

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Prebiotika a jejich význam pro zdraví člověka

Bakalářská práce

Amina Briki

Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Roman Švejtil, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Prebiotika a jejich význam pro zdraví člověka" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.04.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Romanu Švejstilovi, Ph. D. za možnost podílet se na výzkumu prebiotik, za trpělivost, rady ke zpracování této práce a za ochotu korigovat mé nápady a chyby. Dále bych poděkovala mé rodině a přátelům za podporu a vstřícnost během celého psaní.

Prebiotika a jejich význam pro zdraví člověka

Souhrn

Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku prebiotik a jejich význam pro lidské zdraví. Důraz je v literární rešerši kladen na typy prebiotik, jako jsou fruktany, galakto-oligosacharidy, oligosacharidy rafinosové řady, rezistentní škrob a oligosacharidy mateřského mléka a dále jejich vztah se střevní mikrobiotou. Náplní práce je také přiblížit problematiku zdravotních problémů, které souvisejí s konzumací prebiotik v lidské výživě, jako třeba kolorektální karcinom, syndrom dráždivého tračníku a funkční zácpa. Dále jsou popsány prebiotické účinky na regulaci lipidů, absorpci minerálních látek a spojitost prebiotik s imunitním systémem.

Praktická část je zaměřena na využití celobiosy vybranými bakteriálními kmeny. Bylo použito celkem 21 bakteriálních kmenů z rodů *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Escherichia* a *Enterococcus*. Růst byl testován denzitometricky oproti pozitivní (glukosa) a negativní kontrole (bez sacharidu).

Výsledky prokázaly využití celobiosy pouze čtyřmi testovanými kmeny: *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. gasseri* a *Enterococcus faecalis*. Růst bifidobakterií se na celobiose nepodařilo prokázat, avšak většina kmenů nerostla ani na glukose, tudíž by bylo třeba provést komplexnější pokusy, aby byla neschopnost bifidobakterií využívat celobiosu prokázána. Získané výsledky naznačují prebiotický potenciál celobiosy, avšak je potřeba provést více pokusů, aby bylo možno tento sacharid zařadit mezi prebiotika.

Klíčová slova: prebiotika, střevní mikrobiota, oligosacharidy, vláknina

Prebiotics and their significance for human health

Summary

This bachelor thesis is focused on prebiotics and their importance for human health. The theoretical part discusses general characteristics of prebiotics and their types such as fructans, galacto-oligosaccharides, raffinose series oligosaccharides, resistant starch, and human milk oligosaccharides. The emphasis is made on providing an overview of the health issues associated with the consumption of prebiotics in human nutrition, such as colorectal cancer, irritable bowel syndrome and functional constipation. Furthermore, the theoretical part describes the prebiotic effects on lipid regulation, mineral absorption, and the association of prebiotics with the immune system.

The experimental is focused on the use of cellobiose by selected bacterial strains. A total of 21 bacterial strains from the genera *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus*, *Escherichia* and *Enterococcus* were used for the experiment. Growth was tested densitometrically against positive (glucose) and negative control (without carbohydrate).

The results showed utilization of cellobiose by only four tested strains: *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. gasseri* and *Enterococcus faecalis*. Growth of bifidobacteria could not be demonstrated on cellobiose, but most strains did not show any significant growth on glucose either.

More comprehensive experiments would be needed to demonstrate the inability of bifidobacteria to utilize cellobiose. The results suggest a prebiotic potential of cellobiose, but more experiments are needed to classify this carbohydrate as a prebiotic.

Keywords: prebiotics, gut microbiota, oligosaccharides, fiber

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Definice a charakteristika prebiotik	10
3.1.1 Kritéria prebiotik	10
3.2 Probiotika a synbiotika	12
3.2.1 Probiotika	12
3.2.1.1 Kritéria probiotik	12
3.2.2 Synbiotika	12
3.3 Typy prebiotik	12
3.3.1 Fruktany	12
3.3.1.1 Chemická struktura fruktanů	13
3.3.1.2 Zdroje a proces výroby	13
3.3.2 Galakto-oligosacharidy	14
3.3.3 Oligosacharidy rafinosové řady	15
3.3.3.1 Zdroje oligosacharidů rafinosové řady	15
3.3.4 Oligosacharidy mateřského mléka	15
3.3.5 Rezistentní škrob	16
3.3.6 Ostatní prebiotika	17
3.4 Vliv prebiotik na střevní mikrobiotu	17
3.4.1 Střevní mikrobiota	17
3.4.2 Prebiotika a podpora střevní mikrobioty	17
3.5 Vliv a význam prebiotik na lidské zdraví	18
3.5.1 Vliv prebiotik na gastrointestinální trakt	18
3.5.1.1 Syndrom dráždivého tračníku	18
3.5.1.2 Prevence zácpy	22
3.5.1.3 Prevence kolorektálního karcinomu	23
3.5.2 Vliv prebiotik na ostatní orgány	24
3.5.2.1 Imunitní systém	24
3.5.2.2 Absorpce minerálních látek	24
3.5.3 Vliv prebiotik na regulaci metabolismu lipidů	25
3.6 Potraviny s prebiotickými účinky	26
3.6.1 Potraviny obsahující fruktany	26
3.6.2 Obiloviny	26
3.6.3 Luštěniny	26

3.6.4	Mateřské mléko.....	27
4	Metodika.....	28
4.1	Materiály.....	28
4.1.1	Použité bakteriální kmeny	28
4.1.2	Použité chemikálie a přístrojové vybavení	29
4.2	Metodika.....	29
4.2.1	Příprava médií.....	29
4.2.2	Kontrola čistoty kultur	30
4.2.3	Kultivace a očkování	30
4.2.4	Denzitometrie.....	30
4.2.5	Statistické vyhodnocení	31
5	Výsledky.....	32
5.1	Růst bakterií na celobiose.....	32
5.2	Grafické znázornění výsledků v vybraných kmenů.....	34
	35	
6	Diskuze.....	36
7	Závěr	38
8	Literatura.....	39
9	Seznam tabulek	52
10	Seznam obrázků	53
11	Seznam grafů.....	54
12	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
13	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Prebiotika a probiotika jsou v posledních několika letech velmi diskutovanými tématy. Klíčovou rolí pro udržování celkového zdraví člověka hraje střevní mikrobiota a její složení. Změny ve mikrobiotě gastrointestinálního traktu mohou mít negativní dopady na lidské zdraví, a to jak na metabolismus, tak i na imunitní systém. Prebiotika, definovaná Gibsonem roku 2017 jako „*substrát, který je selektivně využíván hostitelskými mikroorganismy prospěšnými pro zdraví hostitele*“ jsou důležitým nástrojem pro podporu střevní mikrobioty a následnému předcházení problémů způsobenými jejich změnou.

Existuje mnoho typů prebiotik, z nichž nejprostudovanějšími jsou fruktany, galakto-oligosacharidy, rezistentní škrob, oligosacharidy rafinosové řady a také oligosacharidy mateřského mléka. Převážná většina těchto prebiotik se běžně vyskytuje v potravinách rostlinného původu, jako jsou zelenina a ovoce, luštěniny, obiloviny, ale také v mateřském mléce.

Bakalářská práce se zabývá problematikou výše uvedených druhů prebiotik a jejich působení na lidský organismus a vlivem prebiotik na určité zdravotní problémy. V praktické části je testován prebiotický efekt celobiosy, která je potenciálním prebiotikem.

2 Cíl práce

Cílem práce je souhrn aktuálních poznatků o vlivu prebiotik na lidské zdraví, se zvláštním zřetelem na zdraví tlustého střeva a jeho mikrobiotu.

Dále bude posouzen růst vybraných kmenů střevních bakterií na vybraném zdroji uhlíku, který je považován za potenciálně prebiotický.

3 Literární rešerše

3.1 Definice a charakteristika prebiotik

První pokusy o vymezení pojmu prebiotik se objevily v roce 1995, kdy Glen Gibson a Marcel Roberfroid definovali prebiotikum jako *“nestravitelná složka potravy, která příznivě ovlivňuje hostitele tím, že selektivně stimuluje růst a/nebo aktivitu jedné nebo omezeného počtu bakterií v tlustém střevě, a tím zlepšuje zdraví hostitele”* (Gibson, Roberfroid 1995).

V roce 2007 byla prebiotika definována jako *„selektivně fermentovaná složka, která umožňuje chod specifických změn ve složení a/nebo v aktivitě střevní mikroflóry, které přináší výhody pro zdraví a blahobyt hostitele“* (Roberfroid 2007). Podle této definice do prebiotik spadají hlavně galakto-oligosacharidy, laktulosa a fruktany s krátkým a dlouhým řetězem. Mezi fruktany patří hlavně frukto-oligosacharidy a inulin.

Zájem o prebiotika v posledních letech vzrostl, a při zasedání Mezinárodní vědecké asociaci pro probiotika a prebiotika (ISAPP) v roce 2017 bylo prebiotikum charakterizováno jako *“substrát, který je selektivně využíván hostitelskými mikroorganismy prospěšnými pro zdraví hostitele”* (Gibson et al. 2017). Tabulka č. 1 obsahuje přehled vývoje definice a konceptu prebiotik od roku 1995 až po rok 2017.

3.1.1 Kritéria prebiotik

Aby byla látka klasifikována jako prebiotikum, musí splňovat určitá kritéria. Měla by být odolná vůči kyselému prostředí v žaludku a nemělo by dojít k její absorpci v gastrointestinálním traktu. Střevní bakterie by měly tento substrát fermentovat za účelem podpory jejich růstu a aktivity, a tímto nadále mít pozitivní vliv na zdraví hostitele (Davani-Davari et al. 2019).

Tabulka 1: Přehled vývoje definice prebiotik, upraveno podle Bindels et al. (2015), Gibson et al. (2017)

ROK	AUTOR	DEFINICE	SLOŽKY POVAŽOVANÉ ZA PREBIOTIKUM
1995	Gibson et al.	<i>„nestravitelná složka potravy, která příznivě ovlivňuje hostitele tím, že selektivně stimuluje růst a/nebo aktivitu jedné nebo omezeného počtu bakterií v tlustém střevě, a tím zlepšuje zdraví hostitele“</i>	FOS
2003	Reid et al. (ISAPP)	<i>„nestravitelná látka, poskytující hostiteli prospěšný fyziologický efekt tím, že selektivně stimuluje růst či aktivitu limitovaného počtu původních bakterií“</i>	FOS, GOS, laktulosa
2004	Gibson et al.	<i>„selektivně fermentovaná složka, která umožňuje chod specifických změn ve složení a/nebo v aktivitě střevní mikroflóry, které přináší výhody pro zdraví a blahobyt hostitele“</i>	FOS, GOS, laktulosa, inulin
2007	Roberfroid	<i>„selektivně fermentovaná složka, která umožňuje chod specifických změn ve složení a/nebo v aktivitě střevní mikroflóry, které přináší výhody pro zdraví a blahobyt hostitele“</i>	GOS, laktulosa, inulin
2008	FAO	<i>“neživotaschopná složka potravy, která vykazuje zdravotní přínos hostiteli spojený s modifikací mikroflóry“</i>	FOS, GOS, XOS, SOS, IMO, inulin, laktulosa, pyrodextriny, vláknina, rezistentní škrob a další nestravitelné oligosacharidy
2010	Gibson et al. (ISAPP)	<i>„selektivně fermentovaná složka, která má za následek specifické změny ve složení a/nebo střevní mikrobioty, a tím přináší hostiteli zdravotní benefity.“</i>	FOS, GOS, inulin, laktulosa,
2017	Gibson et al. (ISAPP)	<i>“substrát, který je selektivně využíván hostitelskými mikroorganismy prospěšnými pro zdraví hostitele“</i>	FOS, GOS

3.2 Probiotika a synbiotika

3.2.1 Probiotika

Probiotika jsou definována jako „živé mikroorganismy, které při konzumaci v dostatečném množství, prospívají zdraví hostitele“ (Guarner, Schaafsma 1998).

Jako probiotikum se považují takové bakterie, které mají pozitivní vliv na hostitele a nevykazují žádné riziko pro jeho zdraví (Butel 2014). Typickými rody probiotických bakterií jsou následující rody bakterií: bakterii: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Bacillus* a *Escherichia coli* (Fijan 2014; Markowiak, Ślizewska 2017).

3.2.1.1 Kritéria probiotik

Výběrová kritéria probiotických bakterií byla určena dle WHO (World Health Organization), FAO (Food and Agriculture Organization) a EFSA (European Food Safety Authority). Bakterie nesmí mít žádnou asociaci s patogenními kulturami a nesmí být rezistentní vůči antibiotikům. Také je důležité, aby byly schopné přežít v gastrointestinálním traktu a rovněž prokázat imunomodulační účinky (Markowiak, Ślizewska 2017).

3.2.2 Synbiotika

„Směs obsahující živé mikroorganismy a substráty selektivně využívané hostitelskými mikroorganismy prospěšnými pro zdraví hostitele“ je definice synbiotik. Synbiotikum je jednoduše směs probiotik a prebiotik, které mají sobě navzájem pozitivní vliv, jsou-li podávány ve správném poměru a množství (Swanson et al. 2020).

3.3 Typy prebiotik

Skupina prebiotik je velmi rozmanitá a řada z nich má sacharidovou povahu. Nejvíce zastoupenými jsou oligosacharidy a polysacharidy (Davani-Davari et al. 2019). Mezi prebiotika jsou zahrnuty i některé vlákniny, které ale musí být hostitelskou mikroflórou snadno fermentovatelné (Bevilacqua et al. 2024). Tedy podle jejich míry využitelnosti hostitelskými bakteriemi se určuje, zda se jedná o prebiotikum či ne. To je dáno tím, že vláknina může být prebiotikem v jednom hostiteli, avšak v jiném mít prebiotické účinky nemusí (Gibson et al. 2017).

Tento fakt lze pozorovat u přežvýkavců, u kterých je celulóza považována za prebiotikum. U lidí se celulóza střevní mikrobiotou špatně využívá (Gibson et al. 2017).

3.3.1 Fruktany

Mezi prebiotika fruktanové povahy patří inulin a frukto-oligosacharidy (FOS), neboli oligofruktosa. Jsou to lineární řetězce fruktózy propojené vazbou β (2 \rightarrow 1), většinou zakončené molekulou glukózy také vazbou β (2 \rightarrow 1) (Davani-Davari et al. 2019).

Řetězce zakončené molekulou glukózy se značí jako GF₂ fruktany, kdy G znázorňuje glukózu, F fruktózu. Pokud je tedy struktura fruktanu zapsána jako GF₂, jde o znázornění řetězce se zakončením molekulou glukózy doprovázenou dvěma molekulami fruktózy. Fruktany, které neobsahují glukózu na konci řetězce se označují jako tzv. Fn fruktany, kde n značí počet fruktózových jednotek, které se ve fruktanu vyskytují (Kelly 2008).

Podle stupně polymerizace (degree of polymerization, DP) lze rozeznat o jaký druh fruktanu se jedná. Jedná se o opakované molekuly v lineárním řetězci, tedy u fruktanů se jedná o repetice molekul fruktózy (Kelly 2008). Stupeň polymerizace je u inulinu v rozmezí od 2 do 60 (Kelly 2008), přičemž u frukto-oligosacharidů jsou maximální hodnoty do 10 (Davani-Davari et al. 2019).

Pro starší osoby trpícími zácpami je inulin dobrým prebiotikem, jelikož zlepšuje konzistenci a průchod stolice trávicím traktem. Pro tyto osoby se doporučuje denní dávka inulinu zhruba 20–40 g. Při suplementaci inulinu dochází ke zvýšení počtu bakterií rodu *Bifidobacterium*, a tím pádem dochází ke zlepšení složení střevní mikrobioty (Fernández-Bañares 2006; Collado Yurrita et al. 2014; Gibson, Roberfroid 1995).

3.3.1.1 Chemická struktura fruktanů

Inulin je lineární fruktan s β (2 \rightarrow 1) glykosidickou vazbou fruktosyl-fruktóza. Díky této vazbě jsou fruktany inulinového typu odolné vůči trávicím enzymům ve slinách a v tenkém střevě, a tedy jsou pro lidské tělo nestravitelné. Takto postupují do tlustého střeva, kde dochází k jejich fermentaci (Roberfroid 2007).

Frukto-oligosacharidy (FOS) neboli oligofruktosa jsou svoji chemickou strukturou stejné jako inulin. Jedná se tedy o lineární řetězce fruktosy spojené glykosidickou vazbou β (2 \rightarrow 1). Rozdíl mezi nimi je pouze v délce řetězce, tedy stupni polymerizace. Oligofruktosa je řetězec kratší s maximální repeticí molekul fruktózy do 10, zatímco inulin může mít až 60 molekul fruktóz (Niness 1999).

3.3.1.2 Zdroje a proces výroby

Zdrojem inulinu a oligofruktosy jsou některé druhy rostlin, kde jsou tyto fruktany zásobními sacharidy (Niness 1999). Vyskytují se v kořenu čekanky (*Cichorium intybus*), Jeruzalémských artyčokách neboli topinamburu (*Helianthus tuberosus*) a jiřinách (*Dahlia spp.*). Dále je inulin k nalezení v česneku, cibuli a asparágu (Wan et al. 2020).

Získ a výroba těchto fruktanů jsou podobné procesu výroby cukru z cukrové řepy. Fruktany jsou rozpustné ve vodě, proto je lze jednoduše extrahovat horkou vodou (Zeaiter et al. 2019).

