

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

**Návrh inovace technologické linky na zpracování
vybraných surovin pomocí extruze**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Autor práce: Bc. Petr Bezděk

Praha 2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Bezděk

Technologická zařízení staveb
Zařízení v agropotravinářském komplexu

Název práce

Návrh inovace technologické linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze

Název anglicky

The proposal for the innovation of the technological line for the processing of selected raw materials by means of the extrusion

Cíle práce

Cílem diplomové práce je návrh inovace technologické linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze.

Seznámit se s problematikou zpracování vybraných surovin pomocí technologie extruze, a na základě rozboru současného stavu vybrané technologie konkrétní firmy, navrhnout inovaci se zaměřením na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory a dodržení potřebných provozních parametrů. Na základě poznatků z literatury, vlastní analýzy a měření, provést rozbor jednotlivých možností a navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktickou aplikaci, která budou posouzena z hlediska technického a ekonomického.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Současný stav sledované problematiky
5. Vlastní řešení
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr a doporučení
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 až 50 stran

Klíčová slova

Technologická zařízení staveb, extruze, potravinářství, krmivářství, tvrdé potravinářské suroviny, tvrdé krmivářské suroviny

Doporučené zdroje informací

CEMPÍRKOVÁ, R. – ČERMÁK, B. et al.: Krmiva konvenční a ekologická = Feedstuffs conventional and ecological. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2008. 326 s. ISBN 978-80-7394-141-3

KADLEC, P. a kol.: Technologie potravin I. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, 2002, 300 s., ISBN 80-7080-509-9

Krmivářství = Krmivárstvo: mezinárodní odborný časopis zaměřený na výživu zvířat a veterinární medicínu. Praha, Profi Press, ISSN 1212-9992

MALOUN, J.: Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv. Praha, Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2001, 201 s., ISBN 80-213-0783-8

Potravinářská revue: odborný časopis pro výživu, výrobu potravin a obchod. Praha, AGRAL, 2004, ISSN 1801-9102

Príslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2022

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2023

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh inovace technologické linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze, vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním, a to dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31.3.2023

Bc. Petr Bezděk

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Vaculíkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, konzultace a připomínky při psaní této diplomové práce a pomoci při splnění všech stanovených cílů.

Dále také panu Jiřímu Kohoutovi a jeho spolupracovníkům za umožnění nahlédnout do interních záležití provozu.

Návrh inovace technologické linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem inovace technologické linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze.

V diplomové práci došlo k seznámení se základní problematikou zpracování krmných surovin pomocí technologie extruze. V teoretické části práce jsou postupně představeny předcházející procesy, které jsou nezbytné pro kvalitní zpracování surovin pomocí extruze a následné zpracovávané suroviny. Proces extruze je popsán jak z pohledu technologie, tak z pohledu technického provedení strojních částí, jejich určení a vlivu na celkovou funkci extrudéru. V praktické části práce byla konkrétní výrobní linka podrobena analýze současného stavu na základě, které byla vybrána vhodná inovace stávajícího provozu. Výsledný návrh inovace byl v ekonomické části porovnán se současným provozem z pohledu nákladů na provoz a návratnosti investice. Ve výsledku práce byly popsány navrhované změny a jejich přínos pro podnik. Závěr je věnován stanovení doporučení pro vybraný podnik.

Klíčová slova: Technologická zařízení staveb, extruze, potravinářství, krmivářství, tvrdé potravinářské suroviny, tvrdé krmivářské suroviny

The proposal for the innovation of the technological line for the processing of selected raw materials by means of the extrusion

Summary

This thesis deals with the design of an innovation for a technological line for processing selected raw materials using extrusion. The theoretical part of the thesis introduces the basic issues related to the processing of feed materials using extrusion technology. The preceding processes necessary for high-quality processing of the raw materials through extrusion and the processed raw materials are gradually presented. The extrusion process is described from both a technological and technical perspective, including the technical implementation of machine parts, their functions, and their impact on the overall function of the extruder. In the practical part of the thesis, a specific production line was analyzed to determine the current state of operations, and a suitable innovation for the existing process was proposed based on the analysis. The resulting innovation design was compared to the current operations in terms of operating costs and return on investment in the economic part of the thesis. The proposed changes and their benefits for the company were described in the results section. The conclusion focuses on providing recommendations for the selected company.

Keywords: Technological equipment for construction, extrusion, food industry, animal feed industry, hard food raw materials, hard feed raw materials.

Obsah

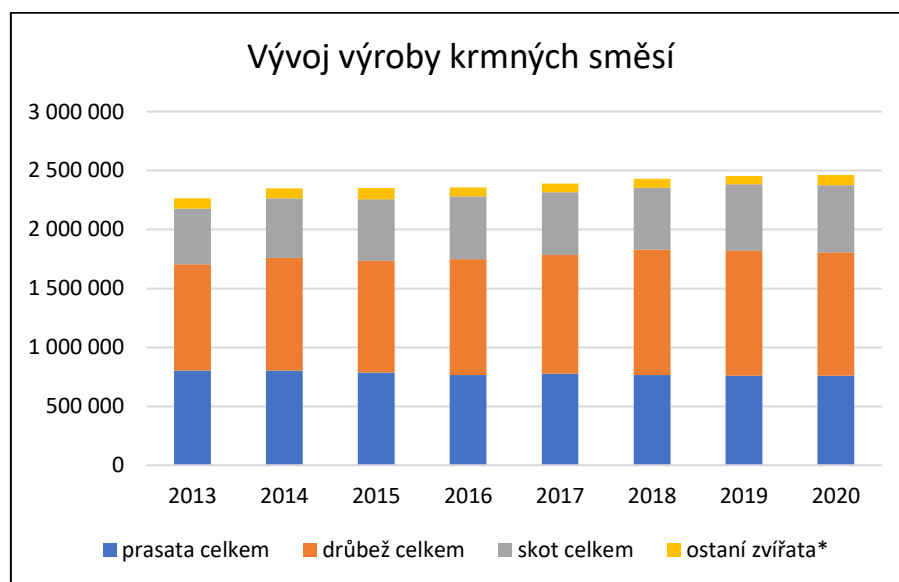
1	Úvod	7
2	Cíl práce.....	9
3	Metodika.....	10
4	Charakteristika sledované problematiky	11
4.1.	Právní předpisy používané v potravinářském a krmivářském průmyslu ...	11
4.1.1.	Sbírka zákonů ČR.....	11
4.1.2.	Právo Evropské unie.....	11
4.2.	Základní definice a pojmy.....	13
4.3.	Charakteristika sledované problematiky	16
4.3.1.	Extruze potravin	16
4.3.2.	Extruze v krmivářském průmyslu	16
4.3.3.	Průmyslová extruze	17
4.4.	Použité technologie	18
4.4.1.	Suchá extruze	18
4.4.2.	Mokrý extruze.....	18
4.5.	Používaná strojní zařízení	19
4.5.1.	Míchací zařízení	19
4.5.2.	Rozměňování jaderných krmiv – drcení	19
4.5.3.	Extrudér	20
4.5.4.	Chladicí kolona.....	22
4.6.	Vybrané suroviny vhodné k extruzi	23
4.6.1.	Obilniny.....	24
4.6.2.	Luskoviny	28
4.6.3.	Olejniny	29
4.6.4.	Krmné směsi.....	31
4.6.5.	Odpadní suroviny	32

5	Vlastní řešení	33
5.1.	Popis vybraného podniku	33
5.2.	Popis vybrané technologie	34
5.2.1.	Výrobní schéma linky	35
5.2.2.	Vertikální mlýn TAURUS VM 22	38
5.2.3.	Tenzometrické dávkovací váhy TAURUS	38
5.2.4.	Překlopná míchačka TAURUS MP 130-1000	39
5.2.5.	Extrudér FARMET FE 500	40
5.2.6.	Chladicí kolona ZEMONT	41
5.2.7.	Dopravníky TAURUS	41
5.2.8.	Zpracovávané materiály	42
5.3.	Popis nedostatků současného stavu	43
5.3.1.	Složení krmných směsí a jejich vliv na výsledný extrudát	43
5.3.2.	Nároky na zvýšení hodinové výkonnosti extrudéru	45
5.4.	Popis principu činnosti parního kondicionéru	45
5.5.	Výběr nového zařízení	46
5.5.1.	Kondicionér FARMET FK 500	46
5.5.2.	Vyvíječ páry CERTUSS E 48 M	47
5.6.	Měření náběhu linky extrudéru	49
5.7.	Ekonomické zhodnocení návrhu	51
5.7.1.	Předinvestiční fáze	51
5.7.2.	Investiční fáze	51
5.7.3.	Provozní fáze	52
5.7.4.	Ukazatele rentability	55
5.7.5.	Orientační doba návratnosti navrhovaného technického hodnocení ...	55
5.7.6.	Předpokládané hodnoty odpisů hmotného majetku	56
6	Výsledky práce a závěr	58

6.1. Závěr	59
7 Použitá literatura.....	60
8 Seznam použitých zkratek a symbolů	66
9 Seznam obrázků.....	67
10 Seznam tabulek	68

1 Úvod

Krmivářský průmysl se v současné době zabývá nejen zefektivněním zpracování zemědělských plodin s důrazem na jejich bezezbytkové a bezztrátové využití, ale také zvýšením jejich nutričních hodnot, stravitelnosti a v neposlední řadě zdravotní nezávadnosti. Zvyšující se nároky na kvalitu potravin se promítají i u krmení zvířat, a to hlavně u zvířat určených k produkci potravin. Proto je potřeba myslet nejen na zvyšování produkce krmiv, ale hlavně na jejich kvalitu. Stoupající objem výroby krmných směsí je zcela patrný z grafu znázorňující vývoj výroby krmných směsí na obrázku 1. Nejvyšší zastoupení mají krmné směsi pro drůbež, což lze přisuzovat meziročně zvyšujícímu se zájmu o kuřecí maso.



Obrázek 1: Grafické znázornění vývoje výroby krmných směsí mezi lety 2013 - 2020 [1]

Průmyslová výroba krmiv dokáže zabezpečit nejen požadavky na objem produkce, ale i její kvalitu a zdravotní nezávadnost. Zvyšující se trend lze sledovat hlavně u tepelně zušlechtěných krmiv, a to hlavně u extruze. S extruzí se setkáváme nejen v krmivářském průmyslu. Jedná se termo-mechanický proces historicky vyžívaný v průmyslu při zpracování kovů. Dalším odvětvím využívající extruzi je například potravinářský nebo farmaceutický průmysl [2] [3] [4] [5].

Předmětem této práce je na základě teoretických znalostí z vybrané literatury, poskytnutých dat a poznatků zhodnotit současný stav vybrané stávající linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze ve stávajícím podniku. Na základě získaných dat

následně navrhnout možné inovace, jež by měly zajistit zkvalitnění výrobního procesu a ekonomický přínos zkoumané podniku na výrobu krmiv.

Praktická část této diplomové práce je založena na analýze a vyhodnocení získaných poznatků při zkoumání technologické linky. Navrhnout možnosti inovace na navýšení objemu výroby bez výrazných změn ve složení krmných směsí, zvýšení nákladů jednotkové ceny produktu, či navýšení počtu zaměstnanců k obsluze linky (jednalo by se o dvousměnný provoz). Stanoveného cíle je dosaženo změnou technologie zvlhčování vstupního materiálu, která má dopad na zvýšení efektivity extruze a tím i celé linky. Tento dopad je zkoumán jak po technologické, tak i po ekonomické stránce s následnou interpretací výsledků a vyvození závěrů.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je návrh inovace technologické linky na zpracování vybraných surovin pomocí extruze.

Seznámit se s problematikou zpracování vybraných surovin pomocí technologie extruze, a na základě rozboru současného stavu vybrané technologie konkrétní firmy, navrhnout inovaci se zaměřením na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory a dodržení potřebných provozních parametrů. Na základě poznatků z literatury, vlastní analýzy a měření, provést rozbor jednotlivých možností a navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktickou aplikaci, která budou posouzena z hlediska technického a ekonomického.

3 Metodika

Diplomovou práci bude tvořit literární rešerše věnovaná problematice krmivářství, konkrétně tepelným zušlechťováním krmiv a s tím související legislativní dokumenty. Čtenář se zde dozví o technologii extruze a jejím významu nejen v krmivářském průmyslu. Extruze bude popsána jak z technologické, tak technické stránky, konkrétně typy extruze a jejich využití v praxi. Dále budou uvedeny jednotlivé části extrudéru s popisem procesu extruze, vlivu na zpracovávané plodiny a jejich následné změny vlastností po tepelné úpravě. Představeny budou také navazující strojní zařízení s popisem jejich činnosti a významu pro proces extruze.

V praktické části bude představen zkoumaný podnik a jeho výrobní linka s popisem jednotlivých částí a jejich parametrů. Na základě analýzy a měření podniku budou určeny slabé články linky, která je nutné na základě teoretických znalostí inovovat. Po provedení rozboru a posouzení nedostatků bude třeba určit vhodné zařízení pro dosažení požadavků provozovatele. Ekonomicky podložit vhodnost zvolené inovace na základě srovnání současného a navrhovaného stavu, vyčíslit konkrétní úspory a návratnost investice a vše popsat ve výsledcích práce. V závěru by mělo být doporučení pro zkoumanou společnost.

4 Charakteristika sledované problematiky

Kapitola je věnovaná seznámením se s problematikou výroby krmiv a krmných směsí pomocí extruze.

4.1. Právní předpisy používané v potravinářském a krmivářském průmyslu

Výroba, prodej a skladování krmiv má řadu pravidel a podmínek vymezených nejen ve Sbírce zákonů, ale také v rámci Evropské unie, které je Česká republika součástí. V následujících kapitolách jsou uvedené legislativní dokumenty, týkající se právě problematiky krmivářství.

4.1.1. Sbírka zákonů ČR

Zákon č. 91/1996 Sb. „Zákon o krmivech, ve znění pozdějších předpisů, tj. ve znění zákona č. 244/2000, Sb., zákona č. 147/2002 Sb., zákona č. 320/2002 Sb., zákona č. 21/2004 Sb., zákona č. 444/2005 Sb., zákona č. 553/2005 Sb., zákona č. 214/2007 Sb., zákona č. 227/2009 Sb., zákona č. 281/2009 Sb., zákona č. 33/2011 Sb., zákona č. 18/2012 Sb., zákona č. 279/2013 Sb., zákona č. 183/2017 Sb., a zákona č. 209/2019 Sb. [6] [7].

