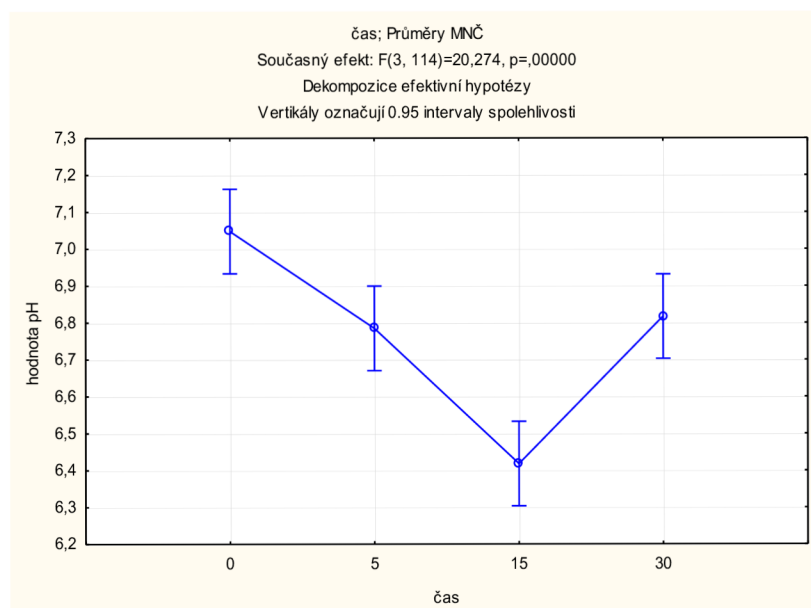
5.2 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení probíhalo v rámci jednotlivých skupin, kde byly zkoumány rozdíly v časových intervalech a také mezi jednotlivými potravinami nebo nápoji ve skupině.

5.2.1 První skupina



Graf 8: První skupina – význam v rozdílu v druhu potraviny



Graf 9: První skupina – význam v rozdílu v časových intervalech

Tabulka 9: První skupina – test významosti pro hodnotu pH

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hodnotu pH (1) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5494,804	1	5494,804	54774,44	0,000000
druh potraviny	0,520	2	0,260	2,59	0,079120
čas	6,102	3	2,034	20,27	0,000000
Chyba	11,436	114	0,100		

Tabulka 10: První skupina – test celého modelu

Závislé Proměnná	Test SČ celého modelu vs. SČ reziduí (1)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SČ Model	sv Model	PČ Model	SČ Rezid.	sv Rezid.	PČ Rezid.	F	p
hodnota pH	0,605563	0,366707	0,338931	6,622065	5	1,324413	11,43613	114	0,100317	13,20229	0,000000

Tabulka 11: Scheffeho test první skupina – čas

Č. buňky	čas	Scheffeho test; proměnná hodnota pH (1) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: Between MSE = ,10032, sv = 114,00			
		{1}	{2}	{3}	{4}
		7,0477	6,7847	6,4180	6,8170
1	0		0,019058	0,000000	0,052075
2	5	0,019058		0,000332	0,984228
3	15	0,000000	0,000332		0,000075
4	30	0,052075	0,984228	0,000075	

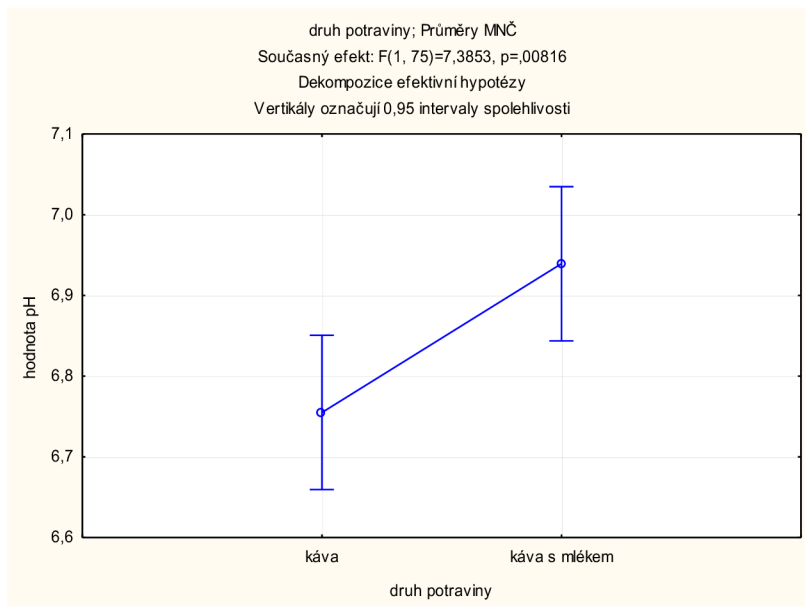
Mezi časovými úseky byl statisticky významný rozdíl.

