

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra technologických zařízení staveb**



## **Bakalářská práce**

**Technické řešení a provozně ekonomické parametry  
pěstitelských pálenic**

**Tomáš Fiala**

**© 2023 ČZU v Praze**

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Fiala

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Technické řešení a provozně ekonomické parametry pěstitelských pálenic.**

Název anglicky

**Technical solution and operational economic parameters of growing distilleries.**

---

## Cíle práce

Základem práce je popsat stávající technologie a používané zařízení, včetně popisu konstrukčních, funkčních i provozně ekonomických parametrů provozu. Seznámit se s postupy a zařízením, charakterizovat podmínky ovlivňující technologický i organizačně provozní proces provozu a popsat základní strojní zařízení.

## Metodika

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Současný stav sledované problematiky
- 5 Praktická část práce
- 6 Výsledky a diskuse
- 7 Závěr
- 8 Seznam použitých zdrojů
- 9 Přílohy

## Doporučený rozsah práce

30

## Klíčová slova

pěstitelská pálenice, lihovar, kvašení, destilace, destilát

---

## Doporučené zdroje informací

Dyr, J.: Výroba slivovice a jiných pálenek, Maxdorf, Praha, 1997, ISBN:8085800535

Kadlec, P.: Technologie potravin II. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002. ISBN 80-7080-510-2

Pelikán, M., Dudáš, F., Míša, D.: Technologie kvasného průmyslu, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita MZLU, Brno, 2002

Rychtera, M., Uher, J., Páca, J.: Lihovarství, drožďařství a vinařství, VŠCHT, Praha, 1991

---

## Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

## Vedoucí práce

Dr. Ing. Tomáš Jehlička

## Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 18. 5. 2022

**doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2023

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Technické řešení a provozně ekonomické parametry pěstitelských pálenic" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2023

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Dr. Ing. Tomášovi Jehličkovi za velkou trpělivost při konzultacích a za možnost tuto práci zhotovit. Poděkovat chci i panu Ing. Jiřímu Lípovi, který mi umožnil zúčastnit se provozu Lhotecké palírny a předal mi mnoho užitečných poznatků z praxe.

# Technické řešení a provozně ekonomické parametry pěstitelských pálenic

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na popis výrobního procesu ovocných destilátů, popis destilačního zařízení a výběr nového chladiče v pěstitelské pálenici Lhotecká palírna. Teoretická část se věnuje jednotlivým krokům výrobního procesu, jako je drcení ovoce, kvašení, destilace a úprava destilátu. Praktická část nejprve popisuje existující destilační zařízení v pěstitelské pálenici a následně provádí výběr nového chladiče. V této části práce jsou pomocí bodovací metody srovnávány chladiče od tří různých výrobců. Chladiče jsou hodnoceny na základě zvolených parametrů jako např. typ chladiče, chladičí plocha a cena. Výsledek porovnání ukazuje, že nejlepší variantou nového chladiče pro destilační zařízení ve Lhotecké palírně je plášťový chladič od výrobce J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov. Informace pro zhotovení této práce byly čerpány především z odborné literatury a z konzultací s provozovatelem Lhotecké palírny, panem Ing. Jiřím Lípou.

**Klíčová slova:** pěstitelská pálenice, lihovar, kvašení, destilace, destilát

# **Technical solution and operational economic parameters of growing distilleries**

## **Abstract**

This bachelor thesis focuses on the description of the fruit distillate production process, description of the distillation equipment and selection of a new cooler in the grower distillery Lhotecká palírna. The theoretical portion covers each stage of the manufacturing process, including crushing the fruit, fermentation, distillation, and treatment of the distillate. The practical part first describes the existing distillation equipment in the grower distillery and then makes the selection of a new cooler. In this part of the thesis, coolers from three different manufacturers are compared using the scoring method. The coolers are evaluated based on selected parameters such as cooler type, cooling area and price. The comparison's results suggest that the shell cooler from J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov is the best option for the new cooler for the distillation equipment in Lhotecká palírna. The data used to create this thesis was drawn mainly from specialized literature and from consultations with the owner of Lhotecká palírna, Mr. Ing. Jiří Lípa.

**Keywords:** growing distillery, distillery, fermentation, distillation, distillate

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce a metodika.....</b>	<b>2</b>
<b>3 Současný stav sledované problematiky .....</b>	<b>3</b>
3.1 Suroviny.....	3
3.1.1 Druhy využívaného ovoce.....	3
3.1.2 Základní chemické složení ovoce .....	4
3.2 Příprava kvasu.....	5
3.2.1 Rozměňování ovoce .....	5
3.2.2 Kvasné nádoby.....	6
3.3 Kvašení .....	7
3.3.1 Stav kvašení .....	8
3.3.2 Kvasinky.....	8
3.3.3 Kontaminanty.....	9
3.3.4 Činitelé ovlivňující činnost kvasinek .....	9
3.3.5 Zákvas .....	10
3.3.6 Produkty alkoholového kvašení .....	10
3.4 Destilace .....	11
3.4.1 Destilační zařízení .....	11
3.4.2 Vařák .....	12
3.4.3 Rektifikace a rafinace.....	13
3.4.4 Chladič.....	14
3.4.5 Úkap, jádro a dokap .....	16
3.4.6 Epruveta.....	17
3.4.7 Předlohová nádoba .....	17
3.5 Úprava jakosti .....	18
3.5.1 Ředění.....	18
3.5.2 Zrání ovocných destilátů .....	18
<b>4 Praktická část práce .....</b>	<b>20</b>
4.1 Lhotecká palírna.....	20
4.2 Destilační zařízení podniku .....	20
4.2.1 Zahřívání kvasu.....	22
4.2.2 Rektifikační díl.....	23
4.2.3 Chlazení.....	23
4.2.4 Měření a regulace.....	24
4.3 Návrh nového chladiče .....	24



4.3.1	Plášťový chladič – J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov .....	25
4.3.2	Trubkový chladič – Slovácké pálenice.....	25
4.3.3	Trubkový chladič – holzeis GmbH .....	26
4.3.4	Srovnání.....	27
4.3.5	Ekonomické zhodnocení .....	28
<b>5</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>31</b>

# 1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou technického zařízení pěstitelských pálenic. Teoretická rešerše popisuje přípravu ovoce na destilaci včetně procesu kvašení. Dále popisuje základní princip destilace a zařízení, která jsou k výrobě ovocných destilátů využívána. Poslední část rešerše se zaměřuje na úpravy jakosti výsledného destilátu.

Praktická část práce je rozdělena do 2 podkapitol. V první části je představen výrobní proces a destilační zařízení konkrétní pěstitelské pálenice. Vybranou pálenicí je podnik Lhotecká palírna, který je provozován panem Ing. Jiřím Lípou v obci Lhota.

Druhá část se zaměřuje na výběr nového chladiče destilačního zařízení z důvodu opotřebení současného zařízení. Bodovací metodou jsou srovnány nabízené chladiče od 3 výrobců. Nakonec je proveden výpočet návratnosti investice pro nejlépe hodnocený chladič, v této části je také uveden odhad zisku z výroby 1 litru 50% destilátu ve Lhotecké palírně.

## 2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je popsat současné destilační zařízení v pěstitelské pálenici Lhotecká palírna a vybrat nový chladič pro toto zařízení.

Ke zpracování této práce byla využita odborná literatura, obsahující informace o přípravě kvasu, samotném procesu destilace a zařízeních používaných k výrobě ovocných destilátů. Hlavním zdrojem informací pro praktickou část byly konzultace s provozovatelem Lhotecké palírny.

Pro návrh nového chladiče byli kontaktováni výrobci destilačních zařízení. Řešení nabízejí výrobci holzeis GmbH; Slovácké Pálenice a J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov. Nabízené chladiče byly následně srovnány pomocí bodovací metody na základě zvolených parametrů.

### 3 Současný stav sledované problematiky

Destilátem (někdy označován pálenka) se rozumí alkoholický výrobek, který kromě ethanolu dále obsahuje množství těkavých látek různých chutí a vůní. Ovoce určené k destilaci se tedy hodnotí nejen podle cukernatosti (obsah cukru), ale i podle kvality výsledného destilátu. K destilaci ovocných destilátů se doporučuje využívat suroviny s dostatečným množstvím vonných látek, které se vlivem kvašení a destilace buď nemění, nebo jejichž změna nesnižuje kvalitu produktu [1]. V České republice jsou velice populární pěstitelské pálenice, což jsou podniky, kam pěstitelé mohou přivést ovoce (popř. zeleninu) k destilaci na ovocný destilát.

#### 3.1 Suroviny

Prvním krokem výrobního procesu je výběr a třídění ovoce určeného k destilaci. „*Ovoce nesmí být moučnaté, napadené plísněmi a hnilobou, zapařené, mumifikované či moniliózní. Musí být zbaveno hlíny, trávy, listí, větviček, třapin a jiných mechanických či chemických nečistot. Červivost, otlaky, či měkká konzistence u letního ovoce na závadu není.*“ [2]

K výrobě kvalitního destilátu musí mít ovoce dostatečně vysokou cukernatost, té dosáhne pouze zralé až přezrálé ovoce. Mnoho pěstitelských pálenic má potíže se stálostí hodnoty cukernatosti surovin dovezených zákazníky, a proto obsah cukru uměle navyšují přisypáním cukru do rozmělněného ovoce.

##### 3.1.1 Druhy využívaného ovoce

Zpracovávat lze téměř jakékoliv ovoce či zeleninu, ale vzhledem k cukernatosti surovin se většinou destiluje jen několik základních druhů ovoce. Za nejvhodnější surovinu je považováno peckovité ovoce (meruňky, švestky, třešně ...) z důvodu nízkých nároků na kvalitu: u méně kvalitního ovoce lze aroma destilátu zvýšit rozdrcením 30–50 % pecek [1]. Další významnou kategorií je ovoce jádrové, kam řadíme např. jablka či hrušky.

