

# **Aplikace sterilačního záhřevu u mléka a mléčných výrobků**

Radoslav Šenk

---

Bakalářská práce  
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Radoslav Šenk**  
Osobní číslo: **T18937**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Aplikace sterilačního záhřevu u mléka a mléčných výrobků**

### Zásady pro vypracování

1. Charakterizujte sterilační záhřev.
  2. Zaměřte se na použití sterilace u mléka a mléčných výrobků (např. tavené sýry).
  3. Popište změny, které probíhají vlivem sterilace mléčných výrobků.
-

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Lazárková, Z., Buňka, F., Buňková, L., Valášek, P., Kráčmar, S., Hrabě, J. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, 28, 3, s. 168 –176. ISSN 1805-9317
- [2] Lazárková, Z., Buňka, F., Buňková, L., Holáň, F., Kráčmar, S., Hrabě, J. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*, 2011, 34, s. 1860 –1878. ISSN 1745-4530
- [3] Bubelová, Z., Tremlová, B., Buňková, L., Pospiech, M., Vítová, E., Buňka, F. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52, 8, s. 4985 –4993. ISSN 0022-1155
- [4] Buňka, F., Štětina, J., Hrabě, J. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology*, 2008, 228, 2, s. 223 –229. ISSN 1438-2385
- [5] Lorenzen, P.C. a kol. A survey of the quality of extended shelf life (ESL) milk in relation to HTST and UHT milk. *International Journal of Dairy Technology*, 2011, 64, 2, s. 166 –178. ISSN 1471-0307

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. února 2021

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....

podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se věnuje aplikaci sterilačního záhřevu u mléka a mléčných výrobků. V první části je teoreticky popsán rozdíl v tepelných záhřevech a jejich dopad na inaktivaci mikroorganismů. Druhá část se věnuje možné mikrobiální kontaminaci mléka a mléčných výrobků a popisuje jednotlivé druhy tepelného záhřevu, včetně porovnání jejich výhod a nevýhod. Třetí část je věnována změnám mléka a mléčných výrobků v důsledku tepelného záhřevu. Jsou zde popisovány chemické a fyzikální změny bílkovin, tuků a sacharidů, z nichž nejvýznamnější jsou Maillardovy reakce. Dále změny obsahu vitaminů a v neposlední řadě i organoleptické změny typické pro tepelně ošetřené mléko a mléčné výrobky, jako je změna barvy a chuti.

Klíčová slova: mléko, mléčné výrobky, UHT mléko, Maillardovy reakce, sterilace, pasteurace

## **ABSTRACT**

This Bachelor thesis deals with an application of sterilization of milk and dairy products. The first part theoretically describes differences between thermal heating and their impact on inactivation of microorganisms. The second part is devoted to microbial contamination of milk and dairy products. It describes the various types of thermal heating, including a comparison of their advantages and disadvantages. The third part is dedicated to changes in milk and dairy products due to thermal heating. There are described chemical and physical changes of proteins, fats and carbohydrates, the most significant of which are the Maillard reactions. Furthermore, changes in vitamin content and, last but not least, organoleptic changes typical for heat-treated milk and dairy products (such as changes in color and taste) are mentioned.

Keywords: milk, dairy products, UHT milk, Maillard reaction, sterilization, pasteurization

Upřímně bych chtěl poděkovat Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za pomoc při vedení bakalářské práce, za její obrovskou trpělivost, věcné připomínky, cenné rady a čas, který mi obětovala po celou dobu zpracovávání bakalářské práce.

Mé poděkování patří také mojí rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>1 CHARAKTERISTIKA STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU .....</b>	<b>11</b>
1.1 KONZERVACE POTRAVIN ZÁHŘEVEM.....	11
1.2 VLIV ZÁHŘEVU NA MIKROORGANIZMY .....	12
1.2.1 Hodnota D .....	13
1.2.2 Termoinaktivační účinek sterilace .....	14
<b>2 POUŽITÍ STERILACE U MLÉKA A MLÉČNÝCH VÝROBKŮ .....</b>	<b>17</b>
2.1 MLÉKO .....	17
2.1.1 Základní složení mléka .....	17
2.1.2 Technologicky významné vlastnosti mléka .....	17
2.1.2.1 Kyselost.....	17
2.1.2.2 Termostabilita.....	17
2.1.3 Požadavky na mikrobiologickou jakost syrového mléka.....	18
2.1.3.1 Koliformní mikroorganismy.....	18
2.1.3.2 Psychrotrofní mikroorganismy.....	18
2.1.3.3 Termorezistentní a sporující mikroorganismy.....	19
2.1.3.4 Patogenní mikroorganismy v mléce.....	20
2.1.3.5 Kvasinky a plísně.....	20
2.2 TEPelné ošetření mléka.....	21
2.2.1 Pasterace mléka .....	21
2.2.1.1 Dlouhodobá pasterace.....	21
2.2.1.2 Šetrná pasterace.....	21
2.2.1.3 Vysoká pasterace.....	22
2.2.1.4 Pasterace smetany.....	22
2.2.1.5 Ultrapasterace.....	22
2.2.2 Pasterační zařízení.....	23
2.2.2.1 Diskontinuální pasterační zařízení.....	23
2.2.2.2 Desková pasterační zařízení.....	23
2.2.3 Sterilace mléka .....	26
2.2.3.1 Sterilace v obalu.....	27
2.2.3.2 UHT záhřev.....	27
2.2.3.3 Nepřímé UHT ošetření.....	28
2.2.3.4 Přímé UHT ošetření.....	28
2.2.3.5 Srovnání sterilačního ošetření mléka v obalu a UHT záhřevu.....	30
<b>3 ZMĚNY PROBÍHAJÍCÍ VLIVEM STERILACE MLEČNÝCH VÝROBKŮ .....</b>	<b>32</b>
3.1 CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ ZMĚNY V DŮSLEDKU UHT OŠETŘENÍ.....	32
3.1.1 Bílkoviny.....	32
3.1.2 Lipidy .....	34

3.1.3	Sacharidy .....	35
3.1.4	Vitaminy a minerální látky.....	36
3.2	ORGANOLEPTICKÉ ZMĚNY V DŮSLEDKU APLIKACE TEPelnÉHO ZÁHŘEVU MLÉKA.....	37
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>44</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>45</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>46</b>



## ÚVOD

O významu mléka dobře věděli již naši předci. Již v roce 1541 švýcarský lékař Conrad Gessner napsal nejstarší odbornou knihu o mléce, kterou nazval „Knižka o mléku a mléčných výrobcích“ a uvádí v ní například, že „... mléko je mateřská šťáva, kterou je podle definic živěn lidský tvor. Lékaři o něm říkají, že je blahodárnou a užitečnou výživou nebo lépe řečeno přesně připravenou potravinou“. Světová organizace pro zemědělství a výživu (FAO) doporučuje konzumaci alespoň tří mléčných porcí denně [1].

Mléko lze právem považovat za funkční potravinu. Tvoří se v mléčné žláze samic savců, včetně člověka a je základní podmínkou přežití v raných obdobích života. Člověk je schopen na rozdíl od jiných savců trávit mléko i v dospělosti. Mléko a mléčné výrobky jsou důležitou součástí jídelníčku obyvatel Evropy a Severní Ameriky, kde představují pokrytí 20–30 % bílkovin stravy, cca 15 % lipidů a asi 80 % vápníku z potravy [2, 3].

Tepelně neošetřené mléko může být zdrojem mnoha infekcí. V letech 2007–2013 souviselo 27 epidemií v EU s konzumací syrového mléka. Většina byla způsobena bakteriemi rodu *Campylobacter* (21), jedna byla způsobena bakteriemi rodu *Salmonella*, dvě STEC (Shiga toxin-producing *Escherichia coli*) a tři virem klíšťové encefalitidy. Většinu epidemií způsobilo syrové kravské mléko, několik jich bylo způsobeno syrovým kozím mlékem [4].

Zabezpečení zdravotní nezávadnosti potravin je v dnešní době jedním z nejdůležitějších úkolů výrobců potravin a je-li zvoleno vhodné tepelné ošetření, potom si mléko a mléčné výrobky zachovávají odpovídající kvalitu. Snížení obsahu vitamínů, změna rozpustnosti vápníku a organoleptické změny v důsledku aplikace tepelného záhřevu u mléka a mléčných výrobků lze považovat za akceptovatelné, s přihlédnutím k pozitivním účinkům tohoto ošetření, mezi něž například patří zvýšení oxidační stability mléka, zvýšení trvanlivosti a zabezpečení jeho zdravotní nezávadnosti [5].

O mléce koluje mezi lidmi i na internetu spousta mýtů a hoaxů, které se nezakládají na pravdě. Mezi nejzajímavější patří například to, že čerstvé mléko je zdravější než trvanlivé, a že trvanlivé mléko navíc neobsahuje žádné vitamíny a minerály. Dalším rozšířeným mýtem je, že trvanlivé mléko obsahuje konzervanty, tzv. „éčka“. Posledním zde uváděným je mýtus o „recyklovaném“ mléce, ve kterém se tvrdí, že nespotřebované mléko v obalech tetrapak se znovu pasteruje a uvádí zpět do prodeje, a to i pětkrát [3, 6].

V této bakalářské práci, rozdělené na tři hlavní kapitoly, je první část věnována obecnému popisu tepelného záhřevu u potravin a jeho dopadu na mikroorganismy. V části druhé jsou

vyjmenovány jednotlivé skupiny mikroorganismů, které se v mléce nejčastěji vyskytují a dále jsou zde popsány základní druhy tepelného ošetření mléka. V třetí části je uveden základní výčet změn, které v důsledku aplikace vysokých teplot v mléce a mléčných výrobcích mohou vznikat.

## 1 CHARAKTERISTIKA STERILAČNÍHO ZÁHŘEVU

Sterilace potravin je metoda, při níž se vytvořením extrémních podmínek usmrtí většina mikroorganismů, které by mohly vyvolávat kažení nebo onemocnění z potravin. V užším smyslu slova se za sterilaci považuje ošetření vysokou teplotou, v širším smyslu slova se termín sterilace může použít i pro aplikaci např. vysokého tlaku, ultrazvuku, ozařování a kombinace metod.

Při sterilizaci používané ve zdravotnictví jsou vytvořeny pro mikroorganismy zcela drastické podmínky, při nichž dochází k jejich 100% usmrcení. V potravinářství jsou voleny při sterilaci šetrnější postupy, které zničí většinu škodlivých mikroorganismů, ale co možná nejméně zhorší sensorické a výživové vlastnosti potravin. Postupy sterilace u jednotlivých druhů potravin se liší v závislosti na obvyklém výskytu určitých druhů mikroorganismů a na vlastnostech potravin. Úspěšnost sterilace závisí nejen na sterilačních podmínkách, ale i na výchozí mikrobiální kontaminaci [7].

### 1.1 Konzervace potravin záhřevem

Záhřev potravin na teploty způsobující denaturaci bílkovin (záhřev na teplotu vyšší než cca 55 °C) vede k inaktivaci mikroorganismů. Záhřevem jsou také inaktivovány nežádoucí enzymy, které mohou negativně ovlivnit vlastnosti produktu, a také mikrobiální toxiny. Z významných toxinů se jedná převážně o botulotoxin, který se varem rozkládá. Potřebné zahřátí sterilované potravin urychluje nejen žádoucí účinky koagulační reakce, ale i nežádoucí nemikrobní a neenzymové procesy (autooxidace lipidů, Maillardovy reakce neenzymového hnědnutí), které v nezahřátých potravinách probíhají jen velice zvolna. Koagulační teplota by měla být co možná nejvyšší, ale aplikovaná tak, aby zbytečně neškodila [8].

Pokud teplota při záhřevu překročí teplotní maximum mikroflóry, která zde může žít, přestávají mikroorganismy prospívat a se zvyšující se teplotou a při prodlužujícím se záhřevu postupně hynou. Nejdříve hynou vegetativní stádia a posléze i spory [8, 9].

Pasterace je tepelné ošetření potravin vedoucí k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů. Obvykle se používají teploty do 100 °C. Ovocné šťávy s vysokou kyselostí mohou být pasterovány při teplotách okolo 65 °C, naproti tomu je u mléka možno využít pro prodloužení trvanlivosti ultrapasteraci, při teplotách okolo 130 °C. Pro inaktivaci bakteriálních spor obvykle účinek pasterace není dostatečný, a takto tepelně zpracované

potraviny mají omezenou trvanlivost. V běžném životě s pasteračním účinkem u řady potravin vystačíme, zejména pokud je kombinován s dalším vhodným konzervačním zákrokem nebo opatřením [8, 9, 10, 11].