Tabulka 12: Scheffeho test prvního skupina – potraviny

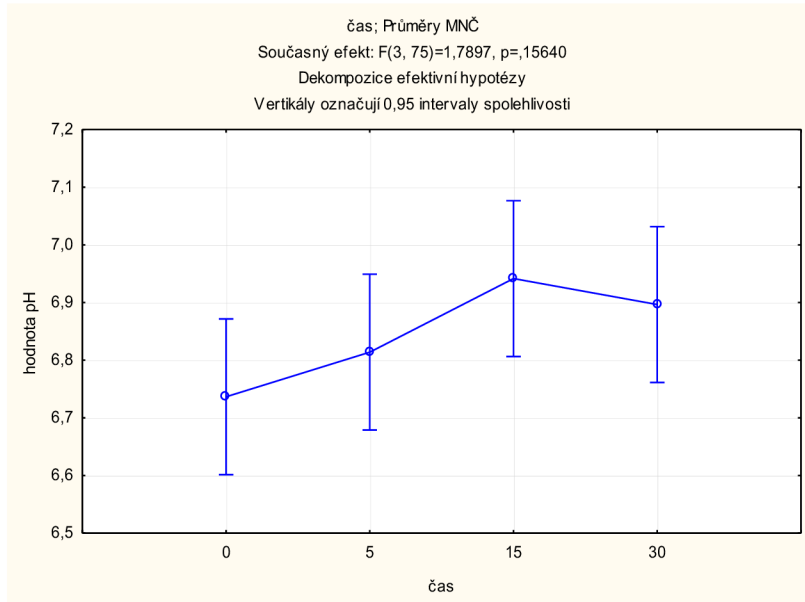
Č. buňky	druh potraviny	Scheffeho test; proměnná hodnota pH (1) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: Between MSE = ,10032, sv = 114,00		
		{1}	{2}	{3}
		6,7048	6,8580	6,7378
1	jerky		0,100828	0,897221
2	skyr	0,100828		0,240866
3	rohlík	0,897221	0,240866	

Mezi jednotlivými potravinami nebyl statisticky významný rozdíl. První stanovenou hypotézu „Po konzumaci potravin s vyšším obsahem bílkovin, bude pokles pH nižší než po konzumaci potravin s nižším obsahem bílkovin.“ tedy nelze potvrdit.

5.2.2 Druhá skupina



Graf 10: Druhá skupina – význam v rozdílu v druhu nápoje



Graf 11: Druhá skupina – význam v rozdílu v časových intervalech

Tabulka 13: Druhá skupina – test významosti pro hodnotu pH

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hodnota pH (3) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	3750,650	1	3750,650	40797,00	0,000000
druh potraviny	0,679	1	0,679	7,39	0,008163
čas	0,494	3	0,165	1,79	0,156399
Chyba	6,895	75	0,092		

Tabulka 14: Druhá skupina – test celého modelu

Závislé Proměnná	Test SČ celého modelu vs. SČ reziduí (3)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SČ Model	sv Model	PČ Model	SČ Rezid.	sv Rezid.	PČ Rezid.	F	p
hodnota pH	0,381236	0,145341	0,099759	1,172555	4	0,293139	6,895084	75	0,091934	3,188563	0,017857

Tabulka 15: Scheffeho test druhá skupina - čas

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná hodnota pH (3) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: Between MSE = ,09193, sv = 75,000				
	čas	{1}	{2}	{3}	{4}
1	0	6,7365	6,8140	6,9415	6,8965
2	5	0,883781	0,883781	0,215291	0,431426
3	15	0,215291	0,623835	0,623835	0,863381
4	30	0,431426	0,863381	0,974063	0,974063

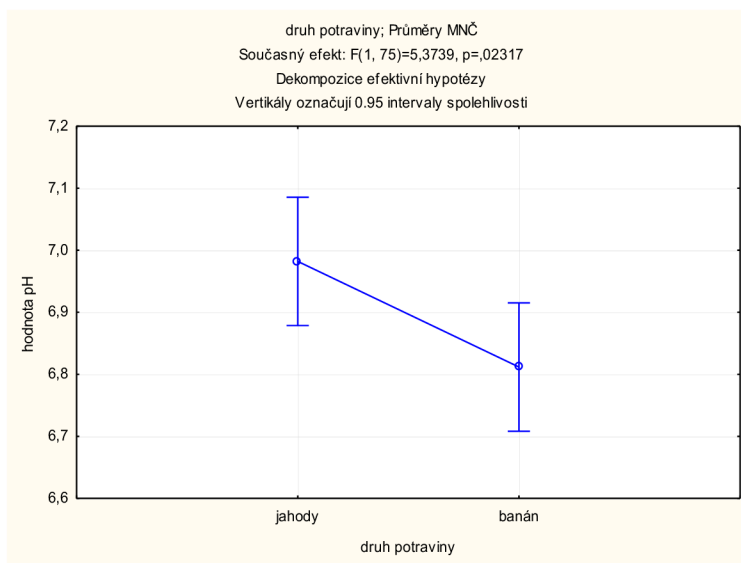
Mezi jednotlivými časovými úseky nebyl statisticky významný rozdíl.

