

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav procesní a zpracovatelské techniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Strojní zařízení pro výrobu sýrů

2019

Lukáš Pavel

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pavel** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **467351**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav procesní a zpracovatelské techniky**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Strojní zařízení pro výrobu sýrů

Název bakalářské práce anglicky:

Machines for cheese production

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte literární rešerši se zaměřením na výrobu sýrů a používaná strojní zařízení. Při zpracování rešerše se zaměřte zejména na:

- * Typy sýrů a postup jejich výroby.
- * Schéma linky na přípravu mléka a na výrobu sýrů.
- * Stroje a zařízení používané na výrobu sýrů.

Seznam doporučené literatury:

Podle doporučení vedoucího práce.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Radek Šulc, Ph.D., ústav procesní a zpracovatelské techniky FS


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:


Datum zadání bakalářské práce: **23.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **07.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce:


doc. Ing. Radek Šulc, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


prof. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis odborníka(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

30-04-2019

Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl všechny použité podklady a literaturu.

V Praze dne

.....

Lukáš Pavel

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Radku Šulcovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Dále bych chtěl poděkovat všem mým blízkým za to, že mi byli po celou dobu bakalářského studia oporou.

Anotační list

Jméno autora: Lukáš

Příjmení autora: Pavel

Název práce česky: Strojní zařízení pro výrobu sýrů

Název práce anglicky: Machines for cheese production

Rozsah práce: počet stran: 54

počet obrázků: 33

počet tabulek: 3

počet grafů: 1

počet příloh: 0

Akademický rok: 2018/2019

Jazyk práce: Český

Ústav: Ústav procesní a zpracovatelské techniky

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství

Vedoucí práce: doc. Ing. Radek Šulc, Ph.D.

Konzultant práce: doc. Ing. Radek Šulc, Ph.D.

Zadavatel: doc. Ing. Radek Šulc, Ph.D.

Anotace česky: Bakalářská práce se zaměřuje na výrobu sýrů a používaná strojní zařízení. Obsahuje schéma linky na výrobu sýrů a na přípravu mléka. V práci je také uveden přehled vyráběných typů sýrů a princip jejich výroby.

Klíčová slova: sýry, mléko, pasterizace, odstředování, sýření, výroba, lisování

Anotace anglicky: The bachelor thesis is focused on cheese making and machines for cheese production. The thesis contains diagrams of cheese making line and milk preparation line. It describes also types of cheese.

Klíčová slova anglicky: cheese, milk, pasteurization, milk separating, rennet, production, press

Obsah

Úvod.....	9
1 Historie sýrů.....	10
2 Rozdělení sýrů	11
2.1 Měkké sýry	11
2.1.1 Čerstvé sýry.....	11
2.1.2 Bílé sýry v solném nálevu	12
2.1.3 Zrající sýry	12
2.2 Tvrdé sýry.....	13
2.2.1 S nízkodohřívanou sýřeninou.....	13
2.2.2 S vysokodohřívanou sýřeninou	14
2.3 Tavené sýry.....	14
3 Výroba sýrů	15
3.1 Úpravy mléka	16
3.1.1 Pasterizace.....	16
3.1.2 Standardizace	16
3.1.3 Zlepšení srážlivosti mléka.....	17
3.1.4 Přídavek vody.....	17
3.1.5 Homogenizace mléčného tuku	17
3.1.6 Nastavení teploty mléka	17
3.1.7 Přidávání barev.....	17
3.1.8 Přídavek čistých kultur.....	17
3.2 Sýření.....	18
3.2.1 Syřidla	18
3.2.2 Kyseliny	19
3.2.3 Vlivy na sýření	19
3.3 Zpracování sýřeniny	20
3.3.1 Zpracování sýřeniny na zrno	20

3.3.2	Krájení sýřeniny	20
3.3.3	Drobení sýřeniny	21
3.3.4	Přihřívání (dohřívání) sýřeniny	21
3.3.5	Dosoušení sýrového zrna	21
3.3.6	Formování sýrů	22
3.4	Další operace pro výrobu sýrů.....	23
3.4.1	Solení.....	23
3.4.2	Zrání	23
3.4.3	Ošetřování	24
3.4.4	Uzení	25
3.4.5	Balení	25
4	Stroje a zařízení používané na výrobu sýrů.....	27
4.1	Pasterační stanice.....	27
4.1.1	Pastéry	28
4.1.2	Odstředivky	31
4.2	Výrobníky sýřeniny	38
4.3	Výrobní linky.....	42
4.4	Lisy	43
4.5	Solné lázně.....	46
	Závěr.....	47
	Zdroje.....	48
	Zdroje obrázků	51
	Seznam obrázků	53
	Seznam tabulek.....	54
	Seznam grafů	54

Seznam symbolů

a	délka ramene, odkud působí lisovací síla	[m]
b	délka celé páky	[m]
C_D	Součinitel odporu	[-]
d	průměr pístu v pneumatickém válci	[m]
D	průměr tukové kuličky	[m]
F	lisovací síla vyvozená na píst tlakem vzduchu	[N]
F	odstředivá síla	[N]
G	síla závaží	[N]
m	hmotnost rotujících složek	[kg]
n	počet otáček	[ot·min ⁻¹]
o	množství odstředěného mléka	[L]
p	množství plnotučného mléka	[L]
p	tlak vzduchu v pneumatickém válci	[Pa]
P	lisovací síla	[N]
q	obsah tuku plnotučného mléka	[%]
r	obsah tuku odstředěného mléka	[%]
r	poloměr otáčení	[m]
R	poloměr odstředivky	[m]
Re	Reynoldsovo číslo	[-]
s	požadovaný výsledný obsah tuku v mléce	[%]
t_p	pasterační teplota	[°C]
t_r	výstupní teplota ochlazeného mléka na výstupu z 1.regenerační sekce	[°C]
t_s	vstupní teplota syrového mléka	[°C]
u	rychlost odstředování	[m·s ⁻¹]
v	rychlost otáčení	[m·s ⁻¹]
μ	dynamická viskozita	[Pa·s]
η_r	účinnost regenerace tepla	[%]
ρ_p	hustota mléčné plasmy	[kg·m ⁻³]
ρ_s	hustota smetany	[kg·m ⁻³]

Úvod

Sýry patří mezi nejoblíbenější potraviny vůbec. Jsou bohaté na mnoho živin, zejména bílkoviny. Kvůli velké poptávce po nich již není možná výroba pouze „po domácku“, proto se produkují velkosériově v sýrárnách. Při výrobě se setkáme s prvky automatizace a pokročilými stroji, bez kterých by výroba většího počtu kusů nebyla vůbec realizovatelná.

Bakalářská práce se zabývá literární rešerší výroby sýrů a strojních zařízení používaných při výrobě, dále historií a rozdělením sýrů.

Ještě před samotným popisem výroby sýrů jsou popsány úpravy mléka, které jsou pro tuto základní surovinu sýrů nezbytné.

1 Historie sýrů

Přesný původ sýrů je dodnes neznámý, nejpravděpodobněji však sahá do období před osmi až deseti tisíci lety, kdy se začala domestikovat zvířata produkující mléko. Sýr mohl být s velkou pravděpodobností objeven pouhou náhodou. Mléko se vzhledem k tehdejším možnostem uchovávalo ve vacích ze zvířecích žaludků, ve kterých se následně začaly objevovat hrudky. Žaludky některých zvířat totiž obsahují enzymy srážející mléko. A právě srážení je základní proces výroby sýra. První záznamy o výrobě a produkci sýrů byly nalezeny na nástěnných malbách z dob starověkého Řecka a Egypta. Další zmínky můžeme nalézt v Bibli v knihách Samuelových a Jób. Za Římské říše se výroba sýrů těšila velkému rozmachu. Například za vlády Julia Caesara se produkovaly již stovky druhů sýrů a obchodovalo se s nimi napříč celou říší, případně i za hranicemi [1].

Z českých zemí je zase znám příběh o kněžně Libuši, která poslala posly, aby přivedli Čechům knížete Přemysla. Když ho zastihli, měl údajně pojídat sýr a chléb. Zaměříme-li se detailněji na české sýrařství, můžeme vyzorovat tři důležitá vývojová období. V nejstarším, kdy se pracovalo na statcích, hospodyně zpracovávaly čerstvě získané mléko. Druhé období se datuje od 18. století. Do popředí se tehdy dostávala výroba sýrů na velkostatech. Přicházeli k nám mimo jiné tehdejší experti ze zahraničí, kteří zde pomáhali zavést výrobu cizích sýrů. Rostl také zájem o konání přednášek a odborných mlékárenských kurzů, čímž se sýrařství dostávalo stále větší pozornosti na hospodářských školách. Třetí období začalo roku 1902, kdy byla založena Zemská mlékařská a sýrařská škola v Kroměříži. Zde započala pravidelná výroba ušlechtlejších druhů sýrů [2]. O čtyři roky později byl zřízen zemědělský odbor při Císařsko-královské české vysoké škole technické v Praze (později ČVUT), což vedlo k dalšímu prohlubování teoretických a praktických znalostí [3]. Mimo to měl ale velký vliv na celé sýrařství rozvoj strojní techniky, například strojní sýrařské vany, míchadla, lisy, dopravníky a další zařízení [2].

2 Rozdělení sýrů

Sýry lze dělit dle různých kritérií, například podle způsobu srážení mléka, obsahu tuku v sušině nebo podle tvrdosti. Skripta *Mlékárenské technologie II* [4], ze kterých budu dále vycházet, jako základní uvádí dělení na sýry měkké, tvrdé a tavené. Měkké sýry mají obsah vody vyšší než 45 %, tvrdé sýry nejvýše 45 %.

2.1 Měkké sýry

2.1.1 Čerstvé sýry

Tvarohové sýry

Tvarohové sýry obsahují minimálně 40 % tuku v sušině a vyrábí se z tučného tvarohu s přidavkem ochucujících látek, jako například různými druhy koření, ořechů, zeleniny apod. Pro tento druh sýrů je žádoucí velmi jemná konzistence tvarohu. Ta závisí na době srážení mléka. Platí, že čím delší dobu se mléko sráží, tím je tvaroh jemnější [2]. Nevýhodou tohoto typu sýra je jeho kratší trvanlivost. Mezi nejznámější zástupce tvarohových sýrů patří sýry typu gervais [4].

Smetanové sýry

Tento druh sýrů se vyznačuje dobrou roztíratelností a vyšším obsahem tuku v sušině (až 65 %), proto se k jejich výrobě používá homogenizovaná smetana [2]. K dosažení typicky čisté chuti těchto sýrů se solí krátkou dobu v solné lázni. Tyto sýry jsou, co se týče dodržování hygienických podmínek výroby, náročnější [4].

Sýry italského typu mozzarella

Tyto sýry patří mezi nezrající s pařeným těstem. Klasické varianty obsahují 45 % tuku v sušině [4]. Sýry určené k výrobě pizzy se solí v solné lázni, zatímco sýry určené k přímé konzumaci se nesolí vůbec [5]. V dnešní době můžeme na trhu pozorovat zvyšující se poptávku po tzv. „light“ variantách s nižším obsahem tuku.

2.1.2 Bílé sýry v solném nálevu

Typickými znaky pro tento typ jsou charakteristická bílá barva a vysoký obsah soli. Uchovávají se v solném nálevu, kde koncentrace chloridu sodného dosahuje 12–16 %. To umožňuje dlouhou trvanlivost výrobků. Aby se dosáhlo charakteristických vlastností těchto sýrů, je třeba je nechat ležet nejméně 10 dnů v solném nálevu [4].

Nalévané sýry

Do této kategorie patří především balkánské sýry, istanbuly a sýr feta. Je pro ně charakteristická vrstvená sýřenina na řezných plochách. Balkánský sýr má pro tuzemský trh kratší trvanlivost a nižší obsah soli [4].

Lisované sýry

Typickým zástupcem lisovaných sýrů je sýr akawi. Technologie výroby je podobná jako u nalévaných sýrů, avšak zrno se mícháním po rozkrájení vytužuje [4]. Výrobou by se mělo dosáhnout hladkého povrchu a stejnorodého těsta čistě mléčné barvy [2].

Bílé pařené sýry

Známým příkladem je sýr jadel. Ten se za tepla tvaruje ručně do tvaru pleténky. Ačkoli ho řadíme do měkkých bílých sýrů v solném nálevu, svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi patří spíše do skupiny tvrdých sýrů. Surovinou pro výrobu je lisovaná prokysaná sýřenina, která se připravuje den předem. Při výrobě je třeba dosáhnout intenzivního prohnětení hmoty [4].

