

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Irina Matveeva

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Změny barevnosti u pečiva z netradičních rostlinných prášků  
Bakalářská práce

2021

Irina Matveeva

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Irina Matveeva**  
Osobní číslo: **C18410**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Téma práce: **Změny barevnosti u pečiva z netradičních rostlinných prášků**  
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

### Zásady pro vypracování

1. V odborné literatuře vyhledejte informace o vnímání barev a instrumentálním měření barevnosti. Vyhledejte také možnosti použití jiných rostlinných produktů (prášků) při výrobě pekařských produktů a jejich vliv na vlastnosti pečiva a výživovou hodnotu.
2. Z vybraných rostlinných prášků připravte za laboratorních podmínek pekařské výrobky a změřte jejich barvu v souvislosti s různými skladovacími podmínkami.
3. Výsledky vyhodnoťte a diskutujte.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**

Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce:

**5. února 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**2. července 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**prof. Ing. Karel Ventura, CSc.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem „Změny barevnosti u pečiva z netradičních rostlinných prášků“ jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Irina Matveeva

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce doc. Ing. Liboru Červenkovi, Ph.D. za jeho velkou trpělivost, věcné připomínky, rady a pomoc při psaní mé diplomové práce. Současně bych ráda poděkovala své rodině a příteli za podporu a pochopení po celou dobu mého studia.

## **ANOTACE**

Někteří lidé nemohou při přípravě jídla používat obyčejnou mouku, proto se na trhu objevily bezlepkové rostlinné prášky, které ne vždy dávají konečnému produktu vzhled a barvu, na jaké jsme zvyklí. V této práci bylo zjišťováno, jak se mění barevnost a aktivita vody v sušenkách s přidáním bezlepkových mouk při různém typu skladování a balení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Barva, měření barevnosti, rostlinné prášky, mouka, aktivita vody

## **TITLE**

Colour changes in bakery products supplemented by plant-based powders

## **ANNOTATION**

Some people cannot use ordinary flour for food preparation, so gluten-free plant-based powders have appeared on the market, which do not always give the final product the look and color we are used to. In this work it was found out how the color and activity of water changes in biscuits with the addition of gluten-free flour during different types of storage and packaging.

## **KEYWORDS**

Color, color measurement, plant-based powders, flour, water activity

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	12
ÚVOD.....	13
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1.1 Definice barvy.....	14
1.2 Trichromatické soustavy .....	15
1.3 Barevné modely .....	17
1.3.1 CIELAB model.....	17
1.3.2 Model HSV .....	19
1.4 Měření barevnosti.....	21
1.4.1 Zdroj světla .....	21
1.4.2 Pozorovaný objekt .....	22
1.4.3 Pozorovatel .....	22
1.5 Přístroje pro měření barevnosti .....	23
1.6 Rostliny pro výrobu netradičních prášků .....	24
1.6.1 Kaštan jedlý .....	24
1.6.2 Jabloně a jablko .....	24
1.6.3 Hořčice.....	25
1.6.4 Konopí .....	25
1.6.5 Čočka .....	25
1.6.6 Hrách.....	26
1.6.7 Červená řepa .....	26
1.6.8 Banány .....	27
1.7 Mouka a její složení .....	27
1.8 Lepek.....	28
1.8.1 Výskyt lepku v potravinách .....	28
1.9 Netradiční druhy mouky .....	29
1.9.1 Kaštanová mouka.....	29
1.9.2 Jablečná mouka.....	29
1.9.3 Hořčičná mouka.....	30
1.9.4 Konopná mouka.....	30
1.9.5 Čočková mouka .....	31
1.9.6 Hrachová mouka .....	31



1.9.7	Mouka z červené řepy .....	32
1.9.8	Banánová (plantejnová) mouka .....	32
1.10	Voda v potravinách .....	32
1.10.1	Druhy vody v potravinách .....	33
1.10.2	Funkce vody v potravinách.....	34
1.10.3	Stanovení vody v potravinách.....	34
1.11	Aktivita vody.....	35
1.11.1	Metody měření aktivity vody.....	36
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	38
2.1	Přístroje a pomůcky.....	38
2.2	Příprava sušenek.....	38
2.3	Měření $a_w$ .....	40
2.4	Měření barevnosti.....	40
2.5	Měření vlhkosti prostředí .....	41
2.6	Zpracování a hodnocení získaných údajů .....	41
3	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	42
3.1	Měření po upečení.....	42
3.1.1	Kontrolní vzorek .....	42
3.1.2	Vzorek s přídavkem řepné mouky .....	43
3.1.3	Vzorek s přídavkem konopné mouky .....	44
3.1.4	Vzorek s přídavkem jablečné mouky.....	45
3.1.5	Vzorek s přídavkem kaštanové mouky .....	46
3.1.6	Vzorek s přídavkem plantainové mouky .....	47
3.2	Celkové porovnání barevnosti vzorků sušenek po upečení .....	48
3.2.1	Jas $L^*$ .....	48
3.2.2	Přechod mezi červenou a zelenou $a^*$ .....	49
3.2.3	Přechod mezi žlutou a modrou $b^*$ .....	50
3.2.4	Sytost barvy $C^*$ .....	50
3.2.5	Odstín $h^\circ$ .....	51
3.2.6	Aktivita vody vzorků sušenek.....	51
3.3	Vliv skladování na barevnost sušenek .....	52
3.3.1	Kontrolní vzorek .....	52
3.3.2	Vzorek s přídavkem řepné mouky .....	53
3.3.3	Vzorek s přídavkem konopné mouky .....	54
3.3.4	Vzorek s přídavkem jablečné mouky.....	55

3.3.5	Vzorek s přídavkem kaštanové mouky .....	56
3.3.6	Vzorek s přídavkem plantainové mouky .....	57
3.4	Celkové porovnání vzorků po 48 hodinách .....	58
3.4.1	Jas $L^*$ .....	58
3.4.2	Přechod mezi červenou a zelenou $a^*$ .....	59
3.4.3	Přechod mezi žlutou a modrou $b^*$ .....	60
3.4.4	Sytost barvy $C^*$ .....	61
3.4.5	Odstín $h^\circ$ .....	61
3.4.6	Aktivita vody po skladování .....	62
3.4.7	Vlhkost .....	65
3.4.8	Barevná odchylka $\Delta E^*$ .....	65
4	ZÁVĚR .....	66
	POŽITÁ LITERATURA .....	67

# SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

## Obrázky

<b>Obrázek 1</b> – Trojúhelník barev [6] .....	15
<b>Obrázek 2</b> – CIE 1931 xy chromaticity diagram [9] .....	17
<b>Obrázek 3</b> – CIELAB systém [11] .....	18
<b>Obrázek 4</b> – Základní vlastnosti barvy [18] .....	19
<b>Obrázek 5</b> – Sorpční izotermy [66] .....	36
<b>Obrázek 6</b> – Kalibrační destičky .....	40
<b>Obrázek 7</b> – Sušenky s přídavkem pšeničné polohrubé mouky .....	42
<b>Obrázek 8</b> – Sušenky s přídavkem řepné mouky .....	43
<b>Obrázek 9</b> – Sušenky s přídavkem konopné mouky .....	44
<b>Obrázek 10</b> – Sušenky s přídavkem jablečné mouky .....	45
<b>Obrázek 11</b> – Sušenky s přídavkem kaštanové mouky .....	46
<b>Obrázek 12</b> – Sušenky s přídavkem plantainové mouky .....	47
<b>Obrázek 13</b> – Oxidace lipidů [83] .....	64

## Tabulky

<b>Tabulka 1</b> – Světelné spektrum [5] .....	15
<b>Tabulka 2</b> – Základní a modifikované receptury pro výrobu sušenek .....	39
<b>Tabulka 3</b> – Barevnost kontrolního vzorku .....	43
<b>Tabulka 4</b> – Barevnost řepného vzorku .....	44
<b>Tabulka 5</b> – Barevnost konopného vzorku .....	45
<b>Tabulka 6</b> – Barevnost jablečného vzorku .....	46
<b>Tabulka 7</b> – Barevnost kaštanového vzorku .....	47
<b>Tabulka 8</b> – Barevnost plantainového vzorku .....	48
<b>Tabulka 9</b> – Hodnoty jasů .....	49
<b>Tabulka 10</b> – Hodnoty $a^*$ .....	49
<b>Tabulka 11</b> – Hodnoty $b^*$ .....	50
<b>Tabulka 12</b> – Průměrné hodnoty $C^*$ .....	51
<b>Tabulka 13</b> – Průměrné hodnoty $h^\circ$ .....	51
<b>Tabulka 14</b> – Průměrné hodnoty $a_w$ .....	52
<b>Tabulka 15</b> – Průměrné hodnoty barevnosti kontrolního vzorku se směrodatnou odchylkou .....	53

