

# **Fyzikálně chemické vlastnosti těsta z různých druhů rýžových mouk**

Bc. Petr Majar

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Majar**

Osobní číslo: **T17546**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Fyzikálně chemické vlastnosti těsta z různých druhů rýžových mouk**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Rýže ve výživě člověka.
2. Výroba rýžového pečiva.
3. Reologické a termické vlastnosti rýžového těsta.

### II. Praktická část

1. Příprava těsta z různých druhů rýžových mouk.
2. TG/DTA, DSC analýza připravených vzorků těsta.
3. Reologické vlastnosti rýžových těst.
4. Vyhodnocení a diskuze výsledků.
5. Formulace závěrů práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BAO, J. Rice: Chemistry and Technology. 4th Edition. Woodhead Publishing and AACC International Press, 2018. ISBN 978-0-12-811508-4.

[2] NISHITA, K. D., BEAN, M. M. Physicochemical Properties of Rice in Relation to Rice Bread, 1979. Cereal Chem 56, 185-189.

[3] WANG, H. H., SUN, D.W. Flour behaviour and rheological models of rice flour pastes, 1999. Journal of Food proces Engineering, Vol. Issue 3, 191-200.

[4] KRAITHONG, S., LEE, S., RAWDKUEN, S. Physicochemical and functional properties of Thai organic rice, 2018. Journal of Cereal Science 79, 259-266.

[5] GABBOTT, P. Principles and applications of thermal analysis: Chemistry and Technology. 4th Edition. Ames, Iowa: Blackwell Pub., c2008. ISBN 978-1-4051-3171-1.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Mgr. Barbora Lapčíková, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

doc. Ing. Jiří Mižek, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: MAJAR PETR

Obor: TP

## 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 obhajoby <sup>1)</sup>;
- 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. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít 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 22.4.2019

<sup>2)</sup> 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.

<sup>3)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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 přihlídá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

Abstrakt česky

Cílem diplomové práce bylo optimalizovat přidavek vody do rýžových těst připravených z různých druhů rýžových mouk v poměru mouka – voda 1:1, 1:0,6, 0,6:1. V práci byly použity tyto rýžové mouky: červená, černá, hnědá, polohrubá, hladká a bílá lepivá o rozměru rýžových zrn 0,0625-0,225 mm zjištěné na základě sítové analýzy. Fyzikálně-chemické parametry byly hodnoceny na základě měření reologických a termických vlastností těst, dále optimalizace přídávku vody měřeními na mixolabu a farinografu. Hodnoty zdánlivé viskozity pro všechny druhy těst vykazovaly výrazně pseudoplastické, ne-Newtonské chování. Viskoelatický charakter rýžových těst závisel na druhu použité rýžové mouky, velikosti částic mouky a přídávku vody. V případě poměru mouky vody 0,6:1 u černé, hladké, červené a polohrubé rýžové mouky byly hodnoty modulů  $G' < G''$ , převládá viskózní charakter těsta do frekvence 1 Hz, hnědá a bílá lepivá mouka měly elastický charakter těsta ( $G' > G''$ ) v celém měřeném rozsahu frekvencí. U těst s nižší koncentrací vody (1:1) převládá elastická složka modulu pružnosti  $G' > G''$ , struktura je více propojená. Což potvrzují i výsledky termické analýzy, kde hodnota difúzního koeficientu pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 1:1 byla  $D = 5,03 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , kde difúze probíhala nejpomaleji, protože těsto obsahovalo nejvíce vázané vody. Maximální konzistenci těsta z měření na farinografu vykazovaly těsta z hladké a černé rýžové mouky (1:1), doba vývinu těsta v poměru 0,6:1 oproti poměru 1:1 se zdvojnásobila.

Klíčová slova: Rýžová mouka, velikost částic, reologie, termická analýza, difúzní koeficient.

## ABSTRACT

The aim of this thesis was to optimise water addition into rice dough, prepared using different ratio of rice flour – water (1:1; 1:0.6; 0.6:1). Various types of rice flour were used: red, black, brown, medium grind, fine grind and sticky white rice flour. Granulation of rice grains was 0.0625-0.225 mm according to sieve analysis. Physico-chemical parameters were evaluated on the bases of rheological and thermal properties determination by dough and water addition optimization on mixolab and farinograph instruments. Apparent viscosity values of all flour types reported significantly pseudoplastic, non-Newtonian behaviour. Viscoelastic character of rice dough depended on used flour type, particles size and content of water. In the case of 0.6:1 ratio (flour: water) of black, fine grind, red and medium grind rice flour were module values  $G' < G''$ , viscose character predominated until 1 Hz frequency. Brown and sticky white rice flour showed elastic character of dough ( $G' > G''$ ) in dependence on frequency. For dough with lower content of water (1:1) the elastic component is predominated  $G' > G''$ , structure is more entanglement. These results were confirmed by thermal analysis, the value of diffusion coefficient of fine milled rice flour (1:1 flour-water ratio) was  $D = 5,03 \times 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ , diffusion was slowest, dough contained the most bounded water. Fine grind and black rice flour dough (1:1) showed maximum consistency, measured on farinograph. Dough development time of 0.6:1 ratio was doubled comparing to 1:1 ratio.

Keywords: Rice flour, particles size, rheology, thermal analysis, diffusion coefficient

Dovoluji si poděkovat paní doc. Mgr. Barboře Lapčíkové, Ph.D., vedoucí diplomové práce, za odborné rady, konzultace a čas, který mi věnovala při vypracování mé diplomové práce. Rád bych také poděkoval paní doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. a panu Ing. Tomáši Valentovi, Ph.D. za ochotu a cenné rady při měření mé praktické diplomové práce.

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



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 RÝŽE VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA</b> .....	<b>13</b>
1.1 TAXONOMIE RÝŽE .....	13
1.2 MORFOLOGIE RÝŽE .....	13
1.3 PĚSTOVÁNÍ RÝŽE.....	14
1.4 PRODUKCE RÝŽE .....	14
1.5 ROZDĚLENÍ RÝŽE .....	16
1.6 CHEMICKÉ SLOŽENÍ RÝŽOVÉHO ZRNA .....	18
1.6.1 Sacharidy.....	19
1.6.2 Bílkoviny.....	20
1.6.3 Lipidy .....	20
1.6.4 Vitamíny.....	21
1.6.5 Minerální látky .....	21
<b>2 VÝROBA RÝŽOVÉHO PEČIVA</b> .....	<b>22</b>
2.1 PEKAŘSKÝ VÝROBEK (BEZLEPKOVÉ PEČIVO).....	23
2.2 RÝŽOVÁ MOUKA .....	23
2.2.1 Frézování.....	25
2.2.2 Broušení .....	25
<b>3 REOLOGICKÉ A TERMICKÉ VLASTNOSTI RÝŽOVÉHO TĚSTA</b> .....	<b>26</b>
3.1 TERMOGRAVIMETRIE (TG) A DIFERENČNÍ TERMICKÁ ANALÝZA (DTA).....	26
3.1.1 Základní faktory ovlivňující průběh křivky TG.....	27
3.1.2 Základní faktory ovlivňující průběh křivky DTA.....	29
3.2 DIFERENČNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (DSC).....	30
3.3 REOMETRIE .....	32
3.4 FARINOGRAF .....	33
3.5 MIXOLAB .....	35
3.6 SÍTOVÁ ANALÝZA.....	37
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>38</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>39</b>
<b>5 PŘÍPRAVA TĚSTA Z RŮZNÝCH DRUHŮ RÝŽOVÝCH MOUK</b> .....	<b>40</b>
5.1 MATERIÁLY A METODY .....	40
5.1.1 Použité suroviny.....	40
5.1.2 Výživové údaje na 100 g.....	44
5.1.3 Použité přístroje a zařízení .....	44
5.1.4 Pracovní postupy – podmínky měření.....	45
<b>6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE</b> .....	<b>47</b>

6.1	SÍTOVÁ ANALÝZA.....	47
6.2	TG / DTA ANALÝZA.....	55
6.3	DSC ANALÝZA .....	58
6.4	REOLOGICKÉ MĚŘENÍ .....	59
6.5	FARINOGRAF A MIXOLAB.....	70
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>89</b>

## ÚVOD

Rýže je známá jako zrno života a je synonymem slova strava v Asii. Po pšenici je druhou nejčastěji konzumovanou obilovinou na světě. Jedná se o základní potravinu pro dvě třetiny světové populace, více než 2 miliardy lidí v Asii získávají 80 % své energetické potřeby z rýže, která obsahuje 80 % sacharidů, 7-8 % bílkovin, 3 % tuků a 3 % vlákniny. Mimo jiné bylo zjištěno, že ve srovnání s jinými zdroji obilovin (pšenice, kukuřice) rýžový škrob je v lidském těle téměř úplně absorbován. Rýže je bezpečná a snadno stravitelná potravina [1,2].

Rýže se konzumuje převážně loupaná, často i leštěná. Jde o velmi dobře stravitelnou potravinu s vysokým obsahem škrobu, ale nízkým zastoupením vitamínů a vlákniny. Z obilok se připravuje mouka, škrob, pivo i další alkoholické nápoje. Z klíčků se lisuje olej, sláma se používá jako krmivo a stelivo k výrobě rohoží, košíků, ale i jemného papíru [3].

Všechny rýže, hnědé i bílé, jsou považovány za dobrý zdroj vitamínů a minerálů. Hnědá rýže má pětkrát více vitamínu E a třikrát více hořčíku než bílá rýže. Barevná zrna (černá a červená) jsou bohatá na minerály (železo a zinek) a polyfenoly a mají antioxidační vlastnosti. Tradiční odrůdy jako je basmati, mají nízký glykemický index a jsou užitečné při dietách snižujících hmotnost [1,2].

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 RÝŽE VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA

Rýže (*Oryza sativa*) je nejrozšířenější obilovinou na světě (osázena na 9 % z celkově obdělávané půdy) a jednou z nejdůležitějších potravin v lidské stravě pro přímou konzumaci. V Evropě a Americe je rýže oblíbená většinou jako příloha, v Asii je základní potravinou. Rýže se převážně konzumuje jako bílá zrna, ale v posledním desetiletí se objevily na trhu s potravinami desítky produktů obsahujících rýži jako přísadu. Rýže je tedy surovinou pro výrobu kaší, extrudovaných a expandovaných výrobků. Z hlediska výživy je rýže zajímavá z důvodu velmi nízkého obsahu sodíku a lipidů [4,5,6].

Rýže je levný zdroj živin, skládá se asi z 80 % škrobu, má vysokou teplotu želatinace a její bílkoviny se nepovažují za toxické pro celiaky [7].

Po většinu své dlouhé historie byla rýže v Asii základem výživy. Teprve poté, co arabští cestovatelé přivezli rýži do starověkého Řecka, a Alexandr Veliký do Indie, našla rýže cestu do jiných koutů světa. Následně Moors přivezl rýži do Španělska během svého dobývání v 8. století a křížáci s touto plodinou seznámili Francii. Do Jižní Ameriky byla rýže dovezena Španěly při kolonizaci v 17. století [8].

### 1.1 Taxonomie rýže

Rýže (*Oryza L.*) patří do rodu lipnicovitých rostlin ze skupiny rýžovitých, zahrnujících asi 21-25 druhů a tisíce taxonů. Rod rýže zavedl v roce 1753 Carl Liné poté, co popsal druh rýže seté (*Oryza sativa*) pěstované v té době v Etiopii. V různých herbářiích je uloženo více než 100 druhů rýže. Rýže setá není striktně roční a žije déle než jeden rok v případě, že prostředí je příznivé [9,10].

### 1.2 Morfologie rýže

Rýže je rostlina s poměrně mohutným systémem svazčitých kořenů, vzpřímeným stéblem dosahujícím nejčastěji výšky 1-1,8 m a s bohatým olistěním. Listy má čárkovité, zašpičatělé, s dlouhými pochvami a chlupatými oušky. Čepel je až 35 cm dlouhá, 1-2 cm široká, na okrajích drsná. Květenství lata je různého tvaru a velikosti. Vřetenko klásku je velmi krátké, plucha kožovitá, chlupatá, pětižilná, často osinatá.



Obr. 1 Morfologie rýže [11]

Obilka je okoralá, ze stran zploštělá, s tenkým bílým, žlutým, stříbřitě nebo červeně zbarveným oplodím [3].

### 1.3 Pěstování rýže

Rýže je jednoletá nebo víceletá rostlina pěstovaná zejména v Asii, Africe a v Americe. Pěstované druhy jsou *Oryza sativa* a *Oryza glaberrima*. Zatímco *Oryza sativa* je pěstována po celém světě, tak *Oryza glaberrima* (obilky mají červeně zbarvené oplodí) pouze v západní Africe už 3500 let. Rýže se pěstuje za různých podmínek a různými způsoby, nejběžnější metodou používanou po celém světě je ponoření rýže do vody. Rýže je vodomilná rostlina, ale existují také odrůdy přizpůsobené pěstování na suchých stráních úpatí hor v Alpách a Andách. Tyto rýže jsou málo výnosné, ale jejich pěstování vyžaduje méně ruční práce. V chladném středoevropském podnebí nelze rýži pěstovat a dováží se do České republiky ze subtropických oblastí celého světa. 57 % rýže se pěstuje na zavlažované půdě, 25 % v deštných nížinách, 10 % na vrcholcích hor, 6 % v hlubokých vodách a 2 % v přílivových mokřadech [3,6,12,13].



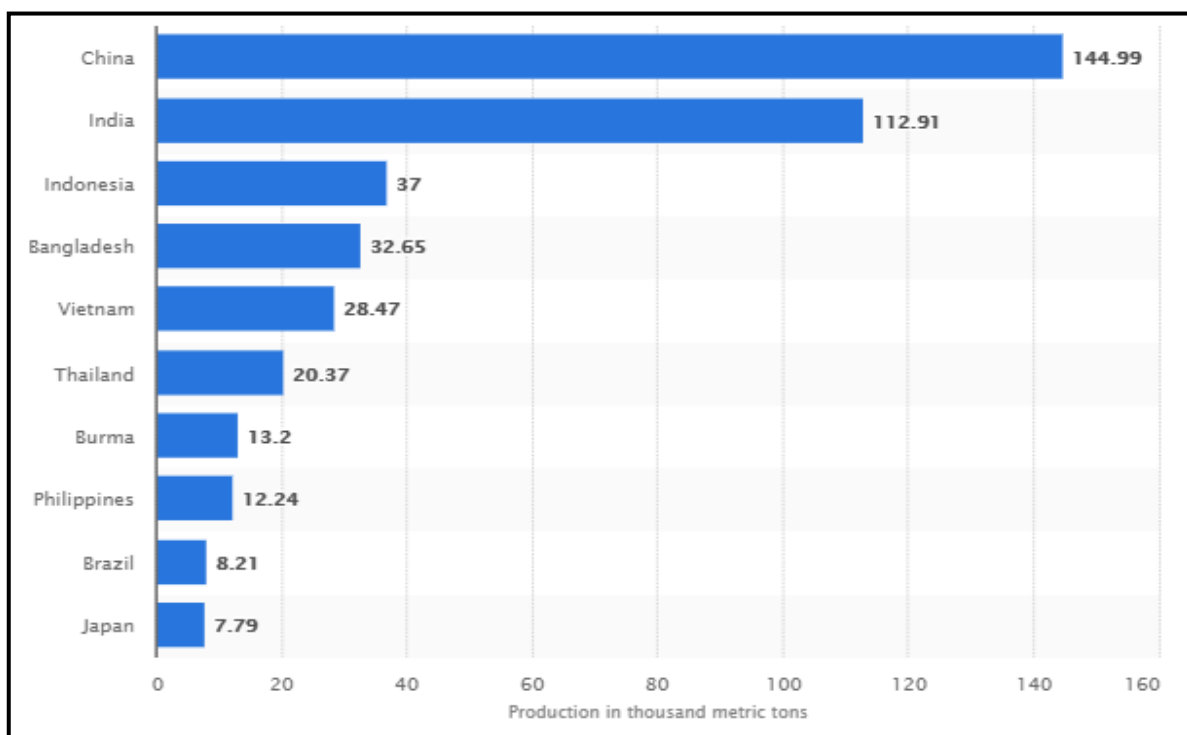
Obr. 2 Sklizeň rýže [14]

Zrna rýže se sklízí před plnou zralostí asi 30 dní poté, co rostliny kvetly. Rostliny jsou řezány v polovině stonku a následně je surová rýže přepravována do obrovských sušáren, poté je rýže připravena k mletí. Z jednoho akru moderního rýžového pole je vyprodukováno cca 3600 kg rýže [15].

### 1.4 Produkce rýže

Rýže představuje 29 % celkové produkce obilovin na světě a je srovnatelná s produkcí pšenice a kukuřice. Kultivace se soustřeďuje v rozvojových zemích, a to především ve vý-

chodní a střední Asii, kde se nachází přibližně 91 % z celkové světové produkce. Čína je největším světovým producentem rýže (30 %), následuje Indie (21 %), Indonésie (9 %) a Bangladéš (6 %). Až na výjimky prakticky veškerá produkce rýže je spotřebována v rámci jednotlivých zemí producentů. Nejvyšší denní spotřeba rýže je zaznamenána v Myanmaru, představuje 795 g na osobu. K největším exportérům rýže se řadí USA, Uruguay, Čína a Španělsko. Prakticky veškerá rýže pěstovaná v USA se vyrábí ve Velkém kalifornském údolí, v dolním údolí Mississippi a na pobřeží Mexického zálivu, a to na pobřežích států Texasu a Louisiany [3,5,6,16].

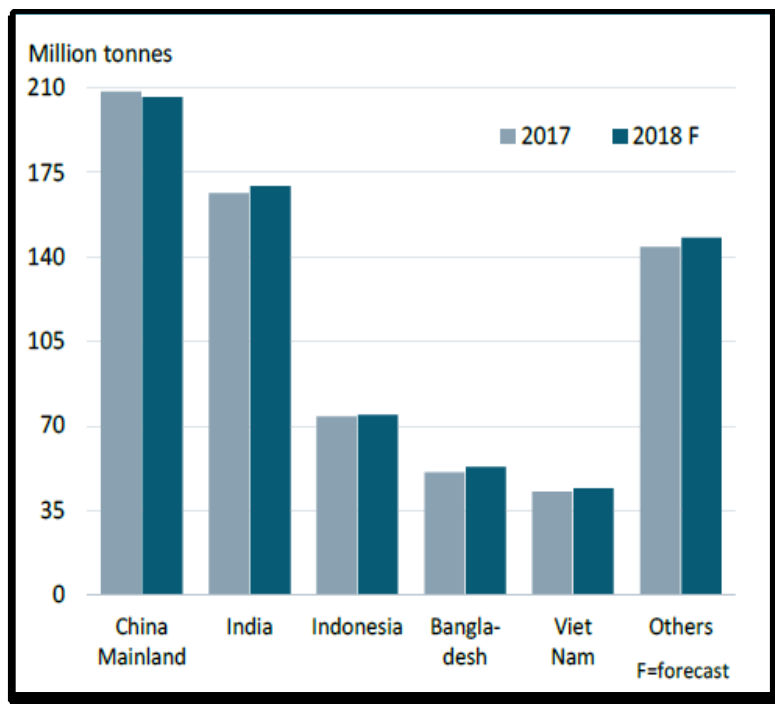


Obr. 3 Země s nejvyšší produkcí loupané rýže v letech 2017/2018 (v 1000 tun) [17]

Co se týká spotřeby rýže, existují v současné době tři modely:

- Asijský model s průměrnou roční spotřebou vyšší než 80 kg na osobu.
- Model subtropických rozvojových zemích se spotřebou mezi 30 a 60 kg na osobu.
- Model Západ se spotřebou nižší než 10 g na osobu [5].

Na zvýšení produkce rýže měly dramatický vliv moderní odrůdy. Vzhledem k alarmujícímu tempu růstu populace konzumující rýži je však pěstování nových odrůd rýže důležitým a nepostradatelným způsobem, jak dále zvýšit potenciál a stabilitu výnosu rýže a přizpůsobivost nepříznivým půdním a klimatickým podmínkám. Nové odrůdy umožní lidem pěstovat více rýže na menší ploše půdy, vody, práce a za použití méně pesticidů [18].



Obr. 4 Produkce neloupané rýže v Asii za roky 2017 a 2018 [19]

## 1.5 Rozdělení rýže

Obchodní třídění rýže spočívá v rozdělení rýže do skupin podle stupně omletí a odstranění obalových vrstev zrna. Zrno rýže je pluchaté. Neopracované pluchaté rýžové zrno se označuje jako rýže neloupaná (surová), obsahuje celistvou vrchní slupku (obchodní značení *paddy* nebo *rough*). Pololoupaná rýže (*natural*) je zbavená vrchní slupky (pluchy) – obchodní značení *brown* nebo *cargo*. Loupaná rýže je zbavená oplodí i osemení a klíčků (obchodní značení *white*). Odstraněním obalových vrstev se ze zrna odebere významné množství vitaminů a minerálních látek [4,5,6,12].

Podle velikostních parametrů se rozlišuje rýže kulatá, má průměrnou délku zrna menší než 5,2 mm, střednězrnná má průměrnou délku zrna mezi 5,2 mm a 6,0 mm a dlouhozrnná s průměrnou délkou zrna 6 mm. Zrna rýže různých velikostí se nesmí vzájemně mísit, je pouze povolena přítomnost 10 % zrn jiné skupiny rýže. Zrno může být voskové (lepkavé) nebo nevoskové. Vosková rýže obsahuje méně než 1 % amylozy a nevosková rýže obsahuje více než 10 % amylozy. Některé odrůdy rýže jsou považovány za aromatické. Rýže se vyskytuje v mnoha různých barvách, jako například v hnědé, červené, černé a fialové [4,5,6,12].



Parboiled rýže se upravuje patentovaným technologickým postupem, při němž se po namáčení neloupané rýže (*paddy*) působením vysokotlaké páry „vtlačí“ dovnitř zrna některé složky z povrchových vrstev, převážně vitamíny (zejména niacin a kyselina listová) a minerální látky (zejména vápník a železo). Takto upravené zrno se potom zpracovává stejně jako běžné druhy rýže, tzn. loupáním, broušením, sušením a leštěním. Působením zvýšené teploty se mění i struktura škrobu, což se projeví na vařivosti rýže – parboiled rýže je velmi kyprá a nelepí se, udržuje si sypkou konzistenci i po delším vaření nebo stání při zvýšené teplotě, na skus je poněkud tužší, barva syrové rýže je žlutá, varem však přejde v zářivě bílou [4,6].

Mezi další oblíbené a často konzumované druhy patří rýže:

- a) Jasmínová, která pochází z Thajska a má jemnou květinovou vůni, po uvaření se lepí, používá se tedy spíše při přípravě nákypů, je k dostání v hnědých i bílých odrůdách.
- b) Basmati, tato rýže patří mezi nejoblíbenější druhy rýže, má jedinečnou, velice výraznou vůni a chuť připomínající oříšky. Jedná se o neloupanou dlouhozrnnou rýži s velmi štíhlými zrny, pocházející ze severní Indie a Pákistánu. K vaření vyžaduje méně vody, po uvaření se zrna nelepí, rýže je sypká a kyprá.
- c) Arborio při vaření zůstávají zrna rýže pevná na skus, přesto jsou jemná a mazlavá, díky vysokému obsahu amylopektinu, je vhodná pro přípravu rizota nebo rýžových pudinků.
- d) Rýže divoká má podlouhlá, tmavá semena vysoké vodní trávy ze Severní Ameriky a Kanady, nejedná se tedy o skutečnou rýži. Vyžaduje vaření ve větším množství vody a po delší dobu cca. 45 min., je proto výhodné tuto rýži přes noc namočit, a zkrátit si tak dobu vaření. Divoká rýže se používá nejčastěji do salátů ve směsi s rýží basmati.
- e) Sladká rýže je téměř průsvitná, když se vaří. Je velmi lepkavá a tradičně se používá k výrobě sushi a mochi.
- f) Zakázaná rýže má černou barvu, při vaření se mění na fialovou a má sladkou chuť a lepkavou strukturu [4,6,8].



*Obr. 5 Různé druhy rýže [20]*

Červená, černá nebo fialová rýže jsou označeny pro neloupanou rýži s vysokým obsahem barevných látek (zejména antokyanů) způsobujících výrazné zbarvení slupky. Po uvaření se zrna neloupaných rýží obarví. Tyto druhy rýže jsou vzácnější, ale v současné době z výživového hlediska vysoce ceněné. Červená rýže se vyznačuje chutí po piniových oříšcích. Černá rýže je pěstovaná v Číně a má znamenitou sladkou, ořechovou chuť a tužší texturu [4].

## 1.6 Chemické složení rýžového zrna

Složení rýžového zrna závisí na odrůdě, místě pěstování a způsobu zpracování. Obilka obsahuje přibližně 8-12 % bílkovin, 2,4 % tuků, 68-72 % sacharidů, 10 % vlákniny a 4-5 % minerálních látek. Dále obsahuje vitamíny a to převážně skupiny B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a B<sub>3</sub> a neobsahuje cholesterol. Podíl pluch z celkové hmotnosti obilky představuje 18-25 % [3,5,9].

Během mletí dojde ke změně chemického složení rýže, například při odstranění vnějších vrstev otrub dojde ke ztrátě proteinů, tuků a velkého procenta vlákniny, vitamínů a minerálních látek [5].

Rýže obsahuje 27 % celkového energetického příjmu v rozvojových zemích a pouze 4 % z celkového energetického příjmu v rozvinutých zemích. Stejně jako ostatní obiloviny rýže je levným zdrojem bílkovin, v rozvojových zemích představuje 20 % z příjmu bílkovin v potravě [5].

Konzumenti rýže mají významně vyšší příjem živin, například železa, vitamínu B, vitamínu A a D, fosforu, hořčíku, mědi a zinku. Konzumace rýže vede ke snížení rizika nadváhy nebo obezity [21].

### 1.6.1 Sacharidy

Sacharidy jsou nejhojnější složkou rýže s obsahem škrobu přibližně 85-90 %. Rýžový škrob je polymer glukózy složený z amylozy a amylopektinu v různých poměrech v závislosti na odrůdě rýže. Výjimkou je lepivá rýže, ta obsahuje amylozy velmi málo nebo dokonce žádnou. U běžné rýže tvoří amyloza 12-35 % z celkového obsahu škrobu. Indické rýže obsahují více amylozy než japonské odrůdy [5,6,22].

Amyloza je lineární řetězec glukózových jednotek spojených vazbou  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4), je rozpustná v horké vodě a retrogradací je vylučována z vodného roztoku ve formě bílého prášku. S jódem se barví do modra. Amylopektin vytváří větvenou strukturu vazbami  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4) a  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6). Amylopektin tvoří s horkou vodou stabilní, jen velmi málo retrogradující a vysoce viskózní koloidní roztoky až mazy. Barví se s jódem červenofialově. Obsah škrobu v rýžových zrnech se zvyšuje od povrchu k jádru, díky tomu mletá rýže je bohatá na škrob. Rýžový škrob není považován za alergenní, protože obsahuje hypoalergenní proteiny. Volné cukry jsou převážně sacharózy s malým množstvím glukózy a fruktózy [5,6,22].

