

# Využití probiotických mikroorganismů při výrobě fermentovaných mléčných výrobků

Zuzana Žižková

---

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zuzana ŽIŽKOVÁ**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
  
Téma práce: **Využití probiotických mikroorganismů při produkci fermentovaných mléčných výrobků**

Zásady pro vypracování:

Bakalářskou práci zpracujte formou literární rešerše. Zaměřte se na následující problémy:

1. Charakterizujte bakterie mléčného kvašení. Zaměřte se na jejich morfologické, fyziologické a biochemické znaky a tyto bakterie taxonomicky zařadte.
2. Zabývejte se také vztahy mezi bakteriemi mléčného kvašení.
3. Definujte pojem probiotické mikroorganismy a vyjmenujte mikroorganismy, které mezi ně řadíme. Stručně vysvětlete účinky těchto mikroorganismů na trávicí systém člověka.
4. Popište výrobu a vlastnosti fermentovaných mléčných výrobků a možnosti využití probiotických mikroorganismů při jejich výrobě.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HYLMAR,B. Výroba kysaných mléčných výrobků. SNTL, 1986.
2. ZBOŘIL,V. Mikroflóra trávicího traktu klinické souvislosti. Grada Publishing,a.s, 2005
3. VAUGHAN,E.E.,MOLLET,B. Probiotics in the new millennium. WILEY-VCH Verlag GmbH,D-69451 Weinheim 1999
4. TEPLÝ,M. Čisté mlékařské kultury – výroba, kontrola, použití. SNTL, 1984

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Leona Buňková, Ph.D.**  
Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **22. listopadu 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2008**

Ve Zlíně dne 12. května 2008

  
doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
*vedoucí katedry*

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce teoreticky popisuje výrobu zakysaných mléčných výrobků a možnosti využití probiotických kmenů při jejich výrobě. Definiuje pojem probiotické mikroorganismy a popisuje mechanismus účinku probiotik a prebiotik na lidské zdraví. Srovnává vhodnost konzumace zakysaných mléčných výrobků s probiotickými kulturami a probiotických preparátů. Charakterizuje bakterie mléčného kvašení a popisuje vlastnosti čistých mlékařských kultur.

Klíčová slova:

Probiotika, prebiotika, bakterie mléčného kvašení, fermentované mléčné výrobky.

**ABSTRACT**

This bachelor paper theoretical establish production fermented milk products and facilities make use of probiotics at dairy processing. Probiotic microorganisms are defined and mechanism of effect by probiotics and prebiotics for human health is described. Advisable of consumption fermented milk products with probiotic microorganisms and probiotic preparations is compared. Lactic acid bacteria are characterized and features of pure milk cultures are established.

Keywords:

Probiotics, prebiotics, lactic acid bacteria, fermented milk products.

**Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Leoně Buňkové, Ph.D., za pomoc a čas, který mi věnovala při zpracování zadaného tématu bakalářské práce. Za konzultaci a poskytnuté materiály bych ráda poděkovala i Mgr. Tereze Schejbalové z firmy Valosun a.s.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka)

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1.BAKTERIE</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Gramovo barvení bakterií</b> .....	<b>9</b>
<b>2.BAKTERIE MLÉČNÉHO KVAŠENÍ</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 Čisté mlékařské kultury</b> .....	<b>12</b>
2.1.1 Smetanová kultura.....	12
2.1.2 Jogurtová kultura.....	12
2.1.3 Acidofilní kultura .....	13
2.1.4 Bifidová kultura .....	14
2.1.5 Kefírová kultura .....	14
<b>2.2 Vlastnosti bakterií mléčného kvašení</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 Bakterie mléčného kvašení bez probiotických účinků</b> .....	<b>16</b>
2.3.1 Rod <i>Lactococcus</i> .....	16
2.3.2 Rod <i>Leuconostoc</i> .....	16
<b>2.4 Bakterie mléčného kvašení s probiotickými účinky</b> .....	<b>16</b>
2.4.1 Rod <i>Streptococcus</i> .....	16
2.4.2 Rod <i>Lactobacillus</i> .....	17
2.4.3 Rod <i>Bifidobacterium</i> .....	17
<b>3.MLÉKO</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 Složky mléka</b> .....	<b>19</b>
3.1.1 Sacharidy.....	19
3.1.2 Bílkoviny.....	19
3.1.3 Tuky .....	19
3.1.4 Minerální látky .....	19
3.1.5 Vitamíny.....	20
<b>4.VÝROBA ZAKYSANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1 Obecný postup výroby zakysaných mléčných výrobků</b> .....	<b>20</b>
4.1.1 Výběr mléka.....	20
4.1.2 Standardizace tuku a tukuprosté sušiny.....	21
4.1.3 Homogenizace mléka .....	21
4.1.4 Pasterace mléka.....	21
4.1.5 Chlazení na teplotu inokulace a samotná inokulace.....	23
4.1.6 Kultivace a zpracování kaogulátu .....	23
<b>4.2 Výroba zakysaných mléčných výrobků dle použitých kultur</b> .....	<b>23</b>
4.2.1 Výroba zakysaných mléčných výrobků s mezofilními bakteriemi mléčného kvašení .....	23
4.2.2 Výroba zakysaných mléčných výrobků s termofilními bakteriemi mléčného kvašení .....	24
<b>5.PREBIOTIKA</b> .....	<b>25</b>
<b>5.1 Definice prebiotik</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2 Charakteristika prebiotik</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3 Příznivé účinky prebiotik</b> .....	<b>27</b>
<b>5.4 Příklady prebiotik</b> .....	<b>27</b>
5.4.1 Vlákna .....	27

5.4.2	Laktulosa (4-O-beta-D-galaktopyranosyl-D-fruktóza).....	27
5.4.3	Inulin .....	28
<b>6.</b>	<b>PROBIOTIKA .....</b>	<b>28</b>
6.1	Definice probiotik .....	28
6.2	Přehled probiotik.....	29
6.3	Probiotické preparáty .....	29
6.4	Využití probiotik v chovech hospodářských zvířat .....	29
<b>7.</b>	<b>FYZIOLOGIE TRÁVICÍHO TRAKTU .....</b>	<b>30</b>
7.1	Fyziologie trávení a vstřebávání.....	30
7.1.1	Ústa .....	31
7.1.2	Hltan a jícen .....	32
7.1.3	Žaludek.....	32
7.1.4	Tenké střevo .....	33
7.1.5	Tlusté střevo .....	34
<b>8.</b>	<b>FYZIOLOGIE MIKROFLÓRY TRÁVICÍHO TRAKTU .....</b>	<b>34</b>
8.1	Struktura fyziologické mikroflóry .....	34
8.2	Funkce fyziologické mikroflóry.....	36
8.2.1	Mikrobiální bariéra proti patogenům a potenciálním patogenům .....	37
8.2.2	Tvorba produktů mikroflóry a jejich vliv na prokrvení střevní mukózy a motilitu .....	39
8.2.3	Stimulace imunitního střevního systému.....	39
8.2.4	Redukce bakteriální translokace.....	40
8.2.5	Produkce vitamínů .....	40
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>.....</b>	<b>42</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>.....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>.....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>

## ÚVOD

Dieteticko-léčebné účinky byly přisuzovány kysaným mléčným výrobkům odedávna. Na základě mikrobiologického výzkumu popsal Mečnikov, jako první příznivé účinky kmene *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, vyskytujícího se v jogurtu, při potlačování hnilobných bakterií tvořících toxiny v trávicím traktu. Tím se ještě poměrně dlouhou dobu vysvětlovala dlouhověkost lidí žijících na Balkáně konzumujících jogurt.

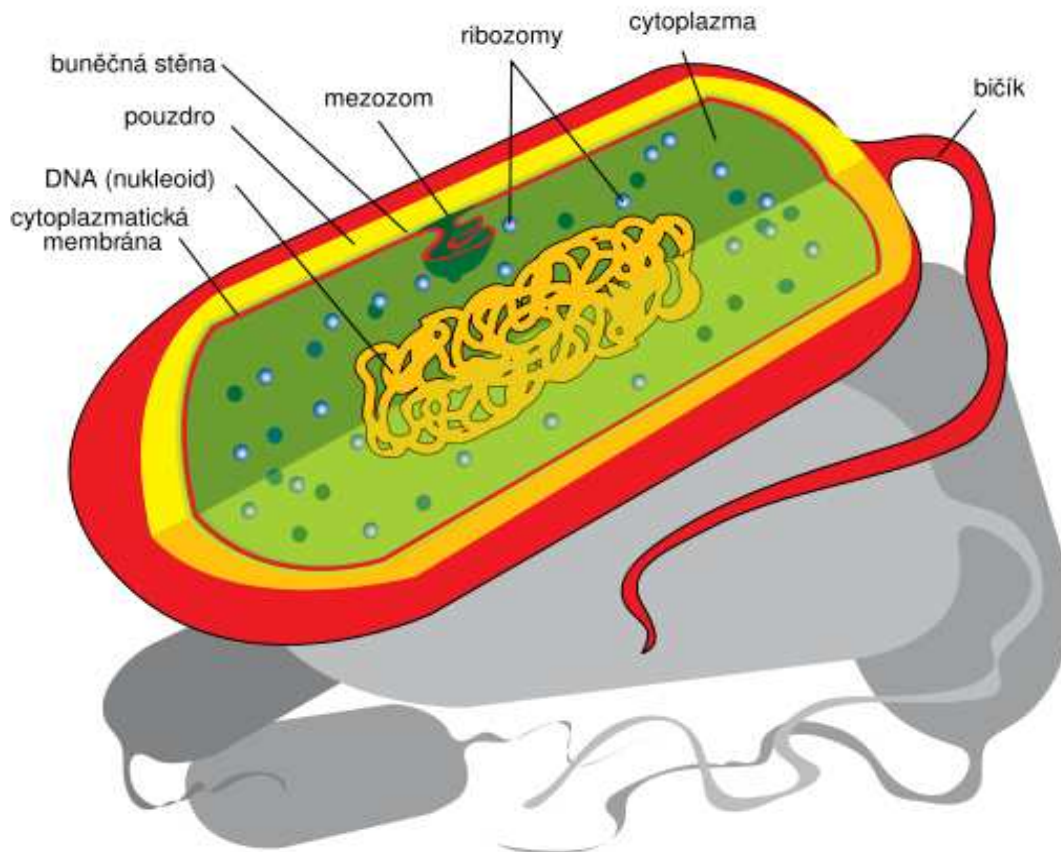
Ale v následujících letech, s postupujícím vědeckotechnickým postupem, byla tato teorie vyvrácena a bylo dokázáno, že zmiňovanou tyčinkou byl *Lactobacillus acidophilus*. Později byly dokázány probiotické účinky i u jiných kmenů bakterií a tyto se úspěšně využívají až do dnešní doby. V posledních několika letech stále stoupá obliba zakysaných mléčných výrobků s probiotickými kulturami a probiotických preparátů. Probiotika už neodmyslitelně patří k zdravému životnímu stylu velké části obyvatel a proto jsou velmi důležitou a dynamicky se vyvíjející součástí potravinářského průmyslu.