Pro maximalizaci cukernatosti je nutné, aby ovoce dozrálo. Nezralé ovoce neobsahuje dostatek chuťových a aromatických látek. Jeho kvašení je dále inhibováno vysokým obsahem nežádoucích kyselin a pektinových látek, zejména metylesterem kyseliny pektinové, z něhož při kvašení vzniká vysoké množství methanolu [1]. Nezralé ovoce je tedy

vhodné před rozmělněním uskladnit a nechat dozrát. U jádrového ovoce jde typicky o krátké období, zhruba 2–4 týdny; hrušky je výhodné zpracovávat až ve stavu hniličení. Naopak většina peckového ovoce dozrává již na stromě a jejich uskladnění je tedy zbytečné (nebo přímo nemožné, např. třešně) [3].

### 3.1.2 Základní chemické složení ovoce

Pro účely pěstitelského pálení je nejdůležitější cukernatost. Ta je kromě již zmíněného stupně zralosti ovlivněna druhem a odrůdou ovoce, klimatem i počasím. Míra cukernatosti se obvykle uvádí v % z váhy plodu. Většinu této váhy zastupuje voda (70–85 %), u zralého ovoce jsou pak na druhém místě cukry (5–20 %). Do cukrů spadají veškeré přímo zkvasitelné cukry: fruktóza, sacharóza aj. Přesnější složení nepoužívanějších druhů zobrazuje Tab. 1.

Tab. 1 Průměrné složení v % na dužinu

Ovoce	Dužnina [%]		Sušina [%]		Extrakt [%]	
	Sušina	Voda	Extrakt	Neraz. látky	Cukry	Ostatní
<b>Hrozny</b>	24,80	75,20	22,00	2,80	16,90	5,10
<b>Hrušky</b>	16,34	83,66	13,76	2,58	9,59	4,17
<b>Jablka</b>	16,30	83,70	14,30	2,00	10,50	3,80
<b>Maliny</b>	15,65	84,35	8,23	7,42	5,18	3,05
<b>Meruňky</b>	16,76	83,24	13,84	2,93	7,56	6,28
<b>Mirabelky</b>	14,27	85,73	11,41	2,86	6,75	4,66
<b>Ostružiny</b>	15,97	84,03	8,27	7,70	5,95	2,32
<b>Slívy</b>	17,66	82,34	13,32	4,34	8,50	4,82
<b>Švestky</b>	17,10	82,90	14,53	2,57	8,72	5,81
<b>Třešně</b>	17,88	82,12	12,90	4,98	10,18	2,72
<b>Višně</b>	16,21	83,79	11,86	4,35	8,34	3,52

Zdroj: [4]

Kromě vody a cukrů obsahuje ovoce mnohé další látky. Mezi nejdůležitější se řadí organické kyseliny, pektinové látky, bílkoviny, vitamíny, minerální a aromatické látky. Další důležitou složkou je škrob, který se vlivem zrání mění na monosacharid (cukr). Kvasinky nedokážou škrob zkvasit na alkohol, takže vysoké množství škrobu v kvasu je nežádoucí.

Jádra navíc obsahují vysoké procento tuků, bílkovin a některá glykosid (např. amygdalin) [1].

## 3.2 Příprava kvasu

Řádná příprava surovin na kvašení je důležitá pro kvalitu jak produktu kvašení, tak následné destilace. Tento krok ve výrobním procesu je v pěstitelských pálenicích často zanedbáván. Hlavním důvodem jsou nepředvídatelné výkyvy v množství přijatého ovoce od zákazníků; provozovatel pálenice je omezen kapacitou kvasných nádob, a proto nádoby plní postupně. Důsledkem je ale kvas, který není rovnoměrně a důkladně prokvašený. Není-li dostatek ovoce pro naplnění kvasné nádoby, je lepší rozříděné ovoce skladovat v chladné místnosti, dokud množství není dostatečné.

### 3.2.1 Rozměňování ovoce

Účelem kvašení při výrobě destilátů je přeměna zkvasitelných cukrů na alkohol za pomoci kvasinek. Mnohé druhy ovoce jsou ale velmi tvrdé a kvasinky k cukrům nemají přístup. Proto je mnoho druhů ovoce vhodné před uložením do kvasné nádoby rozmělnit na břečku. Rozmělnění je nutné u jádrového ovoce (jablka, hrušky ...). U měkkých plodů může břečka vzniknout samovolně pěchováním do kvasné nádoby.

Pěstitelské pálenice obvykle poskytují služby rozmělnění dodaného ovoce. Strojů, které na tento účel mohou být použity je celá řada. Typické technické řešení se skládá z dutého válce, ve kterém se vysokou rychlostí točí sada nožů. Po každém použití je potřeba stroj důkladně vyčistit, aby nedošlo ke kontaminaci dalších dávek břečky.

Pokud jsou švestky nebo jiné peckoviny rozměňovány strojně, je třeba dát pozor, aby se nerozdrtilo příliš mnoho pecek. Pecky mají silnou hořkomandlovou chuť, která ve velkém množství zastře chuť a aroma ovoce. Většina pálenic proto drtí pouze 1/3 až 1/2 pecek a některé, obvykle menší podniky, pecky vylučují úplně.

Odpeckování je možné provádět ručně, ale v kvantitě vyžadované pro výrobu ovocných destilátů se řeší strojně. Tyto stroje obvykle separují pecky pomocí pasírovacího síta, to se skládá z válcového síta a stíracích lopatek poháněných rotorem. Tekuté složky jsou protlačovány sítem do připravené nádoby a zbylé pecky jsou odstředivou silou vynášeny do odpadu [5]. Standardní provedení stroje ilustruje Obr. 1.

*Obr. 1 Odpeckovací stroj od výrobce Kovoděl Janča s.r.o.*



*Zdroj: [5]*

### 3.2.2 Kvasné nádoby

Objem nádob záleží na potřebách a možnostech provozovatele, ale materiál nádoby by měl být volen se zvýšenou opatrností. Kvas obsahuje kyseliny, které poškozují povrch stěn nádoby, to vede k potížím při čištění; ve stěně zůstane zbytkové množství kvasu, které ale stačí pro růst škodlivé mikroflóry. Dnes se běžně využívají nádoby z nerez, ze dřeva či z kameniny; u menších objemů pak nádoby plastové. Vyrábějí se i nádoby z betonu, který ale dostatečně nevzdoruje kyselinám, a proto by se tyto nádoby měly obkládat deskami z odolnějších materiálů (např. sklo, hlazená kamenina).

Kvasná nádoba vytváří uzavřené prostředí pro průběh kvasných reakcí. Tyto reakce nejlépe probíhají v anaerobním prostředí, nádoby proto musí být řádně uzavřeny. Velké kvasné nádoby jsou často u uzávěru vybaveny žlábkem, do kterého zapadá víko nádoby. Žlábek se poté vyplní vodou a nádoba je tak velmi spolehlivě uzavřena. Dále jsou velké nádoby často vybavené jalovým víkem z dřevěné mřížky. Víko se ukládá zhruba 0,25–0,3 m pod hladinu kvasu a brání tak usazování větších částic u povrchu a jejich následnému plesnivění [1].

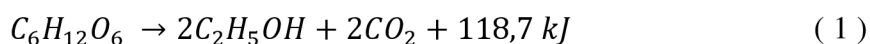
Nádoby pro kvašení je nutné před každým použitím vyčistit. Nečistoty jsou zdrojem infekcí, které kontaminují a snižují jakost kvasu. Umývání vodou je nedostatečné, bakterie a jiné mikroorganismy se nejčastěji usazují v obtížně dostupných částech nádoby. Mezi taková místa patří veškeré záhyby, rohy a u starých či poškozených nádob i samotné stěny

nádoby. Doporučenými prostředky čištění jsou tedy roztoky některých dezinfekčních prostředků.

### 3.3 Kvašení

Pojem kvašení zahrnuje všechny reakce aerobních i anaerobních mikroorganismů, jejichž výsledkem jsou látky energeticky bohatší než voda (H<sub>2</sub>O) a oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). V lihovarském průmyslu a při výrobě ovocných destilátů se využívá alkoholového kvašení. Tento proces probíhá za převážně anaerobních podmínek a je řízen mikroorganismy, které jsou nazývány kvasinky [6].

Existence kvašení byla známa již v daleké historii, ale princip reakce a její původ byly objeveny až před zhruba 150 lety. Joseph Louis Gay-Lussac je autorem základní rovnice alkoholového kvašení:



Rovnice popisuje přeměnu 100 g glukosy na 51,14 g ethanolu a 48,86 g oxidu uhličitého. Během této reakce se také uvolňuje cca 118,7 kJ energie, většina této energie je ve formě tepla [3]. Celý proces kvašení může trvat i několik měsíců a skládá se z kvašení a dokvašení. V době dokvašení už je většina cukrů rozštěpena a hlavním účelem je vstřebání ovocného aroma do vzniklého lihu [2]. Doba kvašení se výrazně liší podle druhu ovoce a teploty uskladnění (viz kap. 3.3.4), průměrné délky kvašení podle druhu popisuje Tab. 2.