Sterilizace je tepelné ošetření potravin obvykle při použití teplot vyšších než 100°C. Působí inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů a většiny bakteriálních spor. Málo kyselé potraviny o pH vyšším než 4,0, které jsou určeny ke skladování za normální teploty, se sterilují při teplotách nad 121,1 °C, protože kromě vegetativních buněk musí být inaktivovány také bakteriální spory. U silně kyselých potravin jsou dostačující teploty do 100 °C, neboť jsou při nich usmrceny všechny mikroorganismy, jež by se mohly v těchto potravinách rozvíjet. Sterilizační teplota, doba jejího dosažení, trvání a poklesu tvoří dohromady tzv. sterilizační režim [8, 9, 10].

Absolutní sterilita produktu je dosaženo inaktivací všech jedinců a všech forem přítomných mikroorganismů. Takovýto zákrok je označován jako sterilizace. Pro většinu potravin absolutní sterilita není nutná [8].

Snížení mikrobiální kontaminace produktu na úroveň, která zaručuje jeho zdravotní nezávadnost a stabilitu po dobu očekávané trvanlivosti, označujeme jako praktickou sterilitu. Produkt není sterilní, ale přítomné mikroorganismy jsou v takovém počtu, složení, respektive formě, která neohroží produkt [8].

## 1.2 Vliv záhřevu na mikroorganismy

K inaktivaci buněk dochází po dosažení inaktivační teploty, která vede k přerušení vitálních funkcí. Inaktivační teplota pro devitalizaci spor je vyšší než pro vegetativní formy, což vyplývá z povahy spor jako formy mikroorganismů, která se vyznačuje vysokou odolností k nepříznivým podmínkám, především k vysokým teplotám a jedům [8, 10].

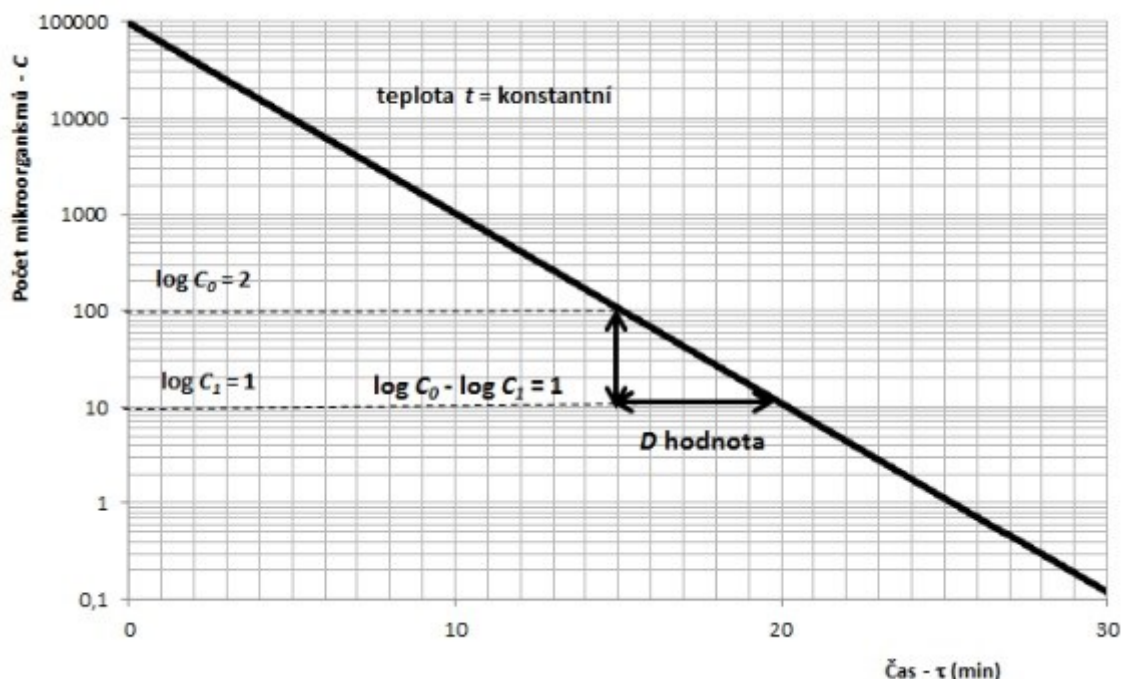
Cílem termosterilizačního zákroku je omezení možnosti znehodnocení konzervy na předem stanovenou mez. Volba zákroku potřebného pro požadovaný účinek pak závisí zejména na těchto parametrech:

- kontaminující mikroorganismus,
- potravina, zejména její kyselost a aktivita vody,
- počáteční koncentrace kontaminujícího mikroorganismu,
- obal – typ a objem.

Potraviny mohou být kontaminovány širokým spektrem mikroorganismů (plísňe, kvasinky, bakterie, viry), kdy jednotlivé skupiny, rody i formy jsou různě citlivé na účinky záhřevu. Konzervační zákrok se navrhuje podle účinků na mikroorganismy specificky škodlivé v dané potravine. Dále účinek termoinaktivace mikroorganismů ovlivňuje složení potravin, pH, aktivita vody a obsah složek s antimikrobiálním účinkem. Při hodnotách pH pod 4,0 se jako možné kontaminanty uplatňují jen vegetativní buňky. Spory případně přítomných patogenů v kyselém prostředí neklíčí, jejich inaktivace tedy není nutná. Se snižováním pH obecně vzrůstá účinnost záhřevu, příslušné hodnoty se zkracují s poklesem pH. S klesající aktivitou vody klesá i aktivita přítomných organismů, na druhou stranu roste jejich odolnost vůči zvýšeným teplotám [8, 12].

### 1.2.1 Hodnota D

Významným parametrem termosterilace je hodnota D (decimal reduction time), což je doba potřebná k tomu, aby použitá (konstantní) teplota snížila četnost živých mikroorganismů obsažených v zahříváné potravine právě o jeden řád (tj. na 1/10 neboli o 90 %) – (Obr. 1).

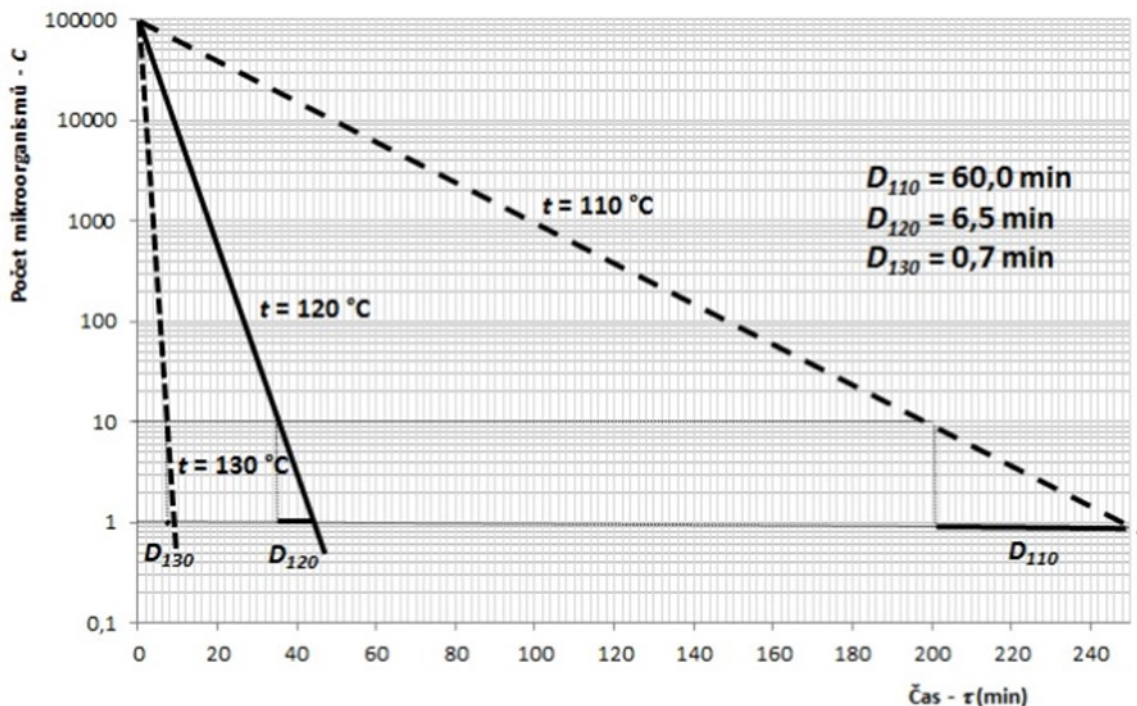


Obr. 1. Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba pro konstantní teplotu [8].

Hodnota D má vztah k výchozí koncentraci mikroorganismů v použité surovině a k účinnosti sterilačních zákroků. Obecným požadavkem je, aby vstupní četnost mikroorganismů v surovině byla co nejnižší. Rychlost usmrcování mikroorganismů klesá

s poklesem jejich četnosti. Inaktivace malých zbytků mikroorganismů je mnohem zdoluhavější než na počátku sterilace.

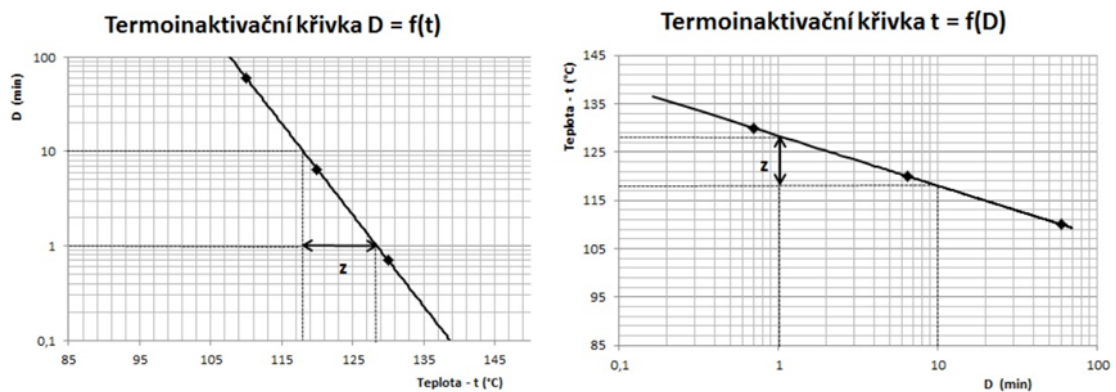
Decimální redukční doba  $D$  závisí na teplotě zahřívání. S rostoucí teplotou záhřevu decimální redukční doba  $D$  klesá (Obr. 2.). S rostoucí teplotou záhřevu se zrychluje úbytek mikroorganismů a decimální redukční doba  $D$  potřebná na snížení počátečního počtu mikroorganismů o jeden řád se zkracuje. Hodnoty  $D$  jsou používány k posouzení termorezistence jednotlivých mikroorganismů [9].



Obr. 2. Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba  $D$  pro různé teploty [8].

### 1.2.2 Termoinaktivační účinek sterilace

Pro jednotlivé významné mikroorganismy byly decimální redukční doby  $D$  v závislosti na teplotě zjištěny empiricky. Tzv.  $D$ - $t$  termoinaktivační křivky (čáry) mohou být podle zdroje uváděny buď jako závislost teploty na decimální redukční době  $t = f(D)$ , nebo jako závislost decimální redukční doby na teplotě záhřevu  $D = f(t)$ . Na obrázku (Obr. 3.) je grafické znázornění termoinaktivačních křivek, na nichž je vyznačena teplotní citlivost  $z$  ( $^\circ\text{C}$ ). Teplotní citlivost  $z$  je definována jako změna teploty, která způsobí, že decimální redukční doba  $D$  se změní desetkrát při vynesení  $D$ - $t$  čáry ve formě závislosti  $t = f(D)$ .



Obr. 3. Termoinaktivační křivky [8].

Obvykle nejsou termoinaktivační křivky uváděny formou grafu, ale pro jednotlivé mikroorganismy jsou tabelovány hodnoty decimální redukční doby  $D$  při určité referenční teplotě a hodnoty teplotní citlivosti  $z$  (Tab. 1). Podobně jsou popsány a tabelovány také průběhy destrukce enzymů, složek potravin, či dosažení optimální konzistence [8].