## 1 BAKTERIE

Bakterie jsou prokaryotické mikroorganismy. Jejich buňky jsou charakteristické přítomností peptidoglykanové buněčné stěny, nukleoidem, prokaryotickým typem ribozomů, DNA bez intronů, plazmidy a absencí klasického pohlavního rozmnožování. [6]

Bakterie jsou nejrozšířenější skupinou organismů na světě. Je možno je nalézt v půdě, vodě, ovzduší i, jakožto symbioty uvnitř a na povrchu mnohobuněčných organismů. [6]



Obr. 1. Prokaryotická buňka [6]

### 1.1 Gramovo barvení bakterií

Na základě Gramovy reakce se bakterie dělí na grampozitivní a gramnegativní. Rozdíl mezi oběma skupinami je v tom, že grampozitivní bakterie, jejichž buněčná stěna obsahuje silnou peptidoglykanovou vrstvu, která je vyztužena kyselinou teichoovou, [9]

po usmrcení, obarvení krystalovou violetí a mořením roztokem jodidu draselného zadržují komplex krystalové violeti a jodidu draselného v buněčné stěně a neodbarvují se organickými rozpouštědly (ethanol, aceton). [16] U gramnegativních bakterií, kde se buněčná stěna skládá z tenké vrstvy peptidoglykanu, bez teichoové kyseliny a z tzv. vnější membrány, jež obsahuje fosfolipidy, strukturní i enzymové proteiny, lipoproteiny a lipopolysacharidy, [9] je tento komplex vymyt z buněčné stěny a po dobarvení safraninem, nebo karbolfuchsinem se buňky zbarví červeně. [16]

Gramova reakce je důležitý diagnostický znak při určování druhů bakterií. [16]

## **2 BAKTERIE MLÉČNÉHO KVAŠENÍ**

Využívání přirozené mikroflóry mléka při přípravě zakysaných mléčných výrobků a sýrů má již velmi dlouhé trvání. Účinku divoké mikroflóry syrového mléka, která obsahuje i bakterie mléčného kvašení, se využívalo již před několika tisíci lety, a to nejdříve při domácí a později i při živnostenské výrobě kysaných mlék, másla a kyselých a později i sladkých sýrů. Toto využívání se zakládalo pouze na zkušenostech, získaných pozorováním účinků této přirozené mikroflóry. [10]

Syrové kravské mléko obsahuje řadu mikroorganismů, mezi něž patří kmeny bakterií mléčného kvašení, označované jako mikroorganismy divoké. Tyto způsobovaly přirozené, tj. samovolné zkysání mléka, nebo smetany. Výrobky tímto způsobem získané měly ovšem malou trvanlivost a značně kolísavou jakost. Příčinou bylo zejména velmi odlišné složení přírodní mikroflóry syrového mléka i obsah nežádoucích sporotvorných a hnilobných bakterií. Proto po objevení čistých kultur profesorem Storchem došlo k radikální změně celého mlékárenského průmyslu. [10]

Čisté mlékařské kultury jsou definovány jako klíčové výrobní prostředky, kterými se do suroviny (mléka, smetany, syrovátky), zbavené všech patogenních, nežádoucích a technologicky škodlivých mikroorganismů, zavádějí vybrané účelově zaměřené druhy specifických mikroorganismů, aby byla dosažena žádoucí jakost hotového výrobku. [10]

Bakterie mléčného kvašení jsou velmi významně rozšířeny v průmyslové výrobě fermentovaných výrobků a jako startovací kultury v mlékárenském průmyslu. [24]

Dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č.77/2003 sb. se kysaným mléčným výrobkem rozumí - mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmásli nebo

jejich směsi za použití mikroorganismů uvedených v tabulce č. 1, tepelně neošetřený po kysacím procesu. [19]

Tab. 1. Druhy a minimální počty živých mikroorganismů v kysaných mléčných výrobcích (Podle přílohy č. 2 k Vyhlášce Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb.) [19]

Druh výrobku	Použité mikroorganismy	Mléčná mikroflóra výrobku v 1 g
Acidofilní mléko	<i>Lactobacillus acidophilus</i> a další mezofilní, příp. termofilní kultury bakterií mléčného kvašení	$10^6$ <i>Lactobacillus acidophilus</i>
Jogurty*)	protosymbiotická směs <i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> a <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	$10^7$
Kysané mléko, vč. smetanového zákysu, podmáslí a kysané smetany	monokultury nebo směsné kultury bakterií mléčného kvašení	$10^6$
Kefír	zákys připravený z kefírových zrn, jehož mikroflóra se skládá z kvasinek zkvašujících laktózu <i>Kluyveromyces marxianus</i> i nezkvašujících laktózu <i>Sacharomyces unisporus</i> , <i>Sacharomyces cerevisiae</i> , <i>Sacharomyces exiguus</i> a dále <i>Leuconostoc</i> , <i>Lactococcus</i> a <i>Aerobacter</i> , rostoucí ve vzájemném společenství	bakterie mléčného kvašení $10^6$ a kvasinky $10^4$
Kefírové mléko	zákys skládající se z kvasinkových kultur rodu <i>Kluyveromyces</i> , <i>Torulopsis</i> nebo <i>Candida valida</i> a mezofilních a termofilních kultur bakterií mléčného kvašení v symbióze	bakterie mléčného kvašení $10^6$ a kvasinky $10^2$
Kysaný mléčný výrobek s bifidokulturou	<i>Bifidobacterium sp.</i> v kombinaci s mezofilními a termofilními bakteriemi mléčného kvašení	$10^6$ bifidobakterie

\*) U jogurtových výrobků mohou být kromě základní jogurtové kultury, přidávány kmeny produkující kyselinu mléčnou a pomáhající dotvářet specifickou chuťovou, nebo texturovou charakteristiku výrobku. Musí však být zachován optimální poměr obou základních kmenů jogurtové kultury. [19]

## 2.1 Čisté mlékařské kultury

### 2.1.1 Smetanová kultura

Smetanová kultura je kultura směsná, obsahuje druhy kyselinotvorné a aromatvorné (produkce diacetylu), obvykle v poměru 9 : 1. V praxi se využívá více typů smetanových kultur, které se vzájemně liší biochemickými vlastnostmi, např. aktivitou tvorby kyseliny mléčné, produkcí aromatických látek, citlivostí na vlivy prostředí i zastoupením jednotlivých druhů a kmenů mikroorganismů. Každý typ je vhodný pro jiný druh výrobku. [13]

Kyselinotvorná složka obsahuje: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, někdy i *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetillactis*.

Aromatvorná složka obsahuje: *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* a *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*. [13]

Pro dosažení plné kvality se smetanová kultura sestavuje z několika kmenů každého druhu, které se v biochemické aktivitě vzájemně doplňují. Nejdříve se rozmnožují laktokoky, které slabě proteolyzují kasein a uvolněnými aminokyselinami stimulují růst leukonostoků, tím se zajišťuje tvorba aroma v kultuře. [13]

Některé kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* produkují antibiotikum nisin. Této vlastnosti se využívá při výrobě Blaťáckého zlata a holandských sýrů. Tato kultura zlepšuje konzistenci sýrů a potlačuje klostridia způsobující máselné kvašení. [13]

Smetanová kultura se používá pro výrobu zakysaných mlék a smetan, zakysaného podmáslí, a k výrobě másla, tvarohů a sýrů [11]

Kultivace probíhá při teplotě 21 - 23°C, po dobu 16 - 20 hod, do titrační kyselosti 36 – 42 SH, s přídatkem inokula 1 %. [12]

### 2.1.2 Jogurtová kultura

Jogurtová kultura patří mezi směsné kultury. Obsahuje kmeny *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. Oba mikroorganismy žijí v symbióze. Na počátku zrání produkuje streptokok růstové látky, které stimulují růst laktobacilů nastávající později. Naopak laktobacily svou proteolytickou aktivitou uvolňují v mléce aminokyseliny a umožňují tak pokračování činnosti streptokoků po spotřebování důležitých aminokyselin v mléce. Tato symbióza také příznivě ovlivňuje tvorbu aroma,

jehož hlavní složkou je acetaldehyd. Nevýhodou kultury je značná citlivost bakterií *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* vůči inhibičním látkám. [13] *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* je natolik citlivý, že se používá jako testovací mikroorganismus při stanovení inhibičních látek (jogurtový test). [10]

Pro zlepšení funkčních vlastností jogurtů, bývá klasické složení jogurtové kultury různě pozměňováno. Odvozené kultury obsahují např. *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, popřípadě *Pediococcus acidilactici* a jeden, nebo oba původní druhy. [13]

Jogurtová kultura se využívá pro výrobu jogurtů a jogurtových nápojů. [12]

Kultivace probíhá při teplotě 42 - 45°C, po dobu 3,5 – 4,5 hod, do titrační kyselosti 42 – 50 SH, s přídatkem inokula 1 - 2 %. [12]

### 2.1.3 Acidofilní kultura

Acidofilní kultura je monokultura obsahující *Lactobacillus acidophilus*. Kultura vytváří velké množství kyseliny mléčné, produkuje inhibiční látky tlumící růst škodlivé mikroflóry, dále může produkovat antibiotika lactobacilin, acidophilin a byla prokázána tvorba vitamínu B12. *Lactobacillus acidophilus* patří mezi probiotické mikroorganismy. [13]

V současnosti se tato monokultura samostatně nevyužívá při výrobě zakysaných mléčných výrobků. Výsledný produkt má ostře kyselou, nearomatickou chuť, s hrubou sraženinou, která má sklon k oddělování syrovátky. Proto byla zavedena výroba acidofilního mléka, kde se vedle kmenů acidofilní kultury, zajišťujících dieteticko – léčebné funkce, vyskytují i kmeny smetanové kultury, jež zajišťují příznivé organoleptické vlastnosti finálního výrobku. Problémem této technologie, je společná kultivace mezofilní a termofilní kultury. Toto je řešeno oddělenou kultivací acidofilní a smetanové kultury a po uzrání smísením v poměru 1:9. [11]

Acidofilní kultura se používá pro výrobu acidofilního mléka a zakysaných mléčných výrobků obohacených o tuto probiotickou složku a pro výrobu mléka určeného ke krmným účelům. [13]

Kultivace probíhá při teplotě 37 °C, po dobu 8 - 16 hod, do titrační kyselosti 60 – 90 SH, s přídatkem inokula 1 % [12]

#### 2.1.4 Bifidová kultura

Bifidová kultura je monokulturou tvořenou bakterií *Bifidobacterium bifidum*. Tato kultura tvoří kyselinu mléčnou a značné množství kyseliny octové. Kultura bakterií *Bifidobacterium bifidum* je probiotikum, které bylo vyizolováno ze střevní mikroflóry zdravých kojenců. [13]

Díky vysoké produkci kyseliny octové, a tím zhoršenému sensorickému hodnocení, se používá v kombinaci s jogurtovou, nebo smetanovou kulturou. [13]

Bifidová kultura se využívá pro výrobu jogurtů, keřirových mlék, aj. obohacených o probiotickou složku. [11]

Kultivace probíhá při teplotě 37 - 40°C, po dobu 16 - 20 hod, do titrační kyselosti 40 – 65 SH, s přídavkem inokula 1 %. [12]

#### 2.1.5 Keřirová kultura

Keřirová kultura je směšná kultura, tvořená jak bakteriemi, tak i kvasinkami. Tato uměle sestavená kultura svým složením v podstatě odpovídá původní kultuře, připravené z keřirových zrn. Kultura používaná v ČR obsahuje zejména *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, leukonostoky, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*. [13] Z kvasinek jsou přítomny *Torulopsis lactis*, *Kluyveromyces fragilis* a *Candida keřyr*. [10] V kultuře mají silně převažovat laktokoky nad laktobacily a kvasinkami. Přibližný poměr má být 100 : 10 : 1. [13]

V kultuře probíhají dva základní biochemické procesy. Je to jednak mléčné kvašení vyvolané činností bakterií, jednak kvašení ethanolové způsobené kvasinkami. Ethanol vzniká v množství až 0,9 % za současné tvorby látek, které ovlivňují chuť keříru. Mezi přítomnou mikroflórou jsou symbiotické vztahy. Kyselinotvorné bakterie vytvářejí příznivé prostředí pro rozvoj kvasinek. Kvasinky rozkládají laktosu za vzniku ethanolu a CO<sub>2</sub> a současně produkují vitamíny, které mají opět význam pro růst bakterií mléčného kvašení. Při zrání keříru nastává také částečný rozklad mléčné bílkoviny, mléčný tuk zůstává nezměněn. [13]

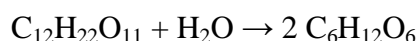
Používá se pro výrobu keřírového mléka.