Tab. 2 Průměrná doba kvašení a výtěžnost hlavních druhů ovoce

Druh ovoce	Průměrná doba v týdnech		Výtěžek 50% destilátu ze 100 kg ovoce [l]
	Kvašení	Dokvašení	
Švestky	4-8	4	8-10
Mirabelky	3-5	3	5-8
Třešně, višně	2-3	1	6-8
Meruňky, broskve	2-3	1	4-7
Jablka	5-8	4	6-10
Hrušky	3-8	1-3	5-8

Zdroj: [7]



### 3.3.1 Stav kvašení

Skutečná doba kvašení je odlišná pro každou dávku kvasu. Do 1 kvasné nádoby se ukládá ovoce různé kvality a tím pádem i rozdílné cukernatosti. Proces kvašení je nutné monitorovat, aby nedošlo ke zkažení kvasu. Metod sledování je mnoho, včetně ochutnávky kvasu (vykvašený kvas není sladký), v pěstitelských pálenicích se nejčastěji využívá refraktometru.

Refraktometr je velmi přesný a dostupný přístroj na měření cukernatosti. Následující popis odkazuje na Obr. 2. Uživatel vzorek kvasu umístí na skličko refraktometru (1) a zaklopí ochrannou krytku (2). Ve vodorovné poloze proti světlu pak lze ze stupnice (3) odečíst hodnotu cukernatosti. Kvas je vhodný k destilaci po dosažení 1–2% cukernatosti [8].

Obr. 2 Refraktometr



Zdroj: [9]

Legenda k Obr. 2:

- 1) Skličko refraktometru
- 2) Ochranná krytka
- 3) Stupnice pro odečítání cukernatosti

### 3.3.2 Kvasinky

Kvasinky patří mezi mikroorganismy a systematicky se řadí mezi houby (*Fungi*). Pro alkoholové kvašení se nejčastěji využívá druh *Saccharomyces cerevisiae*. Tento druh je rozdělen v průmyslu podle uplatnění v praxi. Kvasinky spodní se využívají při výrobě piva. Pro výrobu ovocných destilátů se využívá kvasinek svrchních, které velmi pomalu sedimentují ke dnu a urychlují tak kvašení [3], [10].

V kvasu se může samovolně rozmnožit více druhů, mnoho z nich ale neprodukuje srovnatelné množství ethanolu. Většina druhů je tedy považována za kontaminující až škodlivé [11].

### 3.3.3 Kontaminanty

Mezi kontaminanty se řadí všechny mikroorganismy, které negativně ovlivňují průběh kvašení. Bakterie mají v kvasném procesu naprostou převahu kvůli svému generačnímu cyklu, který je mnohonásobně rychlejší než generační cyklus kvasinek. Bakterie podobně jako kvasinky štěpí cukr, na rozdíl od kvasinek ale místo ethanolu produkují nežádoucí látky (např. kyselina mléčná, octová, mravenčí) a značně tak snižují výtěžnost kvašení [3].

Mezi kontaminanty se dále řadí veškeré plísně. Ty vznikají především kvůli nedostatečné údržbě a čištění nádoby. Ve srovnání s ostatními kontaminanty ale nejsou tak nebezpečné, protože velká část je při vysokých teplotách destilace zničena [3]. Zbylé plísně dávají hotovému produktu nepříjemnou chuť i vůni.

Poslední kategorií kontaminujících mikroorganismů jsou divoké kvasinky. Tvoří se především ve stadiu dokvašování a mohou oxidovat ethanol na vodu a oxid uhličitý [3].

### 3.3.4 Činitelé ovlivňující činnost kvasinek

Rozmnožování kvasinek a jejich účinnost jsou ovlivněny mnoha faktory, mezi nejdůležitější z nich patří:

- 1) Teplota – optimum teploty pro rozmnožování i enzymatické pochody kvasinek je 25–30 °C. Velmi dobře snášejí i teploty pod 10 °C, kdy začínají hynout kontaminující bakterie, destilát z takového kvasu obvykle dosahuje vysoké kvality [1].
- 2) Cukernatost – cukry jsou během kvašení přeměňovány na ethanol, cukernatost kvasu je tedy jednoznačně nejdůležitější faktor činnosti kvasinek. Vyšší hodnota cukernatosti ale znamená i delší proces kvašení a zároveň zvyšuje množství neprokvašeného cukru.
- 3) pH – optimální hodnota pro činnost kvasinek se pohybuje od 4,6 do 5,6. Kvůli další ochraně proti kontaminantům se ale často využívají okyselené zákvasy (viz kap. 3.3.5), kvasinky jsou vůči nízkým hodnotám pH velmi odolné [3].

- 4) Přítomnost stimulačních a inhibičních látek – na účinnost kvasné reakce působí celá řada látek. Mezi stimulační látky patří soli, naopak inhibičně působí většina kyselin. Negativně na kvasinky působí i ethanol, který při dostatečné koncentraci úplně zastaví proces kvašení, přestože nebyl přeměněn veškerý cukr [3].

### 3.3.5 Zákvas

V současné době zdokonalování výrobních procesů je stále častěji do břečky přidáván tzv. zákvas. Zákvas je malé množství rozkvašené břečky a kvasinek, který je na začátku kvašení přidán do kvasné nádoby za účelem urychlení rozmnožování a stabilizace kvasinkové kultury.

Pro zákvas se využívají kvasinky lihovarské, pivovarské, vinné anebo i lisované droždí pekařské. Zákvasy z pivovarských a pekařských kvasinek mohou obsahovat cizí mikroorganismy, jejich vliv na proces kvašení je ale minimální. Snížení jakosti destilátu vlivem zákvasu je tedy velmi vzácné a skutečná příčina je s velkou pravděpodobností jinde [1].

### 3.3.6 Produkty alkoholového kvašení

Gay-Lussacova rovnice proces kvašení popisuje s poměrně vysokou přesností, ale ve skutečnosti kromě ethanolu a oxidu uhličitého vzniká celá řada vedlejších látek. Následující výčet popisuje důležité produkty kvašení:

- 1) Ethanol – tvorba ethanolu je hlavní funkcí kvašení ve výrobním procesu při výrobě ovocných destilátů. Jde o látku těkavou s nižším bodem varu než voda, ethanol se začíná vypařovat při teplotě 78,3 °C, zatímco voda zůstává v kapalném stavu až do teploty 100 °C [1]. Rozdíl bodů varu je zásadní pro proces destilace, kde je ethanol velmi účinně oddělován od ostatních látek.
- 2) Oxid uhličitý – při kvasné reakci vzniká dostatečné množství CO<sub>2</sub>, aby při jeho kumulaci a tím zvýšení tlaku nevratně poškodilo uzavřenou kvasnou nádobu. Každá uzavřená nádoba tedy musí být opatřena tzv. kvasnou uzávěrkou, která umožňuje jeho únik. Některé podniky za účelem maximalizace zisku CO<sub>2</sub> zachycují, po očištění je pak využíván ve výrobě nealkoholických nápojů či suchého ledu.
- 3) Glycerol – bezbarvá, olejovitá kapalina sladké chuti. Množství je ovlivnitelné a klesá s nižší hodnotou pH v kvasu. Glycerol je látka netěkavá a vlivem destilace z finálního produktu téměř mizí [12].

- 4) Přiboudlina – pojmenování směsi vyšších alkoholů. Jde o žlutohnědou tekutinu nepříjemného zápachu, jejíž množství lze regulovat destilačním procesem. Mezi hlavní složky přiboudliny patří izoamylalkohol, propylalkohol a butylalkohol [3], [13].
- 5) Estéry – jejich vznik je podmíněn druhem kvasícího mikroorganismu. Mají zpravidla nepříjemný zápach, ve zředěném stavu pak mohou destilátu dávat charakteristické aroma (typické např. pro brandy) [3].
- 6) Methanol – při štěpení cukru vzniká pouze stopové množství, většina pochází z enzymatického rozkladu pektinu [3].

### 3.4 Destilace

Klíčovou částí technologického procesu výroby je destilace, jehož účelem je oddělení ethanolu od ostatních látek ve zkvašeném kvasu. Je známo, že absolutní ethanol za normálního tlaku vře při teplotě 78,3 °C, zatímco voda vře při 100 °C. Bod varu směsi ethanolu a vody se tedy pohybuje mezi 78,3–100 °C a při každé teplotě v tomto rozmezí vzniká směs vodních a alkoholických par s odlišným poměrem těchto látek. Při kontrolovaném zahřívání kvasu je tedy možné získat směs s vyšší koncentrací alkoholu, tento proces nazýváme destilace.

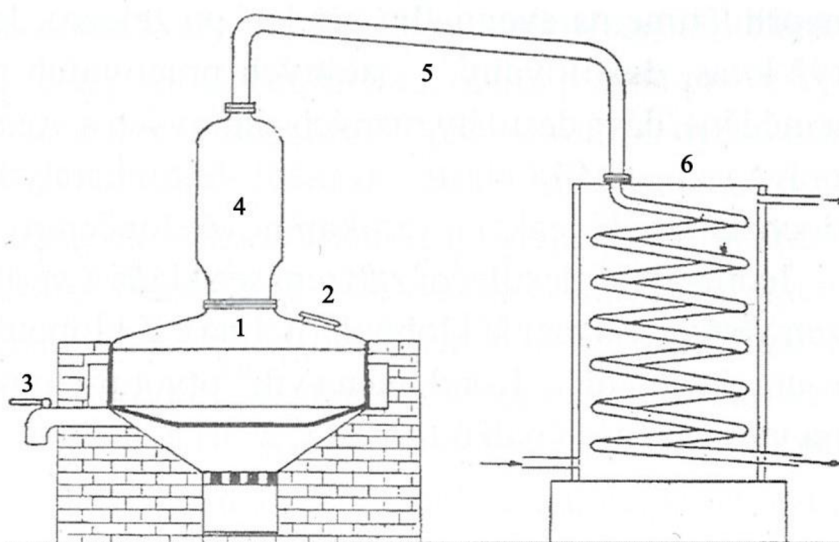
Ethanol je s vodou neomezeně mísitelný, a proto ho není možné úplně oddělit od ostatních látek. Pro zvýšení čistoty destilátu je proto typické destilaci opakovat. Opakovaná destilace je nazývána rektifikací. Vlivem postupného vypařování se destilát očišťuje od některých nežádoucích látek. Každá destilace i všechny následující rektifikace výsledný destilát rafinují.

