

Fyziologické vlastnosti bakterií jogurtových kultur

Jana Knébllová

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: **Jana KNÉBLOVÁ**

Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Fyziologické vlastnosti bakterií jogurtových kultur**

Zásady pro vypracování:

1. **Popište taxonomické zařazení, morfologické vlastnosti, význam a využití bakterií mléčného kvašení v potravinářství.**
2. **Charakterizujte fyziologické a biochemické vlastnosti bakterií mléčného kvašení, které jsou součástí kultur pro výrobu jogurtů.**
3. **Popište vlastnosti a výrobu jogurtů a jogurtových mlék a uplatnění mikroorganismů při jejich výrobě.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

HYLMAR, B. Zvyšování nutričních a dietetických vlastností mléka bakteriemi mléčného kvašení, 1985

ŠILHÁNKOVÁ, L. Mikrobiologie pro potravináře, 1983

TEPLÝ, M. Čisté mlékařské kultury -- výroba, kontrola, použití, 1984

HOĐÁK, K. Fyziologie a biochemie bakterií, 1979

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Leona Buňková, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

21. 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

Abstrakt česky

Tradiční bakterie mléčného kvašení, které jsou obvykle používány pro výrobu kysaného mléka, smetany, jogurtů a sýrů, náleží do rodů *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, a *Bifidobacterium*. Mezi nejvýznamnější fermentované mléčné výrobky patří jogurt, který je zdrojem probiotik. Jako základní kultury se používají *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Kromě dvou tradičních jogurtových kultur mohou obsahovat i další živé rody jako *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium*. Probiotika jsou mikrobiální součástí potravin, které vykazují příznivé účinky na lidské zdraví, jestliže jsou konzumovány v dostatečném množství.

Klíčová slova:

Bakterie mlékařských kultur, jogurtové kultury, probiotika, fermentace

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The conventional bacteria of lactic fermentation which are usually used for the production of sour milk, cream, yoghurt and cheese, pertain to the *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, and *Bifidobacterium* genera. One of the most important lactic fermented products is yoghurt which is a source of probiotics. As primary cultures are used *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. In addition to the two conventional yoghurt cultures, they can also contain other active genera, for example *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium*.

Probiotics are microbial part of foodstuffs, which, when consumed in adequate amounts, confer a benefit on human health.

Keyword:

Lactic fermentation bacteria, yoghurt cultures, probiotics, fermentation

Úvodem této bakalářské práce bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli informace k danému tématu. Zejména své vedoucí bakalářské práce Mgr. Leoně Buňkové, PhD. za připomínky a cenné rady.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 BAKTERIE MLÉČNÉHO KVAŠENÍ.....	9
1.1 MLÉKAŘSKÉ KULTURY	9
1.1.1 Jogurtové kultury.....	9
1.2 MLÉČNÉ KVAŠENÍ.....	10
1.2.1 Typy mléčného kvašení.....	10
1.2.1.1 Homofermentativní mléčné kvašení	10
1.2.1.2 Heterofermentativní mléčné kvašení	10
2 TŘÍDĚNÍ BAKTERIÍ MLÉČNÉHO KVAŠENÍ A JEJICH VLASTNOSTI	12
2.1 ČELEĎ <i>STREPTOCOCCACEAE</i>	12
2.1.1 Rod <i>Streptococcus</i>	12
2.1.1.1 <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	13
2.2 ČELEĎ <i>LACTOBACILLACEAE</i>	14
2.2.1 Rod <i>Lactobacillus</i>	14
2.2.1.1 <i>Lactobacillus acidophilus</i>	15
2.2.1.2 <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	16
2.2.1.3 <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>delbrueckii</i>	17
2.2.1.4 <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	18
2.2.1.5 <i>Lactobacillus helveticus</i>	18
3 HLAVNÍ BIOCHEMICKÉ POCHODY V MLÉČE VYVOLANÉ BAKTERIEMI MLÉČNÉHO KVAŠENÍ.....	20
3.1 MLÉČNÉ BÍLKOVINY	22
3.2 MLÉČNÝ TUK.....	22
3.3 SACHARIDY	24
3.4 MINERÁLNÍ LÁTKY	25
3.5 CHUŤOVÉ A AROMATICKÉ LÁTKY	26
3.6 VITAMÍNY	26
3.7 KYSELINA MLÉČNÁ A ORGANICKÉ KYSELINY.....	26
4 JOGURTY	28
4.1 HISTORIE VÝROBY JOGURTŮ.....	28
4.2 DĚLENÍ JOGURTŮ.....	28
4.3 TECHNOLOGIE VÝROBY JOGURTŮ.....	29
4.3.1 Jakost mléka použitého jako surovina pro výrobu kysaných mléčných výrobků.....	29
4.3.2 Odstředování mléka.....	29
4.3.3 Standardizace mléka.....	29
4.3.4 Přídavek stabilizátorů.....	30
4.3.5 Homogenizace mléka	31

4.3.6	Tepelné ošetření mléka.....	31
4.3.7	Příprava čistých mlékařských kultur	32
4.3.8	Fermentace	33
4.3.8.1	Klasický jogurt – set type.....	33
4.3.8.2	Jogurt krémovitý – stirred type	34
4.3.9	Skladování a distribuce	34
4.3.10	Dieteticko-léčebné účinky kysaných mléčných výrobků	35
4.4	TECHNOLOGIE VÝROBY JOGURTOVÝCH MLÉK	37
ZÁVĚR		41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		45
SEZNAM OBRÁZKŮ		46
SEZNAM TABULEK.....		47

ÚVOD

V bakalářské práci jsou popsány a charakterizovány bakterie mléčného kvašení, jejich taxonomické zařazení a využití v potravinářském průmyslu. Cílem práce bylo zpracovat literární rešerši o mléčných bakteriích se zaměřením na jogurtové kultury. Protože současný životní styl populace je nezdravý, je potřeba, aby se sortiment potravin rozšířil a byl nejen výživný, ale zároveň plnil úlohu prevence proti civilizačním chorobám. Tyto požadavky splňují mléčné výrobky obsahující bakterie mléčného kvašení, které jsou nepostradatelné v mlékařském průmyslu. Významné zastoupení mají jogurtové kultury *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Ve snaze zvýšit dieteticko-léčebné účinky bývá jogurtová kultury doplňována kmeny *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium*. Fermentované mléčné výrobky jsou přirozeným zdrojem probiotik. Bakteriální kultury obsažené v jogurtu pozitivně ovlivňují složení střevní mikroflóry, napomáhají snadnějšímu vstřebávání minerálních látek, chrání organismus dětí před průjemovými onemocněními a zmírňují symptomy intolerance na laktózu.

1 BAKTERIE MLÉČNÉHO KVAŠENÍ

Bakterie mléčného kvašení jsou bakterie, které syntetizují z cukrů kyselinu mléčnou jako konečný metabolický produkt [1].

Jsou to především grampozitivní, anaerobní, nesporulující a acidotolerantní bakterie.

Dělí se podle hlavních produktů na homofermentativní a heterofermentativní [2].

Mezi mléčné bakterie řadíme zejména rody *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, a *Bifidobacterium* [3].

1.1 Mlékařské kultury

Čisté mlékařské kultury (ČMK) jsou účelově zaměřené druhy specifických mikroorganismů, které vyvolávají a zajišťují správný průběh výrobního procesu k dosažení žádoucí jakosti hotového výrobku [4].

Mlékařské kultury (především bakterie mléčného kvašení) představují směs jednoho nebo několika kmenů mikroorganismů [5].

Jako monokultury se v mlékárenské výrobě používají mikroorganismy, které obsahují jen jeden kmen jednoho druhu mikroorganismů, popř. jestliže obsahují více kmenů jednoho druhu mikroorganismů, dále jako směsné bakteriální kultury, jestliže obsahují více druhů a kmenů bakterií, a konečně jako směsné kultury bakteriální a kvasinkové, jestliže obsahují více druhů a kmenů bakterií i kvasinek zkvašujících laktózu [6].

Některé monokultury jsou využívány k sestavování směsných kultur. Tyto směsné kultury se pak většinou nazývají podle výrobku, k jehož výrobě slouží např. kultura jogurtová (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum*), keřirová (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus casei*, *Candida kefir*), smetanová (*Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*) [6].

1.1.1 Jogurtové kultury

Jogurtové kultury patří mezi termofilní bakterie mléčného kvašení (BMK), které mají pro mlékárenský průmysl dalekosáhlý význam. Umožňují výrobu fermentovaných mléčných

výrobků i po ošetření mléka. Ačkoli jsou bakterie mléčného kvašení primárně využívány pro rychlou produkci kysaných potravinových výrobků, podílejí se také na vzniku příchutí, konzistence a nutriční hodnoty výrobků [4].

1.2 Mléčné kvašení

1.2.1 Typy mléčného kvašení

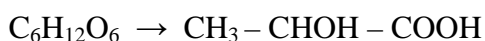
Podle produktu metabolismu rozdělujeme bakterie mléčného kvašení na homofermentativní nebo heterofermentativní.

1.2.1.1 Homofermentativní mléčné kvašení

Homofermentativní mléčné kvašení je proces štěpení polysacharidů na kyselinu mléčnou přes pyruvát cestou glykolýzy. Glykolýza slouží k uvolnění energie z molekul sacharidů. Glykolýzou se přeměňuje glukosa na pyruvát za současné tvorby dvou molekul adenosintrifosfátu (ATP). Za anaerobních podmínek probíhá další degradace pyruvátu jako alkoholové kvašení u kvasinek nebo redukce na kyselinu mléčnou (laktát) u mléčných bakterií [7].

Homofermentativními mléčnými bakteriemi jsou např. *Lacococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*) [8].

Homofermentativní mléčné kvašení probíhá dle rovnice: [9]



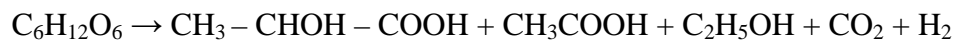
V závislosti na stereospecificitě laktátdehydrogenázy a za přítomnosti laktátracemázy může vznikat D (-), L (+) nebo DL kyselina mléčná. [8]

1.2.1.2 Heterofermentativní mléčné kvašení

Při heterofermentativním mléčném kvašení se vytváří kromě kyseliny mléčné ještě ethanol, kyselina octová a glycerol [8]. Za aerobních podmínek je pyruvát oxidován na vodu a CO₂ přes citrátový cyklus a oxidační fosforylaci. Oxidačním činidlem při glykolýze je NAD⁺.

Příkladem mikroorganismů schopných heterofermentativního mléčného kvašení mohou být *Lactobacillus brevis* a *Lactobacillus fermentum* [7].

Heterofermentativní mléčné kvašení probíhá dle rovnice: [9]



2 TRÍDĚNÍ BAKTERIÍ MLÉČNÉHO KVAŠENÍ A JEJICH VLASTNOSTI

2.1 Čeleď *Streptococcaceae*

Čeleď *Streptococcaceae* patří do domény *Bakteria*, kmene *Firmicutes*, třídy *Bacilli*, řádu *Lactobacillales*.