Nasbírané kořeny rostlin se nakrájí a umyjí od nečistot. Fruktany jsou následně extrahovány pomocí horké vody difusí, poté se extrahovaná látka vyčistí a vysuší. Výsledným produktem je inulin ve formě prášku, který obsahuje 6-10 % monosacharidů, z nichž hlavně glukosa, fruktosa a sacharosa, které se přírodně vyskytují v kořenu čekanky (Niness 1999).





Tabulka 2: Zdroje inulinu, upraveno a převzato z (Gupta et al. 2019)

Zdroj	Botanický název	Část rostliny	Zastoupení inulinu (%)
Čekanka	Cichoricuum intybus L.	Kořen, sušený	65–79
Topinambur	Helianthus tuberosus L.	Hlíza, mokrá	8.16–13.46
Česnek	Allium sativum	Hlíza, mokrá	12.5–23.5
Cibule	Allium cepa L.	Hlíza, mokrá i sušená	48
Asparagus	Asparagus officinalis	Kořen, mokrý	2–3

3.3.2 Galakto-oligosacharidy

Galakto-oligosacharidy, zkráceně GOS, jsou polymery složené typicky z 2–10 molekul galaktosy a konečnou molekulou glukosy (Charalampopoulos, Rastall 2009; Macfarlane, Steed, Macfarlane 2008). Podle struktury je lze dělit na dvě skupiny, z nichž první jsou GOS, které jsou produktem enzymatického procesu transgalaktosylací laktosy, získávají se tedy uměle. Tyto jinak nazývané trans-galakto-oligosacharidy neboli TOS obsahují 3 až 5 molekul galaktos s vazbami β (1→6), β (1→3) a β (1→4). Galakto-oligosacharidy, které mají nadbytek molekul galaktózy na třetím, čtvrtém a šestém uhlíku jsou druhou skupinou (Macfarlane, Steed, Macfarlane 2007; Gibson et al. 2010).

Prebiotickým účinkem GOS je stimulace růstu bakterií rodu *Bifidobacteria*, které se nacházejí v tlustém střevě. Bylo dokázáno, že přidavek 2,5 až 5 g GOS denně výrazně zlepšuje defekaci, a to zvláště u starších osob (Charalampopoulos, Rastall 2009). Jiná studie se zabývala přidavkem vyšších dávek GOS do jogurtů, které obsahovaly 9–15 g GOS. Ty byly podávány zvláště starším ženám a zdravým jedincům po dobu 2–3 týdnů. Tato dávka zmírnila konstipaci a zvýšila frekvenci defekace, avšak bylo zjištěno, že u některých mladších osob způsobuje častou flatulenci (Sairanen et al. 2007; Teuri, Korpela 1998).

Sacharid	Chemické složení	Struktura	
GOS	Gal-(Gal) _n -Glc		
Inulin	Fru-(Fru) _n -Glc		

Obrázek 1: Struktura inulinu a GOS, upraveno a převzato z (Kong et al. 2021)

3.3.3 Oligosacharidy rafinosové řady

Oligosacharidy rafinosové řady (RFOs) neboli α -galaktosidy jsou sacharidy, které se hojně vyskytují v rostlinách. Jedná o molekuly sacharosy a galaktosy, které jsou navzájem napojené glykosidickou vazbou α (1–6). Tyto oligosacharidy jsou kombinací d – galaktosových jednotek, které jsou navázané na d – glukosové části sacharosy, proto jsou z chemického hlediska řazeny mezi deriváty sacharosy (Dey 1980). Mezi α -galaktosidy spadají hlavně trisacharid rafinosa, tetrasacharid stachyosa a pentasacharid verbaskosa (Prieto-Santiago et al. 2022).

RFOs se řadí mezi prebiotika, jelikož jsou to sacharidy nestravitelné lidským tělem. Na jejich trávení s podílí enzym α – galaktosidasa, které lidské tělo nedokáže produkovat (De Fátima Viana et al. 2005). Byl také prokázán jejich pozitivní vliv na růst bifidobakterií a laktobacilů v tlustém střevě (Rastall 2013; Roberfroid 2002; Ouwehand, Salminen, Isolauri 2002). Tyto bakterie dokážou oligosacharidy rafinosové řady fermentovat, jelikož produkují enzym α – galaktosidasu, které následně štěpí vazbu α (1–6) (Liebl, Wagner, Schellhase 1998).

3.3.3.1 Zdroje oligosacharidů rafinosové řady

Zdrojem oligosacharidů rafinosové řady jsou hlavně luštěniny. Nejvíce se nacházejí v sóji luštěinaté (*Glycine max*), čočce jedlé (*Lens culinaris*) a cizrně beraní (*Cicer arietinum*). Vzhledem k tomu, že jsou α – galaktosidy v tlustém střevě bakteriemi fermentovány, dochází tak ke vzniku vodíku, methanu a oxidu uhličitému, což jsou hlavními komponenty flatulentů. To způsobuje nevolnost, nadýmání a jiné obtíže trávicího traktu. Kvůli tomu jsou rovněž považovány za antinutriční látky (SOSULSKI, ELKOWICZ, REICHERT 1982; Kennedy, Mwandemele, McWhirter 1985; Gupta 1987; Singh 1985).

3.3.4 Oligosacharidy mateřského mléka

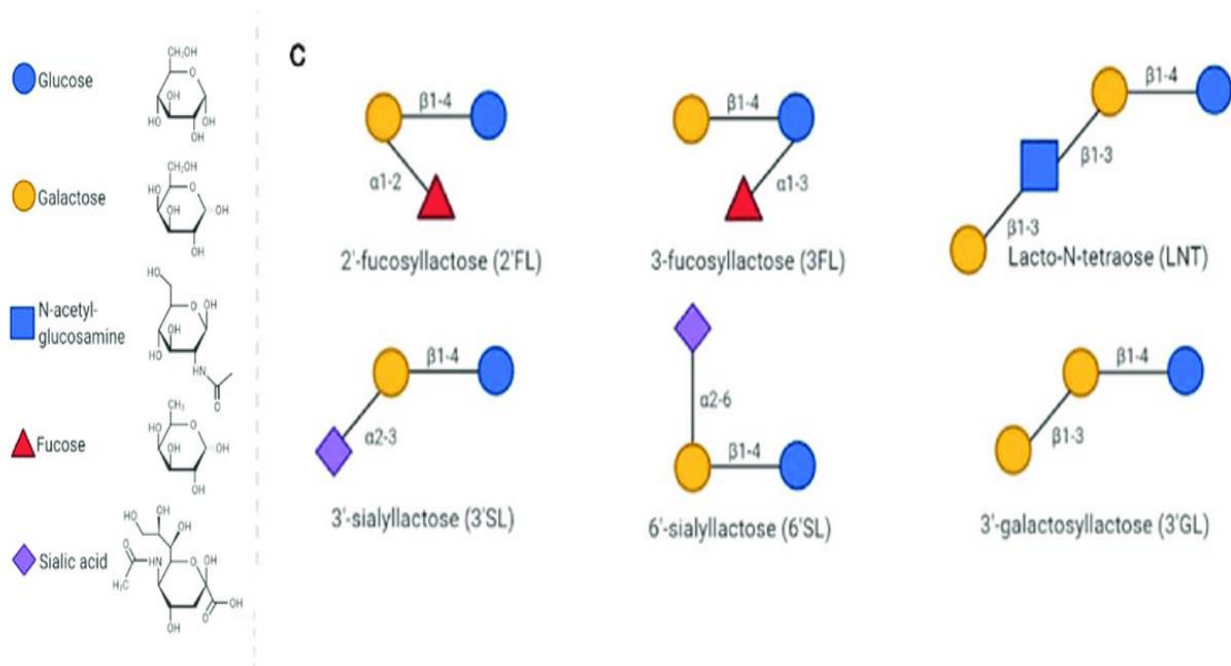
Jako třetí nejvíce zastoupenou složkou mateřského mléka po laktóze a lipidech jsou oligosacharidy neboli HMO (Human Milk Oligosaccharides). Jejich struktura není jednotná, nýbrž se jedná o různé struktury vytvářející oligosacharidy v mateřském mléce. Hlavní molekulou, ze které se HMO skládají je galaktosa a N-acetylglucosamin, které jsou propojeny β -glykosidickou vazbou. Jako koncovou molekulou je vždy laktosa složena z molekuly galaktosy a glukosy (Boehm, Stahl 2007).

Nejčastějšími molekulami, které HMO obsahují, jsou fukosa, N-Acetylglucosamin a kyselina sialová (Okburan, Kızıler 2023). Nejhojnějším druhem HMO v mateřském mléce je však 2-fukosyllaktosa (2-FL). Jedná se o trisacharid, který je sestaven z fruktosy, glukosy a galaktosy. Tento typ oligosacharidu je komerčně využíván a přidává se do produktů určených pro kojeneckou výživu (Wiciński et al. 2020; Okburan, Kızıler 2023).

V závislosti na době laktace a jiných faktorech, jako je třeba vliv životního prostředí a genetika matky, se koncentrace a složení HMO liší. Průměrná hodnota HMO v mateřském mléce je v rozmezí od 5–15 g/l. Tento obsah reprezentuje zhruba 20 % sacharidů z celkové koncentrace sacharidů obsažených v mléce. Nejvyšší koncentrace HMO se však nachází v kolostru, což je první mateřské mléko, kde se množství oligosacharidů pohybuje v rozmezí

okolo 20–30 g/l (Boehm, Stahl 2007; Okburan, Kızıler 2023; Triantis, Bode, van Neerven 2018).

HMO jsou nestravitelné sacharidy, které vykazují prospěšnost pro zdraví kojenců. Uplatňují se hlavně při vývoji imunity a ovlivňují mikrobiální složení trávicího traktu. Také se podílí na prevenci onemocnění způsobených mikrobiálními patogeny (Okburan, Kızıler 2023).



Obrázek 2: Struktury vybraných oligosacharidů v mateřském mléce, upraveno a převzato z (Zuurveld et al. 2020)

3.3.5 Rezistentní škrob

Rezistentní škrob (RS) je druh škrobu, který je odolný vůči vstřebání pankreatickou amylasou v tenkém střevě (Morita et al. 2007). Chemicky je složený z molekul amylosy a molekul amylopektinu. Jejich poměr udává, jak moc je škrob rezistentní vůči amylase, tedy zda se jedná o rezistentní škrob či ne. Pokud je molekul amylosy více než je molekul amylopektinu, rezistence škrobu vůči vstřebání enzymy je vyšší (Wacław Leszczyński 2004; Sajilata, Singhal, Kulkarni 2006).

Rezistentní škrob postupuje do tlustého střeva, kde dochází následně k jeho fermentaci, a tím i stimuluje aktivitu bakterií, které ovlivňují zdravý trávicího traktu (Fuentes-Zaragoza et al. 2011). Jako důležitý vedlejší produkt fermentace RS jsou mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA), tj. acetát, propionát a zvláště butyrát. Ten je produkován ve vyšším množství (JA et al. 2013).

V běžných potravinách se rezistentní škrob vyskytuje hojně. V zelenině je jeho nejvyšší obsah obzvláště v bramborách. Dále je k nalezení v obilí, obilovinách, luštěninách a některých druzích ořechů (Goldring 2004).

3.3.6 Ostatní prebiotika

Laktulosa je disacharid, který se řadí mezi prebiotika díky jeho schopnosti zvýšit počet bifidobakterií. V lékařství se v mnoha zemích využívá v podobě prášku nebo roztoku jako laxativum (*The prebiotic potential of lactulose: A review 2023*). Existují prebiotika, která nemají sacharidovou povahu. Jedná se například o flavanoly, které při experimentech prokázaly svou schopnost stimulovat bakterie mléčného kvašení, a tím i zvýšit produkci SCFA a butyrátu. Hlavním zdrojem flavanolů jsou čaje, jako je zelený, černý a oolong čaj. Kromě čajů se vyskytují v ovoci (Alves-Santos et al. 2020; Tzounis et al. 2011).

3.4 Vliv prebiotik na střevní mikrobiotu

3.4.1 Střevní mikrobiota

Ve trávicím traktu zdravého člověka se vyskytuje více než 1000 různých druhů bakterií. Většina těchto bakterií jsou anaerobní, jako jsou například bakterie rodů *Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Clostridium*, *Bifidobacterium*, *Fusobacterium*, *Enterococcus*, *Eubacterium* a dále bakterie rodu *Escherichia* a čeledi *Enterobacteriaceae*. Tlusté střevo je oblastí s největším výskytem bakterií v celém trávicím traktu. Tyto bakterie mohou být rozdělené do skupin podle toho, jaký mají vliv na zdraví člověka, a to buď bakterie s příznivým účinkem, nebo nepříznivým, či neutrálním vlivem na zdraví (Bäckhed et al. 2005; Glenn R. et al. 1999; Sears 2005).

Střevní mikrobiota je vnímána jako klíčový faktor pro zdraví, přičemž hlavní podmínkou je složení mikrobioty. Složení střevní mikrobioty je ovlivněno řadou faktorů, včetně fyziologických podmínek hostitele (věk, stres, zdravotní problémy), složení stravy a jiných podmínek, jako je užívání antibiotik. Prebiotická vláknina také ovlivňuje složení mikroflóry tlustého střeva (Brownawell et al. 2012; De Filippo et al. 2010). Důležitá je kompozice, ve které dominují prospěšné druhy bakterií jako jsou bifidobakterie. Mikroorganismy, které neprodukují toxiny a mají řadu potenciálních výhod pro hostitele, jako je interakce s imunitním systémem, obvykle provádějí fermentaci sacharidů. Mezi ně jsou zahrnuty bakterie rodu *Bifidobacterium*, *Eubacterium* a *Lactobacillus* (Binns 2013).

Nicméně existují i takové bakterie, které mají nepříznivé účinky na zdraví člověka a jeho pohodlí. Jedny z těchto bakterií, které mají takovýto negativní vliv na zdraví člověka je *Helicobacter*. S tímto rodem jsou spojeny různé žaludeční problémy (Gibson, Roberfroid 1995; Wilson, Blitchington 1996). *Helicobacter pylori* je přítomný v žaludku nejvíce u osob staršího věku, kde kolonizuje slizniční vrstvu vedle žaludečního epitelu. Toto osídlení může být asymptomatické, avšak u většiny populace je tato bakterie spouštěčem akutní a chronické gastritidy, žaludečních vředů a karcinomu žaludku (Kerckhoffs et al. 2006).

3.4.2 Prebiotika a podpora střevní mikrobioty

Prebiotika mají významný vliv na střevní mikrobiotu. Ty podporují růst endogenní mikrobioty a dokážou stimulovat funkci probiotik. Bifidobakterie a laktobacily v tlustém střevě fermentují nestravitelné sacharidy, tedy prebiotika, což vede ke snížení pH v tlustém střevě. Nižší pH v tlustém střevě má řadu výhod. Podporuje růst a přežití bakterií, které preferují kyselé

prostředí a potlačuje schopnost některých patogenů přichytit se, růst a kolonizovat trávicí trakt. Díky enzymu β -fruktofuranosidasy jsou bifidobakterie schopny fermentovat fruktany. Podobně tak laktobacily nebo streptokoky využívají enzym β -galaktosidasy k fermentaci GOS (Binns 2013).

Nestravitelné sacharidy podléhají této fermentaci. Výsledným produktem tohoto metabolického procesu jsou mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA; short chain fatty acids), konkrétněji acetáty a laktáty (Havenaar 2011; Hamer et al. 2008). Dalšími produkty fermentace jsou butyrát a propionát. Butyrát je významný tím, že podporuje diferenciaci slizničních buněk a posiluje bariérovou funkci střevního epitelu tím, že je využit bakteriemi jako zdroj energie (Macfarlane, Macfarlane 2012). Dalšími produkty jsou vodík, methan a oxid uhličitý, což jsou hlavními komponenty pro tvorbu flatulentů. Tyto látky jsou dále využívány některými bakteriemi pro výrobu energie skrze fermentační procesy (Cummings, Macfarlane 1991; Barrett 2017; Ooi, Correa, Pak 2019).

SCFA se vstřebávají do krevního oběhu a jsou následně metabolizovány různými tkáněmi jako jsou mozek, svaly a játra. Produkce propionátu podporuje snižování hladiny cholesterolu ovlivněním jeho syntézy (Cummings, Macfarlane 1991; Trautwein, Rieckhoff, Erbersdobler 1998). Při fermentaci a produkci SCFA dochází také ke snížení růstu patogenních mikroorganismů snižováním pH, což snižuje aktivitu nežádoucích bakteriálních enzymů a tvorbu toxických sloučenin. Fermentace potravních složek podporuje růst bakterií a zvětšuje hmotnost stolice, což má za následek i zvýšení jejího objemu. Na každých 100 gramů fermentovaných sacharidů se připisuje zhruba 30 gramů bakterií (Slavin 2013).

3.5 Vliv a význam prebiotik na lidské zdraví

Jak již bylo výše zmíněno, prebiotika jsou definována jako “substrát, který je selektivně využíván hostitelskými mikroorganismy prospěšnými pro zdraví hostitele“ (Gibson et al. 2017). Mnoho studií potvrdilo pozitivní vliv prebiotik na lidské zdraví (Ramanamma 2012; Bevilacqua et al. 2024). Jsou důležitou součástí při prevenci některých gastrointestinálních potíží, jako je například zácpa či průjemová onemocnění. Dále se podílí na ochraně před rakovinou tlustého střeva, snižují cholesterol v krvi a napomáhají absorpci minerálních látek (Tuohy, Del Rio 2015).