Kultivace probíhá při teplotě 18 - 23°C, po dobu 12 - 16 hod, do titrační kyselosti 45 – 60 SH, s přídavkem inokula 3 – 5 %. [12]

## 2.2 Vlastnosti bakterií mléčného kvašení

### ZKVAŠOVÁNÍ LAKTOSY

Základním biochemickým pochodem zajišťovaným čistými mlékařskými kulturami při výrobě zakysaných mléčných výrobků je anaerobní proces přeměny sacharidů na kyselinu mléčnou, katalyzovaný celým komplexem enzymů. Při fermentaci laktosy se musí tento disacharid nejprve hydrolyzovat na monosacharidy glukosu a galaktosu, činností enzymu  $\beta$ -galaktosidasy, vytvořené bakteriemi mléčného kvašení. Všeobecně je možno vyjádřit tento pochod rovnicí: [11]



Proces přeměny jednoduchého sacharidu glukosy na kyselinu mléčnou probíhá takto: Molekula glukosy fosforylací a izomerací přechází na, fruktosa-1,6-bisfosfát, který se vlivem aldolasy štěpí na dva triosafosfáty, a to glyceraldehyd-3-fosfát a dihydroxyaceton-fosfát. Glyceraldehyd-3-fosfát se působením příslušné dehydrogenasy oxiduje a vzniká 1,3-bisfosfoglycerát. V důsledku defosforylace a enolizace se tvoří pyruvát (kyselina pyrohroznová). [11] Pyruvát je pak dále metabolizován za anaerobních podmínek. Cílem jeho přeměny je vždy současná přeměna redukovaného kofaktoru (NADH) ve formu schopnou dehydrogenovat další molekulu substrátu při glykolýze (v  $\text{NAD}^+$ ). [9]

- homofermentativní – pyruvát vzniklý glykolýzou je redukován za součinnosti redukovaného kofaktoru v laktát, tj. anion kyseliny mléčné;
- heterofermentativní – heterofermentativní mléčné bakterie neobsahují aldolasu, tj. glykolytický enzym štěpící hexosa-1,6-bisfosfát ve dva triosafosfáty. Proto převádějí hexosy oxidačním mechanismem hexosafosfátového zkratu v pentosa-5-fosfát a oxid uhličitý. Za součinnosti anorganického fosfátu se pak enzymově štěpí pentosa-5-fosfát v acetylfosfát a v glyceraldehyd-3-fosfát. Z acetylfosfátu vzniká za součinnosti redukovaného kofaktoru ethanol. Glyceraldehyd-3-fosfát je glykolýzou přeměněn v pyruvát a pak v laktát. Tím vzniká z hexosy ekvimolekulární množství oxidu uhličitého, ethanolu a laktátu. [9]

## 2.3 Bakterie mléčného kvašení bez probiotických účinků

### 2.3.1 Rod *Lactococcus*

Skupina  $G^+$  fakultativně anaerobních, mezofilních, homofermentativních koků, produkujících kromě kyseliny mléčné i malé množství diacetylu, jež způsobuje typické aroma.[12]

*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* – tyto kmeny jsou přítomny v klasických smetanových kulturách, dále jsou součástí mikroflóry sýrařských kultur netvořících aroma.[12]

*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* – součást kyselinotvorné složky všech typů základních smetanových kultur, používaných mlékařské výrobě. Tvoří kyselinu mléčnou i malé množství aromatických látek a některé kmeny tvoří nisin (v potravinářství a zejména pak v sýrařství používané antibiotikum). [12]

*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* – společně s kmeny leukonostoků tvoří aromatvornou složku smetanových kultur. Mimo kyselinu mléčnou tvoří diacetyl, kyselinu octovou a oxid uhličitý. Při štěpení kyseliny citronové dochází k tvorbě acetoinu a dalších aromatických látek. Tyto kmeny lze použít jako aromatvornou monokulturu i jako součást směsných základních kultur pro výrobu kysaných mléčných výrobků, másla, speciálních druhů sýrů i k výrobě šlehaného podmáslí. [12]

### 2.3.2 Rod *Leuconostoc*

$G^+$  fakultativně anaerobní, mezofilní, heterofermentativní koky. *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* tvoří aromatickou součást mikroflóry základních smetanových kultur. Mléko srážejí velmi pomalu, při nižším pH tvoří aromatické látky. Při společné kultivaci s kmeny *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* je podporován růst základní kultury. Tvoří organické kyseliny, oxid uhličitý a ethanol. *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextranicum* v přítomnosti sacharosu vytváří slizovitá pouzdra (dextransy), čímž vzniká charakteristická táhlovitá konzistence koagulátu. [12]

## 2.4 Bakterie mléčného kvašení s probiotickými účinky

### 2.4.1 Rod *Streptococcus*

Druhy tohoto rodu patří mezi fakultativně anaerobní,  $G^+$  koky, charakteristické silnou tvorbou kyseliny mléčné. Zařazují se mezi homofermentativní mléčné bakterie. [9]



*Streptococcus* species není typicky spojován s prospěchem pro zdraví, [26] tento rod totiž zahrnuje řadu patogenních druhů, které způsobují hnisavá onemocnění, spálu, angínu, aj. Z potravinářského hlediska je důležitým zástupcem *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* s optimální teplotou 40 až 45 °C, je součástí zákysů při výrobě jogurtů a sýrů ementálského typu. [9]

#### **2.4.2 Rod *Lactobacillus***

Zahrnuje rozmanitou skupinu G<sup>+</sup>, fakultativně anaerobních, katalasa negativních, nesporulujících tyčinek. Tyto mléčné bakterie jsou typicky chemoorganotrofní, zkvašují cukry za vzniku kyseliny mléčné, jako hlavního produktu. [25] Některé druhy jsou homofermentativní a tvoří kyselinu mléčnou jako hlavní produkt metabolismu. Mezi tyto kmeny patří: [9]

*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* – součást mikroflóry keřirových a silážních kultur.

*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* – používá se samostatně, nebo jako součást mikroflóry směsných jogurtových kultur

*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* – doplňková kultura při výrobě sýrů s vysokodohřívanou sýřeninou, osvědčují se i jako součást mikroflóry sýrů měkkých

*Lactobacillus acidophilus* – v mlékárenském průmyslu se používá zejména k výrobě acidofilního mléka, podmásli a smetany, nebo jako součást výrobků jogurtového typu. [12]

Jiné kmeny jsou charakteristické heterofermentativním zkvašováním laktosy. [9] Konečnými produkty jejich metabolismu je kyselina mléčná, oxid uhličitý, ethanol a jiné organické kyseliny [25]. Mezi tyto kmeny patří:

*Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus brevis* [9]

#### **2.4.3 Rod *Bifidobacterium***

Bakterie rodu *Bifidobacterium* jsou striktně anaerobní, G<sup>+</sup>, nesporulující, granulované, variabilní tyčinky, heterofermentativně zkvašující laktosu, za tvorby kyseliny mléčné a kyseliny octové, syntetizující vitamíny a produkující zdraví prospěšné mastné kyseliny s krátkým řetězcem. Spolu s *Bacteroides* species tvoří predominantní mikroflóru v kolon. V kojeneckém věku tvoří až 95 % populace, osídlující tlusté střevo. *Bifidobacterium*

species příznivě působí při průjmech (cestovatelské, po užívání antibiotik) S postupujícím věkem, účinkem antibiotik, či jiných toxických látek, může počet bifidobakterií výrazně klesat. Toto je možno zlepšit konzumací zakysaných mléčných výrobků obsahujících bifidovou kulturu. [26] Jako probiotikum se v potravinářství využívají kmeny:

*Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*. [9]

Starší a už neplatné názvosloví bylo konfrontováno se zdrojem [22] a upraveno dle nejnovějšího názvosloví.

### 3 MLÉKO

Mléko je pravý sekret mléčné žlázy savců získaný úplným a správným vydojením, v období laktace. Na konci gravidity a v období 7 – 10 dní po porodu mléčná žláza produkuje mlezivo (*kolostrum*) tzv. nezralé mléko. [17]

Mléko je velmi složitý polydisperzní systém, ve kterém kaseinové molekuly tvoří micelární disperze, globulární bílkoviny syrovátky koloidní disperze, tuk přítomný ve formě tukových kuliček (mléčných mikrosomů) tvoří emulzi, částice lipoproteinů koloidní suspenzi, nízkomolekulární látky (sacharidy – laktosa, aj., volné aminokyseliny, minerální látky, ve vodě rozpustné vitamíny) tvoří pravý roztok. Typické zbarvení souvisí s rozptylem a absorpcí světla na tukových částicích a micelách kaseinů. [7]

Tab. 2. Složení kravského mléka [15]

kravské mléko		
základní složky	voda (%)	86 - 89
	bílkoviny (%)	3,5
	tuk (%)	3,7
	sacharidy (%)	4,9
	energie (kcal/l)	660
Minerální látky / stopové prvky	vápník (mg/l)	1200
	hořčík (mg/l)	120
	fosfát (mg/l)	940
	zinek (mg/l)	3,4

### 3.1 Složky mléka

Voda (průměrně 88 %)

Voda se ve mléce vyskytuje ve formě vody volné (disperzní prostředí pro ostatní složky mléka) a vázané (mechanicky a chemicky) [17]

Sušina (průměrně 12 %). Tvoří ji:

#### 3.1.1 Sacharidy

Ze sacharidů se ve mléce vyskytuje laktosa a v nepatrném množství její štěpné produkty glukosa a galaktosa, dále pak kvasný produkt laktosy – kyselina mléčná. Laktosa se vyznačuje nízkou sladivostí a dobrou stravitelností (až 99 %) [17]

#### 3.1.2 Bílkoviny

V mléce se nachází velmi vhodná směs dvou skupin bílkovin, která umožňuje dokonalé využití všech aminokyselin. Mezi bílkovinami převládá kasein v množství 2,5 %. [17] Kasein je skupina fosfoproteinů. Tři hlavní složky,  $\alpha_{s1}$ -kasein,  $\beta$ -kasein a  $\kappa$ -kasein, jsou doplněny malým množstvím  $\gamma$ -kaseinu. Vzájemně se kaseiny značně liší primární strukturou, např. obsahem prolinu, leucinu a sirných aminokyselin. [8] V sérových bílkovinách mléka, představují asi 0,6 %, se nachází  $\alpha$ -laktalbumin a  $\beta$ -laktglobulin, což jsou složením snad nejvhodnější bílkoviny vůbec. [17]

