

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav technologie potravin**

---



Agronomická  
fakulta

Mendelova  
univerzita  
v Brně



**Výroba a kvalita UHT mléka**

Bakalárska práca

*Vedúca práce:*  
prof. Ing. Květoslava Šustová, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Michaela Sabotová

---

Brno 2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Michaela Sabotová**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Obor: Technologie potravin  
Název tématu: **Výroba a kvalita UHT mléka**  
Rozsah práce: 30 až 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Prostudovat dostupnou odbornou a vědeckou literaturu o výrobě sterilovaného a UHT mléka.
2. Zaměřit se při studiu literatury na vliv vysokotepebného ošetření mléka na jeho nutriční a senzorickou kvalitu.
3. Porovnat sortiment UHT mléka na trhu.
4. Na základě nastudované literatury vypracovat bakalářskou práci v rozsahu 30 až 40 strojopisných stran.

Seznam odborné literatury:

1. ŠUSTOVÁ, K. – SÝKORA, V. *MLÉKÁRENSKÉ TECHNOLOGIE*, 1. vyd. Brno: Ediční středisko Mendelovy univerzity v Brně, 2013. 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.
2. WALSTRA, P. – WOUTERS, J T M. – GEURTS, T J. *Dairy science and technology*. 2. vyd. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2006. 782 s. ISBN 978-0-8247-2763-5.
3. WOUTERS, J T M. – GEURTS, T J. *Dairy science and technology*. Boca Raton. 2006. ISBN 9781420028010, 9780824727635.  
URL: [http://web2.mendelu.cz/cp\\_944\\_navody/Navody/e/Navod%20na%20ebruary-stahovani%20knih.pdf](http://web2.mendelu.cz/cp_944_navody/Navody/e/Navod%20na%20ebruary-stahovani%20knih.pdf).
4. ROGINSKI, H. – FUQUAY, J W. *Encyclopedia of dairy sciences : Volume four*. London: Academic Press, 2003. 2097 s. ISBN 0-12-227235-8.
5. ROGINSKI, H. – FUQUAY, J W. *Encyclopedia of dairy sciences : Volume one*. London: Academic Press, 2003. 557 s. ISBN 0-12-227236-61.
6. ROGINSKI, H. – FUQUAY, J W. *Encyclopedia of dairy sciences : Volume three*. London: Academic Press, 2003. 1281 s. ISBN 0-12-227235-8.
7. ROGINSKI, H. – FUQUAY, J W. *Encyclopedia of dairy sciences : Volume two*. London: Academic Press, 2003. 559 s. ISBN 0-12-227235-8.
8. SPREER, E. *Milk and Dairy Product Technology*. New York: Marcel Dekker, 1995. 7 s. ISBN 0-8247-0094-5.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016

  
Michaela Sabotová  
Autorka práce



  
prof. Ing. Květoslava Šustová, Ph.D.  
Vedoucí práce

  
prof. Ing. Alžběta Jarošová, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

  
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.  
Děkan AF MENDELU

### **ČESTNÉ VYHLÁSENIE**

Prehlasujem, že som prácu "Výroba a kvalita UHT mlieka" vypracovala samostatne a všetky použité pramene a informácie uvádzam v zozname použitej literatúry. Súhlasím, aby moja práca bola zverejnená v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Zb. O vysokých školách v znení neskorších predpisov a v súlade s platnou Smernicou o zverejňovaní vysokoškolských záverečných prác.

Som si vedomý / á, že sa na moju prácu vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brne má právo na uzavretie licenčnej zmluvy a použitie tejto práce ako školského diela podľa § 60 ods. 1 autorského zákona.

Ďalej sa zaväzujem, že pred spísaním licenčnej zmluvy o využití diela inou osobou (subjektom) si vyžiadam písomné stanovisko univerzity, že predmetná licenčná zmluva nie je v rozpore s oprávnenými záujmami univerzity a zaväzujem sa uhradiť prípadný príspevok na úhradu nákladov spojených so vznikom diela, a to až do ich skutočnej výšky.

V Brne dňa:.....

.....

podpis

## **POĎAKOVANIE**

Ďakujem vedúcej mojej bakalárskej práce prof. Ing. Květoslave Šustovej, Ph.D., za poskytnuté rady a čas venovaný konzultáciám. Ďakujem taktiež svojej rodine a priateľom za podporu pri štúdiu.

## **ABSTRAKT**

Práca sa zaoberá spôsobom tepelného ošetrenia mlieka, zameraná na UHT ošetrenie. UHT mlieko je trvanlivé mlieko, ktoré sa vyrába z mlieka a je tepelne ošetrené. Spôsob tepelného ošetrenia je ultravysokotepelný ohrev - UHT (Ultra Heat Treatment). Mlieko je zohriate na teplotu 135 °C veľmi krátku dobu (1 – 2 sekundy). Potom sa rýchlo schladí a plní sa do aseptických obalov. Dochádza k eliminácii prítomných mikroorganizmov a mlieko získava najmenej 3-mesačnú trvanlivosť aj pri izbovej teplote. Časť práce sa zaoberala zmenami, ktoré prebiehajú pri tepelnom ošetrení, napríklad chemické zmeny, priebeh oxidácie, lipolýza a zmenami vo výživových hodnotách.

**Kľúčové slová:** denaturácia bielkovín, vitamíny, enzýmy, priama metóda, nepriama metóda, tepelné výmenníky

## **ABSTRACT**

This work deals with ways of heat treatment of milk but a big part of my work focuses on UHT treatment. UHT milk is a milk with a long period of shelf life which is made from milk and it is heat treated. The way of heat treatment is an Ultra Heat Treatment - UHT. The milk is heated on 135 °C for a little while (1 – 2 sec). Then, it is chilled very fastly and it is filled to the antiseptic package. Present microorganisms are eliminated and the milk gets at least 3 months shelf life also in the room temperature. The next part of my work focused on changes, which run during the heat treatment, for example chemical changes, process of oxidation and lipolysis and changes in nutritious values.

**Keywords:** denaturation of proteins, vitamins, enzymes, direct method, indirect method, heat exchangers

## OBSAH

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 1         | ÚVOD .....                                     | 9  |
| 2         | CIEĽ PRÁCE .....                               | 10 |
| 3         | TEORETICKÁ ČASŤ .....                          | 11 |
| 3.1       | Kvalita surového mlieka .....                  | 11 |
| 3.1.1     | Požiadavky na kvalitu surového mlieka .....    | 11 |
| 3.1.2     | Základné požiadavky na surové mlieko .....     | 11 |
| 3.2       | Charakteristika mikroorganizmov .....          | 12 |
| 3.2.1     | Mikrobiálna kontaminácia .....                 | 13 |
| 3.2.1.1   | Primárna kontaminácia .....                    | 14 |
| 3.2.1.2   | Sekundárna kontaminácia .....                  | 14 |
| 3.2.2     | Vplyv zohrevu na mikroorganizmy .....          | 15 |
| 3.3       | Zahrievacie a chladiace procesy .....          | 16 |
| 3.3.1     | Ohrev .....                                    | 16 |
| 3.3.2     | Chladienie .....                               | 16 |
| 3.3.3     | Výmena tepla .....                             | 16 |
| 3.3.3.1   | Vedenie tepla (kondukcia) .....                | 16 |
| 3.3.3.2   | Prúdenie tepla (konvekcia) .....               | 17 |
| 3.4       | Spojenie času / teploty .....                  | 18 |
| 3.4.1     | Limitujúce faktory tepelného spracovania ..... | 18 |
| 3.4.2     | Termostabilita .....                           | 19 |
| 3.5       | Efekty tepelného ošetrovania .....             | 20 |
| 3.5.1     | Termizácia .....                               | 20 |
| 3.5.2     | Pasterizácia mlieka .....                      | 21 |
| 3.5.2.1   | Pasterizačné postupy .....                     | 22 |
| 3.5.2.1.1 | LTLT pasterizácia .....                        | 23 |
| 3.5.2.1.2 | HTST pasterizácia .....                        | 23 |
| 3.5.2.1.3 | Ultra pasterizácia .....                       | 24 |
| 3.5.2.2   | Zariadenie pre pasterizáciu .....              | 24 |
| 3.5.3     | ESL .....                                      | 25 |
| 3.5.4     | Sterilizácia .....                             | 25 |
| 3.5.5     | Trvanlivosť .....                              | 25 |
| 3.6       | Zmeny výživových hodnôt .....                  | 27 |
| 3.6.1     | Tuk .....                                      | 27 |
| 3.6.1.1   | Zmeny v membráne tukových kvapiek .....        | 27 |
| 3.6.2     | Proteíny .....                                 | 28 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 3.6.3     | Laktóza.....                                 | 29 |
| 3.6.4     | Vitamíny.....                                | 30 |
| 3.6.5     | Minerálne látky a kyslosť.....               | 30 |
| 3.7       | Chemické zmeny.....                          | 31 |
| 3.7.1     | Oxidácia.....                                | 31 |
| 3.7.1.1   | Oxidácia tuku.....                           | 31 |
| 3.7.1.1.1 | Mastné kyseliny v kravskom mlieku.....       | 32 |
| 3.7.1.2   | Oxidácia proteínov.....                      | 33 |
| 3.7.1.3   | Kinetika oxidácie mliečnych komponentov..... | 33 |
| 3.7.2     | Lipolýza.....                                | 34 |
| 3.8       | Zmeny pôsobením enzýmov.....                 | 35 |
| 3.9       | Trvanlivé mlieko.....                        | 37 |
| 3.9.1     | UHT ošetrovanie.....                         | 38 |
| 3.9.1.1   | Priamy ohrev.....                            | 40 |
| 3.9.1.2   | Nepriamy ohrev.....                          | 42 |
| 3.9.2     | Chladiaci mechanizmus.....                   | 46 |
| 3.9.3     | Hodnotenie.....                              | 47 |
| 3.9.4     | Trvanlivosť.....                             | 47 |
| 3.9.5     | Zmeny, ktoré prebiehajú v UHT mlieku.....    | 49 |
| 3.9.6     | Balenie.....                                 | 57 |
| 4         | ZÁVER.....                                   | 62 |
| 5         | ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....              | 64 |
| 6         | INTERNETOVÉ ODKAZY.....                      | 66 |
| 7         | ZOZNAM OBRÁZKOV.....                         | 67 |
| 8         | ZOZNAM TABULIEK.....                         | 68 |



# 1 ÚVOD

Mlieko je veľmi komplexná biologická tekutina, obsahujúca komplexné bielkoviny, lipidy, uhľohydráty, soli, vitamíny a enzýmové systémy v rozpustnom koloidnom alebo emulgovanom skupenstve, ide o tepelne stabilný systém, ktorý umožňuje, aby mohol byť vystavený niekoľkým fázam tepelného ošetrenia s relatívne malými zmenami v porovnaní s inými potravinami, pokiaľ sú vystavené podobnému ošetreniu. Biologické, chemické a fyzikálno-chemické zmeny, ktoré nastávajú v mlieku pri tepelnom spracovaní ovplyvňujú jeho výživovú hodnotu, organoleptické alebo technologické vlastnosti.

Koncom 19. storočia sa tepelné ošetrenie mlieka stalo samozrejmosťou. Predtým než bolo zavedené tepelné ošetrenie, mlieko bolo zdrojom infekcie, keďže je ideálnym prostredím pre mikroorganizmy. Choroby ako tuberkulóza a týfus sa v minulosti šíрили mliekom.

Termín "pasterizácia" odkazuje na Louisa Pasteura, ktorý v polovici 19. storočia vytvoril základné štúdie smrtiaceho účinku tepla na mikroorganizmy a použitie tepelného ošetrenia ako ochranného prostriedku.

V polovici 30. rokov 20. stor. oznámili objavenie enzýmu fosfatázy. Tento enzým je vždy prítomný v surovom mlieku a je zničený kombináciou teploty / času nutným pre účinnú pasterizáciu. Navyše jeho prítomnosť alebo neprítomnosť možno pomerne ľahko zistiť (Phosphatase test acc. to Scharer). Neprítomnosť fosfatázy naznačuje, že mlieko bolo určitým spôsobom zahrievané.

Všetky bežné patogénne organizmy, ktoré sa môžu ocitnúť v mlieku, sú zabité relatívne miernym tepelným ošetrením, ktoré má iba veľmi malý vplyv na fyzikálne a chemické vlastnosti mlieka. Úplná bezpečnosť môže byť zabezpečená ohrevom mlieka na 63 °C po dobu 30 minút.

Akékoľvek tepelné ošetrenie, ktoré zničí *Mycobacterium tuberculosis*, možno považovať za to, že zničí všetky ostatné patogény v mlieku. Sekundárnym účelom tepelného ošetrenia je zničiť čo najviac organizmov a enzymatických systémov. Toto si vyžaduje intenzívnejšie tepelné ošetrenie, než je potrebné pre usmrtenie patogénov.

## **2 CIEĽ PRÁCE**

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo spracovať dostupnú vedeckú a odbornú literatúru, ktorá sa zaoberá tepelným ošetrovaním mlieka, zameraná na UHT mlieko a v neposlednom rade na zmeny, ktoré nastávajú v procese výroby UHT mlieka.

## **3 TEORETICKÁ ČASŤ**

### **3.1 Kvalita surového mlieka**

#### **3.1.1 Požiadavky na kvalitu surového mlieka**

Významnou požiadavkou na kvalitu surového mlieka je mikrobiálna čistota. Má vplyv nie len na trvanlivosť, ale aj na technologické vlastnosti suroviny. Pri hodnotení mikrobiálnej kvality sú sledované nasledujúce skupiny:

- Koliformné baktérie ako indikátor fekálneho znečistenia. Pri tepelnom ošetroaní sú inaktivované.
- Termorezistentné mikroorganizmy, môžu prežívať pasterizačný záhrev.
- Sporotvorné anaeróbne baktérie, ktoré vo forme spór prežívajú pasterizačný záhrev. Pri nedostatočnej sterilizácii spôsobujú vady trvanlivého či kondenzovaného mlieka.
- Psychrotrofné mikroorganizmy, rozmnožujú sa aj pri teplotách pod 10 °C. Pasterizáciou mlieka sú síce usmrtené, ale produkujú termorezistentné proteázy a lipázy, ktoré zhoršujú technologické vlastnosti mlieka (napr. termostabilitu) a spôsobujú chuťové vady mliečnych výrobkov (KADLEC a kol., 2012).

#### **3.1.2 Základné požiadavky na surové mlieko**

- Mlieko musí pochádzať od zdravých dojníc.
- Kritériom je počet somatických buniek.
- Nesmie obsahovať inhibičné látky – rezídua antibiotík alebo dezinfekčné a čistiace prostriedky.
- Celkový počet mikroorganizmov by nemal prekročiť 100 000 JTK/ml.
- Mlieko nesmie mať porušené zloženie.
- Musí byť dodržaná teplota skladovania 4 – 6 °C.
- Senzorické znaky kvality – farba, konzistencia a vzhľad, chuť a vôňa musia byť typické pre mlieko (KADLEC a kol., 2012).

Mlieko po nadojení by malo byť najneskôr do 2 dní pasterizované, pretože inak nastáva rýchly rozvoj psychrotrofných mikroorganizmov. Zabránilme tým nízkym tepelným ošetrením, tzv. termizáciou (63 – 65 °C po dobu 15 s), ktorá môže mať i priaznivý vplyv na obsah sporotvorných mikroorganizmov (KADLEC a kol., 2012).

### 3.2 Charakteristika mikroorganizmov

Pod týmto pojmom sa rozumie: baktérie, víry, kvasinky, plesne, riasy, cudzopasné prvoky, mikroskopické prvoky. Zloženie mikroflóry surového mlieka môže byť veľmi pestré, pretože mlieko je svojím zložením a vlastnosťami pre mikroorganizmy výborným živným prostredím.

Stanovenie celkového počtu mezofilných mikroorganizmov (CPM) je hlavným ukazovateľom hygieny mlieka a kritériom pre preplácanie mlieka od zavedenia prvých kvalitatívnych ukazovateľov. Pre CPM v surovom kravskom mlieku kodifikuje NARIADENIE EP A RADY (ES) č. 853/2004 hygienický limit  $\leq 100\,000\text{ KTJ.ml}^{-1}$  mlieka. Z hodnoty CPM sa stanovuje kľzavý geometrický priemer za dobu 2 mesiacov pri aspoň 2 vzorkách za mesiac.

Tabuľka č. 1: Charakteristika MO vyskytujúcich sa v surovom kravskom mlieku (SAMKOVÁ a kol., 2009).

| Skupina MO      | Psychrotrofné   |
|-----------------|---|
| Zástupci        | <i>Pseudomonas, Aeromonas, Bacillus, Clostridium, Proteus, Alcaligenes</i>  |
| Charakteristika | schopné rasti pri nízkych teplotách pod 7 °C<br>optimum 20 – 22 °C  |
| Zdroj nákazy    | voda (rozprašovanie do ovzdušia), nádrže, dojacie zariadenia  |
| Produkty        | proteolytické a lipolytické enzýmy  |
| Následky        | zmena farby a chuti surového mlieka<br>kazenie skladovaného trvanlivého mlieka  |
|                 | Koliformné  |
| Zástupci        | <i>Escherichia coli, Enterobacter aerogenes, Klebsiella, Citrobacter</i>  |
| Charakteristika | aeróbne a fakultatívne anaeróbne<br>skvasujú laktózu za vzn. plynov, kyselín a aldehydov (35 – 37 °C)<br>ničia sa pasterizáciou |
| Zdroj nákazy    | výkaly, voda, pôda, prach, nedostatočná hygiena a sanitácia   |
| Produkty        | plyny CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , kyselina mliečna, kyselina octová  |
| Následky        | vady syrov - durenie, sieťovitosť   |

|                 |  |
|-----------------|--|
|                 | zmyslové vady (chuť a vôňa, horknutie)<br>gastroenteritidy   |
|                 | <b>Sporotvorné anaeróbne</b>   |
| Zástupci        | <i>Clostridium butyricum</i> , <i>C. tyrobutyricum</i> , <i>C. sporogens</i>                                 |
| Charakteristika | vytvárajú spóry odolné voči pasterizácii<br>vyvolávajú maslové kvasenie                                      |
| Zdroj nákazy    | nekvalitné krmivo, siláže  |
| Produkty        | kyselina maslová, kyselina octová, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, aceton, alkohol, toxíny               |
| Následky        | vady syrov - neskoré durenie, biela hniloba<br>dietetické riziká   |
|                 | <b>Termorezistentné</b>  |
| Zástupci        | <i>Micrococcus</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Enterococcus</i>      |
| Charakteristika | odolné voči vysokým teplotám nad 60 °C<br>môžu byť mezofilné, psychrotrofné, sporulujúce anaeróbne i aeróbne |
| Zdroj nákazy    | voda, strojné zariadenie   |
| Následky        | zmyslové a technologické vady, najmä u jogurtov, syrov, trvanlivého mlieka                                   |

Vedľa hlavných hygienických ukazovateľov existujú tzv. doplnkové ukazovatele, ktoré sa v súčasnosti nesledujú pravidelne. Patria sem psychrotrofné mikroorganizmy ( $\leq 50\,000$  KTJ.ml<sup>-1</sup> mlieka), koliformné baktérie ( $\leq 1000$  KTJ.ml<sup>-1</sup> mlieka), termorezistentné ( $\leq 2000$  KTJ.ml<sup>-1</sup> mlieka), sporulujúce anaeróbne baktérie v 0,1 ml mlieka negatívne (SAMKOVÁ a kol., 2009).