Tabulka 16: Scheffeho test druhá skupina – nápoje

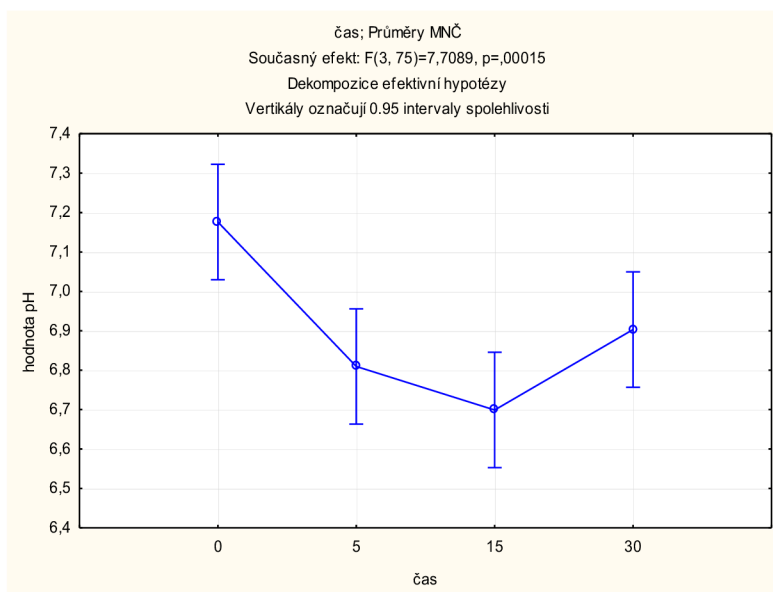
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná hodnota pH (3) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: Between MSE = ,09193, sv = 75,000		
	druh potraviny	{1}	{2}
1	káva	6,7550	6,9392
2	káva s mlékem	0,052075	0,079120

Mezi jednotlivými nápoji nebyl statisticky významný rozdíl. Druhou stanovenou hypotézu „pH v dutině ústní po konzumaci kávy s mlékem poklesne méně než po konzumaci kávy bez mléka.“ také nelze potvrdit.

5.2.3 Třetí skupina



Graf 12: Třetí skupina - význam v rozdílu v druhu ovoce



Graf 13: Třetí skupina – význam v rozdílu v časových intervalech

Tabulka 17: Třetí skupina – test významosti pro hodnotu pH

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro hodnotu pH (2) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	3805,351	1	3805,351	35276,22	0,000000
druh potraviny	0,580	1	0,580	5,37	0,023168
čas	2,495	3	0,832	7,71	0,000148
Chyba	8,090	75	0,108		

Tabulka 18: Třetí skupina – test celého modelu

Závislé Proměnná	Test SČ celého modelu vs. SČ reziduí (2)										
	Vícenás. R	Vícenás. R2	Upravené R2	SČ Model	sv Model	PČ Model	SČ Rezid.	sv Rezid.	PČ Rezid.	F	p
hodnota pH	0,524754	0,275367	0,236719	3,074445	4	0,768611	8,090474	75	0,107873	7,125151	0,000064

Tabulka 19: Scheffeho test třetí skupina - čas

Č. buňky	čas	Scheffeho test; proměnná hodnota pH (2) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: Between MSE = ,10787, sv = 75,000			
		{1}	{2}	{3}	{4}
		7,1760	6,8095	6,6990	6,9030
1	0		0,008906	0,000314	0,083838
2	5	0,008906		0,769622	0,846735
3	15	0,000314	0,769622		0,285430
4	30	0,083838	0,846735	0,285430	

Mezi časovými úseky byl statisticky významný rozdíl.

Tabulka 20: Scheffeho test třetí skupina – potraviny

Č. buňky	druh potraviny	Scheffeho test; proměnná hodnota pH (2) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: Between MSE = ,10787, sv = 75,000	
		{1}	{2}
		6,9820	6,8117
1	jahody		0,023168
2	banán	0,023168	

Mezi jednotlivými nápoji byl statisticky významný rozdíl. Třetí stanovenou hypotézu „Ovoce s vyšším obsahem cukrů bude snižovat pH výrazněji.“ potvrdit lze.

6 Diskuze

Tato studie zkoumala dopad různých složení potravin a nápojů na změny pH slin v dutině ústní. Předpokládalo se, že potraviny s vyšším obsahem bílkovin budou mít menší vliv na pokles pH ve srovnání s potravinami s nižším obsahem bílkovin. Bylo postaveno tvrzení o souvislosti mezi složením potravy a hladinou pH, kde předpoklad byl, že vyšší obsah bílkovin v potravine povede k menšimu poklesu pH. Dále se očekávalo, že potraviny obsahující bílkovinnou složku budou mít menší dopad na pH ve srovnání s potravinami bez této složky. Poslední hypotéza se týkala vlivu obsahu cukru v ovoci na změny pH slin, kde bylo předpokládáno, že ovoce s vyšším obsahem cukru způsobí větší zvýšení pH než ovoce s nižším obsahem cukru.

