

Studium tepelných vlastností masa a masných výrobků

Kateřina Matyášová

Bakalářská práce
2017

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina Matyášová**
Osobní číslo: **T150162**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Studium tepelných vlastností masa a masných výrobků**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Rešerže na téma:
2. Maso a masné výrobky – vlastnosti a výroba.
3. Způsoby tepelného zpracování masa.
4. Přenos tepla, tepelná vodivost, tepelný odpor.

II. Praktická část

1. Experimentální měření koeficientu tepelné vodivosti vybraných masných výrobků.
2. Vyhodnocení tepelných vlastností masných výrobků s ohledem na procentuální složku obsaženého masa.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M. kol., Technologie potravin – přehled tradičních potravinářských výrob, VŠCHT v Praze, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, 570 s. (2012). ISBN 978-80-7418-145-0.
2. Ingr I., Produkce a zpracování masa, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Fakulta agronomická, 202s., (2011). ISBN 80-7157-719-7.
3. Kulhánek F., Stavební fyzika II – Stavební tepelná mechanika, ČVUT v Praze, Fakulta architektury, 143 s. (2006). ISBN 80-01-03408-9.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dušan Fojtů, Ph.D.

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

3. února 2017

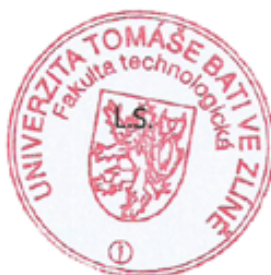
Termín odevzdání bakalářské práce:

5. května 2017

Ve Zlíně dne 3. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 3.5.2017


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Byly připraveny vzorky mas: vepřová panenka, vepřová kýta, vepřová krkovička, kuřecí prsní, kuřecí stehenní, telecí kotleta a telecí kýta. Byla naměřena závislost teploty na čase a tato závislost vyhodnocena programem ThermaCon. Byly stanoveny koeficienty tepelných vodivostí a tepelných odporů jednotlivých mas. Byla vyhodnocena závislost tepelné vodivosti vzorků s ohledem na obsah vody, tuku a svaloviny.

Klíčová slova:

Tepelná vodivost, tepelný odpor, nestacionární metoda, maso, masné výrobky, vepřová panenka, vepřová kýta, vepřová krkovička, kuřecí prsní, kuřecí stehenní, telecí kotleta a telecí kýta

ABSTRACT

There were prepared meat samples: pork tenderloin, pork ham, pork neck, chicken breast, chicken thigh, veal cutlet and veal leg. There was measured temperature depending on time and evaluated by ThermaCon program. There were determined coefficients of thermal conductivity and thermal resistance of individual meat samples. There were evaluated correlation between thermal conductivity and water, fat and flesh contents in the samples.

Keywords:

Thermal conductivity, thermal resistance, non-stationary method, meat, meat samples, pork tenderloin, pork ham, pork neck, chicken breast, chicken thigh, veal cutlet, veal leg, flesh.

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Dušanovi Fojtů Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, pomoc při získávání materiálů, rady, ochotu a trpělivost. V neposlední řadě patří také velké poděkování mé rodině, především rodičům a malé neteři, která mě v těžkých chvílích mile rozptylovala.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MASO A MASNÉ VÝROBKY	11
1.1 TECHNOLOGIE MASA	11
1.2 SLOŽENÍ MASA	12
1.3 VLASTNOSTI MASA	13
1.4 STRUČNÝ PŘEHLED MASNÝCH VÝROBKŮ	13
1.5 DRŮBEŽÍ MASA	13
1.5.1 Vlastnosti, složení a nutriční hodnota	13
1.5.2 Drůbeží svalovina	13
1.5.3 Výroba a spotřeba	15
1.6 VEPŘOVÉ MASA	15
1.6.1 Vlastnosti	15
1.6.2 Výroba	16
1.7 TELECÍ MASA	16
1.7.1 Charakteristika	16
1.7.2 Vlastnosti	16
1.7.3 Výroba	17
2 ZPŮSOBY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ MASA	18
2.1 ROZDĚLENÍ MASNÝCH VÝROBKŮ DLE ZPŮSOBU TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ	18
2.2 UZENÍ	19
2.3 SUŠENÍ	21
2.4 TEPELNÉ OPRACOVÁNÍ	21
3 PŘENOS TEPLA, TEPELNÁ VODIVOST, TEPELNÝ ODPOR	22
3.1 ŠÍŘENÍ TEPLA	22
3.1.1 Způsoby šíření tepla	22
3.1.1.1 Vedení tepla	22
3.1.1.2 Šíření tepla prouděním	24
3.1.1.3 Šíření tepla sáláním	24
3.2 TEPELNÝ ODPOR, SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	26
3.2.1 Tepelný odpor	26
3.2.1.1 Tepelný odpor uzavřené vzduchové vrstvy	27
3.2.1.2 Tepelný odpor nehomogenních vrstev	28
3.2.2 Součinitel prostupu tepla	28
3.3 TEPELNÁ VODIVOST	29
4 MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI	32
4.1 NESTACIONÁRNÍ MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI	32
4.1.1 Matematický model měření	33
4.1.2 Materiály termoelektrických snímačů	35
4.2 VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT PROGRAMEM THERMACON	35

II PRAKTICKÁ ČÁST	37
5 MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VYBRANÝCH MAS A MASNÝCH VÝROBKŮ	38
5.1 PŘÍPRAVA A ROZMĚRY VZORKŮ	38
5.2 MĚŘENÍ A VÝPOČET TEPELNÉ VODIVOSTI VZORKU VYBRANÝCH MASNÝCH VÝROBKŮ.....	43
5.3 VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU VYBRANÝCH MASNÝCH VÝROBKŮ.....	45
5.4 TEPELNÁ VODIVOST A TEPELNÝ ODPOR VYBRANÝCH MAS.....	45
5.5 VYHODNOCENÍ ZÁVISLOSTI OBSAHU TUKU A VODY NA KOEFICIENTU TEPELNÉ VODIVOSTI VYBRANÝCH MAS.....	47
ZÁVĚR	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	53
SEZNAM TABULEK	54
SEZNAM PŘÍLOH	55

ÚVOD

Tato bakalářská práce je malým příspěvkem k celkové problematice tepelného zpracování masa a masných výrobků. Problematika tepelných vlastností masa a masných výrobků je velmi důležitá, jelikož při tepelném zpracování mají tyto vlastnosti mimo jiné vliv na celkovou technologii zpracování a úpravy s ohledem na ekonomickou stránku finálního výrobku.

Masem se rozumí všechny části zvířat určené k výživě lidí. Masem v užším slova smyslu rozumíme svalovou tkáň, která vždy obsahuje určitý podíl tukové a vazivové tkáně. U nás nejvíce používanými druhy masa jsou maso vepřové, hovězí, a drůbeží, méně maso telecí, skopové, jehněčí, kůzlečí, koňské, králičí, ze zvěřiny aj.

Význam masa ve výživě je obrovský, přestože nadměrný příjem lze ze zdravotního hlediska pouze nedoporučit. Maso je významná potravina zvláště pro děti, mentálně pracující a osoby s velkou fyzickou námahou, především pro obsah bílkovin (10–20 %). Maso dále obsahuje tuk, jehož procentuální zastoupení velmi kolísá, malé množství sacharidů, extraktivní látky, minerální látky, zejména dobře využitelné železo a skupinu vitaminů B a vitaminy A, D. Maso obsahuje cholesterol, jehož obsah také kolísá, především v závislosti na obsahu tuku (průměrně 70 mg/100 g). Tuk, zvláště libového masa, má vysoký podíl zdravých prospěšných fosfolipidů.

Z hlediska nutričního je ze všech druhů mas nepatrně lepší maso hovězí a telecí, maso drůbeží (kuřecí, krůtí) a králičí si ceníme pro nízký obsah tuku. Vepřové maso je oblíbené z důvodů gurmánských. Vysokou výživovou hodnotu mají vnitřnosti (vyšší obsah vitaminů a minerálních látek), ale obsahují velké množství nasycených tuků, a také i cholesterolu, v tuku rozpustných kontaminantů (látek znečišťujících, které se dostávají do potravin zemědělskou činností a znečištěného životního prostředí) a těžkých kovů.

Masné výrobky (trvanlivé – konzervy, vařené, uzené, fermentované, polotovary, tepelně opracované, tepelně neopracované výrobky, aj.) nejsou většinou z nutričního hlediska vhodné potraviny oproti libovému masu, protože většina těchto výrobků má vysoký obsah soli a tuku.

Při všech činnostech a operacích s masem a masnými výrobky je nutné dodržovat legislativu nejen České republiky, ale také i legislativou Evropské Unie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MASO A MASNÉ VÝROBKY

1.1 Technologie masa

Maso je oblíbenou složkou naší stravy. Lidé ho konzumují především pro senzorické vlastnosti, ovšem i nutriční důvody konzumace (obsah plnohodnotných bílkovin, vitamínů a minerálních látek) jsou nesporné. Jako maso jsou definovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. Podle této definice patří ovšem mezi maso i živočišné tuky, krev, droby, kůže a kosti (pokud se konzumují), ale také masné výrobky. V užším slova smyslu se masem rozumí jen kosterní svalovina, a to včetně vmezeřeného tuku, cév, nervů, vazivových a jiných částí. [1]

Maso je z nutričního hlediska velmi cenným zdrojem plnohodnotných bílkovin, vitamínů (zejména skupiny B), nenasycených mastných kyselin a minerálních látek (mimo jiné obsahuje železo, vápník a zinek). Právem je proto považováno za nenahraditelnou složku výživy, i když je možné (obtěžně) zajistit plnohodnotnou výživu i bez masa. [2]

Až na výjimky lze použít k lidské výživě jakýkoliv druh živočicha. Často bývá diskutováno, zda je správné zabíjet pro svoji obživu jiné živočichy. Je to záležitost filosofického názoru každého jednotlivce. Člověk se v průběhu svého vývoje zařadil do potravního řetězce, kde je ve vztahu k většině živočichů predátorem. To je normální přírodní zákon, není třeba se nad ním pozastavovat a dokonce i většina náboženství považuje usmrcování živočichů pro lidskou výživu za normální. Existují přitom etická tabu, která mají často i praktický význam. Až na výjimky není člověk kanibal, pro část lidí je nepřijatelná konzumace opičího, psího či koňského masa. Zábrany je třeba mít v případě, že hrozí vyhubení vzácných živočišných druhů (velryby, medvědi, zubři aj.).

Hlavním zdrojem masa jsou domestikovaní živočichové, zejména jateční zvířata (prasata, skot, ovce, koně, králíci) a jateční drůbež (hrabavá i vodní). Dále je využívána lovná zvěř (zejména jelen, srnec, daněk, divočák, muflon, zajíc a bažant, a dále i exotické druhy dle místa svého výskytu). Některé druhy lovné zvěře se dnes z části i chovají. Dalším zdrojem masa jsou ryby a řada bezobratlých, zejména měkkýšů a koryšů. [1, 3]

1.2 Složení masa

Maso má složitou a velmi různorodou histologickou strukturu, proměnlivé chemické složení, technologické a senzorické vlastnosti. Struktura i složení závisí na způsobu života, funkci jednotlivých částí těla a na řadě intravitálních vlivů (druh zvířat, plemeno, pohlaví, věk, způsob výživy, zdravotní stav aj.), průběhu posmrtných změn i způsobu zpracování. Převážnou část masa tvoří příčně pruhovaná svalovina, dále maso obsahuje tukovou (adipózní) tkáň a vazivové části. Přírozenou složkou masa jsou i kosti, které se však při zpracování většinou odstraňují. Jindy, např. při přípravě polévky, jsou však využitelnou surovinou. [1]

Svalová tkáň, zejména příčně pruhovaná, je maso v užším slova smyslu. Její základní stavební jednotkou je svalové vlákno tvořené převážně myofibrilami (kontraktilní vláknité útvary). Pod polarizačním mikroskopem jsou na myofibrilách patrné jednodílné (I – izotropní) a dvojdílné (A – anizotropní) úseky, které se pravidelně střídají. Pás A a dvě poloviny I – pásu se označují jako sarkomer. Příčně pruhování myofibrily způsobují tenká a tlustá filamenta, vláknité útvary uspořádané paralelně k ose myofibrily. Při svalové kontrakci dochází k jejich zasouvání do sebe, takže se mění vzájemný poměr pásu A k pásu I. [4]

Chemické složení masa závisí na tom, zda se hodnotí pouze čistá svalovina, průměrné maso (včetně mezsvalového tuku a jiných tkání) nebo jatečně upravený kus jako celek. Složení závisí i na tom, zda jsou obsaženy kosti – jejich podíl bývá 10-20%. Velmi proměnlivý bývá podíl tuku v mase, a to jak tuku intramuskulárního (vnitrosvalového), tak i zásobního (depotního). [4, 5]

Libová svalovina se skládá z vody (70-75 %), bílkovin (18-22 %), tuků, resp. lipidů (1-5 %), minerálních látek (1 %), vitaminů a extraktivních látek. Mezi bezdusíkaté extraktivní látky se řadí i sacharidy, kterých obsahuje libová svalovina velmi málo. Důležitým kritériem při hodnocení složení masa je poměr obsahu vody a bílkovin, tzv. Federovo číslo. U syrového masa bývá poměrně stálé a má hodnotu přibližně 3,5. Lze ho využít k orientačnímu výpočtu složení masa. [3, 6]

1.3 Vlastnosti masa

Stavba masa a jeho chemické složení ovlivňuje jeho technologické a senzorycké vlastnosti. Mezi nejvýznamnější vlastnosti masa patří barva, vaznost, křehkost a chutnost. [1]

1.4 Stručný přehled masných výrobků

Masných výrobků existuje na světě ohromné množství. Je nemožné dodat jejich vyčerpávající přehled. Sortiment ve vyspělých státech je dán jednak průmyslovou výrobou mezinárodně osvědčeného sortimentu (párky, měkké salámy, šunky, fermentované salámy), jednak výrobou drobných živnostníků, kteří obohacují základní sortiment svými specialitami. [1, 7, 8]