Tab. 1. Hodnoty  $D$  a  $z$  pro vybrané mikroorganismy [8].

	$D$ (min)	$t$ (°C)	$z$ (°C)
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4,0–5,0	121,1	7,8–12,0
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3,0–4,0	121,1	9,0–12,0
<i>Clostridium botulinum A a B</i>	0,1–0,2	121,1	8,0–10,0
<i>Clostridium sporogenes</i>	0,1–1,5	121,1	8,0–10,0
<i>Bacillus coagulans</i>	0,01–0,07	121,1	8,0–10,0
<i>Bacillus subtilis</i>	0,5–0,8	121,1	7,8–12,2
<i>Bacillus polymyxa</i>	0,1–0,5	100,0	7,0–9,0
rod <i>Lactobacillus a Leuconostoc</i>	0,5–1,0	66,0	4,0–6,0
Vegetativní bakterie, kvasinky a plísňe	0,5–3,0	65,5	4,4–6,7
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,2–2,0	65,5	4,4–6,7
rod <i>Salmonella</i>	0,02–0,25	65,5	4,4–5,5
Peroxidasy	3,0	121,1	37,2
Thiamin	158–247	121,1	25,0–27,0
Karotenoidy	0,038	60,0	18,9
Chlorofyl a	13,0–34,1	121,1	45,0–51,0

Termoinaktivační (smrtivý, letální) účinek zvoleného sterilizačního procesu se vyjadřuje hodnotou  $F$ . Hodnota 1  $F$  vyjadřuje smrtivý účinek teploty 121,1 °C (250 °F), která působí právě 1 minutu. Výpočet požadovaného inaktivačního účinku záhřevu kontaminované potravin mikroorganismem, jehož decimální redukční doba je  $D$  a teplotní citlivosti  $z$ , lze provést za předpokladu, že je koncentrace vitálních mikroorganismů v potravine před

záhřevem  $C_0$  a že požadujeme její snížení záhřevem na  $C_1$ . Inaktivační účinek  $F_S$  lze vypočítat podle vzorce:

$$F_S = D * \log_{10} \left( \frac{C_0}{C_1} \right)$$

Poměr počáteční a konečné koncentrace mikroorganismů vyjadřuje, „kolikrát se má snížit koncentrace záhřevem“ a dekadický logaritmus pak o „kolik řádů“. Požadovaná míra snížení se volí podle mikrobiologických rozborů, podle odhadu míry zmnožení před záhřevem, nebo podle stupně jistoty, který chce výrobce dosáhnout. V případě výpočtu na mikroorganismus *Clostridium botulinum* se vždy pracuje se snížením o 12 řádů [8, 9].



## 2 POUŽITÍ STERILACE U MLÉKA A MLÉČNÝCH VÝROBKŮ

### 2.1 Mléko

Mléko je sekret mléčné žlázy savců. Tvoří se v sekrečním parenchymu. Je určeno k prvotní výživě mláďat. Jedná se tedy o komplexní biologickou tekutinu obsahující všechny nutričně významné látky. Ve výživě člověka je významné především jako zdroj vápníku. Pro lidskou výživu a průmyslové zpracování je nejčastěji používané mléko kravské (celosvětově asi 85 %), dále pak v mnohem menší míře mléko buvolí, kozí, ovčí [13, 14].

#### 2.1.1 Základní složení mléka

Mléko je z fyzikálně-chemického hlediska disperzní systém. Skládá se ze dvou částí – z vody a malých částic, které jsou v tomto prostředí rozptýleny. Kravské mléko obsahuje v průměru 87–88 % vody a 12–13 % sušiny. Sušina se skládá převážně z tuku (4 %), bílkovin (3,2 %), laktózy (4,6 %) a v menší míře minerálních solí. Ostatní složky jsou obsaženy jen v nepatrném množství [13, 14].

#### 2.1.2 Technologicky významné vlastnosti mléka

##### 2.1.2.1 Kyselost

Kyselost patří k nejdůležitějším technologickým ukazatelům vlastností mléka. Produkce kyselin je hlavním projevem rozvoje velké části kontaminujících mikroorganismů. U čerstvého mléka se pH pohybuje v rozmezí 6,4–6,8 [13, 14].

##### 2.1.2.2 Termostabilita

Jedná se o schopnost mléka zachovat si původní koloidní vlastnosti při působení vysokých teplot. Vyjadřuje čas potřebný k dosažení počátku koagulace při určité teplotě (nejčastěji 120 nebo 140 °C podle předpokládaného tepelného ošetření). Při těchto podmínkách nenastává denaturace kaseinu, ale kombinací účinků  $\text{Ca}^{2+}$  a chemických reakcí mezi funkčními skupinami aminokyselin agregují kaseinové micely. Termostabilita mléka je závislá na celé řadě faktorů, které ovlivňují koloidní stabilitu kaseinu, z nichž nejdůležitějším je aktivní kyselost mléka. Optimální termostability dosahuje mléko v rozmezí hodnot pH 6,5–6,6. Pod touto hodnotou termostabilita prudce klesá a při hodnotě pH pod 6,2 mléko koaguluje již při 70–80 °C. Mléko s dobrou termostabilitou koaguluje při 140 °C po více než 20 minutách [13, 15].

### 2.1.3 Požadavky na mikrobiologickou jakost syrového mléka

Mikrobiální čistota je nejvýznamnějším požadavkem na kvalitu syrového mléka. Má vliv na trvanlivost i na technologické vlastnosti suroviny. Mléko získané asepticky ze zdravé mléčné žlázy není sterilní, ale obsahuje malé množství mikroorganismů. Obsah bakterií v čerstvém mléce se významně zvyšuje při zánětech vemene – mastitidách. V mléce se vyskytují také mikroorganismy, které pocházejí z prostředí. Zdrojem kontaminace mléka v prvovýrobě jsou krmivo, podestýlka, výkaly a voda.

Při hodnocení mikrobiální kvality mléka jsou mimo celkového počtu mezofilních mikroorganismů dále hodnoceny koliformní, psychrotrofní a termorezistentní a sporulující mikroorganismy.

Celkový počet mikroorganismů v čerstvém mléce by neměl překročit 100 000 CFU/ml. [5, 14]

#### 2.1.3.1 Koliformní mikroorganismy

Jedná se o gramnegativní fakultativně anaerobní tyčinky náležící do čeledi *Enterobacteriaceae*, které jsou schopny fermentovat laktózu za vzniku kyselin a plynu. Nejčastějšími zástupci v mléce jsou rody *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Citrobacter* a *Serratia*. Koliformní bakterie se přirozeně vyskytují v gastrointestinálním traktu teplokrevných živočichů. Řada koliformních bakterií je schopna přežít v zevním prostředí, kde se rychle rozmnožují ve vlhkém prostředí, v reziduální vodě nebo ve zbytcích mléka v dojícím zařízení a jsou zdrojem kontaminace. Jsou tedy spíše indikátory nedostatečné hygieny získávání mléka a jeho případné fekální kontaminace.

Z technologického hlediska koliformní bakterie nepřežívají pasterační zákroky. Pokud se vyskytují v tepelně ošetřeném mléce nebo výrobcích z něj, jedná se o sekundární kontaminaci. Pokud jsou tyto bakterie v mléce ve vyšších počtech, mohou způsobovat vady mléka či mléčných výrobků (časné duření sýrů, slizovatění, nežádoucí chuť a vůně) [5, 13, 14].

#### 2.1.3.2 Psychrotrofní mikroorganismy

Psychrotrofní bakterie jsou častými kontaminanty potravin. Teplotní optimum růstu se většinou pohybuje v rozmezí 20–30 °C (optimum pro mezofilní mikroorganismy), jsou však schopny růstu i při teplotách nižších než 8 °C.

Psychrotrofní bakterie se do mléka nejčastěji dostávají během dojení z nedostatečně vyčištěného dojícího zařízení. Dalším zdrojem kontaminace mohou být dojnice, voda, krmivo a půda. Z mléka jsou nejčastěji izolovány gramnegativní bakterie rodů *Pseudomonas* (*P. fluorescens*, *P. fragi*, *P. putida*, *P. aeruginosa*), *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Psychrobacter*, *Alcaligenes*, *Achromobacter* nebo *Shewanella*. Méně jsou zastoupeny grampozitivní psychrotrofní bakterie rodu *Bacillus* (*B. coagulans*, *B. cereus*, *B. circulans*, *B. subtilis*).

Až na výjimky (sporulující bacily) jsou psychrotrofní bakterie termolabilní. Pokud se vyskytují v tepelně ošetřeném mléce nebo výrobcích z něj, jedná se o postpasterační kontaminaci.

Z technologického hlediska má přítomnost psychrotrofních bakterií v mléce negativní význam, protože tyto bakterie jsou producenty extracelulárních termostabilních enzymů, především proteáz a lipáz, které zhoršují technologické vlastnosti mléka (např. termostabilitu) a dále jsou zodpovědné za kažení mléka, případně tepelně ošetřených mléčných výrobků [5, 13, 16].

### **2.1.3.3 Termorezistentní a sporulující mikroorganismy**

Termorezistentní bakterie tvoří další významnou skupinu v mléce. Jsou to mikroorganismy, které přežívají pasterační teploty. Zdrojem termorezistentních mikroorganismů bývá nejčastěji dojící zařízení, krmivo a struky znečištěné podestýlkou nebo výkaly. Mezi termorezistentní bakterie se řadí především termofilní a sporulující bakterie, jejichž spory jsou odolné vůči zvýšeným teplotám. Dále sem lze zařadit i zástupce některých grampozitivních rodů, např. *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Enterococcus* nebo kmeny koryneformních bakterií. Při pomnožení mohou způsobit rozklad tepelně ošetřeného mléka nebo výrobků z něj vyrobených a vznik nežádoucích organolepticky aktivních látek.

Největší skupinu z termorezistentních mikroorganismů, které mohou způsobovat kažení mléka, tvoří aerobní sporulující bakterie. Řadí se sem především druhy rodu *Bacillus* (*B. cereus*, *B. subtilis*, *B. coagulans*, *B. licheniformis*), dále např. druhy *Geobacillus stearothermophilus* nebo *Paenibacillus macerans*. *B. cereus* je zodpovědný za tzv. „sladké srážení mléka“ a může rovněž způsobovat i srážení smetany.

Další skupinou jsou anaerobní sporulující bakterie, z nichž pro další zpracování mléka jsou nejvýznamnější druhy rodu *Clostridium* (*C. tyrobutyricum*, *C. butyricum*, *C. sporogenes*). Do syrového mléka se klostridia nejčastěji dostávají při zkrmování nekvalitní siláží. Tyto

bakterie jsou schopny přeměňovat kyselinu pyrohroznovou na kyselinu máselnou za současné produkce vodíku (případně oxidu uhličitého) a kyseliny octové (tzv. máselné kvašení) a způsobovat tzv. pozdní duření sýrů [5, 13, 14].

#### 2.1.3.4 Patogenní mikroorganismy v mléce

V syrovém mléce se může vyskytovat celá řada mikroorganismů, které mohou být pro člověka patogenní. Jejich rozmnožování závisí na teplotě mléka a na přítomnosti kompetitivní mikroflóry. Optimální růstová teplota pro tyto organizmy se většinou pohybuje v rozmezí 30–37 °C. Při uchovávání mléka při chladírenských teplotách je jejich růst inhibován. Do mléka se dostávají buď přímo z mléčné žlázy (streptokoky, stafylokoky) nebo z vnějších zdrojů (salmonely, *E. coli*, *Campylobacter*).

Mezi nejzávažnější patogeny patří *Mycobacterium bovis*, *M. tuberculosis*, *Brucella abortus*, *B. melitensis*, které mohou být vylučovány mlékem nemocných zvířat. Vzácný výskyt tuberkulózy a brucelózy je u nás výsledkem jejich eradikace a zavedením účinné pasterace. Přesto nelze zcela vyloučit infekci lidí při konzumaci syrového mléka. Mykobakterie a brucelózy se v mléce nepomnožují.

Kromě bakterií mohou onemocnění člověka po požití mléka způsobovat také viry.

Klíšťová encefalitida je virové onemocnění s přírodní ohniskovostí. Rezervoárem viru jsou drobní hlodavci, ptáci a klíšťata. Zvířata (krávy, kozy, ovce) jsou infikována klíšťaty na pastvě. Při nakažení virus po 2–6 dnech cirkulace v krvi přechází do mléka. Člověk se může nakazit konzumací tepelně neošetřeného mléka.