Sungkar et al. (2020) zjistili, že potraviny bohaté na bílkoviny mají účinek na zvýšení pufru slin a proteiny jako zdroje potravy bakterií zvyšují sekreci alkalických látek. Nicméně, náš vlastní výzkum tato tvrzení nepotvrdil. Z porovnání změn pH slin po konzumaci tří typů potravin s klesajícím množstvím bílkovin – sušeného masa, sýru a bílého rohlíku – nelze jednoznačně říct, že by některá z potravin měla výraznější vliv na pH. Ačkoliv pH u rohlíku kleslo na nízkou hodnotu 5,66, statistické vyhodnocení neprokázalo žádný významný rozdíl mezi těmito potravinami. Nedá se tedy tvrdit, že potraviny s vysokým obsahem bílkovin mají ochranný efekt na chrup a ústní zdraví.

Z tohoto důvodu nelze potvrdit danou hypotézu.

Tento výsledek je zajímavý v kontextu předchozích studií, které naznačovaly opačný trend. Je možné, že rozdílné výsledky mezi touto prací a práce Sungkara et al. (2020) mohou být způsobeny různými faktory. Jedním z možných vysvětlení je variabilita lidského metabolismu a reakce na stravu. Každý jedinec může reagovat odlišně na konzumaci potravin s vyšším obsahem bílkovin, což může vést k rozdílným výsledkům. Dalším faktorem může být i variabilita samotných potravin a jejich složení. Různé zdroje bílkovin mohou mít rozdílné účinky na pH prostředí v těle. Důležité je také brát v úvahu metodologii studie. Všechny tyto faktory mohou ovlivnit výsledky a srovnání mezi studii.

Celkově lze tedy říci, že i přes rozdílné výsledky, tato práce přináší důležité poznatky do oblasti výživy a může sloužit jako základ pro další výzkum v této oblasti.

Stabilní pH slin po konzumaci potravin s klesajícím obsahem bílkovin lze pravděpodobně vysvětlit výzkumem Svoboda (2004), který naznačuje, že bílkoviny mají sklon zůstat součástí složení potravy a nezpůsobují výrazné změny pH v ústní dutině. I když se bílkoviny v potravě rozkládají na aminokyseliny, které mohou být metabolizovány bakteriemi v ústech, tyto změny obvykle nejsou markantní nebo probíhají pomalu, což brání dramatickému poklesu pH slin. Navíc bílkoviny mají menší tendenci být fermentovány na kyseliny ve srovnání s cukry, což může dále stabilizovat hladinu pH.

He et al. (2013) tvrdí, že bílkoviny, zejména ty obsažené ve vysoce proteinových potravinách, mohou poskytnout živiny pro bakterie přítomné v ústech. Bowen (2011) došel k závěru, že tyto bakterie mají schopnost metabolizovat bílkoviny na látky, které pak mohou podporovat růst a tvorbu zubního plaku. Bílkoviny mohou také zvyšovat

adhezi bakterií na zubní povrch, čímž zlepšují jejich schopnost vytvářet plak. V našem sledování jsme došli k podobnému závěru, jelikož zubní plak je produkován bakteriemi a je kyselého charakteru, tím pádem má tedy schopnost snižovat pH v dutině ústní.

Ferrazzano et al. (2009) ve své studii zjistili, že káva má antibakteriální účinek vůči gram-pozitivním i gram-negativním bakteriím. Látky obsažené v kávě, především trigonellin, kofein a kyselina chlorogenová sice nezabraňují růstu *Streptococcus mutans*, ale významně snižují jeho přilnavost k povrchu zubu. V našem sledování jsme došli k podobnému závěru. Můžeme tedy soudit podle tvrzení Ferrazzana et al., že káva má antibakteriální účinky a pH v ústní dutině se po její konzumaci nebude snižovat.

Studie provedená Uličnou v roce 2021 naznačuje, že přidání mléka do kávy má za následek menší pokles pH v ústní dutině. Naše sledování tuto teorii však vyvrátilo, jelikož hodnoty pH se v obou případech zásadně nelišily. Po konzumaci obou nápojů hodnota pH stoupala. U jednoho účastníka, který konzumoval kávu s mlékem, byly zaznamenány anomální hodnoty, pravděpodobně způsobené chybou měření. Tato chyba však neměla vliv na statistické vyhodnocení, které prokázalo, že mezi těmito měřeními nebyl statisticky významný rozdíl. To znamená, že při konzumaci čisté kávy nebo kávy s mlékem není vliv na zubní zdraví rozdílný. Není možné tedy potvrdit tuto hypotézu. Pokud se budeme řídit průměrnými hodnotami pH zaznamenanými v jednotlivých časových intervalech u obou nápojů, došlo ke kontinuálnímu stoupaní od okamžiku konzumace až do 15 minut.

Toto zjištění je v kontrastu s výsledky Uličné (2021) které naznačovaly, že káva s mlékem může mít menší dopad na pH než čistá káva. Existuje několik možných vysvětlení pro rozdíly mezi těmito studii. Prvním možným faktorem může být variabilita lidského metabolismu. Každý jedinec může reagovat odlišně na konzumaci různých typů kávy, a to jak s mlékem, tak bez něj. Dále je možné, že rozdíly v kvalitě kávy použité v naší studii a v jiné studii mohou hrát také roli. Různé způsoby přípravy kávy a její složení mohou vést k odlišným výsledkům. Dalším důležitým aspektem může být také samotná metodologie obou studií. Tyto faktory mohou mít významný vliv na výsledky a mohou vést k rozdílným interpretacím. Je také důležité vzít v úvahu, že vliv kávy na pH těla může být ovlivněn mnoha dalšími faktory, jako je například celková struktura stravy, individuální reakce na kofein a další látky obsažené v kávě, nebo dokonce i genetické faktory.