Téměř všechny masné výrobky obsahují chlorid sodný, nejčastěji ve směsi s dusitanem sodným. Většina masných výrobků je i tepelně opracována, poměrně velká skupina se suší. Uzení zajišťuje specifickou chutnost. Od tohoto procesu je odvozeno i označení „uzeniny“, mnohdy nevhodně používané pro všechny masné výrobky (i neuzené). Některé výrobky totiž nejsou uzeny, jiné neobsahují dusitan, takže při záhřevu ztrácejí červenou barvu, existují i takové, které se vůbec tepelně neopracovávají. [8]

1.5 Drůbeží maso

1.5.1 Vlastnosti, složení a nutriční hodnota

Pro intenzivní produkci drůbežního masa jsou vyšlechtěny masné typy drůbeže – masní hybridy, především kura, krůty (hrabavá drůbež), kachny a husy (vodní drůbež). Hospodářsky využívané jsou i další ptačí druhy jako perličky, holubi, bažanti, křepelky, pštrosi apod. [9]

1.5.2 Drůbeží svalovina

Základem lidského konzumu je především svalovina kosterní – příčně pruhovaná, včetně kůže, dále droby (srdce, játra, svalnatý žaludek a u drůbeže se k drobům přidává i krk). U vodní drůbeže se zpracovává i část krve a tuku. Hlavními masitými částmi drůbeže jsou svaly hrudi a svaly stehna a lýtka. Svalovina hrabavé drůbeže, je v oblasti křídel a hrudních svalů bledé, světle růžové a po tepelné úpravě až bílé barvy. Je tvořena převahou rovnoměrně rozložených svalových vláken, která převládají nad sarkoplazmou. Bílá svalová vlákna jsou tlustší než červená, obsahují více bílkovin a glykogenu. Post mortem

se v bílé svalovině většinou tvoří více kyseliny mléčné, rychleji a hlouběji se okyseluje než červená svalovina. Svalovina pánevní končetiny je složena převážně z červených a intermediálních svalových vláken, i když šlechtěním se zvyšuje podíl bílých svalových vláken i ve stehenní svalovině. Ve svalovině červené se svalová vlákna sdružují do skupin a obsahují více sarkoplazmy. Typický je vyšší obsah svalových barviv, související s aerobním metabolismem svalů. Červená svalovina obsahuje více lipidů, hlavně mezi terciálními a sekundárními svalovými snopci a to ve formě tukových buněk. Větší rozdíly ve zbarvení svalů je u krůt, uvádí se až 7 typů svalových vláken. Pro technologické využití i pro lidskou výživu je na hrudi nejvýznamnější velký prsní sval, odstupující od kosti hrudní a upínající se na vnější straně kosti pažní. Pánevní končetina se z hlediska technologického často člení na tzv. „horní stehno“ a „dolní stehno“. V podstatě se jedná o rozdělení v oblasti kolenního kloubu. [9, 10]

Základními složkami masa drůbeže jsou voda, bílkoviny a lipidy. Dále maso obsahuje nebílkovinné dusíkaté látky, vitamíny, sacharidy, organické kyseliny aj. Základní složení svalového vlákna masa savců i ptáků je obdobné. [11]

Mezi masem velkých jatečných zvířat a masem drůbeže existují obecně některé rozdíly. Obsah tuku v mase kura, skotu a prasat je uváděn v poměru 1 : 4 : 6, obsah bílkovin ve stejných druzích masa v poměru 1,0 : 0,9 : 0,7. V drůbežím mase je vyšší podíl plnohodnotných bílkovin, nižší podíl vaziva (4 až 8% kolagenu oproti hovězímu a vepřovému masu, kde je uváděno 7 až 25% z celkového obsahu bílkovin), nižší obsah tuku, (opět především v prsní svalovině hrabavé drůbeže), u drůbežího masa postrádáme typické „mramorování“ masa velkých jatečných zvířat. Drůbeží tuk má rozdílné složení a vlastnosti než tuk velkých hospodářských zvířat. Je tekutější, vyznačuje se vyšším zastoupením esenciálních mastných kyselin (více než 20%, zatímco u velkých jatečných zvířat 2 až 7%), což má z hlediska výživy člověka příznivý dopad. Z hlediska technologického však může docházet k rychlejší oxidaci. Zrací procesy probíhají v drůbežím mase rychleji. Kulinární úprava je u vykrmované drůbeže rychlá, vzhledem k nižšímu podílu vaziva. [9]

Maso hrabavé drůbeže se řadí k nízkoenergetickým druhům masa. Energetickou hodnotu celé drůbeže můžeme ještě snížit odstraněním kůže. Průměrná energetická hodnota kuřecího masa 473 kJ ve 100g (pro srovnání – libové maso hovězí 444 kJ ve 100g, libové maso vepřové 897 kJ ve 100g, vepřové maso tučné 1790 kJ ve 100g). [10]

1.5.3 Výroba a spotřeba

Všeobecným jevem současnosti je stále se zvyšující obliba drůbežího masa na úkor hlavně masa hovězího, ale i jiných druhů mas. Zvyšuje se především spotřeba masa kuřat a krůt, v Evropě se projevuje zvýšení zájmu i o kachny a perličky.

Několik důvodů:

- výborné dietetické vlastnosti kuřecího a krůtího „bílého masa“
- snadná kuchyňská úprava na mnoha způsobů a stále širší sortiment porcované drůbeže, polotovarů, uzenin, možnost uplatnění ve „Fast food“ restauracích
- obava z konzumace hovězího a ovčího masa v souvislosti s onemocněním BSE a rezervovanost ke konzumaci červených mas z důvodů dietetických, náhrada masem drůbežím
- pružnost nabídky a poptávky, rychlý výkrm, nízká cena [9, 10]

1.6 Vepřové maso

Nejen u nás, ale i v dalších středoevropských státech je vepřové maso nejrozšířenějším druhem masa pro výživu lidí. Maso z mladých prasat je jemně vláknité, růžově červené a poměrně měkké, v různém rozsahu prorostlé a obrostlé tukem. Starší prasata poskytují maso tmavěji červené, hruběji vláknité a pevnější struktury. Vařené vepřové maso je bledě šedé barvy. Vepřové maso má typické aroma a slabě nasládlou chuť. [12]

U jatečných prasat je chov a šlechtění zaměřeno jednostranně na produkci masa. Dříve se dokonce požadovalo anebo alespoň tolerovalo větší zastoupení tukových tkání i protučnění svaloviny v souvislosti s deficitem energie ve výživě lidí. Po 2. světové válce se začalo se šlechtěním prasat ve vyšší zmasilost a to zejména v bohatých zemích, kde se začal projevovat nadměrný přísun energie potravou a s tím související zvýšený výskyt kardiovaskulárních chorob u lidí. [13]

1.6.1 Vlastnosti

Vepřové maso obsahuje velké množství tuku (41 %), je vysoce energeticky hodnotné, ale také těžce stravitelné. Za největší klady vepřového masa se považuje z výživového hlediska vysoký obsah bílkovin (15,5 %), vitamínu B1, který je důležitý pro látkovou

výměnu a řízení činnosti nervů, svalů a nezanedbatelný je i obsah zinku a železa. Jeho barvu ovlivňuje stáří zvířat (mladé kusy - jemně růžová, starší kusy - tmavočervená).

- maso selat – pochází z kusů s jatečným stářím 3. - 6.týdnů, o hmotnosti 12 - 20 kg
- maso vepřů, prasnic – převážně pochází z mladých zvířat, která po 6. - 7. měsících vykrmování při hmotnosti 90-120 kg, dávají nejlepší maso [14]

1.6.2 Výroba

V současnosti převažuje průmyslový chov prasat. Zpravidla se tak jedná o několik plemen (např. Landrace, Bílé ušlechtilé, Duroc, Pietrain) speciálně vyšlechtěných tak, že všechny vlastnosti masa směřují k co nejlepší výtěžnosti při dalším zpracování. K největším producentům a zpracovatelům vepřového masa v Evropě patří Dánsko, Německo, Belgie a Španělsko. Z těchto zemí se vepřové maso také hojně objevuje na českém trhu. Chov prasat je ale tradiční i v České republice a jako takový stále patří k významnému zemědělskému odvětví. [14, 15]

Po samotné porážce se prase zbaví vnitřností (tzv. vykolení) a rozdělí na půlky. Vepřové půlky se pak dále dělí (bourají) na jednotlivé části s kostí nebo bez kosti. Dle požadavku konečného spotřebitele je možné maso upravit do mnoha specifikací. Ve výrobní úpravě (např. s kostí, kůží, sádlem) nebo kuchyňské (zbaveno tuku, drobných částí, ořezu, krevních sraženin apod.). [15]

1.7 Telecí maso

1.7.1 Charakteristika

Telecí maso má vlákna velmi jemná, barvu světle růžovou. Jeho textura je řídká, vlhká, měkká až lepkavá. Tuková tkáň je nedostatečně vyvinuta. Příčinou typicky bledé barvy telecího masa je mléčná výživa telat. [12] Telecí maso má velké množství vody a poměrně rychle se kazí, je nutno důkladně kontrolovat jeho kvalitu. [17]

1.7.2 Vlastnosti

Telecí maso je lépe stravitelné než maso hovězí, neboť téměř neobsahuje tuk (3 %), má měkčí vazivovou tkáň a vyšší podíl vody (o 3 %) a je doporučováno jako maso dietní. Je to maso z mláďat hovězího skotu do stáří čtyř měsíců.

- maso z krmných telat – starých 3-10 týdnů, která byla krmena mlékem a krmivem na základě odstředěného mléka. Maso je světle růžové barvy, jemně vláknité, lehce stravitelné-dietní, chuťově méně výrazné.
- maso z telat starších jak 3 měsíce – v té době již telata dostávají jadrné krmivo a zelenou píci, proto je jejich maso sušší, tužší a má výraznější barvu. [12, 18]

Telecí maso je z mas jatečných zvířat nevhodnější, má velký obsah vody, malý obsah tuku a je proto velmi lehce stravitelné. [17]

1.7.3 Výroba

Nejlepší telecí maso je z telat ve věku kolem tří měsíců, s váhou pohybující se od 30 do 80 kg. Nejlepší je maso z telátek starých 8 týdnů, protože tato telátka se ještě krmí výhradně mateřským kravským mlékem. Jeho maso je jemně růžové na pohled. U starších telat kvalita masa záleží na kvalitě pastviny. [16]

Telecí maso jako celek se zařazuje do dvou jakostních tříd. Do první jakostní třídy patří dobře prokrmená, prvotřídní telata, plně zmasilá, s jemnými klouby, s nižším obsahem klihatvorných látek a s ledvinkou porostlou tukem. Do druhé jakostní třídy se řadí telata průměrně zmasilá, se znatelnými kyčelními a obratlovými trny, s hrubšími klouby a s ledvinkou jen slabě tukem porostlou. [15]

2 ZPŮSOBY TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ MASA

2.1 Rozdělení masných výrobků dle způsobu tepelného zpracování

Vzhledem k rozdílné technologii se vytvořilo několik způsobů rozdělení masných výrobků, vycházející v různých státech z různých hledisek, zejména podle použitých surovin, způsobu výroby a tržnosti. Dle platné legislativy se výrobky dělí na: [1]

- **Tepelně opracované** jsou takové výrobky, u nichž bylo ve všech částech dosaženo pasteračního účinku, který je minimálně ekvivalentní záhřevu na 70 °C v jádře po dobu 10 minut. Teplota výrobku při skladování je maximálně 5 °C. Patří sem tradiční drobné masné výrobky (párky, špekáčky, klobásy...), měkké salámy (gothajský, šunkový, točený, junior...), vařené výrobky (jitrnice, jelita, tlačanky, játrový salám...), tzv. speciality (debrecínská pečeně), uzená masa (pokud bylo dosaženo příslušného pasteračního účinku), sekaná aj. [1, 8]
- **Tepelně neopracované** - určené k přímé spotřebě bez další úpravy. Zachovávají si typickou chuť syrového masa, jejich výroba je však náročná na dokonalou hygienu a zachování chladicího řetězce. Proto i u těchto výrobků nesmí teplota při skladování překročit 5 °C. Chladicí řetězec musí dodržet i konzument. Z obvyklého sortimentu sem patří např. čajovky. [1, 7]
- **Trvanlivé tepelně opracované** výrobky, u kterých je dalšími zákroky (snížení aktivity vody – sušení) dosaženo zvýšení údržnosti. Tato údržnost je stanovena na dobu minimálně 21 dní při teplotách do 20 °C. Dobře vyrobený trvanlivý salám však vydrží podstatně více, a to i několik měsíců při pokojové teplotě.
U trvanlivých výrobků je stanovena maximální hodnota aktivity vody $a_w = 0,93$. Ze známých výrobků sem patří turistický trvanlivý salám, vysočina, selský salám aj. Vzhledem k tomu, že tyto salámy jsou vyrobené sušením, je nutné je uchovávat v suchu, pokud možno bez střídání teplot, kdy může docházet k orosení povrchu a následnému plesnivění. Proto může uchovávání v chladničce někdy činit problémy. [8]
- **Fermentované trvanlivé** salámy nejsou na rozdíl od předchozí skupiny tepelně opracovány – údržnosti je dosaženo snížením pH (tvorba kyseliny mléčné) a následným sušením. Z tradičního sortimentu sem patří Zličan, Uherský salám, Čabajská klobása, Lovecký salám, Herkules. Podmínky pro jejich skladování jsou podobné jako u předchozí skupiny. [8]

- **Masné polotovary** jsou určeny k tepelné kuchyňské úpravě. Jsou to tepelně neopracovaná masa nebo směsi mas, dalších surovin a pomocných látek. Typickými polotovary jsou klobásy určené ke smažení nebo zapékání do těsta např. vinné nebo bílé, směsi na přípravu sekané apod. Do této skupiny patří i všechna uzená masa, u nichž nebylo během uzení (a vlastně současného tepelného opracování) dosaženo parametrů požadovaných pro skupinu tepelně opracovaných výrobků. Takové maso lze konzumovat až po tepelné úpravě. Tyto výrobky lze skladovat při teplotách max. 5 °C a jen po omezenou dobu (obecně kratší než u tepelně opracovaných výrobků). [1, 8]
- **Kuchyňské masné polotovary** - do této skupiny patří částečně tepelně opracovaná masa a další suroviny určené pro kuchyňské opracování. [1]
- **Masné konzervy** jsou to výrobky, u kterých bylo dosaženo tepelného účinku odpovídajícího $F_{121} = 10$ min (tj. ekvivalent 10 min záhřevu při teplotě 121 °C). Jde o maso, masné výrobky, popř. i kombinace s dalšími potravinami hermeticky uzavřené v obalu (sklo, plech i plast), které bylo v autoklávu (za přetlaku) vysterylizováno na výše uvedený sterilizační efekt. Při takovém zákroku jsou inaktivovány mikroorganismy včetně spor. Výrobky skupiny jsou údržné dlouhou dobu při teplotě místnosti, konkrétní podmínky skladování určuje výrobce na obalu. Tradiční je vepřové nebo hovězí ve vlastní šťávě, některé párky nebo buřty v konzervě, játrové paštiky (sterilizované), luncheon meat aj. [8]
- **Polokonzervy** se vyrábějí podobným způsobem jako konzervy, nesplňují však požadavek sterilačního účinku. Lze je proto skladovat za nižších teplot po kratší dobu. Konkrétní hodnoty stanovuje výrobce a uvádí na obalu. Běžný bývá požadavek 3 měsíce při teplotách do 15 °C. Do skupiny se řadí velká část párků v konzervě (pokud nepatří mezi konzervy), šunky v plechových, popř. plastových obalech. [1, 8]

2.2 Uzení

Původním účelem uzení bylo zajištění údržnosti výrobku způsobem, kdy současně působí tepelný zákrok, osušení povrchu a konzervační látky z kouře, jako např. formaldehyd. V současné době se však působení udíčního kouře využívá především k dosažení žádoucích sensorických vlastností (vůně a chuti) a vytvoření povrchové hnědé barvy, popř. vytvrzení

povrchových vrstev (vznik methylenových můstků reakcí formaldehydu s aminokyselinami).