3.5.1 Vliv prebiotik na gastrointestinální trakt

3.5.1.1 Syndrom dráždivého tračníku

Chronická gastrointestinální porucha syndrom dráždivého tračníku (IBS) postihuje zhruba 5 až 10 % celosvětové populace, kde se nejvíce vyskytuje u starších lidí, a zvláště u žen (Binns 2013). Jeho charakteristickými příznaky jsou bolesti břicha, nadýmání a často střídavé střevní potíže, jako je zácpa či průjem. Typické je také změněná střevní kondice, která se projevuje v množství, frekvenci defekace a konzistenci stolice. Bolesti břicha jsou často popisovány jako pocit křečí s různou intenzitou, který se objevuje pravidelně s občasnými zhoršeními. Tato bolest se typicky nachází v oblasti podbříšku a je jedinci pocíťována v levém dolním kvadrantu (Vahedi et al. 2010).

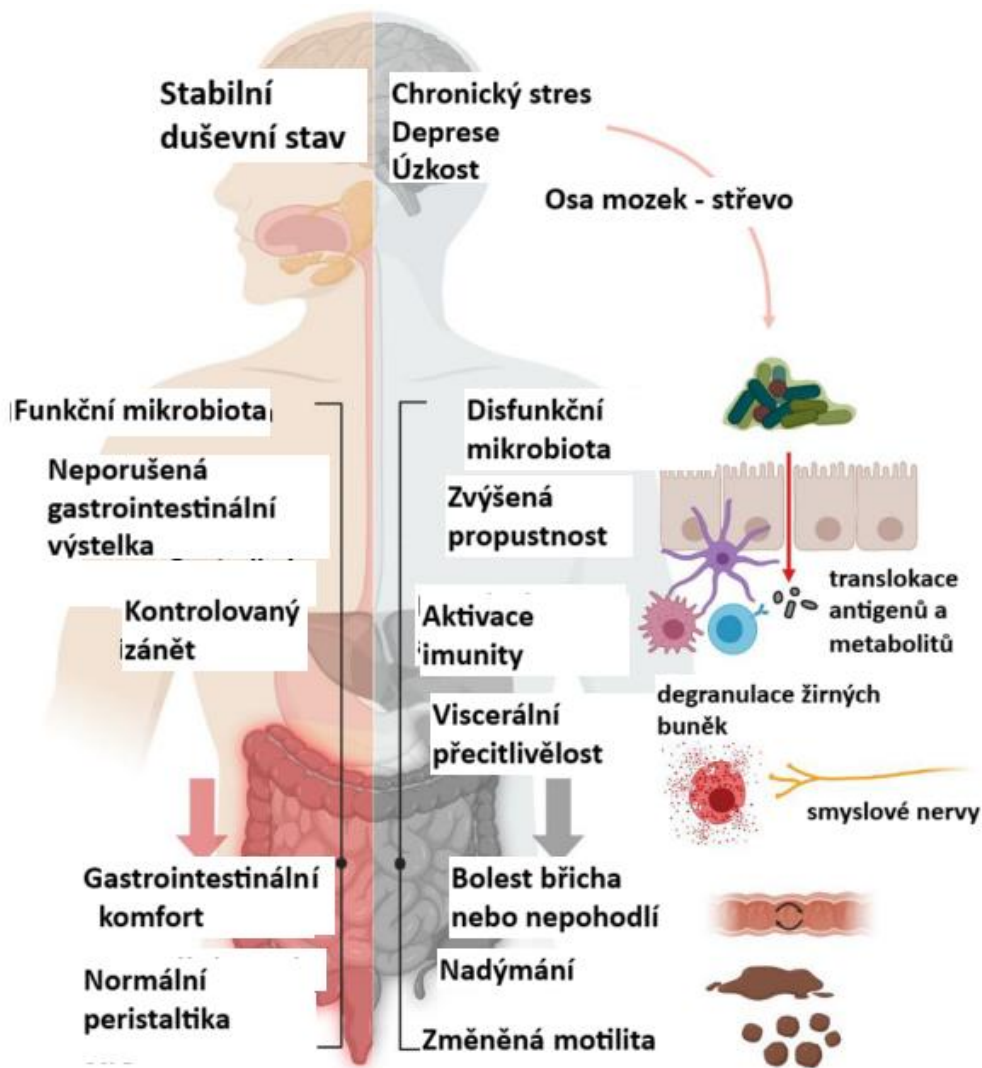
Další symptomy se odehrávají v horní části gastrointestinálního traktu. Těmi jsou například gastroezofageální reflux, potíže s polykáním (dysfagie), nevolnost a bolest na hrudi, která není spojena se srdcem. Nadměrná tvorba plynu je také dalším z velice častých projevů, která je spojena s nadýmáním břicha (Yarandi et al. 2010).

IBS je porucha, která nemá definitivní a určitou léčbu. Cílem léčby je ulehčení symptomů této poruchy skrze kontroly některých faktorů, které symptomy zhoršují. Těmito faktory mohou být některé léky, stres a stravovací návyky (Owens, Nelson, Talley 1995). Příkladem jsou osoby, které mají IBS poruchu a zároveň trpí laktózovou intolerancí. Tito pacienti by se měli vyhýbat mléčným produktům. U jedinců se zvýšenou flatulencí se doporučuje omezit konzumaci potravin, které ji zvyšují. To jsou například luštěniny, cibule, celer, broskve a švestky. Zkrátka je doporučeno pacientům trpícím IBS, aby omezili konzumaci těch potravin, které jim zhoršují příznaky (Yamada, Alpers, Laine... 2003; Saberi-Firoozi et al. 2007).

3.5.1.1.1 Prebiotika a jejich vliv na IBS

Střevní mikrobiota se podílí na vzniku IBS, tudíž by prebiotika v tomto případě mohla být nápomocná. Pacienti mají obvykle nízký počet bifidobakterií a enterokoků oproti zdravým jedincům (Vahedi et al. 2010; Binns 2013).

Rozsáhlé studie poukazují na spojitost suplementace prebiotik s podporou růstu bifidobakterií a zvýšení hladin SCFA, které byly u pacientů trpících IBS výrazně nižší. Tímto by funkcí prebiotik byla regulace střevní mikrobioty (Wilson et al. 2019; Vulevic et al. 2015; So et al. 2018). Pro zmírnění příznaků IBS se využívá kombinace prebiotik a probiotik neboli synbiotika, které spolu synergicky působí (Ooi, Correa, Pak 2019).



Obrázek 3: Schématické znázornění patologie IBS, upraveno a převzato z (Carco et al. 2020)

3.5.1.1.2 FODMAP a souvislost s IBS

„*Fermentovatelné oligo-, di- a monosacharidy a polyoly*“ neboli zkráceně FODMAP, je skupina osmoticky aktivních sacharidů s krátkým řetězcem. Mezi ně patří například laktosa, fruktosa, z oligosacharidů fruktany, GOS a z polyolů mannitol a sorbitol. Sorbitol a mannitol jsou k nalezení v ovoci a zelenině jako jsou jablka, hrušky, květák a houby.

Tyto sacharidy jsou fermentovány v tlustém střevě, v případě že nebyly dokonale absorbovány tenkým střevem, a tedy zůstávají v lumenu střeva. Vyšší voda v lumenu spolu s fermentací střevními bakteriemi vytváří plyny (jako je vodík, methan a oxid uhličitý) a jiné změny ve střevě, což následně přispívá ke tvorbě plynů a nadýmání a následně k IBS. Fermentací bakteriemi se produkují SCFA. Ke zmírnění symptomů se doporučuje dieta s nízkým obsahem FODMAP (Barrett 2017; Ooi, Correa, Pak 2019).

Nedávná studie (Major et al. 2017) pomocí funkční magnetické rezonance (fMRI) potvrdila, že fruktóza a fruktany mají rozdílné účinky v tenkém a tlustém střevě u zdravých jedinců a pacientů trpících IBS. Z fruktanů byl použit na testování inulin. U zdravých pacientů

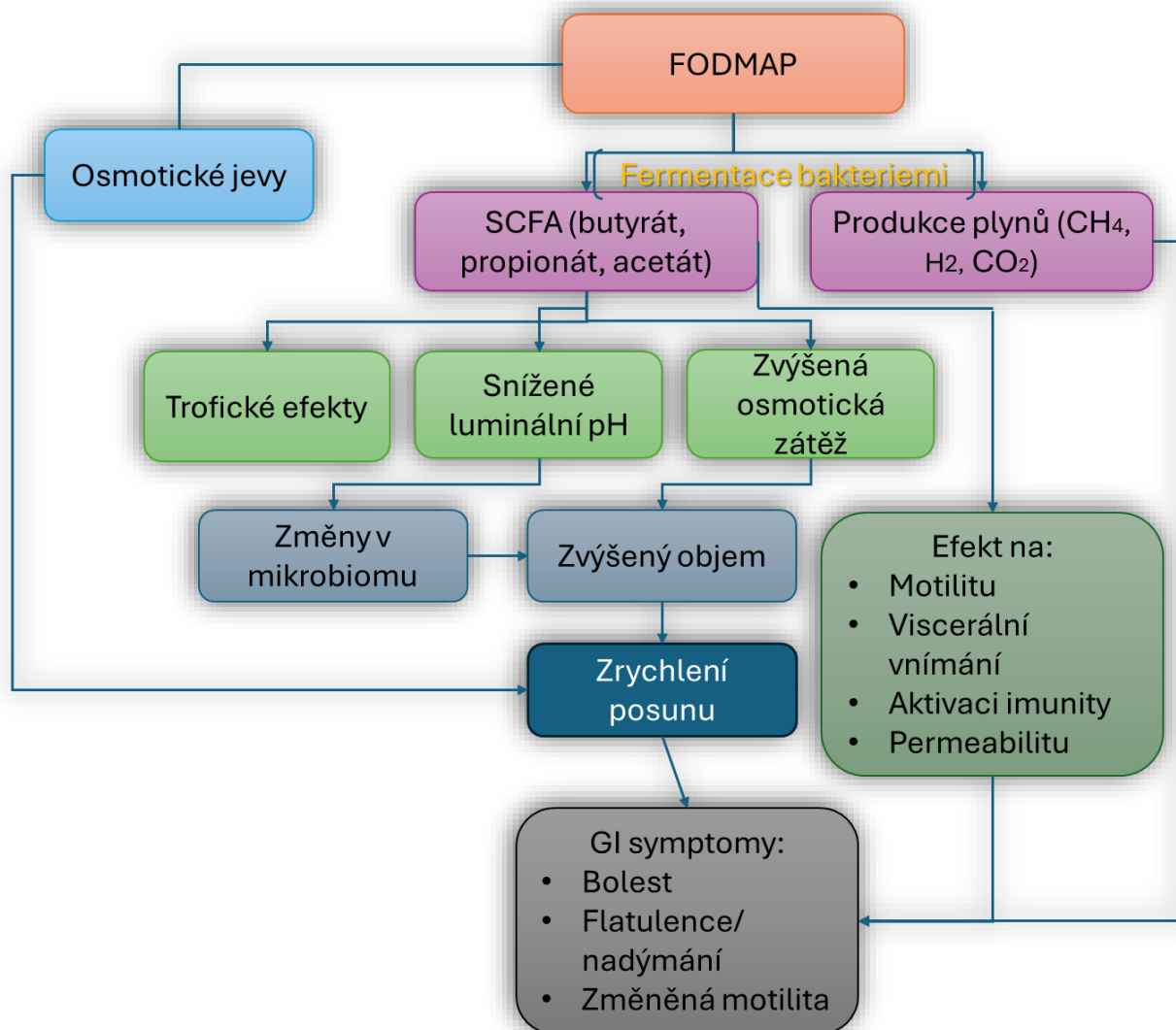
byly symptomy po konzumaci inulinu a fruktózy výrazně nižší než u pacientů trpících IBS. Fruktóza však zvýšila obsah vody v tenkém střevě u všech testovaných. Naopak inulin zvýšil objem tlustého střeva a množství plynu díky fermentaci bakteriemi v tlustém střevě. Z tohoto výzkumu vyplynulo, že fyziologické reakce na příjem FODMAP se zdají být mezi pacienty s IBS a zdravými jedinci podobné, což naznačuje, že spíše než produkce plynů a změny při fermentaci, by hlavní příčinou symptomatických problémů spojených s FODMAP u pacientů s IBS mohla být viscerální hypersenzitivita (Major et al. 2017; Ringel-Kulka et al. 2015; Pittayanon et al. 2019; Liu et al. 2020; Murray et al. 2014).

I přes využití diety s nízkým obsahem FODMAP pro léčbu IBS, se vyskytly některé obavy ohledně nutriční stránky a střevního mikrobiomu. S touto dietou byl spojen nízký příjem vápníku a vlákniny (Harvie et al. 2017; Staudacher et al. 2017). Na střevní mikrobiom má strava veliký vliv, tudíž tato dieta má na něj některé negativní účinky. Byl zaznamenán relativní pokles celkového množství bakterií, které jsou prospěšné pro trávicí trakt jako jsou například bakterie rodu *Bifidobacterium* (Eswaran et al. 2017; Pittayanon et al. 2019; Ringel-Kulka et al. 2015; McIntosh et al. 2017).

Dále dochází ke zvýšení potenciálně škodlivých druhů bakterií, jako jsou bakterie rodu *Porphyromonadaceae* (McIntosh et al. 2017). Není ale jisté, zda tyto změny mají krátkodobý či dlouhodobý účinek na střevní mikrobiotu a zda se jedná o pozitivní či negativní změny. To však lze do jisté míry eliminovat využitím probiotik a prebiotik (Eswaran et al. 2017).

Tabulka 3: Příklady potravin s nízkým a vysokým obsahem FODMAP, upraveno a převzato z (Varney et al. 2017; Liu et al. 2020)

	Ovoce	Zelenina	Mléčné výrobky	Rostlinné výrobky	Obilniny	Ostatní
Vysoký obsah FODMAP	Jablko	Artyčoky	Zmrzlina	Kokosové mléko	Žito	Většina luštěnin
	Broskev	Asparágus	Mléko	Sójové mléko	Ječmen	Zpracované maso
	Datle	Květák	Měkké sýry	-	Pšenice	-
	Mango	Houby	Jogurt	-	-	-
Nízký obsah FODMAP	Banán (nezralý)	Brokolice	Většina sýrů	Mandlové mléko	Oves	Čočka jedlá
	Ananas	Špenát	Bezlaktózová zmrzlina	Kokosový jogurt	Rýže	Maso (hovězí, kuřecí, rybí)
	Citrón	Okurka	Bezlaktózové mléko	Konopné mléko	Kukuřice	Vejte
	Pomeranč	Lilek	Bezlaktózový jogurt	-	-	Tofu



Obrázek 4: Schématické znázornění mechanismu FODMAP, upraveno podle (Liu et al. 2020)

3.5.1.2 Prevence zácpy

Zácpa je běžným problémem v lidské populaci, která postihuje zhruba 2–27 % jedinců, z nichž nejčastější skupinou jsou starší osoby (Harris 2005; Higgins, Johanson 2004). Těžká zácpa vyžaduje léčbu laxativy, avšak prevencí může být správná strava, zejména správný výběr potravin a zvýšený příjem vlákniny. Využití prebiotik je v tomto případě ideálním řešením, jelikož se jedná o druhy vláknin, které podporují růst bifidobakterií.

Výzkumy prokázaly, že užívání galakto-oligosacharidů neboli GOS v dávce zhruba 5–15 g/denně, může zmírnit symptomy zácpy u dospělých a starších osob (Niittynen, Kajander, Korpela 2007). GOS jsou komerčně vyráběny z laktosy β -galaktosidasou. Naopak frukto-oligosacharidy se dají získat ze zeleniny nebo například z kořene čekanky (Macfarlane, Macfarlane, Cummings 2006; Fanaro et al. 2005). GOS a FOS mají laxativní účinky a působí jako rozpustná vláknina. Ty procházejí do tlustého střeva, kde jsou fermentovány zdejšími

bakteriemi. Efekty GOS a FOS byly zkoumány u kojenců, a bylo prokázáno, že obojí mají bifidogenní účinky. Z dat z odborných publikací vyplývá, že nízký počet bifidobakterií je spojen se zácpou, tudíž by cíl léčby měl být zaměřený zvláště na zvýšení jejich počtu pomocí prebiotik (Delzenne 2003; Hamilton-Miller 2004; Fanaro et al. 2005).

U starších osob dochází ke změnám obsahu střevní mikrobioty. S věkem klesá počet bifidobakterií, což může ovlivnit střevní motilitu. Změny střevní mikrobioty mohou být způsobeny častým užíváním léků, sníženou pohybovou aktivitou či změnami stravovacích návyků, které následně vedou k častějšímu výskytu zácpy. Velice běžným problémem je také snížený příjem potravy, který vede ke snížené konzumaci vlákniny a vyššímu výskytu zácpy (Hsieh 2005). Studie vykazují, že suplementace GOS výrazně zvyšuje počty bifidobakterií a také má laxativní účinky, díky čemuž mohou být GOS využity jako prevence zácpy u starších osob (Woodmansey et al. 2004; Hopkins, Macfarlane 2002; Hamilton-Miller 2004).

Teuri a Korpela (1998) zkoumali po dobu 6 týdnů účinky GOS, jako laxativa u 14 starších pacientů, kteří trpěli zácpou. Jedinci konzumovali náhodně po dobu 2 týdnů buď jogurt obsahující GOS v dávce 9 g/den, nebo jogurt bez GOS dvakrát denně. Zbytek doby experimentu nebyli jedinci suplementováni GOS. Následně byly sesbírány vzorky stolice po těchto dvou týdnech a také na konci pozorování. Výsledkem byla vyšší týdenní frekvence defekace během prvních 2 týdnů, kdy pacienti užívali GOS než během ostatních týdnů.