Schulpis et al. (2006) prokázali, že potraviny s vyšším obsahem sacharidů a kyselin mají tendenci zvýšit aciditu ústního prostředí. Sungkar et al. (2020) zjistili, že potraviny bohaté na sacharidy mohou snížit kapacitu pufru slin a zvyšují metabolismus tvorby kyselin orálními bakteriemi. Tato tvrzení se ztotožňují s výsledky s naší studií.

Ve srovnání mezi banánem a jahodami, kde banán reprezentuje ovoce s vyšším obsahem cukru a jahody s nižším, byla naměřena nejnižší hodnota pH 5,86 u banánu, zatímco u jahod se hodnoty nepřiblížily hodnotám pod 6,65. U jahod bylo také pozorováno menší fluktuace hodnot, kdy se téměř neměnily, zatímco u banánu hodnoty výrazně klesaly. Tyto výsledky umožňují potvrdit hypotézu.

Klesání pH sliny po konzumaci ovoce s vyšším obsahem cukru, než s nižším je pravděpodobně způsobeno interakcí mezi cukry v ovoci a bakteriemi přítomnými v ústní dutině. Když konzumujeme ovoce s vyšším obsahem cukru, jako je například hroznové

víno nebo banány, tyto cukry slouží jako substrát pro bakterie v ústech. Bakterie metabolizují cukry a produkují kyseliny jako vedlejší produkty svého metabolismu. Tyto kyseliny snižují pH v ústní dutině, což následně vede ke klesání pH sliny. Naopak, ovoce s nižším obsahem cukru, jako jsou například jahody nebo maliny, obsahují méně cukrů, které by bakterie mohly metabolizovat na kyseliny. Proto není tak výrazný vliv na pH sliny po konzumaci těchto druhů ovoce. Celkově lze tedy říci, že konzumace ovoce s vyšším obsahem cukru může více snižovat pH sliny kvůli větší tvorbě kyselin bakteriemi, zatímco ovoce s nižším obsahem cukru má tendenci mít menší vliv na pH sliny. Můžeme říct, že pro orální zdraví je vhodnější konzumovat ovoce s nižším obsahem cukru.

Ve studii nebyl prokázán jednoznačný vliv obsahu bílkovin v potravinách na snižování pH v ústní dutině. Nicméně je klíčové si uvědomit, že konzumace potravy a nápojů ovlivňuje nejen celkové zdraví, ale také zdraví zubů. Pravidelná konzumace potravy několikrát denně způsobuje trvalé snižování pH v ústní dutině, což může mít negativní dopad na zuby. Naopak, při menší frekvenci příjmu potravy je kratší doba, kdy je pH v ústní dutině na nízkých hodnotách, což znamená kratší dobu působení kyselin na zubní sklovinu. Z toho důvodu je důležité dodržovat správnou ústní hygienu a zvážit čas, který strávíme žvýkáním potravy a samotným jídlem. Vhodné je také rozložení jídel a nápojů tak, aby se minimalizovala expozice zubů kyselému prostředí a zároveň umožnil dostatečný čas pro proces remineralizace. Používání zubní pasty s fluoridy a pravidelné čištění zubů jsou rovněž klíčové pro udržení zdraví zubů a ústní hygieny.

Ukázalo se, že pouze obsah bílkovin v potravině nemusí být jediným faktorem ovlivňujícím pH v ústech. Další faktory, jako je obsah sacharidů, vlákniny nebo stravitelnost potravy, mohou hrát také důležitou roli. Je nutné provést další vědecké studie, které by podrobněji prozkoumaly vliv konzumovaných potravin a nápojů na pH v ústní dutině a jejich dopad na zdraví zubů. Tyto studie by mohly poskytnout další relevantní informace a vést k ještě efektivnější prevenci zubních problémů. Vzdělávací programy ve školách by měly také začlenit informace o správné ústní hygieně a stravovacích návycích, aby se podpořilo osvětu a prevenci zubních onemocnění.

7 Závěr

Vliv konzumovaných potravin a nápojů na hladinu pH v dutině ústní je klíčovým faktorem zdraví zubů a celkové ústní hygieny. Naše studie poskytuje důležitý pohled na toto téma, zejména v souvislosti s obsahem bílkovin a cukru v potravinách. Hlavním záměrem této práce bylo rozklíčovat možnosti manipulace s úrovní orálního pH, popsat faktory, které ji ovlivňují, a jejich funkci.