#### 3.1.3 Tuky

Mléčný tuk se ve mléce vyskytuje ve formě tukových kuliček. Hlavní podíl lipidů v tukových kuličkách tvoří triglyceridy, malé množství lipidů je ve formě fosfolipidů a sterolů v membráně tukových kuliček. Mléčný tuk je až z 99 % využitelný a z hlediska výživy je i jedním z nejvýhodnějších. Obsahuje i esenciální mastné kyseliny [17] (kyselina arachidonová, linolová, linoleová). [7] Obsah cholesterolu je poměrně malý (průměrně 120 mg/l). [17]

#### 3.1.4 Minerální látky

Mléko je zejména donátorem vápníku, fosforu a draslíku. Poměr mezi vápníkem a fosforem je v mléce ideální 1 : 1,3. Vápník se z mléka snadno resorbuje. Při konzumaci zakysaných mléčných výrobků se resorbce vápníku může až zdvojnásobit. [17]

### 3.1.5 Vitamíny

Mléko obsahuje vitamíny rozpustné jak ve vodě, tak v tuku. Je velmi důležitým zdrojem ve vodě rozpustného vitamínu B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub> a poměrně dobrým zdrojem vitamínu B<sub>1</sub> a B<sub>6</sub>. Mléko také obsahuje poměrně vysoké množství v tuku rozpustného vitamínu A i jeho prekurzoru karotenu. V zanedbatelných množstvích se vyskytují vitamín C, D, K a E. [17]

## 4 VÝROBA ZAKYSANÝCH MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

Finální jakost kysaných mléčných výrobků, která je v podstatě určena chutí, vůní, reologickými vlastnostmi, minimálním uvolňováním syrovátky a dostatečnou trvanlivostí, je ovlivňována řadou faktorů. Rozhoduje zde kvalita mléka použitého jako surovina k výrobě, jeho standardizace i druhy a kmeny použitých kultur. Podstatný vliv na jakost, zejména reologické vlastnosti kysaných mléčných výrobků, má vlastní technologický postup výroby. [11] Technologický postup výroby zakysaných mléčných výrobků, je popsán schématem (viz obrázek č. 2)

### 4.1 Obecný postup výroby zakysaných mléčných výrobků

#### 4.1.1 Výběr mléka

*Požadavky na mléko pro výrobu zakysaných mléčných výrobků*

Mléko má být čisté, získané od zdravých dojnic, neporušené přidáním jakýchkoliv cizích látek, nebo odebráním tuku.

Z dodávky se vylučuje:

- mléko od dojnic, jejichž zdravotní stav nezaručuje podle rozhodnutí veterinárního lékaře nezávadnost mléka pro lidskou výživu a mlékárenské ošetření a zpracování;
- mléko od dojnic léčených antibiotiky, nebo jinými léčivými, nebo radioaktivními látkami, které způsobují změny jakosti mléka;
- mléko od dojnic, které byly krmené krmivem nepříznivě ovlivňujícími složení a vlastnosti mléka;
- mléko s přidavkem cizích látek (dezinfekčních prostředků, antibiotik, chemikálií jakékoliv povahy, vody, ...). [19]

Při smyslovém hodnocení má být mléko bílé až nažloutlé, bez usazenin, vloček, a hrubých nečistot, s chutí a vůní čistě mléčnou bez cizích příchutí a pachů.

Syrové kravské mléko musí obsahovat co nejmenší celkový počet mikroorganismů (méně než  $10^5$ /ml při 30 °C), mezofilních aerobních a fakultativně anaerobních mikroorganismů, somatických buněk. [19]

#### **4.1.2 Standardizace tuku a tukuprosté sušiny**

Úprava obsahu tuku se provádí úplným, nebo částečným odsmetaňováním plnotučného mléka na odstředivkách a následným smísením mléka o různé tučnosti na požadovanou tučnost. Vyrábí se produkty o různých tučnostech, od nízkotučných až po smetanové. [11]

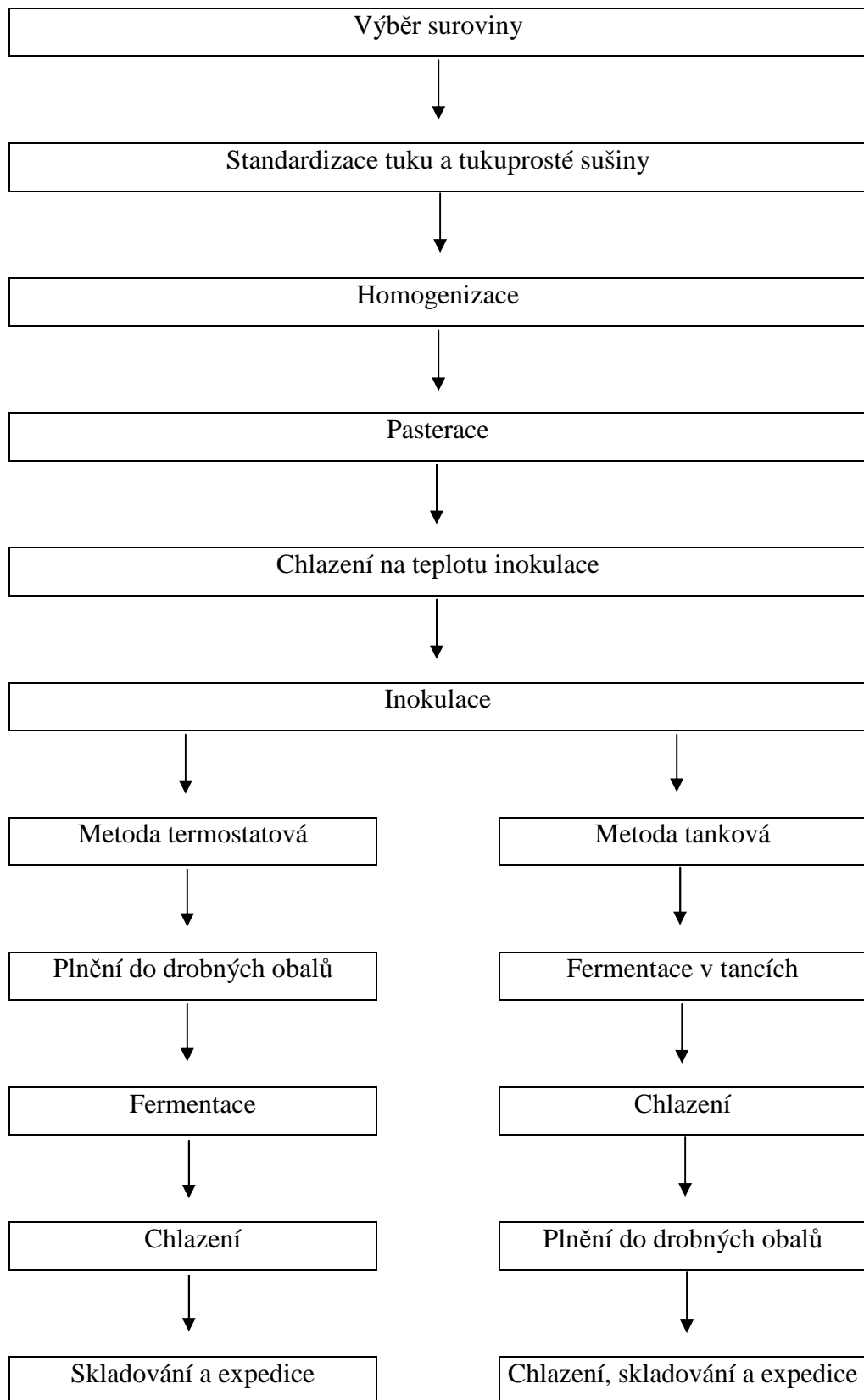
Na jakost koagulátu má vliv zejména obsah sušiny. K úpravě sušiny mléka se používá odpařování, přídavek odstředěného sušeného mléka, odpuštění části syrovátky po vytvoření koagulátu, membránová filtrace a přídavek kaseinátu sodného, jež zvýší i obsah bílkovin v poměru k laktose. [11]

#### **4.1.3 Homogenizace mléka**

Mléko se homogenizuje v homogenizátoru tlakem 10 – 20 MPa při teplotě 55 – 65 °C. Homogenizací se rozbíjí tukové kuličky, které jsou chráněny obalovou vrstvou tvořenou proteiny, fosfolipidy a neutrálními glycidy, z velikosti 1 – 5  $\mu\text{m}$  na menší částice. [21] Tím se zvětší plocha tukových kuliček, což vede ke zlepšení stability koagulátu a odstranění, nebo zmenšení vyvstávání tuku na povrchu výrobku. [11]

#### **4.1.4 Pasterace mléka**

Cílem tepelného ošetření mléka je nejen zničit nežádoucí mikroflóru, ale také zlepšit vlastnosti mléka pro výrobu zakysaných mléčných výrobků a vytvořit živné prostředí pro bakterie mléčného kvašení, které se přidávají ve formě zákysů čistých mlékařských kultur. [11] Nejčastěji využívaná, je vysoká pasterace využívající teploty 80 – 85 °C / 30 min, nebo 90 – 95 °C / 5 min, kdy dochází k denaturaci sérových bílkovin, jež poté mohou asociovat s kaseinovými micelami, čímž vzniká pevnější sraženina. [21] Vysokou pasterací také dochází k inaktivaci přirozených inhibičních látek mléka, jako jsou jednotlivé druhy lakteninů, především laktoperoxidasový systém a aglutininy, zvyšuje se aktivita čistých mlékařských kultur, tím, že se snižuje oxidoredukční potenciál. Dále se snižuje kyselost, vytvářejí se mravenčnany z laktosy, aj. Všechny tyto jevy mají za následek zlepšení reologických vlastností zakysaných mléčných výrobků. [11]



Obr. 2. : Obecné schéma výroby zakysaných mléčných výrobků [17]

#### **4.1.5 Chlazení na teplotu inokulace a samotná inokulace**

Mléko, nebo mléčná směs připravená k očkování se vytemperuje na teplotu inokulace, která je dána druhem použité kultury a technologickým postupem výroby. Poté se zaočkuje připravenou kulturou, nejčastěji ve formě provozního zákysu. Naočkované mléko se musí důkladně promíchat, aby se kultura dobře rozptýlila do celého obsahu, jinak větší kousky kultury vyvstávají na povrch mléka a způsobují místní překysání a nepravidelné srážení koagulátu. Důležitou podmínkou je dodržování mikrobiologické čistoty v průběhu celého výrobního procesu. [11]

#### **4.1.6 Kultivace a zpracování koagulátu**

Metoda termostatová

Při termostatové metodě se inokulované mléko přímo plní do spotřebitelských obalů a poté ve zracích komorách dochází k fermentaci výrobku po přesně stanovenou dobu. Po dosažení optimální kyselosti zakysaných mléčných výrobků nastupuje chlazení na teplotu, při které se omezí činnost všech enzymů, takže je možné výrobky po určitou dobu skladovat.