2.1.3 Zrající sýry

Měkké sýry zrající pod mazem

Tyto sýry zrají od povrchu směrem do středu. Během zrání se na povrchu rozmnoží aerobní proteolytické kultury bakterií, jejichž enzymatickými činnostmi se tvoří zlatožlutý až oranžový maz a sýry tak získávají typickou vůni a chuť [2]. Jako příklad si uveďme tvarůžky.

Měkké sýry s plísní na povrchu

Sem patří sýry jako hermelín, camembert, brie a další. Typická je pro ně žampionová příchut' a válcový tvar, který mají z důvodu lepší mechanizace výroby. Do upraveného mléka se přidává plísněná suspenze *Penicillium camemberti*, která se začne později rozmnožovat. Tyto sýry obsahují zpravidla 50–60 % tuku v sušině. V případě nižšího obsahu (45 %) by byly příliš tuhé. Vyžadují maximální mikrobiální čistotu při výrobě i zrání [4]. Je nutná dezinfekce vzduchu, forem, náradí a dalších prvků, aby nedošlo k infekci nežádoucími divokými plísněmi [2].

Sýry s plísní ve hmotě

Tento typ je u nás známý jako niva. Charakterizuje se mramorovitou barvou a výraznou chutí. Tyto vlastnosti určuje plíseň *Penicillum roqueforti*, která se do mléka přidává před sýřením nebo případně až do sýrového zrna. Niva obsahuje 50 % tuku v sušině, zraje za vysoké relativní vlhkosti (96–97 %) a celková doba zrání trvá déle než 5 týdnů [4].

Sýry zrající v celé hmotě

Do této kategorie spadají zlato, butterkäse a tylšské sýry. Z názvu vyplývá, že se jedná o sýry, které zrají rovnoměrně v celé hmotě. Původně však zrály pod mazem a až za účelem úspor se zavedlo zrání ve zracích fóliích, což znemožnilo aerobní mikroflóre se na povrchu rozmnožovat. obsahují 50 % tuku v sušině [4].

2.2 Tvrdé sýry

Tvrdé sýry se z technologického hlediska dělí na sýry s nízkodohřívanou a vysokodohřívanou sýřeninou. Teploty přihrívání sýrového zrna, které následuje po krájení a drobení, nepřesahují u nízkodohřívaného typu 40 °C. U vysokodohřívaného typu se pohybují mezi 48 až 54 °C [4].

2.2.1 S nízkodohřívanou sýřeninou

Sýry eidamského typu

Dvěma typickými představiteli jsou eidam a gouda. Tyto sýry se vyrábí v mnoha variantách s různým obsahem tuku v sušině, nejčastější od 30 do 60 %. U nás jsou vůbec nejrozšířenějšími tvrdými sýry [4]. Eidam se často také udí.

Sýry typu čedar

Tyto sýry jsou po celém světě nejrozšířenější, což souvisí s nejvyšším stupněm automatizace a mechanizace v sýrařství. Potravinářskými barvivy se barví nejčastěji do oranžova. Vyžadují velmi dobré prokysání sýřeniny během zpracování. Tento typ sýrů se vyznačuje tzv. *čedarováním*, které spočívá v rozdělení zrna na obě strany nádoby s volnou plochou uprostřed kvůli dalšímu odtoku syrovátky. Po spojení je sýřenina rozřezána na bloky o šířce 15 cm, které se každých 10 až 15 minut obrací. Až poté následuje formování [2]. Oproti eidamskému typu se kromě čedarování liší také o trochu větší velikostí nadrobeného zrna (viz 3.3.3 – Drobení sýřeniny).

Sýry z pařeného těsta

U těchto sýrů se provádí další tepelné ošetření sýřeniny pomocí pařících zařízení. Sýřenina se při procesu postupně stává plastickou a můžeme ji vytahovat do nitek. Mezi známé zástupce patří parenica nebo oštiepok. Tyto sýry jsou též vhodné k uzení [4].

2.2.2 S vysokodohřívanou sýřeninou

Sýry ementálského typu

Originální (švýcarský) ementál se dodnes vyrábí ze syrového mléka, avšak ementály z jiných zemí již z mléka mírně pasterovaného. V těchto případech je nutné, aby nesly odlišný název. Obsahují 45 až 50 % tuku v sušině a vyznačují se příjemně nasládlou oříškovou chutí a typickými dírami [4].

Typ moravský bochník

Dříve se tyto sýry vyráběly stejným technologickým postupem jako ementál, tedy obsahovaly stejnoměrně rozložená sýrová oka. V současnosti se již produkují bez tvorby ok a používají se převážně jako suroviny pro výrobu sýrů tavených. Chuťově nejsou příliš výrazné [6].

Sýry určené ke strouhání

Do této skupiny patří parmazán či sbrinz. Obsahují kolem 30 % tuku v sušině. Jejich zrání probíhá až několik let, mají ostře pikantní chuť, tuhé těsto, vyšší obsah soli a malý podíl vodní fáze. Oproti jiným vysokodohřívaným sýrům netvoří právě kvůli vysokému obsahu sušiny (nad 65 %) oka [4].

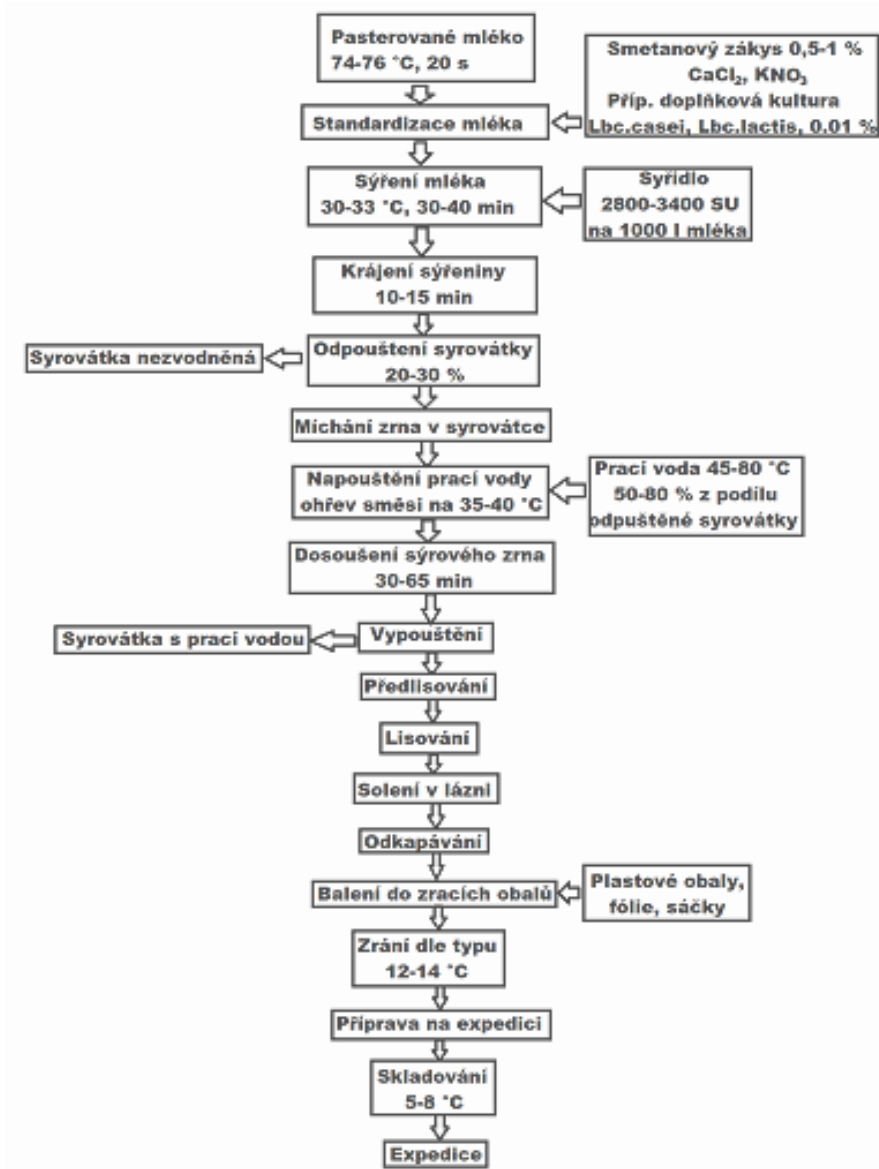
2.3 Tavené sýry

Skupina tavených sýrů spadá do oboru sekundární mlékárenské produkce. Při jejich výrobě se nezpracovává totiž přímo mléko, ale až výrobky z něho [2]. Vedle těchto výrobků jsou další základní surovinou tavící soli, nejčastěji citráty, fosforečnany nebo polyfosfáty [4]. Kdybychom přírodní sýr zahřáli nad 85 °C, srazily by se nám bílkoviny v okolí tukových kuliček, a tím by se tuk začal slévat a následně opouštět sýrové těsto. Při tavení však tavící soli začnou bílkoviny rozpouštět a tím zamezí jejich srážení [2].

3 Výroba sýrů

V této kapitole jsou popsány operace používané při výrobě sýrů. V zásadě se nejprve připravuje mléko, poté se mléko sýří, a nakonec se vzniklá sýřenina zpracovává. Pro názornost přikládám schéma výroby eidamských sýrů (obrázek 1).

Obrázek 1 Schéma výroby eidamského typu sýru [O1]



3.1 Úpravy mléka

3.1.1 Pasterizace

Pasterizace je záhřev mléka po určitou dobu na určitou teplotu, nejčastěji na 70 až 75 °C. Může být krátkodobá (několik sekund) nebo dlouhodobá (desítky minut). Během tohoto procesu se neničí pouze choroboplodné a škodlivé mikroorganismy, ale také většina těch užitečných a zdraví prospěšných. Právě tyto neškodlivé mikroorganismy se později přidávají do mléka zpět jako čisté kultury. Pasterizace má celkově v sýrašství obrovský přínos, protože zamezuje četným závadám během výroby [2].

Čím se však provádí za vyšších teplot, tím dochází k větší denaturaci bílkovin a zhoršování srážlivosti mléka. Byl proveden pokus, ve kterém se měřil čas srážení dvou typů mlék o stejném objemu. Syrové mléko se srazilo za 15 minut, zatímco mléko pasterované za 21 minut [5].

3.1.2 Standardizace

Každý druh sýru vyžaduje určitý předepsaný podíl tuku v sušině a obsah sušiny. Abychom toho dosáhli, musíme připravovat směs plnotučného a odstředěného mléka, případně směs plnotučného mléka a smetany [2].

Příklad:

Dle tabulek zjistíme, že na sýr s 30 % tuku v sušině se používá mléko o obsahu tuku 1,6 %. Jaký objem odstředěného mléka (0,04 %) je třeba smíchat s plnotučným mlékem o objemu 1200 l (3,5 % tuku)?

Řešení: Množství odstředěného mléka lze určit pomocí následující bilanční rovnice:

$$p \cdot q + o \cdot r = (p + o) \cdot s, \quad (1)$$

kde o – množství odstředěného mléka [L],

p – množství plnotučného mléka [L],

q – obsah tuku plnotučného mléka [%],

r – obsah tuku odstředěného mléka [%],

s – požadovaný výsledný obsah tuku v mléce [%].

Číselně:

$$o = \frac{p \cdot (q - s)}{s - r} = \frac{1100 \cdot (3,5 - 1,6)}{1,6 - 0,04} L = 1339,7 L \cong 1340 L.$$

Potřebujeme tedy 1340 litrů odstředěného mléka [5].

3.1.3 Zlepšení srážlivosti mléka

Nevhodným složením mléka či pasterizací se zhoršuje jeho srážlivost. Proto se do něho před sýřením přidává krystalická sůl – mléčnan vápenatý nebo roztok chloridu vápenatého o koncentraci 30 až 36 %. Tím se docílí požadované tuhosti, struktury a konzistence sýru. Množství přídavku závisí na pasterizační teplotě a ročním období. Dávka na 100 litrů mléka se pohybuje u chloridu mezi 10 a 40 ml a u mléčnanu mezi 20 a 40 g. Musí se ale brát v potaz, že přídavkem chloridu mírně stoupá kyselost mléka [5].

3.1.4 Přídavek vody

Voda se do mléka před sýřením přidává proto, aby snížila jeho kyselost. Je vyzorováno, že 3 % přídavek vody zlepšuje celkovou konzistenci sýra, včetně velikosti a množství sýrových ok [5].

3.1.5 Homogenizace mléčného tuku

Homogenizací se docílí rovnoměrnějšího rozptýlení tukových kapének v mléce. K tomuto procesu se používají homogenizátory, což jsou nejčastěji pístová čerpadla protlačující mléko úzkým otvorem za vysokého tlaku [7]. Homogenizované mléko zajišťuje stejnoměrnou tučnost v sýrech a zvyšuje jejich výtěžnost [2].