Byl proveden výzkum změn pH sliny po konzumaci sušeného masa, sýru, bílého rohlíku, kávy, kávy s mlékem a dále banánu a jahod. Byly porovnávány fluktuace pH v ústní dutině po konzumaci různých potravin a nápojů, které byly systematicky rozděleny do tří skupin. Cílem práce bylo identifikovat a definovat strategie pro vědomé ovlivňování pH, což by mohlo být užitečné zejména pro jedince s vysokým rizikem zubního kazu.

Při konzumaci ovoce s různým obsahem cukru bylo prokázáno, že ovoce s nižším obsahem cukru snižovalo pH méně. Hodnoty pH po konzumaci nápojů zůstávaly stabilní a nebyly zaznamenány významné rozdíly. Dále bylo zjištěno, že přidání bílkovinné složky do jídla nemá vliv na snižování orálního pH. Výsledky naznačily, že žádný z testovaných potravin či nápojů neklesl pH pod kritickou hodnotu 5,5, což naznačuje jeho nekariogenní charakter. Nicméně, některé potraviny vykazovaly pH hodnoty nižší, což je považuje za potenciálně rizikové z hlediska možného vzniku zubního kazu. Mezi tyto potraviny patřil bílý rohlík a banán. Je důležité si uvědomit, že naše stravovací návyky ovlivňují nejen naše celkové zdraví, ale také zdraví našich zubů.

Tato problematika je velmi složitá a je třeba na ni také nahlížet s touto složitostí. Vše, co souvisí s lidským zdravím a jeho ovlivňováním, je komplexní téma, a proto je důležité neustále rozšiřovat své znalosti a hlouběji porozumět. Často není možné oddělit účinky jednoho faktoru od druhého, a proto je nutné stále zohledňovat všechny proměnné.

V budoucích studiích by bylo zajímavé zkoumat další faktory, které mohou ovlivňovat pH v ústní dutině a jeho vztah k zubnímu zdraví. Tímto směrem výzkumu můžeme přispět k lepšímu porozumění této problematice a k vývoji efektivnějších preventivních opatření pro udržení zdraví zubů.

8 Literatura

- Akshaya K, Muralidharan NP, Selvaraghavan A. 2020. To Assess the Level of Salivary Calcium after the Consumption of Carbonated Soft Drinks. *Journal of Pharmaceutical Research International* (e59772) DOI: 10.9734/jpri/2020/v32i1830686.
- Ali A, Farooq W, Lubna SD, Mahmood K, Anum P, Ahmed S, Shaikh N, Ahmed K, Asif HI. 2021. Comparative Evaluation of Salivary pH with Honey and Vinegar Mouth Rinse in Diabetic and Healthy Adults. *Journal of Pharmaceutical Research International* (e67542) DOI: 10.9734/jpri/2021/v33i26B31482.
- Azima HSM, et al. 2020. Analysis of Salivary pH Before and After Intake of Sugary Drinks - An In vitro Study. *Bioscience Biotechnology Research Communications* **13**:441-444.
- Baker JL, Bor B, Agnello M, Shi W, He X. 2017. Ecology of the Oral Microbiome: Beyond Bacteria. *Trends Microbiol* **25**:362-374.
- Baker JL, Mark Welch JL, Kauffman KM, McLean JS, He X. 2024. The oral microbiome: diversity, biogeography and human health. *Nat Rev Microbiol* **22**:89-104.
- Berg JM, Tymoczko JL, Gatto JR, Stryer L. 2015. Biochemistry. Pages 35-47 in Kleinman D, editor. *Biochemistry process*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Biswas R, Chattopadhyay I. 2016. Oral pH and dental caries. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* **10**:101–103.
- Bowen WH, Lawrence RA. 2005. Comparison of the cariogenicity of cola, honey, cow milk, human milk, and sucrose. *Pediatric Dentistry* **1**:10-16.
- Bowen WH, Koo H. 2011. Biology of *Streptococcus mutans*-derived glucosyltransferases: role in extracellular matrix formation of cariogenic biofilms. *Caries Research* **45**:69-86.
- Costalonga M, Herzberg MC. 2014. The oral microbiome and the immunobiology of periodontal disease and caries. *Immunol Lett* **162**:22-38.
- Dawes C, Wood CM, Macpherson LMD. 2003. The contribution of oral minor mucous gland secretions to the volume of whole saliva in man. *Archives of Oral Biology* **48**:337-344.
- Drisko JA, Giles CK. 2003. Effects of consuming a dietary acid load on the biochemical properties of the saliva. *The Journal of Clinical Dentistry* **3**:59-63.
- Ferrazzano GF, Amato I, Ingenito A, De Natale A, Pollio A. 2009. Anti-cariogenic effects of polyphenols from plant stimulant beverages (cocoa, coffee, tea). *Fitoterapia* **80**:255-262.