Zákon č. 166/1999 Sb. „Zákon o veterinární péči a o změně souvisejících zákonů (veterinární zákon)“

Vyhláška č. 295/2015 Sb. „Vyhláška o provedení některých ustanovení zákona o krmivech“

Vyhláška č. 291/2003 Sb. „Vyhláška o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o sledování (monitoringu) přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro něž by živočišné produkty mohly být škodlivé pro zdraví lidí, u zvířat a v jejich produktech“

Vyhláška č. 268/2009 Sb. „Vyhláška o technických požadavcích na stavby“

4.1.2. Právo Evropské unie

32005R0183 - Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **183/2005** ze dne 12. ledna 2005, kterým se stanoví požadavky na hygienu krmiv (Text s významem pro EHP)

32003R1831 - Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **1831/2003** ze dne 22. září 2003 o doplňkových látkách používaných ve výživě zvířat

32009R0767 - Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **767/2009** ze dne 13. července 2009 o uvádění na trh a používání krmiv

32001R0999 - Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **999/2001** ze dne 22. května 2001 o stanovení pravidel pro prevenci, tlumení a eradikaci některých přenosných spongiformních encefalopatií [8] - Zkrmování živočišných bílkovin [9]

32009R1069 - Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného původu) [8]

32011R0142 - Nařízení Komise (EU) č. 142/2011 ze dne 25. února 2011, kterým se provádí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a provádí směrnice Rady 97/78/ES, pokud jde o určité vzorky a předměty osvobozené od veterinárních kontrol na hranici podle uvedené směrnice [8]

4.2. Základní definice a pojmy

Extruze = *tepelný proces, během něhož se vnitřní obsah vody v produktu rychle odpaří, což vede k rozštěpení výrobku, v kombinaci se specifickým tvarováním výrobku průchodem definovanou maticí* [10]

Extrudér = *zařízení, v němž probíhá extruze*

Extrudát = *produkt získaný extruzí* [11]

Extruzní teplota = *cílená teplota procesu, důležitá pro přeměnu antinutričních látek a zmazovatění škrobu* [12]

Expanze = *tepelný proces, během něhož se vnitřní obsah vody v produktu prudce změní v páru, což vede ke zvětšení objemu výrobku* [10]

Matrice = *forma s negativním tvarem výrobku sloužící k tváření materiálu, rozmnožování apod. (dle ASC)* [13]

Zchlazení = *snížení teploty pod teplotu okolí, ale nad bod mrazu pro usnadnění konzervace* [10]

Čištění = *odstranění předmětů (kontaminantů, např. kamenů) nebo vegetativních částí rostlin (např. úlomků slámy, slupek nebo plevle)*

Šrotování = *zmenšení velikosti částic za použití šrotovníku*

Loupání = *úplné nebo částečné odstranění vnějších vrstev zrn, semen, plodů, ořechů apod.*

Sušení = *dehydratace umělým nebo přirozeným způsobem*

Smažení = *proces vaření krmných surovin v oleji nebo tuku*

Pasterace = *zahřátí na kritickou teplotu po specifikovanou dobu za účelem eliminace škodlivých mikroorganismů, následované rychlým zchlazením*

Lisování = *částečné nebo úplné oddělení kapalných a pevných fází mechanickou silou* [10]

Výlisek = *zbytek olejnatých semen po odlisování oleje (pokud je někde použit výraz „pokutina“ je chápán jako synonymum výřezu)* [12]

Napařování = *postup používající tlakovou vodní páru pro ohřev a vaření za účelem zvýšení stravitelnosti* [10]

Maillardova reakce = *chemická reakce mezi některými sacharidy a aminokyselinami, která probíhá při teplotách 120 °C a vyšších – tedy např. při smažení, pečení a fritování, a je spojena se vznikem známé zlatavé barvy takto upravených pokrmů* [14].

Doplňková látka = látka, mikroorganismus nebo přípravek, jiné než krmné suroviny a premixy, které se záměrně přidávají do krmiva nebo vody, aby splnily zejména některou z následujících funkcí:

- a) mít příznivý vliv na vlastnosti krmiva,
- b) mít příznivý vliv na vlastnosti živočišných produktů,
- c) mít příznivý vliv na zbarvení okrasných ryb a ptáků,
- d) uspokojovat nutriční požadavky zvířat,
- e) mít příznivý vliv na důsledky živočišné výroby pro životní prostředí,
- f) mít příznivý vliv na živočišnou produkci, užitkovost nebo dobré životní podmínky zvířat, zejména působením na flóru gastro-intestinálního traktu nebo stravitelnost krmiva, nebo
- g) mít kokcidistatický nebo histomonostatický účinek [15]

Premix = směs doplňkových látek nebo směs jedné nebo více doplňkových látek s krmnými surovinami nebo vodou používanými jako nosiče, určená k přímému krmení zvířat [15]

Granule = výsledný produkt po procesu mokré extruze daného tvaru dle matrice a délky dle odříznutí [12]

Doba úhrady = doba potřebná pro úhradu celkových investičních nákladů [16]

Dražování (dražé) = Dražé jsou výrobky většinou drobnějších, obých tvarů, které se připravují nanášením vrstev cukerných či necukerných roztoků nebo čokoládových polev na rozmanité vložky v různých dražovacích zařízeních. Proces dražování zahrnuje tři základní kroky: nanášení dražovacího roztoku, rozptýlení roztoku po povrchu rotujících vložek, sušení [17].

Krmivo = látka nebo výrobek, včetně doplňkových látek, zpracované, částečně zpracované nebo nezpracované, určené ke krmení zvířat orální cestou [15]

Krmné suroviny = produkty rostlinného nebo živočišného původu, jejichž hlavním účelem je spokojit nutriční potřebu zvířat, v přírodním stavu, čerstvé nebo konzervované, a výrobky získané jejich průmyslovým zpracováním, jakož i organické nebo anorganické látky, obsahující doplňkové látky či nikoliv, které jsou určeny ke krmení zvířat orální cestou, ať již jako takové, po zpracování, pro přípravu krmných směsí nebo jako nosiče do premixů [15]

Krmná směs = směs alespoň dvou krmných surovin, obsahující doplňkové látky či nikoliv, která je určena ke krmení zvířat orální cestou v podobě kompletního nebo doplňkového krmiva [15]

Kompletní krmivo = *krmná směs, která vzhledem ke svému složení pokrývá denní krmnou dávku* [15]

Zvíře určené k produkci potravin = *zvíře, které je krmeno, chováno nebo drženo pro produkci potravin pro lidskou spotřebu, včetně zvířat, která nejsou používána pro lidskou spotřebu, avšak náleží ke druhům, které jsou ve Společenství běžně používány pro lidskou spotřebu* [15]

4.3.Charakteristika sledované problematiky

S extruzí se setkáváme v mnoha průmyslových oborech od tváření plastů, stavebních materiálů, potravinářství, krmivářství až po farmacii. Při extruzi využíváme hned několik technologických operací, při nichž je zpracováván materiál stlačován, zahříván (sterilován) a tvarován [18].

4.3.1. Extruze potravin

Extruzí, převážně na cereálním základě, se získávají různé typy polotovarů nebo hotových výrobků. Do extrudéru se přivádí suchá obilná nebo luštěninová krupice. Na výrobu polotovarů je použita nízkotlaká extruze. Produkty vysokotlaké extruze jsou ve tvaru drobných kousků, tyčinek nebo plochých plátků. Výsledné produkty jsou vhodné k restování, potahování nebo dražování (máčením, například v čokoládě) [19]. Při použití poměrně nízkých teplot lze extrudovat např. těstoviny, zatímco na výrobu plátkových chlebů je zapotřebí dosažení vyšších teplot, a to z důvodu dosažení expanze suroviny [18].

4.3.2. Extruze v krmivářském průmyslu

Z potravinářského průmyslu se technologie extruze začala uplatňovat i v krmivářském odvětví. Krátkodobá expozice vyšší teploty umožňuje likvidaci patogenních mikroorganismů (salmonely), plísni i antinutriční látky. Zvyšuje se též již zmíněná chutnost a stravitelnost výsledného produktu [4].

Extrudát je možné dále nastříkovat fortifikujícími kapalinami, které zvyšují nutriční hodnotu a extrudát zpevňují. Jako fortifikující kapaliny lze použít tuky, popřípadě melasu. Krmením extrudáty zlepšíme nejen zdravotní stav zvířat (lepší stravitelnosti krmiva a menší prašnost) [4]. Snížením obsahu vody, a zejména amoniaku ve výkalech, přispíváme ke zlepšení stájového mikroklimatu [20].

4.3.2.1. Drůbež

Při výkrmu kuřecích brojlerů se setkáváme převážně s extruzí pšenice. Extruzí dosahujeme vyššího podílu snadno a rychle rozpustného “zmazovatělého“ škrobu [2]. Snadná stravitelnost je významným faktorem při plnění vysokých nároků na přírůstky svalové hmoty.

4.3.2.2. Prasata

Výkrm prasat začíná po odstavení, kdy selata potřebují zdroj dusíkatých látek pro intenzivní růst svalové hmoty a energii pro uskutečnění metabolických přeměn. Extruzí dochází ke zkvalitnění proteinů a stravitelnosti škrobu, což je základ pro intenzivní produkci [2].

4.3.2.3. Skot

Při výkrmu přežvýkavců je kladen důraz na obsah dusíkatých látek. Dusíkaté látky dále dělíme na degradované a nedegradované, které se liší způsobem trávení a jejich využitím. Nedegradované dusíkaté látky nejsou odbourávány mikrobiální činností v batoru, čímž se od degradovaných odlišují. Degradované dusíkaté látky se přeměňují na mikrobiální protein. Ke stanovení degradovatelnosti se využívá laboratorní měření s využitím regresivních rovnic. V ČR se pro hodnocení zavádí systém PDI (Protein skutečně stravitelný v tenkém střevě) [21].

4.3.3. Průmyslová extruze

Průmyslová extruze je využívána ve farmaceutických oborech až po průmyslové zpracování oceli a plastů. Široké zastoupení nalézá extruze při výrobě plastových a kovových trubek. Do extrudéru vstupuje materiál zpravidla v podobě sypké hmoty o určité velikosti frakce. Samotný proces je v podstatě obdobný, jak pro plasty, tak pro kovy, rozdílem je pouze vyšší teplota při zpracování kovů. Po vstupu do tělesa extrudéru je materiál stlačován a zahříván na teplotu tavení, čímž dochází k jeho spojení. Průměr a tloušťka stěny trubky je dán matricí extrudéru, délku udává řezné ústrojí umístěné za matricí extrudéru [22].

4.4. Použité technologie

Extruze je tepelný proces často označovaný jako HTST (High Temperature Short Time) [2]. Při zpracování obilnin, luskovin, olejnin a jejich směsí se vnitřní obsah vody prudce mění v páru, což vede ke zvětšení objemu výrobku. Průchodem matricí dochází k tvarování a vzniká produkt extruze – extrudát [10] [23]. Teploty extruze se pohybují v rozmezí od 90 °C až po 180 °C a působí po dobu 1 až 4 sekund [4].

Extruzi lze dále dělit:

- podle teploty – extruze tvarovací (nízké teploty) a varná (vysoké teploty)
- podle tlaku – extruze nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké
- podle vlhkosti – režim suché (vlhkost 12 % až 18 % [5]) nebo mokré extruze [2] (zvlhčování parou v kondicionéru na optimální vlhkost 22 % až 29 % [2] nebo injektáží vody přímo do komory extrudéru [2])

4.4.1. Suchá extruze

Používá se při zpracování plodin s vyšším obsahem tuků, proto je suchá extruze vhodná pro zpracování olejnin. V tomto případě by zvyšování vlhkosti komplikovalo nejen samotný proces extruze, ale i požadovaný výsledek extrudátu. Při suché extruzi se naopak dosahuje snížení vlhkosti v extrudátu až o 50 % [4].

4.4.2. Mokrá extruze

Mokrá extruze je druhým a rozšířenějším typem extruze. Na rozdíl od extruze suché se vstupní suroviny zvlhčují vodou nebo vodní párou. Důvodem je nízký obsah tuků v extrudované surovině. Mokrá extruze se využívá k extrudování obilovin, luštěnin i krmných směsí [4]. Při extrudování krmných směsí je však nutné si dávat pozor na podíl olejnin ve směsi. Platí pravidlo, že při součtu vlhkosti a olejnatosti vyšším než 25 % nastává problém se “zaolejováním“ extrudéru [2]. Jev je popsán v kapitole “Olejniný“.

4.5. Používaná strojní zařízení

Extruzní linka se skládá z následujících strojních zařízení, která jsou seřazena v pořadí, v jakém se mohou v extruzní lince nacházet. Výsledná linka nemusí obsahovat všechna zmíněná zařízení, vždy záleží na zpracovávaném materiálu a požadavcích na výsledný produkt, jedná-li se o komplexní krmivo, složku krmné směsi nebo o polotovar.

4.5.1. Míchací zařízení

Účelem výroby krmných směsí je vytvoření produktu s požadovanými nutričními a dietetickými vlastnostmi. Správné nadávkování vhodných složek krmné směsi a vyvážený poměr je určující pro výslednou kvalitu. Nutričně vyrovnaná krmiva jsou předpokladem kvality a zdravotní nezávadnosti potravin živočišného původu [4].

U mísení suchých sypkých směsí, složených z většího počtu komponentů, je rozhodující přesné dodržení hmotnostního podílu jednotlivých složek a jejich zastoupení v celém objemu míchané šarže. Mísení může probíhat periodicky nebo kontinuálně [4].

4.5.2. Rozměňování jadrných krmiv – drcení

Rozpojování je z fyzikálního hlediska definováno jako porušení soudržnosti účinkem vnějších sil. Pro překonání vnitřní soudržnosti pevného tělesa je nutné dostatečně velké normálové a tečné napětí [4]. Jako hlavní dezintegrační způsoby lze označit rozpojování:

- roztrháním
- mačkáním
- stříhem (štípáním)
- lámáním
- úderem

Vynaložená energie k rozmělnění materiálu je závislá nejen na vlastnostech suroviny, ale také na způsobu a cestě jakou byla surovina přinášena [4]. Nejčastějším opracováním krmných surovin je mletí (šrotování). Skupinu strojů, konstruovaných pro tyto účely, označujeme jako drtiče [24].

Drtiče podle konstrukce dělíme na [4]:

- kamenové a talířové
- úderové
- válcové

Nejrozšířenějším zástupcem jsou úderové stroje pro svou jednoduchost a univerzálnost [4].