Metoda tanková

Inokulované mléko, se při tankové metodě napouští do vyhřívaných zracích tanků, kde probíhá samotná fermentace. Těsně před dosažením optimální kyselosti, se koagulát šetrně rozmíchá, případně se smísí s ochucujícími složkami a plní do spotřebitelských obalů. Po tento čas stále probíhá fermentace. Poté se vychladí na teplotu 2 – 5 °C, kterou se proces fermentace zastaví. Následuje expedice. [11]

### **4.2 Výroba zakysaných mléčných výrobků dle použitých kultur**

#### **4.2.1 Výroba zakysaných mléčných výrobků s mezofilními bakteriemi mléčného kvašení**

- Konzumní kysané mléko

Při výrobě konzumních kysaných mlék, se homogenizované a pasterované mléko vytemperuje na 21 – 23 °C, zaočkuje základní smetanovou kulturou, nechá se zrát 16 – 20 h do titrační kyselosti 38 – 42 SH. Po skončení zrání se plní do obalů a chladí pod 10 °C. [17]

- Kysaná smetana

Při výrobě kysané smetany, se sladká smetana s upraveným obsahem tuku homogenizuje a pasteruje, poté se vytemperuje na 18 – 20 °C, zaočkuje 2 – 4 % inokula. Zaočkovaná smetana zraje 16 – 20 h, do titrační kyselosti 28 – 35 SH. Kysaná smetana se za stálého míchání ochlazuje na teplotu 4 – 8 °C [11]

- Kysané podmáslí

Výrobou kysaného podmáslí, se zhodnocuje vedlejší produkt při výrobě másla – podmáslí. U podmáslí ze zakysané, nebo polozakysané smetany, které obsahuje mikroflóru základní kultury použité pro fermentaci smetany, se nechá podmáslí při teplotě 18 – 20 °C prokysat do titrační kyselosti 30 SH a vychladí se na 5 – 7 °C. [17]

- Kysané mléko se zvýšeným obsahem sušiny

Při výrobě kysaných mlék se mléko po šetrné pasteraci standardizuje, tak že odpařením, nebo přidavkem sušeného mléka se zvýší obsah tuku a tukuprosté sušiny. Zahuštěné mléko se homogenizuje a znovu pasteruje, vysokou pasterací. Po vychlazení na teplotu inokulace se zaočkuje 1 – 1,5 % smetanové kultury. Poté probíhá zrání při teplotě 20 – 23 °C, po dobu 14 – 18 h, do titrační kyselosti 50 SH. Následně se zchladí pod 10 °C. [11]

#### 4.2.2 Výroba zakysaných mléčných výrobků s termofilními bakteriemi mléčného kvašení

- Jogurty a jogurtové výrobky

Fermentace jogurtů a jogurtových výrobků probíhá pomocí klasických jogurtových kultur, nebo s použitím kultur doplněných o druhy zvyšující odolnost vůči inhibičním látkám (*Pediococcus acidilactici*), nebo zvyšující dieteticko – léčebné účinky (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* species). Fermentace standardizované, homogenizované a vysokopasterované směsi probíhá buď metodou termostatovou, obvykle 3 – 3,5 h, při teplotě 42 – 45 °C, nebo tankovou metodou, obvykle 16 – 18 h při 30 °C.[17]



- Acidofilní mléko

Při výrobě acidofilního mléka se zhomogenizové a pasterované mléko rozdělí na 10 dílů. 9 dílů mléka se vychladí na teplotu inokulace 21 – 23 °C, zaočkuje 1 – 1,5 % smetanové kultury a kultivuje 15 – 19 h do titrační kyselosti 36 – 40 SH. 1 díl mléka se vychladí na 37 °C, zaočkuje 1 % acidofilní kultury a kultivuje se 12 – 15 h do titrační kyselosti 70 – 90 SH. Po dosažení požadovaných kyselostí se obě sraženiny rozmíchají a poté se šetrně, ale intenzivně promísí. Pro získání jemné sraženiny finálního výrobku se provádí homogenizace směsi sraženin. Následně se acidofilní mléko vychladí pod 10 °C. [11]

- Kysané mléčné výrobky obsahující kulturu *Bifidobacterium bifidum*

Tyto výrobky se vyrábí z homogenizovaného a pasterovaného mléka. Mléko vytemperované na teplotu 40 – 42 °C, se očkuje 6 % inokula a nechá se 3 ¼ h prokysat, poté se zchladí pod 10 °C. [11]

Počet živých mikroorganismů, který by měl být přítomen v probiotickém výrobku je předmětem rozsáhlých diskusí, ale obvykle se vyžaduje alespoň  $10^6 - 10^8$  CFU / ml. [3]

## 5 PREBIOTIKA

Mikroflóra trávicího traktu je tvořena komplexem mikroorganismů, které tvoří nedílnou a biologicky rozmanitou komponentu celého organismu. Přirozená mikroflóra trávicího traktu hostitele je konfrontována s dietními návyky, léky, stresem a faktory zevního prostředí, které následně modifikují její definitivní podobu. Hlavním přínosem vyvážené střevní mikroflóry pro hostitele je zajištění rezistence vůči kolonizaci. Mikroflóra trávicího traktu tvoří v organismu zvláštní ekosystém s metabolickou aktivitou, který má úzký vztah ke zdraví a nemoci. [4]

Obnovení přirozené skladby mikroflóry v zažívacím traktu je možné mimo jiné užitím neživých stimulátorů bakteriálního růstu, tzv. prebiotik. [4]

### 5.1 Definice prebiotik

Prebiotika jsou nestravitelné potravní doplňky podávané perorálně, které pozitivně ovlivňují hostitele selektivní stimulací růstu a/nebo aktivity jednoho nebo omezeného počtu bakterií v tlustém střevě a současně mohou přímo i nepřímo inhibovat růst a

metabolickou aktivitu nedominantní složky digestivní mikroflóry, tak že zlepšují proces trávení a z dlouhodobého hlediska i zdraví člověka. [3]

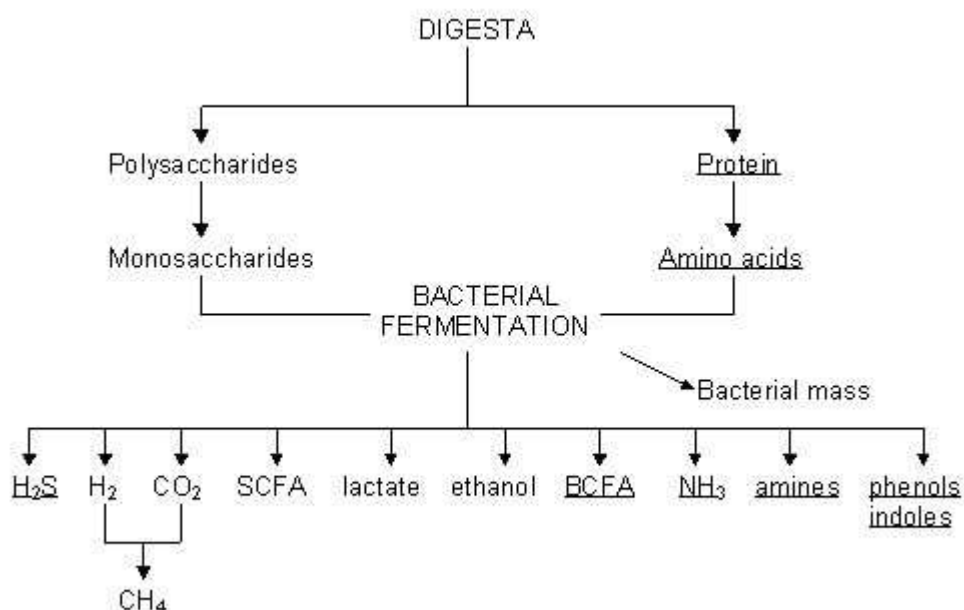
## 5.2 Charakteristika prebiotik

Prebiotika jsou látky na bázi nevstřebatelných substancí, které nesmí být degradovány v horních částech trávicího traktu. Musí mít takovou charakteristiku, aby se relativně nezměněny dostaly do tlustého střeva a tam byly využity jen určitými druhy bakterií. [4]

Chemicky se jedná o značně širokou skupinu, k níž patří:

- fruktooligosacharidy a inulin;
- transgalaktosylované oligosacharidy;
- xylooligosacharidy;
- laktulosa;
- manooligosacharidy;
- některé polysacharidy. [5]

V tlustém střevě, účasti fyziologické mikroflóry, dochází k rozkladu sacharidů a proteinů dle následujícího schématu.



Obr. 3. Schéma rozkladu sacharidů a proteinů intenzivní mikroflórou [5]

Digesta .... trávení

SCFA .... mastné kyseliny s krátkým řetězcem

BCFA .... mastné kyseliny s rozvětveným řetězcem

Prebiotika se obecně vyskytují v přírodních rostlinných potravinách, např. v cibuli, česneku, artyčocích, čekance, fazolích, hrachu a v malé míře i v obilovinách. [4]

### **5.3 Příznivé účinky prebiotik**

Prebiotika specificky účinkují na mikroflóru trávicího traktu, tím napomáhají k odstranění zácpy, snížení flatulence, snížení střevního pH, upravení rovnováhy mikroflóry trávicího traktu, snížení hladiny cholesterolu, snížení rizika rakoviny tlustého střeva, zlepšení imunitního systému, zlepšení střevní mikroflóry dětí, aj.. [5]

Mechanismus působení prebiotik a probiotik bude společně vysvětlen v kapitole Funkce fyziologické mikroflóry, které pro ujasnění pojmů předchází kapitola fyziologie trávicího traktu.

Prebiotika lze s výhodou přidávat i do krmné dávky hospodářských zvířat. V trávicím traktu zvířat po podání prebiotik dochází k pozitivnímu ovlivnění rovnováhy intestinální mikroflóry, ke snížení podílu hnilobných sloučenin ve výkalech, a tím i ke snížení nežádoucího zápachu odpadních produktů živočišné výroby. [3]

### **5.4 Příklady prebiotik**

#### **5.4.1 Vlákna**

Základem prebiotik jsou přirozená potravinová prebiotika, především vlákna. Pod tímto pojmem je definována složka potravy, především rostlinného původu, která není rozkládána enzymy trávicího traktu. Nejedná se o jednu látku, nýbrž chemicky značně rozsáhlou skupinu, která se dělí na vlákninu rozpustnou (necelulózové a jiné polysacharidy, pektin, hemicelulóza) a nerozpustnou (lignin) [4]

#### **5.4.2 Laktulosa (4-O-beta-D-galaktopyranosyl-D-fruktóza)**

Laktulosa byla poprvé užitá v roce 1964, v současné době je nejdéle známým prebiotikem. Laktulosa je osmoticky působící neresorbovatelný disacharid, který je až v kolon bakteriální flórou štěpen na nízkomolekulární látky kyselé povahy. Laktobacily a

bifidobakterie hydrolyzují laktulosu velmi snadno oproti jiným střevním bakteriím (*E.coli*, *Bacteroides fragilis*) [4]

### 5.4.3 Inulin

Inulin je polymer fruktooligosacharidů, který se přirozeně nachází v zelenině, jako je pórek, cibule a česnek, ve větším množství je pak spolu s dalším fruktooligosacharidy v artyčoku a čekance, odkud se také získává pro použití do různých potravinových doplňků. [4]

## 6 PROBIOTIKA

### 6.1 Definice probiotik

Probiotika jsou živé mikrobiální doplňky potravy, které příznivě ovlivňují mikrobiální rovnováhu trávicího traktu a působí ve prospěch hostitele. [6]

Zároveň je definice doplněna požadavky pro jejich léčebné využití:

- zárodky musí být jasně definovány;
- musí být zaručena jejich čistota;
- musí být vyloučeny faktory patogenity, především tvorba enterotoxinů a cytotoxinů, enteroinazivita, hemolýza a sérorezistence. [4]

