



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Bakalářská práce

Porovnání efektivity různých sestav linek pro posklizňovou
úpravu obilovin s ohledem na jejich energetickou náročnost

Autor práce: Petr Štěpánek

Vedoucí práce: Pexová Kalinová Jana, doc. Ing. Ph.D.

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Současná energetická krize má značné dopady na mnoho odvětví po celém světě a nezanedbatelně také u nás v České republice. Mimo zemědělství je jí zasažen také potravinářský průmysl, který se zemědělstvím přímo souvisí.

Cílem této práce je porovnání efektivity a energetické náročnosti procesu posklizňové úpravy ječmene jarního odrůdy Bente. Pro porovnání sklizeného a následně čistého a správně posklizňově ošetřeného zrna ječmene bylo využito dvou různých sestav posklizňových linek disponující sítovou či aspirační čističkou. Odběr vzorků probíhal v obou případech v srpnu 2022. U zrna byly hodnoceny: vlhkost, objemová hmotnost, HTZ, příměsi a nečistoty. U posklizňových linek pak byla vypočtena energetická náročnost čištění zrna. Sítová čistička je vhodnější pro odstranění těžších složek obilné masy, jako jsou zlomky. Aspirační čistička je vhodnější pro odstranění lehčích příměsí a nečistot a její použití je méně energeticky náročné.

Klíčová slova: posklizňová úprava, skladování zrnin, efektivita čištění zrnin, energetická náročnost, úspora energií, efektivita technologického zařízení

Abstract

The current energy crisis is having a significant impact on many industries around the world, and it is also significant in the Czech Republic. Apart from agriculture, the food industry, which is directly linked to agriculture, is also affected. The aim of this thesis is to compare the efficiency and energy consumption of the post-harvest treatment process of spring barley, Bente variety. To compare the harvested and subsequently clean and properly post-harvest treated barley grain, two different post-harvest lines equipped with a screen or aspiration grain cleaner were used. The grain was sampled in both cases in August 2022 and assessed for moisture, bulk density, HTZ, impurities and impurities. For the post-harvest lines, the energy requirements of grain cleaning was then calculated. The screen grain cleaner is more suitable for the removal of heavier components of the grain mass such as fractions. The aspiration grain cleaner is more suitable for the removal of lighter admixtures and impurities and its use is less energy intensive.

Keywords: post-harvest treatment, grain storage, grain cleaning efficiency, energy intensity, energy saving, efficiency of technological equipment

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval paní docentce Pexové Kalinové za ochotu, cenné rady a bezproblémovou komunikaci při psaní této bakalářské práce. Děkuji také zkušeným pracovníkům v provozech, kde byly odebírány vzorky a prováděn výzkum. V neposlední řadě děkuji své manželce za trpělivost a podporu po celou dobu studia. Dále děkuji svému zaměstnavateli za umožnění dálkového studia na vysoké škole.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární rešerše.....	8
1.1 Ječmen jarní.....	8
1.1.1 Původ a charakteristika	8
1.1.2 Pěstování a výnosy	9
1.1.3 Morfologie a složení zrna.....	10
1.1.4 Vlastnosti a využití ječmene	12
1.2 Technologie pro posklizňovou úpravu zrnin.....	13
1.2.1 Příjem obilí.....	13
1.2.2 Odběr a kontrola vzorků.....	15
1.2.3 Technologie příjmu, čištění, sušení a skladování.....	17
1.2.4 Možnosti skladování a limitující faktory	20
1.2.5 Posklizňové dozrávání	21
1.3 Energetická náročnost posklizňového ošetření zrnin	25
1.3.1 Trendy v oblasti snižování energetické náročnosti	26
2 Cíl bakalářské práce	28
3 Metodika	29
3.1 Charakteristika předmětných pozemků	29
3.2 Charakteristika odrůdy	29
3.3 Odběr vzorků.....	30
3.3.1 Příprava vzorku k vyhodnocení	30
3.3.2 Analýza vzorků v laboratoři.....	30
3.4 Vyhodnocení energetické náročnosti	33
3.5 Statistické vyhodnocení získaných dat.....	33
4 Výsledky	34
4.1 Vlhkost	34

4.2	Objemová hmotnost	35
4.3	Hmotnost tisíce zrn.....	35
4.4	Celkové příměsi.....	36
4.5	Zrno s osinou	37
4.6	Zlomky	38
4.7	Nečistoty.....	39
4.8	Energetická náročnost posuzovaných posklizňových linek	40
5	Diskuse.....	41
	Závěr	44
	Seznam použité literatury.....	45
	Seznam obrázků	49
	Seznam tabulek	50
	Seznam grafů.....	51

Úvod

Současná energetická krize nepřímo způsobená válečným konfliktem mezi Ruskou federací a Ukrajinou má značné dopady na mnoho odvětví po celém světě a nezanedbatelně také u nás v České republice. Mimo zemědělství, které se již řadu let nachází na pomyslné hranici únosnosti v souvislosti s vysokými náklady především v oblasti chovu hospodářských zvířat, je značně zasažen také potravinářský průmysl, který se zemědělstvím přímo souvisí.

Vzhledem k významnému podílu Ukrajiny na vývozu především rostlinné zemědělské produkce, je vlivem tohoto konfliktu v roce 2022 vyšší zájem o české produkty zemědělské prvovýroby. Rostoucí poptávka je z hlediska českého zemědělství pozitivní, ale nese s sebou mnohá úskalí a vzniká zde také prostor pro nekalé a nežádoucí praktiky, které mohou vést například ke snížení kvality výsledných produktů.

I v těžkých dobách způsobených energetickou krizí, drahotou, nedostatkem některých druhů zboží a základních surovin, bychom se jako zemědělci měli držet nastavených požadavků na kvalitu surovin a zavedených standardů. Zdražují se vstupy zaručující kvalitní produkci, jako jsou například krmiva pro hospodářská zvířata nebo hnojiva pro rostlinnou produkci. Na druhou stranu se také zvyšují ceny výrobků pro koncového spotřebitele, proto zde musí existovat kompromis, který ve výsledku zaručí nekolísavou a dobrou kvalitu českých produktů a potravin.

Konkrétní příklad, který v běžné praxi nastává, vypadá následovně: ječmen jarní, kterým se tato bakalářská práce dále zabývá, je primárně využíván ke sladovnickým účelům a následnému vaření piva. Využívá se však také ke krmným účelům jako jadrná složka s významnou výživovou hodnotou. Požadavky na kvalitu pro tyto různé účely jsou rozdílné. V praxi ovšem dochází k mísení těchto dvou kvalitativně odlišných šarží a tím pomyslně dosažené vyhovující kvality pro potravinářské účely. Tento princip je využíván nejen u ječmene, ale také u pšenice zpracovávané ve mlýnech na mouku.

Hlavní myšlenkou této bakalářské práce je tedy neztrátovost, efektivita a snížení energetické náročnosti jako pomoc s vysokými náklady na zpracování surovin s ohledem na udržení požadované kvality surovin v době nestabilního světového trhu.

1 Literární rešerše

1.1 Ječmen jarní

1.1.1 Původ a charakteristika

Nejstarší dochované zmínky o pěstování ječmene jsou z doby 19 000 let př. n. l. z oblasti Nilu. Nejstarší nalezené obilky ječmene byly objeveny archeology v Íránu a jejich stáří se odhaduje na dobu 8 000 let př. n. l. (Langer, 2003).

Původ zemědělsky využívaného ječmene setého (*Hordeum vulgare*), viz obrázek 1.1, sahá až do období pozdního paleolitu. Předpokládá se, že předkem dnešního ječmene setého je ječmen planý (*Hordeum spontaneum*). Ječmen planý se i dnes běžně vykytuje v oblasti jihozápadní Asie (Beneš et al, 2011).

Jednou z geneticky nejrozmanitějších obilovin je ječmen setý (*Hordeum vulgare*), který rozdělujeme na jarní a ozimé odrůdy, dále rozlišujeme ječmeny dvouřadé a šestiřadé. Dvouřadý ječmen má plodný pouze středový klásek, zatímco šestiřadý má plodné i klásky postranní. Dále známe odrůdy nahé a pluchaté, potravinářské nebo krmné. Podle složení zrna klasifikujeme ječmeny jako standardní, voskové nebo s vysokým podílem amyulózy. Dále známe odrůdy s vysokým obsahem lyzinu, β -glukanů nebo bez proantokyanidinu. Jednotlivé odrůdy se od sebe těmito parametry a vlastnostmi rozlišují a díky tomu mohou mít rozdílné koncové využití (Sullivan et al, 2012).

Současné odrůdy ječmene jarního byly v průběhu let šlechtěny za účelem zvýšení produktivity a standardizované kvality, aby byly kompenzovány vysoké vstupní náklady na ochranu a hnojení plodiny během pěstování. V ekologickém způsobu pěstování je potřeba klást ještě větší důraz na volbu vhodných plodin, které musely být vyšlechtěny k vyšší odolnosti vůči vnějším stresovým faktorům (Østergård, 2002).



Obrázek 1.1: Příjem ječmene jarního (Foto autor)

1.1.2 Pěstování a výnosy

V posledních pár letech v praxi zaznamenávám, že se výrazněji mění podmínky pěstování obilnin v jednotlivých regionech naší republiky. Ještě před 10 lety, byla pomyslnou obilnicí našeho území Jižní Morava a Olomoucký kraj. V posledních 3 až 4 letech výnosy ječmene jarního v této oblasti spíše stagnují a jsou pokořovány zemědělci hospodařícími v kraji Vysočina.

Z dat Českého statistického úřadu (ČSÚ, 2011 a 2023) vyplývá, že se v roce 2010 pěstoval ječmen jarní na ploše 42 736 ha v kraji Vysočina s celkovým výnosem 3,47 t/ha. V Olomouckém kraji byl ječmen jarní pěstován na ploše 34 827 ha s celkovým výnosem 4,36 t/ha a v Jihomoravském kraji byl pěstován na ploše 38 765 ha s výnosem 3,96 t/ha. V roce 2022 se ječmen jarní pěstoval na ploše 29 084 ha v kraji Vysočina s výnosem 5,27 t/ha. V Olomouckém kraji byl ječmen jarní pěstován na ploše 32 491 ha s výnosem 5,53 t/ha v Jihomoravském kraji byl pěstován na ploše 23 869 ha s výnosem 5,16 t/ha.

Kraj Vysočina v letech 2010 až 2022 zaznamenal největší posun z uvedených krajů v oblasti celkového výnosu, viz tabulka 1.1, a sice o 1,79 %, což představuje druhý nejvyšší růst v republice. Na prvním místě se v růstu hektarového výnosu umístil Karlovarský kraj s posunem o 1,8 % mezi lety 2010 a 2022.

Podle ústního sdělení Michala Karmazína (manažer obchodu Agrico s.r.o., 2023) je jedním z hlavních faktorů, ovlivňujících rostoucí výnosy v této oblasti v porovnání s ostatními kraji, silnější živočišná výroba a s tím spojená vyšší produkce stájových hnojiv, díky kterým jsou do půdy navraceny velice cenné živiny podporující růst pěstovaných zemědělských plodin.

Tabulka 1.1: Stav významných hospodářských zvířat (ČSÚ, 2010 a 2022)

	2010		2022		Rozdíl	
	Skot	Prasata	Skot	Prasata	Skot	Prasata
kraj Vysočina	210 629	319 199	224 657	307 674	14 028	-11 525
Olomoucký kraj	89 441	125 277	91 226	62 048	1 785	-63 229
Jihomoravský kraj	61 635	275 242	67 357	118 169	5 722	-157 073

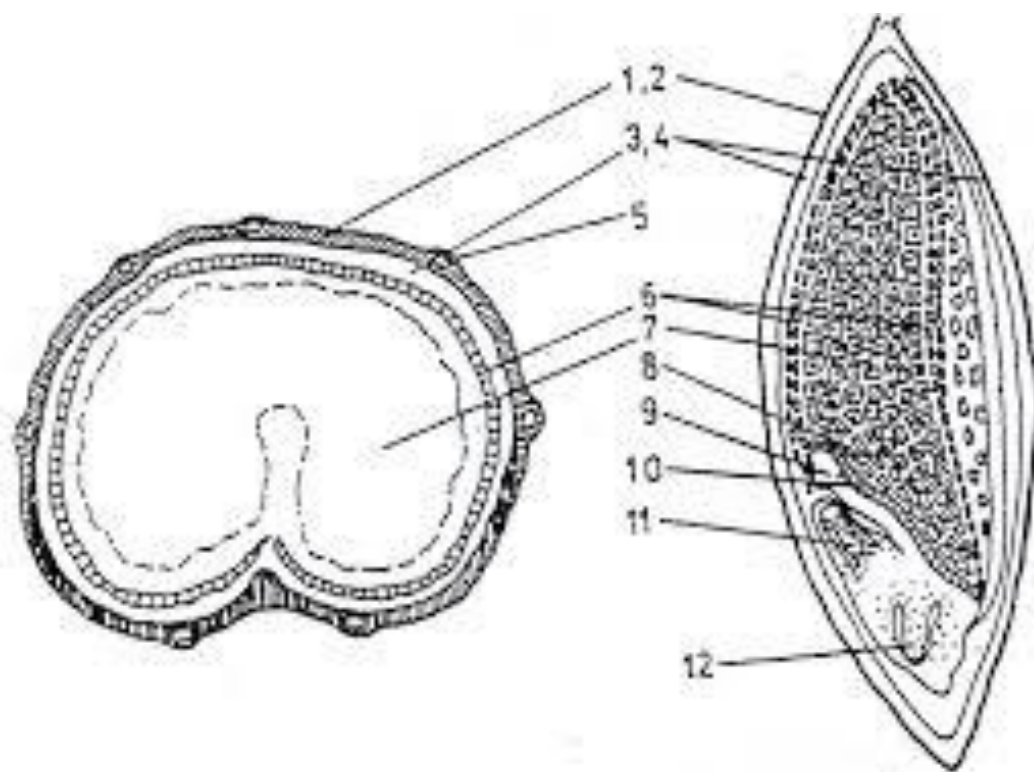
Nejstabilnější kvalitativní parametry ječmene jarního byly zaznamenány po předchozí sklizni cukrové řepy. Průměrná hodnota objemové hmotnosti byla 661 g/l, obsah bílkovin 11,2 % a obsah škrobu 61,5 %. Výnos zrna byl v průměru 6,67 t/ha. Objemová hmotnost po kukuřici byla v průměru 658 g/l, obsah bílkovin 11,5 %, obsah škrobu 60,7 % a výnos zrna 6,24 t/ha. Objemová hmotnost a obsah škrobu byly nižší a obsah bílkovin vyšší po řepce olejné a pšenici ozimé. (Váňová et al, 2006).

