



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV PROCESNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF PROCESS ENGINEERING

# HYDROLÝZA A NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ DRŮBEŽÍHO PEŘÍ

HYDROLYSIS AND SUBSEQUENT PROCESSING OF POULTRY FEATHERS

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Radomír Holuša

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Nalezeneč

BRNO 2017

# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav procesního inženýrství
Student:	<b>Bc. Radomír Holuša</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Procesní inženýrství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jiří Nalezenec</b>
Akademický rok:	2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Hydrolyza a následné zpracování drůbežního peří

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při stoupající produkci drůbežního masa je nutné řešit zvýšené množství odpadů, mezi kterými zaujímá významné místo peří. Jednou z možností je zpracování pomocí hydrolyzy, díky čemuž se dosáhne požadované stravitelnosti bílkovin. Úkolem práce je provedení rešerše dostupných způsobů hydrolyzy, jejich zhodnocení a návrh typové linky na zpracování peřových odpadů.

### Cíle diplomové práce:

- 1) Rešerše zpracování drůbežního peří.
- 2) Provedení bilance linky.
- 3) Návrh technologického schématu linky na zpracování peří.

### Seznam doporučené literatury:

ŠESTÁK, Jiří. Transportní a termodynamická data pro výpočet aparátů a strojního zařízení. 1. vyd. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1981. Učební texty vysokých škol (České vysoké učení technické v Praze).

ŠESTÁK, Jiří a Rudolf ŽITNÝ. Tepelné pochody II: výměníky tepla, odpařování, sušení, průmyslové pece a elektrický ohřev. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01630-7.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1069/2009

NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 142/2011

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc., dr. h. c.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je seznámit se s technologií hydrolýzy a následného zpracování drůbežího peří, provést bilanci linky na zpracování drůbežího peří. Součástí práce je také vytvoření technologického schématu zpracovatelské linky, provedení závěrečného vyhodnocení zvolené technologie zpracování.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Drůbeží peří, zpracování péřového odpadu, keratin, hydrolýza

## **ABSTRACT**

The goal of this thesis is to introduce and explain technology of hydrolysis and subsequent processing of poultry feathers and make calculation of line for processing poultry feathers. This thesis also includes technological scheme of processing line, design and final evaluation of chosen processing technology.

## **KEYWORDS**

Poultry feathers, processing of feather waste, keratin, hydrolysis

## **BIBLIOGRAFICKÉ CITACE**

HOLUŠA, R. *Hydrolyza a následné zpracování drůbežního peří*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 93 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jirí Nalezenec.

### **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem danou diplomovou práci (*Hydrolyza a následné zpracování drůbežího peří*) vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 10. ledna 2017

.....  
Bc. Radomír Holuša

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Nalezenci za podporu a cenné rady při vytváření této diplomové práce.

**OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
1.1	CÍLE PRÁCE .....	12
<b>2</b>	<b>DRŮBEŽÍ PRODUKTY</b> .....	<b>14</b>
2.1	ROZLOŽENÍ SVĚTOVÉ PRODUKCE DRŮBEŽE .....	14
2.2	JATEČNÍ SLOŽENÍ A VÝTĚŽNOST .....	15
2.3	SVĚTOVÁ PRODUKCE MASA BROJLEROVÝCH KUŘAT .....	16
2.4	PRODUKCE DRŮBEŽÍHO MASA V EVROPSKÉ UNII .....	17
2.5	PRODUKCE DRŮBEŽÍHO MASA V ČESKÉ REPUBLICE .....	17
2.6	SLOŽENÍ DRŮBEŽÍHO PEŘÍ .....	18
2.7	PRODUKCE DRŮBEŽÍHO PEŘÍ .....	19
2.8	VYUŽITÍ DRŮBEŽÍHO PEŘÍ .....	20
2.8.1	<i>Pěřová moučka</i> .....	20
2.8.2	<i>Pěřový tuk</i> .....	22
<b>3</b>	<b>KERATIN</b> .....	<b>24</b>
3.1	DRUHY KERATINU .....	24
3.2	CHEMICKÉ VAZBY .....	25
3.2.1	<i>Vodíková vazba</i> .....	26
3.2.2	<i>Iontová vazba</i> .....	26
3.2.3	<i>Disulfidová vazba</i> .....	26
3.2.4	<i>Peptidová vazba</i> .....	27
3.3	VYUŽITÍ .....	29
<b>4</b>	<b>ZPRACOVÁNÍ VEDLEJŠÍ ŽIVOČIŠNÉ PRODUKTY</b> .....	<b>30</b>
4.1	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY .....	30
4.2	ROZDĚLENÍ VEDLEJŠÍCH ŽIVOČIŠNÝCH PRODUKTŮ DO KATEGORIÍ .....	30
4.2.1	<i>Materiál kategorie 1</i> .....	30
4.2.2	<i>Materiál kategorie 2</i> .....	31
4.2.3	<i>Materiál kategorie 3</i> .....	31
<b>5</b>	<b>ZPRACOVATELSKÉ METODY PŘÍPUSTNÉ LEGISLATIVOU EU</b> .....	<b>33</b>
5.1	STANDARTNÍ ZPRACOVATELSKÉ METODY .....	33
5.1.1	<i>Metoda 1 (tlaková sterilizace)</i> .....	33
5.1.2	<i>Metoda 2</i> .....	34
5.1.3	<i>Metoda 3</i> .....	34
5.1.4	<i>Metoda 4</i> .....	35
5.1.5	<i>Metoda 5</i> .....	36
5.1.6	<i>Metoda 6</i> .....	36
5.1.7	<i>Metoda 7</i> .....	37
5.2	NESTANDARTNÍ ZPRACOVATELSKÉ METODY .....	38
5.2.1	<i>Alkalická hydrolýza</i> .....	38
5.2.2	<i>Hydrolýza za vysokého tlaku a teploty</i> .....	39
5.2.3	<i>Výroba bioplynu hydrolýzou za vysokého tlaku</i> .....	39
5.2.4	<i>Výroba bionafy</i> .....	40
5.2.5	<i>Zplyňování</i> .....	40
5.2.6	<i>Spalování živočišného tuku pro energetické účely v kotli</i> .....	41
5.2.7	<i>Termomechanická výroba biopaliva</i> .....	42
<b>6</b>	<b>HYDROLÝZA A ŠTĚPENÍ PĚŘOVÉHO ODPADU</b> .....	<b>44</b>
6.1	METODY HYDROLÝZY .....	44
6.1.1	<i>Alkalická hydrolýza</i> .....	44
6.1.2	<i>Hydrolýza za vysokého tlaku a teploty</i> .....	45
6.1.3	<i>Kyselá hydrolýza</i> .....	45
6.1.4	<i>Hydrolýza za použití oxidačních činidel</i> .....	45
6.1.5	<i>Hydrolýza za použití redukčních činidel</i> .....	45
6.1.6	<i>Enzymatická hydrolýza</i> .....	46

<b>7</b>	<b>ZPRACOVÁNÍ DRŮBEŽÍHO PEŘÍ .....</b>	<b>48</b>
7.1	POSTUP ZPRACOVÁNÍ.....	48
7.2	ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIE .....	49
7.2.1	<i>Nečistá část</i> .....	49
7.2.2	<i>Čistá část</i> .....	49
7.2.3	<i>Pomocné provozy</i> .....	49
<b>8</b>	<b>NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE .....</b>	<b>50</b>
8.1	VÝKONOVÉ PARAMETRY LINKY.....	50
8.2	SLOŽENÍ A VLASTNOSTI VSTUPNÍ SUROVINY.....	51
8.3	SLOŽENÍ A VLASTNOSTI VÝSLEDNÉHO PRODUKTU .....	51
8.4	SPOTŘEBA ENERGIÍ A MÉDIÍ .....	52
8.5	POTŘEBA PRACOVNÍCH SIL .....	52
8.6	ČASOVÝ HARMONOGRAM 6-TI DENNÍHO PRACOVNÍHO CYKLU .....	53
8.7	ZVOLENÁ METODA HYDROLÝZY .....	54
8.8	SLOŽENÍ JEDNOTLIVÝCH ŠARŽÍ KLÍČOVÝCH APARÁTŮ .....	56
8.9	TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ.....	57
8.9.1	<i>Příjem suroviny</i> .....	57
8.9.2	<i>Úprava surového peří</i> .....	57
8.9.3	<i>Hydrolyza</i> .....	58
8.9.4	<i>Sušení</i> .....	59
8.9.5	<i>Zpracování moučky</i> .....	60
8.9.6	<i>Expedice</i> .....	60
8.9.7	<i>Chlazení</i> .....	60
8.9.8	<i>Aspirace a dezodorizace</i> .....	61
8.10	DŮLEŽITÉ STROJE A ZAŘÍZENÍ.....	61
8.10.1	<i>Příjmový zásobník na peří PZPP50</i> .....	61
8.10.2	<i>Třídící pás PPT 800 poz.1060</i> .....	62
8.10.3	<i>Pěřový lis poz.1070</i> .....	63
8.10.4	<i>Jemný drtič suroviny poz.1080</i> .....	63
8.10.5	<i>Hydrolyzér PSH 8 poz.2110, 2230, PSH 10 poz.2000</i> .....	64
8.10.6	<i>Kontaktně fluidní trubková sušárna PKTS 40 poz.3000, PKTS 80 poz.3500</i> .....	65
8.10.7	<i>Kladívkový šrotovník moučky poz.4020</i> .....	65
8.10.8	<i>Excentrická rovinná prosévačka poz.4060</i> .....	66
8.10.9	<i>Bubnový chladič PBCH 8 poz.4100</i> .....	66
<b>9</b>	<b>BILANCE NAVRŽENÉ TECHNOLOGIE.....</b>	<b>68</b>
9.1	NOMINÁLNÍ VÝKON LINKY .....	68
9.2	PŘÍJEM A ÚPRAVA SUROVÉHO PEŘÍ .....	68
9.2.1	<i>Složení vstupní suroviny</i> .....	68
9.2.2	<i>Lisování surového peří</i> .....	69
9.2.3	<i>Složení a hmotnost vylisovaného peří v jednotlivých šaržích hydrolyzérů</i> .....	69
9.3	HYDROLÝZA.....	70
9.3.1	<i>Dávkování vápenného mléka</i> .....	70
9.3.2	<i>Hmotnost jednotlivých šarží hydrolyzérů</i> .....	71
9.3.3	<i>Odpar hydrolyzérů</i> .....	71
9.3.4	<i>Složení a hmotnost zhydrolyzované peří jednotlivých šarží hydrolyzérů</i> .....	72
9.3.5	<i>Spotřeba tepla a množství topné páry</i> .....	72
9.3.6	<i>Požadavky na chlazení</i> .....	75
9.4	SUŠENÍ.....	76
9.4.1	<i>Šarže trubkových sušáren</i> .....	76
9.4.2	<i>Odpar sušáren</i> .....	77
9.4.3	<i>Složení a hmotnost usušeného peří jednotlivých šarží sušáren</i> .....	78
9.4.4	<i>Spotřeba tepla a množství topné páry</i> .....	78
9.4.5	<i>Požadavky na chlazení</i> .....	81
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....</b>	<b>87</b>

---

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>91</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>92</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>93</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>93</b>



## 1 ÚVOD

Produkce drůbežího masa patří mezi nejdynamičtější se rozvíjející odvětví živočišné výroby na světě. Při této stoupající produkci je nutné také řešit stoupající produkci vedlejších živočišných produktů, které jsou její nedílnou součástí. Mezi vedlejšími živočišnými produkty zaujímá významné místo drůbeží peří.

Při současné světové produkci drůbežího peří, není dostatečné využití toho vedlejšího produktu živočišné výroby, a proto se z drůbežího peří stává odpad a jako s odpadem s ním musí být nakládáno. Což vede ke zvýšeným nákladům drůbežího masa, proto je snaha levně, efektivně a ve velkém měřítku tento vedlejší produkt živočišného původu dále využívat.

Jednou z možností je využití drůbežího peří ke krmným účelům, jelikož významnou složku peří tvoří bílkovina keratin. Surový keratin je špatně stravitelný, protože jeho vlákna jsou hustě zasíťována vodíkovými, iontovými, disulfidovými a peptidovými vazbami. Jednou z možností je zpracování pomocí hydrolýzy, díky čemuž dojde k rozštěpení keratinových vazeb. Velkou výhodou využití drůbežího peří ke krmným účelům je, že spotřeba krmiva ve světě je obrovská, a proto se většina světové produkce drůbežího peří může využít k těmto účelům.

### 1.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je nejprve seznámení s problematikou zpracování drůbežího peří za účelem získání kvalitního krmiva bohatého na keratinové bílkoviny s dobrou stravitelností. Toho můžeme dosáhnout správně provedenou hydrolýzou, což je hlavní proces celé technologie zpracování, při kterém dochází ke štěpení keratinových vazeb.

Dalším úkolem práce je navržení technologie zpracování drůbežího peří, včetně vytvoření technologického schématu pro reálnou linku, na zpracování drůbežího peří pomocí hydrolýzy situovanou v České Republice. Cílem je efektivně využít stávající zařízení a prostory staré nefunkční linky tak, aby výtěžnost zpracovávané suroviny byla co největší za minimálních investic. V neposlední řadě je cílem zvolit metodu a parametry hydrolýzy tak, aby výtěžnost bílkovin byla co největší a jejich stravitelnost co nejvyšší.

Posledním úkolem je provedení hmotnostní a energetické bilance navržené technologie. Je snaha maximálně využít kapacity klíčových strojů a zařízení za účelem co největší výtěžnosti zpracované suroviny s ohledem na prostorová a technologická omezení vyplývající z využití stávající linky. Součástí bilance by měla být také energetická náročnost samotné technologie.



## 2 DRŮBEŽÍ PRODUKTY

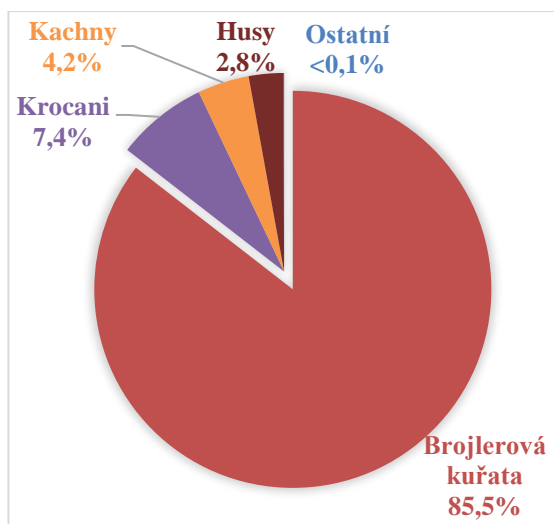
Tato kapitola se věnuje drůbežím produktům, převážně jejich složení, produkci a využití konkrétního vedlejšího produktu, a to drůbežího peří. Klade si za cíl odhadnout podle dostupných zdrojů světovou produkci drůbeže a tím pádem i produkci drůbežího peří při známém složení. V neposlední řadě je sledován vývoj produkce a složení drůbežího masa a k jakým změnám v posledních letech došlo.

### 2.1 Rozložení světové produkce drůbeže

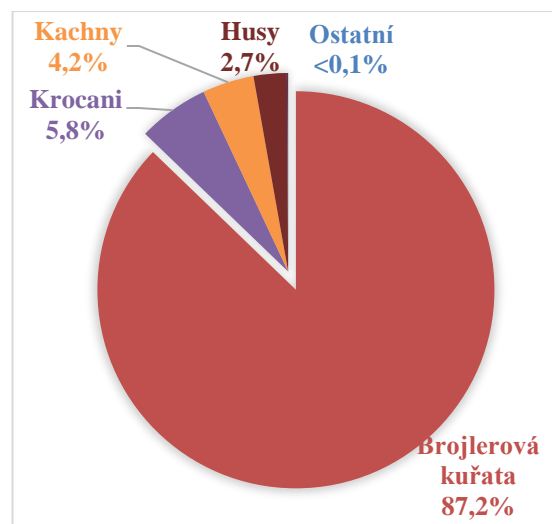
Světová produkce drůbeže se dá obecně rozdělit na 5 složek:

- *Brojlerová kuřata,*
- *Krocani,*
- *Kachny,*
- *Husy,*
- *Ostatní.*

Většinové zastoupení v drůbežím průmyslu mají brojlerová kuřata<sup>1</sup> (viz Obr.1, Obr.2). Dle zmíněných obrázků je také patrné, že toto zastoupení pozvolna roste. Podle FAO<sup>2</sup> a USDA<sup>3</sup> vychází průměrné zastoupení brojlerových kuřat v letech 2005-2014 na 89,46 % z celosvětové produkce drůbežího masa. [10, 11]



Obr. 1 Graf rozložení světové produkce drůbeže v roce 2000 [10]



Obr. 2 Graf rozložení světové produkce drůbeže v roce 2009 [10]

<sup>1</sup> brojlerové kuře – jedná se rychle rostoucího hybrida chovaného výhradně pro maso; v EU dochází k porážce v průměru 42. den od narození, kdy brojlerové kuře váží v průměru 2,5 kg [9]

<sup>2</sup> FAO - Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů

<sup>3</sup> USDA – Americké ministerstvo zemědělství

## 2.2 Jateční složení a výtěžnost

Jatečná výtěžnost udává, kolik hm. % živé váhy drůbeže je po porážce určeno k lidské konzumaci (opracované tělo – trup včetně požitelných drobů). K porážce dochází po dosažení požadované živé váhy drůbeže, která se pohybuje okolo 2,5 kg.

Často se pro drůbež používá zkratka RTC z anglického názvu Ready-to-cook (Připraveno pro vaření), což je v principu to samé jako jateční výtěžnost, ale udává se v hmotnostních jednotkách (kilogram, popřípadě libra). Je to v podstatě stažená drůbež, bez peří, hlavy, nohou, bez většiny vnitřních orgánů. Bez krku a drůbků. Takto upravená drůbež je připravená pro obchodní trh. Zbytek není určený pro lidskou konzumaci.

Jateční výtěžnost se pohybuje okolo 70–85 % a je závislá zejména na druhu drůbeže.

Jateční výtěžnost (RTC) [12]:

- *Brojlerová kuřata* 74-78 %,
- *Slepice* 70-71 %,
- *Krůty* 83-85 %,
- *Kachny* 70-75 %,
- *Husy* 72-74 %.

Složení jateční drůbeže [12]:

- *Jateční trup* 62–70 %,
- *Poživatelné vnitřnosti (srdce, játra, svalnatý žaludek)* 6 %,
- *Nepoživatelné vnitřnosti* 16–18 %,
- *Odpad, krev, tuk* 6–8 %,
- *Peří* 6 %.

Složení jatečního trupu [12]:

- *Podíl kostí* 12–17 %,
- *Podíl masa:*
  - *Krůty:* 88 %,
  - *Husy:* 85 %,
  - *Kachny:* 84 %,
  - *Brojlerové kuřata:* 83 %.

### 2.3 Světová produkce masa brojlerových kuřat

Produkce drůbežího masa patří mezi nejdynamičtější se rozvíjející odvětví živočišné výroby na světě. V polovině padesátých let se ve světě vyprodukovalo pouhých 5 milionů tun drůbežího masa, v roce 1994 už to bylo 49 milionů tun. Produkce drůbežího masa se v roce 2016 oproti roku 1994 zhruba zdvojnásobila na přibližně 100 milionů tun (viz Tabulka 1) a oproti produkci z poloviny padesátých let téměř zdvacetinásobila. Odhaduje se, že okolo roku 2020 bude produkce drůbežího masa větší než produkce masa vepřového. [14]

Tento nárůst je pravděpodobně spojen s velkým množstvím výhod drůbežího masa oproti ostatním druhům masa. Chov drůbeže nevyžaduje vysoké nároky na prostor, především pak drůbež určená pro intenzivní chov, která nevyžaduje pastvu. Odhaduje se, že zhruba 70 % produkce drůbežího masa je provozováno jako intenzivní chov. Opakem je volný chov (popřípadě organický chov – bio chov), kdy má drůbež přístup na pastvu<sup>4</sup>. V EU jsou legislativou stanovena minimální pravidla pro chov drůbeže<sup>5</sup>. V některých zemích světa, jako je například USA, žádná legislativa pro chov intenzivní drůbeže neexistuje, což znevýhodňuje mnohé země, nemluvě o hygienickém a zdravotním riziku. [9, 13]

Drůbež má také pětikrát větší reprodukční schopnost, než tomu je například u skotu či prasat. Drůbeží maso obsahuje málo tuku. Tuk obsahuje nízký podíl nasycených mastných kyselin a vysoký podíl nenasycených mastných kyselin. Drůbeží maso také obsahuje značný podíl bílkovin a aminokyselin. Maso je dobře stravitelné, jelikož má tenká svalová vlákna a nízký podíl vaziva. [14]

---

<sup>4</sup> konkrétní legislativní podmínky jsou stanoveny pouze pro organický chov, nikoliv pro volný chov; organický chov se řídí Nařízením Komise (ES) č. 889/2008, kterým se stanoví prováděcí pravidla k Nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů. V organickém chovu musí mít drůbež volný přístup na pastvu. [13]

<sup>5</sup> Směrnice Rady 2007/43/ES ze dne 28. června 2007 o minimálních pravidlech pro ochranu kuřat chovaných na maso

Tabulka 1 Roční produkce RTC masa brojlerových kuřat a odhad celkové produkce RTC drůbežního masa [11]

	2012		2013		2014		2015		2016*		2017*	
<b>Celková produkce</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>
Brazílie	12,6	15,2	12,3	14,6	12,7	14,7	13,1	14,8	13,6	15,2	14,1	15,6
Čína	13,7	16,5	13,4	15,8	13,0	15,0	13,4	15,1	12,7	14,2	11,5	12,7
Evropská Unie	9,7	11,6	10,1	11,9	10,5	12,1	10,8	12,2	11,1	12,4	11,3	12,5
Indie	3,2	3,8	3,5	4,1	3,7	4,3	3,9	4,4	4,2	4,7	4,5	5,0
Rusko	2,8	3,4	3,0	3,6	3,3	3,8	3,6	4,1	3,8	4,2	3,8	4,2
Mexiko	3,0	3,6	2,9	3,4	3,0	3,5	3,2	3,6	3,3	3,7	3,3	3,7
Argentina	2,0	2,4	2,1	2,4	2,1	2,4	2,1	2,3	2,1	2,3	2,2	2,4
Turecko	1,7	2,1	1,8	2,1	1,9	2,2	1,9	2,2	1,9	2,1	2,0	2,2
Thajsko	1,6	1,9	1,5	1,8	1,6	1,8	1,7	1,9	1,8	2,0	1,9	2,1
Indonésie	1,5	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8	1,7	1,8
Ostatní	14,9	17,9	15,5	18,3	16,0	18,5	15,4	17,3	15,3	17,0	15,6	17,2
<b>Ostatní</b>	<b>66,6</b>	<b>80,0</b>	<b>67,4</b>	<b>79,9</b>	<b>69,2</b>	<b>80,0</b>	<b>70,7</b>	<b>79,7</b>	<b>71,3</b>	<b>79,6</b>	<b>71,8</b>	<b>79,3</b>
<b>USA</b>	<b>16,6</b>	<b>20,0</b>	<b>17,0</b>	<b>20,1</b>	<b>17,3</b>	<b>20,0</b>	<b>18,0</b>	<b>20,3</b>	<b>18,3</b>	<b>20,4</b>	<b>18,7</b>	<b>20,7</b>
<b>Celkem</b>	<b>83,3</b>	<b>100</b>	<b>84,4</b>	<b>100</b>	<b>86,6</b>	<b>100</b>	<b>88,7</b>	<b>100</b>	<b>89,5</b>	<b>100</b>	<b>90,4</b>	<b>100</b>
<b>Drůbež celkem**</b>	<b>93,1</b>		<b>94,3</b>		<b>96,8</b>		<b>99,1</b>		<b>100,1</b>		<b>101,1</b>	

Poznámky: Nepočítají se pařáty. V roce 2015 nebyly započítány následující státy: Bahrajn, Georgia, Irán Jamajka a Moldávie. V roce 2016 nebyla započítána Venezuela.

\* Na tyto roky byl proveden odhad v říjnu 2016

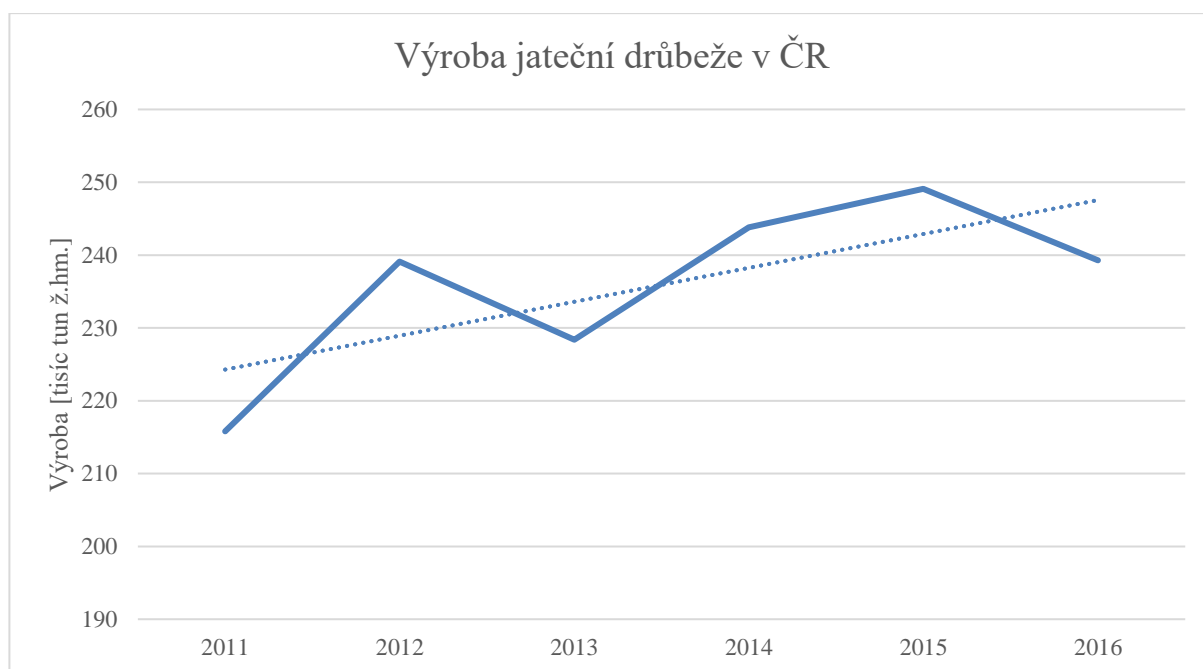
\*\* Předpoklad: 89,46 % z celosvětové produkce drůbežního masa tvoří brojlerová kuřata (viz kapitola 2.1)

## 2.4 Produkce drůbežního masa v Evropské Unii

Evropská Unie je také významným producentem drůbežního masa. Produkce drůbežního masa v zemích EU se podílela na světové produkci této komodity v letech 2012–2017 v průměru 12,1 %, výroba dosahovala ročního průměru 11,1 mil. V posledních letech (2012-2017) byla EU 4. největším producentem drůbežního masa na světě (viz Tabulka 1).

## 2.5 Produkce drůbežního masa v České republice

V letech 2011-2016 byla průměrná roční výroba jateční drůbeže odhadována na 235,9 tisíc tun živé váhy. Dle grafu (Obr. 3) je patrné, že za toto období vykazuje výroba jateční drůbeže mírný rostoucí trend. [4, 5]



Obr. 3 Graf – Výroba jateční drůbeže v ČR v letech 2011-2016 [5]

## 2.6 Složení drůbežního peří

Drůbeží peří je složeno z 90 % z bílkoviny keratinu, což z něj činí bohatý zdroj bílkovin vhodný pro krmné účely. Drůbeží peří tvoří okolo 6 % celkové živé váhy průměrného dospělého brojlerového kuřete. [20]

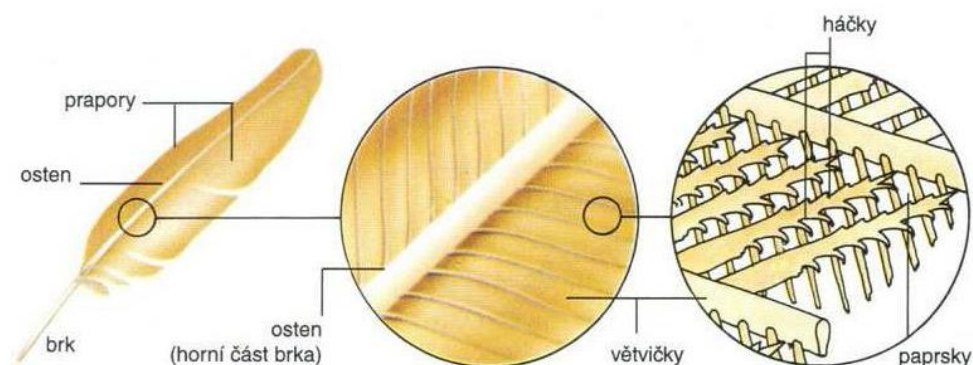
Složení drůbežního peří, určeného pro kafilerní zpracování:

- *Voda:* 60–70 %,
- *Sušina:* 20–25 %,
- *Tuk:* až 8 %.

Rozlišujeme dva základní druhy drůbežního peří:

- *Obrysově peří (Obr.4) – tvoří vnější vrstvu drůbežního opeření,*
- *Prachové peří (Obr.5) – leží pod obrysovým peřím a tvoří tepelnou izolaci.*

Obrysově pero se skládá z ostnu, praporů tvořených z větviček a z paprsků tvořených háčky. Délka ostnu se pohybuje od 40 mm do 140 mm a jeho průměr je 1 až 4 mm. Větvičky jsou dlouhé 1–45 mm a paprsky s háčky jsou dlouhé 100 až 800  $\mu\text{m}$ . [34]



Obr. 4 Obrysové peří [33]

Prachové pero má krátký stvol a jeho větve tvoří prapor. Paprsky jsou zkrácené a nenesou háčky. [34]



Obr. 5 Prachové peří [33]

## 2.7 Produkce drůbežního peří

Světovou produkci drůbežního peří není jednoduché určit. Dostupné statistiky většinou uvádějí přibližné množství. Například v USA je produkce drůbežního peří odhadována na 0,9 - 1,35 milionů tun za rok<sup>6</sup> [18]. Drůbeží peří je ve většině případů produkováno jako vedlejší produkt masného průmyslu, které vzhledem ke své kvantitě nemá dostatečné využití, a proto je vykazováno jako odpad a je potřeba s ním podle toho nakládat.

Nejnázším způsobem určení množství produkce drůbežního peří se jeví vycházet z produkce masa z brojlerových kuřat (viz Tabulka 1 Roční produkce RTC masa brojlerových kuřat a odhad celkové produkce RTC drůbežního masa [11]). Je však nutné stanovit určité předpoklady:

- *Produkce masa z brojlerových kuřat tvoří 89,46 % světové drůbeží produkce masa (vycházeno z průměru za období 2004-2014) [10, 11],*
- *Z průměrného brojlerového kuřata se získá 75,5 % RTC (vycházeno z produkce USA za rok 2105) [19],*
- *Peří tvoří v průměru 6 % živé váhy drůbeže [12].*

Za těchto předpokladů se dá určit světová produkce drůbežního peří, která je znázorněna v Tabulce 2.