#### 3.4.1 Destilační zařízení

Zařízení pro destilace hrají kritickou roli ve výrobě ovocných destilátů. Špatně udržovaná zařízení mohou i z velmi kvalitního kvasu vyrobit druhořadý destilát. Údržba a čištění zařízení jsou tedy prioritou. Zařízení, která přichází do styku s parami či kondenzáty musí být vyrobena ze správného materiálu. Materiál musí být odolný vůči kyselinám ve kvasu, korozi a nesmí s destilátem reagovat. Pro účely destilace se nejčastěji využívá měď a nerez.

Tento odstavec popisuje jednoduché destilační zařízení, který zobrazuje Obr. 3. Každé zařízení musí být vybaveno vařákem pro zahřívání kvasu (1) s otvory pro plnění (2) a vypouštění zbytků (3). Pro rovnoměrné zahřívání kvasu jsou vařáky často vybaveny míchadlem, které se otáčí po dně vařáku a zároveň tak i zabraňuje připalování kvasu. Nad vařákem je postavena helma (4), kudy z vařáku unikají páry. Jejím účelem je zahuštění alkoholových par a zabraňuje překypění kvasu. Nad helmu mohou být namontována rektifikační zařízení, např. deflegmátor (viz kap. 3.4.3). Uniklé páry poté prochází přestupnou trubkou (5) do chladiče (6), kde páry kondenzují na výsledný destilát.

Obr. 3 Jednoduché destilační zařízení na přímé topení



Zdroj: [1]

Legenda k Obr. 3:

- 1) Vařák
- 2) Otvor pro plnění vařáku kvasem
- 3) Otvor pro vypouštění zbytků po destilaci
- 4) Helma vařáku
- 5) Přestupná trubka
- 6) Chladič

### 3.4.2 Vařák

Ve vařáku probíhá zahřívání směsi na teplotu přes 80 °C. Objem vařáku v pěstiteckých pálenicích se obvykle pohybuje mezi 150 až 500 l. Moderní vařáky jsou často vybaveny

míchadlem, které pomáhá s rovnoměrným prohříváním kvasu a zároveň usnadňuje čištění vařáku.

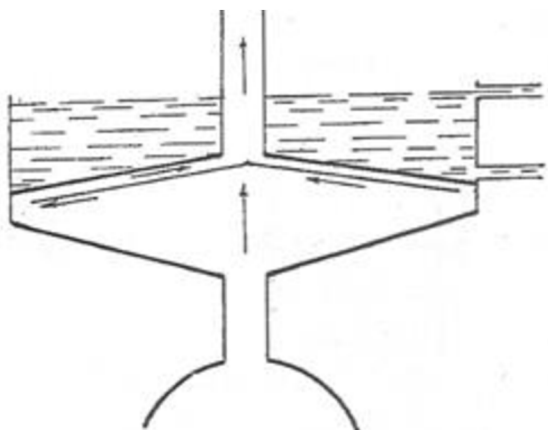
Podle způsobu topení se vařáky dělí na vařáky s přímým a nepřímým topením. U vařáků s nepřímým topením se zahřívá vodní či olejová lázeň (dnes se olejová lázeň již moc nepoužívá), která obklopuje vařák s kvasem a zahřívá ho. Přímé topení zahřívá vařák s kvasem přímo a bez lázně. Zdrojem energie pro vařáky je nejčastěji zemní plyn nebo elektřina.

### 3.4.3 Rektifikace a rafinace

Snahou pěstitelských pálenic je výroba kvalitního destilátu. Kvůli již zmíněné mísitelnosti alkoholu s ostatními složkami v kvasu ale produkt destilace stále obsahuje vysoké množství ostatních látek. Produkt první destilace tedy není považován za hotový výrobek a je nazýván lutr. Pro zvýšení jakosti destilátu je lutr destilován ještě alespoň jednou. Nejjednodušší, ale zároveň energeticky nejméně výhodnou metodou je opakované destilování. To může probíhat ve stejném vařáku jako 1. destilace, nebo v samostatné nádobě. Lutr je již očištěn od pevných částí kvasu, a proto rektifikační vařák nevyžaduje míchadlo a obvykle má i nižší objem.

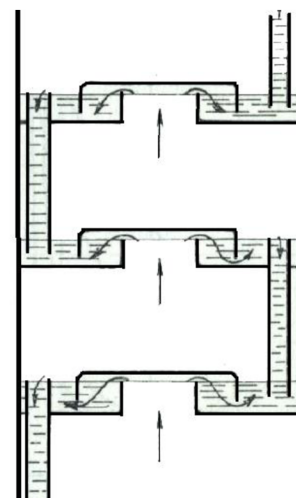
Modernější metodou, která je velmi často používána v současných pěstitelských pálenicích je deflegmace. Principem deflegmace je částečná kondenzace parní směsi. Ochlazením výparů kondenzují látky s vyšším bodem varu a koncentrace alkoholu ve zbylých výparech roste (Obr. 4). Vzniklý kondenzát stéká zpět do kolony a tvoří zpětný tok (tj. reflux) [3]. Efektivitu deflegmátoru lze zvýšit vyšším počtem deflegmačních pater, standardní deflegmační kolona má 2–4 patra.

Obr. 4 Taliřový deflegmátor



Zdroj: [1]

Obr. 3 Rektifikační patra



Zdroj: [14]

Další z moderních technologií rektifikace jsou tzv. rektifikační patra (Obr. 3). Podobně jako při deflegmaci je zařízení rozděleno do pater, místo částečné kondenzace ale dochází k průchodu výparů skrz kapalinu v rektifikačním dně. Pára se o kapalinu ochlazuje a část látek s vyšším bodem varu kondenzuje. Přebytečný kondenzát je odváděn přepadovými trubkami do nižších pater. Pára, která z rektifikačních pater uniká je bohatší na alkohol [10].

Během rektifikace se lihová pára očistí od mnoha nežádoucích látek. Některé ze zbývajících ale nelze oddělit vypařováním, a proto se na konec rektifikační kolony často umísťuje tzv. katalyzátor. Toto zařízení může být vyplněno velmi kvalitní mědí, která na sebe navazuje kyanidy a zvyšuje tak čistotu páry [15]. Čištění destilátu tímto způsobem se nazývá rafinace. Pro zachování účinnosti je nutné katalyzátor pravidelně regenerovat pomocí saponátového roztoku, nebo roztoku louhu.

#### 3.4.4 Chladič

Uniklé páry prochází přestupníkovou rourou do chladiče, jehož účel je kondenzace par a ochlazení kondenzátu na teplotu 12–20 °C. Chladič musí být vybrán tak, aby došlo k úplnému zkapalnění a ochlazení kondenzátu [1]. „Využívá se tu principu protiproudu: Čerstvá studená voda ochlazuje tu část, v níž je pára už relativně studená. Proudí vzhůru a naráží na stále teplejší části, které stále ještě dokáže ochladit.“ [16] Nedokonalé chlazení má za důsledek vytékání teplého kondenzátu a vznikají tak ztráty alkoholu i aromatických látek destilátu. Zkondenzovaný destilát opouští chladič výpustní trubkou do přistavených nádob [15].

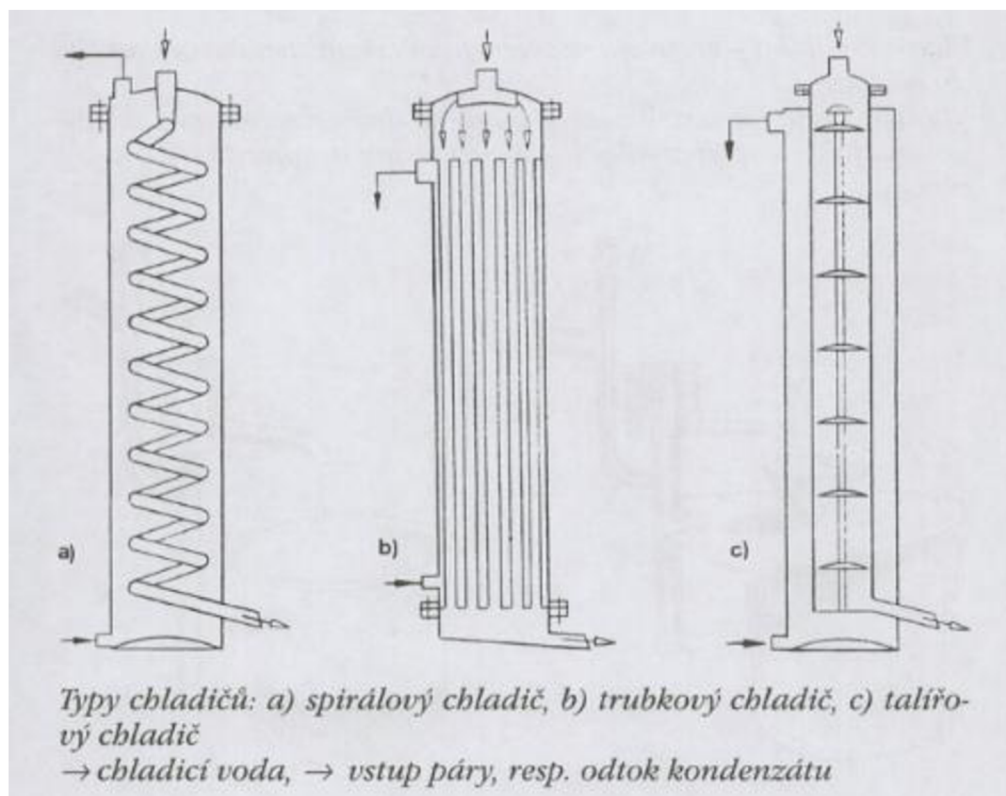
Důležitými parametry pro výběr chladiče jsou plocha kontaktu chladiče s destilátem, objem destilátu, teplota chladicí vody a destilačních par. Tyto parametry přímo ovlivňují potřebný průtok chladicí vody pro ochlazení destilátu pod 20 °C. Nedostatečný přívod vody vede k nedokonalému chlazení a ztrátám, nadměrný přívod je neekonomický.