Škrob je ve studené vodě nerozpustný, pouze omezeně absorbuje vodu, co má za následek malé zvětšení objemu škrobových granulí. Výsledkem toho je tvorba škrobové suspenze. Jedná se o reverzibilní děj (vratný). Pokud je škrobová suspenze zahřívána, pokračuje adsorpce vody a také pokračuje mírné bobtnání škrobových granulí. Až do teploty kolem 60 °C zůstávají škrobové granule nepoškozeny a děj je proto stále reverzibilní. Po dosažení uvedené teploty, která se nazývá počáteční teplota mazovatění, začínají granule prudce zvětšovat svůj objem a uvolněná amyloza difunduje do roztoku. Při dalším zvyšování teploty (70 °C) nabobtnalé granule ztrácejí soudržnost a dochází k jejich praskání v důsledku rozpadu vodíkových můstků mezi molekulami amylozy a amylopektinu. Dochází k tzv. mazovatění škrobu, které je ireverzibilní (nevratné). Uvolňováním amylozy a následně i amylopektinu do roztoku vzrůstá viskozita a vzniká tzv. škrobový maz. Dalším zahříváním pokračuje rozpad škrobových granulí [6,23].

Při ochlazování škrobových mazů dochází ke zpětné tvorbě vodíkových vazeb mezi molekulami amylozy a amylopektinu. Vzniká spojitá, pevná trojrozměrná síť obsahující velké

množství vody (škrobový gel). Pokud je koncentrace škrobu nízká, vznikají viskózní pasty nebo viskózní koloidní roztoky. Pokračuje tvorba vodíkových můstků, především mezi molekulami amylozy. Výsledkem je dvoufázový systém pevná látka – kapalina. Tento děj se označuje jako retrogradace. Retrogradace je důležitým faktorem, který ovlivňuje tvorbu textury pečiva, ale také jeho stárnutí [6].

V technologickém procesu se uplatňuje zejména škrob, který po nabobtnání, zmazovatění a zcukření umožní činnost kvasinkám a rozhodujícím podílem se účastní na tvorbě střídky tím, že váže vodu uvolněnou po denaturaci bílkovin [23].

### 1.6.2 Bílkoviny

Proteiny jsou druhou nejzastupitelnější složkou mleté rýže. Koncentrace proteinů se zmenšuje od povrchu ke středu jádra. Neobsahují esenciální aminokyselinu lysin. Nejvíce zastoupené aminokyseliny jsou kyselina glutamová, kyselina aspartová, leucin, arginin, alanin, valin, fenylalanin a serin [5].

Obilné bílkoviny se dělí podle různých hledisek, např. podle rozpustnosti, velikosti molekul, chemického složení atd. Klasické Osbornovo rozdělení je založeno na rozpustnosti. Osborne rozdělil bílkoviny na čtyři základní frakce: albuminy rozpustné ve vodě, globuliny rozpustné v solných roztocích, prolamininy rozpustné v 70-90% alkoholu a gluteliny rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad. Pro rýži je toto zastoupení albumin 5 % (průměrný obsah), globulin 2-8 % (snížený obsah), prolamin 1-5 % (hodně snížený obsah, pšenice obsahuje 40-50 % prolaminu) a glutelin 85-90 % (nejvyšší obsah ze všech obilovin, oves obsahuje 5 % glutelinu), nejznámější glutelin je rýžový oryzein. Průměrné zastoupení bílkovinných frakcí v jednotlivých obilovinách je dosti odlišné [6,23].

### 1.6.3 Lipidy

Lipidy jsou minoritní složky rýže, ale přispívají k nutričním, sensorickým a funkčním vlastnostem, protože tvoří komplexy s amylázovými řetězci. Většina lipidů je umístěna v aleuronové vrstvě a v klíčku. Zrna také obsahují neutrální lipidy s malým množstvím glykolipidů a fosfolipidů. V případě nevhodného skladování rýžové mouky může však dojít k hydrolyze tuku a nežádoucímu zvyšování kyselosti mouky. Žluknutí je podmíněno většinou vyšší vlhkostí obilí a rozvojem plísní produkujících *lipasy*. Mletá bílá rýže obsahuje pouze asi 0,3-0,7 % tuků, hnědá rýže obsahuje asi 1,5-2,5 % celkového tuku [5,22,23].

#### 1.6.4 Vitamíny

Rýže a její produkty obsahují malé nebo žádné množství vitamínu A, kyseliny askorbové a vitamínu D. Kromě toho hodnoty thiaminu (B<sub>1</sub>), riboflavin (B<sub>2</sub>) a niacinu (B<sub>3</sub>) se mění podle stupně mletí, protože jsou koncentrovány především v klíčku, aleuronové vrstvě a dalších částech endospermu [22,23].

#### 1.6.5 Minerální látky

Bohatost mikronutrientů, jako je železo, zinek a vápník, je pro rýži velmi důležitá a žádoucí. Obsah minerálních látek je závislý na zpracování, typu rýže a na pěstitelských podmínkách [18,22].

## 2 VÝROBA RÝŽOVÉHO PEČIVA

Kromě běžného použití jako stolní rýže, může být tato potravina použita pro výrobu piva, příkrmů, snídaňových cereálií, cukroví, zákusků i pekařských výrobků. Nárůst používání rýže při zpracování potravin je důsledkem zvyšujících se požadavků spotřebitelů na zdravější produkty. Navíc výrobky na bázi rýže představují řešení pro spotřebitele, kteří mají problémy s alergií. Některé výrobky z rýže jsou koncipovány jako funkční potraviny, například mohou pomoci snížit hladinu cholesterolu v krvi. Mnohé z těchto produktů jsou zaměřeny na děti, ženy a další specifické skupiny. Rýžová mouka se používá v mnoha asijských obcerstveních, protože je to nejčastěji pěstovaná obilovina v těchto zemích [5].

Rýžové nudle se získávají extruzí, používá se rýžová mouka s vysokým obsahem amylozy. Proces se skládá z částečného vaření těsta, hnětení, tvarování, konečného vaření a sušení. Vařený chléb je tradiční produkt vyrobený z bílé rýžové mouky, cukru, soli, vody a kvasnic a je známý v Malajsii jako apam [5,24].



*Obr. 6 Vařený chléb apam [25]*

Bezlepkové pečivo se vyrábí z přirozeně bezlepkové mouky (kukuřice, rýže, kasava) nebo škrobů. Receptura většinou obsahuje celou řadu dalších látek, jako jsou například enzymy, bílkoviny a přídatné látky, které mají alespoň částečně nahradit viskoelastické vlastnosti pšeničných bílkovin. Rýžové mouky jsou stále více používány jako náhrada za pšenici. Je nejvhodnější obilnou moukou pro výrobu bezlepkových výrobků (přesto se dosud nepoda-

řilo viskoelastické vlastnosti bezlepkového těsta upravit). Vzhledem k její hydrofobní povaze jsou bílkoviny rýže nerozpustné a neschopné tvořit viskoelastické těsto, které je nezbytné k udržení oxidu uhličitého vznikajícího při kynutí chleba nebo produktů podobně kynutých. Nízký obsah prolaminu v rýžové mouce má za následek nedostatečnou tvorbu proteinové sítě při hnětení s vodou. V důsledku toho nemůže být oxid uhličitý produkovaný během fermentace zadržen, což vede k produkci s nízkým specifickým objemem a velmi kompaktní střídou a má také mnohem kratší trvanlivost než pšeničné pečivo. Bezlepkové těsto je špatně strojově zpracovatelné, kromě toho má nedostatečnou nutriční hodnotu, která má za následek zdravotní problémy u strávníků, kteří konzumují bezlepkové výrobky speciálně vyrobené z bílé rýžové mouky. V důsledku toho v posledních letech došlo k rostoucímu zájmu o používání různých potravinových materiálů, jako jsou gumy, hydrokoloidy a škroby, které umožní vytvořit podobné gluteinové sítě [5,6,24].

## 2.1 Pekařský výrobek (bezlepkové pečivo)

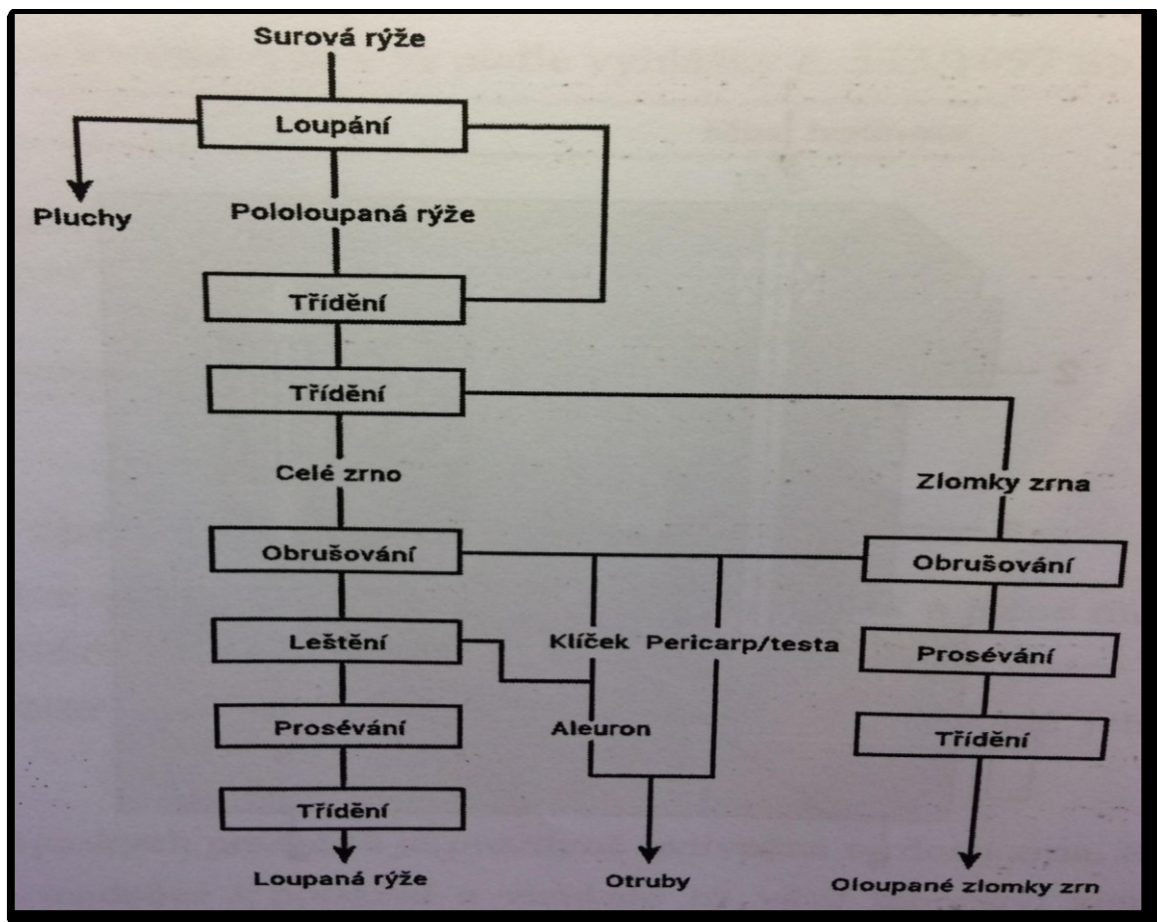
Potraviny pro osoby s alergií na lepek sestávají z jedné nebo více složek, které nahrazují pšenici, žito, ječmen, oves nebo jejich křížence, nebo tyto složky obsahují, nesmí obsahovat více než 20 mg/kg lepku v potravine ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli. Tyto výrobky musí mít vždy označení, že jsou bez lepku [26].

## 2.2 Rýžová mouka

Rýžová mouka je užitečná, protože postrádá lepek a obsahuje nízkou hladinu sodíku a vysoké množství snadno stravitelných sacharidů, což je žádoucí u celiakických diet [27].

Rýžové mouky se obvykle liší v obsahu amylozy, která určuje teplotu želatinace a viskoelastické vlastnosti. Fyzikální vlastnosti rýžové mouky jsou také ovlivněny časem uplynulým mezi sklizní a mletím. Ale také i teplotou použitou při sušení a skladování. Proces mletí má taky značný dopad na funkční vlastnosti rýžové mouky. Mezi další faktory, které mohou ovlivnit reologické vlastnosti rýžového těsta, patří teplota, vlhkost a obsah lipidů. Ačkoliv amylograf bylo tradičně používané, tak v posledních letech bylo nahrazeno rychlým viskoanalyzérem. Visoanalyzář umožňuje lepší pochopení vlastností těsta při lepení. Tento přístroj měří s vysokou přesností, citlivostí a rychlostí. Rýžová mouka bývá často součástí bezlepkových směsí na výrobu různých druhů pečiva [4,5].

Schéma mlýnského zpracování rýžového zrna je uvedeno na Obr. 7. Po příjmu a čištění suroviny následuje loupání, tj. odstraňování pluch a vnějších obalových vrstev. Loupání se provádí průchodem mezi protisměrně se otáčejícími gumovými válci. Dříve se k obrušování používaly také disky opatřené smirkovým papírem nebo karborundové kotouče. Disky jsou v tomto zařízení umístěny nad sebou, horní disk je stacionární, dolní rotuje. Po těchto technologických krocích vznikají tzv. hnědá rýžová zrna. Přibližně 25 % zrn vystupuje z procesu neopracováno, protože jsou malá a musí se proto loupát opakovaně, ve stejném typu zařízení, avšak s jinak nastavenými parametry. Oloupané zrna je následně profukováno proudem vzduchu, poté se obrušují obalové vrstvy a klíček. Po broušení přichází další technologický proces, tzv. leštění krup. Leštění prodlužuje dobu trvanlivosti výrobku, protože odstraněním aleuronové vrstvy se snižuje pravděpodobnost oxidačního žluknutí tuků, vede ale také k podstatným ztrátám vitamínu B a také snižuje celkovou energetickou hodnotu. Po těchto technologických krocích vzniká bílá nebo leštěná rýže. Mletý materiál může být dále zpracován buď na potravinářský materiál, nebo může být podroben další frézo-  
vací fázi, aby se vytvořila mouka [6,28,29].



Obr. 7 Schéma mlýnského zpracování rýžového zrna [6]



### 2.2.1 Frézování

Rýže se sklízí a mlátí tak, aby vznikla tzv. „neloupaná“ nebo „hrubá“ rýže, kde je jádro stále uvnitř trupu nebo slupky. Neloupaná rýže se vyčistí přes hrubá síta, díky kterým se odstraní sláma, kameny a jiné cizí předměty, které jsou větší než jádro rýže. Tento proces se opakuje s použitím jemných sít za účelem odstranění malých semen plevelů, písku, kamenů a jiných objektů menších než zrnka rýže. Veškeré kovové částice se odstraní magnetickým separátorem. Po čištění se lusk odstraní vedením rýže dvěma pryžovými válci, které se otáčejí v opačných směrech při různých rychlostech. Existuje mnoho strojů a metod určených k frézování rýže, ale brusný systém, následovaný třecími a leštícími procesy, je nejvíce používaný [5].

### 2.2.2 Broušení

V této fázi technologického zpracování má rýžové zrno odstraněny pluchy, vnější obalové vrstvy a klíček. Zlomená jádra rýže můžeme rozemlít na mouku za použití čtyř různých metod:

- a) broušení za mokra,
- b) mokré mletí za přítomnosti 0,3-0,5% hydroxidu sodného,
- c) polosuché broušení,
- d) suché broušení.

Broušení za mokra spočívá v namočení zlomených jader ve vodě. Po namočení se zrna melou ve vodě, aby se snížilo množství poškozeného škrobu. Přebytečná voda se odstraní sušením, a získá se tak moučná rýžová mouka. Tento výrobek se používá při výrobě různých asijských specialit, jako je japonský dort, tchajwanský dort, indické fermentované potraviny apod. Za přítomnosti 0,3-0,5% hydroxidu sodného se získává rýžový škrob, maltodextriny a sirupy. V procesu polosuchého mletí se rýže ponoří do vody na dobu 1 hodiny před odstředěním, následně se rozemele v kladivovém mlýnu nebo destičkovém mlýnu a nakonec se suší v teplovzdušné sušárně při teplotě 40 °C po dobu 12 hodin. Polosuchá mouka má podobnou aplikaci jako vlhká rýžová mouka. Při suchém broušení jsou rozbitá zrna přímo rozemletá na různé velikosti. Suchá rýže se používá k pečení, pro kojeneckou výživu, vyrábějí se z ní extrudované vařené produkty a také se z ní vyrábí mouky o vysokém obsahu bílkovin [5,6,30].

### 3 REOLOGICKÉ A TERMICKÉ VLASTNOSTI RÝŽOVÉHO TĚSTA

Pod pojmem termická analýza rozumíme obecně takové experimentální analytické metody, při nichž se sledují některé fyzikální vlastnosti zkoumané látky v závislosti na čase nebo na teplotě. Tyto metody popisují změny fyzikálně chemických vlastností sledovaného systému při jeho ohřevu. Většina těchto metod sleduje příslušné vlastnosti systému (například hmotnost, energii, rozměr, vodivost) jako dynamickou funkci teploty a času. Základním jevem důležitým pro metody termické analýzy je změna entalpie ( $\Delta H$ ) [31,32].

Každý systém má za dané teploty snahu dosáhnout takového stavu, který odpovídá nižšímu obsahu volné entalpie. Příkladem může být přechod látky z jedné krystalické formy do druhé, která má za dané teploty menší obsah volné entalpie, a je tedy stálejší. K vytvoření stabilnější krystalické struktury nebo jiného stavu s nižší hodnotou volné entalpie může při ohřevu vzorku dojít i postupně přes jednotlivé mezistupně. Takovou přeměnou může být tání, var, sublimace, krystalická přeměna, chemická reakce. Přeměna je pak charakterizována teplotou a změnou entalpie. Změna entalpie může být provázena i změnou hmotnosti sledované látky, jak tomu je např. při chemickém rozkladu, sublimaci, oxidaci nebo dehydrataci. Na sledování změn tohoto druhu je založena termogravimetrická metoda (TG/DSC) [31].

Reologické vlastnosti mouky jsou ovlivněny teplotou, vlhkostí a obsahem lipidů [5].

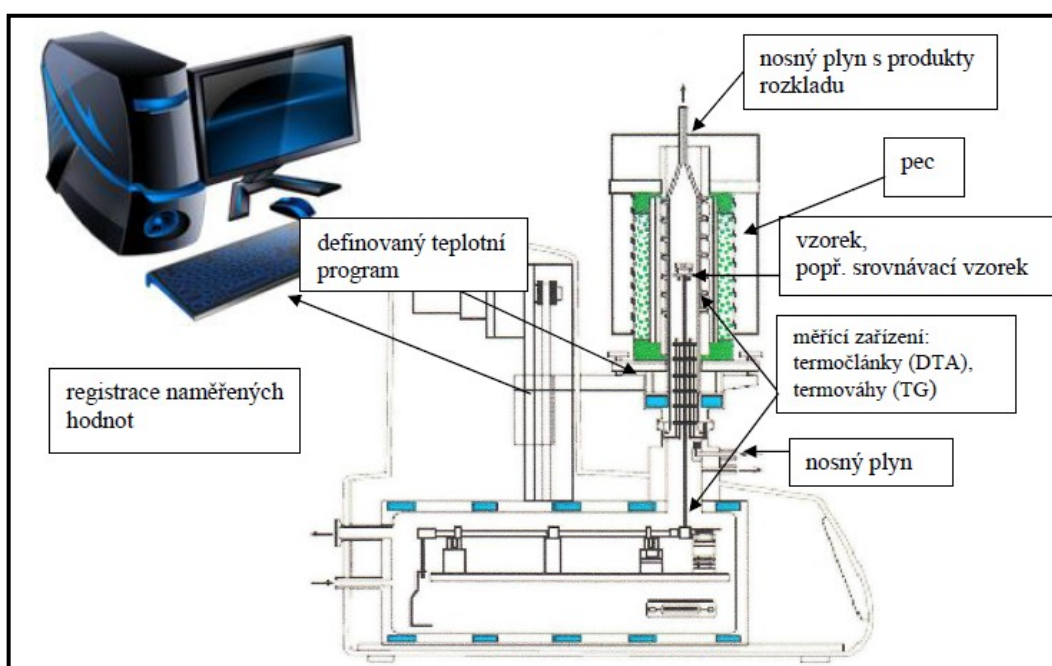
Mouky získané z hnědých jader mají o 13-17 °C vyšší teplotu želatinace. Mouky z hnědé rýže obsahují vysoké množství vlákniny a vitamínů, převládajících ve vnějších vrstvách jádra. Tyto sloučeniny udělují zvláštní organoleptické vlastnosti (barva, textura a chuť) na pečených produktech, nicméně hnědá mouka má velmi krátkou trvanlivost [5].

#### 3.1 Termogravimetrie (TG) a diferenční termická analýza (DTA)

Jednou z experimentálních metod, jichž se dnes v chemických laboratořích velmi hojně používá, je termogravimetrie (TG) a diferenčně termická analýza (DTA). Obě metody spočívají ve sledování fyzikálních jevů, jako je například krystalická přeměna, tavení, sublimace, adsorpce, ale také jevů chemických, např. dehydratace, oxidace, redukce apod. [31].

Zatímco v případě TG se měří změna hmotnosti vzorku jako funkce stoupající nebo klesající teploty, metodou DTA se sledují tepelné efekty exotermické (při nichž se uvolňuje teplo) a endotermické (při nichž se teplo spotřebovává), vyvolané změnou tepelného obsahu vzorku [31].

Termogravimetrie je metoda spočívající v plynulém nebo pravidelně opakovaném měření hmotnosti vzorku, který je ohříván. Podle způsobu ohřevu rozlišujeme izotermní (statickou) termogravimetrii, při níž se vzorek ohřívá při konstantní teplotě, a neizotermní (dynamickou) termogravimetrii, kdy změna hmotnosti vzorku je registrována v závislosti na čase a teplotě, která roste určitou lineární rychlostí. Pokud se složení vzorku nemění, je závislostí vodorovná přímka. Jakmile začne nastávat úbytek hmotnosti, dochází ke změně složení – na křivce se objeví sestupný schod. Teploty, při kterých se tyto změny dějí, souvisí se složením. V případě vzorků podléhajících oxidaci by atmosféra okolí měla být inertní (dusík, vzácný plyn) [31,32].



Obr. 8 Ilustrační obrázek simultánního termogravimetrického analyzátoru [33]

### 3.1.1 Základní faktory ovlivňující průběh křivky TG

Termogravimetrickou analýzu ovlivňuje řada faktorů, které je nutné před spuštěním experimentu zvážit. Volba těchto parametrů má zásadní vliv na výsledek analýzy, resp. na tvar TG – křivky. Jedná se o:

- a) přípravu vzorku (navážka, velikost částic, homogenita),
- b) tvar a velikost nosiče (kelímku),
- c) pecní atmosféra, pecní tlak a vlhkost,
- d) teplotní režim.

Při přípravě vzorků je nutné, aby byl vzorek homogenní a reprezentoval analyzovaný materiál, aby měl stejnou velikost částic a nebyl například kontaminovaný [33].

TG může být využito pro analýzu tepelného rozkladu, oxidace, dehydratace, tepelné odolnosti a kinetické analýze. Spojením s jinou měřicí technikou lze z jednoho vzorku dosáhnout různých informací, nejběžnější je zejména TG/DTA přístroj [34].

Diferenční termická analýza (DTA) je jednou z nejstarších termických metod. Tato metoda se vyvinula po objevu termoelektrického článku, který byl objeven roku 1821 (T. J. Seebeck). Roku 1886 H. L. Le Chatelier použil termoelektrický článek pro studium chování minerálních látek. W. C. Roberts-Austen zavedl tzv. diferenční termoelektrický článek. Poté se už začala rozvíjet metoda DTA, obzvláště v experimentálním uspořádání [35].

Diferenčně termická analýza je metoda, při níž se měří tepelné efekty spojené s chemickými nebo fyzikálními změnami v závislosti na lineárně rostoucí nebo klesající teplotě. Tyto tepelné efekty vyjadřující změnu tepelného obsahu vzorku mohou být exotermické (oxidace, některé rozkladné reakce a krystalizace) nebo endotermické (fázové změny, redukce, dehydratace a některé reakce rozkladné) a měří se diferenční metodou, tzn. teplota vzorku se plynule porovnává s teplotou vzorku srovnávacího a jejich rozdíl se graficky vyjadřuje v závislosti na teplotě nebo čase. Zatímco teplota vzorku srovnávacího, ve kterém během teplotních změn nenastávají žádné fyzikální ani chemické přeměny, sleduje zvolený teplotní program, teplota zkoumaného vzorku podléhá změnám, které jsou obrazem fyzikálních a chemických přeměn, jež v něm probíhají. Jestliže ve zkoumaném vzorku nastane při určité teplotě exotermický pochod, projeví se to zvýšením teploty proti srovnávacímu materiálu a na grafické závislosti se objeví maximum. Naopak při endotermickém ději ve vzorku se na křivce objeví minimum. Jestliže je za tento děj zodpovědná určitá složka vzorku, příslušná kladná nebo záporná odchylka (pík) je tím větší, čím je složky ve vzorku více. Plocha píku odpovídá uvolněnému nebo spotřebovanému teplu tepelně zabarveného děje. Druh složky souvisí s polohou píku na vodorovné ose teplot [31,32].

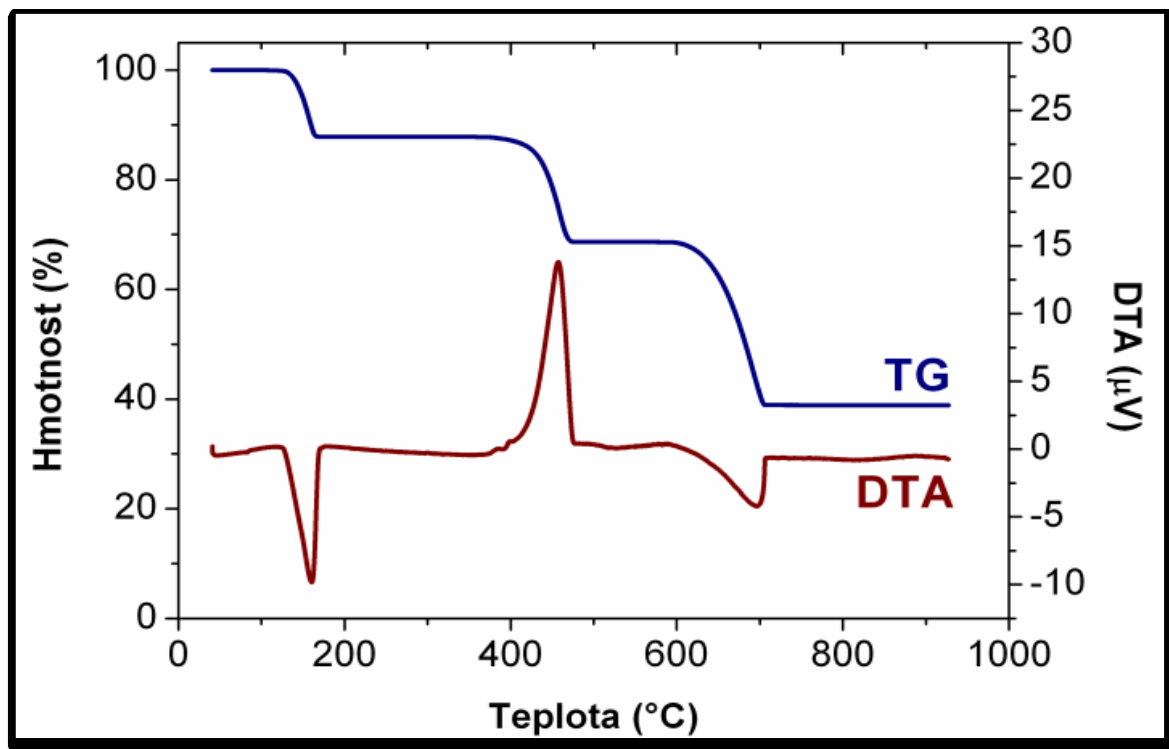
Ukazatelem vnitřní energie je pak entalpie a její změny jsou metodou DTA zaznamenány. Zatímco teplota srovnávacího vzorku odpovídá teplotě pece, u zkoumaného vzorku dochází k exotermním či endotermním reakcím. V průběhu každé chemické reakce a fyzikální změny dochází k uvolnění nebo pohlcení energie, což má za následek změnu teploty vzorku [36].