Čeleď *Streptococcaceae* zahrnuje rody *Streptococcus*, *Lactococcus* a *Lactovum*. Patří sem patogenní, saprofytické i biotechnologicky využívané druhy. Buňky jsou kulovité nebo oválné, vyskytují se po dvou nebo v řetězcích rozmanité délky. Katalázu netvoří a neredukují dusičnany na dusitany. Jsou grampozitivní, většinou fakultativně anaerobní, nepohyblivé a netvoří endospory [10]. Vzhled kolonií jednoho druhu může být ovlivněn teplotou, zdrojem dusíku i jinými látkami. Přechází od formy drsné až po formu mukoidní. Některé druhy mohou být nutričně náročné a vyžadují komplexní médium. Čeleď *Streptococcaceae* můžeme rozlišit podle sérologických hledisek na skupiny A, B, C, D, E, F, G, H, K, a N. Při rozlišování rodů se především posuzuje vztah ke krevnímu barvivu [4]. Metabolismus je fermentatorní, kdy z cukrů tvoří kyselinu mléčnou, octovou, mravenčí, ethanol a CO₂ [10].

2.1.1 Rod *Streptococcus*

Buňky bakterií rodu *Streptococcus* jsou kulovité, většinou nepohyblivé a netvoří spóry. Pokud rostou v tekutém médiu, jsou uspořádané v párech, kratších či delších řetězcích. Bakterie rodu *Streptococcus* jsou homofermentativní, tzn. že fermentují sacharidy hlavně na kyselinu mléčnou. Ve vztahu ke kyslíku jsou aerobní a fakultativně anaerobní. Rostou v rozmezí teplot 25 až 45 °C s optimem 37 °C [12].

Streptokoky jsou děleny do čtyř skupin na pyogenní, orální, ostatní a anaerobní [10].

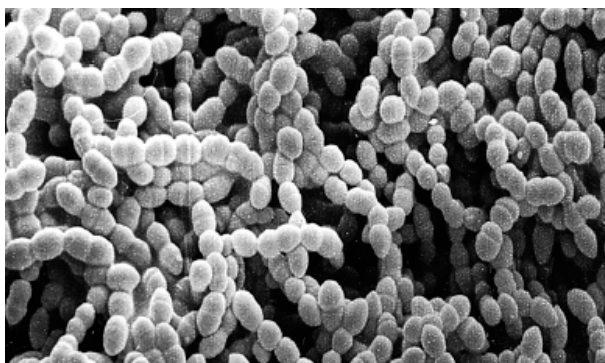
Z rodu *Streptococcus* byly v poslední době vyčleněny nehemolyzující nepatogenní druhy používané v mlékárenském průmyslu a byly zařazeny do nově vytvořeného rodu *Enterococcus* a *Lactococcus* [3].

V mlékařském průmyslu jsou používány streptokoky: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (synonymum *Streptococcus thermophilus*), *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* [3].

2.1.1.1 *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*

Dříve se tento druh označoval jako *Streptococcus thermophilus*. Toto označení se doposud používá v běžném mlékárenském provozu.

Streptococcus thermophilus (obr. 1.) je hlavní mlékařskou kulturou používanou při výrobě jogurtů a vysokodohříváných sýrů (eidam, ementál) [11].



Obr. 1. *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, elektronový mikroskop [28]

Streptococcus thermophilus tvoří kokovité nebo oválné buňky v párech nebo různě dlouhých řetězcích. Velikost buňky se pohybuje mezi 0,7-1,0 μm . Vyskytuje se v lidských slinách, intestinálním traktu člověka a zvířat. Je katalázanegativní a oxidázanegativní. Sacharidy zkvašuje homofermentativně na pravotočivou kyselinu mléčnou. Štěpí také kasein.

Jedná se o termofilní bakterii mléčného kvašení, optimální růstová teplota se pohybuje v rozpětí 37–42 $^{\circ}\text{C}$ [13].

Uplatňuje se při výrobě klasického jogurtu v kombinaci s kulturou *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* v poměru 1:2 až 2:1.

Je známo, že směs obou těchto druhů mikroorganismů prokysává mléko rychleji než každý z nich sám. V jogurtové kultuře se nejdříve a poměrně rychle rozmnožují streptokoky [14]. Jejich růst stimuluje *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, který rozkladem bílkovin mléka uvolňuje aminokyseliny, důležité pro růst a rozvoj termofilních streptokoků. Nejdůležitější a nejnezbytnější je valin. *Streptococcus thermophilus* naopak vytváří kyselinu mléčnou, která snižuje pH média na optimum pro růst bakterie *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a kyselinu mravenčí ovlivňující metabolismus. Dále spotřebovává kyslík, čímž podporuje růst bifidobakterií [12].

Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* jsou podle nedávných studií považovány za prospěšné bakterie (probiotika), protože prokazují zdravotní výhody lidskému organismu.

Cílem studie Federace evropských mikrobiologických společností bylo zhodnotit pozůstatek kultur *S. thermophilus* a *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kulturní analýzou fekálií ze zdravých osob po dobu 12-ti denního období konzumace jogurtu.

Studie prokázala aktivitu jogurtových bakterií v zažívacím ustrojí během gastrointestinálního průchodu a poskytuje dodatečný důkaz o schopnosti probiotického účinku [15].

Jogurt se zvýšenou odolností proti inhibičním látkám obsahuje kromě mikrobiálních složek klasického jogurtu ještě *Lactobacillus acidophilus* a *Pediococcus acidilactici* [14].

2.2 Čeleď *Lactobacillaceae*

Čeleď *Lactobacillaceae* řadíme do domény *Bacteria*, kmenu *Firmicutes*, třídy *Bacilli*, řádu *Lactobacillales*.

Čeleď *Lactobacillaceae* zahrnuje v současnosti tři rody klasických bakterií mléčného kvašení: *Lactobacillus*, *Paralactobacillus*, *Pediococcus*.

Tato čeleď byla vyčleněna na základě sekvencování genomu pro 16S rDNA ze skupiny grampozitivních bakterií s nízkým procentuálním obsahem G + C. Jsou tvořeny pravidelnými, nesporulujícími, grampozitivními tyčinkami nebo koky. Patří sem nepigmentující, mezofilní, chemoorganotrofní druhy, které rostou pouze na kompletním médiu. [10].

2.2.1 Rod *Lactobacillus*

Do rodu *Lactobacillus* patří zejména tyto druhy: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei* subsp. *casei*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* (dříve jenom *Lactobacillus lactis*), *Lactobacillus casei* subsp. *casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus plantarum* a další druhy [11].

Buňky mají tvar pravidelných tyčinek, občas také koků. Vyskytují se jednotlivě i v řetězcích, někdy tvoří vláknité formy. Jsou grampozitivní, nesporulující, fakultativně

anaerobní, občas mikroaerofilní. Někteří zástupci vyžadují při izolaci anaerobní podmínky. Obecně platí, že přítomnost 5% CO₂ podporuje růst laktobacilů. Neredukují dusičnany na dusitany a netvoří indol. Optimální růstová teplota se pohybuje v rozmezí teplot 30 až 40 °C a optimální pH mezi 5,5 až 6,2 [10].

Laktobacily jsou široce rozšířené v prostředí, obzvláště v potravinách živočišného nebo rostlinného původu, v nápojích, čisté i znečištěné vodě, kysaném zelí. U člověka je můžeme izolovat např. z dutiny ústní, dásní a slin [12].

Na základě konečných produktů fermentace cukrů je můžeme rozdělit do tří skupin:

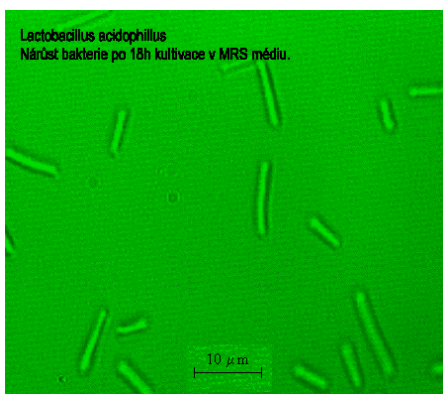
- Obligátně homofermentativní: hexózy fermentují výhradně na kyselinu mléčnou (např. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*).
- Fakultativně heterofermentativní: hexózy fermentují na kyselinu mléčnou nebo na směs kyseliny mléčné, octové, mravenčí a etanolu. Pentózy fermentují na kyselinu mléčnou a octovou (např. *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*).
- Obligátně heterofermentativní: hexózy fermentují na kyselinu mléčnou, octovou (ethanol) a CO₂. Pentózy fermentují na kyselinu mléčnou a octovou (např. *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*) [10].

2.2.1.1 *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus je tyčinkovitá bakterie o šířce 0,6–0,9 a délce 1,5–6,0 μm.

Vyskytuje se jednotlivě, ve dvojicích nebo krátkých řetízích. Optimálně roste při teplotě 37 °C [11]. V mladých kulturách je grampozitivní, ve starší kultuře gramlabilní až gramnegativní [10]. Mléko sráží při pH 5,8 a optimální reakci vykazuje při pH 6,5. Běžné kmeny rostou na syrovátkovém agaru s kvasničným autolyzátem, nejlépe však roste na tomatovém agaru [14].

Kmeny *Lactobacillus acidophilus* (obr. 2.) mají pro své vhodné vlastnosti rozsáhlé použití v mlékárenské výrobě, zdravotnictví i veterinární medicíně. V mlékařství se uplatňují především při výrobě acidofilního mléka, acidofilního podmáslí a smetany. Pro zdravotnické účely se pěstují speciální kmeny odolné vůči hlavním druhům antibiotik používaných ve zdravotnictví [11].



Obr. 2. *Lactobacillus acidophilus* [31]

Lactobacillus acidophilus se řadí do skupiny probiotik, které mají dieteticko-léčebné účinky a projevují se v potlačování nežádoucí mikroflóry trávicího systému [16].

Má schopnost vytvářet antibiotika acidophilin, lactocidin a acidolin, který ovlivňuje nepříznivé vlivy enterobakterií, sporotvorných mikroorganismů v trávicím traktu, vytváří vitamín B₁₂ [5].

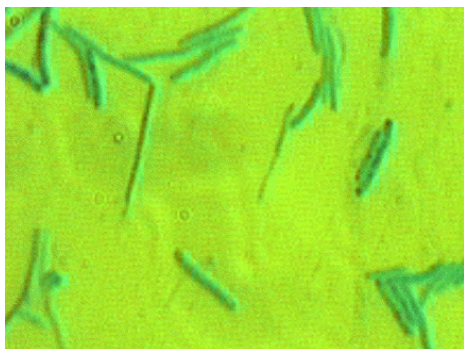
Jednotlivé kmeny *Lactobacillus acidophilus* se mohou kombinovat se základní kulturou nebo jinými bakteriemi mléčného kvašení, např. se *Streptococcus lactis* var. *tae-tte* a *Pediococcus acidilactici*. Očkuje se do plnotučného pasterovaného mléka 1% matečné kultury. Kultivace probíhá 16 hodin při teplotě 37 °C. K udržení kultury ve vitálním stavu je nezbytné ji 2krát až 3krát týdně přeočkovat. Kultury po ukončené 16-ti hodinové kultivaci a vychlazení vykazují hustou, porcelánovitou sraženinu jen s nepatrnou vrstvičkou syrovátky. Po rozmíchání má hustou konzistenci. Chuť je ostře, ale čistě kyselá. Titrační kyselost se pohybuje v rozmezí 60 až 90 °SH. Čerstvá kultura obsahuje $10 \cdot 10^7$ mikroorganismů.