1.1.3 Morfologie a složení zrna

Zrno ječmene má oboustranně špičatý, oválný tvar s hlubokou rýhou viz obrázek 1.2. Délka zrna ječmene se pohybuje v rozmezí 7,0 až 14,6 mm, šířka zrna je 2,0 až 5,0 mm a tloušťka 1,4 až 4,5 mm (Maleř, 1996).

U ječmene zaznamenáváme hodnoty HTZ v rozmezí 38 – 42 g, jsou-li naměřené hodnoty vyšší, znamená to, že jsou zrna větší a těžší, taková zrna mají zpravidla vyšší obsah endospermu vůči ostatním částem zrna (Psota a Vejražka, 2006).

Tyto parametry zrna jsou důležité pro správnou volbu čistících sít sítových čističek.



Obrázek 1.2: Podélný a příčný řez zrna ječmene (Bajči et al, 2001)

Obaly: 1. zadní pleva, 2. břišní pleva, 3. oplodí, 4. osemení, 5. nervové svazky Endosperm: 6. aleuronové buňky, 7. škrobové buňky, 8. prázdné buňky Záronek: 9. štítek, 10. nasávací epitel, 11. pochva (zárodek) listu, 12. pochva (zárodek) kořínků.

Zrna ječmene jsou kvůli své morfologické stavbě abrazivnější než zrna pšenice nebo řepky. Dopravníky a spádové potrubí posklizňových linek, které ječmen zpracovávají, se z tohoto důvodu více opotřebovávají a je potřeba volit silnější materiál těchto technologií. Pluchaté odrůdy ječmene navíc zanáší špatně seřizené síťové čističky a dochází tak ke snížení průchodnosti linkou a celkové horší kvalitě čištění. Z toho důvodu je podle ústního sdělení Karla Pešička (technolog montáží Agrico s.r.o., 2023) důležité správné nastavení čistících strojů.

Sterna et al (2017) ve své práci uvádí, že ve zkoumaných vzorcích pluchatého a nahého ječmene setého zaznamenal 10,5 – 13,9 % bílkovin, 18,74 – 20,82 % celkové vlákniny, 3,44 – 4,97 % β -glukanů, obsah α -tokoferolu 7,21 – 8,58 mg/kg a esenciální aminokyseliny měly celkové zastoupení 32,5 – 38,9 g/kg.

Podrobnější složení obilky ječmene setého (*Hordeum vulgare*) shrnuje tabulka 1.2.

Tabulka 1.2: Složení ječného zrna (Baik a Ullrich, 2008)

Složky zrna	Obsah (% sušiny)
Sacharidy	78 - 83
Škrob	60 - 68
Arabinoxylany	4,4 - 7,8
β-glukany	3,6 - 9
Celulóza	1,4 - 5
Jednoduché sacharidy (glukóza, fruktóza, sacharóza, maltóza)	0,41 - 2,9
Oligosacharidy (rafinóza, fruktóza)	0,16 - 1,18
Tuky	2 - 3
Bílkoviny	8 - 17
Albuminy a globuliny	3,5 - 4,5
Hordeiny	3 - 5
Gluteliny	3 - 5
Minerální látky	1,5 - 3
Ostatní (vitamíny)	5 - 6

1.1.4 Vlastnosti a využití ječmene

Chuť ječmene je lehce oříšková, obilka se lehce podobá pšenici, ale je o trochu světlejší. Ječmen je důležitou složkou krmných směsí mnoha zemí světa, zejména tam, kde není možné pěstovat kukuřici. Ječmen je dále využíván jako důležitá klíčivá složka k výrobě piva a whisky, naklíčený ječmen totiž obsahuje velké množství maltózy, důležité k technologickým procesům výroby alkoholu. Výluhy z ječmene byly historicky využívány k výrobě nealkoholických nápojů. Za války byla ječná zrna pražena a semílána, takto upravený ječmen sloužil jako náhražka kávy a po válce byl propagován jako káva pro děti (Příhoda et al, 2012).

Využívání ječmene jako krmiva pro hospodářská zvířata je prokazatelně velice důležité. Žádoucími vlastnostmi ve výživě masného skotu jsou vysoký obsah škrobu, nízký obsah acido-detergentní vlákniny (ADF) i nízká stravitelnost sušiny v bachoru (DMD). Výhodou je dobrá stravitelnost hrubších částic ječného šrotu obsaženého v krmné dávce. Povědomí o dostupných krmných odrůdách a jejich vlastnostech může vést k jejich zařazení do krmných dávek a díky tomu může být navýšena výživová hodnota jednotlivých krmných směsí (Bowman et al, 2001).

1.2 Technologie pro posklizňovou úpravu zrnin

Na českém trhu působí poměrně značné množství firem, zabývajících se projekcí, prodejem, montáží a servisem posklizňových linek. Díky tomu mají zákazníci (zemědělské podniky, potravinářské provozy, výkupy apod.) široký výběr technologií pro posklizňovou úpravu. V zásadě by se ale dalo říct, že princip fungování jednotlivých technologií od různých dodavatelů je vždy stejný, ale kvalita provedení jednotlivých výrobců se může lišit.

Pro zaručení odpovídající kvality a požadovaných parametrů zrna je podle Maleře (1996) neprodleně po sklizni potřeba provést posklizňovou úpravu v takovém rozsahu, který zajistí požadavky na finální kvalitu produktu. Posklizňové ošetření zrnin se skládá z:

- a) příjmu do technologické soustavy strojů pro posklizňové ošetření,
- b) předčištění a čištění – odstranění nečistot a příměsí nebezpečných pro skladování,
- c) akumulčních předzásobníků před sušením nebo finálních uskladňovacích zásobníků s možností provětrávání a chlazení materiálu,
- d) sušiček obilí využívaných v nezbytně nutných případech pro odstranění nadbytečné vlhkosti,
- e) opětovného čištění pro zajištění požadované finální kvality a
- f) expedice.

1.2.1 Příjem obilí

Po příjezdu do střediska dochází vždy ke vstupnímu zvážení a zaznamenání důležitých údajů o dopravním prostředku, zboží a někdy jsou také vyžadovány informace o samotném řidiči (jméno řidiče, název dopravce atd.).

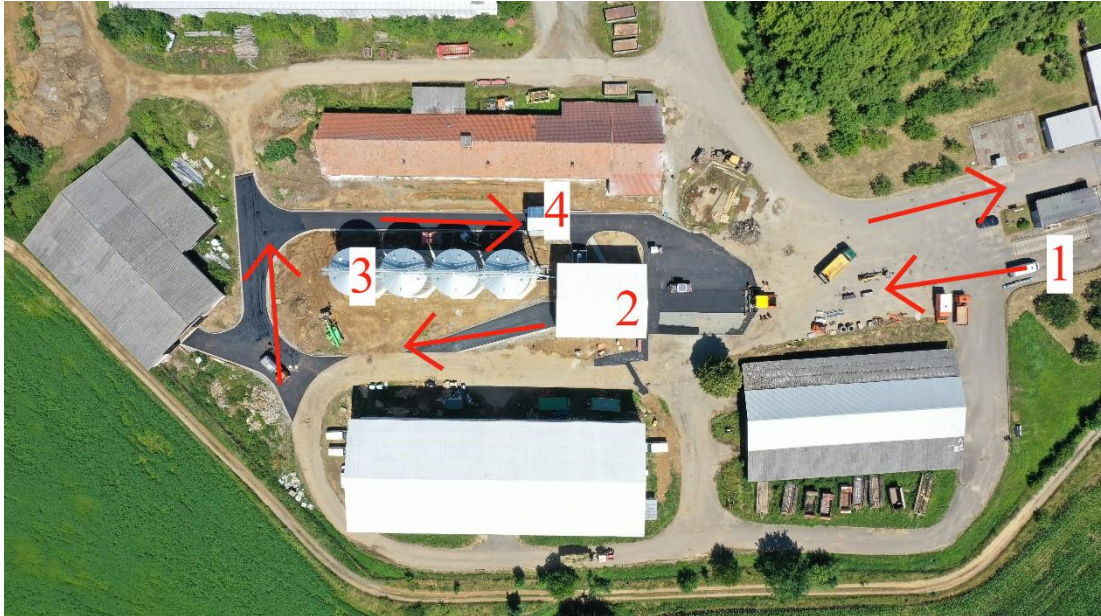
V současnosti je také běžnou praxí, že některé podniky skladují a upravují suroviny původem z bioprodukce nebo zrnovou kukuřici určenou k potravinářským účelům určenou pro zpracování do bezlepkových výrobků. V obou případech je potřeba striktně dodržet vnitřní předpisy, které by měly být popsány v interních dokumentech HACCP. Stručně by se dalo říct, že v žádném bodě posklizňové úpravy ani během přepravy nesmí dojít ke křížové kontaminaci s konvenčními surovinami.

Pro zemědělce produkující bio suroviny platí zásada odděleného zacházení a zpracování, aby bylo zabráněno jakékoliv kontaminaci s konvenčními komoditami (Konvalina et al, 2008).

Jsou předepsané standardy, které nám určují, jakým způsobem má docházet k čištění ložné plochy dopravních prostředků, přepravujících krmné a potravinářské suroviny. Ložná plocha dopravních prostředků musí být čistá, suchá, bez zápachu a utěsněná. Pro přepravovaný materiál musí být zajištěna integrita a zdravotní nezávadnost (Martinek a Filip, 2012).

Výše popsané vysoké nároky na zacházení s bio surovinami, nebo produkty, u kterých by v případě pozdější konzumace mohlo dojít ke zdravotním komplikacím (intolerance, alergie atd.) jsou ještě přísnější. Jednotlivé procesy musejí být podrobněji zaznamenávány kvůli případné dohledatelnosti, nastane-li problém nebo kvalitativní odchylka během následných procesů.

V tomto kontextu zahrnuje posklizňové ošetření zrna u konvenčních produktů i bio-produktů celou řadu následných procesů až po samotné uskladnění zrna. V ideálním případě, by měl být celý proces plynulý a jednotlivé úseky by na sebe měly logicky navazovat. Takovou strukturu podniku můžeme vidět na obrázku 1.3.



Obrázek 1.3: Posklizňová linka (Foto autor)

Uspořádání: 1. mostní váha (příjem a odběr vzorků), 2. příjmová hala (příjmový koš a čistírna), 3. skladovací zásobníky, 4. expedice

Správné určení kvality a parametrů přijímané suroviny zjednodušuje následné procesy, proto je třeba dodržovat nastavené vnitřní předpisy a posuzování kvality přijímaného zboží. Příjem surovin by se pak dal podle Martinka a Filipa (2012) rozdělit na dvě hlavní fáze:

- a) kvantitativní příjem nám zahrnuje v podstatě pouze vážení přijímaného zboží, vážení lze provádět několika způsoby, přičemž v zemědělských podnicích jsou to nejčastěji přejezdné mostní váhy,
- b) kvalitativní příjem se pak skládá z odběru a kontroly vzorků v laboratoři, kde se stanovují potřebné parametry dle toho, o jakou konkrétní surovinu se jedná a k čemu je dále určena (krmný fond podniku, prodej ke krmným účelům, prodej k potravinářským účelům atd.).