<b>Tabulka 16</b> – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem řepné mouky se směrodatnou odchylkou.....	54
<b>Tabulka 17</b> – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem konopné mouky se směrodatnou odchylkou.....	55
<b>Tabulka 18</b> – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem jablečné mouky se směrodatnou odchylkou.....	56
<b>Tabulka 19</b> – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem kaštanové mouky se směrodatnou odchylkou.....	57
<b>Tabulka 20</b> – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem plantainové mouky se směrodatnou odchylkou.....	58
<b>Tabulka 21</b> – Průměrné hodnoty jasu se směrodatnou odchylkou .....	59
<b>Tabulka 22</b> – Průměrné hodnoty $a^*$ se směrodatnou odchylkou.....	60
<b>Tabulka 23</b> – Průměrné hodnoty $b^*$ se směrodatnou odchylkou .....	60
<b>Tabulka 24</b> – Průměrné hodnoty $C^*$ se směrodatnou odchylkou.....	61
<b>Tabulka 25</b> – Průměrné hodnoty $h^\circ$ se směrodatnou odchylkou.....	62
<b>Tabulka 26</b> – Hodnoty aktivity vody .....	63
<b>Tabulka 27</b> – Poměr bílkovin k sacharidům [81] .....	64
<b>Tabulka 28</b> – Vlhkost a teplota v laboratoři .....	65

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

UV	ultrafialové záření
XYZ	tristimulární složky
CIE	(Commission Internationale de l'Eclairage) Mezinárodní komise pro osvětlování
xyz	tristimulární souřadnice
xyY	CIE kolorimetrická soustava Y
RGB	trichromatický mechanismus
CMY	(Cyan, Magenta, Yellow) barevný model
CIELAB	kolorimetrická soustava CIE $L^*a^*b^*$
HSV	(Hue, Saturation, Value) barevný model
$\Delta E^*$	barevný rozdíl v soustavě CIELAB
$T_{CE}$	teplota chromatičnosti
$a_w$	vodní aktivita
Sl. Hg	rtuťový sloupec
$L^*$	jas-světlost
$a^*, b^*$	barevné osy
$h^\circ$	odstín (Hue)
$C^*$	sytost (Saturation)

## ÚVOD

Barva je důležitým parametrem při výběru potravinářského výrobku na trhu, kterou může ovlivnit několik faktorů, jako doba pečení nebo fyzikálněchemické parametry vstupujících složek. V této práci byly vybrány za průzkumný objekt sušenky, protože je to u většiny lidí velmi oblíbený pekařský výrobek, a to díky své tvarové a chuťové rozmanitosti a nízkým výrobním nákladům.

V dnešní době se zvyšuje počet jedinců, kteří mají problém s trávením a vstřebáváním lepku, a proto se na trhu objevuje stále více druhů bezlepkových mouk, které pomáhají lidem vést normální život. Ale zajišťují výrobky z těchto mouk stejnou kvalitu stravování jako ty, co byly vyrobené z mouk obsahujících lepek? To byla otázka, kterou jsme si položili. Vybrané druhy rostlinných prášků – řepná, konopná, jablečná, kaštanová a plantainová mouka – mají mnoho vlastností, které pozitivně působí na lidský organismus. Například vysoký obsah vlákniny, vitamínů a stopových prvků.

Cílem této práce bylo popsat netradiční rostlinné prášky v pekařství bohaté na bioaktivní látky, způsoby měření barevnosti těchto mouk a zjistit, zda různé skladovací podmínky ovlivňují barvu konečných produktů a jejich vodní aktivitu.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

Pro správné měření barevnosti v potravinách je důležité pochopit, z čeho se skládá mouka a jaké je její využití. Je nutné se podrobněji zabírat jednotlivými chemickými a technologickými pojmy.

## 1.1 Definice barvy

Od svého narození máme okolo sebe neuvěřitelné množství barev, a proto barvy hrají velmi důležitou roli v našem vnímání okolního světa.

To, že člověk může rozlišovat barvy, velmi ovlivňuje jeho život, vytváří kontakt mezi organismem a jeho prostředím, uskutečňuje termoregulace, ochranu před UV zářením a mikroorganismy [1].

Definicemi barev se začali již v 5. století př. n. l. zabývat Řekové. Zkoumali rozdíly mezi barvami a navrhli schéma primárních barev. Mnoho učenců na celém světě mělo zájem o toto téma, jako například Aristoteles, Hippokrates, Isaac Newton, kteří rovněž představili své teorie barev a jejich výzkumy. Tyto výzkumy daly základ současnému definování barvy [2].

Dnes můžeme říct, že barva je vjem, který vytváří viditelné světlo dopadající na sítnici lidského oka. Vznik barvy je způsoben elektromagnetickým vlněním s různou vlnovou délkou a odlišnost těchto hodnot vytváří u nás vnímání různých barev. Světelné paprsky odražené od předmětu se odrazí na sítnici oka. Každá barva disponuje jinou hodnotou této veličiny. Oko člověka má v sobě receptory zvané čípky. Ty jsou trojího druhu – citlivé na tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou. Díky tomu existuje barevné vidění [3,4].

Kdybychom porovnávali vlnové délky světla, museli bychom zmínit, že existuje světlo pro člověka neviditelné. Toto světlo se nazývá infračervené a ultrafialové záření. Nachází se za hranicemi na straně červené, resp. fialové barvy. **Tabulka 1** – rozděluje barvy na základě jejich vlnové délky a frekvence viditelného světla [4].

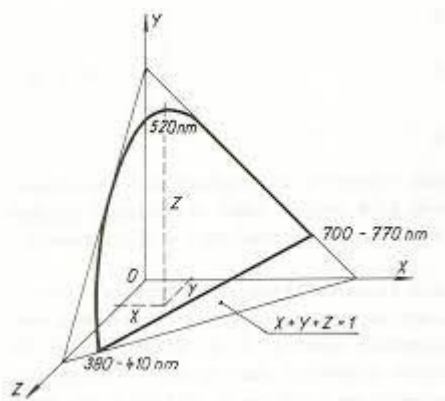
**Tabulka 1** – Světelné spektrum [5]

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
azurová	~ 500 až 520 nm	~ 600 až 580 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

## 1.2 Trichromatické soustavy

Pro přesné vyjádření barev potřebujeme tři údaje, které budou charakterizovat barevný podnět: odstín, sytost barvy a jas. Představují složky trichromatické soustavy, které jsou založené na lidském vidění, např. X, Y, Z. Je možné je znázornit v trojrozměrné soustavě souřadnic, k tomu použijeme **obrázek 1**. Y – odpovídá svítivosti vnímání lidského oka. Určuje odezvu oka na světlo z konstantní svítivosti při různých vlnových délkách. X a Z jsou modifikované funkce, které měří množství červené a modré barvy.

Jestliže prostorová soustava XYZ protne rovinu, která protíná na osách stejné úseky, vznikne v kolorimetrickém prostoru trojúhelník barev. Čisté spektrální barvy v něm leží na křivce uzavřené mezi stranami trojúhelníku a každý bod uvnitř této křivky popisuje jednu barvu.



**Obrázek 1** – Trojúhelník barev [6]



Tento barevný prostor se obvykle v běžném životě nepoužívá, ale je základem systému CIE (Mezinárodní komise pro osvětlování).