Pro výrobu biokysu se kultura skládá z kmenů *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* a *Pediococcus acidilactici* [14].

2.2.1.2 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Dříve se tento druh označoval pouze jako *Lactobacillus bulgaricus* nebo *Lactobacterium bulgaricum*. Druhové jméno je odvozeno od Bulharska, odkud výroba jogurtů pochází.

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* (obr.3.) je grampozitivní, termofilní tyčinka dlouhá 4–12 μm a široká 0,8–1,5 μm [11].



Obr. 3. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* [31]

Vyskytuje se jednotlivě, v řetězcích přecházejících někdy až do vláken. Vlivem teploty, povahy a koncentrace dusíkatých látek má tendenci měnit tvar a granulovat. V mléce tvoří zpravidla kyselinu mléčnou inaktivní, podle některých autorů však i levotočivou, popř. i pravotočivou. Dále vzniká i nepatrné množství kyseliny octové, mravenčí a jantarové. Z uhlovodíků fermentuje laktózu, glukózu a galaktózu. Roste na agarových půdách běžných pro bakterie mléčného kvašení. Při optimální teplotě 45 až 50 °C sráží mléko, které během 3 až 4 hodin ztuhne v celé hmotě na porcelánovitou kompaktní hmotu [14].

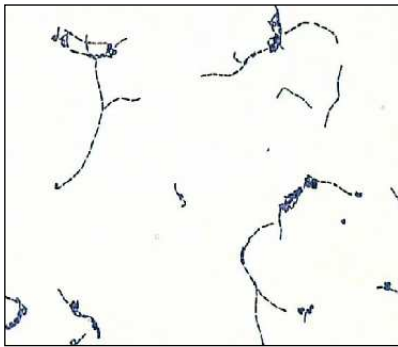
Kmeny *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* jsou spolu s *Streptococcus thermophilus* součástí mikroflóry směsných jogurtových kultur užívaných pro různé technologie výroby jogurtů i dalších produktů. Rovněž mohou být aplikovány jako složka doplňkových kultur, které ovlivňují průběh zrání a specifické vlastnosti sýrů [11]. Na začátku zrání produkuje *Streptococcus thermophilus* růstové látky, které stimulují vývoj *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Tato symbióza se projevuje příznivě i ve vlastnostech jogurtu např. tvorbou typické vůně. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* je hlavním producentem acetaldehydu [17].

2.2.1.3 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii*

Dříve se nazýval *Lactobacterium delbrueckii* nebo *Thermobacterium cereale*.

Jeho buňky se vyznačují tyčinkovitým tvarem, jsou 3–6 µm dlouhé a 1,0 µm široké. Obvykle se seskupují po dvou za sebou, někdy však tvoří i dlouhá vlákna. Optimální růstová teplota se pohybuje v rozmezí 45 až 55 °C, proto měl dříve rodové označení *Thermobacterium* [11].



Obr. 4. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* [32]

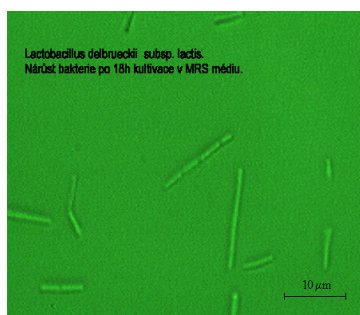
Fermentuje glukózu, sacharózu a maltózu, nefermentuje laktózu. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* (obr. 4.) se používá pro průmyslovou výrobu kyseliny mléčné [18].

Nachází se většinou na obilí, v mouce a moučných výrobcích. Jeho kmeny tvoří komponentu mikroflóry keřirových a silážních kultur, kde se uplatňují svou fermentační činností [11].

2.2.1.4 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*

Lactobacillus delbrueckii subsp. *lactis* (obr. 5.) je tyčinkovitá bakterie s podobnými vlastnostmi jako *Lactobacillus helveticus*.

Používají se jako směsné kultury na výrobu sýrů ementálského typu. Vyznačuje se nižší biochemickou aktivitou než ostatní laktobacily [17].



Obr. 5. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* [31]

2.2.1.5 *Lactobacillus helveticus*

Dříve se tento druh označoval *Lactobacterium helveticum* nebo *Thermobacterium helveticum*.

Druhové jméno je z lat. Helvetia = Švýcarsko, kde se jako kultura užíval nejdříve. Buňky mají tyčinkovitý tvar o velikosti 4–8 x 0,8 μm.

Vyskytuje se jednotlivě, ve dvojicích nebo řetězcích. Optimální teplota růstu je 40 °C.

Lactobacillus helveticus (obr. 5.) se používá jako doplňková kultura při výrobě sýru s vysokodohřívanou sýřeninou, např. ementálského typu nebo sýrů s mletou sýřeninou (čedarový typ). [11].



Obr. 6. *Lactobacillus helveticus*, elektronový mikroskop [33].

Ementálská kultura je tvořena kmeny *Lactobacillus helveticus* a *Streptococcus thermophilus*.

Vzájemný poměr tyčinek a streptokoků je 2:1 až 1:2. Kultivační teplota se pohybuje kolem 40 °C, snížení teploty podporuje růst streptokoků, naopak zvýšení teploty podpoří růst laktobacilů [4].

3 Hlavní biochemické pochody v mléce vyvolané bakteriemi mléčného kvašení

Na čisté mlékařské kultury v mlékárenské výrobě jsou tyto požadavky:

- zajištění správného průběhu biochemických pochodů,
- správný vývoj sensorických vlastností výrobku,
- příznivé nutriční a dietetické účinky [6].

Základním biochemickým pochodem zajišťovaným čistými mlékařskými kulturami při výrobě kysaných mléčných výrobků je anaerobní proces přeměny sacharidů na kyselinu mléčnou, katalyzovaný celým komplexem enzymů [19].

Vyprodukovaná kyselina mléčná odštěpuje vápník vázaný na kasein a vytváří se volný kasein a mléčnan vápenatý. Kasein lze také z mléka vysrážet organickými a anorganickými kyselinami, např. kyselinou chlorovodíkovou. Následuje proces, kdy se kasein převádí do isoelektrického stavu (pH 4,7), v němž má nejnižší rozpustnost a vylučuje se [5]. Jednotlivé molekuly kaseinu (kaseinové micely) tvoří jemnou síťovou vláknitou sraženinu [6].

Pokud se během kysání nedosáhne izoelektrického bodu kaseinu, kasein se nesráží, silně nabobtnává a mléko houstne.

Bakterie mléčného kvašení mohou v kysaných mléčných výrobcích částečně štěpit bílkoviny na peptidy a volné aminokyseliny. Lipolytické štěpení mléčného tuku bakteriemi mléčného kvašení je nepatrné. K dalším změnám v mléce dochází u jednotlivých vitamínů, a to podle druhu i kmenů použitých bakterií.

Důležitou funkcí čistých mlékařských kultur je tvorba ochranných látek, kterými kultury zasahují do vzájemného poměru v mikroflóře a zabraňují rozvoji typických škůdců mléka a mléčných výrobků. Ochranný účinek má především kyselina mléčná, která vytvářením vysoké kyselosti ve výrobku zabraňuje rozvoji škodlivých mikroorganismů. Bakterie mléčného kysání vytvářejí redukující látky, a tím znemožní autooxidaci tuku. Svou činností vytvářejí i antibiotika, potlačující vývin nežádoucí mikroflóry [5].

Výběr bakterií mléčného kvašení se zaměřuje na kultury, které mají lepší antimikrobiální účinky a jsou odolnější vůči antibiotikům a jiným inhibičním látkám, s možností jejich

adaptace v trávicím traktu i schopností tvorby některých enzymů důležitých z hlediska nutričně-fyziologického. U směsných kultur se vyžaduje, aby použité druhy a kmeny mezi sebou nevykazovaly antibiόzu, ale spíše symbiόzu, stimulující růst a biochemickou aktivitu.

Nutričně-fyziologické hodnoty výrobků získaných biochemickými pochody pomocí bakterií mléčného kvašení se od hodnot mléka použitého k výrobě výrazně liší. Při fermentaci mléka dochází ke změnám chemického složení mléka uvedeného v tabulce 1.

Tab. 1. Změna složek mléka působením bakterií mléčného kvašení [6]

Substrát	Produkt
laktóza	glukóza
	galaktóza
	kyselina mléčná
	polysacharidy
bílkoviny	peptidy
	volné aminokyseliny
	volné mastné kyseliny
tuk	volné mastné kyseliny (těkavé a s delším řetězcem)
močovina	amoniak
některé vitamíny (např. B12, biotin, cholin)	některé vitamíny (kys. listová)
některé organické kyseliny (hippurová, orotová)	některé organické kyseliny (jantarová, fumarová, benzoová)
	některé nukleotidy (CMP, AMP, UMP, GMP, NAD)
	aromatické látky (acetaldehyd, diacetyl, acetoin)
	některé enzymy (galaktosidáza, proteáza, peptidáza, laktátdehydrogenáza)
	bakteriální buněčná hmota (obsahuje nukleinové kyseliny, lipidy, sacharidy, bílkoviny)

3.1 Mléčné bílkoviny

Stravitelnost mléčných bílkovin v kysaných mléčných produktech je závislá na technologii výroby, a to především na délce, výši ohřevu mléčné směsi a druhu použitých bakterií mléčného kvašení. S tím také souvisí proteolytické enzymy a produkované organické kyseliny při fermentaci. Biologická hodnota bílkovin jogurtu je např. zvýšena oproti bílkovinám původního mléka z 81,4 na 87,3.

Kyselé srážení mléka způsobuje vzniklá kyselina mléčná. Tento proces spočívá ve snížení bobtnavosti kaseinu v jeho izoelektrickém bodě a v uvolnění z pevného svazku s vápníkem.

Bílkoviny se hydrolyzují na takové formy dusíkatých látek, jaké zákysové kultury potřebují ke svému vývoji a růstu. Tyto změny se odrážejí ve struktuře sraženiny a usnadňují trávení bílkovin v lidském organismu [6].

Mléčné bílkoviny se při biologickém zrání vysrážejí ve formě jemných vloček, které se snadněji a rychleji tráví než bílkovina sladkého mléka nebo vysrážená bílkovina syřidlovým enzymem. Jemně vyvločkováná forma vysráženého kaseinu přispívá k rychlejšímu postupu potravy ze žaludku do dvanáctníku. Trávicí šťávy mohou zasáhnout bílkoviny na větším povrchu a mohou je rychleji štěpit než ve sladkém mléce. To je důležité u malých a slabých dětí, starších osob nebo nemocných s oslabeným trávicím traktem [19].