Úprava dezintegrací (převážně šrotování a mačkáním) je minimálně doporučena zpravidla u všech nezpracovaných surovin a u většiny je nezbytná. Jedná se hlavně o obilniny, luštěniny a jejich směsi. V případě sóji se šrotováním, popřípadě mačkáním zvyšuje výkonnost extruze [2].

4.5.3. Extrudér

V extrudéru probíhá současně hned několik technologických procesů. Pomocí jednoho nebo dvou speciálně tvarovaných šneků, zpravidla poháněných elektromotorem, je materiál stlačován tlakem až 13 MPa. Šnekové ústrojí je uloženo v trubkovém plášti, díky němuž se může teplota krátkodobě zvýšit až na 180 °C. Materiál je přiváděn k matici, kde průchodem kruhovými otvory nastává proces tvarování. Změnou průřezů matrice lze ovlivnit lisovací tlak. Extrudát je za pomoci otáčivých nožů “krájen“ na požadovanou délku. Extruzní těleso v celé délce nemá konstantní teplotu, lze jej z hlediska funkce rozdělit do tří částí – plnicí, kompresní a varnou část. [4] [2].

V plnicí části má šnekové ústrojí největší stoupání, které umožňuje snadný příjem vstupních surovin a jejich promísení [2].

V kompresní části, vlivem střížných sil, tlaku a teploty, materiál plastifikuje. Probíhá tedy zmazovatění škrobu a denaturaci bílkovin. Stlačení materiálu je dosahováno kombinací zmenšením prostoru mezi šnekem a pláštěm a stoupáním šneku [2].

V poslední, tedy varné sekci, se stupeň plastifikace a provaření materiálu zvyšuje. Extrudát poté průchodem přes matici opouští extrudér, přičemž změnou tlaku expanduje a ztrácí 8 – 15 % své vlhkosti. Podle parametrů vstupních surovin a požadavků na výsledný produkt je extrudát krájen na požadovanou délku zpravidla ihned za maticí [2].

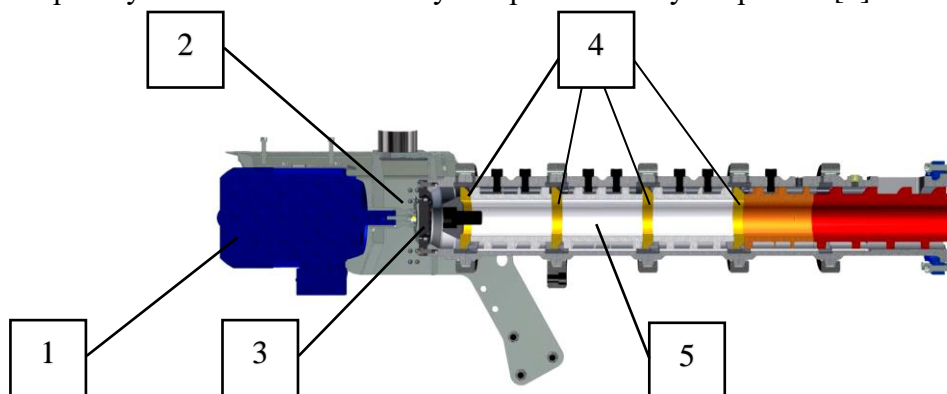
Škrtícími elementy (obrázek 2) je možné přímo regulovat tlak a nepřímo teplotu v extrudéru. Regulace se provádí změnou vnitřního průměru škrtícího kroužku. Další možností regulace tlaku, a tím i teploty, uvnitř extrudéru je zaslepení určitého počtu otvorů v matrici. Obě zmíněné možnosti regulace je možné provádět při odstavení extrudéru [2].

Přídavnou tepelnou izolací tělesa extrudéru lze částečně eliminovat vliv změn okolní teploty. Snímání tepelné izolace je možné i během provozu a není nutné extrudér odstavovat [2].

4.5.3.1. Jednošnekový extrudér

Jednošnekový extrudér (obrázek 2) využívá dopravního efektu šnekovnice, závislého na tření mezi zpracovávaným materiálem a stěnou pláště. V porovnání s dvoušnekovým extrudérem nedochází k tak kvalitnímu mísení vstupních surovin [25].

Pro jednoduchost a nenáročnost, provozní i pořizovací, jsou jednošnekové i nadále nezastupitelnými v mnoha krmivářských a potravinářských aplikacích [2].



Obrázek 2: Řez pracovní jednotkou jednošnekového extrudéru [2]

1 – pohon řezné hlavy, 2 – řezná hlava, 3 – matrice, 4 – škrtící elementy,

5 – šnekovnice extrudéru

4.5.3.2. Dvoušnekový extrudér

K dopravě a mísení materiálu je využíváno efektu šnekovnice a interakce mezi šneky [25], které se otáčejí ve shodném nebo v opačném smyslu [4]. Setkat se s nimi můžeme při výrobě tvarově přesných a dokonale homogenních produktů. Uplatnění nalézají v potravinářském a farmaceutickém průmyslu [2].

Mezi přednosti dvoušnekového extrudéru patří univerzálnost zařízení, schopnost zpracovávat materiál o vyšší vlhkosti a rovnoměrnější tepelné zpracování v porovnání s jednošnekovými [2].

K nevýhodám lze zařadit složitost zařízení spojenou s vyššími pořizovacími a provozními náklady, náročnost na údržbu a složitější nastavení procesních parametrů [2].

4.5.3.3. Expeller

Speciálním typem extrudéru, navrženým pro získávání oleje, je expeller. Šneky expelleru jsou, na rozdíl od jednošnekového extrudéru, uloženy v perforovaném trubkovém plášti. Perforace pláště umožňuje lisovanému oleji odtékat. Spojením technologie lisování s extruzí lze dosáhnout podobných výsledků výtěžnosti oleje jako při lisování za tepla. Díky zahřátí lisovaného materiálu v extrudéru dochází k rozbití buněk, což vede ke snadnějšímu oddělení oleje [2].

4.5.4. Chladicí kolona

Granule jsou periodicky přiváděny do chladicí skříně, jejíž stěny jsou tvořeny žaluziemi. Samotné chlazení a sušení probíhá vlivem proudění vzduchu přes sloupec granulí. Úroveň zaplnění věže obstarává klapka, která s membránovým detektorem udržuje hladinu granulí [4].

U horizontálních chladičů je materiál chlazen na perforovaném dopravníku. V obou případech je nutné zajistit dostatečný objemový průtok vzduchu chladičem [4].

4.6. Vybrané suroviny vhodné k extruzi

Mezi vhodné suroviny pro extruzi lze zařadit suroviny rostlinného i živočišného původu [2]. V tabulce 1 jsou popsány pozitivní a negativní vlivy tepelných úprav na složky krmiv.

Faktor	Pozitiva	Negativa
Protein	denaturace, inhibice antinutričních faktorů	rozklady aminokyselin, Maillardova reakce
Škrob	mazovatění, inaktivace inhibitorů enzymů v krmivech	tvorba komplexů amylózy a mastných kyselin
Mastné kyseliny a tuky	uvolnění oleje z buněk, Inaktivace lipolytických enzymů	oxidace lipidů a chuťových látek
Vláknina	zvýšení podílu rozpustných neškrobových polysacharidů z celkových neškrobových polysacharidů	
Vitamíny		ztráta aktivity vitamínu A, K, C, tiaminu a kyseliny listové
Minerální látky		Inaktivace fytázy v krmivech a vazba Zn a Mg s fytáty
Hygiena krmiva	redukce výskytu bakterií, plísní, hub a některých mykotoxinů	
Krmné přísady	ošetřené krmivo může tvořit ochrannou strukturu pro labilní aditiva přidávaná po ukončení tepelné úpravy (extrudát a expandát)	ztráta účinnosti některých aditiv (antibiotika, enzymy)
Chutnost krmiva	zlepšení chutnosti krmiva	vývoj nevhodných pachů a chutí při nevhodných parametrech ošetření

Tabulka 1: Možné pozitivní a negativní vlivy tepelných úprav na vlastnosti krmiva [5]

4.6.1. Obilniny

Působením tepla na zrno dochází k přeměně obsažené vody na vodní páru. Důsledkem čehož zrno expanduje – zvyšuje svůj objem. Expandování se liší podle druhu obiloviny. Nejvýraznější je u kukuřice a čiroku, kde dosahuje až několikanásobku původního objemu. Ječmen a pšenice expandují přibližně o 50 % svého původního objemu. Důsledkem expanze je časté popraskání obalových vrstev [4].

U obilovin, stejně jako u luštěnin, je nutné dosáhnout maximální velikosti částic do 3 mm. Důvodem je docílit správnou přeměnu škrobu (“zmazování”), která zajistí lepší stravitelnost, jak je znázorněno v tabulce 2. Při velikosti částic přesahující 3 mm se v extrudátu mohou nacházet zbytky celých, nenarušených (nezmazovatěných), zrn [2].

Tabulka 2: Složení obilného zrna [26]

Složení obilnin	Obsah v %
Voda	15 – 18
Sacharidy (polysacharid – škrob)	60 - 68
Bílkoviny	10 - 11
Tuky	1 - 2
Minerální látky	2 - 3

Jak již vyplývá z předchozích odstavců, při extruzi dochází k chemicko-technologickým změnám. Následující změny lze uvést na příkladu pšeničného zrna a podílu rychle stravitelného škrobu. Před samotným procesem extruze se podíl rychle stravitelného škrobu v pšeničném zrně pohybuje v rozmezí 23 – 25 %, celkový podíl škrobu v zrně je znázorněn v tabulce 2). Po provedení extruze se jeho podíl více jak dvojnásobil na hodnoty v rozmezí 54 – 60 %. Z měření tedy vyplývá, že po extruzi došlo téměř k celkové přeměně škrobu [2].

Přeměna škrobu není jedinou pozitivní změnou. V extrudátu bylo detekováno snížení obsahu hrubé a neutrodetergentní vlákniny přibližně o 25 % v porovnání s neupraveným zrnem [2].

4.6.1.1. Pšenice obecná



Obrázek 3: Zrno pšenice seté [45]

Pšenice (obrázek 3) je jednou z nejstarších a nejrozšířenějších plodin ve světě i u nás. Zrno pšenice se využívá k výrobě chleba, pečiva, těstovin, krup a v cukrářství. Vysoce ceněna je také v krmivářském průmyslu, a to díky vysokému obsahu škrobu (až 70 %). Zde je zastoupena v podobě šrotů, krmných mouk, otrub či vloček. Vysokého obsahu lepku je využíváno při výrobě těst, u zvířat však mohou vznikat trávicí potíže. Lepek se ve střevech mění na mazlavou hmotu, čímž zhoršuje střevní peristaltiku a snižuje využití živin z krmné dávky. Z těchto důvodů se pro krmné účely využívá pšenice s nižším obsahem zásobních bílkovin. I přes nízký obsah tuku v zrnu, je pšenice náchylná k jeho oxidaci. Příčinou je samotné složení tuku, obsahující velké množství nenasycených mastných kyselin, kyseliny olejové a kyseliny linolové. Z vitamínů stojí za zmínku hlavně vitamíny skupiny B a vitamín E. Mezi minerálními látkami má nejvyšší zastoupení fosfor [27].

4.6.1.2. Ječmen setý



Obrázek 4: Zrno ječmene setého víceřadého [28]

Ječmen (obrázek 4) spolu s pšenicí patří k nejstarším pěstovaným obilovinám. V porovnání s pšenicí mají zrna ječmene nižší obsah škrobu a vyšší obsah hrubé vlákniny (okolo 4 %). Podíl dusíkatých látek se pohybuje v rozmezí 8 – 15 %. Zásobní bílkovinu představuje hordein. Zrno ječmene obsahuje zhruba 2 % tuku a stejné množství i minerálních látek. Mezi nepříznivé látky patří antinutriční polysacharidy, způsobující zvýšené zadržování vody v trusu u drůbeže, což má vliv na zhoršenou užitkovost [27].

Ječmen krmný disponuje vyšším obsahem bílkovin (asi 15 %) a lyzinu, naopak je žádoucí nižší obsah antinutričních látek (do 2 %). Setkat se s ním můžeme při krmení skotu, koní, králíků či jako součást krmných směsí pro masožravce [27].

Ječmen pícninářský je využíván a sklizen ve formě celých rostlin těstovité zralosti zrna, přičemž se způsob pěstování neliší od pěstování ječmene na zrno [29].

S ječmenem se dále setkáváme v potravinářství, při výrobě lihu, škrobu či kosmetických a farmaceutických přípravků. Vysoké nároky na kvalitu jsou kladeny u sladovnického ječmene [27].

4.6.1.3. Žito seté



Obrázek 5: Zrno žita setého [30]

Žito seté (obrázek 5) se ke krmivářským účelům využívá jen omezeně. Je to dáno nižší výživovou hodnotou, hořkou chutí, nevhodnými dietetickými vlastnostmi a obsahem antinutričních látek. Zkrmování žitných zrn může vést k poklesu užitkovosti zvířat. Z těchto důvodů se žito využívá především v podobě zeleného krmení [27]. Vhodnou tepelnou úpravou je možné některé negativní vlastnosti žita potlačit, či zcela odstranit [5].

4.6.1.4. Oves setý



Obrázek 6: Zrno ovsa setého [31]

Oves (obrázek 6) je typickým krmivem pro koně a plemeníky. Je vhodný nejen pro mláďata, díky svým pozitivním účinkem na sliznici trávicího traktu, ale také je popisován laktogenní účinek u samic [27].

4.6.2. Luskoviny

Společným jmenovatelem luskovin je vysoký obsah bílkovin, proto mají význam v potravinářství a v krmivářství [32].

4.6.2.1. Hrách setý



Obrázek 7: Semeno hrachu setého polního [33]

Z nutričního hlediska je u hrachu (obrázek 7) cenný nejen obsah bílkovin (20-26 %) a vlákniny (5-7 %). Naopak negativním prvkem jsou antinutriční látky a některé oligosacharidy, které mohou způsobovat tzv. plynatost v zažívacím traktu živočichů [32].

4.6.2.2. Bob obecný



Obrázek 8: Semena bobu obecného - koňského [34]

Bob obecný (obrázek 8) je jednoletá rostlina s velmi dlouhou vegetační dobou. Obsahuje vysoký podíl antinutričních látek v semenech, který negativně ovlivňuje nejen chutnost, ale i stravitelnost. Jeho využitelnost je tak spojena s vhodnou termickou úpravou [32].