Hodnoty X, Y a Z jsou definovány následovně:

$$X = k \int_{\lambda} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \beta(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$Y = k \int_{\lambda} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \beta(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$$Z = k \int_{\lambda} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \beta(\lambda) d\lambda, \quad (3)$$

$$\text{Kde} \quad k = \frac{100}{\int_{\lambda} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}, \quad (4)$$

$B(\lambda)$  = spektrální odrazivost vzorku při vlnové délce  $\lambda$ , pro průhledné nebo průsvitné vzorky se jedná o spektrální propustnost  $\tau(\lambda)$ ,

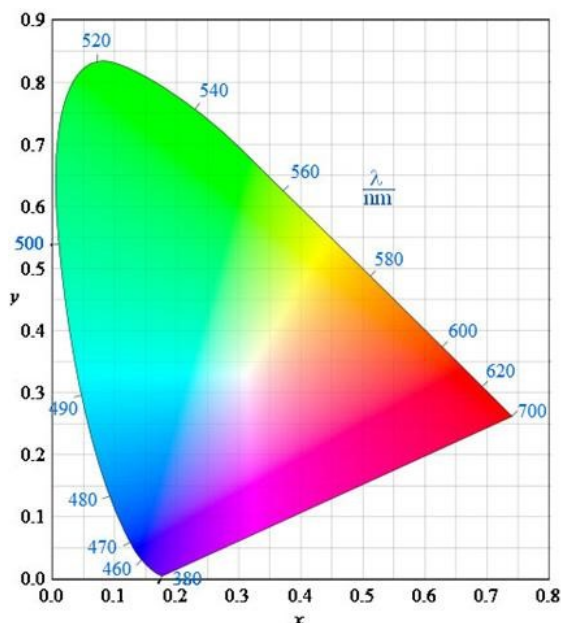
$S(\lambda)$  = spektrální rozložení energie osvětlení podle vlnové délky  $\lambda$ ,

$x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  jsou barvové funkce pro 2° standardního pozorovatele,

$k$  je tzv. normalizační faktor, který byl určen tak, aby dokonale odrážející povrch (remise je při všech vlnových délkách 100 %) měl hodnotu trichromatické složky  $Y=100$  (7).

Do dvourozměrného tzv. CIE x,y diagramu lze tento prostor převést tak, že každá složka se vydělí součtem všech tří složek, a tím získáme trichromatické souřadnice  $x=X/(X+Y+Z)$ ,  $y=Y/(X+Y+Z)$ ,  $z=Z/(X+Y+Z)$ . A platí, že  $x+y+z=1$ .

Při převedení na chromatické souřadnice x, y čisté spektrální barvy dostaneme v chromatickém diagramu spektrální locus – **obrázek 2**. Uvnitř této křivky se nacházejí všechny viditelné barvy a čára spojující konec locusu. Ta se nazývá purpurová linie. Barvy na této čáře jsou složeny ze směsi čistého fialového světla o vlnové délce 380 nm a červeného světla o vlnové délce 770 nm [8].



**Obrázek 2** – CIE 1931 xy chromaticity diagram [9]

### 1.3 Barevné modely

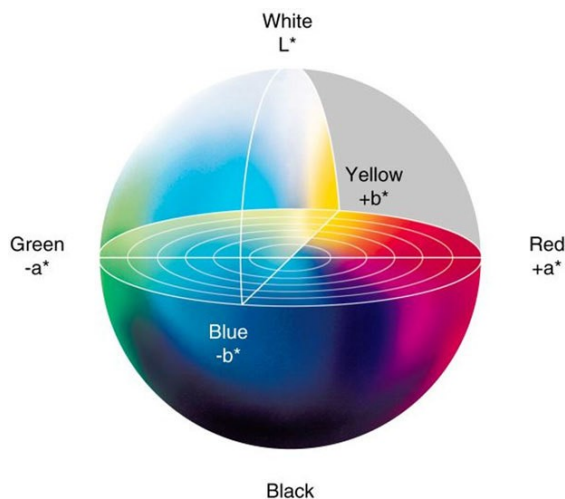
Kvůli existenci neuvěřitelného množství barev viditelného spektra bylo vytvořeno několik základních modelů vyjadřování, které využívají míchání základních barev. Mezi základní modely se řadí systémy RGB, CMY, CIELAB a HSV.

CIELAB a HSV se staly nejpoužívanějšími a nejpobulárnějšími systémy, které slouží k určování barvy [10].

#### 1.3.1 CIELAB model

Jedná se o model barevnosti, díky kterému můžeme získat nejen vykreslení barev, ale také jejich číselné hodnoty. Důležité je, že barevné prostory definované CIE jsou nezávislé na zařízení (na subjektivních vlastnostech pozorovatele) a jejich základem jsou chromatické diagramy CIE 1931 (x,y) na **obrázku 3**.

Hodnota  $L^*$  představuje jas-světlost a dosahuje hodnot od 0 (černá) do 100 (bílá). Další osy  $a^*$ ,  $b^*$  udávají polohu barvy, kde na ose  $a^*$  jsou kladné hodnoty vyjádřeny množstvím červené barvy a záporné hodnoty barvou zelenou. Na kladné části osy  $b^*$  – žluté barvy, záporná část osy  $b^*$  obsahuje barvy modré. Ve středu kruhového diagramu se nachází odstíny šedé barvy.



**Obrázek 3** – CIELAB systém [11]

Pomocí tohoto systému je možné vypočítat rozdíl barev  $\Delta E$  (5), který vyjadřuje barevnou odlišnost mezi pozorovaným předmětem a předlohou.

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

kde  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  jsou rozdíly souřadnic  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$  porovnávaných barev

Obecně platí, že rozdíl barev  $\Delta E = 1$  je minimální hodnota, kterou je lidské oko schopné rozlišit.

Základní rovnice CIELAB systému jsou:

$$L^* = 116 * \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} - 16 \quad (6)$$

$$a^* = 500 * \left[ \left(\frac{X}{X_0}\right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} \right] \quad (7)$$

$$b^* = 200 \left[ \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{1/3} \right] \quad (8)$$

Kde:

$X, Y, Z$  – trichromatické hodnoty vzorků

$X_0, Y_0, Z_0$  – trichromatické hodnoty normalizovaného světla pro výpočet upravené tak, aby pro dokonale difuzně rozptylující povrch byly  $Y_0 = 100,00$ .

Model může být použit všude, kde je možno zajistit standardní podmínky pozorování [7,10,12,13].

### 1.3.2 Model HSV

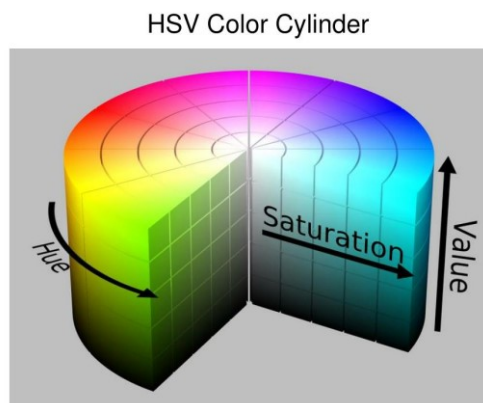
Model HSV na **obrázku 4** je barevný model, který nejvíce odpovídá vnímání barev lidským okem. Každá barva disponuje třemi základními vlastnostmi:

1) Odstín (Hue) je běžné pojmenování barev jako například žlutá, modrá, oranžová. Odstíny barev se často rozdělují na tzv. teplé a studené. Mezi teplé odstíny patří žlutá, oranžová, červená nebo jejich kombinace. Mezi studené se řadí barvy založené na modrém odstínu [14].

2) Sytost (Saturation) - udává množství barvy v poměru k šedé. Čím méně je ve směsi určité barvy, tím je daná barva více sytá a naopak (15).

Převládající vlnová délka a sytost barvy jsou veličiny postačující k určení barvy (16).

3) Jas (value) - udává světlost nebo tmavost barvy. Při maximální hodnotě je barva čistě bílá, naopak nulová hodnota představuje černou [17].



**Obrázek 4** – Základní vlastnosti barvy [18]

Nejčastější použití modelu HSV je v grafických aplikacích, kde je potřeba změnit barvu. Přes to, že barev a jejich odstínů je obrovské množství, je těžko říci, co je co. Proto byly vypracované atlasy barev jako standardy, podle kterých můžeme objektivně hodnotit předložené vzorky.

Existuje několik druhů atlasů:

- Barevný trojúhelník
- Ostwaldův systém
- Munsellův systém
- Systém DIN 6164
- Atlas NCS a jiné [19]

- Vnímání barvy

Většina lidí se učí o okolním světě prostřednictvím vnímání barev. Od počátku věků byly barvy v přírodě pro člověka nevyčerpatelným zdrojem emocí, pocitů a estetických zážitků [20].

Základní barva červená, modrá a zelená jsou u většiny lidí spojeny s nějakými asociacemi. Některé barvy v nás probouzejí radost a některé smutek. Proto je důležité se podívat, jak vidí člověk.

Lidské oko představuje složitý systém, který funguje díky zkoordinované práci všech jeho částí. Pokud nějaká část oka přestane pracovat nebo má nějakou vadu, zrak nebude fungovat správně. Oční stěna je tvořena třemi vrstvami, kterými postupně prochází světlo, a díky tomu vzniká obraz.