Mléčné bílkoviny jsou bohaté na esenciální aminokyseliny, jako je tryptofan, leucin, isoleucin, threonin, valin, fenylalanin a lysin.

Obsah volných aminokyselin se během fermentace a následného skladování mění v důsledku proteolytických vlastností, které vykazuje např. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*. Snižuje se množství glycinu a lysinu [6].

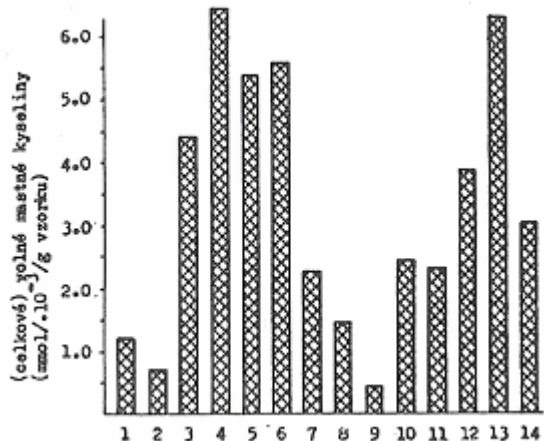
3.2 Mléčný tuk

Mléčný tuk vykazuje výbornou stravitelnost. Příčinou jsou jeho fyzikální vlastnosti a specifické složení mastných kyselin s krátkým řetězcem.

Nutriční hodnota mléčného tuku je stejná u zakysaných mléčných výrobků získaných bakteriemi mléčného kvašení jako u mléka čerstvého. Homogenizací mléka se zlepšuje

stravitelnost, jež zajišťuje méně žaludečních šťáv k trávení a lipolytickou aktivitou bakterií mléčného kvašení, která vhodně ovlivňuje dietetickou hodnotu fermentovaných mléčných výrobků.

Výrazná chuť a vůně kysaných mléčných výrobků je také ovlivňována metabolickými produkty vzniklými metabolickými produkty vzniklými hydrolytickými změnami mléčného tuku působením lipolytické aktivity bakterií mléčného kvašení. U jogurtů ovlivňuje chuťovou složku např. kyselina máselná, kapronová, kaprylová a kaprinová [6]. Lipolytická aktivita čistých mlékařských kultur je závislá na druhu, ale i kmenu mléčných bakterií. Tato aktivita jednotlivých zákysových kultur používaných v mlékárenském průmyslu vyjádřená jako čistý přírůstek volných mastných kyselin je uvedena na obr. 7.



Obr. 7. Přírůstek volných mastných kyselin v mléce při použití jednotlivých zákysových kultur [6].

1 – termofilní streptokoková kultura, 2 – *Streptococcus thermophilus*, 3 – *Lactococcus lactis*, 4 – *Lactococcus cremoris*, 5 – *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*,

6 – *Bifidobacterium bifidum*, 7 – *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, 8 – *Lactobacillus acidophilus*, 9 – *Lactobacillus casei*, 10 – jogurtová kultura 617, 11 – jogurtová kultura V, 12 – kultura pro výrobu smetany, 13 – smetanová kultura, 14 – kultura pro výrobu sýru Cottage

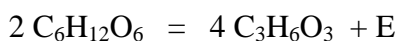
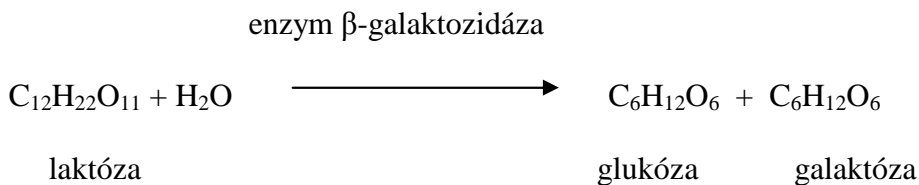
3.3 Sacharidy

Mléko obsahuje ze sacharidů především laktózu. Průměrný obsah laktózy se pohybuje okolo 4,7 %. Laktóza se vyznačuje nízkou sladivostí. Z biologického hlediska má zvláštní význam, protože se vyskytuje pouze v mléce, které představuje přirozenou výživu mláďat.

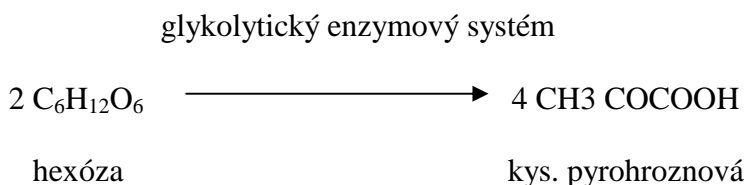
Laktóza se vyskytuje ve dvou základních formách – alfa a beta, jejich rozdílnost je dána různým prostorovým uspořádáním vodíkových a hydroxylových skupin v molekule při stejném počtu atomů uhlíku. Toto uspořádání má vliv na fyzikální vlastnosti laktózy, zejména specifickou otáčivost polarizovaného světla a rozpustnost laktózy ve vodě.

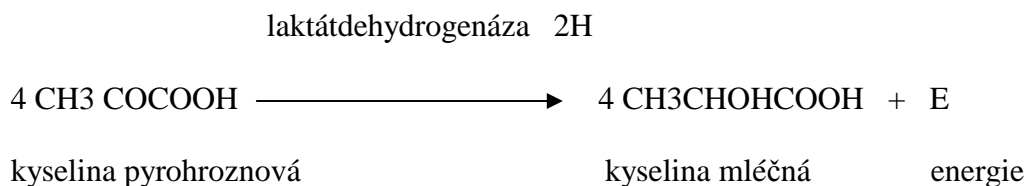
Mléko obsahuje v malých koncentracích řadu dalších sacharidů ve volné nebo vázané formě na bílkoviny, lipidy nebo fosfáty. Z monosacharidů obsahuje např. glukózu nebo galaktózu a malé množství ostatních disacharidů [6].

Při fermentaci mléka působením bakterií mléčného kvašení se laktóza přeměňuje na kyselinu mléčnou. Tento děj je katalyzován řadou enzymů. Laktóza se nejdříve hydrolyzuje činností enzymu β -galaktozidázy vytvořené bakteriemi mléčného kvašení, zvláště laktobacily [7].



Proces přeměny sacharidu glukózy na kyselinu mléčnou probíhá tak, že molekula glukózy fosforylací a izomerizací přechází na fruktóza-1,6-bisfosfát, který se vlivem aldolázy štěpí na fosfáty dvou trióz, a to glyceraldehyd-3-fosfát a dihydroxyacetonfosfát. Glyceraldehyd-3-fosfát se působením příslušné dehydrogenázy oxiduje a vzniká 1,3-bisfosfoglycerát. Z molekuly 1,3-bisfosfoglycerátu se uvolní fosfát za vzniku ATP a 3-fosfoglycerátu. V důsledku defosforylace a enolizace vzniká pyruvát [7].





Při mléčném kvašení se pyruvát stává akceptorem vodíku z $\text{NADH} + \text{H}^+$ a vzniká kyselina mléčná. Tento proces je analogický s glykogenolýzou [7].

Díky β -galaktozidáze zákysové kultury se ve fermentovaných mléčných výrobcích vyskytují galaktooligosacharidy, i když dochází pouze k mírné konverzi laktózy (okolo 20 %). V komerčním jogurtu byly detekovány allolaktóza a galaktobióza v množství 0,03 až 0,09 %. Obsah galaktooligosacharidů v jogurtu roste s dobou fermentace a během skladování [20].

V souvislosti se stravitelností laktózy se setkáváme s problémy laktóзовé intolerance. Tato porucha metabolismu je způsobená nízkou aktivitou β -galaktozidázy a je častou abnormalitou tenkého střeva u člověka. Laktóza tak projde až do tlustého střeva, kde pak fermentací vzniká velké množství CO_2 , H_2 a organických kyselin. Část disacharidů zůstane nestrávena. Tyto disacharidy spolu s produkty jejich bakteriálního rozkladu na sebe váží vodu. To zvyšuje obsah tlustého střeva i tlak na jeho stěnu a vede k vodnatému průjmu [21].

Velký význam má konzumace fermentovaných mléčných výrobků, protože je zde odbouráno asi 30 % laktózy a většina bakterií mléčného kvašení – zvláště laktobacilů – produkuje určité množství β -galaktozidázy, takže jsou tyto výrobky tolerovány ve větších dávkách než mléko. Účinek jogurtové kultury je podstatně větší, jestliže je konzumován normální jogurt s živou mikroflórou než jogurt trvanlivý, u kterého je mikroflóra umrtvena 3 minutovým ohřevem při teplotě 65°C [6].

3.4 Minerální látky

Množství a složení minerálních látek se fermentací prakticky nemění. Konzumací kysaných fermentovaných výrobků se však zvyšuje využitelnost vápníku, fosforu a železa. V kyselém prostředí se zvyšuje rozpustnost vápenatých solí a usnadňuje resorpce vápníku sliznicí tenkého střeva vlivem vytvoření relativně kyselého prostředí. [19].

3.5 Chuťové a aromatické látky

Chuťové a aromatické látky vznikají enzymatickým rozkladem některých složek mléka, např. laktózy, kyseliny citrónové a kyseliny mléčné.

Na chuť a vůni kysaných mléčných výrobků má také vliv proteolytická a lipolytická činnost bakterií mléčného kvašení. Proteolytickou činností vzniklé peptidy a aminokyseliny působí jako prekursory pro enzymové chemické reakce produkující chuťové látky. Podobně vznikají chuťové a aromatické látky lipolytickou činností, kdy je degradován mléčný tuk. Lipázy produkované jogurtovou kulturou jsou zejména aktivní vůči triacylglycerolům s krátkým řetězcem.

Určité aminokyseliny (threonin, methionin) jsou známy jako prekurzory acetaldehydu.

Hlavními chuťovými látkami u jogurtu jsou acetaldehyd, diacetyl, aceton, kyselina mléčná, octová, propionová, máselná, kapronová, kaprylová a kaprinová. Tvorba těchto aromatických a chuťových látek závisí na druhu a kmenu použité mlékárenské kultury [6].

3.6 Vitamíny

Během fermentace dochází k určitým změnám v obsahu vitamínů oproti původnímu mléku.

Bakterie mléčného kvašení využívají pro svůj růst vitamíny, které v některých fázích metabolického procesu mléku odebírají, v jiných fázích je mohou syntetizovat. Obecně však platí, že se koncentrace vitamínů během fermentace spíše snižuje.

U jogurtových kultur je po 24 hodinách, kdy se jogurt dostává ke spotřebiteli, nepatně snižená hladina vitamínů skupiny B, nejvíce thiaminu. Obsah lipofilních vitamínů je zvýšen [6].