3.1.6 Nastavení teploty mléka

Ohřívání mléka probíhá horkou parou v prostoru mezi pláští výrobníku. Přívod páry se provádí do té doby, dokud teplota mléka nedosáhne o 0,5 až 1 °C méně, než je potřeba. Následuje totiž přechod naakumulovaného tepla z pláště, a tím se docílí požadované konečné teploty. Během ohřívání je nutné mléko po celou dobu míchat [5].

3.1.7 Přidávání barev

Potravinářský průmysl používá barvy, jež můžeme rozdělit na přírodní a umělé. Barvení si nejčastěji žádá výroba holandských sýrů a čedaru [2]. Přírodní barvy se pro tyto sýry připravují z rostlin rodu oreláník, šafrán nebo světlice. Dávka barviva se do mléka přidává za stálého míchání [5].

3.1.8 Přídavek čistých kultur

Čisté mléčné a sýrařské kultury se získávají kultivováním či vyizolováním požadované kultury nebo v současnosti i genetickým způsobem [5]. Přidáváním kultur se docílí požadované kyselosti. Ta dále ovlivňuje průběh sýření a zrání sýrů [4].

3.2 Sýření

Abychom vyrobili sýr, je třeba vysrážet mléko. Sraženinu neboli koagulát tvoří dvě části. Jednou z nich je tekutá syrovátka, která téměř neobsahuje mléčné bílkoviny či tuk, je však bohatá na mléčný cukr a soli. Druhou částí je pevná hmota s naopak vysokým obsahem mléčných bílkovin a tuků [2].

3.2.1 Syřidla

Nejčastěji se v průmyslu ke koagulaci používají syřidla. V tomto případě se hovoří o tzv. *sladkém srážení*. Syřidla jsou výtažky enzymů upravené do práškové nebo tekuté formy (viz obrázek 2). Nejvíce se užívají enzymy chymosin (renin) a pepsin. Chymosin se vyrábí především ze žaludků telat, zatímco pepsin ze žaludků dospělého skotu. Enzymy srážející mléko se dále získávají z kvasinek, plísní, bakterií nebo určitých druhů rostlin. Nejdrastičtějším způsobem je pak získávání enzymů „in vivo“. Do slezu (čtvrtého žaludku) živého telete se zavede kanyla a následně se odebírají čerstvé žaludeční šťávy [5].

Na chymosin je velice citlivý kasein, hlavní bílkovina savčího mléka. Syřidlo štěpí molekuly kaseinu na nerozpustný parakasein tvořící koagulát a rozpustný hydromakropeptid, který přechází do syrovátky [5].

Při výrobě sýrů je také velmi důležitá tzv. *síla syřidla*. Musíme znát její přesnou hodnotu. Před sýřením se doporučuje sílu syřidla vždy přezkoušet. Nejčastěji se podle Soxhleta vyjadřuje jako objem mléka v mililitrech, který je vysrážen 1 g nebo 1 ml syřidla během 40 minut při teplotě 35 °C [2].

Obrázek 2 Syřidlo (prezentace firmy Kitchen Fantasy) [O2]



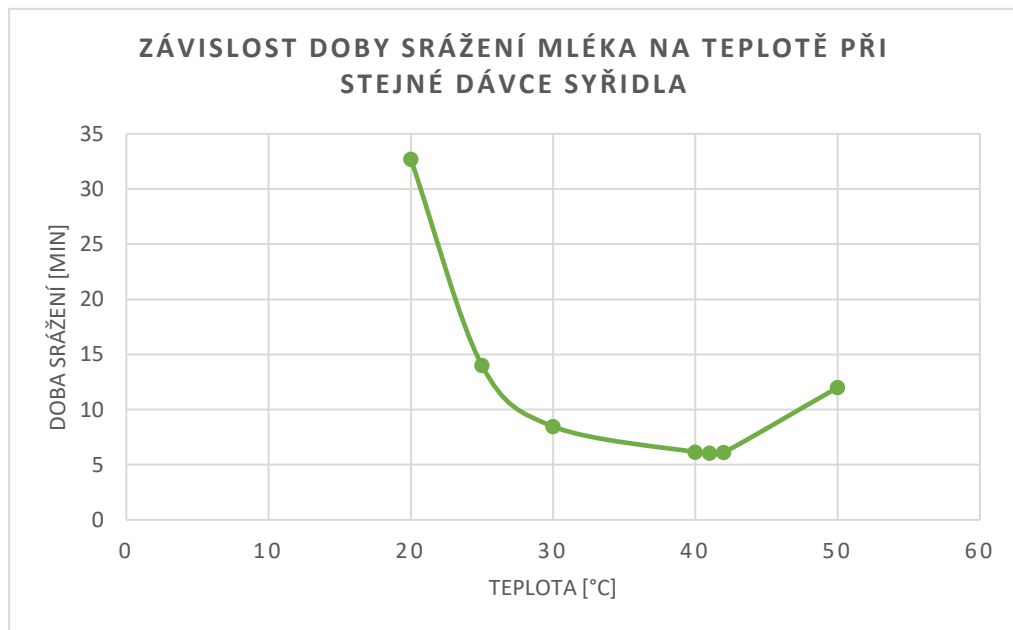
3.2.2 Kyseliny

Další způsob srážení mléka je použití kyselin. Zde se hovoří o tzv. *kyselém srážení*. Používá se kyselina mléčná, octová, sírová nebo chlorovodíková. Nejčastěji používaná je kyselina mléčná, která je v mléce produkována bakteriemi mléčného kvašení [8]. Sýry kyselé vysrážené se nenechávají dozrávat a jsou podávány čerstvé. Jako příklad si uvedeme sýry tvarohové [9].

3.2.3 Vlivy na sýření

Průběh sýření ovlivňuje řada dalších faktorů, jako je kyselost mléka, doba srážení, přídavek vody, obsah rozpustných vápenatých solí a v neposlední řadě také teplota. U té se dá říci, že čím je vyšší, tím je srážení rychlejší. Toto pravidlo platí ale pouze v intervalu od 20 °C do 41 °C. Nad 60 °C se například mléko již nesráží [2]. Nejčastěji se teplota sýření pohybuje kolem 30 °C, výjimečně více [4]. Závislost doby srážení na teplotě je prezentována na následujícím grafu 1.

Graf 1 Závislost doby srážení mléka na teplotě při stejné dávce syřidla. Převzata data [2], str. 69.



3.3 Zpracování sýřeniny

Je důležité, aby se při zpracování sýřeniny syrovátka uvolňovala řízeně. Kdyby sýřenina zůstala nezpracovaná, syrovátka by se začala sama uvolňovat pouze u stěn a na povrchu nádoby. To by způsobilo příliš pomalé povrchové tuhnutí spolu s tím, že by vnitřek netuhl vůbec [2].

3.3.1 Zpracování sýřeniny na zrno

Aby se dosáhlo stejnoměrné sýřeniny, je třeba ponechat sýřené mléko v klidu a udržovat správnou teplotu. Protože však vrchní vrstvy chladnou rychleji, obracíme sýřeninu pomocí sýrařské lžice. Touto činností se nejen udržuje požadovaná teplota, ale také se zamezuje uvolňování tuku do syrovátky [2].

Další zpracování začne tehdy, kdy sýřenina dosáhne vhodné soudržnosti a pevnosti. Tento okamžik se může zjišťovat přístroji se snímači nebo si ho zjišťuje osobně sýrař, kdy například otiskne nádobu do sýřeniny a čeká, kdy se začne vzníklá prohlubeň plnit čistou syrovátkou [5].

3.3.2 Krájení sýřeniny

Ke krájení se nejčastěji používají tzv. *sýrařské harfy* (obrázek 3). Ty jsou tvořeny rovnoběžnými tenkými noži nebo dráty. Sýřenina se rozkrájí na různě velké hranoly, například tvrdé sýry mají menší hranoly než sýry měkké. Při procesu krájení se začne objevovat téměř čirá syrovátka [2].

Obrázek 3 Krájení sýřeniny (prezentace firmy Semptember Farm) [O3]



3.3.3 Drobení sýřeniny

Drobení je vlastně krájení na ještě menší částice. Jeho hlavním cílem je dosáhnout určité velikosti těchto částic, které již odpovídají druhu vyráběného sýra. Velikosti drobení se udávají průměrem jako vlašský ořech, lískový oříšek, fazole, hrách, obilka a proso (od největšího po nejmenší) [2].

Tabulka 1 Typy nadrobeného zrna a jejich rozměr (zjištěno experimentálně)

Typ drobení	Vlašský ořech	Lískový oříšek	Fazole	Hrách	Obilka	Proso
Průměr [mm]	26-27	15-16	8-9	5-6	2-3	2

V tabulce 2 nalezneme příklad velikostí drobení u vybraných sýrů:

Tabulka 2 Vybrané sýry a velikost jejich nadrobeného zrna [5]

Sýr	Velikost drobení
Eidam	obilka – hrách
Čedar	hrách
Ementál	proso
Niva	hrách – fazole
Oštiepok	hrách

Drobení není kontinuální proces. Práce se v intervalech přerušuje a sýřenina tím získává čas na vytužování, pomalé uzrávání a v malé míře i samovolné lisování. Tento stav ponechání v klidu se nazývá *odpočinek* [2].

3.3.4 Přihřívání (dohřívání) sýřeniny

K výrobě polotvrdých a tvrdých sýrů se rozdrobené zrna přihřívá. Princip ohřevu spočívá v odčerpání syrovátky a následném jejím nahrazení za teplou vodu. Spolu s ohřevem se také docílí zředění obsahu mléčného cukru a tím se sníží rozsah mléčného kysání. To znamená, že mladé sýry mají tvárnější a pevnější těsto. Je třeba přihřívát rovnoměrně v celé hmotě, proto se jedná o pomalou činnost, kde je vyžadováno stálé míchání [2].

3.3.5 Dosoušení sýrového zrna

Aby se vyloučila další syrovátka, zahřáté zrna se míchá na dosažené teplotě. Čím delší dobu to takto trvá, tím má zhutněná sýřenina vyšší obsah sušiny. Proto se tomuto úkonu říká *dosoušení* [2].

3.3.6 Formování sýrů

Většina zpracovaného zrna se dnes formuje v tzv. *tvořítkách* (obrázek 4). Ty jsou kovová nebo plastová, většinou bez dna, aby syrovátka nadále dobře odtékala. Obecně platí, že jakmile je syrové zrno připravené, musí se co nejrychleji začít formovat [4].

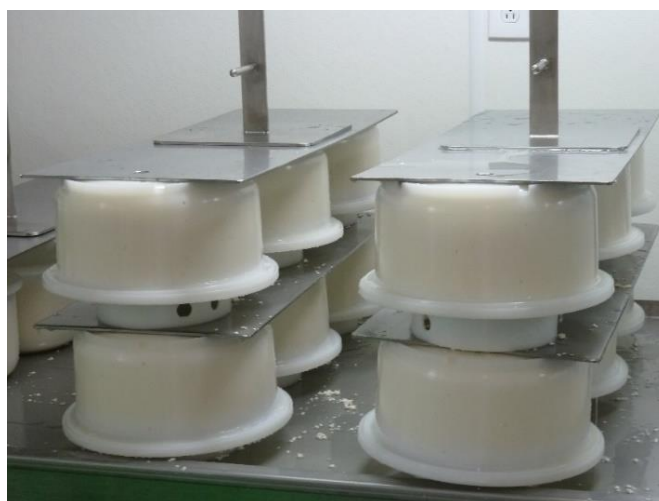
Obrázek 4 Tvořítka v sýrárně Gran Moravia (prezentace blogu I love Italy) [O4]



K dalšímu zbavování syrovátky může docházet dvěma způsoby. První je odkapávání, což znamená, že je sýřenina v tvořítku zatížena vlastní hmotností. Stejnomořného odkapávání se docílí obrácením, zpočátku častěji a ke konci méně [2].

Druhý způsob, lisování, odstraňuje syrovátku mnohem rychleji (obrázek 5). Probíhá za tlaku a na povrchu sýrů se vytváří pevná tuhá pokožka. Ze začátku procesu je používán menší tlak, který je postupně zvyšován, protože by se jinak hned vytvořila tlustá kůra bránící odtoku syrovátky [2].

Obrázek 5 Lisování (prezentace firmy C. van ,t Riet / Dairy Technology USA) [O5]



3.4 Další operace pro výrobu sýrů

3.4.1 Solení

Solením se upravuje chuť sýrů, zpevňuje se povrch a reguluje obsah vody, což ovlivňuje konzistenci těsta, průběh kysání a zrání. Solit se může třemi způsoby: *v těstě, na sucho a v solných lázních* [5].