Udicí „kouř“ je složitá disperzní soustava, obsahující spojitou plynnou fázi, v níž jsou rozptýleny ve formě aerosolu tuhé a kapalné částice. Hlavními složkami kouře jsou (kromě N_2 , O_2 , CO_2 a vody, které se podílejí pouze na přenosu tepla) alkoholy (metanol), aldehydy (formaldehyd, fural), ketony (aceton), kyseliny (mravenčí, octová), fenoly (guajakol, syringol, eugenol aj.), dále estery, pyridin aj.

V udícím kouři by mohly být obsaženy i karcinogenní látky, zejména polycyklické aromatické uhlovodíky, např. 3,4 – benzo-(a)-pyren. Obsah těchto karcinogenních látek v masných výrobcích je malý, přesto je snaha ho snížit jednak použitím nižší teploty vyvíjení kouře (benzpyren těká až nad 400 °C). Jednak moderními metodami uzení, jako je vyvíjení kouře v parních nebo třecích vyvíječích, elektrostatickou filtrací kouře apod. Zatímco v masných výrobcích je obsah uvedených látek zanedbatelný až nulový, bývají nalézány vyšší obsahy v mase a masných výrobcích opékaných na ohni v „domácích“ udírnách nebo na roštu nad žhnoucí vrstvou dřeva. Pro výrobu kouře se používá tvrdé dřevo, méně vhodná jsou měkká dřeva, obsahující velké množství pryskyřic. Samozřejmě vůbec nelze používat dřeva mořená a lakovaná. Dřevo se obvykle zpracovává ve formě pilin nebo drtin v různě konstruovaných vyvíječích, oddělených od vlastní udicí komory.

Jinou možností uzení je použití umělých udicích preparátů, které umožňují aplikovat udicí kouř i přímo do díla a mají upravené chemické složení oproti klasickému kouři. Zejména je v nich snížen obsah karcinogenních látek a naopak zvýšena koncentrace žádoucích složek aromatu. Jako nevýhoda se u kapalných udicích preparátů někdy uvádí odchylná chuť i aroma.

Udí se jak maso v kusech (uzený bok, moravské uzené aj.), tak i masné výrobky narážené do obalu (špekáčky, párky, salámy). Podle druhu výrobku se k uzení používá buď horký kouř (většina našich salámů), teplý kouř (uzená masa, slanina) nebo studený kouř (Lovecký salám, Poličan, Čajovky). Při uzení salámů horkým kouřem se obvykle postupuje ve čtyřech fázích: vybarvení, osušování v horkém vzduchu, vlastní zauzení, dovážení v páře.

[1, 8]

2.3 Sušení

Této operace se využívá při výrobě trvanlivých masných výrobků, a to jak tepelně opracovaných (např. Turistický salám, Vysočina), tak i fermentovaných (Uherský salám, Lovecký, Poličan aj.) V procesu sušení jde o zvýšení údržnosti odnětím vody. Sníží se aktivita vody (a_w) a zabrání se tak růstu mikroorganismů. Sušení následuje po zauzení trvanlivých masných výrobků a doba sušení trvá – podle druhu výrobku a podmínek v sušárně týden až 14 dnů (u tepelně opracovaných). Tepelně neopracovaný fermentovaný Poličan se suší několik týdnů, syrové šunky (např. parmská) se v extrémních případech suší i dva roky. [8]

2.4 Tepelné opracování

Tepelné opracování má zajistit údržnost výrobku, vytvořit příslušnou strukturu i upravit chuť, vůni, barvu a celkový vzhled výrobku. Pro dosažení údržnosti masných výrobků se dosud požaduje takový záhřev, kdy je dosaženo minimálně pasterizačního účinku. Je ekvivalentní působení teploty 70 °C uprostřed výrobku po dobu nejméně 10 min. Přitom není třeba (zejména u některých výrobků) teploty 70 °C dosáhnout.

Masné výrobky se tepelně opracovávají buď během uzení, při ovaření ve vodě nebo v páře (vařené masné výrobky aj.), případně pečením v horkém vzduchu (sekaná). Výjimečně se využívá odporového ohřevu při přímém průchodu proudu masným výrobkem (párky Bivoj) nebo mikrovlnného ohřevu.

Po zahřátí je nutné výrobky řádně vychladit (kombinace studeného vzduchu a sprchování vodou), čímž se jednak rychle překoná kritická oblast 20 – 40 °C, při které může docházet k pomnožení případně přežívajících mikroorganismů, nebo dokonce mohou vyklíčit a pomnožit se sporuláty.

Vychlazením se zároveň omezí odpar vody u výrobků v propustných obalech (přírodní střeva klihovka). Zabrání se tak nepěknému zvrásnění povrchu a sníží se hmotnostní ztráty, které mají nemalý ekonomický význam. [1, 8, 19]

3 PŘENOS TEPLA, TEPELNÁ VODIVOST, TEPELNÝ ODPOR

3.1 Šíření tepla

Prostup tepla je fyzikální jev, při kterém dochází na rozhraní dvou látek s různou teplotou k přenesení tepla z jedné látky do druhé.

3.1.1 Způsoby šíření tepla

Teplu je druh energie, která se šíří v libovolném prostředí, pokud v tomto prostředí jsou místa s rozdílnými teplotami. Vzhledem ke snaze o vyrovnaní teplotního stavu tělesa nebo prostoru dochází k šíření tepla od míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší.

V závislosti na tom, v jakém prostředí se teplo šíří a podle jakých fyzikálních zákonů se toto šíření tepla uskutečňuje, rozeznáváme tři způsoby šíření tepla:

- vedením (kondukcí)
- prouděním (konvekci)
- sáláním (radiací)

3.1.1.1 Vedení tepla

K šíření tepla vedením dochází především v pevných látkách. Z hlediska stavební tepelné techniky se jedná o nejběžnější způsob šíření tepla, protože se uplatňuje prakticky u všech stavebních konstrukcí.

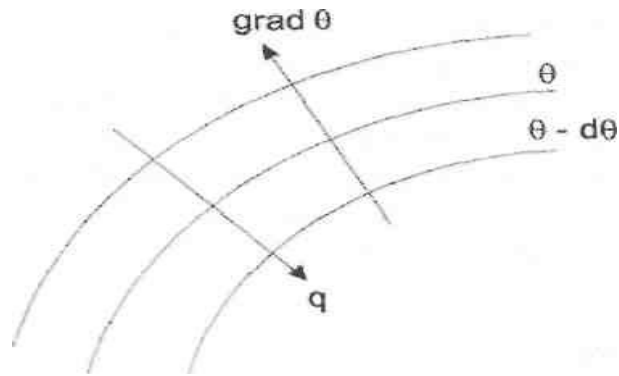
Základními fyzikálními zákony, které popisují vedení tepla jsou první a druhý Fourierův zákon. První Fourierův zákon definuje závislost tepelného toku na gradientu teploty, to znamená na teplotním spádu. Tento zákon vychází z předpokladu ustáleného (stacionárního) teplotního pole, tedy stavu, kdy rozložení teplot v tělese se s časem nemění. Dalším předpokladem je homogenita a izotropnost tělesa. Matematicky lze první Fourierův zákon formulovat jako

$$q = -grad\theta = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (1)$$

kde je

q	hustota tepelného toku ($W m^{-2}$)
$grad \theta$	teplotní spád ($K m^{-1}$)
λ	součinitel tepelné vodivosti ($W m^{-1}K^{-1}$)

Záporné znaménko na pravé straně vztahu respektuje stav, kdy směr tepelného toku je protichůdný gradientu teploty, neboť teplo se šíří od míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší - viz obr 1. Tedy Fourierův zákon říká, že vektor hustoty tepelného toku q je úměrný gradientu teploty a má opačný směr.



Obr. 1. Vztah gradientu a směru tepelného toku

Ve 2. Fourierově zákonu

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

značí	θ	teplotu ($^{\circ}\text{C}$)
	t	čas (s)
	x, y, z	souřadné osy trojrozměrného prostoru
	a	součinitel teplotní vodivosti (m^2s^{-1}), který lze určit ze vztahu

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (3)$$

kde je	λ	součinitel tepelné vodivosti ($\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$)
	ρ	objemová hmotnost materiálu (kg m^{-3})
	c	měrná tepelná kapacita ($\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

3.1.1.2 Šíření tepla prouděním

K šíření tepla prouděním dochází v kapalných a plynných látkách. Rozlišujeme jednak **přirozené proudění**, které vzniká přemísťováním částic různé hmotnosti při zahřátí látky a **vynucené proudění**, kde je proudění vyvoláno vnějšími vlivy - v technické praxi obvykle čerpadlem nebo ventilátorem.

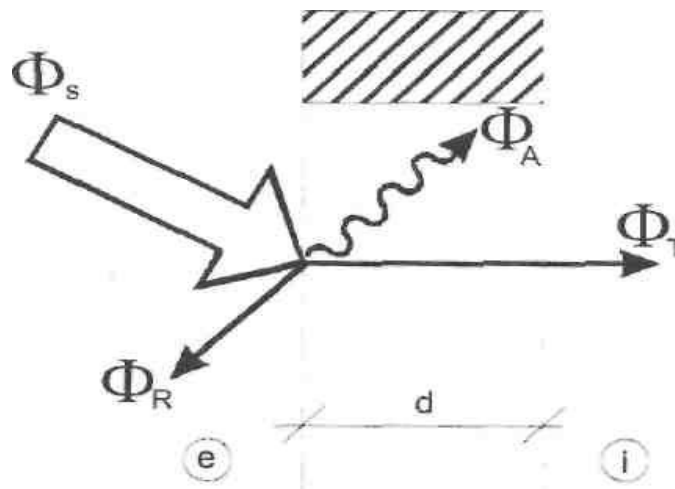
Jedním ze základních fyzikálních zákonů, užívaných při výpočtu proudění je Newtonův zákon (4), který popisuje hustotu tepelného toku při proudění.

$$q_c = h_c \cdot (\theta_i - \theta_{si}) \quad (4)$$

kde je	q_c	hustota tepelného toku při proudění (W m ⁻²)
	h_c	součinitel přestupu tepla při proudění (W m ⁻² K ⁻¹)
	θ_i	teplota vnitřního vzduchu (°C)
	θ_{si}	teplota vnitřního povrchu konstrukce (°C).

3.1.1.3 Šíření tepla sáláním

Šíření tepla sáláním je v podstatě přenos elektromagnetického záření, především záření infračerveného. Toto záření vydává každé těleso o teplotě vyšší než 0 K. Takové těleso nejen záření vydává, ale částečně i pohlcuje, odráží a propouští. Rozdělení celkového sálavého toku dopadajícího na stavební konstrukci, na tyto jednotlivé složky, je patrné ze schématu na obr. 2.



Obr. 2. Schéma rozdělení sálavého tepelného toku

Z uvedeného rozdělení je zřejmé, že lze psát rovnici

$$\Phi_S = \Phi_A + \Phi_R + \Phi_T \quad (5)$$

kde je

Φ_S	celkový sálavý tepelný tok, dopadající na konstrukci
Φ_A	část energie konstrukcí pohlcená
Φ_R	část energie konstrukcí odražená
Φ_T	část energie konstrukcí procházející.

Po jednoduché matematické úpravě můžeme psát

$$\frac{\Phi_A}{\Phi_S} + \frac{\Phi_R}{\Phi_S} + \frac{\Phi_T}{\Phi_S} = 1 \quad (6)$$

$$A + R + T = 1 \quad (7)$$

kde je

A	pohltivost záření
R	odrazivost záření
T	propustnost záření.

Ze vztahu (6) je zřejmé, že se ve všech případech jedná o bezrozměrné relativní veličiny, které nabývají teoreticky hodnoty mezi 0 a 1.

V případě, že $A = 1,0$ a $R = T = 0$ je všechna dopadající sálavá energie pohlcena a jedná se o dokonale černé těleso. Dokonale černé těleso je pojem z teoretické fyziky, v technické praxi se vždy jedná o tělesa "šedá", jejichž pohltivost je nižší než $A = 1,0$.

Je-li $R = 1,0$ a $A = T = 0$, jedná se o dokonale odrazivé těleso neboli dokonalé zrcadlo. Při $T = 1,0$ a $A = R = 0$ se jedná o dokonale propustné těleso.

Mezi základní zákony v oblasti sálání patří Stefan-Boltzmannův zákon, který popisuje hustotu sálavého tepelného toku, a sice

$$q_{\varepsilon} = C_{\varepsilon} \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (8)$$

kde je

q_{ε}	hustota sálavého tepelného toku (W m^{-2})
C_{ε}	součinitel sálání absolutně černého tělesa ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-4}$)
T	absolutní teplota tělesa (K).