- Fiedler K, Eicher-Miller HA. 2017. Food sources of energy and nutrients among adults in the US: NHANES 2003–2006. *Nutrients* **2**:119.
- Gänzle G, Michael G. 2015. Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. *Current Opinion in Food Science* **2**:106-117.
- Garg D, Palaskar S. 2011. Short Communication: Relationship of oral hygiene practices, smoking and oral health conditions with presence of oral mucosal lesions in the adult population living in the state of Maharashtra, India. *Journal of Oral Health and Community Dentistry* **5**:20–25.
- Harvard Health Publishing. 2019. The truth about fats: the good, the bad, and the in-between. Harvard Health Publishing. Available from www.health.harvard.edu/staying-healthy/the-truth-about-fats-bad-and-good (accessed February 2024).
- Harvard T.H. Chan School of Public Health. 2022. The Nutrition Source: Fats and Cholesterol. Harvard T.H. Chan School of Public Health. Available from www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/fats-and-cholesterol (accessed February 2024).
- He J, et al. 2013. The oral microbiome diversity and its relation to human diseases. *Folia Microbiologica* **58**:69-80.
- Heinrich K, Burghardt W. 2015. Výživa v medicíně a dietetika. Page 67 in Heinrich K, editor. *Výživa v medicíně*. Grada, Praha.
- Hellwig E, Klimek J, Attin T. 2003. Záchovná stomatologie a parodontologie. Page 257, in Attin T, editor. *Parodontologie*. Grada, Praha.
- Higham S. 2021. Caries Process and Prevention Strategie. The Environment. Available from www.dentalcare.com (accessed March 2024).
- Hirani, Haris, Iqbal, Nasima, Bijarani, Ali N, Hashmi, Unaiza P, Khurram, Samreen. 2021. Effects of Different Beverages on Salivary pH and Time Taken by Saliva to Regain Normal pH among Teenagers. *Journal of Pharmaceutical Research International* (e68610) DOI: 10.9734/jpri/2021/v33i29A31572.
- Huppertz T, Fox PF. 2004. Equilibrium pH-value of milk. *International Journal of Dairy Technology* **3**:149-153.
- Jun, Jin W, Kim, Hyoun J, Yun, Sae K, Chai, Ji Y, Park, Se C. 2014. Eating oysters without risk of vibriosis: Application of a bacteriophage against *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. *International Journal of Food Microbiology* **188**:31-35.
- Kilian M, Chapple IL, Hannig M, Marsh PD, Meuric V, Pedersen AM, Tonetti MS, Wade WG, Zaura E. 2016. The oral microbiome - an update for oral healthcare professionals. *Br Dent J* **221**:657-666.
- Kittnar O. 2020. Lékařská fyziologie. Pages 87-99 in Kittnar O, editor. *Fyziologie člověka*. Grada Publishing, Praha.

- Kuručová S. 2011. Komplexní pohled na zubní plak [MSc. Thesis]. Karlova univerzita, Praha.
- Lagočka R, Sikorska-Bochinska J, Nocen I, Jakubowska K, Góra M, Buczkowska-Radlinska J. 2011. Influence of the Mineral Composition of Drinking Water Taken from Surface Water Intake in Enhancing Regeneration Processes in Mineralized Human Teeth Tissue. *Polish journal of environmental studies* **2**:411-416.
- Limeback A, Hardy W, Kaiferová J, Broukal Z. 2017. Preventivní stomatologie. Pages 76-89 in Broukal Z, editor. *Komplexní stomatologie*. Grada, Praha.
- Lindawati Y, Nazriyanti G, Sari IP. 2020. The Effects of Alcohol and Non-Alcohol Mouthwash on Oral Cavity Environmental Alterations (Salivary pH and Plaque Index). *Journal of biomimetics biomaterials and biomedical engineering* **48**:77-84.
- Loke C, Lee J, Sander S, Mei L, Farella M. 2016. Factors affecting intra-oral pH - a review. *J Oral Rehabil* **43**:778-785.
- Marsh PD. 2006. Dental plaque as a biofilm and a microbial community – implications for health and disease. *BMC Oral Health* **6**:1-14.
- Matoušová K. 2016. Káva v České republice: historie, spotřeba a vnímání spotřebitelů [MSc. Thesis]. Univerzita Pardubice, Pardubice.
- Matzeu G, Naveh GRS, Omenetto FG. 2021. Functionalized Mouth-Conformable Interfaces for pH Evaluation of the Oral Cavity. *Advanced science* **8**:12.
- Mavericks coffee roasters. 2018. Low acid coffee brands. Mavericks coffee roasters. Visalia. Available from www.maverickcoffee.com (accessed January 2024).
- Monsportová K. 2020. Změna orálního pH po konzumaci vybraných potravin a pokrmů. Masarykova univerzita, Brno.
- Mutschelknauss RE & Diedrich P. 2002. Praktická parodontologie: klinické postupy. Pages 54-55 in Broukal Z, editor. *Záchovná parodontologie*. Quintessenz Bibliothek, Berlín.
- Nagakubo S, Daisuke MR, Kaibori IL, Yuichiro R. 2023. Oral Microbiota: The Influences and Interactions of Saliva, IgA, and Dietary Factors in Health and Disease. *Microorganisms* **11**:20-26.
- Narges M, Mohammad-Hassan AK, Jaffar F. 2014. Comparing tap water mouth rinse with tooth brushing and sugar-free chewing-gum: Investigating the validity of a popular belief. *Journal of Dentistry and Oral Hygiene* **6**:22-25.
- Pink R. 2009. Hladina neutrofilů ve slině jako pomocný ukazatel úspěšnosti při hojení neutrofilů po autologní transplantaci periferních krvetvorných buněk [DSc. Thesis]. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Rokaya D, Manipal SS, Bajracharya M. 2013. Use of chewing gum to increase the pH of saliva. *Journal of Dental Nepal* **13**:22-25.