3.5.1.3 Prevence kolorektálního karcinomu

Třetím nejčastějším typem rakoviny na světě je rakovina tlustého střeva a konečníku neboli kolorektální karcinom (CRC) (Mahdavi, Laforest-Lapointe, Massé 2021). Postihuje nejvíce mužskou populaci a je čtvrtou nejčastější příčinou úmrtí souvisejících s rakovinou. Velmi vysoký nárůst výskytu kolorektálního karcinomu se v poslední době objevuje i u osob mladšího věku (mezi 20 až 50 let) (Siegel et al. 2023), navzdory tomu, že je tento druh rakoviny nejvíce diagnostikován u osob starších 50 let. Do roku 2030 se očekává, že jeho výskyt a úmrtnost vzroste o 60 %. Takovýto nárůst by byl výsledkem několika faktorů, jako třeba změny životního prostředí dále životní styl, tedy sedavé zaměstnání, nadprůměrná konzumace alkoholu, průmyslově zpracovaných potravin a masa, a s tím související nárůst obezity (Rawla, Sunkara, Barsouk 2019; Arnold et al. 2017; Floch M.H. 2020; Granados-Romero et al. 2017).

Konzumace zpracovaného i nezpracovaného čerstvého masa přispívá ke změnám prostředí tlustého střeva. To se týká hlavně alterace střevní mikrobioty, která vede od stavu střevní homeostázy k dysbióze. Tento patologický stav tlustého střeva je schopen indukovat imunitní signální kaskády, které podporují vznik a vývoj nádorů a následně přispívají k progresi kolorektálního karcinomu (Rossi et al. 2018). Vysoký příjem prebiotické vlákniny je spojen s prevencí a redukcí rizika výskytu CRC. Navzdory rozsáhlému množství důkazů podporujících pozitivní účinky prebiotik, byly provedeny některé výzkumy dokazující výskyt protumorigenního účinku určitých oligosacharidů, jako je například inulin. Tyto studie byly však provedeny na vybraných zvířecích modelech in vitro experimentech (Aune et al. 2011; Oliero et al. 2021).

Pool-Zobel (2005) zhodnotil ve své studii antikarcinogenní účinky prebiotik. Bylo takto zjištěno, že fruktany inulinového typu s dlouhým řetězcem ve srovnání s deriváty s krátkým

řetězcem, měly pozitivní vliv na tlusté střevo. Jejich schopností je inhibovat biologické markery tlustého střeva, a tím následně snižovat výskyt nádorů.

Jedním z dalších účinků prebiotik na prevenci rakoviny je produkce butyrátu prospěšnými bakteriemi, které jsou podporovány právě prebiotiky. Butyrát dokáže stimulovat apoptózu nádorových buněk tlustého střeva. Prebiotika dokážou také nepřímo ovlivnit aktivity enzymů produkovaných bakteriemi mléčného kvašení, které se následně účastní karcinogeneze (Prasad 1980; Reddy 1998). Z těchto informací vyplývá, že úpravou složení mikrobioty je možné ovlivnit proces karcinogeneze, a to i dietním směrem. Stravou a suplementací prebiotikami je možné snížit riziko vzniku kolorektálního karcinomu, avšak další studie a výzkumy na lidských subjektech jsou rozhodně žádoucí (Raman et al. 2013; Roberfroid, Glenn R. Gibson, et al. 2010; Granados-Romero et al. 2017).

3.5.2 Vliv prebiotik na ostatní orgány

3.5.2.1 Imunitní systém

Mechanismus příznivého účinku prebiotik na imunitní funkce ve střevě dosud není přesně objasněn. Nicméně, byly popsány některé buněčné děje, které by mohly příznivé účinky prebiotik na imunitní systém vysvětlovat. Fermentací prebiotické vlákniny a následné produkce SCFA, jako je propionát, dochází ke snížení produkce jaterních enzymů, které jsou lipogenními. Prebiotika také dokážou regulovat produkci hleny a dalších látek, které se podílejí na jeho tvorbě. Některá prebiotika, jako jsou frukto-oligosacharidy, prokázala zvýšení počtu lymfocytů a leukocytů v lymfatické tkáni střeva a v periferní krvi. Další důležitou funkcí je stimulace imunoglobulinu A (IgA), které jsou díky určitým prebiotikům vylučovány ve velkém množství v lymfatických uzlinách a v periferní krvi, což následně zvyšuje fagocytární funkci makrofágů (Schley, Field 2002; Pandey, Naik, Vakil 2015).

Studie *in vivo* prováděné na myších a lidech vykazují, že prebiotika pozitivně ovlivňují specifické bakterie, které působí na imunitní signalizaci. Myším byly podávány frukto-oligosacharidy (FOS), které prokazatelně zvýšily hladinu fekálního IgA. Jiné fruktany inulinového typu také zvýšily fekální IgA, kromě inulinu, u kterého se tento účinek neprojevil (Choque Delgado et al. 2012). U lidí byly studovány imunomodulační účinky fruktanů inulinového typu a GOS. Fruktany u zdravých jedinců výrazně zvyšují hladinu IgA ve stolici a zvyšují aktivitu imunitních buněk ve slezině (Vogt et al. 2015). U starších osob se díky GOS zvýšila hladina imunoregulačního cytokinu IL-10 (Vulevic et al. 2015).

Zvýšené využívání prebiotické vlákniny přispívá k modulaci imunitních funkcí, které zahrnují úpravu střevní mikrobioty a zlepšují bariérovou funkci střevní stěny. Funkční potraviny s prebiotickou povahou mají přímý efekt na interakci bakterií s různými typy epiteliálních a imunitních buněk jako jsou monocyty, makrofágy, B a T lymfocyty také NK buňky (Romeo et al. 2010).

3.5.2.2 Absorpce minerálních látek

Na vstřebávání minerálních látek, zejména vápníku, mají prebiotika prokazatelně pozitivní vliv. Jelikož jsou prebiotika v tenkém střevě odolné vůči hydrolýze, postupují v nepoškozeném stavu do tlustého střeva, kde jsou následně fermentovány střevní mikrobiotou.

To přispívá ke snížení pH v lumenu tlustého střeva díky produkci SCFA a dalších organických kyselin. Nerozpustný vápník se tímto procesem přemění na iontovou formu v kyselém prostředí, kde dochází ke kationtové výměně buněčného H^+ za luminální Ca^{2+} (Lutz & Scharrer 1991; Ohta et al. 1995; Lopez et al. 2000; Roberfroid et al. 2010 b). Mechanismus snížení pH a produkce SCFA také přispívá k hypertrofii slizničních buněk, což vede ke zvětšení absorpční plochy střeva, a tedy i ke zvýšenému vstřebání vápníku (Schley, Field 2002).

Byl proveden výzkum, který prokázal, že konzumace prebiotik, obzvláště fruktanů, napomáhá ke zvýšení absorpce vápníku. Tato studie byla provedena na 100 dospívajících subjektech, kteří byli po dobu 12 měsíců suplementováni 8 g fruktanů inulinového typu/den. Výsledkem bylo výrazné zvýšení vstřebatelnosti vápníku, které způsobilo vyšší hustotu minerálních látek v kostech (Abrams et al. 2005).

Podle studie provedené Santos et al (2011), bylo prokázáno, že příjem prebiotik může mít potenciální vliv na snížení malabsorpce železa a předcházení anémie. Výzkum byl proveden na potkanech, kterým byla podávána kombinace dvou prebiotik, GOS a polydextrosy. Výsledky prokázaly zvýšenou koncentraci železa v krevním séru. Dále bylo tímto výzkumem potvrzeno, že SCFA, zejména propionát, zvyšují absorpci železa v proximálním tračníku, což by mohlo naznačovat potenciální mechanismus, který ovlivňuje dostupnost železa z potravy pomocí příjmu prebiotik.

3.5.3 Vliv prebiotik na regulaci metabolismu lipidů

Jedním z pozorovaných účinků prebiotik na zdraví člověka je snížení hladiny lipidů v krvi, včetně cholesterolu. Tento efekt je spojen s produkcí mastných kyselin s krátkým řetězcem (SCFA) ve střevě, které ovlivňují metabolické procesy v játrech. Bakterie mléčného kvašení a bifidobakterie fermentují prebiotika, a tím produkují laktáty a acetáty, které ovlivňují syntézu mastných kyselin a cholesterolu. Bylo zjištěno, že propionát a laktát přispívají ke snížení tvorby mastných kyselin a cholesterolu. Prebiotika jsou schopna absorpce tuků v dolní části střeva, a tudíž mají vazebný účinek, který dokáže snižovat hladinu cholesterolu ve střevěch. Adekvátní hladina cholesterolu je důležitá pro regulaci množství lipoproteinů o nízké hustotě (LDL), což napomáhá k jeho snížení. To je důležité pro vylepšení tuhosti tepen a poklesu krevního tlaku (Yeo et al. 2009; Fernandez 2001; Boder 2008).

Studie provedená Causey et al. (2000) měla za cíl vyhodnotit vliv inulinu z kořene čekanky na hladinu triglycerolů v séru mužů s vysokou hladinou cholesterolu. Kontrolní skupina konzumovala jeden půllitr vanilkové zmrzliny bez inulinu denně a pokusná skupina konzumovala zmrzlinu obsahující 20 g inulinu. Výzkum probíhal po dobu 3 týdnů, a bylo zjištěno, že denní příjem 20 g inulinu výrazně snížil hladinu triglyceridů v séru.

Je třeba podotknout, že není definitivně daná doporučená denní dávka prebiotik, která by jednoznačně vykazovala hypocholesterolemický účinek. Tento účinek je specifický pro různé typy prebiotik, například laktulosa snižuje hladinu triglyceridů v dávce po 15 g/den, ale prebiotikum arabinogalaktan v dávce 30 g/den nevykazuje významný účinek na metabolismus lipidů (Robinson, Feirtag, Slavin 2001; Vogt et al. 2006; FAO/AGNS 2007).

Hypocholesterolemický účinek prebiotik je hlavně přičítán SCFA. Butyrát je známý svou schopností inhibovat syntézu cholesterolu v játrech a zároveň poskytuje energii pro epitelové buňky tlustého střeva. Propionát omezuje syntézu mastných kyselin v játrech, což snižuje

tvorbu cholesterolu. Také ovlivňuje jeho regulaci a rychlost syntézy, což vede k poklesu hladiny cholesterolu v krvi (Trautwein, Rieckhoff, Erbersdobler 1998).

3.6 Potraviny s prebiotickými účinky

3.6.1 Potraviny obsahující fruktany

Jak již bylo zmíněno v kapitole „*Fruktany*“, mezi ně patří frukto-oligosacharidy (FOS) a fruktany inulinového typu. Fruktany inulinového typu a FOS jsou přírodními oligosacharidy, které se vyskytují v rostlinách jako zásobní sacharidy. Nejhojněji jsou zastoupené v rostlinách čeledi liliovitých (*Liliaceae*), jako je například cibule, pórek, česnek a chřest. Dále jsou k nalezení v rostlinách čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*), jako je topinambur, jirinka nebo čekanka (Charalampopoulos, Rastall 2009). Procentuální zastoupení inulinu v těchto potravinách jsou podrobněji rozepsána v kapitole „*Fruktany*“.

3.6.2 Obiloviny

Obiloviny představují hlavní zdroj vlákniny v lidské stravě. Dietní vláknina, jako jedna z hlavních složek obilovin a cereálních výrobků, má prokázaný pozitivní vliv na zdraví a funkci lidského těla (Gebruers et al. 2010; Harris et al. 2020). Lze je rozdělit na základě jejich rozpustnosti ve vodě na rozpustnou vlákninu a nerozpustnou. Mezi rozpustné spadá β -glukan a arabinoxylány vodou extrahovatelné a mezi vlákninou nerozpustnou ve vodě se řadí celulóza a vodou neextrahovatelné arabinoxylány (Charalampopoulos et al. 2002; Gebruers et al. 2010). V tlustém střevě dochází k fermentaci rozpustné vlákniny, které mají prebiotické účinky. Tyto účinky jsou ovlivněny jejich fyzikálně-chemickými vlastnostmi jako je stupeň polymerizace, chemická struktura a stupeň degradace ve střevě.

Mezi pšeničnou vlákninu se řadí arabinoxylan, β -glukan, celulóza a lignin. Prebiotickou aktivitu vykazuje β -glukan, fruktany a GOS (Napolitano et al. 2009; Charalampopoulos et al. 2002; Gebruers et al. 2010). Přesný mechanismus arabinoxylanů není zatím známý, avšak mohou být potenciálními prebiotiky. Studie provedená Hughes et al. (2007) prokázala jejich prebiotický účinek významným zvýšením SCFA, zejména butyrátu.

Nejvíce je β -glukan obsažen v ječmenu a ovsu. Jeho zastoupení u ječmenu je v rozmezí od 3–11 % a u ovsa 3–7 % v sušině. Dále je k nalezení do 2 % sušiny v žitě a do 0,5 % v pšenici (Charalampopoulos et al. 2002). V posledních letech jsou β -glukany velice využívanou složkou v potravinářském průmyslu díky svým funkčním vlastnostem jako jsou zahušřovadla, stabilizační a želírující látky. Kromě těchto vlastností jsou známy jejich prebiotickým účinkem. Hydrolyzáty β -glukanů podporují růst určitých druhů bakterií jako jsou *Bacteroides* a *Prevotella*, dále bakterie rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium* (Jaskari et al. 1998; Hamaker, Tuncil 2014; Mejía, de Francisco, Bohrer 2020).

3.6.3 Luštěniny

Luštěniny jsou běžnou součástí lidské stravy. Mají mnoho pozitivních účinků na zdraví člověka a jsou to velice nutričně bohaté potraviny. Luštěniny poskytují široké spektrum živin, jako jsou bílkoviny, sacharidy, vláknina, a i některé fytochemikálie. Obsahují všechny esenciální aminokyseliny s výjimkou těch obsahujících síru, jako je methionin a cystein.

Z mikroživin jsou bohaté na vápník, hořčík, draslík, fosfor a železo. Zdraví člověka mohou ovlivnit například snížením rizika kardiovaskulárních onemocnění a jsou také velice ideální potravinou k regulaci tělesné hmotnosti. Mezi známé druhy luštěnin patří fazole (*Phaseolus spp.*), cizrna (*Cicer spp.*), hrách setý (*Pisum sativum*), čočka jedlá (*Lens culinaris*) a sója luštinatá (*Glycine max*) (Curran 2012; Gopalan et al. 2000).

Největší podíl vlákniny je tvořen rezistentním škrobem. Oligosacharidy a rezistentní škrob mají prebiotické účinky, tudíž stimulují zdraví prospěšné bakterie v tlustém střevě a tím dochází k jejich fermentaci (McCartney 2008; Bird et al. 2010).

3.6.4 Mateřské mléko

Mateřské mléko je přirozenou a ideální potravou, které uspokojuje nutriční potřeby vyvíjejících se kojenců. Složení mléka závisí hlavně na období laktace a zdraví matky (Ballard, Morrow 2013). Jeho hlavní složkou jsou probiotické kultury jako jsou bifidobakterie a laktobacily, které příznivě ovlivňují funkci gastrointestinálního traktu (Lyons et al. 2020; Fernández et al. 2013). Z významné části je mateřské mléko tvořeno HMO, tedy oligosacharidami mateřského mléka, které jsou podrobněji popsány v kapitole „*Oligosacharidy mateřského mléka*“. Jejich hlavní funkcí je modulace imunitního systému a složení střevní mikrobioty (Kuntz, Rudloff, Kunz 2008; Bode 2015).

4 Metodika

4.1 Materiály

4.1.1 Použité bakteriální kmeny

Pro tuto práci byly použity bakteriální kmeny ze sbírek CCM (Česká sbírka mikroorganismů), ATCC (Americká sbírka kultur) a DSM (Německá sbírka pro mikroorganismy a buněčné kultury), kmeny z KMVD (Katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky) a kmeny z výzkumného ústavu mlékárenského (Milcom). Použité bakteriální kmeny a jejich původ jsou vypsány v následující tabulce.