Solení v těstě se používá nejvíce u plísňových sýrů. Sýřenina se posypává solí a promíchává.

Solení na sucho probíhá již na povrchu vyrobeného sýra a následně se sůl rozetře. Je vyžadována homogenní sůl, aby se dosáhlo stejnoměrného prosolení. Jinak hrozí přesolení či nedosolení.

Solení v solných lázních se využívá nejčastěji. Zavedlo se koncem 19. století, aby se ušetřila práce a čas. Snížily se též náklady, protože se už nemusí hledět na zrnitost soli, a tak je možno využít levnější druhy soli [2]. Koncentrace lázně (chloridu sodného) se pohybuje kolem 18–20 %, u ementálských sýrů 20–22 % [4]. Solení může trvat od několika desítek minut (hermelín) až po několik dnů (ementál). Obecně platí, že měkké sýry se solí kratší dobu než tvrdé. Sýry se nejvíce prosolí v prvních třech hodinách, postupně se přírůstky snižují. Úplného stejnoměrného rozložení soli se však docílí až v průběhu zrání [2].

3.4.2 Zrání

Sýry zráním získávají svůj vzhled, chuť a vůni. Jedná se o souhrn změn, které byly způsobeny enzymatickou činností kultur a syřidlových enzymů [4]. Zrání začne probíhat už při výrobě, kdy dochází k prokysání sýřeniny. Zde hovoříme o tzv. *předběžném zrání*. K největším změnám ale dochází až v sýru vyrobeném. Zde pak hovoříme o tzv. *vlastním zrání* [2].

Při vlastním zrání rozlišujeme dva typy:

1. Primární zrání (anaerobní), postupující pomalu v celé hmotě bez přístupu vzduchu.
2. Sekundární zrání (aerobní), postupující za přístupu vzduchu od povrchu sýru dovnitř.

Sekundární zrání probíhá rychleji. Některé sýry vyžadují oba typy stejně, u jiných zase převládá pouze jeden. Celý proces zrání by se měl stále sledovat a usměrňovat [2].

Zrání probíhá ve zracích sklepích (obrázek 6). Ty vyžadují určité podmínky prostředí. Především udržování konstantní teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Zároveň musí být jednoduše umožněno tyto podmínky regulovat podle potřeby. Teplota se ve sklepích pohybuje nejčastěji mezi 12 a 16 °C, relativní vlhkost mezi 50 a 100 %. Pro tyto účely se do sklepů instalují klimatizační zařízení [2].

V tabulce 3 jsou uvedeny doby zrání pro jednotlivé sýry:

Tabulka 3 Vybrané sýry a jejich doba zrání [5]

Sýr	Doba zrání
Gervais	Konzumace hned po výrobě
Parenica, oštiepok, korbáčik	Konzumace hned po výrobě
Tvarůžky	1 až 2 týdny
Niva	5 až 8 týdnů
Eidam	Nejméně 4 týdny
Moravský bochník	6 až 8 týdnů
Ementál	Nejméně 3 měsíce
Parmazán	Nejméně 1 rok

Obrázek 6 Zrací sklep (prezentace magazínu Culture: the word on cheese) [06]



3.4.3 Ošetřování

Sýry během zrání vyžadují tzv. *ošetřování*. Jedná se o obracení sýrů, které je potřeba k udržení tvaru, stejnoměrnému vysychání a k zabránění proležení sýru v důsledku zvlhnutí spodní strany. Můžeme se setkat také s operací, kde je roztírán maz u sýrů pod ním zrajících za účelem zrychlení a udržení jeho správné tvorby. Další operací je mytí a následné sušení sýrů před expedicí. Mytí probíhá v kartáčové myčce s vlažnou vodou, kde se odstraňuje plíseň nebo maz. Niva zase žádá k odstranění povrchové plísně další operaci – oškrabávání. Některé sýry se také během zrání prosolují [2].

3.4.4 Uzení

Určité druhy sýrů získávají speciální chuť uzením. Udí se nejčastěji vyzrálý eidam nebo pařené sýry jako parenice, oštiepok či korbáčiky ihned po vysolení a osušení. K procesu se používají tzv. *udírenské komory* s automatickým řízením cirkulace, vlhkosti a teploty dýmu. Dým vháněný do komory se vyrábí tzv. *generátorem dýmu*. Je důležité, aby získaný dým neobsahoval karcinogenní látky, popel nebo saze. Doporučuje se ho tedy vyrábět z bukového dřeva. Sýry se udí o teplotě dýmu 30 až 45 °C po dobu 30 až 45 minut [5].

3.4.5 Balení

Balením se docílí ochrany sýrů před různými vlivy, jako jsou mechanická poškození, světlo, znečištění, vysychání, mikroorganismy atd. Neméně důležitým důvodem pro balení sýrů je také docílení lákavého vzhledu pro zákazníka [2].

Rozlišují se 2 typy balení:

1. Vakuové balení

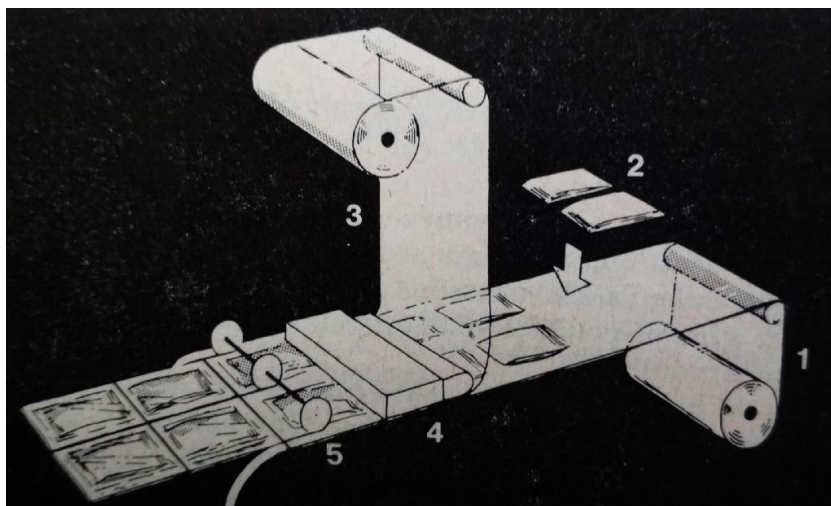
Vakuové balení lze rozdělit na balení zrací a na balení konzumních jednotek. V ekonomickém měřítku jsou zrací sklepy finančně náročné, konkrétně na prostory, udržování podmínek zrání a také na pracovní sílu ošetřující sýry. V důsledku toho se tedy započalo s balením do tzv. *zracích sáčků*. Princip spočívá ve vícevrstevných materiálech, které směrem ven umožní prostup vznikajícího oxidu uhličitého během zrání a zároveň zabrání prostupu vody. Tím se docílí vysychání sýrů. Směrem dovnitř zase zabrání přístupu kyslíku, čímž se zamezí růstu plísní. Právě díky nepřítomnosti plísní odpadá nutnost ošetřování, výjimku však tvoří sýry s tvorbou ok, které se musí obracet [10].

Proces vakuového balení do bariérové smrštitelné fólie lze realizovat buď ve formě sáčků nebo plochých fólií. V prvním případě se užívá komorových baliček odsávajících vzduch ze sáčků. Ve druhém případě se používají hlubokotažné baličky. Jejich princip odpovídá postupu balení sýrových plátků uvedeném na obrázku 7 [10].

2. Balení v modifikované atmosféře

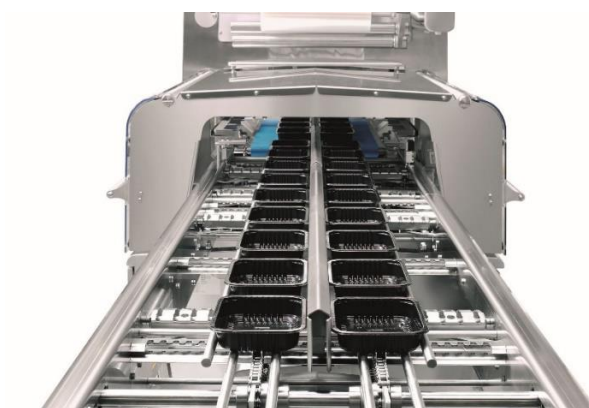
V tomto případě se při balení sýrů nahrazuje přirozená atmosféra v obalu za modifikovanou. Vzduch se tedy nahradí směsí plynů, nejčastěji oxidem uhličitým, dusíkem a kyslíkem, aby se zachovala čerstvost, vůně a barva. Na tento způsob balení se používají opět hlubokotažné baličky nebo také tzv. *traysealery* (do českého jazyka možno doslovně přeložit jako „zapečetěné tácky“ – obrázek 8) [11]. Na obalech jsou takto zabalené sýry označeny textem: „pod ochrannou atmosférou“ [12].

Obrázek 7 Postup balení sýrových plátků [07]



1 – spodní fólie, 2 – plátky sýra, 3- krycí fólie, 4 – vysátí vzduchu ze sáčku a svaření, 5 – ořezávání

Obrázek 8 Traysealer (prezentace firmy Multi-VAC spol. s.r.o.) [08]



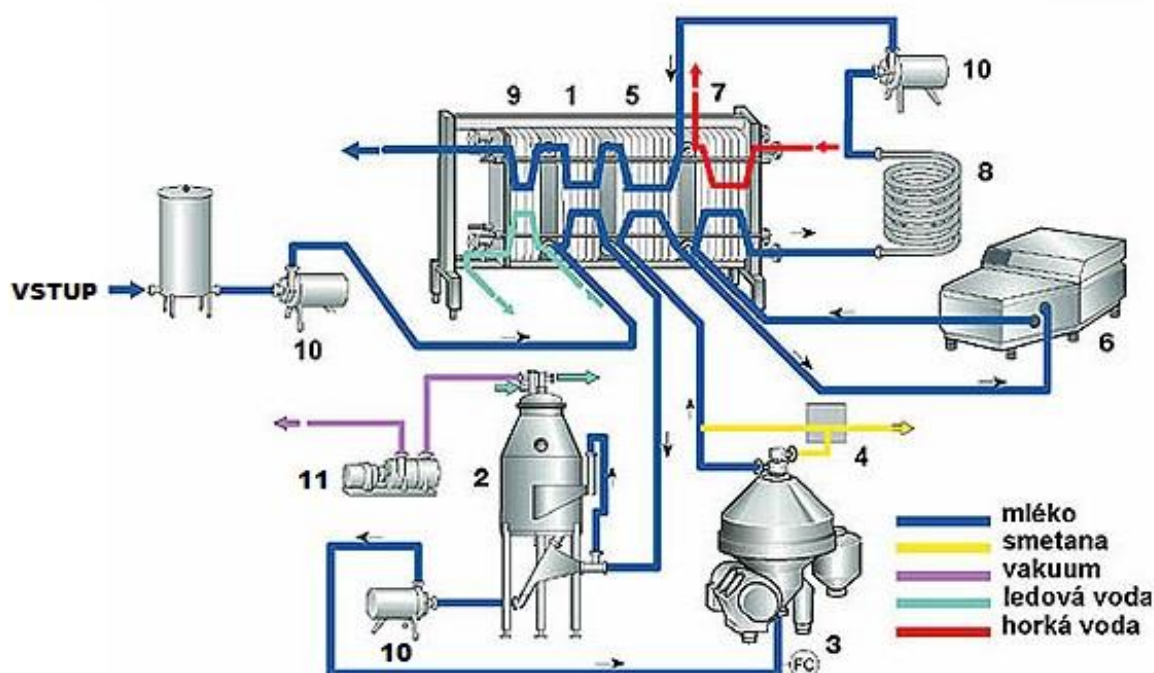
4 Stroje a zařízení používané na výrobu sýrů

4.1 Pasterační stanice

Syrové mléko přichází na tzv. *pasterační stanici* (obrázek 9), na které je provedeno jeho tepelné ošetření, odstředění, standardizace, odvětrání a homogenizace. Mléko se stanicí pohání pomocí čerpadel [7].