- Rosier BT, et al. 2014. Proteomics of *Fusobacterium nucleatum* within a model developing oral microbial community. *Microbiology* **160**:1285-1296.
- Roubalíková L. 2007. Hygiena dutiny ústní (I. část). Pages 38-40 in Jenak Z, editor. *Dentální hygiena. Praktické lékařství, Brno*.
- Rozzi NL, Singh RK. 2002. Supercritical Fluids and the Food Industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **1**:33-44.
- Sampaio-Maia R, et al. 2015. The biochemistry of saliva throughout pregnancy. *Medical Express* **2**:23-28.
- Schulpis K, Papassotiriou I, Parthimos T, et al. 2006. The effect of L-cysteine and glutathione on inhibition of Na⁺, K⁺-ATPase activity by aspartame metabolites in human erythrocyte membrane. *Eur J Clin Nutr* **60**:593–597.
- Schwalfenberg K, Gerry K. 2012. The alkaline diet: is there evidence that an alkaline pH diet benefits health?. *Journal of Environmental and Public Health* (e727630) DOI: 10.1155/2012/727630.
- Seetaram M, Muralivel V, Shenoy S. 2021. Comparative analysis of change in pH, oral health status, and the count of *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus* species in the oral cavity in patients with gastroenteral diseases using saliva: A pilot study. *Journal of international society of preventive and community dentistry* **11**:644-651.
- Skoog DA, West DM, Holler FJ, Crouch SR. 2013. Fundamentals of Analytical Chemistry. Pages 44-46 in West DM, editor. *Analysis biochemistry*. Cengage Learning, Belmont.
- Slavin JL, Lloyd B. 2012. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition* **4**:506-516.
- Souza EL, Rocha RS, Soares MA. 2016. Chemical and microbiological characteristics of organic coffee (*Coffea arabica* L.) beverages: Effects of different levels of roasting. *Food Chemistry* **211**:93-99.
- Struzycka I. 2014. The oral microbiome in dental caries. *Pol J Microbiol* **63**:127-135.
- Sungkar S, Suzanna M, Chismirina JK, Santi L, Nasution T, Abdillah I, Imaduddin K, Husnul K. 2020. The Effect of Cheese and Milk on Buffering Capacity of Saliva in Children 10-12 Years. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering* **48**:105-110.
- Svoboda E, Fugate J, Zuzick P. 2004. Effect of protein on the pH of saliva and plaque. *Journal of Dental Research* **83**:10-18.
- Szalay M. 2019. Sledování změn v proteomickém složení slin [MSc. Thesis]. Karlova univerzita, Praha.
- Šiller M. 2006. Sliny jako alternativní analytický materiál v průkazu abusu opiátů [MSc. Thesis]. Karlova univerzita, Hradec Králové.

- Takahashi N, Nyvad B. 2011. The role of bacteria in the caries process: ecological perspectives. *Journal of Dental Research*. May **90**:294-303.
- Takahashi N, Schachtele CF, Hunt D. 2016. Effect of pH on the Growth and Proteolytic Activity of *Porphyromonas gingivalis* and *Bacteroides intermedius*: In Vitro Model of Wine Assessor's Erosion. *Journal of Dental Research* **69**:126-129.
- Takaoka M, Ueda T, Sakurai K. 2002. Protein effects on oral pH. *The Bulletin of Tokyo Dental College. The Bulletin* **43**:139-147.
- The Association. 2020. Toothfriendly International. The Association. Available from www.toothfriendly.org (accessed March 2024).
- Uličná S. 2021. Slina a její vliv v dutině ústní [MSc. Thesis]. Karlova univerzita, Praha.
- Verma D, Garg PK, Dubey AK. 2018. Insights into the human oral microbiome. *Arch Microbiol* **4**:525-540.
- Vilímovský M. 2020. Sucho v ústech: vše co potřebujete vědět. Medlicker. Available from www.cs.medlicker.com/1800-sucho-v-ustech-xerostomie (accessed January 2024).
- Weber T. 2012. Memorix zubního lékařství. Pages 54-76 in Mazánek J, editor. *Preventivní stomatologie*. Grada, Praha.
- Willems HM, Kos K, Jaspers MT. 2020. Food ingredients in oral healthcare products: an overview. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry* **12**:159-170.
- Wynn L, Emma S, Kieran MA, Kuteesa R, Kellow N. 2021. A systematic review of the literature exploring the interplay between a high-alkaline diet and the acid-alkaline balance within the body. *Journal of Nutritional Science* **10**:35-39.
- Yeh CK, Christodoulides NJ, Floriano PN, McDevitt JT. 2010. Current development of saliva/oral fluid-based diagnostics. *Texas Dental Journal* **127**:651-661.