1.2.2 Odběr a kontrola vzorků

Odběr vzorků může být zajištěn několika způsoby. Běžně jsou využívány technologie, které provádí odběr vzorku zcela automaticky a odebraný vzorek prakticky dopravují již homogenní přímo do laboratoře, viz obrázek 1.4. Standardní a v praxi nejčastěji používané množství homogenního vzorku je 5 kg, toto množství je nastaveno proto,

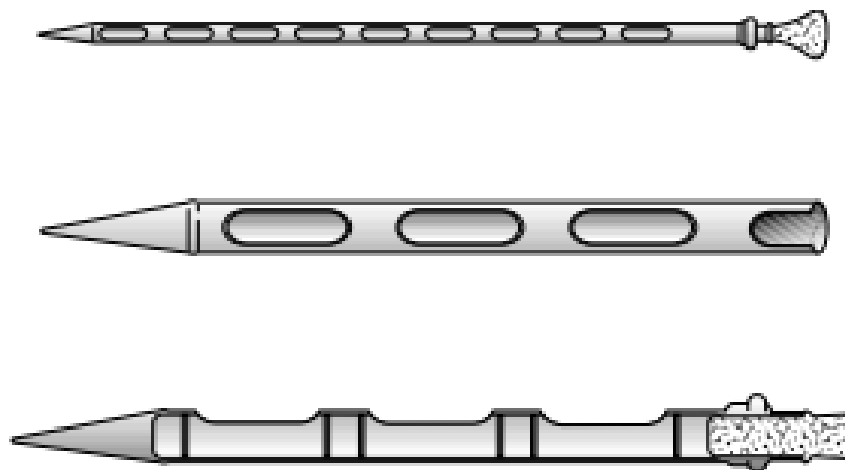
aby se vzorkem bylo možné v rámci laboratoře dále snadno manipulovat (Ústní sdělení, Christoph Lehmann, majitel firmy INOGET, 2023)



Obrázek 1.4: Automatický vzorkovač (INOGET. de, 2023)

V naší republice jsou tyto automatické vzorkovače využívány především většími podniky s vysokou frekvencí příjmu a výdeje komodit. V zemědělských podnicích se v praxi nejčastěji setkáme s ručním vzorkovačem, vzorkovací jehlou viz obrázek 1.5.

Vzorkovací jehly s otevřenou rukojetí, ve kterých nejsou rozdělovací přepážky, mohou být použity pro odběr vzorků krmných směsí nebo zrna. Obsah vzorkovací jehly se vyprazdňuje vysypáním z rukojeti a tím dojde ke smísení jednotlivých vrstev, což neumožní vizuální kontrolu jednotlivých vrstev v místě vpichu (Herrman, 2001).



Obrázek 1.5: Ruční vzorkovač obilí a zrnin pro měření a monitoring skladovaného obilí (Herrman, 2001)

1.2.3 Technologie příjmu, čištění, sušení a skladování

Příjem obilí do linky pro posklizňovou úpravu probíhá přes příjmový koš, jehož velikost by měla být dostatečná pro příjem doručovaného nákladu. Dostatečná velikost je důležitá pro plynulý chod linky a zamezení prostojů dopravních prostředků, jak bylo vysvětleno na obrázku 1.3. Příjmové koše jsou zpravidla pro bezpečnost a zachycení hrubých předmětů opatřeny kovovými rošty. Příjmové koše rozdělujeme dle konstrukce na nadzemní, částečně zapuštěné do terénu nebo zcela přejezdné. Pro zajištění bezpečnosti potravin a krmiv musí být možné příjmové koše uzavřít (Martinek a Filip, 2012).

Dopravníky jsou dále zvoleny dle stavebního provedení příjmového koše. Nejčastěji se setkáme s provedením, kde příjmový dopravník prochází celou délkou příjmového koše. Převážně se jedná o řetězové dopravníky s unášecími kovovými nebo gumovými lopatkami (redlery). Příjmové redlery bývají často opatřeny frekvenčním měničem, pro úpravu rychlosti toku materiálu dále do linky. Pomocí regulace rychlosti příjmového dopravníku lze reagovat na různé přijímané komodity o různých parametrech. Jednotlivé komodity totiž mají rozdílné objemové hmotnosti, jinou velikost a tvar zrna, a proto je při změně komodity potřeba tuto rychlost regulovat.

Pro vertikální dopravu se nejčastěji využívají výtahy s kapsami uchycenými na speciálním plochem pásu, korečkové elevátory. Korečkový elevátor může mít i několik desítek metrů a jedná se o velice efektivní technologické zařízení, schopné přepravovat

i stovky tun materiálu za hodinu. Tento stroj poháněný elektromotorem je potřeba pravidelně kontrolovat a správně servisovat, pás, na kterém jsou uchyceny korečky má totiž tendenci se natahovat a pro stálou účinnost a výkonnost stroje je potřeba tyto servisní úkony dodržovat (Ústní sdělení, Karel Pešíček, technolog montáží Agrico s.r.o., 2023).

Použití konstrukčně jednoduchých a spolehlivých šnekových dopravníků je diskutabilní v případě přepravy materiálů, které by se při dopravě neměly poškodit nebo rozbit. Zatížení působící na zrno při přemísťování, způsobuje drobné i větší poškození obilí, což snižuje jeho biologickou a obchodní hodnotu. Stupněm poškození jednotlivých druhů zrn se tato práce nezabývá. (Dreszer, 2007).

Čištění a předčištění by mělo zahrnovat několik úrovní. Nejprve by mělo dojít k odstranění lehčích nečistot, než je zrno, tedy především prach, plevy a obalové materiály obilí nebo lehčí suchá stébla. Následovat by mělo odstranění feromagnetických nečistot. Tento stupeň čištění je velice často opomíjen, je však důležitý pro správný chod a delší životnost veškerých následných technologií.

Po odstranění lehkých a feromagnetických nečistot následuje v případě potřeby preciznějšího čištění síťová čistička, pomocí které třídíme vstupní materiál do tří hlavních frakcí. Přepad horních sít, které jsou převážně s kulatým děrováním, tvoří hrubé nevyužitelné nečistoty dále charakterizovány v České technické normě ČSN 46 1100-1. Materiál, který propadne horními sítí, putuje na další patro, které je tvořeno sítí s oválným děrováním. Oválné díry mají pro většinu základních surovin totožnou délku, ale liší se v šířce škvíry, která umožňuje propad menších příměsí a nečistot, než je zrno. Propad těchto spodních sít je tvořen dále využitelným odpadem, nejčastěji zlomky zrn, takový odpad je dále definován dle ČSN 46 1100-5. Poslední třetí frakci tvoří vyčištěný materiál. Množství odpadů a preciznost čištění lze tedy ovlivňovat volbou sít uložených v síťové čističce. Pro správné nastavení síťové čističky je potřeba znát vstupní parametry jednotlivých plodin abychom dosáhli požadovaného výsledku.

Sušení je potřeba pokud má zrno vyšší vlhkost, než při jaké je vhodné dlouhodobé skladování, tj. nad 14,5 % je potřeba jej vysušit. K sušení se využívají sušičky různých parametrů a různých mechanismů, sušící síla s celo provětrávanou podlahou, nebo pokud je vlhkost lehce nad přijatelnou hodnotou, to je do 15,5 % lze ji snížit intenzivním

provětráváním po uskladnění do zásobníků v kombinaci s občasným přepouštěním materiálu přes soustavu dopravníků. Tento způsob je v praxi poměrně častý, je však z více důvodů značně neekonomický.

Sušením pomocí teplovzdušných sušiček dochází ke konzervaci zrnin. Díky dosušení přebytečného obsahu vody se zpomalí biochemické procesy a takové zrno můžeme skladovat dlouhodobě (Maleř, 1996).

Skladujeme vždy vyčištěné a suché komodity k tomuto účelu vhodných zásobnicích, nebo v halových skladech. Skladovací zásobníky nebo prostory halových skladů by měly mít vhodné parametry, které zajistí zdravotní nezávadnost surovin, zabrání kontaminaci vnějšími nežádoucími látkami či šíření plísní a jejich mykotoxinů, zabrání výskytu a rozvoji skladištních škůdců (Martínek a Filip, 2012).

Skladovací prostory jsou zpravidla vybaveny snímači teploty a dodatečně také senzory měřícími CO₂. Dle hodnot CO₂ lze dále určovat zdravotní stav obilné masy. Uskladněné komodity by mělo být možné provětrávat a skrze tento provětrávací systém také chladit.

Podle tabulky 1.2 můžeme s velkou přesností přepočítat hodinové výkony dopravníků a celkové potřebné kapacity pro uskladnění materiálů s různou objemovou hmotností.

Tabulka 1.3: Objemové hmotnosti komodit (NEUERO-farm. de, 2023)

Bob obecný	850 kg/m ³	Pohanková mouka	350 kg/m ³
Fazole	650 kg/m ³	Proso	800 kg/m ³
Hrách	850 kg/m ³	Proso mouka	450 kg/m ³
Hrachová mouka	450 kg/m ³	Pšenice měkká	780 kg/m ³
Hrachové otruby	250 kg/m ³	Pšenice tvrdá	850 kg/m ³
Ječmen hnědý	720 kg/m ³	Pšeničná mouka, hladká světlá	600 kg/m ³
Ječmen krmný	660 kg/m ³	Pšeničné otruby hrubé	250 kg/m ³
Ječná mouka	400 kg/m ³	Pšeničné otruby jemné	350 kg/m ³
Ječné otruby	250 kg/m ³	Pšeničný šrot hrubý	520 kg/m ³
Ječný šrot	600 kg/m ³	Pšeničný šrot jemný	600 kg/m ³
Krmné vápno	1800 kg/m ³	Rybí moučka	750 kg/m ³
Kukuřice drobnozrná	880 kg/m ³	Rýže	750 kg/m ³
Kukuřice velkozrná	800 kg/m ³	Rýžová mouka	450 kg/m ³
Kukuřičná krupice	650 kg/m ³	Řepka	600 kg/m ³
Kukuřičná mouka	300 kg/m ³	Slad, suchý	500 kg/m ³
Kukuřičné otruby	300 kg/m ³	Sladová moučka	630 kg/m ³
Len	850 kg/m ³	Sladový šrot	400 kg/m ³
Obilí	600 kg/m ³	Slunečnicová semena	350 kg/m ³
Olejnata semena	700 kg/m ³	Sója	700 kg/m ³
Otruby	300 kg/m ³	Sójová mouka	420 kg/m ³
Oves	500 kg/m ³	Sójový šrot	550 kg/m ³
Ovesná mouka	500 kg/m ³	Travní semeno	160 kg/m ³
Ovesné otruby	350 kg/m ³	Žitná mouka	550 kg/m ³
Pivovarský ječmen, suchý	550 kg/m ³	Žitné otruby hrubé	320 kg/m ³
Pivovarský ječmen, vlhký	900 kg/m ³	Žitné otruby jemné	380 kg/m ³
Pohanka	650 kg/m ³	Žito	700 kg/m ³

1.2.4 Možnosti skladování a limitující faktory

Limitující faktory lze dle Sychry (2001) klasifikovat následovně:

- a) teplota, která by v ideálním případě měla být pod 14 °C,
- b) vlhkost maximálně 14,5 %,
- c) čistota zaručující potřebné dýchání zrna,
- d) mechanický stav zrna, nepoškozené zrno je méně náchylné k rozvoji nežádoucích biochemických procesů a
- e) chemické složení zrna, především obsah tuku.

Obsahují-li skladované komodity nadměrné množství vody, hrozí nebezpečí rozvoje plísní a jejich mykotoxinů. Počátek rozvoje plísní hrozí již při 65–70% relativní vlhkosti vzduchu. Optimální teploty rozvoje nežádoucích biochemických procesů se pohybují především mezi 25 a 32 °C. Při teplotách nižších než 14 °C a vyšších než 42 °C k jejich rozvoji zpravidla nedochází. Většina skladištních škůdců hyne při teplotách

pod 5 °C a nad 45 °C. Optimální relativní vlhkost vzduchu se u většiny druhů pohybuje kolem 70 %, přičemž minimum je 25–40 % a maximum 80–100 % (Gewinner, 1996).

Vlivem růstu celosvětové populace roste také poptávka po potravinách a jejich nedostatek představuje jeden z hlavních problémů lidstva. Je proto alarmující, že více než třetina vypěstovaných potravin se vyplývá a ztratí již při posklizňové úpravě. Podařilo se snížit tyto ztráty především v rozvojových zemích, mohlo by to tuto situaci odlehčit a zároveň zvýšit produkci a efektivitu potravinářské výroby. U obilovin jsou zaznamenány nejvyšší posklizňové ztráty z hlediska výživové hodnoty. Znehodnoceno může být 50–60 % produkce z důvodu špatné technologické efektivity. Aplikováním a dodržováním zásad a metod, získaných vědeckými pracemi můžeme tyto ztráty snížit až na hodnotu pouze okolo 2 % (Kumar a Kalita, 2017).