Schéma pasterační stanice

Obrázek 9 Schéma pasterační stanice (výukový materiál VŠCHT Praha) [O9] - modifikováno



Princip pasterační stanice je popsán dle [13] následovně: „Studené mléko je čerpáno do první regenerační sekce pasteru (1), odkud je vedeno na odvětrávání (2) a odsmetanění (3). Za odstředivkou (3) následuje úprava tučnosti (4), část smetany se vrací do odtučněného mléka a zbytek je veden na paster smetany. Upravené mléko je pak vedeno do druhé regenerační sekce pasteru (5), po které následuje homogenizace (6) a vlastní pasterace (7). Horké mléko je dále čerpáno přes výdržník teploty (8) zpět do druhé a první regenerační sekce, kde přes nerezové desky předává většinu získaného tepla přitékajícímu mléku. Pak je v chladicí sekci (9) dochlazeno na požadovanou teplotu (např. pro skladování 4–6 °C), čerpadlo (10) a vývěva (11).“

4.1.1 Pastéry

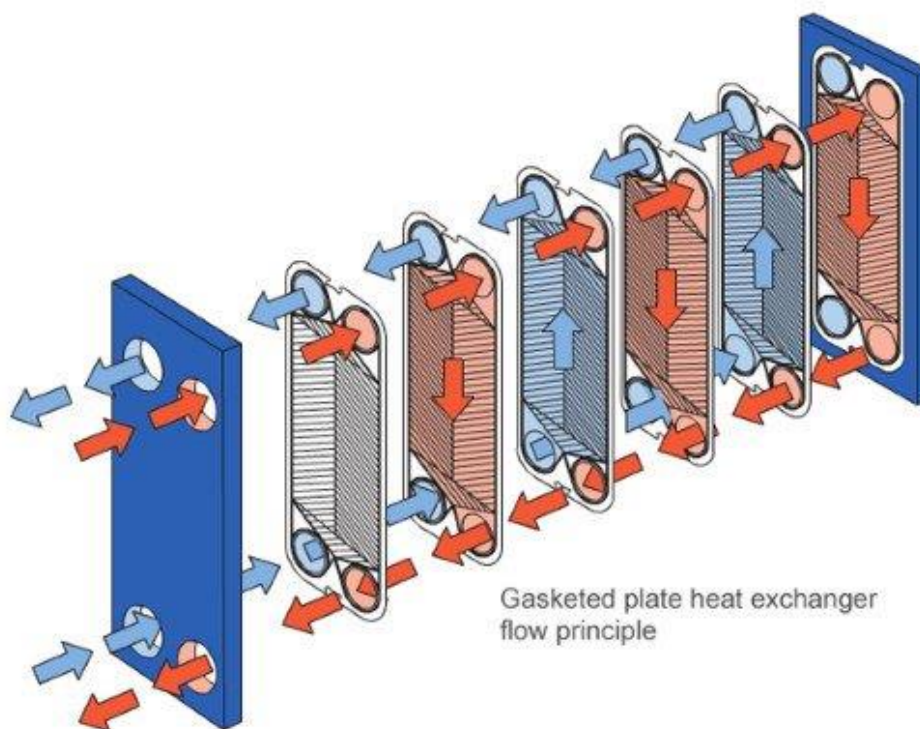
Pastéry jsou výměníky tepla, ve kterých je sdíleno teplo mezi dvěma tekutinami. Výměníky existují trubkové nebo deskové. Deskové se používají na tepelné ošetření mléka nejčastěji [14]. Jejich výhodou je nižší cena, regulovatelnost výkonu změnou počtu desek či menší náchylnost na zanášení. Naopak jejich nevýhody spočívají v menších provozních tlacích a teplotách.

Desky bývají profilovány pro co nejvyšší přestup tepla. Každá má ve všech rozích otvory, kudy proudí média. Otvory jsou vždy dva pro jeden směr funkční, zatímco druhé dva oddělené pomocí těsnění (obrázek 10) [15]. Desky, kterých může být několik desítek až stovek, visí na vodících tyčích, jsou k sobě silně přitlačeny a přišroubovány. Pastéry se dělí na 5 sekcí, tedy skupin desek vzájemně oddělených mezistěnami:

1. První regenerační sekce
2. Druhá regenerační sekce
3. Pasterační sekce
4. První chladicí sekce
5. Druhá chladicí sekce

Chladicí médium bývá ledová voda, ohřívací zase voda horká nebo pára. Mléko je v rámci celé pasterační stanice obojím, protože je při vstupu ohříváno a při výstupu své teplo předává (viz 4.1. – Pasterační stanice) [7].

Obrázek 10 Princip deskového výměníku (prezentace firmy Alfa Laval Corporate AB) [O10]



Kromě rozebíratelných pastérů však existují i svařované. Fungují pro vyšší teploty i tlaky. Například provozní teplota rozebíratelného mlékárenského výměníku se pohybuje kolem 125 °C, u svařovaného až 250 °C [7].

Konstrukce desek

Desky se nejčastěji vyrábí lisováním plechů o tloušťce 1 až 1,5 mm z nerezové oceli (Cr-Ni-Mo), případně z titanu nebo grafitového kompozitu [15]. Pro zvýšení tuhosti desky, zvětšení výhřevné plochy či dosažení žádoucího turbulentního proudění pro správné prohřátí celého objemu mléka se lisují speciální výstupky a žlábků (obrázek 11). Do žlábků podél okraje nebo otvorů v rozích se vlepuje již zmiňované těsnění, které musí být z nezávadné potravinářské pryže [14].

Obrázek 11 Desky pastéru [O11]



Bezpečnostní systémy

Celý proces stanice je řízen automatickými systémy zahrnujícími i bezpečnostní prvky. K jedním z nich patří regulace teploty, která zajišťuje, že se v případě nedostatečného zahřátí vrací mléko zpět k pasterizaci. Dalším bezpečnostním prvkem je kontrola, aby se nemísilo zahřáté mléko s nezahřátým. Celkově se v potravinářství bere velký zřetel na bezpečnost potravin, zejména kvůli potenciálním zdravotním důsledkům. Veterinární správa může například dožadovat dva roky staré údaje z registračních teploměrů pastérů. Pro výrobky podléhající rychlému kažení však může být lhůta zkrácena na dva měsíce [7].

Zpětné získávání tepla

Rekuperací (u pastérů se používá název regenerace) rozumíme poměr vráceného tepla pasterovaného mléka k teplu, které je potřeba pro zahřátí syrového mléka na teplotu pasterizace [14]:

$$\eta_r = \frac{t_p - t_r}{t_p - t_s} \cdot 100, \quad (2)$$

kde η_r – účinnost regenerace tepla [%],

t_p – pasterační teplota [°C],

t_s – vstupní teplota syrového mléka [°C],

t_r – výstupní teplota ochlazeného mléka na výstupu z 1.regenerační sekce [°C].

Obrázek 12 Deskový výměník v provozu [O12]



4.1.2 Odstředivky

Princip

Odstředivky jsou stroje používající se v mlékárenství na získávání nízkotučné mléčné plasmy a smetany s naopak vysokým podílem tuku (obrázek 13). Princip spočívá v uvedení mléka do rotace, přičemž na všechny jeho složky působí odstředivá síla [16]. Tu lze zapsat následovně:

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r}, \quad (3)$$

kde F – odstředivá síla [N],

m – hmotnost rotujících složek [kg],

v – rychlost otáčení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

r – poloměr otáčení [m].

Pro všechny složky mléka je rychlost otáčení i vzdálenost od osy společná, avšak jednotlivě se liší jejich hmotnosti, protože mají různě velké hustoty. Tyto rozdíly v hustotách složek zapříčiní odlišné odstředivé síly, a tedy možnost se začít vzájemně oddělovat. Složka s menší hustotou – smetana bude při rotaci blíže k ose, složka s větší hustotou – mléčná plasma zase dále [16].

Obrázek 13 Odstředivka GEA (prezentace firmy Lekkerkerker Dairy & Food Equipment) [O13]



Příklad

Jaká je potřebná rychlost odstředování tukové kuličky o zvoleném průměru?

Řešení: Abychom rychlost vypočítali, musíme odhadnout, v jaké oblasti Reynoldsových čísel odstředování probíhá. K tomu je třeba stanovit hodnotu součinu $Re^2 \cdot C_D$ [17]:

$$Re^2 \cdot C_D = \frac{4}{3} \cdot \frac{D^3 \cdot (\rho_s - \rho_p) \cdot \rho_p \cdot R \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}\right)}{\mu^2}, \quad (4)$$

kde Re – Reynoldsovo číslo [-]

C_D – součinitel odporu [-]

D – průměr tukové kuličky [m],

ρ_p – hustota mléčné plasmy [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

ρ_s – hustota smetany [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

R – poloměr odstředivky [m],

n – počet otáček [$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$],

μ – dynamická viskozita mléčné plasmy [$\text{Pa} \cdot \text{s}$].

Pro výpočet jsem zvolil následující hodnoty [16] [18] [19]:

$$D = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m},$$

$$\rho_p = 1\,022,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

$$\rho_s = 898,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

$$R = 0,5 \text{ m},$$

$$n = 6000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1},$$

$$\mu = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}.$$

Hustoty a dynamickou viskozitu jsem volil pro teplotu 50 °C. Číselně poté vychází:

$$Re^2 \cdot C_D = \frac{4}{3} \cdot \frac{(2 \cdot 10^{-6})^3 \cdot (1\,022,3 - 898,2) \cdot 898,2 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 6000}{60}\right)}{(0,85 \cdot 10^{-3})^2} = 5,17 \cdot 10^{-4}.$$

Výsledný součin $Re^2 \cdot C_D$ následně porovnáme s mezními hodnotami součinu pro jednotlivé oblasti [17]:

pro Stokesovu oblast: $Re^2 \cdot C_D < 48$,

pro přechodovou oblast: $48 < Re^2 \cdot C_D < 1,1 \cdot 10^5$,

pro Newtonovu oblast: $1,1 \cdot 10^5 < Re^2 \cdot C_D < 4 \cdot 10^{10}$.

Protože $Re^2 \cdot C_D < 48$, odstředování bude probíhat ve Stokesově oblasti. V té platí pro rychlost odstředování následující vztah [17]:

$$u = \frac{D^2 \cdot (\rho_s - \rho_p) \cdot R \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}\right)^2}{18 \cdot \mu}, \quad (5)$$

kde u – rychlost odstředování [$m \cdot s^{-1}$].

Pro uvažované podmínky je rychlost odstředování:

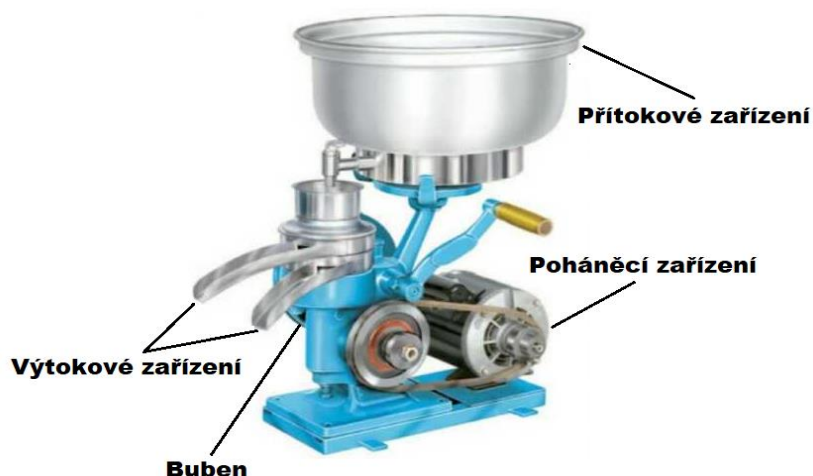
$$\begin{aligned} u &= \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (1\,022,3 - 898,2) \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 6000}{60}\right)^2}{18 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ &= 6,4 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}. \end{aligned}$$

Ze vztahu (5) vyplývá, že rychlost vystupování tuku, a tedy dělení smetany od mléčné plasmy, bude ve Stokesově oblasti tím vyšší, čím vyšší bude počet otáček odstředivky, rozdíl daných hustot, velikost tukových kuliček nebo poloměr odstředivky. Naopak s rostoucí dynamickou viskozitou bude rychlost klesat [16].

Části odstředivky

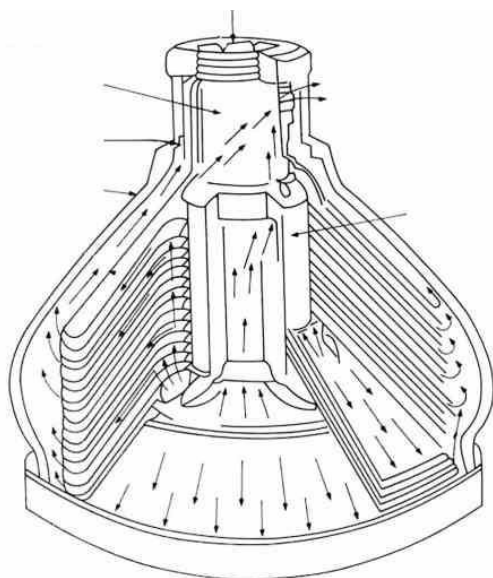
Odstředivky lze z konstrukčního hlediska rozdělit na čtyři hlavní části: 1) *buben*, 2) *poháněcí zařízení*, 3) *přítokové zařízení*, 4) *výtokové zařízení* (obrázek 14).