### 3.2.1 Mikrobiálna kontaminácia

Množstvo mikroorganizmov v mlieku vypovedá o úrovni hygieny v prvovýrobe. Dodržiavaním zásad správnej hygienickej praxe možno do značnej miery výskytu i pomnožení mikroorganizmov v mlieku zabrániť.

Všetky nežiaduce baktérie nemusia byť patogénne pre človeka. Existujú aj také, ktoré spôsobujú technologické problémy tým, že sa vyskytujú vo vysokej koncentrácii a produkujú enzýmy, spôsobujúce rozklad bielkovín alebo tukov a tým znehodnocujú výrobky po stránke chuťovej a pachovej. Zo širokej skupiny mikroorganizmov

sú to najmä pseudomonády (*Pseudomonas fluorescens*, *P. fragi*) a *Proteus*, ktoré rozkladajú mliečnu bielkovinu a tuk. Produkujú väčšinou enzýmy proteolytické i lipolytické. Tieto mikroorganizmy sú široko rozšírené v prostredí prvovýroby mlieka a môžu byť metabolicky aktívne aj za nízkych rastových podmienok okolo 6,5 °C (psychrotrofné baktérie).

Pri výrobe mliečnych produktov je dôležité, aby mlieko bolo čo najskorej zahriate na pasterizačnú teplotu, ktorá ničí väčšinu mikroorganizmov (SAMKOVÁ a kol., 2012).

### **3.2.1.1 Primárna kontaminácia**

Krvou chorej dojnice sa do mliečnej žľazy môžu dostať niektoré patogénne mikroorganizmy, ktoré vyvolávajú ochorenie pri konzumácii surového mlieka. Ide o primárnu kontamináciu mlieka. V minulosti boli známe časté prípady závažných ochorení, ako napr. tuberkulóza prenášaná zo surového mlieka od chorej dojnice baktériami *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium caprae* (ŠUSTOVÁ, 2013).

Medzi patogény spôsobujúce alimentárne ochorenia prenášané konzumáciou mlieka patria *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* a *Clostridium botulinum*. A taktiež patogény, ktoré spôsobujú infekčnú mastitídu – *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Mycoplasma bovis* (RYSER, 1998; ZADOKS, 2003).

Baktéria *Brucella abortus* spôsobuje ochorenie brucelóza. Je to veľmi závažné ochorenie najmä pre tehotné ženy. Veľmi nebezpečný je *Staphylococcus aureus* („zlatý stafylokok“) produkuje enterotoxíny, ktoré vydržia polhodinový var. Dojnice, ktoré majú mastitídu, sú často rezervoáre tejto baktérie (ŠUSTOVÁ, 2013).

Baktérie ako *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Lactobacillus* ojedinele *strepococci* si môžu udržať ich aktivitu a ovplyvniť kvalitu pasterizovaných produktov (RUEGG a REINEMANN, 2002).

### **3.2.1.2 Sekundárna kontaminácia**

Zdroj tzv. sekundárnej mikrobiálnej kontaminácie mlieka pripadá na pracovné plochy, skladovacie priestory, plnenie do obalov, nádoby a obaly, poprípade aj na používanú vodu k oplachu výrobných zariadení. Zdrojom mikrobiálnej kontaminácie

sa môže stať aj povrch tela dojnice, krmivo, stelivo, strojné zariadenie, dojace zariadenie, úschovné nádrže (ŠUSTOVÁ, 2013).

Baktérie, ktoré sa vyskytujú vo vemene, prechádzajú do mlieka, sú rozdelené do viacerých druhov, najviac zastúpené sú mikrokoky, potom streptokoky a tyčinky (O'CONNOR, 1999).

Všetky výrobné zariadenia sa musia pravidelne čistiť a dezinfikovať, pretože aj zbytky mlieka sú zdrojom častého výskytu, napr. koliformných baktérii.

Pri eliminácii rizík zo surového mlieka sú dôležité kontroly zdravotného stavu dojnice, hygiena dojenia a ustajnenia a následné dodržiavanie hygienických predpisov. Ďalej je dôležité mlieko po nadojení čo najrýchlejšie vychladiť na teplotu 8 °C a pri tejto teplote mlieko uchovávať po celú dobu skladovania.

Ďalšími zradnými MO sú z čeľade *Enterobacteriaceae*, ďalej rod *Shigella*, ktorý je pôvodcom ťažkého ochorenia tzv. úplavica. Rod *Campylobacter* spôsobuje hnačky, teploty, zvracanie. Nedodržiavaním hygienických noriem sa dostávajú do mlieka aj zástupcovia rodu *Escherichia-Escherichia coli*, čo je fakultatívny patogén. Ďalšie alimentárne nákazy môžu spôsobovať MO z rodu *Citrobacter*, *Proteus*, *Yersinia* (ŠUSTOVÁ, 2013).

### 3.2.2 Vplyv záhrevu na mikroorganizmy

K inaktivácii buniek dochádza po dosiahnutí inaktivačnej teploty (teplota, ktorá vedie k prerušeniu vitálnych funkcií – inaktivácia životne dôležitých enzýmov bunky, nevratné zmeny bunkových membrán a pod.). Inaktivačná teplota pre devitalizáciu spór je vyššia ako pre vegetatívne formy.

Potraviny môžu byť kontaminované širokým spektrom mikroorganizmov, ktoré zahŕňajú plesne, kvasinky, baktérie, víry a sú rôzne citlivé na účinky záhrevu.

Zloženie potravín (obsah cukru, tuku, bielkovín a ďalších zložiek), pH, aktivita vody a obsah zložiek s antimikrobiálnym účinkom ovplyvňujú priebeh termoinaktivácie mikroorganizmov. Pri hodnotách pH pod 4,0 sa uplatňujú ako možné kontaminanty iba vegetatívne bunky, poprípade spóry patogénov v kyslom prostredí neklíčia, inaktivácia nie je potrebná. Znižovaním pH vzrastá účinnosť záhrevu. S klesajúcou aktivitou vody (rastúca „suchosť“ potravín) síce klesá aktivita prítomných mikroorganizmov, ale na druhej strane rastie ich odolnosť proti zvýšeným teplotám (KADLEC a kol., 2012).

### 3.3 Zahrievacie a chladiace procesy

Tepelné ošetrenie bolo vyvinuté s cieľom vyriešiť problém s tradičným dávkovým spracovaním, napríklad nízke prenosy tepla, dlhé spracovateľské časy potrebné na dosiahnutie požadovanej kvality a z toho vyplývajúcej nutričnej straty.

Výsledkom procesu spracovania pri vysokých teplotách v krátkom čase je možnosť poskytnúť rovnakú úroveň sterility pri znížení straty kvality. Je taktiež možné získať vyššie prenosy rýchlosti tepla pri prúdení tekutín cez tepelne výmenníky. Aseptické postupy prvýkrát objavili v roku 1927, zatiaľ čo prvý patent bol udelený v roku 1936 (RAMASWAMY, 1995). Komerčné využitie technológie začalo po predstavení aseptického balenia a flexibilných balení.

#### 3.3.1 Ohrev

Mlieko sa zahrieva vykurovacím médiom ako je nízkotlaková para (v súčasnosti nie príliš používaná) alebo horúca voda. Určité množstvo tepla sa prenáša z vykurovacieho média do mlieka, takže teplota mlieka stúpa a teplota vykurovacieho média klesá zodpovedajúcim spôsobom (BYLUND, 1995).

#### 3.3.2 Chladenie

Priamo po príchode do mliekarene je často mlieko schladené na nízku teplotu, 5 °C alebo menej, aby sa dočasne zabránilo rastu mikroorganizmov. Po pasterizácii sa mlieko musí schladiť na teplotu, zhruba 4 °C.

Teplo z mlieka je prenesené do chladiaceho zariadenia. Teplota mlieka je znížená na požadovanú hodnotu a teplota chladiaceho zariadenia stúpa. Chladiacim médiom môže byť studená voda, ľadová voda, soľný roztok alebo alkoholový roztok ako je glykol (BYLUND, 1995).

#### 3.3.3 Výmena tepla

Výmena tepla môže prebiehať 3 spôsobmi – vedením, prúdením alebo sálaním.

##### 3.3.3.1 Vedenie tepla (kondukcia)

Ustálené vedenie tepla  $Q$  (J/s) rovinnou doskou o hrúbke  $\delta$  (m) a plochou  $A$  (m<sup>2</sup>) je možné popísať vzťahom:

$$Q = \lambda / \delta \cdot (t_1 - t_2) \cdot A$$



Kde rozdiel teplôt ( $t_1 - t_2$ ) je hnacou silou procesu a  $\lambda$  (W/(m.K)) je tepelná vodivosť = konduktivita a patrí k dôležitým charakteristickým veličinám popisujúcim tepelné vlastnosti potravín, obalového a izolačného materiálu i procesných tepelných zariadení (KADLEC a kol., 2012).

### 3.3.3.2 Prúdení tepla (konvekcia)

Zdieľanie tepla konvekciou môže prebiehať vplyvom vznikajúcich zmien hustoty (tzv. prirodzená konvekcia), alebo vplyvom miešadla (nútená konvekcia). Vzhľadom k vysokej viskozite potravinárskych materiálov sa používajú v potravinárskom priemysle rôzne spôsoby nútenej konvekcie: okrem miešadla, napr. fluidná sušiareň, čerpadlá na zvýšenie rýchlosti prúdenia atď.

Rýchlosť prestupu tepla  $Q$  (J/s) z tekutiny o teplote  $t$  (°C) na povrch ohrievanej potraviny o teplote  $t_1$  (°C) môžeme popísať vzťahom:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot (t - t_1)$$

Kde  $A$  (m<sup>2</sup>) je ohrievaný povrch a  $\alpha$  (W/(m<sup>2</sup>.K)) je koeficient prestupu tepla. Táto veličina je dôležitou charakteristikou procesu a jej hodnoty nájdeme v tabuľkách pre rôzne materiály.

Zdieľanie tepla v potravinárskych procesoch prebieha vo väčšine prípadov cez vrstvu nejakého materiálu, čo môže byť napríklad stena trubky ohrievača alebo odparky, stena nádoby reaktoru a iné. Pokiaľ prebieha ustálené zdieľanie tepla  $Q$  (J/s) z teplejšej kvapaliny o teplote  $t_a$  do chladnejšej kvapaliny o teplote  $t_c$  cez teplo výmennú plochu  $A$  (m<sup>2</sup>), je možné popísať rýchlosť prestupu tepla vzťahom:

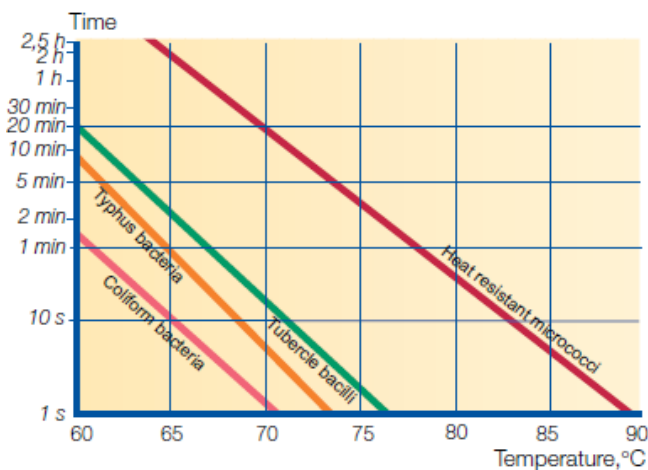
$$Q = (1/\alpha_a + \delta/\lambda + 1/\alpha_c) \cdot A \cdot (t_a - t_c) = k \cdot A \cdot (t_a - t_c)$$

Kde  $\alpha_a$  je koeficient prestupu tepla z teplejšej kvapaliny na stenu a  $\alpha_c$  koeficient prestupu tepla zo steny do chladnejšej kvapaliny. Zlomok  $\delta/\lambda$  pre vedenie tepla v stene je možné zahrnúť do koeficientu prestupu tepla  $k$  (W/(m<sup>2</sup>.K)).

Pri reálnom usporiadaní ohrevu sa používa protiprúdový systém, keď sa tepelná diferencia mení pozdĺž teplo výmennej plochy (KADLEC a kol., 2012).

### 3.4 Spojenie času / teploty

Spojenie teploty a doby zdržania je veľmi dôležité, pretože to určuje intenzitu tepelného spracovania. Obrázok ukazuje smrtiaci účinok kriviek pre koliformné baktérie, Typhus baktérie a bacilov tuberkulózy (BYLUND, 1995).



Obrázok č. 1: Vplyv teploty na jednotlivé skupiny mikroorganizmov (BYLUND, 1995).

Podľa týchto kriviek, koliformné baktérie sú usmrtené v prípade, že mlieko je zahriate na 70 °C a je udržiavané na tejto teplote po dobu asi jednej sekundy. Pri teplote 65 °C trvá doba zdržania 10 sekúnd, aby boli usmrtené koliformné baktérie. Tieto dve kombinácie, 70 °C / 1 s a 65 °C / 10 s, majú preto rovnaký smrtiaci účinok.

Nádorové bacily sú odolnejšie voči tepelnému spracovaniu, ako koliformné baktérie. Doba zdržania 20 sekúnd pri 70 °C alebo 2 minúty pri 65 °C je požadovaná, aby sa zabezpečilo, že sú všetky zničené. V mlieku by tiež mohli byť teplu odolné mikrokoky. Spravidla sú úplne neškodné (BYLUND, 1995).

#### 3.4.1 Limitujúce faktory tepelného spracovania

Intenzívne tepelné spracovanie mlieka je žiaduce z mikrobiologického hľadiska. Ale také spracovanie tiež zahŕňa riziko nepriaznivých účinkov na vzhľad, chuť a nutričnú hodnotu mlieka. Proteíny v mlieku sú denaturované pri vysokých teplotách. To znamená, že zložky mlieka využívané pri výrobe syra sú výrazne narušené výrazným tepelným spracovaním (BYLUND, 1995).

Silný ohrev vyvoláva zmeny v chuti; prvá je varená chuť a potom chuť spálená. Zvolenie správneho času, po ktorý pôsobí správna teplota, je preto záležitosťou optimalizácie, v ktorej sa ako mikrobiologické účinky, tak aspekty kvality musia vziať do úvahy.

Keďže sa tepelné ošetrovanie stalo najdôležitejšou súčasťou spracovania mlieka a bol lepšie pochopený jeho vplyv na mlieko, začalo sa mlieko tepelne spracovávať viacerými rôznymi spôsobmi (viď tabuľka č. 2).

*Tabuľka č. 2: Hlavné kategórie tepelného ošetrovania v mliekarenskom priemysle (BYLUND, 1995).*

| Proces                    | Teplota      | Čas          |
|---------------------------|--------------|--------------|
| Termizácia                | 63 – 65 °C   | 15 s         |
| LTLT pasterizácia mlieka  | 63 °C        | 30 min       |
| HTST pasterizácia mlieka  | 72 – 75 °C   | 15 – 20 s    |
| HTST pasterizácia smetany | > 80 °C      | 1 – 5 s      |
| Ultra pasterizácia        | 125 – 138 °C | 2 – 4 s      |
| UHT                       | 135 – 140 °C | zopár sekúnd |
| Sterilizácia              | 115 – 120 °C | 20 – 30 min  |

Hlavným cieľom tepelného ošetrovania mlieka je eliminovať (znížiť) vrodené patogénne organizmy alebo ich redukovať na bezpečný stupeň pre ľudskú konzumáciu. Efektivita tepelného ošetrovania závisí na druhu MO a ich koncentrácii (CFDRA, 1992). Tepelné spracovanie má značný efekt na celkový počet baktérií (SAHAN a kol., 1996).

### 3.4.2 Termostabilita

Schopnosť mlieka, kazeínu, zachovať si svoje pôvodné koloidné vlastnosti pri pôsobení vysokých teplôt. Čas potrebný k dosiahnutiu počiatku koagulácie pri určitej teplote, obvykle 120 °C alebo 140 °C podľa predpokladaného tepelného ošetrovania. Za týchto podmienok nenastáva denaturácia kazeínu, ale v dôsledku kombinovaného účinku  $\text{Ca}^{2+}$  a chemických reakcií medzi funkčnými skupinami aminokyselín agregujú kazeínové micely.

Termostabilita mlieka závislá na rade faktorov ovplyvňujúcich koloidnú stabilitu kazeínu. Rozhodujúcim faktorom je aktívna kyslosť mlieka. Mlieko má optimálnu termostabilitu pri pH 6,5 – 6,6; pod touto hodnotou termostabilita prudko klesá a pri pH pod 6,2 mlieko koaguluje pri 70 – 80 °C. Mlieko s dobrou termostabilitou koaguluje pri teplote 140 °C po viac ako 20 minútach (KADLEC a kol., 2012).

### 3.5 Efekty tepelného ošetrenia

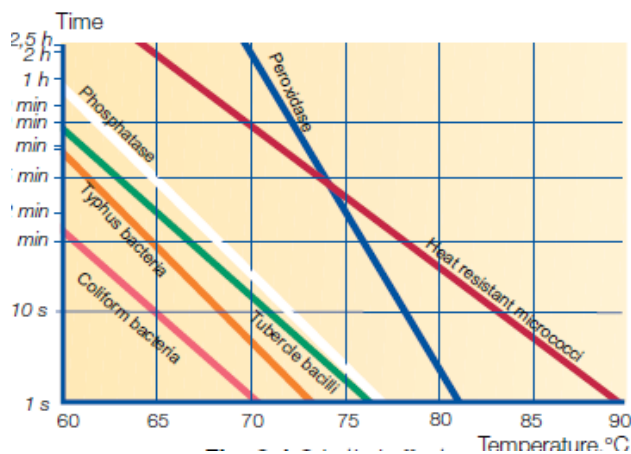
Mlieko je tepelne upravované pri výrobe mliečnych výrobkov, aby sa zničili patogénne mikroorganizmy, ktoré môžu byť prítomné. Tepelné ošetrenie tiež spôsobuje zmeny v zložkách mlieka. Čím vyššia teplota a čím dlhšie vystavenie teplu, tým väčšie sú zmeny. V určitých medziach, teplota a čas môžu hrať proti sebe. Krátke zahriatie na vysokú teplotu môže mať rovnaký efekt ako dlhé vystavenie sa nízkej teplote. Teplota aj čas sa musia zohľadňovať v súvislosti s tepelným ošetrením (BYLUND, 1995).

#### 3.5.1 Termizácia

Termizácia sa používa na zabíjanie mikroorganizmov citlivých na teplo, napr. psychrotrofné organizmy, a tým aj zníženie mikroflóry mlieka pre uskladnenie pri nízkych teplotách (FOX a MCSWEENEY, 1998).