Virus hepatitidy A se do mléka dostává sekundární kontaminací. Zdrojem infekce ve většině případů bývá nakažený člověk. Virus se přenáší hlavně nečistýma rukama, zdrojem kontaminace mléka však může být také voda. Virus hepatitidy A je odolný vůči pasteračním teplotám. Člověk se může nakazit konzumací syrového i pasterovaného mléka [5, 14].

#### 2.1.3.5 Kvasinky a plísně

Hlavním zdrojem kvasinek a plísní v syrovém mléce bývá nejčastěji kontaminované dojící zařízení. Pasterační teploty zpravidla dostačují k devitalizaci těchto mikroorganismů. Častěji, než ze syrového mléka bývají kvasinky a plísně izolovány z mléčných výrobků, kde mohou způsobovat nežádoucí sensorické změny [16].

## 2.2 Tepelné ošetření mléka

Tepelné ošetření patří k základním ošetřením mléka. Je jím sledováno především:

- Zabezpečení zdravotní nezávadnosti spočívající v inaktivaci patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů, případně zničení ostatní technologicky nežádoucí mikroflóry
- Deaktivace přítomných enzymů
- Standardizace podmínek při výrobě mléčných výrobků
- Prodloužení trvanlivosti mléka

U mléka se nejčastěji používá pasterace a sterilace [17].

### 2.2.1 Pasterace mléka

Pasterací obecně rozumíme tepelný zákrok, při kterém jsou redukovány vegetativní formy mikroorganismů. Pasterační efekt PE (%) se vypočítá jako podíl snížení počtu mikroorganismů k počtu mikroorganismů v mléce po pasteraci:

$$PE = \frac{CPM_0 - CPM_P}{CPM_0} * 100$$

$CPM_0$  – počet mikroorganismů před pasteračním záhřevem

$CPM_P$  – počet mikroorganismů po tepelném záhřevu [17].

Podmínky pasterace mléka jsou voleny podle mikrobiální kvality vstupní suroviny. Kvalitní surovina umožňuje využití šetrné pasterace. Při použití vysoké pasterace se již v mléce objevuje mírně vařivá příchut' (ta však spotřebitelem nemusí být vnímána negativně) [13].

#### 2.2.1.1 Dlouhodobá pasterace

Jedná se o aplikaci nízké teploty po dlouhý čas (LTLT – low temperature, long time), obvykle 63–65 °C po dobu 30 minut. Provádí se v diskontinuálním uspořádání při pasteračním efektu  $PE \approx 95\text{--}99\%$ , dochází k inaktivaci alkalické fosfatázy. Používá se výjimečně, zejména v malých (domácích, farmářských) provozech [5, 17].

#### 2.2.1.2 Šetrná pasterace

Jedná se o aplikaci vysoké teploty po krátkou dobu (HTST – high temperature, short time), obvykle 72–75 °C po dobu 15–20 sekund. Provádí se na kontinuální lince, s pasteračním

efektem PE  $\approx 99,9$  %. Používá se pro výrobu polotvrdých a tvrdých sýrů, v některých zemích i pro výrobu konzumního mléka. Šetrná pasteurace způsobuje minimální rozsah změn, dochází při ní k inaktivaci alkalické fosfatázy, přičemž laktoperoxidáza zůstává aktivní a minimální je i inaktivace dalších enzymů. Dále dochází k denaturaci asi 15 % sérových bílkovin a minimálnímu přechodu ionizovaných forem vápníku na nerozpustné formy. Sensorické a technologické vlastnosti jsou při ní ovlivněny minimálně [17].

### **2.2.1.3 Vysoká pasteurace**

Obvykle se aplikují teploty 85 °C a vyšší po dobu několika (desítek) sekund. Provádí se na kontinuální lince, s pasterační efektem PE  $\approx 99,99$  %. Vysoká pasteurace působí velký rozsah změn. Dochází při ní k inaktivaci alkalické fosfatázy, laktoperoxidázy, i mnoha dalších enzymů, včetně řady termorezistentních. Dále dochází k denaturaci asi 50 % sérových bílkovin a značný je přechod ionizovaného vápníku na nerozpustné formy. Sensorické a technologické vlastnosti jsou značně ovlivněny, může vznikat vařivá příchut'.

U některých výrobků (kysané mléčné výrobky) mohou být použity teploty 90–100 °C s výdrží několika minut, například z důvodu žádoucí denaturace sérových bílkovin [17].

### **2.2.1.4 Pasteurace smetany**

Smetana je pasterována při teplotách nad 90 °C po dobu několika desítek sekund. Důvodem pro aplikaci vyšší teploty ve srovnání s mlékem je především vyšší kumulace mikroorganismů na povrchu tukových kuliček a horší prostup tepla. Žádoucí je rovněž inaktivace lipáz a tvorba volných tiolových (-SH) skupin, které působí proti autooxidaci tuku. Vzhledem k větší reaktivitě SH skupin lipoproteinů z membrán tukových kuliček existuje vyšší riziko vzniku vařivé příchuti [13, 17].

### **2.2.1.5 Ultrapasteurace**

Nejčastěji jsou používány teploty 125–145 °C po dobu 0,3–4 sekundy (záhřev pod hranicí UHT ošetření). Provádí se ve stejných zařízeních jako UHT záhřev. Součástí výroby je i mikrofiltrace, při které se snižuje počet mikroorganismů o 3–5 řádů. Výhodou je prodloužení trvanlivosti na 20–40 dnů v chladu, při minimálních sensorických změnách (ESL mléko – Extended Shelf Life milk) [18, 19].

Všechny výše uváděné teploty, spolu s dobou jejich výdrže jsou pouze orientační a v praxi je využívána celá řada kombinací těchto parametrů pro dosažení předepsané inaktivace mikroorganismů při zachování požadovaných vlastností mléka [15, 17].

### 2.2.2 Pasterační zařízení

Pasterace mléka a smetany může být prováděna ve třech typech zařízení:

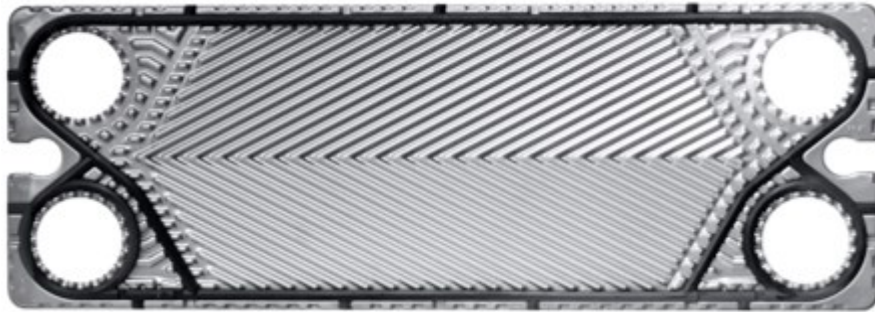
- Diskontinuální (šaržové, kotlové) pastery
- Desková pasterační zařízení
- Trubková pasterační zařízení [5].

#### 2.2.2.1 *Diskontinuální pasterační zařízení*

Diskontinuální pasterace se provádí v pasteračních kotlích, které jsou vyrobeny z nerezové oceli. Kotle jsou dvouplášťové a prostor mezi pláští je naplněn vodou. Tepelná energie je přenášena přímo přes vnitřní plášť kotle. Kotle bývají multifunkční a běžně se v nich provádí pasterace a následné zchlazení na teplotu vhodnou například k sýření mléka. Používá se výjimečně, spíše v malých výrobnách [17, 20].

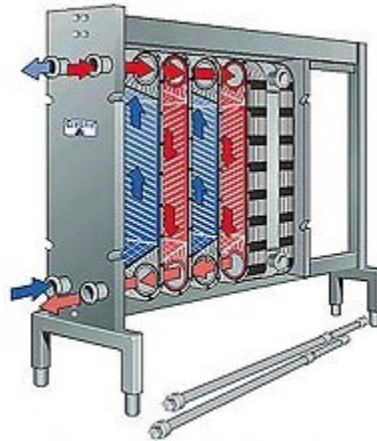
#### 2.2.2.2 *Desková pasterační zařízení*

Základním prvkem deskového pasteru je teplosměnná deska z nerezového plechu. Teplosměnné desky jsou zvrásněny, aby bylo zabezpečeno turbulentní proudění kapalin, které urychluje přestup tepla a zabezpečuje dokonalé prohřátí celé vrstvy kapaliny (Obr. 4.). Aby se zpomalila tvorba mléčného a vodního kamene, a bylo usnadněno čištění, musí být celý povrch teplosměnné desky vyleštěný a hladký. Jednotlivé desky jsou zavěšeny na vodicích tyčích a pomocí stahovacích šroubů přitlačeny k sobě. Jednotlivé desky se vzájemně nedotýkají, spojeny jsou pomocí gumových těsnění a prostor mezi jednotlivými deskami má konstantní šířku. Po jedné straně teplosměnné desky vždy prochází zahřívána kapalina a po druhé kapalina ohřívací (Obr. 5.). Přítoky mezi desky jsou zabezpečeny otvory v rozích desek.



Obr. 4. Teplosměnná deska pasteru [21].

Kapalina neprotéká postupně všemi kanály, ale rozdělí se do několika paralelních kanálů tvořících jeden tah. Po průchodu paralelními kanály se kapalina spojí a v dalším tahu se opět rozdělí do dalších paralelních kanálů. Několik tahů zapojených za sebou tvoří sekci. V jednotlivých sekcích se uplatňuje souprůdný i protiprůdný tok [2, 5].



Obr. 5. Schéma řazení teplosměnných desek v deskovém pasteračním zařízení [22].

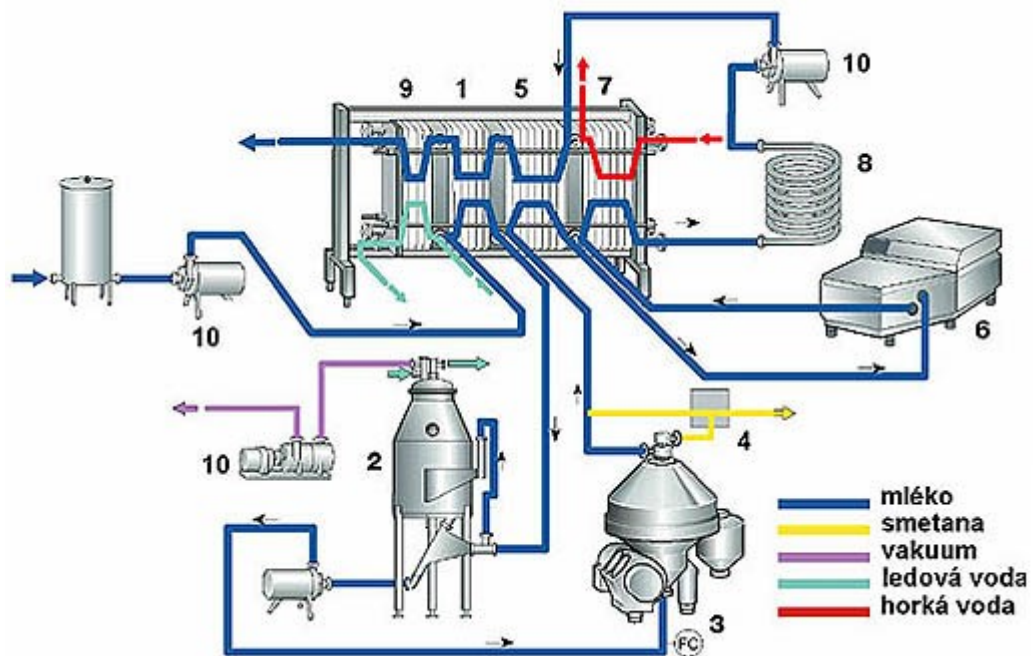
Deskové pasterační zařízení má většinou následující sekce:

- První a druhou regenerační sekci
- Vlastní pasterační sekci (termosekce)
- Výdržník
- Chladicí sekci

Mléko se ze zásobníku přečerpá do první regenerační sekce. Zde je přehřáto na 40–60 °C. Ohřívací kapalinou je pasterované mléko, které část svého tepla předá mléku, které teprve pasterováno bude. Ohřáté mléko z první regenerační fáze zpravidla odchází na odstředivku, případně na jiná mlékárenská ošetření. Do druhé regenerační sekce vstupuje již odstředěné mléko s upravenou tučností. Zde je přehřáto na teploty nad 60 °C. Ohřívací kapalinou je



opět pasterované mléko, které vystupuje z výdržníku. Z druhé regenerační sekce mléko vstupuje do termosekce, kde je zahřáto na pasterační teplotu. Ohřívacím médiem je zde horká voda. Mléko zahřáté na pasterační teplotu vstupuje do výdržníku. Zde proudí po dobu, která je potřebná k dosažení odpovídajícího pasteračního efektu. Z výdržníku mléko proudí přes druhou regenerační sekci, kde předá část svého tepla mléku proudícího do termosekce. Z druhé regenerační sekce mléko přechází do první regenerační sekce, kde předehřeje mléko proudící ze zásobníku tím, že mu předá část svého tepla, čímž se samo částečně ochladí. Následně mléko proudí do chladicí sekce, kde je chladícím médiem ledová voda (Obr. 6.).