<sup>6</sup> článek z června 2013

Tabulka 2 Odhad celkové produkce drůbežního masa dle daných předpokladů [10, 11, 12, 19]

	2012		2013		2014		2015		2016*		2017*	
<b>Celková produkce</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>	<b>mil. tun</b>	<b>%</b>
Brazílie	1,0	15,2	1,0	14,6	1,0	14,7	1,0	14,8	1,1	15,2	1,1	15,6
Čína	1,1	16,5	1,1	15,8	1,0	15,0	1,1	15,1	1,0	14,2	0,9	12,7
Evropská Unie	0,8	11,6	0,8	11,9	0,8	12,1	0,9	12,2	0,9	12,4	0,9	12,5
Indie	0,3	3,8	0,3	4,1	0,3	4,3	0,3	4,4	0,3	4,7	0,4	5,0
Rusko	0,2	3,4	0,2	3,6	0,3	3,8	0,3	4,1	0,3	4,2	0,3	4,2
Mexiko	0,2	3,6	0,2	3,4	0,2	3,5	0,3	3,6	0,3	3,7	0,3	3,7
Argentina	0,2	2,4	0,2	2,4	0,2	2,4	0,2	2,3	0,2	2,3	0,2	2,4
Turecko	0,1	2,1	0,1	2,1	0,2	2,2	0,2	2,2	0,2	2,1	0,2	2,2
Thajsko	0,1	1,9	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,9	0,1	2,0	0,2	2,1
Indonésie	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8
Ostatní	1,2	17,9	1,2	18,3	1,3	18,5	1,2	17,3	1,2	17,0	1,2	17,2
<b>Ostatní</b>	<b>5,3</b>	<b>80,0</b>	<b>5,4</b>	<b>79,9</b>	<b>5,5</b>	<b>80,0</b>	<b>5,6</b>	<b>79,7</b>	<b>5,7</b>	<b>79,6</b>	<b>5,7</b>	<b>79,3</b>
<b>USA</b>	<b>1,3</b>	<b>20,0</b>	<b>1,3</b>	<b>20,1</b>	<b>1,4</b>	<b>20,0</b>	<b>1,4</b>	<b>20,3</b>	<b>1,5</b>	<b>20,4</b>	<b>1,5</b>	<b>20,7</b>
<b>Celkem</b>	<b>6,6</b>	<b>100</b>	<b>6,7</b>	<b>100</b>	<b>6,9</b>	<b>100</b>	<b>7,1</b>	<b>100</b>	<b>7,1</b>	<b>100</b>	<b>7,2</b>	<b>100</b>

Poznámky: Nepočítají se pařáty. V roce 2015 nebyly započítány následující státy: Bahrajn, Georgia, Irán, Jamajka a Moldávie. V roce 2016 nebyla započítána Venezuela.

\* Na tento rok byl proveden odhad v říjnu 2017.

Předpoklady: 89,46 % z celosvětové produkce drůbežního masa tvoří brojlerová kuřata (viz kapitola 2.1).

Z průměrného brojlerového kuřata se získá 75,5 % RTC (vycházeno z produkce USA za rok 2105) [19]. Peří tvoří v průměru 6 % živé váhy drůbeže. [12]

## 2.8 Využití drůbežního peří

Keratin z drůbežního peří má podobné vlastnosti jako celulóza, která se získává ze dřeva. Dá se využít jako aditivum do plastů, které zajistí lepší pevnost nebo se přidává do papíru. Drůbeží keratin má jako biologický materiál také dobrou rozložitelnost v přírodě, a proto se používá při výrobě rozložitelných materiálů, ze kterých se vyrábějí například obaly, květináče nebo dětské pleny. Ročně se vyrobí okolo 16 miliard dětských plen obsahující drůbeží keratin. [18]

Dále se drůbeží peří dá využít k výrobě oblečení, polštářů nebo jako tepelná izolace či podestýlka pro dobytek. [18]

V neposlední řadě je péřový keratin využíván ve farmaceutickém průmyslu pro výrobu preparátů, tkanin nebo vláken. [18]

Drůbeží peří se dá využít i při výrobě elektrosoučástek nebo jako biopalivo. Avšak většina těchto produktů vzhledem k množství vyprodukovaného drůbežního peří a náročnosti daných technologií, tvoří pouhý zlomek jeho využití. Ve většině případů se drůbeží peří i nadále používá k výrobě krmných směsí pro dobytek a jiná domestikovaná zvířata. [18]

### 2.8.1 Péřová moučka

Péřová moučka se vyrábí z odpadního peří drůbeže, které spadá do VŽP kategorie 3. Toto odpadní peří může být jak v mokřím stavu, tak v částečně suchém stavu, kdy toto peří pochází z třídících strojů provozovaných drůbežářských závodů. Péřová moučka je bílkovinný komponent obsahující vysoký podíl dusíkatých látek (až 82 %), kde opět významnou složku tvoří bílkovina keratin. Nutriční hodnota péřové moučky se hojně využívá v krmných směsích pro domácí

a hospodářská zvířata mimo přežvýkavce, zejména se tak jedná o drůbež. Vzhledem k vysokému podílu dusíkatých látek může být pérova moučka přidávána do hnojících směsí. Potenciál pérovy moučky se také skrývá v její výhřevnosti, která je okolo 23,5 MJ/kg, proto bývá často spalována ve spalovacích zařízeních. [7]

Analýza:

- *Stravitelnost pepsinů min 78 %*,
- *Hrubý protein min. 80 %*,
- *Tuk max. 8 %*,
- *Vláknina max. 4 %*,
- *Popel max. 3 %*,
- *Vlhkost max. 10 %*,
- *Peroxidové číslo max. 10 mEq/kg*,
- *Enterobakterie max. 300 CFU/g*,
- *Granulometrie max. 3 mm. [6]*

Složení aminokyselin:

- *Alanine* 4,60 %
- *Arginine* 6,70 %
- *Aspartic acid* 6,70 %
- *Cysteine* 4,30 %
- *Glutamic acid* 10,6 %
- *Glycine* 7,30 %
- *Histidine* 0,80 %
- *Isoleucine* 4,90 %
- *Leucine* 8,00 %
- *Lysine* 2,10 %
- *Methionine* 0,70 %
- *Phenylalanine* 4,70 %
- *Proline* 9,40 %
- *Serine* 11,4 %
- *Threonine* 4,60 %
- *Tryptophan* 0,60 %
- *Tyrosine* 2,50 %
- *Valine* 7,20 % [7]

Energetická hodnota:

- *Celkový podíl cukrů 0,30 %*,

- *Výhřevnost 23,50 MJ/kg. [7]*

### **2.8.2 Péřový tuk**

Odpadní peří drůbeže obsahuje pouze malé množství tuku (do 8 %). Zařízení pro zpracování tuku z drůbežího peří je příliš nákladné vzhledem k potenciálnímu množství získaného tuku, proto se tuk spolu s přebytečnou vodou na začátku technologického zpracování péřové moučky pouze nahrubo odseparuje. Tento separát bývá často přimícháván do příjmového žlabu linky na zpracování masokostních odpadů drůbeže.



### 3 KERATIN

Kapitola pojednává o bílkovině keratinu, především o jeho rozdělení, druhu chemických vazem a samotnému využití této bílkoviny.

Keratin patří do kategorie fibrilárních proteinů (vláknité bílkoviny). Je to polymer obsahující polypeptidové řetězce. Nejedná se o jedinou bílkovinu, nýbrž o skupinu vzájemně se dost lišících bílkovin. Společným znakem těchto bílkovin je jejich nerozpustnost ve vodě, odolnost proti působení proteolytických enzymů. Vyskytuje se u všech vyšších obratlovců.

Tato sada bílkovin málokdy krystalizuje, a tak nelze obvykle určit jeho strukturu rentgenovou analýzou. Keratin tvoří základní složku například vlasů, chlupů, peří, nehtů a rohoviny. Slouží jako stavební materiál, který má ochrannou, spojovací nebo podpůrnou úlohu v živých organismech. Tyto proteiny se spíše shlukují do vláken, v kterých jsou osy jejich molekul víceméně souběžné s osou vlákna, ale kde postrádají specifickou orientaci v jiných směrech. [15]

V keratinu je obsažen vysoký podíl tioaminokyselin<sup>7</sup> a to především cystin, cystein a metionin. Cystin spolu s cysteinem má významnou úlohu jako oxidačně-redukční systém při dýchání v buňkách. Pokud dojde k odumření buněk, začne převládat proces oxidační nad procesem redukčním, což má za následek keratinizaci (rohovatění). Čím je v keratinu větší množství síry, tím je biologický materiál tvrdší (rohovina, nehet) a naopak, čím je obsah síry nižší, tím biologický materiál měkčí (vlas, kůže). Obsah síry v keratinu se pohybuje v rozmezí 2 až 5 hm.% v sušině. [16]

Při styku s vodou začne keratin bobtnat. Dochází k prodloužení asi o 1,2 % a rozšíření o 11 %. Toto bobtnání je výsledkem částečného narušení iontových a vodíkových vazeb a vniku vody do fibrilární struktury. Absorpce vody je závislá na přítomnosti hydrofilních skupin<sup>8</sup> v keratinu. Zbobtnání keratinu má za následek snazší difundování chemikálií do nabobtnalého gelu keratinu. Při teplotě varu dochází ke štěpení cystinu a částečná hydrolýza anodických skupin. [17]

#### 3.1 Druhy keratinu

Rozlišují se tři základní druhy keratinu:

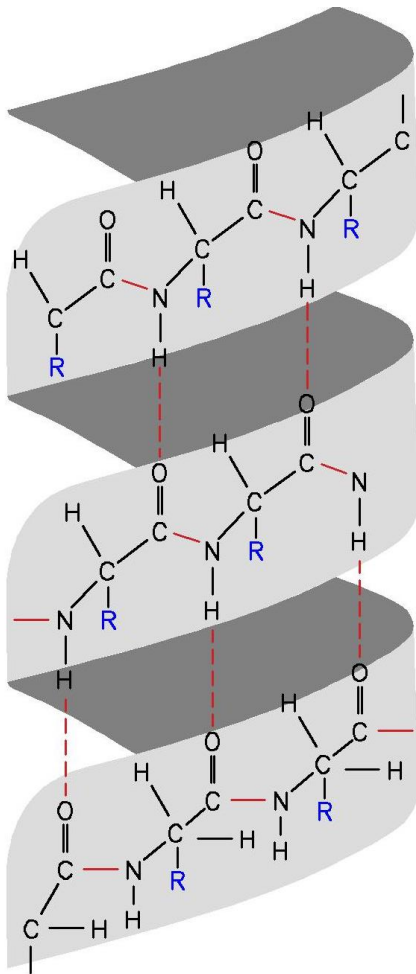
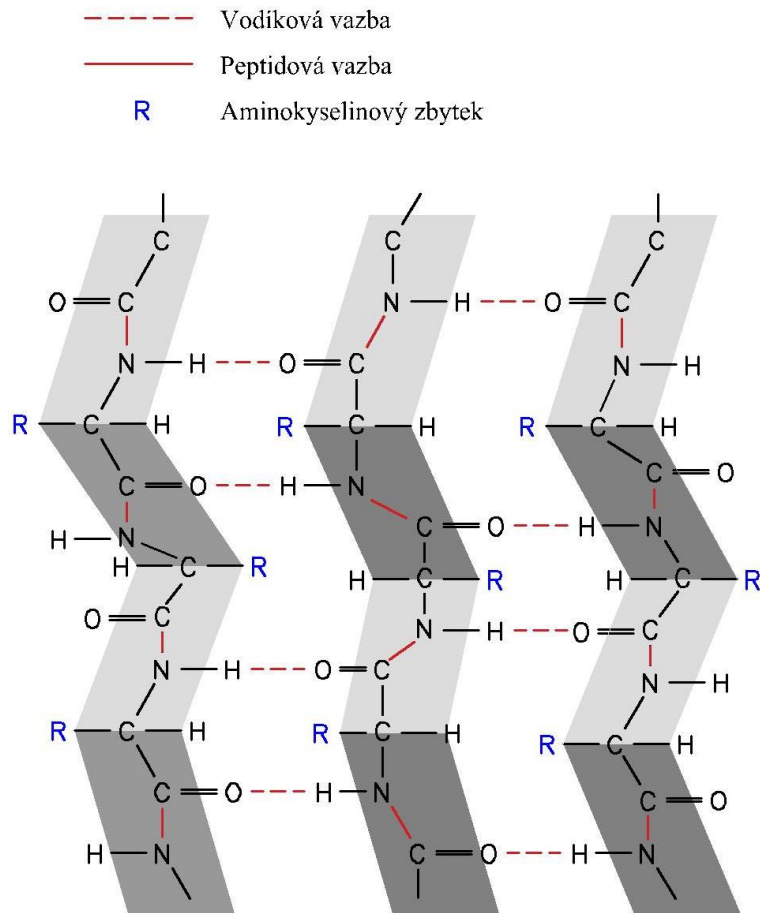
- *$\alpha$ -keratin – součástí rohů, kopyt, vlny a kůže savců, ale i ptáků či plazů. Struktura je tvořena šroubovicí, která je zpevněna příčnými disulfidovými vazbami mezi zbytky sirných aminokyselin (cystein) a vodíkovými vazbami. Struktura znázorněna na Obr.6. [26]*
- *$\beta$ -keratin – součástí peří, pařátů, zobáků ptáků a šupin plazů. Struktura je tvořena složeným listem. Struktura znázorněna na Obr.7. [26]*
- *$\gamma$ -keratiny – jedná se o globulární nízkomolekulární bílkoviny s vysokým obsahem síry. Slouží jako spojovací materiál v keratinových vláknech pro tvorbu makrofibril vlny, vlasů a srsti. [25]*

U savců se nachází především  $\alpha$ -keratiny, kdežto  $\beta$ -keratiny se vyskytují spíše u ptáků a plazů.

---

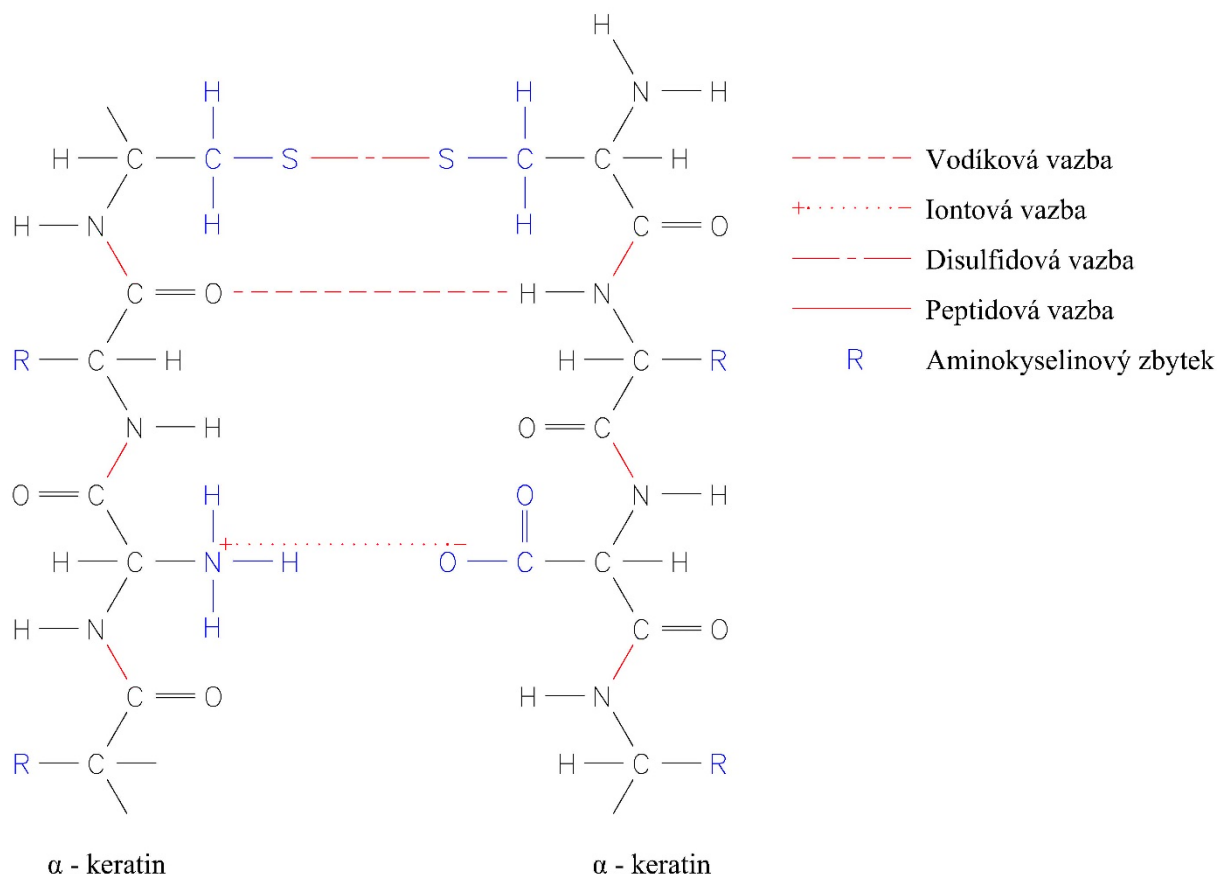
<sup>7</sup> kyseliny obsahující síru

<sup>8</sup> jedná se především o skupiny -NH<sub>2</sub>, -COOH, -OH a také peptidové skupiny

Obr. 6  $\alpha$  – keratin (šroubovice)Obr. 7  $\beta$  – keratin (struktura složeného listu)

### 3.2 Chemické vazby

Keratinová vlákna jsou hustě zasítována vodíkovými, iontovými, disulfidovými a peptidovými vazbami [23]. Tyto vazby jsou znázorněny na dvojici  $\alpha$  – keratinů na Obr.8, mezi  $\beta$  – keratiny je vazbové uspořádání obdobné. Vodíkové a peptidové vazby jsou také znázorněny na Obr.6 a Obr.7. Díky těmto čtyřem vazebním interakcím je keratin nerozpustný a má vysokou pevnost v ohybu. Je také mechanicky odolný a chemicky nereaktivní. Ve většině rozpouštědel je nerozpustný, také je odolný vůči zředěným roztokům kyselin. Pro účinnou degradaci keratinu jsou potřeba vysoké teploty a tlaky nebo koncentrované chemikálie. K nepříznivé degradaci a poškozování dochází ultrafialovým zářením, ale i viditelným světlem. Při těchto záření dochází k řadě reakcí a změnám v aminokyselinovém složení jednotlivých keratinových řetězců. [24, 25]



Obr. 8 Vazebné interakce mezi šroubovicemi  $\alpha$  – keratinu

### 3.2.1 Vodíková vazba

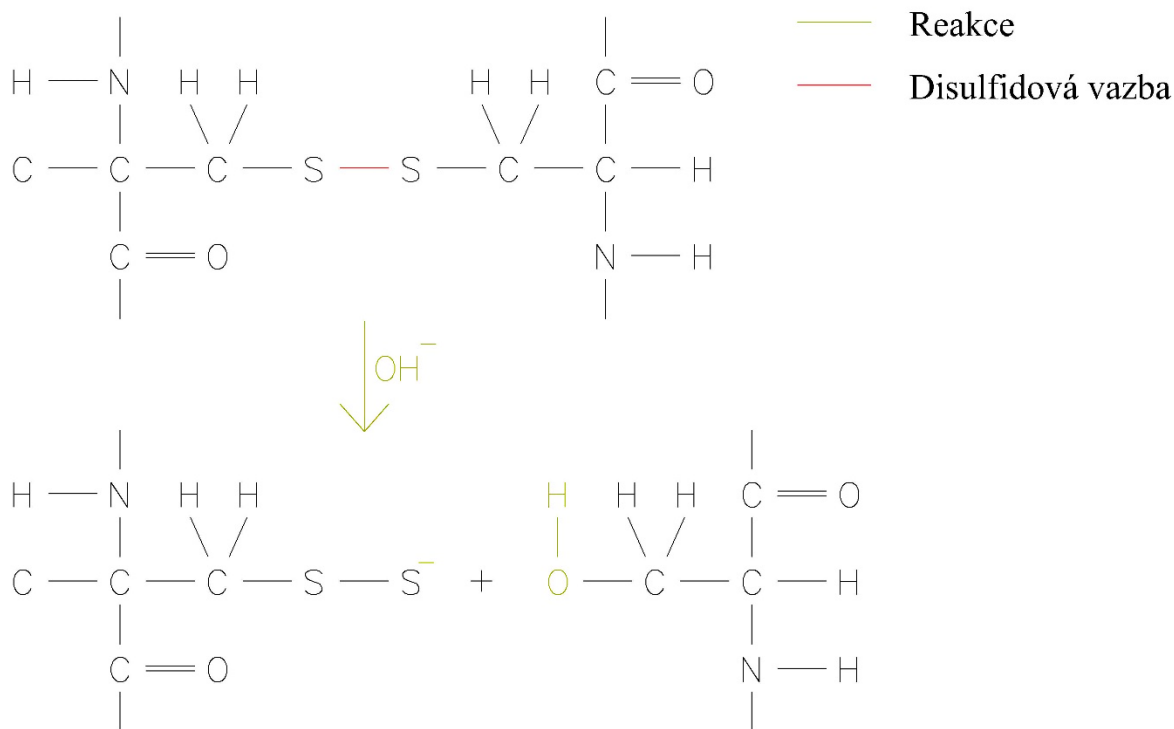
Patří mezi nejjednodušší vazby vyskytující se v keratinu. Vodíkové vazby spojují molekuly, CO a HN, nebo CO a HO a nachází se jak v uspořádání šroubovice  $\alpha$  – keratinu, tak ve struktuře skládaného listu  $\beta$  – keratinu. Tyto vazby ovlivňují některé fyzikální vlastnosti jako třeba zvyšování bodu tání/varu. K rozštěpení této vazby dochází působením vody a solných roztoků a tepla. [24]

### 3.2.2 Iontová vazba

Vzniká mezi skupinami COOH a NH. K rozštěpení této vazby dochází působením alkálií. Za přítomnosti vody je iontová interakce poměrně slabé, energie potřebná k rozštěpení této vazby je ve vodě 13 kJ/mol (ve vakuu je tato hodnota podstatně vyšší, 334kJ/mol).

### 3.2.3 Disulfidová vazba

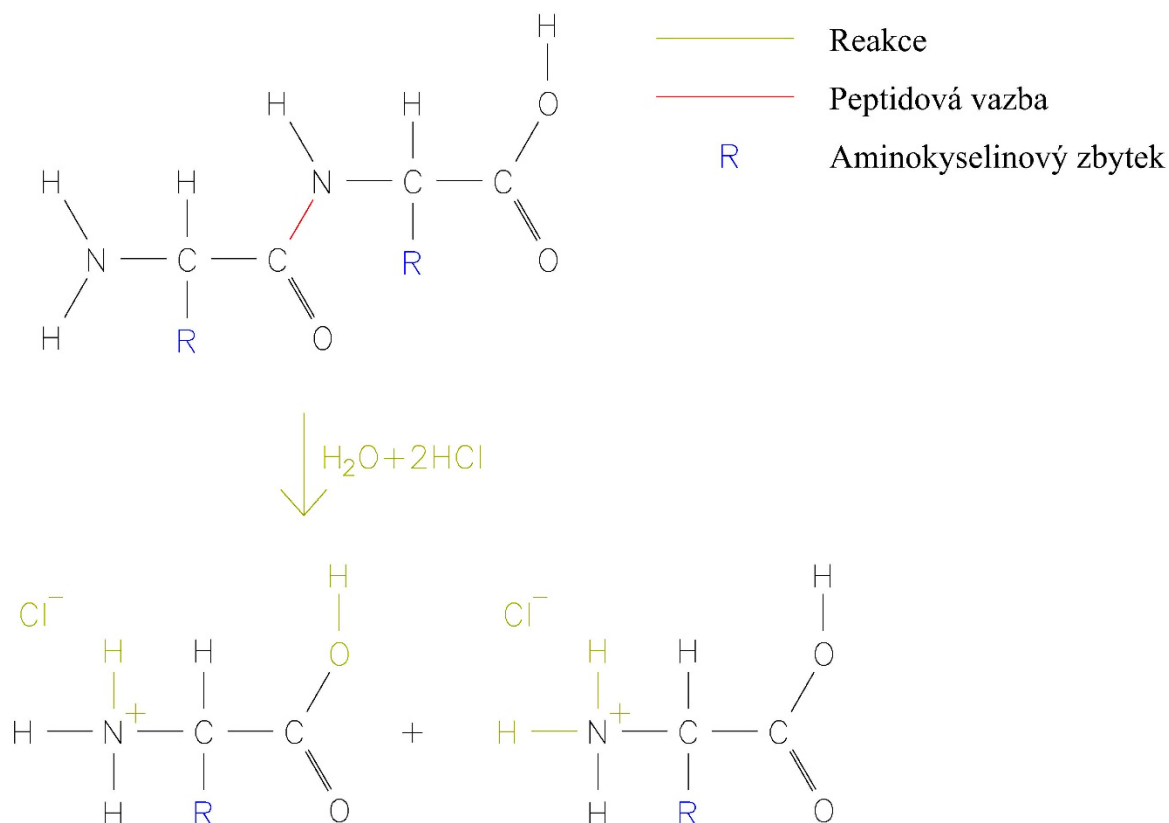
Jedná se o velmi odolnou vazbu, která se nerozštěpí ani působením vody či soli. Jedná se o kovalentní vazbu mezi dvěma atomy síry.  $\alpha$ -keratin obsahuje velké množství cystinových zbytků, které pomocí těchto disulfidických vazeb spojují další cystinové zbytky jak sousedních struktur (další  $\alpha$ -keratiny či  $\beta$ -keratiny), tak svých vlastních cystinových zbytků. K rozštěpení je potřeba silných alkálií a redukčních činidel. Na Obr.9 je znázorněno hydrolytické rozštěpení disulfidové vazby cystinových zbytků v alkalickém prostředí. Keratin, který má rozštěpené disulfidové vazby je tvarově plastický.



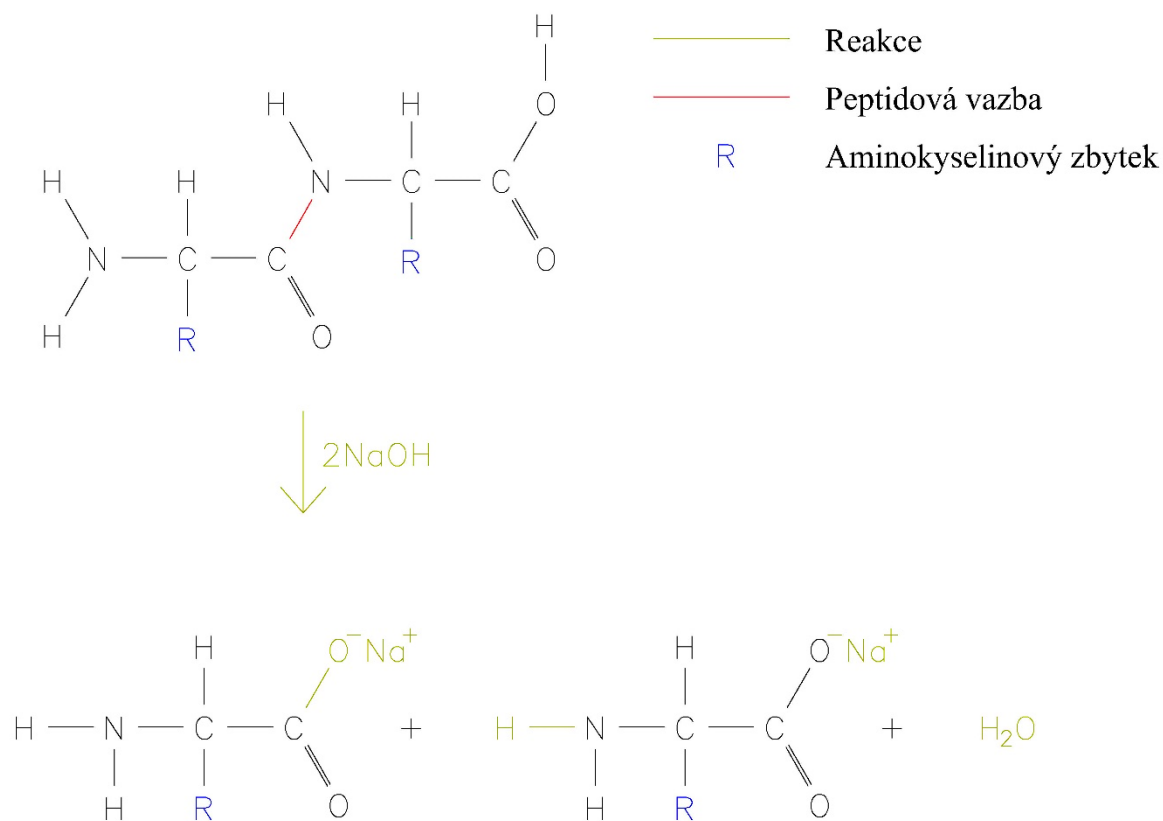
Obr. 9 Hydrolytické rozštěpení disulfidové vazby cystinových zbytků v alkalickém prostředí

### 3.2.4 Peptidová vazba

Jednotlivé aminokyseliny ve struktuře keratinu jsou propojeny peptidovými vazbami. Tyto vazby vznikají mezi molekulami CO a NH. K rozštěpení peptidové vazby dochází při reakci s vodou za působení buď silných kyselin, nebo silných alkálií. Při dlouhodobém působení silných kyselin dochází k hydrolýze peptidových vazeb, ale také je zcela zničena aminokyselina tryptophan a do značné míry klesá množství serinu, theoninu a tyrosinu. Hydrolytické rozštěpení peptidové vazby kyselinou chlorovodíkovou je znázorněno na Obr.10. Štěpení silnou alkálií je šetrnější, nedochází k tak značné destrukci aminokyselin jako při působení silnou kyselinou. Hydrolytické štěpení peptidové vazby silnou alkálií (hydroxid sodný) je znázorněno na Obr.11.



Obr. 10 Hydrolytické štěpení peptidové vazby kyselinou chlorovodíkovou



Obr. 11 Hydrolytické štěpení peptidové vazby alkálií (hydroxid sodný)

### ***3.3 Využití***

Extrahovaný keratin je vhodný pro krmné účely v zemědělství. Využití keratinu se také nachází ve farmaceutickém průmyslu, kosmetickém průmyslu a biotechnologickém průmyslu. Keratin má pozitivní vliv na hojení ran a regeneraci tkáně. Také se z něj se dají vyrobit povlaky, gely, mikrovlákna a materiály s vysokou molekulovou hmotností. [20]

## 4 ZPRACOVÁNÍ VEDLEJŠÍ ŽIVOČIŠNÉ PRODUKTY

V této kapitole je uvedeno hlavní rozdělení vedlejších živočišných produktů do kategorií a jejich popis podle nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1069/2009 [3].

### 4.1 Legislativní požadavky

Všechny podniky, které nějakým způsobem zpracovávají nebo operují s VŽP<sup>9</sup> musí být registrovány příslušnou KVS<sup>10</sup>. To však ve většině případů nestačí, podniky musejí mít povolení i pro jednotlivé činnosti. [1]

Každá operace v VŽP má nejen specifické požadavky na vybavení, ale také vysoké hygienické nároky. Většina asanačních podniků v České Republice má schváleno vícero činností, proto mohou tyto podniky zpracovávat materiály všech kategorií. [1]

### 4.2 Rozdělení vedlejších živočišných produktů do kategorií

Vedlejší živočišné produkty se rozdělují do tří specifických kategorií a to:

- *Materiál kategorie 1,*
- *Materiál kategorie 2,*
- *Materiál kategorie 3.*

Každá kategorie odpovídá určitému úrovni rizika zdraví lidí a zvířat a nebezpečí pro životní prostředí. Na základě legislativních požadavků je třeba se vznikajícími VŽP manipulovat odděleně, patřičným způsobem je označovat a dále s nimi nakládat. Každá kategorie má jiné požadavky na zpracování, tak aby se snížilo zdravotní riziko výsledného produktu. Sběr VŽP musí být učiněn neprodleně po jejich vzniku.