Obrázek 14 Části odstředivky (prezentace firmy IndiaMART InterMESH Ltd.) [O14] - modifikováno



Nejdůležitější částí je rotační buben. V něm probíhá vlastní odstředování mléka. Musí být dostatečně odolný proti napětí vznikajícímu v důsledku odstředivé síly. Skládá se z víka, spodního dílu a středního dílu. Vnitřek bubnu je vyplněn tzv. *talíři* (obrázek 16), které se nasazují. Talíře mají tvar seříznutého pláště kužele s několika otvory kvůli usměrnění proudění složek. Prostory mezi talíři rozdělují odstředované mléko na více samostatných vrstev, a tím zefektivňují proces odstředování [16].

Obrázek 15 Schéma vnitřku odstředivky (prezentace magazínu Farm Collector) [O15]



Obrázek 16 Talíř odstředivky (prezentace firmy IndiaMART InterMESH Ltd.) [O16]



Poháněcí zařízení je nejčastěji elektromotor, jehož rotační pohyb se přenáší třecí spojkou na ozubené kolo, které pohání hřídel bubny. Odstředivky pro domácí užití se vyrábí s ručním pohonem [16].

Přítokové zařízení slouží k přívodu mléka do odstředivky. Mléko může přitékat shora i zdola, dopravuje se do dutého hřídele pomocí přívodního čerpadla, odkud pokračuje do tzv. *rozvaděče* a následně do prostor mezi talíři [7].

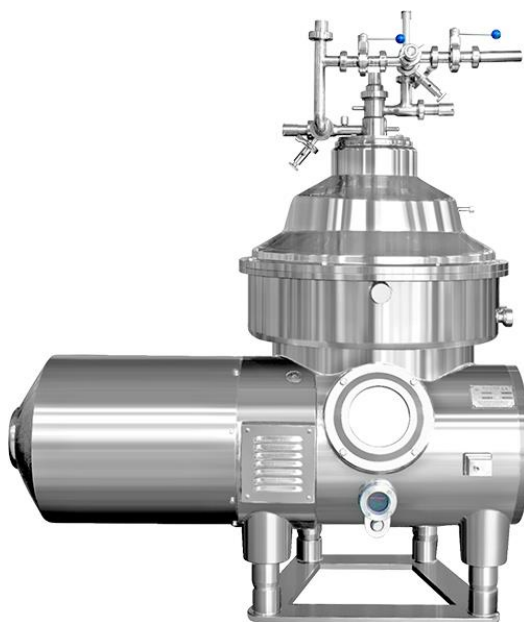
Výtokové zařízení lze rozdělit na dva druhy. U prvního odchází z odstředivky odstředěné mléko spodem, zatímco smetana vrchem. U druhého odchází obě složky vrchem. Odstředivá síla způsobí jejich vytlačování ven. Ve výtoku smetany bývá namontován průtokoměr a ve výtoku odstředěného mléka zase tlakoměr pro nastavení potřebného tlaku [16].

Rozdělení

Odstředivky lze podle přítokového zařízení a konstrukce bubny dělit na [16]:

1. *Uzavřené (hermetické)*, které mají přítokové i výtokové zařízení zcela izolované od okolního vzduchu (obrázek 17).
2. *Polouzavřené (polohermetické)*, které jsou konstruovány s uzavřeným výtokovým zařízením, ale s otevřeným přítokem. Spolu s hermetickými odstředivkami mají jako pohon elektromotor.
3. *Otevřené*, kde přítok i výtok probíhá neizolovaně. Pohon bývá často ruční.

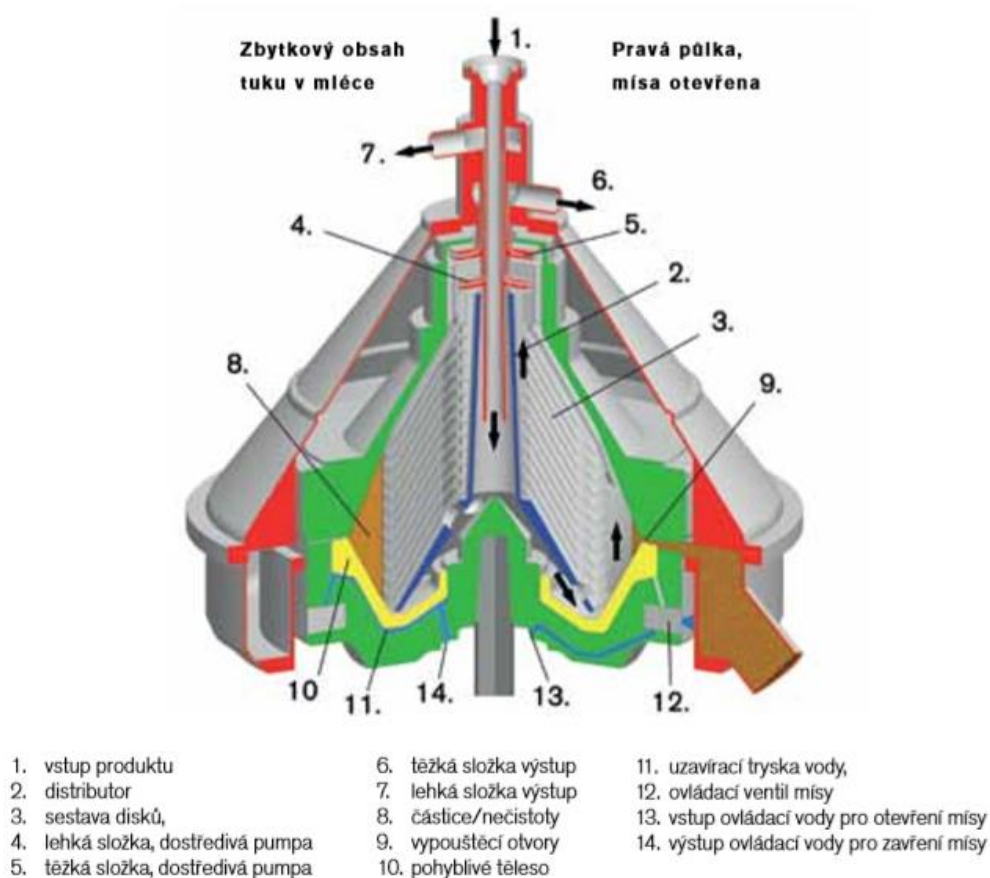
Obrázek 17 Hermetická odstředivka (prezentace firmy Huading Separator, Yixing Huading Machinery Co., Ltd.) [O17]



Další způsob rozdělení odstředivek je podle technologického použití na [16]:

1. *Odsmetanovací* neboli *purifikátory*, které se užívají na klasické odstředování mléka na smetanu a mléčnou plasmu.
2. *Čistící* neboli *klarifikátory*, kde se mléko čistí od tuhých částic – nečistot. Tyto nečistoty mají větší hustotu než ostatní složky mléka, a proto jsou odstředivou silou vrhány na obvod bubnu ve formě tzv. *odstředivkového kalu*. S vyšší teplotou se urychluje čištění mléka. Z konstrukčního hlediska má buben čistící odstředivky méně talířů. Ty nepřiléhají až k okraji, protože je zde ponechán prostor na usazování odstředivkového kalu, který odtud bývá odmrštěn do vnějšího sběrače. U purifikátorů vrchní talíř slouží jako oddělovací stěna obou odstředovaných složek, zatímco u klarifikátorů nikoli. Proto z čistící odstředivky vytéká pouze mléko neodstředěné, případně se u její upravené konstrukce mléko separuje, ale s nižší účinností. V pasterační stanici se setkáme s používáním obou typů odstředivek.

Obrázek 18 Schéma vnitřku samočistící odstředivky (prezentace firmy SPX Flow Technology, s.r.o.) [O18]



Technické specifikace

Průmyslové odstředivky běžně odstředí 5 000 až 20 000 litrů mléka za hodinu. Ovšem ty nejvýkonnější až 50 000 litrů za hodinu pomocí elektromotoru o výkonu 75 kW. Teplota mléka se při procesu pohybuje mezi 45 až 55 °C. Jako materiál se používá nerezová ocel [20].

Další druh odstředivek – baktofugy

Baktofugace je proces, kdy se odstředivou silou odstraňují bakterie z mléka. Nepatří proto mezi klasické způsoby odstředování. Baktofugace však nedosahuje takového efektu, aby ze zdravotního hlediska nahradila pasterizaci. Stroje, ve kterých probíhá, se nazývají baktofugy [7].

Baktofugy jsou konstruovány pro mnohem vyšší odstředivou sílu. Jejich buben tvoří talíře bez otvorů. Baktofugační teplota se pohybuje mezi 60 až 75 °C. Jejich princip spočívá, stejně jako u klasických odstředivek, v odstředování těžších komponent mléka včetně bakterií k obvodu bubnu, odkud jsou odváděny do sběrače jako tzv. *baktofugát*. Z celkového objemu mléka představuje baktofugát 1,5 až 3 % [7]. Kromě škodlivých bakterií však obsahuje i zdraví prospěšné, které zvyšují výtěžnost sýrů. Proto je možno baktofugát v některých případech sterilovat a vracet zpět do mléka [21].

4.2 Výrobníky sýřeniny

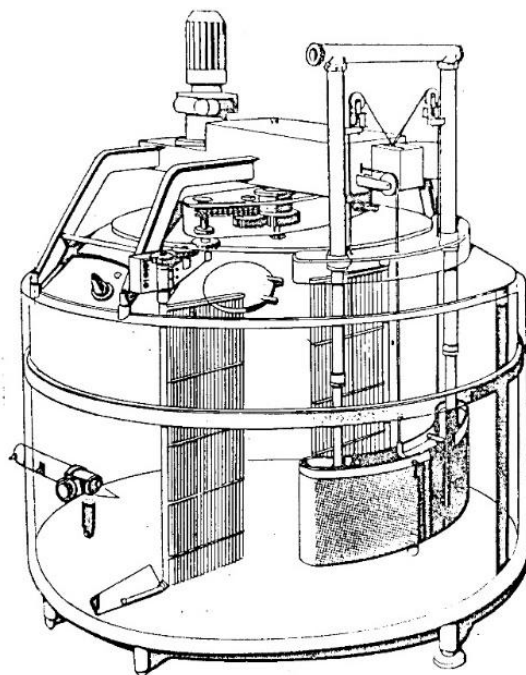
Výrobníky sýřeniny jsou nádoby z nerezové oceli, ve kterých dochází k sýření a zpracování sýřeniny. Postupem času nahrazují díky své velikosti a možnostem automatizace sýrařské kotle a vany. Jedná se o otevřenou či uzavřenou dvouplášťovou nádobu většinou kruhového, případně obdélníkového průřezu se zaoblenými hranami. Za jeden celý cyklus zpracují mléko o objemu 5 000 až 20 000 litrů. Jeden cyklus znamená čas od napuštění mléka, přes sýření, až do vypuštění hotového sýrového zrna. Tyto operace, ale také ty mezi nimi, se řídí nejčastěji automaticky podle programu nebo ručně na ovládacím panelu [22].

Obrázek 19 Vertikální výrobek sýřeniny (prezentace firmy C. van ,t Riet / Dairy Technology USA) [O19]



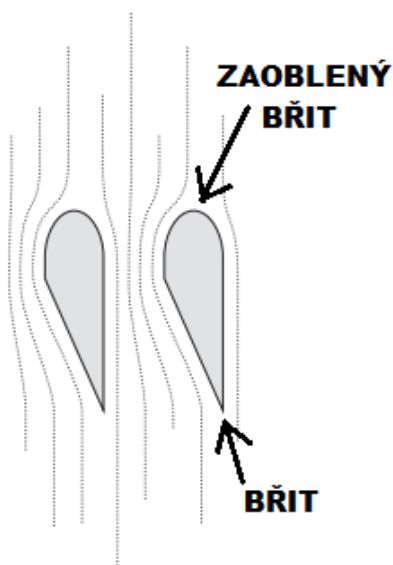
Kromě vlastního prostoru pro mléko má výrobek sýřeniny také další části jako jsou například nástroje na míchání a krájení směsi, pohon těchto nástrojů nebo výše zmiňovaný dvojitý plášť a ovládací panel.