Mlieko sa zohreje na 63 – 65 °C po dobu približne 15 sekúnd, týmto spôsobom ešte nedochádza k deaktivácii enzýmu fosfatázy. Dvojitá pasterizácie je zákonom zakázaná v mnohých krajinách, takže termizácia musí byť pred okamihom, kedy by začalo už dochádzať k pasterizácii, zastavená. Aby sa zabránilo množeniu aeróbnych sporulujúcich baktérií po termizácii, mlieko musí byť rýchlo schladené na teplotu 4 °C alebo nižšie a nesmie byť zmiešané s neošetreným mliekom. Tepelná úprava spôsobuje, že sa mnoho zárodočných buniek navracia do vegetatívneho štádia, čo znamená, že sú zničene, keď je mlieko následne pasterizované.

Termizácia by mala byť použitá len vo výnimočných prípadoch. Cieľom by malo byť pasterizovať všetko prichádzajúce mlieko počas 24 hodín od príchodu do mliekarne (BYLUND, 1995).



Obrázok č. 2: Smrtiaci účinok krivky a čas/ teplota krivky pre ničenie niektorých enzýmov a mikroorganizmov (BYLUND, 1995).

### 3.5.2 Pasterizácia mlieka

Cieľom každej pasterizácie je zničenie choroboplodných zárodkov ako aj 99,9 % saprofytickej mikroflóry, pričom môžu nastať zmeny fyzikálnych vlastností mlieka a jeho biologickej hodnoty ako potraviny (DRDÁK, 1996). Štandardná pasterizácia slúži na zničenie patogénov v surovom mlieku (HOLSINGER a kol., 1997).

Pasterizáciou rozumieme všetky postupy zohrievania, kde na produkt pôsobí teplota nižšia ako 100 °C. Pasterizačné postupy ovplyvňujú arómu len veľmi zriedkavo (DRDÁK, 1996).

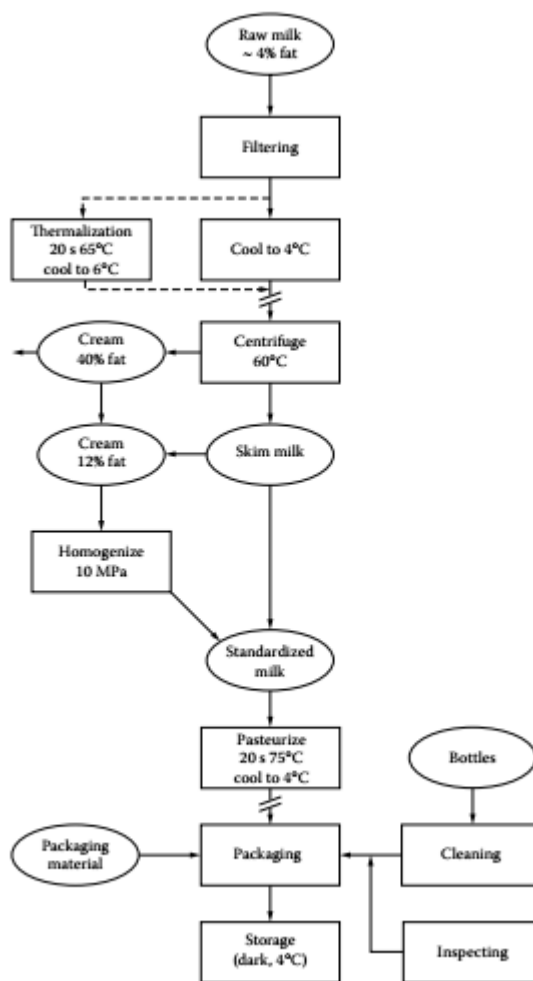
Pasterizácia nezničí všetky patogénne MO, ale ich redukuje na taký počet, ktorý neohrozuje zdravie (ANONYM, 1994).

Platí, že čím menší je počet zárodkov v mlieku, tým dlhšia je trvanlivosť mlieka. Trvanlivosť takto ošetrovaného mlieka pri teplote 4 °C sú 3 – 4 dni (DRDÁK, 1996).

Dátum spotreby býva do týždňa alebo dlhšie, keď je skladované v chladničke. Chuť, nutričné hodnoty a iné vlastnosti by sa od surového mlieka mali odlišovať len veľmi jemne.

Toxické látky, ktoré sa do mlieka dostanú kvôli dojnici (napríklad cez potravu) počas syntézy :

- antibiotiká, ktoré sa používajú na liečenie dojnice (napr. na liečenie vemena),
- dezinfekcie,
- baktérie, ktoré vznikajú počas uchovávanía mlieka,
- ďalšie toxické látky, ktoré kontaminujú mlieko počas alebo po dojení,
- rádionuklidy (WALSTRA a kol., 2006).



Obrázok č. 3: Schéma výroby pasterizovaného mlieka (WALSTRA a kol., 2006).

### 3.5.2.1 Pasterizačné postupy

- Dlhotrvejúca (nízka) pasterizácia pri 63 – 65 °C asi 20 – 30 minút zabezpečí úplnú devitalizáciu vegetatívnych foriem choroboplodných baktérií a takmer úplné usmrtenie saprofytických baktérií. Maximálne zabezpečenie chemických, fyzikálnych a biologických vlastností.
- Pasterizácia pri 68 – 72 °C 8 až 40 s sa používa v syrárskom mlieku.
- Krátkotrvejúca pasterizácia pri 71 – 74 °C 40 až 45 s nedochádza k takmer žiadnym stratám vitamínov. Vysoká pasterizácia- pri výrobe konzumného mlieka, pri teplote 85 °C, 8 – 15s , kde dochádza k strate až 20% vitamínov, zároveň devitalizuje 99 % MO (DRDÁK, 1996).

### **3.5.2.1.1 LTLT pasterizácia**

Pôvodným spôsobom tepelného spracovania bolo zahriatie mlieka na 63 °C v otvorených kadiach a potom udržiavanie tejto teploty po dobu 30 minút. Táto metóda sa nazýva metódou LTLT, long temperature / long time - "nízka teplota / dlhá doba" (BYLUND, 1995).

### **3.5.2.1.2 HTST pasterizácia**

Ide o metódu, kedy sa mlieko zahrieva na vysokú teplotu, ktoré je následne udržiavané krátky čas (HTST, High Temperature / Short Time). Určenie ideálnej teploty a času, po ktorom je mlieko tejto teplote vystavené, je rôzne - podľa kvality surového mlieka, typu úpravy výrobku a spôsobom uskladnenia .

Pri metóde HTST sa mlieko zahreje na 72 – 75 °C po dobu 15 – 20 sekúnd, potom sa ochladí. Týmto spôsobom je enzým fosfatáza zničený. Test na prítomnosť fosfatázy sa používa preto, aby sa zistilo, či bolo mlieko riadne pasterizované. Výsledok testu musí byť negatívny: nesmie sa vyskytnúť žiadna detekovateľná činnosť fosfatázy (BYLUND, 1995).

Pod optimálnym spracovaním a chladiarenskými podmienkami skladovania je HTST pasterizácia schopná predĺžiť trvanlivosť mlieka približne na 3 týždne, v závislosti od počiatočnej mikrobiologickej kvality surového mlieka a od chladenia (SEPULVEDA a kol., 2005).

HTST pasterizácia mlieka sa vykonáva spravidla vo vykurovacích systémoch, ako sú doskové a trubkové výmenníky tepla a teplo sa prenáša na výrobok vedením a prúdením (COIMBRA, 2010).

Doskové výmenníky sú široko používané pre vykurovanie a chladenie v mliekarenskom priemysle, pretože ponúkajú vysoký stupeň kompaktnosti a efektivity (BANSAL a CHEN 2006; GHOSH, SARANGI a DAS 2006).

Tieto vlastnosti vedú k vysokej rýchlosti prenosu tepla. Problém pri UHT a HTST je zanášanie a ukladanie bielkovín a minerálnych látok na povrchu tepelných výmenníkov (JOHANSSON 2008).

V skutočnosti je zanášanie teplovýmenných povrchov hlavným problémom v mliekarenskom priemysle (SIMMONS a kol., 2007), pretože znižuje účinnosť prenosu tepla a zvyšuje pokles tlaku, a tým ovplyvňuje ekonomiku na spracovanie zariadení (TOYODA a kol., 1994). V dôsledku znečistenia je tu možnosť zhoršenia kvality produktu, pretože tekutina nemôže byť zahriata na požadovanú teplotu pre pasterizáciu (BANSAL a CHEN, 2006).

### **3.5.2.1.3 Ultra pasterizácia**

Ultra pasterizácia môže byť použitá, keď je vyžadovaná dlhšia trvanlivosť mlieka. Jedná sa o prípady, kedy je vyžadovaná trvanlivosť 30 – 40 dní (namiesto obvyklých 2 – 16 dní).

Základným princípom je znížiť hlavné príčiny reinfekcie výrobku počas spracovania a balenia tak, aby sa predĺžila doba životnosti výrobku. Toto si vyžaduje nesmierne vysokú úroveň hygieny výroby a distribučnú teplotu nie viac ako 7 °C. Čím je nižšia teplota, tým dlhšia je trvanlivosť.

Zahriatie mlieka na 125 – 138 °C na 2 – 4 sekundy a ochladenie na < 7 °C je základom predĺženej doby trvanlivosti (BYLUND, 1995).

Pasterizácia zaisťuje bezpečnosť a výrazne zvyšuje životnosť výrobku. Spracovanie pri miernej teplote, napríklad 15 sekúnd pri 72 °C, zničí všetky patogénne látky, ktoré môžu byť prítomné (najmä *Mycobacterium tuberculosis*, *Salmonella spp.*, enteropathogenic *E. coli*, *Campylobacter jejuni*, a *Listeria monocytogenes*) do takej miery, že nie je zanechané žiadne zdravotné riziko.

Niektoré bunky niektorých kmeňov *Staphylococcus aureus* môžu prežiť tepelnú úpravu, ale nevyrastú do takého rozsahu, aby vytvorili nebezpečné množstvo toxínov. Nízka pasterizácia nezabíja tepelne odolné mikrokoky (*Microbacterium spp.*), niektoré termofilné streptokoky a bakteriálne spóry. Tieto mikroorganizmy nevyrastú v mlieku veľmi rýchlo, okrem *Bacillus cereus* (WALSTRA a kol., 2006).

### **3.5.2.2 Zariadenie pre pasterizáciu**

- Trubkové
- Doskové výmenníky tepla

Zariadenie sa skladá zo 4 oddelení – vyhrievacieho, výdržníkového, regeneračného a chladiaceho. Voda ohriata parou sa používa na zohriatie a na chladenie soľanka,



alebo chladená voda. Termočlánky regulujú prietok mlieka a prívod pary a vody (DRDÁK, 1996).

Pasterizáciu mlieka prežívajú iba sporotvorné MO a niektoré termorezistentné baktérie. Dochádza k inaktivácii enzýmov, čo sa využíva k dôkazu pasterizácie (dôkaz inaktivácie enzýmu fosfatázy – šetrná pasterizácia a laktoperoxidázy – vysoká pasterizácia). Niektoré enzýmy sú inaktivované len čiastočne (mikrobiálne enzýmy psychrotrofných MO).

Pasterizované mlieko by malo byť uchovávané týždeň od jeho nákupu, za predpokladu, že je uchovávané v chladničke pod 7 °C (WALSTRA a kol., 2006).

### **3.5.3 ESL**

Predĺžená doba trvanlivosti, Extended Shelf Life, je všeobecným pojmom pre tepelne ošetrené výrobky, ktoré získali vylepšené udržateľné vlastnosti niektorým z uvedených spôsobov. Avšak ESL výrobky musia byť stále uchovávané v chlade počas distribúcie a v maloobchodných predajniach (BYLUND, 1995).

### **3.5.4 Sterilizácia**

Sterilizácia mlieka je zameraná na ničenie všetkých prítomných mikroorganizmov obvykle pri 115 – 120 °C po dobu nejakých 20 – 30 minút, zahŕňajúc i bakteriálne spóry, takže zabalený produkt môže byť uchovávaný dlhý čas pri podmienkach okolia bez prítomnosti mikroorganizmov.

Nežiaduce vedľajšie účinky sterilizácie vo fľaši ako hnednutie, sterilizačná chuť a strata vitamínov môže byť znížená UHT sterilizáciou (WALSTRA a kol., 2006).

Sterilizácia zabezpečuje mlieku trvanlivosť pre veľmi dlhé obdobie, hoci tiež zmrazovanie má podobné účinky a pri skladovaní dochádza k chuťovým zmenám, najmä u UHT-sterilizovaných mliek (FOX a MCSWEENEY, 1998).

### **3.5.5 Trvanlivosť**

Trvanlivosť je čas, počas ktorého môže byť pasterizovaný produkt uchovávaný za určitých podmienok (napríklad daná teplota) bez zjavných nežiaducich zmien. Zmeny v mlieku počas skladovania možno rozdeliť na:

- rozklad baktériami rastúcich v mlieku ako je napríklad produkcia kyseliny, rozštiepenie bielkovín a hydrolýza tukov,

- rozklad mliečnymi baktériami alebo extracelulárnymi bakteriálnymi enzýmami ako rozklad tukov a rozštiepenie bielkovín,
- chemické reakcie spôsobujúce oxidáciu alebo inú príchuť (WALSTRA a kol., 2006).

Niektorí konzumenti túžia po mlieku, ktoré chutí ako pasterizované, ale môže byť uchovávané dlhšie a to bez straty kvality.

Prvá možnosť zahŕňa UHT spracovanie, po ktorom nasleduje aseptické balenie. Výsledkom je v podstate sterilizované mlieko.

Avšak tepelné spracovanie 2 s pri 140 °C alebo 3 s pri 135 °C bude stačiť na to, aby boli zabitú všetky baktérie, pri čom je možné zachovať chuť prakticky bezo zmien za predpokladu priameho zohrievania.

Mlieko musí byť bez enzýmov, ktoré produkujú psychotropné MO, pretože tieto nie sú inaktivované. Plazmín tiež ostáva aktívny a spôsobuje horkú chuť. V chladničke sú tieto zmeny rozpoznateľné až po jednom mesiaci (WALSTRA a kol., 2006).

## **3.6 Zmeny výživových hodnôt**

Tepelné ošetrenie je hlavnou príčinou zmeny nutričných vlastností potravín. Ničí niektoré typy tepelne labilných vitamínov (FELLOWS, 1996).

Zničenie mnohých vitamínov teplom spôsobuje prvostupňová reakcia podobná zničeniu mikróbov. Výživové vlastnosti zostávajú zachované pri použití vyššej teploty a kratšej doby sterilizácie (GHANI AL-BAALI a FARID, 2006).

### **3.6.1 Tuk**

Z viacerých hlavných zložiek sú lipidy teplom pravdepodobne najmenej postihnuté. Významné zmeny sa objavujú v ich fyzikálnych vlastnostiach v priebehu zahrievania. Hlavný efekt tepelného ošetrenia mliečnych lipidov je viditeľný na smotane z tukových kvapiek.

Tieto kvapky sú stabilizované komplexnou membránou získanou v rámci sekrécie bunky a v priebehu vylučovania z bunky. Vzhľadom na rozdiely v hustote medzi tukovou a vodnou fázou, kvapky plávajú na povrchu a vytvárajú smotanovú vrstvu (BYLUND, 1995).

#### **3.6.1.1 Zmeny v membráne tukových kvapiek**

Membrána tukových kvapiek v mlieku sa sama o sebe mení v priebehu tepelného spracovania. Mlieko sa zvyčajne pri zahrievaní samovoľne premiešava (naruší sa) tvorbou peny. Takéto premiešavanie (narušenie), najmä teplého mlieka, v ktorom je tuk tekutý, môže spôsobiť zmeny vo veľkosti tukových kvapiek vplyvom narušenia alebo splynutia; k výraznému narušeniu dochádza počas priameho spracovania UHT procesom. Penenie pravdepodobne spôsobuje desorpciu niektorých častí membrány tukových kvapiek.

Zahrievanie samo o sebe nad 70 °C denaturuje membrány proteínov a aktivizujú sa rôzne zvyšky aminokyselín, najmä cysteín. To môže spôsobiť uvoľnenie H<sub>2</sub>S (čo môže viesť k neprijemnej chuti) a disulfidové reakcie srvátkových bielkovín, čo vedie k vytvoreniu vrstvy denaturovaných srvátkových bielkovín na tukových kvapkách pri vysokých teplotách (BYLUND, 1995).

Membrána a/alebo srvátkové bielkoviny sa môžu zúčastniť Maillardovho zhnednutia s laktózou. Membránové zložky, a to ako proteíny tak aj fosfolipidy, sa vytrácajú z membrány v tekutej fáze pri vysokých teplotách (FOX a MCSWEENEY, 1998).

Keď je mlieko pasterizované na teplotu 70 – 80 °C na 15s, je možné evidovať tvorbu smotany už pri teplote 74 °C (THOMÉ a kol., 1958). Aby sa vyšlo tvorbe smotany, odporúča sa homogenizácia.

Voľné tuky uniknú z globúl v smotane s 30% tukom, ako v homogenizovanom aj nehomogenizovanom stave, ak je zahriata na teplotu medzi 105 – 135 °C (FINK a KESSLER, 1985). Pri UHT spracovaní produktov s vysokým obsahom tuku, sa odporúča homogenizácia po prúde sterilizátora (BYLUND, 1995).

### 3.6.2 Proteíny

Hlavný proteín, kazeín, nie je považovaný za denaturovateľný pri vysokej teplote s normálnou hodnotou pH, soli a obsahu proteínu.

Na druhej strane, srvátkové proteíny, najmä  $\beta$ -laktoglobulín, ktorý vytvára okolo 50 % srvátkového proteínu, je pomerne citlivý na teplo.

Denaturácia začína pri 65 °C a je takmer úplná, keď je proteín zahriaty na 90 °C na 5 minút. Denaturácia srvátkového proteínu je nevratná reakcia (BYLUND, 1995).

Mlieko zahriate nad 75 °C na 20 – 60 sekúnd získa uvarenú vôňu a chuť. To sa deje kvôli uvoľneným sírnym zlúčeninám z  $\beta$ -laktoglobulínu a ďalších proteínov, ktoré obsahujú síru (BYLUND, 1995).

Proteíny mlieka sú zložky pravdepodobne najviac zasiahnuté zahrievaním. Niektoré zmeny zahŕňajú interakciu so soľou alebo cukrom a hoci nie vždy sú plne nezávislé na zmenách ostatných zložiek (FOX a MCSWEENEY, 1998).

Záhrevom mlieka dochádza k denaturácii najmä srvátkových bielkovín. Pri dlhotrvajúcej pasterizácii denaturuje asi 10 % srvátkových bielkovín, pri šetrnej 15 %, vysokej 50 % a varením mlieka až 75 % týchto bielkovín. S rastúcou teplotou pasterizácie a stupňom denaturácie srvátkových bielkovín sa zhoršujú baktériostatické vlastnosti mlieka. Najcitlivejšie na teplotu sú imunoglobulíny a sérový albumín, ďalej nasleduje  $\beta$ -laktoglobulín a  $\alpha$ -laktoalbumín (ČANIGOVÁ, 2013).