3.7 Kyselina mléčná a organické kyseliny

Kyselina mléčná vzniká biologickým působením čistých mlékařských kultur. V kysaných výrobcích se vyskytuje ve dvou optických izomerech: jako pravotočivá L(+) kyselina mléčná a levotočivá D(-) kyselina mléčná, které jsou uvedeny na obrázku 8. Opticky inaktivní DL kyselina mléčná se označuje za racemát. Oba izomery vyskytující se ve fermentovaném mléce jsou absorbovány v trávicím traktu, ale jejich přeměna je rozdílná.

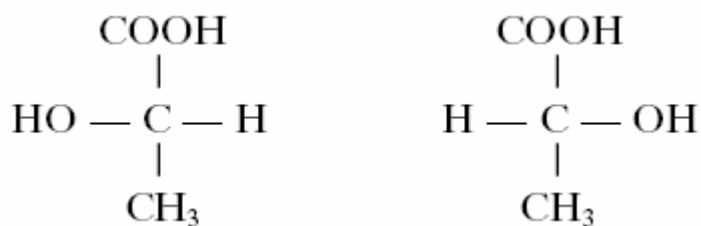
Pravotočivá L(+) mléčná kyselina se kompletně přeměňuje v respiračním procesu nebo je syntetizována na glukosu nebo glykogen [6].

L-laktát vzniká redukcí pyruvátu dodávaného glykolýzou a je katalyzován enzymem laktátdehydrogenázou (LDH).



Produkce D(-) mléčné kyseliny může nastat, jestliže buňky produkují racemasu, která katalyzuje izomeraci L(+) izomeru na D(-), nebo buňky obsahují D-laktát dehydrogenázu a D(-) izomer kyseliny mléčné vzniká po glykolýze z pyruvátu stejně jako L(+) izomer. Třetí možností je, že D(-) izomer vzniká jinou metabolickou drahou než glykolýzou, např. z aminokyselin [23].

Poměr mezi izomerickými formami mléčné kyseliny je v kysaných mléčných výrobcích dán použitými čistými kulturami, způsobem kultivace, skladováním, případně ochucováním. *Leukonostoky* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* produkují pravotočivou mléčnou kyselinu. Jejich produkce levotočivého izomeru je nevýrazná. Podobně je tomu u kmenů *Bifidobacterium bifidum*. *Lactobacillus acidophilus* produkuje z celkového množství mléčné kyseliny asi 10 % levotočivého isomeru, zatímco jogurtová kultura 30 až 50 % [19].



Obr. 8. Pravotočivá L(+) kyselina mléčná a levotočivá D(-) kyselina mléčná [28]

Vedle vyprodukované kyseliny mléčné při zracím procesu vznikají nepatrná množství octové, mravenčí, jantarové, fumarové, orotové kyseliny i dalších organických kyselin [19].

4 JOGURTY

Podle vyhlášky 124/2004 Sb. (v plném znění) se kysanými mléčnými výrobky rozumí mléčný výrobek získaný kysáním mléka, smetany, podmáslí nebo jejich směsi za použití mikroorganismů uvedených ve vyhlášce a po kysacím procesu nebyly tepelně ošetřeny [27].

4.1 Historie výroby jogurtů

Jogurty patří mezi nejrozšířenější a nejoblíbenější kysané mléčné výrobky. Úprava mléka na jogurtový výrobek byla známa již 5000 let před naším letopočtem v zemích Středního Východu. Slovo jogurt pochází z tureckého "yogurt" (zkvašené mléko) od "yogun" (hustý).

Nejprve byl jogurt vyráběn proto, aby se v horkém podnebí lépe uchovávalo mléko a také pro lahodnou chuť. Na začátku minulého století pak byl rozpoznán i jeho význam pro zdraví člověka [24].

V roce 1933 se objevil první ovocný jogurt. Byl vymyšlen v Radlické mlékárně na Smíchově. Několik lžiček jahodové marmelády na povrchu jogurtu mělo zabránit vytváření plísní na jogurtu. Kromě toho jogurt získal lepší chuť (nebyl tak kyselý) [25].

4.2 Dělení jogurtů

Jogurty se dělí podle různých hledisek.

Podle způsobu přípravy je dělíme na bílé jogurty a jogurty s příchutí. Dnes se vyrábí jogurty různých příchutí a tato škála se neustále rozšiřuje (příchutě jahodová, lesní směs, borůvková, broskev-maracuja, malinová, višňová, vaječný koňak, med s oříšky). Vyrábějí se i další výrobky na bázi jogurtu, např. jogurtové krémy, deserty, pěny, našlehané jogurty, jogurty s müsli apod.

Jogurty můžeme také dělit podle obsahu tuku. Nejtučnější jsou jogurty smetanové (obsah tuku je asi 10 %), běžný jogurt má kolem 3 % a jogurty se sníženým obsahem tuku (nejvýše 3 %).

Podle textury (viskozity) dělíme jogurty na pevné (tuhé), krémovité (pastovité) a tekuté [24].

4.3 Technologie výroby jogurtů

4.3.1 Jakost mléka použitého jako surovina pro výrobu kysaných mléčných výrobků

Surovinou pro výrobu běžného jogurtu je kravské mléko, které se uchovává v ocelových nerezových tancích v kapacitě až sto tisíc litrů [26]. Mléko musí být čerstvé s normální chutí a vůní, protože každá odchylka se projeví na finálním výrobku. Při výrobě kysaných mléčných výrobků velmi záleží na chemickém složení mléka. Jednotlivé složky a jejich vzájemný poměr ovlivňují správný růst ušlechtilých bakterií mléčného kvašení a jejich fyziologickou činnost. Důležité je i množství přítomných bílkovin a jejich štěpných produktů, tj. peptidů a aminokyselin [19]. Pro výrobu kysaných mléčných výrobků je vhodná pouze mléčná surovina s nízkým obsahem celkového počtu mezofilních aerobních a fakultativně anaerobních mikroorganismů. Nežádoucí je především vysoký podíl psychotrofních mikroorganismů, které mohou produkovat metabolity inhibující růst bakterií mléčného kvašení. Jsou schopny negativně ovlivnit konzistenci, chuť a vůni výrobků působením proteináz a lipáz [27].

Nevhodné je také mastitidní mléko, mléko s obsahem inhibičních látek a antibiotik [26].

Syrové mléko se nejdříve čistí, aby se z něho odstranily různé nerozpustné látky, drobné částičky nečistoty, leukocyty a epitelní buňky [19].

4.3.2 Odstředování mléka

Odstředování patří mezi fyzikální postupy dělení, jimiž je možno rozdělit směsi kapalin nebo suspenze. Pro odstředování se používají talířové odstředivky, hnací silou je odstředivá síla, kdy na základě měrné hmotnosti se získá odstředěné mléko a smetana [27].

4.3.3 Standardizace mléka

Standardizace mléka je úprava obsahu tuku, sušiny a tukuprosté sušiny. Úprava obsahu tuku se provádí mícháním mléka o různé tučnosti či přidávkem smetany.

Kysané mléčné výrobky se vyrábějí z mléka odtučněného, polotučného, plnotučného i vysokotučného. Tučný obsah jogurtů je velmi odlišný, může se pohybovat od 0,1 až 10 %.

Zvýšená tučnost mléka příznivě ovlivňuje chuťovou charakteristiku, zajišťuje hladkost a jemnost textury sraženiny, a to je jeden z faktorů podílejících se na zvyšování viskozity a pevnosti koagulátu [26].

K úpravě sušiny mléka se používá odpařování, ultrafiltrace, popř. reverzní osmóza, přídavek odtučněného sušeného mléka, odpuštění části syrovátky po vytvoření koagulátu. K zahuštění se používají odparky, které zajišťují dobrou strukturu kaseinového koagulátu, a v důsledku toho lepší organoleptické vlastnosti.

Sušené mléko je široce používané v průmyslu k posílení čerstvého mléka k výrobě hladkého jogurtu. Poměr přídavku sušeného mléka může být v rozsahu od 1 až 6-ti %, doporučená hladina je 3 až 4 %, vyšší přídavky sušeného mléka vedou k sypké chuti jogurtu.

Obsah sušiny lze ovlivnit i přídavkem řady jiných látek, tzv. stabilizátorů [19].

4.3.4 Přídavek stabilizátorů

K zajištění dobré jakosti a zvláště reologických vlastností kysaných mléčných výrobků lze použít přídavek stabilizačních látek. Stabilizátory se dělí na živočišné a rostlinné. Z živočišných se používá výhradně želatina a rostlinné stabilizátory jsou např. nativní i modifikované škroby, deriváty celulosy, dextriny, pektiny, karagenany, agary, různé rostlinné gummy (arabská, locustová aj.)

Hlavní působení hydratujících vázaných prostředků spočívá v tom, že se aglomerací kaseinových micel snižuje kontrakční síla kaseinového koagulátu. Na druhé straně se zvyšuje odolnost koagulátu proti kontrakční síle, čímž se snižuje syneréze spojená s odlučováním syrovátky. Kysané mléčné výrobky jsou pak homogennější, hladší, jemnější a stabilnější proti otřesům a tepelným výkyvům. Vázání vody umožňuje hydratační vazba hydrokoloidů, zvyšování hydratační síly složek mléka a vytvoření molekulární síťové struktury se složkami mléka se pak nemůže pohybovat.

Při rozmanitosti druhů a technologií výroby kysaných mléčných výrobků je třeba v každém jednotlivém případě zjišťovat, který druh stabilizátoru je nejvhodnější k zajištění nejlepší jakosti finálního výrobku [19].

Na vlastnosti kysaných mléčných výrobků má také vliv používaných aditiv.

K ochucování se nejčastěji používá cukr, ovoce a přírodní aromata. Jako sladidlo se používá sacharóza, která se může přidávat 10 až 15 % před pasterací nebo dozralého výrobku. Přídavek sacharózy může být v suché formě, granulovité, krystalické, kapalné nebo jako cukerný roztok [26].

Zdravotní, výživové a v neposlední řadě také ekonomické aspekty vedly k zavedení syntetických náhradních sladidel do fermentovaných výrobků.

Množství aspartamu používaného v jogurtech závisí na ochucovacích přísadách a na celkové požadované sladkosti. V závislosti na typu, množství ovoce a na požadované sladkosti je běžné množství aspartamu přidávané do ovocných jogurtů 500 až 700 mg aspartamu na 1 kg jogurtu a do jogurtů ochucených kávou nebo čokoládou asi 1000 mg aspartamu na 1 kg jogurtu. Aspartam může být přidáván přímo k jogurtové bázi bílého jogurtu nebo jako součást ochucujícího (ovocného) materiálu [24].