Nejčastěji používané druhy chladícího zařízení (viz Obr. 6):

- 1) Spirálový či hadový chladič (a) se skládá ze spirálovité měděné roury, která je uložena ve válcové vodní lázni. Tento typ má poměrně malou kontaktní plochu a není tedy příliš výkonný. Hadový chladič také není snadno čistitelný, na jeho stěnách se často usazují vápenaté soli, které působí jako izolant [1]. Výhodou je cena pořízení a dostupnost náhradních dílů.
- 2) Trubkový chladič (b) je považován za nejvýkonnější druh chladiče. Pára prochází svisle postaveným svazkem trubek. Velkou výhodou tohoto typu je i snadnost čištění, cena pořízení je ale vysoká a pro malé podniky se nemusí vyplatit [15].
- 3) Talířový chladič (c) je obvykle nerezový. Talíře jsou umístěny ve stojanu, který lze snadno vyjmout a vyčistit [15]. Tento typ lze nazvat střední cestou mezi hadovým a trubkovým chladičem jak v ceně, tak ve výkonu.
- 4) Plášťový chladič je velmi oblíbený v malých a středně velkých pálenicích. Konstrukce je velmi podobná trubkovému chladiči, ale do lázně je postavena jen 1 trubka. Plášťový chladič je méně výkonný než trubkový a je tedy určen spíše pro zařízení s nižší kapacitou.



Obr. 6 Základní typy chladičů



Zdroj: [15]

### 3.4.5 Úkap, jádro a dokap

Zahříváním kvasu vznikají postupně parní směsi různého složení. Veškeré pěstitelské pálenice tedy po ochlazení par zpět do tekutého skupenství ručně (popř. automaticky s využitím moderních zařízení) oddělují směsi s vysokým obsahem nežádoucích látek. Destilát po rektifikaci je takto dělen na 3 části: úkap, jádro, dokap. Faktory pro rozdělení jsou teplota v destilačním vařáku a obsah alkoholu v destilátu, který je obvykle měřen lihoměrem v epruvetě (viz kap. 3.4.6).

Mnoho látek v destilované směsi má nižší bod varu než čistý ethanol a začínají se vypařovat již za teploty 50 °C. Úkap (někdy nazýván předek) vzniká jako první a obsahuje mnoho nekvalitních olejů [16]. Z tohoto důvodu je úkap odtáčen do zvláštní nádoby. Velkou složkou úkapu ale je i ethanol, jehož rostoucí obsah je nutné aktivně sledovat. Jakmile hodnota na lihoměru v epruvetě dosáhne zhruba 80 %, začíná stadium jádra a destilát musí být odkloněn z nádoby na úkap a dokap.

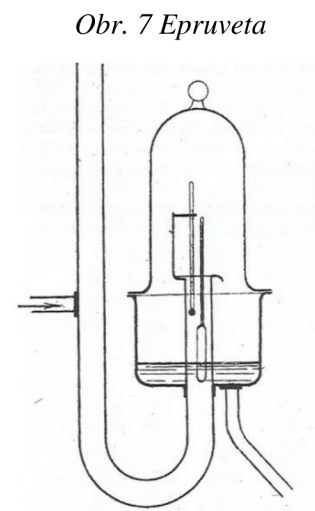
Jádro (popř. prokap) je nejkvalitnější část destilátu. Koncentrace ethanolu v jádře začíná na 80 % a s postupem času klesá. Vlivem rostoucí teploty ve vařáku se začíná vypařovat stále vyšší množství vody a přiboudliny, při poklesu koncentrace ethanolu pod 45 % začíná třetí a poslední část destilátu, dokap [17]. Správně vyrobené jádro obsahuje zhruba 60 % ethanolu a mnoho žádoucích aromatických látek.

Dokap (popř. zadek) je poslední částí destilátu, odděluje se od jádra do stejné nádoby jako úkap. Dokap obsahuje velké množství vody a přiboudlin, které by snížily jakost jádra. Koncentrace ethanolu zde klesá z 45 % na 5 % (15 % pro slivovici), kdy je proces destilace ukončen [16].

#### 3.4.6 Epruveta

Epruveta se umísťuje za chladič a jejím účelem je měření současné koncentrace alkoholu v kondenzovaném destilátu pomocí lihoměru. Tato nádoba má skleněné stěny ve tvaru válce či zvonu, aby bylo možné kdykoliv odečíst koncentraci alkoholu (viz Obr. 7).

Při výtoku destilátu z chladiče do připravených nádob dochází ke ztrátám aromatických látek i ethanolu. Zapojení epruvety musí tedy být co nejkratší. Některé pálenice také epruvetu odpojují při jímání úkapu, jehož zbytky v nádobě mohou zůstat [15].



Zdroj: [1]

#### 3.4.7 Předlohová nádoba

Předlohová nádoba je pomocné zařízení, které je umísťováno ve výrobním procesu před vařák. Pro výrobu destilátů není nutná, ale pro provozovatele je velmi výhodná. Objem nádoby by měl být stejný jako objem vařáku, umožňuje tak přesné dávkování množství kvasu do vařáku i během destilace předchozí várky. Druhou výhodou je úspora energie, kvas v této nádobě je možné přehřívát odpadní vodou z chladiče či výpalky z předchozí várky kvasu. Následující destilace je tedy rychlejší a levnější.

### 3.5 Úprava jakosti

Destilát, který je výsledkem procesu destilace a rektifikace většinou není vhodný k okamžité konzumaci. V mnoha případech produkt destilace obsahuje přes 70 % alkoholu, případně může být zakalený. Finálním stadiem výroby jsou tedy úpravy jakosti a chutě destilátu.

#### 3.5.1 Ředění

Po skončení procesu je nutné změřit skutečný objem lihu v destilátu, k určení této hodnoty jsou využívány lihoměry s teploměrem (viz Obr. 8). Samotný lihoměr při vyšší teplotě ukazuje zvýšené množství alkoholu, a proto se měří i teplota destilátu a následně se tyto hodnoty opravují podle tabulkových hodnot.

Obr. 8 Lihoměr s teploměrem



Zdroj: [18]

Objem alkoholu v prodáváných destilátech se obvykle pohybuje mezi 44–52 % celkového objemu. Pro snížení objemu alkoholu v čerstvém destilátu je vhodná destilovaná, nebo čistá a měkká voda. Potřebný objem vody je popsán v tabulkách, které jsou volně dostupné v literatuře, nebo vypočitatelný z následujícího vzorce:

$$V_1 s_1 = V_2 s_2 \quad (2)$$

Tento vzorec říká, že objem destilátu před smísením ( $V_1$ )  $\times$  stupňovitost před smísením ( $s_1$ ) se musí rovnat objemu destilátu po smísení ( $V_2$ )  $\times$  stupňovitost po smísení ( $s_2$ ). Úpravou a dosazením do tohoto vzorce lze získat objem i stupňovitost destilátu.

#### 3.5.2 Zrání ovocných destilátů

„Čerstvé destiláty mají ještě nevyrovnanou hrubou příchut' a získávají na jakosti teprve delším uskladněním.“ [1] Destilát se tedy uskladňuje do nádob a ukládá do temných prostorů s konstantní pokojovou teplotou. Optimální materiál nádoby je dřevo, ale pěstitelské pálenice obvykle využívají nádoby skleněné o objemu 1–10 litrů. Naopak nevhodným materiálem je kov, látky přítomné v pálenice mohou s kovem tvořit nežádoucí sloučeniny

[1]. Proces zrání trvá minimálně 1 měsíc, některé druhy destilátů ale mohou zrát i více než 5 let.

Moderní alternativou tohoto procesu je využití ultrazvukových zařízení. Rozkmitáním tekutiny působením ultrazvuku dojde k odplynění destilátu a proces zrání je tak možné urychlit o 1–2 roky. Tato metoda je často využívána pěstitelskými pálenicemi, protože umožňuje velmi rychlé předání hotového destilátu zákazníkům a skladovací prostor tak může sloužit na jiné účely.

## 4 Praktická část práce

Praktická část práce se skládá ze 2 podkapitol. První část popisuje existující zařízení a výrobní proces Lhotecké palírny. Druhá část se zabývá výběrem nového chladiče, součástí této části je i ekonomické zhodnocení nákupu.

### 4.1 Lhotecká palírna

Lhotecká palírna se nachází v obci Lhota, severně od města Brandýs nad Labem. Tento podnik byl zprovozněn v roce 2011 panem Ing. Jiřím Lípou. Obec Lhota leží v oblasti, kde výroba ovocných destilátů pěstitelským pálením není příliš rozšířená. V oblasti se ale nachází množství zdrojů ovoce (sady, zahrady ...), které lze zpracovat na ovocné destiláty.

Pálenice je vybavena moderním monoblokovým systémem (destilace včetně rektifikace probíhá v jednom vařáku s rektifikační kolonou) s maximální kapacitou 150 litrů [2]. Výrobce J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov uvádí, že ze 150 litrů zařízení vyrobí 15,6 litrů 50% destilátu. Lhotecká palírna je v provozu od začátku října do konce února dalšího roku, za sezónu obvykle vyrobí okolo 1 400 litrů 50% destilátu.