Tepelná nestabilita srvátkových bielkovín je spôsobená nedostatkom fosforu, nízkym obsahom prolínu a vysokým obsahom cystínu a metionínu v porovnaní s kazeínom. Denaturované srvátkové bielkoviny sa neoddeľujú precipitáciou, ale sa viažu na povrch kazeínových micel (predovšetkým  $\beta$ -laktoglobulín). To má za následok, že použitím vysokej pasterizačnej teploty kazeín pri zrážaní vytvára málo pevnú a kompaktnú zrazeninu (srvátkové bielkoviny sú hydrofilné), čo je nevýho-

dou pri výrobe syrov, ale naopak pri výrobe jogurtov sa tým zabraňuje uvoľňovaniu srvátky (ČANIGOVÁ, 2013).

Pri zahrievaní mlieka na teploty nad 95 °C dochádza k uvoľneniu sulfhydrylových skupín z aminokyselín obsahujúcich síru, čo spôsobuje uvarenú príchuť mlieka. Takže pri krátkodobom záhreve mlieka, ktorý sa používa pri pasterizácii, je táto chuť prakticky nepostrehnuteľná (ČANIGOVÁ, 2013).

Zahrievaním mlieka na teplotu 70 °C dochádza tiež k reakcii bielkovín s laktózou (Maillardova reakcia). Prvým produktom tejto reakcie je hydroxymethylfurfural. Jeho koncentrácia v mlieku po pasterizácii je zanedbateľná. S rastúcou výškou teploty a dobou jej pôsobenia však koncentrácia tejto látky stúpa a objavujú sa aj ďalšie deriváty furfuralu. V dôsledku pasterizácie mlieka sa mierne znižuje schopnosť mliečneho tuku vystupovať. Súvisí to so zmenou stability tukových guľôčok, ktorá je závislá od zmien zložiek membrán guľôčok (ČANIGOVÁ, 2013).

### **3.6.3 Laktóza**

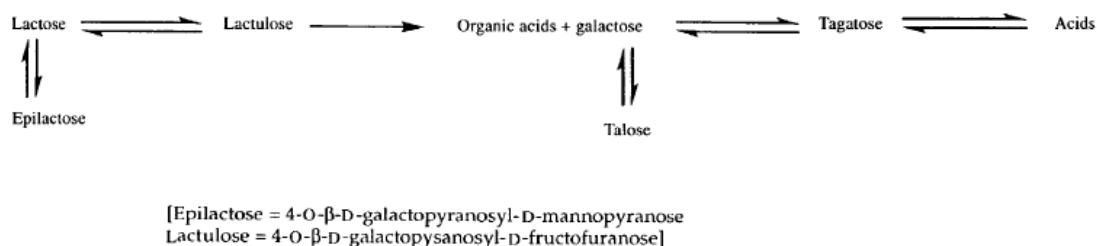
Pri teplote nad 100 °C, reakcia prebieha medzi laktózou a proteínom, čo má za následok hnedastú farbu. Série reakcií, vyskytujúcich sa medzi amino skupinami aminokyselinových zvyškov a aldehydických skupín z mliečnych karbohydrátov je nazvaná Maillardova reakcia alebo reakcia hnednutia. To sa odráža v hnednutí produktov a v zmenách chuti alebo v strate nutričných hodnôt, najmä strata lyzínu, jedného z nevyhnutných aminokyselín (BYLUND, 1995).

Pri intenzívnom zahrievaní v pevnom alebo roztavenom skupenstve, mliečny cukor, rovnako ako iné cukry, prechádza početnými zmenami, vrátane mutarotácie, rôznymi izomerizáciami a tvorbe početných prchavých zlúčenín, vrátane kyselín, furfuralu, hydroxymethylfurfuralu, CO<sub>2</sub>, a CO (FOX a MCSWEENEY, 1998).

Pasterizované mlieko, UHT a sterilizované mlieko môže obsahovať rozličné množstvo laktulózy. Laktulóza je epimér laktózy tvoriaci sa v zahriatom mlieku (ADACHI, 1958).

Pasterizované, UHT a sterilizované mlieko obsahuje rozdielne hodnoty laktulózy. (ADACHI a PATTON, 1961). Obsah laktulózy sa zvyšuje so zvyšujúcou sa intenzitou tepelného spracovania (BYLUND, 1995).

Pri zahrievaní pri nízkych teplotách za mierne alkalických podmienok sa glukózová časť laktózy epimerizuje na fruktózu s tvorbou laktulózy, ktorá sa nevyskytuje v prírode. Laktulóza nie je vytvorená počas spracovania HTST, ale vzniká pri UHT ošetrení a predovšetkým počas “vnútro - obalovej“ sterilizácie; preto je koncentrácia laktulózy v mlieku znakom sily tepelného spracovania, ktorej bolo mlieko podrobené. Koncentrácia laktulózy je pravdepodobne najlepší dostupný znak v súčasnej dobe pre rozlišovanie medzi UHT a vnútro - obalovou sterilizáciou mlieka (FOX a MCSWEENEY, 1998).



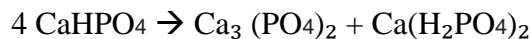
Obrázok č.5: Tepelné zmeny v laktóze pri mierne alkalických podmienkach (FOX a MCSWEENEY, 1998).

### 3.6.4 Vitamíny

Vitamín C je najcitlivejší na teplo, obzvlášť za prítomnosti vzduchu a určitých kovov. Pasterizácia v doskovom výmenníku tepla však môže byť vykonaná prakticky bez straty vitamínu C. Ďalšie vitamíny v mlieku utrpia menšiu alebo žiadnu škodu pri tepelnom spracovaní (BYLUND, 1995).

### 3.6.5 Minerálne látky a kyslosť

Pri pasterizačnom záhreve sa časť rozpustných vápenatých solí mení na nerozpustné, vid' nižšie. Nerozpustný fosforečnan vápenatý sa viaže na kazeinové micely. Úbytok rozpustných vápenatých iónov zhoršuje syriteľnosť a termostabilitu mlieka. Preto sa pri výrobe syrov odporúča šetrná pasterizácia mlieka.



Zahrievaním mlieka dochádza tiež k poklesu obsahu vápnika a fosforu (tvorba mliečneho kameňa). Tepelné ošetrenie má menší vplyv na zmenu obsahu horčička a citrátov. Zmenou foriem fosforečnanov dochádza v pasterizovanom mlieku k poklesu titračnej kyslosti (ČANIGOVÁ, 2013).

## 3.7 Chemické zmeny

Tuk a proteíny v mlieku môžu podstúpiť chemické zmeny počas skladovania. Tieto zmeny sú normálne u 2 druhov: oxidácia a lipolýza. Výsledné reakčné produkty môžu spôsobiť pachute hlavne v mlieku a masle (BYLUND, 1995).

### 3.7.1 Oxidácia

Oxidácia spôsobuje zlú chuť a rozklad vitamínov. Výskyt týchto reakcií počas skladovania je obmedzený: intenzitou zahrievania, čo spôsobuje vytvorenia antioxidantov, odvzdušnenie mlieka a vylúčenie vzduchu z balenia a používanie balení, ktoré sú nepriepustné pre svetlo a kyslík.

Okrem toho môže dôjsť k Maillardovej reakcii a to v priebehu tepelného spracovania (sterilizácia vo fľaši) a počas skladovania (UHT mlieko). Posledné reakcie spôsobujú hnednutie, zlú chuť, vôňu a znižujú nutričné hodnoty mlieka.

Sterilizované mlieko je uchovávané dlhší čas a pokiaľ je nehomogenizované, začne sa tvoriť smotana. Okrem toho, čiastočné zhlukovanie tukových guľôčok vedie k formovaniu smotanovej zátky, ktorá sa ťažko mieša s mliekom.

Olejovanie sa môže objaviť až za zvýšenej teploty. Z toho dôvodu je sterilizované mlieko vždy homogenizované.

Ak je mlieko ošetrené UHT záhrevom, chuť sa môže líšiť od miernej (1 s, 145 °C, priamy ohrev) k výraznej varenej chuti (vykurovanie, napr. 16 s, 142 °C vo výmenníku tepla so zahrievacím a chladiacim profilom), ktorá môže byť ťažko rozlíšiteľná od chuti mlieka sterilizovaného vo fľaši.

Chuť UHT mlieka je charakterizovaná prostredníctvom chemických zmien - tvorba laktulózy. Štandard pre UHT mlieko je menej ako 600 mg laktulózy na liter (WALSTRA, 2006).

#### 3.7.1.1 Oxidácia tuku

Oxidácia tuku vedie ku kovovej chuti, aj keď olejovitému maslu dáva lojovú chuť. Oxidácia prebieha pri dvojitých väzbách v nenasýtených mastných kyselinách. Nenasýtené mastné kyseliny z lecitínu sú najviac náchylné.

Prítomnosť železných a medených solí urýchľuje nástup autooxidácie a rozvoj kovovej chuti, rovnako ako prítomnosť rozpusteného kyslíka a svetla, najmä priamemu slnečnému žiareniu alebo svetla zo žiarovky.

Oxidácia tuku môže byť čiastočne neutralizovaná mikroorganizmami v mlieku, pasterizáciou pri teplote okolo 80 °C alebo antioxidantnými prísadami (redukčné činidlá) ako DGA (dodecyl gallát). Maximálne dávkovanie DGA je 0.00005 %. Mikroorganizmy ako baktérie mliečneho kvasenia pohlcujú kyslík a redukčný efekt.

Oxidácia vône a chuti nastáva viac pri nižších teplotách, pretože tieto baktérie sú potom menej aktívne. Rozpustnosť kyslíka v mlieku je tiež vyššia pri nižších teplotách. Vysoká teplota pasterizácie pomáha redukovať zlúčeniny, (-SH) skupiny, ktoré sú tvorené, keď je mlieko zahriate. Metalická oxidácia chuti a vône je častejšia v zime ako v lete. Toto je čiastočne spôsobené nižšou teplotou a čiastočne zmenami v kravskej strave. Letná potrava je bohatšia na vitamíny A a C, ktoré zvyšujú množstvo redukujúcich látok v mlieku.

V prítomnosti svetla alebo ťažkých kovov, mastných kyselín sú ďalej členené v krokoch na aldehydy a ketóny, ktoré spôsobujú pachute, ako je žltnutie tukov v mliečnych výrobkoch (WALSTRA a JENNIS, 2006).

#### **3.7.1.1.1 Mastné kyseliny v kravskom mlieku**

Zastúpenie mastných kyselín v kravskom mlieku sa v súčasnosti považuje za menej priaznivé pre ľudské zdravie kvôli zmenenému kŕmeniu vyššej proporcie koncentrátov a siláže v strave s menším podielom pastvy (ELGERSMA a kol., 2006).

Intenzívny výskum ukázal, že väčšie zastúpenie nenasýtených mastných kyselín v mlieku môže byť získané kŕmením mastnými doplnkami alebo zmenou základného krmiva smerom k viac čerstvej listovej tráve alebo siláži z červenej ďateliny (ASHES a kol., 1997, DEWHURST a kol., 2006).

Zvýšenie množstva nenasýtených mastných kyselín však môže spôsobiť, že mlieko je citlivejšie voči oxidácii (BARREFORS a kol., 1995).

Okrem zmeneného profilu mastných kyselín, konzumenti často uprednostňujú produkty s predĺženou trvanlivosťou, no predĺžené skladovanie jedla môže spôsobiť oxidáciu, čoho dôsledkom sú silné cudzie pachy a zhoršovanie nutričnej kvality (BARREFORS a kol., 1995).



### **3.7.1.2 Oxidácia proteínov**

Keď aminokyselinu methionín vystavíme svetlu, degraduje sa na methional, komplikovanú súčasť riboflavínu (vitamín B2) a kyseliny askorbovej (vitamín C). Methional alebo 3-merkpto-metylpropionaldehyd je hlavnou príčinou „sunlight flavour“, ako je táto chuť nazvaná.

Odkedy methionín neexistuje v mlieku ako takom, ale existuje iba ako jeden z komponentov mliečnych proteínov, fragmentácia proteínov musí nastať náhodne, aby sa rozvinula cudzia aróma.

Faktory spojené so slnečnou príchuťou sú:

- intenzita svetla (slnečného alebo umelého, najmä zo žiarovky),
- doba expozície,
- určité vlastnosti mlieka – homogenizované mlieko je citlivejšie ako nehomogenizované mlieko.

Povaha balenia – nepriehľadné balenia ako plastické a papierové dávajú mlieku dobrú ochranu za normálnych podmienok (SMET a kol., 2009).

### **3.7.1.3 Kinetika oxidácie mliečnych komponentov**

Počas skladovania mlieka na svetle sa riboflavín správa ako fotosenzitor schopný spustiť oxidáciu. Excitovaný riboflavín môže spustiť oxidáciu buď priamou reakciou so substrátom (lipidy, proteíny alebo antioxidanty), (reakcia Typu I) alebo reakciou s kyslíkom umožňujú vznik aktívneho kyslíka (reakcia Typu II). Počas reakcie Typu II, časť kyslíka neunikne riboflavínu, ale reaguje s riboflavínom a degraduje senzitor (CHOE a kol., 2005, HAVEMOSE a kol., 2004).

Spolu s oxidáciou senzibilizovanou riboflavínom sa v mlieku uskutoční autooxidácia, spustená katalyzátormi kovov ako je meď (FRANKEL, 2005, HAVEMOSE a kol., 2006). Voľné sulfhydrylové skupiny boli citlivé na rozpustený kyslík, keď počas prvých dvoch týždňov bola pozorovaná degradácia 41,7 % ( $\pm 12,0$ ). Na rozdiel od toho, počas troch mesiacov skladovania v tme neboli zaznamenané žiadne produkty oxidácie spôsobené autooxidáciou, čo naznačuje, že súbor antioxidantov v mliečnom sére môže neutralizovať radikály spôsobujúce oxidačnú degeneráciu.

Obsah  $\alpha$ -tokoferolu nebol ovplyvnený počas skladovania v tme, čo znova naznačuje, že oxidačná degenerácia je iniciovaná vo fáze séra (KRISTENSEN a kol., 2004, SKIBSTED a kol., 2007).

Prítomnosť svetla je silne škodlivá pre oxidačnú stabilitu skladovaného mlieka, pozorovaná degradáciou riboflavínu.

Pri použití svetelnej bariéry v obaloch neboli použitými metódami počas troch mesiacov zaznamenané žiadne produkty oxidácie. Možný vplyv priepustnosti kyslíka obalovým materiálom na tvorbu cudzích chutí v tejto štúdii nebol zaznamenaný kvôli vysokému obsahu rozpusteného kyslíka v nádobách zo všetkých obalových materiálov (SMET, 2009).

### **3.7.2 Lipolýza**

Rozpad tuku na glycerol a voľné masné kyseliny sa nazýva lipolýza. Lipolyzovaný tuk má zatuchnutú chuť a vôňu, spôsobené prítomnosťou nízkomolekulových voľných masných kyselín (maslovej a hexánovej).

Lipolýza je spôsobená prítomnosťou lipáz a je podporovaná vysokou skladovacou teplotou. Ale lipáza nemôže pôsobiť, ak tukové guľôčky boli poškodené. Až potom môže lipáza napadnúť a hydrolyzovať tukové molekuly. Je potrebné sa vyhnúť prílišnému miešaniu nepasterizovaného mlieka, lebo existuje riziko, že lipázy budú reagovať s voľnými masnými kyselinami a to vytvorí zatuchnutú chuť mlieka. Aby sme sa vyhnuli degradácii lipázy z tuku, musí prebehnúť, aby sa pasterizácia stala neaktívnou. Ani UHT spracovanie ich nemôže zničiť úplne (BYLUND, 1995).

### 3.8 Zmeny pôsobením enzýmov

Väčšina natívnych enzýmov mlieka sa pasterizáciou čiastočne (mliečna proteáza-plazmín) alebo úplne inaktivuje, čo je ovplyvnené dosiahnutou teplotou a dobou jej pôsobenia.

Tabuľka č. 3: Podmienky inaktivácie enzýmov (ČANIGOVÁ, 2013).

| Enzymy              |               | Podmienky inaktivácie                      |
|---------------------|---------------|--|
| Hydrolázy           | Amyláza       | 60 °C za 30 minút                          |
| Lipáza              |               | 63 °C za 20 minút (čiastočne)              |
|                     |               | 80 °C za 30 sekúnd                         |
| Fosfatáza alkalická |               | 70 °C za 30 minút                          |
|                     |               | 75 °C pod 1 minútu                         |
| Oxidoreduktázy      | Xantínoxidáza | 75 °C za 2,5 minúty                        |
| Laktoperoxidáza     |               | 80 °C za 2,5 sekundy (možnosť regenerácie) |
| Kataláza            |               | 65 – 70 °C za 30 minút                     |

Prítomnosť niektorých enzýmov mlieka sa používa na dôkaz pasterizácie mlieka, resp. ako ukazovateľ stupňa zohriatia mlieka (ČANIGOVÁ, 2013).

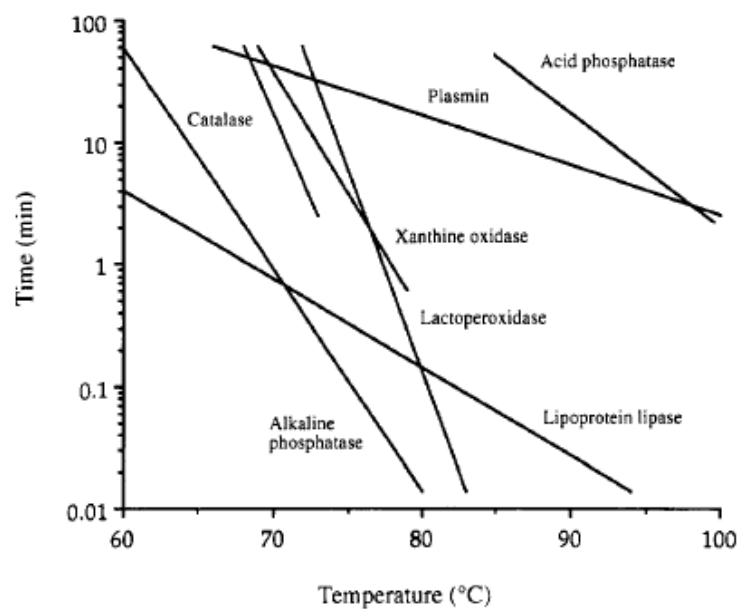
Niektoré enzýmy sa po pasterizácii môžu reaktivovať (peroxidáza), čo môže spôsobiť problémy pri kontrole pasterizácie.

Okrem natívnych enzýmov sa v surovom mlieku vyskytujú aj bakteriálne enzýmy. Extracelulárne proteázy, lipázy a fosfolipáza C, ktoré produkujú psychrotrofné druhy rodu *Pseudomonas* a ďalšie psychrotrofné baktérie, väčšinou sú termostabilné a neinaktivujú sa ani pri UHT záhreve (ČANIGOVÁ, 2013).

Tepelná denaturácia pôvodných mliečnych enzýmov je dôležitá z dvoch hlavných hľadísk:

1. Pre zvýšenie stability mliečnych výrobkov. Lipoproteínová lipáza je pravdepodobne najdôležitejšia, berúc do úvahy jej činnosť, ktorá vedie ku hydrolytickému žltnutiu. Je značne deaktivovaná HTST pasterizáciou, ale zahrievanie na teplotu 78 °C x 10 s, je potrebné, aby sa zabránilo lipolýze. Plazmínová aktivita je v skutočnosti zvýšená HTST pasterizáciou v dôsledku inaktivácie inhibítorov plazmínu a / alebo aktivátorov plazminogénu.