1.2.5 Posklizňové dozrávání

Od sklizně až po dobu fyziologické zralosti dochází u obilí ke změnám specifických vlastností, jako je klíčivost nebo technologická jakost. Procesy souhrnně nazýváme jako posklizňové dozrávání. Proces je dále doprovázen snižováním obsahu rozpustných látek a celkově převládají syntetické procesy, které v průběhu zrání ztrácejí na intenzitě. Všechny biochemické procesy doprovází vylučování a vypařování vody. Vlivem intenzivního dýchání může docházet o tzv. opocení, které je potřeba eliminovat aktivním větráním nebo pohybem uskladněné masy přes systém dopravníků (Martinek a Filip, 2012).

Čas potřebný k úplnému dozrání zrna závisí na několika faktorech:

- a) celková čistota skladované obilné masy – obilné zrno je velice dobrým vodičem vlhkosti a tepla, proto se za vhodných podmínek jednoduše vypořádá s posklizňovým dozráváním, jedná se zde především o čistotu od prachu, který zanáší póry jednotlivých zrn a znemožňuje tak efektivní dýchání,
- b) vlhkost zrna – voda proudí zrnem z endospermu směrem k obalovým vrstvám a pórům, čím více vody zrno obsahuje, tím je dýchání intenzivnější, s postupným snižováním vlhkosti intenzita dýchání také klesá,
- c) technologie provětrávání a chlazení skladovaného materiálu – aby bylo dosaženo efektivního a bezpečného dozrávání skladovaného materiálu, musíme tento materiál provětrávat dostatečným množstvím vzduchu, který přebytečnou vlhkost odnese z povrchu zrna.

Aktivní větrání má žádoucí i nežádoucí účinek:

- a) žádoucí spočívá v upravení vlhkosti uskladněného materiálu a zamezení nežádoucími procesům,
- b) nežádoucím důsledkem dlouhodobého aktivního větrání je nezanedbatelný hmotnostní úbytek uskladněného materiálu, protože s vlhkostí odchází také hmotnost.

Aktivní větrání je dlouhodobější proces, při kterém se snažíme především co nejrychleji snížit teplotu obilné masy. Do uskladněného materiálu však vháníme neupravený venkovní vzduch, který nemusí mít ideální parametry na to, aby uskladněný materiál zchladil na žádoucích 14°C. Nezchlazený materiál musíme ihned od naskladnění provětrávat, aby nedošlo k samozáhřevu.

Zda je vhodné v určitou chvíli uskladněné komodity provětrávat nám určuje tabulka 1.3. Obilí můžeme provětrávat vzduchem s jakoukoliv relativní vlhkostí, ale pouze v případě, je-li tento vzduch nejméně o 5 °C chladnější než provětrávané zrno. Je potřeba také počítat s tím, že vzduch se průchodem přes ventilátor otepluje o 1-2 °C, proto musí být rozdíl teplot minimálně 7 °C. Zásadní je, aby studené obilí nebylo nikdy provětráváno teplým vzduchem, mohlo by totiž dojít ke kondenzaci vody na povrchu zrna a tím by mohl být spuštěn nežádoucí samozáhřev. Informace jsou získány ústním sdělením od Klause Meyera (manažer firmy NEUERO farm und Fördertechnik GmbH, 2022).

Tabulka 1.4: Tabulka vhodnosti aktivního větrání (NEUERO-farm.de, 2023)

	Venkovní vzduch studenější než obilí					±0°	Venkovní vzduch teplejší než obilí				
	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°		+1°	+2°	+3°	+4°	
	Nejvyšší hodnoty relativní vzdušné vlhkosti venkovního vzduchu (%)										
Teplota obilí (°C)	-10	x	x	98,2	89,7	82,0	75,0	68,9	62,8	57,6	52,8
	-9	x	x	98,0	89,6	81,9	75,0	68,8	62,9	57,6	52,9
	-8	x	x	97,8	89,5	81,9	75,0	68,8	63,0	57,8	53,1
	-7	x	x	97,7	89,4	81,8	75,0	68,8	63,1	57,9	53,2
	-6	x	x	97,6	89,3	81,8	75,0	68,8	63,2	58,0	53,3
	-5	x	x	97,5	89,2	81,7	75,0	68,8	63,2	58,0	53,4
	-4	x	x	97,2	89,1	81,7	75,0	68,9	63,3	58,1	53,5
	-3	x	x	97,1	89,1	81,7	75,0	68,9	63,3	58,3	54,1
	-2	x	x	97,0	89,0	81,6	75,0	68,9	63,4	58,9	54,9
	-1	x	x	96,8	88,9	81,6	75,0	69,0	64,1	59,7	55,5
	0	x	x	95,5	88,6	81,5	75,0	69,5	64,8	60,3	56,3
	1	x	x	95,4	87,7	80,8	75,0	69,7	64,9	60,5	56,5
	2	x	x	94,2	86,7	80,7	75,0	69,8	65,0	60,8	56,6
	3	x	x	93,3	86,6	80,6	75,0	69,9	65,1	60,8	56,7
	4	x	100,0	92,9	86,5	80,5	75,0	69,9	65,2	60,8	56,7
	5	x	99,6	92,8	86,4	80,5	75,0	69,9	65,2	60,8	56,8
	6	x	99,5	92,7	86,3	80,4	75,0	70,0	65,3	60,9	56,9
	7	x	99,4	92,6	86,2	80,4	75,0	70,0	65,4	61,1	57,0
	8	x	99,2	92,5	86,1	80,3	75,0	70,0	65,5	61,1	57,2
	9	x	98,9	92,3	86,0	80,3	75,0	70,0	65,5	61,2	57,3
	10	x	98,8	92,1	86,0	80,3	75,0	70,1	65,6	61,3	57,4
	11	x	98,6	92,0	86,0	80,3	75,0	70,1	65,6	61,4	57,5
	12	x	98,3	91,9	85,9	80,2	75,0	70,1	65,7	61,5	57,6
	13	x	98,2	91,8	85,7	80,2	75,0	70,2	65,7	61,6	57,7
	14	x	98,0	91,5	85,6	80,1	75,0	70,2	65,8	61,6	57,8
	15	x	97,8	91,4	85,6	80,1	75,0	70,2	65,8	61,7	57,9
	16	x	97,7	91,3	85,5	80,0	75,0	70,2	65,9	61,8	58,0
17	x	97,6	91,2	85,5	80,0	75,0	70,3	65,9	61,9	58,1	
18	x	97,3	91,1	85,4	80,0	75,0	70,3	66,0	62,0	58,2	
19	x	97,1	91,0	85,3	79,9	75,0	70,3	66,0	62,0	58,3	
20	x	97,0	90,9	85,2	79,9	75,0	70,4	66,1	62,1	58,4	
21	x	96,8	90,8	85,2	79,9	75,0	70,4	66,1	62,2	58,4	
22	x	96,7	90,7	85,1	79,9	75,0	70,4	66,2	62,2	58,5	
23	x	98,5	90,6	85,0	79,8	75,0	70,4	66,2	62,3	58,6	
24	x	96,4	90,5	84,9	79,8	75,0	70,5	66,3	62,4	58,7	
25	x	96,3	90,4	84,9	79,8	75,0	70,5	66,3	62,4	58,8	
26	x	96,1	90,3	84,8	79,7	75,0	70,6	66,4	62,5	58,9	

Podle ústního sdělení Reinharda Kappise (manažer obchodu FrigorTec GmbH, 2023) je posklizňové dozrávání neboli intenzivní dýchání a uzavírání pórů zrna pro následné technologické vlastnosti zrn důležité, nese s sebou ale nežádoucí efekt, a sice nezanebatelný hmotnostní úbytek. Hmotnostnímu úbytku skladované masy lze značně zabránit včasným zchlazením skladované komodity. Ke zchlazení by mělo dojít nejpozději do 21 dní od uskladnění, protože většina skladištních škůdců – brouků se vyvíjí

velice rychle, a sice do 24 dní za ideálních podmínek. Z této informace vyplývá, že se na kvalitativních i kvantitativních ztrátách na uskladněném materiálu podílejí také tito škůdci.

Jaký efekt a přínos má samotné zchlazení pomocí technologického zařízení je nejlépe zřetelné z následujícího výpočtu podle Kolba (2022):

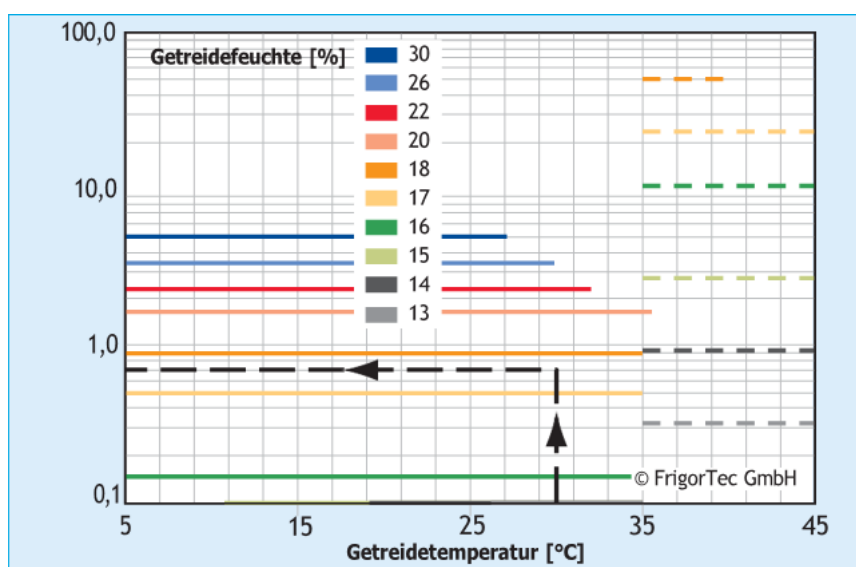
- druh plodiny = pšenice potravinářská
- vlhkost plodiny = 14,5 %
- teplota plodiny = 30 °C
- průměrná tržní cena plodiny = 7500 Kč/tuna (průměr roku 2022)
- doba skladování = 4 měsíce (120 dní)
- celkové skladované množství = 10000 tun

$$\text{ztráta sušiny} = \frac{\text{produkce tepla (MJ/t za den)} \cdot \text{doba skladování (dny)} \cdot \text{skladované množství}}{15000 \text{ (MJ na tunu)}} \quad (\text{Příklad: 1.1})$$

$$\text{ztráta sušiny} = \frac{0,8 \cdot 120 \cdot 10000}{15000}$$

$$\text{ztráta sušiny} = 64 \text{ tun}$$

Graf 1.1: Určení hodnoty produkce tepla (Kolb, 2022)



Skladujeme-li tedy obilí nevhodným způsobem, způsobujeme tím velké materiální i finanční ztráty. V tomto případě se pomocí příkladu 1.1 dostaneme ke ztrátě 64 tun

obilí, což při uvedené ceně 7500 Kč/tuna znamená ztrátu 480000 Kč. Dosáhneme-li však dlouhodobého skladování při teplotě nižší než 10 °C, jsou tyto ztráty podle Kolba (2022) eliminovány téměř na nulu.

Při ceně elektrické energie 6000 Kč za MWh (březen 2023) a celkové spotřebě 17,2 MWh na chlazení 10000 tun obilí činí náklady na toto uchlazení 103200 Kč.

1.3 Energetická náročnost posklizňového ošetření zrnin

Energetickou náročnost v tomto smyslu chápeme jako celkovou spotřebu energie použitou pro uskladnění určitého množství sklizeného materiálu.

Prvním a zároveň nejvíce ovlivňujícím faktorem je počasí, které působí na veškeré procesy v zemědělství. Velkou roli v celkové energetické náročnosti hraje také lidský faktor, který může nepřímo zmírňovat vliv počasí správnou skladbou technologického zařízení.

Toro et al, (2012) vytvořil simulaci vlivu počasí na celkové náklady spojené se sklizní v uplynulých 30 letech. Pro tento model byly využity historické údaje o počasí ze Stockholmu ve Švédsku. Hlavní zjištění získaná simulací byla, že vhodná doba pro sklizeň je vysoce závislá na maximální vlhkosti zrna, které vykazuje velké roční rozdíly. Pro dokončení sklizně ve většině let je nutné sklízet při maximální vlhkosti 22-24 %. Průměrná vlhkost sklizeného zrna byla však mnohem nižší, přibližně 17-18 %. Celkové náklady na sklizeň byly odhadnuty na přibližně 140 €/ha u systémů, které fungovaly poměrně dobře, tj. s denní kapacitou sklizně 4-5 % plochy obilovin a sklízeli při maximální vlhkosti 22-24 %. Hlavními zdroji ročních změn nákladů byly jednak náklady spojené s načasováním a jednak náklady na sušení.

V Africe představuje celková spotřeba komerční energie využívaná pro posklizňovou úpravu a výrobu potravin 22 % z celkově vyrobené elektrické energie. Na Blízkém Východě je pro stejné účely využíváno až 80 % komerční elektřiny. Spotřeba elektrické energie je zároveň závislá na různých dílčích úrovních posklizňové úpravy (Parikh a Syed, 1988).