4.3.5 Homogenizace mléka

Homogenizace mléka při výrobě fermentovaných mléčných výrobků ovlivňuje reologické i senzorické vlastnosti. Cílem je zmenšení velikosti tukových kuliček na jednotnou velikost (do 2 μm), zajištění stabilnější emulze a zabránění vyvstávání tuku na povrchu výrobku. Zpravidla se používá vysokotlaká homogenizace (20–25 MPa). Kaseinové micely se tříští na submicely, stávají se lipofilními a shromažďují se na povrchových vrstvách rozhraní tuku a mléčného séra. Tím dochází ke stabilizaci bílkovinného komplexu a hydrofilní vlastností koagulátu se zvyšují. Disperze tuku vede ke zvýšení hydratace, tedy ke zvýšení procenta vázané vody a snížení možnosti odlučování syrovátky. Vlivem vysoké homogenizace nastává částečná denaturace syrovátkových bílkovin. Dále posouvá počátek srážení mléka do oblasti nižší koncentrace vodíkových iontů (pH 4,9), což zkracuje srážecí proces [19].

4.3.6 Tepelné ošetření mléka

Cílem tepelného ošetření mléka je nejen zničit nežádoucí mikroflóru, ale také zlepšit vlastnosti mléka pro výrobu kysaných mléčných výrobků a vytvořit živné prostředí pro bakterie mléčného kvašení [19].

Používá se pasterační záhřev 85 °C po dobu 30 minut nebo teplota 90 °C po dobu 10 minut [26]. Vysokým tepelným záhřevem dochází k denuraci sérových bílkovin, což má vliv na konzistenci gelu. Zvyšuje se aktivita čistých mlékařských kultur, tím, že dochází ke snížení množství kyslíku a vystavením redukčních skupin v denaturovaných bílkovinách snižuje oxidačně redukční potenciál. Dále se snižuje také kyselost a vzniká vazba β -laktoglobulinu na κ -kasein prostřednictvím disulfidického můstku. Vyšším záhřevem se zlepšují reologické vlastnosti kysaných mléčných výrobků. Koagulát se stává jemnější a pevnější, vzniká rovnoměrně hustý výrobek a zmenšuje se schopnost odlučování syrovátky.

UHT ošetření mléka není příliš vhodné, protože při něm dochází k denuraci jen 65 % sérových bílkovin, zatímco ostatní uvedené záhřevy zajišťují stoprocentní denuraci sérových bílkovin.

Po standardizaci, tepelném ošetření a vychlazení na zakysávací teplotu se směs očkuje mléčnou kulturou [19].

4.3.7 Příprava čistých mlékařských kultur

Příprava čistých mlékařských kultur je klíčová operace, na níž závisí úspěšnost výroby fermentovaných mléčných výrobků. Bakteriální čisté mlékařské kultury mohou být dodávány ve formě tekuté kultury, lyofilizované, koncentrované lyofilizované nebo koncentrované hluboko zamražené kultury. Tradičně se bakteriální čisté mlékařské kultury dodávaly v tekutém stavu, tzv. matečná kultura (také komerční kultura).

Kultury se uchovávají při teplotě + 5 °C a co nejdříve se přeočkují do sterilního mléka.

Velké množství zákysu je potřebné pro provozní potřebu, proto se matečným zákysem zaočkuje větší množství mléka, tzv. mezioperační zákyse.

Zralý zákyse se vychladí a ponechá do dalšího přeočkování nebo k provoznímu použití.

Z mezioperačního zákysu se připravuje tzv. provozní zákyse. Mléko pro provozní zákyse se zahřívá na teplotu 95 °C působící až 30 minut. Po ochlazení na inokulační teplotu se zaočkuje, promíchá a ponechá zrát v nerezových zákysnicích.

Zralý zákyse se promíchá a hodnotí se podle titrační kyselosti, po stránce vizuální a senzorické. Uchovává se při chladírenských teplotách (zpravidla pod 5 °C), aby nedošlo

k překysání. Provozní zákys se používá k inokulaci při vlastní výrobě fermentovaných výrobků.

Tekuté čisté mlékařské kultury a jejich tradiční vedení se dnes využívá jen pro výrobu speciálních produktů. Dnes jsou však běžně dodávány lyofilizované kultury, které mohou být použity pro přípravu matečních zákysů v laboratorních podmínkách, následně pro mezioperační a provozní zákys, pro přípravu provozních zákysů nebo pro přímou inokulaci mléka při výrobě mléčných výrobků. Kromě lyofilizovaných kultur se čisté mlékařské kultury dodávají i hluboce zamražené [28].

Optimální kultivační teplota jogurtových kultur se pohybuje mezi 40 °C až 50 °C. Při vyšší teplotě kultivace dochází k většímu oddělování syrovátky a hrubší konzistenci koagulátu.

Mléko vytemperované na kultivační teplotu se očkuje 1 % matečné kultury. Vyšší dávkování má za následek moučnou až písečnou chuť kultury [19].

4.3.8 Fermentace

Fermentace může probíhat v tancích nebo drobném spotřebitelském balení.

Diskontinuální proces probíhá tak, že se inokulace provozním zákysem může provádět přímo do dobře promíchaného média ve fermentačního tanku – stirred type. Inokulace do spotřebitelského balení se nazývá kontinuální způsob výroby – set type [27].

4.3.8.1 Klasický jogurt – set type

Srážení klasických jogurtů probíhá ve spotřebitelských obalech při teplotě 42 až 45 °C cca 3 až 3,5 hodiny a očkuje se 1 až 2 % jogurtové kultury. Naočkované mléko se rozdělí do spotřebitelských obalu, ve kterých zraje [12]. Inkubace směsi je ve vodních lázních, zracích skříních nebo zracích komorách. Důležité je vystihnout správný okamžik, kdy se má zrání přerušit a začít chladit. Tento okamžik se stanovuje podle kyselosti koagulátu

(60 až 65 °SH). Po uzrání se jogurt vychladí a v obalech uzavře. Obvykle se provádí dvojstupňové chlazení. Směs se nejdříve zchladí na teplotu 20 °C a později na teplotu skladování 4 až 8 °C [28]. Jogurty obsahují pevný nerozmíchaný koagulát s pevnou, porcelánovou až lomivou konzistencí.

Při výrobě ovocného jogurtu se před uzavřením spotřebitelského obalu navrství na povrch nebo na dno 30 až 35 g ovocného džemu obvykle ve formě sirupu nebo pyré.

Ochucující směsi jsou možným zdrojem kontaminace, proto se využívají sterilované složky uchovávané v nerezových aseptických kontejnerech [19].

4.3.8.2 Jogurt krémovitý – stirred type

Tanková metoda spočívá ve srážení mléka ve zracích tancích při teplotě 30 °C po dobu 16 až 18 hodin nebo teplotě 30 °C po dobu 16 hodin. Jogurtová hmota se po uzrání chladí, míchá, čerpá do dávkovacího zařízení a plní do obalů. Chlazení probíhá jednostupňově.

Během mechanických operací se naruší konzistence vytvořeného koagulátu, která se během 24 hodin obvykle zlepší, nedosáhne však původní kvality. Řeší se přidávkem stabilizátorů, např. modifikované škroby, želatina, pektin [28].

Jogurt krémovitý obsahuje 0,85 až 1,20 % kyseliny mléčné, 10 až 15 mg/kg acetaldehydu a 1 až 2 mg/kg diacetylu.

Ochucující složka se rozmíchává přímo do vychlazené jogurtové hmoty v uzrávači [19].

4.3.9 Skladování a distribuce

Kysané mléčné výrobky se skladují vychlazené na teplotu 4 až 8 °C. Nedostatečně vychlazené výrobky překysávají a vykazují chuťové závady jako např. hořkost.

Důležité je zajištění chladicího řetězce při skladování, přepravě, v distribuci a v domácnostech.

Důležitý krok během výroby jogurtů je balení. Zajišťuje bezpečné dodání produktu ke spotřebiteli. Obaly by měly ochránit výrobek před znečištěním, kontaminací mikroorganismů, plyny a světlem [19].

V některých zemích jsou využívány skleněné láhve. Přestože je sklenice vynikající obalový materiál, jeho použití je omezené vyšší cenou výrobku a hmotností [28]. Dále se používají kartonové obaly s nánosem parafínu nebo kombinované s dalšími materiály a laminované fóliemi. Předností kartonových obalů je nízká hmotnost, možnost grafické a barevné úpravy a jsou nevratné. Nevýhodou je případné zbarvení vnitřní části obalů některými ovocnými přísadami, např. borůvkami. Karton může být kombinován s hliníkovou fólií a fóliemi nebo nástřiky z plastů. Výhodou těchto obalů je výhodná cena, nízká hmotnost, zvýšená stabilita a strukturální síla kartonu, nepropustnost pro plyn a vlhkost, ochrana vůči

světlu. Skleněné obaly a parafinované kartonové obaly se uzavírají hliníkovou fólií zarolováním na hrdle obalu.

Velmi používané jsou obaly z plastů. Jsou vyrobeny z polyvinylchloridu (PVC), polystyrenu (PS), nízkotlakého polyetyleny (NPE) atd. Obaly z PVC mají relativně nízkou permeabilitu k vodní páře, kyslíku, dusíku a CO₂. Naopak polystyren vykazuje velkou permeabilitu k těmto plynům. Kelímky z plastů mohou být používány buď hotové, nebo jsou tepelně vakuově tvarovány [19].

Hlavním problémem je přechod nízkomolekulárních sloučenin do kysaných mléčných výrobků, zvláště když je doba styku výrobku s obalovým materiálem delší, a náchylnost ke kontaminaci nežádoucí mikroflórou ze vzduchu. Předností je, že mají stejnou kvalitu, co se týče hmotnosti, tloušťky a homogenity.

K uzavírání kelímků se používají převážně hliníkové fólie s nánosem termoplastu, které se vzduchotěsně přitavují. Aby nedocházelo ke vzájemnému působení ovoce, mléčné kyseliny a hliníku, což se projeví odbarvováním a korozí, používají se hliníkové fólie opatřené speciálním lakem rezistentním vůči těmto vlivům [19].