### 3.1.2 Základní faktory ovlivňující průběh křivky DTA

Při vyhodnocování křivky DTA zjišťujeme tyto hlavní veličiny: teplotu počátku a ukončení teplotního efektu, teploty vrcholu píku, plochu píku a při kvantitativním vyhodnocování i množství aktivního materiálu nebo příslušného tepla sledované přeměny. Ukázalo se, že výsledky DTA jsou značně ovlivněny faktory souvisejícími s typem zařízení, fyzikální a chemickou povahou sledované látky i s použitou metodikou. Atmosféra kolem kelímku je zpravidla inertní, například dusíková nebo heliová, zvláště při práci ve vysokých teplotách. Můžeme pracovat až do teplot kolem 1 600 °C [31,32].

Vlivy a faktory, které mohou průběh křivky DTA ovlivnit a které si při volbě pokusných podmínek určujeme, lze zhruba rozdělit do tří skupin:

- a) Faktory instrumentálního charakteru – tepelný zdroj a teplotní regulační systém, systém měření teploty, systém záznamu křivky DTA, snímací systém křivky DTA.
- b) Faktory metodické – způsob ohřevu, geometrické uspořádání a celkové řešení přístroje, vliv atmosféry a způsob komunikace atmosféry a vzorku, způsob umístění a úpravy vzorku.
- c) Vlastnosti zpracovávaných látek – fyzikální a chemické vlastnosti aktivního a inertního materiálu (nejdůležitější z těchto vlastností jsou: velikost částic, stupeň krystalizace látky, její tepelná a teplotní vodivost, hustota a tepelná kapacita) [31].



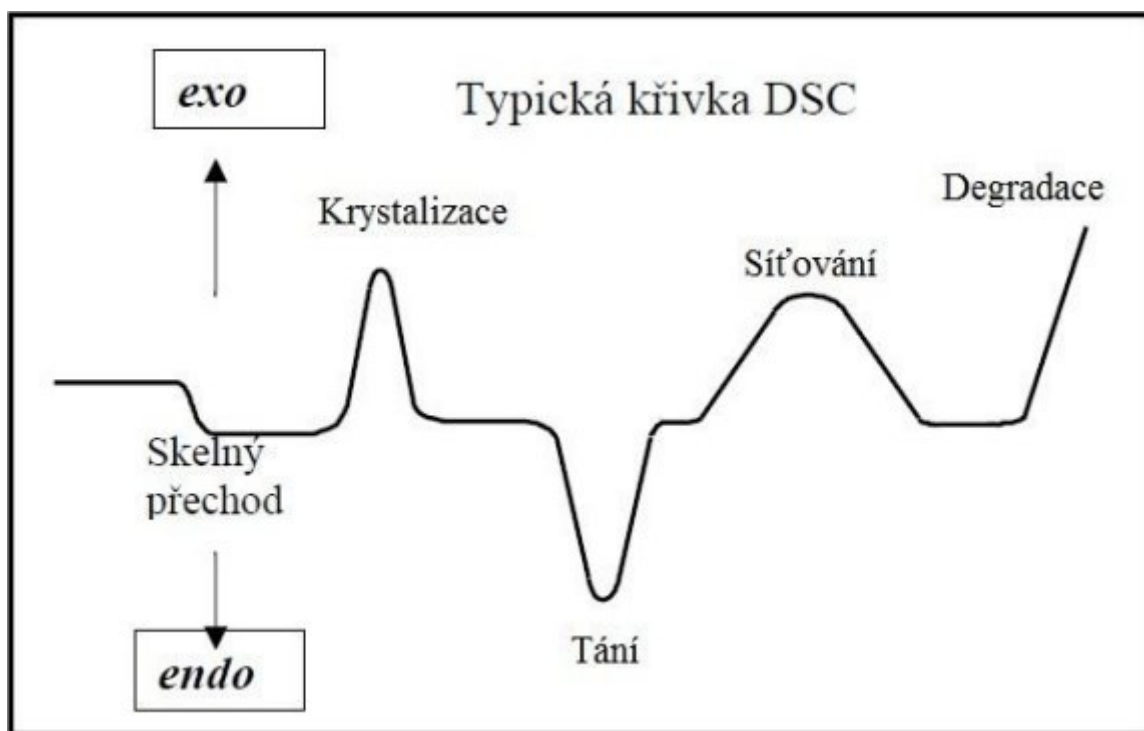
Obr. 9 Termogram pro měření TG a DTA křivky [37]

### 3.2 Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC)

Podstatou kalorimetrie je měření tepla, které se uvolní nebo pohltí ve studovaném systému při určitém chemickém, fyzikálním nebo biologickém pochodu. Výsledkem měření jsou hodnoty termofyzikálních vlastností zkoumaného systému, např. tepelné kapacity, tepelného obsahu aj. Kalorimetrie se dělí podle různých hledisek: podle účelu použití, způsobu temperance, konstrukčního řešení a podle podmínek, za kterých byly měřené hodnoty získány. Podle podmínek, za kterých pracují, se dělí na dva základní typy: izotermní a adiabatické. V izotermních kalorimetrech je veškeré uvolněné nebo spotřebované teplo odváděno, resp. převáděno a teplota je během celého měření udržována konstantní. Odvedené teplo pak působí buď fázovou přeměnu čisté látky, nebo je kompenzováno elektricky. Oproti tomu v zařízeních adiabatických se veškeré teplo spotřebuje k ohřátí nebo ochlazení kalorimetru a jeho obsahu, měří se jeho změna teploty [38].

Pod termínem „diferenční skenovací kalorimetrie“ (DSC) se rozumí třída kalorimetrů, které jsou vybaveny dvěma měřicími pozicemi, z nichž jedna je referenční a druhá slouží ke studiu vzorku. Většina DSC přístrojů pracuje s navážkami v řádech jednotek až desítek miligramů. Tato metoda se široce využívá pro určení teplot tání, skelných přechodů a krystalizaci nejrůznějších materiálů. Konkrétní aplikace nachází ve studiu polymerů, emulzí,

kinetiky reakcí či tepelné vodivosti materiálů. DSC je nejvýznamnější a nejčastěji používanou termickou metodou ve farmaceutickém vývoji a materiálovém výzkumu. DSC lineárně ohřívá nebo ochlazuje vzorek a měří rozdíl teplot nebo energii, kterou je nutno dodat, aby vzorek a referenční látka měly stejnou teplotu. Měřenou veličinou je teplotní závislost tepla nutného k ohřátí vzorku, tj vzorek je zpravidla studován v určitém rozsahu teplot, přičemž rychlost ohřevu je možno nastavit. Nejvyšší pracovní teplota bývá často cca 750 °C. DSC křivka vyjadřuje závislost tepelného toku  $dH/dt$  v mW v závislosti na teplotě (času) [32,35,38,39].



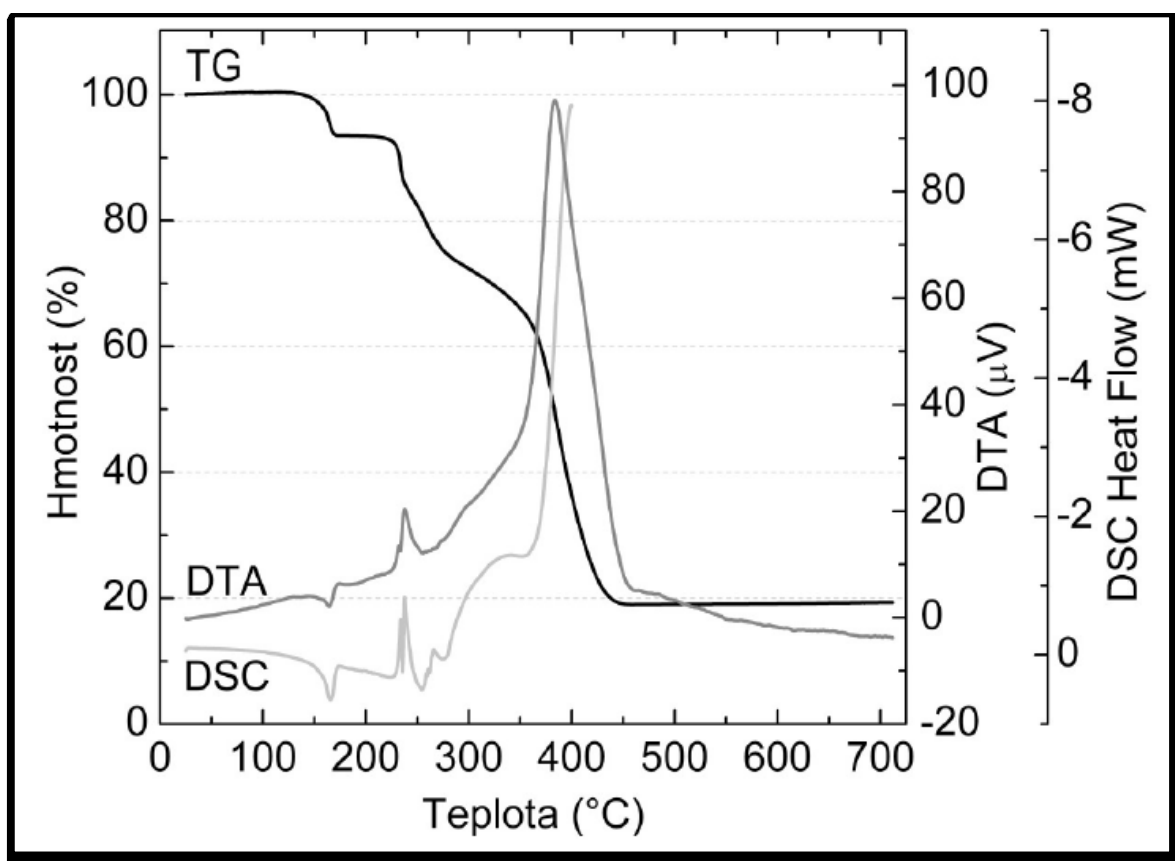
Obr. 10 Typická křivka DSC [40]

DSC lze rozdělit do dvou kategorií podle toho, jak je tepelný tok získáván:

- První kategorie zahrnuje kalorimetry, u kterých je každá z obou měřících pozic umístěna v separátní píce. Příkon do každé z pícek je regulován tak, aby měly obě pícky stejnou teplotu a tepelný tok je dán rozdílem příkonů do jednotlivých pícek.
- Druhá kategorie zahrnuje kalorimetry, u kterých jsou měřící i referenční pozice umístěny ve společné peci. Teplota je zpravidla měřena jednobodově v měřící i retenční pozici. Teplota měřící pozice, obsahující pánvičku se vzorkem, zaostává za teplotou pozice referenční, obsahující pouze prázdnou pánvičku [38].

K nejdůležitějším vlastnostem DSC patří rozlišení (schopnost pozorovat dva vzájemně sdružené efekty) a citlivost (schopnost měřit velmi malé efekty) [41].

Podle druhu experimentu a předpokládaných vlastností měřené látky se volí různé druhy pánviček. Pánvičky se liší tvarem a způsobem uzavírání. Jako reference se při měření na DSC používá téměř vždy prázdná pánvička. Pro obor teplot 0-300 °C bývá nejčastěji indium, ale také se používá cín nebo olovo, které jsou teplotními standardy. Aby bylo zabráněno reakcím vzorku se vzduchem, měření probíhá nejčastěji v dusíkové atmosféře [35].



Obr. 11 TG, DTA a DSC křivky termického rozkladu [37]

### 3.3 Reometrie

Reometrie označuje experimentální techniku používanou pro stanovení reologických vlastností materiálů. Reologie je definována jako studium toku a deformace hmoty, která popisuje vztah mezi silou, deformací a časem. Termín reologie pochází z řeckých slov „rheo“, které se překládá jako „tok“ a „logia“, což znamená „studium“. Reologie se zejména zabývá chováním komplexních viskoelastických materiálů, které vykazují vlastnosti pevných látek a kapalin v reakci na síle, deformaci a času. Existuje celá řada různých geometrických testů, které mohou být provedeny pro stanovení tokových vlastností a viskoelastických



kých vlastností materiálu, který do značné míry závisí na typu použitého reometru a jeho schopnostech [42].

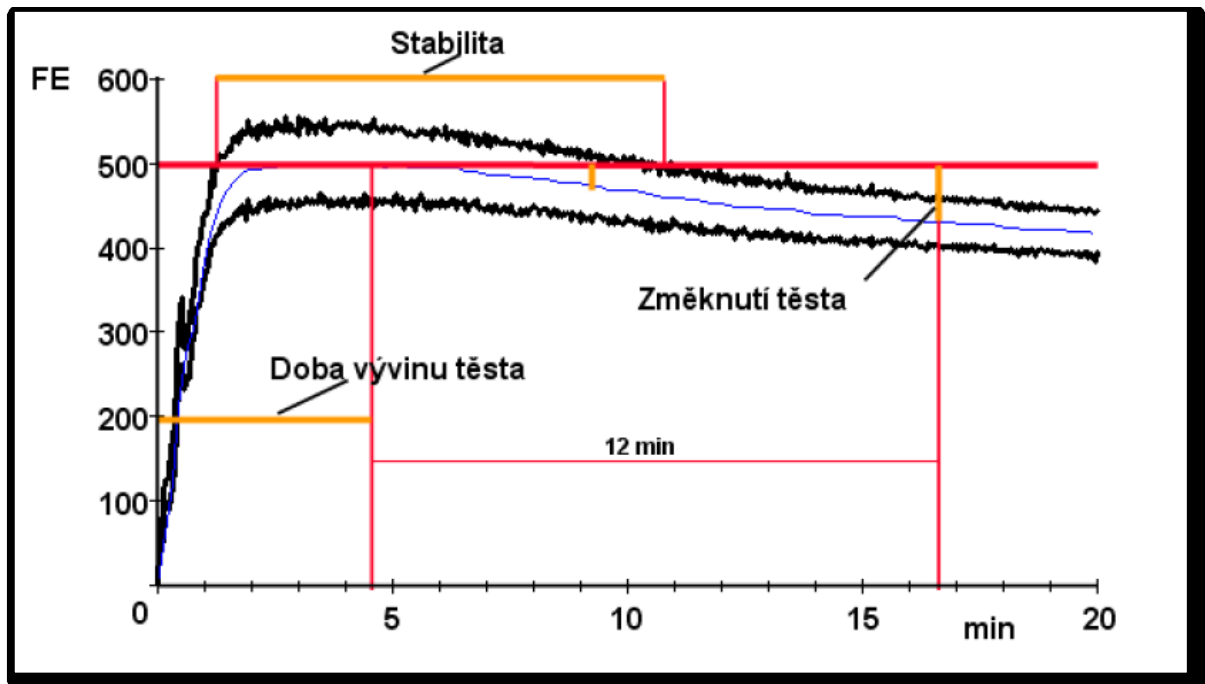
Rozlišujeme dva základní typy reometrů:

- a) Rotační – pro měření při nízkých rychlostech smykových deformací ( $10^{-2}$  -  $10^2$  s<sup>-1</sup>).
- b) Kapilární – pro měření v oblasti středních až vysokých rychlostí smykových deformací ( $10$  –  $10^3$  s<sup>-1</sup>) [43].

U rotačního reometru se vzorky vkládají mezi dvě desky nebo jinou podobnou geometrii, jako je kužel a deska nebo válec a válec. Aplikováním točivého momentu na horní desku působí na materiál smykové napětí a měří se výsledná deformace nebo deformační rychlost (smyková rychlost). Geometrické uspořádání válec – válec je vhodné pro nízkoviskózní materiály. Rotační reometry jsou pravděpodobně nejvšestrannější dostupné reologické nástroje a mohou být konfigurovány pro řadu různých reologických metod, pro zkoumání struktury a výkonu suspenzí. Používají se pro širokou škálu typů vzorků od past a gelů až po nejslabší struktury kapalin. Aplikované smykové síly mohou být přesně řízeny do oblasti s velmi nízkým smykovým napětím, což činí tyto nástroje vhodné pro studie stability a měření meze kluzu [42,43].

### 3.4 Farinograf

Farinograf je celosvětově nejvyužívanější přístroj určený na sledování změn konzistence těsta při deformaci smykem vyvolané při hnětení těsta za standardních podmínek, tj. vyvíjí dynamickou deformaci. Základem farinografu je hnětací nádoba se dvěma lopatkami, které rotují konstantními, ale rozdílnými rychlostmi. Do nádoby se umístí testovaná mouka a za stálého hnětení se postupně automaticky přidává voda až do vytvoření těsta. Záznam odezvy těsta na deformaci (farinogram) je uveden na *Obr. 12* [44].



Obr. 12 Farinograf - doba vývinu pšeničného těsta (DT), doba stability těsta (ST), stupeň změknutí těsta (DS), farinografické číslo kvality (FQN) [44]

Část křivky od počátku měření po dosažení maximální konzistence odpovídá době, během které je voda rychle absorbována moukou, dochází k hydrataci bílkovin a vytváří se kontinuální lepková síť. Kvalitní pekárenská mouka během zpracování váže větší množství vody a optimální konzistence dosahuje relativně pomalu. Je to dáno tím, že velké molekuly podjednotek gluteninů s vysokou molekulovou hmotností (HMW-GS) potřebují delší dobu k seskupení do sítě než menší molekuly. Velké molekuly gluteninů pružně reagují na deformaci, což ztěžuje hnětení těsta. Výsledkem je prodloužení doby míchání těsta a zvýšení množství vody potřebné k získání těsta o požadované konzistenci. Čas odpovídající této fázi se označuje jako doba vývinu těsta (DT) a uvádí se v minutách [6].

Po dosažení maxima začíná křivka klesat. Čím pevnější lepek se v mouce vytvoří, tím je pokles mírnější. Pokles tak charakterizuje odolnost těsta vůči dalšímu mechanickému namáhání. Měření konzistence je důležité pro zjištění chování těsta během zpracování. Pokud je přidáno velké množství vody, těsto má nízkou konzistenci a sklon k lepkavosti. Naopak u nízké vaznosti (malé množství vody) má těsto sklon být tuhé a má nízkou výtěžnost. Na vaznost mouky má vliv původní vlhkost mouky a stupeň vymletí. S vazností souvisí kromě konzistence a stability také pružnost a tažnost. Rozdíl mezi hodnotou maximální konzistence a konzistencí zjištěné za 12 minut od maxima se vyjadřuje jako stupeň změknutí (DS) a uvádí se v FU (farinografická jednotka) [6,45].

Doba stability těsta (ST) se určuje jako časové rozmezí mezi okamžikem, kdy horní obrys křivky protne hodnotu 500 FU při stoupání křivky a okamžikem, kdy ji protne při poklesu (u pšeničné mouky). Doba stability těsta se vyjadřuje v minutách. Stabilita je ukazatelem síly mouky, čím vyšší hodnota, tím silnější těsto [6].

Farinografické číslo kvality (FQN) je kombinovaná hodnota pro dobu vývinu, stabilitu a MTI. Číslo kvality je udáváno jako délka na časové ose od okamžiku přidání vody do okamžiku, kdy konzistence poklesne o 30 FU od maxima. Slabší mouky klesají brzy a rychleji a jsou zastoupeny číslem nízké kvality. Silnější mouky klesají později a pomaleji a jsou zastoupeny číslem vysoké kvality. Farinografické číslo kvality se měří v milimetrech na rekordéru [46].

Dalším ukazatelem je index mechanické odolnosti (MTI). MTI je rozdíl v FU mezi horním okrajem křivky v okamžiku maxima a po 5 minutách za maximem [6].

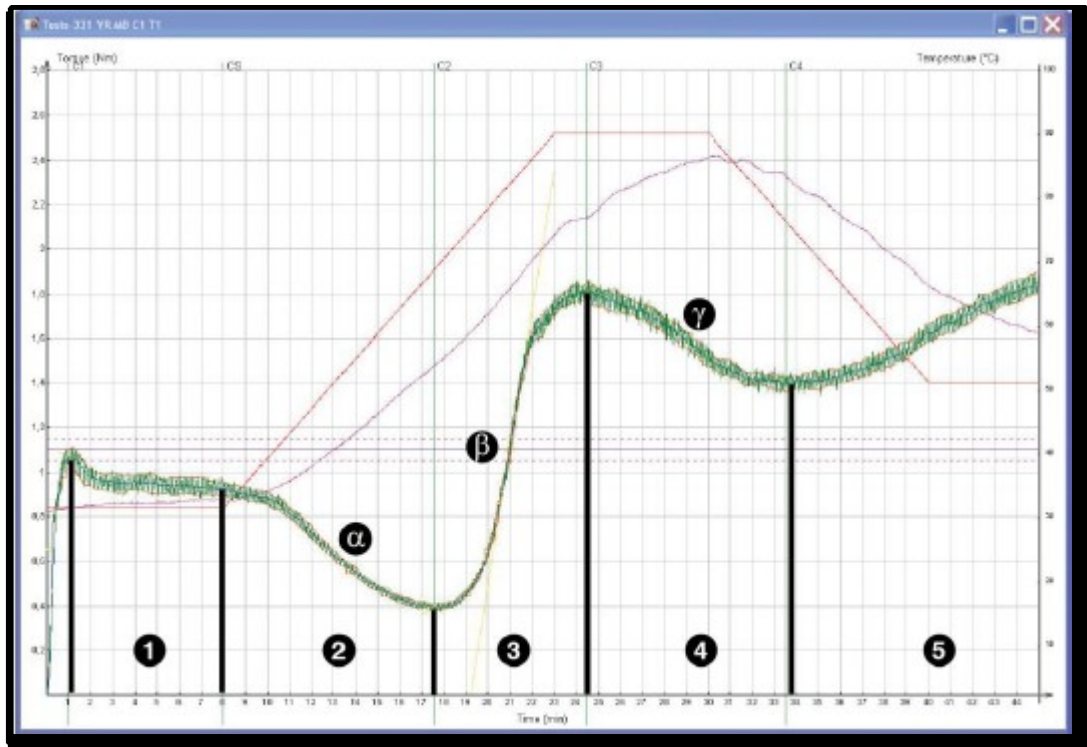
### 3.5 Mixolab

Mixolab umožňuje stanovení míchacích a lepicích vlastností mouky, tedy chování mouky pod mechanickým a tepelným namáháním [5].

Přístroj MIXOLAB 2 se používá k určování reologického chování těsta vystaveného míchání a teplotním výkyvům. Přístroj v reálném čase měří krouticí moment (vyjádřený v jednotkách Nm nebo mNm) vyvíjený těstem mezi dvěma míchacími lopatkami, čímž umožňuje zkoumání následujících reologických a enzymatických parametrů:

- a) reologických vlastností těsta, tedy schopnost hydratace těsta, doby vývinu těsta atd.,
- b) redukce bílkovin,
- c) enzymatické aktivity,
- d) mazovatění a retrogradace škrobu.

MIXOLAB 2 pracuje s konstantní hmotností těsta, aby se eliminoval vliv poměru naplnění míchačky. K získání přesnější analýzy vlivu teploty na těsto se na rozhraní míchačky/těsta vkládá sonda, která doplňuje informace poskytované sondou umístěnou v topném bloku [47].



Obr. 13 Obrazovka výsledků při měření na MIXOLAB 2 [47]

Z grafu lze vyčíst důležité informace:

1. Vypracování – při konstantní teplotě určí začátek testu schopnost mouky absorbovat vodu a změní se vlastnosti těsta během míchání (stabilita, doba vývinu, absorbovaná energie).
2. Redukce bílkovin ( $\alpha$ ) – se zvyšováním teploty těsta konzistence řídne, intenzita tohoto poklesu závisí na kvalitě bílkovin.
3. Mazovatění škrobu ( $\beta$ ) – od určité teploty začnou převládat jevy související s mazovatěním škrobu a opět lze pozorovat zahušťování konzistence. Intenzita tohoto zahušťování závisí na kvalitě škrobu a v některých případech na přísadách.
4. Amylázová aktivita ( $\gamma$ ) – hodnota konzistence na konci této fáze výrazně závisí na endogenní nebo přidané amylázové aktivitě, čím větší je zřednutí, tím větší je amylázová aktivita.
5. Retrogradace škrobu – během ochlazení škrob retrograduje a konzistence produktu houstne. Některé přísady tento jev ovlivňují a omezují jeho důležitost, čímž oddalují tvrdnutí a zajišťují, že hotový produkt je měkčí [47].

### 3.6 Sítová analýza

Cílem sítové analýzy je třídění zrnitého materiálu, které se provádí za sucha na sítích s přesně definovanými velikostmi ok. Síto je charakterizováno velikostí oka, počtem ok na jednotku délky (mm). Vyhodnocení výsledků sítové analýzy je graf příslušné rozdělovací funkce (diferenciální nebo integrální). Množství frakce mezi dvěma síty se vyjadřuje buď přímo její hmotností nebo jejím podílem v celém vzorku, vyjádřeném v % nebo hmotnostním zlomkem. Diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$  je definována vztahem:

$$F_w(r) = \frac{dm_r}{m.dr} \quad (1)$$

Kde:

$m_r$  je hmotnost skupiny částic o poloměru  $r$ ;  $m$  je celková hmotnost všech částic (disperzního podílu);  $F_w(r).dr$  – vyjadřuje podíl hmotnosti frakce částic s rozměrem  $r$  a  $((r).dr)$  k celkové hmotnosti částic v systému a představuje tedy hmotnostní zlomek příslušné frakce.

Grafickým znázorněním diferenciální rozdělovací funkce je distribuční křivka - plocha pod distribuční křivkou je rovna 1 ( $F_w(r) = f(r)$ ).

Integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  udává, jaký podíl hmotnosti z celkové hmotnosti částic disperzního podílu tvoří frakce, jejichž částice mají poloměr menší nebo stejný než určitá zvolená hodnota  $r_c$ .

$$I_w(r) = \int_0^{r_c} F(r) dr \quad (2)$$

Doplňková integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  udává, jaký podíl hmotnosti z celkové hmotnosti částic disperzního podílu tvoří frakce, jejichž částice mají poloměr větší nebo stejný než určitá zvolená hodnota  $r_c$ .

$$Q_w(r) = \int_{r_c}^{\infty} F(r) dr \quad (3)$$

$$I(r) = 1 - Q(r) \quad (4)$$

$$\frac{dI(r)}{dr} = F(r), \quad \frac{dQ(r)}{dr} = -F(r) \quad (5,6)$$

Integrální rozdělovací funkce lze tedy vypočítat z průběhu diferenciální rozdělovací funkce analytickou nebo grafickou integrací [48].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce na téma Fyzikálně chemické vlastnosti těsta z různých druhů rýžové mouky je:

- optimalizovat přidavek vody v rýžových těstech pro přípravu bezlepkových výrobků,
- provést technologický rozbor těchto různých druhů rýžových mouk (sítová analýza),
- vyhodnotit vývin, stabilitu těsta, stupeň změknutí a MTI hodnotu z měření na farinografu,
- na mixolabu určit vlastnosti těsta během míchání, zahřívání a chlazení,
- stanovit reologické a termické vlastnosti těchto rýžových těst,
- provedení statistické analýzy jednotlivých výsledků.