Tabulka 4: Použité bakteriální kmeny

	Druh	Původ	Kmen
1.	<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	střevo dospělého člověka	DSM 20083
2.	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	stolice	ATCC 29521
3.	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	stolice	DSM 20239
4.	<i>Bifidobacterium longum</i> subsp. <i>longum</i>	střevo dospělého člověka	ATCC 15707
5.	<i>Bifidobacterium breve</i>	střevo kojence	ATCC 15700
6.	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	stolice	CCM 3762
7.	<i>Bifidobacterium longum</i> infantis	střevo kojence	DSM 20088
8.	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	sbírka Chr. Hansen	BB-12 / DSM 10140
9.	<i>Bifidobacterium animalis</i>	divoká myš	DSM 26074
10.	<i>Bifidobacterium longum</i>	stolice kojence	KMVD
11.	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	stolice kojence	KMVD
12.	<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>	neznámý	ATCC 7469
13.	<i>Lactocaseibacillus casei</i>	sýr	DSMZ 20011
14.	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	kysaný mléčný výrobek z Turecka	KMVD
15.	<i>Escherichia coli</i>	stolice člověka	KMVD
16.	<i>Lactobacillus helveticus</i>	ementál	DSMZ 20075
17.	<i>Enterococcus faecalis</i>	zvířecí výkal	KMVD
18.	<i>Lactobacillus gasseri</i>	člověk	DSMZ 20243
19.	<i>Escherichia coli</i> K12	GMO kmen	GM 2163
20.	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	neznámý	Milcom 596
21.	<i>Escherichia coli</i> Nissle	stolice vojáka z První světové války	EcN 1917

4.1.2 Použité chemikálie a přístrojové vybavení

Chemikálie

- Wilkins-Chalgren Anaerobe Broth (Oxoid, UK)
- Tween 80 (Sigma–Aldrich, USA)
- L-cystein (Sigma–Aldrich, USA)
- Trypton (Oxoid, UK)
- Kvasničný extract (Oxoid, UK)
- Nutrient broth (Oxoid, UK)
- Celobiosa (Sigma–Aldrich, USA)
- Glukosa (Sigma–Aldrich, USA)

Přístrojové vybavení

- McFarland Densitometer DEN-1 (BioSan, Lotyšsko)

4.2 Metodika

4.2.1 Příprava médií

Byly připraveny 4 typy médií pro stanovení reakce vybraných kmenů bakterií na celobiózu. Jedno pokusné s celobiózou, 2 pozitivní kontroly a jedno médium na negativní kontrolu. Pozitivní kontrola znamená, že by na tomto médiu mělo dojít k nárůstu bakterií, zatímco na negativní kontrole by nemělo dojít k žádnému nárůstu, jelikož médium neobsahuje žádné zdroje živin využitelné testovanými bakteriemi. Na pozitivní kontrolu byla využita glukosa místo celobiosy, a na druhou pozitivní, tzv. růstovou kontrolu Wilkins-Chalgren Anaerobe Broth jako komplexní médium. Jako negativní kontrola bylo použito pouze ředící médium bez cukru.

Receptura na přípravu pokusného média obsahující celobiosu (g/l)

Celobiosa	1 g
Trypton	5 g
Nutrient broth	5 g
Kvasničný extrakt	2,5 g
Tween 80	0,5 ml
L – cystein	0,5 g

Receptura na přípravu pozitivní kontroly obsahující glukosu (g/l)

Glukosa	1 g
Trypton	5 g
Nutrient broth	5 g
Kvasničný extrakt	2,5 g
Tween 80	0,5 ml
L – cystein	0,5 g

Receptura na přípravu negativní kontroly bez cukru (g/l)

Trypton	5 g
Nutrient broth	5 g
Kvasničný extrakt	2,5 g
Tween 80	0,5 ml
L – cystein	0,5 g

Složení růstové kontroly Wilkins–Chalgren Anaerobe Broth (g/l)

Trypton	10 g
Pepton želatina	10 g
Glukosa	1 g
Kvasničný extrakt	5 g
NaCl	5 g
L – arginin	1 g
Na – pyruvát	1 g
Menadion	0,0005 g
Hemin	0,005 g

4.2.2 Kontrola čistoty kultur

Pro testování byly využity pouze čisté kultury bakterií. Kontrola čistoty kultur byla provedena mikroskopickou metodou. Pomocí injekční stříkačky byla aplikována kapka vzorku na podložní sklo, které se následně přikrylo krycím sklíčkem. Práce byla provedena striktně sterilně. Pomocí světelného mikroskopu byly kultury sledovány ve zvětšení 10×40 s využitím fázového kontrastu a hodnoceny podle čistoty. Takováto kontrola je důležitá pro zamezení výskytu kontaminací.

4.2.3 Kultivace a očkování

Čisté kultury byly připraveny ve Wilkins-Chalgren bujonu v penicilinkách s anaerobní atmosférou vyvinutou pomocí metody dle Hungata (1969). Dále byl sterilně 0,2 ml vzorku odebrán z příslušné penicilínky pomocí injekční stříkačky a byl sterilně přenesen do zkumavky obsahující příslušné médium. Všechny vzorky byly při vlastním pokusu kultivovány ve vodní lázni při 37 °C a měřeny v pravidelných intervalech denzitometricky.

4.2.4 Denzitometrie

Na vlastní pokus byl využit McFarlandův denzimetetr DEN-1. Tento přístroj je určen k měření koncentraci buněk, obzvláště bakteriálních a kvasinkových, k hodnocení reaktivity mikroorganismů na antibiotika a k jejich identifikaci. Dále slouží k určení absorpci při určitých vlnových délkách a ke kvantitativní analýze koncentrace barevného roztoku absorbující zelené světlo. Principem je měření optické (OD) hustoty při 565 nm, jejichž výsledky jsou zobrazovány v McFarlandových jednotkách v ideálním rozsahu 0–6 jednotek (0–1,8×10⁹ buněk/ml). Zkumavka byla před vložením do denzimetru řádně osušena buničinou a po změření ihned vrácena do vytemperované vodní lázně.

4.2.5 Statistické vyhodnocení

Byl porovnán růst vybraných kmenů na celobiose, glukose, Wilkinsu a na médiu bez cukru pomocí metody analýzy rozptylu (ANOVA) s využitím Fisherova nejmenšího významného rozdílu (LSD) jako post-hoc testu na hladině významnosti $\alpha = 95 \%$. Statisticky významné rozdíly byly hodnoceny pouze u těch kmenů, u kterých byl presumptivně vyhodnocen nárůst na pozitivní kontrole, tj. u těch, kde byla $OD_{565} \geq 3,00$.

5 Výsledky

5.1 Růst bakterií na celobiose

Bylo celkem testováno 21 bakteriálních kmenů. V tabulce č. 5 jsou uvedeny naměřené hodnoty optické density po 58 h kultivace, kdy byly narostlé již všechny použité kmeny. Na kontrole z Wilkins bujonu vyrostly všechny kmeny bakterií, z nichž největší nárůst vykázal kmen *B. breve* viz graf č. 1, avšak nevykázal žádný nárůst na médiu s celobiosou ani na médiu s glukosou oproti negativní kontrole.

Celobiosu dokázaly využívat 4 kmeny, a to hlavně bakterie rodu *Lacticaseibacillus* (*L. casei*, *L. rhamnosus*), *Lactobacillus* (*L. gasseri*) a rovněž *Enterococcus faecalis*. Graf č. 3 porovnává tento nárůst bakterií na médiu s celobiosou. Hodnoty růstu na celobiose u těchto kmenů byly statisticky významně vyšší, než u negativní kontroly ($P < 0,05$). Nicméně nejvyšší nárůst na celobiose vykazoval *Lactobacillus gasseri* a *Enterococcus faecalis*. Graf č. 2 znázorňuje růst *L. gasseri* na celobiose, která vykazuje rovněž nejvyšší nárůst na médiu s glukosou.

Některé bakterie dokázaly využívat médium obsahující glukosu, ale nikoli médium obsahující celobiosu, a to pouze 7 z celkových 21 testovacích kmenů. Jedná se o bakterie *B. longum infantis*, *L. rhamnosus*, *L. casei*, *L. delbrueckii* subsp. *lactis*, *L. helveticus* a *Enterococcus faecalis*. U bakterií *B. longum infantis*, *L. delbrueckii* subsp. *lactis* a *L. helveticus* je zřejmé, že celobiosu jako zdroj uhlíku nebyly schopny využívat.

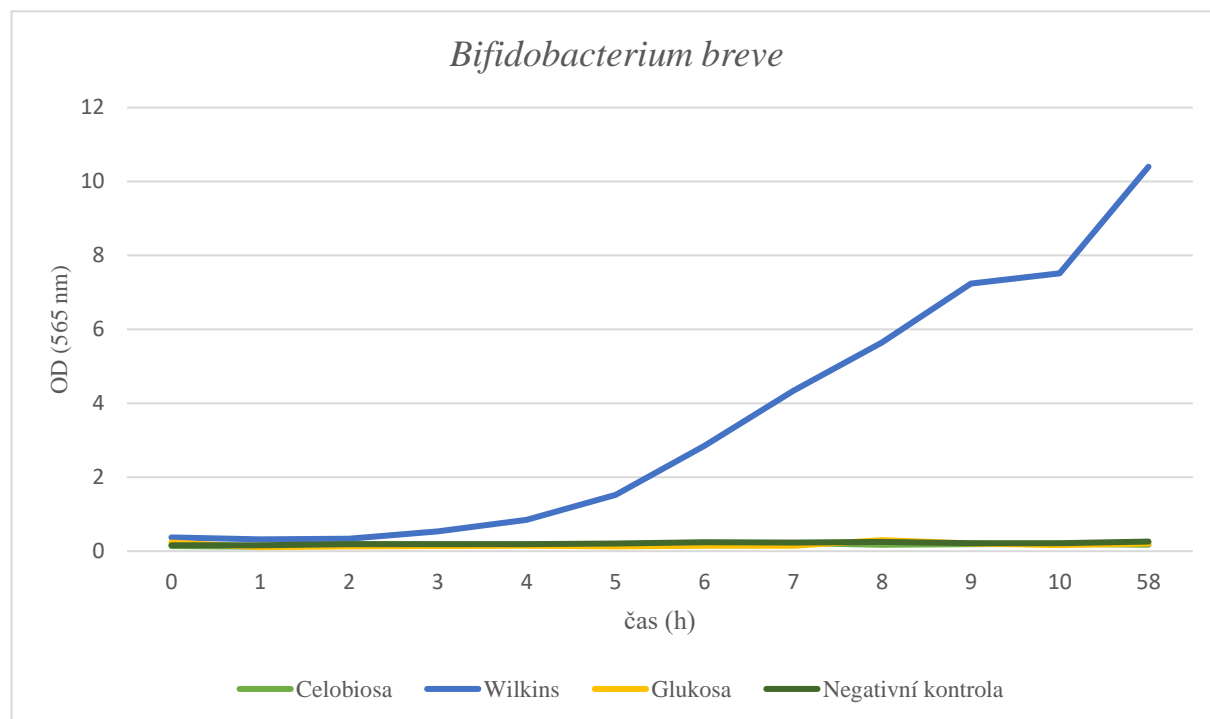
Tabulka 5: Výsledky využití daných substrátů na testované druhy bakterií (optická densita (OD) při 565 nm) po 58 h kultivace

*statisticky významný rozdíl oproti negativní kontrole (P <0,05).

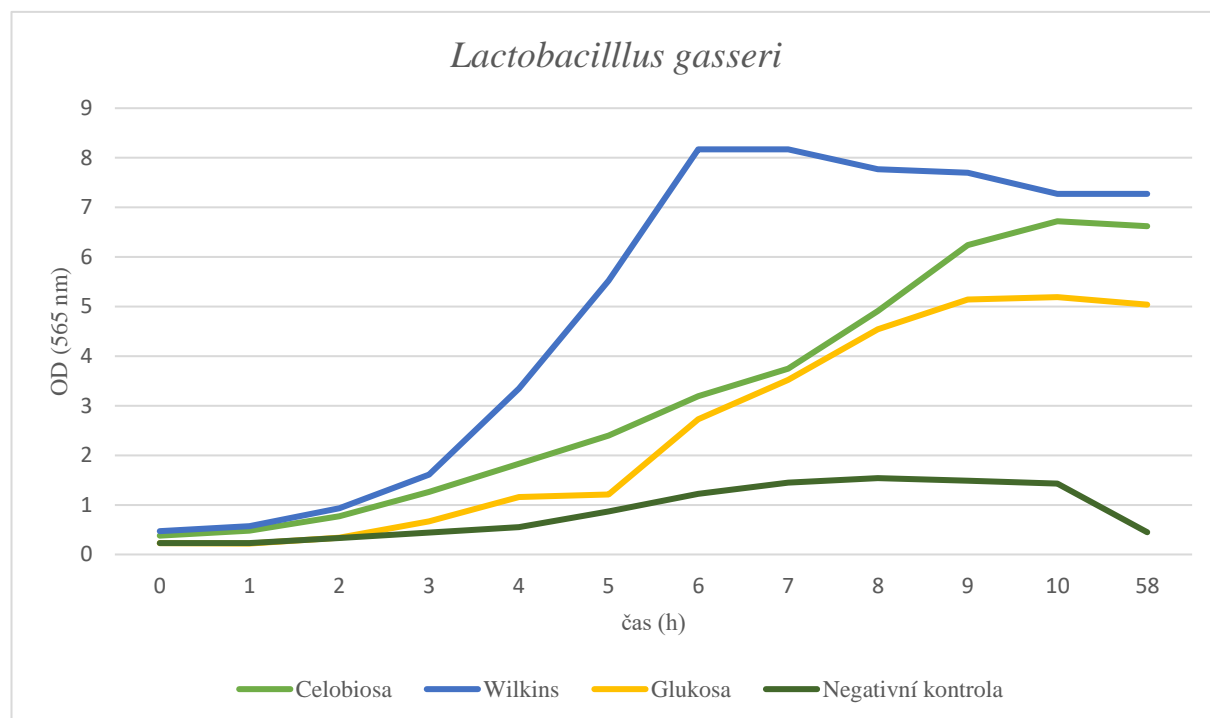
Druh	Celobiosa	Glukosa	Wilkins	Negativní kontrola
<i>B. adolescentis</i>	0,33	0,92	6,84	0,33
<i>B. bifidum</i>	0,36	1	8,32	0,3
<i>B. bifidum</i>	0,16	0,24	3,46	0,22
<i>B. bifidum</i>	0,23	0,33	3,53	0,14
<i>B. longum</i> subsp. <i>infantis</i>	0,44	4,94*	5,22*	0,22
<i>B. longum</i>	0,21	0,75	9,73	0,39
<i>B. breve</i>	0,17	0,21	10,4	0,26
<i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	0,39	1,72	5,27	0,35
<i>B. animalis</i>	0,31	0,6	6,96	0,31
<i>B. longum</i>	0,26	0,8	8,03	0,29
<i>B. bifidum</i>	0,36	0,7	7,95	0,3
<i>L. rhamnosus</i>	5,46*	4,75*	6,61*	0,86
<i>L. casei</i>	3,48*	3,2*	6,58*	0,72
<i>L. delbrueckii</i>	0,23	1,78	5,89	0,16
<i>E. coli</i>	1,09	1,61	6,87	0,93
<i>E. coli</i> K12	1,57	0,62	5,04	0,64
<i>Enterococcus faecalis</i>	4,08*	3,4*	7,08*	1,63
<i>L. gasseri</i>	6,62*	5,04*	7,27*	0,45
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	0,55	4,81*	6,59*	0,45
<i>L. helveticus</i>	0,25	3,89*	6,55*	0,17
<i>E. coli</i> Nissle	1	1,46	6,8	1,11

5.2 Grafické znázornění výsledků v ybraných kmenů

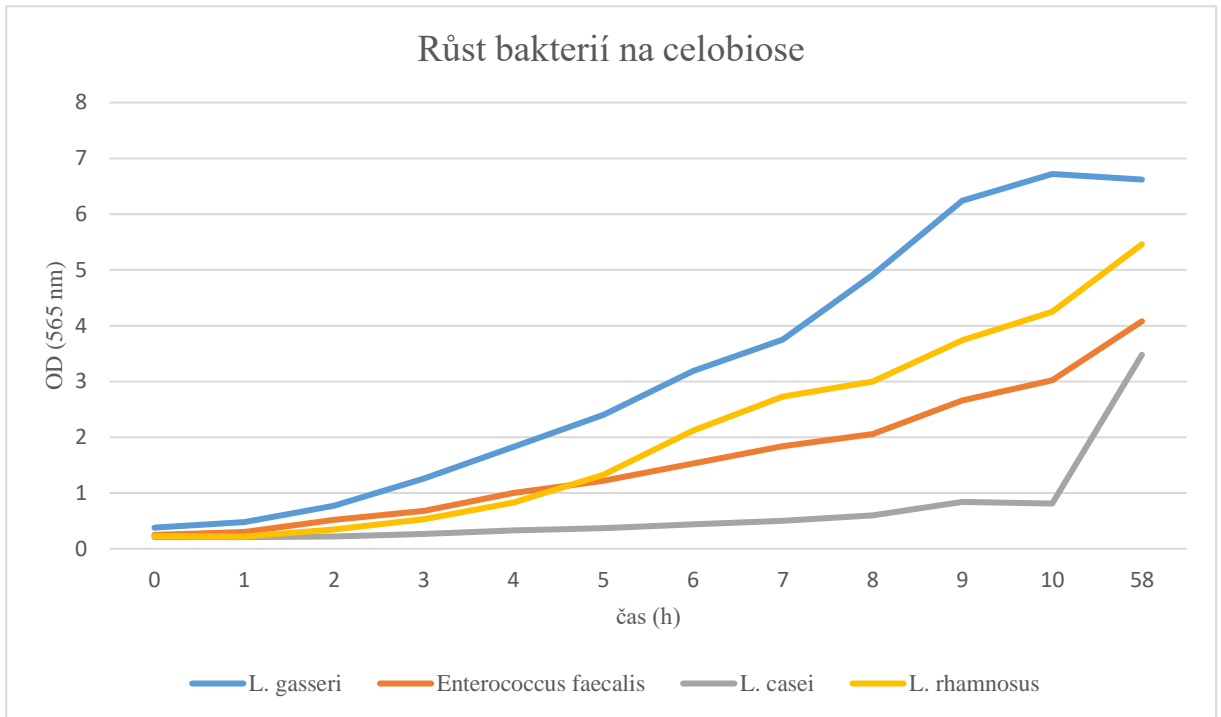
Graf 2: Největší nárůst na médiu s Wilkins bujonem vykázal kmen *Bifidobacterium breve*



Graf 1: Největší nárůst na médiu s celobiosou i glukosou vykázal kmen *Lactobacillus gasseri*



Graf 3: Porovnání kmenů, které vykazovaly růst na celobiose



6 Diskuze

V této práci bylo celkem testováno 21 kmenů bakterií. Cílem experimentální části bylo stanovit schopnost vybraných bakteriálních kmenů využít daný substrát. Na samotný pokus byla využita celobiosa jako testovací substrát, dále jako pozitivní kontrola médium s glukosou a komplexní médium Wilkins-Chalgren Anaerobe Broth. Pro negativní kontrolu bylo využito médium bez cukru.