#### 4.2.1 Materiál kategorie 1

Do materiálů kategorie 1 spadají zdravotně nejrizikovější materiály VŽP, a proto pro ně platí nejprísnejší bezpečnostní předpisy. Do této kategorie patří:

- *Celá těla zvířat a všechny jejich části, včetně kůže a kožek zvířat podezřelých z infekce TSE<sup>11</sup>, zvířat s pozitivními testy na TSE, zvířat, která byla usmrcena v souvislosti s opatřeními k eradikaci TSE;*
- *Jiné než hospodářská a volně žijící zvířata (zájmový chov, ZOO, cirkusy);*
- *Zvířata, na kterých byly prováděny pokusy;*
- *Volně žijící zvířata, u nichž existuje podezření na infekci onemocněním přenosným na člověka nebo na zvířata;*
- *Specifický rizikový materiál;*
- *Celá těla mrtvých zvířat nebo jejich části, které v době neškodného odstranění obsahují specifikovaný rizikový materiál;*
- *VŽP získané ze zvířat, která byla podrobena nezákonnému ošetření;*

<sup>9</sup> vedlejší živočišný odpad – dále jako VŽP

<sup>10</sup> Krajská veterinární správa – dále jako KVS

<sup>11</sup> transmisivní spongiformní encefalopatie (prionové choroby) – dále jako TSE

- *VŽP obsahující rezidua jiných látek a látek znečišťujících životní prostředí, pokud tato rezidua překračují povolenou přípustnou hodnotu (charakteristickou pro materiál kategorie 1);*
- *VŽP sebrané během úpravy odpadních vod ze zařízení nebo podniků zpracovávajících materiál kategorie 1;*
- *Odpad ze stravovacích zařízení vzniklý v dopravních prostředcích mezinárodní přepravy;*
- *Materiál kategorie 1 smíchaný s materiálem jiné kategorie [3];*

#### 4.2.2 Materiál kategorie 2

Do materiálů kategorie 2 spadají zdravotně rizikové materiály VŽP. Do této kategorie patří:

- *Hnůj, nemineralizované guáno, obsah trávicího traktu;*
- *VŽP sebrané během úpravy odpadních vod ze zařízení nebo podniků zpracovávajících materiál kategorie 2;*
- *VŽP obsahující rezidua jiných látek a látek znečišťujících životní prostředí, pokud tato rezidua překračují povolenou přípustnou hodnotu (charakteristickou pro materiál kategorie 2);*
- *VŽP, které byly z důvodu výskytu cizích těles v těchto produktech prohlášeny za nevhodné k lidské spotřebě;*
- *VŽP (kromě kategorie 1), které jsou dovezeny nebo propuštěny ze třetí země a nesplňují veterinární právní předpisy EU pro jejich dovoz nebo propuštění do EU (Správní předpisy EU mohou stanovit výjimku);*
- *Zvířata, která uhynula jinak než porážkou nebo usmrcením k lidské potřebě, včetně zvířat usmrcených za účelem tlumení nákazy;*
- *Sperma, plody, oocyty a embrya, která nejsou určeny k chovným účelům;*
- *Drůbež odumřelá ve vejci;*
- *Materiál kategorie 2 smíchaný s materiálem kategorie 3 [3];*

#### 4.2.3 Materiál kategorie 3

Do materiálů kategorie 3 spadají zdravotně nejméně rizikové materiály VŽP. Do této kategorie patří:

- *Těla poražených či usmrcených zvířat nebo jejich části, které jsou podle právních předpisů EU vhodné k lidské spotřebě, ale z obchodních důvodů nejsou k lidské spotřebě určeny;*
- *Jatečně upravená těla nebo těla zvířat a jejich části, které byly souladu s právními předpisy EU prohlášeny za nevhodné k lidské spotřebě, avšak nevykazovaly žádné příznaky onemocnění přenosného na člověka nebo zvířata;*
- *Hlavy drůbeže;*
- *Kůže a kožky, včetně jejich odřezků a plátků, rohy a končetiny, včetně článků prstů, zápěstních a zápěstních kůstek, nártů a zánártí ze zvířat jiných než*

*přežvýkavců vyžadující vyšetření na TSE nebo přežvýkavců s negativním testem na TSE;*

- *Peří a prasečí štětiny;*
- *VŽP z drůbeže a ze zajícovců poražených na farmách, kteří nevykazovali příznaky onemocnění přenosného na člověka nebo zvířata;*
- *Krev pocházející ze zvířat jiných než přežvýkavců vyžadující vyšetření na TSE nebo přežvýkavců s negativním testem na TSE. Zvířata nevykazovala žádné příznaky onemocnění přenosného krví na člověka nebo zvířata, která byla poražena na jatkách, a která po prohlídce před porážkou byla shledána způsobilými k porážce k lidské spotřebě v souladu s právními předpisy EU;*
- *VŽP, které vznikají při výrobě produktů určených k lidské spotřebě, včetně odučněných kostí, škvarků a kalu z odstředivky a separátoru ze zpracování mléka;*
- *Produkty živočišného původu nebo potraviny obsahující produkty živočišného původu, které z obchodních důvodů nebo z důvodu problémů způsobených výrobními závadami, vadami balení nebo jinými závadami, z nich nevzniká žádné riziko pro zdraví lidí ani zvířat, již nejsou určeny k lidské spotřebě;*
- *Krmiva pro zvířata v zájmovém chovu a krmiva živočišného původu nebo krmiva obsahující VŽP či získané produkty, které z obchodních důvodů nebo z důvodu problému způsobených výrobními vadami, vadami balení nebo jinými závadami, z nichž nevzniká žádné riziko pro zdraví lidí ani zvířat, již nejsou určeny ke krmení;*
- *Krev, placenta, vlna, peří, srst, rohy, odřezky paznehtů a syrové mléko pocházející ze živých zvířat, která nevykazovala žádné příznaky onemocnění přenosného tímto produktem na člověka nebo zvířata;*
- *Vodní živočichové a jejich části, kromě mořských savců, kteří nevykazovali žádné příznaky onemocnění přenosného na člověka nebo zvířata;*
- *VŽP z vodních živočichů pocházející ze zařízení nebo podniků na výrobu produktů určených k lidské spotřebě;*
- *Ulity měkkýšů a koryšů s měkkými tkáněmi nebo masem, vedlejší produkty z líhni, vejce, vedlejší produkty z vajec včetně vaječných skořápek, jednodenní kuřata usmrcená z obchodních důvodů. Daná zvířata nesmějí vykazovat žádné příznaky onemocnění přenosného tímto materiálem na člověka nebo zvířata;*
- *Vodní a suchozemští bezobratlí živočichové, kromě druhů patogenních pro člověka nebo zvířata;*
- *Hlodavci a zajícovci nespádající do kategorie 1 nebo 2;*
- *Kůže a kožky, paznehty, peří, vlna, rohy, srst a kožešiny, které pocházejí z mrtvých zvířat, která nevykazovala žádné příznaky onemocnění přenosného tímto produktem na člověka nebo zvířata;*
- *Tuková tkáň pocházející ze zvířat, která nevykazovala žádné příznaky onemocnění přenosného tímto materiálem na člověka nebo zvířata, která byla poražena na jatkách a která po prohlídce před porážkou byla shledána způsobilými k porážce k lidské spotřebě v souladu s právními předpisy EU;*
- *Odpady ze stravovacích zařízení [3];*

## 5 ZPRACOVATELSKÉ METODY PŘÍPUSTNÉ LEGISLATIVOU EU

Materiály VŽP se zpracovávají podle několika metod, které se řídí Nařízením komise (EU) č. 142/2011 [2]. Jednotlivé metody se volí podle toho, k čemu je produkt určen a také podle toho, z jaké kategorie VŽP se vychází. Kategorie 3 má nejširší využití, proto je metod zpracování pro tuto kategorii nejvíce. Během jednotlivých zpracování je nutné, aby byly materiály jednotlivých kategorií od sebe odděleny. Každá metoda má několik mezioperací jako třeba dělení, třídění, chlazení (mražení) atd. Rozlišují se dva základní typy metod zpracování:

- *Standartní zpracovatelské metody,*
- *Nestandardní zpracovatelské metody.*

### 5.1 *Standartní zpracovatelské metody*

V této kategorii rozlišujeme sedm standartních metod zpracování. Standartní metody jsou založeny na zmenšování částic vstupní suroviny a následné působení teplotou a tlakem. Toto působení mám vždy stanovený tlak a teplotu a určenou minimální dobu trvání, která zajišťuje dostatečné odstranění přítomných patogenních agens na přijatelnou koncentraci, která nepředstavuje zdravotní riziko. [1]

Parametry, především doba, teplota, tlak a rozměr částic se musejí při operaci vždy zaznamenávat a archivovat, aby bylo možné zpětně prokázat, že zpracování výsledného produktu bylo provedeno podle předpisů a produkt je tudíž nezávadný. [1]

Tepelné zpracování musí mít k dispozici také náhradní zdroj tepla pro případ poruchy, havárie či jiné nezpůsobilosti provozu. Díky náhradnímu zdroji tepla je zajištěn dostatečný ohřev materiálu. [1]

Jednotlivé metody se dají použít pouze pro určitý materiál. Metoda 1 až 5 je určená pro materiál kategorie 1 a 2. Materiál kategorie 3 se dá zpracovávat všemi metodami vyjma metody 6, která se dá použít pouze za předpokladu, že materiál pochází z vodních živočichů či vodních bezobratlých živočichů. [1]

#### 5.1.1 *Metoda 1 (tlaková sterilizace)*

##### *Podmínky:*

- *Maximální velikost částic: 50 mm,*
- *Minimální teplota v jádře: 133 °C – po minimální dobu zdržení 20 minut,*
- *Minimální tlak: 3 bary (absolutní),*
- *Pracovní prostor: sytá pára,*
- *Výchozí materiál: kategorie 3 (kategorie 1 a 2 na vyžádání).*

Metoda je určená pro výchozí materiál kategorie 3. Částice materiálu musí být zmenšené na maximální rozměr 50 mm s využitím vhodného vybavení. Účinnost tohoto zařízení musí být

denně kontrolována a zaznamenávána. V případě, že bude nalezena částice přesahující tento rozměr, celý proces musí být zastaven a postup zmenšování proveden znovu. [2]

Teplota v jádře částice materiálu musí být minimálně 133 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 20 minut při absolutním tlaku minimálně 3 bary. Požadovaného tlaku musí být dosaženo odčerpáním veškerého vzduchu z pracovního objemu sterilizační komory. Tento odčerpaný vzduch musí nahrazen sytou parou. Nahrazení vzduchu sytou parou může, a nemusí být jediným způsobem tepelného zpracování pro dosažení podmínek metody 1. Metoda může být prováděna jak kontinuálně, tak šaržovitě. [2]

### 5.1.2 Metoda 2

#### **Podmínky:**

- *Maximální velikost částic:* 150 mm,
- *Minimální teplota v jádře* 100 °C – po minimální dobu zdržení 125 minut,
- *Minimální teplota v jádře:* 110 °C – po minimální dobu zdržení 120 minut,
- *Minimální teplota v jádře* 120 °C – po minimální dobu zdržení 50 minut,
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Materiál kategorie:* 1, 2, 3.

Metoda je určena pro materiál kategorie 1, 2 a 3. Částice materiálu musí být zmenšené na maximální rozměr 150 mm s využitím vhodného vybavení. Účinnost tohoto zařízení musí být denně kontrolována a zaznamenávána. V případě, že bude nalezena částice přesahující tento rozměr, celý proces musí být zastaven a postup zmenšování proveden znovu. [2]

Teplota v jádře částice materiálu musí být minimálně 100 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 125 minut nebo minimálně 110 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 120 minut nebo minimálně 120 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 50 minut. Jednotlivé způsoby lze kombinovat. Metoda musí být prováděna pouze šaržovitě. [2]

### 5.1.3 Metoda 3

#### **Podmínky:**

- *Maximální velikost částic:* 30 mm,
- *Minimální teplota v jádře* 100 °C – po minimální dobu zdržení 95 minut,
- *Minimální teplota v jádře:* 110 °C – po minimální dobu zdržení 55 minut,
- *Minimální teplota v jádře:* 120 °C – po minimální dobu zdržení 13 minut,
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Výchozí materiál:* kategorie 1, 2, 3.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1, 2 a 3. Částice materiálu musí být zmenšeny na maximální rozměr 30 mm s využitím vhodného vybavení. Účinnost tohoto zařízení musí být denně kontrolována a zaznamenávána. V případě, že bude nalezena částice přesahující tento rozměr, celý proces musí být zastaven a postup zmenšování proveden znovu. [2]

Teplota v jádře částice materiálu musí být minimálně 100 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 95 minut nebo minimálně 110 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 55 minut nebo minimálně 120 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 13 minut. Jednotlivé způsoby lze kombinovat. Metoda může být prováděna jak kontinuálně, tak šaržovitě. [2]

#### 5.1.4 Metoda 4

##### *Podmínky:*

- *Maximální velikost částic:* 30 mm,
- *Minimální teplota v jádře:* 100 °C – po minimální dobu zdržení 16 minut
- *Minimální teplota v jádře:* 110 °C – po minimální dobu zdržení 13 minut,
- *Minimální teplota v jádře:* 120 °C – po minimální dobu zdržení 8 minut,
- *Minimální teplota v jádře:* 130 °C – po minimální dobu zdržení 3 minut,
- *Pracovní prostor:* tuk,
- *Výchozí materiál:* kategorie 1, 2, 3.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1, 2 a 3. Částice materiálu musí být zmenšeny na maximální rozměr 30 mm s využitím vhodného vybavení. Účinnost tohoto zařízení musí být denně kontrolována a zaznamenávána. V případě, že bude nalezena částice přesahující tento rozměr, celý proces musí být zastaven a postup zmenšování proveden znovu. [2]

Materiál je umístěn v nádobě s přidaným tukem. Teplota v jádře částice materiálu musí být minimálně 100 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 16 minut nebo minimálně 110 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 13 minut nebo minimálně 120 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 8 minut nebo minimálně 130 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 3 minut. Jednotlivé způsoby lze kombinovat. Metoda může být prováděna jak kontinuálně, tak šaržovitě. [2]

### 5.1.5 Metoda 5

#### **Podmínky:**

- *Maximální velikost částic:* 20 mm,
- *Minimální ohřev:* do vysrážení,
- *Minimální tlak:* do odstranění vody a tuku,
- *Minimální teplota v jádře:* 80 °C – po minimální dobu zdržení 120 minut,
- *Minimální teplota v jádře:* 100 °C – po minimální dobu zdržení 60 minut,
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Výchozí materiál:* kategorie 1, 2, 3.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1, 2 a 3. Částice materiálu musí být zmenšené na maximální rozměr 20 mm s využitím vhodného vybavení. Účinnost tohoto zařízení musí být denně kontrolována a zaznamenávána. V případě, že bude nalezena částice přesahující tento rozměr, celý proces musí být zastaven a postup zmenšování proveden znovu. [2]

Materiál je zahříván do té doby, dokud se nevysráží, následně je materiál stlačen tak, aby se z něj oddělila voda a tuk. Dalším krokem je ohřev materiálu tak, aby teplota v jádře částice materiálu byla minimálně 80 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 120 minut nebo minimálně 100 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 60 minut. Jednotlivé způsoby lze kombinovat. Metoda může být prováděna jak kontinuálně, tak šaržovitě. [2]

### 5.1.6 Metoda 6

#### **Podmínky:**

- *Maximální velikost částic:* 50 mm,
- *Minimální teplota v jádře:* 90 °C – po minimální dobu zdržení 60 minut,
- *Maximální velikost částic:* 30 mm,
- *Minimální teplota v jádře:* 70 °C – po minimální dobu zdržení 60 minut,
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Max pH:* 4,0,
- *Výchozí materiál:* kategorie 3 (materiál pocházející z vodních živočichů či vodních bezobratlých živočichů),
- *Aditiva:* kyselina mravenčí.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 3 za předpokladu, že materiál pocházející z vodních živočichů či vodních bezobratlých živočichů. Částice materiálu musí být zmenšené na maximální rozměr 50 mm při zpracování při teplotě 90 °C a na maximální rozměr 30 mm při zpracování při teplotě 70 °C s využitím vhodného vybavení. Účinnost tohoto zařízení musí být denně kontrolována a zaznamenávána. V případě, že bude nalezena částice přesahující tento rozměr, celý proces musí být zastaven a postup zmenšování proveden znovu. [2]

Před samotným tepelným zpracováním musí být surovina promíchána s kyselinou mravenčí, aby se snížilo pH suroviny alespoň na hodnotu 4,0. Následně se takto smíchaná surovina musí nechat odležet na alespoň 24 hodin. [2]

Teplota v jádře částice materiálu o maximálním rozměru 50 mm musí být minimálně 90 °C po dobu zdržení bez přerušení minimálně 60 minut nebo minimálně 70 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 60 minut pro částice o maximálním rozměru 30 mm. Metoda může být prováděna jak kontinuálně, tak šaržovitě. [2]

### 5.1.7 Metoda 7

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 3. Jakákoliv jiná metoda musí být schválena KVS. Musí být brán v potaz výchozí materiál a sním spojená možná rizika s ohledem na nakažový status ve členském státě nebo oblasti či pásmu, kde má být metoda použita. Daná metoda musí splňovat požadavek snížení zdravotních rizik pro lidi a zvířata tak, aby nepředstavovala závažná rizika. [2]

Metoda je založená na 30-ti denní vyšetřování vzorku. Vzorky odebrané ze zpracovaného materiálu musí splnit následující požadavky:

- *Nepřítomnost Clostridium perfringens v 1 gramu odebraného vzorku bezprostředně po ošetření metodou 7,*
- *Nepřítomnost Salmonela spp.<sup>12</sup> ve 25 gramech odebraného vzorku odebraného v průběhu skladování nebo vyskladňování,*
- *Koncentrace Enterobacteriaceae v rozmezí  $n=5$ ,  $c=2$ ,  $m=10$ ,  $M=300$  v 1 gramu odebraného vzorku odebraného v průběhu skladování nebo vyskladňování.*

*kde:*

*n – počet vzorků,*

*m – prahová hodnota počtu bakterií; výsledek je považován za uspokojivý, pokud počet bakterií ve všech vzorcích není vyšší než m;*

*M – mezní hodnota počtu bakterií; výsledek je považován za neuspokojivý, pokud počet bakterií v jednom nebo více vzorcích rovná M nebo je vyšší;*

*c – počet vzorků, jejichž bakteriální počet smí být v rozmezí mezi m a M, přičemž vzorek je ještě stále považován za přípustný, pokud je bakteriální počet ostatních vzorků roven m nebo nižší. [2]*

---

<sup>12</sup> ssp. - používáno za vědeckým jménem rodu, pokud máme na mysli různé druhy uvedeného rodu

## 5.2 Nestandardní zpracovatelské metody

Jedná se především o nové moderní metody zpracovávání VŽP, vznikající za účelem lepšího využití v technické praxi. Všechny nové nestandardní metody musejí být na základě předložené žádosti schváleny KVS. [2]

### 5.2.1 Alkalická hydrolyza

#### Podmínky:

- *Minimální teplota v jádře:* 150 °C – po minimální dobu zdržení 180 minut (včetně výchozího materiálu kategorie 1 – negativní výsledek na infekci TSE)
- *Minimální teplota v jádře:* 150 °C – po minimální dobu zdržení 360 minut (výchozí materiál kategorie 1 – podezření či zjištění infekce TSE),
- *Minimální teplota v jádře:* 150 °C – po minimální dobu zdržení 60 minut (výchozí materiál výhradně z drůbeže či ryb),
- *Minimální tlak:* 4 bary (absolutní),
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Výchozí materiál:* kategorie 1, 2, 3,
- *Aditiva:* NaOH nebo KOH.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1, 2 nebo 3. Musí být použit roztok hydroxidu sodného (NaOH) nebo hydroxidu draselného (KOH) či jejich kombinace. Množství je stanoveno molární ekvivalencí vzhledem k hmotnosti, typu a složení VŽP, které má být zpracováno. V případě, že vstupní surovina obsahuje vyšší obsah tuku, který zásadu neutralizuje, musí dojít k úpravě zásady tak, aby bylo dosaženo molární ekvivalence. Zpracování musí probíhat v zařízení vyrobené z legované oceli. [2]

Teplota v jádře částice materiálu musí být minimálně 150 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 180 minut při absolutním tlaku minimálně 4 bary. V případě výchozího materiálu kategorie 1, kde byla zvířata podezřelá z infekce TSE nebo kde byla zvířata usmrčená v souvislosti s opatřeními k eradikaci TSE, se doba zdržení bez přerušení zvyšuje na 360 minut (v případě negativních výsledků na TSE či přežvýkavců, kteří nevyžadují vyšetření na TSE, postačí zdržení pouze 180 minut). V případě výchozího materiálu pocházejícího výhradně z drůbeže či ryb, postačí zdržení bez přerušení pouze 60 minut. [2]

Zpracování musí být prováděno takovým způsobem, aby požadavky na čas teplotu a tlak byly splněny současně. [2]

### 5.2.2 *Hydrolyza za vysokého tlaku a teploty*

#### **Podmínky:**

- *Minimální teplota v jádře:* 180 °C – po minimální dobu zdržení 40 minut,
- *Minimální tlak:* 12 barů (absolutních),
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Výchozí materiál:* kategorie 1 a 2.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1 a 3. Teplota v jádře částice materiálu musí být minimálně 180 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 40 minut při tlaku 12 barů (absolutních). Zahřátí částic výchozího materiálu musí být docíleno nepřímým působením páry na biolytický reaktor. [2]

Metoda musí být prováděna šaržovitě a musí docházet k pravidelnému promíchání. Zpracování musí být prováděno takovým způsobem, aby požadavky na čas teplotu a tlak byly splněny současně. [2]

### 5.2.3 *Výroba bioplynu hydrolyzou za vysokého tlaku*

#### **Podmínky:**

- *Minimální teplota:* 220 °C – po minimální dobu zdržení 20 minut,
- *Minimální tlak:* 25 barů (absolutních),
- *Pracovní prostor:* vzduch i sytá pára,
- *Výchozí materiál:* kategorie 1, 2 a 3,
- *Aditiva:* voda.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1, 2 a 3. Výchozí produkt musí být nejprve zpracován standardní metodou a to metodou 1 (tlaková sterilizace). Následně musí být u výchozího materiálu odstraněn tuk. Teplota částice materiálu musí být minimálně 220 °C pod dobu zdržení bez přerušení minimálně 20 minut při tlaku 12 barů (absolutních). Zahřátí částic výchozího materiálu musí být provedeno ve dvou krocích. Krokem jedna je přímí střík páry, druhým krokem je nepřímé vstřikování páry přes koaxiální výměník tepla. [2]

Metoda může být prováděna jak šaržovitě, tak kontinuálně, ale musí docházet k pravidelnému promíchání. Zpracování musí být prováděno takovým způsobem, aby požadavky na čas teplotu a tlak byly splněny současně. Výsledný materiál musí být následně promíšen s vodou a musí být v reaktoru na výrobu bioplynu provedena anaerobní fermentace. [2]

V případě zpracování výchozího materiálu kategorie 1, musí celý proces probíhat ve stejném pracovním prostoru. Zpracování musí probíhat v uzavřeném systému. Takto získaný bioplyn musí být opět ve stejném pracovním prostoru spálen pro energetické účely při minimální teplotě 900 °C a následně prudce zchlazen. [2]

#### 5.2.4 Výroba bionafty

##### Podmínky:

- *Minimální teplota:* 72 °C – po minimální dobu zdržení 120 minut za účelem esterifikace<sup>13</sup>,
- *Minimální teplota:* 35 °C – po minimální dobu zdržení 2x15 minut za účelem transesterifikace<sup>14</sup>,
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Výchozí materiál:* tuk získaný z kategorie 1, 2 a 3,
- *Aditiva:* H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-eterifikace, KOD-transesterifikace.

Metoda je určena pro výchozí materiál – tuk, který pochází z kategorie 1, 2 nebo 3. Výchozí materiál kategorie 1 nebo 2 musí být nejprve zpracován standartní metodou a to metodou 1 (tlaková sterilizace). V případě výchozího materiálu kategorie 3, musí být materiál nejprve zpracován některou ze standartních metod 1, 2, 3, 4, 5 nebo 7 (v případě výchozího materiálu získaného z ryb je možné použít také metodu 6). Tyto předzpracování není potřeba provádět, pokud je výchozí materiál rybí tuk či již tavený/škvařený tuk, který byl vyroben v souladu s oddíly VII, resp. XII přílohy III nařízení (ES) č. 853/2004. [2]

Z takto předpřipraveného výchozího materiálu – tuku se musí oddělit bílkoviny. V případě tuku pocházející z přežvýkavců se musí odstranit nečistoty převyšující 0,15 % hmotnostních a následně musí být tuk podroben esterifikaci a transesterifikaci. Tuk získaný z kategorie 3 esterifikaci nevyžaduje. [2]

Pro esterifikaci se musí snížit hodnota pH na méně než 1 buď přidáním kyseliny sírové (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) nebo jiné rovnocenné kyseliny. Takto vzniklá směs musí být intenzivně míchána při teplotě 72 °C po dobu minimálně 120 minut. [2]

Transesterifikace je prováděna zvýšením pH na hodnotu 14 pomocí hydroxidu draselného nebo jiné rovnocenné zásady. Tato směs musí být ohřata na teplotu 35 °C až 50 °C a na této teplotě zdržena alespoň 15 minut. Za daných podmínek se transesterifikace provádí dvakrát za použití nové zásady. Následně musí dojít k rafinaci, kde výsledným produktem je bionafta. [2]

Takto se musí postupovat, pokud příslušný orgán neschválí jinak.

#### 5.2.5 Zplyňování

##### Podmínky:

- *Minimální teplota:* 950 °C – po minimální dobu zdržení 2 vteřiny,
- *Výchozí materiál:* tuk získaný z kategorie 1, 2 a 3.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 1, 2 a 3. Dospalovací komora musí být vyhřata za použití zemního plynu. Výchozí materiál VŽP je vložen do primární komory zplynovače a dveře musí být uzavřeny. Tato primární komora nesmí být vybavena hořáky, ale

<sup>13</sup> esterifikace – chemická reakce mezi alkoholem a kyselinou vedoucí k vzniku esteru a vody [7]

<sup>14</sup> transesterifikace – umožňuje výměnu alkoholové části existujícího esteru za jinou [7]

musí být vyhřívána přenosem tepla vedením od dospalovacího hořáku umístěného pod primární komorou. [2]

Produkty VŽP musí být zplyněním přeměněny na komplexní uhlovodíky. Výsledné plyny musí být z primární komory vedeny úzkým otvorem v horní části zadní stěny do směšovací a štěpné zóny, kde dojde ke štěpení na základní složky. Následně plyny vstupují do spalovací komory, kde za přebytku vzduchu musí být spáleny v plameni hořáku na zemní plyn. [2]

Každá provozní jednotka musí být vybavena dvojicí hořáků a ventilátorů, kde jeden hořák a ventilátor slouží jako náhrada v případě závady primárního hořáku či ventilátoru. Ventilátor slouží pro přivádění vzduchu na dospalování. Sekundární komora musí být designována tak, aby byla zaručena minimální doba zdržení 2 vteřiny při teplotě minimálně 950 °C. Spaliny vycházející ze sekundární komory musí být vedeny přes regulátor tahu umístěným v dolní části komína, kde dojde k ochlazení spalin a zředění s venkovním vzduchem. Regulátor tahu udržuje v primární a sekundární komoře stálý tlak. Celý proces musí být realizován v 24 hodinovém cyklu, který zahrnuje plnění, zpracování, zchlazení a odstranění popela. Vždy po ukončení cyklu musí být z primární komory pomocí vakuového extrakčního systému odstraněn všechen popel. Popel je tímto systémem dopravován do neprodyšných pytlů, které jsou následně před transportem zaplombovány. Není povoleno zplyňovat jiné materiály než materiály pocházející z VŽP. [2]

### 5.2.6 Spalování živočišného tuku pro energetické účely v kotli

#### Podmínky:

- *Minimální teplota:* 1100 °C – po minimální dobu zdržení 0,2 vteřiny,
- *Výchozí materiál:* tuk získaný z kategorie 1, 2 a 3.

Metoda je určena pro výchozí materiál – tuk, který pochází z kategorie 1, 2 nebo 3. Výchozí materiál-tuk pocházející z kategorie 1 nebo 2, který je určen pro spálení pro energetické účely v jiném zařízení. Tuk z přežvýkavců, kteří byli s negativním výsledkem podrobeni vyšetření na TSE nebo tuk z jiných zvířat než přežvýkavců, která vyžadují vyšetření na TSE, musí být tuk nejprve zpracován některou ze zpracovatelských metod 1 až 5. [2]

V případě tuku z materiálů kategorie 1 a 2 určených ke spálení pro energetické účely ve stejném zařízení a materiály kategorie 3, musí být tuk nejprve zpracován některou ze zpracovatelských metod 1 až 5 nebo metodou 7 (v případě výchozího materiálu získaného z ryb je možné použít také metodu 6). [2]

Z takto předpřipraveného výchozího materiálu – tuku se musí oddělit bílkoviny. V případě tuku pocházející z přežvýkavců se musí odstranit nečistoty převyšující 0,15 % hmotnostních. [2]

Následně se tuk musí odpařovat v parním kotli a spalovat pro energetické účely při teplotě alespoň 1100 °C po dobu alespoň 0,2 vteřin. Takto se musí postupovat, pokud příslušný orgán neschválí jinak. Nesmí být povoleno spalovat pro energetické účely jiný materiál živočišného původu než živočišný tuk. [2]

Spalování tuku získaného z kategorie 1 a 2 pro energetické účely musí probíhat ve stejném zařízení, kde se tuk škvaří/taví, s cílem využívat vytvářenou energii k procesu škvaření/tavení. Příslušný orgán však může povolit přemístění tuku do jiného zařízení za účelem spalování pro energetické účely za předpokladu, že takové zařízení je schváleno ke spalování pro energetické

účely nebo zpracování potravin nebo krmiv ve schváleném zařízení ve stejných prostorách probíhá za podmínek přísného oddělení obou procesů. [2]

Spalování pro energetické účely musí být prováděno za souladu s právními předpisy Unie pro ochranu životního prostředí. [2]

### 5.2.7 Termomechanická výroba biopaliva

#### **Podmínky:**

- *Maximální velikost částic:* 20 mm,
- *Minimální teplota* 80 °C – po minimální dobu zdržení 8 hodin,
- *Minimální teplota:* 100 °C – po minimální dobu zdržení 120 minut,
- *Minimální teplota kondenzátu:* 70 °C – po minimální dobu zdržení 60 minut,
- *Pracovní prostor:* vzduch,
- *Výchozí materiál:* kategorie 3.

Metoda je určena pro výchozí materiál kategorie 3 nebo hnůj a obsah trávicího traktu. Teplota částice materiálu musí být minimálně 80 °C po dobu zdržení minimálně 8 hodin. Při tomto procesu musí být materiál neustále zmenšován za použití vhodného zařízení na mechanický odběr. Následně musí být materiál ošetřován při teplotě 100 °C po dobu zdržení minimálně 120 minut. Velikost částice výsledného materiálu nesmí být větší než 20 mm. [2]

Během tepelného zpracování musí být ze vzduchového prostoru nad biopalivem neustále odsávána vodní pára, která musí být vedena chladiče z nerezové oceli. Vzniklý kondenzát musí být následně zdržen nejméně 60 minut na teplotě nejméně 70 °C a následně může být vypuštěn jako odpadní voda. [2]

Po tepelném ošetření materiálu musí být získané palivo buď spoluspáleno na stejném místě nebo vedeno zajištěným zakrytým dopravníkem ke spálení. Metoda musí být prováděna šaržovitě. [2]



## 6 HYDROLÝZA A ŠTĚPENÍ PĚROVÉHO ODPADU

Tato kapitola pojednává o metodách hydrolýzy pérového odpadu. Jsou to metody určené pro získání keratinu jeho degradací. Jedná se o rozštěpení disulfidových, peptidových, vodíkových a iontových vazeb působením teploty a tlaku za přítomnosti vody a aditiv.