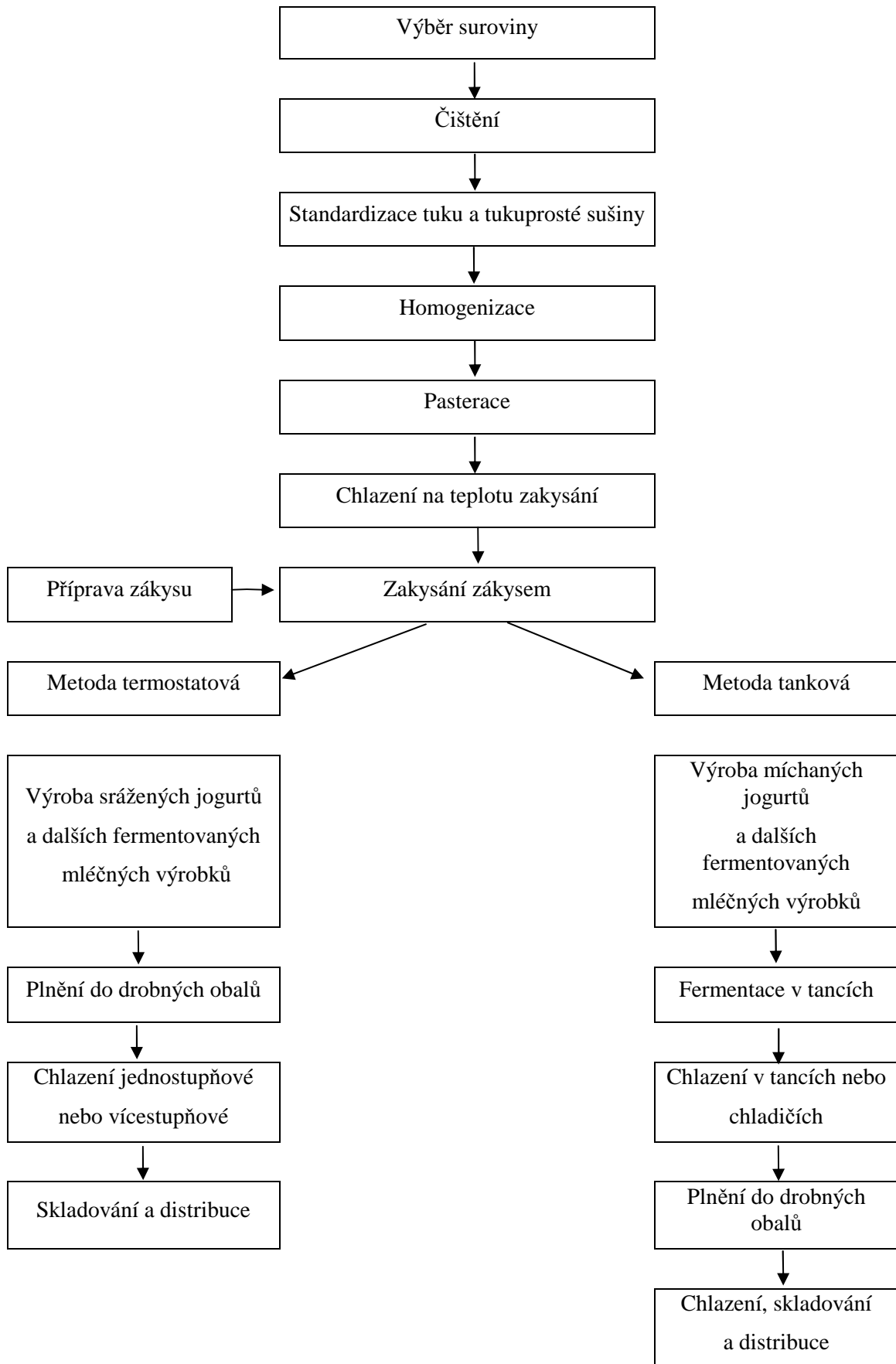
Obal musí obsahovat: název produktu, jméno a adresu výrobce, přibližné chemické složení nebo výživové údaje produktu, přísady a datum spotřeby [28].

Schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků je zobrazeno na obr. 9.

4.3.10 Dieteticko-léčebné účinky kysaných mléčných výrobků

Tvorba kyseliny mléčné přispívá k aciditě žaludečního obsahu a déle udržuje zdravou rovnováhu střevní mikroflóry tím, že je schopná potlačovat některé patogenní mikroorganismy [19].

Střevní mikroorganismy můžeme rozdělit na prospěšné (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus*), neutrální a zdraví škodlivé (*Clostridium*, *Bacteroides*, *Proteus*). Růstovým substrátem pro střevní mikroorganismy jsou složky potravy, které nebyly absorbovány v gastrointestinálním traktu. Jedná se zejména o rezistentní škrob, vlákninu, cukry, oligosacharidy, bílkoviny, peptidy a aminokyseliny.



Obr. 9. Schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků [27]

Nežádoucí mikroorganismy produkují řadu toxických látek (aminy, indoly, fenoly, hydrogensulfidy), způsobují nadýmání, průjem, zhoubnou anemii, jaterní koma, meningitidu aj. Ke zvýšenému nárůstu těchto bakterií dochází při stresu, změně způsobu stravování, léčbě antibiotiky, steroidy a imunosupresivy.

Vliv na patogenní mikroorganismy je připisován produkci látek antimikrobiálních a mikroorganismy inhibujících (organické kyseliny, peroxid vodíku, bakteriociny, antibiotika, nekonjugované žlučové kyseliny).

Aby se kultura dostala životaschopná až do střeva, musí být rezistentní k žlučovým solím, podmínkám v žaludku (pH 1–4), střevním enzymům (lysozym) a metabolitům produkovaným během trávení. Nejčastěji používaná probiotika shrnuje tabulka 2 [20].

Tab. 2. Příklady bakterií používaných jako probiotika [20]

<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobacterium</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>Enterococcus</i>
<i>Lbc. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Str. salivarius</i> subsp. <i>thermophilu</i>	<i>Ent. faecalis</i>
	<i>B. longum</i>		<i>Ent. faecium</i>
<i>Lbc. acidophilus</i>	<i>B. breve</i>		
<i>Lbc. rhamnosus</i>	<i>B. infantis</i>		
<i>Lbc. reuteri</i>			
<i>Lbc. casei</i>			

Ačkoliv jsou *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* a *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* uváděny jako probiotika, nepřežívají tyto bakterie průchod horní částí gastrointestinálního traktu. Pozitivní vliv na lidské zdraví však mohou mít i mrtvé buňky [20].

4.4 Technologie výroby jogurtových mlék

Jogurtové nápoje jsou stále oblíbenější, mají osvěžující chuť a jsou lehce stravitelné i pro osoby se zažívacími potížemi. Vyznačují se tekutou konzistencí a jsou označovány jako drinking type.

Zatímco jogurt, kefir, acidofilní mléko nebo kysaný mléčný výrobek s kulturou *Bifidobacterium* jsou přesně definovány vyhláškou, o jogurtovém nápoji, drinku či koktejlu v ní není zmínka. Nemusí proto splňovat požadavky předepsané pro mléčné výrobky, např. počet živých mikroorganismů nebo obsah tuku a sušiny.

Aby se výrobek mohl označit jako „jogurtový“, musí nejméně polovinu tvořit jogurt. A aby se nápoj mohl nazývat mléčný, musí v něm být víc než polovina mléka nebo syrovátky [29].

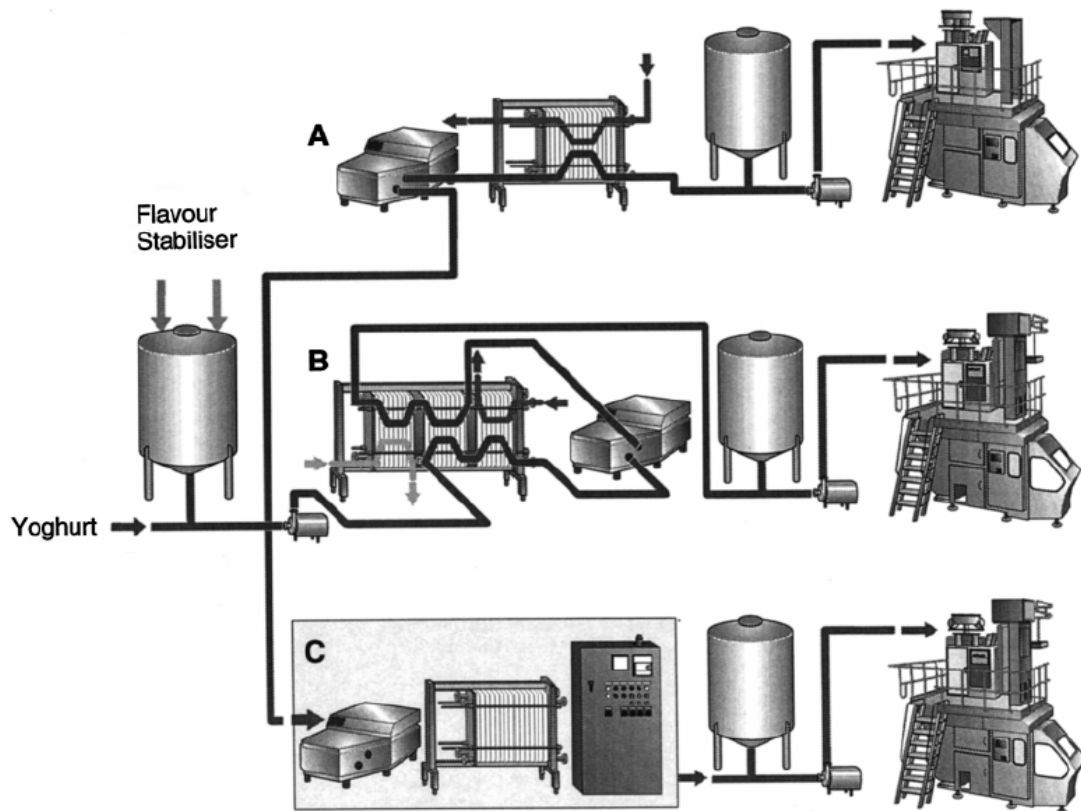
Jogurtový nápoj se vyrábí prokysáním mléka jogurtovou kulturou obsahující mikroorganismy druhu *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Laktobacilus paracasei* subsp. *paracasei*, případně jiné bakterie mléčného kvašení jako *Lactobacillus acidophilus* a *Bifidobacterium* v různých kombinacích a poměrech [28]. Vyrábí se zahušťováním z mlékárensky ošetřeného mléka o tučnosti 1,8 % na odparce do získání požadované celkové sušiny nebo přidavkem sušeného odtučněného mléka. Zahuštěná směs se pasteruje při teplotě 95 až 98 °C s výdrží 20 sekund, případně při nižších teplotách s příslušně prodlouženou výdrží. Při teplotě 60 až 70 °C se směs homogenizuje [19]. Provádí se pomocí vyšší rychlosti, kdy jsou rozbíjeny koaguláty vzniklé při fermentaci. V některých případech je vychlazený jogurt převeden přes homogenizér bez použití tlaku. Směs se vychladí na teplotu zrání a očkuje jogurtovou kulturou. Fermentace probíhá při teplotě 42 až 45 °C po dobu 2,5 až 3,5 hod., po dosažení pH 4,5 [28]. Následuje chlazení na deskovém chladiči na teplotu 6 až 8 °C. Při této teplotě se jogurtová hmota uchovává do druhého dne. Ovocná směs se dávkuje pomocí pístového dávkovacího čerpadla [19].

Do jogurtových mlék se přidávají potravinářské přísady, např. sladový výtažek, koncentráty syrovátky, sojová mouka, podmáslí, rajčatová směs, sladká smetana atd.

Nezbytným přidavkem jsou stabilizační látky, např. škroby, deriváty celulosy a pektiny [28].

Hotová směs jogurtového mléka s ovocem se vede do zásobníku balicí linky a plní do spotřebitelských obalů [19]. Jogurtová mléka můžeme skladovat 16 dnů při teplotě 5 °C až 10 °C, 12 dnů při teplotě 15 °C a 6 dnů při teplotě 20 °C.

Počet životaschopných buněk v jogurtu je ukazatelem kvality, která souvisí se smyslovou chutí výrobku během skladování [28].