1. první regenerační sekce, 2. odvětrání, 3. odstředivka, 4. úprava tučnosti, 5. druhá regenerační sekce, 6. homogenizace, 7. vlastní pasterace, 8. výdržník tepla, 9. chladicí sekce, 10. čerpadlo a vývěva

Obr. 6. Schéma pasterační stanice [22].

Regenerační sekce mají za úkol úsporu energie a s tím spojené snížení výrobních nákladů. Účinnost regenerace  $R$  může být vypočtena podle vzorce:

$$R = \frac{(T_r - T_i)}{T_p - T_i} * 100$$

kde  $T_r$  je teplota mléka po druhé regeneraci ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_i$  je teplota mléka vstupujícího do první regenerace ( $^{\circ}\text{C}$ ) a  $T_p$  je pasterační teplota ( $^{\circ}\text{C}$ ). Účinnost regenerace dnešních pasteračních zařízení běžně dosahuje 70–90 %.

Pasterační zařízení pro mléko i smetanu bývá vybaveno řadou měřicích přístrojů (registrační a kontrolní teploměry, manometr, zpětný ventil). Zpětný ventil nevpustí nedostatečně pasterované mléko dále do provozu, ale vrátí ho zpět do zásobního tanku [17].

V termosekci je potřeba dodržovat určitou rozdílnost teplot ohřívané kapaliny (mléka, smetany) a zahřívací tekutiny (horké vody). Rozdíl by neměl být větší než 2–4  $^{\circ}\text{C}$ . Pokud by toto pravidlo nebylo dodrženo, na teplosměnné desky se mnohem rychleji napéká vodní a mléčný kámen, což je nežádoucí. Nápeky snižují účinnost přestupu tepla a mohou poskytnout prostor pro rozvoj nežádoucí mikroflóry. Rychlost napékání se snižuje při průchodu mléka s nízkou kyselostí, nejlépe pod 7,5 SH (dle Soxlet-Henkela) a průchodem dobře vyčištěného mléka a smetany od mechanických nečistot. I při ideálních podmínkách však k pomalému nápeku vodního a mléčného kamene dochází. Z tohoto důvodu je potřeba provádět pravidelné čištění a dezinfekci pasteračního zařízení i všech přívodních a odvodních kanálů, obvykle na konci směny [5].

### 2.2.3 Sterilace mléka

Principem sterilace mléka je usmrcení nežádoucích mikroorganismů včetně inaktivace jejich spor a tím dosažení prodloužení trvanlivosti řádově na několik měsíců. U mléka podrobeného sterilačnímu zásahu není nutnost skladování při teplotách pod 8  $^{\circ}\text{C}$ , jako je tomu u mléka pasterovaného. Účinnost sterilace mléka je posuzována pomocí sterilačního efektu SE, který lze vypočítat jako rozdíl dekadických logaritmu počtu bakteriálních spor před sterilací ( $\text{PS}_p$ ) a po sterilaci ( $\text{PS}_s$ ):

$$SE = \log \text{PS}_p - \log \text{PS}_s$$

Principiálně lze sterilaci mléka provést dvěma způsoby. Prvním je sterilace v hermeticky uzavřeném obalu, která se používá u mléka, případně u jiných mléčných výrobků, při použití teploty obvykle 115–125  $^{\circ}\text{C}$  s výdrží 10–30 minut. Druhým způsobem je vysokotepebné ošetření – UHT záhřev (Ultra High Temperature treatment). Používá se u mléka, případně jiných tekutých mléčných výrobků. Jde o krátkodobé zahřátí nepřerušovaného proudu mléka na teplotu nejméně 135  $^{\circ}\text{C}$  po dobu nejméně 1 sekundy, obvykle se ale aplikují teploty 135–150  $^{\circ}\text{C}$  s výdrží několika sekund. Následuje aseptické balení do neprůsvitných obalů, aby byly na minimum sníženy chemické, fyzikální a smyslové změny [5].

Narizení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004 udává, že ošetření velmi vysokou teplotou se dosahuje záhřevem zahrnujícím souvislý přítok tepla za vysoké teploty po krátkou dobu (nejméně 135 °C po přiměřenou dobu) tak, aby v ošetřeném výrobku nebyly žádné živé mikroorganismy ani spory schopné růstu při pokojové teplotě v prostředí uzavřené aseptické nádoby. Nebo aby výrobky zůstaly mikrobiologicky stabilní po patnáctidenní inkubaci při 30 °C v uzavřených nádobách, sedmidenní inkubaci při teplotě 55 °C v uzavřených nádobách, nebo po jakékoliv jiné metodě prokazují použití vhodného tepelného ošetření [17, 23].

Pro UHT záhřev je požadován sterilační efekt (SE) kolem hodnot 10–12 pro spory testovacího mikroorganismu *Bacillus subtilis*, nebo hodnoty SE alespoň 8 při použití spor *Geobacillus stearothermophilus*. U sterilace v obalu se jako testovací mikroorganismus používá například *Clostridium botulinum* a hodnota SE vyšší než 9. Bude-li za koncept praktické sterility považován SE = 12, znamená to pravděpodobnost výskytu 1 spory v 10 000 litrech mléka (včetně rizika rekontaminace při balení) [5].

### 2.2.3.1 Sterilace v obalu

Sterilaci produktu v obalu vždy předchází naplnění výrobku do obalu a jeho hermetické uzavření. U mléčných výrobků se v praxi používají obaly skleněné (např. smetana do kávy, neslazená zahuštěná mléka), nebo kovové (plechovky a hliníkové obaly – např. neslazená zahuštěná mléka a sterilované tavené sýry). Naplněné obaly jsou obvykle podrobeny kombinaci teplot 115–125 °C s výdrží 10–30 minut. Pro diskontinuální sterilaci jsou využívány autoklávy – tlakové nádoby. Výrobky jsou naplněny do košů a umístěny do autoklávy, který se obvykle naplní vodou a uzavře. Obvykle se využívá protitlaková sterilace, s obvyklým tlakem okolo teploty 120 °C  $\approx$  0,2–0,4 MPa. Po dosažení předepsané sterilační teploty a výdrže se obsah autoklávy chladí. S klesající teplotou klesá přetlak a při teplotách pod 40 °C se tlak v autoklávu vyrovná s okolním atmosférickým tlakem, koše se vyjmou a výrobky se nechají okapat a oschnout. Některé autoklávy umožňují rotaci naplněných košů, kdy během sterilačního záhřevu dochází k promíchávání tekutého obsahu, čímž se snižuje intenzita degradačních změn. Kontinuální sterilace výrobků v obalu se v mlékárenství téměř nevyužívá [17].

### 2.2.3.2 UHT záhřev

UHT ošetření se provádí přímým nebo nepřímým záhřevem. Mléko se zahřívá za zvýšeného tlaku 0,4–0,5 MPa, což zajistí, že dosažená teplota je pod bodem varu. Pro nepřímý záhřev

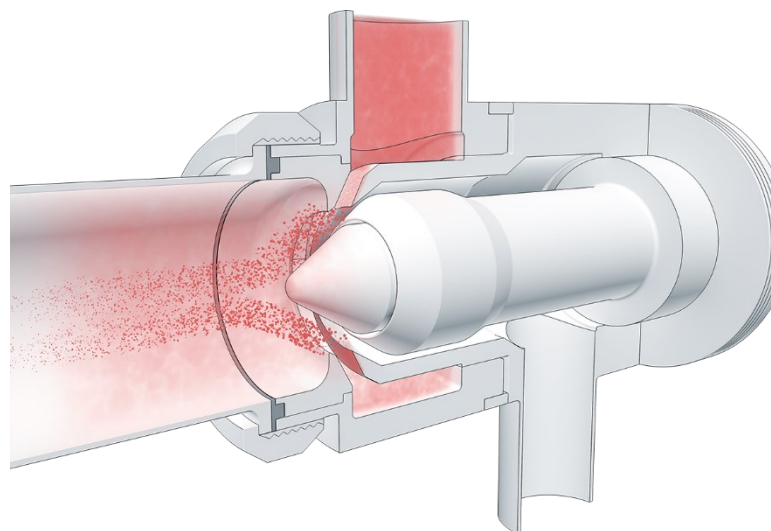
se využívá trubkový nebo deskový výměník tepla, podobný pasteračním zařízením. Při přímém záhřevu je mléko nejprve předehřáto na teplotu 80–100 °C a poté je sterilační záhřev realizován buď vstříknutím mléka do páry nebo páry do mléka [2, 13].

### 2.2.3.3 Nepřímé UHT ošetření

Při nepřímém UHT ošetření je používáno teplot 135–142 °C s výdrží několika sekund. Při nepřímém UHT záhřevu nedochází ke styku ohřívané kapaliny a zahřívacího média, proto nedochází ke změně obsahu sušiny mléka. Mléko je čerpáno ze zásobního tanku do regenerační sekce a předehřáto na 70 °C, následuje homogenizace, která nemusí být aseptická. Odtud je mléko čerpáno do termosekce – ohřívacím médiem je voda ohřívána párou mimo deskový výměník. Následuje přečerpání do výdržníku, chlazení a transport k aseptickému plnění, případně do aseptického zásobního tanku. Zařízení je vybaveno zpětným ventilem, který nedostatečně tepelně ošetřené mléko nevpustí na plnicí linku [5, 24].

### 2.2.3.4 Přímé UHT ošetření

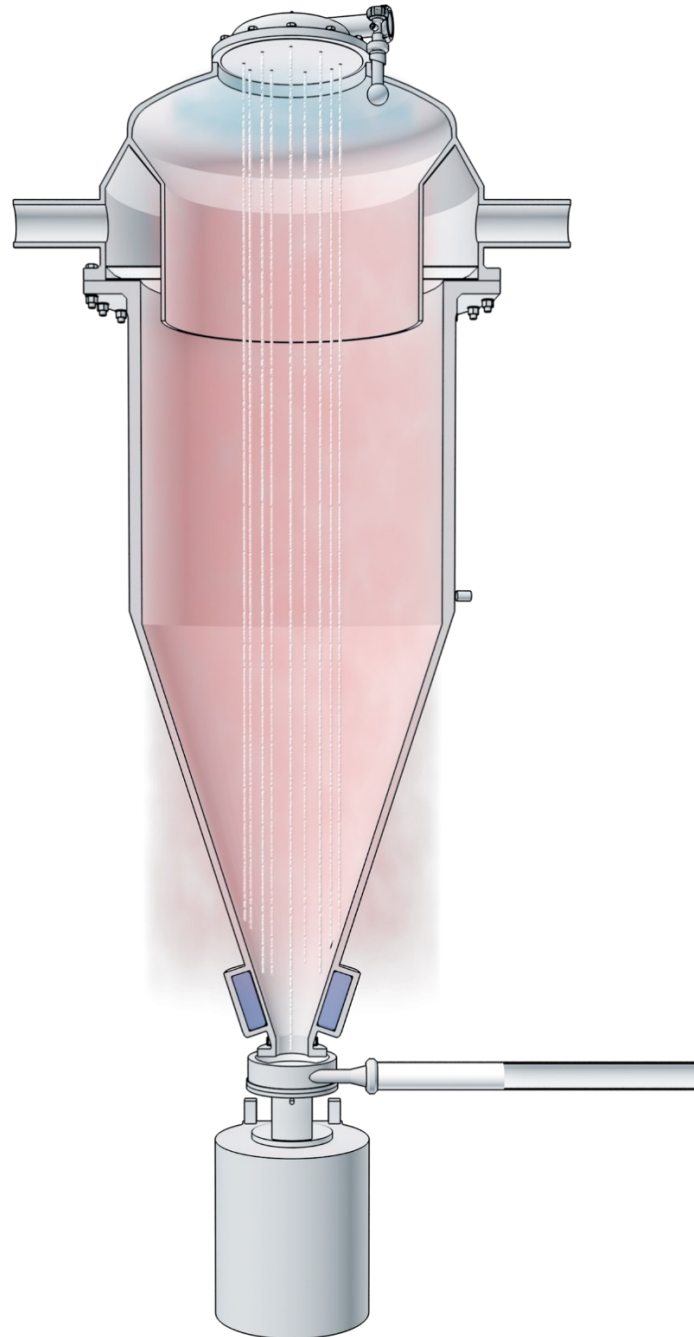
Přímý UHT záhřev se provádí dvěma způsoby – vstříkváním páry do mléka – uperizace a vstříkváním mléka do páry – polarizace.