Výzkum úspory energie v procesu čištění během posklizňové úpravy byl proveden pomocí teoretické matematické metody plánování (MEP). Výsledkem výzkumu byly adekvátní rovnice druhého řádu, které dále umožňují určit minimální měrnou spotřebu

elektrické energie potřebnou pro zajištění požadované kvality vyčištěného zrna. Výsledek výzkumu vedl k vypracování norem měrné spotřeby elektrické energie, vycházejících z tohoto výzkumu a sloužících pro hodnocení úspor energie v procesu posklizňového ošetření (Bazaluk, 2022).

1.3.1 Trendy v oblasti snižování energetické náročnosti

Významnou roli ve snižování energetické náročnosti posklizňového ošetření hraje použité technologické zařízení. Aspirační čistička viz obrázek 1.6, je kompaktní, konstrukčně jednoduché zařízení, které se sestává z aspirační skříně. Aspirační box se sestává z tříúrovňové kaskády plechů, přes které zrno přepadá a vzniká zde prostor pro profouknutí vzduchem pomocí odtahového ventilátoru.



Obrázek 1.6: Aspirační předčistička NDV 40/60 (Foto autor)

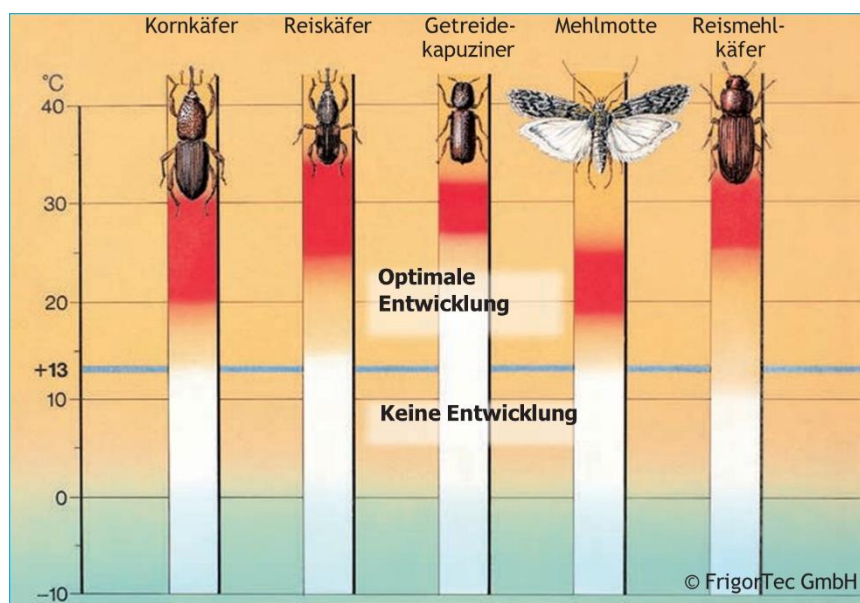
Velice významnou roli ve snižování energetické náročnosti hraje chladicí zařízení GRANIFRIGOR™. U této technologie je při posuzování úspory energie potřeba uvažovat v širších souvislostech.

Obilí patří mezi nejdůležitější komodity pro výrobu potravin. Na pěstování a sklizeň se klade velký důraz avšak podle organizace OSN pro výživu a zemědělství dochází celosvětově k více než 20% ztrátám vypěstovaného obilí (FAO, 2011). Největší podíl

na těchto ztrátách má rozvoj skladištních škůdců a plísní během skladování. Účinným ochlazením pomocí GRANIFRIGOR™, lze těmto ztrátám prokazatelně zabránit (Kolb, 2022).

Chlazení je neekonomičtější a zároveň nejúčinnější způsob konzervace zrna. Chlazením zůstávají všechny živiny zachovány, nedochází k napadení zrna plísněmi a rozvoji mykotoxinů. Ztráty způsobené škůdci jsou také zcela vyloučeny (Rudoy, 2021).

Za optimálních podmínek trvá vývojový cyklus skladištních brouků a můr od vajíčka po dospělého přibližně 18-25 a 28-35 dní u můr. Za nepříznivých podmínek se tato doba může prodloužit až na několik měsíců (Gewinner, 1996). Z toho důvodu je potřeba skladovaný materiál co nejdříve schladit na teplotu pod 13 °C, při které nedochází k rozvoji skladištních škůdců, viz obrázek 1.7.



Obrázek 1.7: Vliv teploty na rozvoj některých skladištních škůdců (Kolb, 2022)

Hodnota teploty (°C) na ose X znázorňuje optimální podmínky pro vývoj a rozmnožování některých druhů skladištních škůdců, zleva: Pilous černý, Pilous rýžový, Korovník obilní, Zavíječ moučný, Potemník skladištní. Pod hodnotou + 13 °C nedochází k dalšímu vývoji těchto škůdců.

2 Cíl bakalářské práce

Hlavním cílem této práce je porovnání efektivity a energetické náročnosti procesu posklizňové úpravy ječmene jarního odrůdy Bente určené pro krmné účely.

3.3 Odběr vzorků

Odběr vzorků pro porovnání linek probíhal v rozmezí 2. – 17. srpna 2022. Vzhledem k tomu, že se jedná o porovnání dvou různých linek pro posklizňovou úpravu, probíhal odběr střídavě na obou těchto linkách, dle aktuálních polních podmínek a vytiženosti dané linky.

Z volně loženého materiálu se odběr provádí vždy z horní, střední i spodní vrstvy. Odebíráme-li vzorek z celkového množství do 15 tun, provedeme 5 odběrů, při odběru vzorků z celkového množství 15–30 tun potřebujeme provést 8 odběrů a odběr z 30 a více tun provádíme na 11 místech (Maleš, 1996).

Po příjezdu čerstvě vymláčeného obilí z pole jsem tedy provedl odběr vzorků k tomuto účelu určenou vzorkovací jehlou (Obrázek 1.5). Vzorkovací jehla je certifikovaným prostředkem pro odběr vzorků z volně loženého nákladu. V obou případech se jednalo o model s délkou 2000 mm, pomocí kterého lze na jeden vpich odebrat vzorek o hmotnosti 800 g. Pomocí vzorkovací jehly jsem tedy jedním vpichem odebíral vzorek o hmotnosti 650–800 g podle výšky vrstvy volně loženého materiálu. Jednotlivé vpichy jehlou byly provedeny šachovnicovým způsobem z celého nákladního prostoru dopravního prostředku, který tuto várku převážel.

Vzorky jsem průběžně odebíral z celkového množství 1000 tun přijímaného materiálu.

3.3.1 Příprava vzorku k vyhodnocení

Odebrané dílčí vzorky jsem sbíral do větší nádoby, kyblíku, tak abych je mohl následně dostatečně homogenizovat. Po promísení dílčích vzorků jsem z tohoto celkového množství odvážil laboratorní vzorek o hmotnosti 1000 g. Laboratorní vzorky jsem uchovával v předem připraveném a popsaném papírovém sáčku a takto je přepravoval do univerzitní laboratoře.

3.3.2 Analýza vzorků v laboratoři

Samotná analýza vzorků probíhala částečně přímo na dané posklizňové lince a následně také v laboratoři na Katedře rostlinné výroby Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Kontrola vzorků v místě odběru se skládala ze sensorického hodnocení a měření vlhkosti. Sensoricky bylo hodnoceno **celkové znečištění** dané partie, **barva zrna a vůně**.

Celkové znečištění bylo hodnoceno pouze pohledem na vysypanou partii v příjmovém koši. Zhodnocení celkového znečištění bylo dále uplatněno při nastavování čističek. Posouzení barvy a vůně bylo provedeno po odebrání a homogenizaci vzorků mimo příjmovou část linky za vhodných světelných podmínek při denním světle. Vůně byla posuzována z důvodu odhalení porostlosti obilí a dalších případných nežádoucích vad. Obilí bylo promnuto v dlaních a mírně zahřáto, vyšší teplotou byla rozvinuta intenzivnější vůně posuzovaného vzorku.

Vlhkost byla stanovována pomocí provozního vlhkoměru na obilí HE 50 BT od výrobce Pfeufer. Pro kontrolu měřena pro každou várku zvlášť, aby se obsluha mohla rozhodnout, jak s tímto materiálem bude dále zacházeno. Obě posuzované posklizňové linky ve své soustavě obsahují kontinuální průtokovou věžovou sušičku a manipulační zásobníky. Kdyby se tedy jednotlivé várky výrazně lišily ve vlhkostních parametrech, lze na to snadno zareagovat a takovou várku dosušit nebo dočasně uskladnit v tomto manipulačním zásobníku a následně pružně určit, jak se s takovou várkou bude dále nakládat.

Objemová hmotnost byla stanovena u vzorku o hmotnosti 350 g pomocí přístroje GAC500 XT (DICKEY-john) viz obrázek 3.2, pro stanovení vlhkosti, objemové hmotnosti a teploty.



Obrázek 3.2: Přístroj GAC500XT (Foto autor)

Hmotnost tisíce zrn (HTZ) byla stanovena z homogenního laboratorního vzorku pro 2x 500 zrn na přístroji Contador 2 (Pfeufer), viz obrázek 3.3 a po dokončení počítání jsem odměřené množství zvážil pomocí laboratorní váhy (Obrázek 3.4)



Obrázek 3.3: Přístroj Contador 2 (Foto autor)

Množství příměsí a nečistot jsem stanovoval ručním tříděním a vážením jednotlivých složek vzorků. Příměsí a nečistoty jsou podle ČSN 46 1100-2 definovány následovně:

- a) příměsí jsou zlomky zrn, scvrklá zrna, zrna jiných obilovin, zrna poškozená škůdci, zrna se změnou barvy klíčku, tepelně poškozená zrna a porostlá zrna,
- b) nečistoty jsou cizí semena, poškozená zrna, námel, a cizí látky (Sedláčková a Jirsa, 2015).

Třídění jednotlivých složek vzorku jsem prováděl z celkového množství 100 g a takto vytříděné množství jsem následně znovu převážil.



Obrázek 3.4: Laboratorní váha (Foto autor)

3.4 Vyhodnocení energetické náročnosti

Informace o technologiích a jejich parametrech jsem získal z konkrétních elektro projektů obou linek. Pro vyhodnocení energetické náročnosti linky bylo potřeba zaznamenat počet kusů technologických zařízení s trvalým chodem motorů během naskladňování obilí, výkony motorů těchto zařízení v kW a výkon přepraveného materiálu v tunách za hodinu. Z těchto údajů jsem následně vypočítal celkový počet hodin chodu jednotlivých motorů.

Pro zaznamenání potřebných hodnot k získání celkového přehledu o energetické náročnosti předmětné části posklizňové linky bylo potřeba pomocí trojčlenky přepočítat, za kolik hodin přes danou soustavu linky projde 1000 tun materiálu. Vypočítané hodiny jsem v tabulce následně vynásobil spotřebou elektrické energie jednotlivých technologických zařízení a tím jsem získal celkovou spotřebu kWh konkrétních strojů. Po sečtení jednotlivých spotřeb kWh jsem získal údaj, kolik elektrické energie je potřeba pro uskladnění 1000 tun obilí.

3.5 Statistické vyhodnocení získaných dat

Hodnoty získané během terénního a laboratorního výzkumu byly zaznamenávány pomocí tabulek v programu Microsoft Excel. U vzorku ječmene jarního byly vypočítány aritmetické průměry se směrodatnými odchylkami. Získané výsledky byly vyhodnoceny analýzou rozptylu v programu Statistika 12

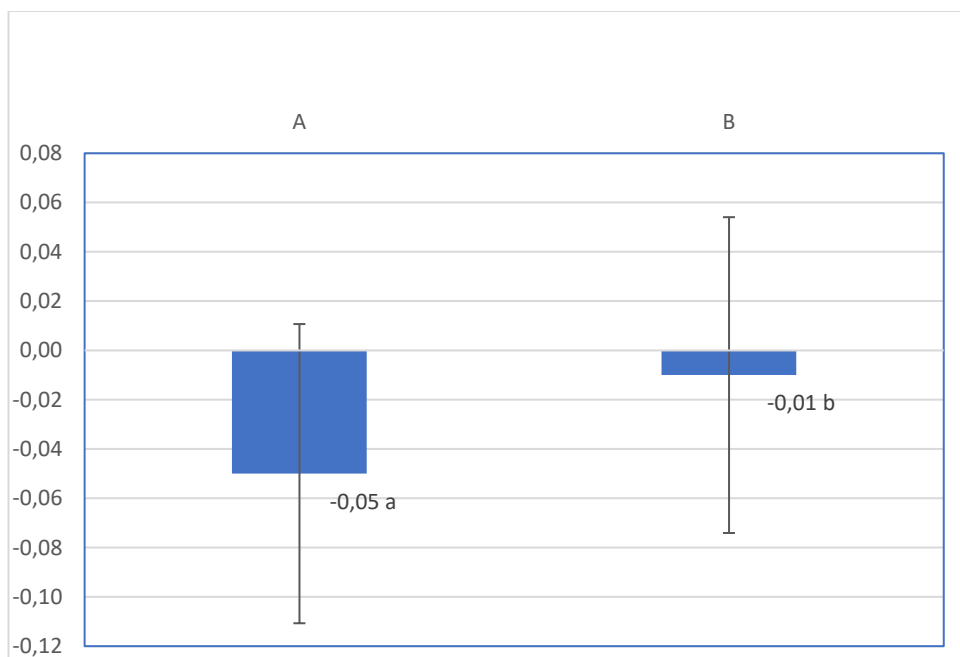
4 Výsledky

Posklizňová linka A je charakterizována aspirační čističkou NDV 40/60 výrobce NEUERO Farm und Fördertechnik GmbH. Posklizňová linka B má ve své soustavě zařazenou síťovou čističku PETKUS U12 od výrobce PETKUS Technologie GmbH.