Obrázek 20 Schéma vnitřku vertikálního výrobku [O20]

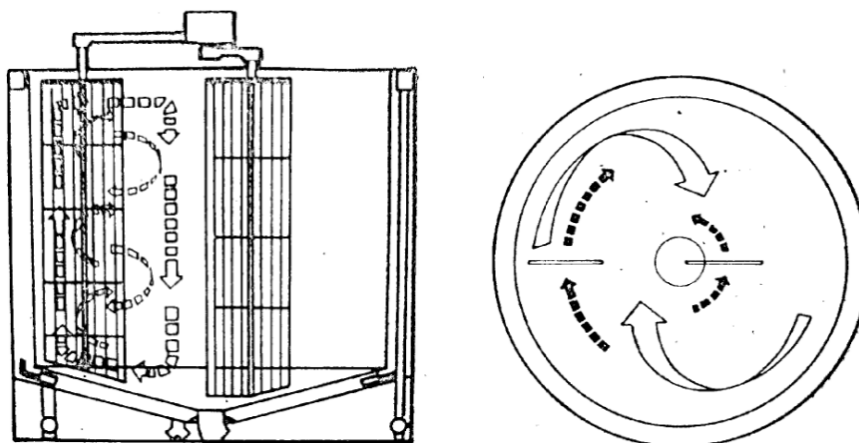


Jak je psáno v podkapitole 3.3.2 – Krájení sýřeniny, nástroje – harfy jsou soustavy nožů nebo drátů. V dnešní době se ale už výplet z drátů používá zřídka, setkáme se tedy výhradně s noži. Pro zamezení uvedení směsi do rotace se v případě dvou a více harf otáčejí harfy protichůdně. Otáčky jsou nastavitelné, pohybují se mezi 2,5 až 35 za minutu [22]. Sýřenina se při pohybu harf po směru břitů krájí, opačným směrem, kdy jsou břity zaobleny, se zase promíchává. Břity jsou na konstrukci navařovány, díky čemuž se zabráňuje hromadění nežádoucích mikroorganismů jako v případě závitových spojů [23].

Obrázek 21 Profil obtékání nožů harfy (prezentace firmy Kalt Maschinenbau AG) [O21] - modifikováno

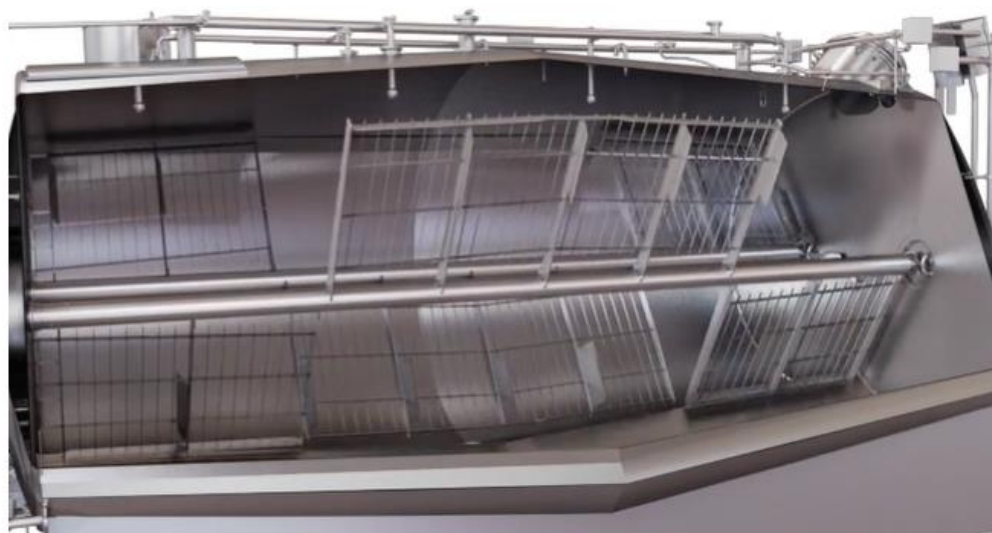


Obrázek 22 Proudění směsi ve vertikálním výrobku [O22]



Nad nádobou se pohybuje převodová skříň se soukolím pohánějící hřídele, na které se nasadí harfy. Pohon stroje je umožněn elektromotorem pohybujícím se po nosné konstrukci. Proto lze docílit rotačního i posuvného pohybu zároveň [16]. Záleží však na typu výrobku, protože některé druhy nemají posuv umožněn a harfy se tak pouze otáčejí. Existují například i ležaté výrobky kruhového průřezu (obrázek 23), v jejichž ose je uložen hřídel. Na hřídeli nalezneme upevněné krájecí nástroje a lopatková míchadla. Kromě rotace se využívá také kývavého pohybu, což se jeví jako šetrné a zároveň účinné řešení [22].

Obrázek 23 Horizontální výrobek sýřeniny (prezentace firmy Tetra Pak International S.A.) [O23]



Ovládací panel řídí pohyb a otáčky nástrojů, dále monitoruje kyselost a teplotu uvnitř výrobniku. Jak je psáno v podkapitole 3.1.6 – Nastavení teploty mléka, směs se v meziplášťovém prostoru ohřívá horkou parou, případně chladí studenou vodou [24].

V případě menších výrobníků se syrovátka nejčastěji odpouští ručním postranním ventilem (obrázek 24) nebo ventilem automaticky regulovaným, jehož efektivita se zvyšuje případným hydraulickým nebo pneumatickým nakloněním výrobniku. Další možností je zavedení koše z děrovaného plechu, který má v sobě trubku na odčerpávání syrovátky (obrázek 25). Koš se zavádí ve svislém směru na okraj nádoby a jeho pohyb je řízen automaticky podle výšky hladiny [22].

Obrázek 24 Ventil na výpust syrovátky (prezentace firmy C. van ,t Riet / Dairy Technology USA) [O24]



Obrázek 25 Sběrací koš na syrovátku (prezentace firmy Kalt Maschinenbau AG) [O25]



4.3 Výrobní linky

Pro velkosériovou výrobu sýrů se používají speciální výrobní linky. Tam se obsah výrobků přepouští do vany (obrázek 26), kde syrovátka odtéká děrovaným dnem. Zároveň zde dochází k lisování sýřeniny vlastní hmotností. Počká se, až hmota získá konzistenci, kdy se s ní dá manipulovat. Posuvná boční stěna dále vytlačuje sýřeninu ke krájecímu ústrojí (obrázek 27), kde se vytvoří bloky, které se vloží do tvořítek. Následně se hmota v pneumatickém lisu dolisuje na potřebnou úroveň.

Obrázek 26 Lisovací vana (prezentace firmy VPS engineering, a.s.) [O26]



Obrázek 27 Krájecí zařízení (prezentace firmy Scherjon Dairy Equipment Holland B.V.) [O27]



4.4 Lisy

Strojů na lisování existuje více druhů, ať už manuálních či automatických. Mezi nejčastější zařízení patří pneumatické, hydraulické, případně méně časté pákové nebo šroubovací lisy [16].

Pneumatické lisy

Tento běžně užívaný typ lisu má výhody spočívající zejména v možnosti plynulé změny lisovací síly nebo udržování konstantního tlaku podle potřeby. Fungují na principu vpouštění vzduchu nad nebo pod píst v pracovním válci. Sestava více pneumatických lisů se umísťuje na společnou konstrukci, čímž tvoří skupinový lis (obrázek 28). Ten má většinou všechny válce napájeny z jednoho zdroje, proto se lisovací síla u jednotlivých lisů nemění a sýry se tedy lisují najednou. Přeprava forem k lisům je řešena ručně nebo automaticky pomocí dopravníku. Pro větší výroby se používají velkokapacitní automatizované lisy (obrázek 29). Lisovací síla pneumatického lisu se vypočítá z následujícího vztahu [22]:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p, \quad (6)$$

kde F – lisovací síla vyvozená na píst tlakem vzduchu [N],

d – průměr pístu v pneumatickém válci [m],

p – tlak vzduchu v pneumatickém válci [Pa].

Obrázek 28 Pneumatický skupinový lis (prezentace firmy Anco Equipment, LLC) [O28]



Obrázek 29 Pneumatický lisovací systém (prezentace firmy S.L. Corporacion Fibosa Internacional) [O29]



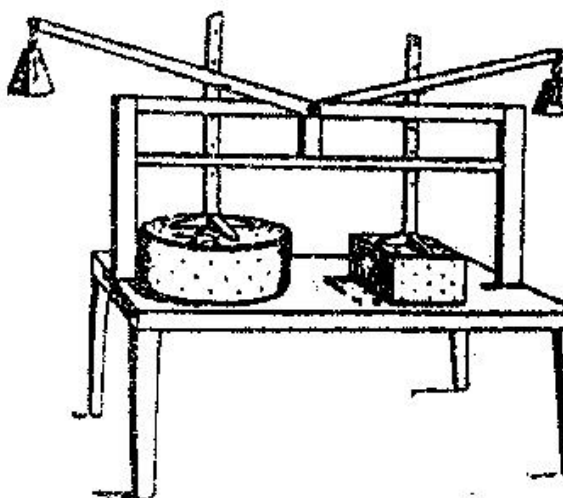
Hydraulické lisy

Hydraulické lisy se užívají pro vyvození větších sil. V jejich pracovním válci působí tlak oleje na píst. Lisovací síla se vypočítá stejně jako u pneumatických lisů [22].

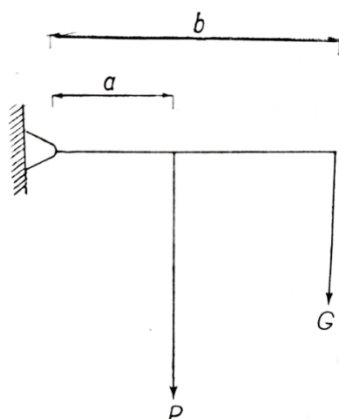
Pákové lisy

Pákové lisy mají jeden konec nosné tyče umístěný v otočném kloubu, druhý volný. Na volném konci je umístěno závaží (obrázek 30). V dnešní době se obzvláště v průmyslu již nepoužívají [16].

Obrázek 30 Pákový lis (výukový materiál Ministerstva zahraničí v Keni) [O30]



Obrázek 31 Schéma pákového lisu [O31]



Kde G – síla závaží [N],

P – lisovací síla [N],

a – délka ramene, odkud působí lisovací síla [m],

b – délka celé páky [m].

Sílu (a následně váhu) potřebného závaží lze vypočítat ze vztahu [16]:

$$G = \frac{P \cdot a}{b} . \quad (7)$$

Šroubovací lisy

U šroubovacích lisů (obrázek 32) je utahováním závitu vyvozen tlak na lisovanou podložku (víko formy), avšak jeho velikost se špatně zjišťuje a reguluje, protože se veškerá obsluha provádí ručně [16]. Proto jsou tyto lisy používány výhradně na domácí výrobu sýrů. Stejně jako u pákových lisů zde musí být vyřešen odtok syrovátky v podobě žlábků vyvedeného ze dna formy.

Obrázek 32 Šroubovací lis (prezentace firmy Metaxo, s.r.o.) [O32]



4.5 Solné lázně

Sýry jsou vkládány do lázní nejčastěji v paletách (obrázek 33). Velikost solných lázní by měla být taková, aby na 1 kg sýra připadalo kolem 5 litrů solného roztoku. V nádržích je požadována stejná koncentrace roztoku. Té se docílí cirkulací lázně, případně vpouštěním vzduchu děrovanými trubkami, které jsou uloženy na dně nádrže [22].

Obrázek 33 Solné lázně (prezentace firmy Miltra Trnávka s.r.o.) [O33]



Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši se zaměřením na výrobu sýrů a používaná strojní zařízení.

V první kapitole je stručně popsána historie sýrů, včetně zmínky o raném českém sýrařství.

Druhá kapitola popisuje rozdělení a jednotlivé typy sýrů.

Třetí kapitola popisuje jednotlivé fáze výroby sýrů, počínaje úpravami mléka, jako jsou např. úpravy tučnosti pomocí směšování nebo tepelné ošetření. Následuje popis sýření mléka, zpracování sýřeniny a dalších operací nutných pro výrobu, mezi které patří mimo jiné i solení, zrání či balení sýrů.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na popis strojů v sýrařství. A to na pastéry, odstředivky na mléko, výrobníky sýřeniny, výrobní linky, lisy a solné lázně.