### 6.1 Metody hydrolýzy

Molekula vody se rozloží na vodíkový kationt  $H^+$  a hydroxidový anion  $OH^-$ . Existuje několik druhů hydrolýzy:

- *Alkalická hydrolýza,*
- *Hydrolýza za vysokého tlaku a teploty,*
- *Kyselá hydrolýza,*
- *Hydrolýza redukčním způsobem,*
- *Hydrolýza oxidační způsob,*
- *Enzymatická hydrolýza.*

#### 6.1.1 Alkalická hydrolýza

Tento způsob hydrolýzy se řídí Nařízením komise (EU) č. 142/2011 (viz kapitola 5.2.1), která udává minimální legislativní požadavky pro tuto metodu. [2]

Patří mezi nejpoužívanější a nejdéle známou metodu štěpení keratinových molekul. Použitím silných alkálií při vysoké teplotě dochází k téměř úplnému rozštěpení keratinu a vzniká keratinový hydrolyzát. Stravitelnost proteinů se také blíží ke 100 %. Mezi nejpoužívanější alkálie patří NaOH, KOH nebo  $Ca(OH)_2$ , použít se však může jakákoliv silná alkálie, která je schválena KVS.

Cardamon a spol. použili pro alkalickou hydrolýzu keratinu z ovčí vlny 0,5M roztok NaOH při teplotě 60°C. Během 2 hodin došlo k rozpuštění 68 % keratinu a za 5 hodin až k 82 % rozpuštění keratinu z vlny. [30]

Pro své dobré výsledky často využívanou alkálií je roztok  $Ca(OH)_2$ . Například Coward-Kelly a kol. ve své práci uvádí, že se jim podařilo pomocí roztoku  $Ca(OH)_2$  (koncentrace 0,1 g  $Ca(OH)_2$ /g suchého peří) při teplotě 150 °C rozpustit 80 % pérového keratinu již za 25 minut

a po 3 hodinách hydrolýzy se jim podařilo rozpustit až 95 % pérového keratinu. [29]. Staron a kol. zase ve svých pracích uvádí poznatek, že čím větší je koncentrace roztoku  $Ca(OH)_2$ , tím menší je výtěžnost bílkovin pérového keratinu v hydrolyzátu a stravitelnost bílkovin je dle jejich závěru závislá na koncentraci alkálie, teplotě a době působení. Staron a kol. provedli nejprve tlakovou sterilizaci (kap. 5.1.1), což je minimální legislativní požadavek na zpracování pérového odpadu, a následně 240 minut vystavili keratinový hydrolyzát teplotě 90°C. Koncentrace roztoku byla 0,125 kg  $Ca(OH)_2$ /kg suchého peří, koncentrace vody byla 1,83 kg  $H_2O$ /kg suchého peří. Výsledná výtěžnost bílkovin pérového keratinu byla 84 %, stravitelnost těchto bílkovin byla 89 %. [20]

### 6.1.2 *Hydrolyza za vysokého tlaku a teploty*

Dnes se již moc nepoužívá vzhledem k vysoké energetické náročnosti. Tento způsob hydrolyzy se řídí Nařízením komise (EU) č. 142/2011 (viz kapitola 5.2.2), která udává minimální legislativní požadavky pro tuto metodu. [2]

### 6.1.3 *Kyselá hydrolyza*

Při reakci silných kyselin (například  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nebo  $\text{HCl}$ ) s keratinem dochází ke štěpení peptidových vazeb a tvorbě  $-\text{COO}-$  a  $-\text{NH}_4^+$  iontů. Dochází k částečné oxidaci cystinu na kyselinu cysteinovou a cystein, což má za následek částečné rozložení  $-\text{S}-\text{S}-$  můstků. [21]

K úplné hydrolyze keratinu nastává při působení 30-ti % kyseliny  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nebo 20-ti % kyseliny  $\text{HCl}$  o teplotě  $110\text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 25 hodin. [16]

Při použití 20-ti % kyseliny  $\text{HCl}$  o teplotě  $80\text{ }^\circ\text{C}$  dojde k rozkladu až 86 % keratinu. [22]

Kyselá hydrolyza je považována za náročnou a drastickou metodu extrakce keratinu, která má za následek špatnou kvalitu keratinového hydrolyzátu. Dojde totiž k destrukci značného množství aminokyselin v důsledku nutnosti užití vyšších koncentrací kyselin. [22]

### 6.1.4 *Hydrolyza za použitý oxidáčnických činidel*

Při působení oxidáčnických látek na keratin mohou nastat dva případy:

- *Oxidace disulfidické vazby bez jeho štěpení,*
- *Oxidační štěpení disulfidické vazby.*

Na disulfidickou vazbu keratinu působí oxidačně bez štěpení roztoky peroxidu vodíku, roztoky  $\text{KMnO}_4$  a fotooxidace při stárnutí keratinových bílkovin. Při oxidačním štěpení keratinu účinkem perkyselin nebo  $\text{NaClO}_4$  dochází k tvorbě kerateinsulfokyselin za současného rozpouštění keratinu. [16]

Rozpouštění redukovaného keratinu v zásadách nelze označit jako hydrolyzu jako takovou, nenastává štěpení peptidických vazeb. Při redukci keratinu, děje-li se při normální teplotě, lze oxidací získat keratinová vlákna původních vlastností. Při šetrné redukci nastává změkčení, plastifikace keratinu, který lze libovolně tvarovat a potom oxidací fixovat do elastického tvaru. [16]

### 6.1.5 *Hydrolyza za použití redukčnických činidel*

Jedná se o metodu málo používanou. Při působení redukčnických činidel na keratin dochází k redukčnímu štěpení disulfidické vazby. Mezi používaná redukční činidla patří sirovodík, siřičitany nebo tioglykolové kyseliny. Redukční štěpení disulfidické vazby je reakce vratná a mírnou oxidací se opět vytvoří disulfidické vazby. Tato zpětná reakce má využití v trvalém formování tvarů keratinových vláken. Redukční účinky se projeví zvýšenou lámavostí při ohybu, teplota kontrakce se výrazně sníží. Poté nastává rozklad a rozpouštění keratinu důsledkem účinku enzymů. [4, 6, 16]

### 6.1.6 Enzymatická hydrolyza

V posledních letech je snaha o rozvoj této alternativní metody a její využití v technické praxi. Velkou výhodou je nízká energetická náročnost celého procesu a také malé množství dávkovaných enzymů. Avšak značnou nevýhodou je především doba celého procesu, který se pohybuje od 2 do 7 dnů, což je hlavní důvod, proč se tolik nevyužívá v průmyslové praxi. Další nevýhodou je náročnost udržování stálého reakčního prostředí. Enzymy jsou na změnu prostředí velmi citlivé, ve většině případů působí v alkalickém prostředí<sup>15</sup>. Často používanými bakteriemi pro přípravu enzymů jsou bakterie rodu *Bacillus* a *Streptomyces*. [31]

Mezi často používané enzymy patří Alkaláza vyráběná z bakterie rodu *Bacillus licheniformis*. Tento enzym pracuje v pH 6,5 – 8,5. Další používaný enzym je například Savináza vyráběná z bakterie rodu *Bacillus*, především *Bacillus lentus*. Tento enzym pracuje v pH 8–12. [32]

---

<sup>15</sup> pH oblast 8 - 13

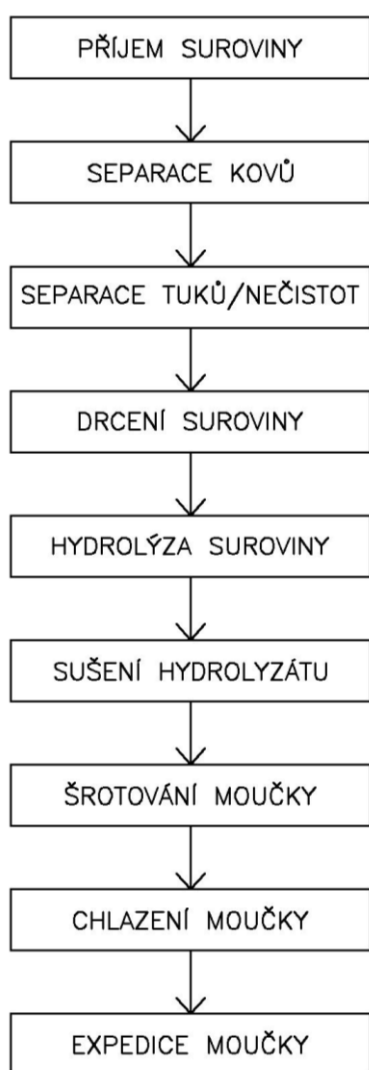


## 7 ZPRACOVÁNÍ DRŮBEŽÍHO PEŘÍ

Kapitola je zaměřena na postup zpracování drůbežího peří. Klíčovým procesem je hydrolýza pérového odpadu, která byla popsána v kapitole 6. Samotnému procesu hydrolýzy předchází několik dalších procesů. Produktem hydrolýzy je pérový hydrolyzát. Ten je potřeba dalšími procesy upravit tak, aby se získal výsledný produkt zpracování drůbežího peří, a to pérová moučka.

### 7.1 Postup zpracování

Postup zpracování drůbežího peří jako takový není ze zákona daný, proto bývá často individuální. Jeden vzorový postup je znázorněn na Obr.12. Samotná hydrolýza je jediná část tohoto procesu, která se musí řídit legislativními požadavky EU týkajícími se zpracování VŽP (Nařízením komise (EU) č. 142/2011 viz kapitola 5) a musí být schválena KVS.



Obr. 12 Diagram zpracování drůbežího peří

Celý postup začínám příjmem vstupní suroviny. Následuje separace kovů. Mezi vstupní surovinou se mohou objevit ocelové matky či šrouby uvolněné ze zařízení předchozího procesu nebo jiné kovové nečistoty. Případný výskyt kovů v následující technologii by mohl způsobit vážné poškození zpracovatelského zařízení, a proto musejí být ze vstupní suroviny odstraněny. Separace kovů bývá často opomíjena z důvodů snížení investičních nákladů. Následuje ošetření vstupní suroviny pro proces hydrolýzy. Mezi tyto ošetření patří často separace tuků a nečistot, ale není to podmínkou. Samotná hydrolýza ve většině případů vyžaduje určité pH prostředí, ať už alkalické či zásadité. Přítomnost většího množství tuku v surovém peří hydrolyzovaný roztok neutralizuje, a tudíž dochází k narušení procesu hydrolýzy. Mnohdy proces samotné hydrolýzy začíná některou ze standartních zpracovatelských metod EU, aby VPŽ nadále nepředstavoval zdravotní riziko. Často se volí zpracovatelská metoda 1 (tlaková sterilizace), která mimo jiné vyžaduje maximální velikosti částice materiálu 50 mm. V takovém případě je do celkového postupu zpracování pérového odpadu zahrnuto také drcení vstupní suroviny. Vstupní surovina je připravená a následuje samotný proces hydrolýzy, jejímž výstupem je pérový hydrolyzát. Tento hydrolyzát je potřeba zbavit přebytečné vlhkosti, proto následuje proces sušení. Následuje mletí pérové moučky. Součástí samotného mletí často bývá další separace kovů, které se do moučky mohli dostat z přechodících aparátů (například matka nebo šroub). Tyto nežádoucí materiály by mohli opět způsobit následující zpracovatelské zařízení především mlýn moučky. Umletou moučku je už potřeba jen vychladit na přijatelnou teplotu pro expedici a moučku expedovat.

## **7.2 Základní rozdělení technologie**

Samotný proces se dá rozdělit na dvě hlavní části a to tzv. nečistou část a čistou část. Jednotlivé části jsou od sebe odděleny nepropustnou stěnou, aby bylo zabráněno případné kontaminaci čisté části. Proces obsahuje i vedlejší část, do které spadají pomocné procesy.

### **7.2.1 Nečistá část**

V této části platí přísné hygienické předpisy. Do této kategorie spadá vše od příjmu suroviny až po zařízení, zajišťující dostatečné odstranění přítomných patogenních agens na přijatelnou koncentraci, která nepředstavuje zdravotní riziko.

### **7.2.2 Čistá část**

V této části už by se neměla objevovat hygienicky nezpracovaná surovina. Teoreticky může za předpokladu, že k ní není přístup důsledkem uzavřených aparátů a dopravních cest (např. uzavřené šnekové dopravníky) a není zde žádný možný výstup suroviny (např. klapka zahlcení žlabového šnekového dopravníku nebo havarijní výpad do otevřené záchytné vany). V čisté části najdeme strojovnu, moučkárnu, expedici a sklad výsledného produktu. Tyto jednotlivé části by měly být také oddělené stěnou, ale není to požadavkem. Součástí strojovny je hydrolýza a sušení. Moučkárna obsahuje mletí a chlazení. Součástí expedice je mezizásobník nebo silo na produkt, dáme vyprazdňovací zařízení buď formou pytlovačky nebo expedičního dopravního zařízení.

### **7.2.3 Pomocné provozy**

Mezi pomocné provozy patří především chlazení a kondenzace brýdových par, chlazení inertních plynů a samotná dezodorizace.

## 8 NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE

Technologická linka na zpracování péřového odpadu byla navržena na základě staré nefunkční technologie, kde byla vyměněna či přidána většina klíčových strojů. Některé aparáty z původní technologie byly využity v technologii nové za účelem snížení celkových nákladů. Nově navržená linka se podotýká s řadou omezení způsobené dispozičním řešením původní technologie a využitím původních aparátů. Cílem bylo efektivně navýšit výrobní kapacity linky za použití co nejmenších nákladů, proto byla snaha co nejvíce původních aparátů zachovat. Také bylo nutné novou technologii a postupy zpracování suroviny upravit tak, aby výsledný produkt dosahoval žádané kvality a byl na evropském trhu konkurenčně schopný.

### 8.1 Výkonové parametry linky

Výkonové parametry linky jsou znázorněny v Tabulce 3. Technologická linka na zpracování drůbežího peří bude pracovat 24 hodin denně v 6-ti denním cyklu. Jedná se o 3 směnný nepřetržitý provoz, kdy jeden den v týdnu je vyhrazen na pravidelnou údržbu a revizi zařízení technologie nebo na řešení nenadálých situací. Celkem tedy bude k dispozici 7 488 pracovních hodin za rok pro zpracování drůbežího peří a 1 248 hodin za rok pro údržbu a revizi zařízení technologie.

Jedná se o šaržovitý provoz s průměrným hodinovým výkonem 3,376 tun surového peří za hodinu. Za rok linka vyprodukuje až 10 466 tun péřové moučky a zpracuje až 25 282 tun surového peří.

Tabulka 3 Výkonové parametry linky

VÝKONOVÉ PARAMETRY LINKY		
Časový fond	24	hod/den
	6	den/týden
	52	týden/rok
	7 488	hod/rok
Výkon technologické linky	3,376	tun/hod
	81,031	tun/den
	25 282	tun/rok
Produkce péřové moučky	1,397	tun/hod
	33,545	tun/den
	10 466	tun/rok

## 8.2 Složení a vlastnosti vstupní suroviny

Parametry vstupní suroviny jsou znázorněny v Tabulce 4. Počítá se s 35% obsahem sušiny v surovém peří s maximálním 8% obsahem tuku, zbytek tvoří voda. Teplota surového peří na vstupu je 15°C. Jeho hustota je odhadována na 1 600 kg/m<sup>3</sup> a měrná tepelná kapacita na 3 200 J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

Tabulka 4 Složení a vlastnosti surového peří

SLOŽENÍ A VLASTNOSTI SUROVÉHO PEŘÍ		
Obsah vody	57	%
Obsah sušiny	35	%
Obsah tuku	max 8	%
Měrná tepelná kapacita peří	3 200	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Hustota	1 600	kg/m <sup>3</sup>
Teplota	15	°C

## 8.3 Složení a vlastnosti výsledného produktu

Parametry výsledného produktu jsou znázorněny v Tabulce 5. Technologie je navržena tak, aby péřová moučka měla maximálně 7 % vlhkost a teplota péřové moučky při expedici nepřesáhla 45°C. Její sypná hustota je odhadována na 750 kg/m<sup>3</sup>.

Odhaduje se, že v péřové moučce se rozpustí minimálně 85 % péřového keratinu a stravitelnost těchto bílkovin bude minimálně 85 %. Konkrétnější hodnoty se získají až z testů ze zkušebního provozu.

Tabulka 5 Složení a vlastnosti péřové moučky

SLOŽENÍ A VLASTNOSTI PĚŘOVÉ MOUČKY		
Obsah vody	max 7	%
Obsah sušiny	93	%
Množství rozpuštěného keratinu	min 85	%
Stravitelnost bílkovin	min 85	%
Sypná hustota	750	kg/m <sup>3</sup>
Expediční teplota	<45	°C

#### 8.4 Spotřeba energií a médií

Energetická spotřeba a spotřeba médií je zobrazena v Tabulce 6. Spotřeba energií a médií vztahovaná k tuně vstupní suroviny je patrná z Tabulky 7. Množství vyprodukovaných vedlejších produktů nalezneme v Tabulce 8.

Níže uvedené hodnoty nemůžeme brát jako hodnoty závazné, ale o hodnoty předběžné, které budou upřesněny ve zkušebním provozu.

Tabulka 6 Spotřeba energií a médií

SPOTŘEBA ENERGIÍ A MÉDIÍ		
Nominální spotřeba topné páry 8 bar	3 541,9	kg/hod
Špičková spotřeba topné páry 8 bar	9 922,3	kg/hod
Instalovaný elektrický příkon	657,4	kW
Provozní součinitel souběhu a zatížení strojů	0,67	-
Spotřeba elektrické energie	440,46	kWh/hod
Spotřeba technického vzduchu 6 bar	37	Nm <sup>3</sup> /hod
Vratný topný kondenzát	3 541,9	kg/hod
Spotřeba oplachové vody	300	litr/hod
Spotřeba technické vody pro hydrolyzéry	859	litr/hod

Tabulka 7 Měrná spotřeba energií a médií na tunu zpracované suroviny

MĚRNÁ SPOTŘEBA ENERGIÍ A MÉDIÍ NA TUNU ZPRACOVANÉ SUROVINY		
Průměrná spotřeba topné páry 8 bar	1 049	kg/tun suroviny
Spotřeba elektrické energie	130,47	kWh/tun suroviny
Spotřeba technického vzduchu 6 bar	11	Nm <sup>3</sup> /tun suroviny
Spotřeba technické vody	343	litr/tun suroviny

Tabulka 8 Produkce vedlejších produktů

VEDLEJŠÍ PRODUKTY		
Sediment	2 000	kg/den
Inertní plyny	37 340	kg/den

#### 8.5 Potřeba pracovních sil

Provoz technologického zařízení vyžaduje následující pracovníky pro každou směnu provozu (jedná se o doporučené počty pracovníků):

- 1 operátor u PC,
- 1 pracovník na příjmu (závisí na struktuře odpadů),
- 1 pracovník pro kontrolu strojovny,
- 2 pracovníci pro obsluhu plniček obřích vaků a skladu mouček.

## 8.6 Časový harmonogram 6-ti denního pracovního cyklu

Výsledný harmonogram 6-ti denního pracovního cyklu je součástí přílohy. Pro jeho vytvoření bylo nutné počítat s řadou omezení. Jedná se především o:

1. Omezené výkonosti některých strojů a zařízení,
2. Hydrolyzéry pracují šaržovitě,
3. Zároveň nelze plnit víc než jeden hydrolyzér,
4. Mezizásobník péřového hydrolyzátu (poz.2350) je omezen kapacitou 13 m<sup>3</sup>,
5. Sušárny pracují šaržovitě,
6. Zároveň nelze plnit víc než jednu sušárnu,
7. Zároveň nelze vyprazdňovat víc než jednu sušárnu,
8. Usušená moučka ze sušárny nemá žádný mezizásobník,

Klíčové aparáty (hydrolyzéry, sušárny) pracují šaržovitě. Byla snaha o tom, aby prostoje mezi jednotlivými šaržemi byly minimální. Byla také snaha, aby ostatní stroje a zařízení pracovali nepřetržitě, aby okamžitý výkon linky se blížil k výkonu průměrnému. To vedlo ke snížení výkonnostních požadavků strojů a zařízení při zachování výkonosti linky.

Jelikož jedna šarže hydrolyzérů trvá podstatně déle než samotné sušení v trubkových sušárnách, mohli jsme si dovolit využívat sušárny zároveň jako mezizásobníky jak zhydrolyzovaného péřového odpadu, tak již usušené péřové moučky. Sušárny disponují dostatečným objemem, aby mohli být využívány jako mezizásobníky. Trubková sušárna poz.3000 o teplosměnné ploše 40 m<sup>2</sup>, disponuje objemem cca 17,7 m<sup>3</sup> a suší pouze zhydrolyzovaný péřový odpad vyprodukovaný hydrolyzérem PSH 10 (poz.2000). Větší trubková sušárna poz.3500 o teplosměnné ploše 80 m<sup>2</sup>, zase disponuje objemem cca 34,4 m<sup>3</sup>. Jelikož má dvakrát větší kapacitu, v jedné šarži zvládá sušit obě šarže zhydrolyzovaného péřového odpadu vyprodukovaného jak hydrolyzérem PSH 8 (poz.2110), tak hydrolyzérem PSH 8 (poz.2230). Suší tedy pouze zhydrolyzovaný péřový odpad z těchto dvou hydrolyzérů.

Doba plnění a vyprazdňování sušáren byla adekvátně zvýšena tak, aby se celková šarže sušárny (plnění, sušení, vyprazdňování) co nejvíce přiblížila době jedné šarže příslušného hydrolyzéra (viz Tabulka 9 a 10). Doba sušení byla omezena celkovým měrným odparem, který z měření vychází okolo 24,1 kg.hod<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>. Muselo být také počítáno s omezením, že v jeden okamžik není možné plnit víc než jednu sušárnu a také není možné v jeden okamžik vyprazdňovat více než jednu sušárnu.

Tabulka 9 Časový harmonogram trubkové sušárny 40 m<sup>2</sup> (poz.3000)

ČASOVÝ HARMONOGRAM TRUBKOVÉ SUŠÁRNÝ 40 m <sup>2</sup> (POZ.3000)		
Doba plnění	25	minut
Doba sušení	125	minut
Doba vyprazdňování	50	minut
Doba celkem	200	minut

Tabulka 10 Časový harmonogram trubkové sušárny 80 m<sup>2</sup> (poz.3500)

ČASOVÝ HARMONOGRAM TRUBKOVÉ SUŠÁRNÝ 80 m <sup>2</sup> (POZ.3500)		
Doba plnění	40	minut
Doba sušení	100	minut
Doba vyprazdňování	80	minut
Doba celkem	220	minut

Tyto úpravy vedli k tomu, že za 6-ti denní pracovní cyklus byl celkový počet šarží klíčových aparátů následující (Tabulka 11). Tento celkový počet šarží udává celkovou výkonnost linky.

Tabulka 11 Počet šarží klíčových aparátů za 6-ti denní pracovní cyklus

POČET ŠARŽÍ KLÍČOVÝCH APARÁTŮ ZA 6-TI DENNÍ PRACOVNÍ CYKLUS		
Hydrolyzér PSH 8 (poz.2110)	35	šarží
Hydrolyzér PSH 8 (poz.2230)	35	šarží
Hydrolyzér PSH 10 (poz.2230)	32	šarží
Trubková sušárna 40 m <sup>2</sup> (poz.3000)	32	šarží
Trubková sušárna 80 m <sup>2</sup> (poz.3500)	35	šarží

### 8.7 Zvolená metoda hydrolýzy

V celé technologii byla volena metodou alkalické hydrolýzy za použití vápenného mléka (směs Ca(OH)<sub>2</sub> a vody). Konkrétní parametry hydrolýzy jsou znázorněny v Tabulce 13, parametry výchozího materiálu jsou znázorněny v Tabulce 12. Tato metoda hydrolýzy se v daném případě řídí Nařízením komise (EU) č. 142/2011[2] a splňuje minimální požadavky alkalické hydrolýzy (viz kap.5.2.1) s tím rozdílem, že využívá jiný druh alkálie. Místo doporučených alkálií NaOH nebo KOH, byla volena alkálie Ca(OH)<sub>2</sub>, která se v poslední době osvědčila. Staron a kol. ve své práci z roku 2014 poukazuje na velmi dobré výsledky při použití této alkálie za relativně nízkých teplot a přijatelné době hydrolýzy, k podobným výsledku došel ve své práci také Coward-Kelly a kol. (viz kap.6.1.1). Alkalická metoda hydrolýzy v tomto případě také splňuje minimální požadavky Metody 1 (tlakové sterilizace) dle Nařízením komise (EU) č. 142/2011[2], protože je surové peří jemným drtičem rozmělněno na částice o maximální velikosti 30 mm a pracovní prostor je vyplněn parou.

Tabulka 12 Parametry výchozího materiálu

VÝCHOZÍ MATERIÁL		
Maximální velikost částic	30	mm
Výchozí materiál	drůbeží peří (kategorie 3)	

Tabulka 13 Parametry fáze hydrolýzy

PARAMETRY FÁZE HYDROLÝZY		
Minimální teplota v jádře	150	°C
Minimální tlak	4	bary (abs.)
Pracovní prostor	sytá pára	-
Doba zdržení	65	minut
Použitá alkálie	Ca(OH) <sub>2</sub>	-

Zásadité prostředí je zajištěno dávkováním Ca(OH)<sub>2</sub> ve formě vápenného mléka (směs H<sub>2</sub>O a Ca(OH)<sub>2</sub>) do šarže hydrolyzéro ve fázi plnění. Hydrolýza spotřebovává při reakci vodu, proto je nutné zajistit dostatečné množství vody v šarži. Podíl vody a Ca(OH)<sub>2</sub> je vztažen na sušinu peří. V našem případě jsme volili podíl 2 kg vody na 1 kilogram sušiny peří a 0,1 kg Ca(OH)<sub>2</sub> na 1 kg sušiny peří. K těmto konkrétním hodnotám jsme došli na základě závěrů prací Starona a kol. a Cowarda-Kellyho a kol. [29, 30] a interních informací společnosti Prokop Invest. a.s. Samotné peří obsahuje značný podíl vody, v našem případě 56 hm.% (upravené peří před

vstupem do hydrolyzérů), avšak toto množství není dostatečné, proto chybějící vodu dodáváme ve formě vápenného mléka. Abychom splnili výše uvedené požadavky, musíme použít vápenné mléko s hmotnostním podílem  $\text{Ca(OH)}_2$  12,1 %. Parametry dávkování vápenného mléka jsou znázorněny v Tabulce 14.

*Tabulka 14 Parametry dávkování vápenného mléka*

PARAMETRY DÁVKOVÁNÍ VÁPENNÉHO MLÉKA		
Podíl vody na sušinu peří	2,0	kg.kg <sup>-1</sup>
Podíl $\text{Ca(OH)}_2$ na sušinu peří	0,1	kg.kg <sup>-1</sup>
Hmotnostní podíl $\text{Ca(OH)}_2$ ve vápenném mléku	12,1	hm. %

Po splnění výše uvedených parametrů nastává fáze odtlakování, která trvá 20 až 25 minut (podle typu hydrolyzéry) a nastává fáze sušení za atmosférického tlaku, při které se ze šarže odpařuje voda a ve formě brýdových par je nasávána na vodní kondenzátory. Parametry sušení jsou znázorněny v Tabulce 15. I při této fázi dochází ke štěpení keratinových vazeb.

*Tabulka 15 Parametry fáze sušení*

PARAMETRY FÁZE SUŠENÍ		
Sušení parou nepřímou o teplotě	171	°C
Tlak	1	bar (abs.)
Pracovní prostor	vzduch	-
Doba zdržení	80	minut

Hydrolyza je klíčová technologie celé výrobní linky, proto je nutné striktně dodržovat její požadavky na teplotu, tlak, množství alkálií a vody a v neposlední řadě také časový harmonogram znázorněný v Tabulce 15 pro hydrolyzéry PSH 8 (poz.2110, 2230) a v Tabulce 16 pro hydrolyzér PSH 10 (poz.2000).

*Tabulka 16 Časový harmonogram šarže hydrolyzéry PSH 8 (poz.2110, 2230)*

ČASOVÝ HARMONOGRAM ŠARŽE HYDROLYZÉRU PSH 8 (POZ.2110,2230)		
Doba plnění	20	minut
Doba ohřevu	25	minut
Doba hydrolyzy	65	minut
Doba odtlakování	25	minut
Doba sušení	80	minut
Doba vyprazdňování	20	minut
Doba prostoje – rezerva	5	minut
Doba celkem	240	minut

Tabulka 17 Časový harmonogram šarže hydrolyzérou PSH 10 (poz.2000)

ČASOVÝ HARMONOGRAM ŠARŽE HYDROLYZÉRU PSH 10 (POZ.2000)		
Doba plnění	25	minut
Doba ohřevu	25	minut
Doba hydrolyzy	65	minut
Doba odtlakování	25	minut
Doba sušení	80	minut
Doba vyprazdňování	25	minut
Doba prostojů – rezerva	5	minut
Doba celkem	255	minut

### 8.8 Složení jednotlivých šarží klíčových aparátů

Složení šarže hydrolyzérou PSH 8 je znázorněno v Tabulce 18 a složení šarže hydrolyzérou PSH 10 je znázorněno v Tabulce 19.

Tabulka 18 Složení šarže hydrolyzérou PSH 8 (poz.2110, 2230)

SLOŽENÍ ŠARŽE HYDROLYZÉRU PSH 8 (POZ.2110,2230)		
PERÍ	kg	%
Celková hmotnost	3 550	100
Množství sušiny	1 562	44
Množství vody	1 988	56
VÁPENNÉ MLÉKO	kg	%
Celková hmotnost	1 292,2	100
Množství Ca(OH) <sub>2</sub>	156,2	12,1
Množství procesní vody	1 136	87,9
Celková hmotnost celé šarže	4 842,2	100

Tabulka 19 Složení šarže hydrolyzérou PSH 10 (poz.2000)

SLOŽENÍ ŠARŽE HYDROLYZÉRU PSH 10 (POZ.2000)		
PERÍ	kg	%
Celková hmotnost	4 320	100
Množství sušiny	1 900,8	44
Množství vody	2 419,2	56
VÁPENNÉ MLÉKO	kg	%
Celková hmotnost	1 572,5	100
Množství Ca(OH) <sub>2</sub>	190,1	12,1
Množství procesní vody	1 382,4	87,9
Celková hmotnost celé šarže	5 892,5	100

Trubková sušárna 40 m<sup>2</sup> (poz.3000) suší vždy 1 šarži hydrolyzéro PSH 10 (poz.2000) viz Tabulka 20 a trubková sušárna 80 m<sup>2</sup> (poz.3500) suší vždy 1 šarži hydrolyzéro PSH 8 (poz.2110) a 1 šarži hydrolyzéro PSH 8 (poz.2230), tedy najednou vždy 2 šarže viz Tabulka 21.

*Tabulka 20 Složení šarže trubkové sušárny 40 m<sup>2</sup> (poz.3000)*

SLOŽENÍ ŠARŽE TRUBKOVÉ SUŠÁRNY 40 m <sup>2</sup> (POZ.3000)		
PĚROVÝ HYDROLYZÁT	kg	%
Celková hmotnost	4 921,7	100
Množství sušiny	2 090,9	42,5
Množství vody	2 830,8	57,5

*Tabulka 21 Složení šarže trubkové sušárny 80 m<sup>2</sup> (poz.3500)*

SLOŽENÍ ŠARŽE TRUBKOVÉ SUŠÁRNY 40 m <sup>2</sup> (POZ.3000)		
PĚROVÝ HYDROLYZÁT	kg	%
Celková hmotnost	7 969,5	100
Množství sušiny	3 436,4	43,1
Množství vody	4 533,1	56,9

## 8.9 Technologie zpracování

Samotná technologie zpracování drůbežního peří se dá rozdělit na několik hlavních technologických úseků:

- Příjem suroviny,
- Úprava surového peří,
- Hydrolýza,
- Sušení,
- Zpracování moučky,
- Expedice,
- Chlazení,
- Aspirace a dezodorizace.