4.1 Vlhkost

Graf 1.4 znázorňuje naměřené hodnoty vlhkostí sklizeného ječmene. Do grafu je zanesen rozdíl průměrných naměřených hodnot, které byly zaznamenávány před a po čištění na posklizňových linkách A a B. Mezi linkami byl statisticky průkazný rozdíl ($P = 0,049737$). Vlhkost byla během čištění na lince A snížena o 0,05 % zatímco na lince B se vlhkost snížila o 0,01 %. Tento výsledek odpovídá principu fungování aspirační čističky, kdy je materiál čištěn na třístupňové kaskádě aspirační skříně pomocí proudu vzduchu, který kromě nečistot odnáší také přebytečnou vlhkost z povrchu zrna.

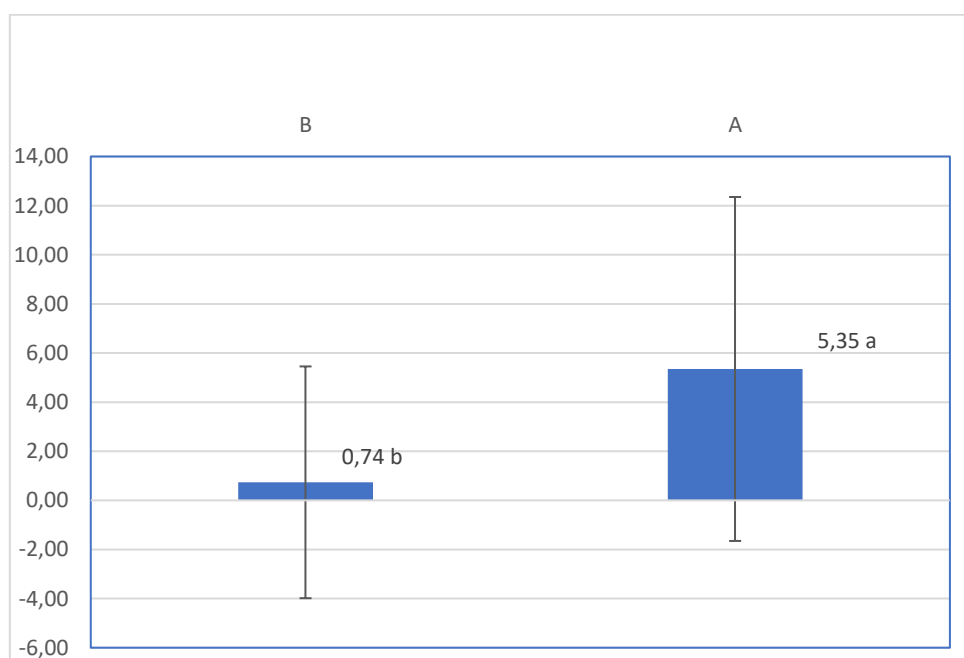
Graf 4.1: Rozdíl průměrných naměřených hodnot vlhkosti (%) zrna ječmene vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce (odlišná malá písmena ukazují statisticky průkazný rozdíl)



4.2 Objemová hmotnost

Z grafu 4.2 je patrné, jaký efekt mělo čištění na objemovou hmotnost posklizňově ošetřeného materiálu. Na lince A byla pomocí čištění zvýšena objemová hmotnost ze 617 kg/m^3 na 670 kg/m^3 , a sice o cca 8,5 %. Čištěním na lince B byla objemová hmotnost zvýšena z 579 kg/m^3 na 587 kg/m^3 , a sice o cca 1,4 %. Vliv způsobu čištění na objemovou hmotnost byl statisticky průkazný ($P = 0,01926$).

Graf 4.2: Nárůst objemové hmotnosti (kg/m^3) ječmene vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce (odlišná malá písmena ukazují statisticky průkazný rozdíl)

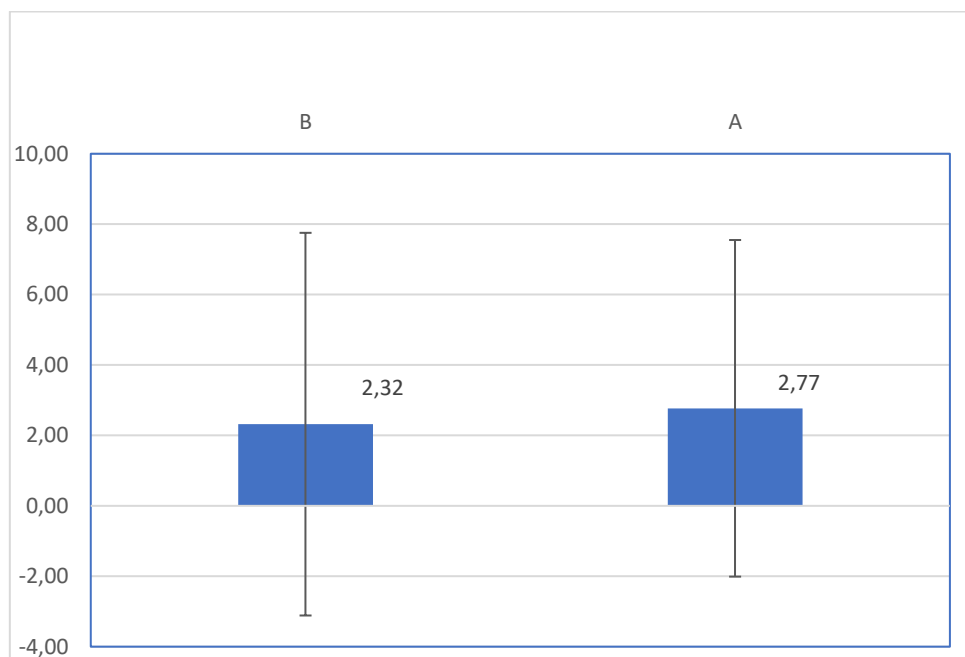


4.3 Hmotnost tisíce zrn

Rozdíl v naměřených hodnotách HTZ mezi čističkami není statisticky průkazný ($P = 0,782474$), viz graf 4.3. U hmotnosti tisíce zrn se dalo předpokládat, že výsledek obou linek bude podobný, protože byla posuzována stejná odrůda ječmene, Bente.

Pro stanovení HTZ se používají vzorky vyčištěné od příměsí a nečistot, tedy celá zrna. Tato hodnota je ale ovlivněna jinými faktory, než je posklizňové ošetření. Průměrná hodnota HTZ po vyčištění byla na lince A $54,1 \text{ g}$ a na lince B $52,7 \text{ g}$.

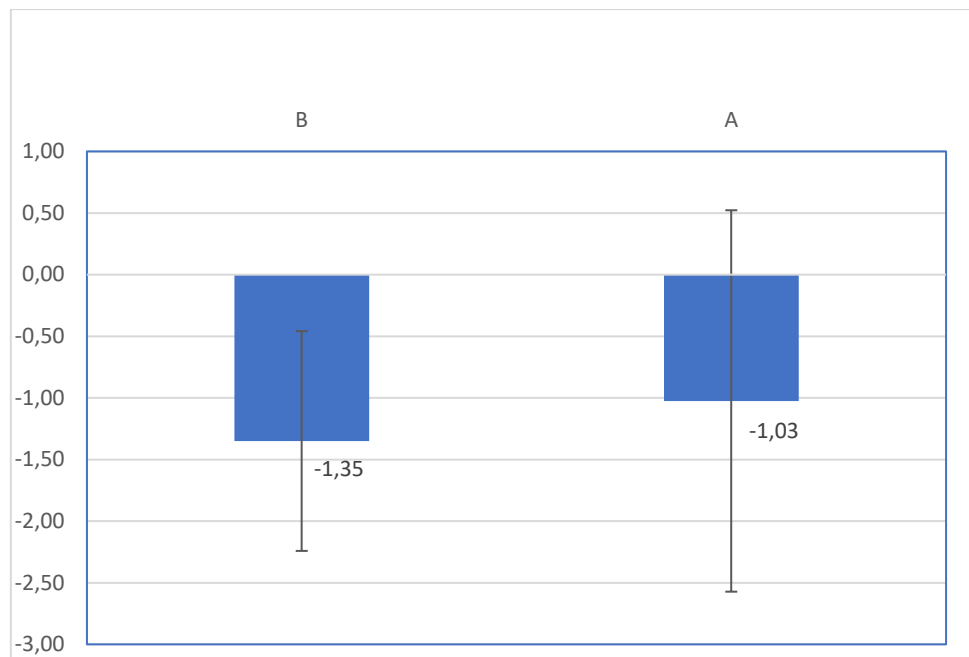
Graf 4.3: Rozdíl v HTZ (g) ječmene před a po čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce



4.4 Celkové příměsi

Graf 4.4 uvádí úbytek celkových příměsí, ale vzhledem k charakteru těchto složek a principu fungování jednotlivých čističek může být tento výsledek zavádějící. Na lince A byly celkové příměsi redukovány o 1,03 % a na lince B o 1,35 %. Vliv způsobu čištění na tento parametr nebyl statisticky průkazný ($P = 0,322264$), proto byly příměsi dále rozděleny na zrno s osinou viz graf 4.5 a zlomky zrn viz graf 4.6.

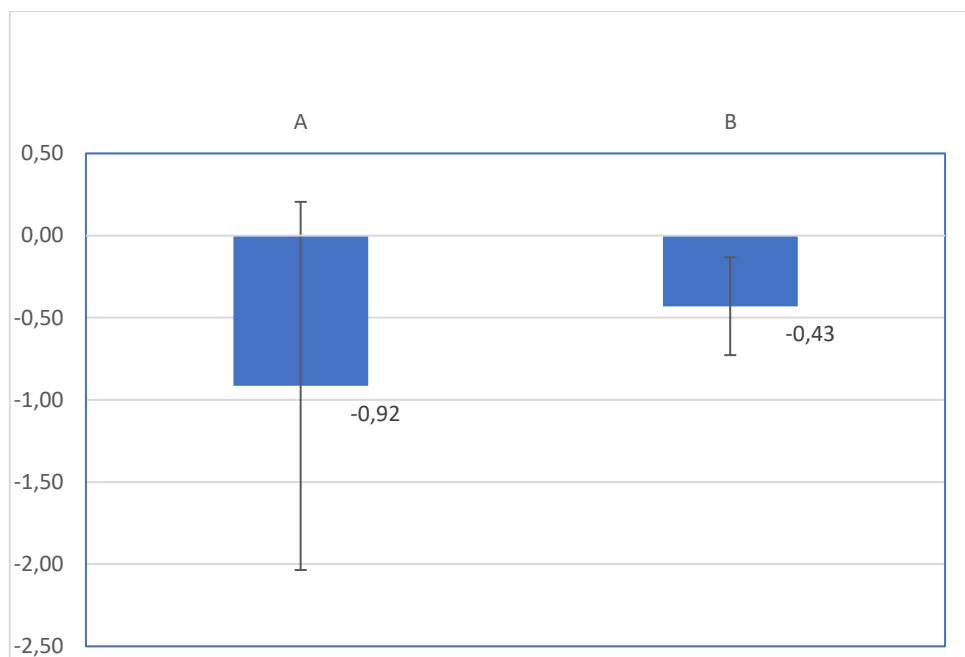
Graf 4.4: Porovnání úbytku celkových příměsí (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističe



4.5 Zrno s osinou

Úbytek podílu zrna s osinou ve vyčištěném materiálu byl snížen o 0,92 % na lince A a o 0,43 % na lince B viz graf 4.5. Výsledky naměřených hodnot u zrna s osinou, jedné ze složek celkových příměsí jsou patrné, avšak rozdíl statisticky prokázáný nebyl ($P = 0,055033$). Hodnota průkaznosti je však velmi blízko průkazné hranice ($P=0,05$).