Celobiosa je redukujícím disacharidem, který je složen ze dvou molekul glukosy. Jednotky glukosy jsou spojeny glykosidickou vazbou β (1 \rightarrow 4). Tuto vazbu neumí živočišné trávicí enzymy štěpit, a proto se jedná o nestravitelnou složku, tedy o vlákninu (Kodíček, Valentová, Hynek 2018).

Wang et al. (2017) zkoumali využití celobiosy na některé střevní bakterie. Pozitivní nárůst byl zjištěn u bakterie *Bifidobacterium longum* a *Lactobacillus acidophilus*. V našem výzkumu byla úspěšně testována pouze bakterie *B. longum* subsp. *infantis*, která nevykazovala žádný nárůst na médiu obsahujícím celobiosu. Studie dále testovala vliv bakterie *Escherichia coli* na celobiosu, avšak podle výsledků neměla celobiosa na její růst žádné působení stejně jako v našem experimentu.

Další studie (Zeng et al. 2024) sledovala prebiotické účiny disacharidů jako je isomaltosa, maltosa a celobiosa, a jejich vliv na růst bakterií. Na tuto studii byly testovány bakterie rodu *Lactobacillus* a *Lacticaseibacillus*. Celobiosu dokázaly využívat bakterie rodu *L. rhamnosus* a *L. gasseri*. Bakterie *L. gasseri* vykazovala rychlejší růst na celobiose než ostatní bakterie. Bylo tedy prokázáno, že tyto bakterie rostou na celobiose, což svědčí o jejich schopnost štěpit tento disacharid. S porovnáním s našimi výsledky, tyto dvě bakterie byly také schopny využívat celobiosu jako zdroj uhlíku.

Byla provedena experimentální studie (Pokusaeva et al. 2011) na bifidobakteriích a jejich využití celobiosy jako zdroje uhlíku. Tato studie testovala 36 druhů bifidobakterií. Po 24 hodinách kultivace vykazovaly růst pouze 4 kmeny, a to kmeny rodu *B. breve*. Ostatní testované kmeny bifidobakterií nevykazovaly nárůst na celobiose, ale pouze na médiu obsahující glukosu. Co se týče našich výsledků, v porovnání s touto studií testované bakterie (*B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. longum*) nedokázaly využívat celobiosu, ale ani glukosu jako zdroj uhlíku. Glukosu v našem případě dokázala využívat pouze bakterie *B. longum* subsp. *infantis*. Z tohoto důvodu nelze z našich výsledků vyvodit vztah bifidobakterií a celobiosy, jelikož by bylo potřeba provést další experiment, ve kterém by se podařilo kultivovat bifidobakterie na pozitivní kontrole. Jedinou výjimkou je *B. longum* subsp. *infantis*, u kterého lze prohlásit, že celobiosu využívá nedovede.

Naše výsledky ukazují růst pouze 4 kmenů na celobiose (*L. rhamnosus*, *L. casei*, *L. gasseri*, *Enterococcus faecalis*). Nejvyšší optická densita byla sledována u kmene *L. gasseri*, zatímco nejnižší z těchto čtyř u kmene *L. casei*. I tyto zmíněné kmeny ovšem dosahovaly nejvyššího nárůstu na Wilkins-Chalgren Anaerobe Broth. Bylo to nejspíše dáno tím, že ředící médium pro celobiosu a glukosu neobsahovalo všechny růstové faktory, které by napomáhaly růstu bakterií. Wilkins bujón obsahuje růstový faktor hemin. Zdrojem energie a uhlíku pro bakterie v tomto médiu může být rovněž pyruvát sodný a větší množství tryptonu a peptonu, které jsou obsaženy ve Wilkins bujónu. Z tohoto vyplývá, že bylo pro pokusnou skupinu i pozitivní kontrolu nejspíše vybráno nevhodné ředící médium, které neobsahovalo všechny

potřebné růstové faktory v dostatečném množství. Bez řádného růstu ve skupině pozitivní kontroly (glukosa) tedy nelze posoudit, zda jsou některé testované kmeny schopny růst na celobiose.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo sepsat literární rešerši na téma prebiotika a jejich význam pro zdraví člověka a ověřit růst vybraných bakteriálních kmenů na celobiose.

Bylo prokázáno, že 4 kmeny z 21 byly schopny využívat celobiosu jako zdroj energie, Tři z toho byly kmeny laktobacilů. U většiny testovaných kmenů, které na celobiose nerostly, nelze vyloučit jejich schopnost růstu na tomto sacharidu, jelikož nerostly na pozitivní kontrole. Z tohoto důvodu je v budoucnu třeba ověřit růst dalších kmenů bakterií na vhodnějším médiu.

8 Literatura

- ABRAMS, Steven A. et al., 2005. A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 82, no. 2. DOI 10.1093/ajcn.82.2.471.
- ALVES-SANTOS, Aline Medeiros et al., 2020. *Prebiotic effect of dietary polyphenols: A systematic review*. *Journal of Functional Foods* 74. DOI 10.1016/j.jff.2020.104169.
- ARNOLD, Melina et al., 2017. Global patterns and trends in colorectal cancer incidence and mortality. *Gut*. Vol. 66, no. 4. DOI 10.1136/gutjnl-2015-310912.
- AUNE, Dagfinn et al., 2011. *Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: Systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies*. *BMJ (Online)* 343. DOI 10.1136/bmj.d6617.
- BÄCKHED, Fredrik et al., 2005. *Host-bacterial mutualism in the human intestine*. *Science* 307. DOI 10.1126/science.1104816.
- BALLARD, Olivia and MORROW, Ardythe L., 2013. *Human Milk Composition. Nutrients and Bioactive Factors*. *Pediatric Clinics of North America* 60. DOI 10.1016/j.pcl.2012.10.002.
- BARRETT, Jacqueline S., 2017. *How to institute the low-FODMAP diet*. *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)* 32. DOI 10.1111/jgh.13686.
- BEVILACQUA, Antonio et al., 2024. An Update on Prebiotics and on Their Health Effects. *Foods*. Vol. 13, no. 3, p. 446. DOI 10.3390/foods13030446.
- BINDELS, Laure B. et al., 2015. *Opinion: Towards a more comprehensive concept for prebiotics*. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology* 12. DOI 10.1038/nrgastro.2015.47.
- BINNS, Nino, 2013. Probióticos, Prebióticos E a Microbiota Intestinal. *Internacional Life Sciences Institute Do Brasil*. ISBN 9789078637394
- BIRD, A. R. et al., 2010. Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Beneficial Microbes*. Vol. 1, no. 4. DOI 10.3920/BM2010.0041.
- BODE, Lars, 2015. *The functional biology of human milk oligosaccharides*. *Early Human Development* 91. DOI 10.1016/j.earlhumdev.2015.09.001.
- BODERA, Pawel, 2008. Influence of Prebiotics on the Human Immune System (GALT). *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery*. Vol. 2, no. 2. DOI 10.2174/187221308784543656.

BOEHM, Günther and STAHL, Bernd, 2007. Oligosaccharides from milk. In : *Journal of Nutrition*. 2007. DOI 10.1093/jn/137.3.847s.

BROWNAWELL, Amy M. et al., 2012. Prebiotics and the health benefits of fiber: Current regulatory status, future research, and goals. *Journal of Nutrition*. Vol. 142, no. 5. DOI 10.3945/jn.112.158147.

BUTEL, M-J, 2014. Probiotics, gut microbiota and health. *Medecine et maladies infectieuses*. Vol. 44, no. 1, pp. 1–8. DOI 10.1016/j.medmal.2013.10.002.

CARCO, Caterina et al., 2020. *Increasing Evidence That Irritable Bowel Syndrome and Functional Gastrointestinal Disorders Have a Microbial Pathogenesis*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* 10. DOI 10.3389/fcimb.2020.00468.

CHARALAMPOPOULOS, D. et al., 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: A review. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 79, no. 1–2. DOI 10.1016/S0168-1605(02)00187-3.

CHARALAMPOPOULOS, Dimitris and RASTALL, Robert A. (eds.), 2009. *Prebiotics and Probiotics Science and Technology*. New York, NY : Springer New York. ISBN 978-0-387-79057-2.

CHOQUE DELGADO, Grethel T. et al., 2012. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. *Nutrition Research*. Vol. 32, no. 11. DOI 10.1016/j.nutres.2012.09.012.

COLLADO YURRITA, Luis et al., 2014. Effectiveness of inulin intake on indicators of chronic constipation; a meta-analysis of controlled randomized clinical trials. *Nutricion hospitalaria*. Vol. 30, no. 2, pp. 244–52. DOI 10.3305/nh.2014.30.2.7565.

CUMMINGS, J. H. and MACFARLANE, G. T., 1991. *The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon*. *Journal of Applied Bacteriology* 70. DOI 10.1111/j.1365-2672.1991.tb02739.x.

CURRAN, Julianne, 2012. *The nutritional value and health benefits of pulses in relation to obesity, diabetes, heart disease and cancer*. *British Journal of Nutrition* 108. DOI 10.1017/S0007114512003534.

DAVANI-DAVARI, Dorna et al., 2019. *Prebiotics: Definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications*. MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. *Foods* 8. DOI 10.3390/foods8030092.

- DE FÁTIMA VIANA, Simone et al., 2005. Hydrolysis of oligosaccharides in soybean flour by soybean α -galactosidase. *Food Chemistry*. Vol. 93, no. 4. DOI 10.1016/j.foodchem.2004.09.045.
- DE FILIPPO, Carlotta et al., 2010. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol. 107, no. 33. DOI 10.1073/pnas.1005963107.
- DELZENNE, N. M., 2003. Oligosaccharides: state of the art. *Proceedings of the Nutrition Society*. Vol. 62, no. 1. DOI 10.1079/pns2002225.
- DEY, Prakash M., 1980. Biochemistry of α -d-galactosidic linkages in the plant kingdom. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. Vol. 37, no. C. DOI 10.1016/S0065-2318(08)60023-2.
- ESWARAN, Shanti et al., 2017. A Diet Low in Fermentable Oligo-, Di-, and Monosaccharides and Polyols Improves Quality of Life and Reduces Activity Impairment in Patients With Irritable Bowel Syndrome and Diarrhea. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*. Vol. 15, no. 12. DOI 10.1016/j.cgh.2017.06.044.
- FANARO, Silvia et al., 2005. Galacto-oligosaccharides and long-chain fructo-oligosaccharides as prebiotics in infant formulas: A review. In : *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics, Supplement*. 2005. DOI 10.1080/08035320510043538.
- FAO/AGNS, 2007. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations and AGNS Food Quality and Standards Service of the United Nations. Technical Meeting on Prebiotics. *Technical meeting report*. DOI 10.1097/MCG.0b013e31817f184e
- FERNÁNDEZ, Leónides et al., 2013. *The human milk microbiota: Origin and potential roles in health and disease*. *Pharmacological Research* 69. DOI 10.1016/j.phrs.2012.09.001.
- FERNANDEZ, M. L., 2001. *Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk*. *Current Opinion in Lipidology* 12. DOI 10.1097/00041433-200102000-00007.
- FERNÁNDEZ-BAÑARES, Fernando, 2006. Nutritional care of the patient with constipation. *Best practice & research. Clinical gastroenterology*. Vol. 20, no. 3, pp. 575–87. DOI 10.1016/j.bpg.2005.11.002.
- FIJAN, Sabina, 2014. Microorganisms with Claimed Probiotic Properties: An Overview of Recent Literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 11, no. 5, pp. 4745–4767. DOI 10.3390/ijerph110504745.

FLOCH, M. H., 2020. *Colorectal Neoplasia and the Colorectal Microbiome*. ISBN 978-0-12-819672-4

FUENTES-ZARAGOZA, Evangélica et al., 2011. *Resistant starch as prebiotic: A review*. *Starch/Staerke* 63. DOI 10.1002/star.201000099.

GEBRUERS, Kurt et al., 2010. Environment and genotype effects on the content of dietary fiber and its components in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 58, no. 17. DOI 10.1021/jf100447g.

GIBSON, G. R. and ROBERFROID, M. B., 1995. *Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics*. *Journal of Nutrition* 125. DOI 10.1093/jn/125.6.1401.

GIBSON, Glenn R. et al., 2010. Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Science & Technology Bulletin: Functional Foods*. Vol. 7, no. 1, pp. 1–19. DOI 10.1616/1476-2137.15880.

GIBSON, Glenn R. et al., 2017. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. Vol. 14, no. 8, pp. 491–502. DOI 10.1038/nrgastro.2017.75.

GLENN, R., GIBSON, MARCEL, B., ROBERFROID, 1999. *Colonic Microbiota, Nutrition and Health*. ISBN 978-0-412-79880-1

GOLDRING, Jay M., 2004. Resistant starch: Safe intakes and legal status. *Journal of AOAC International*. Vol. 87, no. 3.

GOPALAN, C et al., 2000. *Nutritional value of Indian foods*. India National Institute of Nutrition

GRANADOS-ROMERO, Juan José et al., 2017. Colorectal cancer: a review. *International Journal of Research in Medical Sciences*. Vol. 5, no. 11. DOI 10.18203/2320-6012.ijrms20174914.

GUARNER, F and SCHAAFSMA, G J, 1998. Probiotics. *International journal of food microbiology*. Vol. 39, no. 3, pp. 237–8. DOI 10.1016/s0168-1605(97)00136-0.

GUPTA, Y. P., 1987. Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*. Vol. 37, no. 3, pp. 201–228. DOI 10.1007/BF01091786.

- HAMAKER, Bruce R. and TUNCIL, Yunus E., 2014. *A perspective on the complexity of dietary fiber structures and their potential effect on the gut microbiota*. *Journal of Molecular Biology* 426. DOI 10.1016/j.jmb.2014.07.028.
- HAMER, H. M. et al., 2008. *Review article: The role of butyrate on colonic function*. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 27. DOI 10.1111/j.1365-2036.2007.03562.x.
- HAMILTON-MILLER, J. M.T., 2004. *Probiotics and prebiotics in the elderly*. *Postgraduate Medical Journal* 80. DOI 10.1136/pgmj.2003.015339.
- HARRIS, Lucinda A., 2005. *Prevalence and ramifications of chronic constipation*. *Managed Care Interface* 18.
- HARRIS, Suzanne et al., 2020. Determination of the prebiotic activity of wheat arabinogalactan peptide (AGP) using batch culture fermentation. *European Journal of Nutrition*. Vol. 59, no. 1. DOI 10.1007/s00394-019-01908-7.
- HARVIE, Ruth M. et al., 2017. Long-term irritable bowel syndrome symptom control with reintroduction of selected FODMAPs. *World Journal of Gastroenterology*. Vol. 23, no. 25. DOI 10.3748/wjg.v23.i25.4632.
- HAVENAAR, R., 2011. *Intestinal health functions of colonic microbial metabolites: A review*. *Beneficial Microbes* 2. DOI 10.3920/BM2011.0003.
- HIGGINS, Peter D.R. and JOHANSON, John F., 2004. *Epidemiology of Constipation in North America: A Systematic Review*. *American Journal of Gastroenterology* 99. DOI 10.1111/j.1572-0241.2004.04114.x.
- HOPKINS, M. J. and MACFARLANE, G. T., 2002. Changes in predominant bacterial populations in human faeces with age and with *Clostridium difficile* infection. *Journal of Medical Microbiology*. Vol. 51, no. 5. DOI 10.1099/0022-1317-51-5-448.
- HSIEH, Christine, 2005. *Treatment of constipation in older adults*. *American Family Physician* 72.
- HUNGATE, R. E., 1969. Chapter IV A Roll Tube Method for Cultivation of Strict Anaerobes. *Methods in Microbiology*. Vol. 3, no. PART B. DOI 10.1016/S0580-9517(08)70503-8.
- JA, Charrier et al., 2013. High fat diet partially attenuates fermentation responses in rats fed resistant starch from high-amylose maize. *Obesity (Silver Spring, Md.)*. Vol. 21, no. 11. DOI 10.1002/OBY.20362.

JASKARI, J. et al., 1998. Oat β -glucan and xylan hydrolysates as selective substrates for Bifidobacterium and Lactobacillus strains. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 49, no. 2. DOI 10.1007/s002530051155.

KELLY, Greg, 2008. Inulin-Type Prebiotics - A Review: Part 1. *Alternative medicine review : a journal of clinical therapeutic*. 13. 315-29.

KENNEDY, I. R., MWANDEMELE, O. D. and MCWHIRTER, K. S., 1985. Estimation of sucrose, raffinose and stachyose in soybean seeds. *Food Chemistry*. Vol. 17, no. 2. DOI 10.1016/0308-8146(85)90077-9.

KERCKHOFFS, Angèle P.M. et al., 2006. Sampling microbiota in the human gastrointestinal tract. In : *Gastrointestinal Microbiology*. DOI 10.3109/9781420014952-3.

KODÍČEK, Milan, VALENTOVÁ, Olga and HYNEK, Radovan, 2018. *Biochemie, chemický pohled na biologický svět*. 2nd. ISBN 978-80-7592-013-3.

KUNTZ, Sabine, RUDLOFF, Silvia and KUNZ, Clemens, 2008. Oligosaccharides from human milk influence growth-related characteristics of intestinally transformed and non-transformed intestinal cells. *British Journal of Nutrition*. Vol. 99, no. 3. DOI 10.1017/S0007114507824068.