### 8.9.1 Příjem suroviny

Peří je přiváženo nákladními auty do nového příjmového žlabu poz.1020 o celkové kapacitě 50 m<sup>3</sup> s hydraulicky ovládaným odklopným víkem, 4-mi šneky a dvěma vynášecími šneky. Obsažená voda je scezena a odvedena na čistírnu odpadních vod scezovacím čerpadlem poz.1050. Příjmový žlab poz.1020 pokryje přibližně denní kapacitu linky (cca 84 tun). Aby nemuselo být peří naváženo každý den, jen zde k dispozici betonová nádrž poz.1000 o celkové kapacitě až 288 m<sup>3</sup> (9x8x4 metrů). Surové peří tedy stačí navážet jednou týdně, avšak každý den je nutné přemístit peří z betonové nádrže poz.1000 do příjmového žlabu poz.1020 pomocí hydraulického nakladače (stávající zařízení) poz.1010. Nakladač není automatický a musí být ovládán jedním pracovníkem linky.

### 8.9.2 Úprava surového peří

Surovina je z příjmového žlabu poz.1020 dopravována pásovými dopravníky poz.1030 (stávající zařízení) a poz.1040 na třídící pás s indikátorem kovů poz.1060. Materiál, který

obsahuje kov, není dopraven až do koncového výpadu třídícího pásu, ale je vyhrnut z pásu bočním výpadem.

Po odstranění kovových příměsí na třídícím pásu je surové peří samospádem dopraveno na péřový lis poz.1070. Péřový lis odstraní ze vstupní suroviny stanovený podíl vody obsahující především tuk a nečistoty. Tato směs je shromážděna v mezizásobníku poz.1090 o celkové kapacitě 3 m<sup>3</sup>, z tohoto mezizásobníku je směs dopravována odstředivým čerpadlem poz.1100 na ČOV<sup>16</sup>.

Peří z péřového lisu poz.1070 zbavené tuku a nečistot je samospádem dopraveno do jemného drtiče poz.1080, který peří rozdrťí na částice o maximální velikosti 30 mm. Takto upravené peří je připraveno na proces alkalické hydrolýzy.

### 8.9.3 Hydrolýza

Z jemného drtiče poz.1080 je peří samospádem dopraveno na reverzní pásový dopravník poz.1110. Tento pásový dopravník má na každém konci jeden výpad. Směr chodu pásového dopravníku se nastaví podle toho, který hydrolyzér je potřeba plnit. V případě plnění hydrolyzéroú poz.2000 (PSH 10) je peří dopravováno skrze pásový dopravník poz.1120 do vhozu hydrolyzéroú poz.2001. V případě plnění hydrolyzéroú poz.2110 (PSH 8) nebo hydrolyzéroú poz.2230 (PSH 8) je chod pásového dopravníku poz.1110 přepnut a peří je dopravováno pásovým dopravníkem poz.1130 (stávající zařízení) na dopravník poz.1140 (stávající zařízení), který je opět reverzní a opět má na každém konci jeden výpad. V případě plnění hydrolyzéroú poz.2110 je peří dopravováno do vhozu hydrolyzéroú poz.2111. V případě plnění hydrolyzéroú poz.2230 je chod pásového dopravníku poz.1140 přepnut a peří je dopravováno do vhozu hydrolyzéroú poz.2231. Je patrné, že v jednu dobu nelze plnit víc než jeden hydrolyzér.

Do každého hydrolyzéroú je naplněno vždy požadované množství upraveného peří a následně je pomocí dávkovacího čerpadla poz.2530 s frekvenčním měničem nadávkováno požadované množství vápenného mléka. Vápenné mléko je směs alkálie Ca(OH)<sub>2</sub> a vody. K požadované koncentraci 12,1 hm. % Ca(OH)<sub>2</sub> dochází smícháním v míchané nádrži poz.2520 o celkové kapacitě 5 m<sup>3</sup>. Množství procesní vody v nádrži je řízeno pomocí snímačů hladiny. Ca(OH)<sub>2</sub> je do nádrže dávkováno pomocí mikrodávkače s frekvenčním měničem poz.2510 ze zásobníku poz.2500. Samotné plnění vápenného mléka trvá 20 minut v případě hydrolyzéroú PSH 8 a 25 minut v případě hydrolyzéroú PSH 10. Jakmile je šarže připravená, hydrolyzér je natlakováno na 4 bary absolutní a ohříván na teplotu 155 °C parou o 8 barech absolutních přímo (přímým vstříkem páry) i nepřímo (skrze duplikační plášť a míchadlo). Tento ohřev trvá přibližně 25 minut. Po této době by měla být teplota v jádře alespoň 150°C. Následuje proces samotné hydrolýzy, v tomto případě zdržení 65 minut při této teplotě a tomto tlaku. Po uplynutí této doby nastává pozvolné odtlakování, které trvá 25 minut v případě hydrolyzéroú PSH 8 a 30 minut v případě hydrolyzéroú PSH 10. Po odtlakování následuje fáze sušení za atmosférického tlaku. Surovina je ohřívána nepřímo 8 barovou parou skrze duplikační plášť a míchadlo. Sušení trvá 80 minut. Během operace ohřevu, hydrolýzy, odtlakování a sušení dochází k rozložení struktury (keratinu). Brýdová pára spolu s inertními plyny odchází na vodní kondenzátory (stávající zařízení) poz.5000, 5020 a 5040.

Vzniklý péřový hydrolyzát je skrze pneumaticky řízené šoupátko poz.2020, 2130 nebo 2250 (stávající zařízení) dopravován pomocí šnekového dopravníku poz.2100, 2210 nebo 2330

---

<sup>16</sup> ČOV – čistička odpadních vod

(stávající zařízení) do žlabu na pěrový hydrolyzát poz.2350 (stávající zařízení) o celkové kapacitě 12 m<sup>3</sup>.

#### 8.9.4 Sušení

Ze žlabu na pěrový hydrolyzát poz.2350 o celkové kapacitě 13 m<sup>3</sup> je surovina dopravována zalomeným redlerem poz.2360 (stávající zařízení) do šnekového dopravníku poz.2390 (stávající zařízení). Tento šnekový dopravník má 3 výpady. První výpad je havarijní, v případě, že by byla potřeba vyprázdnit některý z hydrolyzérů. Tento výpad je ovládán ručně pomocí hradítka poz.2370 (stávající zařízení). Další výpad je pneumatickým hradítkem poz.2380 (stávající zařízení) a slouží jako výpad do šnekového dopravníku poz.2400 (stávající zařízení), který surovinu dopraví do kontaktně-fluidní trubkové sušárny poz.3000 (stávající zařízení). Poslední výpad šnekového dopravníku poz.2390 je bez šoupátka a vede do šnekového dopravníku poz.2410 (stávající zařízení), který surovinu dopraví do kontaktně-fluidní trubkové sušárny poz.3500. Je patrné, že není možné plnit obě sušárny zároveň.

Kontaktně-fluidní sušárna poz.3000 o teplosměnné ploše 40 m<sup>2</sup> je původní zařízení. Tato sušárna je vyhřívána nepřímou (kontaktně) 8 barovou parou skrze trubkový rotor. Množství 8 barové páry je do sušárny regulováno elektricky ovládaným kulovým kohoutem poz.3010. Sušárna využívá pouze latentní teplo topné páry, proto má topný kondenzát stejnou teplotu jako topná pára. Fluidní sušení je zajištěno pomocí předehřátého vzduchu o teplotě 140°C. Systém ohřevu vzduchu je součástí původní technologie. Ventilátor poz.3050 nasává okolní vzduch skrze filtr vzduchu poz.3040, který zabraňuje vniknutí částic větších než 2x2cm. Tento vzduch je tlačěn skrze regulační klapku poz.3055 do kaloriferu poz.3030, kde je vzduch ohříván na požadovanou teplotu 140 °C a následně je vháněn do sušárny po celé její délce. V kaloriferu dochází k ohřevu vzduchu dvěma médii. Nejprve je vzduch ohříván na teplotu 85 °C topným kondenzátem z parní hlavy sušárny. K dalšímu ohřevu z 85 °C na požadovaných 140 °C dochází 8 barovou parou, která předehřívá vzduchu předá svoje latentní teplo. Množství 8 barové páry je do výměníku regulováno elektricky ovládaným kulovým kohoutem poz.3025. Oba topné kondenzáty jsou společně vedeny zpátky do kotelny. Sušárna pracuje při mírném podtlaku. Vzniklé brýdové páry jsou vedeny do sprchového kondenzátoru poz.5090 (stávající zařízení). Plnění sušárny trvá 25 minut, samotné sušení 125 minut a vyprazdňování 50 minut. Vyprazdňování probíhá skrze šnekový dopravník poz.3060 (stávající zařízení), který usušenou pěrovou moučku dopravuje do plnicího šnekového dopravníku poz.3570 (stávající zařízení).

Kontaktně-fluidní sušárna poz.3500 o teplosměnné ploše 80 m<sup>2</sup> je nové zařízení. Tato sušárna je vyhřívána nepřímou (kontaktně) 8 barovou parou skrze trubkový rotor. Množství 8 barové páry je do sušárny regulováno elektricky ovládaným kulovým kohoutem poz.3510. Sušárna využívá pouze latentní teplo topné páry, proto má topný kondenzát stejnou teplotu jako topná pára. Fluidní sušení je zajištěno pomocí předehřátého vzduchu o teplotě 140°C. Systém ohřevu vzduchu je součástí nové technologie. Ventilátor poz.3550 nasává okolní vzduch skrze filtr vzduchu poz.3540, který zabraňuje vniknutí částic větších než 2x2cm. Tento vzduch je tlačěn skrze regulační klapku poz.3555 do kaloriferu poz.3530, kde je vzduch ohříván na požadovanou teplotu 140 °C a následně je vháněn do sušárny po celé její délce. V kaloriferu dochází k ohřevu vzduchu dvěma médii. Nejprve je vzduch ohříván na teplotu 85 °C topným kondenzátem z parní hlavy sušárny. K dalšímu ohřevu z 85 °C na požadovaných 140 °C dochází 8 barovou parou, která předehřívá vzduchu předá svoje latentní teplo. Množství 8 barové páry je do výměníku regulováno elektricky ovládaným kulovým kohoutem poz.3525. Oba topné kondenzáty jsou společně vedeny zpátky do kotelny. Sušárna pracuje při mírném podtlaku. Vzniklé brýdové páry jsou vedeny do sprchového kondenzátoru poz.5120 (stávající zařízení). Plnění sušárny trvá 40 minut, samotné sušení 100 minut a vyprazdňování 80 minut.

Vyprazdňování probíhá skrze šnekový dopravník poz.3560 (stávající zařízení), který usušenou péřovou moučku dopravuje do plnicího šnekového dopravníku poz.3570 (stávající zařízení).

### **8.9.5 Zpracování moučky**

Usušená péřová moučka je plnicím šnekem poz.3570 dopravována do korečkové elevátoru poz.4000 (stávající zařízení) a do kladívkového šrotovníku poz.4020. Před šrotovníkem jsou ze suroviny odloučeny příliš velké kusy a kovové příměsi v separátoru kovů poz.4010. Kladívkový šrotovník je umístěn na expanzním koši poz.4030 s vynášecím šnekovým dopravníkem. Šrotování způsobuje velkou prašnost, proto je na expanzním koši také umístěn filtr částic poz.4040. Do tohoto filtru je také zavedena veškerá aspirace moučkárny. Ve filtru jsou zachyceny unášející pevné částice a pomocí oklepů tlakovým vzduchem se částice dostanou zpátky do expanzního koše. Ze zásobníku je ušrotovaná moučka šnekovým dopravníkem poz.4030 dopravena do vibrační excentrické prosévačky poz.4060. Tato prosévačka obsahuje síto s oky 4x4mm. Moučka větší, než tento rozměr je dopravována zpět na šrotování přes šnekový dopravník poz.4070 a dále na plnicí šnekový dopravník poz.3570. Moučka požadovaných rozměrů propadne sítem a je dopravována skrze plnicí šnekový dopravník poz.4080 a korečkový elevátor poz.4090 do bubnového chladiče poz.4100. Do tohoto chladiče je vháněn ventilátorem poz.4110 okolní vzduch, který péřovou moučku ochladí na požadovaných 45°C. Tento chladicí vzduch je zaveden do filtru částic poz.4040 a dále na dezodorizaci.

### **8.9.6 Expedice**

Vychlazená moučka je pomocí šnekového dopravníku poz.4120 (stávající zařízení) uskladněna v zásobníku na moučku poz.4130 (stávající zařízení) o celkové kapacitě 20 m<sup>3</sup>. Moučka může být expedována do plničky obřích vaků (BigBagů) poz.4150 skrze plnicí šnekový dopravník poz.4140 s frekvenčním měničem. Vak o objemu 0,89 m<sup>3</sup> (rozměry 90x90x110cm) pojme přibližně 650 kg péřové moučky. Vaky s moučkou jsou poté skladovány v prostoru haly až do odvozu nákladními auty. Pokud by péřová moučka byla expedována pouze obřimi vaky, za jeden pracovní 6-ti denní cyklus by se jich zaplnilo 748, což představuje značné nároky na prostory skladování. Proto je zde možnost expedovat přímo do nákladního auto skrze expediční šnekový dopravník poz.4160.

### **8.9.7 Chlazení**

Celá technologická linka má k dispozici chladicí vodu o teplotě 30 °C z chladicí věže, která zásobuje i jiné technologické linky než tuto. Chladicí věž pracuje s teplotním spádem 38 °C/30 °C.

Brýdové páry vzniklé v některých z hydrolyzérů jsou kondenzovány ve vodních kondenzátorech poz.5000, 5020 a 5040 (stávající zařízení). Každý hydrolyzér má vlastní vodní kondenzátor. Hydrolyzér poz.2000 je napojen na vodní kondenzátor poz.5000, hydrolyzér poz.2110 je napojen na vodní kondenzátor poz.5020 a hydrolyzér poz.2230 je napojen na vodní kondenzátor poz.5040. Hnacím elementem brýdových par je ventilátor poz.5080 (stávající zařízení), který samotné inertní plyny dále dopravuje na dezodorizaci. Brýdový kondenzát je sveden z každého vodního kondenzátoru do mezizásobníku poz.5060 (stávající zařízení) o celkové kapacitě 3 m<sup>3</sup> a dále skrze odstředivé čerpadlo poz.5070 (stávající zařízení) je dopravován na ČOV.

Vyprodukovaná brýdová pára z trubkové sušárny poz.3000 je spolu s inertními plyny vedena do sprchového kondenzátoru poz.5090 (stávající zařízení), který je sprchován brýdových kondenzátem pomocí cirkulačního čerpadla poz.5110 (stávající zařízení). Brýdový kondenzát je uskladněn v mezizásobníku poz.5150 (stávající zařízení) o kapacitě 7 m<sup>3</sup>. Inertní

plyny ze sušárny jsou dále vedeny na cyklon poz.5160 (stávající zařízení), kde jsou odloučeny zbytkové pevné částice, které skončí v mezizásobníku poz.5150. Brýdové páry jsou nasávány ventilátorem poz.5170 (stávající zařízení), který samotné inertní plyny dále dopravuje na dezodorizaci. Obdobně je to u trubkové sušárny poz.3500. Brýdová pára je spolu s inertními plyny dopravována do sprchového kondenzátoru poz.5120 (stávající zařízení), který je sprchován brýdových kondenzátem pomocí cirkulačního čerpadla poz.5140 (stávající zařízení). Brýdový kondenzát je uskladněn v mezizásobníku poz.5150. Inertní plyny ze sušárny poz.3500 jsou dále vedeny na cyklon poz.5165 (stávající zařízení), kde jsou odloučeny zbytkové pevné částice, které skončí v mezizásobníku poz.5150. Brýdové páry jsou nasávány ventilátorem poz.5175 (stávající zařízení), který samotné inertní plyny dále dopravuje na dezodorizaci.

Z mezizásobníku poz.5150 je brýdový kondenzát dopravován cirkulačním čerpadlem poz.5510 (stávající zařízení) přes dvojici vodních chladičů poz.5500 a 5505 (stávající zařízení) a poté zpět do mezizásobníku poz.5150. Vodní kondenzátory jsou zapojeny sériově a jsou opět chlazeny vodou z chladicí věže s teplotním spádem 38 °C/30°C. V případě zaplnění mezizásobníku poz.5150 je brýdový kondenzát odstředivým čerpadlem poz.5155 dopraven na ČOV.

### 8.9.8 Aspirace a dezodorizace

Veškeré inertní plyny a odsávané vzdušiny (kromě dezodorizace moučkární) jsou odsávány ventilátorem poz.5195 (stávající zařízení) a vedeny na pračku vzdušiny poz.5180 (stávající zařízení). Zde je vzdušina sprchována technickou vodou skrze sérii sprchovacích trysek za pomoci cirkulačního čerpadla poz.5190 (stávající zařízení). Sprchováním je vzdušina zbavena posledních pevných částic. Za ventilátorem poz.5195 jsou připojeny další větve inertních plynů a vzdušiny na dezodorizaci. Jedná se o inertní plyny a vzdušiny z moučkární, dále odsávané prostorové zdroje zápachu a vzdušiny z jiné technologie.

Posledním krokem dezodorizace je dvojice paralelně zapojených větví. Pračka vzduchu poz.5200, 5230 (stávající zařízení), ventilátor poz.5210, 5260 (stávající zařízení) pokrývající zbývající tlakové ztráty a půdní filtr poz.5220, 5270 (stávající zařízení). Kondenzát z obou praček vzduchu je zaveden do mezizásobníku poz.5240 (stávající zařízení) o kapacitě 2 m<sup>3</sup>. Z tohoto mezizásobníku je kondenzát odváděn na ČOV odstředivým čerpadlem poz.5250 (stávající zařízení).

#### Prostorové zdroje zápachu:

Prostorové zdroje zápachu jsou definovány množstvím vzduchu, které se musí odsát z daného prostoru. V následujícím je uvedeno množství odvedeného vzduchu vyjádřené počtem objemů místnosti, které je potřeba vyměnit za hodinu.

- |                               |         |
|-------------------------------|---------|
| - Příjem surovin (prostor A)  | 2x /hod |
| - Hala zpracování (prostor B) | 3x /hod |

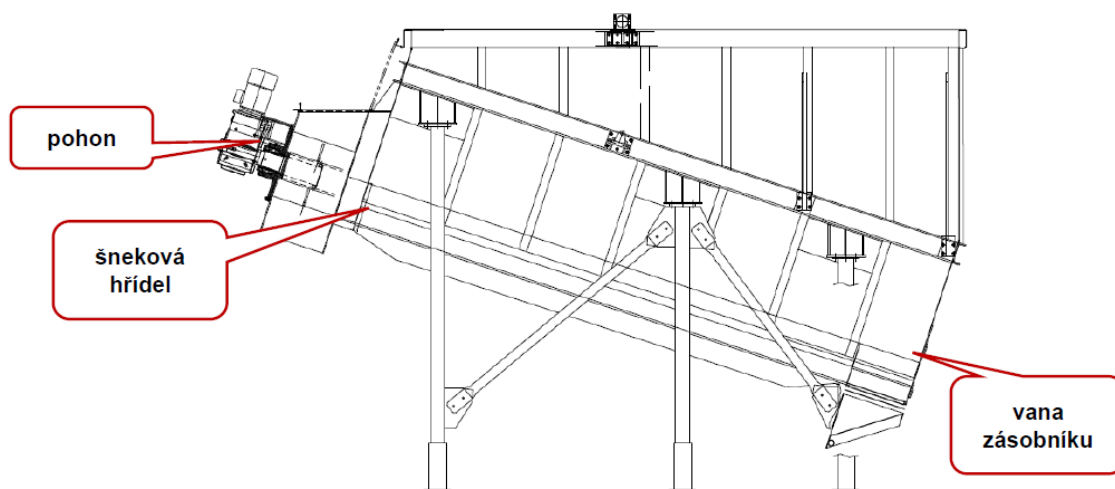
## 8.10 Důležité stroje a zařízení

Níže jsou uvedeny vybrané stroje a zařízení výrobní linky a jejich popis.

### 8.10.1 Příjmový zásobník na peří PZPP50

Zásobník je konstruován pro příjem drůbežního peří. Zařízení slouží k příjmu suroviny ze svozových prostředků, k jejich akumulaci a distribuci do dalšího zařízení. Zásobník o celkové kapacitě 50 m<sup>3</sup> je vybaven čtyřmi šnekovými hřídeli a dvojicí vynášecích šneků.

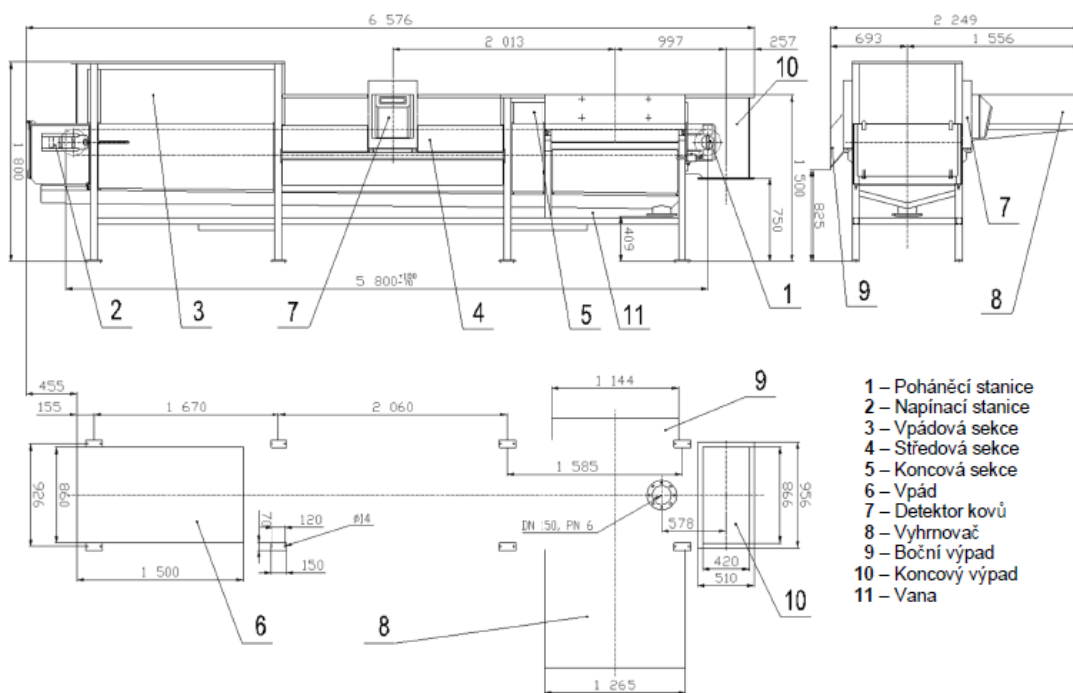
Vana příjmového zásobníku je svařena z plechových dílů a je zapuštěna do betonové jámky. Na dně jsou umístěny čtyři šnekové dopravníky, které otáčením šneků dopravují surovinu do výpadu, kde je umístěna dvojice vynášecích šneků a pak dále do provozu. Přitom dochází ke scezování volné vody ze suroviny v dolní části zásobníku. Scezenou vodu je nutné odvést potrubím k dalšímu zpracování. Pohony šneků jsou umístěny výpadu suroviny. Zásobník má šikmé dno. Součástí zásobníku je podpůrná ocelová konstrukce, která zachytává působení statických i dynamických sil do podlahy a okolních stěn. Vnitřní povrch zásobníku v kontaktu se surovinou má hladký povrch.



Obr. 13 Příjmový zásobník na peří PZPP50

### 8.10.2 Třídící pás PPT 800 poz.1060

Třídící pás je zařízení, které dopravuje kafilerní materiál a detekuje v něm kovové části. Materiál, který obsahuje kov, není dopraven až do koncového výpadu ke zpracování v další technologii, ale vyhrnut z pásu bočním výpadem.

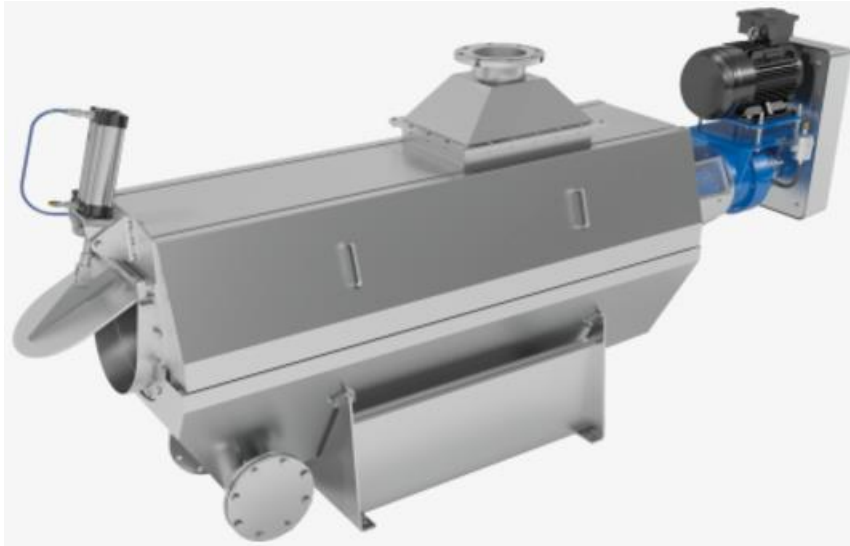


Obr. 14 Třídící pás PPT800

### 8.10.3 Pěřový lis poz.1070

Pěřový lis je speciální stroj, který ze surového peří zajišťuje odlisování volného tuk a přebytečné vody obsahující nežádoucí příměsi.

Principem separace tuků je tlakové působení na surové peří a prolisování tuku a přebytečné vody plné nečistot skrz koš se štěrbinami. Mechanický tlak je vyvozen pomocí horizontálního šneku s progresivním závitem. Koše lisu jsou tvořeny tvrzenými, podélně umístěnými lištami, které jsou poskládány v rámu koše tak, že mezi lištami jsou malé spáry, kterými odtéká voda a volný tuk při stlačení.



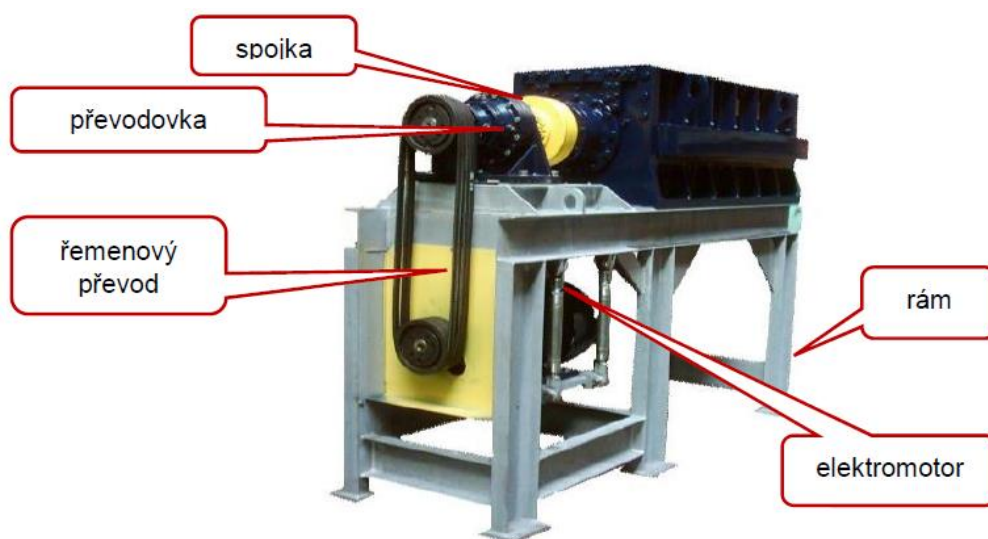
Obr. 15 Pěřový lis

### 8.10.4 Jemný drtič suroviny poz.1080

Drtič suroviny se používá především k jemnému drcení a rozměňování kafilerní suroviny na jemné částice. Do linky drcení je doporučeno před drtič suroviny zařadit třídící pás nebo separátor pro odloučení kovových předmětů. Granulace drcené suroviny odpovídá zpracovatelským metodám a předpisům EU.

Surovina je drcena na menší částice s obvyklou granulací 30 x 30 mm ve dvou rozměrech. Drcení a rozměňování je prováděno pomocí rotorových nožů, které se otáčejí a zapadají do vyměnitelných statorových nožů. Šířka drcení je dána vzdáleností statorových nožů od sebe. Drcení se provádí stříháním suroviny na břitech, které jsou opatřeny otěruvzdornými tvrdomávary.

Drtiče mají vpád, ve kterém se surovina shromažďuje a je následně odebírána rotorem. Nadrcená surovina ze stroje odchází spodním výpadem, který je umístěn pod statorovými noži. Drtič má robustní konstrukci, která odolává rázům od drcení a případně od rázů vzniklých vniknutím kovových příměsí. Kovové i jiné příměsi v surovině jsou nežádoucí a je potřeba je před drcením oddělit.

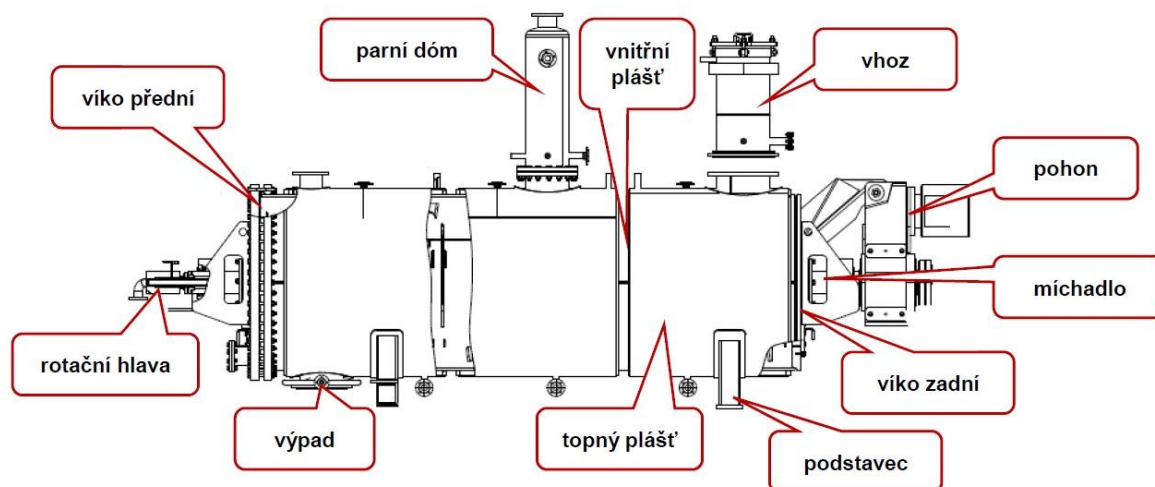


Obr. 16 Jemný drtič suroviny

#### 8.10.5 Hydrolyzér PSH 8 poz.2110, 2230, PSH 10 poz.2000

Hydrolyzér pracuje jako univerzální aparát na termické zpracování – sterilizaci, hydrolyzu a sušení živočišných odpadů, především peří, štětin, případně dalších hydrolyzovatelných surovin. Surovina je v aparátu ohřívána nepřímo přes teplosměnnou plochu pláště a míchadla. Zdrojem tepla je topná sytá pára, která je přiváděna do topného pláště a do míchadla.