## 5 PŘÍPRAVA TĚSTA Z RŮZNÝCH DRUHŮ RÝŽOVÝCH MOUK

### 5.1 Materiály a metody

#### 5.1.1 Použité suroviny

Na experimentální část bylo použito šest druhů rýžových mouk, a to mouka z červené rýže, mouka z černé rýže, mouka z hnědé rýže, mouka z bílé lepivé rýže, dále byla použita polohrubá rýžová mouka a hladká rýžová mouka. Všechny druhy mouk byly skladovány v suchu a chráněny před teplem. Rýžové mouky byly dodány společností ADVENI MEDICAL, spol. s r.o., Renneská třída 407/29, 639 00 Brno, Česká republika.

Mouka z červené rýže obsahuje 100 % mletých zrn červené rýže. Mouka je vhodná pouze pro tepelné zpracování a je velmi všestranná, používá se na slané a sladké pečení, na zahušťování, pro přípravu placek a knedlíků. Mouka z červené rýže má lehce oříškovou chuť. Obvykle se míchá s jinými druhy mouk, protože těsto jen z rýžové mouky není příliš pružné. Je vhodné ji kombinovat hlavně s moukami, které obsahují hodně bílkovin [49].



*Obr. 14 Ilustrace prodejního obalu mouky z červené rýže [49]*

Mouka z černé rýže obsahuje 100 % mletých zrn černé rýže a obvykle se míchá s jinými druhy mouky. Můžeme jí použít až 1/3 z celkového množství mouky předepsané receptem. Při použití této mouky může mít výsledný produkt fialovou barvu [50].





*Obr. 15 Ilustrace prodejního obalu mouky z černé rýže [50]*

Rozdíl mezi hnědou rýží a bílou rýží není jen barvou. Zrno rýže má několik vrstev. Pouze jeho nejvzdálenější vrstva, tj. trup, je odstraněna, aby produkovala to, co nazýváme hnědou rýží. Tento proces nejméně poškozuje nutriční hodnotu rýže a zabraňuje zbytečné ztrátě živin. Olej v hnědé rýži snižuje hladinu cholesterolu. Mouka z hnědé rýže je vhodná pro slané i sladké pečivo, pro přípravu placek, knedlíků, na obalování masa, ryb i zeleniny, na zahušťování. Mouka z hnědé rýže má neutrální chuť. V porovnání s moučnou rýží má hnědá rýže desetkrát více kyseliny  $\gamma$ -aminomáselné, téměř čtyřikrát více dietních vláken, vitamínu E, niacinu a lysinu a třikrát více thiaminu, pyridoxinu a hořčíku. Dále obsahuje více selenu, fosforu a mědi. Můžeme jí použít až 25 % receptem doporučeného množství mouky a je vhodné ji kombinovat s moukami, které obsahují hodně bílkovin [8,51,52].



*Obr. 16 Ilustrace prodejního obalu mouky z hnědé rýže [51]*

Mouka z bílé lepkivé rýže je složená ze 100 % mletých zrn bílé lepkivé rýže. Má všestranné využití, například na zahušťování, výrobku omáček, na výrobu tradičních asijských pokrmů a dezertů (obalované banány aj.). Lepivá (též lepkavá) rýže je krátkozrnnou odrůdou rýže. Lepivost způsobuje vysoký obsah škrobu obsažený v zrnech, proto mouka z bílé lepkivé rýže má skvělé zahušťovací a pojivové vlastnosti. V bezlepkovém pečivu dobře nahradí chybějící lepek. Může se jí použít až 25 % receptem doporučeného množství mouky [53].



Obr. 17 Ilustrace prodejního obalu mouky z bílé lepkivé rýže [53]

Rýžová mouka polohrubá je složená ze 100 % mletých zrn loupané rýže. Polohrubá mouka je všestranná mouka pro slané i sladké pečení, vhodná na zahušťování polévek a omáček, má neutrální chuť [54].



Obr. 18 Ilustrace prodejního obalu rýžové mouky polohrubé [54]

Rýžová mouka hladká je všestranná mouka, která má neutrální chuť a obvykle se míchá s jinými druhy mouk. Využívá se pro přípravu nudlů a těstovin, pro slané i sladké pečení a na zahušťování [55].

Kompletní frézování a leštění, které přeměňuje hnědou rýži na bílou rýži, ničí až 67 % vitamínu B3, 80 % vitamínu B1, 90 % vitamínu B6, polovinu manganu, polovinu fosforu, 60 % železa a v podstatě všechnu vlákninu a esenciální mastné kyseliny. Plně mletá a leštěná bílá rýže se musí obohatit o vitamíny B1, B3 a o železo [8].



*Obr. 19 Ilustrace prodejního obalu rýžové mouky hladké [55]*

## 5.1.2 Výživové údaje na 100 g

Tab. 1 Výživové údaje různých druhů mouk na 100 g deklarovaných výrobcem [49,50,51,53,54,55]

Mouka	Energetická hodnota	Tuky (g)	Z toho nasycené mastné kyseliny (g)	Sacharidy (g)	Z toho cukry (g)	Bílkoviny (g)	Sůl (g)
Červená	1502 kJ / 354 kcal	2,0	0,0	74	0,0	10	< 0,01
Černá	1207 kJ / 287 kcal	9,2	0	51	0	< 0,01	< 0,01
Hnědá	1578 kJ / 372 kcal	2,5	0,7	80	0	7,4	0,08
Bílá lepivá	797 kJ / 188 kcal	0,4	0	42	0,2	4,0	0,03
Polohrubá	1484 kJ / 349 kcal	0,6	0,3	79	0	7,0	0,03
Hladká	1484 kJ / 349 kcal	0,6	0,3	79	0	7,0	0,03

## 5.1.3 Použité přístroje a zařízení

K přípravě těst byly použity:

- laboratorní váhy pro navážku surovin,
- kuchyňský robot SP – 800a (Spar mixer), který je stolní, planetární mixer s kapacitou mísy 7,6 litrů a s třemi rychlostními převody (1. převod 132 otáček/min., 2. převod 284 otáček/min. a 3. převod 590 otáček/min.).

K fyzikálně chemickému vyhodnocení rýžových těst byly použity:

- Sítový analyzátor FRITSCH
- DTG Shimadzu 60
- DSC 1 Stare System Mettler-Toledo

- d) Reometr – HAAKE RheoStress 1
  - Geometrie deska – deska (Platte P35 TiL (malá otáčející se deska) a MPC 35 (plát)
  - Geometrie válec – válec (Rotor Z 34 DIN 53019 a Cup 34)
- e) Mixolab 2 – vyvinutý společností CHOPIN Technologies

#### 5.1.4 Pracovní postupy – podmínky měření

Příprava těsta: rýžová mouka byla smíchána s vodou v poměrech 1 díl vody ku 1 dílu mouky a v poměru 1 díl vody ku 0,6 dílu mouky.

- a) **Sítová analýza** - jednotlivá síta byla seřazena dle rozměru ok na jednotlivých sítích vzestupně a následně bylo vsypáno navážené množství (150 g) rýžové mouky na síto s největší velikostí ok. Následně byly upevněny držáky, poté byla mouka 15 min prosívána. Po uplynutí daného času byly jednotlivé frakce zváženy. V závislosti na průměru síťových ok byla stanovena hmotnost jednotlivých frakcí. Průměr ok jednotlivých sít byl následující: 0,56; 0,45; 0,32; 0,22; 0,16; 0,125; 0,045 mm.
- b) **DTG analýza** - ke statické termogravimetrické analýze byly využity vzorky těsta o směšovacím poměru mouky s vodou 1:1. Měření probíhalo při teplotě  $30 \pm 1$  °C po dobu 100 min v atmosféře dusíku o rychlosti průtoku plynu 50 ml/min. V rámci stanovení kinetiky sušení, resp. difúzního koeficientu byly standardizovány parametry vzorku těsta. Navážka vzorku byla v rozmezí 23-30 mg, vzorek byl dávkován do aluminiových pánviček (typ S201-52943) a rovnoměrně rozprostřen v tenké vrstvě po dně pánvičky; výška vrstvy vzorku činila 2 mm. V případě dynamické termogravimetrické analýzy byl vzorek těsta (o směšovacím poměru mouky a vody 1:1; 1:0,6; případně 1:0,8) podroben tepelnému záhřevu od 30 °C do 250 °C při rychlosti ohřevu 10 °C/min; měření opět probíhalo v inertní atmosféře dusíku.
- c) **DSC analýza** – analýza vzorků těsta v poměru mouky a vody 1:1 probíhala v atmosféře vzduchu v hermeticky uzavřených pánvičkách o obsahu 40 µl (aluminiové pánvičky s pinem, ME-27331) při rychlosti ohřevu 2 °C/min. Rozmezí stanovené teploty činilo 20 °C - 90 °C. Navážka vzorku se pohybovala kolem 15 mg, každý vzorek byl pečlivě rozprostřen po dně pánvičky.
- d) **Reologická analýza** - vzorek těsta ve vhodném směšovacím poměru mouky a vody (1:1; 1:0,6) byl umístěn do geometrie deska-deska a proměřen při následujících pa-

rametrech: frekvence 0,1-30 Hz, úhlová rychlost 0,62-188 rad/s, teplota 30 °C, smykové napětí 2 Pa, tuhost pružiny 15,96  $\mu\text{Nm}$ , vzdálenost mezi měřicími deskami 2 mm. V případě geometrie válec-válec bylo měření vzorku o směšovací poměru 0,6:1 (mouka:voda) uskutečněno za těchto podmínek: smyková rychlost 0-300  $\text{s}^{-1}$ , teplota 30 °C, objem vzorku 40 ml.

- e) **Mixolab, farinograf** - na přístroji byla nastavena vlhkost mouky a vaznost vody. Po zadání těchto 2 parametrů bylo strojem vypočítáno, jaké množství mouky má být nasypano do „míchačky“, voda je dávkována automaticky. Samotné měření mixolabem trvá 45 min, farinografem je to přibližně 30 minut.

## 6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE

K měření byly použity vzorky různých rýžových mouk smíchaných s vodou v poměru mouky a vody 0,6:1; 1:1 popřípadě 1:0,6 a 1:0,8, přičemž směšovací poměr byl zvolen v závislosti na použité metodě a testovaných vlastnostech. Takto připravená těsta z rýžových mouk můžeme klasifikovat jako disperzní systém rýžové mouky ve vodě.

Pro optimalizaci vlastností rýžového těsta byla stanovena velikost částic rýžové mouky, reologické, termické a farinografické vlastnosti připravených těst.

### 6.1 Sítová analýza

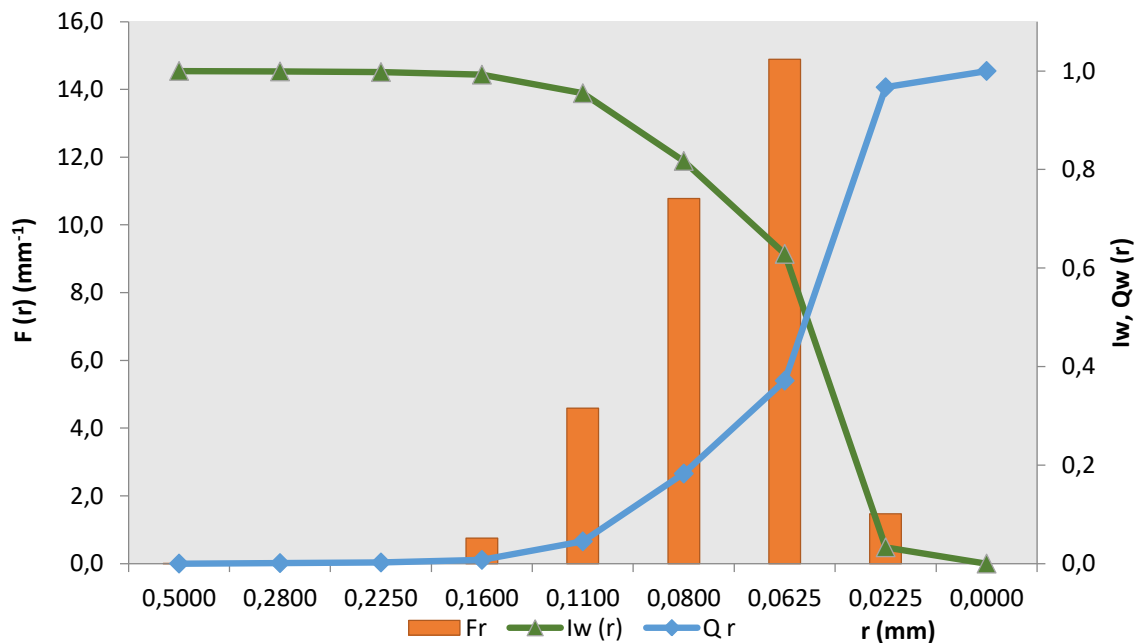
Mouka je polydisperzní systém, tedy disperzní soustava obsahující částice různých velikostí, která je charakterizovaná spojitou distribuční křivkou. Nejčastěji se používá rozdělovacích funkcí podle rozměrů částic nebo podle jejich hmotnosti. Při statistickém zpracování velikosti částic je disperzní podíl mouky rozdělen do skupin částic přibližně stejné velikosti neboli do tzv. frakcí [56,57].

**Tab. 2 Hmotnost částic mouky zachycených na sítích**

Mouka	Černá	Červená	Bílá lepivá	Hnědá	Polohrubá	Hladká
<b>Velikostní frakce r (mm)</b>	<b>Hmotnost částic zachycených na sítě (g)</b>					
0,5000	0,1453	0,0721	0,1401	0,1103	0,0145	0,997
0,2800	0,1852	0,1633	4,801	3,5403	0,0182	0,4277
0,2250	0,7885	6,9657	40,6714	40,9241	0,5801	2,8931
0,1600	5,6044	58,485	42,1951	71,0463	7,7541	17,3088
0,1100	20,5165	58,8426	32,2611	25,5048	111,0999	36,2131
0,0800	28,1299	22,3261	19,2879	6,7212	26,8355	45,4139
0,0625	88,8135	2,368	9,7346	0,442	2,8824	46,0477
0,0225	4,9279	0	0,3166	0	0	0,6854
<b>Součet hmotností m (g)</b>	149,1112	149,2228	149,4078	148,289	149,1847	149,9867

Tab. 3 Výsledky síťové analýzy pro černou rýžovou mouku

Frakce	$r_i$ (mm)	$\Delta r_i$ (mm)	Hmotnost částic na síti $m_{ri}$ (g)	$F_w(r)$ ( $\text{mm}^{-1}$ )	$Q_w(r)$ (-)	$I_w(r)$ (-)
1	0,5000	0,2200	0,1453	0,0044	1,0000	0,0000
2	0,2800	0,0550	0,1852	0,0226	0,9990	0,0010
3	0,2250	0,0650	0,7885	0,0814	0,9978	0,0022
4	0,1600	0,0500	5,6044	0,7517	0,9925	0,0075
5	0,1100	0,0300	20,5165	4,5864	0,9549	0,0451
6	0,0800	0,0175	28,1299	10,7800	0,8173	0,1827
7	0,0625	0,0400	88,8135	14,8905	0,6287	0,3713
8	0,0225	0,0225	4,9279	1,4688	0,0330	0,9670
9	0,0000	0,0000	-	-	0,0000	1,0000



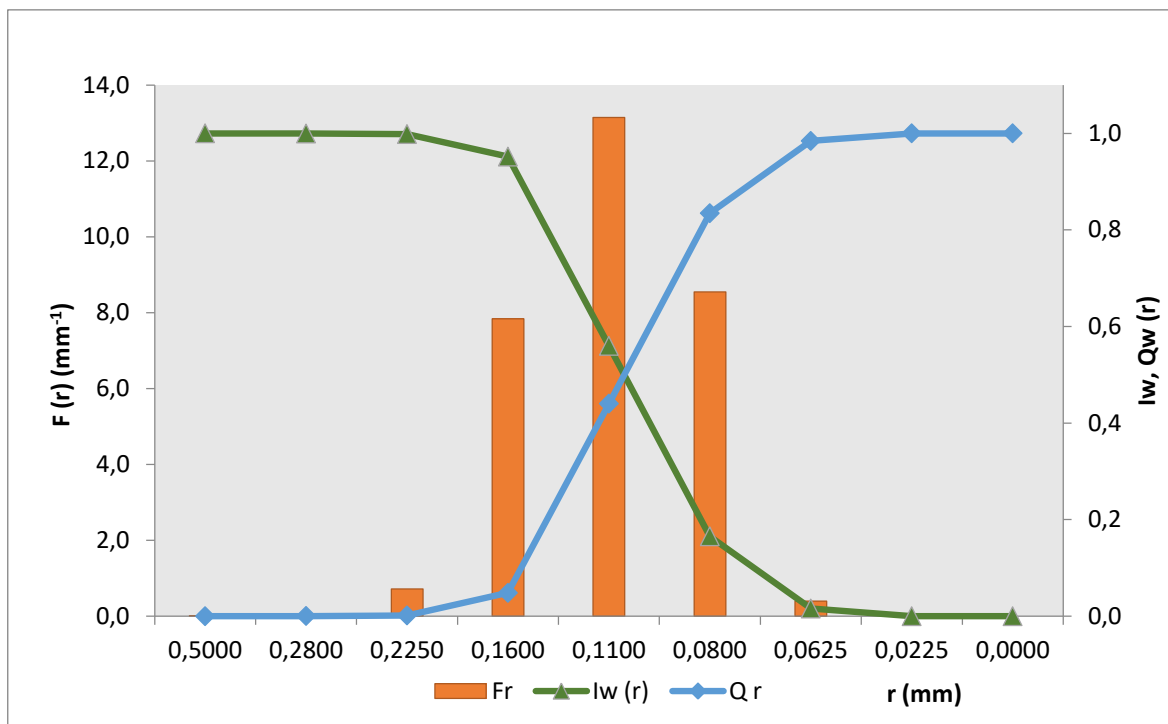
Obr. 20 Závislost diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$ , doplňkové integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  a integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  na poloměru částic u černé rýžové mouky



Na základě hodnot uvedených v Tab. 2 a Tab. 3 a dle grafu na Obr. 20 lze usoudit, že částice černé rýžové mouky měly největší zastoupení v rozměrech  $r = 0,11$  mm, 0,08 mm, 0,0625 mm, z čehož největší počet částic byl o poloměru 0,0625 mm s hmotnostním podílem 88,81 g černé rýžové mouky. Toto zastoupení bylo největší ze všech rýžových mouk, proto lze usoudit, že černá rýžová mouka měla ze všech 6 rýžových mouk nejmenší částice, tedy černá rýžová mouka byla nejvíce najemno namleta. Jak je znázorněno na Obr. 20, doplňková integrální funkce postupně narůstala s klesající hodnotou poloměru částic mouky, zatímco integrální rozdělovací funkce vykazovala opačný trend, jak vyplývá z definice těchto funkcí.

**Tab. 4** Výsledky síťové analýzy pro červenou rýžovou mouku

Frakce	$r_i$ (mm)	$\Delta r_i$ (mm)	Hmotnost částic na síti $m_{r_i}$ (g)	$F_w(r)$ ( $\text{mm}^{-1}$ )	$Q_w(r)$ (-)	$I_w(r)$ (-)
1	0,5000	0,2200	0,0721	0,0022	1,0000	0,0000
2	0,2800	0,0550	0,1633	0,0199	0,9995	0,0005
3	0,2250	0,0650	6,9657	0,7182	0,9984	0,0016
4	0,1600	0,0500	58,4850	7,8386	0,9517	0,0483
5	0,1100	0,0300	58,8426	13,1442	0,5598	0,4402
6	0,0800	0,0175	22,3261	8,5495	0,1655	0,8345
7	0,0625	0,0400	2,3680	0,3967	0,0159	0,9841
8	0,0225	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
9	0,0000	0,0000	-	-	0,0000	1,0000

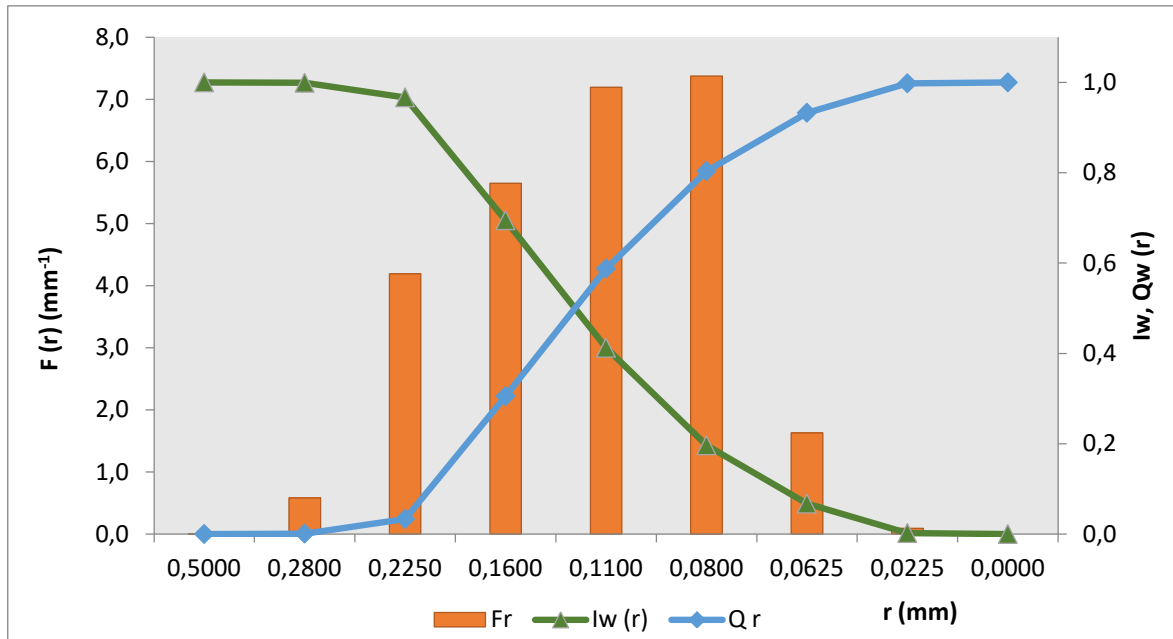


Obr. 21 Závislost diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$ , doplňkové integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  a integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  na poloměru částic u červené rýžové mouky

Ze síťové analýzy červené rýžové mouky vyplývá, že částice mouky mají tři hlavní frakce, přitom majoritně zastoupené částice mouky mají velikost 0,11 mm s hmotnostním podílem 58,84 g. Další dvě nejvíce zastoupené velikosti částic mouky jsou 0,16 mm a 0,08 mm.

Tab. 5 Výsledky síťové analýzy pro bílou lepivou rýžovou mouku

Frakce	$r_i$ (mm)	$\Delta r_i$ (mm)	Hmotnost částic na síť $m_{r_i}$ (g)	$F_w(r)$ (mm <sup>-1</sup> )	$Q_w(r)$ (-)	$I_w(r)$ (-)
1	0,5000	0,2200	0,1401	0,0043	1,0000	0,0000
2	0,2800	0,0550	4,8010	0,5842	0,9991	0,0009
3	0,2250	0,0650	40,6714	4,1880	0,9669	0,0331
4	0,1600	0,0500	42,1951	5,6483	0,6947	0,3053
5	0,1100	0,0300	32,2611	7,1975	0,4123	0,5877
6	0,0800	0,0175	19,2879	7,3769	0,1964	0,8036
7	0,0625	0,0400	9,7346	1,6289	0,0673	0,9327
8	0,0225	0,0225	0,3166	0,0942	0,0021	0,9979
9	0,0000	0,0000	-	-	0,0000	1,0000

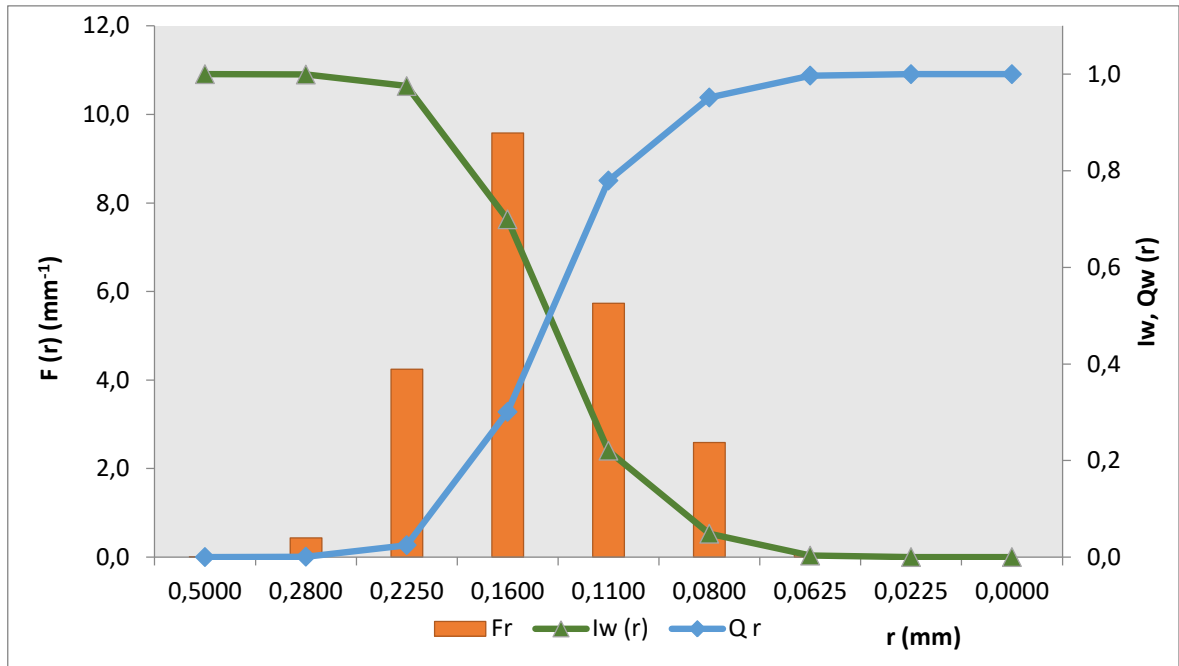


Obr. 22 Závislost diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$ , doplňkové integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  a integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  na poloměru částic u bílé lepidivé rýžové mouky

Dle Tab. 5 grafu Obr. 22 lze usoudit, že částice bílé lepidivé rýžové mouky měly největší zastoupení v rozměrech  $r = 0,225$  mm až  $r = 0,08$  mm, z čehož největší zastoupení bylo v případě částic o velikosti  $r = 0,11$  a  $0,08$  mm. Tato rýžová mouka měla jako jediná ze šesti zkoumaných rýžových mouk majoritní zastoupení ve čtyřech různých frakcích částic, přičemž hodnotové rozdíly  $F(r)$  nebyly u těchto frakcí velké.