Podmínkou je, že probiotické mikroorganismy musí odolávat silně kyselému prostředí v žaludku, trávicím enzymům, peristaltice střev, interakcím s jinými bakteriemi, aj., tak aby se v životaschopném stavu dostaly do tlustého střeva a to mohly kolonizovat. [18]

Eubiotika trávicího traktu jsou buď živé bakteriální kultury, nebo jejich metabolické produkty mléčného kvašení, které příznivě působí ve prospěch hostitele. [4]

Synbiotika představují skupinu směsi prebiotik a probiotik. Tato skupina se jeví, jako léčebně velmi perspektivní, zejména ve snaze připravit preparáty tak, aby prebiotikum představovalo obal orální formy, do kterého je vloženo probiotikum. [4]

## 6.2 Přehled probiotik

- Skupina laktobacilů a bifidobakterií;
  - Jiné (*Streptococcus salivarius*, *Saccharomyces boulardii*, laktokoky, enterokoky).
- [4]

První výroba fermentovaných mléčných výrobků obsahujících probiotické mikroorganismy se uskutečnila v Japonsku ve dvacátých letech 20. století, k výrobě bylo použito bakterií *Lactobacillus acidophilus* a *Lactobacillus casei*. [3]

## 6.3 Probiotické preparáty

K výrobě pevných forem (tablet, tobolek, sáčků) se používají probiotické bakterie v lyofilizované formě, která zaručuje jejich větší stabilitu. Stabilita může být nadále zvýšena tzv. enkapsulací, kdy se probiotické bakterie „obalí“ vhodným činidlem. Forma tablet není příliš ideální, jelikož vysoké tlaky používané v tabletovacích lisech probiotika ničí. Tvrdé želatinové (nebo celulósově) tobolky se používají nejčastěji. Problémem je jejich rozpuštění už v kyselém prostředí žaludku. Tento problém řada výrobců odstraňuje potahováním tobolek acidorezistentním obalem. Ideální léková forma jsou jednorázové ALU-sáčky – nepropouštějí vzdušnou vlhkost a probiotika jsou proto v této formě nejstabilnější.

Jako pomocné látky (plniva), se velice často používají prebiotika, např.

fruktooligosacharidy, inulin. Deklarované množství v jedné tabletě je asi  $10^8 - 10^{10}$  CFU / g. [20]

## 6.4 Využití probiotik v chovech hospodářských zvířat

Nedostatek přirozené obranyschopnosti organismu a s ním související zdravotní potíže často postihují velkochovy, které ve snaze o maximální zisk vystavují zvířata mimořádně vysokému mikrobiálnímu stresu.

Zhoršující se zdravotní stav zvířat, zejména nárůst střevních infekcí, v minulosti vedl k plošnému preventivnímu podávání antibiotik. V chovech tak vznikaly antibiotikorezistentní bakterie, které se konzumací masa a dalších živočišných produktů dostávaly do lidského organismu. Evropská unie dotování krmných směsí antibiotiky již zakázala, proto evropský krmivářský průmysl za ně hledá náhradu, která by potlačila

patogenní bakterie a pomohla modulovat přirozenou střevní mikroflóru ve prospěch mikroorganismů napomáhajících lepšímu využití krmiva.

Jako vhodná prevence proti stájovým nákazám se jeví podpora přirozených obranných schopností organismu zvířat prostřednictvím biologicky čistých preparátů - jak vybraných mikrobiálních kultur (probiotik), tak dalších biopřípravků (imunoglobulinů). Potvrdilo se, že probiotika jsou schopna nahradit také růstově-stimulační účinek tzv. krmných antibiotik, a to zejména u mláďat. Důležité však je, že vedle zvýšení rentability zemědělské výroby mohou příznivě ovlivnit také kvalitu a biologickou hodnotu finálních produktů - potravin. Účinek probiotik je totiž založen na principu využití přirozených bioregulačních systémů k ochraně potravního řetězce člověka a přírodního ekosystému před kontaminací cizorodými látkami. [14]

## 7 FYZIOLOGIE TRÁVICÍHO TRAKTU

### 7.1 Fyziologie trávení a vstřebávání

Příjem potravy ze zevního prostředí je nezbytný pro udržení životních funkcí. Zevní prostředí je zdrojem minerálních látek, živin a dalších látek a také místem, kam jsou odstraňovány produkty metabolismu. Orgány, které se podílejí na přípravě potravy, k přenesení (vstřebání) do krve a lymfy a na vlastním vstřebávání, jsou sdruženy ve trávicím ústrojí. Trávicí systém je ve velmi zjednodušené představě trubicí procházející tělem, tedy traktem. Je rozdělen na určité prostory jimiž musí potrava projít a zbytky jsou vyloučeny mimo tělo. Tyto prostory lze rozdělit na části:

- horní (ústa, jícen, žaludek) gastrointestinální trakt (GIT);
- střední (tenké střevo) GIT;
- dolní (*kolon*) GIT;
- akcesorní orgány podílející se na funkci GIT, ale ležící mimo vlastní trávicí trubici (slinné žlázy, játra a pankreas). [1]

Gastrointestinální trakt má tyto hlavní funkce:

- mechanické a chemické zpracování potravy – trávení;
- přestup selektovaných látek stěnou GIT – vstřebávání;

- vyrovnávání nárazovitého příjmu potravy – skladování;
- vlastní imunitní systém a trávení likvidují mikroorganismy a rozrušuje se i antigenní struktura látek – ochrana;
- při zpracování a vstřebávání potravy uvolňuje endokrinně aktivní látky. [1]

Při trávení je potrava vystavena fyzikálním a chemickým vlivům. Mění se postupně na tráveninu (*chymus*), z níž se vstřebávají pro život nezbytné látky a zbytek odchází jako stolice (*faeces*). [1] Určité živiny, jako jsou soli a minerální látky, mohou být absorbovány přímo do oběhu. Bílkoviny, tuky a cukry předtím, než mohou být absorbovány, musí být rozštěpeny na menší molekuly. Potrava je rozkládána jak mechanickou činností, tak chemickou činností trávicích enzymů. [2] V horních částech GIT (ústa, žaludek) se potrava mechanicky rozmělnuje a rozpouští se zde některé její součásti. Enzymatické štěpení potravy by mohlo začínat již v ústech, sousta jsou však v nich obvykle velmi krátce a proto největší část chemického štěpení škrobů  $\alpha$ -amylázou slin proběhne až v žaludku. Po promísení se žaludečním obsahem zde působí silná kyselina chlorovodíková, která ukončí štěpení škrobů a rozbíhá se intenzivní enzymatický rozklad bílkovin, pokračující v tenkém střevě společně s rozkladem tuků, sacharidů a dalších organických látek. V tenkém střevě je z tráveniny resorbována převážná většina látek potřebných pro organismus. V tlustém střevě se trávenina zahušťuje, působí na ni mikroorganismy a postupně se mění ve stolicí. Ta je vypuzována po vybavení defekačního reflexu. [1]

Činnost GIT je řízena:

- nervově – vlastní nervové pleteně ovlivňované převážně parasympatikem;
- humorálně – hlavně hormony produkovanými přímo v trávicím traktu;
- přímým mechanickým a chemickým působením obsahu [1]

### 7.1.1 Ústa

Proces trávení začíná ve chvíli vstupu potravy do úst. [2] Mechanická příprava potravy spočívá v jejím rozmělnění pomocí zubů a jazyka a tvorbě sousta (*bolus*), která jsou obalována do ochranné vrstvy mucinu. Potrava se zde také částečně rozpouští ve slinách a začíná vyrovnávání její teploty s teplotou těla.

Pohyby ústní dutiny zajišťuje kosterní svalstvo. V ústech běžně neprobíhá významné trávení a ani vstřebávání. [1]

### 7.1.2 Hltan a jícen

Z funkčního hlediska je hltan místem, kde dochází k definitivnímu oddělení vstupu do gastrointestinálního traktu a do dýchacích cest. Správně směřovat proud vzduchu i potravu umožňuje systém uzavírání a otevírání vstupů do hltanu (dutina ústní, dutina nosní) a výstupů z něj (trachea, jícen). [1] Během polykání se chlopeč (epiglottis) přiklápí a hrtan se zvedá. Hlasivky jsou sevřeny, což uzavírá hlasivkovou štěrbinu a brání vstupu potravy do hrtanu. Jakmile potrava vstoupí do jícnu, hlasivková štěrbinu se znovu otevře. [2]

Jícen je součástí GIT, který dokončuje polykací akt. Jeho stavba má již základní principy uspořádání vrstev v další části trávicí trubice. Pouze svalovina je v horní části příčně pruhovaná, ve střední části smíšená a teprve v dolní hladká, jak tomu je v žaludku a střevech. Pro správné ukončení polykacího aktu je významná činnost dolního jícnového svěrače, která spočívá hlavně v jeho relaxaci těsně před příchodem sousta a v opětovném uzavření. [1]

### 7.1.3 Žaludek

Žaludek je vakovitý orgán, kde je potrava skladována, mechanicky zpracována a trávena. Vstřebávání je minimální. Vstup do žaludku je ovládan dolním jícnovým svěračem a výstup je umožněn relaxací [1] pylorického (vrátníkového) svěrače [2] Sliznice žaludku je kryta cylindrickým epitelem s četnými charakteristickými buňkami produkujícími mucin, mukoproteiny,  $\text{HCO}_3^-$ , pepsinogeny a kyselinu chlorovodíkovou. Význam kyseliny chlorovodíkové produkované v žaludku je následující: [1]

- konvertuje pepsinogeny na pepsiny a tím je aktivuje;
- zajišťuje kyselé pH, které je optimální pro činnost pepsinů;
- zajišťuje kyselé pH, které chrání některé vitamíny (vitamín C);
- zabíjí většinu spolykaných bakterií;
- převádí těžko rozpustný  $\text{CaCO}_3$  na rozpustný  $\text{CaCl}_2$ ;
- pomáhá redukci  $\text{Fe}^{3+}$  na vstřebatelnou formu  $\text{Fe}^{2+}$ , kterou udržuje v roztoku;



- způsobuje bobtnání vaziva (depolymerace kolagenu) a tím rozvolnění svalových vláken;
- koaguluje bílkoviny (porušení jejich prostorového uspořádání), což významně usnadňuje jejich enzymatický rozklad.