Aparát se skládá z ležaté, válcové nádoby (vnitřní plášť), která je opatřena na obou stranách rovnými, nebo klenutými víky. Z vnější strany má plášť navařen topný plášť, který umožňuje vytápění topnou párou. Uvnitř aparátu je umístěno trémové míchadlo, které je uloženo přes měkké ucpávky na víka pláště do valivých ložisek. Otáčky míchadla jsou voleny podle zpracované suroviny a podle velikosti aparátu. Míchadlo uvnitř aparátu je vytápěné, přičemž se topné médium přivádí a odvádí přes rotační hlavu. Součástí aparátu je měřicí a řídicí aparatura, uzavírací armatury a tepelná izolace. Zařízení je umístěno na tenzometrických vahách.



Obr. 17 Hydrolyzér typu PSH

### 8.10.6 Kontaktně fluidní trubková sušárna PKTS 40 poz.3000, PKTS 80 poz.3500

Sušárna PKTS je zkonstruována pro kontaktní sušení pérového hydrolyzátu při mírném podtlaku. Sušení je založeno na kombinaci fluidního sušení a kontaktního sušení. Kontaktní sušení je zajištěno topnou sytou parou, která je přiváděna do trubkového rotoru. Jedná se tedy o nepřímý ohřev přes teplosměnnou plochu rotoru. Fluidní sušení zajišťuje přehřátý horký vzduch o teplotě 140°C. Horký vzduch je ohříván pomocí kaloriferu, který je složen ze dvou výměníků. Jeden je ohříván pomocí topného kondenzátu, druhý je ohříván topnou sytou parou. Horký vzduch je vháněn do sušárny po celé její délce.

Aparát se skládá z ležaté, válcové nádoby, která je opatřena na obou stranách rovnými, nebo klenutými víky. Uvnitř aparátu je umístěn trubkový rotor, který je uloženo přes měkké ucpávky na víka pláště do valivých ložisek. Otáčky rotoru jsou voleny podle zpracované suroviny a jejího množství. Součástí aparátu je měřící a řídicí aparatura, uzavírací armatury a tepelná izolace. Zařízení je umístěno na tenzometrických vahách.

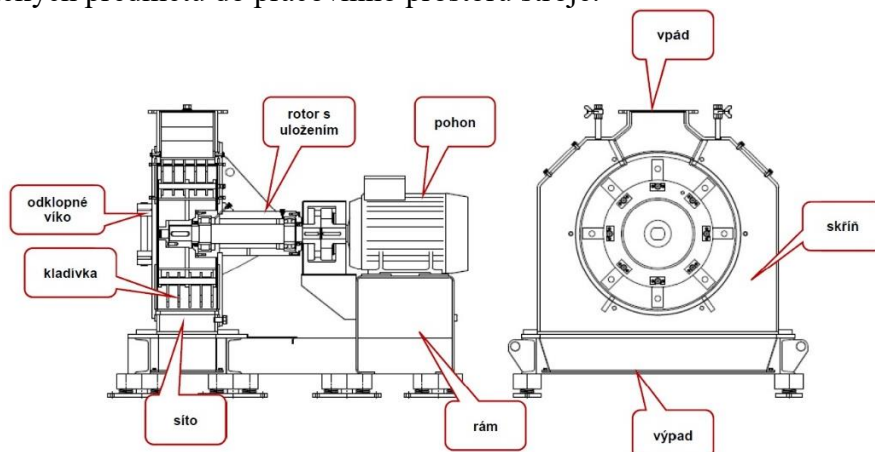


Obr. 18 Kontaktně fluidní trubková sušárna typu PKTS

### 8.10.7 Kladívkový šrotovník moučky poz.4020

Kladívkový šrotovník moučky je určen pro mletí pérové moučky. Mletí se provádí pomocí rychloběžného rotoru s kladivky, který je usazen ve skříní s mlecím sítem.

Surovina je v mlecí komoře šrotovníku rozbíjena kladivky tak dlouho, až dosáhne granulace, která může propadnout skrz síto. Otvory síta se volí podle žádané granulace s přihlédnutím k vlastnostem mletého materiálu. U kafilerní suroviny se musí přihlédnout k obsahu tuku a teploty. Stroj je vybaven bezpečnostním spínačem, který zabraňuje otevření dveří stroje za provozu. Před šrotovník se doporučuje zařadit magnetický separátor za účelem zamezení vpádu feromagnetických předmětů do pracovního prostoru stroje.

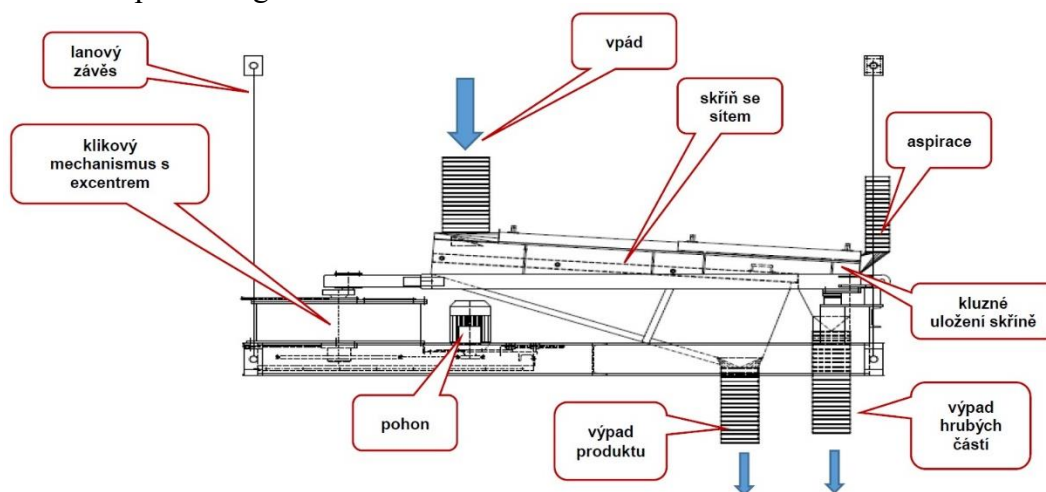


Obr. 19 Kladívkový šrotovník moučky

### 8.10.8 Excentrická rovinná prosévačka poz.4060

Prosévačka zajišťuje standardizaci granulace sypkého nelepivého produktu, v našem případě pěrové moučky. K prosévání produktu dochází na jedné síti. Principem třídění je rovinný prosévací efekt, kdy síto na vstupu produktu koná rotační pohyb a na výpadu má síto posuvný střídavý pohyb. Tato kombinace pohybů umožňuje souvislé rozprostření prosévaného produktu po síti. Velká excentricita kmitavého pohybu umožňuje šetrné a dlouhodobé prosévání.

Prosévačka se skládá z ocelového rámu s excentrickým pohonem, který je složen z klikového mechanismu s protizávažím. Pohon je zajištěn elektromotorem s řemenovým převodem. Rám se sítí je na jedné straně uchycen na excentru a koná kruhový pohyb, na druhé straně je rám se sítí uchycen příčným táhlem. Rám je v místě příčného táhla posuvně uložen na plochem grafitovém kluzném ložisku.



Obr. 20 Excentrická rovinná prosévačka

### 8.10.9 Bubnový chladič PBCH 8 poz.4100

Bubnový chladič slouží k vychlazení pěrové moučky. Moučka je dopravena dovnitř bubnu, kde je díky rotaci rotoru dopravována směrem k výpadu. Do bubnu je vháněn vzduch, který ochlazuje moučku na požadovanou teplotu. Chladicí vzduch ze zařízení vystupuje a směřuje na filtr vzduchu, kde jsou z něj odloučeny prachové částice.



Obr. 21 Bubnový chladič PBCH 8



## 9 BILANCE NAVRŽENÉ TECHNOLOGIE

Tato kapitola se věnuje hmotnostní a energetické bilanci klíčových částí navržené technologie. Podrobnější výpočty jsou součástí přílohy. Samotné bilance byly provedeny v programu Excel, a to z důvodů cenové dostupnosti a grafické přehlednosti bilance.

### 9.1 Nominální výkon linky

Průměrné množství zpracovaného surového peří za den se zjistí, podle množství sušiny, která se v hydrolyzérch zpracuje za 6-ti denní pracovní cyklus (1). Následně lze určit průměrné množství zpracovaného surového peří za hodinu, tedy nominální výkon linky (2).

$$\dot{m}_{sur, den} = \frac{2 \cdot m_{suš, PSH8} \cdot n_{šarží, PSH8} + m_{suš, PSH10} \cdot n_{šarží, PSH10}}{n_{dny}} \cdot \frac{100}{x_{suš, sur}} \frac{kg}{den} \quad (1)$$

$$\dot{m}_{sur, den} = \frac{2 \cdot 1562 \cdot 35 + 1900,8 \cdot 32}{6} \cdot \frac{100}{35} = 81031,2 \frac{kg}{den}$$

$$\dot{m}_{sur, hod} = \frac{\dot{m}_{sur, den}}{n_{hod}} = \frac{81031,2}{24} = 3376,3 \frac{kg}{hod} \quad (2)$$

kde:

$\dot{m}_{sur, den}$  – průměrné množství zpracovaného surového za den [kg/den],

$\dot{m}_{sur, hod}$  – průměrné množství zpracovaného surového za hodinu [kg/hod],

$m_{suš, PSH8}$  – množství sušiny peří v šarži hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{suš, PSH10}$  – množství sušiny peří v šarži hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$n_{šarží, PSH8}$  – počet šarží hydrolyzéro PSH 8 za 6-ti denní pracovní cyklus [počet],

$n_{šarží, PSH10}$  – počet šarží hydrolyzéro PSH 10 za 6-ti denní pracovní cyklus [počet],

$x_{suš, sur}$  – podíl sušiny v surovém peří [%],

$n_{dny}$  – počet dní pracovního cyklu [počet],

$n_{hod}$  – počet pracovních hodin za den [počet].

### 9.2 Příjem a úprava surového peří

#### 9.2.1 Složení vstupní suroviny

Nyní lze určit průměrné množství jednotlivých složek zpracované suroviny za hodinu, tedy sušiny (3), vody (4) a tuku (5).

$$\dot{m}_{sur, suš, hod} = \frac{\dot{m}_{sur, hod} \cdot x_{suš, sur}}{100} = \frac{3376,3 \cdot 35}{100} = 1181,7 \frac{kg}{hod} \quad (3)$$

$$\dot{m}_{sur, H_2O, hod} = \frac{\dot{m}_{sur, hod} \cdot x_{H_2O, sur}}{100} = \frac{3376,3 \cdot 57}{100} = 1924,5 \frac{kg}{hod} \quad (4)$$

$$\dot{m}_{sur, tuk, hod} = \frac{\dot{m}_{sur, hod} \cdot x_{tuk, sur}}{100} = \frac{3376,3 \cdot 8}{100} = 270,1 \frac{kg}{hod} \quad (5)$$

kde:

$\dot{m}_{sur, suš, hod}$  – průměrné množství sušiny v surovém peří za hodinu [kg/hod],

$\dot{m}_{sur, H_2O, hod}$  – průměrné množství vody v surovém peří za hodinu [kg/hod],

$\dot{m}_{sur, tuk, hod}$  – průměrné množství tuku v surovém peří za hodinu [kg/hod],

$x_{H_2O,sur}$  – podíl vody v surovém peří [%],

$x_{tuk,sur}$  – podíl sušiny v surovém peří [%].

### 9.2.2 Lisování surového peří

Ze surového peří je v pěřovém lisu odstraněn veškerý tuk a část vody (volitelná hodnota výsledného podílu vody ve vylisovaném peří 56 hm.%). Množství sušiny zůstává zachováno. Podle rovnice (6, 7) se dojde k průměrnému množství vody ve vylisovaném peří za hodinu a následně k průměrnému množství vylisovaného peří za hodinu (8).

$$x_{vylis,suš} = 100 - x_{vylis,H_2O} = 100 - 56 = 44 \% \quad (6)$$

$$\dot{m}_{vylis,H_2O,hod} = \dot{m}_{sur,suš,hod} \frac{x_{vylis,H_2O}}{x_{vylis,suš}} = 1181,7 \cdot \frac{56}{44} = 1504 \frac{kg}{hod} \quad (7)$$

$$\dot{m}_{vylis,hod} = \dot{m}_{vylis,H_2O,hod} + \dot{m}_{sur,suš,hod} = 1504 + 1181,7 = 2685,7 \frac{kg}{hod} \quad (8)$$

kde:

$x_{vylis,suš}$  – podíl sušiny ve vylisovaném peří [%],

$x_{vylis,H_2O}$  – podíl vody ve vylisovaném peří [%],

$\dot{m}_{vylis,H_2O,hod}$  – průměrné množství vody ve vylisovaném peří za hodinu [kg/hod].

### 9.2.3 Složení a hmotnost vylisovaného peří v jednotlivých šaržích hydrolyzérů

Nyní je peří připraveno na proces hydrolyzy. Při známé hmotnosti vylisovaného peří v jednotlivých šaržích (PSH 8 a PSH 10) lze nyní stanovit množství jednotlivých složek vylisovaného peří v šaržích PSH 8 a PSH 10 (9, 10, 11, 12).

$$m_{suš,PSH8,vstup} = m_{vylis,PSH8} \frac{x_{vylis,suš}}{100} = 3550 \cdot \frac{44}{100} = 1562 \text{ kg} \quad (9)$$

$$m_{suš,PSH10,vstup} = m_{vylis,PSH10} \frac{x_{vylis,suš}}{100} = 4320 \cdot \frac{44}{100} = 1900,8 \text{ kg} \quad (10)$$

$$m_{H_2O,PSH8,vstup} = m_{vylis,PSH8} \frac{x_{vylis,H_2O}}{100} = 3550 \cdot \frac{56}{100} = 1988 \text{ kg} \quad (11)$$

$$m_{H_2O,PSH10,vstup} = m_{vylis,PSH10} \frac{x_{vylis,H_2O}}{100} = 4320 \cdot \frac{56}{100} = 2419,2 \text{ kg} \quad (12)$$

kde:

$m_{vylis,PSH8}$  – hmotnost vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{vylis,PSH10}$  – hmotnost vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$m_{suš,PSH8,vstup}$  – hmotnost sušiny vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{suš,PSH10,vstup}$  – hmotnost sušiny vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$m_{H_2O,PSH8,vstup}$  – hmotnost vody vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{H_2O,PSH10,vstup}$  – hmotnost vody vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 10 [kg].

### 9.3 Hydrolyza

#### 9.3.1 Dávkování vápenného mléka

Když je známá hmotnost jednotlivých složek vylisovaného peří v šarži lze určit požadované množství vápenného mléka v jednotlivých šaržích (17, 18). Vápenné mléko se skládá ze složky  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (13, 14) a vody (15, 16). Jistý podíl vody již vylisované peří obsahuje, proto je ve vápenném mléku menší podíl vody, než je požadovaný poměr. Následně je určen celkový obsah vody v hydrolyzáru PSH 8 (19) a PSH 10 (20).

$$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{PSH}8} = m_{\text{suš}, \text{PSH}8, \text{vstup}} \cdot x_{\text{Ca}(\text{OH})_2 / \text{suš}} = 1562 \cdot 0,1 = 156,2 \text{ kg} \quad (13)$$

$$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{PSH}10} = m_{\text{suš}, \text{PSH}10, \text{vstup}} \cdot x_{\text{Ca}(\text{OH})_2 / \text{suš}} = 1900,8 \cdot 0,1 = 190,1 \text{ kg} \quad (14)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}8, \text{vstup}} = m_{\text{suš}, \text{PSH}8, \text{vstup}} \cdot x_{\text{H}_2\text{O} / \text{suš}} - m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}8, \text{vstup}} \quad (15)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}8, \text{vstup}} = 1562 \cdot 2 - 1988 = 1136 \text{ kg}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}10, \text{vstup}} = m_{\text{suš}, \text{PSH}10, \text{vstup}} \cdot x_{\text{H}_2\text{O} / \text{suš}} - m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}10, \text{vstup}} \quad (16)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}10, \text{vstup}} = 1900,8 \cdot 2 - 2419,2 = 1382,4 \text{ kg}$$

$$m_{\text{váp. ml}, \text{PSH}8} = m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{PSH}8} + m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}8} = 156,2 + 1136 = 1292,2 \text{ kg} \quad (17)$$

$$m_{\text{váp. ml}, \text{PSH}10} = m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{PSH}10} + m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}10} = 190,1 + 1382,4 = 1572,5 \text{ kg} \quad (18)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}8, \text{vstup}} = m_{\text{H}_2\text{O}', \text{PSH}8, \text{vstup}} + m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}8, \text{vstup}} \quad (19)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}8, \text{vstup}} = 1988 + 1136 = 3124 \text{ kg}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}10, \text{vstup}} = m_{\text{H}_2\text{O}', \text{PSH}10, \text{vstup}} + m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}10, \text{vstup}} \quad (20)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}10, \text{vstup}} = 2419,2 + 1382,4 = 3801,6 \text{ kg}$$

kde:

$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{PSH}8}$  – hmotnost  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve vápenném mléku šarže hydrolyzáru PSH 8 [kg],

$m_{\text{Ca}(\text{OH})_2, \text{PSH}10}$  – hmotnost  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve vápenném mléku šarže hydrolyzáru PSH 10 [kg],

$m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}8, \text{vstup}}$  – hmotnost vody ve vápenném mléku šarže hydrolyzáru PSH 8 [kg],

$m_{\text{H}_2\text{O}''', \text{PSH}10, \text{vstup}}$  – hmotnost vody ve vápenném mléku šarže hydrolyzáru PSH 10 [kg],

$x_{\text{Ca}(\text{OH})_2 / \text{suš}}$  – požadovaný poměr  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  k sušině vylisovaném peří [-],

$x_{\text{H}_2\text{O} / \text{suš}}$  – požadovaný poměr vody k sušině vylisovaném peří [-],

$m_{\text{váp. ml}, \text{PSH}8}$  – hmotnost vápenného mléka v šarži hydrolyzáru PSH 8 [kg],

$m_{\text{váp. ml}, \text{PSH}10}$  – hmotnost vápenného mléka v šarži hydrolyzáru PSH 10 [kg],

$m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}8, \text{vstup}}$  – celková hmotnost vody v šarži hydrolyzáru PSH 8 [kg],

$m_{\text{H}_2\text{O}, \text{PSH}10, \text{vstup}}$  – celková hmotnost vody v šarži hydrolyzáru PSH 10 [kg].

### 9.3.2 Hmotnost jednotlivých šarží hydrolyzérů

Celková hmotnost šarže hydrolyzéro PSH 8 je patrná z rovnice (21) a celková hmotnost šarže hydrolyzéro PSH 10 zase z rovnice (22).

$$m_{PSH8} = m_{vylis,PSH8} + m_{váp.ml,PSH8} = 3550 + 1292,2 = 4842,2 \text{ kg} \quad (21)$$

$$m_{PSH10} = m_{vylis,PSH10} + m_{váp.ml,PSH10} = 4320 + 1572,5 = 5892,5 \text{ kg} \quad (22)$$

kde:

$m_{PSH8}$  – celková hmotnost šarže hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{PSH10}$  – celková hmotnost šarže hydrolyzéro PSH 10 [kg].

### 9.3.3 Odpar hydrolyzéro

V hydrolyzéro dochází k rozpuštění keratinových vazeb. Z hmotnostního hlediska dochází k odpaření vody, a to jak při fázi odtlakování (23, 24), tak při fázi sušení (25, 26). Ve fázi sušení se počítá s měrným odparem vztažený na jednotku teplosměnné plochy. Tento měrný odpar byl zjištěn měřením za stejných podmínek sušení. Celkový odpar je patrný z rovnice (27, 28).

$$m_{H_2O,odt,PSH8} = \frac{\frac{cp_{155}+cp_{BP}}{2} \cdot m_{H_2O,PSH8} \cdot (T_{155}-T_{BP})}{1000 \cdot lv_{BP}} = \frac{\frac{4288,2+4228,2}{2} \cdot 3124 \cdot (155-102)}{1000 \cdot 2249,2} \quad (23)$$

$$m_{H_2O,odt,PSH8} = 313,5 \text{ kg}$$

$$m_{H_2O,odt,PSH10} = \frac{\frac{cp_{155}+cp_{BP}}{2} \cdot m_{H_2O,PSH10} \cdot (T_{155}-T_{BP})}{1000 \cdot lv_{BP}} = \frac{\frac{4288,2+4228,2}{2} \cdot 3801,6 \cdot (155-102)}{1000 \cdot 2249,2} \quad (24)$$

$$m_{H_2O,odt,PSH10} = 381,5 \text{ kg}$$

$$m_{H_2O,suš,PSH8} = A_{PSH8} \cdot l_{A,hyd} \cdot \frac{t_{suš}}{60} = 48 \cdot 8,5 \cdot \frac{80}{60} = 544 \text{ kg} \quad (25)$$

$$m_{H_2O,suš,PSH10} = A_{PSH10} \cdot l_{A,hyd} \cdot \frac{t_{suš}}{60} = 52 \cdot 8,5 \cdot \frac{80}{60} = 589,3 \text{ kg} \quad (26)$$

$$m_{odpar,PSH8} = m_{H_2O,odt,PSH8} + m_{H_2O,suš,PSH8} = 313,5 + 544 = 857,5 \text{ kg} \quad (27)$$

$$m_{odpar,PSH10} = m_{H_2O,odt,PSH10} + m_{H_2O,suš,PSH10} = 381,5 + 589,3 = 970,8 \text{ kg} \quad (28)$$

kde:

$m_{H_2O,odt,PSH8}$  – množství odpařené vody odtlakováním šarže hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{H_2O,odt,PSH10}$  – množství odpařené vody odtlakováním šarže hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$m_{H_2O,suš,PSH8}$  – množství odpařené vody sušením šarže hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{H_2O,suš,PSH10}$  – množství odpařené vody sušením šarže hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$cp_{155}$  – měrná tepelná kapacita vody – páry při teplotě 155 °C [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>],

$cp_{BP}$  – měrná tepelná kapacita brýdové páry při teplotě 102 °C [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>],

$T_{155}$  – teplota hydrolyzované suroviny [°C],

$T_{BP}$  – teplota brýdových par [°C],

$lv_{BP}$  – výparné teplo brýdových par při teplotě 102 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$m_{odpar,PSH8}$  – celkové množství odpařené vody z šarže hydrolyzéro PSH 8 [kg],

- $m_{odpar,PSH10}$  – celkové množství odpařené vody z šarže hydrolyzéro PSH 10 [kg],  
 $A_{PSH8}$  – teplosměnná plocha hydrolyzéro PSH 8 [m<sup>2</sup>],  
 $A_{PSH10}$  – teplosměnná plocha hydrolyzéro PSH 10 [m<sup>2</sup>],  
 $l_{A,hyd}$  – měrný odpar hydrolyzéro PSH 8 i PSH 10 [kg.m<sup>-2</sup>.hod<sup>-1</sup>],  
 $t_{suš}$  – doba sušení hydrolyzéro PSH 8 i PSH 10 [min].

### 9.3.4 Složení a hmotnost zhydrolyzované peří jednotlivých šarží hydrolyzéro

Zhydrolyzované peří je ochuzeno o jistý podíl vody, který se během procesu hydrolyzy odpařil. Podíl sušiny je naopak vyšší o podíl Ca(OH)<sub>2</sub>. Složení a hmotnost výstupní suroviny jednotlivých hydrolyzéro je patrné z následujících rovnic.

$$m_{H_2O,PSH8,výstup} = m_{H_2O,PSH8,vstup} - m_{H_2O,odt,PSH8} - m_{H_2O,suš,PSH8} \quad (29)$$

$$m_{H_2O,PSH8,výstup} = 3124 - 313,5 - 544 = 2266,5 \text{ kg}$$

$$m_{H_2O,PSH10,výstup} = m_{H_2O,PSH10,vstup} - m_{H_2O,odt,PSH10} - m_{H_2O,suš,PSH10} \quad (30)$$

$$m_{H_2O,PSH10,výstup} = 3801,6 - 381,5 - 589,3 = 2830,8 \text{ kg}$$

$$m_{suš,PSH8,výstup} = m_{suš,PSH8,vstup} + m_{Ca(OH)_2,PSH8} \quad (31)$$

$$m_{suš,PSH8,výstup} = 1562 + 156,2 = 1718,2 \text{ kg}$$

$$m_{suš,PSH10,výstup} = m_{suš,PSH10,vstup} + m_{Ca(OH)_2,PSH10} \quad (32)$$

$$m_{suš,PSH10,výstup} = 1900,8 + 190,1 = 2090,9 \text{ kg}$$

$$m_{PSH8,výstup} = m_{H_2O,PSH8,výstup} + m_{suš,PSH8,výstup} \quad (33)$$

$$m_{PSH8,výstup} = 2266,5 + 1718,2 = 3984,7 \text{ kg}$$

$$m_{PSH10,výstup} = m_{H_2O,PSH10,výstup} + m_{suš,PSH10,výstup} \quad (34)$$

$$m_{PSH10,výstup} = 2830,8 + 2090,9 = 4921,7 \text{ kg}$$

kde:

$m_{H_2O,PSH8,výstup}$  – hmotnost vody v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{H_2O,PSH10,výstup}$  – hmotnost vody v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$m_{suš,PSH8,výstup}$  – hmotnost sušiny v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{suš,PSH10,výstup}$  – hmotnost sušiny v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$m_{PSH8,výstup}$  – celková hmotnost šarže na výstupu z hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{PSH10,výstup}$  – celková hmotnost šarže na výstupu z hydrolyzéro PSH 10 [kg].

### 9.3.5 Spotřeba tepla a množství topné páry

Při procesu hydrolyzy se spotřeba tepla dá rozdělit do tří základních skupin:

- Ohřev,
- Sušení,
- Tepelné ztráty.

Při procesu sušení je potřeba nejprve určit měrnou tepelnou kapacitu celé směsi. Ve výpočtu se dopouštíme menší chyby, jelikož známe jen přibližnou měrnou tepelnou kapacitu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a sušiny peří. Neznáme závislost na teplotě. Měrná tepelná kapacita směsi je pro oba hydrolyzéry stejná, což je patrné dle rovnice (35, 36).

$$c_{p_{hyd,PSH8}} = \frac{m_{suš,PSH8} \cdot c_{p_{suš,peří}} + m_{\text{H}_2\text{O},PSH8} \cdot c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} + m_{\text{Ca}(\text{OH})_2,PSH8} \cdot c_{p_{\text{Ca}(\text{OH})_2}}}{m_{PSH8}} \quad (35)$$

$$c_{p_{hyd,PSH8}} = \frac{1562 \cdot 3200 + 3124 \cdot 4182 + 156,2 \cdot 1141}{4842,2} = 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_{p_{hyd,PSH10}} = \frac{m_{suš,PSH10} \cdot c_{p_{suš,peří}} + m_{\text{H}_2\text{O},PSH10} \cdot c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} + m_{\text{Ca}(\text{OH})_2,PSH10} \cdot c_{p_{\text{Ca}(\text{OH})_2}}}{m_{PSH10}} \quad (36)$$

$$c_{p_{hyd,PSH10}} = \frac{1900,8 \cdot 3200 + 3801,6 \cdot 4182 + 190,1 \cdot 1141}{5892,5} = 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

kde:

$c_{p_{hyd,PSH8}}$  – měrná tepelná kapacita směsi šarže hydrolyzéro PSH 8 [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$c_{p_{hyd,PSH10}}$  – měrná tepelná kapacita směsi šarže hydrolyzéro PSH 10 [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$c_{p_{suš,peří}}$  – měrná tepelná kapacita sušiny peří [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$c_{p_{\text{H}_2\text{O}}}$  – měrná tepelná kapacita vody [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$c_{p_{\text{Ca}(\text{OH})_2}}$  – měrná tepelná kapacita  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ].

Spotřeba tepla ohřevem je znázorněna rovnicí (37) pro šarži hydrolyzéro PSH 8 a rovnicí (38) pro šarži hydrolyzéro PSH 10.

$$Q_{ohřev,PSH8} = \frac{m_{PSH8} \cdot c_{p_{hyd,PSH8}} \cdot (T_{155} - T_{vylis})}{1000000} = \frac{4842,2 \cdot 3364 \cdot (155 - 15)}{1000000} = 2280,5 \text{ MJ} \quad (37)$$

$$Q_{ohřev,PSH10} = \frac{m_{PSH10} \cdot c_{p_{hyd,PSH10}} \cdot (T_{155} - T_{vylis})}{1000000} = \frac{5892,5 \cdot 3364 \cdot (155 - 15)}{1000000} = 2775,1 \text{ MJ} \quad (38)$$

kde:

$Q_{ohřev,PSH8}$  – množství tepla potřebného pro ohřev šarže hydrolyzéro PSH 8 [MJ],

$Q_{ohřev,PSH10}$  – množství tepla potřebného pro ohřev šarže hydrolyzéro PSH 10 [MJ],

$T_{vylis}$  – teplota vylisovaného peří (počáteční teplota šarže hydrolyzéro) [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Spotřebu tepla sušením je zjištěna podle množství vody, které se při této fázi odpařilo. Tyto spotřeby tepla pro jednotlivé hydrolyzéry znázorňují rovnice (39, 40).

$$Q_{suš,PSH8} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O},suš,PSH8} \cdot l_{vBP}}{1000} = \frac{544 \cdot 2249,2}{1000} = 1223,5 \text{ MJ} \quad (39)$$

$$Q_{suš,PSH10} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O},suš,PSH10} \cdot l_{vBP}}{1000} = \frac{589,3 \cdot 2249,2}{1000} = 1325,5 \text{ MJ} \quad (40)$$

Celková spotřeba tepla je tedy:

$$Q_{cel,PSH8} = Q_{ohřev,PSH8} + Q_{suš,PSH8} = 2280,5 + 1223,5 = 3504 \text{ MJ} \quad (41)$$

$$Q_{cel,PSH10} = Q_{ohřev,PSH10} + Q_{suš,PSH10} = 2280,5 + 1325,5 = 3606 \text{ MJ} \quad (42)$$

kde:

$Q_{suš,PSH8}$  – množství tepla potřebného pro sušení šarže hydrolyzéro PSH 8 [MJ],

$Q_{suš,PSH10}$  – množství tepla potřebného pro sušení šarže hydrolyzéro PSH 10 [MJ],

$Q_{cel,PSH8}$  – celková spotřeba tepla šarže hydrolyzéro PSH 8 [MJ],

$Q_{cel,PSH10}$  – celková spotřeba tepla šarže hydrolyzéro PSH 10 [MJ].

Když je známá celková spotřeba tepla pro každou šarži, lze určit množství topné páry, která tuto spotřebu pokryje. Uvažuje-li s topnou párou o tlaku 8 bar (171 °C) a s tím, že topná pára předá v hydrolyzéro pouze svoje kondenzační teplo, tak se dojde k následujícím hodnotám:

$$m_{TP,PSH8} = \frac{Q_{cel,PSH8}}{lv_{TP}} \cdot 1000 = \frac{3504}{2012,6} \cdot 1000 = 1741 \text{ kg} \quad (43)$$

$$m_{TP,PSH10} = \frac{Q_{cel,PSH10}}{lv_{TP}} \cdot 1000 = \frac{4100,6}{2012,6} \cdot 1000 = 2037,4 \text{ kg} \quad (44)$$

$$\dot{m}_{TP,PSH8,prum} = \frac{m_{TP,PSH8} \cdot n_{sarži,PSH8}}{n_{dni} \cdot n_{hod}} = \frac{1741 \cdot 35}{6 \cdot 24} = 423,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (45)$$

$$\dot{m}_{TP,PSH10,prum} = \frac{m_{TP,PSH10} \cdot n_{sarži,PSH10}}{n_{dni} \cdot n_{hod}} = \frac{2037,4 \cdot 32}{6 \cdot 24} = 450,8 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (46)$$

$$\dot{m}_{TP,PSH8,max} = \frac{Q_{ohřev,PSH8}}{lv_{TP}} \cdot 1000 \cdot \frac{60}{t_{ohřev}} = \frac{2280,5}{2012,6} \cdot 1000 \cdot \frac{60}{25} = 2719,4 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (47)$$

$$\dot{m}_{TP,PSH10,max} = \frac{Q_{ohřev,PSH10}}{lv_{TP}} \cdot 1000 \cdot \frac{60}{t_{ohřev}} = \frac{2775,1}{2012,6} \cdot 1000 \cdot \frac{60}{25} = 3309,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (48)$$

kde:

$m_{TP,PSH8}$  – spotřeba páry šarže hydrolyzéro PSH 8 [kg],

$m_{TP,PSH10}$  – spotřeba páry šarže hydrolyzéro PSH 10 [kg],

$lv_{TP}$  – výparné teplo topné páry o teplotě 171 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$n_{sarži,PSH8}$  – počet šarží hydrolyzéro PSH 8 za 6-ti denní cyklus [počet],

$n_{sarži,PSH10}$  – počet šarží hydrolyzéro PSH 10 za 6-ti denní cyklus [počet],

$\dot{m}_{TP,PSH8,prum}$  – průměrné množství topné páry hydrolyzéro PSH 8 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{TP,PSH10,prum}$  – průměrné množství topné páry hydrolyzéro PSH 10 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{TP,PSH8,max}$  – maximální okamžité množství topné páry hydrolyzéro PSH 8 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{TP,PSH10,max}$  – maximální okamžité množství topné páry hydrolyzéro PSH 10 [kg.h<sup>-1</sup>].