Obr. 7. Detail parního injektoru při vstříku páry do mléka [24].

Uperizace je způsob kontinuálního UHT záhřevu mléka, kdy se mléko na požadovanou teplotu zahřívá velmi krátce vstříkem ostré páry pod tlakem 0,36 MPa. Před vlastní sterilací je mléko předehřáto na teplotu 70–80 °C deskovým nebo trubkovým výměníkem tepla. Dále je dopravováno vysokotlakou pumpou do injektoru – uperizátoru (Obr. 7.), kde se

vstříknutím nasycené páry zahřeje na teplotu 135–140 °C s výdrží 3–4 sekundy. Poté je dvoustupňově chlazeno, nejprve v expanzní vakuové nádrži na 70 °C, kde dochází k odloučení přidané vody a poté v aseptickém výměníku tepla na 30–25 °C [2].



Obr. 8. Detail parního infuzoru při vstřiku mléka do páry [24].

Palarizace je způsob podobný uperizaci. Mléko je čerpáno ze zásobníku a přehřáto na deskovém výměníku tepla na teplotu okolo 75 °C. V infuzní komoře je umístěna tryska rozprašující středem komory mléko do tenkých pramínků v podobě cylindru (Obr. 8.). Ostrá pára je přiváděna ze stran malou rychlostí proti mléku. To je rychle a šetrně zahřáto na

teplotu 143–145 °C po dobu 1 sekundy. Zahřáté mléko odchází do výdržníku, kde je udržováno při sterilační teplotě 3–4 sekundy. Odtud přechází do odlučovače páry – expandéru, v němž se teplota sníží na 75–73 °C. Dále je mléko čerpáno do aseptického homogenizátoru a do výměníku tepla, kde se ochladí na plnicí teplotu 25–22 °C [2].

U obou metod následuje čerpání do aseptického zásobního tanku, nebo na aseptické balicí zařízení. Stejně jako u předchozích zařízení je systém vybaven zpětným ventilem, který zabrání nedostatečně tepelně ošetřenému mléku vstup do balicího zařízení [17].

### **2.2.3.5 Srovnání sterilačního ošetření mléka v obalu a UHT záhřevu**

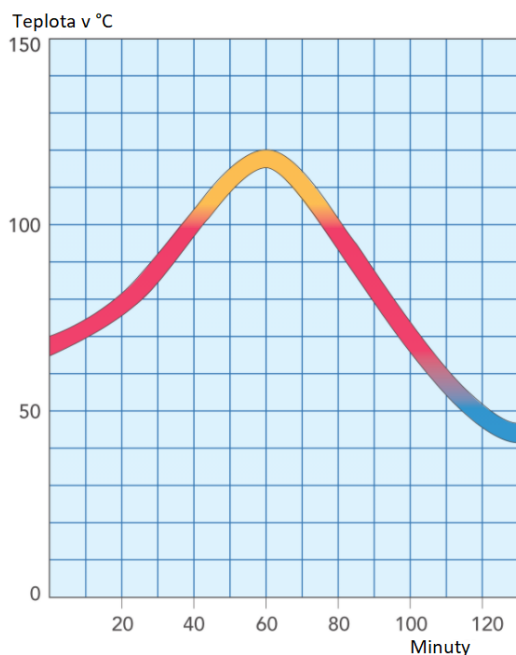
Na obrázku (Obr. 9.) je znázorněn teplotně časový profil sterilace výrobku v obalu a výrobku mimo obal s následným aseptickým plněním. Změny ve výrobcích sterilovaných v obalu ve srovnání s produkty ošetřenými UHT záhřevem jsou mnohem intenzivnější. Výrobky sterilované v obalu vykazují obvykle řadu organoleptických vad, zejména vznik vařivé příchuti a mírné zhnědnutí. Během sterilace v obalu dojde také k porušení tepelné stability mléka a částečné degradaci nutričně významných látek [5, 25].

Nevýhodou sterilace výrobků v obalu je obvykle diskontinuální sterilační proces a nemožnost využití výrobku v kontinuální výrobě (například z důvodu možné rekontaminace při porušení hermetičnosti obalu). Běžně používané teploty a doby u sterilace v obalu obvykle mají nižší sterilační efekt, což může způsobit nedostatečnou inaktivaci některých vysoce termorezistentních spor. Mezi výhody procesu sterilace v obalu patří možnost ošetření viskózních, polotuhých a tuhých potravin, což při UHT ošetření není obvykle možné [17].

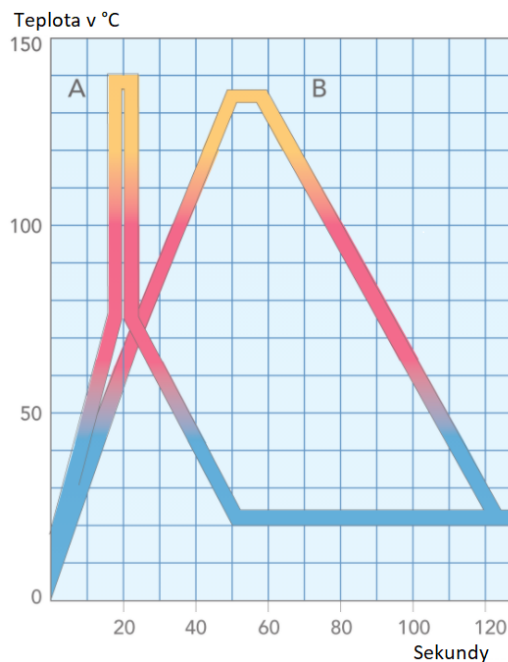
Mezi nevýhody UHT záhřevu můžeme zařadit nedostatečnou inaktivaci termorezistentních enzymů produkovaných psychrotrofními mikroorganismy. Na linku UHT ošetření musí navazovat aseptické plnění. Zde je možné nebezpečí rekontaminace již tepelně ošetřeného mléka [15].

Přímé UHT ošetření je šetrnější k nutričně významným látkám než sterilace v obalu. Konstrukce zařízení pro přímý UHT záhřev prakticky omezuje možnost regenerace tepla, což zvyšuje náklady na provoz. Také požadavky na páru jsou při přímém UHT záhřevu

Sterilizace výrobků v obalu



UHT ošetření, A – přímý, B – nepřímý záhřev



Obr. 9. Teplotně časový profil sterilace mléka a mléčných výrobků [24].

mnohem přísnější (pára přichází do přímého styku s mlékem). Další nevýhodou UHT záhřevu je nutnost instalace aseptického homogenizátoru, protože při přímém styku páry s mlékem mohou vznikat ve větší míře agregáty mléčných bílkovin a tuku, a proto je potřeba tekutinu homogenizovat až po tepelném ošetření [5, 26].

Při použití tepelných výměníků s vyšší regenerační účinností mezi vstupní produkt (studené mléko) a páru, která pochází z extrakce během vakuové expanze po zpracování UHT, může být spotřeba energie snížena o 26 %. Uváděné teploty procesu jsou tyto: počáteční teplota mléka 4 °C, teplota regeneračního ohřevu 70 °C, teplota zpracování UHT 140 °C, teplota plnění UHT mléka 25 °C [27].

### 3 ZMĚNY PROBÍHAJÍCÍ VLIVEM STERILACE MLEČNÝCH VÝROBKŮ

Aplikace vyšších teplot kromě žádoucí inaktivace vybraných skupin mikroorganismů a enzymů může způsobit i řadu negativních změn. Proto je používáno více druhů tepelného ošetření podle konkrétního druhu výrobku. Změny postihují prakticky všechny složky mléka a jejich rozsah narůstá se zvyšující se teplotou a prodlužující se dobou záhřevu [5, 28].

#### 3.1 Chemické a fyzikální změny v důsledku UHT ošetření

##### 3.1.1 Bílkoviny

Kaseinové bílkoviny jsou relativně odolné vůči denaturaci, v průběhu tepelného záhřevu ale může dojít defosforylaci, hydrolyze a k agregaci kaseinových bílkovin. Při záhřevu kaseinátu sodného na 120 °C po dobu 1 hodiny, defosforyluje přibližně 50 % fosfoproteinů a po 5 hodinách je defosforylace totální, přičemž kaseiny jsou z 10–20 % hydrolyzovány.

Syrovátkové bílkoviny jsou značně termolabilní. Například při pasteraci mléka při teplotě 72–74 °C po dobu 20–40 sekund denaturuje 50–90 % sérových bílkovin. Při teplotách vyšších než 75 °C dochází k redukci disulfidových vazeb v molekulách proteinů a k eliminaci sulfanu (hlavně z  $\beta$ -laktoglobulinu). Degradací metioninu vznikají sulfidy a disulfidy, které způsobují tzv. vařivou příchut'. Při sterilační teplotě 140 °C po dobu 4 sekund denaturuje 100 % bílkovin. Denaturované mléčné bílkoviny mají vyšší nutriční hodnotu proti bílkovinám syrového mléka. Denaturovaný  $\beta$ -laktoglobulin může ve sterilovaném mléce interagovat s  $\kappa$ -kaseinem, což může vést ke zvýšení viskozity až flokulaci [29].

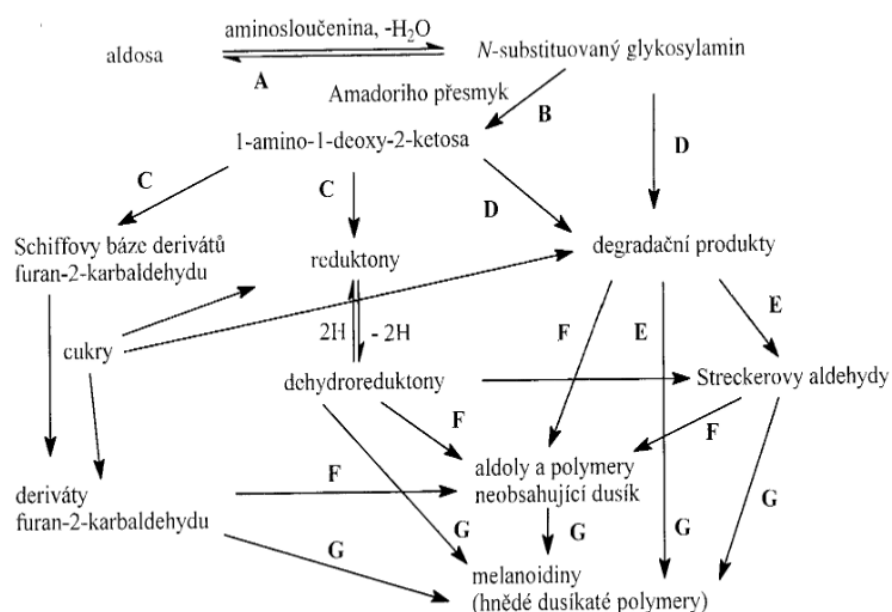
V přítomnosti redukujících sacharidů může při tepelném záhřevu probíhat komplex Maillardových reakcí, za vzniku mnoha sensoricky aktivních látek, které mohou způsobovat nežádoucí pachy a pachuti. Nejčastěji se mluví o tzv. vařivé příchuti, která bývá spojována s uvolněním tiolových skupin (-SH) při denaturaci syrovátkových bílkovin a některých lipoproteinů [5, 30].

V komplexu Maillardových reakcí jde principiálně o reakci volných aminoskupin (především zbytky asparaginu, glutaminu a lyzinu) s redukujícími karbonylovými sloučeninami (mléčný cukr – laktóza) za vzniku iminů, tzv. Schiffových bází. V důsledku komplexu Maillardových reakcí může vznikat celá řada sensoricky aktivních látek a



barevných produktů. V krajním případě může být vyvolána agregace bílkovin v průběhu skladování mléčných výrobků [25].