V praxi se pro ostatní tělesa, z hlediska sálání takzvaná šedá tělesa, používá součinitele sálání "šedého" tělesa, který je roven

$$C = A \cdot C_{\varepsilon} \quad (9)$$

kde je

A	pohltivost sálání "šedého" tělesa (-)
$C_{\varepsilon} = 5,67 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-4}$	- součinitel sálání absolutně černého tělesa

3.2 Tepelný odpor, součinitel prostupu tepla

3.2.1 Tepelný odpor

Je veličina charakterizující přestup tepla na stěnách nebo při přechodu přes stěny. V případě přechodu přes stěny udává jaký je tepelný rozdíl mezi stranami stěny, jestliže vede přes stěnu tepelný výkon 1 W.

Pojem tepelného odporu materiálem je odvozen pro jednorozměrné teplotní pole za předpokladu ustáleného teplotního stavu. Předpokládejme tedy, že jednovrstvý materiál rozděluje dvě prostředí s různými, ale konstantními teplotami. Rozdělení teplot v materiálu musí být též konstantní a libovolný bod v konstrukci lze jednoznačně popsat pomocí jedné jeho souřadnice x .

Vzhledem k tomu, že předpokládáme šíření tepla vedením, použijeme k odvození pojmu tepelného odporu první a druhý Fourierův zákon.

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (10)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \quad (11)$$

Úpravou druhého Fourierova zákona pro podmínky ustáleného teplotního stavu a jednorozměrného teplotního pole pak získáme vztah

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = 0 \rightarrow \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = 0 \quad (12)$$

Dosazením okrajových podmínek a řešením diferenciální rovnice získáme vztah pro určení teploty v libovolném místě materiálu

$$\theta = \theta_{si} - \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} x \quad (13)$$

z něhož je zřejmé, že teplota v materiálu lineárně závislá na souřadnici x , že se tedy jedná o rovnici přímky, jejíž směrnice je

$$tg \alpha = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} \quad (14)$$

Lze tedy psát

$$q = \lambda \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{d} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{\frac{d}{\lambda}} = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R} \quad (15)$$

kde je

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{tepelný odpor materiálu (m}^2\text{KW}^{-1}\text{)}. \quad (16)$$

Vztah 16 platí pro jednovrstvou konstrukci za předpokladu homogenity této vrstvy a její kolmosti ke směru tepelného toku. Za stejného předpokladu lze vyčíslit i tepelný odpor vícevrstvého materiálu, kdy vzhledem k tomu, že tepelný odpor je aditivní veličina, lze napsat

$$R = \sum_{j=1}^{j=n} R_j = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{j=1}^{j=n} \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (17)$$

3.2.1.1 Tepelný odpor uzavřené vzduchové vrstvy

Z výše uvedeného textu je zřejmé, že pojem tepelného odporu je odvozen pro případ, kdy dochází k šíření tepla vedením. Tento předpoklad je splněn prakticky u všech stavebních materiálů a konstrukcí, výjimku však tvoří konstrukce, jejíž součástí je uzavřená vzduchová vrstva. V tomto případě totiž dochází i k šíření tepla prouděním a sáláním, takže klasické vztahy pro výpočet tepelného odporu nelze v této situaci použít.

I když je možné přesně vyčíslit tepelný odpor konstrukce s uzavřenou vzduchovou vrstvou především v závislosti na pohltivosti vnitřních povrchů konstrukcí, obklopujících

vzduchovou mezeru, a na tloušťce této mezery. V technické praxi se běžně používá tabelárních hodnot tepelných odporů uzavřených vzduchových vrstev, stanovených za předpokladu užití běžných materiálů a standardních okrajových podmínek.

3.2.1.2 Tepelný odpor nehomogenních vrstev

Jestliže konstrukce obsahuje nehomogenní vrstvu, určí se pro tuto vrstvu náhradní hodnota součinitele tepelné vodivosti jako vážený průměr součinitelů vodivosti jednotlivých materiálů, obvykle podle poměru jejich plošného zastoupení ve vrstvě. S takto získanou hodnotou součinitele tepelné vodivosti nehomogenní vrstvy se pracuje standardním způsobem.

$$\lambda_{NV} = \frac{\lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 + \dots + \lambda_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (Wm^{-1}K^{-1}) \quad (18)$$

Kde $\lambda_1 \dots \lambda_n$ jsou součinitele tepelné vodivosti jednotlivých materiálů vrstvy ($Wm^{-1}K^{-1}$)

Kde $A_1 \dots A_n$ je plocha těchto materiálů v charakteristickém výseku nehomogenní vrstvy (m^2)

V případě, že se jedná o nehomogenity prostorového charakteru, určuje se náhradní hodnota součinitele tepelné vodivosti na základě poměru objemového zastoupení jednotlivých materiálů ve vrstvě.

Popsaný způsob výpočtu je pouze orientační, přesné výsledky lze získat pouze výpočtem dvoj nebo trojrozměrného teplotního pole.

3.2.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je měrná jednotka pro stanovení tepelných ztrát látky při přestupu tepla látkou. Jednotkou je ($Wm^{-2}K^{-1}$). Udává množství tepla, které projde za časovou jednotku jedním (m^2) látky při teplotním rozdílu vzduchu na stranách látky.

Na povrchu materiálu, v mezní vrstvě, dochází k výměně tepla mezi konstrukcí a okolním prostředím. Tuto výměnu tepla nazýváme přestupem tepla a dochází k ní jak na vnitřním, tak i na vnějším povrchu konstrukce, takže rozlišujeme součinitel přestupu tepla na vnitřním, eventuálně na vnějším povrchu. K přestupovým jevům dochází na základě proudění vzduchu na povrchu konstrukce a sálání mezi povrchem konstrukce a okolními tělesy.

Součinitel přestupu tepla materiálem, který zahrnuje dvě složky, a sice součinitel přestupu tepla při proudění a součinitel přestupu tepla při sálání, udává hustotu tepelného toku, přestupujícího ze vzduchu do konstrukce (nebo i v opačném směru) při jednotkovém rozdílu teplot.

V tepelně technických výpočtech se používá převrácená hodnota součinitele přestupu tepla, nazývaná odpor při přestupu tepla, takže

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}} \quad R_{se} = \frac{1}{h_{se}} \quad (19)$$

Kde je R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně materiálu (m^2KW^{-1})

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně materiálu (m^2KW^{-1})

h_{si} součinitel přestupu tepla na vnitřní straně materiálu ($Wm^{-2}K^{-1}$)

h_{se} součinitel přestupu tepla na vnější straně materiálu ($Wm^{-2}K^{-1}$)

Pro použití v technické praxi jsou hodnoty součinitelů přestupu tepla i odporů při přestupu tepla pro standardní okrajové podmínky tabelovány.

Další veličinou, která souvisí s prostupem tepla konstrukcí je odpor při prostupu tepla R_T , který se pro jednovrstvou konstrukci určí ze vztahu

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (20)$$

případně pro vícevrstvou konstrukci ze vztahu

$$R_T = R_{si} + \sum_{j=l}^{j=n} R_j + R_{se} \quad (21)$$

Reciprokou hodnotou odporu při prostupu tepla je součinitel prostupu tepla, pro který platí vztah [20]

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (22)$$

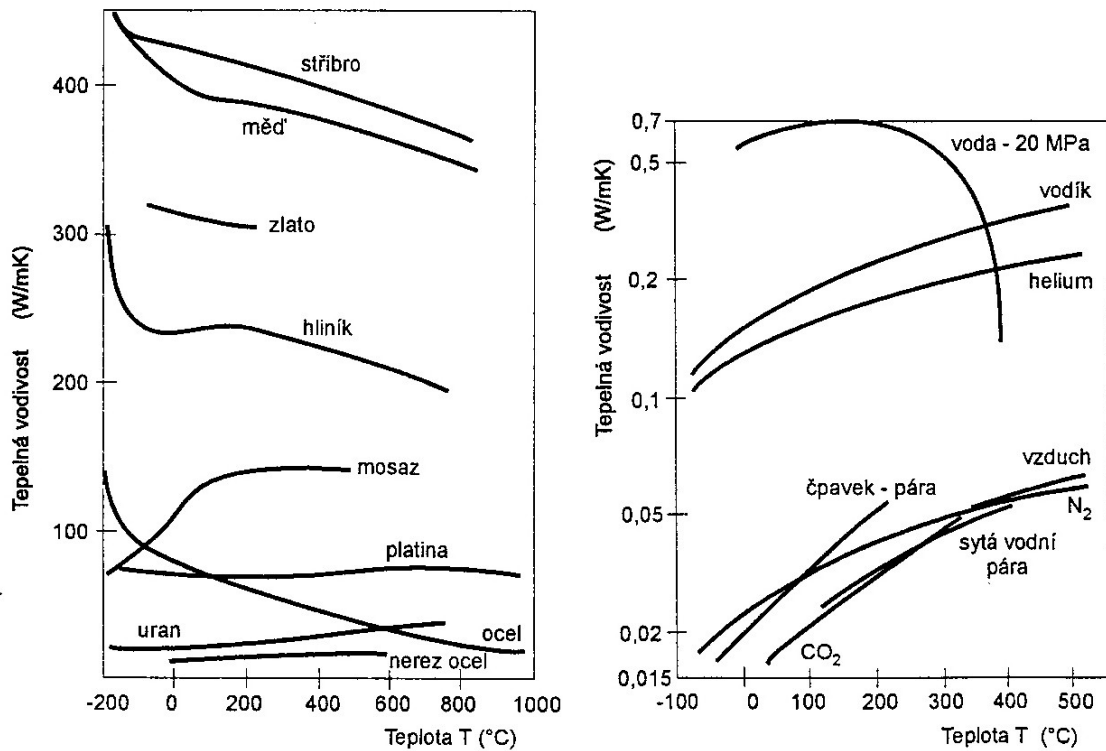
3.3 Tepelná vodivost

Řekli jsme si v úvodu předchozí kapitoly, že tepelná vodivost λ je fyzikální vlastnost látky, ale také, že je to konstanta úměrnosti ve Fourierově zákoně. Ovšem konstanta to ve

skutečnosti není. Prakticky u všech látek je tepelná vodivost funkcí teploty (když pomineme nehomogenní látky, kde by ještě přibyla závislost na poloze v tělese). Velice často potřebujeme předpokládat, že tepelná vodivost λ je konstantní, zjednoduší nám to výpočty. Zda to lze nebo nelze předpokládat, závisí jednak na druhu látky a pak zvláště na teplotním intervalu, v němž dané těleso „pracuje“. Na obr. 4 názorně vidíme, jak se chová tepelná vodivost jednak pro jednotlivé druhy látek (kovy, kapaliny, plyny), jednak v závislosti na teplotě. Povšimněme si, že tepelná vodivost vzduchu je o 4 řády nižší než např. u mědi nebo hliníku. Odtud pramení poznatek, že vlastně přítomnost plynů v tuhých látkách vytváří z těchto látek dobré tepelné izolanty (polystyren, korek, molitan apod.).

Ještě se chvíli zdržme u fyzikálního významu veličiny tepelná vodivost. Čím větší tepelnou vodivost těleso má, tím menší klade odpor proti přenosu tepla z jedné strany na druhou (pro jednoduchost si představme rovinnou stěnu). To také znamená, že chceme-li takovou stěnou přenést určitý tepelný tok, např. 100W, budeme k tomu potřebovat relativně malý teplotní rozdíl mezi oběma stranami stěny. Ve fiktivním případě, pokud by byla tepelná vodivost nekonečně velká, bude potřebný teplotní rozdíl nulový. Naopak, čím bude tepelná vodivost stěny nižší, tím pro přenesení stejného tepelného toku 100W budeme potřebovat větší teplotní spád. Stěna klade větší tepelný odpor.

Celý problém můžeme také otočit. Pokud budeme udržovat na obou stranách dané stěny stejné teploty, tedy stejnou teplotní diferenci, budeme schopni stěnou s větší tepelnou vodivostí přenést větší tepelný tok než stěnou s menší tepelnou vodivostí.



Obr. 3. Tepelná vodivost kovů, kapalin a plynů proměnná s teplotou

Číselná hodnota tepelné vodivosti, jejíž rozměr je ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), říká, že protéká-li tepelný tok vrstvou látky o tloušťce 1 m a je-li teplotní spád na této tloušťce 1K (tedy 1 °C), projde touto vrstvou právě takový tepelný tok \dot{Q} (W), jaká je číselná hodnota tepelné vodivosti λ . [21]

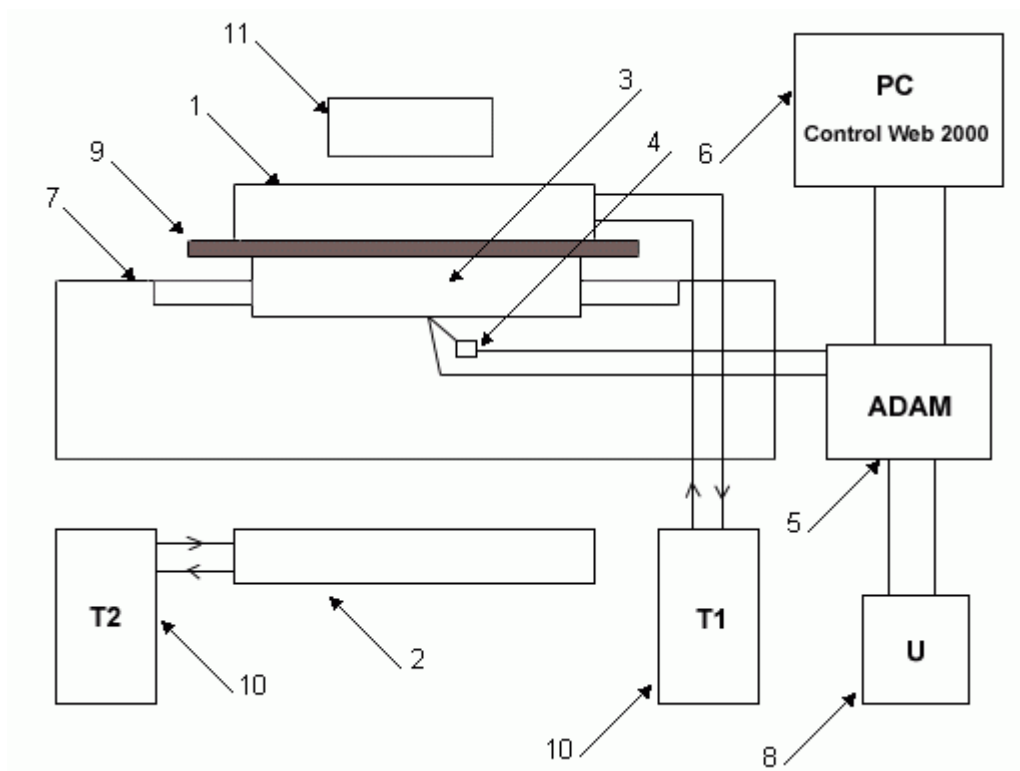
4 MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI

4.1 Nestacionární měření tepelné vodivosti

V současné praxi se začínají postupně uplatňovat metody založené na neustáleném toku tepla mající řadu výhod. Mezi tyto výhody patří především krátká doba měření, jednoduchost postupu a měřícího zařízení.