2. Aktivita vybraných enzýmov sa používa ako ukazovateľ tepelných úprav, napr. alkalickéj fosfatázy (HTST pasterizácia),  $\gamma$ -glutamyl transpeptidázy (index pre vykurovanie v rozmedzí 72 – 80 °C), alebo laktoperoxidázy (80 – 90 °C) (FOX a MCSWEENEY, 1998).



Obrázok č. 4: Požadované kombinácie času a teploty pre inaktiváciu niektorých mliečnych enzýmov (WALSTRA a JENNES, 1984).

### 3.9 Trvanlivé mlieko

Princípom výroby trvanlivého mlieka je vysoké tepelné ošetrenie, ktoré inaktivuje všetky prítomné MO, vrátane spór a väčšiny enzýmov.

Tento sterilizačný záchrev sa realizuje ako:

- sterilizácia v obale: napr. 115 – 120 °C po dobu 20 – 30 minút,
- UHT záchrev: kontinuálny záchrev na 135 – 150 °C po dobu niekoľkých sekúnd s následným aseptickým balením.

Základnou požiadavkou pre trvanlivosť výrobku je dosiahnutie tzv. praktickej sterility – počet spór menší ako 1 zárodok v 10 000 l mlieka. Hlavným rizikom je nedostatočné tepelné ošetrenie pri vysokej kontaminácii suroviny a rekontaminácii mlieka pri balení UHT mlieka alebo pri zhoršených bariérových vlastnostiach obalu (KADLEC a kol., 2012).

Oproti pasterizovanému mlieku pri dlhodobom skladovaní pri izbovej teplote sa vyskytujú ďalšie faktory, ktoré negatívne ovplyvňujú trvanlivosť:

- termorezistentné enzýmy: mliečna proteáza, plazmín alebo bakteriálne proteázy a lipázy spôsobujú chuťové vady mlieka a môžu viesť až k jeho vyžrúaniu,
- oxidácia tuku: pri zvýšenom obsahu kyslíka, Cu vo výrobku, alebo účinkom svetla,
- Maillardove reakcie vyvolané tepelným ošetrením pokračujú i pri skladovaní (KADLEC a kol., 2012).

Účinkom vysokej teploty v mlieku prebieha rad chemických reakcií (izomerácia laktózy na laktulózu a jej čiastočná degradácia na organické kyseliny a ďalšie látky, pokles pH, Maillardove reakcie, denaturácia väčšiny sérových bielkovín, reakcie voľných funkčných skupín bielkovín (KADLEC a kol., 2012).

V ich dôsledku sa pri sterilizácii menia vlastnosti mlieka:

- farba: hnednutie mlieka v dôsledku Maillardovej reakcie, pokiaľ je ich rozsah minimálny, zvýšením obsahu koloidného fosforečnanu vápenatého získava mlieko svetlejší odtieň,
- chuť: varivá, ketónová alebo karamelová príchuť,
- nutričná hodnota: mierne sa zhoršuje v dôsledku zníženia využiteľného lyzínu a čiastočnej degradácie vitamínov,
- pri porušení termostability suroviny môže nastať koagulácia mlieka.

Uvedené zmeny sa vyskytujú predovšetkým pri sterilizácii v obale – teplotná citlivosť sterilizačného efektu ( $z = 5 - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a rýchlosť chemických reakcií ( $z = 15 - 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), takže pri kratšom záhreve na vyššiu teplotu je dosiahnuté rovnakého alebo aj väčšieho sterilizačného efektu, ale menších chemických zmien (KADLEC a kol., 2012).

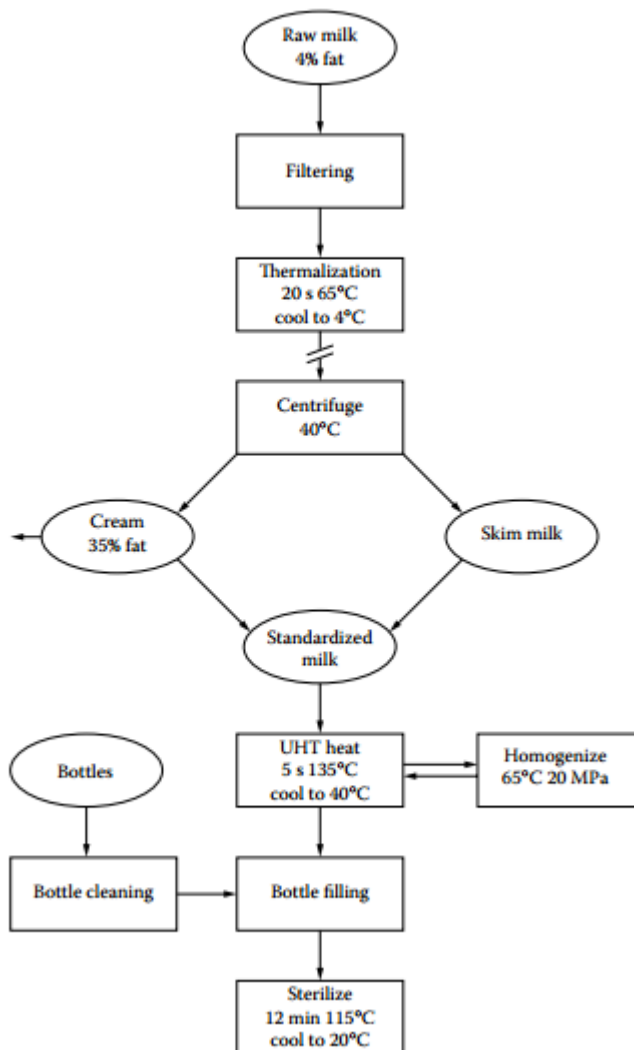
### 3.9.1 UHT ošetrenie

UHT je skratka pre Ultra High Temperature, ultra vysoká teplota. UHT ošetrenie je technika pre konzervovanie tekutých potravín vystavením krátkemu, intenzívnemu ohrevu, zvyčajne na teploty v rozmedzí  $135 - 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$  2 až 8 sekúnd. Týmto sa zlikvidujú mikroorganizmy, ktoré by inak znehodnotili výrobky. Používa sa pri výrobe tzv. trvanlivého mlieka (BYLUND, 1995).

Vysoko tepelné ošetrenie mlieka (UHT) je zohriatie mlieka na vysokú teplotu na krátky čas, aby sa získal produkt, ktorý má dlhú trvanlivosť pri izbovej teplote. Počas tohto procesu je deaktivovaná väčšina baktérií, ale enzýmy odolné voči vysokej teplote pôvodného alebo bakteriálneho pôvodu môžu prežiť a spôsobiť vážne nedostatky počas skladovania mlieka (VALERO a kol., 2001).

Podmienky UHT ošetrenia sú zvolené tak, aby boli minimálne ovplyvnené senzorycké vlastnosti mlieka. Môžeme povedať, že sterilizácia v obale oproti UHT záhrevu má niekoľko nevýhod:

- dosahuje menšieho sterilizačného efektu, preto je väčšie riziko nedostatočnej sterilizácie pri zhoršenej kvalite suroviny,
- dochádza k väčším senzoryckým a nutričným zmenám,
- je to diskontinuálny proces, nie je možné využiť mlieko pre ďalšie spracovanie,
- nižšia inaktivácia termorezistentných enzýmov, predovšetkým lipáz a proteáz psychrotrofných MO,
- riziko rekontaminácie mlieka pri balení,
- kratšia trvanlivosť UHT mlieka (obvykle 3, maximálne 6 mesiacov) v porovnaní s trvanlivosťou výrobku sterilizovaného v obale až 1 rok (KADLEC a kol., 2012).



Obrázok č. 5: Schéma výroby UHT mlieka (WALSTRA, 2006)

Pri ultravysokých záhrevoch mlieka sa v praxi používajú teploty 137 – 142 °C. Smotany a iné výrobky na mliečnom základe, napríklad zmes na výrobu mrazených smotanových krémov, sa zahrievajú na teploty 140 – 150 °C (GÖRNER a VALÍK, 2004).

Od trvanlivého mlieka sa očakáva, že bude mať fyzikálne, chemické a sensorické vlastnosti mlieka pasterizovaného, ale jeho trvanlivosť (až 12 týždňov) má byť podobná mlieku sterilizovanému (GÖRNER a VALÍK, 2004).

Teplotný proces spočíva v tom, že so stúpajúcou teplotou záhrevu mlieka nad 120 °C (za veľmi krátky čas pri rovnakom teplotnom namáhaní mlieka) sa fyzikálne, chemické, a tým aj sensorické zmeny v mlieku zintenzívňujú pomalšie v porovnaní so zvýšeným stupňom devitalizácie bakteriálnych spór.

Pri teplote do 120 °C je pomer medzi fyzikálnymi, chemickými a následkom toho aj senzoričnými zmenami na jednej strane, napríklad hneďnutím mlieka a na druhej strane devitalizáciou spór baktérií rovnaký. Pri teplotách nad 120 °C (za veľmi krátky čas) sa tento pomer mení v prospech devitalizácie (GÖRNER a VALÍK, 2004).

Ošetrovanie metódou UHT je kontinuálny proces, ktorý prebieha v uzavretom systéme, ktorý zabraňuje výrobku, aby bol kontaminovaný mikroorganizmami zo vzduchu. Výrobok prechádza fázami ohrevu a chladenia v rýchlom slede. Aseptické plnenie, aby sa zabránilo reinfekcii výrobku, je neoddeliteľnou súčasťou procesu (BYLUND, 1995).

Tento postup nezabezpečí len mikrobiologickú stabilitu, ale na určitý čas má pôsobiť chemicky (reakcie hneďnutia), biochemicky (aktivita enzýmov), fyzikálne rozdeľovanie fáz, a tým zabezpečiť trvanlivosť výrobku (DRDÁK, 1996).

V metóde ošetrovania UHT sa používajú dva alternatívne spôsoby:

- nepriamy ohrev a chladenie vo výmenníkoch tepla,
- priamy ohrev injekciou tlakovej pary alebo infúziou mlieka do pary a chladením expanziou vo vákuu (BYLUND, 1995).

### **3.9.1.1 Priamy ohrev**

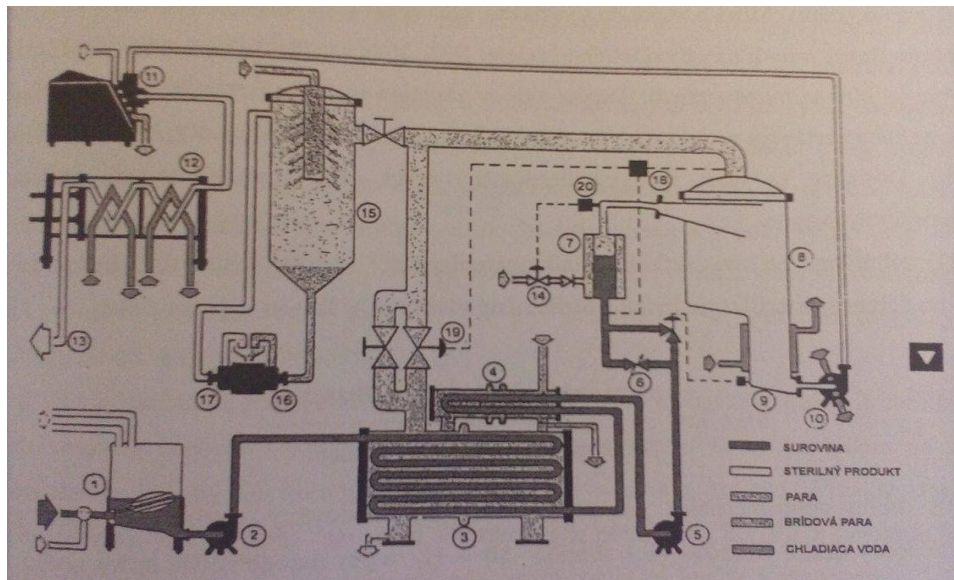
Priamy ohrev - mlieko prichádza do styku s parou, expanziou sa ochladí a cez aseptický systém sa plní do vrstvených papierových obalov. Mlieko sa predhreje, v tlakovej komore sa zohreje priamou parou za 2 – 3 s na 145 – 150 °C. Mliečne bielkoviny nepodliehajú nepriaznivým zmenám. V ďalšej expanznej komore dochádza k ochladeniu mlieka na 100 °C a odstráni sa voda. Ide o najšetrnejší spôsob zohrievania mlieka, ktorý sa hodí na viskóznejšie produkty, napr. dojčenská výživa. Pri uvoľnení tlaku odchádza vzduch s vodnou parou, ktorý je rozpustený v mlieku. V priamo zahriatom mlieku je obsah kyseliny askorbovej vyšší ako v nepriamo zohriatom. Varivá chuť je silnejšia, pretože tiolové skupiny aromatických látok sa môžu zoxidovať pri opakovanom prístupe vzduchu (DRDÁK, 1996).

Výroba trvanlivého mlieka uperizáciou zahŕňa tieto technologické operácie:

- čistenie mlieka odstredovaním,
- úpravu tučnosti,
- predhrievanie mlieka,
- tepelné ošetrovanie – ultra vysokotepeľný zázehrev,



- homogenizáciu,
- chladenie,
- aseptické plnenie a balenie,
- hodnotenie (ČANIGOVÁ, 2013).



Obrázok č.6: Strojová linka k výrobe trvanlivého mlieka uperizáciou  
(DRDÁK a kol.,1996).

1 - vyrovnávací nádrž, 2 - dávkovacie čerpadlo, 3 - prvý predhrievač, 4 - druhý predhrievač, 5 - čerpadlo na zvýšenie tlaku, 6 - pneumatický ventil na reguláciu tlaku, 7 - uperizačný injektor pary, 8 - expanzná nádrž, 9 - hladinový zásobník, 10 - aseptické čerpadlo na odľahovanie produktu, 11 - aseptický homogenizátor, 12 - chladič produktu, 13 - aseptické plnenie produktu, 14 - pneumatický ventil na reguláciu pary, 15 - kondenzátor, 16 - čerpadlo kondenzátu, 17 - vákuové čerpadlo, 18 - diferenčný regulátor teploty, 19 - regulačný ventil toku brídovej pary, 20 - regulátor teploty uperizácie. Schéma UHT ohrevu (DRDÁK a kol.,1996).

#### ***Hlavné metódy pre zohrievanie priamou metódou***

- vstrekaním natlakovanej pary do produktu,
- vstrekaním produktu do pary (parné infúzie).

Oba systémy pracujú tak, že para prichádza do priameho kontaktu s výrobkom, produkt kondenzuje a odovzdá teplo, ktoré spôsobuje, že sa produkt zohreje veľmi rýchlo.

Obe metódy poskytujú okamžité zahriatie oproti nepriamym metódam alebo metódam dávkovým alebo kontajnerovým (RICHARDSON, 2001).

Základným princípom oboch systémov je prechod produktu z vyrovnávacej nádrže do predohrievacieho systému, kde sa pomocou doskového výmenníka zahrieva na teplotu 70 – 80 °C. Produkt následne prechádza cez čerpadlo do parného vstrekovania alebo infúzneho systému. Výrobok sa potom zdrží požadovanú dobu a prechádza redukčným ventilom do chladiča (RICHARDSON, 2001).

### **3.9.1.2 Nepriamy ohrev**

Pri nepriamom UHT ohreve je dôležité, aby sa mlieko nepripaľovalo na platni výmenníka tepla, tzn. aby sa netvoril mliečny kameň. Preto sa musia globulárne srvátkové bielkoviny denaturovať skôr, ako sa dostanú na UHT ohrev. Najprv sa ohreve mlieko na vysokú teplotu, pri ktorej dôjde aj k denaturácii enzýmov (proteínáz, lipáz) a tým sa predĺži biochemická údržnosť mlieka (DRDÁK, 1996).

Táto cielená termická denaturácia srvátkových bielkovín (napr. 20 min. ohriatím na 95 °C) sa využíva aj pri spracovaní mlieka v syrárstve, pri výrobe čerstvých syrov. Docielime tým zvýšenie výťažnosti bielkovín. Takisto sa využíva aj pri výrobe kyslomliečnych výrobkov, pre zlepšenie schopnosti bielkovín viazať vodu a pri výrobe kondenzovaného mlieka pre zabránenie ďalšiemu zahusťovaniu (DRDÁK, 1996).

#### ***Hlavné typy nepriamych výhrevných systémov***

- doskové výmenníky,
- trubkové výmenníky,
- výmenníky so zdrsneným povrchom.

Každý systém ma svoje výhody a nevýhody v závislosti na spracovaní produktu a každý z týchto systémov môže spracovávať širšiu škálu produktov a teda si systémy môžu priamo konkurovať (RICHARDSON, 2001).

V súčasnosti sú viac používané postupy s nepriamym ohrevom mlieka. Príčinou je skutočnosť, že pri priamom ohreve parou je potrebný asepticky pracujúci homogénizátor, ktorý homogenizuje už ultrapasterizačne zahriate mlieko a zvyšuje nároky na jej prevádzku. Druhou príčinou je nižšia rekuperizácia tepla použitého na vlastný ultravysoký zázehrev mlieka.

Pri nepriamom ohreve mlieka sa teplo zahrievacieho média odovzdáva cez stenu doskových alebo trubkových výmenníkov. Devitalizácia termorezistentných spór sa dosahuje počas pôsobenia maximálnej teploty, čiže počas výdrže, ale pokračuje aj počas chladnutia mlieka, pokiaľ ešte má mikrobicídnu teplotu. Pôsobením najvyššej teploty počas záhrevu mlieka sú spóry buď úplne devitalizované alebo aspoň natoľko poškodené, že za určitý čas, aj pri nižšej teplote, tomuto poškodeniu podľahnú (DRDÁK, 1996).

### ***Doskové výmenníky***

Doskové výmenníky sa vyznačujú dobrým koeficientom prestupu tepla. Neznášajú však vysoké tlaky mlieka (max. 0,2 MPa). Vzďialenosť medzi výmenníkovými doskami býva 2,5 až 5 mm. Pri viskózných tekutinách býva vzďialenosť dosiek 7 až 10 mm. Zariadenie s doskovými výmenníkmi sú kompaktné, pomerne lacné a používajú sa najmä pre tekutiny s nízkou viskozitou (DRDÁK, 1996).

Doskové výmenníky tepla sú veľmi používanou metódou na spracovanie homogénnych produktov nízkej viskozity a teda sú ideálne pre použitie v mliekarniach. Doskové výmenníky obsahujú rad dosiek spojených v ráme. Výrobok a tepelné médium tečú rôznymi kanálmi v tenkých vrstvách, aby boli vytvorené dobré tepelné podmienky pre transfer tepla.

Dosky sú utesnené tesniacimi krúžkami spekanými do perforovanej drážky. Vo všeobecnosti, dosky majú povrchovú úpravu z nehrdzavejúcej ocele, hrúbku 0.5 – 1.25 mm a sú od seba 3 – 6 mm vzďialené. Dosky bývajú zvyčajne vlnité aby sa zvýšila plocha pre prenos tepla a taktiež, aby sa zvýšila turbulencia kvapaliny v systéme, čo v konečnom dôsledku vedie k vysokej tepelnej účinnosti. Takéto jednotky s úzkymi medzerami sú však vhodné len pre kvapaliny s nízkou viskozitou.