Tři oční vrstvy:

- Vnější vrstva: bělima (skléra) – blána bílé barvy
- Střední vrstva: cévnatka (choroidea) – je bohatě protkána cévami a obsahuje velké množství pigmentových buněk
- Vnitřní vrstva: sítnice (retina) – jemná, několikavrstvá blána

Další části jsou: komorová tekutina, průhledná rosolovitá hmota – sklivec, který pomáhá oku udržet si svůj tvar. Světlo nejprve prochází průhlednou rohovkou, která ho lomí směrem k zornici, kontrolující množství světla, které přechází k čočce. Čočka umožňuje ostré vidění blízkých i vzdálených předmětů. A pomocí duhovky (speciálního kruhového svalu) je bráněno rozptylu světelných paprsků uvnitř oka [21].

Na poslední vrstvě – citlivé sítnici se vytváří obraz předmětů, světelné paprsky se spojují a setkávají se se světločivými buňkami: čípky a tyčinkami.

Čípky zprostředkují vidění za světla a umožňují vidění tvarů a barev. Existují tři různé druhy čípků pro různé vlnové délky:

- čípky pro modré světlo (S-čípky, ty reagují na kratší vlnové délky)
- čípky pro zelené světlo (M-čípky, pro střední vlnové délky),
- čípky pro červené světlo (L-čípky, pro delší vlnové délky) [22]

Tyčinky napomáhají druhému mechanismu – vidění za šera. Jejich výhodou je, že pracují při nízkých prahových světelných podnětech a díky nim se oko adaptuje na velmi nízké hladiny jasu. Je třeba říct, že tyčinek je přibližně 18x více nežli čípků, to je proto, aby bylo umožněno co nejlepší možné vidění. Vzruchy vzniklé v sítnici přenášejí do mozkové kůry elektrický nervový puls, ten vyvolává zrakový vjem [21,23,24,25].

## 1.4 Měření barevnosti

Existují tři důležité elementy, které se podílejí na barevném vjemu. Změnou jednoho z nich se změní i celkový barevný vjem. Jsou to:

- zdroj světla
- pozorovaný objekt
- pozorovatel

Musíme ale říct, že existuje několik podmínek pro správné vyjadřování barvy. Pro normální realizaci obrazu je nutná neporušená činnost zraku, zrakové vnímání také souvisí s vnitřní pohodou člověka a jeho prostředím.

Důležitou roli hraje druh osvětlení předmětu. Při různém osvětlení člověk přestává vnímat barvy dlouhovlnných délek a není možné srovnávat barvy jednoho předmětu [26].

### 1.4.1 Zdroj světla

Pro zajištění vhodného osvětlení předmětů nebo prostorů je důležité správně vybrat vhodný světelný zdroj. Samotné světlo může mít spojité nebo čárové spektrum. To se rozděluje podle počtu vlnových délek na polychromatické a na monochromatické.

Často používáme bílé světlo pro osvětlování barevných modelů. Pro charakterizaci bílého světla se zavedl pojem teploty chromatičnosti, který udává teplotu absolutně černého tělesa poskytnutého spektrální intenzitou vyzařování stejné barevnosti, jako je spektrální intenzita vyzařování zdroje daného záření.

Každý zdroj světla má svoji spektrální intenzitu vyzařování, která se získává měřením jednotlivých vlnových délek předmětů. Neutrální bílé světlo vycházející ze zdroje má teplotu chromatičnosti 5000 K. Při poklesu teploty chromatičnosti těleso získává žluté zbarvení, při zvýšení získává modré. Obyčejné žárovky mají teplotu 3000 K a sluneční světlo kolem 6000 K. [27,28].

Mezinárodní komise pro osvětlení CIE (Commission internationale de l'éclairage) rozlišila několik druhů standardizovaných zdrojů:

- Typ A odpovídá žárovkovému osvětlení s teplotou chromatičnosti  $T_{CE}=2856$  K
- Typ B odpovídá přímému slunečnímu světlu s  $T_{CE} = 4874$  K
- Typ C odpovídá nepřímému slunečnímu světlu s  $T_{CE} = 6774$  K
- Typ D odpovídající dennímu světlu – typ D50 ( $T_{CE} = 5004$  K) a D65 ( $T_{CE} = 6504$  K), který se používá jako standardní osvětlení v předtiskové přípravě
- Typ E odpovídající pouze hypotetickému typu osvětlení

- Typ F zahrnující několik typů zářivek (26)

### 1.4.2 Pozorovaný objekt

Díky stavbě lidského oka jsme schopni vnímat odražené nebo propuštěné světlo z barevného předmětu. Barevný vjem je závislý na několika faktorech: druh a směr dopadajícího světla, pozorovatel a směr, z něž je předmět pozorován.

Pro měření barevnosti používáme principy několika druhů geometrií: mířené a kulové. Geometrie měření vyjadřuje úhel dopadajícího světla a úhel jeho snímání. Rozděluje se na: 45/0 a 0/45, kde první číslo udává, pod jakým úhlem světlo dopadá, druhé číslo pak úhel odrazu (pozorování) světla. Také je důležitý povrch snímaného objektu, protože různý povrch odráží dopadající záření do různých směrů.

Kulová geometrie se rozděluje na d/8 nebo 8/d (zde platí stejné označení čísel a písmeno „d“ znamená difuzní osvětlení). Tento druh geometrie je nezávislý na struktuře povrchu, protože při měření osvětluje objekt ze všech stran a započítává nejen matnou, ale i lesklou složku povrchu a tím je mnohem výhodnější pro měření barevnosti povrchu materiálů [29].

### 1.4.3 Pozorovatel

Díky dlouhodobému psychofyzikálnímu experimentu s dobrovolníky, byl určen „standardní pozorovatel“.

Tento experiment se týkal vnímání barev, kdy pozorovatelé získávali pomocí různých poměrů tří monochromatických světél (RGB) barvu odpovídající barvě světla vybrané vlnové délky.

Pak komise CIE definovala dva druhy:

- standardní pozorovatel s 2° zorným polem, kdy se do vidění zapojují pouze čípky – barevné vidění
- doplňkový standardní pozorovatel s 10° zorným polem, kdy se do vidění zapojují čípky i část tyčinek

Dále komise CIE vytvořila pro standardního pozorovatele soubor tří spektrálních křivek popisujících způsob kombinování primární barvy XYZ pro reprodukci všech existujících barev spektra, resp. všech vlnových délek viditelného světla [7,26,30].

## 1.5 Přístroje pro měření barevnosti

Speciální kolorimetrické skříně a fotometry byly jedny z prvních nástrojů pro určování barevnosti. Tyto přístroje měly pár nevýhod. S rozvojem vědy vědci vymysleli další nástroje pro lepší a přesnější hodnoty. Z tohoto důvodu dnes používáme kolorimetry a spektrofotometry.

Kolorimetr je přístroj sloužící k určování přesných hodnot barvy předmětu pomocí snímání fotonů skrze fotočlánek. Díky své citlivosti je schopen, na rozdíl od lidského oka, měřit bez jakéhokoliv vlivu vnějšího prostředí ve dne i v noci a tím eliminuje odchylky při experimentu. Je velmi využíván v praxi kvůli nízké ceně, kompaktnosti a jednoduchému používání [10].

Spektrofotometr je mnohem složitější přístroj než kolorimetr. Měří barvu (vlnové délky světla odražené od povrchu objektu) a vydává číselné údaje o různých barevných prostorech a pomocí něj lze získat graf spektrální odrazivosti, který poskytuje velmi podrobnou informaci o měřeném objektu a povaze barvy.

Jednoduše lze říci, že spektrofotometr vysílá elektromagnetické záření v určitém spektru vlnových délek a vyhodnocuje přijímaný signál.

Spektrofotometrické hodnocení je založeno na Lambert-Beerově zákoně (9):

$$A = -\log_{10} \left( \frac{I_t}{I_0} \right) = -\log_{10} T = c \cdot l \cdot \varepsilon \quad (9)$$

$c$  – molární koncentrace roztoku ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

$l$  – tloušťka absorbující vrstvy, nebo optická šířka kyvety (cm)

$\varepsilon$  – molární extinkční koeficient ( $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ), i jiné jednotky

$I_t$  – intenzita záření, které prošlo vzorkem

$I_0$  – intenzitu záření dopadající na vzorek

$A$  – absorbance, bez jednotek

Základní podmínkou proporcionalnosti mezi absorbancí a koncentrací je konstantní hodnota molárního absorpčního koeficientu.