U nestacionárního vedení tepla se teplota v určitém místě mění s časem. V praxi se nejčastěji setkáme s případem, kdy je teplo vedeno pouze v jednom směru. Teplota je tedy funkcí času a pouze jediné souřadnice.

K měření tepelné vodivosti nestacionární metodou se používá přístroje podle Fitche. Zařízení je zobrazeno na obr. 4. Tohoto přístroje se používá především k měření tepelné vodivosti fólií a desek plastů, pryží a usňových materiálů.



Obr. 4. Blokové schéma měřící aparatury

Princip měřicího zařízení je následující. Měřený vzorek 9 je vložen mezi mosazný válec 1, který je temperován na teplotu t_1 , a mosazný měřicí válec 3, na který je připojen termočlánek typu měď-konstantan 4. Po vytemperování vzorku na teplotu t_2 je odejmut mosazný válec 1 a je přiložen mosazný válec 2, který je temperován na teplotu t_1 . Současně je spuštěno snímání teploty na osobním počítači 6, který data převádí přes komunikační port do osobního počítače 6. Měřená teplota postupně roste směrem k ustálené teplotě t_2 a snímání dat je ukončeno. Získaný soubor obsahuje závislost času na teplotě. Dále je možno spustit vyhodnocení tohoto souboru pomocí programu NeReg02 na osobním počítači 6 nebo pokračovat v měření dalších vzorků. Součástí měřicího zařízení jsou také termostaty 10, udržující teploty t_1 a t_2 , stabilizovaný stejnosměrný zdroj 8, izolační kryt měřicího válce 7 a závaží 11. Část 7 slouží k tepelné izolaci měřicího válce 3, a také k zabránění tepelných ztrát do okolí.

4.1.1 Matematický model měření

Pro odvození matematického modelu popisující závislost teploty měřicího válečku na čase vycházíme z následující bilance tepla.

$$-K \frac{dt}{d\tau} = \frac{S\lambda(t-t_1)}{\delta} + B(t-t_1) \quad 0 < \tau < \infty \quad (23)$$

$$t(0) = t_2 = 35^\circ\text{C}$$

kde

- K - tepelná kapacita měřicího válečku ($\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$)
- S - plocha vzorku (m^2)
- λ - tepelná vodivost ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- t - snímaná teplota měřicího válečku ($^\circ\text{C}$)
- t_1 - teplota temperační desky 1 ($^\circ\text{C}$)
- t_2 - počáteční teplota měřicího válečku ($^\circ\text{C}$)
- δ - tloušťka vzorku (m)
- B - koeficient tepelných ztrát ($\text{J}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- τ - čas (s)

pro B platí:

$$B = \alpha \cdot S_z \quad (24)$$

kde α - je koeficient přestupu tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

S_z - plocha, na níž dochází ke ztrátám (m^2)

Pravá strana rovnice (23) představuje tok tepla přes hmotu vzorku bloku 1 do měřícího válečku. Zde jsou započítány i ztráty tepla vzniklé přirozeným prouděním vzduchu kolem měřícího přístroje.

Levá strana rovnice (23) představuje akumulaci tepla v měřícím válečku.

Řešením rovnice (23) dostaneme:

$$t = t_1 - (t_1 - t_2) \cdot \exp(-(A_1 + A_2) \cdot \tau) \quad (25)$$

kde pro A_1 a A_2 platí vztahy:

$$A_1 = \frac{S\lambda}{\delta K} \quad (26)$$

$$A_2 = \frac{B}{K} \quad (27)$$

$$A_3 = A_1 + A_2 \quad (28)$$

kde parametr A_2 vyjadřuje tepelné ztráty do okolí a pro námi používanou měřící aparaturu v daných laboratorních podmínkách $A_2 = 263 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

Vyhodnocení se provádí podle matematického modelu:

$$t = a_1 + a_2 \cdot \exp(a_3 \cdot \tau) \quad (29)$$

a parametry a_1 , a_2 , a_3 se vyhodnocují nelineární regresí. Tepelná vodivost se pak získá podle plochy a tloušťky vzorku z parametru a_3 .

Obecně lze konstatovat, že měření tepelné vodivosti nestacionární metodou je vzhledem k metodám stacionárním časově méně náročné a tím se tyto metody stávají více prakticky využitelnými.

4.1.2 Materiály termoelektrických snímačů

Při výběru materiálu pro termoelektrický snímač se snažíme splnit některé základní požadavky. Především, aby se závislost termoelektrického napětí na teplotě blížila lineárnímu průběhu. Materiál má být odolný proti chemickým, mechanickým a korozním vlivům. Výstupní termoelektrické napětí má být co největší. Čím je hodnota napětí menší, tím je menší přesnost, měřící přístroj musí být citlivější, ale tím choulostivější.

Materiál volíme z hlediska požadovaného rozsahu teplot a požadované přesnosti měření. Důležitá je též časová stálost, popř. střední doba životnosti snímače. Stálost charakteristiky má být s časem neproměnná. Tento požadavek se dá za vyšších podmínek těžko dodržet. Dochází k rekrystalizaci v místě spoje, popř. ke stárnutí. Snímače se pak musí obnovovat a občas přecejchovat. Byly sestaveny dvojice materiálů, které se ke konstrukci termoelektrických snímačů používají. Jejich parametry jsou uvedeny v normách. V české státní normě jsou cejchovní řady termoelektrických článků Fe-ko, ch-k (chromal-kopel) a PtRh-Pt. Udává hodnoty napětí odstupňované po 10°C po vztažnou teplotu srovnávacího spoje 20°C. Pokud je teplota srovnávacího spoje jiná (např. 0 nebo 50°C) pak musíme hodnoty napětí přepočítat. U termoelektrických snímačů je nutno počítat s tím, že i snímače téhož druhu mohou mít různý původ a tedy různé cejchovní řady, takže jejich charakteristiky jsou poněkud rozdílné. Rozdíl je dán složením použitých materiálů.

4.2 Vyhodnocení naměřených dat programem ThermaCon

Při tomto způsobu měření se napětí termočlánků převádí převodním systémem ADAM 5, který má vyšší citlivost a umožňuje přesné měření na setiny °C, což již překračuje přesnost regulace teploty pomocí termostatů na měřicím přístroji.

Hodnoty teploty jsou pak převáděny do osobního počítače přes komunikační port pomocí upraveného modulu Control Web 2000, který umožňuje uložení snímaných dat do virtuální paměti počítače. Po ukončení měření je možno tato data zpracovat pomocí vytvořeného programu ThermaCon a získat požadované veličiny.

Mezi hlavní výhody tohoto komplexu patří zejména výrazný komfort při měření. Předchozí způsob byl pracný, z velké části neautomatizovaný, obsahoval mnoho na sebe navazujících chyb – nízká citlivost při výstupu na liniový zapisovač, malý objem zpracovávaných dat, poškození grafického záznamu, apod.

Nyní po ukončení měření je možno datové soubory uchovávat na paměťových zařízeních, dostatečná bezpečnost je zaručena při archivaci na CD-ROM.

Program ThermaCon umožňuje automatický odhad počátečních parametrů, vyhodnocení naměřených dat nelineární regresi Gauss-Newtonovou metodou, výpočet tepelné vodivosti a umožňuje data, která jsou výrazně vzdálena matematickému modulu, například vzniklá hrubou chybou v měření, vyřadit z vyhodnocení.

Vyvinutý komplex pracuje pod operačním systémem MS Windows, proto je kompatibilní se současnými dostupnými produkty firmy Microsoft. Systém také snižuje riziko chyb vzniklé při předchozím způsobu vyhodnocení.

Program ThermaCon umožňuje zpracovávat libovolně velký soubor naměřených dat a je otevřeným systémem pro další rozšíření.

Vypracovaný program lze použít i pro jiné fyzikální úlohy odpovídající matematickému modelu, například při měření teplotní vodivosti plastů podle ČSN 640142 nebo při měření teplotní vodivosti prášků a granulátů.

Vyhodnocování probíhá nelineární regresi Gauss-Newtonovou metodou v následujících krocích:

- a) Odhady parametrů - řešením tří rovnic o třech neznámých program získá odhad parametrů a_1 , a_2 , a_3 . Data pro vyhodnocení odhadů jsou vybrána z oblasti počátečních, středních a konečných hodnot parametrů.
- b) Gauss-Newtonova metoda - iterační metoda, která na základě znalosti derivace účelové funkce podle jednotlivých parametrů určuje směr, kterým se mají měnit jednotlivé parametry, aby účelová funkce dosáhla minima, tedy aby součet čtverců odchylek mezi naměřenými daty a daty vypočtenými z matematického modulu byl minimální.
- c) Ukončení vyhodnocení - je ukončeno, když hledané parametry se již nemění se zadanou požadovanou přesností.
- d) Vyhodnocení reziduí - numerické hodnoty získané při posledním iteračním kroku při invertování matic v Gauss-Newtonově metodě slouží jako základní informace statistického vyhodnocení vztahů mezi naměřenými daty a matematickým modelem. [22]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI VYBRANÝCH MAS A MASNÝCH VÝROBKŮ

5.1 Příprava a rozměry vzorků

Pro měření tepelné vodivosti byly vybrány následující masa a masné výrobky:

1. Vepřová panenka, tloušťka 6,65 mm.
2. Vepřová kýta, tloušťka 4,90 mm.
3. Vepřová krkovice, tloušťka 3,64 mm.
4. Kuřecí prsní, tloušťka 5,44 mm.
5. Kuřecí stehenní, tloušťka 5,60 mm.
6. Telecí kotleta, tloušťka 4,12 mm.
7. Telecí kýta, tloušťka 4,26 mm.

Pro každý s výše uvedených měřených vzorků bylo připraveno 5 ks vzorků kruhového tvaru o průměru 90 mm. V Tab. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty rozměrů vzorků.

Tab. 1. Rozměry vzorků pro zařízení podle Fitcha

Materiál	Tloušťka vzorku (mm)	Průměr vzorku (mm)	Hustota vzorku (kg.m ⁻³)
Vepřová panenka	6,65 ± 0,05	90,18 ± 0,03	1079,61
Vepřová kýta	4,92 ± 0,05	90,16 ± 0,02	1202,86
Vepřová krkovice	3,64 ± 0,04	90,15 ± 0,05	1298,34
Kuřecí prsní	5,44 ± 0,18	90,82 ± 0,04	1542,05
Kuřecí stehenní	5,62 ± 0,06	90,04 ± 0,06	1460,21
Telecí kotleta	4,12 ± 0,03	90,34 ± 0,08	1807,46
Telecí kýta	4,26 ± 0,02	90,16 ± 0,06	1920,46



Obr. 5. Vepřová panenka



Obr. 6. Vepřová kýta



Obr. 7. Vepřová krkovice



Obr. 8. Kuřecí prsní



Obr. 9. Kuřecí stehenni



Obr. 10. Telecí kotleta



Obr. 11. Telecí kýta

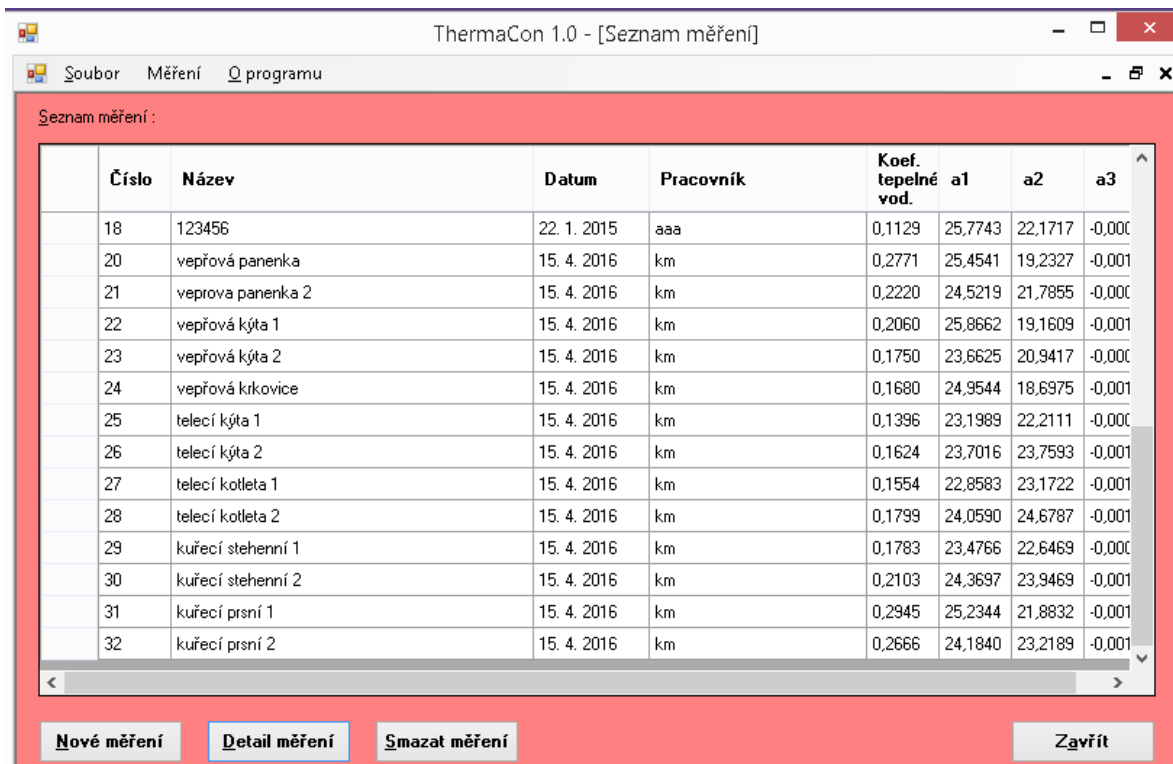
Tab. 2. Obsah tuku, bílkovin, minerálů a sacharidů měřených masných vzorků

Materiál	tuk (g)	bílkoviny (g)	hořčík (mg)	vápník (mg)	sodík (mg)	voda (g)
Vepřová panenka	3,5	22,1	26,8	5,6	53,6	73,1
Vepřová kýta	7,0	20,9	25,0	2,0	74,0	71,1
Vepřová krkovice	15,5	19,2	52,0	10,0	58,0	64,3
Kuřecí prsní	2,7	19,8	23,0	4,0	323,0	76,9
Kuřecí stehenní	8,1	19,7	23,0	10,0	101,0	71,9
Telecí kotleta	6,8	19,4	24,0	15,0	82,0	72,8
Telecí kýta	3,1	21,0	26,0	5,0	63,0	74,8

U všech měřených masných výrobků byl obsah sacharidů a vlákniny 0 g. Uvedené hodnoty v tab. 2 byly zjištěny v programu NutriPro Expert.