Nyní je určena průměrná spotřeba topné páry pro všechny hydrolyzéry (49) za 6-ti denní pracovní cyklus. A také maximální okamžitá spotřeba topné páry. Maximální okamžitá spotřeba topné páry nastává dle harmonogramu v případě, kdy jsou ohřívány oba hydrolyzéry PSH8 a hydrolyzér PSH 10 je ve fázi sušení (50).

$$\dot{m}_{TP,hydr,prum} = 2 \cdot \dot{m}_{TP,PSH8,prum} + \dot{m}_{TP,PSH10,prum} \quad (49)$$

$$\dot{m}_{TP,hydr,prum} = 2 \cdot 423,2 + 450,8 = 1299,1 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{TP,hydr,max} = 2 \cdot \dot{m}_{TP,PSH8,max} + \frac{Q_{suš,PSH10}}{lv_{TP}} \cdot 1000 \cdot \frac{60}{t_{suš}} \quad (50)$$

$$\dot{m}_{TP,hydr,max} = 2 \cdot 2719,4 + \frac{1325,5}{2012,6} \cdot 1000 \cdot \frac{60}{80} = 5932,7 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

kde:

$\dot{m}_{TP,hydr,prum}$  – průměrné spotřeba topné páry pro všechny hydrolyzéry [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ],

$\dot{m}_{TP,hydr,max}$  – maximální okamžitá spotřeba topné páry pro všechny hydrolyzéry [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ].

### 9.3.6 Požadavky na chlazení

Celkový chladicí výkon vodních kondenzátorů musí být dimenzován na ochlazení a kondenzaci okamžitého množství brýdových par z hydrolyzérů.

$$\dot{Q}_{kond,PHS8} = m_{H_2O,odt,PHS8} \cdot \frac{60}{t_{odt,PHS8}} \cdot \frac{lv_{BP}}{3600} = 313,5 \cdot \frac{60}{25} \cdot \frac{2249,2}{3600} = 470 \text{ kW} \quad (51)$$

$$\dot{Q}_{kond,PHS10} = m_{H_2O,odt,PHS10} \cdot \frac{60}{t_{odt,PHS10}} \cdot \frac{lv_{BP}}{3600} = 381,5 \cdot \frac{60}{30} \cdot \frac{2249,2}{3600} = 476,6 \text{ kW} \quad (52)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PHS8} = \frac{m_{H_2O,odt,PHS8} \cdot 60}{3600 \cdot t_{odt,PHS8}} \cdot \frac{cp_{BK,102} + cp_{BK,45}}{2} \cdot \frac{T_{BK,102} - T_{BK,45}}{1000} + \quad (53)$$

$$\frac{m_{H_2O,odt,PHS8} \cdot x_{inert} \cdot 60}{100 \cdot 3600 \cdot t_{odt,PHS8}} \cdot \frac{cp_{inert}}{2} \cdot \frac{T_{inert,102} - T_{inert,45}}{1000} =$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PHS8} = \frac{313,5 \cdot 60}{3600 \cdot 25} \cdot \frac{4228,2 + 4197,4}{2} \cdot \frac{102 - 45}{1000} + \frac{313,5 \cdot 7 \cdot 60}{100 \cdot 3600 \cdot 25} \cdot \frac{1010}{1} \cdot \frac{102 - 45}{1000} = 50,8 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PHS10} = \frac{m_{H_2O,odt,PHS10} \cdot 60}{3600 \cdot t_{odt,PHS10}} \cdot \frac{cp_{BK,102} + cp_{BK,45}}{2} \cdot \frac{T_{BK,102} - T_{BK,45}}{1000} + \quad (54)$$

$$\frac{m_{H_2O,odt,PHS10} \cdot x_{inert} \cdot 60}{100 \cdot 3600 \cdot t_{odt,PHS10}} \cdot \frac{cp_{inert}}{2} \cdot \frac{T_{inert,102} - T_{inert,45}}{1000} =$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PHS10} = \frac{381,5 \cdot 60}{3600 \cdot 30} \cdot \frac{4228,2 + 4197,4}{2} \cdot \frac{102 - 45}{1000} + \frac{381,5 \cdot 7 \cdot 60}{100 \cdot 3600 \cdot 30} \cdot \frac{1010}{1} \cdot \frac{102 - 45}{1000} = 51,6 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PHS8} = \dot{Q}_{kond,PHS8} + \dot{Q}_{chlaz,PHS8} = 470 + 50,8 = 520,9 \text{ kW} \quad (55)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PHS10} = \dot{Q}_{kond,PHS10} + \dot{Q}_{chlaz,PHS10} = 476,6 + 51,6 = 528,2 \text{ kW} \quad (56)$$

kde:

$\dot{Q}_{kond,PHS8}$  – tepelný výkon kondenzace brýdových par hydrolyzéro PSH 8 [kW],

$\dot{Q}_{kond,PHS10}$  – tepelný výkon kondenzace brýdových par hydrolyzéro PSH 10 [kW],

$\dot{Q}_{chlaz,PHS8}$  – tepelný výkon chlazení brýdového kondenzátu a inertních plynů hydrolyzéro PSH 8 [kW],

$\dot{Q}_{chlaz,PHS10}$  – tepelný výkon chlazení brýdového kondenzátu a inertních plynů hydrolyzéro PSH 10 [kW],

$cp_{inert}$  – měrná tepelná kapacita inertních plynů [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$cp_{BK,45}$  – měrná tepelná kapacita brýdového kondenzátu o teplotě 45 °C [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$cp_{BK,102}$  – měrná tepelná kapacita brýdového kondenzátu o teplotě 102 °C [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$T_{BK,45}$  – teplota brýdového kondenzátu [°C],

$T_{BK,102}$  – teplota brýdového kondenzátu [°C],

$x_{inert}$  – podíl inertních plynů v brýdové páře [%],

$T_{BK,45}$  – teplota brýdového kondenzátu [°C],

$T_{inert,45}$  – teplota inertních plynů [°C],

$T_{inert,102}$  – teplota inertních plynů [°C],

$t_{odt,PSH8}$  – doba odtakování hydrolyzérou PSH 8 [min],

$t_{odt,PSH10}$  – doba odtakování hydrolyzérou PSH 10 [min].

$\dot{Q}_{chlad,PHS8}$  – celkový chladicí výkon vodního kondenzátoru pro hydrolyzérou PSH 8 [kW],

$\dot{Q}_{chlad,PHS10}$  – celkový chladicí výkon vodního kondenzátoru pro hydrolyzérou PSH 10 [kW].

## 9.4 Sušení

Zhydrolyzovanou surovinu je potřeba vysušit na požadovanou vlhkost, tj. 7 % hm. K tomu slouží dvojice trubkových sušáren.

### 9.4.1 Šarže trubkových sušáren

Větší trubková sušárna PKTS 80 suší najednou vždy dvě šarže hydrolyzérou PSH 8. Hmotnost šarže na vstupu pro tuto sušárnu je patrná z rovnice (57), rovnice (58) nám říká, jaká je zase hmotnost vody v šarži na vstupu do sušárny. Hmotnost sušiny v šarži na vstupu do sušárny udává rovnice (59) a následně hmotnostní podíl vody udává rovnice (60).

Menší trubková sušárna PKTS 40 suší jednu šarži pouze hydrolyzérou PSH 10. Hmotnost šarže na vstupu pro tuto sušárnu je patrná z rovnice (61), rovnice (62) nám říká, jaká je zase hmotnost vody v šarži na vstupu do sušárny. Hmotnost sušiny v šarži na vstupu do sušárny udává rovnice (63) a následně hmotnostní podíl vody udává rovnice (64).

$$m_{PKTS80,vstup} = 2 \cdot m_{PSH8,výstup} = 2 \cdot 3984,7 = 7969,5 \text{ kg} \quad (57)$$

$$m_{H2O,PKTS80,vstup} = 2 \cdot m_{H2O,PSH8,výstup} = 2 \cdot 2266,5 = 4533,1 \text{ kg} \quad (58)$$

$$m_{suš,PKTS80,vstup} = 2 \cdot m_{suš,PSH8,výstup} = 2 \cdot 1718,2 = 3436,4 \text{ kg} \quad (59)$$

$$x_{H2O,PKTS80,vstup} = \frac{m_{H2O,PKTS80,vstup} \cdot 100}{m_{PKTS80,vstup}} = \frac{4533,1 \cdot 100}{7969,5} = 56,9 \% \quad (60)$$

$$m_{PKTS40,vstup} = m_{PSH10,výstup} = 4921,7 \text{ kg} \quad (61)$$

$$m_{H2O,PKTS40,vstup} = m_{H2O,PSH8,výstup} = 2830,8 \text{ kg} \quad (62)$$

$$m_{suš,PKTS40,vstup} = m_{suš,PSH8,výstup} = 2090,9 \text{ kg} \quad (63)$$

$$x_{H2O,PKTS40,vstup} = \frac{m_{H2O,PKTS40,vstup} \cdot 100}{m_{PKTS40,vstup}} = \frac{2830,8 \cdot 100}{4921,7} = 57,5 \% \quad (64)$$

kde:

$m_{PKTS80,vstup}$  – hmotnost šarže na vstupu do sušárny PKTS 80 [kg],

$m_{H2O,PKTS80,vstup}$  – hmotnost vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 80 [kg],

$m_{suš,PKTS80,vstup}$  – hmotnost sušiny v šarži na vstupu do sušárny PKTS 80 [kg],

$x_{H2O,PKTS80,vstup}$  – hmotnostní podíl vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 80 [%],

$m_{PKTS40,vstup}$  – hmotnost šarže na vstupu do sušárny PKTS 40 [kg],

$m_{H2O,PKTS40,vstup}$  – hmotnost vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 40 [kg],

$m_{suš,PKTS40,vstup}$  – hmotnost sušiny v šarži na vstupu do sušárny PKTS 40 [kg],

$x_{H2O,PKTS40,vstup}$  – hmotnostní podíl vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 40 [%].

### 9.4.2 Odpar sušáren

Odpar sušárny PKTS 80 je znázorněn rovnicí (66). K jeho určení je potřeba znát ještě požadovaný obsah vody v šarži na výstupu (65). To samé platí pro sušárnu PKTS 40, požadovaný obsah vody v šarži na výstupu je určen rovnicí (67) a celkový odpar je určen rovnicí (68).

$$m_{H_2O,PKTS80,výstup} = \frac{m_{suš,PKTS80,vstup} \cdot x_{H_2O,PKTS80,výstup}}{(100 - x_{H_2O,PKTS80,výstup})} = \frac{3436,4 \cdot 7}{(100 - 7)} = 258,7 \text{ kg} \quad (65)$$

$$m_{odpar,PKTS80} = m_{H_2O,PKTS80,vstup} - m_{H_2O,PKTS80,výstup} \quad (66)$$

$$m_{odpar,PKTS80} = 4533,1 - 258,7 = 4274,4 \text{ kg}$$

$$m_{H_2O,PKTS40,výstup} = \frac{m_{suš,PKTS40,vstup} \cdot x_{H_2O,PKTS40,výstup}}{(100 - x_{H_2O,PKTS40,výstup})} = \frac{2090,9 \cdot 7}{(100 - 7)} = 157,4 \text{ kg} \quad (67)$$

$$m_{odpar,PKTS40} = m_{H_2O,PKTS40,vstup} - m_{H_2O,PKTS40,výstup} \quad (68)$$

$$m_{odpar,PKTS40} = 2830,8 - 157,4 = 2673,4 \text{ kg}$$

kde:

$x_{H_2O,PKTS80,výstup}$  – hmotnostní podíl vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 80 [%],

$m_{H_2O,PKTS80,výstup}$  – hmotnost vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 80 [kg],

$m_{odpar,PKTS80}$  – celkový odpar šarže sušárny PKTS 80 [kg],

$x_{H_2O,PKTS40,výstup}$  – hmotnostní podíl vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 40 [%],

$m_{H_2O,PKTS40,výstup}$  – hmotnost vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 40 [kg],

$m_{odpar,PKTS40}$  – celkový odpar šarže sušárny PKTS 40 [kg].

Se známým odparem lze určit produkci brýdových par (69, 70) a z té potom celkový měrný odpar vztažený na jednotku plochy (71, 72). Celkový měrný odpar by měl být pro obě sušárny nejlépe stejný.

$$\dot{m}_{BP,PKTS80} = m_{odpar,PKTS80} \frac{60}{t_{suš,PKTS80}} = 4274,4 \frac{60}{100} = 2564,7 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (69)$$

$$\dot{m}_{BP,PKTS40} = m_{odpar,PKTS40} \frac{60}{t_{suš,PKTS40}} = 2673,4 \frac{60}{125} = 1283,3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (70)$$

$$l_{A,PKTS80} = \frac{\dot{m}_{BP,PKTS80}}{A_{PKTS80}} = \frac{2564,7}{80} = 32,1 \frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \quad (71)$$

$$l_{A,PKTS40} = \frac{\dot{m}_{BP,PKTS40}}{A_{PKTS40}} = \frac{1283,3}{40} = 32,1 \frac{\text{kg}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \quad (72)$$

kde:

$t_{suš,PKTS80}$  – doba sušení sušárny PKTS 80 [min],

$t_{suš,PKTS40}$  – doba sušení sušárny PKTS 40 [min],

$\dot{m}_{BP,PKTS80}$  – produkce brýdových par sušárny PKTS 80 [kg·h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{BP,PKTS40}$  – produkce brýdových par sušárny PKTS 40 [kg·h<sup>-1</sup>],

$A_{PKTS80}$  – teplosměnná plocha trubkové sušárny PKTS 80 [m<sup>2</sup>],

$A_{PKTS40}$  – teplosměnná plocha trubkové sušárny PKTS 40 [m<sup>2</sup>],

$l_{A,PKTS80}$  – měrný odpar sušárny PKTS 80 [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ],

$l_{A,PKTS40}$  – měrný odpar sušárny PKTS 40 [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ].

### 9.4.3 Složení a hmotnost usušeného peří jednotlivých šarží sušáren

Usušené peří je ochuzeno o požadovaný podíl vody, který se během procesu sušení odpařil. Složení je dané ze zadání, hmotnostní podíl vody v usušené pérové moučce má být 7 hm. %. Hmotnost výstupní suroviny šarží jednotlivých sušáren je patrné z následujících rovnic.

$$m_{PKTS80,výstup} = m_{H_2O,PKTS80,výstup} + m_{suš,PKTS80,vstup} \quad (73)$$

$$m_{PKTS80,výstup} = 258,7 + 3436,4 = 3695,1 \text{ kg}$$

$$m_{PKTS40,výstup} = m_{H_2O,PKTS40,výstup} + m_{suš,PKTS40,vstup} \quad (74)$$

$$m_{PKTS40,výstup} = 157,4 + 2090,9 = 2248,3 \text{ kg}$$

kde:

$m_{PKTS80,výstup}$  – celková hmotnost šarže na výstupu ze sušárny PKTS 80 [kg],

$m_{PKTS40,výstup}$  – celková hmotnost šarže na výstupu ze sušárny PKTS 80 [kg].

### 9.4.4 Spotřeba tepla a množství topné páry

Trubkové kontaktně-fluidní sušárny využívají k sušení suroviny predehřátý vzduch o teplotě 140 °C, (fluidní sušení) a sytou páru, která ohřívá surovinu nepřímo, skrze trubkový rotor (kontaktní sušení). Pro stanovení celkové spotřeby topné páry je potřeba nejprve určit měrnou tepelnou kapacitu jednotlivých šarží sušáren (75, 76).

$$c_{p_{vstup,PKTS80}} = \frac{m_{suš,PKTS80,vstup} \cdot c_{p_{suš,peří}} + m_{H_2O,PKTS80,vstup} \cdot c_{p'_{H_2O}}}{m_{PKTS80}} \quad (75)$$

$$c_{p_{vstup,PKTS80}} = \frac{3436,4 \cdot 3200 + 4533,1 \cdot 4228,2}{7969,5} = 3782,1 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$c_{p_{vstup,PKTS40}} = \frac{m_{suš,PKTS40,vstup} \cdot c_{p_{suš,peří}} + m_{H_2O,PKTS40,vstup} \cdot c_{p'_{H_2O}}}{m_{PKTS40}} \quad (76)$$

$$c_{p_{vstup,PKTS40}} = \frac{2090,9 \cdot 3200 + 2830,8 \cdot 4228,2}{4921,7} = 3788,6 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

kde:

$c_{p_{vstup,PKTS80}}$  – měrná tepelná kapacita směsi šarže sušárny PKTS 80 [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$c_{p_{vstup,PKTS40}}$  – měrná tepelná kapacita směsi šarže sušárny PKTS 40 [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ],

$c_{p'_{H_2O}}$  – měrná tepelná kapacita vody při teplotě 97,5 °C [ $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ].

Spotřeba tepla pro ohřev a odpar je znázorněna rovnicí (77) pro šarží sušárny PKTS 80 a rovnicí (78) pro šarží sušárny PKTS 40.

$$Q_{cel,PKTS80} = \frac{m_{odpar,PKTS80} \cdot l_{vBP} + m_{PKTS80,vstup} \cdot (100 - T_{šarže}) \cdot \frac{c_{p_{vstup,PKTS80}}}{1000}}{1000} = \quad (77)$$

$$Q_{cel,PKTS80} = \frac{4274,4 \cdot 2249,2 + 7969,5 \cdot (100 - 95) \cdot \frac{3782,1}{1000}}{1000} = 9764,6 \text{ MJ}$$

$$Q_{cel,PKTS40} = \frac{m_{odpar,PKTS40} \cdot l_{vBP} + m_{PKTS40,vstup} \cdot (100 - T_{šarže}) \cdot \frac{c_{p_{vstup,PKTS40}}}{1000}}{1000} = \quad (78)$$

$$Q_{cel,PKTS40} = \frac{2673,4 \cdot 2249,2 + 4921,7 \cdot (100 - 95) \cdot \frac{3788,6}{1000}}{1000} = 6106,2 \text{ MJ}$$

kde:

$Q_{PKTS80}$  – celková spotřeba tepla šarže sušárny PKTS 80 [MJ],

$Q_{PKTS40}$  – celková spotřeba tepla šarže sušárny PKTS 40 [MJ],

$T_{šarže}$  – teplota šarže suroviny na vstupu do sušáren [°C].

Teplu dodané předehřátým vzduchem je patrné z rovnice (79) pro šarži sušárny PKTS 80 a z rovnice (80) pro šarži sušárny PKTS 40. Ze zadání je známo, že množství sušícího vzduchu se rovná produkci brýdových par.

$$Q_{vzduch,PKTS80} = \frac{\dot{m}_{vzduch,PKTS80} \cdot \frac{t_{suš,PKTS80}}{60} \cdot (T_{vzduch,140} - T_{inert}) \cdot \frac{c_{p,vzduch,140} + c_{p,inert}}{2 \cdot 1000}}{1000} = \quad (79)$$

$$Q_{vzduch,PKTS80} = \frac{2564,7 \cdot \frac{100}{60} \cdot (140 - 97) \cdot \frac{1017,5 + 1011}{2 \cdot 1000}}{1000} = 186,4 \text{ MJ}$$

$$Q_{vzduch,PKTS40} = \frac{\dot{m}_{vzduch,PKTS40} \cdot \frac{t_{suš,PKTS40}}{60} \cdot (T_{vzduch,140} - T_{inert}) \cdot \frac{c_{p,vzduch,14} + c_{p,inert}}{2 \cdot 1000}}{1000} = \quad (80)$$

$$Q_{vzduch,PKTS40} = \frac{1283,3 \cdot \frac{125}{60} \cdot (140 - 97) \cdot \frac{1017,5 + 1011}{2 \cdot 1000}}{1000} = 116,6 \text{ MJ}$$

kde:

$Q_{vzduch,PKTS80}$  – teplo předané horkým vzduchem šarži sušárny PKTS 80 [MJ],

$Q_{vzduch,PKTS40}$  – teplo předané horkým vzduchem šarži sušárny PKTS 40 [MJ],

$\dot{m}_{vzduch,PKTS80}$  – množství horkého vzduchu vháněného do sušárny PKTS 80 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{vzduch,PKTS40}$  – množství horkého vzduchu vháněného do sušárny PKTS 40 [kg.h<sup>-1</sup>],

$T_{vzduch,140}$  – teplota sušícího horkého vzduchu [°C],

$T_{inert}$  – teplota inertního vzduchu na výstupu ze sušáren [°C],

$c_{p,vzduch,140}$  – měrná tepelná kapacita horkého sušícího vzduchu [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>],

$c_{p,inert}$  – měrná tepelná kapacita inertního vzduchu na výstupu ze sušáren [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>].

Nyní lze určit množství topné páry vháněné do míchadla sušárny PKTS 80 (81) a do sušárny PKTS 40 (82).

$$\dot{m}_{TP,mích,PKTS80} = \frac{(Q_{cel,PKTS80} - Q_{vzduch,PKTS80}) \cdot \frac{60}{t_{suš,PKTS80}}}{l_{vTP}} \cdot 1000 = \quad (81)$$

$$\dot{m}_{TP,mích,PKTS80} = \frac{(9764,6 - 186,4) \cdot \frac{60}{100}}{2012,6} \cdot 1000 = 2855,4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{TP,PKTS40} = \frac{(Q_{cel,PKTS40} - Q_{vzduch,PKTS40}) \cdot \frac{60}{t_{suš,PKTS40}}}{l_{vTP}} \cdot 1000 = \quad (82)$$

$$\dot{m}_{TP,PKTS40} = \frac{(6106,2 - 116,6) \cdot \frac{60}{125}}{2012,6} \cdot 1000 = 1428,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

kde:

$\dot{m}_{TP,mích,PKTS80}$  – množství topné páry vhaněné do míchadla sušárny PKTS 80 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{TP,mích,PKTS40}$  – množství topné páry vhaněné do míchadla sušárny PKTS 80 [kg.h<sup>-1</sup>].

Každá sušárna má svůj vlastní přehřev horkého vzduchu. Horký vzduch o teplotě 140 °C se přehřívá v kaloriferu, který má dvě části. Okolní vzduch je v první části přehříván na teplotu 85 °C topným kondenzátem ze sušáren a následně je ohříván topnou parou na požadovanou teplotu. Nejprve je spočítán tepelný výkon první části kaloriferu každé sušárny (83, 84) a následně tepelný výkon druhé části kaloriferu (85, 86).

$$\dot{Q}_{kal1,PKTS80} = \frac{\dot{m}_{vzduch,PKTS80} (c_{p,vzduch,20} + c_{p,vzduch,85})}{3600 \cdot 2} \cdot (T_{vzduch,85} - T_{vzduch,20}) = (83)$$

$$\dot{Q}_{kal1,PKTS80} = \frac{2564,7 \cdot (1009,8 + 1006,1)}{3600 \cdot 2 \cdot 1000} \cdot (85 - 20) = 46,7 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{kal1,PKTS40} = \frac{\dot{m}_{vzduch,PKTS40} (c_{p,vzduch,20} + c_{p,vzduch,85})}{3600 \cdot 2} \cdot (T_{vzduch,85} - T_{vzduch,20}) = (84)$$

$$\dot{Q}_{kal1,PKTS40} = \frac{1283,3 \cdot (1009,8 + 1006,1)}{3600 \cdot 2 \cdot 1000} \cdot (85 - 20) = 23,4 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{kal2,PKTS80} = \frac{\dot{m}_{vzduch,PKTS80} (c_{p,vzduch,85} + c_{p,vzduch,140})}{3600 \cdot 2} \cdot (T_{vzduch,140} - T_{vzduch,85}) = (85)$$

$$\dot{Q}_{kal2,PKTS80} = \frac{2564,7 \cdot (1006,1 + 1017,5)}{3600 \cdot 2 \cdot 1000} \cdot (140 - 85) = 39,7 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{kal2,PKTS40} = \frac{\dot{m}_{vzduch,PKTS40} (c_{p,vzduch,85} + c_{p,vzduch,140})}{3600 \cdot 2} \cdot (T_{vzduch,140} - T_{vzduch,85}) = (86)$$

$$\dot{Q}_{kal2,PKTS40} = \frac{1283,3 \cdot (1006,1 + 1017,5)}{3600 \cdot 2 \cdot 1000} \cdot (140 - 85) = 19,9 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{Q}_{kal1,PKTS80}$  – tepelný výkon první části kaloriferu sušárny PKTS 80 [kW],

$\dot{Q}_{kal1,PKTS40}$  – tepelný výkon první části kaloriferu sušárny PKTS 80 [kW],

$c_{p,vzduch,85}$  – měrná tepelná kapacita vzduchu o teplotě 85 °C [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>],

$c_{p,vzduch,20}$  – měrná tepelná kapacita vzduchu o teplotě 20 °C [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>],

$T_{vzduch,85}$  – teplota vzduchu na výstupu z první části kaloriferu [°C],

$T_{vzduch,20}$  – teplota vzduchu na vstupu do první části kaloriferu [°C],

$\dot{Q}_{kal2,PKTS80}$  – tepelný výkon druhé části kaloriferu sušárny PKTS 80 [kW],

$\dot{Q}_{kal2,PKTS40}$  – tepelný výkon druhé části kaloriferu sušárny PKTS 80 [kW].

Nyní se spočítá celkové množství topné páry potřebné pro ohřev vzduchu v druhé části kaloriferu:

$$\dot{m}_{TP,kal2,PKTS80} = \frac{\dot{Q}_{kal2,PKTS80}}{lv_{TP}} \cdot 3600 = \frac{39,7}{2012,6} \cdot 3600 = 71 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (87)$$

$$\dot{m}_{TP,kal2,PKTS40} = \frac{\dot{Q}_{kal2,PKTS40}}{lv_{TP}} \cdot 3600 = \frac{19,9}{2012,6} \cdot 3600 = 35,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (88)$$

kde:

$\dot{m}_{TP,kal2,PKTS80}$  – množství topné páry potřebné pro ohřev vzduchu v druhé části kaloriferu sušárny PKTS 80 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{TP,kal2,PKTS40}$  – množství topné páry potřebné pro ohřev vzduchu v druhé části kaloriferu sušárny PKTS 40 [kg.h<sup>-1</sup>].

Celková spotřeba topné páry jednotlivých sušáren je patrná z rovnice (83, 84).

$$\dot{m}_{TP,PKTS80} = \dot{m}_{TP,mích,PKTS80} + \dot{m}_{TP,kal2,PKTS80} = 2855,4 + 71 = 2926,4 \frac{kg}{h} \quad (89)$$

$$\dot{m}_{TP,PKTS40} = \dot{m}_{TP,mích,PKTS40} + \dot{m}_{TP,kal2,PKTS40} = \quad (90)$$

$$\dot{m}_{TP,PKTS40} = 1428,5 + 35,5 = 2926,4 \frac{kg}{h}$$

kde:

$\dot{m}_{TP,PKTS80}$  – celková spotřeba topné páry sušárny PKTS 80 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{TP,PKTS40}$  – celková spotřeba topné páry sušárny PKTS 40 [kg.h<sup>-1</sup>].

#### 9.4.5 Požadavky na chlazení

Celkový chladicí výkon sprchových kondenzátorů (respektive vodních kondenzátorů) musí být dimenzován na kondenzaci a ochlazení na požadovanou teplotu okamžitého množství brýdových par ze sušáren.

$$\dot{Q}_{kond,PKTS80} = \dot{m}_{BP,PKTS80} \cdot \frac{lv'_{BP}}{3600} = 2564,7 \cdot \frac{2264,8}{3600} = 1613,4 \text{ kW} \quad (91)$$

$$\dot{Q}_{kond,PKTS40} = \dot{m}_{BP,PKTS40} \cdot \frac{lv'_{BP}}{3600} = 1283,3 \cdot \frac{2264,8}{3600} = 807,3 \text{ kW} \quad (92)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = \frac{\dot{m}_{inert,PKTS80}}{3600} \cdot (h_{inert,97} - h_{inert,45}) = \quad (93)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = \frac{2564,7}{3600} \cdot (98,1 - 43,1) = 39,1 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = \frac{\dot{m}_{inert,PKTS80} \cdot (h_{inert,97} - h_{inert,45}) + \dot{m}_{BK,PKTS80} \cdot (h_{BK,97} - h_{BK,45})}{3600} \quad (94)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = \frac{2564,7 \cdot (98,1 - 43,1) + 2564,7 \cdot (409,8 - 167,8)}{3600} = 211,5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS40} = \frac{\dot{m}_{inert,PKTS40} \cdot (h_{inert,97} - h_{inert,45}) + \dot{m}_{BK,PKTS40} \cdot (h_{BK,97} - h_{BK,45})}{3600} \quad (95)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS40} = \frac{1283,3 \cdot (98,1 - 43,1) + 1283,3 \cdot (409,8 - 167,8)}{3600} = 105,8 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = \dot{Q}_{kond,PKTS80} + \dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = 1613,4 + 211,5 = \quad (96)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80} = 1825 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS40} = \dot{Q}_{kond,PKTS40} + \dot{Q}_{chlaz,PKTS40} = 476,6 + 51,6 = 528,2 \text{ kW} \quad (97)$$

$$\dot{Q}_{chlaz,PKTS40} = 807,3 + 105,8 = 476,6 + 51,6 = 913,1 \text{ kW}$$

kde:

$\dot{Q}_{kond,PKTS80}$  – tepelný výkon kondenzace brýdových par sušárny PKTS 80 [kW],

$\dot{Q}_{kond,PKTS40}$  – tepelný výkon kondenzace brýdových par sušárny PKTS 40 [kW],

$\dot{m}_{inert,PKTS80}$  – produkce inertních plynů ze sušárny PKTS 80 [kg.h<sup>-1</sup>],

$\dot{m}_{inert,PKTS40}$  – produkce inertních plynů ze sušárny PKTS 40 [kg.h<sup>-1</sup>],

$lv'_{BP}$  – výparné teplo brýdových par při teplotě 97 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$\dot{Q}_{chlaz,PKTS80}$  – tepelný výkon chlazení brýdového kondenzátu a inertních plynů sušárny PKTS 80 [kW],

$\dot{Q}_{chlaz,PKTS40}$  – tepelný výkon chlazení brýdového kondenzátu a inertních plynů sušárny PKTS 40 [kW],

$h_{inert,45}$  – entalpie inertních plynů o teplotě 45 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$h_{inert,97}$  – entalpie inertních plynů o teplotě 97 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$h_{BK,45}$  – entalpie brýdového kondenzátu o teplotě 45 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$h_{BK,97}$  – entalpie brýdového kondenzátu o teplotě 97 °C [kJ.kg<sup>-1</sup>],

$\dot{Q}_{chlad,PKTS80}$  – celkový chladicí výkon vodního kondenzátoru pro sušárnu PKTS 80 [kW],

$\dot{Q}_{chlad,PKTS40}$  – celkový chladicí výkon vodního kondenzátoru pro sušárnu PKTS 40 [kW].