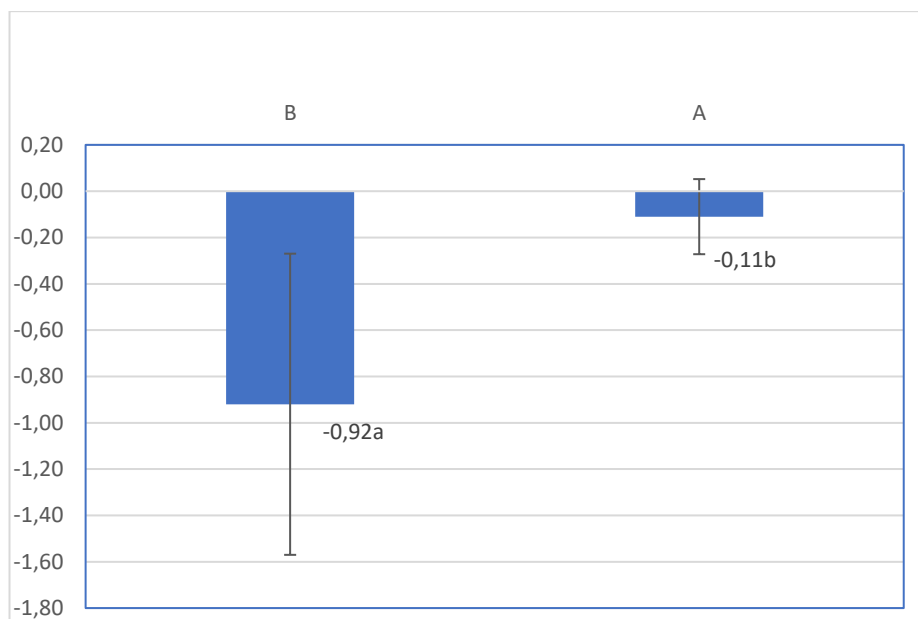
Graf 4.5: Porovnání úbytku podílu zrn s osinou (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce



4.6 Zlomky

Zlomky jsou z fyzikálního hlediska těžší částice, které nelze aspirovat pomocí vzduchové čističky, ideální vyčištění materiálu od zloмок může být docíleno pomocí síťové čističky linky B. Vyčištěním zloмок na lince B se jejich podíl v celkovém množství uskladněného materiálu snížil o 0,93 %, zatímco na lince A pouze o 0,11 % viz graf 4.6. Mezi čističkami linek A a B byl průkazný statistický rozdíl ($P=0,000004$) v čištění zloмок.

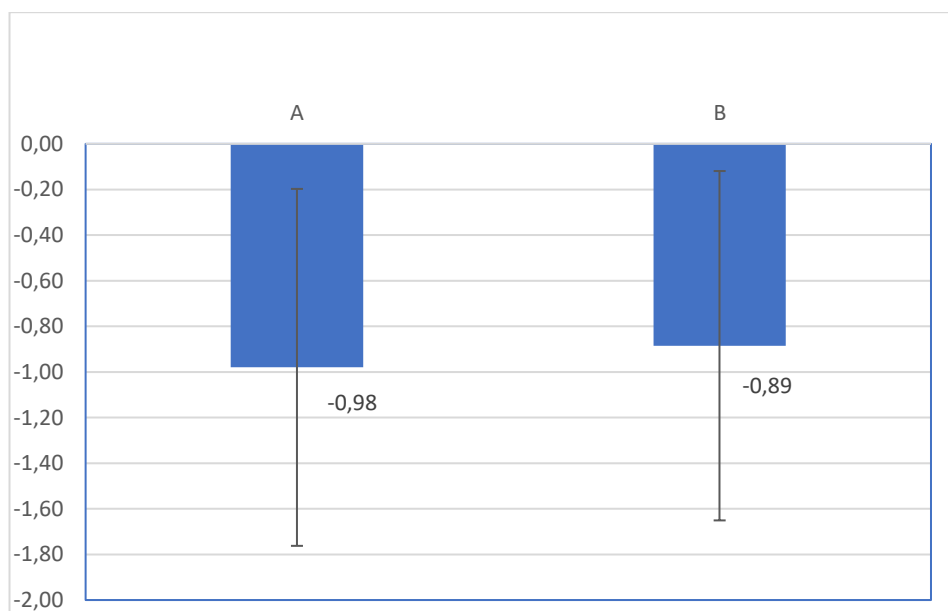
Graf 4.6: Porovnání úbytku zlomků (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce (odlišná malá písmena ukazují statisticky průkazný rozdíl)



4.7 Nečistoty

U celkových nečistot klesl jejich podíl ve vyčištěné obilní mase o 0,98 % na aspirační čističce linky A a o 0,89 % pomocí síťové čističky linky B. U nečistot nebyl prokázán statisticky rozdíl ($P = 0,700161$) viz graf 4.7.

Graf 4.7: Porovnání úbytku celkových nečistot (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce



4.8 Energetická náročnost posuzovaných posklizňových linek

V tabulkách 4.1 a 4.2 jsou uvedeny reálné hodnoty spotřebované elektrické energie u jednotlivých strojů posklizňových linek A a B. Ze získaných údajů vyplývá, že pro samotné vyčištění stejného množství materiálu je v případě linky A s aspirační čističkou potřeba zhruba 100 kWh, a v případě linky B se sítovou čističkou cca 512 kWh. Linka A tedy na stejné množství vyčištěného materiálu spotřebovala o cca 19,5 % méně elektrické energie. Porovnání celkové spotřeby elektrické energie je v tomto případě irelevantní. Uspořádání linek A a B je rozdílné, pro naskladnění obilí tedy potřebují technologie s jinými parametry.

Tabulka 3.1: Předmětné technologie posklizňové linky A

	Technologie pro naskladnění zrna	Počet kusů	Výkon v kW	Výkon v t/hod.	Počet hodin chodu motorů	Celková reálná spotřeba energie
1.	Korečkový elevátor	1	2,2	40	25	55
2.	Aspirační čistička NDV 40/60	1	4,0	40	25	100
3.	Redler	1	1,1	40	25	27,5
4.	Korečkový elevátor	1	3,0	40	25	75
5.	Redler	1	7,5	40	25	187,5
Celkem kWh						445

Tabulka 3.2: Předmětné technologie posklizňové linky B

	Technologie pro naskladnění zrna	Počet kusů	Výkon v kW	Výkon v t/hod.	Počet hodin chodu motorů	Celková reálná spotřeba energie
1.	Příjmový redler	1	7,5	60	16,5	123,75
2.	Šnekový dopravník	1	3,0	60	16,5	49,5
3.	Elevátor	1	5,5	60	16,5	90,75
4.	Akumulační zásobník	1	–	–	–	–
5.	Šnekový dopravník	1	3,0	40	25	75
6.	Korečkový elevátor	1	3,0	40	25	75
8.	Sítová čistička Petkus U12	1	20,5	až 60	25	512,5
9.	Šnekový dopravník na odpady	1	3,0	10	25	75
10.	Řetězový elevátor na odpady	1	7,5	20	25	187,5
11.	Redler	1	4,0	40	25	100
12.	Redler	1	2,2	40	25	55
13.	Redler	1	4,0	40	25	100
14.	Korečkový elevátor	1	5,5	40	25	137,5
15.	Redler	1	4,0	40	25	100
Celkem kWh						1681,5

5 Diskuse

Cílem práce bylo porovnat, zda můžeme docílit stejných kvalitativních výsledků posklizňově ošetřeného ječmene jarního pomocí dvou různě energeticky náročných čistících zařízení se zcela odlišnými principy odstraňování nečistot z obilné masy.

Prokazatelně existuje souvislost mezi nedostatkem potravin a špatným zacházením s vyprodukovanými surovinami, jak uvádí Kumar a Kalita (2017) nebo Kolb (2022). Proto tuto problematiku vnímám jako předmětnou a vhodnou pro další výzkum.

Nejvýraznějšími ukazateli výzkumné části této práce bylo stanovení vlhkosti, stanovení objemové hmotnosti, stanovení množství zrna s osinou a zlomků zrn. V neposlední řadě bylo důležité porovnání celkové spotřeby elektrické energie pro vyčištění předmětného množství materiálu. Porovnání dvou linek bylo díky výsledkům těchto stanovení nejzřetelnější.

Po vyhodnocení výsledků bylo zjištěno, že při čištění aspirační čističkou byla prokazatelně více snížena vlhkost materiálu proti čištění na sítové čističce. Princip čištění pomocí aspirační čističky totiž působí na snižování vlhkosti podobně jako aktivní větrání, kdy je proudem vzduchu o vhodných parametrech zrno provětráváno a jeho vlhkost může během 2 měsíců klesnout až o 2 % (Jayas a White, 2003).

Výrazný a statisticky prokazatelný rozdíl mezi způsobem čištění vykazovala hodnota objemové hmotnosti, kde větší nárůst objemové hmotnosti byl zaznamenán u aspirační čističky. Lze předpokládat, že vliv na objemovou hmotnost vzorků měla zrna s osinou, která lépe vyčistila právě aspirační čistička. Objemová hmotnost patří mezi nejdůležitější ukazatele kvality (Davies et al. 2005). Badretdinov et al (2019) prokázal vysokou efektivitu aspiračního čištění s průkazným vlivem na zlepšení celkové kvality materiálu, jimi posuzovaná aspirační čistička s označením GCM však vlivem rozdílné konstrukce i přídatných funkcí, vykazovala výkyvy v kvalitě čištění, na rozdíl od konstrukčně jednodušší aspirační čističky NDV, která byla hodnocena v této práci.

Ukázalo se, že správná volba sít sítové čističky je zásadní pro její správnou funkci. Zrno s osinou bylo prokazatelně lépe vyčištěno pomocí aspirační čističky, přestože z fyzikálního hlediska má pro tuto funkci lepší předpoklad sítová čistička. Jak uvádí

Křivka (2000), horní síta, na kterých dochází k vytrídění hrubších nečistot, tedy i zrna s osinou, by měla mít rozměry 4,5 x 10 mm. Dolní sada sít sloužící k odstranění menších nečistot a zlomků, by měla mít rozměry 2,5 x 10 mm. V případě posuzované linky B byla síťová čistička osazena horními síty s kulatým děrováním o průměru 8 až 9 mm, které dle výsledků nesplnily požadovanou funkci a dolní sada sít měla oválný tvar s rozměry 1,0 až 2,2 x 20 mm, tato síta splnila funkci dle požadavků.

U volby sít je však vždy potřeba vycházet z aktuálních parametrů sklizeného zrna.

Z výsledku dílčích zkoumaných parametrů se jeví aspirační čistička linky A jako velice kvalitní čistírenské zařízení, které dokáže upravit některé důležité parametry, a sice snížit vlhkost, zvýšit objemovou hmotnost a odstranit zrna s osinou, lépe než síťová čistička linky B. Tento poznatek je uspokojující také z důvodu celkové spotřeby energie posuzovaných čističek.

Funkčních vlastností aspiračních čističek je využíváno pro čištění nejrůznějších zemědělských plodin. Srovnatelný výzkum prováděl Hurburgh et al (1996), který ve své práci porovnával čištění sóji pomocí aspirační a síťové čističky, přičemž dospěl k závěru, že odstranění nežádoucích příměsí a nečistot je pomocí aspirační čističky kvalitní a rychlé a tato metoda tak byla shledána jako adekvátní.

Bettge a Pomeranz (1993) prokázali zlepšení pekařských vlastností pšenice čištěné pomocí aspirační čističky. Zároveň jejich výsledky naznačují, že tento způsob čištění může zvýšit ekonomickou hodnotu čištěné suroviny.

Z výsledků práce Hetclové et al. (2020) vyplývá, že u sladovnického ječmene je třídění pomocí síťové čističky na různě velké frakce zrna velice důležité pro následné procesy výroby ječného sladu.

Tato práce má zcela jistě své limity. Pro lepší průkaznost některých parametrů mohl být zvolen vyšší počet odebraných vzorků, ze kterých by byly stanovovány potřebné hodnoty. Celý výzkum mohl být proveden na lince A, která ve své soustavě mimo aspirační čističku obsahuje také síťovou čističku Petkus 527. Ta během žní 2022 ale nebyla do provozu uvedena. Avšak vzhledem k tomu, že posuzovaná odrůda byla pro linky A a B stejná, a protože polní podmínky pozemků, na kterých byl ječmen pěstován jsou stejné, nepředpokládám, že by mohl být výsledek výrazně odlišný.

Pro potvrzení výsledků z roku 2022 by bylo také vhodné provést tento výzkum i v následujícím roce. Na tuto práci by mohl navazovat výzkum, který by se zabýval i jinými zemědělskými komoditami, čištěnými pomocí aspirační čističky a mohl by objasnit jaké parametry budou tímto způsobem čištění nejvíce ovlivněny. Další výzkum by mohl také například objasnit, který způsob čištění lépe odstraní případné skladištní škůdce nebo lépe zamezí rozvoji plísní v uskladněném materiálu.