5.2 Měření a výpočet tepelné vodivosti vzorku vybraných masných výrobků

Vzorky mas a masných výrobků byly měřeny na zařízení podle Fitch. Grafické závislosti teploty na čase vždy jednoho vzorku každého měřeného materiálu jsou uvedeny v přílohách P 01 – P 08. Z této závislosti byly pomocí programu ThermaCon nelineární regresí Gauss-Newtonovou metodou vyhodnoceny parametry a_1 , a_2 a a_3 nutné pro výpočet tepelné vodivosti těchto materiálů.



Číslo	Název	Datum	Pracovník	Koef. tepelné vod.	a1	a2	a3
18	123456	22. 1. 2015	aaa	0,1129	25,7743	22,1717	-0,000
20	vepřová panenka	15. 4. 2016	km	0,2771	25,4541	19,2327	-0,001
21	vepřova panenka 2	15. 4. 2016	km	0,2220	24,5219	21,7855	-0,000
22	vepřová kýta 1	15. 4. 2016	km	0,2060	25,8662	19,1609	-0,001
23	vepřová kýta 2	15. 4. 2016	km	0,1750	23,6625	20,9417	-0,000
24	vepřová křkovice	15. 4. 2016	km	0,1680	24,9544	18,6975	-0,001
25	telecí kýta 1	15. 4. 2016	km	0,1396	23,1989	22,2111	-0,000
26	telecí kýta 2	15. 4. 2016	km	0,1624	23,7016	23,7593	-0,001
27	telecí kotleta 1	15. 4. 2016	km	0,1554	22,8583	23,1722	-0,001
28	telecí kotleta 2	15. 4. 2016	km	0,1799	24,0590	24,6787	-0,001
29	kuřecí stehenní 1	15. 4. 2016	km	0,1783	23,4766	22,6469	-0,000
30	kuřecí stehenní 2	15. 4. 2016	km	0,2103	24,3697	23,9469	-0,001
31	kuřecí prsní 1	15. 4. 2016	km	0,2945	25,2344	21,8832	-0,001
32	kuřecí prsní 2	15. 4. 2016	km	0,2666	24,1840	23,2189	-0,001

Obr. 12. Seznam měřených vzorků

Číslo měření : 20
 Název měření : vepřová panenka
 Datum měření : 15. 4. 2016 ...
 Jméno pracovníka : km
 Tloušťka vzorku : 0,0066 (m)
 Parametr a1 : 25,4541 a2 : 19,2327 a3 : -0,0010
 Koeficient tepelné vodivosti : 0,2771 (J . K . m ⁻¹)
 Seznam naměřených hodnot :

	Číslo	Teplota	Čas
	1	43,05	5,0000
	2	43,06	10,0000
	3	43,09	15,0000
	4	43,05	20,0000
	5	43,01	25,0000
	6	43,02	30,0000
	7	43,01	35,0000
	8	42,99	40,0000

Zobrazit graf Vypočítat Uložit Zavřít

Obr. 13. Detail měření vzorku vepřové panenky

Jako příklad výpočtu je uvedeno vyhodnocení koeficientu tepelné vodivosti jednoho měření jednoho vzorku vepřové panenky– viz. příloha P 01. Pomocí software ThermaCon byl vyhodnocen parametr a_3 :

$$a_3 = -0,001 \text{ s}^{-1}$$

$$A_2 = 0,000263 \text{ s}^{-1}$$

$$K = 317,5 \text{ (J.K}^{-1}\text{)}$$

$$S = 6,362 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\delta = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Pro výpočet koeficientu tepelné vodivosti je potřeba stanovit parametr A_1 :

$$A_1 = -a_3 - A_2 = 0,001 - 0,000263 = 0,000737 \text{ s}^{-1}$$

Dále je pak možné vyhodnotit koeficient tepelné vodivosti:

$$\lambda = \frac{A_1 \cdot \delta \cdot K}{S} = \frac{0,000737 \cdot 0,0066 \cdot 317,5}{0,006362} = 0,243 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$$

δ	tloušťka vzorku (m)
λ	tepelná vodivost ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
a_3	parametr nelineární regrese (s^{-1})
A_2	tepelné ztráty do okolí (s^{-1})
K	tepelná kapacita měřícího válečku ($\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$)
S	plocha měřícího válečku (m^2)

5.3 Výpočet tepelného odporu vybraných masných výrobků

Jako příklad výpočtu je uvedeno vyhodnocení koeficientu tepelného odporu jednoho měření vzorku papírové tapety.

$$\delta = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,243 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Hodnota tepelného odporu lze stanovit:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,0066}{0,243} = 0,0272 \text{ W}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}$$

λ	průměrná tepelná vodivost vybraného vzorku ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
R	tepelný odpor ($\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}$)
δ	tloušťka vzorku (m)

5.4 Tepelná vodivost a tepelný odpor vybraných mas

Vyhodnocené výsledky měření tepelné vodivosti materiálů všech měřených vzorků jsou uvedeny v tabulce 3. Z těchto výsledků vyplývá, že nejnižší hodnoty koeficientu tepelné vodivosti dosahuje telecí kýta $\lambda = 0,151(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$, což znamená, že tento materiál špatně vede teplo. Podobných hodnot dosahují také vzorky telecí kotleta a vepřová krkovice. Hodnota koeficientu tepelné vodivosti telecího masa byla stanovena na $\lambda = 0,0168(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$. Jedná se o masa, kdy telecí obsahuje vyšší množství vody z důvodu toho, že se jedná o mladé maso a vepřová krkovice zase obsahuje vyšší podíl tuku.

Naopak nejvyšší hodnoty koeficientu tepelné vodivosti vykazuje kuřecí prsní maso $\lambda = 0,281(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ a vepřová panenka $\lambda = 0,249(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$, kdy tyto druhy masa obsahují vyšší hodnotu svaloviny než ostatní měřené vzorky. U vepřové kýty byla stanovena hodnota koeficientu tepelné vodivosti na $\lambda = 0,191(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ a kuřecího stehenního masa na $\lambda = 0,194(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$.

Z uvedených výsledků vyplývá, že vyšší tepelnou vodivost mají masa s vyšším obsahem svaloviny, tedy lépe vedou teplo. Naopak u mas s nižším obsahem svaloviny, ale vyšším obsahem tuku nebo vody byla vyhodnocena nižší tepelná vodivost, tedy tyto druhy mas hůře vedou teplo.

Tab. 3. Tepelná vodivost a Tepelný odpor vybraných vzorků mas

Materiál	Tloušťka vzorku δ (mm)	Koeficient tepelné vodivosti λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	Tepelný odpor vzorku R ($\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}$)
Vepřová panenka	$6,65 \pm 0,05$	0,249	0,026648
Vepřová kýta	$4,92 \pm 0,05$	0,191	0,025827
Vepřová krkovice	$3,64 \pm 0,04$	0,168	0,021667
Kuřecí prsní	$5,44 \pm 0,18$	0,281	0,01939
Kuřecí stehenní	$5,62 \pm 0,06$	0,194	0,028924
Telecí kotleta	$4,12 \pm 0,03$	0,168	0,024575
Telecí kýta	$4,26 \pm 0,02$	0,151	0,028212

δ tloušťka vzorku (mm)

λ tepelná vodivost ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

R tepelný odpor ($\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}$)

5.5 Vyhodnocení závislosti obsahu tuku a vody na koeficientu tepelné vodivosti vybraných mas

Na základě naměřených a vyhodnocených výsledků koeficientu tepelné vodivosti vybraných mas (Tab. 3) a obsahu tuku a vody měřených masných výrobků (Tab. 2) lze konstatovat, že malý obsah tuku u vzorku vepřová panenka a kuřecí prsní má vliv na vyšší hodnoty koeficientu tepelné vodivosti. Nízkou hodnotu koeficientu tepelné vodivosti vykazuje vzorek vepřové krkovice, který i přes vysoký podíl tuku naopak obsahuje nízký podíl vody.

Průměrných hodnot podílu tuku a vody dosahují vzorky vepřová kýta, kuřecí stehenní a telecí kotleta, což koreluje s naměřenými hodnotami koeficientu tepelné vodivosti a tepelného odporu vybraných mas.

Ze všech naměřených a stanovených hodnot vyplývá, že výraznější vliv na hodnotu koeficientu tepelné vodivosti má podíl vody v mase, naopak obsah tuku má vliv nižší.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá studiem tepelných vlastností masa a masných výrobků.

V teoretické části je zpracována problematika masa a masných výrobků, se zaměřením na kuřecí, vepřové a telecí maso, vlastnosti a výrobu. Dále způsoby tepelného zpracování masa. V další části je věnována pozornost přenosu tepla a tepelným vlastnostem - tepelné vodivosti, tepelnému odporu, a také součiniteli prostupu tepla. Jsou řešeny způsoby šíření tepla – vedením, prouděním a sáláním. Je zde také popsána metodika měření tepelné vodivosti nestacionární metodou a matematický model měření.

V praktické části byly připraveny vzorky mas: vepřová panenka, vepřová kýta, vepřová krkovice, kuřecí prsní, kuřecí stehenní, telecí kotleta a telecí kýta. U všech těchto materiálů byla naměřena závislost teploty na čase a tato závislost vyhodnocena programem ThermaCon a stanoveny koeficienty tepelných vodivostí jednotlivých mas. Dále byl vyhodnocen tepelný odpor výše uvedených vzorků.

Na základě zjištěných výsledků vyplývá, že nejnižší hodnoty koeficientu tepelné vodivosti dosahuje telecí kýta $\lambda = 0,151(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ a telecí kotleta a vepřová krkovice $\lambda = 0,0168(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$. Naopak nejvyšších hodnot koeficientu tepelné vodivosti vykazuje kuřecí prsní maso $\lambda = 0,281(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ a vepřová panenka $\lambda = 0,249(\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$.

Z uvedených výsledků vyplývá, že vyšší tepelnou vodivost mají masa s vyšším obsahem svaloviny, tedy lépe vedou teplo – telecí kýta, telecí kotleta a vepřová krkovice. Naopak u mas s nižším obsahem svaloviny, ale vyšším obsahem tuku nebo vody byla vyhodnocena nižší tepelná vodivost, tedy tyto druhy mas hůře vedou teplo a to u vzorků kuřecí prsní maso a vepřová panenka.

Ze všech naměřených a stanovených hodnot vyplývá, že výraznější vliv na hodnotu koeficientu tepelné vodivosti má podíl vody v mase, naopak obsah tuku má vliv nižší.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KADLEC, P., K. MELZOCH a M. VOLDŘICH., *Technologie potravin, přehled tradičních potravinářských výrob.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2012. 569 s. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [2] HRABĚ, J., *Základy zbožíznalství potravin.* Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2011. 167 s. ISBN 978-80-7454-118-6.
- [3] PIPEK, P., *Základy technologie masa.* Vyd. 1. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1998. 104 s. ISBN 80-7231-010-0.
- [4] VELÍŠEK, J., J. HAJŠLOVÁ., *Chemie potravin.* Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. 2 sv. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [5] ODSTRČIL, J., M. ODSTRČILOVÁ., *Chemie potravin.* Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-435-6.
- [6] SALÁKOVÁ, A., B. BOŘILOVÁ., *Technologie a hygiena potravin živočišného původu: návody na cvičení.* Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014. 51 s. ISBN 978-80-7305-730-5.
- [7] KAMENÍK, J., *Maso jako potravina.* Vyd. 1. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2014. 328 s. ISBN 978-80-7305-673-5.
- [8] ROŠICKÝ, V., *Řeznictví a uzenářství.* Vyd. 2. Tábor: OSSIS, 2015. 300 s. ISBN 978-80-86659-47-3.
- [9] SIMEONOVÁ, J., K. MÍKOVÁ, S. KUBIŠOVÁ, I. INGR., *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů.* Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 243 s. ISBN 80-7157-405-8.
- [10] *Nutriční vlastnosti drůbežího masa* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: www.bezpecnostpotravin.cz
- [11] *Drůbeží maso* [online]. [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: www.ctpp.cz
- [12] INGR, I., *Produkce a zpracování masa,* Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 202 s. ISBN 80-7157-719-7.
- [13] *Spotřeba a jakost vepřového masa* [online]. [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: www.cszm.cz