4.6.2.3. Fazol obecný

Fazol obecný se pěstuje pro semena a pro nedozrálé lusky. Semena jsou dobře vařivá, chutná a obsahující velké množství dusíkatých látek [32].

4.6.3. Olejnin

U olejin, které mají součet vlhkosti a olejnatosti vyšší než 25 %, nastává problém s tzv. zaolejováním pracovní jednotky (materiál začne rotovat na místě a neposouvá se směrem k výstupu pracovní jednotky). Částečným odlisováním před extruzí na šnekových lisech lze problémům se zaolejováním předcházet [2].

Použitím extrudéru ve spojení s lisy, lze získat způsob zpracování olejin s vysokou výtěžností oleje bez použití extrakčních rozpouštědel. Tepelnou úpravou se navíc dosahuje přeměny bílkovinných frakcí a tím zlepšení jejich stravitelnosti. Pro výživu přežvýkavců je důležitý středně a pomalu rozložitelný protein (označení dle cornellského systému výživy hodnotící dusíkaté látky v krmivech). Středně a pomalu rozložitelné proteiny, na rozdíl od rychle rozložitelného proteinu, jsou převážně tráveny v tenkém střevě. Při použití extruze dochází k nárůstu frakcí středně a pomalu rozložitelného proteinu na úkor frakce rychle rozložitelného proteinu, přičemž se výrazně zvyšuje nutriční hodnota [2].

4.6.3.1. Sója luštinatá



Obrázek 9: Sója luštinatá [35]

Sója (obrázek 9) je ve světě nejrozšířenější luskovinou (s produkcí přesahující 300 mil. tun) a po kukuřici, pšenici a rýži jednou z nejstarších kulturních rostlin pocházející pravděpodobně z Číny. Hlavní složkou sójových bobů jsou bílkoviny a lipidy (tabulka 3), které i přes nepřítomnost některých aminokyselin, mohou nahrazovat maso. Z důvodu přítomnosti oligosacharidů a některých jedovatých látek, je nutná tepelná úprava, při které dochází k jejich odstranění [36].

Tabulka 3: Složení sóji [36]

Složení sóji	Obsah v %
Bílkoviny	35 – 41 (až 50)
Tuky	18 – 21 (až 24)
Sacharidy	20 - 35
Minerální látky (Ca, P, Mg, Fe)	až 5

Sója se jako krmivo využívá ve formě zelené hmoty pro přímé zkrmování, popřípadě k silážování, a ve formě sójových bobů. Pro lepší stravitelnost je nutné sójové boby před výrobou krmných směsí šrotovat a tepelně ošetřit (termicky zušlechtit), což obnáší vysoké technické a technologické nároky [36]. Sójový extrudát je sypký, nesoudržený a netvoří granule [2].

V potravinářství se setkáváme se sójou v podobě semen, sójových olejů, mouk, krupic, vloček, sójových omáček, tofu a dalších produktů [36].

4.6.3.2. Řepka olejná



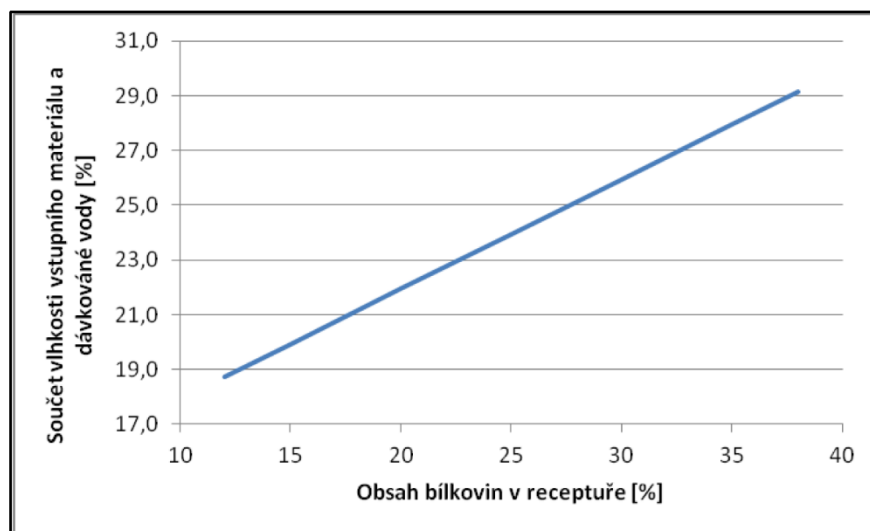
Obrázek 10: Semena řepky olejné [37]

V krmivářství se většinou nesetkáváme se semeny (obrázek 10) jako takovými, ale jedná se o řepkové výlisky (pokrutiny) a řepkové extrahované šroty. Výjimkou může být zkrmování řepkových semen u drůbeže [32].

Kvalitou a obsahem bílkovin se řepka nevyrovná bílkovině sóji. Řepka a její deriváty obsahují vysoký podíl glukosinolátů snižujících chutnost produktu [38].

4.6.4. Krmné směsi

Extruzí krmných směsí lze zajistit dostatečný podíl bílkovin a tuků oproti obilným šrotům. Směsi mohou obsahovat tuky a bílkoviny rostlinného i živočišného původu, obilné šroty a další dodané doplňkové látky [2]. Vlivem vysokých teplot je vhodné vitamíny, minerální látky, probiotika a enzymy přidávat již do hotového extrudátu, aby nedošlo ke ztrátě jejich aktivity, jak je znázorněno v tabulce 1 [5]. Pro vytvoření homogenní směsi je extruze krmných směsí náročná na vodní nebo parní injektáž. Z tohoto důvodu je nutný výsledný extrudát sušit a chladit na požadovanou skladovací vlhkost do 14 %. Množství dodané vlhkosti (jak v podobě vody nebo páry), podíl škrobu ve směsi, tlak a teplota ovlivňují výslednou hustotu granulí. Parní injektáže přímo do pracovní jednotky zvyšuje (v porovnání s vodní injektáží) výkonnost a stabilitu procesu extruze. Množství dodané vody je přímo úměrné obsahu bílkovin ve směsi. Bílkoviny zpravidla již prošly v předchozích technologických pochodech tepelnou úpravou, ať již jde o primární zpracování surovin (proteinové extrakty), odpady z výroby (extrahovaná řepka) nebo kombinací již zmíněných případů (masokostní moučka). Zvýšením obsahu vody lze zabránit degradaci bílkovin vlivem tepla [2], jak je znázorněno v grafu (obrázek 11).



Obrázek 11: Závislost extruzní vlhkosti na obsahu bílkovin v receptuře [2]

4.6.5. Odpadní suroviny

4.6.5.1. Extrahovaný řepkový šrot



Obrázek 12: Řepkový extrahovaný šrot [38]

Řepkový extrahovaný šrot (obrázek 12) je s obsahem téměř 38 % dusíkatých látek jedním z nejrozšířenějších krmiv. Kvalitu šrotu ovlivňuje převážně odrůda řepky, ze které je šrot vytvořen. Vedle extrahovaných šrotů se setkáváme i s obdobnými řepkovými produkty, jedná se o řepkové pokrutiny a řepkové výlisky [38]. Rozdíl mezi nimi udává předchozí zpracování semen řepky. Řepkové výlisky (pokrutiny) jsou výsledkem lisování semen [32] a obsahují větší zbytkový podíl tuku (pokrutiny 40 – 60 g/kg, výlisky 60 – 180 g/kg). Řepkový extrahovaný šrot vzniká po extrakci tuku ze semen [32] a obsahuje ze všech již zmíněných zástupců nejnižší podíl tuku (až 40 g/kg) [38], což odpovídá v průměru 1 % tuku [39].

Ze zkoumání bylo stanoveno maximálních podílů řepkových derivátů ve směsi. U selat a ovcí je doporučený podíl ve směsi nepřesahující 20 %, u skotu a drůbeži je maximem 15 % ve směsi, kojícím prasnicím je vhodné řepku ze směsi zcela vypustit, a u ostatních kategorií prasat je mezní hodnotou 10 % [38].

4.6.5.2. Masokostní moučka

Masokostní moučka je průmyslové krmivo vyráběné z jatečních odpadů a nízkorizikových konfiskátů živočišného původu. Jateční odpad se rozemele a následně za vysoké teploty přesahující 133 °C, tlaku nejméně 3 bary a po dobu minimálně 20 minut sterilizuje a následně vysouší. Tímto procesem se docílí denaturace všech proteinů [40].

5 Vlastní řešení

Kapitola je věnovaná seznámení s vybraným podnikem, v němž se linka na výrobu krmiv pomocí extruze nachází. Dále je zde popis linky a všech jejích částí. Sestava linky je znázorněna ve výrobních schématech. Na základě měření a analýzy jsou zde popsány jednotlivé nedostatky extrudéru, které jsou v dalších odstavcích inovovány a jejich návratnost počítána v ekonomické části.

5.1. Popis vybraného podniku

Zkoumaný zemědělský podnik, založený před rokem 2000 a se sídlem v Plzeňském kraji, se specializuje na rostlinou a živočišnou produkci, posledních letech i na výrobu krmných směsí. V živočišné výrobě se podnik věnuje chovu krav v mléčné produkci a výkrmu býků.

Před realizací výrobní linky na výrobu krmných směsí v dnešním provedení sloužila výsledná produkce pouze pro vlastní zkrmování. Po spuštění linky byla část produkce určena na prodej do okolních zemědělských podniků. Složení krmných směsí si podniky volí sami podle vlastních požadavků, zkušeností a věku krmených zvířat.

Současně provozovaná linka si postupně procházela rozšiřováním a vývojem technologií. V první fázi byla zrealizována výrobní linka krmných směsí. Cílem instalace bylo nahrazení předchozího způsobu zpracování (pomocí mobilního krmného vozu) stacionární linkou do stávajícího objektu, sloužícího pro skladování krmných surovin. Linka byla navržena pro zpracování obilných a luskovinových šrotů pro skot. Oslovena byla společnost TAURUS s.r.o., zabývající se problematikou techniky a technologie výroby krmných směsí. Poloautomatická linka byla spuštěna počátkem roku 2019. V následujícím roce, tedy v roce 2020, byl spuštěn extrudér od výrobce FARMET a.s.. Jedná se o další krok ke zkvalitnění krmných směsí.

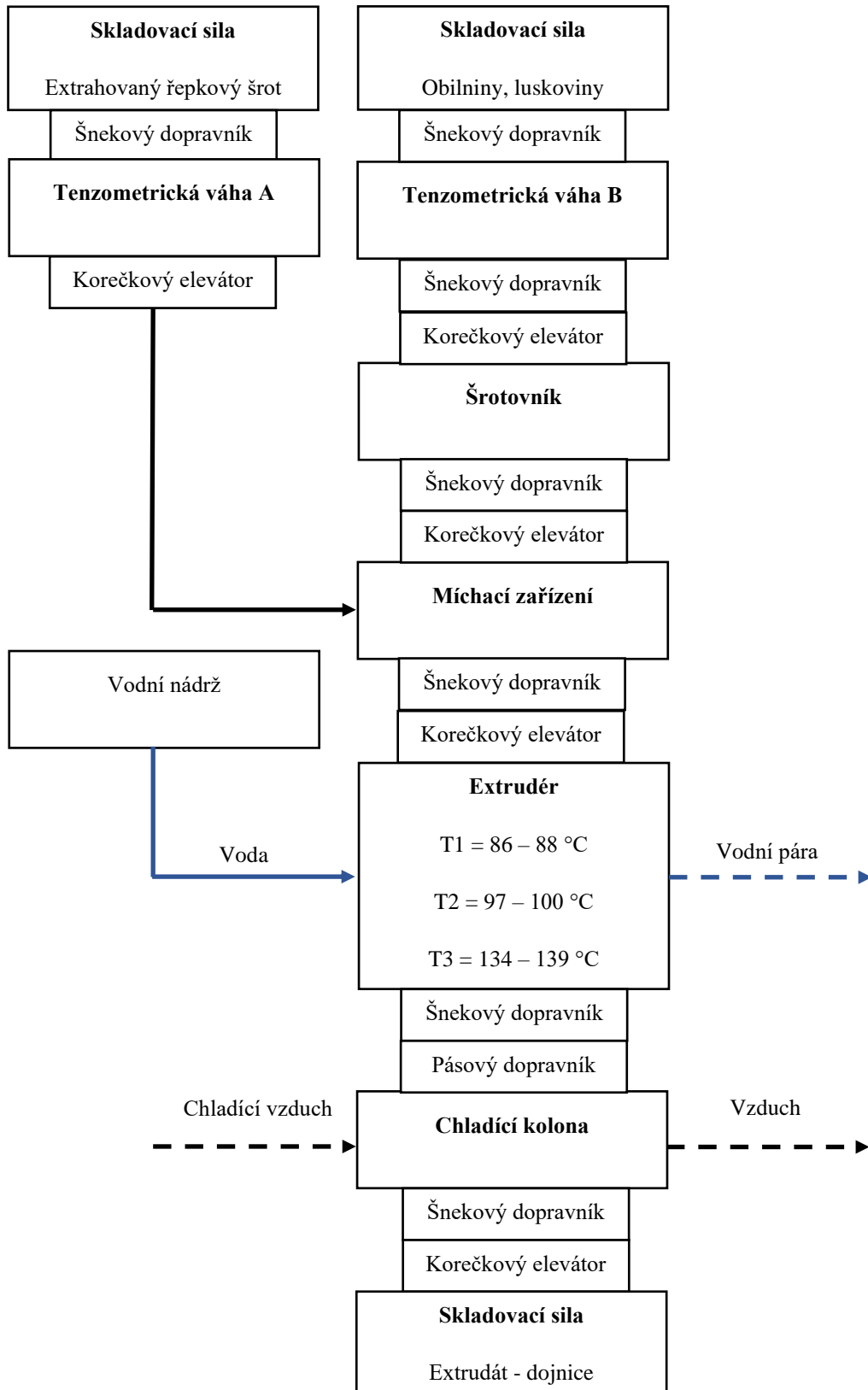
V současné době se produkce pohybuje mezi 25 – 30 t směsí za den. Objem výroby je dán složením výsledných krmných směsí, hlavně podílem extrudátu ve směsi. Samotný proces extruze tedy v současné době nejvíce limituje celkovou denní výkonnost krmivářské linky.