Z vlastních výsledků a výsledků srovnatelných výzkumných prací usuzují, že zařazení aspiračních čističek do soustavy posklizňových linek má své opodstatnění. V případě, že se jedná o ječmen potravinářský, u kterého je kladen větší důraz na kvalitu čištění, by po aspiračním čištění mělo následovat také čištění pomocí sítové čističky. U krmného ječmene je čištění pomocí aspirační čističky dostačující a pro dlouhodobé uskladnění je takto vyčištěný materiál také vhodný. Aspirační čističku bych pro využití v praxi doporučil také z toho důvodu, že je energeticky úspornější, i když v kontextu celého podniku bude tato úspora často zanedbatelná. Největší benefit aspirační čističky je její konstrukční jednoduchost a snadná obsluha, kterou ocení obsluha linky během hektických dní v době sklizně.

Závěr

- Sítová čistička je vhodnější pro odstranění těžších složek obilné masy, jako jsou zlomky.
- Sítová čistička je vhodná pro třídění různých frakcí hrubosti zrna.
- Pro precizní čištění potravinářského ječmene je do soustavy posklizňové linky vhodné zařadit také sítovou čističku.
- Aspirační čistička je vhodnější pro odstranění lehčích příměsí a nečistot, než je zrno.
- Objemová hmotnost ječmene se prokazatelně zvýšila po vyčištění na aspirační čističce.
- Zařazením aspirační čističky do soustavy posklizňové linky prokazatelně snížilo celkovou spotřebu elektrické energie.
- Využitím aspirační čističky při příjmu ječmene během žní pozitivně ovlivnilo obslužnost linky a celkovou průchodnost a plynulost provozu.
- Čištění ječmene pomocí méně energeticky náročné aspirační čističky je vhodné pro dosažení požadované kvality krmného ječmene.
- Materiál vyčištěný pomocí aspirační čističky má vhodně upravené parametry, díky kterým může být obilná masa dlouhodobě skladována.
- Vhodným posklizňovým ošetřením může být zamezeno nežádoucím ztrátám na uskladněném materiálu vlivem samozáhřevu, rozvoje plísní a jejich mykotoxinů a napadením skladištními škůdci.

Seznam použité literatury

- BADRETDINOV, I., et al. (2019). Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine. *Journal of Applied Engineering Science*. 17(4): 529-534.
- BAIK, B. K., ULRICH, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest. *Jornal of Science*. 48: 233-242.
- BAJČI, P. et al., (2001). Hodnotenie surovín a potravín rastlinného pôvodu. Nitra. *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre*, Nitra. ISBN 80-7137-886-0.
- BAZALUK, O., et al. (2022). Improving energy efficiency of grain cleaning technology. *Applied Sciences*. 12(10): 5190.
- BENEŠ, J., et al. (2011). Původ a nejstarší historie ječmene setého (*Hordeum vulgare*) na Předním východě: pohled archeobotaniky. *Kvasný průmysl*. 57 (5): 121-126.
- BETTGE, A. D. a POMERANZ, Y. (1993). Air-aspirated cleaning to separate sound from preharvest-sprouted wheat. *Cereal Chemistry*. 70: 36-36.
- BOWMAN, J. G. P., et al. (2001). Feed-quality variation in the barley core collection of the USDA National Small Grains Collection. *Crop Science*. 41(3): 863-870.
- CUZK, (2023). Nahlížení do katastru nemovitostí. [online] [cit. 15.02.2023]. Dostupné z: <https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=704261&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
- Česká technologická platforma pro potraviny. (2012). Renaissance ječmene. *Potravinářská komora České republiky*. ISBN 978-80-905096-0-3. Dostupné z: <http://www.ceskapotravina.net/sites/default/files/soubory/2013/01/renaissance-jecmene.pdf>
- ČSÚ (2010). Český statistický úřad. *Soupis hospodářských zvířat – k 1.4.2010*. [online]. 11.05.2010 [cit. 25.03.2023]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-hospodarskych-zvirat-k-142010-hmxqkpgtuz>
- ČSÚ (2011). Český statistický úřad. *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2010* [online]. 14.02.2011 [cit. 25.03.2023]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2010-3wbaygmf04>
-

-
- ČSÚ (2023). Český statistický úřad. *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2022*. [online]. 23.02.2023 [cit. 25.03.2023]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2022#>
- ČSÚ (2022). Český statistický úřad. *Soupis hospodářských zvířat – 2022*. [online]. 10.05.2022 [cit. 25.03.2023]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-hospodarskych-zvirat-2022>
- DAVIES, C. E., et al. (2005). Continuous monitoring of bulk density and particle size in flowable powders and grains. *Chemical Engineering Research and Design*. 83(7): 782-787.
- DE TORO, A., et al. (2012). Cereal harvesting—strategies and costs under variable weather conditions. *Biosystems Engineering*. 111(4): 429-439.
- DRÁPELA, M. (2023). Zhodnocení roku 2022 v Kraji Vysočina z pohledu hydrologie. [online] Kraj-vysocina.cz [24. 03. 2023]. Dostupné z: <https://www.kr-vysocina.cz/zhodnoceni-roku-2022-v-kraji-vysocina-z-pohledu-hydrologie/d-4118684>
- DRESZER, K., et al. (2007). The process of grain relocation with screw conveyors. *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln.* 7: 86-96.
- FAO (2011). *Global food losses and food waste*. [online] *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, [25.03.2023]. Dostupné z: [Global food losses and food waste \(fao.org\)](https://www.fao.org/global-food-losses-and-food-waste/)
- GEWINNER, J., et al. (1996). Manual of the prevention of post-harvest grain losses. [online]. *Manual of the prevention of post-harvest grain losses*. [01.04.2023]. Dostupné z: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19996776763>
- HERRMAN, T. (2001). Sampling: Procedures for feed. [online]. *Kansas State University*. [01.04.2023]. Dostupné z: <https://krex.k-state.edu/bitstream/handle/2097/21600/KSUL0010KSREIGPPUBSMF2036a.pdf?sequence=1&isAll-owed=y>
- HETCLOVA, V., et al. (2020). Effect of the cleaning process on physical properties for different malting barley seed varieties. *Food Science & Nutrition*. 8(7): 3317-3326.
- HORÁKOVÁ, V., DVOŘÁČKOVÁ, O. (2019). SDO – oves setý, pšenice jarní, pšenice ozimá, ječmen jarní, ječmen ozimý, triticales ozimé PO – triticales jarní, oves nahý, žito ozimé [online]. [01.04.2023]. *ÚKZÚZ*. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/obilniny-2019.html>
-

-
- HURBURGH JR, Ch. R., et al. (1996). Technical notes: Aspiration cleaning of soybeans. *Applied Engineering in Agriculture*. 12(5): 585-586.
- INOGET. de, (2022). *Innovative Getreidetechnik* [online] [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://inoget.de/>
- JAYAS, D. S., WHITE, N. DG. (2003). Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches. *Food Control*. 14(4): 255-261.
- KAPPIS, R. (2023). Ústní sdělení (manažer obchodu FrigorTec GmbH, Hummelau 1, 88279 Amtzell) [cit. 30.01.2023].
- KARMAZÍN, M. (2023). Ústní sdělení (manažer obchodu Agrico s.r.o., Rybářská 671, Třeboň) [cit. 1.03.2023].
- KOLB, E. R. (2022). Grain cooling units GRANIFRIGOR™. [online] *Frigortec*. [cit. 15.02.2023]. Dostupné z: <https://www.frigortec.com/en/p/granifrigor>
- KONVALINA, P. (2008). Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice*. ISBN 978-80-7394-116-1.
- KUMAR, D. a KALITA, P. (2017). Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*. 6(1): 8.
- LANGER, I. (2003). Základní principy šlechtění sladovnického ječmene. *Kvasný Průmysl*. 49(6): 154–159.
- LEHMANN, CH. (2023). Ústní sdělení (majitele firmy INOGET GmbH, Osterallee 29, 06485 Quedlinburg) [cit. 13.02.2023].
- MALERŤ, J. (1996). Posklizňové ošetřování zrnin. Mechanizace, (modrá řada. *Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR*. Praha. ISBN80-7105-112-8.
- MARTINEK, V., FILIP, P. (2012). Mlynářská technologie, svazek 2. Skladování a příprava surovin. *Svaz průmyslových mlýnů České republiky*. Pelhřimov. ISBN 978-80-239-9475-9.
- MEYER, K. (2022). Ústní sdělení (manažer firmy NEUERO farm und Fördertechnik GmbH, Alter Handelsweg 11, 49328 Melle) [cit. 13.06.2022].
- NEUERO-farm. de, (2023). *Neuero smart farm technologies* [online] [cit. 20.03.2023]. Dostupné z: <https://neuero-farm.de/>
-

-
- ØSTERGÅRD, H. (2002). Characteristics of spring barley varieties for organic farming [poster]. Plant Research Department, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark. *Proceedings of the 1. international symposium on organic seed production and plant breeding*. p. 72. [online] [cit. 10.03.2023]. Dostupné z: <http://orgprints.org/00001406>.
- PARIKH, J. K., SYED, S. (1988). Energy use in the Post-Harvest Food (PHF) system of developing countries. *Energy in agriculture*. 6(4): 325-351.
- PEŠÍČEK, K. (2023). Ústní sdělení (technolog montáží Agrico s.r.o., Rybářská 671, Třeboň) [cit. 1.03.2023].
- PSOTA, V., VEJRAŽKA, K. (2006). Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu. *Kvasný průmysl*. 52(5): 148-150.
- RUDOY, D., et al. (2021). Overview of methods of wheat grain conservation in early stages of ripeness. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 937, 022113.
- ŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M. (2007). Mlynářská technologie, svazek 1. Hodnocení kvality. *Svaz průmyslových mlýnů České republiky*. ISBN 978-80-239-9475-9.
- SEDLÁČKOVÁ, I. a JIRSA, O., (2015). Hodnocení obsahu příměsí a nečistot v obilovinách. [online] Vukrom.cz [25. 03. 2023]. Dostupné z: <https://www.vukrom.cz/>
- STERNA, V., et al. (2017) Chemical composition of covered and naked spring barley varieties and their potential for food production. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 67(2).
- SULLIVAN, P., et al. (2013). Eimear. The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. *Trends in Food Science & Technology*. 29(2): 124-134.
- SYCHRA, L., (2001). Doporučení pro ošetřování a skladování zrna obilovin. [online]. *Profi Pres*. [01.04.2023]. Dostupné z: <https://uroda.cz/doporuzeni-pro-osetrovani-a-skladovani-zrna-obilnin/>
- VÁŇOVÁ, M., et al. (2006). Grain quality and yield of springbarley in field trials under variable growing conditions. *Plant, Soil and Environment*. 52(5): 211-219.
-

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Příjem ječmene jarního (Foto autor).....	9
Obrázek 1.2: Podélný a příčný řez zrna ječmene (Bajči et al., 2001).....	11
Obrázek 1.3: Posklizňová linka (Foto autor).....	15
Obrázek 1.4: Automatický vzorkovač (INOGET, 2023).....	16
Obrázek 1.5: Ruční vzorkovač obilí a zrnin pro měření a monitoring skladovaného obilí (Herrman, 2001).....	17
Obrázek 1.6: Aspirační předčistička NDV 40/60 (Foto autor).....	26
Obrázek 1.7: Vliv teploty na rozvoj některých skladištních škůdců (Kolb, 2022).....	27
Obrázek 3.1: Mapa území předmětných pozemků (CUZK, 2023).....	29
Obrázek 3.2: Přístroj GAC500XT (Foto autor).....	31
Obrázek 3.3: Přístroj Contador 2 (Foto autor).....	32
Obrázek 3.4: Laboratorní váha (Foto autor).....	32

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Stav významných hospodářských zvířat (ČSÚ, 2010 a 2022).....	10
Tabulka 1.2: Složení ječného zrna (Baik a Ullrich, 2008).....	12
Tabulka 1.3: Objemové hmotnosti komodit (NEUERO-farm. de, 2023).....	20
Tabulka 1.4: Tabulka vhodnosti aktivního větrání (NEUERO-farm.de, 2023).....	23
Tabulka 3.1: Předmětné technologie posklizňové linky A.....	40
Tabulka 3.2: Předmětné technologie posklizňové linky B.....	40

Seznam grafů

Graf 1.1: Určení hodnoty produkce tepla (Kolb, 2022).....	24
Graf 4.1: Rozdíl průměrných naměřených hodnot vlhkosti (%) zrna ječmene vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce (odlišná malá písmena ukazují statisticky průkazný rozdíl).....	34
Graf 4.2: Nárůst objemové hmotnosti (kg/m^3) ječmene vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce (odlišná malá písmena ukazují statisticky průkazný rozdíl).....	35
Graf 4.3: Rozdíl v HTZ (g) ječmene před a po čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce.....	36
Graf 4.4: Porovnání úbytku celkových příměsí (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce.....	37
Graf 4.5: Porovnání úbytku podílu zrn s osinou (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce.....	38
Graf 4.6: Porovnání úbytku zlomků (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce (odlišná malá písmena ukazují statisticky průkazný rozdíl).....	39
Graf 4.7: Porovnání úbytku celkových nečistot (%) vlivem čištění na aspirační (A) a síťové (B) čističce.....	39