Při měření více složek ve směsi najednou je k výpočtu jejich koncentrací potřebná absorbance roztoku při tolika vlnových délkách, kolik je absorbujících složek [31].

Spektrofotometr má díky své vysoké přesnosti mnoho využití, a to v organické i anorganické analýze, při řešení některých problémů ve fyzikální chemii a v obyčejném průmyslu [32].



## 1.6 Rostliny pro výrobu netradičních prášků

Někteří lidé kvůli své nemoci (např. alergii na lepek) nemůžou používat standardní druhy mouky z obilovin, proto se vyrábějí netradiční bezlepkové prášky z různých rostlin, kterými se může nahradit klasická mouka.

### 1.6.1 Kaštan jedlý

Kaštany jsou plody *Castanea* spp., které patří do bukového rodu *Fagaceae*. Pocházejí z mírných oblastí severní polokoule (33).

Díky jedinečným nutričním vlastnostem a lehké stravitelnosti roste zájem o využití kaštanové mouky v různých potravinářských aplikacích (např. Bezlepkové potravinářské výrobky). Kaštany obsahují různé důležité funkční složky: polyfenoly (např. Ellagitaniny), vitamíny, vlákninu, minerály a nenasycené mastné kyseliny. Konzumace kaštanů je proto spojována s potenciálními přínosy pro zdraví, včetně protinádorových, antimikrobiálních, antioxidačních a antimalarických účinků.

Hlavní složkou kaštanů je škrob, který tvoří více než 50,0% sušiny plodu, proto je kvalita kaštanových výrobků ovlivněna vlastnostmi škrobu. Kaštanový škrob může mít také potenciál pro potravinářské a nepotravinářské aplikace [33].

### 1.6.2 Jabloně a jablko

Jabloně jsou ovocné dřeviny, které z botanického hlediska náleží do řádu růžokvětých (*Rosales*), čeledi růžovitých (*Rosaceae*) a podčeledi jabloňovitých (*Maloideae*). Díky svým pozitivním vlastnostem, kterými jsou pestrá chuť, vysoký obsah vitamínů a minerálů, nízký obsah energie a také přiměřený obsah vlákniny, je jablko považováno za ikonický strom a celosvětově významnou plodinu.

Z chemického hlediska má toto ovoce vysoký obsah vody, jedná se o 75,0–96,0 %. Dále je typický nízký obsah bílkovin, představující asi 0,2–1,3 %, stejně tak nízký obsah lipidů, asi do 0,5 %. Velké množství sacharidů představují hlavně fruktóza, glukóza, sacharóza, pektiny a škrob. Další významné látky jsou organické kyseliny (např. citronová, jablečná, šřavelová či benzoová), různé vitamíny, antioxidanty, vláknina, dusíkaté a minerální látky [34].

### 1.6.3 Hořčice

Z morfologického hlediska hořčice patří do čeledi brukvovitých, jednoletých bylin s tenkým a rozvětveným kořenem (35).

Jeden z nejvýznamnějších druhů je hořčice bílá (*Sinapis alba*), která patří v Evropě mezi známé a tradiční plodiny (36). Její semena jsou surovinou k výrobě hořčice [37].

Ze semen hořčice bílé, lisováním za studena, se získává jedlý olej světle-žluté barvy, který má výbornou kvalitu pro potravinářské zpracování. Dále se tato bylina používá v konzervářství, při výrobě pokrmových tuků, ve farmaceutickém průmyslu a při výrobě mýdel [35].

Díky tomu, že se v semenech nachází kolem 30,0 % oleje, v chemickém složení převládá především kyselina eruková. Další významné složky jsou kyselina linolová (10,0–24,0 %) a linolenová (6,0–18,0 %), bílkoviny, sacharidy a vláknina (jejich obsah závisí na druhu hořčice). Významný je obsah glukosinolátů, které mají antimikrobní a insekticidní účinky, a hlavně způsobují výraznou pálivou chuť [37].

### 1.6.4 Konopí

Nejrozšířenějším druhem konopí je konopí seté (*Cannabis sativa L.*). V rostlinách tohoto druhu je možné nalézt velké množství primárních i sekundárních metabolitů, amidy, alkoholy, aldehydy, ketony, vitamíny, nekanabinoide fenoly a flavoidní glykosidy.

Typické látky (sekundární metabolity), které byly nalezeny pouze u konopí – kanabinoide. Samotné konopné semínko obsahuje proteiny (25,0 %), tuky (31,0 %) a sacharidy (34,0 %), ve velkém množství dvě esenciální nenasycené mastné kyseliny – omega-6 kyselinu linolovou a omega-3 kyselinu alfa-linolenovou.

Konopí je plodinou s mnohostranným využitím, např. v textilním a potravinářském průmyslu, jako krmivo, palivo a léčivo [38].

### 1.6.5 Čočka

Čočka jedlá je nejrozšířenější plodinou, patří do čeledi *Viciaceae* rodu *Lens culinaris* (39). Semena čočky se liší dle druhu, velikosti i barvou. V chemickém složení převládají sacharidy (56,0 %), dále pak obsahuje bílkoviny (24,0 %) a tuky (1,4 %). Z minerálních látek jsou nejvíce zastoupeny vápník, hořčík, sodík, zinek, měď a draslík. A z fenolických látek se vyskytují – karotenoidy, chlorofyl, nukleové kyseliny, enzymy a faktory, které posilují imunitu.

Jak bylo zjištěno, tato rostlina má velký význam pro člověka díky nejvyššímu obsahu železa, významnému obsahu vitamínů skupiny B, C, E a purinových látek. Ostatními složkami, které jsou v semínku obsaženy méně, jsou zinek, vápník, draslík, hořčík, fosfor, selen, vitamín A, E.

V potravinářství je čočka nejoblíbenější luštěninou díky výživnosti, stravitelnosti a rychlé přípravě [39,40].

### 1.6.6 Hrách

Pro potravinářské účely má význam poddruh *Pisum sativum* – hrách setý neboli polní, který se dále člení na poddruhy. Jeho semena jsou suchá s hladkým povrchem. Využíván je jako potravina, krmivo, průmyslová surovina k produkci škrobu nebo jako pochoutka [39].

Semena hrachu obsahují asi dvakrát tolik bílkovin než obiloviny, a to (20,0–25,0 %), dále pak sacharidy (52,0–60,0 %) a tuky (1,0–1,5 %). Minerální látky tvoří 3–4 % a největší zastoupení má draslík, fosfor, hořčík, vápník a síra.

Čerstvý zelený hrášek je zdrojem vitamínů C, B – thiaminu, riboflavinu, nikotinamidu, kyseliny pantotenové, pyridoxinu, beta-karotenu, retinolu (A) a tokoferolu (E). V hrášku existují i nežádoucí látky – antinutriční, které mohou snižovat nutriční hodnotu luštěnin [40,41].

### 1.6.7 Červená řepa

Červená řepa (*Beta vulgaris ruba*) patří do čeledi mečíkovitých a pěstuje se jako kořenová zelenina. Složení řepy závisí na kvalitě půdy, klimatických podmínkách a na množství semínek v rostlině.

Hlavní složkou je řepná šťáva, která tvoří přibližně 90,0% hmotnosti bulvy a skládá se z vody, necukrů (celulózy, hemicelulózy, pektinu) a sacharózy (6,0 %). Bulvy červené řepy obsahují málo bílkovin (jen 1,0 %) a tuků, ale jsou bohaté na sacharidy. Červená řepa je zdrojem vlákniny, důležité pro správnou funkci trávicího traktu. Obsah lipidů se pohybuje mezi hodnotami 0,01 až 0,03 %. Důležitý je obsah kyseliny listové (109,0 µg) a stopových prvků cesia a rubidia. Antioxidant betain se používá jako přírodní červené barvivo v potravinářství. V řepě se nachází velké množství vitamínu B a C, jejichž přítomnost se při sušení sníží na 70,0 %.

Červená řepa má hodně pozitivních vlastností. Je prevencí před vznikem rakoviny, může do jisté míry oddalovat a zmírňovat projevy sklerózy a demence, zlepšuje činnost srdce, snižuje krevní tlak, snižuje hladinu cholesterolu, pročišťuje krev a obsahuje mnoho antioxidantů, které likvidují volné radikály [42].