Tab. 6 Výsledky síťové analýzy pro hnědou rýžovou mouku

Frakce	$r_i$ (mm)	$\Delta r_i$ (mm)	Hmotnost částic na síti $m_{ri}$ (g)	$F_w(r)$ (mm <sup>-1</sup> )	$Q_w(r)$ (-)	$I_w(r)$ (-)
1	0,5000	0,2200	0,1103	0,0034	1,0000	0,0000
2	0,2800	0,0550	3,5403	0,4341	0,9993	0,0007
3	0,2250	0,0650	40,9241	4,2458	0,9754	0,0246
4	0,1600	0,0500	71,0463	9,5821	0,6994	0,3006
5	0,1100	0,0300	25,5048	5,7331	0,2203	0,7797
6	0,0800	0,0175	6,7212	2,5900	0,0483	0,9517
7	0,0625	0,0400	0,4420	0,0745	0,0030	0,9970
8	0,0225	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
9	0,0000	0,0000	-	-	0,0000	1,0000

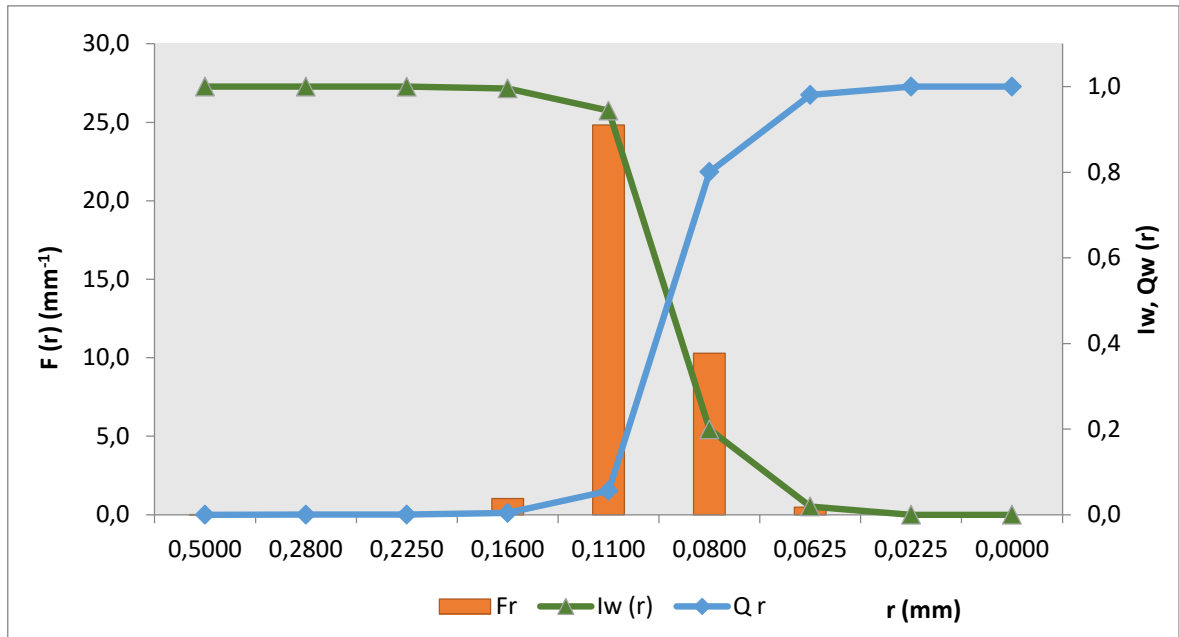


Obr. 23 Závislost diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$ , doplňkové integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  a integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  na poloměru částic u hnědé rýžové mouky

U hnědé rýže bylo největší zastoupení částic v poloměru  $r = 0,16$  mm. Oproti tomu černá rýže měla největší zastoupení částic v poloměru  $r = 0,0625$  mm. Z dalších dvou frakcí byly výrazněji zastoupeny částice o poloměru  $r = 0,225$  a  $0,11$  mm.

Tab. 7 Výsledky síťové analýzy pro polohrubou rýžovou mouku

Frakce	$r_i$ (mm)	$\Delta r_i$ (mm)	Hmotnost částic na síti $m_{r_i}$ (g)	$F_w(r)$ ( $\text{mm}^{-1}$ )	$Q_w(r)$ (-)	$I_w(r)$ (-)
1	0,5000	0,2200	0,0145	0,0004	1,0000	0,0000
2	0,2800	0,0550	0,0182	0,0022	0,9999	0,0001
3	0,2250	0,0650	0,5801	0,0598	0,9998	0,0002
4	0,1600	0,0500	7,7541	1,0395	0,9959	0,0041
5	0,1100	0,0300	111,0999	24,8238	0,9439	0,0561
6	0,0800	0,0175	26,8355	10,2789	0,1992	0,8008
7	0,0625	0,0400	2,8824	0,4830	0,0193	0,9807
8	0,0225	0,0225	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
9	0,0000	0,0000	-	-	0,0000	1,0000

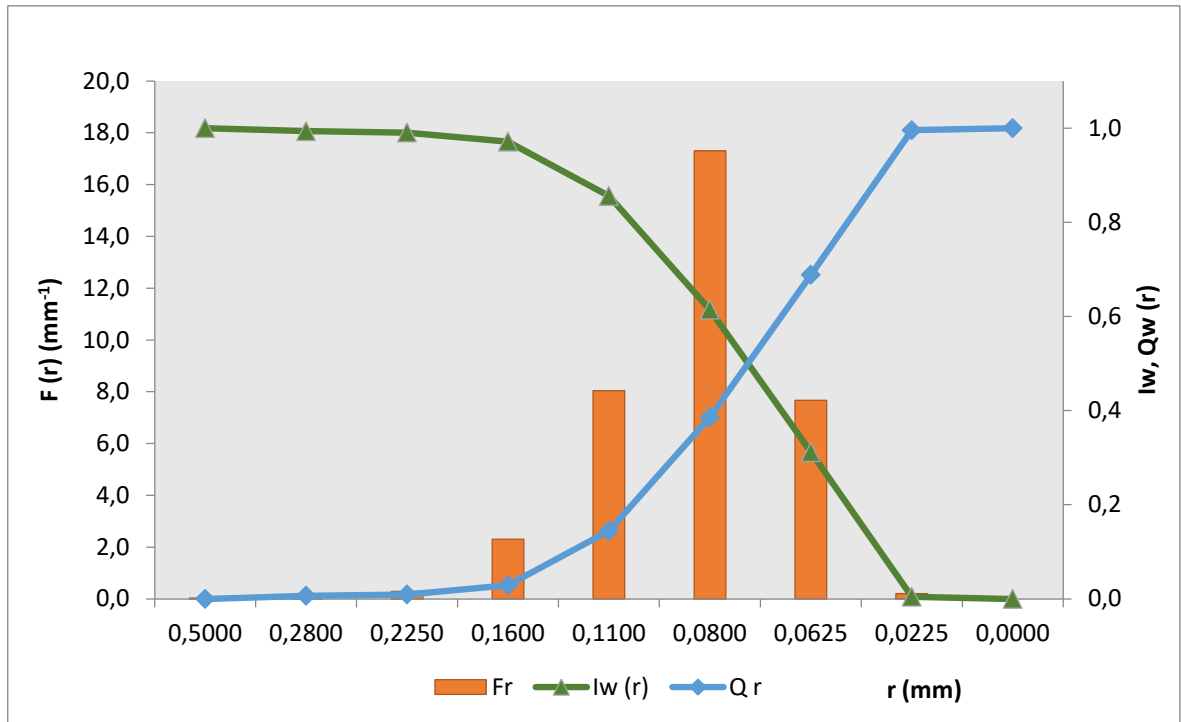


Obr. 24 Závislost diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$ , doplňkové integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  a integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  na poloměru částic u polohrubé rýžové mouky

Polohrubá mouka jako jediná ze zkoumaných mouk měla jednoznačně výrazné zastoupení částic a to frakce o poloměru  $r = 0,11$  mm, s hmotnostním podílem 111,10 g. Jediná další výrazně zastoupená frakce byla tvořena částicemi o poloměru  $r = 0,08$  mm, všechny ostatní frakce měly nepatrné či nulové zastoupení částic.

Tab. 8 Výsledky síťové analýzy pro hladkou rýžovou mouku

Frakce	$r_i$ (mm)	$\Delta r_i$ (mm)	Hmotnost částic na síti $m_{r_i}$ (g)	$F_w(r)$ (mm <sup>-1</sup> )	$Q_w(r)$ (-)	$I_w(r)$ (-)
1	0,5000	0,2200	0,9970	0,0302	1,0000	0,0000
2	0,2800	0,0550	0,4277	0,0518	0,9934	0,0066
3	0,2250	0,0650	2,8931	0,2968	0,9905	0,0095
4	0,1600	0,0500	17,3088	2,3080	0,9712	0,0288
5	0,1100	0,0300	36,2131	8,0481	0,8558	0,1442
6	0,0800	0,0175	45,4139	17,3021	0,6144	0,3856
7	0,0625	0,0400	46,0477	7,6753	0,3116	0,6884
8	0,0225	0,0225	0,6854	0,2031	0,0046	0,9954
9	0,0000	0,0000	-	-	0,0000	1,0000



Obr. 25 Závislost diferenciální rozdělovací funkce  $F(r)$ , doplňkové integrální rozdělovací funkce  $Q_w(r)$  a integrální rozdělovací funkce  $I_w(r)$  na poloměru částic u hladké rýžové mouky

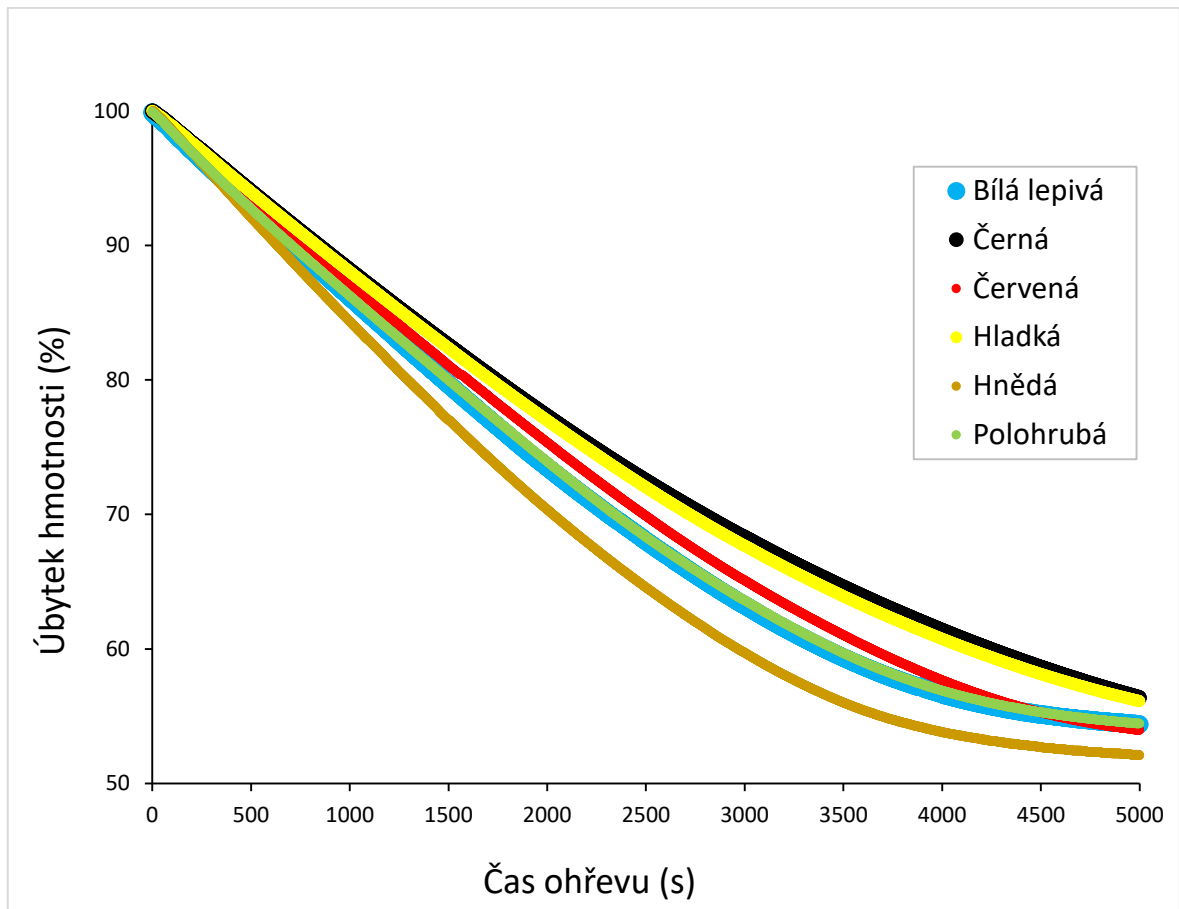
Částice hladké mouky byly nejčastěji o poloměru  $r = 0,08$  mm, přičemž nejvyšší distribuce, právě takových částic byla zjištěna pouze u této mouky. Stejně jako v případě černé rýžové mouky byly i u hladké mouky nejvíce zastoupeny frakce o relativně malém poloměru částic, a to  $r = 0,0800$  a  $0,0625$  mm. To souvisí s charakterem přípravy (jemným mletím) hladké rýžové mouky a jejím pekárenským využitím.

## 6.2 TG / DTA analýza

**Tab. 9** Výsledky dynamické termogravimetrické analýzy pro těsta v různém směšovací poměru (mouka:voda) a statické termogravimetrické analýzy pro těsta o směšovacím poměru 1:1

<b>Druh rýžové mouky</b>	<b>Velikost částic (mm)</b>	<b>Úbytek hmotnosti (%), dynamická TGA</b>	<b>Difúzní koeficient (m<sup>2</sup>/s), statická TGA</b>
<b>Bílá lepivá</b>	0,1600	40,09 (1:0,6)	8,276E-10
<b>Černá</b>	0,0625	40,21 (1:0,6)	6,167E-10
<b>Červená</b>	0,1100	47,12 (1:0,8)	7,140E-10
<b>Hladká</b>	0,0625	50,71 (1:1)	5,03E-10
<b>Hnědá</b>	0,1600	41,39 (1:0,6)	9,250E-10
<b>Polohrubá</b>	0,1100	49,53 (1:1)	8,114E-10

V případě dynamické termické analýzy byla ztráta hmotnosti vody závislá na použitém směšovacím poměru. Pro teploty v rozmezí 30-250 °C proběhlo při dané rychlosti ohřevu (10 °C/min) odpaření veškeré volné i vázané vody, tedy proces difuze a desorpce molekul vody z matrice těsta. V případě směšovacího poměru 1:1 činila ztráta hmotnosti přibližně 50 %, směšovacímu poměru 1:0,6 odpovídala ztráta hmotnosti kolem 40 %.

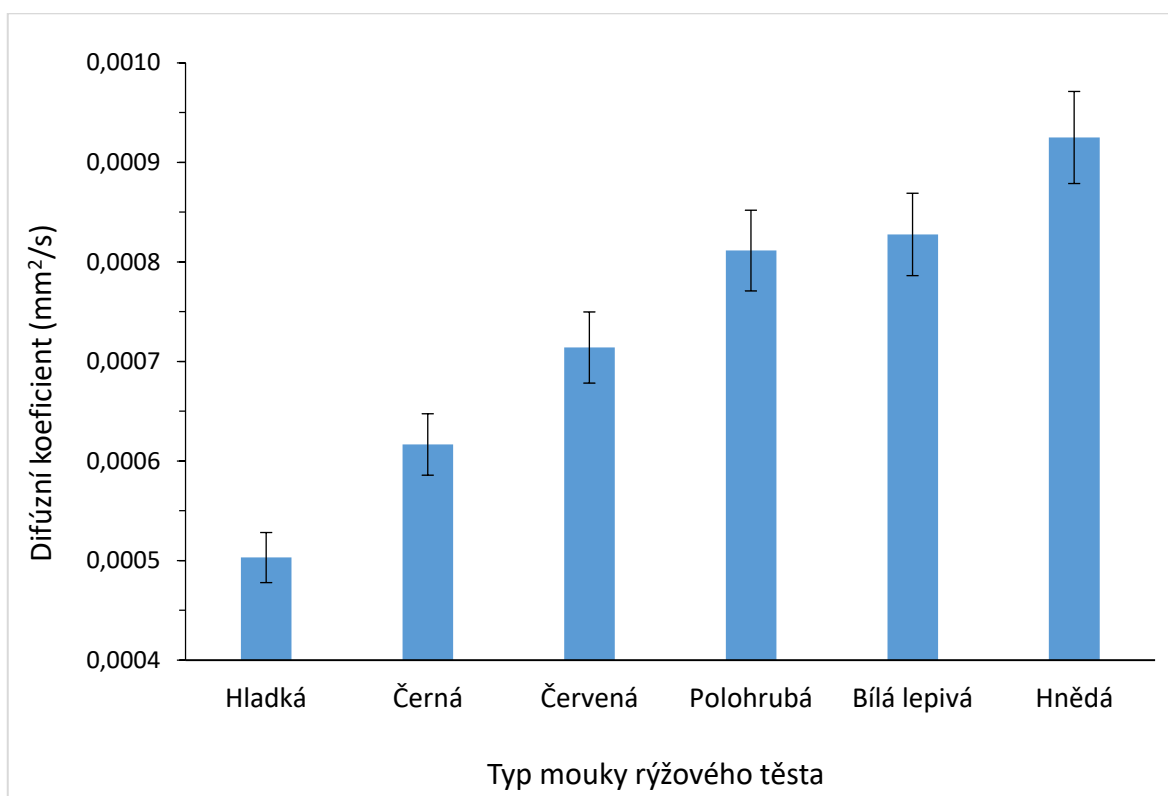


Obr. 26 Termogravimetrická analýza při konstantním ohřevu 30 °C při obsahu vody 50 % hm.

Obr. 26 ilustruje proces sušení (30 °C) z termogravimetrického měření pro různé druhy rýžových mouk v poměru rýžová mouka:voda, 1:1. Kinetika sušení představuje typický průběh odpařování vody z těsta a schopnost rýžové mouky zadržovat vodu. Největší úbytek hmotnosti měl disperzní systém hnědé rýžové mouky a vody. Červená, polohrubá a bílá lepivá měly přibližně stejné hodnoty úbytku hmotnosti a hladká a černá vykazovaly nejmenší úbytek hmotnosti vody ve srovnání s ostatními druhy rýžových mouk, což si můžeme vysvětlit vyšší schopností zadržovat vodu ve své struktuře a tím vytvářet určitou vaznost těsta. Difúzní koeficient pro jednotlivá těsta viz Tab. 9 byl určen na základě lineární závislosti přirozeného logaritmu obsahu vody v těstě ( $\ln MR$ ) a doby ohřevu probíhající při použití izotermní analýzy TGA ( $MR$  – moisture ratio, tj. obsah vody v těstě v daném čase). Hodnota difúzního koeficientu byla stanovena v časovém intervalu 0 – 3000 s, tedy 0 – 50 min ohřevu, kterému odpovídá uspokojivě vysoká hodnota determinačního koeficientu  $R^2$  (min. 98 %) závislosti  $\ln MR$  na čase [65].



Těsta z hnědé, bílé lepivé, polohrubé a červené mouky měly vyšší difúzní koeficient viz Obr. 27, voda se fázově separuje a rychleji difunduje z matrice těsta než v případě disperze hladké a černé mouky. Těsta z černé a hladké mouky mají nižší hodnoty difúzního koeficientu, tedy vyšší vaznost molekul vody. To patrně souvisí se skutečností, že daná těsta z černé a hladké mouky mají relativně vysoké zastoupení frakcí částic o malém poloměru, které jsou schopny ve velké míře vázat molekuly vody.



Obr. 27 Difúzní koeficient měřený při konstantní teplotě 30 °C po dobu 0-50 min (chybové úsečky 5 %) pro těsta v poměru 1:1 (mouka:voda)

### 6.3 DSC analýza

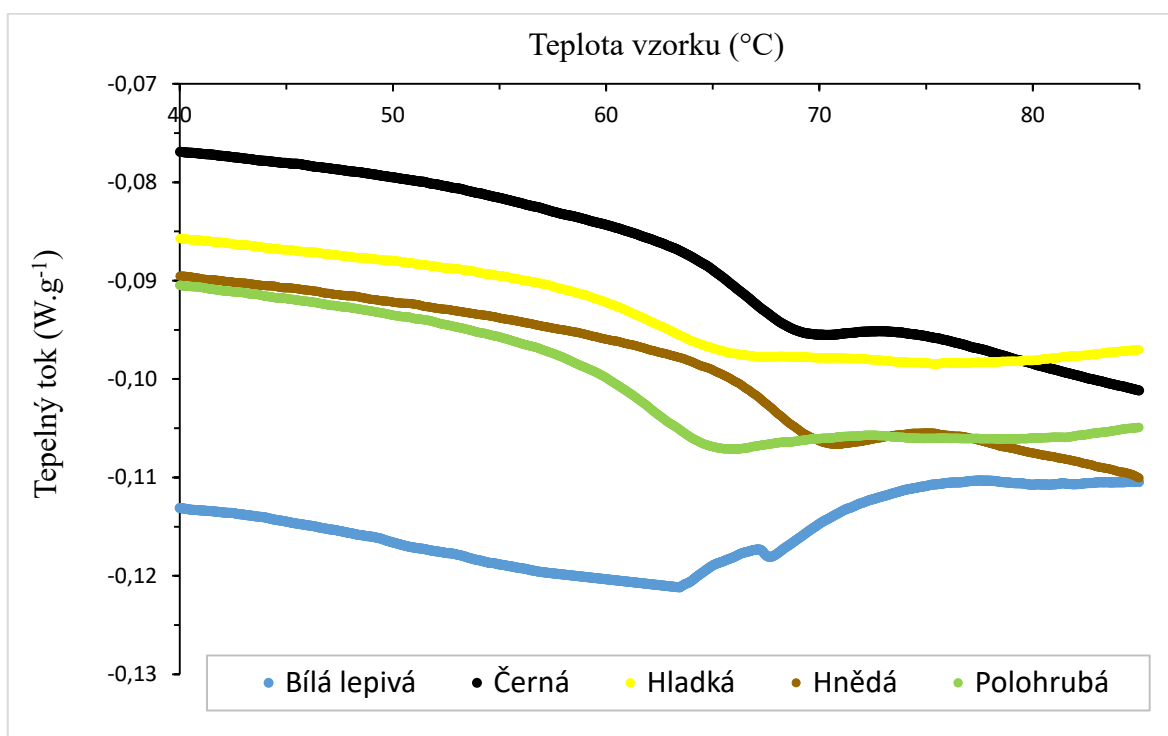
Tab. 10 Výsledky DSC analýzy pro různé druhy rýžového těsta v poměru mouky s vodou 1:1

Druh rýžové mouky	$\Delta H_g$ (J/g)	Pík (°C)
Bílá lepivá	0,25	67,73
Černá	1,12	69,20
Červená	1,75	64,37
Hladká	2,86	67,12
Hnědá	0,99	70,24
Polohrubá	2,50	65,25

Želatinace škrobu v těstech z rýžové mouky byla kvantitativně vyhodnocena pomocí DSC analýzy, pro dané vzorky těsta se pohybovala v rozmezí 64-70 °C (Tab. 10). Želatinační teplota není přesně definovanou hodnotou, obvykle se uvádí pro daný typ škrobu v rozmezí asi 10 – 15 °C a je u rýžového škrobu přibližně od 68 do 78 °C. Výskyt želatinačního píku souvisí s obsahem vody a škrobu, rozdílným poměrem škrobové amylozy k amylopektinu, s rychlostí ohřevu, s velikostí částic, s existujícím obsahem tuku a dalšími podmínkami měření. Zahříváním granulí škrobu v přítomnosti vody se s rostoucí teplotou postupně uvolňují molekuly amylozy, tímto způsobem lze amylozu oddělit od amylopektinu. Želatinace škrobu je hlavní přeměnou škrobu v těstě při pečení, z tohoto důvodu je stupeň želatinace spolehlivým parametrem pro popis průběhu pečení. Želatinovaný škrob může být degradován střevními *amylázami*, zatímco nezželatizované frakce podléhají mnohem pomalejšímu metabolismu a můžou zůstat téměř úplně nestrávené [30,58,59,60].

Změna entalpie želatinace je endotermní efekt a hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10. Daná hodnota se pohybovala v rozmezí cca. 0,25-3 J/g v závislosti na typu těsta. Nejnižší hodnota byla stanovena pro bílou lepivou mouku, zatímco nejvyšší hodnota byla zjištěna pro hladkou mouku. Tyto hodnoty je možné dát do souvislosti s obsahem rýžového škrobu a vody v matrici těsta, tj. s vazností vody, která se podílí na procesu želatinace (bobtnání škrobových zrn). U bílé lepivé mouky byla velmi nízká hodnota entalpie (0,25 J/g), což souvisí i s nízkým obsahem sacharidů (42 g/100 g), v případě tohoto těsta došlo k velmi rychlé fázové separaci vody.

Co se týká hnědé rýžové mouky, byla ve srovnání s dalšími vzorky stanovena relativně nízká hodnota entalpie (cca. 1 J/g). Teplota odpovídajícího želatinačního píku u této mouky byla poměrně vysoká (70,2 °C), což značí, že proces želatinace nastal při vyšších teplotách a byl méně intenzivní. Naopak v případě polohrubé a hladké rýžové mouky byly stanoveny relativně vysoké hodnoty želatinační entalpie (2,5-3,0 J/g), odpovídající hodnota teplotních píků byla relativně nízká (65,2-67,1 °C) a obsah sacharidů 79 g a 80 g na 100 g mouky. To indukuje skutečnost, že dané mouky disponovaly dostatečným množstvím škrobových zrn a vody využitelných pro proces želatinace, jež byla „posunuta“ k nižším teplotám a byla poměrně intenzivní [61].