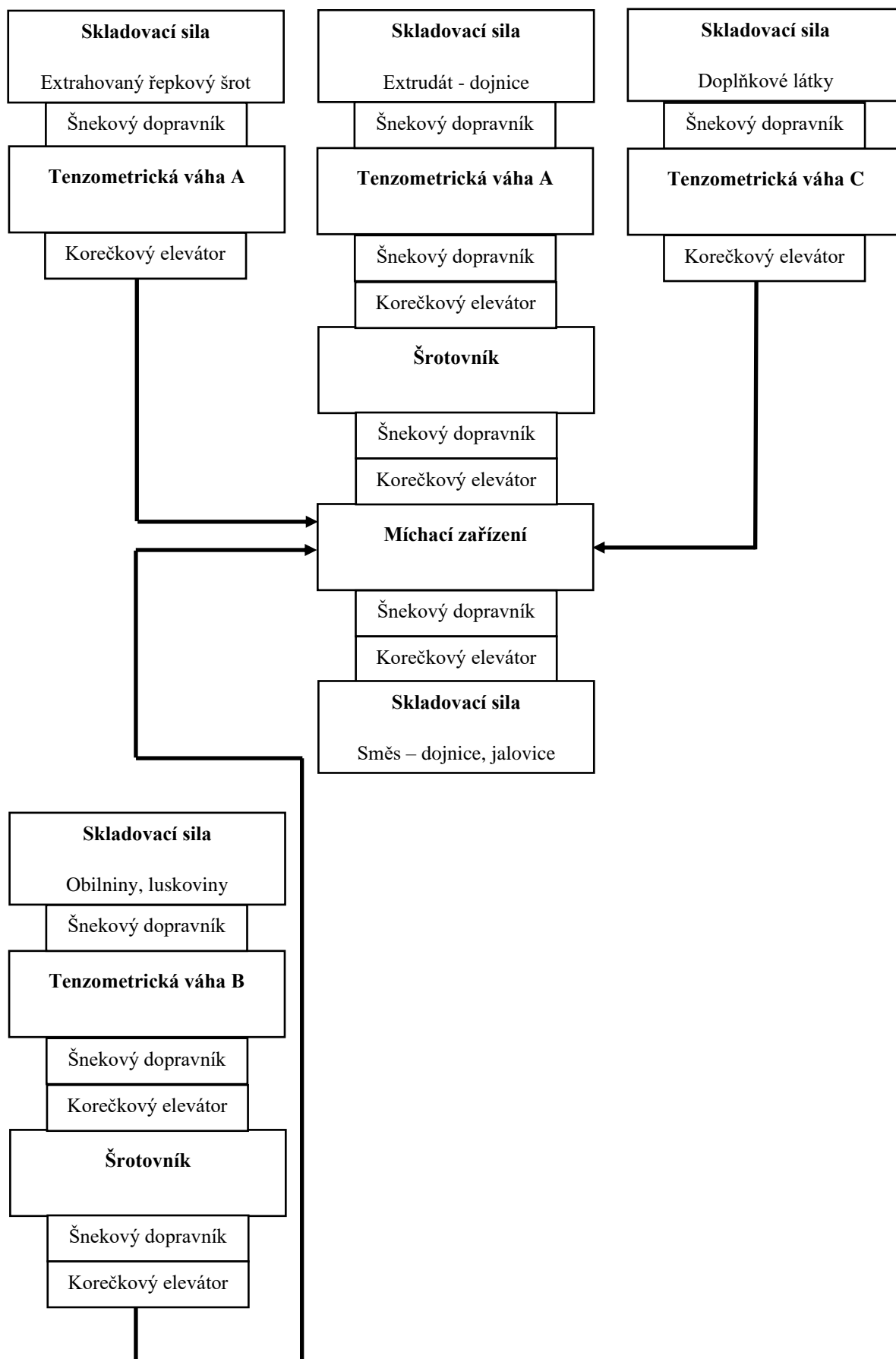
5.2. Popis vybrané technologie

Kapitola je věnována zkoumané lince, s popisem jednotlivých zařízení, jejich údajů a umístění v procesu výroby. Ve výrobních schématech je znázorněno sestavení jednotlivých strojních zařízení a jejich vstupy a výstupy. Pořadí zařízení a jejich návaznost určuje druh krmné směsi – například u směsi pro dojnice jsou doplňkové látky přidávány až pro extruzi a extrudát se dále zpracovává a následně mísí, zatímco u směsi pro telata jsou všechny složky krmiva dávkovány před extruzí a výsledný extrudát se již jen chladí a bez dalšího zpracování zkrmuje.

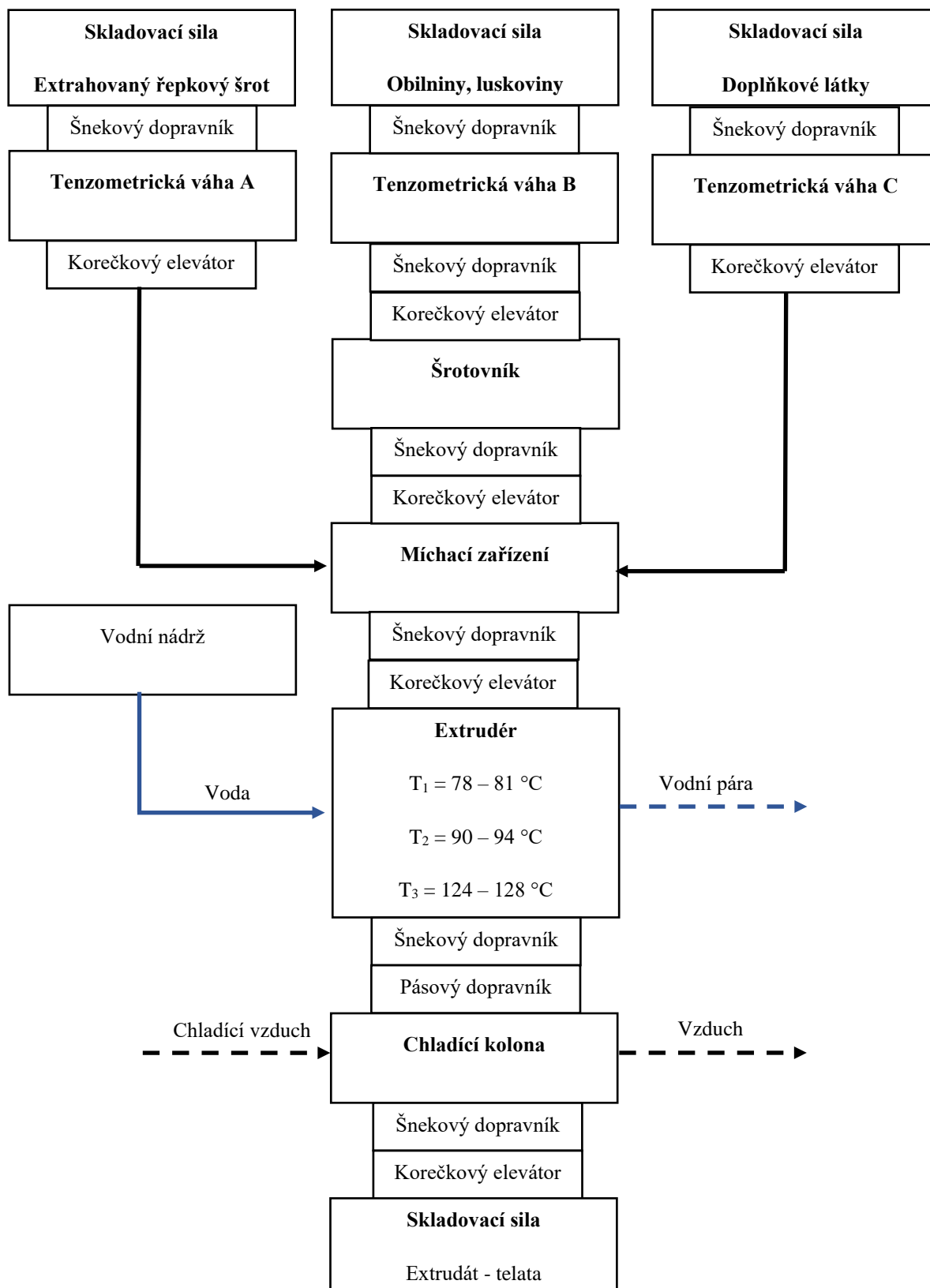
5.2.1. Výrobní schéma linky

5.2.1.1. Výrobní schéma linky na výrobu krmné směsi pro dojnice a jalovice





5.2.1.2. Výrobní schéma linky na výrobu krmné směsi pro telata



5.2.2. Vertikální mlýn TAURUS VM 22

Vertikální mlýn TAURUS VM 22 je kladívkový šrotovník se 16 kladívků a instalovaným výkonem 22 kW. Využívá se jak pro šrotování směsí určených k extruzi, tak pro šrotování finálních krmných směsí. Z důvodu šrotování směsí určených k extruzi je použito síto s otvory o průměru 3 mm (viz tabulka 4). Šrotovníkem je vhodné zpracovávat již nadávkovanou směs zpracovávaných plodin. Při postupném mletí jednotlivých komponent směsi dochází k zanášení šrotovníku. Problém nastává zpravidla při mletí olejnin (v našem případě sóji). Šrotovník vyžaduje údržbu v obou případech, ale její frekvence se při šrotování směsí výrazně snižuje a k neplánovaným odstávkám (z důvodu zanešení) zpravidla vůbec nedochází.

Tabulka 4: Štítkové údaje vertikálního mlýna TAURUS VM 22 [41]

Údaje	Jednotka	VM 22
Instalovaný výkon	kW	22
Jmenovitý proud	A	40,5
Jmenovité otáčky	ot.min ⁻¹	2940
Průměr rotoru mlýna	mm	620
Počet kladiv	ks	16
Průměr otvoru síta	mm	3
Výkonnost*	t.h ⁻¹	3,2 – 4,0

5.2.3. Tenzometrické dávkovací váhy TAURUS

Tenzometrické váhy slouží k nadávkování jednotlivých složek na výrobu krmných směsí. Pracují na principu postupného vážení tzn. do váhy se postupně dávkuje komponenty podle pořadí zadaného v programu řídicího systému a k vyprázdnění dochází až při nadávkování všech komponent. Váha se po každém naváženém komponentu „vynuluje“ ale dávky jsou ve váze stále přítomny. V popisované lince se nachází ve dvou typových provedeních:

- Typová řada do 500 kg – váha pro dávkování doplňkových látek a premixů (ve výrobním schéma označovaná jako “Tenzometrická váha C”)

- Typová řada do 1000 kg – váha pro dávkování obilnin, luskovin, extrahovaného šrotu a extrudátu do finální krmné směsi (ve výrobním schéma označované jako “Tenzometrická váha A“ a “Tenzometrická váha B“)

5.2.4. Překlopná míchačka TAURUS MP 130-1000

Překlopná míchačka TAURUS MP 130 – 1000 je určena pro montáž do technologických celků k přípravě krmných směsí, jejichž podstatnou část tvoří šroty obilného, luštěninové nebo pokrutinového původu. Zmíněné šroty jsou zde míseny s minerálními krmnými přísadami. Štítkové hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.

Součástí míchačky je i nástřikové zařízení pro dávkování kapalných komponent (olejů, melasy atd.), které však v současném provozu není využíváno.

Tabulka 5: Parametry Překlopné míchačky TAURUS MP 130-1000 udávané výrobcem [41]

Údaje	Jednotka	MP 130 - 1000
Instalovaný příkon	kW	12,5
Instalovaný výkon překlopu	kW	2,2
Jmenovité otáčky	ot.min ⁻¹	19
Pracovní objem míchačky	kg	1,0
Zamíchateľnost		1:100 000
Doba míchaní	min	8
Doba výklopu míchačky	min	1

5.2.5. Extrudér FARMET FE 500

Jedná se o jednošnekový extrudér modelové řady 500 do výrobce FARMET a.s. ve výrobě využívaný k mokré extruzi krmných směsí. Maximální hodinová výkonost je dle výrobce 800 kg, uvedené v tabulce 6.

Tabulka 6: Technické údaje extrudéru FARMET FE 500 [42] [12]

Údaje	Jednotka	FARMET FE 500
Výkon extrudéru	kg.h ⁻¹	400 - 800
Celkový příkon motoru	kW	57
Napájení	V	230/400 (50 Hz)
Hladina akustického tlaku	dBa	≤ 70
Rozměry V x Š x D	mm	1 362 x 1 390 x 1 960
Parametry během měření		
Průměr škrťících elementů (v pořadí od násypky k matici)	mm	123,0
		123,5
		123,5
		124,0
Průměr otvorů matrice	mm	4,0
Počet otvorů matrice	ks	10

Regulace teploty extruze:

- Změnou průtoku vody vodní injektáží (v rozsahu 6 – 7 % obsahu injektované vody ve směsi v průběhu provozu extrudéru)
- Přídavná tepelná izolace
- Změnou tlaku v extrudéru (zaslepení otvorů matrice, změnou vnitřních průměrů škrťících kroužků)

Naměřené hodnoty pro extruzi směsi pro dojnice (fáze provozu):

- 86 – 88 °C
- 97 – 100 °C
- 134 – 139 °C

Naměřené hodnoty pro extruzi směsi pro telata (fáze provozu):

- 78 – 81 °C
- 90 – 94 °C
- 124 – 130 °C

5.2.6. Chladicí kolona ZEMONT

Chladicí kolona byla vyrobena na zakázku firmou ZEMENT s.r.o.. Jedná se o periodické sušicí zařízení navržené na chlazení extrudátu a topných pelet, vyrobených z odpadů posklizňové linky. Vyprazdňování je řízeno snímačem výšky zaplnění komory zařízení. Požadovaná výška čidla, potažmo úrovně zaplnění komory chladicího zařízení, je nastavitelná v určitém rozsahu podle parametrů chlazeného materiálu. Výška čidla pro extrudát odpovídá hmotnosti mezi 83 – 85 kg.

5.2.7. Dopravníky TAURUS

V přípravě krmiv se nachází dopravníky od výrobce TAURUS. Konkrétně se jedná o šnekové dopravníky, korečkové elevátory a řetězové redlery. Jedná se doplňková zařízení strojních celků (šrotovníku, míchačky, atd) stejného výrobce.

5.2.8. Zpracovávané materiály

Podniková politika je nastavena na zpracovávání plodin primárně z vlastních zdrojů.

5.2.8.1. Směs pro dojnice

Složení vlastní krmné směsi (tabulka 7) je výsledkem spolupráce oddělení živočišné výroby a technické sekce obsluhy extrudéru. Krmná směs pro dojnice se neskládá jen z extrudátu (tvoří jen 20 % z celkové krmné směsi). Extruzí se zpracovávají plodiny s vysokými hodnotami antinutričních látek a plodiny bohaté na škrob.