### 1.6.8 Banány

Banány pocházejí ze Střední Ameriky a patří do čeledi banánovníkovitých (*Musaceae*). Jejich hlavní složkou je voda, která tvoří 75,0 % z celkové rostliny. Obsah bílkovin a tuků je minimální, ale obsah cukru představuje 20,0 %. Banány čistí organismus, podporují vstřebávání živin, jsou zdrojem vitamínů (hlavně vitamínu C a neobsahují vitamín D ani vitamín B12), minerálů (jako draslík, hořčík, fosfor a vápník) a enzymů, které brzdí proces stárnutí buněk.

Díky vláknině, obsažené v banánech, se snižuje hladina cholesterolu, zlepšuje se ochrana střev proti rakovině a dochází ke stabilizaci hladiny krevního cukru [43].

## 1.7 Mouka a její složení

Podle Vyhlášky 18/2020 Sb. se moukou rozumí mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže. Je tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilovin, pseudoobilovin nebo rýže.

Pro výrobu pečiva je jako základní surovinou mouka. Je zodpovědná za strukturu pečiva a v kombinaci s vodou tvoří viskoelastické těsto. Samotná technologie je založena na mechanickém zpracování surovin, dezintegraci a třídění.

Hlavní složku mouky tvoří škrob cca 75,0 %, bílkoviny 10,0–13,0 % a voda (maximálně 14,0 %). U obilných mouk značně závisí konečný obsah proteinů a minerálních látek na stupni vymletí. Obsažen je zde především fosfor, železo, vápník, hořčík, draslík a zinek. Obsah vlákniny je u každé obiloviny jiný, ale v pšeničné bílé mouce je nejmenší podíl ze všech. Obiloviny obsahují vitamíny skupiny B a vitamín E (nacházející se pouze v obilných klíčcích).

Funkčnost mouky ovlivňují bílkoviny a vlastnost lepku. Nejdůležitější vlastnosti mouky: schopnost vázat vodu, doba vývinu těsta a stabilita těsta. Tyto vlastnosti zásadně ovlivňují kvalitu pečiva [44].

## 1.8 Lepek

Lepek je klíčovou obilnou bílkovinou, která je ve vodě nerozpustná (je nalezená proteinová matrice pro ukládání dusíku v pšenici a obilovinách) a skládá se ze dvou bílkovin: prolaminu a glutelinu. Může vyvolat řadu nefyziologických reakcí, a tedy pak i nemocí. V pšenici se prolamin nazývá gliadin-nositel tažnosti a glutelin-nositel pružnosti [45,46,47].

Gliadiny jsou monomerní, vysoce viskózní bílkoviny prolaminového typu ( $\alpha/\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$  1, 2, 5 gliadiny), bohaté na dvě aminokyseliny, prolin a glutamin. Gluteniny jsou vysoce elastické proteiny tvořící polymerní síť, jejichž struktura je uvnitř stabilizována vodíkovými, iontovými a disulfidovými vazbami [46,47].

### 1.8.1 Výskyt lepku v potravinách

Každé obilné zrnko se skládá ze tří částí: obal neboli povrchová vrstva, bílkovinný obsah – lepek a klíček [48].

Trávení lepku probíhá v tenkém střevě působením trávicích enzymů, které rozkládají bílkoviny na menší části – peptidy. Kvůli velké rezistentnosti prolaminu a glutaminu vůči enzymům žaludku se trávení lepku stává problematickým. Vzniklé peptidy u některých osob, které mají vrozenou náchylnost k těžkému trávení lepku nebo ho vůbec nemohou vstřebávat, vyvolávají specifickou imunitní odpověď střevní sliznice, která vede k tvorbě určitých protilátek. Při opakované konzumaci potravin majících v sobě lepek dochází k alergické reakci, což způsobuje zánět střevní sliznice a vede k dalšímu narušení trávicího systému [46,49].

Časté příznaky alergické reakce na lepek jsou průjem, zvracení, svědivá vyrážka na pokožce, křeče, únava, bolest kloubů i výrazné zhubnutí. Také se může vyskytnout onemocnění jako celiakie, Duhringova dermatitida, neceliakální glutenová senzitivita, glutenová ataxie, které se liší různým průběhem, dietními protokoly, prognózami i komplikacemi. V současné době nesnášenlivost lepku je onemocnění, proti kterému nemáme lék. Jediná varianta pro pacienty trpící tímto onemocněním je dodržování bezlepkové diety a velmi pečlivé sledování složení používaných potravin.

Pečivo vyrobené z pšeničné, žitné nebo ovesné mouky, ovesné vločky, kroupy, omáčky jsou největším a nejčastějším zdrojem lepku. Bezlepkové potraviny se značí obvykle logem přeškrtnutého klasu nebo slovně „přírodně bezlepkové“ [50,51].

## 1.9 Netradiční druhy mouky

Jak bylo zmíněno, dle Vyhlášky 18/2020 Sb. je za mouku považován mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilovin, pseudoobilovin nebo rýže. V dalším textu se sice nejedná o „mouku“ podle vyhlášky, ale o známý a rozšířenější název netradičních druhů prášků.

### 1.9.1 Kaštanová mouka

Velmi známá pochoutka ve střední Evropě – jedlý kaštan, z jehož plodů se vyrábí kaštanová mouka. Tento druh je přirozeně bezlepkový, proto může být použitelný pro pacienty s celiakií a cukrovkou.

Proces výroby mouky se začíná mletím plodů, jejich následným vysušením /při teplotě 47 stupňů Celsia po dobu 16 dnů/ a zbavením tvrdé slupky. Proto tato mouka nemá předpokládanou tmavou barvu, ale je poměrně světlá. Ovšem vůni a chuť si zachovává [52].

Kaštanová mouka je plná minerálních látek – mangan, měď, zinek a draslík, které pomáhají proti únavě i stresu, podporují nervový a imunitní systém a přispívají k normálnímu energetickému metabolismu. Sekundární metabolity rostlin – polyfenoly, které obsahují několik antioxidantních sloučenin, se podílejí na prevenci nebo léčbě chronických onemocněních u lidí. Vitamíny B, K, C (kaštany mají srovnatelný obsah jako např. citróny) jsou významnou složkou tohoto druhu mouky. Ta také obsahuje kyselinu listovou. Navíc se ve většině případů obsah jednotlivých kyselin ve výrobku zvyšuje přidáním kaštanové mouky. Obsahuje malé množství jednoduchých cukrů, které nemají vliv na kolísání hladiny krevního cukru [53].

Extrakt z kaštanové mouky prokázal příznivé účinky na atrofii kosterního svalstva in vitro. Se zvyšujícím se počtem lidí, kteří mají alergii na lepek, se zvyšuje poptávka po kaštanové mouce a výrobcích z ní (např. chleba a těstoviny) [33].

### 1.9.2 Jablečná mouka

Jablečná mouka se vyrábí z celých, nezralých jablek bez semen a stopek, které se nakrájejí na kostky, usuší se po dobu cca. 4 hodin a rozemelou se. Důležité je říci, že každé jablko má v sobě okolo 85,0% vody, což znamená jejich velkou spotřebu. Pro výrobu jednoho kila jablečné mouky používáme 10 kg celých jablek. Po usušení stačí jablka rozemlít na potřebnou hrubost, tím je mouka hotová a nemá v sobě žádné přísady.

Při sušení se musí dodržovat správný technologický postup, aby si mouka uchovala původní chuť a aroma a aby v ní zůstaly všechny vitamíny a minerály. Dále je možné mouku použít místo cukru jako přirozené sladidlo. Mouka je zdrojem pozitivně působících antioxidantů, obsahuje vitamín C. Fenolové sloučeniny, které se nachází ve velkém množství v jablkách, mají širokou škálu biologických vlastností, jako jsou antioxidanty, antimikrobiální, antifungální a antikarcinogenní vlastnosti.

Jablečná vláknina se vyrábí z vylisovaných jablek a slupek, které se usuší a poté najemno namelou. Tato vláknina má pozitivní účinky v oblasti obnovy mikroflóry a čištění střev [54,55].

### **1.9.3 Hořčičná mouka**

Při výrobě hořčičného oleje dochází ke vzniku výlisků, které se používají na přípravu hořčičné mouky. Tato rostlina má významnou vlastnost – vytvářet i při malém množství silnou a výraznou chuť a regenerovat přesycený organismus.