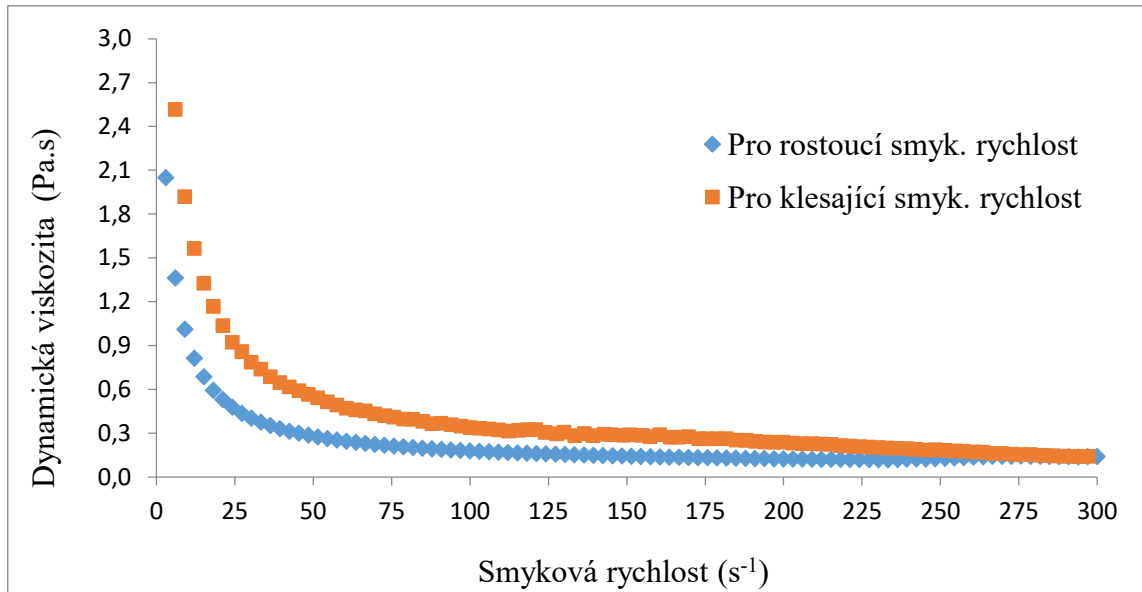


Obr. 28 DSC křivky želatinačních píků vybraných rýžových těst

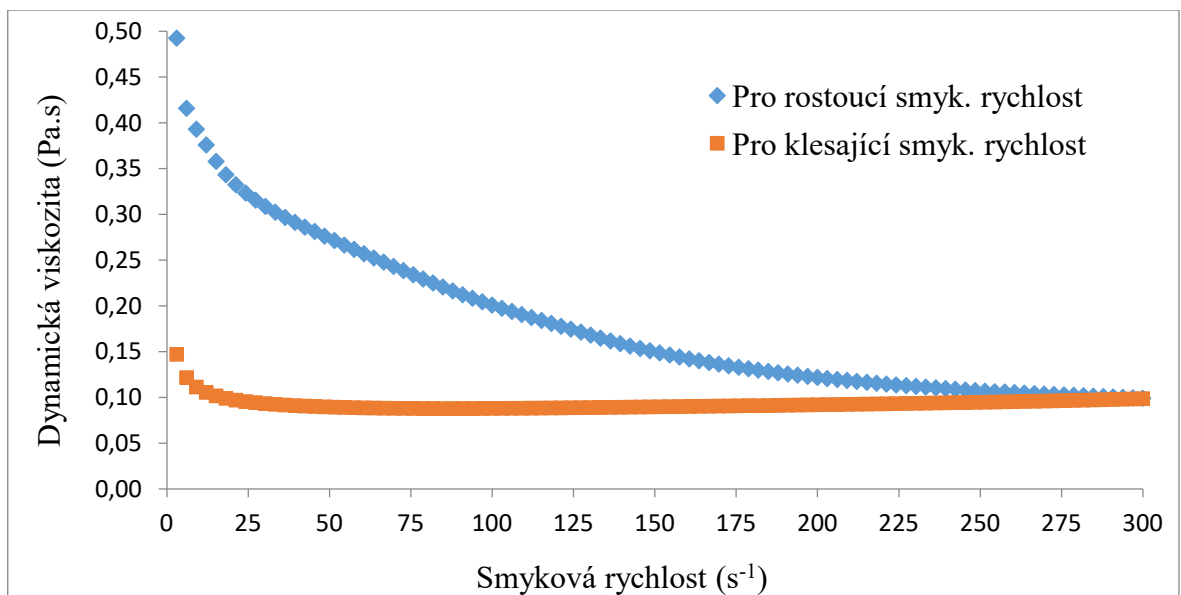
#### 6.4 Reologické měření

Na geometrii válec-válec byla měřena rýžová těsta v poměru 0,6 dílu mouky ku 1 dílu vody při konstantní teplotě 30 °C. Podařilo se naměřit všechny vzorky, včetně vzorků s fázovou separací – podstata byla v tom, že po zamíchání vzorku bylo ihned spuštěno měření při 30 s<sup>-1</sup>, což byla dostatečná smyková rychlost, aby zabránila separaci vody a mouky a tak bylo možné získat hodnotná data. V případě některých vzorků, u nichž k separaci nedocházelo, bylo možné zaznamenat průběh křivky již od nulové smykové rychlosti, týkalo se to těst z černé a hladké rýžové mouky.

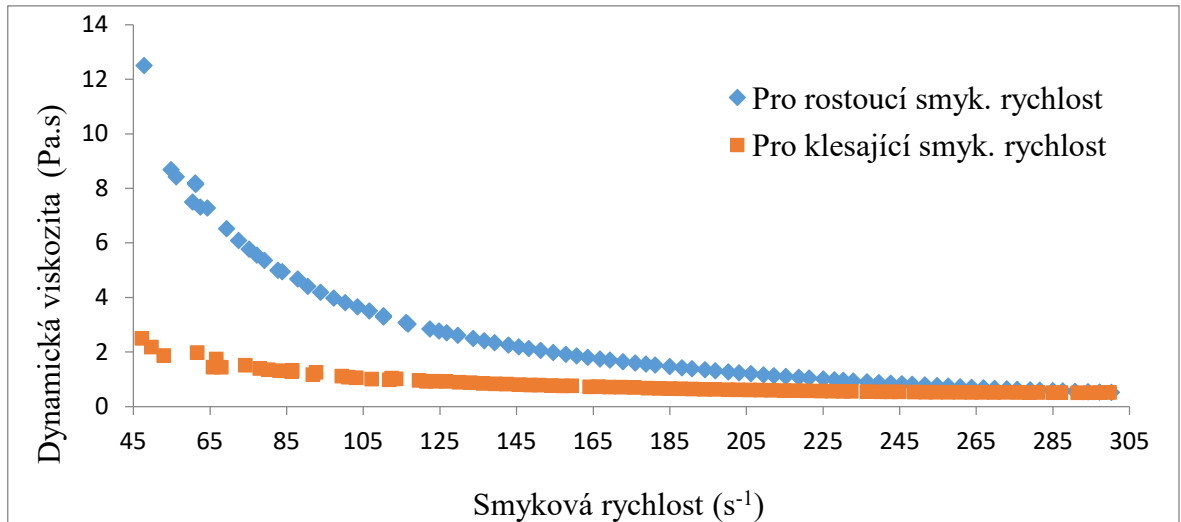
Těsta v poměru 0,6:1 (mouka:voda) se chovají jako pseudoplastické (řídnoucí) kapaliny, jelikož jejich viskozita s rostoucí smykovou rychlostí klesá. Všechny vzorky s výjimkou jednoho vykazovaly vyšší hodnoty viskozity stanovené při rostoucích smykových rychlostech, než při klesajících smykových rychlostech viz *Obr. 30-34*. Tyto vzorky se nazývají, tzv. tixotropní kapaliny. Disperze černé mouky ve vodě vykazovala jako jediný ze vzorků opačný trend, kdy hodnota dynamické viskozity byla vyšší při klesajících smykových rychlostech (*Obr. 29*). Tedy těsto z černé rýžové mouky se chovalo jako reopektická kapalina, hysterezní smyčka probíhá proti směru hodinových ručiček. To patrně souvisí s přeuspořádáním struktury daného těsta, jež klade větší odpor vůči toku a viskozita těsta (disperze) s klesající smykovou rychlostí narůstá. Struktura těsta z černé mouky po proběhlém smykovém namáhání síťuje, tj. vzniká gel, což se projevuje nárůstem viskozity daného těsta.



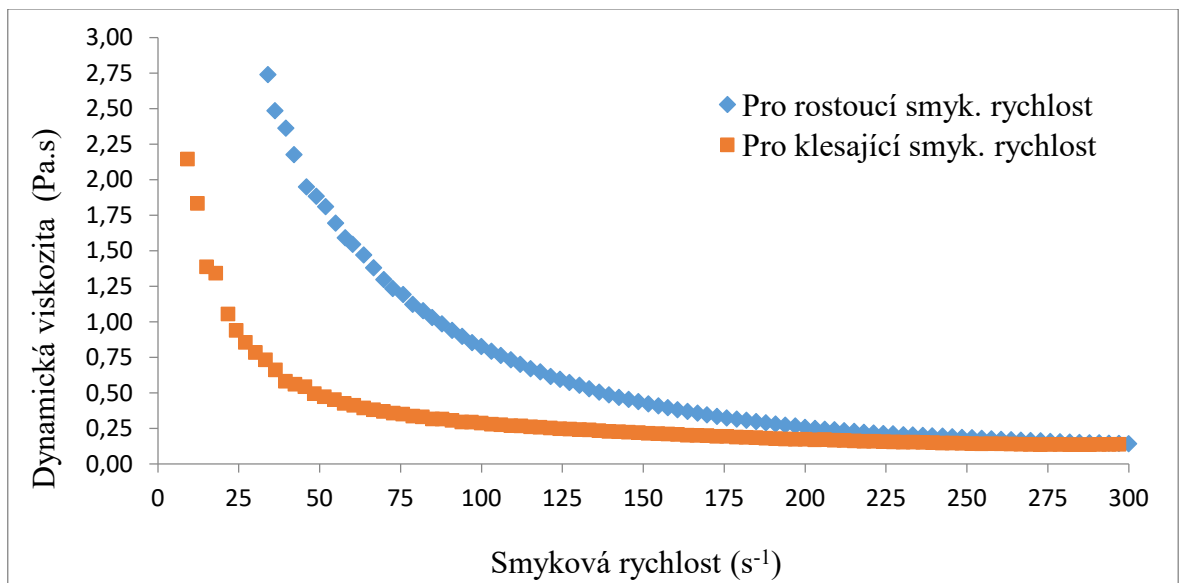
Obr. 29 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z černé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C



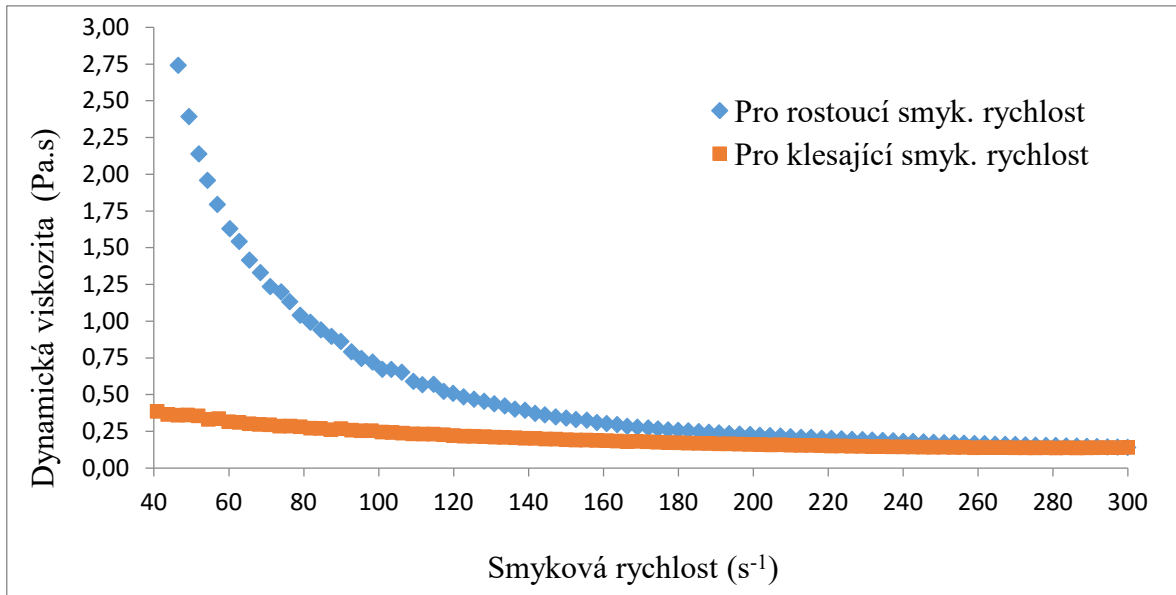
Obr. 30 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C



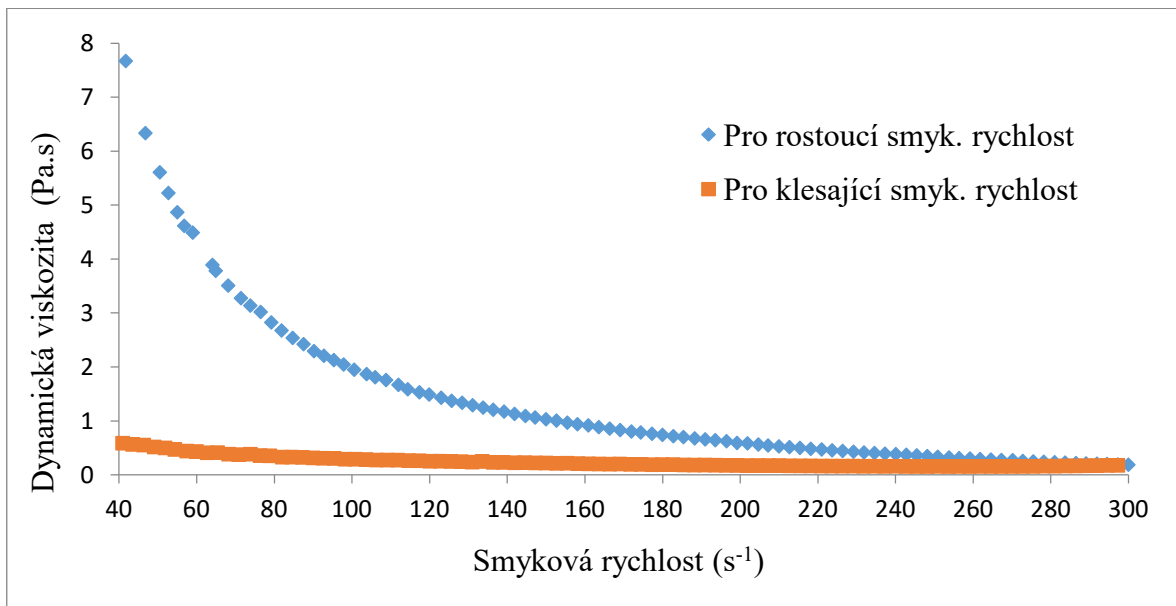
Obr. 31 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z červené rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C



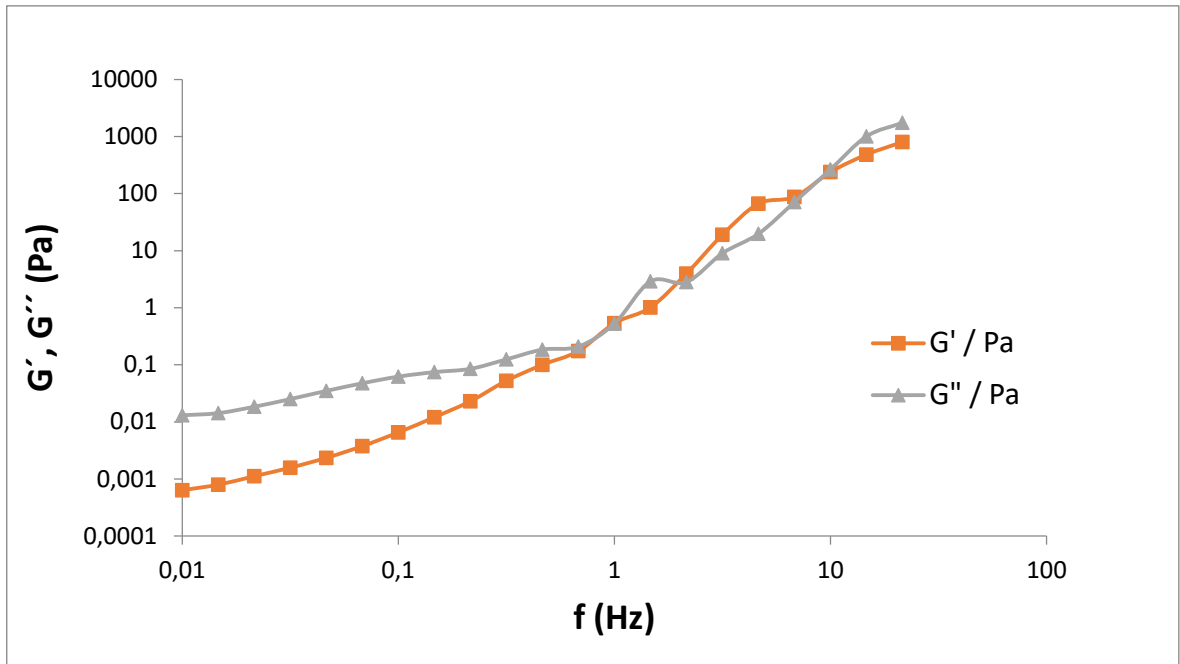
Obr. 32 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z polohrubé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C



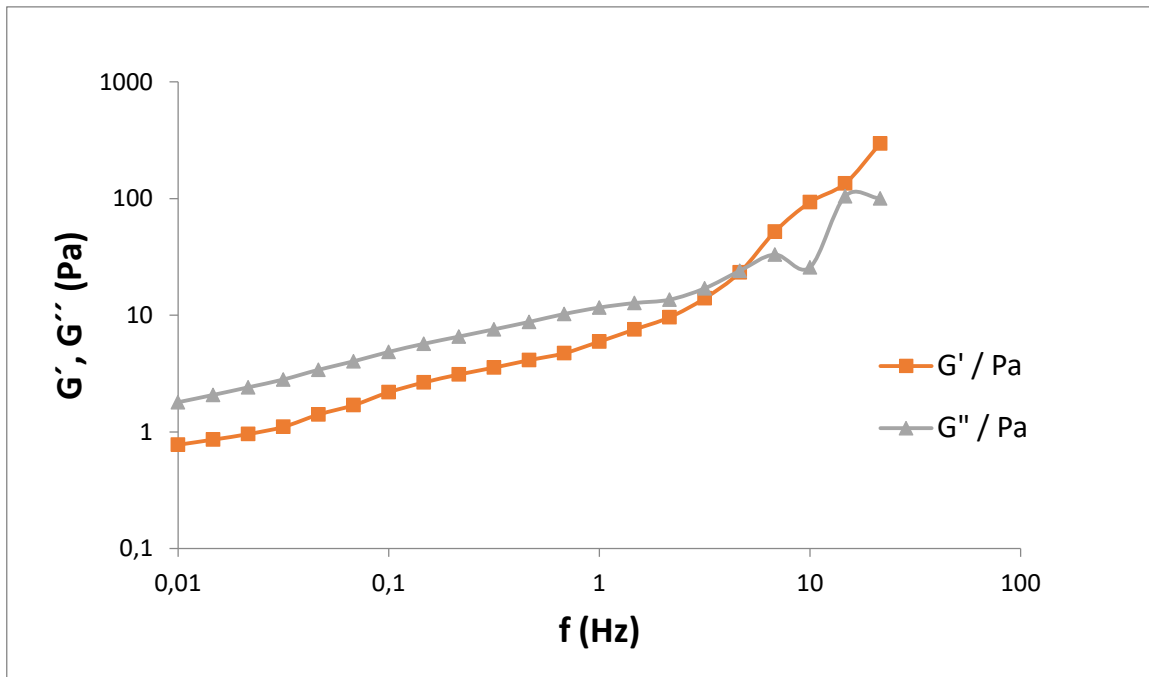
Obr. 33 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z bílé lepivé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C



Obr. 34 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z hnědé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C

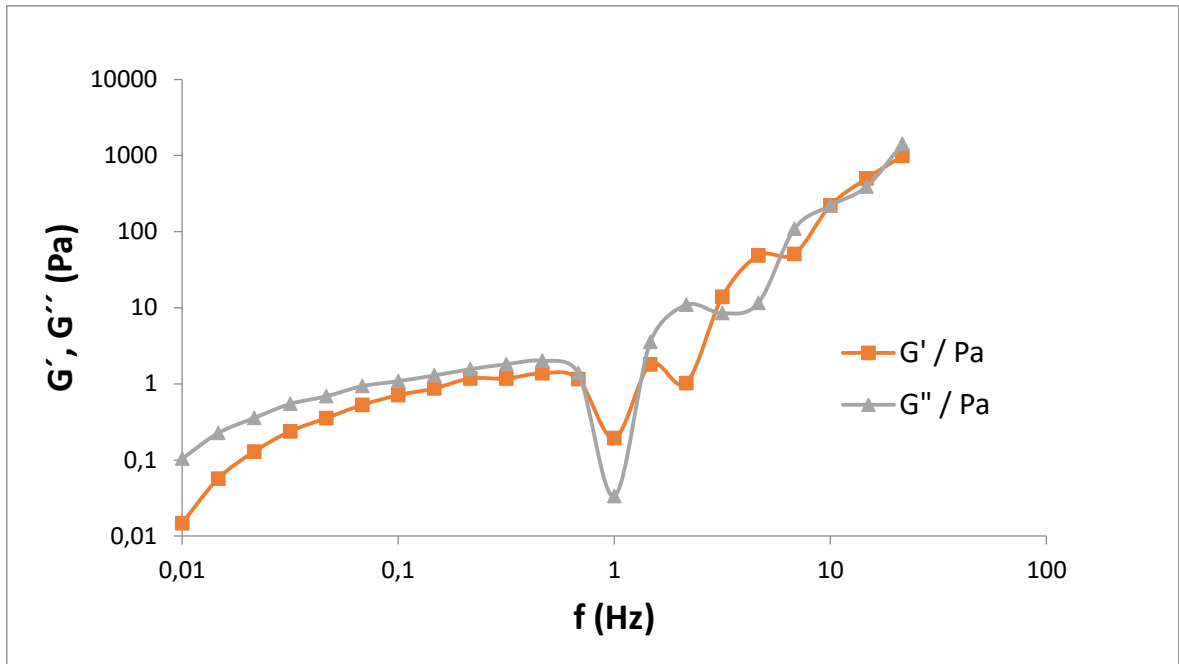


Obr. 35 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda)

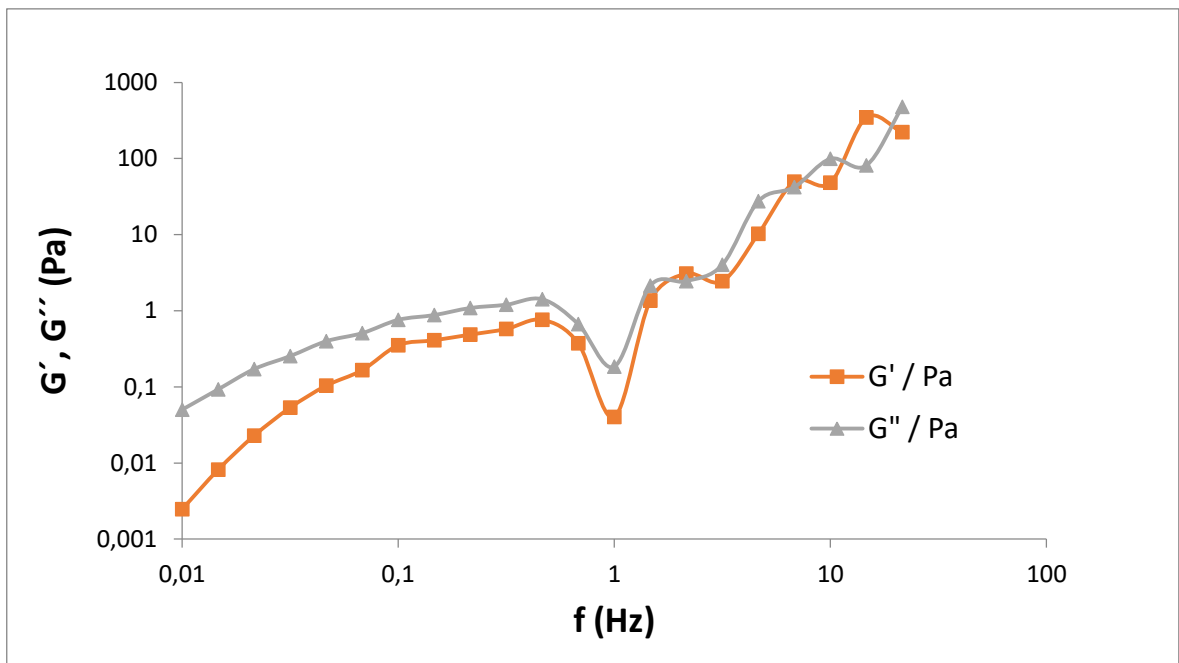


Obr. 36 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z černé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda)

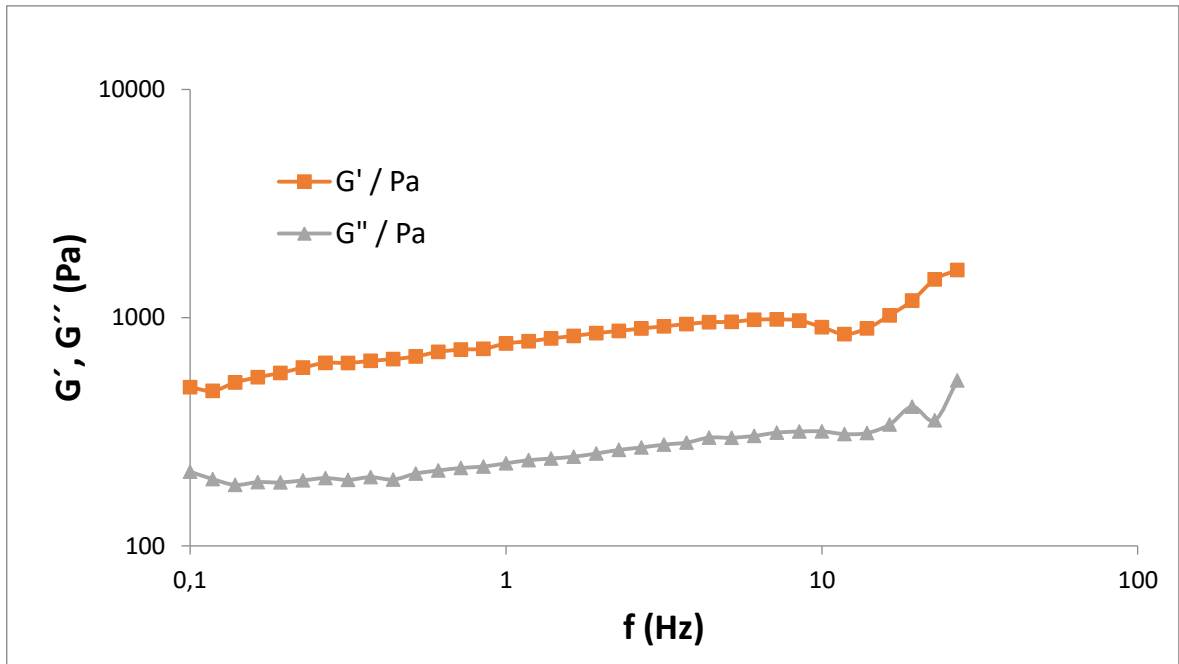




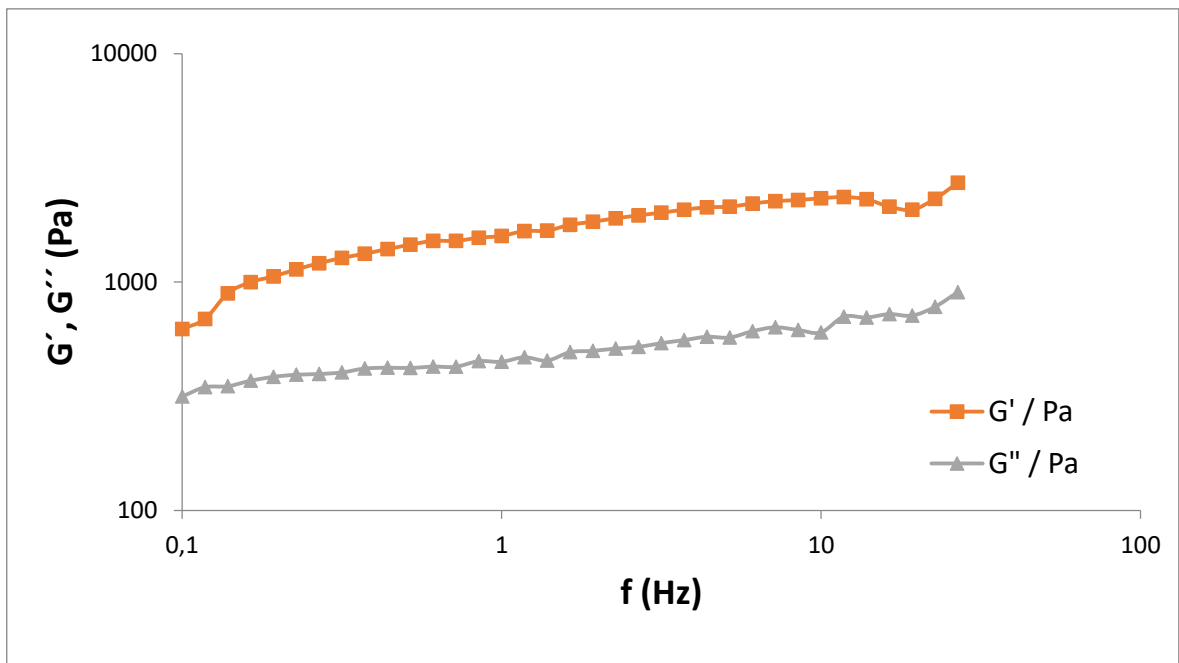
Obr. 37 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z polohrubé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda)