Pokusy o spracovanie určitých výrobkov môžu mať za následok upchatie kanálikov a tlakovú nerovnováhu medzi stranou tepelného média a samotným produktom. Z toho dôvodu sa odporúča používať spracovanie pomocou doskových prevodníkov len kvapalinám s menej ako 10% hustotou.

Konštrukcia dosiek sa mení od dodávateľa k dodávateľovi, každá konštrukcia má iný návrh na zvýšenie efektivity spracovania a zabezpečenia kvality produktu. Dosky môžu byť pre špecifický produkt. Zvlnenie dosiek môže mať tvar písmena “V”,

aby mohlo vzniknúť turbulentné prúdenie skrz dosku cez lamely (čím sa zvýši prenos tepla). Z dôvodu, že dosky sú zostavené do tvaru písmena “V”, produkt preteká hore jednou doskou a dole ďalšou.

Hrúbka dosky sa bude líšiť typ od typu v závislosti od očakávaného pracovného tlaku dosiek, avšak tieto dosky môžu byť z tenkého materiálu, aby bol zaistený vysoký prenos tepla. Konštrukcia dosiek je zvyčajne spravená tak, aby sa všetky dosky (lamely) spájali v jednom mieste v rámci systému na zabezpečenie celkovej pevnosti systému, ale taktiež pre jednoduchosť jeho čistenia. Dosky môžu mať taktiež medzi sebou väčšie medzery, aby sa medzi ne zmestili malé častice, ktoré môžu byť spracované systémom.

Doskové výmenníky sú tradične používané na pasterizačné spracovanie a boli upravené tak, aby vydržali vysoké teploty a tlaky, ktoré sú potrebné pre UHT ošetrovanie.

### ***Problémy pri doskových výmenníkoch***

Hlavným problémom pri doskových výmenníkoch je ich poruchovosť a neefektívne čistenie. Nahromadenie častíc v systéme môže viesť v rámci sterilizácie k znehodnoteniu výrobku alebo nesterilizácii produktu. Výrobcovia navrhujú systémy tak, aby boli jednoducho čistiteľné vo výrobe. Výrobcovia by mali mať plánované údržby systémov a čistenie strojov vo výrobe.

### ***Výhody doskových výmenníkov***

Jednou z hlavných výhod doskových výmenníkov tepla je rekuperácia energie. Výrobok prechádza cez tri sekcie doskového výmenníka. V prvej sekcii sa prichádzajúci produkt zohrieva odchádzajúcim horúcim produktom. Tento produkt následne vstupuje do hlavnej ohrievacej sekcii, kde na jednej strane výmenníkového procesu je zvyčajne zmes pary a vody, aby sa produkt zahrial na potrebnú teplotu spracovania. Výrobok/produkt prechádza do záverečnej časti, kde svoje teplo odovzdáva prichádzajúcemu výrobku a zároveň sa hotový produkt ochladzuje. Preventívna kontrola by mala zabezpečiť bezchybnosť dosky, teda či v nich nie sú dierky, aby nedošlo ku krížovej kontaminácii výrobku. Regeneračný systém zabezpečuje 90 % tepelnej výmeny, to, že je sterilný produkt na jednej strane a nesterilný produkt na druhej, môže dôjsť problémom s krížovou kontamináciou.

Na zmenšenie možnosti kontaminácie v regeneračnom procese bude tlak na strane sterilného produktu vyšší ako na strane nesterilného produktu. Preto je dôležité mať v systéme veľmi citlivé systémy na reguláciu tlaku (RICHARDSON, 2001).

### ***Trubkové výmenníky***

Trubkové výmenníky sa vyznačujú nižšími koeficientmi prestupu tepla a sú menej kompaktné. Záhrev mlieka u nich prebieha pomalšie, rovnako aj chladnutie mlieka, čo vyžaduje dlhší čas potrebný na prechod mlieka aparátúrou. Majú menej spojov a tesnení a umožňujú hladší prietok mlieka. Trubkové výmenníky znášajú vyššie tlaky ako doskové (DRDÁK, 1996).

Trubkové výmenníky tepla spracúvajú celý rad produktov od nízkej viskozity, ktoré dokážu spracovať aj doskové výmenníky, ale trubkové vedia spracovať aj produkty s vysokou viskozitou, napríklad polievky a omáčky.

V trubkových výmenníkoch tepla je produkt čerpaný cez jednu alebo viac rúrok upevnených vo vnútri väčšej trubice. V priestore veľkej trubice sa zahrievacia kvapalina čerpá v protiprúde s čerpaním produktu na dosiahnutie maximálnej tepelnej účinnosti. Mechanická pevnosť trubiek umožňuje produkt spracovávať pri vysokých tlakoch a teplotách. Turbulencia sa dosahuje zmenou rýchlosti produktu v rúrke alebo zvlneným povrchom za účelom zlepšenia prenosu tepla.

Množstvo zvlnenia sa môže meniť, aby sa dosiahla kompatibilita medzi produktom a ohrievacím médiom. Viac uhl'ové zvlnenie môže zabezpečiť turbulenciu produktu už v tekutinách s nízkou viskozitou ako je voda, džúsy alebo mliečne výrobky. Plynuľejšie zvlnenie s viacerými postupnými uhlami môžu vyvolať točivý pohyb a tak je systém vhodný pre produkty s vyššou viskozitou. Ak sa v šikmých žľaboch usadia nejaké produkty, môže to viesť k zníženiu účinnosti výmenníka (RICHARDSON, 2001).

Mlieko s horšou mikrobiologickou akosťou má tendenciu tvorby nápekov na stenách výmenníkov. Ich tvorba sa môže prejaviť aj v prípade, keď surové mlieko nebolo predhriate, čiže stabilizované vyzrážaním termolabilných srvátkových bielkovín a ich adíciou na kazeín.

Pri nepriamom ohreve sa používa homogenizácia pred ultrazáhrevom. V zariadeniach s priamym ohrevom mlieka sa vyžaduje aseptická homogenizácia po záhreve mlieka. Pri záhreve mlieka môžu vznikať agregáty kazeínov s vápnikom, ktoré by sa neskoršie mohli v mlieku usadzovať. Tieto sa musia homogenizáciou rozrušiť.

Pri postupoch výroby trvanlivého mlieka priamym ohrevom injekciou pary do mlieka alebo infúziou mlieka do pary je mlieko menej teplotne namáhané. Je známe, že priame ohrevy udeľujú čerstvo zahriatemu mlieku varivú chuť v menšom rozsahu ako pri nepriamych záhrevoch (GÖRNER a VALÍK, 2004).

#### ***Výhody a nevýhody vysoko tepelnej infúzie***

- Schopnosť zničiť spóry,
- dlhšie operačné časy v dôsledku zníženia nečistôt,
- zvýšená bezpečnosť, pretože rýchle odparovacie komory sú umiestnené blízko tepelného spracovania,
- zvýšená nákladová efektívnosť, špeciálne zvýšená efektívnosť využívania energie, údržby a kontroly,
- možnosť pridávania chute aseptickou metódou. Dáva tejto technológii výhody vo výrobe ochuteného mlieka alebo zmrzlinových zmesí,
- schopnosť vyrábať širší sortiment výrobkov (RICHARDSON, 2001).

Trvanlivosť mlieka bola zárukou, na ktorej sa podieľali výrobcovia, spracovatelia, maloobchodníci i spotrebitelia. Predĺženie trvanlivosti z hodiny na mesiace bolo hlavným cieľom mliečného priemyslu niekoľko rokov.

Ďalším cieľom bolo, aby spĺňali požiadavky pre predĺženie doby distribúcie a vzdialenosti (GOFF a GRIFFITHS, 2006). Spracovatelia chceli dosiahnuť trvanlivosť (HTST) pasterizovaného mlieka 60 – 90 dní pri chladničkových teplotách a tým umožnili efektívnejší predaj a distribúciu (CHAMPAN a BOOR, 2001).

#### **3.9.2 Chladiaci mechanizmus**

Chladiaci mechanizmus pre tieto systémy musí byť rýchly, aby sa odstránila nadbytočná voda, ktorá bola pridaná zahrievacou metódou. Na dosiahnutie tohto cieľa je nutné, aby produkt prešiel cez vákuovú komoru, v ktorej bude produkt držaný pod určitým tlakom zodpovedajúcim teplote produktu pred zahriatím, takže okamžite zovrie a vypudí sa z neho prebytočná tekutina a zároveň sa zníži teplota na teplotu pred injektovaním. Produkty spracované týmto spôsobom sú obvykle homogenizované a potom sa ochladia nepriamymi metódami na teplotu okolia (RICHARDSON, 2001).

### 3.9.3 Hodnotenie

Po výrobe sa mlieko zhodnotí a následne sa vykoná skúška trvanlivosti (termostatová skúška). Pri tejto skúške sa mlieko v neporušenom obale 15 dní skladuje pri teplote 30 °C alebo 7 dní pri 55 °C a následne sa opäť hodnotí.

Hodnotia sa ukazovatele:

- senzorické: chuť, vôňa, vzhľad mlieka. Vlastnosti nesmú byť zmenené a musia zodpovedať požiadavkám normy, hodnotí sa aj obal výrobku,
- fyzikálno-chemické: kyslosť, termostabilita etanolovým testom, tučnosť a beztuková sušina mlieka podľa trhového druhu,
- mikrobiologické: sleduje sa čeľaď *Enterobacteriaceae* ako kritérium hygieny výroby a r. *Salmonella* ako kritérium bezpečnosti. Odporúča sa tiež sledovať prítomnosť enterokokov, mezofilných MO a počet koliformných baktérií. Termostatová skúška umožňuje stanovenie počtu sporulujúcich MO, ktoré sú príčinou chýb trvanlivých mliek (ČANIGOVÁ, 2013).

### 3.9.4 Trvanlivosť

Kazenie mlieka, ktoré je sterilizované vo fľaši, môže byť spôsobené nedostatočnou tepelnou úpravou, v dôsledku čoho, napríklad spóry *Bacillus subtilis*, *B. circulans*, *B. coagulans*, alebo *B. stearothermophilus* prežívajú sterilizáciu. *Bacillus subtilis* má relatívne tepelne odolné spóry a táto baktéria môže spôsobiť zhoršenie mlieka, ktoré je sterilizované vo fľaši.

Ak je mlieko uchovávané za tropických podmienok, môže sa pokaziť vďaka *B. stearothermophilus*, ktorý má vysoko tepelne odolné spóry. Nízky počet týchto spórov v originálnom mlieku a UHT predhriatie môže pomôcť. *B. stearothermophilus* nerastie pod teplotou nižšou ako 35 °C.

Mierna sterilizácia vo fľaši po UHT sterilizácii je možná iba v prípade, ak sa počas plnenia objaví veľmi nízky počet bakteriálnych spór. Ak obal nie je úplne pevný (napríklad kvôli zlému korunkovému uzáveru), potom môže byť mlieko kontaminované a tak sa pokaziť. (WALSTRA, 2006).

K enzymatickým alebo oxidatívnym reakciám dochádza len veľmi ťažko, ak vôbec, z dôvodu vysokej intenzity tepelného spracovania. Zhoršenie UHT mlieka bakteriálnym rastom je zvyčajne spôsobené rekontamináciou. Je zrejmé, že typ poškodenia závisí na druhu kontaminujúcej baktérie.

Rekontaminácia patogénnymi látkami sa tiež môže objaviť, aj bez výrazného zhoršenia. Dodnes boli hlásené niektoré (zriedkavé) prípady otravy jedlom spôsobené UHT mliekom, ktoré bolo kontaminované baktériami rodu *Staphylococcus*. Enzymatické zhoršenie UHT mlieka kvôli prítomnosti tepelne odolných bakteriálnych enzýmov, ako sú želatinácia alebo vývoj horkých, stuchnutých, skazených príchuťí, tomu je možné predchádzať iba kvalitnými surovinami (WALSTRA, 2006).

Zhoršenie plazmínu, spôsobujúci horkú chuť, sa objavuje len v takých prípadoch, kde sa UHT mlieko skladuje dlhší čas (napr. 6 mesiacov) a pri vyššej teplote ako v tropických krajinách. Vyššia teplota tomu môže čiastočne zabrániť. Neenzymatické poškodenie UHT mlieka počas skladovania sa môže týkať: oxidácie, vplyvu svetla a Maillardovej reakcie.

Udržiavanie kvality mlieka sterilizovaného v nádobe je kontrolované inkubáciou vzoriek pri rôznych teplotách, väčšinou 30 °C a 55 °C. Po niekoľkých dňoch je možné určiť napríklad chuť, vôňu, vzhľad, kyslosť, počet kolónii alebo tlak kyslíka. Sterilita UHT mlieka môže byť v zásade overená rovnakým spôsobom. Zo štatistického hľadiska je kontrola sterility veľkého množstva vzoriek akejkoľvek výrobnéj série potrebná.

Meranie tlaku kyslíka môže byť vykonané rýchlo, ale je vhodné len pri produktoch, ktoré sú práve zabalené a stále obsahuje určité množstvo kyslíka. Redukcia tlaku kyslíka potom poukazuje na mikrobiálny rast.

Meranie zvýšenia v bakteriálnej ATP prostredníctvom bioluminiscencie je tiež možné. Sterilizované mlieko by malo byť prednostne predávané len po výsledku testu trvanlivosti, ktorý je známy a uspokojujú (WALSTRA, 2006).

Prevládajúcou mikroflórou počas skladovania mlieka pri chladničkových teplotách sú psychrotrofné MO a ich extracelulárne enzýmy, najmä proteázy a lipázy, ktoré spôsobujú kazenie mliečnych výrobkov (HANTSIS-ZACHAROV a HALPERN, 2007).

Rozvoj psychrotrofov po nadojení závisí na teplote a dobe skladovania (NAGLA a kol, 2009).

Okrem zloženia mlieka je trvanlivosť mliečnych výrobkov tiež určená prítomnosťou svetla a kyslíka.

Pre oxidáciu mlieka stimulovanú svetlom je kľúčovým faktorom riboflavín, keďže je vynikajúcim fotosenzitorom, čo vedie k produkcii reaktívnych kyslíkových druhov, ktoré môžu katalyzovať oxidačné reakcie (CHLOE a kol., 2005).



Na druhej strane, kovové katalyzátory sa považujú za najdôležitejšie faktory v urýchľovaní lipidovej oxidácie v mliečnych produktoch, s med'ou ako najdôležitejším katalyzátorom pre rozvoj oxidovaných chutí/pachov (FRANKEL, 2005).

Keďže mlieko ošetrované ultra vysokou teplotou (UHT mlieko) má trvanlivosť niekoľko mesiacov, je dôležité predísť prenosu svetla ako aj prenikaniu kyslíka výberom obalového materiálu s bariérou proti svetlu a kyslíku (ROBERTSON, 2002).

### **3.9.5 Zmeny, ktoré prebiehajú v UHT mlieku**

#### ***Časová tvorba gélu v sterilizovanom mlieku***

Dva hlavné problémy obmedzujú trvanlivosť UHT upraveného mlieka: tvorba pachutí a tvorba gélu. Časová tvorba gélu, ku ktorej občas dochádza v obale sterilizovaného zahusteného mlieka, nesúvisí s tepelnou stabilitou mlieka (za predpokladu, že výrobok odoláva procesu sterilizácie), ale tepelné spracovanie má značný vplyv na tvorbu gélu, napr. nepriamo zahriate UHT mlieko je stabilnejšie voči tvorbe gélu, než priamo ohriaty produkt.

Plazmín môže byť zodpovedný za tvorbu gélu nekonzentrovaného UHT mlieka vyrobeného z kvalitného mlieka, zatiaľ čo proteínázy z psychrotrofných mikroorganizmov sú pravdepodobne zodpovedné v prípade, že surové mlieko bolo zlej kvality. Na tomto procese sa tiež podieľajú fyzikálno-chemické javy, napr. interakcia medzi srvátkovými proteínmi a kazeínovými micelami.

V prípade koncentrovaného UHT mlieka, fyzikálno-chemické účinky zdá sa prevládajú, hoci proteolýza tiež nastane, napr. sklon UHT koncentrovaného mlieka, rekonštituovaného z tepelne upraveného práškového mlieka, k tvorbe gélu, je menší ako pri mierne, či slabo tepelne upravenom práškovom mlieku, aj keď tvorba sedimentu je najväčšia v koncentrácii pripravenom s vysokou teplotou upraveného prášku (FOX a MCSWEENEY, 1998).

### ***Devitalizácia termorezistentných spór v trvanlivom mlieku***

Z hľadiska trvanlivosti a hygienickej bezchybnosti trvanlivého mlieka, popri jeho výhodných senzorických a biologických vlastnostiach, sú v ňom určujúce termorezistentné spóry.

Hygienici požívateľov požadujú, aby pri záhreve potravín s takouto dlhou trvanlivosťou ako má mať trvanlivé mlieko (až 3 mesiace pri teplote miestnosti), bol v nich bezpečne devitalizovaný anaeróbny sporotvorný neurotoxický mikroorganizmus *Clostridium botulinum* (typ A alebo typ B), tento sa v mlieku vyskytuje iba sporadicky, zdravotné predpisy však požadujú, aby pri sterilizačnom záhreve slabokyslých potravín bola u *C.botulinum* dosiahnutá dvanásťnásobná logaritmickej redukcia. To znamená, že napríklad z  $1 \cdot 10^4$  KTJ.m<sup>-1</sup> môže zostať aktívna iba jedna spóra v 100 000 litroch mlieka. Splnenie tejto požiadavky pri klasickej sterilizácii potravín sa dosahuje zúhrevom na 121,1 °C (250 °F) počas 3 min., ale aj aplikáciou ultrapasterizačnej teploty 141 °C počas 1,8 s. Záhrevy mlieka používané pri ultrapasterizácii mlieka túto požiadavku spĺňajú (GÖRNER a VALÍK, 2004).

### ***Mikrobiologické problémy, ktoré môžu vzniknúť pri výrobe trvanlivého mlieka***

Trvanlivé mlieko sa definuje ako produkt, ktorý musí mať z mikrobiologického hľadiska pri teplote miestnosti trvanlivosť, pôvodne 6 týždňov, v súčasnosti 12 týždňov. V tejto definícii sa nehovorí, či produkt môže obsahovať mikroorganizmy alebo nie, ani sa nehovorí, že produkt musí byť sterilný. Naopak, z tejto definície sa môže dedukovať, že produkt môže obsahovať živé mikroorganizmy, ktoré sa však pri teplote miestnosti nesmú za tri mesiace prejavovať ich rastom a metabolizmom, nesmú mlieko zmeniť (GÖRNER a VALÍK, 2004).

Príčiny prítomnosti MO v trvanlivom mlieku:

- nedostatočná sterilizácia,
- nedostatočná sanitácia technologického zariadenia,
- netesnosť v technologickom zariadení,
- neadekvátne zásahy pracovníkov do výrobných liniek,
- kontaminácia obalového materiálu,
- kontaminácia zo vzduchu pri jeho balení,
- kontaminácia cez netesnené zvary obalu (GÖRNER A VALÍK, 2004).