Prostory podniku jsou omezené, a proto většina zákazníků do podniku vozí již vyzrálý kvas. Podnik prodává a pronajímá plastové kvasné sudy o objemu 50–150 litrů, objem poskytovaných sudů je zároveň kompatibilní s objemem vařáku. „*Ve výjimečných případech po domluvě s obsluhou pálenice je možné přivést surové ovoce, které je následně vykvašeno v místě v péči provozovatele palírny.*“ [2] Pálenice nabízí řadu služeb souvisejících s výrobním procesem. Pro přípravu kvasu je na místě k dispozici drtič ovoce a odpeckovač kvasu. Hotové destiláty jsou v případě zakalení očišťovány speciální filtrací a je zde také nabízeno urychlené zrání destilátu ultrazvukem.

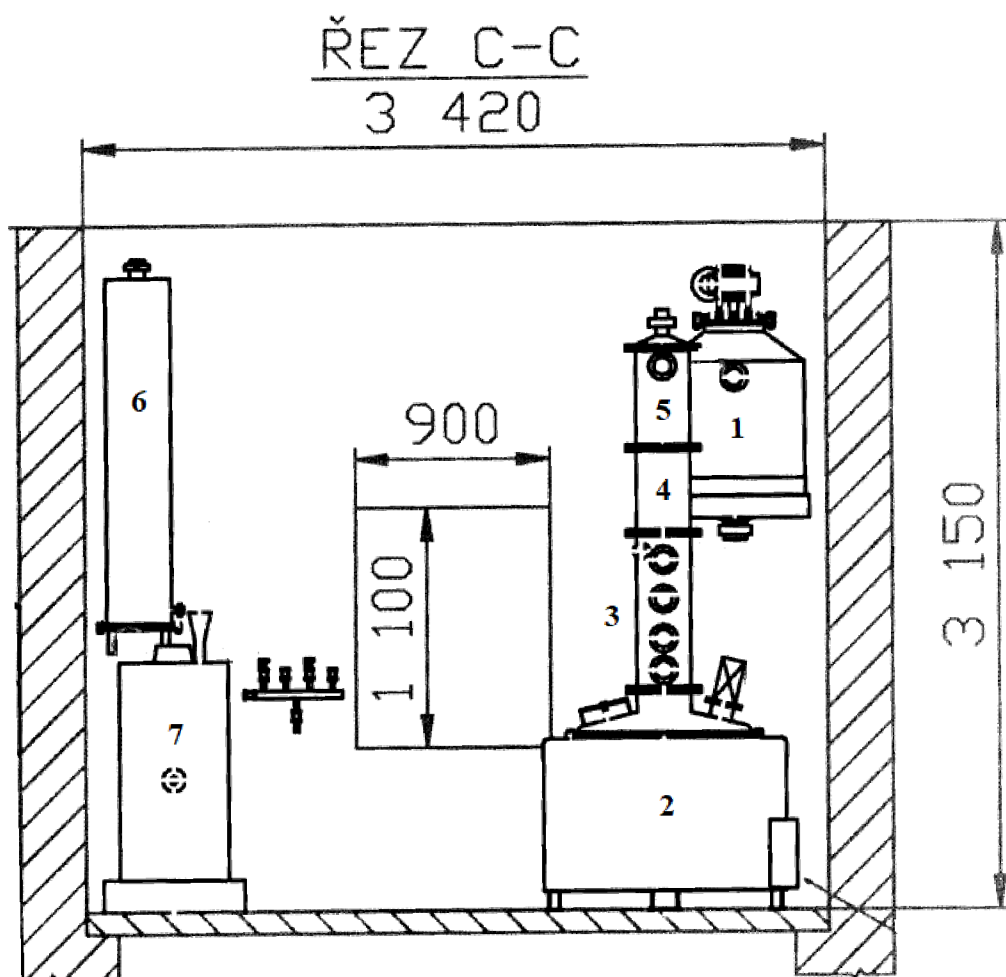
### 4.2 Destilační zařízení podniku

Kromě kontrolního měřiče lihu bylo celé zařízení vyrobeno firmou J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov. Jde o českou strojírenskou společnost, která se běžně zabývá výrobou a prodejem zařízení pro lihovarnický průmysl. Provozovatel pěstitelské pálenice tuto firmu zvolil na základě přátelských vztahů s obchodním zastupitelem firmy.

Zjednodušené schéma zařízení je na Obr. 9. Lhotecká palírna je vybavena monoblokovým systémem s rektifikační kolonou (3–5), tj. destilace probíhá jen jednou a druhá

destilace je nahrazena rektifikační kolonou. Chlazení par probíhá v plášťovém chladiči (6), zkondenzovaný destilát je poté odváděn do připravené nádoby na úkap a dokap, nebo přes kontrolní lihoměr od výrobce Zehr (7) do nádoby na jádro. Zařízení je vyrobeno převážně z nerezů a mědi.

Obr. 9 Schéma Lhotecké palírny



Zdroj: [vlastní zpracování]

Legenda k Obr. 9:

- 1) Předlohová nádoba
- 2) Destilační vařák
- 3) Rektifikační patra
- 4) Trubkový deflegmátor
- 5) Katalyzátor
- 6) Plášťový chladič
- 7) Lihové měřidlo Zehr

#### 4.2.1 Zahřívání kvasu

Vařák v Lhotecké palírně (Obr. 10) má maximální objem 150 litrů. Konstrukce zařízení umožňuje destilaci již od 80 litrů kvasu, což zákazníkům dává možnost zpracování i menšího množství kvasu. Palírna tak umožňuje destilaci méně obvyklých druhů ovoce bez smíchávání s kvasy jiných zákazníků.

Ohřev kvasu probíhá nepřímo přes vodní lázeň a zdrojem tepla jsou 4 elektrická topná tělesa s maximálním výkonem 24,5 kW, která jsou umístěna na dně vařáku. Maximální výkon jednoho topného tělesa je 7,5 kW, ale pokud 3 tělesa běží na plný výkon, výkon 4. tělesa nepřekročí 2 kW. Vařák je opatřen elektrickým míchadlem se spotřebou 1,1 kW. Zařízení je válcového tvaru se šikmým dnem a kuželovým víkem, na kterém se nachází otvor pro napouštění o průměru 200 mm. Vypouštěcí otvor ústí u dna z pláště vařáku. Pro snížení tepelných ztrát je vařák opatřen vrstvou izolace, která je kryta nerezovým plechem. Vlastní těleso vařáku je vyrobeno z mědi.

Destilace v tomto zařízení trvá 1,5–2,5 hodiny podle naplnění a vstupní teploty kvasu. Kvas může být předehříván v předlohové nádobě (Obr. 11) teplou odpadní vodou z deflegmátoru. Nádoba má objem 150 litrů, je válcová s kuželovým dnem a víkem, uvnitř je topný nerezový had, kterým prochází teplá voda a zahřívá kvas na teplotu asi 45 °C.

*Obr. 10 Vařák*



*Zdroj: [vlastní zpracování]*

*Obr. 4 Předlohová nádoba*



*Zdroj: [vlastní zpracování]*

#### 4.2.2 Rektifikační díl

Destilační zařízení je vybaveno rektifikační kolonou (Obr. 12). Kolona je stojatý válec o průměru 250 mm a skládá se z rektifikačních pater, deflegmátoru a katalyzátoru. Jednotlivé části kolony lze snadno vyřadit z provozu pomocí páček na plášti zařízení a měnit tak vlastnosti výsledného destilátu. Kromě výplně katalyzátoru je celá kolona vyrobena z nerezů.

Pára z vařáku nejprve prochází rektifikačními patry, která jsou v tomto zařízení 3. Dalším krokem rektifikace je trubkový deflegmátor. Tento typ deflegmátoru je konstrukčně velmi podobný trubkovému chladiči (viz kap. 3.4.4), pára prochází svazkem trubek ponořených v lázni chladící vody. Poslední částí rektifikační kolony je katalyzátor s měděnou výplní.

#### 4.2.3 Chlazení

Současný chladič (Obr. ) je plášťového typu a je vyroben z nerezů. Opět jde o válcové stojaté zařízení, horní a spodní dna jsou však rovná kvůli otvorům pro přívod a odvod vody. Chladící voda prochází od spodního do horního dna a využívá tedy principu protiproudu (viz kap. 3.4.4). V horní části pláště se nachází otvor pro přívod lihových par, zkondenzovaný destilát chladič opouští otvorem ve spodní části pláště.

Celková chladící plocha chladiče je 2,1 m<sup>2</sup> a ochlazuje lihové páry na teplotu 18–20 °C. Během jedné destilace tento chladič spotřebuje okolo 400 litrů chladící vody. Válec chladiče má průměr 30 cm a je 160 cm vysoký. Chladič váží 67 kg a musí být zajištěn ocelovými konzolami.

Obr. 12 Rektifikační kolona



Zdroj: [vlastní zpracování]

Obr. 13 Plášťový chladič



Zdroj: [vlastní zpracování]



#### 4.2.4 Měření a regulace

Zkondenzovaný destilát prochází epruvetou s lihoměrem, na kterém obsluha odečítá koncentraci alkoholu a ručně odděluje úkap a dokap do odměrného válce, objem válce musí být po každé destilaci zaevidován (ze 150 litrů kvasu v zařízení vzniká 1–1,5 litrů úkapu a dokapu). Obsah odměrného válce následně odtéká do speciální nerezové nádoby o objemu 100 litrů. Podle zákona o lihu je úkap a dokap v nádobě za přítomnosti úřední osoby znehodnocen.