LESZCZYŃSKI, Waclaw, 2004. Resistant starch – classification, structure, production. . *Polish journal of food and nutrition sciences*. Vol. 54, no. 1. Retrieved from : <http://journal.pan.olsztyn.pl/RESISTANT-STARCH-CLASSIFICATION-STRUCTURE-PRODUCTION,98617,0,2.html>, [accessed 17 March 2024].

LIEBL, Wolfgang, WAGNER, Beate and SCHELLHASE, Jan, 1998. Properties of an α -galactosidase, and structure of its gene galA, within an α - and β -galactoside utilization gene cluster of the hyperthermophilic bacterium thermotoga maritima. *Systematic and Applied Microbiology*. Vol. 21, no. 1. DOI 10.1016/S0723-2020(98)80002-7.

LIU, Jerry et al., 2020. *Low-FODMAP Diet for Irritable Bowel Syndrome: What We Know and What We Have Yet to Learn*. Annual Review of Medicine 71. DOI 10.1146/annurev-med-050218-013625.

LOPEZ, Hubert W. et al., 2000. Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*. Vol. 11, no. 10. DOI 10.1016/S0955-2863(00)00109-1.

LUTZ, T. and SCHARRER, E., 1991. Effect of short-chain fatty acids on calcium absorption by the rat colon. *Experimental Physiology*. Vol. 76, no. 4. DOI 10.1113/expphysiol.1991.sp003530.

- LYONS, Katriona E. et al., 2020. *Breast milk, a source of beneficial microbes and associated benefits for infant health*. *Nutrients* 12. DOI 10.3390/nu12041039.
- MACFARLANE, G T, STEED, H and MACFARLANE, S, 2008. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. *Journal of applied microbiology*. Vol. 104, no. 2, pp. 305–44. DOI 10.1111/j.1365-2672.2007.03520.x.
- MACFARLANE, George T. and MACFARLANE, Sandra, 2012. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health. *Journal of AOAC International*. Vol. 95, no. 1. DOI 10.5740/jaoacint.SGE_Macfarlane.
- MACFARLANE, G.T., STEED, H. and MACFARLANE, S., 2007. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 0, no. 0, pp. 070907095856003-??? DOI 10.1111/j.1365-2672.2007.03520.x.
- MACFARLANE, S., MACFARLANE, G. T. and CUMMINGS, J. H., 2006. *Review article: Prebiotics in the gastrointestinal tract*. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 24. DOI 10.1111/j.1365-2036.2006.03042.x.
- MAHDAVI, Manijeh, LAFOREST-LAPOINTE, Isabelle and MASSÉ, Eric, 2021. Preventing Colorectal Cancer through Prebiotics. *Microorganisms*. Vol. 9, no. 6. DOI 10.3390/microorganisms9061325.
- MAJOR, Giles et al., 2017. Colon Hypersensitivity to Distension, Rather Than Excessive Gas Production, Produces Carbohydrate-Related Symptoms in Individuals With Irritable Bowel Syndrome. *Gastroenterology*. Vol. 152, no. 1. DOI 10.1053/j.gastro.2016.09.062.
- MARKOWIAK, Paulina and ŚLIZEWSKA, Katarzyna, 2017. *Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health*. MDPI AG. *Nutrients* 9. DOI 10.3390/nu9091021.
- MCCARTNEY, Daniel, 2008. J. Mann & A. S. Truswell (editors). *Essentials of Human Nutrition* Oxford: Oxford University Press 2007 £35.99 (paperback) pp. 599 ISBN 978-0-19-929097-0. *British Journal of Nutrition*. Vol. 99, no. 5. DOI 10.1017/s0007114507845533.
- MCINTOSH, Keith et al., 2017. FODMAPs alter symptoms and the metabolome of patients with IBS: A randomised controlled trial. *Gut*. Vol. 66, no. 7. DOI 10.1136/gutjnl-2015-311339.
- MEJÍA, Sandra Milena Vásquez, DE FRANCISCO, Alicia and BOHRER, Benjamin M., 2020. *A comprehensive review on cereal β -glucan: extraction, characterization, causes of degradation, and food application*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60. DOI 10.1080/10408398.2019.1706444.

MORITA, Tatsuya et al., 2007. In vitro and in vivo digestibility of native maize starch granules varying in amylose contents. *Journal of AOAC International* [online]. Vol. 90, no. 6, pp. 1628–34. Retrieved from : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18193740> [accessed 17 March 2024].

MURRAY, Kathryn et al., 2014. Differential effects of FODMAPs (Fermentable Oligo-, Di-, Mono-Saccharides and Polyols) on small and large intestinal contents in healthy subjects shown by MRI. *American Journal of Gastroenterology*. Vol. 109, no. 1. DOI 10.1038/ajg.2013.386.

NAPOLITANO, A. et al., 2009. Potential prebiotic activity of oligosaccharides obtained by enzymatic conversion of durum wheat insoluble dietary fibre into soluble dietary fibre. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. Vol. 19, no. 4. DOI 10.1016/j.numecd.2008.07.005.

NIITTYNEN, Leena, KAJANDER, Kajsa and KORPELA, Riitta, 2007. *Galactooligosaccharides and bowel function*. *Scandinavian Journal of Food and Nutrition* 51. DOI 10.1080/17482970701414596.

NINESS, Kathy R., 1999. Inulin and oligofructose: What are they? In : *Journal of Nutrition*. 1999. DOI 10.1093/jn/129.7.1402s.

OHTA, A. et al., 1995. Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides. *Journal of Nutrition*. Vol. 125, no. 9. DOI 10.1093/jn/125.9.2417.

OKBURAN, Gozde and KIZILER, Serap, 2023. *Human milk oligosaccharides as prebiotics*. *Pediatrics and Neonatology* 64. DOI 10.1016/j.pedneo.2022.09.017.

OLIERO, Manon et al., 2021. Oligosaccharides increase the genotoxic effect of colibactin produced by pks+ *Escherichia coli* strains. *BMC Cancer*. Vol. 21, no. 1. DOI 10.1186/s12885-021-07876-8.

OOI, Soo Liang, CORREA, Dianne and PAK, Sok Cheon, 2019. *Probiotics, prebiotics, and low FODMAP diet for irritable bowel syndrome – What is the current evidence?* *Complementary Therapies in Medicine* 43. DOI 10.1016/j.ctim.2019.01.010.

OUWEHAND, Arthur C., SALMINEN, Seppo and ISOLAURI, Erika, 2002. Probiotics: an overview of beneficial effects. *Antonie van Leeuwenhoek*. Vol. 82, no. 1/4, pp. 279–289. DOI 10.1023/A:1020620607611.

OWENS, Dorothy M., NELSON, Daniel K. and TALLEY, Nicholas J., 1995. The Irritable Bowel Syndrome: Long-Term Prognosis and the Physician-Patient Interaction. *Annals of Internal Medicine*. Vol. 122, no. 2. DOI 10.7326/0003-4819-122-2-199501150-00005.

- PANDEY, Kavita R, NAIK, Suresh R and VAKIL, Babu V, 2015. Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *Journal of food science and technology*. Vol. 52, no. 12, pp. 7577–87. DOI 10.1007/s13197-015-1921-1.
- PITTAYANON, Rapat et al., 2019. Gut Microbiota in Patients With Irritable Bowel Syndrome—A Systematic Review. *Gastroenterology*. Vol. 157, no. 1. DOI 10.1053/j.gastro.2019.03.049.
- POKUSAEVA, Karina et al., 2011. Cellodextrin utilization by *Bifidobacterium breve* UCC2003. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 77, no. 5. DOI 10.1128/AEM.01786-10.
- POOL-ZOBEL, Beatrice L, 2005. Inulin-type fructans and reduction in colon cancer risk: review of experimental and human data. *The British journal of nutrition*. Vol. 93 Suppl 1, pp. S73-90. DOI 10.1079/bjn20041349.
- PRASAD, Kedar N., 1980. *Butyric acid: A small fatty acid with diverse biological functions*. Life Sciences 27. DOI 10.1016/0024-3205(80)90397-5.
- PRIETO-SANTIAGO, Virginia et al., 2022. Multiple reaction monitoring for identification and quantification of oligosaccharides in legumes using a triple quadrupole mass spectrometer. *Food Chemistry*. Vol. 368. DOI 10.1016/j.foodchem.2021.130761.
- RAMAN, Maya et al., 2013. Potential of probiotics, prebiotics and synbiotics for management of colorectal cancer. *Gut Microbes*. Vol. 4, no. 3. DOI 10.4161/gmic.23919.
- RAMANAMMA, MV, 2012. Prebiotics and their benefits on human health. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences*. Vol. 1, no. 1. DOI 10.4103/2277-8632.94167.
- RASTALL, Robert A., 2013. Gluco and galacto-oligosaccharides in food. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. Vol. 16, no. 6, pp. 675–678. DOI 10.1097/MCO.0b013e328365b5fd.
- RAWLA, Prashanth, SUNKARA, Tagore and BARSOUK, Adam, 2019. *Epidemiology of colorectal cancer: Incidence, mortality, survival, and risk factors*. *Przegląd Gastroenterologiczny* 14. DOI 10.5114/pg.2018.81072.
- REDDY, Bandaru S., 1998. Prevention of colon cancer by pre- and probiotics: Evidence from laboratory studies. In : *British Journal of Nutrition*. 1998. DOI 10.1017/s0007114500006061.
- RINGEL-KULKA, Tamar et al., 2015. Altered colonic bacterial fermentation as a potential pathophysiological factor in irritable bowel syndrome. *American Journal of Gastroenterology*. Vol. 110, no. 9. DOI 10.1038/ajg.2015.220.

- ROBERFROID, M., 2002. Functional food concept and its application to prebiotics. *Digestive and Liver Disease*. Vol. 34, no. SUPPL. 2. DOI 10.1016/S1590-8658(02)80176-1.
- ROBERFROID, Marcel, 2007. Prebiotics: The concept revisited. In : *Journal of Nutrition*. 2007. DOI 10.1093/jn/137.3.830s.
- ROBERFROID, Marcel, GIBSON, Glenn R., et al., 2010. *Prebiotic effects: Metabolic and health benefits*. *British Journal of Nutrition* 104. DOI 10.1017/S0007114510003363.
- ROBERFROID, Marcel, GIBSON, Glenn R, et al., 2010. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *The British journal of nutrition*. Vol. 104 Suppl 2, pp. S1-63. DOI 10.1017/S0007114510003363.
- ROBINSON, Ramona R., FEIRTAG, Joellen and SLAVIN, Joanne L., 2001. Effects of dietary arabinogalactan on gastrointestinal and blood parameters in healthy human subjects. *Journal of the American College of Nutrition*. Vol. 20, no. 4. DOI 10.1080/07315724.2001.10719048.
- ROMEO, J. et al., 2010. *Immunomodulatory effect of fibres, probiotics and synbiotics in different life-stages*. *Nutricion Hospitalaria* 25. DOI 10.3305/nh.2010.25.3.4517.
- ROSSI, Marco et al., 2018. Nutraceuticals in colorectal cancer: A mechanistic approach. *European Journal of Pharmacology*. Vol. 833. DOI 10.1016/j.ejphar.2018.06.027.
- SABERI-FIROOZI, M. et al., 2007. Subjective lactose intolerance in apparently healthy adults in southern Iran: Is it related to irritable bowel syndrome? *Indian Journal of Medical Sciences*. Vol. 61, no. 11. DOI 10.4103/0019-5359.37045.
- SAIRANEN, U et al., 2007. Yoghurt containing galacto-oligosaccharides, prunes and linseed reduces the severity of mild constipation in elderly subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 61, no. 12, pp. 1423–1428. DOI 10.1038/sj.ejcn.1602670.
- SAJILATA, M G, SINGHAL, Rekha S and KULKARNI, Pushpa R, 2006. Resistant Starch-A Review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. Vol. 5, no. 1, pp. 1–17. DOI 10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x.
- SCHLEY, P D and FIELD, C J, 2002. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. *The British journal of nutrition*. Vol. 87 Suppl 2, pp. S221-30. DOI 10.1079/BJNBJN/2002541.
- SEARS, Cynthia L., 2005. *A dynamic partnership: Celebrating our gut flora*. *Anaerobe* 11. DOI 10.1016/j.anaerobe.2005.05.001.
- SIEGEL, Rebecca L. et al., 2023. Colorectal cancer statistics, 2023. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. Vol. 73, no. 3. DOI 10.3322/caac.21772.

- SINGH, U., 1985. Nutritional quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.): current status and future research needs. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition*. Vol. 35, no. 4, pp. 339–351. DOI 10.1007/BF01091779.
- SLAVIN, Joanne, 2013. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*. Vol. 5, no. 4, pp. 1417–35. DOI 10.3390/nu5041417.
- SO, Daniel et al., 2018. Dietary fiber intervention on gut microbiota composition in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 107, no. 6. DOI 10.1093/ajcn/nqy041.
- SOSULSKI, F. W., ELKOWICZ, L. and REICHERT, R. D., 1982. Oligosaccharides in Eleven Legumes and Their Air-Classified Protein and Starch Fractions. *Journal of Food Science*. Vol. 47, no. 2. DOI 10.1111/j.1365-2621.1982.tb10111.x.
- STAUDACHER, Heidi Maria et al., 2017. A Diet Low in FODMAPs Reduces Symptoms in Patients With Irritable Bowel Syndrome and A Probiotic Restores Bifidobacterium Species: A Randomized Controlled Trial. *Gastroenterology*. Vol. 153, no. 4. DOI 10.1053/j.gastro.2017.06.010.
- SWANSON, Kelly S. et al., 2020. *The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics*. Nature Research. Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology 17. DOI 10.1038/s41575-020-0344-2.
- TEURI, Ulla and KORPELA, Riitta, 1998. Galacto-Oligosaccharides Relieve Constipation in Elderly People. *Annals of Nutrition and Metabolism*. Vol. 42, no. 6, pp. 319–327. DOI 10.1159/000012751.
- The prebiotic potential of lactulose: A review, 2023 *The Journal of Phytopharmacology*. Vol. 12, no. 6, pp. 425–429. DOI 10.31254/phyto.2023.12609.
- TRAUTWEIN, Elke A., RIECKHOFF, Dörte and ERBERSDOBLER, Helmut F., 1998. Dietary inulin lowers plasma cholesterol and triacylglycerol and alters biliary bile acid profile in hamsters. *Journal of Nutrition*. Vol. 128, no. 11. DOI 10.1093/jn/128.11.1937.
- TRIANSTIS, Vassilis, BODE, Lars and VAN NEERVEN, Joost R.J., 2018. Immunological effects of human milk oligosaccharides. *Frontiers in Pediatrics*. Vol. 6. DOI 10.3389/fped.2018.00190.
- TUOHY, Kieran and DEL RIO, Daniele, 2015. *DIET-MICROBE INTERACTIONS IN THE GUT*. ISBN 978-0-12-407825-3
- TZOUNIS, Xenofon et al., 2011. Prebiotic evaluation of cocoa-derived flavanols in healthy humans by using a randomized, controlled, double-blind, crossover intervention study. *The*

American journal of clinical nutrition. Vol. 93, no. 1, pp. 62–72. DOI 10.3945/ajcn.110.000075.

VAHEDI, H et al., 2010. Irritable bowel syndrome: a review article. *Middle East journal of digestive diseases* [online]. Vol. 2, no. 2, pp. 66–77. Retrieved from : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25197516> [accessed 19 March 2024].

VOGT, Janet A. et al., 2006. L-rhamnose and lactulose decrease serum triacylglycerols and their rates of synthesis, but do not affect serum cholesterol concentrations in men. *Journal of Nutrition*. Vol. 136, no. 8. DOI 10.1093/jn/136.8.2160.

VOGT, Leonie et al., 2015. Immunological Properties of Inulin-Type Fructans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 55, no. 3. DOI 10.1080/10408398.2012.656772.

VULEVIC, Jelena et al., 2015. Influence of galacto-oligosaccharide mixture (B-GOS) on gut microbiota, immune parameters and metabonomics in elderly persons. *British Journal of Nutrition*. Vol. 114, no. 4. DOI 10.1017/S0007114515001889.

WAN, Xinhuan et al., 2020. *The physiological functions and pharmaceutical applications of inulin: A review*. Elsevier Ltd. Carbohydrate Polymers 246. DOI 10.1016/j.carbpol.2020.116589.

WANG, Jing et al., 2017. Relative fermentation of oligosaccharides from human milk and plants by gut microbes. *European Food Research and Technology*. Vol. 243, no. 1. DOI 10.1007/s00217-016-2730-0.

WICIŃSKI, Michał et al., 2020. Human milk oligosaccharides: Health benefits, potential applications in infant formulas, and pharmacology. *Nutrients*. Vol. 12, no. 1. DOI 10.3390/nu12010266.

WILSON, Bridgette et al., 2019. Prebiotics in irritable bowel syndrome and other functional bowel disorders in adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 109, no. 4. DOI 10.1093/ajcn/nqy376.

WILSON, Kenneth H. and BLITCHINGTON, Rhonda B., 1996. Human colonic biota studied by ribosomal DNA sequence analysis. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 62, no. 7. DOI 10.1128/aem.62.7.2273-2278.1996.

WOODMANSEY, Emma J. et al., 2004. Comparison of compositions and metabolic activities of fecal microbiotas in young adults and in antibiotic-treated and non-antibiotic-treated elderly subjects. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 70, no. 10. DOI 10.1128/AEM.70.10.6113-6122.2004.