K výrobe UHT mlieka je nutné použiť mlieko s vysokou termostabilitou a minimálnym počtom termorezistentných a sporulujúcich MO, pretože tieto skupiny MO by mohli tepelné ošetrenie výnimočne prežiť. Ako testovacie MO pri tepelnom účinku UHT a sterilizačnom zehre sa používajú sporulujúce baktérie, ktoré produkujú silné toxíny, napr. druhy *Clostridium (C.) botulinum*, *C.sporongens*. Dôležitý je nízky obsah psychrotrofných MO v spracovávanom mlieku, pretože ich termorezistentné proteázy môžu spôsobiť tzv. sladké zrážanie mlieka, ktoré sa prejavuje hustnutím a rôsolovatením. Lipázy produkované touto skupinou MO vyvolávajú závažné chyby chuti a vône mlieka (ČANIGOVÁ, 2013).

Mlieko po odstredení a štandardizácii je čerpadlom dopravené z vyrovnávacej nádrže do doskového (alebo trubkového) výmenníka tepla. Zohreje sa zo 4 – 6 °C na 75 – 80 °C. Teplota musí byť taká, aby nedošlo k napáľovaniu mlieka.

Predhriatie mlieka prispieva k stabilizácii termolabilných srvátkových bielkovín ich adíciou na kazeín. Na predhriatie mlieka sa používa teplo vody odstránenej z mlieka v expanznej nádrži. Predhriate mlieko sa vysokotlakovým čerpadlom (tlak asi 0,4 MPa) vháňa do uperizátora, teda injektora pary.

V uperizátore dochádza k okamžitému ohrevu mlieka na teplotu min. 135 °C (väčšinou 140 °C), to sa dosiahne vstrekaním vysokotlakovej pary do mlieka (tlak min. 0,6 MPa).

K výrobe pary sa môže použiť len pitná voda, ktorá nesmie zanechávať žiadne cudzie pachy alebo látky, ktoré by mlieko negatívne ovplyvňovali. Injektory pary musia byť konštrukčne riešené tak, aby nedochádzalo k napáľovanie mlieka. Mlieko vteká do výdržníka a pri dosiahnutej teplote sa udržiava 3 – 4 s. Para po odovzdaní tepla skondenzuje a tým sa mlieko zriedi. Tento zehrev zaručuje menšie chemické zmeny zložiek mlieka ako pri klasickej sterilizácii mlieka- nižšie teploty, dlhšia doba zehre (ČANIGOVÁ, 2013).

Dokonalý účinok uperizácie je dosiahnutý tým, že mlieko je v rýchlom pohybe pod tlakom. Pre zaistenie vysokej kvality mlieka je potrebné kontrolovať a riadiť vo výdržníku vzťah teplota- čas. Mlieko je z výdržníka tlačené cez spätný ventil do podtlakovej nádrže. Spätný ventil- zabezpečuje zdravotnú bezpečnosť výrobku. Pri poklese teploty, automatický riadiaci systém zaistí odstavenie baličky, vytlačenie mlieka zo zariadenia, preplach linky vodou a následné čistenie. V podtlakovej nádrži za pôsobenie

vákua 0,04 MPa dochádza k odparovaniu vody, ktorá sa dostala do mlieka ako kondenzát a zároveň sa zabezpečuje ochladenie mlieka na teplotu 76 – 77 °C. Odparená voda je odvádzaná vo forme brídových pár.

Z podtlakovej nádrže je mlieko aseptickým čerpadlom tlačené do aseptického homogenizátora. Homogenizácia sa môže uskutočniť aj pred uperizáciou, nakoľko znižuje termostabilitu mlieka a mohlo by pri zohrevení dôjsť ku koagulácii bielkovín. Po homogenizácii sa mlieko vychladí v aseptickom doskovom (rúrkovom) výmenníku tepla na 24 °C. Mlieko sa ďalej asepticky balí do viacvrstvového obalu (ČANIGOVÁ, 2013).

Sterilita obalov- obal sa pred formovaním ponára do kúpeľa z peroxidu vodíka. Nadbytočný peroxid vodíka sa rozkladá pôsobením tepla na kyslík, ktorý má bakteriocídne účinky. Sterilizácia obalov môže prebiehať aj pôsobením zlúčenín na báze kyseliny peroxooctovej, UV žiarenia, vlhkým alebo suchým teplom, gama žiarením (ČANIGOVÁ, 2013).

### ***Proteolýza v UHT mlieku***

Proteolýza v UHT mlieku môže počas skladovania spôsobiť tvorbu horkej príchute a vedie k zvýšeniu viskozity a nakoniec k rôsolovateniu, čo je hlavným faktorom limitujúcim jeho trvanlivosť a obchodný potenciál (DATTA a DEETH, 2003).

Enzýmy zodpovedné za proteolýzu sú pôvodná mliečna alkalická proteínáza, plazmín a mimobunkové bakteriálne proteínázy odolné voči vysokej teplote, produkované psychrotrofnými bakteriálnymi kontaminantmi v surovom mlieku (DATTA a DEETHE, 2003; KELLY a FOLEY, 1997).

Proteolýza kazeínu spôsobená plazmínom je zodpovedná za rôsolovatenie a horkú chuť UHT mlieka počas skladovania. Plazmín je spájaný s kazeínovými micelami v mlieku a rozkladá  $\beta$ -kazeín na  $\gamma$ -kazeín a peptóny proteózy (DATTA a DEETH, 2001, FOX a MCSWEENEY, 1996). Plazmínová aktivita je vyššia v mlieku od dojnic s mastitídou ako v normálnom mlieku (BASTIAN a BROWN, 1996).

Proteolytické enzýmy bakteriálneho pôvodu sa objavujú v mlieku vďaka nárastu psychrotrofných baktérií. Bolo odpozorované, že skladovanie surového mlieka pri chladničkej teplote viac ako 72 hodín môže mať za následok tvorbu termorezistentných bakteriálnych proteínáz, ktoré významne limitujú trvanlivosť mlieka po UHT spracovaní (MOTTAR, 1984).

### ***Proteolýza a fyzikálno-chemické zmeny v skladovanom mlieku***

Hlavným proteolytickým enzýmom v kravskom mlieku je plazmín, ktorý v mlieku existuje vo svojej aktívnej forme aj ako neaktívny prekursor, plazminogén, pričom v druhej spomenutej forme väčšinou tvorí ~90% celkovej potenciálnej plazmínovej aktivity v mlieku (BASTIAN a BROWN, 1996).

Plazminogén je aktivovaný na plazmín súborom enzýmov známych ako aktivátory plazminogénu (PA). V mlieku existujú dva hlavné typy PA, tkanivový typ (tPA) a urokinázový typ (uPA). Tieto sa spájajú s kazeínovými micelami a somatickými bunkami, v tomto poradí (WHITE a kol., 1995).

Pasterizácia mlieka má za následok zvýšenú proteolytickú aktivitu, pravdepodobne kvôli inaktivácii inhibítorov PA, čo vedie k zvýšenej aktivácii plazminogénu (RICHARDSON, 1983).

Silnejšie tepelné ošetrenie mlieka, ako napríklad ultravysokotepelný ohrev (UHT), má za následok množstvo ďalších zmien v proteolytickej aktivite mlieka. V prvom rade je aktivita plazmínu značne znížená, a to kvôli thiol-disulfidickým interakciám medzi srvátkovým proteínom  $\beta$ -laktoglobulínom a enzýmom počas rozkladových a denaturačných procesov, ktoré prebiehajú pri vysokých teplotách (GRUFFERTY a FOX, 1986, KELLY a FOLEY, 1997).

Iné zmeny v proteolytickom systéme mlieka spojené so silnými tepelnými procesmi, ako UHT ošetrenie, zahŕňajú denaturáciu srvátkových proteínov a komplexáciu s kazeíni (MULVIHILL a DONOVAN, 1987) a inaktiváciu inhibítorov (BASTIAN a BROWN, 1996). PA v mlieku sú tepelne stabilné (LU a NIELSEN, 1993).

Nízke úrovne plazmínovej aktivity sú spojené s nestabilitou UHT mlieka a môžu mať za následok rôsolovatenie alebo sedimentáciu počas skladovania (KOHLMANN, NIELSEN A LADISCH, 1991).

Kelly a Foley (1997) preukázali, že pridanie jodidu draselného ( $KIO_3$ ) do celého obsahu mlieka pred UHT spracovaním viedlo k rozsiahlej proteolýze počas skladovania napriek tomu, že vzorky nezrôsolovateli. Záverom z tohto bolo, že  $KIO_3$  ochránilo plazmín od inaktivácie komplexáciou s  $\beta$ -laktoglobulínom, čo viedlo k vysokým zvyškovým úrovňam plazmínovej aktivity, ktoré sa zvyšujú pri skladovaní kvôli aktivácii plazminogénu.

UHT mlieko vykázalo najväčšiu stabilitu s odpozorovanou malou zmenou počas skladovania a žiadnym znakom sedimentácie do 168 dňa, kedy bol spozorovaný jemný rôsol s minimálnou synerézou alebo zjavným tekutým komponentom.

Surové mlieko ukázalo sedimentáciu po 63 dňoch, kým po 168 dňoch skladovania bol na dne všetkých nádob so surovým mliekom prítomný jemný rôsol s vrstvou sivo-bielej tekutiny nad rôsolom. UHT mlieko s pridaným  $\text{KIO}_3$  preukázalo odfarbenie (zmena farby) po 28 dňoch, s tým, že ako skladovanie pokračovalo, mlieko naberalo stále priehľadnejší vzhľad.

Sedimentácia v tomto mlieku bola evidentná po 56 dňoch, zvyšovala sa s časom skladovania a fáza separácie bola evidentná po 84 dňoch. UHT mlieko s pridaným plazmínom vykázalo ľahkú sedimentáciu po 84 dňoch, no odfarbenie a priehľadnosť pozorovaná pri UHT mlieku s pridaným  $\text{KIO}_3$  tentokrát pozorované neboli. Po 168 dňoch vykázalo UHT mlieko s pridaným plazmínom na dne nádob rôsol s hrudkovitou konzistenciou, zatiaľ čo tekutina nad rôsolom bola priehľadná a žltá.

Pridanie  $\text{KIO}_3$  do mlieka pred UHT ošetrením ochránilo plazmín od inaktívácie, ako zaznamenali Kelly a Foley (1997). V skutočnosti bola počiatková (1 d) plazmínová aktivita UHT mlieka obsahujúceho  $\text{KIO}_3$  významne vyššia ako tá v surovom mlieku, čo naznačuje veľmi rýchlu aktiváciu plazminogénu počas zohrievania (KENNEDY a KELLY, 1997).

Fakt, že UHT mlieko s pridaným  $\text{KIO}_3$  vykázalo jednoznačnú nestabilitu počas skladovania, je v rozpore s navrhnutými mechanizmami pre rôsolovatenie UHT mlieka, ktoré zahŕňajú disulfidom spôsobené  $\beta$ -laktoglobulín/ $\kappa$ -kazeínové interakcie na povrchu micel, nasledované migráciou týchto komplexov späť do mliečnej fázy séra (ANDREWS, 1975, AULDIST a kol., 1996), keďže tieto interakcie sa zdajú byť významne redukované pridaním  $\text{KIO}_3$ . Sedimenty v surovom mlieku, UHT mlieku s pridaným  $\text{KIO}_3$  a UHT mlieku s pridaným plazmínom mali všetky relatívne podobný mikroskopický vzhľad silne naznačujúci, že plazmínová aktivita je skutočne zapojená do tvorby takýchto sedimentov, keďže jediný faktor, ktorý sa dá povedať, že majú tieto mlieka v porovnaní s relatívne oveľa stabilnejším kontrolným UHT mliekom spoločný, bola zvýšená plazmínová aktivita.

Možná destabilizačná rola plazmínu je ďalej naznačená faktom, že mlieko s najvyššou plazmínovou aktivitou, UHT mlieko s pridaným  $KIO_3$ , bolo prvé, ktoré vykázalo znaky sedimentácie po 56 dňoch skladovania.

Čo sa týka proteolýzy, pri porovnaní UHT mlieka s pridaným  $KIO_3$  so surovým mliekom, bola zaznamenaná menšia komplexita proteolýzy, ale plazmínu podobný účinok, v zmysle degradácie  $\beta$ -kazeínu a produkcie  $\gamma$ -kazeínov, bol urýchlený v prvom spomenutom. Toto je podľa všetkého spôsobené tepelnou inaktíváciou inhibítorov plazmínu a PA (BASTIAN a BROWN, 1996) v kombinácii s termoochranným efektom  $KIO_3$  na mliečny plazmín. UHT mlieko s pridaným  $KIO_3$  vykazuje oveľa rozsiahlejšiu plazmínovú aktiváciu pri skladovaní ako je tá, ktorá bola zaznamenaná v surovom mlieku.

Pridanie plazmínu do mlieka po UHT ošetrení vo veľkej miere obnovilo úroveň proteolýzy na takú, akú vidíme v surovom mlieku. Keďže UHT ošetrenie malo mať za následok výraznú inaktíváciu plazmínových inhibítorov, ako naznačovala aj rýchla proteolýza v UHT mlieku obsahujúcom  $KIO_3$ , toto môže naznačovať istú stearovú prekážku proteolytickej stráviteľnosti kazeínu spôsobenú tepelným ošetrením (BENFELD a kol., 1997 a ENRIGHT a KELLY, 1999).

### ***Látkové zmeny mlieka v dôsledku procesov na predĺženie trvanlivosti***

Počas UHT postupu (135 až 150 ° C, počas 1 až 10 s) dochádza k fyzikálnym, chemickým a senzorickým zmenám mlieka, aj keď podstatne menším ako v časoch, keď sa mlieko sterilizovalo v klasických autoklávoch. Naproti tomu sú zmeny v pasteri-zovanom mlieku (72 až 75 ° C, 15 až 30 s) nepatrné. Zmeny v ESL- mlieku sa pohybujú niekde medzi (ANONYM, 2009).

| Parametr                         | Pasterované mléko | ESL mléko      |  |  |
|----------------------------------|-------------------|----------------|--|--|
|                                  |                   | MF + pasterace | přímý vysokoteplotní ohřev (127 °C, 2 s) | nepřímý vysokoteplotní ohřev (127 °C, 2 s) |
| Snížení mikroorganismů (logN/N0) | 1,5               | 5-6            | >8                                       |  |
| fosfatáza                        | negat.            | negat.         | negat.                                   | negat.                                     |
| peroxidáza                       | pozit.            | pozit.         | negat.                                   | negat.                                     |
| nativní beta-laktoglobulin (g/l) | 3,1 - 3,4         | 3,0 - 3,3      | >2,2                                     | <1,8                                       |
| laktulóza                        | 15 - 20           | 15 - 20        | <25                                      | <30  |
| varná příchut'                   | negat.            | negat.         | nepatrná                                 | nepatrná                                   |
| zbytková proteázová aktivita (%) | >80               | 81±4           | 65±5                                     | 65±5                                       |
| zbytková lipázová aktivita (%)   | >65               | 64±4           | 40±3                                     | 40±3                                       |
| trvanlivost při 10 °C (dni)      | 7 - 10            | 18 - 21        | 24 - 30                                  | 24 - 30                                    |

Obrázok č.7: Termicky podmienené parametre bežne pasterizovaného mlieka a ESL- mlieka vyrobeného rôznymi postupmi (ANONYM, 2009).

Mikronutrienty (v mlieku sú dôležité predovšetkým vápnik, fosfor, vitamíny B2, A a D) nie sú tepelným ošetrením podstatne ovplyvnené. Naproti tomu labilné sú vitamíny B1, B6, B12 a kyselina listová. Okrem toho v dôsledku Maillardovej reakcie dochádza k zmene esenciálnej aminokyseliny lyzín. Podľa získaných výsledkov dôjde pri procese UHT k zníženiu obsahu vitamínu B1 najviac o 3%, lyzínu o 1%, a tiež u ostatných vitamínov sú straty nepatrné a analyticky ťažko postihnuteľné.

Následné zmeny počas skladovania mlieka závisia skôr od teploty a dĺžky skladovania a tiež na obsahu zvyškového kyslíka v obale a priepustnosti obalu, než na vlastnom tepelnom ošetrení. (ANONYM, 2009).

Z hľadiska varnej príchute sa ESL- mlieko značne odlišuje od UHT, ale nelíši sa príliš od pasterizovaného. Boli však zistené rozdiely v závislosti od spôsobu ohrevu. Varná príchuť je u ESL- mlieka ošetreného nepriamym ohrevom spočiatku ešte trochu výraznejšia ako pri priamom ohreve. Varná príchuť vzniká v dôsledku termicky indukovaných SH- skupín, ktoré následne počas skladovania v závislosti od podmienok (vrátane prítomnosti kyslíka) podliehajú oxidácii. Pri aplikácii nepriameho ohrevu



je okamžite po zásahu prítomných 70 mmol / ml thiolových skupín, pri variante mikrofiltrácie s pasterizáciou len 10 mmol / ml.

Do úvahy prichádzajú aj ďalšie senzorické zmeny. Pri variante mikrofiltrácia + pasterizácia sa nežiaduca pachuť vysvetľuje reakciou uvoľnených proteolytických a lipolytických enzýmov a následnou zmenou takto vzniknutých štiepných produktov. Preto po 18 až 21 dňoch skladovania je prekročený podiel voľných mastných kyselín, čo so sebou nesie horkú a sírovitú pachuť. Navyše voľné mastné kyseliny podliehajú vo väčšej miere oxidácii, čo vyvoláva "kartónovú" alebo kovovú pachuť. Z tohto hľadiska sú výsledky rovnaké pri variante MF + pasterizácia aj u vysokoteplotného ošetrenia.

Popri tom, hlavne v prípade zlej mikrobiologickej alebo enzymatickej kvality počiatočného mlieka, sa môžu zásadne prejaviť zmeny spôsobené proteolytickými enzýmami (horká pachuť). V prípade vysokoteplotného ošetrenia je však aktivita lipáz a proteáz oveľa menšia ako po pasterizácii (ANONYM, 2009).

### **3.9.6 Balenie**

Obal môže byť tiež významným faktorom skladovateľnosti v závislosti na jeho schopnosti chrániť výrobok pred pôsobením kyslíka a svetla. Jedným z najviac študovaných obalov bol ten, ktorý bol vyvinutý na balenie mlieka.

#### ***Vlastnosti balenia***

Veľké množstvo jedla je skonzumované ďaleko v čase a mieste jeho výroby. Nevyhnutnou pomocou pri skladovaní a distribúcii jedla je balenie/obal. Balenie jedla má rôzne funkcie.

Obal slúži ako nástroj manipulácie s jedlom, balenie môže obsahovať malé jednotky jedla a môže uľahčiť zoskupenie niekoľkých takýchto jednotiek do väčších celkov.

Napríklad kvapaliny sú balené vo fľašiach, ktoré sú uložené v krabiciach a krabice majú také rozmery, že sa dajú naložiť na paletu.

Kov môže byť použitý pri tepelnej sterilizácii jedla, ale zároveň plní aj ochrannú funkciu, tým že drží tvar obalu aj potraviny a vieme vypočítať tepelnú priepustnosť.

V prípade použitia vrecúšok na tepelné ošetrenie, ktoré neposkytujú takú rozmerovú stálosť, je potrebné použiť špeciálne stojany alebo separátory, ktoré vlastne predstavujú dočasné balenie. (KAREL a BLUND, 2003).