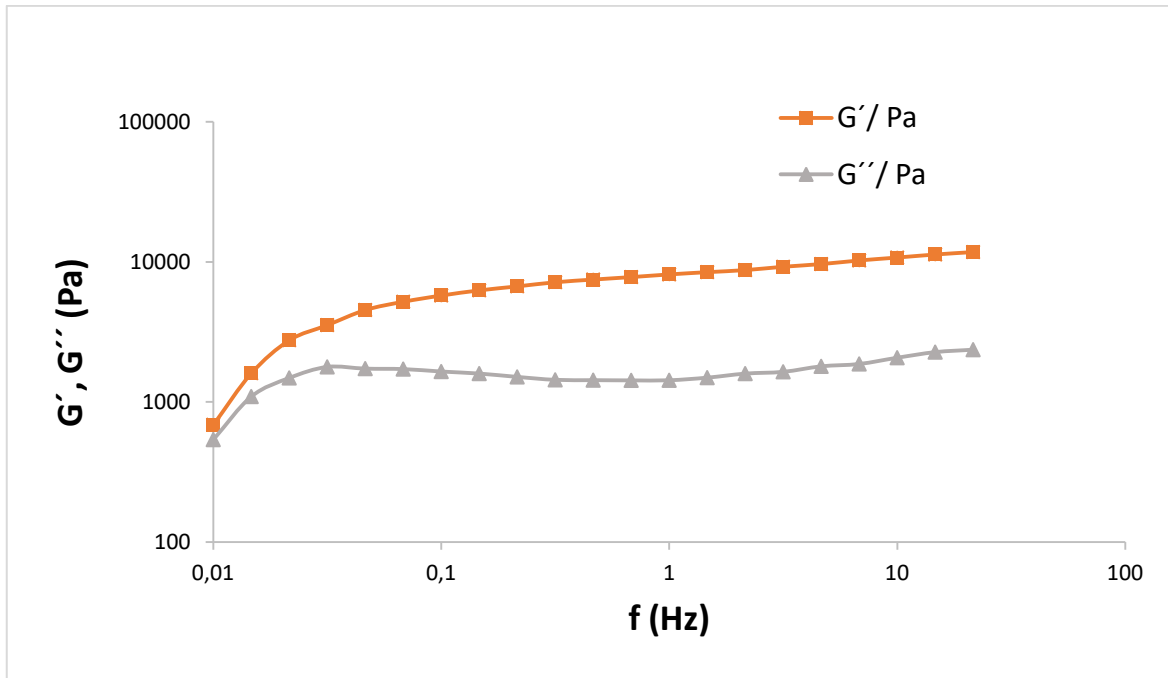
Obr. 38 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z červené rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda)



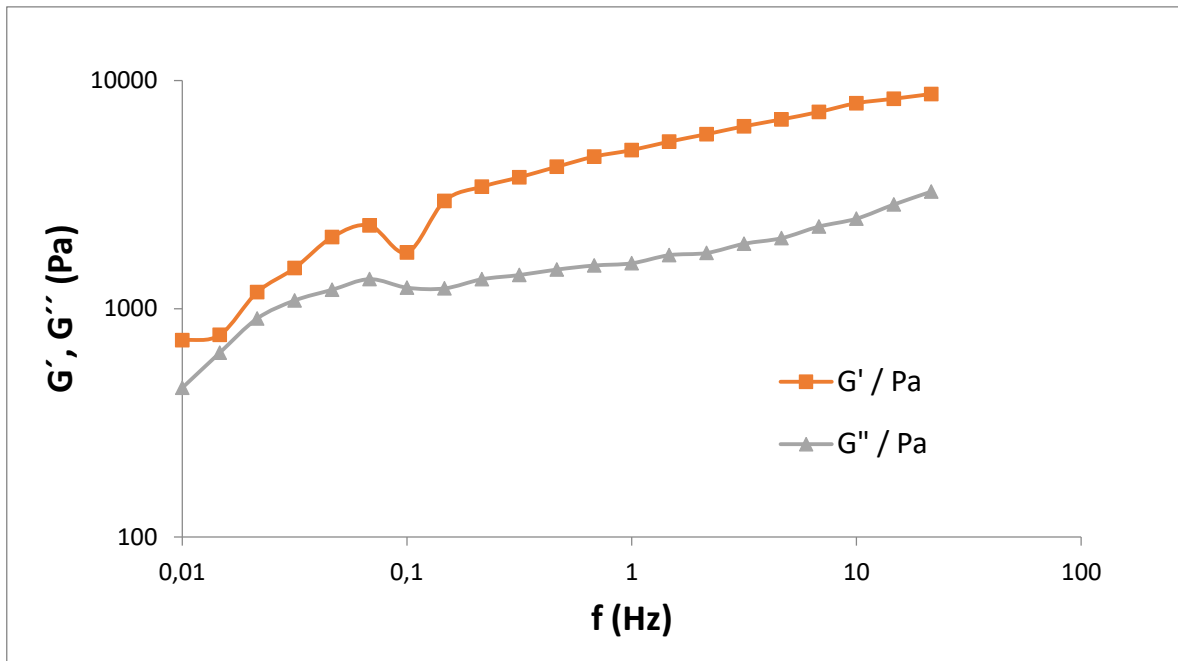
Obr. 39 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z bílé lepivé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda)



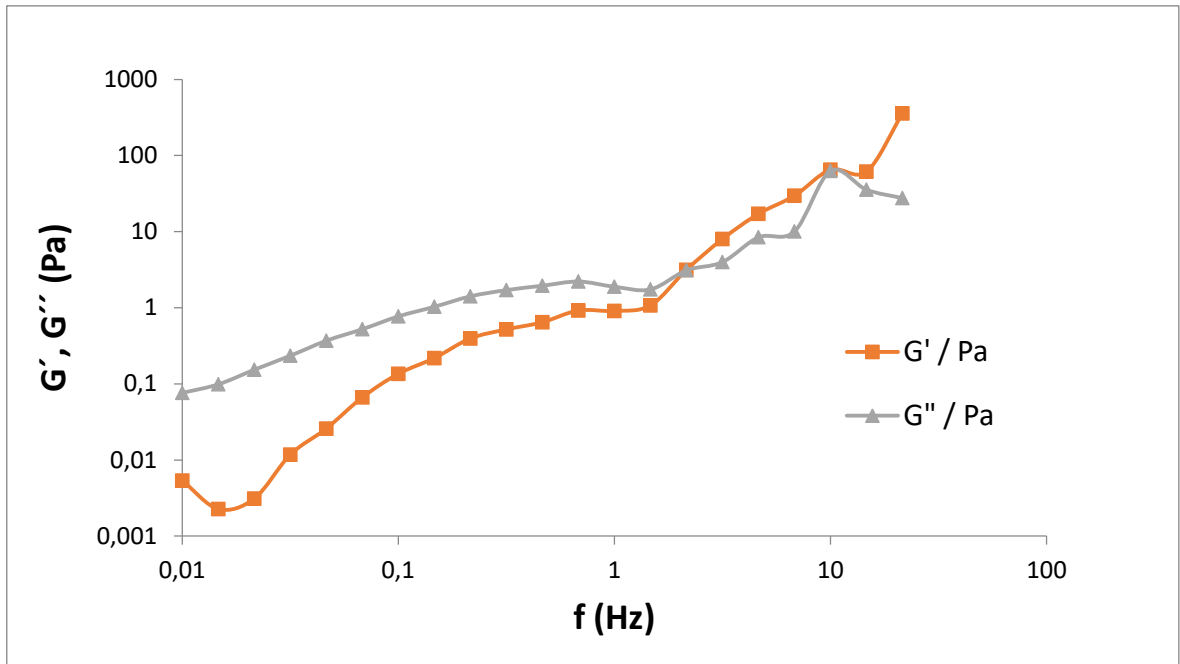
Obr. 40 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z hnědé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda)



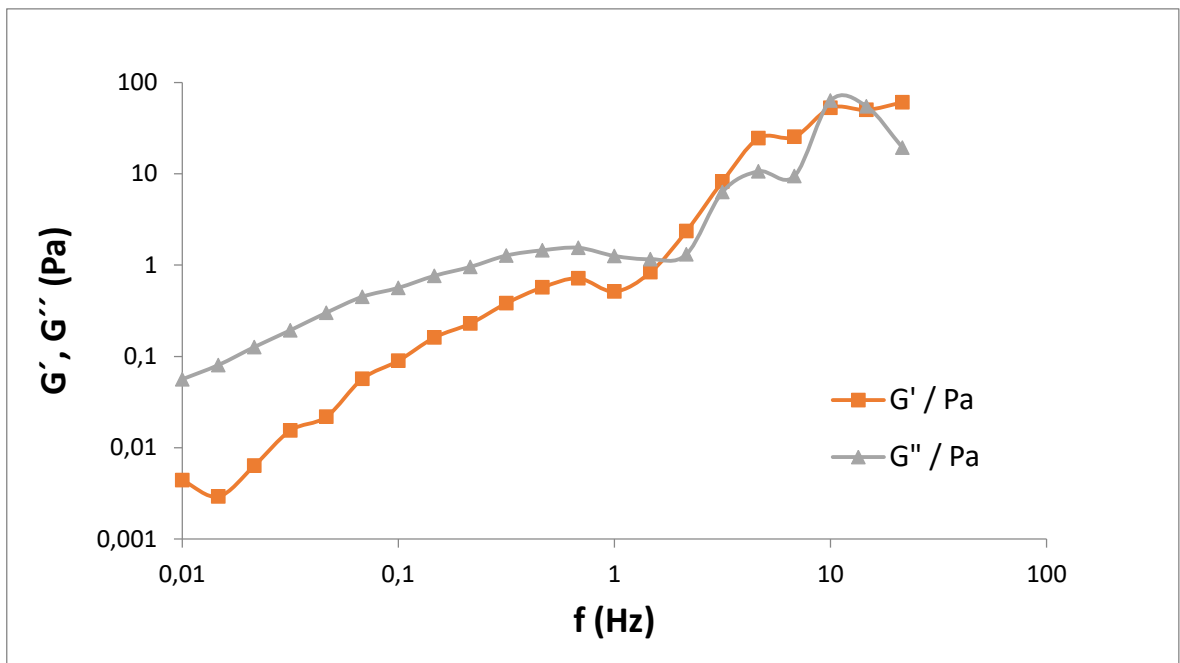
Obr. 41 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda)



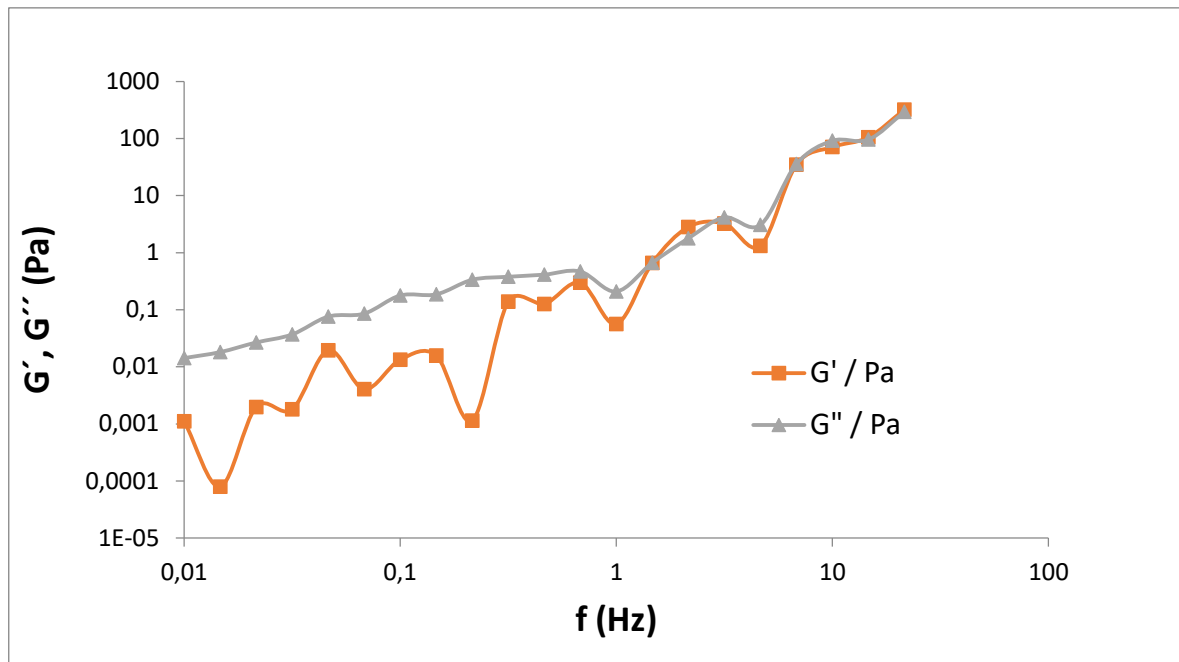
Obr. 42 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z černé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda)



Obr. 43 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z polohrubé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda)



Obr. 44 Logaritmičká závislost frekvence na  $G$  pro těsto z červené rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda)



Obr. 45 Logaritmická závislost frekvence na  $G$  pro těsto z hnědé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda)

Viskoelastické vlastnosti rýžových těst byly měřeny v závislosti na obsahu vody a to v poměru 0,6:1 a 1:1 viz obr. 35-45 v uspořádání deska-deska (gap 2 mm).  $G'$  - elastický modul (storage modulus) představuje uloženou deformační energii a  $G''$  - ztrátový modul (loss modulus) charakterizuje ztracenou deformační energii rozptýlenou vnitřním třením při proudění. Představuje viskózní část viskoelastického chování, kterou lze chápat jako chování vzorku v kapalném stavu. V případě poměru mouka:voda (0,6:1), převládá viskózní charakter chování, kde při frekvenci přibližně 1 Hz dochází ke gelaci (Obr. 35-Obr. 38), je to oblast, ve které  $G'$  protíná  $G''$  v jednom bodě, zde dochází k přechodu sol/gel, takový charakter měla těsta z hladké, černé, polohrubé a červené rýžové mouky. Charakter vzorku se mění během měření z kapalného, popřípadě sol stavu do pevné gel stavu. Hnědá a bílá lepivá mouka měla v celém měřeném frekvenčním rozsahu  $G' > G''$  (Obr. 39-Obr. 40). Tyto rýžové mouky měly elasticitu (pružnost) struktury neboli schopnost ukládat energii v celém frekvenčním rozsahu.

V případě poměru 1:1 převládá viskózní složka modulu u vzorků červená, hnědá, polohrubá mouka (Obr. 43-Obr. 45) s bodem gelace nad 1 Hz. U vzorků hladké a černé rýžové disperze mouky ve vodě byl  $G' > G''$ , převládá elastická složka modulu pružnosti, struktura je zesíťovaná (propojená) již u nízkých frekvencí.

Z celkového hodnocení lze říci, že těsta v poměru 0,6:1 (mouka:voda) vykazovaly lepší organoleptické vlastnosti než těsta v poměru 1:1 (mouka:voda) v tomto případě těsta nejsou vhodná pro přípravu smažených, popřípadě pečených pokrmů.

Mechanická spektra rýžových těst závisí v první fázi na obsahu škrobu, vody a tuku, v druhé fázi dochází k reorganizaci amylozových molekul ve vzorku. Vývin struktury těsta je závislý na době míchání. Reologické vlastnosti těsta jsou velmi důležité, protože ovlivňují zpracování a finální kvalitu pečených výrobků [63,64].

## 6.5 Farinograf a mixolab

Cílem farinografického měření bylo stanovit vliv vody na reologické vlastnosti těsta. Schopnost mouky přijímat vodu je významnou fyzikální vlastností. Během měření byly výsledky zaznamenávány a vyhodnoceny pomocí počítačového programu Mixolab2.

V následujících tabulkách jsou zobrazeny hodnoty jednotlivých farinografických ukazatelů, jako je doba vývinu, doba stability, stupeň změknutí, MTI (index mechanické odolnosti) a Cmax (maximální konzistence těsta určená jako maximální krouticí moment nutný k hnětení těsta). Každý vzorek byl měřen dvakrát a výsledek je uveden jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Hodnoty ve sloupci označené stejnými indexy se statisticky průkazně neliší.

**Tab. 11** Hodnoty farinografického měření pro poměr 1:1 (mouka:voda)

Mouka	Vývin (min)	Stabilita (min)	Stupeň změknutí (Nm)	MTI (Nm)	Cmax (Nm)
Hladká	13,65 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	1,50 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,116 $\pm$ 0,002 <sup>c</sup>	0,597 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	0,173 $\pm$ 0,021 <sup>c</sup>
Černá	13,84 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	1,50 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,115 $\pm$ 0,001 <sup>de</sup>	0,610 $\pm$ 0,002 <sup>c</sup>	0,096 $\pm$ 0,006 <sup>d</sup>
Polohrubá	13,95 $\pm$ 0,07 <sup>bc</sup>	1,50 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,112 $\pm$ 0,003 <sup>d</sup>	0,625 $\pm$ 0,002 <sup>f</sup>	0,044 $\pm$ 0,001 <sup>bc</sup>
Červená	14,00 $\pm$ 0,11 <sup>c</sup>	1,50 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,108 $\pm$ 0,002 <sup>c</sup>	0,618 $\pm$ 0,002 <sup>de</sup>	0,027 $\pm$ 0,002 <sup>abc</sup>
Hnědá	14,40 $\pm$ 0,12 <sup>d</sup>	4,25 $\pm$ 0,07 <sup>c</sup>	0,106 $\pm$ 0,002 <sup>bc</sup>	0,616 $\pm$ 0,002 <sup>d</sup>	0,003 $\pm$ 0,002 <sup>ab</sup>
Bílá lepivá	14,50 $\pm$ 0,14 <sup>d</sup>	3,15 $\pm$ 0,78 <sup>b</sup>	0,105 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	0,606 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>	0,054 $\pm$ 0,065 <sup>cd</sup>

Tab. 12 Hodnoty farinografického měření pro poměr 0,6:1 (mouka:voda)

Mouka	Vývin (min)	Stabilita (min)	Stupeň změknutí (Nm)	MTI (Nm)	Cmax (Nm)
Hladká	28,00 ± 0,06 <sup>a</sup>	4,40 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,107 ± 0,002 <sup>bc</sup>	0,619 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,001 ± 0,001 <sup>ab</sup>
Černá	28,05 ± 0,07 <sup>a</sup>	4,25 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,105 ± 0,003 <sup>ab</sup>	0,618 ± 0,001 <sup>ab</sup>	0,004 ± 0,001 <sup>ab</sup>
Polohrubá	28,05 ± 0,06 <sup>a</sup>	4,60 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,103 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,619 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,001 ± 0,001 <sup>ab</sup>
Červená	28,00 ± 0,06 <sup>a</sup>	4,60 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,103 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,619 ± 0,001 <sup>ab</sup>	0,001 ± 0,001 <sup>ab</sup>
Hnědá	28,05 ± 0,07 <sup>a</sup>	4,15 ± 0,64 <sup>a</sup>	0,103 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,618 ± 0,002 <sup>ab</sup>	0,003 ± 0,003 <sup>ab</sup>
Bílá lepivá	28,05 ± 0,07 <sup>a</sup>	4,55 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,103 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,618 ± 0,002 <sup>ab</sup>	0,003 ± 0,003 <sup>ab</sup>

Farinograf zaznamenal za stanovených podmínek odpor hněteného těsta, tedy zaznamenal změnu konzistence. Pro vytvoření těsta o maximální konzistenci se k mouce přidala voda, množství přidané vody je označováno jako vaznost vody moukou a vyjadřuje se v procentech vztahených na hmotnost mouky. Doba vývinu v poměru 0,6:1 oproti poměru 1:1 se zdvojnásobila, bylo to zapříčiněno tím, že u těchto vzorků bylo o 140 až 150 % více vody vzhledem k hmotnosti mouky. Zvyšující se doba vývinu znamená, že mouka s větším přídatkem vody potřebuje delší dobu k tomu, aby se vytvořilo těsto. Doba vývinu u těst v poměru 0,6:1 se statisticky neliší, v poměru 1:1 se statisticky liší, při čemž nejnižší dobu vývinu mělo těsto z hladké rýžové mouky a nejvyšší dobu vývinu mělo těsto z bílé lepivé rýžové mouky. Obecně je dáno, že se zvyšující se hodnotou doby vývinu roste soudržnost struktury těsta.

Těsta z hladké, černé, polohrubé a červené rýžové mouky v poměru 1:1 se statisticky neliší a měly dobu stability 1,50 min. Těsta z hnědé a bílé lepivé rýžové mouky v poměru 1:1 se už statisticky lišila, přičemž největší dobu stability mělo těsto z hnědé rýžové mouky 4,25 min, které mělo stejnou dobu stability jako těsto z černé rýžové mouky v poměru 0,6:1. Těsta smíchaná v poměru 0,6:1 se mezi sebou statisticky nelišila. Čím vyšší stabilita, tím víc je těsto mechanicky odolnější.

Stupeň změknutí měřený 12 minut od začátku měření, se snižoval, což bylo způsobeno zvyšující se dobou vývinu, protože tento stupeň se odečítá jako rozdíl mezi hodnotou kon-

zistence v maximu a hodnotou konzistence v čase 12 minut. Čím více se doba vývinu blížila ke 12 minutám, tím kratší dobu docházelo k poklesu křivky. Největší stupeň změknutí mělo těsto z hladké rýžové mouky v poměru 1:1 (0,116 Nm) a nejmenší stupeň změknutí měla těsta z polohrubé, červené, hnědé a z bílé lepkavé rýžové mouky v poměru 0,6:1 s hodnotou 0,103 Nm, tato těsta se statisticky nelišila.

Při měření byla zjištěna zvýšená lepkavost těst z hnědé a z bílé lepkavé rýžové mouky jak v poměrech 1:1, tak 0,6:1.

V následujících tabulkách jsou zobrazeny hodnoty jednotlivých měření na mixolabu. Z mixolabu lze získat následující hodnoty:  $\alpha$  (denaturace bílkovin),  $\beta$  (mazovatění škrobu) a  $\gamma$  (tvorba tuhé textury po upěčení). Každý vzorek byl měřen dvakrát a výsledek je uveden jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Hodnoty ve sloupci označené stejnými indexy se statisticky průkazně neliší.

**Tab. 13 Naměřené hodnoty z mixolabu pro poměr 0,6:1 (mouka:voda)**

Mouka	$\alpha$ (Nm.min <sup>-1</sup> )	$\beta$ (Nm.min <sup>-1</sup> )	$\gamma$ (Nm.min <sup>-1</sup> )
Hladká	0,002 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>	-0,001 $\pm$ 0,002 <sup>ab</sup>	0,002 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>
Černá	-0,050 $\pm$ 0,070 <sup>a</sup>	0,001 $\pm$ 0,002 <sup>ab</sup>	-0,050 $\pm$ 0,070 <sup>a</sup>
Polohrubá	NEODEČTENO	NEODEČTENO	NEODEČTENO
Červená	0,001 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	NEODEČTENO	NEODEČTENO
Hnědá	-0,001 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	NEODEČTENO	NEODEČTENO
Bílá lepkavá	NEODEČTENO	NEODEČTENO	NEODEČTENO

**Tab. 14 Naměřené hodnoty z mixolabu pro poměr 1:1 (mouka:voda)**

Mouka	$\alpha$ (Nm.min <sup>-1</sup> )	$\beta$ (Nm.min <sup>-1</sup> )	$\gamma$ (Nm.min <sup>-1</sup> )
Hladká	NEODEČTENO	NEODEČTENO	NEODEČTENO
Černá	-0,001 $\pm$ 0,007 <sup>a</sup>	NEODEČTENO	-0,001 $\pm$ 0,007 <sup>a</sup>
Polohrubá	0,030 $\pm$ 0,050 <sup>a</sup>	NEODEČTENO	NEODEČTENO
Červená	-0,004 $\pm$ 0,006 <sup>a</sup>	NEODEČTENO	-0,004 $\pm$ 0,006 <sup>a</sup>
Hnědá	0,200 $\pm$ 0,300 <sup>a</sup>	-0,005 $\pm$ 0,010 <sup>a</sup>	-0,003 $\pm$ 0,004 <sup>a</sup>
Bílá lepkavá	-0,016 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>	0,008 $\pm$ 0,003 <sup>b</sup>	-0,016 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>



Na začátku zahřívání (30-50 °C) některá rýžová těsta vykazovala oslabení indikované negativními hodnotami  $\alpha$  (tab. 13 a tab. 14). Slabost těsta může být částečně spojena s vodou uvolněnou z proteinů po dosažení teploty jejich denaturace a částečně s vodou uvolněnou z makromolekul těsta v důsledku mechanického napětí aplikovaného na vzorek [66].

Vzorky v poměru 0,6:1, které nebyly odečteny, měly přebytek vody v těstě a pochody, které v daných těstech probíhaly, neměly vliv na dané ukazatele. Křivka byla stále rovná, výjimkou byla hladká rýžová mouka, která vykazovala nárůst těsta; ukazatel  $\gamma$  měl hodnotu  $0,002 \text{ Nm}\cdot\text{min}^{-1}$ , což ukazuje na tvorbu tuhé textury po upečení (těsto trochu ztvrdlo). Naopak těsto z černé rýžové mouky vykazovalo největší pokles na začátku měření v intervalu teplot od 30-50 °C (ukazatel  $\alpha$ ). Pro vzorky v poměru 1:1 se nepodařilo naměřit hodnotu  $\alpha$  (denaturace bílkovin) pro těsto z hladké rýžové mouky, voda se z těsta uvolňovala a přístroj nebyl schopen tuto změnu zaznamenat.

Zatímco v předchozí fázi zahřívání byly vlastnosti těsta ovlivněny zejména denaturací proteinu, v druhé zahřívací fázi došlo k želatinizaci škrobu [66], tedy dle ukazatele  $\beta$  jsou pro pekárenské využití vyhovující hladká a černá rýžová mouka v poměru 0,6:1 a hnědá rýžová mouka s bílou lepivou rýžovou moukou v poměru 1:1, ostatní mouky nevyhovují.