YAMADA, T, ALPERS, D H and LAINE..., L, 2003. Textbook of gastroenterology, 2 Volumes. *Lavoisier.Fr*. Vol. 1, no. wilson's disease.

YARANDI, Shadi Sadeghi et al., 2010. Overlapping gastroesophageal reflux disease and irritable bowel syndrome: Increased dysfunctional symptoms. *World Journal of Gastroenterology*. Vol. 16, no. 10. DOI 10.3748/wjg.v16.i9.1232.

YEO, Siok Koon et al., 2009. *Antihypertensive properties of plant-based prebiotics*. International Journal of Molecular Sciences 10. DOI 10.3390/ijms10083517.

ZEAITER, Zahraa et al., 2019. Extraction and Characterization of Inulin-Type Fructans from Artichoke Wastes and Their Effect on the Growth of Intestinal Bacteria Associated with Health. *BioMed Research International*. Vol. 2019, pp. 1–8. DOI 10.1155/2019/1083952.

ZENG, Meijun et al., 2024. Selective utilization of gluco-oligosaccharides by lactobacilli: A mechanism study revealing the impact of glycosidic linkages and degree of polymerization on their utilization. *Journal of Food Science*. Vol. 89, no. 1. DOI 10.1111/1750-3841.16851.

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Podrobný přehled vývoje definice prebiotik, upraveno podle (Bindels et al. 2015; Gibson et al. 2017).....	11
Tabulka 2: Zdroje inulinu, upraveno a převzato z (Gupta et al. 2019).....	14
Tabulka 3: Příklady potravin s nízkým a vysokým obsahem FODMAP, upraveno a převzato z (Varney et al. 2017; Liu et al. 2020).....	21
Tabulka 4: Použité bakteriální kmeny	28
Tabulka 5: Výsledky využití daných substrátů na testované druhy bakterií (optická densita (OD) při 565 nm)	33

10 Seznam obrázků

Obrázek 1: Struktura inulinu a GOS, upraveno a převzato z (Kong et al. 2021)	14
Obrázek 2: Struktury vybraných oligosacharidů v mateřském mléce, upraveno a převzato z (Zuurveld et al. 2020)	16
Obrázek 3: Schématické znázornění patologie IBS, upraveno a převzato z (Carco et al. 2020)	20
Obrázek 4: Schématické znázornění mechanismu FODMAP, převzato z (Liu et al. 2020)	22

11 Seznam grafů

Graf 1: Největší nárůst na médiu s celobiosou i glukosou vykázal kmen <i>Lactobacillus gasseri</i>	34
Graf 2: Největší nárůst na médiu s Wilkins bujonem vykázal kmen <i>Bifidobacterium breve</i> .	34
Graf 3: Porovnání kmenů, které vykazovaly růst na celobiose	35

12 Seznam použitých zkratk a symbolů

ISAPP – International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics

FAO – Food and Agriculture Organization

EFSA – European Food Safety Authority

DP – degree of polymerization

FOS – frukto-oligosacharidy

GOS – galakto-oligosacharidy

HMO – oligosacharidy mateřského mléka

RFOs – oligosacharidy rafinosové řady

RS – rezistentní škrob

SCFA – mastné kyseliny s krátkým řetězcem

IBS – syndrom dráždivého tračníku

fMRI – functional Magnetic Resonance imaging

CRC – kolorektální karcinom

OD – optická densita

13 Samostatné přílohy

Pokus/čas	0 (8:25)	1 (9:25)	2 (10:30)	3 (11:30)	4 (12:30)	5 (13:35)	6 (14:35)	7 (15:15)	8 (16:15)	9 (17:15)	10 (18:15)	58h
1 c (B. adolescentis DSM 20083)	0.22	0.18	0.21	0.23	0.3	0.29	0.31	0.33	0.34	0.36	0.33	0.33
1 w (B. adolescentis DSM 20083)	0.48	0.52	0.76	1.05	1.7	3.01	4.18	5.03	5.95	6.62	7.08	6.84
1 g (B. adolescentis DSM 20083)	0.28	0.23	0.22	0.29	0.35	0.38	0.45	0.47	0.57	0.6	0.64	0.92
1 o (B. adolescentis DSM 20083)	0.21	0.19	0.22	0.29	0.36	0.38	0.4	0.35	0.33	0.37	0.4	0.33
5c (B. breve ATCC 15700)	0.14	0.12	0.19	0.18	0.18	0.18	0.17	0.22	0.17	0.19	0.2	0.17
5w (B. breve ATCC 15700)	0.37	0.32	0.34	0.54	0.85	1.52	2.85	4.34	5.65	7.24	7.52	10.4
5g (B. breve ATCC 15700)	0.23	0.11	0.13	0.14	0.15	0.13	0.15	0.15	0.3	0.21	0.16	0.21
5 o (B. breve ATCC 15700)	0.16	0.16	0.19	0.19	0.19	0.21	0.24	0.23	0.25	0.22	0.22	0.26
6c (B. bifidum CCM 3762)	0.25	0.25	0.27	0.29	0.3	0.33	0.42	0.33	0.4	0.32	0.35	0.36
6w (B. bifidum CCM 3762)	0.57	0.76	1.16	1.75	2.1	2.86	3.35	3.87	4.54	5.28	6.21	8.32
6g (B. bifidum CCM 3762)	0.23	0.25	0.24	0.28	0.29	0.32	0.31	0.31	0.38	0.44	0.41	1
6 o (B. bifidum CCM 3762)	0.22	0.23	0.32	0.32	0.3	0.25	0.3	0.36	0.33	0.32	0.32	0.3
8c (B. animalis subsp. lactis)	0.25	0.23	0.27	0.29	0.33	0.33	0.34	0.37	0.35	0.33	0.34	0.39
8w (B. animalis subsp. lactis))	0.55	0.68	0.94	1.44	1.66	1.67	1.84	2.04	2.17	2.44	2.78	5.27
8g (B. animalis subsp. lactis))	0.19	0.23	0.25	0.32	0.38	0.43	0.48	0.55	0.61	0.68	0.72	1.72
8 o (B. animalis subsp. lactis))	0.28	0.25	0.3	0.33	0.38	0.31	0.31	0.33	0.35	0.33	0.34	0.35
9 c (B. animalis DSM 26074)	0.22	0.17	0.21	0.21	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.24	0.27	0.31
9w(B. animalis DSM 26074)	0.42	0.43	0.6	1.02	1.64	3.07	4.56	5.32	5.87	6.17	6.45	6.96
9g(B. animalis DSM 26074)	0.17	0.17	0.21	0.23	0.27	0.27	0.42	0.37	0.42	0.4	0.48	0.6
9 o(B. Animalis DSM 26074)	0.21	0.21	0.23	0.23	0.25	0.28	0.31	0.27	0.27	0.27	0.28	0.31
10 c (B. longum KMVD)	0.16	0.15	0.19	0.26	0.2	0.18	0.15	0.15	0.15	0.18	0.14	0.26
10 w (B. longum KMVD)	0.43	0.5	0.7	1.07	1.75	2.13	2.66	2.91	3.23	4.11	4.63	8.03
10 g(B. longum KMVD)	0.26	0.14	0.23	0.24	0.25	0.25	0.28	0.29	0.32	0.37	0.48	0.8
10 o (B. longum KMVD)	0.24	0.17	0.22	0.2	0.23	0.23	0.22	0.23	0.21	0.28	0.22	0.29
11c (B. bifidum KMVD)	0.15	0.17	0.18	0.17	0.2	0.2	0.23	0.23	0.23	0.25	0.29	0.36

11w(B. bifidum KMVD)	0.43	0.41	0.52	0.7	1.03	1.65	2.61	3.24	4.02	5.12	5.7	7.95
11g(B. bifidum KMVD)	0.17	0.3	0.14	0.16	0.17	0.19	0.18	0.23	0.22	0.31	0.29	0.7
11o(B. bifidum KMVD)	0.24	0.16	0.17	0.22	0.18	0.18	0.18	0.25	0.23	0.25	0.28	0.3
12c (L. rhamnosus ATCC 7469)	0.23	0.22	0.35	0.53	0.83	1.33	2.12	2.73	3	3.74	4.25	5.46
12w (L. rhamnosus ATCC 7469)	0.55	0.55	0.86	1.23	1.72	3.16	4.47	5.29	6.35	7.44	8.05	6.61
12g(L. rhamnosus ATCC 7469)	0.19	0.22	0.34	0.48	0.55	0.79	1.16	1.32	1.7	2.28	2.71	4.75
12o(L. rhamnosus ATCC 7469)	0.18	0.19	0.29	0.32	0.37	0.46	0.7	0.76	0.76	0.79	0.73	0.86
13c (L. casei DSMZ 20011)	0.21	0.21	0.22	0.27	0.33	0.37	0.44	0.5	0.6	0.84	0.81	3.48
13w (L. casei DSMZ 20011)	0.4	0.42	0.59	0.75	1.08	1.65	2.45	3.3	3.86	5.04	6.46	6.58
13g(L. casei DSMZ 20011)	0.21	0.21	0.22	0.21	0.26	0.27	0.37	0.39	0.37	0.58	0.7	3.2
13o(L. casei DSMZ 20011)	0.23	0.28	0.33	0.33	0.37	0.46	0.48	0.52	0.55	0.64	0.73	0.72
14c (L. delbrueckii KMVD)	0.19	0.17	0.18	0.23	0.18	0.24	0.26	0.29	0.25	0.25	0.27	0.23
14w(L. delbrueckii KMVD)	0.44	0.46	0.61	1.14	1.35	1.39	1.82	2.44	3.17	4.18	5.48	5.89
14g (L. delbrueckii KMVD)	0.23	0.24	0.29	0.28	0.27	0.31	0.35	0.4	0.36	0.39	0.5	1.78
14o (L. delbrueckii KMVD)	0.13	0.18	0.15	0.15	0.16	0.21	0.21	0.21	0.25	0.2	0.21	0.16
15c (E. coli KMVD)	0.23	0.31	0.58	0.87	0.97	1.09	1.14	1.16	1.14	1.11	1.17	1.09
15w (E. coli KMVD)	0.42	0.89	2.68	4.86	5.77	5.87	6.22	6.21	6.35	6.44	6.25	6.87
15g (E. coli KMVD)	0.23	0.29	0.55	0.97	1.14	1.3	1.34	1.48	1.42	1.5	1.53	1.61
15o(E. coli KMVD)	0.19	0.23	0.56	0.81	0.94	1	1.05	1.08	1.14	1.14	1.32	0.93
17c (Enterococcus faecalis KMVD)	0.25	0.3	0.52	0.68	1	1.22	1.53	1.84	2.06	2.66	3.02	4.08
17w (Enterococcus faecalis KMVD)	0.45	0.9	2.4	4.14	0.81	6.95	7.1	7.36	7.13	7.5	7.85	7.08
17g(Enterococcus faecalis KMVD)	0.16	0.26	0.39	0.64	0.89	1.2	1.52	1.67	2.01	2.32	2.66	3.4
17o(Enterococcus faecalis KMVD)	0.3	0.39	0.5	0.63	0.9	1.25	1.7	1.89	1.94	1.92	1.97	1.63
18c (L. gasseri DSMZ 20243)	0.38	0.48	0.77	1.26	1.83	2.4	3.19	3.75	4.91	6.24	6.72	6.62
18w (L. gasseri DSMZ 20243)	0.47	0.57	0.93	1.61	3.35	5.52	8.17	8.17	7.77	7.7	7.27	2.2
18g (L. gasseri DSMZ 20243)	0.23	0.22	0.34	0.67	1.16	1.21	2.73	3.52	4.54	5.14	5.19	5.04
18o (L. gasseri DSMZ 20243)	0.23	0.23	0.33	0.44	0.55	0.87	1.22	1.45	1.54	1.49	1.43	0.45
19c (E. coli K12 GM 2163)	0.25	0.22	0.29	0.39	0.59	0.62	0.75	0.71	0.81	0.76	0.81	1.57
19w (E. coli K12 GM 2163)	0.47	0.61	1.56	3.33	4.38	4.6	4.73	4.77	5.11	5.3	5.05	5.04
19G (E. coli K12 GM 2163)	0.15	0.12	0.18	0.28	0.4	0.47	0.54	0.61	0.65	0.6	0.61	0.62

19o (E. coli K12 GM 2163)	0.21	0.27	0.3	0.42	0.47	0.44	0.52	0.52	0.58	0.62	0.81	0.64
20c (L. delbrueckii subsp. lactis Milcom 596)	0.23	0.28	0.29	0.39	0.58	0.67	0.8	0.71	0.68	0.6	0.61	0.55
20w (L. delbrueckii subsp. lactis Milcom 596)	0.37	0.35	0.37	0.44	0.65	0.89	1.09	1.23	1.27	1.22	1.19	6.59
20 g (L. delbrueckii subsp. lactis Milcom 596)	0.17	0.14	0.2	0.33	0.37	0.63	0.7	0.84	0.83	0.73	0.7	4.81
20 o (L. delbrueckii subsp. lactis Milcom 596)	0.16	0.16	0.25	0.29	0.42	0.64	0.66	0.78	0.55	0.57	0.45	0.45
23c (L. helveticus DSM 20075)	0.18	0.21	0.23	0.29	0.29	0.29	0.29	0.27	0.36	0.24	0.24	0.25
23w (L. helveticus DSM 20075)	0.45	0.44	0.56	0.59	0.93	1.19	1.66	2.22	3.09	4.53	5.52	6.55
23g (L. helveticus DSM 20075)	0.16	0.13	0.18	0.18	0.24	0.39	0.45	0.53	0.67	0.96	1.23	3.89
23 o (L. helveticus DSM 20075)	0.16	0.13	0.19	0.18	0.21	0.2	0.2	0.16	0.24	0.18	1.18	0.17
24c (E. coli Nissle)	0.17	0.22	0.5	0.79	0.92	1.06	1.04	1.02	1	1.03	1.12	1
24w (E. coli Nissle)	0.43	0.92	3.38	5.14	5.88	6.15	6.15	6.19	6.21	6.15	6.44	6.8
24g (E. coli Nissle)	0.21	0.28	0.64	0.92	1.16	1.24	1.36	1.33	1.3	1.26	1.32	1.46
24o (E. coli Nissle)	0.17	0.27	0.57	0.79	0.9	1.04	1.06	1.1	1.12	1.11	1.11	1.11

Pokus/čas	0 (9:50)	1 (11:30)	2 (12:30)	3 (13:35)	4 (14:30)	5 (15:15)	6 (16:15)	7 (17:15)	8 (18:15)	9 (19:15)	58h
2c (B. bifidum ATCC 29521)	0.12	0.16	0.17	0.14	0.15	0.16	0.15	0.14	0.14	0.16	0.16
2w (B. bifidum ATCC 29521)	0.4	0.42	0.48	0.42	0.44	0.43	0.56	0.44	0.46	0.45	3.46
2g (B. bifidum ATCC 29521)	0.17	0.19	0.17	0.16	0.2	0.19	0.16	0.22	0.22	0.26	0.24
2o (B. bifidum ATCC 29521)	0.19	0.23	0.23	0.2	0.22	0.2	0.23	0.21	0.22	0.18	0.22
3c (B. bifidum DSM 20239)	0.21	0.21	0.2	0.28	0.21	0.22	0.21	0.22	0.22	0.2	0.23
3w (B. bifidum DSM 20239)	0.44	0.45	0.45	0.45	0.47	0.49	0.42	0.51	0.54	0.53	3.53
3g (B. bifidum DSM 20239)	0.34	0.44	0.32	0.29	0.27	0.26	0.21	0.29	0.32	0.25	0.33
3o (B. bifidum DSM 20239)	0.25	0.16	0.23	0.21	0.21	0.26	0.25	0.2	0.18	0.16	0.14
4c (B. longum subsp. longum ATCC 15707)	0.16	0.16	0.17	0.18	0.21	0.21	0.23	0.19	0.2	0.18	0.21
4w (B. longum subsp. longum ATCC 15707)	0.54	0.54	0.76	1.02	1.33	1.54	1.96	2.74	3.56	4.13	5.22
4g (B. longum subsp. longum ATCC 15707)	0.09	0.13	0.31	0.2	0.33	0.18	0.23	0.18	0.25	0.21	0.75

4o (B. longum subsp. longum ATCC 15707)	0.15	0.17	0.17	0.22	0.18	0.2	0.18	0.23	0.25	0.24	0.22
7c (B. longum infantis DSM 20088)	0.34	0.42	0.45	0.35	0.37	0.37	0.35	0.35	0.38	0.35	0.44
7w (B. longum infantis DSM 20088)	0.89	0.93	1.06	1	1.02	1.02	1.03	0.96	0.92	1.05	9.73
7g (B. longum infantis DSM 20088)	0.34	0.35	0.4	0.36	0.35	0.4	0.4	0.35	0.5	0.35	4.94
7o (B. longum infantis DSM 20088)	0.37	0.4	0.41	0.39	0.37	0.37	0.32	0.33	0.34	0.33	0.39
16c (L. helveticus DSMZ 20075)	0.22	0.29	0.44	0.25	0.21	0.22	0.23	0.23	0.26	0.23	0.27
16w (L. helveticus DSMZ 20075)	0.73	0.46	0.5	0.45	0.42	0.48	0.46	0.42	0.46	0.47	6.43
16g (L. helveticus DSMZ 20075)	0.15	0.18	0.25	0.14	0.17	0.15	0.16	0.21	0.21	0.16	3.56
16o (L. helveticus DSMZ 20075)	0.16	0.16	0.17	0.18	0.21	0.21	0.23	0.19	0.2	0.18	0.17