Veľmi významný podiel potravín je balený a distribuovaný v obaloch vyrobených z papiera alebo na báze papierových materiálov. Vzhľadom na svoju nízku cenu, ľahkú dostupnosť a veľkú flexibilitu je pravdepodobné, že si papier udrží svoje dominantné postavenie ešte dlho.

Vlastnosti balenia papiera sa značne líšia od závislosti výrobného procesu a ďalších povrchových úprav, ktoré môžu byť aplikované na papier.

Sila a mechanické vlastnosti sú závislé od mechanickej úpravy vlákien a v materiáloch, z ktorých sa vlákna skladajú.

Fyzikálne- chemické vlastnosti papiera, ako je priepustnosť pre kvapaliny a plyny, sa môžu dosiahnuť impregnáciou, impregnačným náterom alebo laminovaním.

Materiály, ktoré sa používajú na tento účel zahŕňajú plasty, živice, gummy, lepidlá, asfalt a ďalšie látky. Kvalita materiálov/obalov vyrobených podľa vyššie uvedených procesov sa výrazne líši. Niektoré laminované, voskované papiere sa môžu nazvať aj ako ochranné materiály. Takto upravené papiere však ponúkajú niečo viac ako iba ochranu pred svetlom a mechanickými deformáciami (KAREL a BLUND, 2003).

Papiere môžu byť použité ako flexibilné obalové materiály alebo ako materiály pre konštrukciu pevných papierových obalov. Papier sa môže použiť na výrobu vreciek, obalov, vložiek alebo ako obalový/baliaci materiál.

K najdôležitejším druhom papiera používaného na tieto účely je "Kraft papiere", nepremastiteľné a voskované papiere tak, ako rôzne modifikácie týchto základných typov. Rôzne typy papierových kontajnerov sa líšia v použitých materiáloch a rôznych konštrukciách. Tieto obaly sú kartónové krabice, plechové vlákna, poháre na kvapalinu, štvorboké balenia. Môžu byť vyrobené z lepenky, laminovaného papiera, vlnitej lepenky a rôznych druhov špeciálne upravených dosiek a papierov. Často má papier vložky, alebo obaly, alebo je potiahnutý plastovou alebo kovovou fóliou (KAREL a BLUND, 2003).

### ***Význam a funkcie balenia potravín***

- Ochrana výrobku pred nepriaznivými vplyvmi okolia a to ako chemickými, fyzikálnymi či biologickými.

- Ochranná funkcia je pre potravinárske obaly značne významná, pretože je možnosť použiť obal aj ako prostriedok pre predĺženie trvanlivosti a súčasne zaistiť hygienické nároky počas výroby, skladovania a distribúcie.
- Vytvorenie racionálnej manipulačnej jednotky, prispôsobené tvarom, hmotnosťou, konštrukciou požiadavkám prepravy, obchodu i spotrebiteľa.
- Úloha vizuálne -komunikačná, obal je nositeľom dôležitých informácií pre spotrebiteľa a pôsobí esteticky (KADLEC a kol., 2012).

Saffert a kol. (2006) študovali vplyv rôznych vlastností priepustnosti svetla, pod žiarivkovým svetlom pri 8 ° C, v obsahu vitamínu pasterizovaného plnotučného mlieka. Mlieko balené v pigmentovaných PET fľašiach s nízkymi hodnotami svetelnej priepustnosti, uložené v tme za rovnakých experimentálnych podmienok, slúžil ako kontrolná vzorka. V čírych polyetyléntereftalát (PET) fľašiach bolo pozorované zníženie o 22 %, pre vitamín A a 33 % v prípade vitamínu B2. Vo všetkých pigmentovaných PET fľašiach boli straty 0 % až 6% pre vitamín A a 11 % až 20 % v prípade vitamínu B2.

Perkins a kol. (2007) študoval proces balenia UHT mlieka v Intasept™ aseptických vreckách s (ošetrením) a bez (kontroly) kyslík pohlcujúcim filmom so vzorkami, ktoré analyzujú rozpustený kyslík, zatuchnutú chuť prchavých látok (methyl ketóny a aldehydy) a voľné mastné kyseliny. Bolo preukázané, že kyslík pohlcujúci film výrazne znižuje obsah rozpusteného kyslíka (o 23% až 28%) počas skladovania (BANSAL a CHEN 2006; GHOSH a kol., 2006).

### *Aseptické spracovanie*

Rozdiel medzi aseptickou komerčnou sterilizáciou a pasterizáciou je v tepelnom ošetrení a použitými teplotami. V aseptickej sterilizácii sa používajú veľmi vysoké teploty. Tieto procesy sú všeobecne označované ako procesy s veľmi vysokou teplotou (UHT).

Sterilizácia je spracovanie pri vysokých teplotách a je založená na enzymatickej deaktivácii, pretože niektoré enzýmy vykazujú vyššiu tepelnú odolnosť ako mikroorganizmy. Výmenníky tepla používané pri aseptickom spracovaní obsahujú výmenník tepla so zdrsneným povrchom, doskové výmenníky tepla, trubkové výmenníky tepla a vybavenie na priame vstrekovanie pary. Systémy boli vyvinuté pre kvapaliny, ktoré obsahujú

malé častice a tekutiny, ktoré obsahujú veľké častice. Vzhľadom k tomu, že UHT spracovanie sa deje radovo v sekundách, spracovanie musí byť presne riadené, aby nedošlo k neznehodnoteniu kvapaliny (DAVID a kol., 1996). Po UHT ošetrení sa stále môžu objaviť určité enzymatické a fyzikálnochemické zmeny.

Na dosiahnutie cieľov je potrebné, aby:

- bol znížený počet mikroorganizmov vrátane spór,
- mlieko neobsahuje enzýmy bakteriálneho pôvodu, ktoré nemôžu byť úplne inaktivované tepelnými úpravami,
- enzýmy, ktoré sa prirodzene vyskytujú v mlieku, sú dostatočne inaktivované,
- chemické reakcie počas uchovávanía sú minimálne,
- fyzikálne vlastnosti mlieka sa menia tak málo, ako je to možné počas skladovania a úprav,
- chuť mlieka je prijateľná,
- nutričná hodnota mlieka klesá len jemne (WALSTRA, 2006).

Pre štandardizáciu obsahu tuku, homogenizáciu a zahriatie na asi 80 °C, je mlieko naplnené do čistých nádob - zvyčajne sklenených alebo plastových fliaš na mlieko a plechoviek pre kondenzované mlieko. Výrobok, stále horúci, je presunutý do autokláv v sériovej výrobe alebo do hydrostatickej veže v nepretržitej výrobe. (BYLUND, 1995).

### ***Vplyv balenia na oxidačnú stabilitu UHT mlieka***

V tomto experimente sa ukázalo, že sklo (vzorky uložené v tme) a 3-HDPE vykázali podobnú ochranu pred oxidáciou UHT mlieka. Toto naznačuje, že priepustnosť kyslíka obalového materiálu nie je dôležitým faktorom v ochrane UHT mlieka pred oxidáciou. Tieto výsledky podporujú Mestdagh a kol. (2005) a Smet a kol. (2008), ktorí nepozorovali žiadnu tvorbu oxidačných produktov v mlieku skladovaného v polyetylén tereftalátových (PET) fliašach alebo 1-HDPE fliašach bez pridanej kyslíkovej bariéry, no s ochranou proti svetlu. Mali by sme však spomenúť, že pri všetkých týchto experimentoch bol zaznamenaný vysoký počiatočný obsah rozpusteného kyslíka v mlieku, čo môže byť hlavnou zložkou efektu priepustnosti kyslíka obalovým materiálom (SMET, 2009).

### ***Vplyv farby kartónových obalov na vznik pachu UHT-mlieka***

Japonskí výskumníci preukázali, že čierne obaly najlepšie chránia mlieko vystavené svetlu pred chemickými zmenami.

Japonská spoločnosť Morinaga Milk Industry skúmala, aký vplyv má farba kartónových obalov na zmeny chuti UHT- mlieka vystaveného počas skladovania svetlu. K pokusom boli použité kartóny so strieškou od Nippon Paper-Pak (PE / kartón / PE), ktoré boli zvonku potlačené nasledujúcimi farbami: čierna, červená, zelená, modrá a biela. Obaly boli naplnené mliekom ošetreným na doskovom pastére teplotou 130 ° C s výdržou 2 s. Mlieko bolo skladované 10 dní pri teplote 10 ° C, pričom bolo ožarovanie svetlom fluorescenčné lampy (1500 Lux).

Výsledky senzorického hodnotenia ukázali, že čierna farba je najúčinnnejšou ochranou pred prienikom svetla a súvisiacimi zmenami. Naopak najmenej chráni biela farba. V bielom obale bol najvyšší obsah hexanal, v čiernom najnižšie, v obaloch ostatných farieb bol obsah hexanal medzi týmito hodnotami. Vyplýva z toho, že obsah hexanal je objektívnym znakom pre zistenie pachute mlieka (ANONYM, 2009).

## 4 ZÁVER

V bakalárskej práci je rozoberaný vzťah technológie výroby ku kvalite UHT mlieka. Kvalita tepelne ošetrovaného mlieka závisí najmä od hygieny surového mlieka, pretože mlieko obsahuje vysoký obsah vody a živín, čo je vhodné pre rast mikroorganizmov. Významnou požiadavkou na kvalitu surového mlieka je mikrobiálna čistota. Má vplyv nie len na trvanlivosť, ale aj na technologické vlastnosti surovín. Keď sa niečo pokazí pri získavaní surového mlieka, nedá sa mliekarenským ošetrením ani spracovaním napraviť.

Tepelné ošetrenie bolo vyvinuté s cieľom zaistenia zdravotnej nezávadnosti a trvanlivosti, eliminovať patogénne mikroorganizmy, alebo ich redukovať na bezpečný stupeň pre ľudskú konzumáciu. U mlieka sa rozlišuje ohrev do 100 °C – pasterizácia a ohrev nad 100 °C – sterilizácia. Termín pasterizácia odkazuje na Louisa Pasteura a Claude Bernarda, ktorí v roku 1862 vytvorili základné štúdie smrtiaceho účinku tepla na mikroorganizmy a použitie tepelného ošetrenia ako ochranného prostriedku.

Intenzívne tepelné ošetrenie tiež zahŕňa riziko nepriaznivých účinkov na vzhľad, chuť a nutričnú hodnotu mlieka. Čím vyššia teplota a dlhšie vystavenie sa teplu, tým väčšie sú zmeny. Krátke zahriatie na vysokú teplotu môže mať rovnaký efekt ako dlhé vystavenie sa nízkej teplote.

Trvanlivé mlieko sa vyrába vysokým tepelným ošetrením, ktoré inaktivuje prítomné mikroorganizmy, vrátane spór a väčšinou enzýmov. Záhrev sa realizuje ako sterilizácia v obale pri teplote 115 – 120 °C po dobu 20 – 30 minút, alebo UHT záhrev pri teplote 135 – 150 °C po dobu niekoľkých sekúnd s následným aseptickým balením.

UHT je skratka pre Ultra high temperature, čo znamená ultra vysoká teplota. UHT ošetrenie je založené na kontinuálnom prietokovom zehre mlieka na veľmi krátku dobu a umožňuje predĺženie trvanlivosti z niekoľkých dní na niekoľko mesiacov. Tepelné ošetrenie je prevádzané buď priamym ohrevom vstrekaním pary do mlieka (uperizácia) alebo vstrekaním mlieka do nasýtenej pary, alebo nepriamym ohrevom prestupom tepla doskovým alebo trubkovým výmenníkom. UHT ohrev mlieka používa teploty 135- 142 °C po dobu niekoľkých sekúnd.

Zmeny, ktoré prebiehajú v UHT mlieku sú, napr. časová tvorba gélu a tvorba pachutí. Ku tvorbe gélu dochádza v obale sterilizovaného zahusteného mlieka. Nesúvisí

s tepelnou stabilitou za predpokladu, že výrobok odoláva procesu sterilizácie, ale tepelné ošetrenie má značný vplyv. Nepriamo zohriatie UHT mlieko je stabilnejšie voči tvorbe gélu, než priamo ohriaty produkt. Za tvorbu gélu u UHT mlieka vyrobeného z kvalitného mlieka môže byť zodpovedný plazmín, zatiaľ čo proteínázy z psychrotrofných mikroorganizmov sú zodpovedné v prípade, že surové mlieko bolo zlej mikrobiálnej kvality.

Proteolýza v UHT mlieku môže počas skladovania spôsobiť tvorbu horkej príchute a vedie k zvýšeniu viskozity a nakoniec k rôsolovateniu. Enzýmy zodpovedné za proteolýzu sú proteínáza, plazmín a mimobunkové bakteriálne proteínázy odolné voči vysokej teplote produkované psychrotrofnými mikroorganizmami.

Mikronutrienty, predovšetkým vápnik, fosfor, vitamíny B2, A a D nie sú tepelným ošetrením podstatne ovplyvnené. Vitamíny ako B1, B6, B12 a kyselina listová sú labilné. Podľa získaných výsledkov pri procese UHT dôjde k zníženiu obsahu vitamínu B1 o 3 %, lyzínu o 1 % a tiež u ostatných vitamínov sú straty nepatrné, analyticky ťažko postihnuteľné.

V UHT mlieku môžeme po senzorickej stránke očakávať varivú chuť mlieka, ktorá vzniká v dôsledku termicky indukovaných SH- skupín ktoré počas skladovania podliehajú oxidácii.

Pri UHT mlieku dochádza k výraznejším zmenám než u pasterizovaného mlieka. Tieto zmeny sa týkajú denaturácie bielkovín, čo ale nie je závadou, pri mliečnom tuku nedochádza k zmenám. Mliečny cukor laktóza je čiastočne premenená na disacharid laktulózu, čo spôsobuje väčšiu sladivosť. V dôsledku Maillardových reakcií je pre UHT mlieko typická karamelová chuť a dochádza k ľahkému zhnednutiu farby mlieka.

Technológie pri výrobe UHT mlieka idú stále dopredu. Je možné, že za pár rokov budú zmeny, ktoré negatívne ovplyvňujú kvalitu UHT mlieka menšie.

## 5 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

BYLUND, G. *Dairy processing handbook*. Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, 1995, 436 s.

COIMBRA, J.S.R., TEIXEIRA, J. *Engineering aspects of milk and dairy products*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2010, xx, 265 s. Contemporary food engineering (Unnumbered). ISBN 1420090224

ČANIGOVÁ, M. *Technológia mlieka II* (spracovanie mlieka), Nitra : SPU, 2013, 155 s. ISBN 978-80-552-0979-1

DRDÁK, M. *Základy potravinárskych technológií spracovania rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Vyd. 1. Bratislava : Malé Centrum, 1996, 511 s. ISBN 80-967064-1-1

ENRIGHT, E., BLAND, A.P., NEEDS, E.C., KELLY, A.L., 1999, Proteolysis and physicochemical changes in milk on storage as affected by UHT treatment, plasmin activity and KIO<sub>3</sub> addition, *International Dairy Journal* 9: 581-591

FOX, P., MCSWEENEY, P. *Dairy chemistry and biochemistry*. Vyd.1. New York: Blackie Academic & Professional, 1998, xiv, 478 s. ISBN 0412720000

GHANI,A.B., FARID, M.. *Sterilization of food in retort pouches*. New York.: Springer, 2006, xxiii, 205 s. ISBN 9780387311296

GÖRNER, F., VALÍK, Ľ. *Aplikovaná mikrobiológia požívatin: princípy mikrobiológie požívatin, potravinársky významné mikroorganizmy a ich skupiny, mikrobiológia potravinárskych výrob, ochorenia mikrobiálneho pôvodu, ktorých zárodoky sú prenášané požívatinami*. Vyd. 1. Bratislava: Malé centrum, 2004, 528 s. ISBN 80-967064-9-7

KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výroby: [technologie potravin]*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing), 2012, ISBN 978-80-7418-086-6



KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Vyd.1., Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing), 2012, ISBN 978-80-7418-145-0

KAREL, M., B LUND, D. *Physical principles of food preservation*. Vyd. 2. New York: M. Dekker, 2003, xxii, 603 s., ISBN 0824740637

NAGLA B.A.H., ABDALLA M.O.M., NOUR, A.A.A.M., 2009, Microbiological Quality of Heat-Treated Milk During Storage, *Pakistan Journal of Nutrition*,8 (12) : 1845-1848

RICHARDSON, P. *Thermal technologies in food processing*. Cambridge, England: Woodhead, 2001, xvi, 294 s., ISBN 0849312167

SAMKOVÁ, E. *Mléko: produkce a kvalita: Milk: production and quality* : vědecká monografie. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012, 240 s. ISBN 978-80-7394-383-7

SMET, K., BLOCK, J., CAMPENEERE, S., BRABANDER, D., HERMAN, L., RAES, K., DEWETTINCK, K., COUDIJZER, K., 2009, Oxidative stability of UHT milk as influenced by fatty acid composition And packaging, *International Dairy Journal* 19 (2009) : 372-379

ŠUSTOVÁ, K., SÝKORA, V. *Mlékárenské technologie*. Vyd. 1. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2013, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5

TOPÇU, A., NUMANOĞLU, E., SALDAMH, I., 2006, Proteolysis and storage stability of UHT milk produced in Turkey, *International Dairy Journal* 16: 633-638

WALSTRA, P., WOUTERS, J.T., GEURTS, T., 2006. *Dairy science and technology*. Vyd. 2. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 782 s., ISBN 0824727630

## **6 INTERNETOVÉ ODKAZY**

ANONYM, 2009. Vliv barvy kartonových obalů na vznik pachutě UHT mléka. Dostupné na : <http://www.bezpecnostpotravin.cz/vliv-barvy-kartonovych-obalu-na-vznik-pachute-uht-mleka.aspx>

ANONYM, 2009. Látkové změny mléka v důsledku procesů k prodloužení trvanlivosti. Dostupné na: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/latkove-zmeny-mleka-v-dusledku-procesu-k-prodlouzeni-trvanlivosti.aspx>

## **7 ZOZNAM OBRÁZKOV**

*Obrázok č. 1: Vplyv teploty na jednotlivé skupiny mikroorganizmov*

*Obrázok č. 2: Smrtiaci účinok krivky a čas/ teplota krivky pre ničenie niektorých enzýmov a mikroorganizmov*

*Obrázok č. 3: Schéma výroby pasterizovaného mlieka*

*Obrázok č.4: Požadované kombinácie času a teploty pre inaktiváciu niektorých mliečnych enzýmov*

*Obrázok č. 5: Schéma výroby UHT mlieka*

*Obrázok č.6: Strojová linka k výrobe trvanlivého mlieka uperizáciou*

*Obrázok č.7: Termicky podmienené parametre bežne pasterizovaného mlieka a ESL-mlieka vyrobeného rôznymi postupmi*

## **8 ZOZNAM TABULIEK**

*Tabuľka č. 1: Charakteristika skupín MO vyskytujúcich sa v surovom kravskom mlieku*

*Tabuľka č. 2: Hlavné kategórie tepelného ošetrovania v mliekarenskom priemysle*

*Tabuľka č. 3: Podmienky inaktivácie enzýmov*