Hořčice je bohatým zdrojem železa, hořčíku a sodíku. Převládajícím vitamínem je vitamín C a důležitou roli hrají flavonoidy, lykopen a tokoferoly (působí jako konzervační prostředek proti žluklosti), kyselina olejová a linolová. Hlavní složky jsou sacharidy (11,7 g), proteiny (6,2 g), tuky (6,1 g). Hořčice je přirozeně bezlepková a je vhodná pro bezlepkovou dietu.

Hořčičná mouka se používá jako přísada, protože přispívá k delší trvanlivosti hotových potravin a jako antimikrobiální látka díky svému přirozenému původu [56,57].

### **1.9.4 Konopná mouka**

Konopné semínko je přirozeně bezlepkové a vhodné pro bezlepkovou dietu. Výroba mouky začíná odtučněním konopného semínka, tím se prodlouží její trvanlivost a vstřebatelnost látek. Poté následuje proces pražení, které zvyšuje antioxidační aktivitu semen, a tím se vytvářejí nové složky s antioxidační aktivitou prostřednictvím Maillardovy reakce. Dále následuje jemné namletí.

Tato mouka je velmi zajímavá nutričně, obsahuje značné množství bílkovin (asi 34,0 %). Má extrémně vysoký obsah vlákniny, vitamíny skupiny B, A, C, E a stopové prvky: vápník, hořčík, draslík, železo, fosfor a zinek., obsahuje také kyselinu listovou. Konopná semínka obsahují olej (více než 30,0 %) s podstatným množstvím polynenasycených mastných kyselin, kde poměr omega-6 k omega-3 v rozmezí 2:1 se považuje za optimální pro lidské zdraví.

V semínku je obsaženo 20 aminokyselin – z toho 8 patří mezi V semínku je obsaženo 20 aminokyselin – z toho 8 patří mezi kyseliny esenciální, které si organismus sám vytvořit neumí a může je získat pouze prostřednictvím potravy. Řada konopných bioaktivních látek/ flavony, polyfenoly, albumin, edistinové proteiny a fenolické sloučeniny/, je účinná při prevenci běžných nemocí, jako je rakovina, neurodegenerativní choroby a gastrointestinální poruchy. Kombinace těchto látek snižuje hladinu cholesterolu a zlepšuje imunitu.

Konopí je často spojováno s psychoaktivními složkami a výrobou drog – hašiše a marihuany. Je důležité říci, že ve vyrobené mouce žádné psychoaktivní látky již nejsou-[58].

### **1.9.5 Čočková mouka**

V dnešní době je čočka známá jako přirozeně bezlepková a je rozšířená po celém světě. Má mnoho využití v kuchyni: je vhodná pro sladké i slané pečení, používá se na zahuštění polévek a omáček, může být využívána na obalování a pečení sušenek a muffinů.

Čočka je důležitý zdroj výživy, podporuje trávicí systém, snižuje hladinu cukru v krvi a ochraňuje před kardiovaskulárními nemocemi i rakovinou. Obsahuje velké množství bílkovin (24,0 %) a vlákniny. Je bohatým zdrojem železa, selenu, fosforu, zinku a vitamínu B6.

Čočka má výbornou vlastnost pro lidský organismus. Je nejlépe stravitelná ze všech luštěnin, což napomáhá trávicímu traktu a snižuje jeho zatížení [59].

### **1.9.6 Hrachová mouka**

Hrachová mouka je přirozeně bezlepková a může být použita pro bezlepkovou dietu, má všestranné využití při vaření nebo pečení. Výroba této mouky se uskutečňuje semletím sušeného hrachu. Velmi důležité je čištění kvůli jeho nepříjemnému zápachu.

Hrachová mouka je velmi dobrým zdrojem bílkovin (25,0 %), vlákniny (15,0 %), sacharidů a je bohatá na antioxidanty. Aminokyseliny jako je lysin a minerální látky – hořčík, fosfor a draslík jsou součástí složení. Také bylo prokázáno pre-biotické působení hrachu na lidský organismus. Škrob – nejhojnější složka hrachové mouky – hraje hlavní roli v potravinovém systému. Používá se například k výrobě bezlepkových potravin, krmiv pro zvířata a dalších potravinových receptur.

Velký význam mouky z hrachu spočívá v jeho schopnosti snižovat hladinu cholesterolu a stabilizovat hladinu krevního cukru u diabetiků [60,61].



### 1.9.7 Mouka z červené řepy

Bezlepková mouka z červené řepy se vyrábí z plodu červené řepy. Nejprve se řepa umyje, blanšíruje, krájí a suší. Mouka vzniká namletím produktu.

Červenou barvu řepy vytváří červený betacyanin a žlutý betaxanthin ze skupiny pigmentů betalain nebo betain, který obsahuje antioxidanty, protizánětlivé a protirakovinné sloučeniny. Díky obsahu řady minerálů jako mangan, sodík, draslík, hořčík, železo a měď má mnoho pozitivních účinků na člověka. Povzbuzuje srdeční činnost a podporuje krevtvorbu, což je prevencí proti anémii.

Mouku lze přidat jako přírodní barvivo nebo ochucovadlo do polévek, omáček a koláčů [62].

### 1.9.8 Banánová (plantejnová) mouka

Banánová mouka je vyrobená z plantainu (*Musa paradisiaca*) - zelených banánů, které jsou dostupné po celý rok. Původem jsou z Indie a jihovýchodní Asie. Zelené banány jsou oloupany, nakrájeny, dehydratovány a poté namlety.

Díky svým výjimečným vlastnostem všestranného použití je banánová mouka vhodná pro výrobu vanilkového krému a omáček. Banánovou moukou můžeme nahradit až 30,0% jiné mouky při pečení chleba. Ten pak bude mít vyšší obsah živin a bude velmi dobře snášen alergiky i lidmi s bezlepkovou dietou.

Banány obsahují hodně složitých škrobů a vlákniny, vitamíny B<sub>6</sub>, C, K a také beta-karoten a kyselinu listovou. Z minerálů jsou v nich obsaženy železo, hořčík, zinek, jód, fosfor a selen [63,64].

## 1.10 Voda v potravinách

Voda je jedna z nejdůležitějších anorganických složek na naší planetě a je obsažena prakticky ve všech potravinách. Vyskytuje se v nich v různém množství a v různých formách. Pro normální funkce většiny živých organismů spolu s bílkovinami, lipidy a vitamíny je voda nezbytná. Voda je jedním ze znaků kvality potravin, protože její vysoký obsah v potravinách má negativní vliv na jejich trvanlivost. Rozdílné chemické složení surovin obsažených v potravinách (živočišné tkáně a rostlinná pletiva), druh zpracování a podmínky skladování způsobují variabilitu vody [65].

Díky svým fyzikálněchemickým vlastnostem se uplatňuje zejména:

- v tepelném hospodářství organismů
- jako transportní medium živin, produktů metabolismu a respiračních plynů
- jako rozpouštědlo nebo dispersní prostředí
- jako látka účastnící se reakcí

Voda tvoří 50,0–90,0 % potravin a zbytek se nazývá sušina. V moukách je podíl vody mnohem nižší – 9,0–14,0 %.

Ke změnám v obsahu vody dochází v potravinářských surovinách a potravinách téměř při všech způsobech skladování, během všech způsobů kulinárního nebo technologického zpracování. Důležité je, že při tepelném zpracování potravin sušením, vařením, pečením, smažením apod. se obsah vody zpravidla snižuje [65].

### **1.10.1 Druhy vody v potravinách**

Existuje několik klasifikací vody, která je obsažena v potravinách. Do dnešního dne nemáme jednotnou specifikaci tohoto dělení. Podle starodávné klasifikace dělíme vodu na volnou a vázanou, dle nové klasifikace můžeme vyčlenit ještě vodu hydratační.

Určité množství (90,0–96,0 %) může představovat tzv. volná voda. Je složena pouze z molekul vody, a zachovává si tedy svoje obvyklé fyzikálněchemické vlastnosti, např. bod tání, bod varu nebo hustotu. Část této vody je absorbována na povrchu makromolekulárních látek, jako např. škrob, celulóza, pektiny a proteiny. Tato voda je na povrch makromolekul vázána pomocí slabých nekovalentních interakcí, jako jsou vodíkové vazby nebo Van der Waalsovy síly. Charakteristické pro volnou vodu je to, že ji lze z potravin relativně lehce odstranit, obvykle jednoduchým vysušením [66].

V množství asi 0,0–1,0 % z celkového obsahu vody je voda velmi pevně vázaná a nachází se v blízkosti molekul organických látek. Tato voda je vázaná hlavně v chemisorpci, nemá funkci rozpouštědla a vykazuje sníženou pohyblivost v porovnání s hlavním podílem vody v potravině.