Během závěrečné fáze zahřívání bylo pozorováno slabé oslabení těsta, což je patrné ze záporných hodnot  $\gamma$  [66]. Po dokončení testu měla být těsta hotova a připravena ke konzumaci. Těsta se však nepodařilo upécti, vzorky měly spíše podobu nedovařené kaše, což bylo důsledkem nadbytečného množství vody. V případě hladké a černé rýžové mouky v poměru 0,6:1 měla těsta po proběhnutém procesu relativně pevnou strukturu, hutnou kompaktnější konzistenci. Oproti tomu těsto z červené rýžové mouky mělo konzistenci drobivou až vodovou, takový charakter měla i těsta z hnědé a polohrubé rýžové mouky (0,6:1).

I když těsta vykazovala během testu ohřevu určité rozdíly, tak tyto rozdíly nebyly v počáteční ( $\alpha$ ) a v konečné ( $\gamma$ ) fázi zkoušky významné [66]. Jediné významné rozdíly byly zjištěny ve fázi mazovatení škrobu, při které těsta z hnědé a bílé lepivé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda) byla statisticky odlišná, viz tab. 14.

Na výsledky měření mělo vliv množství vody použité v receptu a taxonomie jednotlivých druhů rýže, z čehož se dá předpokládat, že jejich bílkoviny, lipidy a sacharidy mají různé vlastnosti [67].

## ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zabýval vlivem obsahu vody na reologické a termické vlastnosti rýžových těst.

K měření vhodnosti rýžové mouky pro bezpečkové produkty byly použity vzorky různých druhů rýžové mouky smíchané s vodou v poměru 1:1, 1:0,6, 0,6:1 aj., přičemž směšovací poměr byl zvolen v závislosti na použité metodě a testovaných vlastnostech. Takto připravená těsta z rýžové mouky mohou být klasifikována jako disperzní systém rýžové mouky ve vodě. Rýžová těsta vykazují vlastnosti výhodné pro spotřebitele, zejména vzhledem k nepřítomnosti lepku, díky čemuž mohou najít uplatnění při výrobě bezpečkového pečiva.

V rámci diplomové práce byla také ověřena možnost využití relativně vysokého podílu vody při přípravě různých těst. Právě směšovací poměr mouky a vody specificky charakterizuje konzistenci a organoleptické vlastnosti rýžových těst, resp. výrobků z nich.

Ze síťové analýzy bylo možno usoudit, že hnědá rýže obsahovala daleko větší částice mouky, což souviselo s faktem, že špatně přijímala vodu a tím pádem se z ní těsto špatně tvořilo. Čím jsou totiž částice mouky větší, tím je vyšší difúzní koeficient a dochází tak k rychlejšímu odpařování vody, těsto tedy obsahuje více volné vody.

Výsledky reologických a termických měření naznačily, že k využití rýže jako suroviny pro bezpečkové tepelně upravené pokrmy se nejlépe hodí hladká rýžová mouka a černá rýžová mouka. Naopak polohrubá, červená, bílá lepivá a hnědá rýžová mouka, které vykazovaly menší vaznost vody, až její separaci (viz výše uvedený sled jednotlivých druhů mouk), se jevily na základě provedených měření jako zcela nevhodné pro zpracování a konzumaci výrobků z nich. Zpracovatelnost a v konečném důsledku i spotřebitelská kvalita pečárenských výrobků se odvíjí od reologických vlastností těsta. Zpracovatelnost je závislá i na vhodnosti použité suroviny. Dále například i hnětení těsta je důležitým technologickým krokem, který ovlivňuje kvalitu výsledného výrobku. Viskoelatický charakter rýžových těst tedy závisel na druhu použité rýžové mouky, velikosti částic mouky a přídavku vody.

Z výsledků farinografického měření vyplynulo, že doba vývinu těsta v poměru 0,6:1 oproti poměru 1:1 se zdvojnásobila, protože u těchto vzorků bylo o 140 až 150 % více vody vzhledem k hmotnosti mouky. Vývin těsta se zvýšil s poklesem obsahu škrobu v rýžové mouce, obsah amylózy a řetězců amylopektinu tak ovlivnil celkovou tvrdost rýžového výrobku. Na přístroji mixolab se nepodařilo odečíst všechny uvedené parametry  $\alpha$  (denaturace bílkovin),  $\beta$  (mazovatění škrobu) a  $\gamma$  (tvorba tuhé textury po upečení). Bylo to zapříči-

něno tím, že těsta měla ve své struktuře přebytek vody, měla tedy kašovitou strukturu, a tak přístroj tyto změny nezaznamenal. V dostupné literatuře existuje nedostatek popisů kvality těst z rýžové mouky, která byla měřena na přístroji mixolab. Studie se týkaly převážně pšeničného těsta.

Výsledky mého měření jednoznačně potvrdily, že pro výrobu bezlepkových rýžových produktů se nejlépe hodí hladká rýžová mouka a černá rýžová mouka, a to v poměru 0,6:1, protože těsta z nich měla hutnou a kompaktnější konzistenci.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AHUJA, Uma, et al. Rice—a nutraceutical. *Asian Agri-History*, 2008, 12.2: 93-108.
- [2] The Nibble: Rice. *Gourmet Food Magazine Website: THE NIBBLE Gourmet Food Gifts, Specialty Food, Mail Order, Online Gift Webzine* [online]. 2005 [cit. 10.04.2019]. Dostupné z: <http://www.thenibble.com/reviews/main/rice/rice-glossary.asp>
- [3] VALÍČEK, Pavel. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Vyd. 2., upr. a dopl. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0939-6.
- [4] DOSTÁLOVÁ, Radmila, Jiří HORÁČEK, Pavel SKŘIVAN a Marcela SLUKOVÁ. *Obiloviny a luštěniny*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., 2016. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-35-0.
- [5] ARENDT, Elke a Fabio DAL BELLO. *The science of gluten-free foods and beverages: proceedings of the first International Conference of Gluten-free Cereal Products and Beverages*. St. Paul, Minn.: AACC International, c2009. ISBN 1891127675.
- [6] BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.
- [7] HAGER, Anna-Sophie, Josh P. TAYLOR, Deborah M. WATERS a Elke K. ARENDT. Gluten free beer – A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2014, 36(1), 44-54 [cit. 10.04.2019]. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.01.001. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092422441400003X>
- [8] Brown rice. *The World's Healthiest Foods* [online]. 2001 [cit. 10.04.2019]. Dostupné z: <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=128>
- [9] Rýže – Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Rýže>
- [10] TATEOKA, Tuguo. *TAXONOMIC STUDIES OF THE GENUS ORYZA* [online]. 2008-04-21, s. 15-21 [cit. 10.04.2019]. DOI: 10.1142/9789812814302\_0001. Dostupné z: [http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789812814302\\_0001](http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789812814302_0001)

- [11] File:Oryza sativa - Köhler–s Medizinal-Pflanzen-232.jpg - Wikimedia Commons. [online]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oryza\\_sativa\\_-\\_K%C3%B6hler%E2%80%93s\\_Medizinal-Pflanzen-232.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oryza_sativa_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-232.jpg)
- [22] Oryza Introduction. *Gramene* [online]. 2007 [cit. 11.04.2019]. Dostupné z: [http://archive.gramene.org/species/oryza/rice\\_intro.html](http://archive.gramene.org/species/oryza/rice_intro.html)
- [33] Rýže - Zdravá výživa. *Abeceda zdraví | Zdraví a hubnutí* [online]. Dostupné z: <http://abecedazdravi.cz/zdrava-vyziva/ryze-zdrava-vyziva>
- [44] VŠE O RÝŽI. *Letní sporty na hubnutí - Kalorické tabulky* [online]. Dostupné z: <http://www.kaloricke-tabulky.cz/temata/show/potraviny/30-vse-o-ryzi/>
- [55] The Nibble: Grow Rice. *Gourmet Food Magazine Website: THE NIBBLE Gourmet Food Gifts, Specialty Food, Mail Order, Online Gift Webzine* [online]. 2005 [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <http://www.thenibble.com/reviews/main/rice/rice-glossary-1d.asp>
- [66] Conservation Research, USA Rice Home. *USA Rice Federation* [online]. 2018 The Rice Foundation. All rights reserved. [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <https://www.usarice.com/foundation/research/conservation-research>
- [77] Leading countries based on production of milled rice 2017/2018, *Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies* [online]. Statista 2019 [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/255945/top-countries-of-destination-for-us-rice-exports-2011/>
- [88] SHU, Qingyao a Dianxing WU. RICE | Breeding. *Encyclopedia of Grain Science* [online]. Elsevier, 2004, 2004, s. 61-68 [cit. 14.04.2019]. DOI: 10.1016/B0-12-765490-9/00139-7. ISBN 9780127654904. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B0127654909001397>
- [99] Rice market monitor, *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [online]. FAO 2018 [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/I9243EN/i9243en.pdf>
- [20] Rýže mnoha barev. Bílá, červená i černá. *Exoticky.cz, Objevujte s námi vůni dále, objevujte svět!* [online]. [cit. 14.04.2019]. Dostupné z: [https://exoticky.cz/wp-content/uploads/2013/11/ryze\\_sxc.jpg](https://exoticky.cz/wp-content/uploads/2013/11/ryze_sxc.jpg)

- [21] Nutrition Research, USA Rice Home. *USA Rice Federation* [online]. 2018 The Rice Foundation. All rights reserved. [cit. 15.04.2019]. Dostupné z: <https://www.usarice.com/foundation/research/nutrition-research>
- [22] HOUSTON, David Franklin; HOUSTON, David Fairchild; KOHLER, G. O. *Nutritional properties of rice*. National Academies, 1970.
- [23] HRABĚ, Jan, Otakar ROP a Ignác HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [24] ILOWEFAH, Muna, Chiemela CHINMA, Jamilah BAKAR, Hasanah GHAZALI, Kharidah MUHAMMAD a Mohammad MAKERI. Fermented Brown Rice Flour as Functional Food Ingredient. *Foods* [online]. 2014, 3(1), 149-159 [cit. 15.04.2019]. DOI: 10.3390/foods3010149. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2304-8158/3/1/149>
- [25] DANĚK, Viktor. V malajsijské kuchyni se prolínají chutě z různých koutů světa. Vítejte na tržnici v Kuala Lumpur. *Český rozhlas* [online]. 2016, [cit. 15.04.2019]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/v-malajsijske-kuchyni-se-prolinaji-chute-z-ruznych-koutu-sveta-vitejte-na-6235872>
- [26] EVROPSKÁ UNIE. Nařízení Komise (ES) č. 41/2009 ze dne 20. ledna 2009, o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2009.
- [27] SANCHEZ, H.D., C.A. OSELLA a M.A. TORRE. Optimization of Gluten-Free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch. *Journal of Food Science* [online]. 2002, 67(1), 416-419 [cit. 15.04.2019]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb11420.x. ISSN 0022-1147. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11420.x>
- [28] MORRIS, Peter C. a James H. BRYCE. *Cereal biotechnology*. Boca Raton, FL: CRC Press/Woodhead Pub., 2000. ISBN 0849308992
- [29] MCKEVITH, Brigid. Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin* [online]. 2004, 29(2), 111-142 [cit. 15.04.2019]. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2004.00418.x. ISSN 1471-9827. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-3010.2004.00418>.

- [30] QIAN, H. a H. ZHANG. Rice flour and related products. *Handbook of Food Powders* [online]. Elsevier, 2013, 2013, s. 553-575 [cit. 15.04.2019]. DOI: 10.1533/9780857098672.3.553. ISBN 9780857095138. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978085709513850022>
- [31] BLAŽEK, Antonín. *Termická analýza. Moderní metody v chemické laboratoři*. 2. opravené vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1972, ISBN. 04-626-72
- [32] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2. upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-86369-07-2
- [33] HOLUBOVÁ, Renata. *Základy reologie a reometrie kapalin*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4178-8
- [34] Principle of Thermogravimetry (TG) : *Hitachi High-Technologies GLOBAL*. [online]. Hitachi High [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://www.hitachi-hightech.com/global/products/science/tech/ana/thermal/descriptions/tg.html>
- [35] SEILEROVÁ, Lenka, Hana BRUSOVÁ, Bohumil KRATOCHVÍL a Lukáš KREJČÍK. Využití metod termické analýzy ve výzkumu a vývoji léčiv. *Chemické listy 106* [online]. 2012, 890-895 [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: [http://www.w.chemicke-listy.cz/docs/full/2012\\_10\\_890-895.pdf](http://www.w.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_10_890-895.pdf)
- [36] RYŠKA, Pavel. *Aplikace vybraných termických analýz v diagnostice vysokonapěťových izolací: Disertační práce*. Plzeň, 2000.
- [37] ŠTARHA, Pavel. Termická analýza. *Investice do rozvoje vzdělání* [online]. Katedra anorganické chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: [http://nanosystemy.upol.cz/upload/30/termicka\\_analyza\\_1.pdf](http://nanosystemy.upol.cz/upload/30/termicka_analyza_1.pdf)
- [38] Diferenciální skenovací kalometrie. *Laboratoře FCH2, Návod k úloze - úloha DSC kalorimetrie*. [online]. 2015, [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <http://doczz.cz/doc/215936/návod-k-uloze-v-pdf>
- [39] Diferenciální skenovací kalometrie (DSC). *VSCHT Návod k úloze*. [online]. 2016, [cit. 16.04.2019]. Dostupné z: <https://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/cw12js87vLAsPwUA.pdf?redirected>

- [40] VANÍČEK, Jiří. Diferenční termická analýza (DTA) a diferenční scanovací kalorimetrie (DSC). *Metody termické analýzy. Katedra textilních materiálů, Liberec*. [online]. 2005, [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/36623267-Metody-termicke-analyzy-4-diferencni-termicka-analyza-dta-a-diferencni-scanovaci-kalorimetrie-dsc.html>
- [41] VAN EKEREN, P. J., C. M. HOLL a A. J. WITTEVEEN. A comparative test of differential scanning calorimeters. *Journal of thermal analysis*[online]. 1997, 49(2), 1105-1114 [cit. 18.04.2019]. DOI: 10.1007/BF01996799. ISSN 0022-5215. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF01996799>
- [42] Rheometry – Capillary & Rotational Rheometers. *Document Moved* [online]. 2019 [cit. 18.04.2019]. Dostupné z: <https://www.malvernpanalytical.com/en/products/technology/rheometry/>
- [43] Měření tokových vlastností. *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Návody k úloze*. [online]. 2009, [cit. 18.04.2019]. Dostupné z: [http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika\\_pol/FP\\_05.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/fyzika_pol/FP_05.pdf)
- [44] KOVÁŘOVÁ, Dana a Věra NETOLICKÁ. Vzdělávací materiál pro předmět Technologická příprava. *Moderní výuky na Střední průmyslové škole potravinářské Pardubice* [online]. 2011, [cit. 18.04.2019]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/26342287-Vzdelavaci-material-pro-predmet-technologicka-priprava.html>
- [45] PŘÍHODA, Josef, Pavla HUMPOLÍKOVÁ a Dana NOVOTNÁ. *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář, 2003. ISBN isbn80-902922-1-6
- [46] FU, Lei, Ji-chun TIAN, Cai-ling SUN a Chun LI. RVA and Farinograph Properties Study on Blends of Resistant Starch and Wheat Flour. *Agricultural Sciences in China* [online]. 2008, 7(7), 812-822 [cit. 20.04.2019]. DOI: 10.1016/S1671-2927(08)60118-2. ISSN 16712927. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1671292708601182>
- [47] Mixolab 2, *CHOPIN Technologies*, Uživatelská příručka 2016
- [48] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. Vyd. 5., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-579-x.



- [49] Mouka z červené rýže 5 kg. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. 2015, ADVENI MEDICAL. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-v-gastro-balenich/mouka-z-cervene-ryze-5kg>
- [50] Mouka z černé rýže 5 kg. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. 2015, ADVENI MEDICAL. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-v-gastro-balenich/mouka-z-cerne-ryze-5kg>
- [51] Mouka z hnědé rýže 5 kg. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. 2015, ADVENI MEDICAL. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-v-gastro-balenich/mouka-z-hnede-ryze-5kg>
- [52] XU, Jie, Hui ZHANG, Xiaona GUO a Haifeng QIAN. The impact of germination on the characteristics of brown rice flour and starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2012, 92(2), 380-387 [cit. 21.04.2019]. DOI: 10.1002/jsfa.4588. ISSN 00225142. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.4588>
- [53] Mouka z bílé lepkivé rýže 5 kg. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. 2015, ADVENI MEDICAL. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-z-bezlepkovych-plodin-gastro/mouka-z-bile-lepive-ryze-5kg>
- [54] Rýžová mouka polohrubá 5 kg. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. 2015, ADVENI MEDICAL. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-v-gastro-balenich/ryzova-mouka-polohruba-5kg>
- [55] Rýžová mouka hladká 5 kg. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. 2015, ADVENI MEDICAL. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-v-gastro-balenich/ryzova-mouka-hladka-5kg>
- [56] KVÍTEK, Libor a Aleš PANÁČEK. *Základy koloidní chemie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1669-4

- [57] Stanovení rozdělení velikosti částic. *CVUT, Návody k úloze*. [online]. 2008, [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://tpm.fsv.cvut.cz/vyuka/main/cviceni6.pdf>
- [58] Škroby. *Institut Galenus* [online]. 2008 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.galenus.cz/clanky/vyziva/polysacharidy-skroby>
- [59] Sacharidy. *Potravinářská chemie II*. [online]. 2015 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1411/jaro2015/BVCP0222p/um/Potravinarska\\_Chemie\\_II.pdf](https://is.muni.cz/el/1411/jaro2015/BVCP0222p/um/Potravinarska_Chemie_II.pdf)
- [60] FESSAS, D. a A. SCHIRALDI. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 61(2), 411-423 [cit. 21.04.2019]. DOI: 10.1023/A:1010161216120. ISSN 14182874. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1010161216120>
- [61] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 9788086659176
- [62] Basics of rheology. *Anton Paar Wiki* [online]. 2019, Dostupné z: <https://wiki.anton-paar.com/en/basics-of-rheology/>
- [63] DEVI, Amita a B. S. KHATKAR. Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2016, 53(10), 3633-3641 [cit. 21.04.2019]. DOI: 10.1007/s13197-016-2355-0. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-016-2355-0>
- [64] MARIOTTI, Manuela, Gaia CACCIALANZA, Carola CAPPÀ a Mara LUCISANO. Rheological behaviour of rice flour gels during formation: Influence of the amylose content and of the hydrothermal and mechanical history. *Food Hydrocolloids* [online]. 2018, 84, 257-266 [cit. 21.04.2019]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.06.006. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X1830393X>
- [65] VERNON-CARTER, E.J., S. GARCIA-DIAZ, I. REYES, H. CARRILLO-NAVAS a J. ALVAREZ-RAMIREZ. Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural characteristics of bread with pulque as leavening agent. *International Journal of Gastronomy and Food Science* [online]. 2017, 9, 39-48 [cit. 2019-04-26]. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2017.03.001. ISSN

1878450X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1878450X16300579>

- [66] BUREŠOVÁ, Iva, Václav TROJAN a Martin HELIS. Characteristics of flour and dough from purple and blue wheat grain. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 2019, 13(1), 163-166 [cit. 27.04.2019]. DOI: 10.5219/1043. ISSN 1337-0960. Dostupné z: <https://potravinarstvo.com/journal1/index.php/potravinarstvo/article/view/1043>
- [67] RÓŻYŁO, Renata, Dariusz DZIKI, Urszula GAWLIK-DZIKI, Grażyna CACAK-PIETRZAK, Antoni MIŚ a Stanisław RUDY. Physical properties of gluten-free bread caused by water addition. *International Agrophysics* [online]. 2015, 29(3), 353-364 [cit. 27.04.2019]. DOI: 10.1515/intag-2015-0042. ISSN 2300-8725. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/intag/29/3/article-p353.xml>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

%	Procenta
°C	Stupeň Celsia
apod.	A podobně
cca	Přibližně
cm	Centimetr
DSC	Diferenční skenovací kalorimetrie
DTA	Diferenční termická analýza
FU	Farinografické jednotky
g	Gram
Hz	Hertz
J	Joule
kcal	Kilokalorie
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
m	Metr
mg	Miligram
ml	Mililitr
min	Minut
mm	Milimetr
mNm	miliNanometr
mW	miliWatt
např	Například
Nm	Nanometr
Obr	Obrázek
Pa	Pascal

s	Sekunda
tab	Tabulka
TG	Termogravimetrie
tj	Tj.
tzn	To znamená
tzv	Takzvaně

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Morfologie rýže [11]</i> .....	13
<i>Obr. 2 Sklizeň rýže [14]</i> .....	14
<i>Obr. 3 Země s nejvyšší produkcí loupané rýže v letech 2017/2018 (v 1000 tun) [17]</i> .....	15
<i>Obr. 4 Produkce neloupané rýže v Asii za roky 2017 a 2018 [19]</i> .....	16
<i>Obr. 5 Různé druhy rýže [20]</i> .....	18
<i>Obr. 6 Vařený chléb apam [25]</i> .....	22
<i>Obr. 7 Schéma mlýnského zpracování rýžového zrna [6]</i> .....	24
<i>Obr. 8 Ilustrační obrázek simultánního termogravimetrického analyzátoru [33]</i> .....	27
<i>Obr. 9 Termogram pro měřené TG a DTA křivky [37]</i> .....	30
<i>Obr. 10 Typická křivka DSC [40]</i> .....	31
<i>Obr. 11 TG, DTA a DSC křivky termického rozkladu [37]</i> .....	32
<i>Obr. 12 Farinograf - doba vývinu pšeničného těsta (DT), doba stability těsta (ST), stupeň změknutí těsta (DS), farinografické číslo kvality (FQN) [44]</i> .....	34
<i>Obr. 13 Obrazovka výsledků při měření na MIXOLAB 2 [47]</i> .....	36
<i>Obr. 14 Ilustrace prodejního obalu mouky z červené rýže [49]</i> .....	40
<i>Obr. 15 Ilustrace prodejního obalu mouky z černé rýže [50]</i> .....	41
<i>Obr. 16 Ilustrace prodejního obalu mouky z hnědé rýže [51]</i> .....	41
<i>Obr. 17 Ilustrace prodejního obalu mouky z bílé lepivé rýže [53]</i> .....	42
<i>Obr. 18 Ilustrace prodejního obalu rýžové mouky polohrubé [54]</i> .....	42
<i>Obr. 19 Ilustrace prodejního obalu rýžové mouky hladké [55]</i> .....	43
<i>Obr. 20 Závislost diferenciální rozdělovací funkce <math>F(r)</math>, doplňkové integrální rozdělovací funkce <math>Q_w(r)</math> a integrální rozdělovací funkce <math>I_w(r)</math> na poloměru částic u černé rýžové mouky</i> .....	48
<i>Obr. 21 Závislost diferenciální rozdělovací funkce <math>F(r)</math>, doplňkové integrální rozdělovací funkce <math>Q_w(r)</math> a integrální rozdělovací funkce <math>I_w(r)</math> na poloměru částic u červené rýžové mouky</i> .....	50
<i>Obr. 22 Závislost diferenciální rozdělovací funkce <math>F(r)</math>, doplňkové integrální rozdělovací funkce <math>Q_w(r)</math> a integrální rozdělovací funkce <math>I_w(r)</math> na poloměru částic u bílé lepivé rýžové mouky</i> .....	51
<i>Obr. 23 Závislost diferenciální rozdělovací funkce <math>F(r)</math>, doplňkové integrální rozdělovací funkce <math>Q_w(r)</math> a integrální rozdělovací funkce <math>I_w(r)</math> na poloměru částic u hnědé rýžové mouky</i> .....	52

<i>Obr. 24 Závislost diferenciální rozdělovací funkce <math>F(r)</math>, doplňkové integrální rozdělovací funkce <math>Q_w(r)</math> a integrální rozdělovací funkce <math>I_w(r)</math> na poloměru částic u polohrubé rýžové mouky .....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 25 Závislost diferenciální rozdělovací funkce <math>F(r)</math>, doplňkové integrální rozdělovací funkce <math>Q_w(r)</math> a integrální rozdělovací funkce <math>I_w(r)</math> na poloměru částic u hladké rýžové mouky .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 26 Termogravimetrická analýza při konstantním ohřevu 30 °C při obsahu vody 50 % hm.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 27 Difúzní koeficient měřený při konstantní teplotě 30 °C po dobu 0-50 min (chybové úsečky 5 %) pro těsta v poměru 1:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 28 DSC křivky želatinačních píků vybraných rýžových těst .....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 29 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z černé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C .....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 30 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C .....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 31 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z červené rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C .....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 32 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z polohrubé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C .....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 33 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z bílé lepkavé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 34 Závislost dynamické viskozity na smykové rychlosti pro těsto z hnědé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda), při konstantní teplotě 30 °C .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 35 Logaritmická závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 36 Logaritmická závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z černé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 37 Logaritmická závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z polohrubé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 38 Logaritmická závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z červené rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 39 Logaritmická závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z bílé lepkavé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>66</i>

<i>Obr. 40 Logaritmičká závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z hnědé rýžové mouky v poměru 0,6:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 41 Logaritmičká závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z hladké rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 42 Logaritmičká závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z černé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 43 Logaritmičká závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z polohrubé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 44 Logaritmičká závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z červené rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 45 Logaritmičká závislost frekvence na <math>G</math> pro těsto z hnědé rýžové mouky v poměru 1:1 (mouka:voda) .....</i>	<i>69</i>



**SEZNAM TABULEK**

<b>Tab. 1 Výživové údaje různých druhů mouk na 100 g deklarovaných výrobcem [49,50,51,53,54,55] .....</b>	<b>44</b>
<b>Tab. 2 Hmotnost částic mouky zachycených na sítích .....</b>	<b>47</b>
<b>Tab. 3 Výsledky síťové analýzy pro černou rýžovou mouku .....</b>	<b>48</b>
<b>Tab. 4 Výsledky síťové analýzy pro červenou rýžovou mouku.....</b>	<b>49</b>
<b>Tab. 5 Výsledky síťové analýzy pro bílou lepivou rýžovou mouku .....</b>	<b>50</b>
<b>Tab. 6 Výsledky síťové analýzy pro hnědou rýžovou mouku .....</b>	<b>51</b>
<b>Tab. 7 Výsledky síťové analýzy pro polohrubou rýžovou mouku .....</b>	<b>52</b>
<b>Tab. 8 Výsledky síťové analýzy pro hladkou rýžovou mouku .....</b>	<b>53</b>
<b>Tab. 9 Výsledky dynamické termogravimetrické analýzy pro těsta v různém směšovacím poměru (mouka:voda) a statické termogravimetrické analýzy pro těsta o směšovacím poměru 1:1 .....</b>	<b>55</b>
<b>Tab. 10 Výsledky DSC analýzy pro různé druhy rýžového těsta v poměru mouky s vodou 1:1 .....</b>	<b>58</b>
<b>Tab. 11 Hodnoty farinografického měření pro poměr 1:1 (mouka:voda).....</b>	<b>70</b>
<b>Tab. 12 Hodnoty farinografického měření pro poměr 0,6:1 (mouka:voda).....</b>	<b>71</b>
<b>Tab. 13 Naměřené hodnoty z mixolabu pro poměr 0,6:1 (mouka:voda).....</b>	<b>72</b>
<b>Tab. 14 Naměřené hodnoty z mixolabu pro poměr 1:1 (mouka:voda).....</b>	<b>72</b>