- [14] *Druhy masa-nutriční hodnoty* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: www.nutritip.cz
- [15] *Maso, jeho dělení a použití* [online]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: www.bidfood.cz
- [16] *Telecí maso* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: www.papu.ssss.cz
- [17] *Dělení telecího masa* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: www.receptyonline.cz
- [18] *Mléčná plemena skotu* [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: www.zootechnika.cz
- [19] VANDENDRIESSCHE, F., Meat products in the past, today and in the future. *Meat science*. 2008, roč. 78, č. 1-2, s. 104-113.
- [20] KULHÁNEK, F., *Stavební fyzika II*, Vyd. 3. Praha: České vysoké učení technické, 2006. 143 s. ISBN 80-01-03408-9.
- [21] JÍCHA, M., *Přenos tepla a látky*. Brno: Vysoké učení technické, 2001. 217 s. ISBN 80-214-2029-4.
- [22] FOJTŮ, D., *Vyhodnocení měření tepelné vodivosti*. Zlín: Diplomová práce FT UTB 2002, 64 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Q	Hustota tepelného toku ($W m^{-2}$)
grad θ	Teplotní spád ($K m^{-1}$)
θ	Teplotu ($^{\circ}C$)
t	Čas (s)
X,y,z	Souřadné osy trojrozměrného prostoru
A	Součinitel teplotní vodivosti (m^2s^{-1})
Λ	Součinitel tepelné vodivosti ($W m^{-1}K^{-1}$)
P	Objemová hmotnost materiálu ($kg m^{-3}$)
C	Měrná tepelná kapacita ($J kg^{-1}K^{-1}$)
q_c	Hustota tepelného toku při proudění ($W m^{-2}$)
h_c	Součinitel přestupu tepla při proudění ($W m^{-2} K^{-1}$)
θ_i	Teplota vnitřního vzduchu ($^{\circ}C$)
θ_{si}	Teplota vnitřního povrchu konstrukce ($^{\circ}C$).
Φ_S	Celkový sálavý tepelný tok (W)
Φ_A	Část energie konstrukcí pohlcená
Φ_R	Část energie konstrukcí odražená
Φ_T	Část energie konstrukcí procházející
q_{ε}	Hustota sálavého tepelného toku ($W m^{-2}$)
C_{ε}	Součinitel sálání absolutně černého tělesa ($W m^{-2} K^{-4}$)
T	Absolutní teplota tělesa (K).
R	Tepelný odpor konstrukce ($m^2 K W^{-1}$).
A	Plocha (m^2)
h_{si}	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($W m^{-2} K^{-1}$)
h_{se}	součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce ($W m^{-2} K^{-1}$)

U	Součinitel prostupu tepla ($\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$)
t_1, t_2	Povrchové teploty materiálu nebo stěny ($^{\circ}\text{C}$)
d	Tloušťka materiálu nebo konstrukce v (m)
P	Tepelný tok ve (W)
λ	Součinitel tepelné vodivosti ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
ρ_v	Výpočtová hodnota objemové hmotnosti materiálu (kg.m^{-3})
ρ_d	Normová hodnota objemové hmotnosti materiálu v suchém stavu (kg.m^{-3})
c_n	Normová hodnota měrné tepelné kapacity ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)
u_n	Normová hmotnostní vlhkost materiálu (%)
K	Tepelná kapacita měřícího válečku (J.K^{-1})
S	Plocha vzorku (m^2)
δ	Tloušťka vzorku (m)
B	Koeficient tepelných ztrát ($\text{J.s}^{-1} . \text{K}^{-1}$)
α	Koeficient přestupu tepla ($\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)
a_3	Parametr nelineární regrese (s^{-1})
τ	Čas (s)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vztah gradientu a směru tepelného toku.....	23
Obr. 2. Schéma rozdělení sálavého tepelného toku.....	24
Obr. 3. Tepelná vodivost kovů, kapalin a plynů proměnná s teplotou.....	31
Obr. 4. Blokové schéma měřicí aparatury.....	32
Obr. 5. Vepřová panenka.....	39
Obr. 6. Vepřová kýta.....	39
Obr. 7. Vepřová krkovice.....	40
Obr. 8. Kuřecí prsní.....	40
Obr. 9. Kuřecí stehenní.....	41
Obr. 10. Telecí kotleta.....	41
Obr. 11. Telecí kýta.....	42
Obr. 12. Seznam měřených vzorků.....	43
Obr. 13. Detail měření vzorku vepřové panenky.....	44

SEZNAM TABULEK

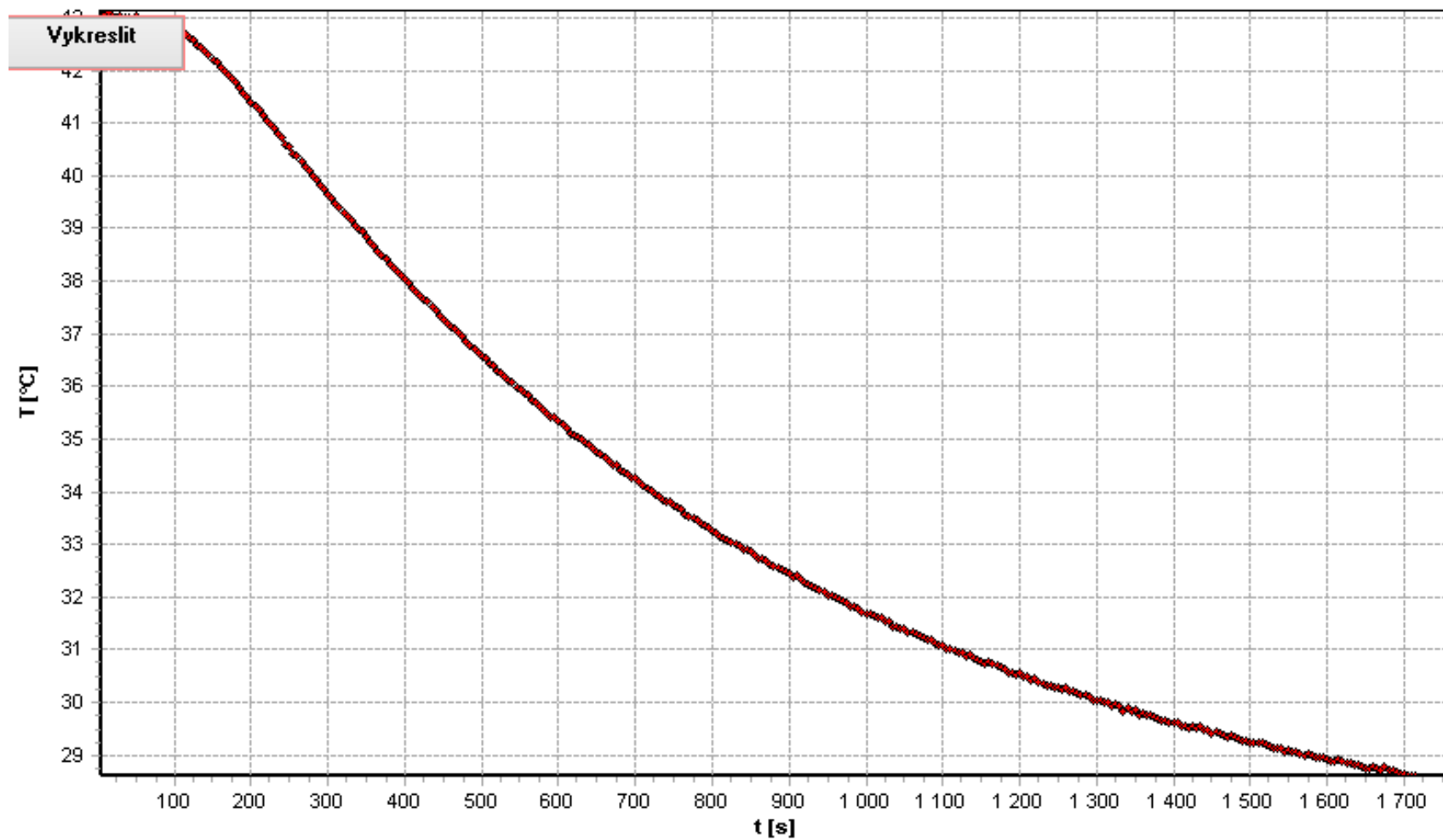
Tab. 1. Rozměry vzorků pro zařízení podle Fitche	38
Tab. 2. Obsah tuk, bílkovin, minerálů a sacharidů měřených masných výrobků	42
Tab. 3. Tepelná vodivost a Tepelný odpor vybraných vzorků mas	46

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Grafická závislost Teploty na čase vzorku vepřové panenky.
- P II Grafická závislost Teploty na čase vzorku vepřové kýty.
- P III Grafická závislost Teploty na čase vzorku vepřové krkovic.
- P IV Grafická závislost Teploty na čase vzorku kuřecí prsní.
- P V Grafická závislost Teploty na čase vzorku kuřecí stehenní.
- P VI Grafická závislost Teploty na čase vzorku telecí kotleta.
- P VII Grafická závislost Teploty na čase vzorku telecí kýta.

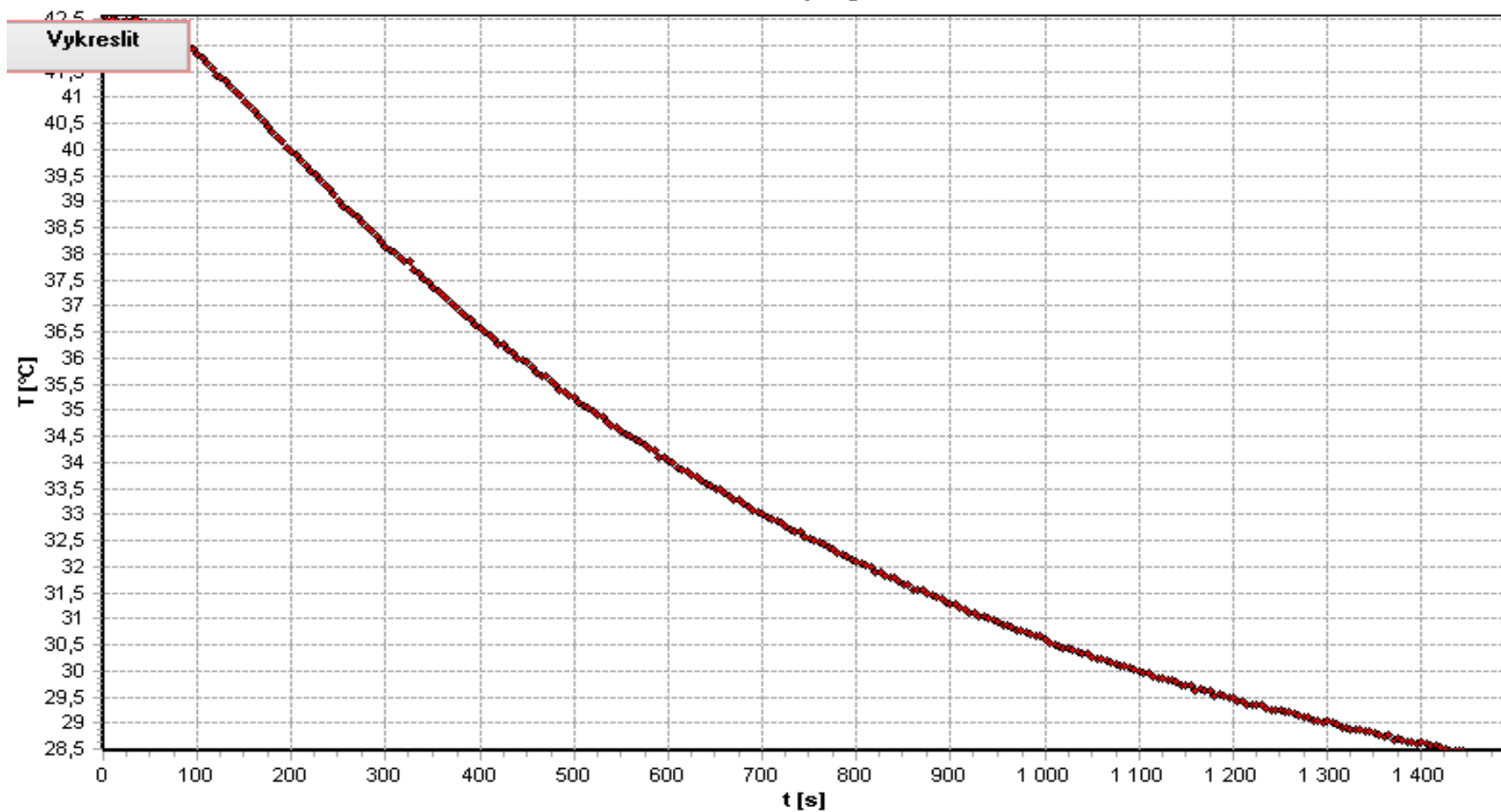
PŘÍLOHA P I: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU VEPŘOVÉ PANENKY