Tabulka 7: Složení krmné směsi pro dojnice určené pro vlastní spotřebu

Suroviny	Verze 1 do 25.1.2022	Verze 2 26.1. – 2.2.2023	Verze 3 3.2. - doposud
Sója	37 %	33 %	30 %
Hrách	34 %	34 %	34 %
Extrahovaná řepka	6 %	6 %	6 %
Ječmen	13 %	17 %	20 %
Pšenice	10 %	10 %	10 %

5.2.8.2. Směs pro telata

Směs pro telata (tabulka 8) je již finálním produktem a dále se nemísí, doplňkové látky se přidávají před extruzí.

Tabulka 8: Složení krmné směsi pro telata pro vlastní spotřebu

Suroviny	Podíl složek
Sója	34 %
Hrách	26 %
Extrahovaná řepka	20 %
Ječmen	9 %
Pšenice	10 %
Ostatní*	

5.3. Popis nedostatků současného stavu

U sledované linky se můžeme setkat s technologickými i technickými nedostatky. Mezi technologické lze zařadit problematiku každoročně se měnících parametrů vstupních surovin, dané klimatickými podmínkami ve vegetační době plodiny, její následné zpracování a skladování. Jako technický nedostatek se v současné době jeví maximální vytíženost extrudéru, který bez technického zásahu, v podobě inovace, není možné vyřešit.

5.3.1. Složení krmných směsí a jejich vliv na výsledný extrudát

Požadavky technologa jsou však ne vždy zcela realizovatelné a je nutné složení směsi k extruzi po každé sklizni upravovat podle parametrů vstupních surovin.

S těmito podmínkami se setkáváme i ve sledovaném podniku. Při zahájení zpracování plodin z minulé sklizně nastal problém se zvýšeným obsahem oleje ve vstupní směsi, označované v tabulce 7 jako verze 1. Výsledný extrudát netvořil granule a docházelo k zahlcování extrudéru přebytečným olejem. Při rozboru surovin byla jako příčina určena vysoká olejnatost sóji. Po domluvě s technologem se její podíl ve směsi snížil na úkor ječmene (verze 2 v tabulce 2), který obsahuje vyšší podíl hrubé vlákniny v porovnání s obsahem tuku. V tomto složení se problém s tvorbou granulí podařilo vyřešit. Vzniklý extrudát splňoval požadavky na součinnost, i přes mírně zvýšenou drobivost. Problém s přebytečným olejem a částečným zanášením ústrojí extrudéru však přetrvával a komplikoval provoz a údržbu ústrojí extrudéru. Komplikace se podařilo zcela vyřešit až při snížení podílu sóji na 30 % a zvýšení obsahu ječmene na 20 % ve vstupní směsi a vznikla verze 3 (viz tabulka 7). Při tomto složení vstupní směsi granule extrudátu splňovaly mechanické vlastnosti a nedocházelo k zanášení extrudéru olejem.

5.3.1.1. Teoretický výpočet změny obsahu bílkovin při snížení podílu sóji v extrudátu

Výpočet sójové bílkoviny v původní směsi (tabulka 9):

$$x_{verze_1} = \frac{37 * 38}{100} = 14,06 \%$$

Výpočet sójové bílkoviny v konečné směsi:

$$x_{verze_3} = \frac{30 * 38}{100} = 11,4 \%$$

Výpočet rozdílu obsahu bílkovin při změně složení

$$x_{\Delta 1,3} = x_{verze_1} - x_{verze_3} = 14,06 - 11,4$$

$$x_{\Delta 1,3} = 2,66 \%$$

Rozdíl obsahu bílkovin v krmné dávce pro dojnice

$$x_{kd} = \frac{2,66 * 20}{100} = 0,53 \%$$

Podíl extrudátu v krmné směsi pro dojnice – $x_{ks} = 20 \%$

Podíl sóji v extrudované směsi před úpravou složení – $x_{verze_1} = 37 \%$

Podíl sóji v extrudované směsi po úpravě složení – $x_{verze_3} = 30 \%$

Obsah bílkovin v sóje (střední hodnota dle tabulkových hodnot) – $x_{sója} = 38 \%$

Tabulka 9: Složení krmné směsi pro dojnice

Složka	Podíl ve směsi
Extrudát pro dojnice	22 %
Extrahovaná řepka	21,7 %
Ječmen	21 %
Pšenice	20,2 %
Kukuřice	10,4 %
Ostatní*	

5.3.2. Nároky na zvýšení hodinové výkonnosti extrudéru

Při současném hodinovém výkonu, který činí $Q = 504 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$, je využití elektromotoru pohánějícího šnekovici extrudéru v rozmezí 85 % až 95 % při plném provozu. Není tedy možné při zachování složení extrudované směsi navýšit objem výroby bez změny technického zařízení linky.

Jako vhodnou inovací pro zvýšení výkonnosti se nabízí změna způsobu vlhčení materiálu zpracovávaného extruzí. V současném provozu se využívá injektáže vody přímo do těla extrudéru. Nahrazením této technologie parním kondicionáním by bylo možné dosáhnout hranice výkonnosti extrudéru $Q = 800 \text{ kg/h}$ (garantovaného výrobcem).

5.4. Popis principu činnosti parního kondicionéru

Parní kondicionér je možnou alternativou k vodní injektáži využívané při mokré extruzi. Kondicionér je zařízení sloužící k propařování a tím i k předehřívání zpracovávaného materiálu. Do kondicionéru je přiváděna pára a za pomoci trysek, umístěných ve spodní části zařízení, rozváděna k co nejlepšímu propaření materiálu. Díky lopatkám, umístěných na hřídeli elektromotoru, je materiál míchán a tím je docíleno zkondenzování až 90 % přivedené páry. Zkondenzováním páry je do materiálu předávané teplo (a samozřejmě se zvyšuje i vlhkost), čímž je možné dosáhnout vyšší výkonnosti extrudéru.

Parní kondicionér pouze využívá páry, ale sám ji neprodukuje. Proto je nutné zařízení doplnit vhodným vyvíječem páry s dostatečným parním výkonem. Požadovaný parní výkon se odvozuje od výkonnosti extrudéru a spotřebě páry. Spotřeba páry, pro extrudér s příslušným kondicionérem, je dle výrobce přibližně 6 – 8 %.

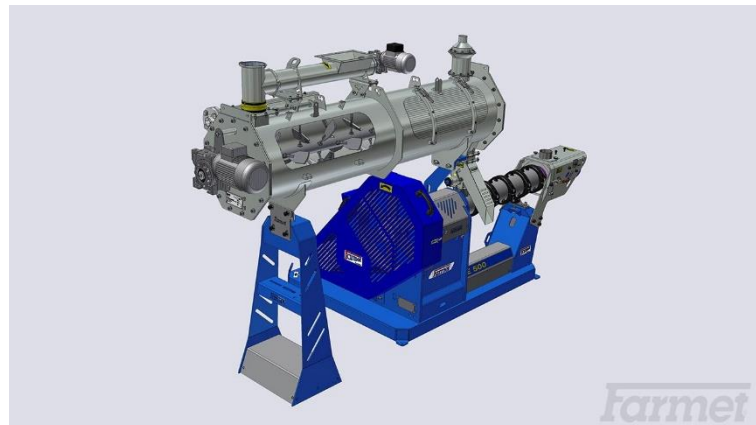
5.5. Výběr nového zařízení

Cílem kapitoly je najít vhodná kompatibilní zařízení k extrudéru FARMET FE 500. Jako kondicionér je vhodné využít kondicionér FARMET FK 500. Jedná se kondicionér stejného výrobce jako extrudéru a stejnou typovou řadou, což nám zaručí maximální využitelnost a plnou kompatibilitu nejen se samotným extrudérem, tak i s jeho řídicím systémem.

Výběr parního vyvíječe byl určen spotřebou páry kondicionérem. Zařízení by mělo být možné řídit a regulovat externím zdrojem signálu, v našem případě řídicím systémem extrudéru (hlavně z důvodu kontroly parametrů a hlášení poruchových stavů zařízení). Podmínkou je také robustnost a snadná údržba, kvůli náročným podmínkám v provozu. Jelikož k extrudéru není zavedena plynová přípojka, je nutné, aby zařízení bylo napájené elektrickým proudem.

5.5.1. Kondicionér FARMET FK 500

Při použití kondicionéru od značky FARMET (obrázek 14) je nutné počítat se spotřebou páry 6 – 8 %. Pro výpočet vhodného parního vyvíječe uvažujeme maximální výkonnost extrudéru a při maximální spotřebě páry kondicionéru.



Obrázek 13: Kondicionér FK 500 v instalaci se extrudérem FE 500 od společnosti FARMET a.s. [42]

Výpočet hodinové hmotnosti páry

$$Q_{Emax} = 800 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$Q_{Emin} = 504 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet výkonosti při maximální spotřebě páry:

$$Q_{Pmax} = \frac{Q_{Emax} * 0,08}{1}$$

$$Q_{Pmax} = 64 \text{ kg/h}$$

Výpočet výkonosti při minimální spotřebě páry:

$$Q_{Pmin} = \frac{Q_{Emin} * 0,06}{1}$$

$$Q_{Pmin} = 30,24 \text{ kg.h}^{-1}$$

Zvolený parní vyvíječ by měl být schopný do kondicionéru dodat 64 kg.h⁻¹ páry.

5.5.2. Vyvíječ páry CERTUSS E 48 M

CERTUSS E 48 M je kompaktní a plně automatický elektrický vyvíječ páry. Dle evropské směrnice pro tlaková zařízení 97/23 ES spadá dle provozního tlaku do kategorie III.

Výhody:

- Regulace výkonu na 1/3 nebo 2/3 celkového výkonu – možnost vypínání topných tyčí
- Spojitá regulace tlaku
- Možnost připojení k řídicímu systému používaného u produktů FARMET
- Automatické odkalování
- Výměnné topné tyče

Nevýhody:

- Poměrně vysoké pořizovací náklady

Tabulka 10: Technické parametry Parního vyvíječe CERTUS E48M [43]

Technické údaje	Jednotka	E 48 M
Parní výkon	kg/h	64
Tepelný výkon	kW	48
Provozní napětí		3 x 400 V / 50 Hz
Elektrické připojovací hodnoty	kW	49,8 (až 1,2 MPa)
Topné tyče	ks	3 x 16 kW
Výkonový stupeň		3stupňové
Pracovní tlak	MPa	0,35 – 1,1
Nejvyšší povolený přetlak	MPa	1,2
Obsah vody	l	28
Přípojky	DN	Obvod 1'' Napájecí voda 1/2'' Pára 1/2'' Výfukové potrubí 1'' Kondenzát 3/4''
Rozměry V x Š x H	mm	1850 x 880 x 680

Maximální parní výkon (tabulka 10) splňuje podmínky vypočítané maximální spotřeby páry v kondicionéru při maximální využití výkonnosti extrudéru.

5.6. Měření náběhu linky extrudéru

Grafické znázornění náběhu linky vychází z měření extrudéru FARMET FE 500 při zpracování směsi pro telata. Hodnoty byly odečítané z HMI displeje umístěného na řídicím rozvaděči stroje.

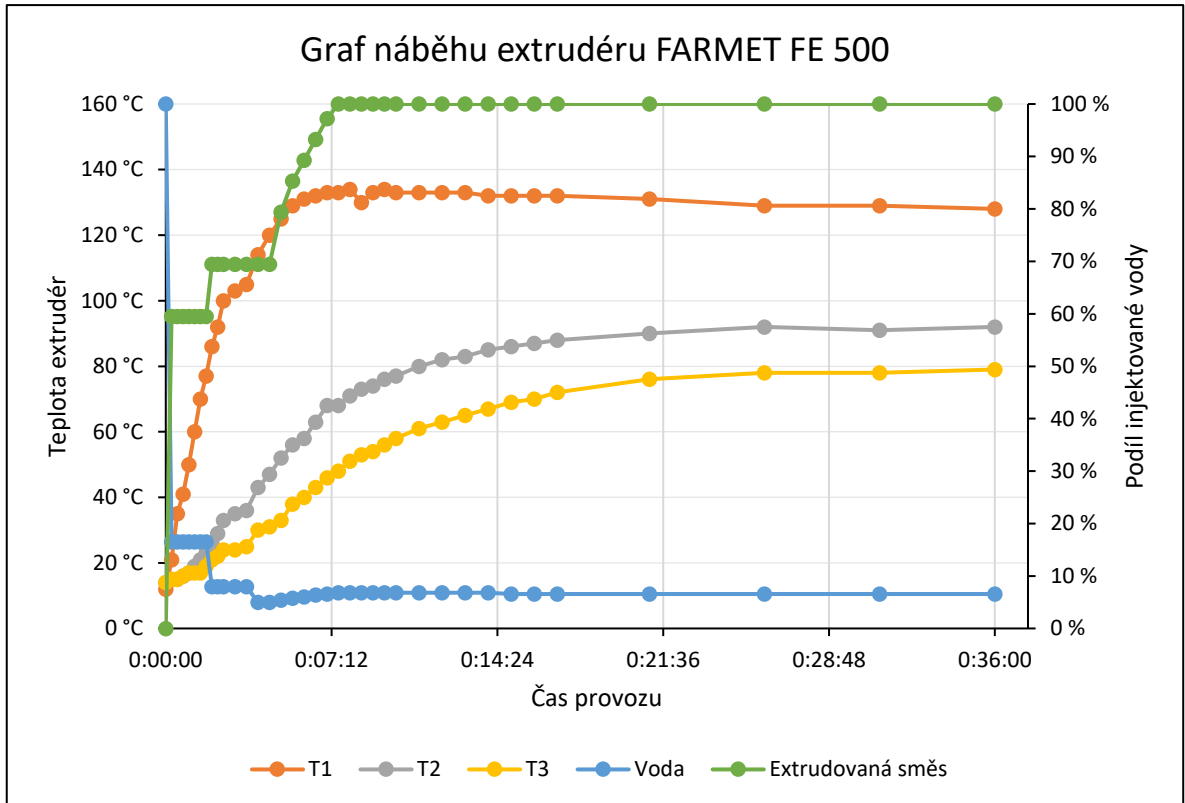
Jako T1 je značena teplota snímaná teplotním snímačem umístěného v poslední části těla extrudéru (z pohledu toku materiálu). Tato sekce je v literatuře označována jako varná či extruzní [2]. Jedná se o teplotu materiálu před průchodem matricí. Z grafu (obrázek 15) je patrné, že se jedná o nejvyšší teplotu dosaženou během procesu extruze, což je dáno největším stlačením materiálu způsobené stoupáním šnekovnice a postupnou kumulací tepla v materiálu. Teplota T1 má také největší vliv na výsledný extrudát.