## 10 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá problematikou zpracování drůbežího peří za použití metody hydrolýzy. Cílem této práce je navrhnout technologie zpracování drůbežího peří včetně vytvoření technologického schématu a hmotové a energetické bilance. Konkrétně se jedná o navržení technologie pro reálnou linku situovanou v České Republice. Nová technologie využívá některé stávající stroje a zařízení a také především prostory stávající nefunkční linky. Je snaha maximálně využít kapacity klíčových strojů a zařízení za účelem co největší výtěžnosti zpracované suroviny s ohledem na prostorová a technologická omezení vyplývající z využití stávající linky. Práce je rozdělena na 8 částí.

První část práce pojednává o drůbežích produktech obecně, jejich světová produkce, množství a složení drůbežího peří a jeho využití (kapitola 2). Následující část pojednává o bílkovině keratinu, především o jeho chemických vazbách, které je potřeba správně provedenou hydrolýzou rozpustit (kapitola 3). Kapitola 4 se věnuje hlavnímu rozdělení vedlejších živočišných produktů do kategorií a jejich popisu dle nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 1069/2009 [3]. Následující kapitola 5 se zabývá zpracováním materiálů vedlejších živočišných produktů podle Nařízení komise (EU) č. 142/2011 [2]. Kapitola 6 pojednává o metodách hydrolýzy péřového odpadu. Následující kapitola 7 je zaměřena na postup zpracování drůbežího peří. Konkrétní navržená technologie je popsána v kapitole 8. Jsou zde podrobnosti celé technologie, včetně výkonosti, energetické náročnosti nebo podrobného popisu technologie. Poslední kapitola 9 se věnuje hmotnostní a energetické bilanci klíčových částí navržené technologie. Podrobnější bilance jsou součástí přílohy a také CD. Hmotová a energetická bilance byla vytvořena v programu Excel z důvodu grafické přehlednosti bilance a cenové dostupnosti programu.

Všechny vytyčené cíle plynoucí ze zadání jsou v práci splněny. Konkrétní technologie a důležité parametry linky jsou shrnuty v kapitole 8. Součástí přílohy je především výše zmíněná hmotová a energetická bilance a také technologické schéma. Jádrem celé technologie je proces alkalické hydrolýzy. Tato metoda hydrolýzy se jevila jako nejpříjemnější pro daný provoz vzhledem k ne příliš vysokých nároků na dobu hydrolýzy, přijatelným energetickým nárokům na proces a teoreticky velkému obsahu rozpuštěných bílkovin a jejich vysoké stravitelnosti. Bylo dosaženo dobré výkonosti linky za plného využití potenciálu klíčových strojů, což je patrné z harmonogramu, který je součástí přílohy. Samotná spotřeba energií, potřebná k pokrytí celého procesu je přijatelná, vezmeme-li v úvahu náročnost celého procesu.

Tento konkrétní návrh technologii podložený hmotovou a energetickou bilancí, by měl v brzké době přejít do fáze realizace. Mělo by dojít k sériím zkoušek a simulací jednotlivých částí technologie a následnému upřesnění bilancí a popřípadě i technologie. Především se jedná o testování samotného procesu hydrolýzy a rozboru vyprodukovaného hydrolyzátu pro určení přesného množství rozpuštěných bílkovin a jejich stravitelnost, což hraje v technologii klíčovou roli.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] Technika pro zpracování odpadů. *Mendelova univerzita v Brně* [online]. Brno: Ing. Petr Junga, Ph.D, 2015 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/210/19562.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/210/19562.pdf)
- [2] *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 142/2011*. 25. února 2011.
- [3] *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1069/2009*. In: . Evropský parlament, 2009.
- [4] *Situační výhledová zpráva 2015: Drůbež a vejce* [online]. In: , Ing. Markéta Roubalová, CSc., MZe. Ministerstvo zemědělství, 2015 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/357386/Pipi\\_2014.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/357386/Pipi_2014.pdf)
- [5] *Výsledky chovu drůbeže 2015* [online]. In: . Český statistický úřad, 2016 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vysledky-chovu-drubeze-2015>
- [6] *Pěřová moučka: specifikace výrobku*. EUROCORP TRADE s.r.o, 2016. Dostupné z: <http://www.eurocorptrade.cz/sites/default/files/p%C3%A9%C5%99ov%C3%A1%20mou%C4%8Dka.pdf>
- [7] *Hydrolyzed Chicken Feather Meal*. International feed, 2017. Dostupné také z: <http://www.internationalfeed.com/Media/Default/Products/FileUpload/IFC%20Product%20-%20U.S.%20Feather%20Meal-20150420074556.pdf>
- [8] *Bionafta (FAME) - náhrada za fosilní naftu* [online]. Univerzita Pardubice [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://kfch.upce.cz/htmls/vedecka\\_cinnost\\_bionafta.htm](http://kfch.upce.cz/htmls/vedecka_cinnost_bionafta.htm)
- [9] *The Life of: Broiler chickens* [online]. In: . Compassion in World Farming, 2013 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.ciwf.org.uk/media/5235306/The-life-of-Broiler-chickens.pdf>
- [10] *FAO - Organizace pro výživu a zemědělství* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [11] *USDS - Americké ministerstvo zemědělství* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [www.usda.gov](http://www.usda.gov)
- [12] *Masná užitkovost drůbeže* [online]. In: . Česká zemědělská univerzita: Provozně-ekonomická fakulta – PaA, 1. ročník, 2. semestr, 12 kruh [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.czu.cz/cs/>
- [13] *Chov slepic na pastvě zvyšuje obsah vitamínů a karotenoidů ve vejcích* [online]. In: , prof. Ing. Miloš Skřivan, DrSc a Ing. Michaela Englmaierová, Ph.D. Praha Uhřetíněves: Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i, 2015 [cit. 2017-05-24]. ISBN 978-80-7403-138-0. Dostupné z: [http://aa.ecn.cz/img\\_upload/8d8825f1d3b154e160e6e5c97cf9b8b3/certifikovana-metodika-2015-skrivan.pdf](http://aa.ecn.cz/img_upload/8d8825f1d3b154e160e6e5c97cf9b8b3/certifikovana-metodika-2015-skrivan.pdf)
- [14] *Význam chovu drůbeže u nás a ve světě* [online]. In: , Doc. Ing. Eva Tůmová, CSc. a Prof. Ing. Miloš Skřivan, DrSc. Katedra chovu prasat a drůbeže, ČZU v Praze [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.agris.cz/Content/files/main\\_files/63/141635/tumova.pdf](http://www.agris.cz/Content/files/main_files/63/141635/tumova.pdf)
- [15] BRÁZDOVÁ, Lucie. *Příprava keratinového hydrolyzátu alkalickoenzymovým rozkladem ovčí vlny*. 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ondřej Krejčí.
- [16] MLÁDEK, M. a kol. *Zpracování odpadů kožedělného průmyslu* [online]. In: . Praha: SNTL – nakladatelství technické literatury, 1971 [cit. 2017-05-24]. ISBN 04-837-71.

- [17] VRBACKÝ, R., VRBACKÁ, V. *Technologie výroby kožešin* [online]. In: . 3. vydání. Praha: SNTL – nakladatelství technické literatury, 1990 [cit. 2017-05-24]. ISBN 04-828-90.
- [18] SHEIKH, Farhan. *Poultry feathers - how many ways they can be used for* [online]. In: . 2013 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://thepoultryguide.com/uses-of-chicken-feathers/>
- [19] *Broiler chicken industry key facts 2016* [online]. In: . NNC - Overview The National Chicken Council, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/broiler-chicken-industry-key-facts/>
- [20] STAROŇ, Paweł, Marcin BANACH1, Zygmunt KOWALSKI1 a Anita STAROŇ. *Hydrolysis of keratin materials derived from poultry industry* [online]. In: . 2014, [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.2429/proc.2014.8(2)050. Dostupné z: [http://tchie.uni.opole.pl/PECO14\\_2/EN/StaronBanach\\_PECO14\\_2.pdf](http://tchie.uni.opole.pl/PECO14_2/EN/StaronBanach_PECO14_2.pdf)
- [21] MOKREJŠ, Pavel, Ondřej KŘEJČÍ, Roman ČERMÁK a Petr SVOBODA. *Optimalizace podmínek enzymové hydrolyzy kuřecího peří* [online]. In: . Ústav inženýrství polymerů: Fakulta technologická, UTB ve Zlíně, nám. TGM 275, 762 72 Zlín, 2013 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013\\_09\\_709-712.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_09_709-712.pdf)
- [22] MOKREJŠ, Pavel, Ondřej KŘEJČÍ, Petr SVOBODA a Vladimír VAŠEK. *Modeling technological conditions for breakdown of waste sheep wool* [online]. In: . 4. vydání. RASAYAN J.Chem., 2011 [cit. 2017-05-24]. ISBN 0974-1496. Dostupné z: <http://rasayanjournal.co.in/vol-4/issue-4/4.pdf>
- [23] KŘEJČÍ, Ondřej. *Zpracování keratinových odpadů a možnosti aplikací redukováných forem keratinu*. Zlín, 2014. Disertační práce Studijní. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Mokrejš, Ph.D.
- [24] SMITH, Gerald J., Helen BRANTLEY, Mark VAN DYKE a Yasuaki SEKI. New trends in photobiology (invited review) photodegradation of keratin and other structural proteins: Kerateines. In: *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* [online]. 1995, **27**(3), s. 187-198 [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1016/1011-1344(94)07104-V. ISSN 10111344. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/101113449407104V>
- [25] HILL, Paulina, Helen BRANTLEY, Mark VAN DYKE a Yasuaki SEKI. Some properties of keratin biomaterials: Kerateines. In: *Biomaterials* [online]. 2010, **31**(4), s. 585-593 [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2009.09.076. ISSN 01429612. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014296120901028X>
- [26] MEYERS, Marc André, Po-Yu CHEN, Albert Yu-Min LIN a Yasuaki SEKI. Biological materials: Structure and mechanical properties. In: *Progress in Materials Science* [online]. 2008, **53**(1), s. 1-206 [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2007.05.002. ISSN 00796425. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079642507000254>
- [27] DONALD, Le a Kim SONG. *Bond Energies* [online]. In: . UC Davis, University of California, 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [https://chem.libretexts.org/Core/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry/Chemical\\_Bonding/General\\_Principles\\_of\\_Chemical\\_Bonding/Bond\\_Energies](https://chem.libretexts.org/Core/Physical_and_Theoretical_Chemistry/Chemical_Bonding/General_Principles_of_Chemical_Bonding/Bond_Energies)
- [28] VÁVRA, Václav a Zdeněk LOSOS. *Chemické vazby a vazebné síly* [online]. In: . Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta Masarykova univerzita, Brno., 2016 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://mineralogie.sci.muni.cz/kap\\_3\\_5\\_vazby/kap\\_3\\_5\\_vazby.htm](http://mineralogie.sci.muni.cz/kap_3_5_vazby/kap_3_5_vazby.htm)

- [29] COWARD-KELLY, Guillermo, Vincent S. CHANG, Frank K. AGBOGBO a Mark T. HOLTZAPPLE. Lime treatment of keratinous materials for the generation of highly digestible animal feed: 1. Chicken feathers. In: *Bioresource Technology* [online]. 2006, **97**(11), s. 1337-1343 [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.05.021. ISSN 09608524. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852405002816>
- [30] CARDAMONE, Jeanette M., Alberto NUÑEZ, Rafael A. GARCIA a Mila ALDEMAROS. Characterizing Wool Keratin: Characterisation of physical properties and morphological structure. In: *Research Letters in Materials Science* [online]. 2009, **2009**, s. 1-5 [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1155/2009/147175. ISSN 1687-6822. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/amse/2009/147175/>
- [31] BRANDELLI, Adriano. Bacterial Keratinases: Useful Enzymes for Bioprocessing Agroindustrial Wastes and Beyond. *Food and Bioprocess Technology*. 2008, **1**(2), 105-116. [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1007/s11947007-0025-y.
- [32] *National Centre for Biotechnology Education (NCBE)* [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.ncbe.reading.ac.uk/>
- [33] HUDEK, František. Ptáci - vnější a vnitřní stavba těla. In: *Školní a webové informační centrum ZŠ Třebíč* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://vyuka.zsjarose.cz/index.php?action=lesson\\_detail&id=1290](http://vyuka.zsjarose.cz/index.php?action=lesson_detail&id=1290)
- [34] TESFAYE, Tamrat, Bruce SITHOLE, Deresh RAMJUGERNATH a Viren CHUNILALL. Valorisation of chicken feathers: Characterisation of physical properties and morphological structure. In: *Journal of Cleaner Production* [online]. 2017, **149**, s. 349-365 [cit. 2017-05-24]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.112. ISSN 09596526. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617303268>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Legenda
$A_{PKTS40}$	[m <sup>2</sup> ]	teplosměnná plocha trubkové sušárny PKTS 40
$A_{PKTS80}$	[m <sup>2</sup> ]	teplosměnná plocha trubkové sušárny PKTS 80
$A_{PSH10}$	[m <sup>2</sup> ]	teplosměnná plocha hydrolyzéro PSH 10
$A_{PSH8}$	[m <sup>2</sup> ]	teplosměnná plocha hydrolyzéro PSH 8
$cp'_{H2O}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vody při teplotě 97,5 °C
$cp_{155}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vody – páry při teplotě 155 °C
$cp_{hyd,PSH10}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita směsi šarže hydrolyzéro PSH 10
$cp_{hyd,PSH8}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita směsi šarže hydrolyzéro PSH 8
$cp_{BK,102}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita brýdového kondenzátu o teplotě 102 °C
$cp_{BK,45}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita brýdového kondenzátu o teplotě 45 °C
$cp_{BP}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita brýdové páry při teplotě 102 °C
$cp_{Ca(OH)2}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita Ca(OH) <sub>2</sub>
$cp_{H2O}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vody
$cp_{inert}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita inertních plynů
$cp_{inert}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita inertního vzduchu na výstupu ze sušáren
$cp_{suš,peří}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita sušiny peří
$cp_{vstup,PKTS40}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita směsi šarže sušárny PKTS 40
$cp_{vstup,PKTS80}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita směsi šarže sušárny PKTS 80
$cp_{vzduch,140}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita horkého sušícího vzduchu
$cp_{vzduch,20}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vzduchu o teplotě 20 °C
$cp_{vzduch,85}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vzduchu o teplotě 85 °C
$h_{BK,97}$	[kJ.kg <sup>-1</sup> ]	entalpie brýdového kondenzátu o teplotě 97 °C
$h_{inert,45}$	[kJ.kg <sup>-1</sup> ]	entalpie inertních plynů o teplotě 45 °C
$h_{inert,97}$	[kJ.kg <sup>-1</sup> ]	entalpie inertních plynů o teplotě 97 °C
$l_{A,hyd}$	[kg.m <sup>-2</sup> .hod <sup>-1</sup> ]	měrný odpar hydrolyzéro PSH 8 i PSH 10
$l_{A,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	měrný odpar sušárny PKTS 40
$l_{A,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup> ]	měrný odpar sušárny PKTS 80
$lv'_{BP}$	[kJ.kg <sup>-1</sup> ]	výparné teplo brýdových par při teplotě 97 °C
$lv_{BP}$	[kJ.kg <sup>-1</sup> ]	výparné teplo brýdových par při teplotě 102 °C
$lv_{TP}$	[kJ.kg <sup>-1</sup> ]	výparné teplo topné páry o teplotě 171 °C
$\dot{m}_{BP,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	produkce brýdových par sušárny PKTS 40

$\dot{m}_{BP,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	produkce brýdových par sušárny PKTS 80
$\dot{m}_{inert,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	produkce inertních plynů ze sušárny PKTS 40
$\dot{m}_{inert,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	produkce inertních plynů ze sušárny PKTS 80
$\dot{m}_{vzduch,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	množství horkého vzduchu vháněného do sušárny PKTS 40
$\dot{m}_{vzduch,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	množství horkého vzduchu vháněného do sušárny PKTS 80
$m_{Ca(OH)_2,PSH10}$	[kg]	hmotnost Ca(OH) <sub>2</sub> ve vápenném mléku šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{Ca(OH)_2,PSH8}$	[kg]	hmotnost Ca(OH) <sub>2</sub> ve vápenném mléku šarže hydrolyzéro PSH 8
$m_{H_2O,PKTS40,výstu}$	[kg]	hmotnost vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 40
$m_{H_2O,PKTS40,vstup}$	[kg]	hmotnost vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 40
$m_{H_2O,PKTS80,výstu}$	[kg]	hmotnost vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 80 [
$m_{H_2O,PKTS80,vstup}$	[kg]	hmotnost vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 80
$m_{H_2O,PSH10,výstup}$	[kg]	hmotnost vody v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 10
$m_{H_2O,PSH10,vstup}$	[kg]	celková hmotnost vody v šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{H_2O,PSH8,výstup}$	[kg]	hmotnost vody v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 8
$m_{H_2O,PSH8,vstup}$	[kg]	celková hmotnost vody v šarže hydrolyzéro PSH 8
$m_{H_2O,odt,PSH10}$	[kg]	množství odpařené vody odtakováním šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{H_2O,odt,PSH8}$	[kg]	množství odpařené vody odtakováním šarže hydrolyzéro PSH 8
$m_{H_2O,suš,PSH10}$	[kg]	množství odpařené vody sušením šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{H_2O,suš,PSH8}$	[kg]	množství odpařené vody sušením šarže hydrolyzéro PSH 8
$m_{H_2O',PSH10,vstup}$	[kg]	hmotnost vody vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 10
$m_{H_2O',PSH8,vstup}$	[kg]	hmotnost vody vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 8
$m_{H_2O'',PSH10,vstup}$	[kg]	hmotnost vody ve vápenném mléku šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{H_2O'',PSH8,vstup}$	[kg]	hmotnost vody ve vápenném mléku šarže hydrolyzéro PSH 8
$m_{PKTS40,výstup}$	[kg]	celková hmotnost šarže na výstupu ze sušárny PKTS 80
$m_{PKTS40,vstup}$	[kg]	hmotnost šarže na vstupu do sušárny PKTS 40
$m_{PKTS80,výstup}$	[kg]	celková hmotnost šarže na výstupu ze sušárny PKTS 80
$m_{PKTS80,vstup}$	[kg]	hmotnost šarže na vstupu do sušárny PKTS 80
$m_{PSH10,výstup}$	[kg]	celková hmotnost šarže na výstupu z hydrolyzéro PSH 10
$m_{PSH10}$	[kg]	celková hmotnost šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{PSH8,výstup}$	[kg]	celková hmotnost šarže na výstupu z hydrolyzéro PSH 8
$m_{PSH8}$	[kg]	celková hmotnost šarže hydrolyzéro PSH 8
$m_{TP,PSH10}$	[kg]	spotřeba páry šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{TP,PSH8}$	[kg]	spotřeba páry šarže hydrolyzéro PSH 8

$m_{odpar,PKTS40}$	[kg]	celkový odpar šarže sušárny PKTS 40
$m_{odpar,PKTS80}$	[kg]	celkový odpar šarže sušárny PKTS 80
$m_{odpar,PSH10}$	[kg]	celkové množství odpařené vody z šarže hydrolyzéro PSH 10
$m_{odpar,PSH8}$	[kg]	celkové množství odpařené vody z šarže hydrolyzéro PSH 8
$\dot{m}_{sur,hod}$	[kg/hod]	průměrné množství zpracovaného surového za hodinu
$\dot{m}_{sur,H2O,hod}$	[kg/hod]	průměrné množství vody v surovém peří za hodinu
$\dot{m}_{sur,den}$	[kg/den]	průměrné množství zpracovaného surového za den
$\dot{m}_{sur,suš,hod}$	[kg/hod]	průměrné množství sušiny v surovém peří za hodinu
$\dot{m}_{sur,tuk,hod}$	kg/hod	průměrné množství vody v surovém peří za hodinu
$m_{suš,PKTS40,vstup}$	[kg]	hmotnost sušiny v šarži na vstupu do sušárny PKTS 40
$m_{suš,PKTS80,vstup}$	[kg]	hmotnost sušiny v šarži na vstupu do sušárny PKTS 80
$m_{suš,PSH10,výstup}$	[kg]	hmotnost sušiny v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 10
$m_{suš,PSH10,vstup}$	[kg]	hmotnost sušiny vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 10
$m_{suš,PSH10}$	[kg]	množství sušiny peří v šarži hydrolyzéro PSH 10
$m_{suš,PSH8,výstup}$	[kg]	hmotnost sušiny v šarži na výstupu z hydrolyzéro PSH 8
$m_{suš,PSH8,vstup}$	[kg]	hmotnost sušiny vylisovaného peří v šarži hydrolyzéro PSH 8
$m_{suš,PSH8}$	[kg]	množství sušiny peří v šarži hydrolyzéro PSH 8
$\dot{m}_{TP,hydr,max}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	maximální okamžitá spotřeba topné páry pro všechny hydrolyzéry
$\dot{m}_{TP,hydr,prum}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	průměrné spotřeba topné páry pro všechny hydrolyzéry
$\dot{m}_{TP,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	celková spotřeba topné páry sušárny PKTS 40
$\dot{m}_{TP,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	celková spotřeba topné páry sušárny PKTS 80
$\dot{m}_{TP,PSH10,max}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	maximální okamžité množství topné páry hydrolyzéro PSH 10
$\dot{m}_{TP,PSH10,prum}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	průměrné množství topné páry hydrolyzéro PSH 10
$\dot{m}_{TP,PSH8,max}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	maximální okamžité množství topné páry hydrolyzéro PSH 8
$\dot{m}_{TP,PSH8,prum}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	průměrné množství topné páry hydrolyzéro PSH 8
$\dot{m}_{TP,kal2,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	množství topné páry potřebné pro ohřev vzduchu v druhé části kaloriferu sušárny PKTS 40
$\dot{m}_{TP,kal2,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	množství topné páry potřebné pro ohřev vzduchu v druhé části kaloriferu sušárny PKTS 80
$\dot{m}_{TP,mích,PKTS40}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	množství topné páry vháněné do míchadla sušárny PKTS 80
$\dot{m}_{TP,mích,PKTS80}$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	množství topné páry vháněné do míchadla sušárny PKTS 80
$m_{váp.ml,PSH10}$	[kg]	hmotnost vápenného mléka v šarži hydrolyzéro PSH 10
$m_{váp.ml,PSH8}$	[kg]	hmotnost vápenného mléka v šarži hydrolyzéro PSH 8
$\dot{m}_{vylis,H2O,hod}$	[kg/hod]	průměrné množství vody ve vylisovaném peří za hodinu
$n_{hod}$	[počet]	počet pracovních hodin za den

$n_{\text{šarží,PSH10}}$	[počet]	počet šarží hydrolyzéro PSH 8 za 6-ti denní pracovní cyklus
$n_{\text{šarží,PSH10}}$	[počet]	počet šarží hydrolyzéro PSH 10 za 6-ti denní pracovní cyklus
$n_{\text{šarží,PSH10}}$	[počet]	počet šarží hydrolyzéro PSH 10 za 6-ti denní cyklus
$n_{\text{šarží,PSH8}}$	[počet]	počet šarží hydrolyzéro PSH 8 za 6-ti denní cyklus
$n_{\text{dni}}$	[kg/hod]	počet dní pracovního cyklu
$Q_{\text{PKTS40}}$	[MJ]	celková spotřeba tepla šarže sušárny PKTS 40
$Q_{\text{PKTS80}}$	[MJ]	celková spotřeba tepla šarže sušárny PKTS 80
$Q_{\text{cel,PSH10}}$	[MJ]	celková spotřeba tepla šarže hydrolyzéro PSH 10
$Q_{\text{cel,PSH8}}$	[MJ]	celková spotřeba tepla šarže hydrolyzéro PSH 8
$Q_{\text{ohřev,PSH10}}$	[MJ]	množství tepla potřebného pro ohřev šarže hydrolyzéro PSH 10
$Q_{\text{ohřev,PSH8}}$	[MJ]	množství tepla potřebného pro ohřev šarže hydrolyzéro PSH 8
$Q_{\text{suš,PSH10}}$	[MJ]	množství tepla potřebného pro sušení šarže hydrolyzéro PSH 10
$Q_{\text{suš,PSH8}}$	[MJ]	množství tepla potřebného pro sušení šarže hydrolyzéro PSH 8
$Q_{\text{vzduch,PKTS40}}$	[MJ]	teplo předané horkým vzduchem šarži sušárny PKTS 40
$Q_{\text{vzduch,PKTS80}}$	[MJ]	teplo předané horkým vzduchem šarži sušárny PKTS 80
$t_{\text{odt,PSH10}}$	[min]	doba odtlakování hydrolyzéro PSH 10
$t_{\text{odt,PSH8}}$	[min]	doba odtlakování hydrolyzéro PSH 8
$t_{\text{suš,PKTS40}}$	[min]	doba sušení sušárny PKTS 40
$t_{\text{suš,PKTS80}}$	[min]	doba sušení sušárny PKTS 80
$t_{\text{suš}}$	[min]	doba sušení hydrolyzéro PSH 8 i PSH 10
$T_{\text{BP}}$	[°C]	teplota brýdových par
$T_{\text{inert,102}}$	[°C]	teplota inertních plynů
$T_{\text{inert,45}}$	[°C]	teplota inertních plynů
$T_{\text{inert}}$	[°C]	teplota inertního vzduchu na výstupu ze sušáren
$T_{\text{vylis}}$	[°C]	teplota vylisovaného peří (počáteční teplota šarže hydrolyzéro)
$T_{\text{vzduch,140}}$	[°C]	teplota sušícího horkého vzduchu
$T_{\text{vzduch,20}}$	[°C]	teplota vzduchu na vstupu do první části kaloriferu
$T_{\text{vzduch,85}}$	[°C]	teplota vzduchu na výstupu z první části kaloriferu
$x_{\text{Ca(OH)}_2/\text{suš}}$	[-]	požadovaný poměr $\text{Ca(OH)}_2$ k sušině vylisovaném peří
$x_{\text{H}_2\text{O,PKTS40,výstup}}$	[%]	hmotnostní podíl vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 40
$x_{\text{H}_2\text{O,PKTS40,vstup}}$	[%]	hmotnostní podíl vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 40
$x_{\text{H}_2\text{O,PKTS80,výstup}}$	[%]	hmotnostní podíl vody v šarži na výstupu ze sušárny PKTS 80
$x_{\text{H}_2\text{O,PKTS80,vstup}}$	[%]	hmotnostní podíl vody v šarži na vstupu do sušárny PKTS 80

---

$x_{H_2O,sur}$	[%]	podíl vody v surovém peří
$x_{H_2O/suš}$	[-]	požadovaný poměr vody k sušině vylisovaném peří
$x_{inert}$	[%]	podíl inertních plynů v brýdové páře
$x_{suš,sur}$	[%]	podíl sušiny v surovém peří
$x_{tuk,sur}$	[%]	podíl sušiny v surovém peří
$x_{vylis,H_2O}$	[%]	podíl vody ve vylisovaném peří
$x_{vylis,suš}$	[%]	podíl sušiny ve vylisovaném peří

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR – Česká republika

ČOV – čistička odpadních vod

EU – Evropská Unie

FAO – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů

KVS – Krajská veterinární správa

RTC – Ready-to-cook (Připraveno-pro-vaření)

TSE – Transmisivní spongiformní encefalopatie

USDA – Americké ministerstvo zemědělství

VŽP – vedlejší živočišný odpad

**SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1</b> Roční produkce RTC masa brojlerových kuřat a odhad celkové produkce RTC drůbežního masa [11].....	17
<b>Tabulka 2</b> Odhad celkové produkce drůbežního masa dle daných předpokladů [10, 11, 12, 19].....	20
<b>Tabulka 3</b> Výkonové parametry linky.....	50
<b>Tabulka 4</b> Složení a vlastnosti surového peří.....	51
<b>Tabulka 5</b> Složení a vlastnosti pěřové moučky.....	51
<b>Tabulka 6</b> Spotřeba energií a médií.....	52
<b>Tabulka 7</b> Měrná spotřeba energií a médií na tunu zpracované suroviny .....	52
<b>Tabulka 8</b> Produkce vedlejších produktů.....	52
<b>Tabulka 9</b> Časový harmonogram trubkové sušárny 40 m <sup>2</sup> (poz.3000).....	53
<b>Tabulka 10</b> Časový harmonogram trubkové sušárny 80 m <sup>2</sup> (poz.3500).....	53
<b>Tabulka 11</b> Počet šarží klíčových aparátů za 6-ti denní pracovní cyklus.....	54
<b>Tabulka 12</b> Parametry výchozího materiálu.....	54
<b>Tabulka 13</b> Parametry fáze hydrolýzy.....	54
<b>Tabulka 14</b> Parametry dávkování vápenného mléka .....	55
<b>Tabulka 15</b> Parametry fáze sušení .....	55
<b>Tabulka 16</b> Časový harmonogram šarže hydrolyzéro PSH 8 (poz.2110, 2230).....	55
<b>Tabulka 17</b> Časový harmonogram šarže hydrolyzéro PSH 10 (poz.2000).....	56
<b>Tabulka 18</b> Složení šarže hydrolyzéro PSH 8 (poz.2110, 2230).....	56
<b>Tabulka 19</b> Složení šarže hydrolyzéro PSH 10 poz.2000) .....	56
<b>Tabulka 20</b> Složení šarže trubkové sušárny 40 m <sup>2</sup> (poz.3000).....	57
<b>Tabulka 21</b> Složení šarže trubkové sušárny 80 m <sup>2</sup> (poz.3500).....	57

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Graf rozložení světové produkce drůbeže v roce 2000 [10]</i> .....	14
<i>Obr. 2 Graf rozložení světové produkce drůbeže v roce 2009 [10]</i> .....	14
<i>Obr. 3 Graf – Výroba jateční drůbeže v ČR v letech 2011-2016 [5]</i> .....	18
<i>Obr. 4 Obrysové peří [33]</i> .....	19
<i>Obr. 5 Prachové peří [33]</i> .....	19
<i>Obr. 6 <math>\beta</math> – keratin (struktura složeného listu)</i> .....	25
<i>Obr. 7 <math>\alpha</math> – keratin (šroubovice)</i> .....	25
<i>Obr. 8 Vazebné interakce mezi šroubovicemi <math>\alpha</math> – keratinu</i> .....	26
<i>Obr. 9 Hydrolytické rozštěpení disulfidové vazby cystinových zbytků v alkalickém prostředí</i>	27
<i>Obr. 10 Hydrolytické štěpení peptidové vazby kyselinou chlorovodíkovou</i> .....	28
<i>Obr. 11 Hydrolytické štěpení peptidové vazby alkálií (hydroxid sodný)</i> .....	28
<i>Obr. 12 Diagram zpracování drůbežního peří</i> .....	48
<i>Obr. 13 Příjmový zásobník na peří PZPP50</i> .....	62
<i>Obr. 14 Třídící pás PPT800</i> .....	62
<i>Obr. 15 Péřový lis</i> .....	63
<i>Obr. 16 Jemný drtič suroviny</i> .....	64
<i>Obr. 17 Hydrolyzér typu PSH</i> .....	64
<i>Obr. 18 Kontaktně fluidní trubková sušárna typu PKTS</i> .....	65
<i>Obr. 19 Kladívkový šrotovník moučky</i> .....	65
<i>Obr. 20 Excentrická rovinná prosévačka</i> .....	66
<i>Obr. 21 Bubnový chladič PBCH 8</i> .....	66

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A – Specifikace
- Příloha B – Technologické schéma
- Příloha C – Harmonogram 6-ti denního pracovního cyklu
- Příloha D – Hmotová a energetická bilance