U Maillardových reakcí se rozeznávají tři fáze (Obr. 10.). Počáteční fáze zahrnuje tvorbu glykosylaminu následovanou Amadoriho přesmykem (reakce A, B). Střední fáze zahrnuje dehydrataci a fragmentaci sacharidů a Streckerovu degradaci aminokyselin (reakce C, D a E). Závěrečná fáze je tvořena reakcí meziproduktů vedoucí k tvorbě heterocyklických sloučenin (zpravidla důležité vonné a chuťové látky) a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů, které jsou nositeli hnědého zbarvení (reakce F a G) [29].



Obr. 10. Schématické znázornění Maillardovy reakce [29].

Následkem tepelného ošetření mléka může být porušení tzv. tepelné stability mléka (TSM), například u vysokopasterovaného mléka, mléka ošetřeného UHT záhřevem nebo u zahuštěných mléčných výrobků, kdy při tomto poškození mléko může snadněji podléhat agregaci přítomných bílkovin, a to buď v průběhu tepelného záhřevu, nebo během skladování. Obvyklým projevem narušení TSM je vytváření viditelných agregátů („vloček“) usazených na dně výrobku [5, 25].

Oxidace aminokyselin působením oxidačních činidel se nazývá Streckerova degradace aminokyselin. Obecně při ní vzniká karbonylová sloučenina, která obsahuje o jeden atom uhlíku méně než výchozí aminokyselina, dále oxid uhličitý a amoniak. Aktivními látkami při Streckerově degradaci jsou hydroperoxydy mastných kyselin, nenasycené aldehydy a ketony a mimo jiné také cukry (aldózy a ketózy) [29].

Streckerova degradace aminokyselin je významnou reakcí při skladování a termickém zpracování potravin. Hlavní produkty této reakce, Streckerovy aldehydy, jsou důležitými vonnými látkami řady potravin. Další vonné a chuťové látky vznikají následnými reakcemi těchto aldehydů a dalších produktů Streckerovy degradace, hlavně  $\alpha$ -aminokarbonylových sloučenin, amoniaku, aminů a různých siřných sloučenin.

K negativním stránkám Streckerovy degradace patří ztráty některých esenciálních aminokyselin (valinu, leucinu, izoleucinu, treoninu, metioninu, fenylalaninu) [29].

Sterilační záhřev u skupiny výrobků z řad tavených sýrů vedl ke ztrátám aminokyselin a hydrolyze bílkovin. Byly použity čtyři sterilační režimy (110 °C / 100 minut, 115 °C / 32 minut, 120 °C / 10 minut a 125 °C / 3,2 minuty). S klesající teplotou a prodlužující se dobou sterilace byly ztráty aminokyselin výraznější. Společně se sterilačním režimem byl sledován i přídavek laktózy (0,5, 1,0, 1,5 a 2,0 % hmotnostního obsahu). Nižší sterilační teploty společně s vyšší koncentrací laktózy rovněž vedly k výraznějším změnám. Obecně sterilace způsobila ztráty celkového i biologicky dostupného lyzinu a zvýšení obsahu amoniaku [28, 31].

### 3.1.2 Lipidy

Lipidy mléka obvykle běžnými režimy pasterace a sterilace mléka nebývají příliš ovlivněny. K určitým mírným změnám přesto dochází. Jde zejména o změny membrán tukových kuliček a o mírné oxidační změny. Mléčný tuk s porušenými membránami tukových kuliček přispívá například ke srážení smetany do kávy [17].

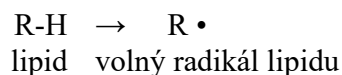
Při déletrvajícím tepelném záhřevu může docházet k oxidačním reakcím, kterým podléhá zejména volný tuk. Nejčastější oxidační reakcí nenasycených mastných kyselin bývá autooxidace, jejíž primárními produkty jsou zejména hydroxoperoxidy, které jsou velmi reaktivní. Autooxidace uhlovodíkového řetězce mastných kyselin probíhá ve třech stupních (Obr. 11.).

V prvním stupni, který se nazývá iniciační stupeň, vzniká volný vodíkový radikál ( $H\bullet$ ) a volný radikál mastné kyseliny ( $R\bullet$ ). Energií potřebnou ke štěpení vazby kovalentní vazby (C-H) může molekula mastné kyseliny získat z různých zdrojů, například může jít o energii tepelnou (záhřev).

Volný radikál mastné kyseliny ( $R\bullet$ ) je velmi reaktivní, takže se snadno sloučí s molekulou kyslíku, čímž vznikne peroxylový radikál ( $R-O-O\bullet$ ), který je rovněž velmi reaktivní, takže

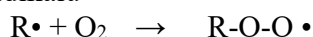
odštěpí atom vodíku z další molekuly nenasycené mastné kyseliny. Vznikne hydroperoxid (R-O-OH) a další volný radikál mastné kyseliny (R•). Toto druhé stádium se nazývá propagační stupeň.

#### Iniciační reakce

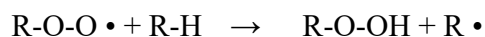


#### Propagační reakce

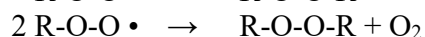
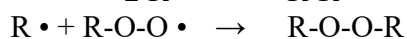
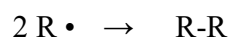
tvorba peroxylového radikálu



tvorba hydroperoxidu



#### Terminační reakce



Obr. 11. Autooxidační řetězová reakce lipidů [29].

Pokud je koncentrace volných radikálů v reakčním systému dosti vysoká, je pravděpodobné, že dva volné radikály spolu zreagují za vzniku neradikálového, poměrně stabilního produktu a tím reakční řetěz skončí. Toto třetí stádium se nazývá terminační stupeň autooxidační reakce [29].

Zejména v průběhu skladování bývají hydroxoperoxydy konvertovány na sekundární produkty autooxidace, mezi které patří mnoho senzorycky aktivních látek. Tyto procesy mohou způsobit nežádoucí pachy a pachuti mléka [5].

### 3.1.3 Sacharidy

Tepelné ošetření mléka může ovlivnit řadu reakcí, do kterých vstupují i sacharidy v mléce. Nejčastějšími změnami v důsledku tepelného záhřevu je vznik laktulózy, organických kyselin a komplex Maillardových reakcí (viz kapitola 3.1.1).

Při teplotách nad 100 °C mohou z laktózy vznikat organické kyseliny, především kyselina mravenčí. Tato reakce může významně ovlivnit tepelnou stabilitu mléka [17].

Laktulóza je nestravitelný disacharid, vznikající izomerací laktózy v alkalickém prostředí. Má vyšší sladivost než laktóza, proto je možné vnímat chuť UHT mléka jako sladší. Laktulóza je považována za prebiotikum, které podporuje rozvoj mikroorganismů v tlustém střevě [17, 29].

V tepelně ošetřeném mléce se laktulóza vyskytuje ve dvou formách, volné a vázané na aminoskupiny mléčných bílkovin. Je rovněž indikátorem tepelného ošetření mléka a její obsah se využívá při stanovení tepelné zátěže mléka, především při rozlišení mléka UHT a sterilovaného [2].

Reakcí aminokyselin s D-glukózou vzniká primární produkt imin D-glukosylamin. Z iminu se sledem reakcí odštěpí oxid uhličitý, Streckerův aldehyd a amoniak, přičemž D-glukóza se redukuje na 2-deoxy-D-glukózu [29].

Během tepelného ošetření vstupuje laktóza (jako redukující sacharid) spolu s aminosloučeninami (zejména aminokyseliny) do komplexu Maillardových reakcí (viz kapitola 3.1.1), jejichž produkty mohou ovlivnit organoleptické vlastnosti mléka a následně mléčných výrobků. Patří sem hlavně vliv na barvu v důsledku vysokých déle trvajících záhřevů. Typicky při sterilaci mléka v obalu při teplotách 117–120 °C po dobu 10–20 minut jsou reakce natolik intenzivní, že může dojít k mírnému zhnědnutí mléka v důsledku vzniku melanoidinů. Produktů komplexu Maillardových reakcí jsou popsány řádově stovky v závislosti na reaktantech a podmínkách prostředí [5].

### 3.1.4 Vitaminy a minerální látky

Vitaminy v mléce jsou obsaženy prakticky všechny, i když koncentrace některých je pouze minimální. Při tepelném zpracování dochází k průměrným ztrátám 10–20 % (Tab. 2.) [20, 32].

Tab. 2. Obsah vitaminů v plnotučném syrovém mléce a ztráty vitaminů při tepelném ošetření [32].

vitamin	syrové mléko	ztráta	poznámka
Thiamin	0,3-0,7 (mg/kg)	10-20 %	
Riboflavin	0,2-3,0 (mg/kg)	2-5 %	při skladování na slunci ztráta 20-40 %/h
Niacin	0,8-5 (mg/kg)	do 5 %	
Pyridoxin	0,2-2,0 (mg/kg)	5-10 %	při skladování 30-35 %
Kys. pantothenová	0,4-4,0 (mg/kg)	do 5%	skladování 6 týdnů 20-35 %
Biotin	0,01-0,09 (mg/kg)	10-15 %	
Folacin	0,03-0,28 (mg/kg)	10-20 %	
Korinoidy B 12	3-38 (μg/kg)	10-20 %	
Vitamin C	5-20 (mg/kg)	20-50 %	
Vitamin A	0,3-1 (mg/kg)	do 6 %	skladování 4 týdny 3-7 %, nevhodné obaly 20 i 30 % za hodinu
Vitamin D	1 (μg/kg)		
Vitamin E	0,2-1,2 (mg/kg)	do 10 %	
Vitamin K	0,01-0,03 (mg/kg)		

Při tepelném ošetření mléka dochází k nejvýznamnějším změnám v případě změny rozpustnosti vápníku. V důsledku tepelného záhřevu interaguje část vápenatých iontů za vzniku koloidního fosforečnanu vápenatého. Tato změna je nežádoucí například při výrobě přírodních sýrů, kdy koncentrace vápenatých iontů má zásadní význam pro sekundární fázi sladkého srážení [17, 33].

### 3.2 Organoleptické změny v důsledku aplikace tepelného záhřevu mléka

V důsledku tepelného ošetření mléka jsou ovlivněny organoleptické vlastnosti mléka, což může vést k vývoji některých vad. Mezi nejčastější vady patří zejména vařivá příchut', která bývá nejčastěji způsobena sirnými sloučeninami a volnými tiolovými (-SH) skupinami bílkovin. Nejčastěji se vyskytuje u vysokopasterovaného mléka a u mléka ošetřeného nepřímým UHT záhřevem. Intenzita vařivé příchuti může během skladování slábnout z důvodu oxidace látek, které vařivou příchut' způsobují. Mezi další vady lze zařadit hořkou pachut' způsobenou proteolytickými změnami bílkovin, nebo zatuchlou, zvětralou pachut', kterou způsobují zejména aldehydy a metylketony, jež vznikají v průběhu skladování. Dále sem můžeme zařadit žluklou pachut', sluneční příchut', mýdlovou a louhovou pachut'. Chuťový profil tepelně ošetřeného mléka se v průběhu skladování mění. Nejpříjemnější chuti dosahuje mléko ošetřené UHT záhřevem mezi prvním a třetím týdnem skladování [5, 15].

U mléka ošetřeného vyšší pasterační teplotou a u UHT mléka se projevuje tzv. vařivé aroma, které způsobuje sulfan a další sirné sloučeniny. Nejdůležitější jsou dimetylsulfid, dimetyldisulfid a dimetyltrisulfid, které vznikají z proteinů obsažených v membránách tukových částic a z tiaminu. Dalšími látkami jsou alkan-2-ony (methylketony) vznikající termickou dekarboxylací  $\beta$ -ketokyselin. Z karbonylových sloučenin je důležitý biacetyl, hexan a 3-metylbutan [32].

Při sterilaci mléka se jako vonné látky uplatňují i produkty Maillardových reakcí, a to maltol a izomaltol, 5-hydroxymetylfuran-2-karbaldehyd, 4-hydroxy-2,5-dimethyl-(2H)-furan-3-on a 2,5-dimethylpyrazin [32].

U skupiny výrobků z řad tavených sýrů vedl sterilizační záhřev k degradaci barvy a chuti, oproti srovnávací skupině, která sterilována nebyla. Změny se zintenzivňovaly spolu se snižující se teplotou a prodlužujícím se časem sterilace [28].