Jádro destilátu teče do kontrolního lihového měřidla Zehr MT (Obr. 14). Zde je odečítán objem vyrobeného destilátu kvůli výpočtu množství vyrobeného lihu. Lhotecká palírna často plní vařák kvasem od několika různých pěstitelů. Dovezené kvasy mají velmi odlišnou kvalitu a vyrobený destilát tak může být podle objemu a obsahu ethanolu v kvasu rozdělen mezi zákazníky. Množství vyrobeného lihu musí také být evidováno kvůli zákonu o lihu a zdanění.

Obr. 14 Kontrolní měřidlo Zehr



Zdroj: [vlastní zpracování]

#### 4.3 Návrh nového chladiče

Místnost, ve které se zařízení nachází, je poměrně malá a některé části zařízení jsou špatně přístupné. Chladič byl umístěn do rohu místnosti a téměř se dotýká stropu (viz Obr. 13), jeho údržba je proto velmi obtížná. Pro zachování kvality výroby bude v dohledné době potřeba chladič vyměnit. Na stěnách neudržovaného chladiče se s postupem času usazují vápenaté soli, které působí jako izolant způsobují nedokonalou kondenzaci destilátu. Současný chladič vyhovuje potřebám pálenice, nový chladič by proto měl mít podobné parametry.

Vzhledem k rozměrům místnosti je nepravděpodobné, že by se pozice zařízení mohla změnit. Je proto potřeba vybrat typy chladičů, které nejdéle vydrží bez čištění. Spirálové a talířové chladiče jsou sice snadno rozebratelné, ale zároveň se kvůli svému tvaru rychleji

znečišťují. Vhodnými typy pro toto zařízení jsou tedy chladiče plášťové a trubkové. Kvůli pozici nový chladič nesmí být vyšší než 160 cm.

Pro návrh nového chladiče byli kontaktováni výrobci destilačních zařízení Arnold Holstein; Destila s.r.o.; Durativa Preciz s.r.o.; holzeis GmbH; J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov a Slovácké Pálenice. Nabízené chladiče jsou popsány v kapitolách 4.3.1–4.3.3. Na základě konzultace s provozovatelem byly vybrány parametry hodnocení nabídky chladiče, pro výběr byla zvolena bodovací metoda (viz kap. 4.3.4).

#### 4.3.1 Plášťový chladič – J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov

Tato společnost vyrobila většinu současného zařízení palírny včetně chladiče. Parametry nového chladiče od této společnosti jsou v mnoha ohledech identické se současným. Chladič je plášťového typu (Obr. ), 160 cm vysoký a vyrobený z nerez. Chladicí plocha je 2,1 m<sup>2</sup> a během destilace 150 litrů kvasu spotřebuje 400 litrů chladicí vody [19].

Shodné rozměry umožňují výměnu chladiče bez změn ostatních částí zařízení. Chladič v tomto provedení je dostupný skladem a stojí 23 800 Kč bez DPH. Společnost nabízí dopravu zdarma, montáž za poplatek a záruku 24 měsíců [19].

*Obr. 15 Plášťový chladič J. HRADECKÝ*



*Zdroj: [19]*

#### 4.3.2 Trubkový chladič – Slovácké pálenice

Společnost Slovácké pálenice nabízí destilační zařízení německého výrobce KovoSPIN. Nabízený chladič je trubkového typu (Obr. ), 110 cm vysoký a vyrobený z nerez [20].

Lihové páry kondenzují ve 24 trubkách s celkovou chladicí plochou 1,4 m<sup>2</sup>. Spotřeba chladicí vody pro tento chladič je zhruba 600 litrů na 150 litrů kvasu. Chladič je určen pro vařáky o objemu 50–150 litrů.

Cena pořízení tohoto chladiče je jen 9 000 Kč [20], ale doprava je zpoplatněná a obchod nenabízí montáž. Součástí nabídky jsou trubky pro napojení chladicí vody, ale kvůli menším rozměrům chladiče bude pravděpodobně nutné upravit další armatury.

*Obr. 16 Trubkový chladič Slovácké pálenice*



*Zdroj: [20]*

#### 4.3.3 Trubkový chladič – holzeis GmbH

Třetím možným dodavatelem je rakouský výrobce holzeis GmbH. Společnost nabízí chladiče talířové a trubkové. Pro vařák o objemu 150 litrů je tedy nabízen nerezový chladič trubkového typu. Chladič je 120 cm vysoký a obsahuje 24 chladících trubek [21], celková chladicí plocha je 1,5 m<sup>2</sup>. Na jednu destilaci spotřebuje kolem 550 litrů chladicí vody.

Společnost holzeis nabízí tento chladič za 440 EUR (10 560 Kč při kurzu 1 EUR = 24 Kč) [21]. Montáž není součástí nabídky, poplatek za dopravu je 45 EUR (1 080 Kč při kurzu 1 EUR = 24 Kč). Podobně jako od předchozího trubkového chladiče (viz kap. 4.3.2) bude nutný nákup spojovacích trubek a kolen.

#### 4.3.4 Srovnání

Parametry pro volbu chladiče závisí na potřebách provozovatele palírny. V Tab. 3 jsou porovnány 3 nabízené chladiče. Vzhledem k pozici chladiče v místnosti bude typ nového chladiče buď plášťový, nebo trubkový. Parametr změna armatur sleduje, zdali výměna chladiče vyžaduje změnu potrubí, které spojuje chladič s destilačním zařízením. Ostatní parametry hodnotí technické vlastnosti chladiče a podmínky pořízení.

Tab. 3 Porovnání nabídek chladičů

Parametr	Jednotka	J. HRADECKÝ	Slovácké pálenice	holzeis GmbH
Typ	-	Plášťový	Trubkový	Trubkový
Materiál	-	Nerez	Nerez	Nerez
Změna armatur	-	Ne	Ano	Ano
Chladicí plocha	m <sup>2</sup>	2,1	1,4	1,5
Spotřeba vody	litr/várka	400	600	550
Cena pořízení	Kč	23 800	9 000	10 560
Doprava	-	Zdarma	Placená	Placená
Montáž	-	Placená	Vlastní	Vlastní

Pro porovnání chladičů byla zvolena bodovací metoda, protože mnohé ze sledovaných parametrů nemají číselnou hodnotu. Bodovací metoda je vícekriteriální metoda hodnocení, která umožňuje tyto parametry porovnat. Chladiče za každý parametr získávají 1–10 bodů podle vhodnosti, body jsou poté sečteny a varianta s nejvyšším počtem bodů je považována za nejlepší. Tab. 4 hodnotí parametry z Tab. 3.

Tab. 4 Bodové hodnocení chladičů

Parametr	J. HRADECKÝ	Slovácké pálenice	holzeis GmbH
Typ	10	10	10
Materiál	10	10	10
Změna armatur	10	5	5
Chladicí plocha	10	5	6
Spotřeba vody	10	6	7
Cena pořízení	3	10	9
Doprava	10	5	5
Montáž	5	1	1
<b>Celkem</b>	<b>68</b>	<b>52</b>	<b>53</b>

Chladič od výrobce J. HRADECKÝ získal 68 bodů a jeví se tak jako nejlepší z porovnávaných možností. Na druhém místě se umístil trubkový chladič od výrobce holzeis GmbH s 53 body, na posledním místě s 52 body se umístil trubkový chladič od výrobce Slovácké pálenice. Hlavním nedostatkem obou trubkových chladičů jsou potíže s uvedením do provozu, jsou výrazně kratší a vyžadují tak změny v potrubním systému.

Je vhodné zmínit, že existuje mnoho dalších výrobců chladičů a vybraný plášťový chladič nemusí být nejlepším řešením. Většina výrobců vyrábí jen zakázkově na základě velmi přesných parametrů. Mezi takové výrobce patří společnosti Arnold Holstein, Destila s.r.o. a Durativa Preciz s.r.o., které byly požádány o návrh chladiče ke zpracování v bakalářské práci. Žádný z těchto výrobců ale řešení nenabídl.

#### 4.3.5 Ekonomické zhodnocení

Lhotecká palírna uvádí cenu za 1 litr 50% destilátu z dovezeného kvasu 209 Kč [2]. Cena zahrnuje spotřební daň z lihu ve výši 162 Kč na 1 litr 100% destilátu (81 Kč na 1 litr 50% destilátu), daň z přidané hodnoty ve výši 21 % (37 Kč na 1 litr 50% destilátu) a náklady na výrobu destilátu. Hlavními složkami nákladů na výrobu je spotřeba chladicí vody a spotřeba elektřiny. Destilace 150 litrů kvasu ve Lhotecké palírně trvá 2,5 hodiny a v průměru se vyrobí 15,6 litrů 50% destilátu. Vybraný plášťový chladič za tuto dobu spotřebuje 400 litrů chladicí vody (0,4 m<sup>3</sup>). Průměrná cena za 1 m<sup>3</sup> vody je v současné době (únor 2023) 113 Kč. Cena chlazení jedné várky destilátu je tedy 53,20 Kč neboli 3,41 Kč na 1 litr 50% destilátu. Spotřeba elektřiny za 2,5 hodiny zahřívání kvasu a provoz míchadla ve vařáku je podle výrobce okolo 54,5 kWh. Současná průměrná cena elektřiny v ČR je 5,93 Kč za 1 kWh. Náklady za elektřinu pro destilaci 1 várky kvasu jsou 323,18 Kč neboli 20,72 Kč na 1 litr 50% destilátu.