Svalovina žaludku má oproti ostatním částem GIT navíc vrstvu šikmé svaloviny pod submukózou. [1]

#### Motilita žaludku

Motorické funkce žaludku zajišťují jeho funkci jako zásobníku, mísení jeho obsahu se žaludeční šťávou, hnětení a drcení pevných částí potravy. Neméně důležitou funkcí je regulace vyprazdňování. Hybnost žaludku je kontrolována jednak centrálně a jednak pomocí lokálních neurohumorálních mechanismů. [1]

#### 7.1.4 Tenké střevo

Tenké střevo člověka má délku asi 3 – 5 m (závisí na svalovém tonu) a je široké kolem 3 cm. Proximální část, dvanáct palců (30 cm) dlouhá je označována jako *duodenum* (dvanáctník), následných 40 % z celkové délky *jejunum* (lačník) a zbytek *ileum* (kyčelník). Povrch tenkého střeva je obrovský, což je výhodné pro plnění hlavních funkcí této části GIT – vstřebávání a rozklad potravy enzymy. Při trávení se jeho objem může až zdvojnásobit, čemuž napomáhá uspořádání sliznice do řas, množství drobných výběžků – klků a hlavně kartáčový lem na lumenálnímu povrchu enterocytů. Klky jsou základní absorpční jednotkou tenkého střeva. Sliznice tenkého střeva je kryta cylindrickým epitelem s četnými buňkami produkujícími hlen. Z hlubokých krypt jsou směrem k povrchu doplňovány enterocyty. Přeměněné enterocyty označované jako M-buňky jsou významnou součástí imunitního systému GIT, kam patří i lymfatická tkáň a bílé krvinky nacházející se ve sliznici. [1]

Pro funkci tenkého střeva jsou důležité jeho hybnost a sekrece, které jsou řízeny nervově a hormonálně. Na úspěšnosti trávení a vstřebávání v tenkém střevě se také významně podílejí dva z nejdůležitějších orgánů se zevní sekrecí – pankreas a játra. Trávenina se v tenkém střevě zdrží obvykle 2 – 4 hodiny. Převážná část trávicích a resorpčních pochodů probíhá v duodenu a jejunu. [1]

### 7.1.5 Tlusté střevo

Kolon má dvě hlavní funkce:

- rezervoárovou (skladování stolice až do možného vyprázdnění – defekace)
- regulaci objemu a elektrolytového složení stolice

Do tlustého střeva se denně dostává přibližně 1,5 l tekutého chymu, který je koncentrován a za spolupůsobení mikroorganismů přeměněn na stolicí s obsahem pouze 60 až 120 ml vody. Sliznice nemá klky, ale lumbální membrána buněk je složena do kartáčového lemu (mikroklky). Buňky se obměňují jedenkrát za 5 – 7 dnů z buněk mělkých krypt. V kolon se trávenina přeměňuje na stolicí. [1]

Bakterie se nacházejí i v tenkém střevě, kde je jich nesrovnatelně méně než v kolon. Bakterie tlustého střeva jsou obligátní anaeroby. Jejich množství je obrovské, protože mohou tvořit až 50 % suché hmotnosti stolice. [1]

## 8 FYZIOLOGIE MIKROFLÓRY TRÁVICÍHO TRAKTU

### 8.1 Struktura fyziologické mikroflóry

Mikrobiální osídlení trávicího traktu představuje specificky vyváženou a komplexní soustavu, kterou lze vhodně označit jako mikrobiální ekosystém, neboť rovnováha je jednou ze základních vlastností. [4]

Povrch lumina trávicího traktu je osídlen  $10^{12-14}$  mikrobiálních zárodků, z nich asi 90 % tvoří mikrobiální buněčné elementy, jejichž většina je zase lokalizována do oblasti tlustého střeva. 24hodinový obsah kolon činí 220 g, z nich denní fekální odpad představuje 120 g a 5 % z toho je tvořeno bakteriálními komponentami. [4]

Celkový počet mikroorganismů zahrnuje přitom 400 – 500 mikrobiálních druhů, [4] ale pouze 30 – 40 druhů tvoří až 99 % z celkového mikrobiálního osídlení trávicího traktu. [23] Je velmi obtížné stanovit tzv. normální fyziologickou mikroflóru trávicího traktu. Má totiž poměrně širokou variabilitu nejen kvantitativní, ale zejména kvalitativní, liší se v jednotlivých geografických oblastech, je ovlivněná stravovacími návyky, vyvíjí se během lidského života. [4]

Z klinického hlediska je normální fyziologická mikroflóra definovatelná jako soubor mikroorganismů, které mohou být přítomny v digestivním traktu zdravého člověka. To

však neznamená, že za určitých okolností se nemůže uplatnit jejich patogenní potenciál. [4]

Struktura fyziologické mikroflóry není během lidského života neměnná, ale dochází postupně k modulaci definitivního mikrobiálního osídlení trávicího traktu stejně jako k dalším věkovým změnám. [4]

Kvantitativní rozložení bakteriální mikroflóry trávicího traktu je charakterizováno aborálním růstem mikroorganismů.

- žaludek a duodenum  $10^1$ - $10^3$ /ml mikroorganismů
- jejunum a ileum  $10^4$ - $10^8$ /ml mikroorganismů
- kolon  $10^{10}$ - $10^{12}$ /ml mikroorganismů [4]

Kvalitativní zastoupení v jednotlivých oddílech.

- žaludek a duodenum – laktobacily, streptokoky, kvasinky;
- jejunum a ileum – laktobacily, koliformní bakterie, streptokoky, bakteroidy, bifidobakterie, fusobakterie;
- kolon – bakteroidy, bifidobakterie, streptokoky, eubakterie, fusobakterie, koliformní bakterie, klostridia, laktobacily, proteus, stafylokoky, kvasinky. [4]

Kvalitativní změny souvisejí s kvantitativními, viz tabulka.

Tab. 3. Profilizace mikroflóry trávicího traktu směrem aborálním (podle Simona, Gorbacha) [4]

	žaludek	jejunum	ileum	kolon
celkové množství bakterií (ml)	$10 \cdot 10^3$	0-10 <sup>5</sup>	$10^3 \cdot 10^9$	$10^{10} \cdot 10^{12}$
<b>aeroby nebo fakultativní anaeroby</b>				
koliformní bakterie	0-10 <sup>2</sup>	0-10 <sup>3</sup>	$10^2 \cdot 10^7$	$10^4 \cdot 10^{10}$
aerobní streptokoky	0-10 <sup>3</sup>	0-10 <sup>4</sup>	$10^2 \cdot 10^6$	$10^5 \cdot 10^{10}$
Stafylokoky	0-10 <sup>2</sup>	0-10 <sup>3</sup>	$10^2 \cdot 10^5$	$10^4 \cdot 10^9$
Laktobacily	0-10 <sup>3</sup>	0-10 <sup>4</sup>	$10^2 \cdot 10^5$	$10^6 \cdot 10^{10}$
plísň/kvasinky	0-10 <sup>2</sup>	0-10 <sup>2</sup>	$10^2 \cdot 10^4$	$10^4 \cdot 10^6$
<b>Anaeroby</b>				
Bakteroidy	ojediněle	0-10 <sup>3</sup>	$10^3 \cdot 10^7$	$10^{10} \cdot 10^{12}$
Bifidobakterie	ojediněle	0-10 <sup>4</sup>	$10^3 \cdot 10^8$	$10^8 \cdot 10^{11}$
anaerobní streptokoky	ojediněle	0-10 <sup>3</sup>	$10^2 \cdot 10^6$	$10^{10} \cdot 10^{12}$
Klostridie	ojediněle	ojediněle	$10^2 \cdot 10^4$	$10^6 \cdot 10^{11}$
Eubakterie	ojediněle	ojediněle	ojediněle	$10^9 \cdot 10^{12}$

Z tohoto přehledu vyplývá, že probíhá postupná proměna mikrobiálního ekosystému od převahy aerobů orálně k převaze anaerobů v aborálních oddílech. Jejich funkce se vzájemně doplňují tím, že aeroby zajišťují pro celý ekosystém scavenger effect (vysvětlení viz níže). Vzájemný poměr anaerobů k aerobům, viz tabulka. [4]

Tab. 4.: Poměr anaerobů k aerobům v trávicím traktu [4]

oddíl GIT	anaeroby : aeroby
tenké střevo	1:1
orální kolon	100:1
aborální kolon	1000:1

## 8.2 Funkce fyziologické mikroflóry

Postupný přechod dominance aerobů v orálních úsecích trávicí trubice k převaze anaerobů v distálním kolon představuje základní funkčně strukturální změnu. Aeroby totiž pro celý mikroekosystém zajišťují scavenger effect tím, že s dominancí *E.coli*

spotřebovávají kyslík v reakcích oxidační fosforylace při energetickém metabolismu. Tím klesá směrem aborálním redoxpotenciál, což umožňuje růst anaerobů, které jsou jinak citlivé na přítomnost kyslíku, protože nejsou dostatečně vybaveny enzymy k eliminaci kyslíkových radikálů (kataláza, superoxiddismutáza aj.). Takto je zajištěna vzájemná podmíněnost existence obou skupin mikroorganismů, neboť je zřejmé, že poškození aerobů vede následně k postižení anaerobní skupiny. [4]

Základní funkce střevního mikrobiálního ekosystému lze shrnout do pěti skupin:

- mikrobiální bariéra proti patogenům a potenciálním patogenům;
- tvorba produktů mikroflóry a jejich vlivy na prokrvení střevní mukózy a motilitu;
- stimulace imunitního střevního systému;
- redukce bakteriální translokace;
- produkce vitamínů. [4]

### 8.2.1 Mikrobiální bariéra proti patogenům a potenciálním patogenům

Mikrobiální bariéra proti patogenům a potenciálním patogenům bývá někdy označována jako kolonizační rezistence anaerobů a aerobů gastrointestinálního traktu vůči patogenům (salmonely, shigely, yersinie, campylobakter, atd.) a potenciálním patogenům (helikobakter, klostridia, kandidy, atd.) Jejich součástí je také kontrola oportunní mikroflóry (proteus, pseudomonády, enterobakterie, stafylokoky, streptokoky, atd.) [4]

Kolonizační rezistence je zajišťována následujícími mechanismy:

#### a) **Obsazení potenciálních vazebných míst střevní výstelky – tzv. receptorová blokáce**

Z této skutečnosti vyplývá, že prudký pokles množství fyziologické mikroflóry otevírá cestu patogenům a potenciálním patogenům. [4]

#### b) **Brzdění růstu anebo usmrcení cizích mikroorganismů**

Děje se produkcí bakteriostatických a baktericidních látek, jako jsou volné mastné kyseliny s krátkým řetězcem, dekonjugované žlučové kyseliny, lysolecithin, antibioticky aktivní látky. [4]

**c) Konkurence v získávání výživových látek, vitamínů a růstových faktorů**

Pro většinu střevních bakterií je typická sacharolytická činnost. Velká část jednoduchých cukrů je ovšem resorbována v oblasti tenkého střeva, takže do tlustého střeva z cukrů s nižší molekulární hmotností přecházejí rafinosa, stachyosa, laktulosa a alkoholové cukry – sorbitol a xylitol. Bakterie trávicího traktu produkují polysacharidasy, glukosidasy, proteasy a peptidasy, kterými destrukují polymery na oligomery a jejich složky – monosacharidy a aminokyseliny. [4] Střevní mikrobiální elementy jsou schopny tyto substance enzymově změnit na:

- volné mastné kyseliny s krátkým řetězcem
- hydro a dikarboxylové organické kyseliny
- vodík, oxid uhličitý
- další – neutrální, kyselé a zásadité produkty. [4]

Dominujícím metabolismem, s převahou v oblasti kolonické, je tedy fermentativní přeměna sacharidů. V ní jsou rozhodující skupinou bakterií bifidobakterie (*Bifidobacterium longum*, *B. angulatum*, *B. pseudolongum*, *B. ovatus*) a bakteroidy. V menší míře probíhá také metabolismus proteinů ve formě proteolýzy, metabolisme aminokyselin a aromatických aminokyselin. Tyto pochody jsou realizovány především kmeny klostridií a opět bifidobakteriemi a bakteroidy.