Při dlouhodobém skladování při pokojových teplotách narůstá význam komplexu Maillardových reakcí, které mohou způsobit vady v chuti, vůni a barvě mléka. Při teplotách skladování nad 30 °C a u mléka sterilovaného v obalu jsou tyto změny ještě výraznější. U sterilovaných tavených sýrů s prodlouženou trvanlivostí, byl sledován vliv skladování a teploty na kvalitu. Vzorčky byly skladovány po dobu 24 měsíců při teplotách 6, 23 a 40 °C. Při teplotě skladování 40 °C byly organoleptické změny nejvýraznější, naopak při teplotě skladování 6 °C byly změny nejmenší [15, 34].

Během skladování UHT mléka dochází k různým fyzikálně-chemickým změnám a enzymatickým reakcím včetně defosforylace kaseinových micel, rozkladu laktózy, srážení fosforečnanu vápenatého, narušení rovnováhy soli a proteolýzy. Tyto změny mohou způsobit zvýšení viskozity mléka a zapříčinit tvorbu gelu, která negativně ovlivňuje vnímání produktu spotřebitelem. S vyšší teplotou skladování roste pravděpodobnost vzniku gelu [33].

Při dlouhodobém skladování sterilovaných tavených sýrů po dobu dvou let docházelo ke změnám v konzistenci v závislosti na teplotě skladování. Pevnost produktů skladovaných při 8 °C se postupně během skladování zvyšovala. Při teplotě 23 °C byl z počátku nárůst výraznější, ve druhém roce skladování se však pevnost oproti skupině výrobků skladovaných při 8 °C snížila. To mohlo být způsobeno jak hydrolyzou polyfosforečnanových tavicích solí, tak snížením molekulové hmotnosti bílkovin. Při vyšší teplotě převládá degradace bílkovin, což by mohlo vysvětlit snížení pevnosti ve druhém roce skladování [35].

## ZÁVĚR

Mléko a mléčné výrobky mají ve výživě nezastupitelnou roli. Patří mezi základní skupinu potravin, a zejména u dětí a dospívajících by mléko nebo mléčné výrobky měly být každodenní součástí jídelníčku. Mléko a mléčné výrobky se dále významně podílí na denním vstřebávání železa, a to asi z 10 %. Svou významnou roli ve výživě hrají i u seniorů, kde ve vyšším věku roste riziko podvýživy. Senioři mají například zvýšenou potřebu proteinů, k jejíž úhradě se mléčné výrobky výborně hodí [36, 37].

Tepelné ošetření mléka a mléčných výrobků z důvodu zajištění jejich mikrobiální nezávadnosti, inaktivace přítomných enzymů a prodloužení trvanlivosti lze provádět různými pasteračními a sterilačními režimy. Jedná se o různé kombinace teplot a času, volené podle druhu finálního produktu. Například u konzumního mléka, které je skladováno při chladírenských teplotách lze v závislosti na požadované době minimální trvanlivosti volit různé pasterační režimy, od šetrné pasterace, až po ultrapasteraci, používanou pro výrobu ESL mléka, kdy je používáno sterilačních teplot s časovou výdrží těsně pod hranicí UHT záhřevu. U takto ošetřeného mléka se prodlouží doba minimální trvanlivosti na 20–40 dnů při dodržení chladírenských teplot.

U mléka a mléčných výrobků dochází během tepelného ošetření i při následném skladování k různým fyzikálním, chemickým i organoleptickým změnám. Mezi nejdůležitější patří komplex Maillardových reakcí, v jejichž důsledku může docházet ke změně chuti a barvy. Nejčastější změnou je typická vařivá příchut', která častěji vzniká u výrobků sterilovaných v obalu. Sama o sobě nemusí být spotřebiteli vnímána negativně. Změna v obsahu vitaminů se pohybuje v rozmezí 15–20 %, mimo vitaminu C, kterého je v mléce ale přirozeně nízká koncentrace.

Přínos tepelného ošetření mléka a mléčných výrobků jednoznačně převládá nad negativy tohoto ošetření. Ztráty vitaminů, změna rozpustnosti vápníku a organoleptické změny lze vzhledem k zajištění zdravotní nezávadnosti a zvýšení trvanlivosti považovat za akceptovatelné.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. KOPÁČEK, Jiří, 2014. *Mléko a mléčné výrobky: jak poznáme kvalitu?*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů. Jak poznáme kvalitu? ISBN 978-80-87719-18-3.
2. *Mléko Vás Zdraví: Mléko pod drobnohledem* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.mlekovaszdravi.cz/prinosy-mleka-ve-vyzive>
3. *Mléko Vás Zdraví: Mléko pod drobnohledem* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.mlekovaszdravi.cz/prinosy-mleka-ve-vyzive>
4. 2015. *INFORMAČNÍ CENTRUM BEZPEČNOSTI POTRAVIN: Syrové mléko: Jaká jsou rizika?* [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/syrove-mleko-jaka-jsou-rizika.aspx>
5. BUŇKA, František, 2013. *Mlékárenská technologie I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-254-1.
6. *Časopis dTest: Mléčná fakta a mýty* [online], 2017. dTest, **25**(10) [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-6137/mlecna-fakta-a-myty>
7. *INFORMAČNÍ CENTRUM BEZPEČNOSTI POTRAVIN: Sterilace* [online]. [cit. 2021-2-3]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92259.aspx>
8. KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH, 2013. *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-163-4.
9. INGR, Ivo, 2007. *Základy konzervace potravin*. Vyd. 3., přeprac. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN isbn9788073751104.
10. ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila, 2002. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3., opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-1024-6.
11. RAHMAN, Shafiur, c2007. *Handbook of food preservation*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, xvii, 1068 p. Food science and technology. ISBN 9781420017373. Dostupné z: <https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://marc.crcnetbase.com/isbn/9781420017373>
12. TUCKER, Gary S., ed., 2016. *Food preservation and biodeterioration*. Second edition. Chichester, West Sussex, UK: Wiley Blackwell, 1 online zdroj (xii, 266



- stran). ISBN 9781118904657. Dostupné z:  
<https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118904657>
13. KADLEC, Pavel, Karel MELZOCH a Michal VOLDŘICH, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.
  14. LUKÁŠOVÁ, Jindra, 1999. *Hygiena a technologie produkce mléka*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita. ISBN 80-85114-53-4.
  15. DEETH, Hilton a M. J. LEWIS, 2017. *High temperature processing of milk and milk products*. Chichester, UK: John Wiley, 1 online zdroj (xxiii, 556 stran). ISBN 9781118460467. Dostupné z:  
<https://proxy.k.utb.cz/login?url=https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118460467>
  16. NAVRÁTILOVÁ, Pavlína, 2012. *Hygiena produkce mléka*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-624-7.
  17. ŠNIRC, Július, Jozef GOLIAN, Karol HERIAN, František BUŇKA, Leona BUŇKOVÁ a Margita ČANIGOVÁ. *Mlieko a mliečne výrobky*. I. diel, Štruktúra, bioaktívne zložky a spracovanie mlieka. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015, 221 s. ISBN 9788055213118.
  18. LORENZEN, PETER CHR et al., 2011. Survey of the quality of extended shelf life (ESL) milk in relation to HTST and UHT milk. *International journal of dairy technology* [online]. **64**(2), 166-178 [cit. 2021-5-18]. ISSN 1364727X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1471-0307.2010.00656.x
  19. *Mléko Vás Zdraví: Konzumní mléka a smetany* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.mlekovaszdravi.cz/konzumni-mleka>
  20. ŠUSTOVÁ, Květoslava a Vladimír SÝKORA, 2013. *Mlékárenské technologie*. V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-704-5.
  21. *TENEZ: Deskové rozebíratelné výměníky s těsněním* [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.tenez.cz/produkty/rozebiratelne-vymeniky>
  22. *VČHT Praha: Encyklopedie mléka* [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <http://umtk.vscht.cz/ESO/EM/4/42.htm>

23. EVROPSKÁ UNIE. *Nariženi Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 853/2004: kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu*, ze dne 29. dubna 2004. In: . Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32004R0853&from=CS>
24. BYLUND Gösta, 2003. *Dairy processing handbook*. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB.
25. KILCAST, David a Persis SUBRAMANIAM, 2011. *Food and beverage stability and shelf life*. Oxford: Woodhead Pub., 1 online zdroj (xxx, 849 pages). Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition. ISBN 9781613440292. Dostupné z: [https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFBSSL001/food\\_and\\_beverage\\_stability\\_and\\_shelf\\_life](https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFBSSL001/food_and_beverage_stability_and_shelf_life)
26. GARY S. TUCKER, 2016. *Food Preservation and Biodeterioration*. ISBN 9781118904626. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&an=1160072&scope=site>
27. EAGRI: *Zařízení pro úpravu a zpracování mléka* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/bezpecnost-potravin/environmentalni-techniky-a-technologie/ippc/zpravy-studie-k-vyrobnim-cinnostem/tps-kategorie-6-4/zarizeni-pro-upravu-a-zpracovani-mleka.html>
28. Lazárková, Z., Buňka, F., Buňková, L., Holář, F., Kráčmar, S., Hrabě, J. The effect of different heat sterilization regimes on the quality of canned processed cheese. *Journal of Food Process Engineering*, 2011, 34, s. 1860–1878. ISSN 1745-4530
29. VELÍŠEK, Jan, 2002. *Chemie potravin 1*. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 331 s. ISBN 8086659003.
30. H E NURSTEN, 2005. *The Maillard Reaction: Chemistry, Biochemistry and Implications*. ISBN 9780854049646.
31. LAZARKOVA, Z. et al., 2010. Application of different sterilising modes and the effects on processed cheese quality. *Czech Journal of Food Sciences - UZEI (Czech Republic)* [online]. **28**(3), 168-176 [cit. 2021-5-18]. ISSN 12121800.

32. VELÍŠEK, Jan, 2002. *Chemie potravin 2*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 80-86659-03-8.
33. RANVIR, S. et al., 2020. Assessment of physico-chemical changes in UHT milk during storage at different temperatures. *Journal of Dairy Research* [online]. **87**(2), 243-247 [cit. 2021-5-18]. ISSN 14697629.
34. BUBELOVÁ, Zuzana et al., 2015. The effect of long-term storage on the quality of sterilized processed cheese. *Journal of Food Science and Technology* [online]. **52**(8), 4985-4993 [cit. 2021-5-18]. ISSN 00221155.
35. BUŇKA, František, Jiří ŠTĚTINA a Jan HRABĚ, 2008. The effect of storage temperature and time on the consistency and color of sterilized processed cheese. *European Food Research and Technology: Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A* [online]. **228**(2), 223-229 [cit. 2021-5-18]. ISSN 14382377.
36. FÓRUM ZDRAVÉ VÝŽIVY: *Mléko a mléčné výrobky ve výživě* [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.fzv.cz/mleko-a-mlecne-vyrobky-ve-vyzive/>
37. *Mléko a mléčné výrobky ve výživě*, 2010. Praha: Potravinářská komora České republiky. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-88019-27-5.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CFU colony-forming unit

D decimal reduction time

ESL extended shelf life

FAO Food and Agriculture Organization

HTST high temperature, short time

PE pasterační efekt

LTLT low temperature, long time

SE sterilační efekt

STEC Shiga toxin-producing Escherichia coli

TSM teplotní stabilita mléka

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba pro konstantní teplotu...	13
Obr. 2: Přímka přežití mikroorganismů a decimální redukční doba D pro různé teploty.....	14
Obr. 3: Termoinaktivační křivky.....	15
Obr. 4: Teplosměnná deska pasteru.....	24
Obr. 5: Schéma řazení teplosměnných desek v deskovém pasteračním zařízení.....	24
Obr. 6: Schéma pasterační stanice.....	25
Obr. 7: Detail parního injektoru při vstřiku páry do mléka.....	28
Obr. 8: Detail parního infuzoru při vstřiku mléka do páry.....	29
Obr. 9: Teplotně časový profil sterilace mléka a mléčných výrobků.....	31
Obr. 10: Schématické znázornění Maillardovy reakce.....	33
Obr. 11: Autooxidační řetězová reakce lipidů.....	35

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Hodnoty D a z pro vybrané mikroorganismy.....	15
Tab. 2: Obsah vitaminů v plnotučném syrovém mléce a ztráty vitaminů při tepelném ošetření.....	36