Grafická závislost teploty na čase



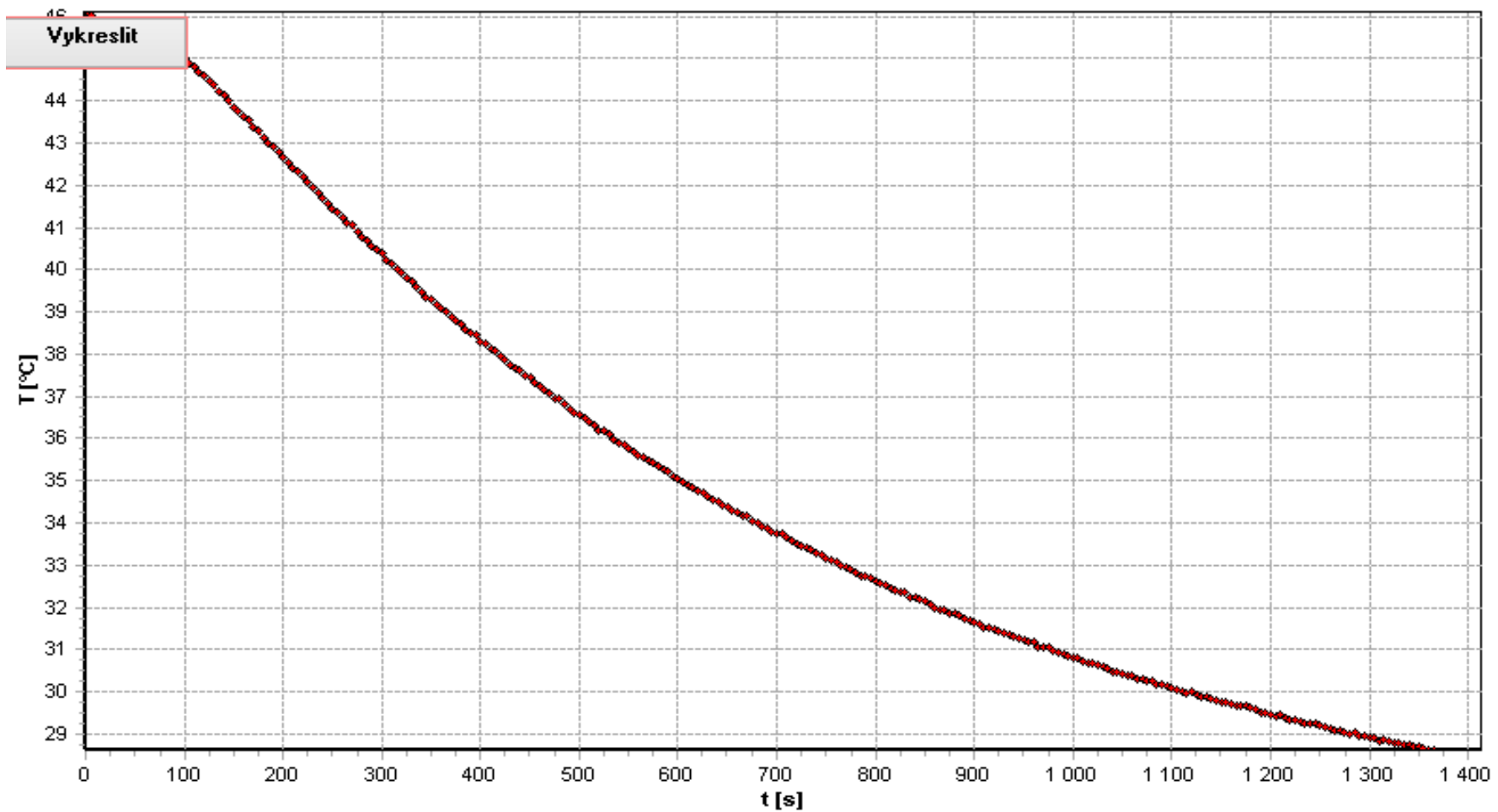
PŘÍLOHA P II: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU VEPŘOVÉ KÝTY

Grafická závislost teploty na čase



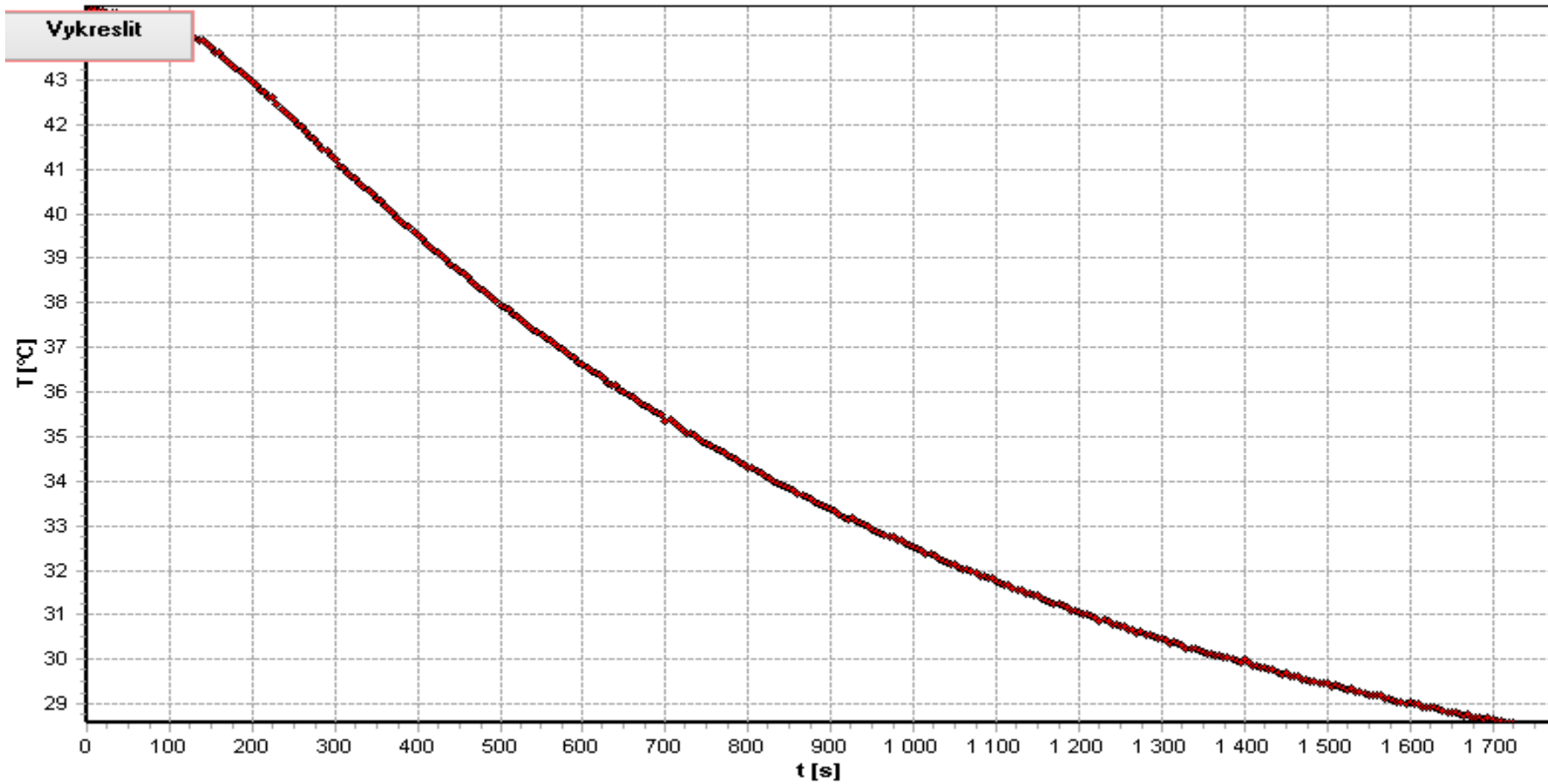
PŘÍLOHA P III: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU VEPŘOVÉ KRKOVICE

Grafická závislost teploty na čase

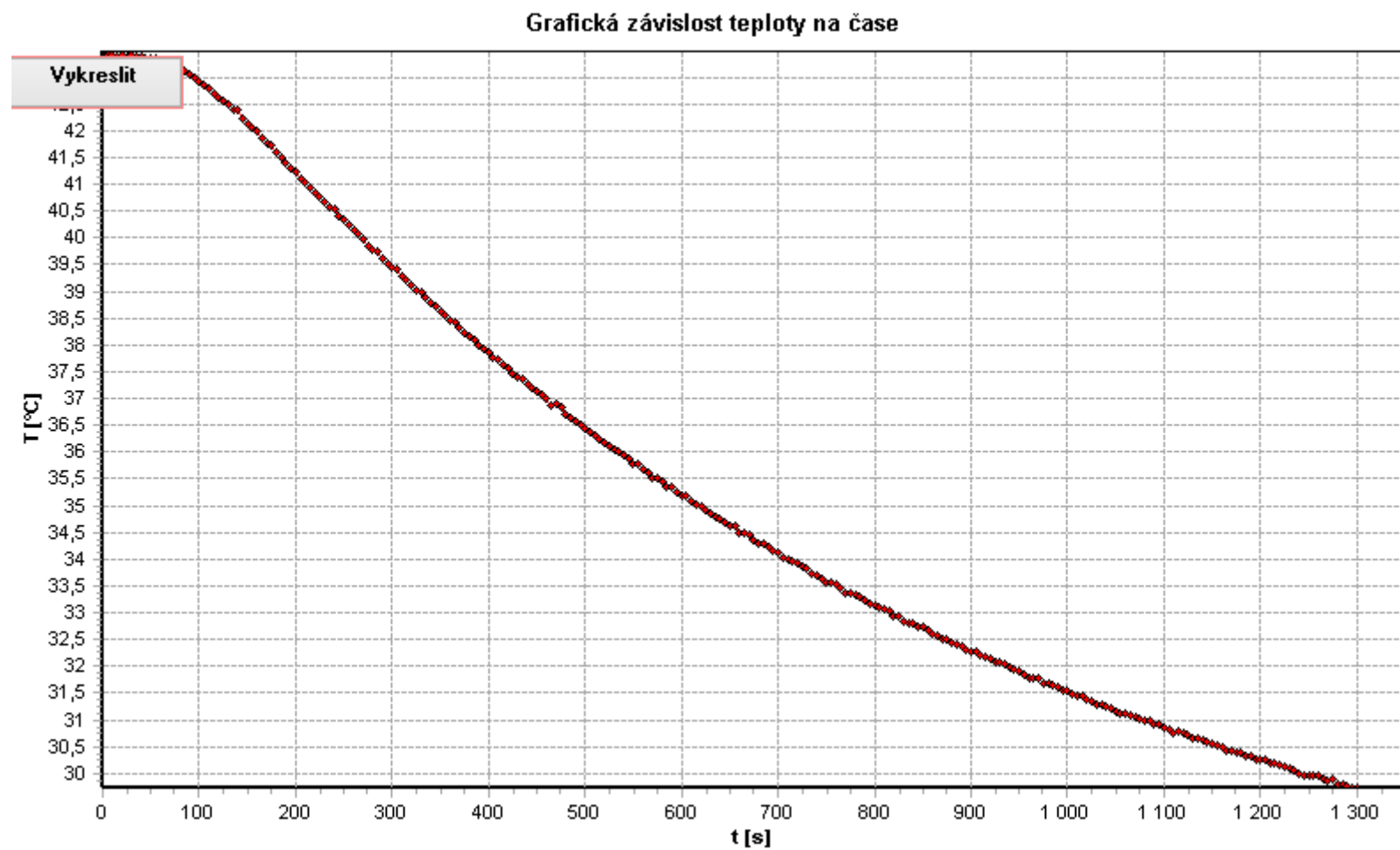


PŘÍLOHA P IV: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU KUŘECÍ PRSNÍ

Grafická závislost teploty na čase

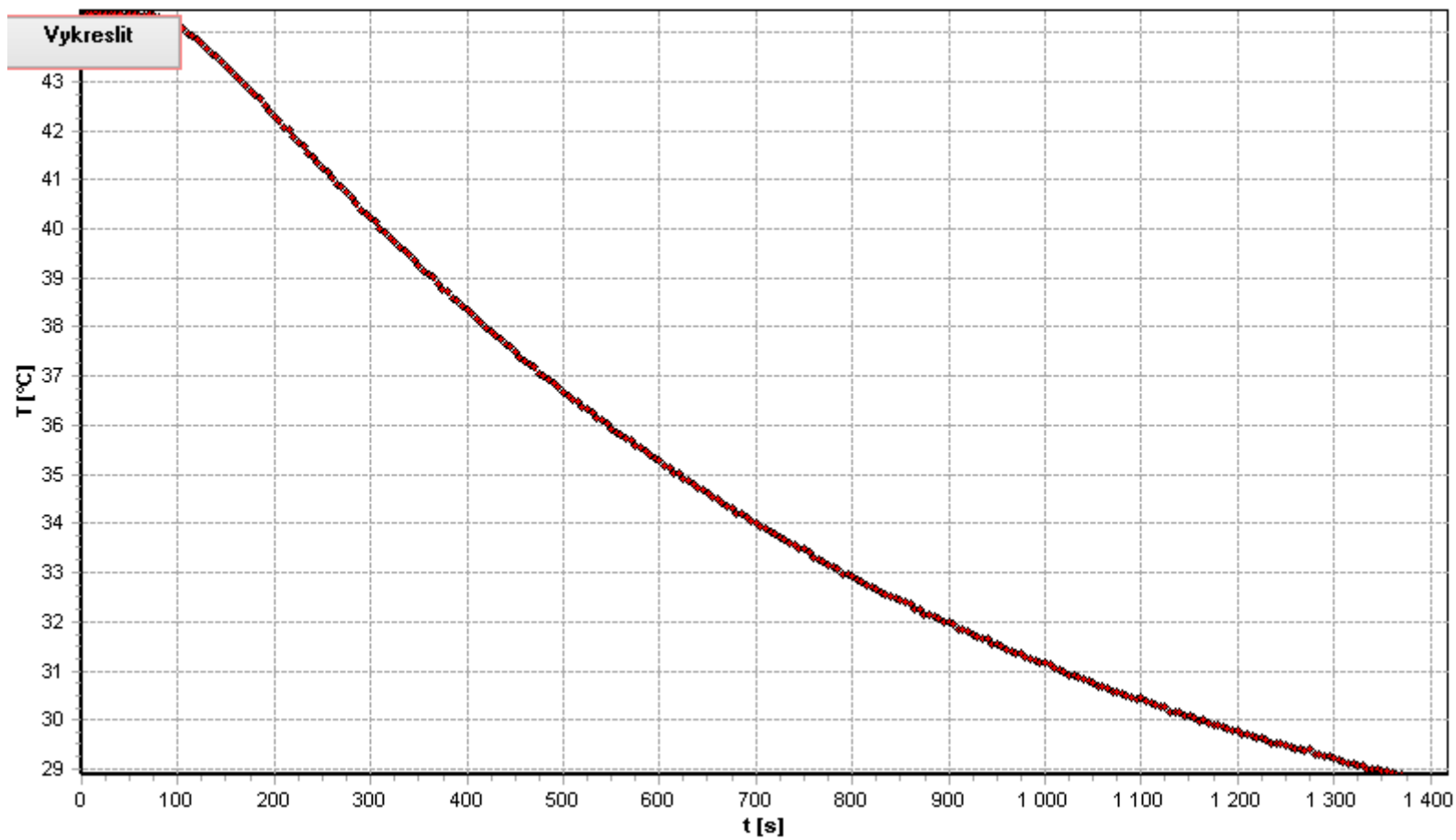


PŘÍLOHA P V: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU KUŘECÍ STEHENNÍ



PŘÍLOHA P VI: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU TELECÍ KOTLETY

Grafická závislost teploty na čase



PŘÍLOHA P VII: GRAFICKÁ ZÁVISLOST TEPLoty NA ČASE VZORKU TELECÍ KÝTY

Grafická závislost teploty na čase