**d) Snížení střevního pH**

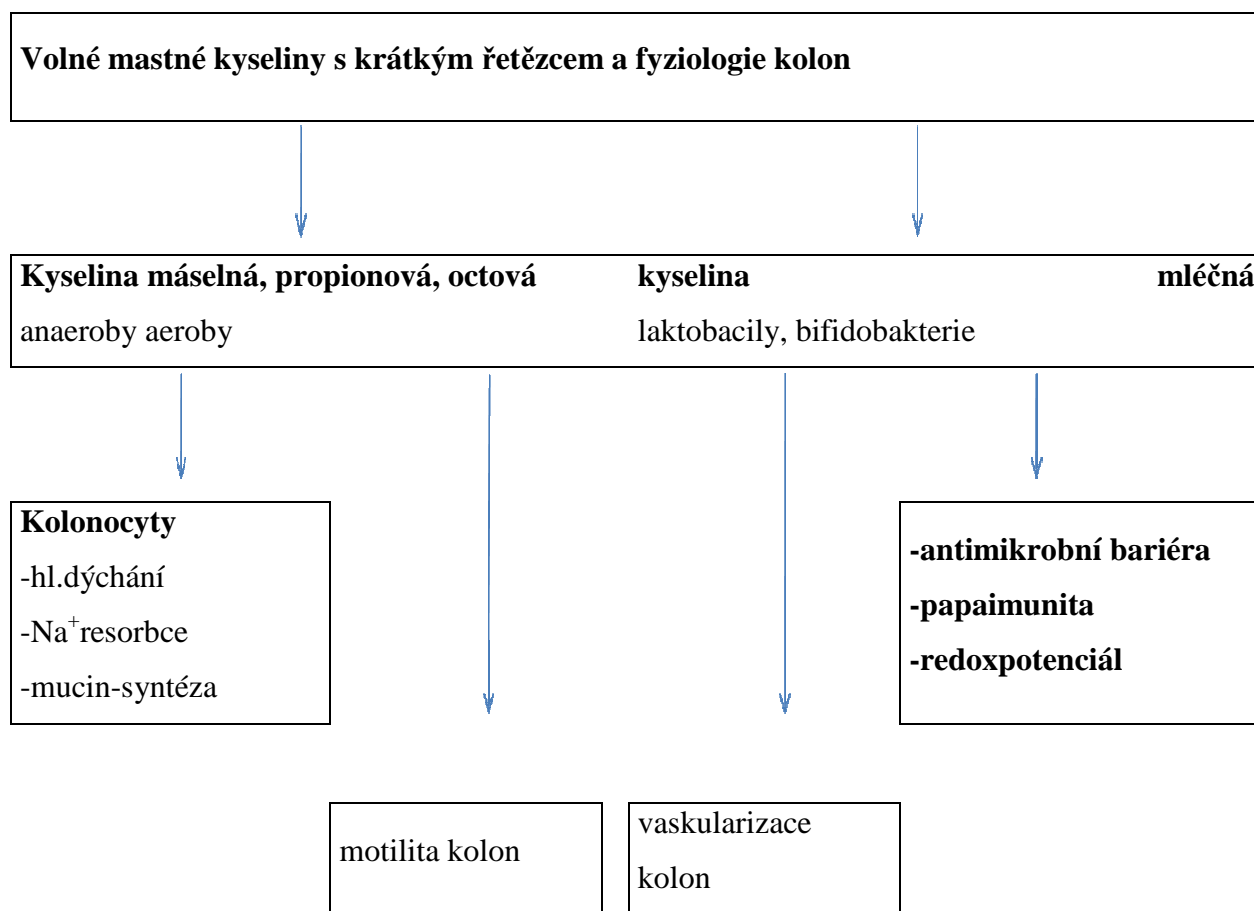
Střevní pH se snižuje při přeměně glycidů, vznikem volných mastných kyselin s krátkým řetězcem (propionové, máselné, mléčné, octové). [4]

**e) Přímý antagonismus fyziologické mikroflóry vůči mikroflóře patogenní či potenciálně patogenní**

*In vitro* byl tento mechanismus prokázán proti *Shigella dysenteriae*, *Salmonella typhimurium*, stafylokokům, vibriím nebo *Candida albicans*.

### 8.2.2 Tvorba produktů mikroflóry a jejich vliv na prokrvení střevní mukózy a motilitu

Volné mastné kyseliny s krátkým řetězcem, zejména kyselina propionová, octová a máselná, produkované aeroby i anaeroby a kyselina mléčná, produkovaná hlavně laktobacily a bifidobakteriemi, jsou resorbovány pasivní difúzí střevní mukózou a slouží ke krytí 40 – 50 % energetické potřeby kolonocytů. Současně zvyšují kolonické prokrvení mukózy, stimulují motilitu a zvyšují sodíkovou a chloridovou absorpci v distálním kolon. Pro zjednodušení, je komplex těchto účinků vyjádřen graficky viz obrázek č. 4.



Obr. 4. Schematické zobrazení tvorby produktů mikroflóry a jejich vliv na prokrvení střevní mukózy a motilitu [4]

### 8.2.3 Stimulace imunitního střevního systému

Organismus je vybaven mechanickými, chemickými a imunologickými bariérami, které v místech kontaktu brání nekontrolovanému průniku antigenních a mitogenních podnětů do vnitřního prostředí organismu. K hlavním bariérám a kontaktním místům patří

slizniční povrchy zažívacího, dýchacího a urogenitálního traktu. [4] Imunitní systém sliznice střevní, stejně jako dalších sliznic zajišťuje tři základní úkoly:

- bariéru proti patogenním mikroorganismům;
- bariéru proti imunogenům;
- nereaktivnost organismu vůči těm složkám potravy, které se do něj dostaly v imunogenní podobě. [4]

K základním rysům slizničního imunitního systému patří převaha protilátek třídy IgA, přednostní osídlování sliznic a exkrečních žláz buňkami, které pocházejí z lymfatických folikulů střevních a konečně transport polymerních imunoglobulinů do sekretu prostřednictvím epitelových buňek. [4]

Lymfoidní tkáň střeva je systém, který během života zpracuje informace asi ze 100 – 200 tun potravy a je permanentně osídlen fyziologickou a někdy i nefyziologickou mikroflórou. [4]

Imunitní reakce na sliznici trávicího traktu nevedou pouze k odpovědi lokální, ale také k cirkulaci na sliznicím vzdálených systémech (tzv. společný slizniční imunitní systém). Buňky, především ve střevní sliznici, po kontaktu s antigeny migrují lymfatickou cestou do krevního řečiště a odtud do všech sliznic a endokrinních žláz. Zpět do stěny střevní se dostávají především T lymfocyty, jež způsobí příslušnou imunitní odpověď. [4]

Fyziologická střevní mikroflóra provádí tzv. konstantní trénink imunitního systému trávicího traktu, který tvoří jednak bariéru invazi cizích zárodků a jednak vede k tzv. paraimunitě, tedy ke zvýšení specifické i nespecifické imunitní odpovědi. [4]

#### **8.2.4 Redukce bakteriální translokace**

Bakteriální translokace je definována, jako přestup bakterií anebo jejich komponent z lumina trávicího traktu do lymfatického systému s potenciální možností systémového průniku do různých tkání organismu. Fyziologický mikroekosystém zažívacího traktu zabraňuje intraluminálním zárodkům v proniknutí stěnou a vytvoření systémové infekce. [4]

#### **8.2.5 Produkce vitamínů**

Fyziologická mikroflóra se může podílet na tvorbě vitamínů B12, K1 a K2. [4]



## ZÁVĚR

Zakysané mléčné výrobky jsou vyhledávanými produkty a jejich význam po celém světě stoupá. Ze zdravotního hlediska jsou jako potravina velmi cenné. Vyznačují se, díky fermentaci výbornou stravitelností, zvýšenou resorbovatelností vápníku, příznivě podněcují trávicí sekreci a jsou vhodné i pro lidi trpící laktózovou intolerancí aj. Při konzumaci zakysaných mléčných výrobků s probiotickými kulturami se příznivé účinky na zdraví konzumenta mnohonásobně zvyšují. Probiotická složka výrobku zabraňuje růstu nežádoucí mikroflóry, stimuluje imunitu, zvyšuje motilitu střeva, produkuje vitamíny aj. Pokud z důvodu alergie na bílkovinnou složku mléka anebo jen kvůli neoblíbenosti mléčných výrobků, či z jiného důvodu člověk nekonzumuje mléčné výrobky, jsou velmi dobrou alternativou probiotické preparáty.

**POUŽITÁ LITERATURA**

- [1] TROJAN, S. A KOL. *Lékařská fyziologie*. Grada publishing, a.s., 2003.
- [2] WILLIAMS, F., BREWER, D., SMITH, T., YOUNGSON, R. M., JACKSON, A., PAYNE, F., SAHOTA, P. *Lidské tělo*. Fortuna print, Praha 1996.
- [3] KADLEC, P., A KOL. *Technologie potravin I*. VŠCHT Praha, FPBT, 2002.
- [4] ZBOŘIL, V. *Mikroflóra trávicího traktu klinické souvislosti*. Grada publishing, a.s., 2005.
- [5] [www.food-info.net/uk](http://www.food-info.net/uk)
- [6] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [7] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. OSSIS Tábor 1999.
- [8] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. SNTL 1983.
- [9] ŠILHÁNKOVÁ, L. *Mikrobiologie pro potravináře*. SNTL Praha, 1983.
- [10] TEPLÝ, M., A KOL. *Čisté mlékařské kultury*. SNTL Praha, 1984.
- [11] HYLMAR, B. *Výroba kysaných mléčných výrobků*. SNTL Praha, 1986.
- [12] POKORNÁ, L. *Sbírka mlékařských kultur Laktoflora '91*. Milcom-servis a.s., Praha, 1991.
- [13] ŽIŽKA, B., MARTINKOVÁ, Z. *Mikrobiologie pro 4.ročník SPŠ mlékárenské*. SNTL, 1990.
- [14] <http://www.gate2biotech.cz/antibiotika-versus-probiotika/>
- [15] BENEŠOVÁ, L. *Potravinářství IV*. ÚZPI Praha, 1997.
- [16] ČECHOVÁ, L. *Základy obecné mikrobiologie*. UTB Zlín, 2006.
- [17] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu*. UTB Zlín, 2006.

- [18] VAUGHAN, E. E., MOLLET, B. *Probiotics in the new millenium*. Nahrung 43 (1999) Nr. 3. 5. 148-153.
- [19] Sbírka zákonů ČR, Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č.77/2003 sb..
- [20] SCHEJBALOVÁ, T. (Product manager assistant). Ústní sdělení. Valosun a.s, 2008.
- [21] SMITH, H., GERRIT. *Dairy processing*. CRC Press, 2003.
- [22] <http://www.bacterio.cict.fr/allnamesdl.html>.
- [23] TANNOCK,G.W. *Probiotic properties of lactic-acid bacteria: plenty of scope for fundamental R & D*. Tibtech July 1997 (vol 15).

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Prokaryotická buňka.....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 2. Obecné schéma výroby zakysaných mléčných výrobků.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 3. Schéma rozkladu sacharidů a proteinů intenzivní mikroflórou.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 4. Schematické zobrazení tvorby produktů mikroflóry a jejich vliv na prokrvení střevní mukózy a motilitu .....</i>	<i>39</i>

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Druhy a minimální počty živých mikroorganismů v kysaných mléčných výrobcích.....</i>	<i>11</i>
<i>Tab. 2. Složení kravského mléka.....</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 3. Profilizace mikroflóry trávicího traktu směrem aborálním (podle Simona, Gorbacha).....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 4. Poměr anaerobů k aerobům v trávicím traktu.....</i>	<i>36</i>