Obr. 10. Způsoby zpracování jogurtových nápojů [28]

Výrobu komerčních jogurtových nápojů můžeme rozdělit do tří skupin, které jsou znázorněny na obr. 10.

- A Homogenizace, chlazení a balení. Skladujeme 2 až 3 týdny při teplotě 5 °C.
- B Homogenizace, pasterace a aseptické balení. Skladujeme 1 až 2 měsíce při teplotě 5 °C.
- C Homogenizace, UHT ohřev a aseptické balení. Skladujeme až několik měsíců při teplotě okolí.

K tradičním jogurtovým nápojům patří jihoasijský nápoj Lassi, který se vyrábí smícháním jogurtu s vodou, solí a koření až do zpěnění. Lassi může být ve sladké nebo slané podobě. Do slaneého Lassi se přidává sůl a chilli nebo římský kmín. Sladká verze se sladí a případně dochucuje ovocem [30].



Obr. 11. Jogurtový nápoj Lassi [34]

Další jogurtový nápoj Ayran je populární v Turecku, Bulharsku a Řecku. Ayran je směs jogurtu, vody a soli. Vyrábí se s příchutí okurky, česneku, máty nebo okořeněný pepřem. Podobný nápoj, Doogh, je populární v Iránu. Liší se od ayran přidáním bylin a sycením oxidem uhličitým [30].



Obr. 12. Jogurtový nápoj Ayran [35]

Zvýšený zájem o výrobu ochucených mlék a jogurtových nápojů projevují nejen mlékárny, ale i průmysl nealkoholických nápojů, protože u obou mají pomoci rozšířit sortiment. Vývoj výrobků podporuje i zvyšující se počet spotřebitelů, kteří dbají o své zdraví.

ZÁVĚR

V této práci jsem se zaměřila na fyziologické vlastnosti jogurtových kultur a uplatnění mikroorganismů při výrobě jogurtů a jogurtových mlék. Popsala jsem jejich taxonomické zařazení, fyziologické a biochemické vlastnosti.

Kysané mléčné výrobky jsou v podstatě biologicky aktivní mléka. Ve srovnání se sladkým mlékem mají mnohé přednosti. Při své relativně nízké energetické hodnotě jsou bohatým zdrojem plnohodnotných bílkovin, vápníku, fosforu a různých vitaminů skupiny B. Mohou se uchovávat v čerstvém stavu déle než sladké mléko, jsou snadno stravitelné a vykazují dieteticko-léčebné účinky.

Základním pochodem při výrobě jogurtových výrobků je anaerobní proces přeměny sacharidů na kyselinu mléčnou. Kyselina mléčná přispívá k aciditě žaludečního obsahu a déle udržuje zdravou rovnováhu střevní mikroflóry.

Jogurty a jogurtová mléka nesporně patří k potravinám vhodným pro dnešní spotřebitele.

V současné době se vyrábí jogurty pevné, krémovité i tekuté o různé sušině a s různým obsahem tuku. Tento sortiment se neustále rozšiřuje.

Na základě poznatků, se domnívám, že jogurt je nedílnou součástí každodenního jídelníčku. Nejenže přispívá k rovnováze střevní mikroflóry, rychlejší léčbě infekcí zažívacího traktu, ale má vliv na obranyschopnost organismu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Fyziologie průmyslových mikroorganismů II, [online]. [cit. 2008-14-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/fyziioII.pdf> >
- [2] Anonym, Zdraví prospěšné vlastnosti bakterií mléčného kvašení [online]. [cit. 2008- 14-04]. Dostupný z WWW: <http://is.muni.cz/th/106173/prif_b/BAKALARSKA_PRACE.txt>
- [3] ŠILHÁNKOVÁ, L., Mikrobiologie pro potravináře, Praha: SNTL, 1983.
- [4] TEPLÝ, M., GOTTWALD, K., ČERMÍNOVÁ, N., HYLMAR, B., PETERKOVÁ, L., URNEROVÁ, M., Čisté mlékařské kultury, Výroba, kontrola, použití, Praha: SNTL, 1984, ISBN 04-806-84.
- [5] KNĚŽ, MAŠEK, MAXA, TEPLÝ, VEDLICH, Čisté mlékařské kultury a jejich použití v mlékárenském průmyslu, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960, 2. vydání, přepracované a rozšířené, ISBN 2-367.825-60.
- [6] HYLMAR, B., Zvyšování nutričních a dietetických vlastností mléka bakteriemi mléčného kvašení, Praha: Výzkum. ústav mlékárenský, 1985, první vydání, ISBN
- [7] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D., BUDÍNSKÝ, P., Potravinářská biochemie III. díl, Zlín: UTB – Academia centrum, 2006, první vydání, ISBN 80 – 7318 – 396 – X.
- [8] HOĐÁK, K., Fyziologie a biochemie bakterií, Brno: MU (UJEP), 1979.
- [9] Vscht: Příprava kysaného zelí, [online]. [cit. 2008- 14-04]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/navody/oborII/zeli.pdf>
- [10] SEDLÁČEK, I., Taxonomie prokaryot.. Brno: Masarykova univerzita, 2007, první vydání, ISBN 80-210-4207-9.
- [11] KLABAN, V., Ilustrovaný mikrobiologický slovník, Praha: Nakladatelství Galén, 2005, 1. vydání, ISBN 80-7262-341-9.
- [12] GÖRNER, F., VALÍK, L., Aplikovaná mikrobiológia požívatin, Bratislava: Malé centrum, 2004, první vydání, ISBN 80-967064-9-7.
- [13] Miniatlás mikroorganizmů [online]. [cit. 2008-14-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.sci.muni.cz/mikrob/Miniatlás/str-t.htm>>

- [14] TEPLÝ, M., HYLMAR, B., KALINA Č., RUMLOVÁ, V., Kefír, jogurt, acidofilní a jiné kyselky, Praha: SNTL, 1968, 1. vydání, ISBN 04-819-68.
- [15] MATER, D., BRETIGNY, L., FIRMESSE, O., FLORES, M., MOGENET, A., BRESSON, J., CORTHER, G., *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* survive gastrointestinal transit of healthy volunteers consuming jogurt, 2005. Dostupný z WWW: <<http://fems-microbiology.org>>
- [16] KOHOUTKOVÁ, J., Možnosti využití biologických agens v ochraně potravního řetězce, [online]. [cit. 2008-16-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.phyotosanitary.org/projekty/2004/vvf-08-04.pdf>>
- [17] ŽIŠKA, B., MARTINKOVÁ, Z., Mikrobiológia pre 4. ročník stredných priemyselných škôl potravinárskych študijný obor spracovanie mlieka, Bratislava: ALFA, 1980, 2. opavené vydanie, ISBN 80-05-00642-X.
- [18] ZELÍNKA, J., Bakteriálne a plesňové fermentácie, Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1960, prvé vydanie.
- [19] HYLMAR, B., Výroba kysaných mléčných výrobků, Praha: SNTL, 1986, první vydání, ISBN 04-812-86.
- [20] ČURDA, L., HOLUBOVÁ, J., RUDOLFOVÁ, J., NĚMEČKOVÁ, I., Stabilita galaktooligosacharidů ve fermentovaných mléčných výrobcích a jejich vliv na probiotické kultury, [online]. [cit. 2008-14-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.institut-danone.cz/data/studie/pridelene-granty/2004-04.pdf>>
- [21] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D., Potravinářská biochemie I. díl, Zlín: UTB – Academia Centrum, 2005, první vydání, ISBN 80-7318-295-5.
- [22] MASÁK, J., PELECHOVÁ, J., PLACHÝ, J., Speciální mikrobiální technologie, Praha: Aleko, 1992, první vydání. ISBN 80-7080-145-5.

- [23] PATÁKOVÁ, P., Sledování fyziologického stavu mléčných bakterií při tvorbě kyseliny mléčné, [online]. [cit. 2008-19-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.vscht.cz/kch/galerie/vnitgr.htm>>
- [24] VALENTOVÁ, H., Obliba jogurtů a preference chutí u dětí a mládeže, [online]. [cit. 2008-19-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.institut-danone.cz/data/studie/pridelene-granty/2001-04.pdf>>
- [25] <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Jogurt>> [cit. 2008-19-05].
- [26] HUI, Y. K., Dairy Science and Technology Handbook, Wiley-VCH, 1993, ISBN 1-56081-078-5
- [27] HRABĚ, J., BŘEZINA, P., VALÁŠEK P., Technologie výroby potravin živočišného původu, Zlín: UTB – Academia Centrum, 2006, první vydání, ISBN 80-7318-405-2
- [28] TAMINE., A. Y., Yoghurt Science and Technology, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 1999, second edition.
- [29] VEČERKOVÁ. H., Jogurtové drinky: Co jsou zač a jak chutnají, [online]. [cit. 2008-19-05]. Dostupný z WWW: <http://ekonomika.idnes.cz/jogurtove-drinky-co-jsou-zac-a-jak-chutnaji-fkp-/test.asp?c=A060623_527845_test_ven>
- [30] <<http://jogurt.navajo.cz/>> [cit. 2008-25-05].
- [31] <<http://www.vscht.cz/kch/galerie/>> [cit. 2008-25-05].
- [32] NĚMEC, M., Průvodce světem bakterií, [online]. [cit. 2008-19-05]. Dostupný z WWW: <<http://svp.muni.cz/ukazat.php?docId=589>>
- [33] <<http://media.dualmac.com/imag/Varia4/helveticus.jpg>> [cit. 2008-25-05].
- [34] <http://www.foodlife.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=2999&Itemid=115> [cit. 2008-25-05].
- [35] <<http://en.wikipedia.org/wiki/Ayran>> [cit. 2008-26-05].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČMK	Čisté mlékařské kultury
BMK	Bakterie mlékařských kultur
ATP	Adenosintrifosfát
LDH	Laktátdehydrogenáza
CMP	Cytidinmonofosfát
AMP	Adenosinmonofosfát
UMP	Uridinmonofosfát
GMP	Guanosinmonofosfát
NAD	Nikotinamidadenindinukleotid

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> , elektronový mikroskop [28]	13
Obr. 2. <i>Lactobacillus acidophilus</i> [31]	16
Obr. 3. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> [31].....	17
Obr. 4. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>delbrueckii</i> [32].....	18
Obr. 5. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i> [31]	18
Obr. 6. <i>Lactobacillus helveticus</i> , elektronový mikroskop [33].....	19
Obr. 7. Příklad volných mastných kyselin v mléce při použití jednotlivých zákyskových kultur [6].	23
Obr. 8. Pravotočivá L(+) kyselina mléčná a levotočivá D(-) kyselina mléčná [28].....	27
Obr. 9. Schéma výroby fermentovaných mléčných výrobků [27]	36
Obr. 10. Způsoby zpracování jogurtových nápojů [28]	39
Obr. 11. Jogurtový nápoj Lassi [34]	40
Obr. 12. Jogurtový nápoj Ayran [35]	40

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Změna složek mléka působením bakterií mléčného kvašení [6]	21
Tab. 2. Příklady bakterií používaných jako probiotika [20]	37