Teplota T2 snímaná teplotním snímačem v kompresní sekci extrudéru. Teplota má vliv na přeměnu škrobu a bílkovin [2].

Teplota T3 je všech zmíněných teplot nejnižší. Je to dáno nejnižším tlakem a nejmenší akumulovaným teplem v materiálu. Šnekovnice se vyznačuje nejširším vynutím [2]. Teplota T3, jak je patrné z grafu na obrázku 15, má nejpomalejší náběh na požadovanou teplotu, což však z hlediska funkce této sekce extrudéru, nemá na výsledný produkt výrazný vliv.

Interval odečítání hodnot byl zvolen dle nejvyšších změn teplot. Při spuštění zařízení teploty prudce rostou, z toho důvodu byl zvolen interval mezi odečtem hodnot 15 sekund. V této fázi také nastává první skokové zvýšení objemu vstupního materiálu, který je do extrudéru přiváděn až po 15 sekundách. Před vstupem materiálu do extrudéru je nutné navlhčení vnitřního ústrojí, což je patrné z grafu na obrázku 15, kde podíl vody v zařízení tvoří 100 % a následně se po přivedení materiálu skokově mění na 16,5 %. Další změna podílu vody nastává 2:00 (minut) od spuštění. Po uplynutí zhruba dvou minut se nárůst teplot zmírnil, proto v čase 2:30 (minut) od spuštění extrudéru byl interval zvolen na 30 sekund. V této fázi měření nastává zvyšování objemu vstupního materiálu a snižování podílu injektované vody. Teplota T1 téměř dosahuje požadovaných hodnot přesahujících 128 °C, proto v čase 8:30 (minut) od spuštění je odejmuta první tepelná izolace, což způsobilo její skokový pokles. Obsluha postupně zvyšuje hodnoty vstupního materiálu pomocí HMI panelu a snižuje podíl vody, který se již dostává do hodnot obvyklých pro provoz (6 – 7 %) a extrudér pracuje na maximální výkonnost (504 kg/h). V čase 10:00 (minut) od spuštění

jsou teploty téměř ustáleny a probíhá běžný provoz extrudéru. Při ustálení teplot v extrudér se využití motoru během provozu pohybovalo v rozmezí 85 – 91 % (při výrobě směsi pro dojnice až 95 %). Toto zjištění jen dokládá, že momentální využití extrudéru dosahuje svého maxima a výraznější navýšení produkce, bez inovace techniky či technologie, není možné.



Obrázek 14: Grafické znázornění měření náběhu extrudéru FARMET FE 500

5.7. Ekonomické zhodnocení návrhu

Ekonomická část je věnovaná nákladům na inovaci. Posouzení návratnosti do vybrané technologie a techniky je jedním z hlavních ukazatelů dobrého výběru.

5.7.1. Předinvestiční fáze

V předinvestiční fázi byly stanoveny technické a technologické nároky na investici. Jedná se hlavně o výběr vhodně navazujících technologických zařízení pro stanovení dosaženého cíle inovace. Podložením vhodného výběru na základě výpočtu podmínek provozu, na jejichž základě se pak stanovují konkrétní investiční náklady.

5.7.2. Investiční fáze

Tabulka 11: Investiční náklady do strojního zařízení pro koncování vstupní směsi

Strojní výrobní zařízení		
Typ	Počet	Investiční náklad
Parní kondicionér FARMET	1	403 000 Kč
Parní vyvíječ CERTUSS Elektro 5 48 M	1	600 000 Kč
Celkem		1 003 000 Kč

V nákladech (tabulka 11) nejsou uvedeny ceny za instalaci a přípojky. Uváděné ceny jsou bez DPH. Náklady na instalaci, přípojky a další pochody spojené se spuštěním, odpovídají dle informací od výrobců zhruba 10 % z ceny zařízení. Přesná částka odpovídá konkrétní instalaci podle dispozic linky. Parní vyvíječ spadá do kategorie III tlakových zařízení, a proto je nutné provádět tlakové zkoušky. Dalším nákladem je povinná revizní kontrola elektrických kotlů.

5.7.3. Provozní fáze

V provozních nákladech nejsou započítány náklady na vstupní suroviny, jako je zpracovávaná krmná směs a voda. Uvažované náklady jsou v obou případech stejné, protože objem výroby je shodný a liší se jen v čase potřebném na splnění srovnatelného objemu extrudátu. Jedná se o inovaci stávající linky a srovnání nákladů na navýšení produkce vlivem prodloužení pracovní doby zaměstnanců. Tedy i náklady mzdové a náklady na energii, opravu a údržbu apod.

Hodinová výkonnost extrudéru bez použití kondicionéru:

$$Q_E = 504 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} = 0,504 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Hodinová výkonnost extrudéru s použitím kondicionéru:

$$Q_{EK} = 800 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} = 0,8 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Příkon vyvíječe páry:

$$P_{0V} = 48 \text{ kW}$$

Příkon extrudéru FE 500:

$$P_{0E} = 57 \text{ kW}$$

Cena elektrické energie (dle ceníku ČEZ pro podnikatele k 20.3.2023, cena je bez DPH):

$$CE = 5 \text{ Kč} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

Hodinový náklady vyvíječe páry:

$$HN_V = P_{0V} * CE = 48 * 5 = 240 \text{ Kč}$$

Hodinový náklady extrudéru FE 500:

$$HN_E = P_{0E} * CE = 57 * 5 = 285 \text{ Kč}$$

Hodinové náklady na pracovníka:

$$HN_P = 210 \text{ Kč}$$

Hodinové náklady na pracovníka při práci přes rámec pracovní doby (příplatek za přesčas):

$$HN_{PP} = HN_P * 0,25 = 210 * 0,25 = 53 \text{ Kč}$$

5.7.3.1. Plánovaný stav

Denní náklady:

$$DN_E = HN_E * 8 = 285 * 8 = 2\,280 \text{ Kč}$$

$$DN_V = HN_V * 8 = 240 * 8 = 1\,920 \text{ Kč}$$

Denní výkonnost extrudéru s kondicionérem:

$$Q_{DEK} = Q_{EK} * 8 = 800 * 8 = 6\,400 \text{ kg.den}^{-1} = 6,4 \text{ t.den}^{-1}$$

Tabulka 12: Tabulka nákladů plánovaného stavu

Typ	Hodinové náklady [Kč]	Počet hodin	Denní náklady [Kč]
Provoz vyvíječe páry	240	8	1 920
Provoz extrudéru	285	8	2 280
Pracovník - plat	210	8	1 680
Celkem			5 880

Vypočítané náklady (tabulka 12) při plánovaném provoz jsou při maximálním využití vyvíječe páry, tzn. dodávání 64 kg páry za hodiny.

5.7.3.2. Současný stav

Náklady na zachování vodní injektáže a prodloužení pracovní doby pro splnění plánu (tabulka 13).

Výpočet současné denní výkonosti (při směně o délce 8 hodin):

$$Q_{DE} = Q_E * 8 = 504 * 8 = 4032 \text{ kg. den}^{-1}$$

Výpočet rozdílu v denní produkcích mezi plánovaným a současným stavem:

$$\Delta Q_D = Q_{DEK} - Q_{DE} = 6,4 - 4,03 = 2,37 \text{ t. den}^{-1}$$

Výpočet času na výrobu rozdílu denní produkce:

$$T_{\Delta} = \frac{\Delta Q_D}{Q_E} = \frac{2,37}{0,504} = 4,7 \text{ hodiny} = 4 \text{ hodiny } 42 \text{ minut}$$

$$T_{\Delta} \approx 5 \text{ hodin}$$

Tabulka 13: Vyčíslení náročnosti na provoz současné linky

Typ	Hodinové náklady [Kč]	Množství	Náklady [Kč]
Provoz extrudéru	285	8	2 280
Pracovník - plat	210	8	1 680
Provoz extrudér	285	5	1 425
Pracovník - plat	210	5	1 050
Pracovník – bonus za přesčas	53	5	265
Celkem			6 700

5.7.4. Ukazatele rentability

Roční doba provozu (RDP):

$$RDP = TR - ND - NO = 52 - 4 - 4 = 44 \text{ týdnů}$$

kde:

TR ...týdnů v roce

ND ...Nárok na dovolenou (dle Zákoníku práce §213)

NO ...Nucené odstávky z důvodu údržby, revizí či změny výroby

Tabulka 14:Porovnání provozní náročnosti současného a plánovaného stavu

Typ provozu	Denní náklady [Kč]	Týdenní náklady [Kč]	Roční náklad [Kč]
Současný stav	6 700	33 500	1 474 000
Plánovaný stav	5 880	29 400	1 293 600
Rozdíl (úspora)	- 820	- 4 100	- 180 400

5.7.5. Orientační doba návratnosti navrhovaného technického hodnocení

V tabulce číslo 14 byla vyčíslena úspora nákladů pouze z titulu snížené energetické a pracovní náročnosti investice ve výši 180 400 Kč. Úsporu nákladů lze chápat jako přírůstek zisku. V případě investice ve výši 1 003 000 Kč lze čekat dobu návratnosti za **5,6** let (1 003 000 Kč ÷ 180 000 Kč). V případě, že by byly brány v potaz i plánované efekty (výnosy) z navýšené výroby produkce, byla by rentabilita vyšší a doba návratnosti nižší. S ohledem na odepisování technického zhodnocení (což navrhovaná změna skutečně je) by však tento výsledek byl zase jiný (horší). Byl by ovlivněný změnou vyplývající z rozdílu stávajících odpisy v konfrontaci s odpisy plánovaného technického zhodnocení.

Lze předpokládat, že investice v podniku bude provozuschopná delší dobu než 6 let. Pak lze očekávat i následný pozitivní vliv zaváděné investice na konečný výsledek hospodaření.

5.7.6. Předpokládané hodnoty odpisů hmotného majetku

Zákon č. 586/1992 Sb. „Zákon České národní rady o daních z příjmů“

§ 26 „Odpisy hmotného majetku“

2-56 Stroje a zařízení na zpracovávání materiálu výrobními postupy spočívajícími ve změně teploty

2-57 Zemědělské a lesnické stroje, pokud nejsou uvedeny v jiné položce této přílohy

a § 30 odpisové skupiny [44]

Odpisová skupina 2, doba odepisování 5 let

5.7.6.1. Zrychlený odpis

Výpočet zrychleného odpisu pro 1.rok:

$$O_1 = \frac{VC}{k_1}$$

Výpočet zrychleného odpisu po 2. roce:

$$O_{2...n} = \frac{2 * ZC}{k_2 - (n - 1)}$$

kde:

VC ...vstupní (pořizovací) cena

ZC ...zůstatková cena

k₁ ...koeficient 1.roku odepisování (dle odpisové skupiny)

k₂ ... koeficient po 2.roce odepisování (dle odpisové skupiny)

n ... pořadový rok odepisování

Rok	Zůstatková cena [Kč]	Roční odpis [Kč]
1	802 400	200 600
2	481 440	320 960
3	240 720	240 720
4	80 240	160 480
5	0	80 240

Navrhované řešení představuje sice technické zhodnocení investice, které by se odepisovalo spolu se zařízením, se kterým je spojeno, nicméně pro orientaci ve výši hodnoty odpisů bylo použito běžného odepisování dlouhodobého hmotného majetku (daňový odpis dle zákona i dani z příjmu).

6 Výsledky práce a závěr

Ze získaných dat provedením analýzy výroby a informacích od obsluhy linky vyplynuly dva problémy s provozem.

Aktuálním problémem bylo zaolejování zařízení a pokles požadované kvality mechanických vlastností. Extrudát netvořil granule a z matrice vycházel v podobě kašovitě hmoty. Podobné vlastnosti je možné sledovat při extruzi samotné sóji. Z těchto poznatků byla jako příčina nedodržení požadovaných vlastností extrudátu určena právě sója a vyšší podíl olejnatosti v ní obsažené. Řešením zaolejování extrudéru by bylo zařadit lis do výrobní linky extrudéru. Odlišováním oleje by došlo k vyřešení problému a bylo by možné i zvýšit podíl sóji. Tím však výhody končí a vzniká mnoho komplikací - počínaje změnou sestavy linky, energetickou náročností konče. Důležitým aspektem je také měnící se obsah složek v sóji, který je dán odrudou, klimatickými podmínkami během vegetačního období a při sklizni, vlastnostmi půdy a polohou, kde byla daná plodina pěstována. Z těchto důvodů byl podíl sóji snížen o 7 %, což se jeví jako nejsnazší a nejekonomičtější řešení. Při nahrazení 7 % sóji ječmenem bylo vypočítáno snížení obsahu bílkovin o **0,53 %** ve výsledné krmné směsi pro dojnice. Při teoretickém výpočtu obsahu bílkovin v krmné směsi pro dojnice je počítáno v obou případech se stejným obsahem bílkovin v sóji. Složky jednotlivých komponent jsou dávkovány podle jejich hmotností, z toho vyplývá, že 1 kg sóji (který nezpůsobil zaolejování extrudéru) bude mít jiný obsah tuků a s tím spojený i jiný obsah bílkovin, než 1 kg sóji právě zpracovávané. Výpočet nezohlednil obsah bílkovin v ječmeni, při jejich započítání by byl celkový rozdíl ještě nižší.

Dlouhodobým, ale stále aktuálnějším problémem, se jeví nízká výkonnost extruzní linky, konkrétně samotného extrudéru. V současné době činí maximální výkonnost extrudéru $504 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, přitom výrobce deklaruje, při vhodné předúpravě materiál, výkonnost atakující hranici $800 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Pro dosažení maximálního využití extrudéru byl zvolen parní kondicionér. V parním kondicionéru dochází k zahřátí a zvlhčení materiálu vlivem přiváděné páry do komory kondicionéru. Výkonnost extrudéru při použití parního kondicionéru je velmi závislá na zkondenzování páry v materiálu. Horní hranice kondenzování pár je dle zkušeností výrobce na úrovni 90 %. Na základě spotřeby páry pohybující se u kondicionéru mezi 6 – 8 % a výkonnosti extrudér $800 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ byla spočítána maximální spotřeba páry a zvolen vhodný vyvíječ páry. Dle katalogových listů výrobců byl vybrán vyvíječ páry CERTUSS E48M, jehož maximální parní výkon činí $64 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$.