Celkové náklady na výrobu 1 litr destilátu vychází na 142,13 Kč. Zisk při prodejní ceně 209 Kč je tedy 66,87 Kč na 1 litr 50% destilátu. Cena pořízení vybraného chladiče je 23 800 Kč, pro zaplacení této investice je potřeba vyrobit 356 litrů 50% destilátu. Lhotecká palírna je v provozu od října do března a destiluje průměrně 5 várek týdně. Výroba potřebného objemu destilátu potrvá 5 týdnů. Výpočet nezahrnuje náklady na odpisy zařízení a možné výnosy z ostatních služeb Lhotecké palírny. Drcení ovoce stojí 2 Kč na 1 kg ovoce. Odpeckování kvasu je dostupné za 2 Kč na 1 litr kvasu. Pálenice také poskytuje službu zestařování destilátu ultrazvukem za 15 Kč na 1 litr destilátu [2].

## 5 Výsledky a diskuse

Cílem práce bylo popsání současného destilačního zařízení Lhotecké palírny a návrh výměny chladiče. Zařízení využívá moderní monoblokovou technologii, kde 2. destilace (rektifikace) je nahrazena rektifikační kolonou. Kapacita vařáku je 150 litrů kvasu, a destilace v tomto zařízení trvá 2,5 hodiny. Zařízení je dále vybaveno předlohovou nádobou o kapacitě 150 litrů, plášťovým chladičem a lihovým měřidlem Zehr MT. Kvůli opotřebení a znečištění současného chladiče byla navržena jeho výměna.

Pro provozovatele Lhotecké palírny je velmi důležitá jednoduchost výměny chladiče, pokud možno bez zásahu do ostatních armatur. Vybraný chladič tomuto požadavku vyhovuje, ale zároveň má stejný nedostatek, jako současný chladič. Vzhledem k pozici chladiče v místnosti bude opět obtížné chladič čistit. Typ vybraného chladiče proto musí být odolný vůči znečištění. Odborná literatura se shoduje, že plášťové a trubkové chladiče jsou vůči znečištění nejodolnější.

Výrobci destilačních zařízení, je v Evropě mnoho. Většina výrobců ale vyrábí jen na zakázku, podle naměřených rozměrů. Navržený plášťový chladič od společnosti J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov sice ve srovnání získal nejvyšší počet bodů, ale nabídka jedné z těchto společností by mohla potřebám Lhotecké palírny vyhovovat lépe.

## 6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou technického zařízení pěstitelských pálenic. V praktické části je popsáno destilační zařízení v pěstitelské pálenici Lhotecká palírna. Zařízení se skládá z měděného elektrického vařáku o objemu 150 litrů, destilace 150 litrů kvasu v tomto vařáku trvá přibližně 2,5 hodiny a při procesu vzniká 15,6 litrů 50% destilátu. Lihové páry prochází rektifikační kolonou, která se skládá z 3 rektifikačních pater, trubkového deflegmátoru a katalyzátoru. Páry kondenzují v plášťovém chladiči.

Praktická se dále zabývá návrhem výměny chladiče z důvodu nedostatečné údržby současného zařízení. Bodovací metodou jsou srovnávány nabízené chladiče od výrobců J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov; Slováké pálenice a holzeis GmbH. Plášťový chladič J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov ve srovnání zvítězil, prodejní cena tohoto chladiče je 23 800 Kč.

Lhotecká palírna prodává 1 litr 50% destilátu za 209 Kč, v ceně je zahrnuta spotřební daň z lihu 81 Kč, daň z přidané hodnoty 37 Kč, spotřeba chladicí vody v hodnotě 3,41 Kč a spotřeba elektřiny v hodnotě 20,72 Kč. Zisk z 1 litru 50% destilátu vychází přibližně na 66,87 Kč. Pro zaplacení výměny chladiče je tedy potřeba vyrobit 356 litrů 50% destilátu, což ve Lhotecké palírně trvá přibližně 5 týdnů.

## 8 Seznam použitých zdrojů

1. DYR, Josef a DYR, Jan E. *Výroba slivovice a jiných pálenek*. 5. vyd. Praha: Maxdorf s.r.o., 2020. ISBN 978-80-7345-657-3.
2. Lhotecká palírna. *Příprava kvasu a pálení* [online]. 2022. [citováno 16.listopad 2022] Dostupné z: <http://www.lhoteckapalirna.cz>
3. PELIKÁN, Miloš, DUDÁŠ, František a MÍŠA, Drahomír. *Technologie kvasného průmyslu*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-7157-578-X.
4. RYCHTERA, Mojmir, UHER, Jiří a PÁCA, Jan. *Lihovarství, droždářství a vinařství II. část*. 1. vyd. Praha: Ediční středisko VŠCHT, 1986. sv. II. ISBN 80-7080-117-4.
5. Kovoděl Janča s.r.o. *Odpeckovací stroj* [online]. 2022. [citováno 5.prosinec 2022] Dostupné z: <https://www.kovodel.cz/prislusenstvi-k-destilaci/odpeckovavaci-stroj/>
6. KADLEC, Jan et.al. *Technologie potravin II*. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
7. Pěstitelská pálenice Pardubice s.r.o. *Příprava kvasu* [online]. 2021. [citováno 15.únor 2023] Dostupné z: <http://www.palence-pardubice.cz/priprava-kvasu/>
8. Pěstitelská pálenice Úhonice. *Kontrola prokvašení kvasu* [online]. 2020. [citováno 21.únor 2023] Dostupné z: <https://palenceuhonice.cz/blog/kontrola-prokvaseni-kvasu.html>
9. HADDEX, spol. s.r.o. *Optický refraktometr ATC 0-32% Brix pro měření obsahu cukru* [online]. 2023. [citováno 21.únor 2023] Dostupné z: <https://www.hadex.cz/r336-opticky-refraktometr-atc-0-32-brix-pro-mereni-obsahu-cukru/>
10. DYR, Josef, SEILER, Adolf a GRÉGR, Vratislav. *Lihovarství*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956.
11. RYCHTERA, Mojmir, UHER, Jiří a PÁCA, Jan. *Lihovarství, droždářství a vinařství I. část*. 1. vyd. Praha: Ediční středisko VŠCHT, 1986. sv. I. ISBN 80-7080-117-4.
12. SEDLÁČEK, Milan. *Glycerol* [online]. 2006. [citováno 14.únor 2023] Dostupné z: <http://www.znalecvin.cz/glycerol/>
13. CoJeCo.cz. *Přiboudlina* [online]. 2004. [citováno 14. únor 2023] Dostupné z: <https://www.cojeco.cz/priboudlina>
14. PÁCA, Jan a CHUCHVALEC, Jiří. *Strojnictví pro 3. ročník SPŠ potravinářské, obor kvasná technologie*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989.
15. PISCHL, Josef. *Vyrábíme ušlechtilé destiláty*. Přeložil Mojmir Rychtera. Praha: Ivo Železný, 1997. ISBN 80-237-3441-5.
16. BOTHE, Carsten. *Domácí pálenky a likéry - destilace, dochucování, stáčení*. Přeložila Alice Kavinová. 1. vyd. Praha: JAN VAŠUT s.r.o., 2020. ISBN 978-80-7541-177-8.
17. KovoSPIN. *Jak pálit slivovici* [online]. 2023. [citováno 19.únor 2023] Dostupné z: <https://slovacke-palence.cz/jak-destilovat>
18. Vinařský dům Kopeček, s.r.o. *Lihoměr s teploměrem* [online]. 2023. [citováno 21.únor 2023] Dostupné z: [https://www.vinarskydum.cz/lihomer-s-teplomerem\\_p3835](https://www.vinarskydum.cz/lihomer-s-teplomerem_p3835)



19. J. HRADECKÝ, spol. s r.o., Pacov. *Chladič pálenice plášťový* [online]. 2023. [citováno 12.březen 2023] Dostupné z: [https://www.minipivovary-palenice.cz/zarizeni-a-prislusenstvi-palenice/129-chladic-palenice-plastovy.html?search\\_query=chladic&results=28](https://www.minipivovary-palenice.cz/zarizeni-a-prislusenstvi-palenice/129-chladic-palenice-plastovy.html?search_query=chladic&results=28)
20. KovoSPIN. *Chladiče alkoholových par* [online]. 2023. [citováno 12.březen 2023] Dostupné z: <https://slovacke-palenice.cz/chladice>
21. holzeis GmbH. *HIGH PERFORMANCE PIPE BEND COOLER holzeis - SA Pre* [online]. 2022. [citováno 12.březen 2023] Dostupné z: <https://holzeis.com/en/liquor/holzeis-liquor-distillery/liquor-distillation-equipment-accessories/1161/high-performance-pipe-bend-cooler-holzeis-sa-pre?c=314>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Odpeckovací stroj od výrobce Kovoděl Janča s.r.o. ....	6
Obr. 2 Refraktometr .....	8
Obr. 3 Jednoduché destilační zařízení na přímé topení .....	12
Obr. 4 Talířový deflegmátor .....	14
Obr. 5 Rektifikační patra .....	14
Obr. 6 Základní typy chladičů .....	16
Obr. 7 Epruveta .....	17
Obr. 8 Lihoměr s teploměrem .....	18
Obr. 9 Schéma Lhotecké palírny .....	21
Obr. 10 Předlohová nádoba .....	22
Obr. 11 Vařák .....	22
Obr. 12 Rektifikační kolona .....	23
Obr. 13 Plášťový chladič .....	23
Obr. 14 Kontrolní měřidlo Zehr .....	24
Obr. 15 Plášťový chladič J. HRADECKÝ .....	25
Obr. 16 Trubkový chladič Slovácké pálenice .....	26

## Seznam tabulek

Tab. 1 Průměrné složení v % na dužinu .....	4
Tab. 2 Průměrná doba kvašení a výtěžnost hlavních druhů ovoce .....	7
Tab. 3 Porovnání nabídek chladičů .....	27
Tab. 4 Bodové hodnocení chladičů .....	27