Zdroje

- [1] History of cheese, National Historic Cheesemaking Center [online]. ©2017 [cit. 03.03.2019].
Dostupné z: <https://nationalhistoriccheesemakingcenter.org/history-of-cheese/>
- [2] KNĚŽ, V. *Výroba sýrů*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960. 380 s.
- [3] Historie, České vysoké učení technické v Praze [online]. [cit. 04.03.2019].
Dostupné z: <https://www.cvut.cz/historie>
- [4] FORMAN, Ladislav a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta potravinářské a biochemické technologie. *Mlékárenská technologie 2*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 978-80-7080-250-2.
- [5] KERESTEŠ, Ján a Ján SELECKÝ. *Syrárstvo na Slovensku – história a technológia*. 1. vyd. Považská Bystrica: Eminent, 2005. ISBN 978-80-9693-879-7.
- [6] KOPÁČEK, J. Zapomenuté sýry. Časopis Sběratel [online]. 2009, získáno z LAKTOS COLLECTION [cit. 14.03.2019]. Dostupné z: <http://laktoscollection.cz/view.php?navez=zapomenute-syry&cislocianku=2009080009>
- [7] JANŠTOVÁ, Bohumíra. Technologie mléka a mléčných výrobků [elektronická skripta]. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, ©2012. [cit. 19.3.2019]. ISBN 978-80-7305-635-3.
Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Janstova-skripta-web.pdf>
- [8] BŘEZINA, Pavel a Jaroslav JELÍNEK. *Chemie a technologie mléka*. 1. část. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1990. ISBN 978-80-7080-075-1.
- [9] ROGINSKI, Hubert, John W. FUQUAY a P. F. FOX. *Encyclopedia of dairy sciences*. 1st. Amsterdam: Academic Press, 2003. ISBN 978-01-2227-235-6.
- [10] Novinky v balení sýrů, Svět balení [online]. ©2016 [cit. 07.04.2019].
Dostupné z: <https://www.svetbaleni.cz/2012/11/01/novinky-v-baleni-syru/>
- [11] Multi-VAC, spol. s r.o. [online]. MAP a EMAP – obaly s modifikovanou atmosférou. [cit. 07.04.2019]. Dostupné z: <https://cz.multivac.com/cs/reseni/druhy-obalu/map-a-emap>
- [12] Prodloužit potravinám život znamená zbavit je bakterií, Státní zemědělská a potravinářská inspekce [online]. ©2000 [cit. 07.04.2019]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/prodlouzit-potravinam-zivot-znamenazbavit-je-bakterii>

- [13] VŠCHT Praha [online], Schéma pasterační stanice. [cit. 05.05.2019]. Dostupné z: <http://umtk.vscht.cz/ESO/EM/4/425.htm>
- [14] VRANÍK, Emil. Stroje a zařízení mlékáren pro 2. a 3. ročník středních odborných učilišť. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit, 1985.
- [15] ŠESTÁK, Jiří a Rudolf ŽITNÝ. *Tepelné pochody II: výměníky tepla, odpařování, sušení, průmyslové pece a elektrický ohřev*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 978-80-0101-630-5
- [16] PREKOPP, Ivan. *Mechanizácia v mliekárstve: stroje a zariadenia*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1966.
- [17] NOVÁK, Václav, František RIEGER a Karol VAVRO. *Hydraulické pochody v chemickém a potravinářském průmyslu*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 978-80-0300-144-6
- [18] R. Paul SINGH, *Example of fat separation in milk*. Youtube [online]. 20.01.2018 [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=AutPBq7StHo&t=60s>
- [19] Paul Francis SHARP. *Physical Constants of the Milk as Influencing the Centrifugal Separation of Cream at Various Temperatures [online]*. © 1928 American Dairy Science Association. Published by Elsevier Inc. Získáno z Journal of Dairy Science [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(28\)93636-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(28)93636-X/pdf)
- [20] ANDRITZ AG [online]. RELIABILITY FOR YOUR DAIRY PRODUCTION. ©2000 [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: <https://www.andritz.com/resource/blob/13646/4dddc1ce01dae93b7dee91c310d488f3/se-downloads-separators-dairy-data.pdf>
- [21] KOPÁČEK, J. Vady sýrů a faktory, které je ovlivňují. Českomoravský svaz mlékárenský [online]. 2013, získáno z LAKTOS COLLECTION [cit. 01.05.2019]. Dostupné z: <http://laktoscollection.cz/view.php?navez=vady-syru-a-faktory-ktere-je-ovlivnuji&cislocclanku=2013120025>
- [22] VRANÍK, Emil. Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit, 1984.
- [23] Kalt Maschinenbau AG [online]. Cheese vats. ©2019 [cit. 27.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kalt-ag.ch/assets/downloads/broschueren/kalt-cheese-vats-english-ds.pdf>

[24] Armfield Ltd [online], Cheese Vat & Cheese Making Accessories. ©2019
[cit. 28.04.2019]. Dostupné z:
<http://exploreamfield.com/en/products/view/ft2020a/cheese-vat-cheese-making-accessories>

Zdroje obrázků

- [O1] FORMAN, Ladislav a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Fakulta potravinářské a biochemické technologie. *Mlékárenská technologie 2*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 978-80-7080-250-2. Str. 138.
- [O2] Kitchen Fantasy [online]. Dostupné z: http://www.kitchenfantasy.com/shopping_cart/rennet.html
- [O3] Semptember farm [online], Cheese making. Dostupné z: <https://www.septemberfarmcheese.com/content/cheese-making>
- [O4] I love Italy [online], Návštěva sýrárny Gran Moravia. Dostupné z: <https://www.ilove-italy.cz/navsteva-syrarny-gran-moravia/>
- [O5] C. van 't Riet / Dairy Technology USA [online], Mechanical cheese press. Dostupné z: <https://www.schuller.us/products/mechanical-cheese-press>
- [O6] Culture Cheese Magazine [online], Style Highlight: Swiss Cheese with Holes. Dostupné z: <https://culturecheesemag.com/cheese-iq/style-highlight-swiss-cheese-with-holes>
- [O7] VRANÍK, Emil. *Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit, 1984. Str. 110.
- [O8] Multi-VAC spol. s.r.o. [online], Traysealer. Dostupné z: <https://ca.multivac.com/en/solutions/products/traysealers/multivac-traysealers-offer-you-the-following-advantages/>
- [O9] VŠCHT Praha [online], Schéma pasterační stanice. Dostupné z: <http://umtk.vscht.cz/ESO/EM/4/425.htm>
- [O10] Alfa Laval Corporate AB [online], How gasketed plate heat exchangers work. Dostupné z: <https://www.alfalaval.com/microsites/gphe/tools/how-gphes-work/>
- [O11] Wikipedia (En) [online], Plate heat exchanger. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Plate_heat_exchanger
- [O12] Wikipedia (Tr) [online], Plakalı ısı değiştiricisi. Dostupné z: https://tr.wikipedia.org/wiki/Plakalı_ısı_değiştiricisi
- [O13] Lekkerkerker Dairy & Food Equipment [online], GEA Westfalia. Dostupné z: <https://lekkerkerkerequipment.com/machines/gea-westfalia-msa-msb-msd-mse>
- [O14] IndiaMART InterMESH Ltd. [online], Milk Cream Separator 300 ltr HDED model. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/milk-cream-separator-300-ltr-hded-model-9276760562.html>
- [O15] Farm Collector [online], How it Works Cream Separator. Dostupné z: <https://www.farmcollector.com/equipment/cream-separator-zmhz12mayzbea>
- [O16] IndiaMART InterMESH Ltd. [online], Bowl Disc for Dairy Cream Separator. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/sanstampings/milk-cream-separater-parts.html>
- [O17] Huading Separator, Yixing Huading Machinery Co., Ltd. [online], Skimming Milk and Whey. Dostupné z: <http://www.huading-separator.com/app/skimming-milk-and-whey/>

- [O18] SPX Flow Technology, s.r.o. [online], Odstředivky v mlékárenském průmyslu. Dostupné z: www.spxflow.com/en/assets/pdf/SST_Separation_Dairy_101_03_04_2015_CZ.pdf
- [O19] C. van 't Riet / Dairy Technology USA [online], Closed cheese vat. Dostupné z: <https://www.schuller.us/products/closed-cheese-vat>
- [O20] VRANÍK, Emil. *Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit, 1984. Str. 83.
- [O21] Kalt Maschinenbau AG [online]. Cheese vats. Dostupné z: <https://www.kalt-ag.ch/assets/downloads/broschueren/kalt-cheese-vats-english-ds.pdf>
- [O22] VRANÍK, Emil. *Strojnictví pro 4. ročník SPŠ mlékárenské*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství techn. lit, 1984. Str. 83.
- [O23] Tetra Pak International S.A. [online], Tetra Pak Cheese Vat Yieldmaster 2. Dostupné z: <https://www.tetrapak.com/processing/curd-making/cheese-vat-yieldmaster-2>
- [O24] C. van 't Riet / Dairy Technology USA [online], Cheese vat accessories. Dostupné z: <https://www.schuller.us/products/cheese-vat-accessories>
- [O25] Kalt Maschinenbau AG [online]. Cheese vats. Dostupné z: <https://www.kalt-ag.ch/assets/downloads/broschueren/kalt-cheese-vats-english-ds.pdf>
- [O26] VPS engineering, a.s. [online]. Lisovací vany. Dostupné z: <https://www.vps-hk.cz/linky-na-vyrobu-polotvrdych-a-tvrdych-syru>
- [O27] Scherjon Dairy Equipment Holland B.V. [online]. Pre-press vat A1. Dostupné z: [https://www.scherjon.eu/dairy-equipment/cheese-production/pre-press-vat-a1/#lightbox\[113\]/1/](https://www.scherjon.eu/dairy-equipment/cheese-production/pre-press-vat-a1/#lightbox[113]/1/)
- [O28] Anco Equipment, LLC [online]. Cheese Presses. Dostupné z: <http://ancoequipment.com/cheese-presses.html>
- [O29] S.L. Corporacion Fibosa Internacional [online]. Automatic Matress. Dostupné z: http://fibosa.com/en/productes/categoria/1/Dairy#seccio_productes
- [O30] The Food and Agriculture Organization of the United Nations [online]. Cheese making. Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries, Republic of Kenya. Dostupné z: <http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/MPGuide/mpguide5.htm>
- [O31] PREKOPP, Ivan. *Mechánizácia v mliekárstve: stroje a zariadenia*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1966. Str. 321.
- [O32] Metaxo, s.r.o. [online]. Lis na sýr. Dostupné z: <https://shop.metaxo.cz/katalog/1236-lis-na-syr.html>
- [O33] Miltra Trnávka s.r.o. [online]. Solení. Dostupné z: <http://www.mlekarnamiltra.cz/fotogalerie/>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma výroby eidamského typu sýru	15
Obrázek 2 Syřidlo.....	18
Obrázek 3 Krájení sýřeniny.....	20
Obrázek 4 Tvořítka v sýrárně Gran Moravia	22
Obrázek 5 Lisování	22
Obrázek 6 Zrací sklep	24
Obrázek 7 Postup balení sýrových plátků	26
Obrázek 8 Traysealer	26
Obrázek 9 Schéma pasterační stanice	27
Obrázek 10 Princip deskového výměníku.....	28
Obrázek 11 Desky pastéru.....	29
Obrázek 12 Deskový výměník v provozu	30
Obrázek 13 Odstředivka GEA.....	31
Obrázek 14 Části odstředivky	34
Obrázek 15 Schéma vnitřku odstředivky	34
Obrázek 16 Talíř odstředivky.....	34
Obrázek 17 Hermetická odstředivka	35
Obrázek 18 Schéma vnitřku samočistící odstředivky	36
Obrázek 19 Vertikální výrobce sýřeniny	38
Obrázek 20 Schéma vnitřku vertikálního výrobce	39
Obrázek 21 Profil obtékání nožů harfy	39
Obrázek 22 Proudění směsi ve vertikálním výrobce	40
Obrázek 23 Horizontální výrobce sýřeniny	40
Obrázek 24 Ventil na výpusť syrovátky	41
Obrázek 25 Sběrací koš na syrovátku	41
Obrázek 26 Lisovací vana	42
Obrázek 27 Krájecí zařízení	42
Obrázek 28 Pneumatický skupinový lis	43
Obrázek 29 Pneumatický lisovací systém	44
Obrázek 30 Pákový lis.....	44
Obrázek 31 Schéma pákového lisu	45
Obrázek 32 Šroubovací lis	45
Obrázek 33 Solné lázně.....	46

Seznam tabulek

Tabulka 1 Typy nadrobeného zrna a jejich rozměr	21
Tabulka 2 Vybrané sýry a velikost jejich nadrobeného zrna	21
Tabulka 3 Vybrané sýry a jejich doba zrání	24

Seznam grafů

Graf 1 Závislost doby srážení mléka na teplotě při stejné dávce syřidla.	19
---	----