V ekonomickém zhodnocení bylo jako ukazatelem zvoleno srovnání současného stavu linky při objemu výroby vypočítaného předkládaného (po inovaci) stavu. Porovnávala se energetická náročnost a nároky na pracovní sílu. Z těchto výpočtů vychází, že provoz zařízení (po zaokrouhlení) by se musel prodloužit o **5 hodin** a celková pracovní směna by tedy trvala **13 hodin**. Takto razantní prodloužení pracovní doby, pro splnění srovnatelných objemů výroby, by obnášelo další náklady spojené se zřízením dvousměnného provozu a s tím nábor dalšího zaměstnance na zkrácený nebo plný úvazek. Roční rozdíl nákladů při srovnatelném výrobním objemu je **180 400 Kč** při návratnosti **5,6 let**. Je nutné podotknout, že vypočítané ekonomické ukazatele jsou pouze teoretické a zaměřují se pouze na náklady spojené s provozem extrudéru, potažmo kondicionéru a parního vyvíječe.

6.1. Závěr

Cílem této práce bylo posoudit současný stav zkoumané linky na extruzi a na základě teoretických znalostí poskytnout jejímu provozovateli možnou inovaci na základě jeho požadavků. Za tímto účelem byla navázána spolupráce s daným podnikem. Po měření, analyzování a komunikace obsluhy bylo možné provést návrh inovace. Dle rozboru problematiky extruze bylo stanoveno možné řešení. Výsledkem je výběr kompatibilních zařízení k instalovanému extrudéru. Navýšení produkce při instalování kondicionéru s vyvíječem činí zhruba o **2,37 t za den**, což zajistí dostatek krmných směsí pro každodenní zkrmování a nutné zásoby pro vykrývání ztrát během odstávky zařízení. Evidován je také zájem okolních podniků věnujícím se chovu skotu. Poptávka je nejen o hotové směsi s podílem extrudátu, tak o samotný extrudát jako surovinu pro vlastní krmné směsi. Důvodem poměrně nízkého zastoupení extrudérů na území ČR jsou vysoké pořizovací i provozní náklady. Další fáze inovace by mohla být zaměřená na využití odpadní páry extrudéru, čímž dojde k úspoře potřebných energií.

7 Použitá literatura

- HAVRDA, Dušan. Výroba průmyslových krmiv v roce 2021: Výsledky statistického zjišťování Krmiva (MZe) 3-01 Roční výkaz o výrobě průmyslových krmiv za rok 2021. In: *Www.eAGRI.cz* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2023-03-1]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/publikace-a-dokumenty/statistika/krmiva/vyroba-prumyslovych-krmiv-v-roce-2021.html>
- KAVÁLEK, Michal, Vladimír PLACHÝ, Boris HUČKO, Václav DVOŘÁČEK a Lenka ŠTĚRBOVÁ. *Efektivní postupy extruze obilovin a olejnin* [online]. 2018 [cit. 2023-01-21]. ISBN 978-80-7427-270-7. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.farmet.cz/Media/ContentItems/2276/metodika-extruze.pdf>
- FRAME, N. *The Technology of extrusion cooking*. 1.vydání. New York: Blackie Academic, 1994, 253 s. ISBN 07-514-0090-4.
- MALOUN, Josef. *Technologická zařízení a hlavní procesy při výrobě krmiv*. 1.vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2001, 204 s. ISBN 80-213-0783-8.
- ZEMAN, Ladislav, Petr DOLEŽAL a Pavel HORKÝ. Vliv termických úprav krmiv na jejich kvalitu. *Krmivářství* [online]. Praha: Profi Press s.r.o., 2014, **18**(1), 17-19 [cit. 2023-03-01]. ISSN 12-12-9992. Dostupné z: <https://old2.profiexpress.cz/archiv/krmivarstvi-12014/?text=extruze#page/17>
- ŠKOPÁNOVÁ, Zuzana a Petr TUPÝ. *Situační a výhledová zpráva: Průmyslová krmiva 2021* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021 [cit. 2023-03-1]. ISBN 978-80-7434-619-4. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zivocisna-vyroba/krmiva/situacni-vyhledove-zpravy/situacni-a-vyhledova-zprava-krmiva-2021.html>

- ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon o krmivech*. In: . Praha: *Zákony pro lidi*, 1996,
7] ročník 1996, číslo 91. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-91/zneni-20221201>
- Zákony pro lidi* [online]. In: . [cit. 2023-03-2]. Dostupné z:
8] <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- Krmiva pro hospodářská zvířata (zákaz zkrmování). In: *Státní veterinární
9] zpráva* [online]. [cit. 2023-03-2]. Dostupné z: <https://www.svsr.cz/krmiva-vzp-asanace/krmiva-pro-hospodarska-zvirata/>
- ZEMAN, Ladislav, Petr DOLEŽAL, Pavel HORKÝ a Lucie VÁVROVÁ.
10] Změny v názvosloví pro technologické názvy procesů úprav krmiv. *Krmivářství*
[online]. Praha: Profi Press s.r.o., 2014, **18**(1), 13-15 [cit. 2023-03-01]. ISSN 12-12-9992. Dostupné z: <https://old2.profiexpress.cz/archiv/krmivarstvi-12014/?text=extruze#page/13>
- PROCHÁZKA, Miloš. *Mlynářství II*. 1.vydání. Praha: SNTL, 1985, 134 s.
11]
- Návod k použití: Extrudér FE 500*. 5.2. Česká Skalice: Technický
12] útvar, Farnet a.s., 2014, 77 s.
- PETRÁČKOVÁ, Věra a Jiří KRAUS. *Akademický slovník cizích slov*. Praha:
13] Academia, 1997. ISBN 80-200-0607-9.
- Rejstřík pojmů* [online]. In: . Národní zdravotnický portál [cit. 2023-03-1].
14] Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/4807>
- FISHEROVÁ, Jarmila. Právní předpisy pro zahájení výroby krmných
15] produktů a jejich uvádění na trh. *Náš chov* [online]. Praha: Profi Press, 2012 [cit. 2023-03-2]. ISSN 0027-8068. Dostupné z: <https://naschov.cz/pravni-predpisy-pro-zahajeni-vyroby-krmnych-produktu-a-jejich-uvadeni-na-trh/>
- FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů*. První.
16] Praha: Grada Publishing a.s., 2011, 416 s. ISBN 978-80-247-3293-0.

- TAUFEROVÁ, Alexandra, Martina OŠŤADALOVÁ, Zdeňka
- 17] JAVŮRKOVÁ, Michaela PETRÁŠOVÁ a Petr ČÁSLAVKOVÁ. *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II.* [online]. První. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014 [cit. 2023-03-2]. ISBN 978-80-7305-692-6. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://fvhe.vfu.cz/files/rostliny-technologie_a_hyg._potravin,skripta.pdf
- KENT, N a A EVERS. *Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture.* 4.vydání. New York: Pergamon, 1994, 334 s. ISBN 0-08-040833-8.
- 18] KADLEC, Pavel a KOLEKTIV. *Technologie potravin I.* 1.vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technická v Praze, 2002, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- 19] BOĐO, , GÁLIK a MIHINA. *Vplyv technológie chovu na produkciu emisií amoniaku a skleníkových plynov.* Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2013. ISBN ISBN 978-80-552-1068-1.
- 20] RYSOVÁ, Lucie. *Dusíkaté látky v krmivu* [online]. [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.agropress.cz/hodnoceni-dusikatych-latek-krmiv-pro-prezvykavce/>
- 21] MORATÓ, Nacho. Moldeo por Extrusión. In: *Ikkaro* [online]. [cit. 2023-03-22] 2]. Dostupné z: <https://www.ikkaro.com/cs/extrusion/>
- 22] KOELEMAN, Emmy. From mash to high tech feed pellets. *All About Feed.* 2013, (1), 18-19.
- 23] PŘÍKRYL, Miroslav. *Technologická zařízení staveb pro živočišnou výrobu.* 1.vydání. Praha: TEMPO PRESS II, 1997, 273 s. ISBN 80-901052-0-3.
- 24] *Multi - Screw Extruder Design: AACC Food Extrusion Short Course* [online]. Werner & Pfleiderer Coperion, 2008 [cit. 2023-03-1].
- 25]

- 26] *Základy výživy člověka* [online]. In: . [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3691&typ=html
- 27] TICHÁ, Markéta a Petra VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny* [online]. Brno: Ústav vegetabilních potravin a rostlinné produkce, 2006 [cit. 2023-03-2].
- 28] Ječmen setý víceřadý (šestiřadý). In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné z: http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=3&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D101%26celed_id%3D
- 29] SKLÁDANKA, Jiří, Petr DOLEŽAL, Zdeněk HAVLÍČEK et al. *Pícninářství* [online]. První. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014 [cit. 2023-03-2]. ISBN 978-80-7509-111-6. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21-picninarstvi_final.pdf
- 30] Žito seté. In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné z: http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=4&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D101%26celed_id%3D
- 31] Oves setý. In: *Katalog plodin* [online]. [cit. 2023-03-1]. Dostupné z: http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=6&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D101%26celed_id%3D
- 32] HOSNEDL, Václav, Jan VAŠÁK a Ladislav MEČIAR. *Rostlinná výroba - II: Luskoviny, olejníny*. První. Praha: Agronomická fakulta ČZU v Praze, 1998, 180 s. ISBN 80-213-0153-8.
- 33] Hrách setý polní. In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné z: http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=10&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D102%26celed_id%3D

- Bob obecný. In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné z:
- 34] http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=12&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D102%26celed_id%3D
- Sója luštinatá. In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné
- 35] z:
- http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=16&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D102%26celed_id%3D%26str_aktualni%3D1
- HOUBA, Miroslav. Pěstování luskovin (2): Sója -Glycine. *Agromanuál*
- 36] [online]. [cit. 2023-03-1]. Dostupné z:
- <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestovani-luskovin-2-soja-glycine>
- Řepka olejná. In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné z:
- 37] http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=22&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D103%26celed_id%3D
- Krmivo: Řepkový extrahovaný šrot* [online]. In: . Brno: Mendelova univerzita
- 38] v Brně [cit. 2023-03-1]. Dostupné z:
- http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/cvicebnice/krmivo.php?krmivo=31
- Zpracování zemědělských produktů: rostlinná část* [online]. In: . Brno:
- 39] Mendelova univerzita v Brně [cit. 2023-03-2]. Dostupné z:
- https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3767&typ=html
- RYAN, Pavel. *Možnosti využití masokostního uhlí jako ekologického sorbentu*
- 40] *a hnojiva* [online]. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2007 [cit. 2023-03-2]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://eagri.cz/public/web/file/32346/Studie_FINAL.pdf
- Výrobní krmných směsí* [online]. Lány: Taurus s.r.o. [cit. 2023-03-3].
- 41] Dostupné z: <https://www.taurus-sro.cz/index.php>

Extruze krmiv a výroba krmných směsí [online]. Česká Skalice: Farnet a.s.
42] [cit. 2023-03-3]. Dostupné z: <https://www.farnet.cz/cs/extruze-krmiv-a-vyroba-krmnych-smesi>

Parní vyvíječe CERTUSS řada elektro E-M [online]. Prostějov: Certuss s.r.o.
43] [cit. 2023-03-3]. Dostupné z: <https://www.certuss.cz/cz/m/parni-vyvijece-rada-elektro-e-m-vykon-od-8-72-kg-h-vyvijec/>

ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon České národní rady o daních z příjmů*. In: .
44] 1992. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-586>

Pšenice setá. In: *Katalog plodin* [online]. Praha [cit. 2023-03-1]. Dostupné z:
45] http://krv.agrobiologie.cz/atlas/katalog/plodiny/detail/?plodina_id=1&ref=%2FAtlas%2Fkatalog%2Fplodiny%2Flist%2F%3Fskupina_id%3D101%26celed_id%3D

8 Seznam použitých zkratek a symbolů

MPa	[Megapascal]	jednotka tlaku
kW	[kilowatt]	jednotka výkonu
Kč	[Koruna česká]	měna
kg	[kilogram]	jednotka hmotnosti
g	[gram]	jednotka hmotnosti
h	[hodina]	jednotka času
Q		výkonnost
°C	[stupeň Celsia]	jednotka teploty
%	[procento]	vyjádření části celku
HMI	[Human Machine Interface]	rozhraní mezi strojem a člověkem

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Grafické znázornění vývoje výroby krmných směsí mezi lety 2013 - 2020 [1].....	7
Obrázek 2:Řez pracovní jednotkou jednošnekového extrudéru [2].....	21
Obrázek 3:Zrno pšenice seté [45]	25
Obrázek 4: Zrno ječmene setého víceřadého [28]	25
Obrázek 5: Zrno žita setého [30].....	26
Obrázek 6: Zrno ovsa setého [31]	27
Obrázek 7: Semeno hrachu setého polního [33]	28
Obrázek 8: Semena bobu obecného - koňského [34].....	28
Obrázek 9: Sója luštinatá [35].....	29
Obrázek 10: Semena řepky olejné [37].....	30
Obrázek 11: Závislost extruzní vlhkosti na obsahu bílkovin v receptuře [2]	31
Obrázek 12: Řepkový extrahovaný šrot [38]	32
Obrázek 14: Kondicionér FK 500 v instalaci se extrudérem FE 500 od společnosti FARMET a.s. [42]	46
Obrázek 15: Grafické znázornění měření náběhu extrudéru FARMET FE 500.....	50

10 Seznam tabulek

Tabulka 1:Možné pozitivní a negativní vlivy tepelných úprav na vlastnosti krmiva [5].....	23
Tabulka 2: Složení obilného zrna [26].....	24
Tabulka 3: Složení sóji [36].....	30
Tabulka 4: Štítkové údaje vertikálního mlýna TAURUS VM 22 [41].....	38
Tabulka 5: Parametry Překlopné míchačky TAURUS MP 130-1000 udávané výrobcem [41].....	39
Tabulka 6: Technické údaje extrudéru FARMET FE 500 [42] [12].....	40
Tabulka 7: Složení krmné směsi pro dojnice určené pro vlastní spotřebu.....	42
Tabulka 8: Složení krmné směsi pro telata pro vlastní spotřebu	42
Tabulka 9:Složení krmné směsi pro dojnice	44
Tabulka 10: Technické parametry Parního vyvíječe CERTUS E48M [43].....	48
Tabulka 11: Investiční náklady do strojního zařízení pro konciování vstupní směsi	51
Tabulka 12: Tabulka nákladů plánovaného stavu.....	53
Tabulka 13:Vyčíslení náročnosti na provoz současné linky.....	54
Tabulka 14:Porovnání provozní náročnosti současného a plánovaného stavu.....	55