Další podíl vody v množství 1,0–5,0 % z celkového obsahu se označuje jako voda vícevrstvá. Může tvořit vrstvy kolem monomolekulární vrstvy vody. V těchto vrstvách již převládají vzájemné vodíkové vazby mezi molekulami vody. Tento druh se podílí hlavně na fyzikální sorpci jako kapilární síly.

Stanovení vody může být významným ukazatelem jakosti a trvanlivosti výrobku [22].

### **1.10.2 Funkce vody v potravinách**

Voda hraje významnou roli v mnoha faktorech týkajících se potravin. Jsou jimi: textura, vzhled, chuť a celková kvalita. Je nutné obsah vlhkosti v potravinách znát kvůli způsobu zpracování / např. sušení či balení do obalů/ a kvůli schopnosti vody už v malém množství (okolo 1,0–2,0 %) ovlivňovat udržitelnost potravin. Voda v některých případech funguje jako tenká povrchová bariéra mezi vzdušným kyslíkem a potravinou a tím prodlužuje trvanlivost potravin.

Stabilita výrobku závisí na biochemických reakcích a mikrobiálním růstu. Pokud se podaří snížit množství těchto reakcí, surovina bude degradovat pomaleji. Pro dobrý výsledek je třeba posílit vazby vodíku (vodíkové můstky mezi molekulami vody) v molekule vody. Mobilita vody a její dostupnost pro biochemické reakce jsou závislé na typu interakce s rozpuštěnými látkami [66].

Jedna z důležitých funkcí vody je funkce rozpouštědla, kdy smícháním vody a rozpuštěné látky vznikají roztoky, koloidní disperze, suspenze nebo emulze, lišící se od sebe velikostí rozpuštěných částic.

Další funkcí vody je schopnost přenášet teplo. Díky svým termodynamickým vlastnostem se voda stává dobrým teplonosným médiem, který je netoxický, nehořlavý a velmi levný [67,68].

### **1.10.3 Stanovení vody v potravinách**

Stanovení vody může být významným ukazatelem jakosti a trvanlivosti výrobku (22). Nejlehčí operace při stanovení obsahu vody (či vlhkosti) v potravinářství je sušení. Provádí se pomocí porcelánového kelímku nebo vysušené a předem zvážené hliníkové misky z inertního materiálu.

Postup této metody spočívá nejdříve ve vhodné úpravě vzorku (homogenizace), potom následuje sušení malého množství (5,0–10,0 g) navážky v elektrické sušárně při teplotě 105 °C. Suší se několik hodin a do dosažení konstantní hmotnosti vážení. Vzorek sušíme tak dlouho, dokud rozdíl mezi dvěma posledními váženími není nižší než 1,0 mg. Z takto upraveného vzorku spočítáme množství vody v procentech, které se rovná rozdílu hmotnosti vzorku před vysoušením a po vysoušení \*100 % (65).

## 1.11 Aktivita vody

Je důležité říci, že termín aktivita vody není totožný s pojmem obsah vody v potravinách, který určuje obsah celkové, tj. volné i vázané vody v potravine.

Vodní aktivita ( $a_w$ ) je „volná“ voda, což znamená, že není chemicky vázaná a je silně závislá na teplotě. Rozhoduje o tom, může-li být voda použita k chemickým a biologickým reakcím. Při nárustu teploty a neměnném obsahu vody aktivita vody roste. Ale pokud je aktivita vody konstantní a zvýší se teplota, voda se z potraviny začne uvolňovat [66].

Její definice (10) spočívá v poměru tlaku vodních par potraviny k tlaku par destilované vody při určité teplotě:

$$a_w = \frac{p}{p_o} = \frac{n_1}{n_2} + n_2 \quad (10)$$

$a_w$  je aktivita vody,  $p$  je parciální tlak vodní páry nad roztokem,  $p_o$  je parciální tlak vodní páry nad čistou vodou při konstantní teplotě,  $n_1$  počet molů rozpouštědla,  $n_2$  je počet molů roztoku.

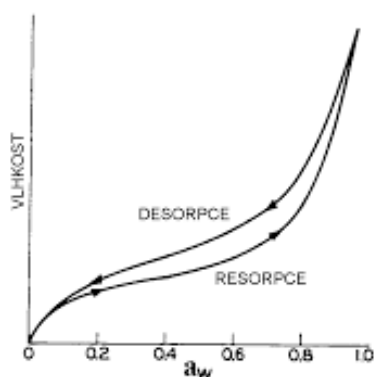
Vodní aktivita ovlivňuje texturu, barvu, chuť, nutriční hodnoty a trvanlivost produktů. Její hodnoty se pohybují od 0,00 pro suchou látku do 1,0 pro destilovanou vodu [69].

Kvůli integraci se složkami obsaženými v potravine obsah vody neudává, zda je to stabilní produkt.

Potraviny se podle vodní aktivity dělí na tři základní skupiny – potraviny velmi vlhké (high moisture foods) s  $a_w$  1,00–0,90, potraviny středně vlhké (intermediate moisture foods) s  $a_w$  0,90–0,60 a potraviny suché (low moisture foods) s  $a_w$  <0,60.

Nejlépe vztah mezi obsahem vody a aktivitou vody popisuje sorpční izoterma vlhkosti v potravinách neboli sorpční izoterma vodních par dané potraviny při konstantní teplotě, udávající závislost obsahu vody na její aktivitě. Stanovuje se experimentálně zvlášt' pro každou potravinu. Různé druhy výrobku mají různý tvar izotermy, protože suroviny se za konstantní teploty dostanou do rovnovážného stavu při různé relativní vlhkosti. Po dosažení rovnovážného stavu probíhá analýza na obsah vody.

Většina sorpčních izoterm byla sestavena podle Iglesiasa a Chirifeho v roce 1982. Jedná se o křivky, ze kterých jedna představuje proces vlhnutí neboli absorpci a druhá, kdy se vlhkost ztrácí, tedy desorpci. Na **obrázku 5** vodorovná osa zobrazuje relativní vlhkost prostředí, svislá osa odpovídá hmotnostní či objemové vlhkosti materiálu [65,66].



**Obrázek 5** – Sorpční izotermy [66]

Resorpce – při stejném obsahu vody je aktivita vody vyšší

Desorpce – při stejném obsahu vody je aktivita vody nižší

Důvody k měření izoterm:

- Stanovení vlhkostní citlivosti produktu
- Předvídat možné změny stability potravin
- Stanovení způsobu skladování a výběr vhodného balení
- Úprava řízení procesu sušení
- Stanovení kritické vodní aktivity pro křupavost a tvrdost
- Maximalizace obsahu vody při zachování bezpečné vodní aktivity úpravou receptury
- Stanovení kritické vodní aktivity pro fázové přechody
- Stanovení vztahu mezi vodní aktivitou a teplotou krystalizace [70,71]

### 1.11.1 Metody měření aktivity vody

Existuje několik metod pro měření vodní aktivity jako například manometrická metoda, která spočívá v přímém měření tlaku vodní páry ve vakuovaných nádobkách pomocí manometru. Měřený vzorek, který je ve speciální nádobce, prochází vakuováním a izolací, po které po ustavení rovnováhy budeme mít výšku rtuťového sloupce ( $\Delta h_1$ ) a tlak těkavých látek a plynů z nádoby ( $\Delta h_2$ ). Pomocí těchto naměřených veličin lze vypočítat aktivitu vody (11).

$$a_w = \frac{[h_1 - h_2] \cdot \rho \cdot g}{p_w^v} \quad (11)$$

kde  $a_w$  je aktivita vody,  $h_1$  a  $h_2$  jsou výšky sloupce Hg,  $\rho$  je hustota,  $g$  je tíhové zrychlení a  $p_w^v$  je tenze par čisté vody [71,72].

Další metody (nepřímé) hydrometrické:  $a_w$  zjistíme pomocí měření relativní vlhkosti elektrickým vlhkoměrem po dosažení rovnováhy mezi vzorkem a vzduchem v uzavřené nádobce.

Existuje také metoda kryoskopie (stanovení bodu tuhnutí), která je velmi přesná, ale může být používána jen u tekutých látek, a to kvůli využívání hodnot nižších než pokojová teplota.

Elektrochemické metody využívají přenos elektrického náboje přes rozhraní mezi fázemi, z nichž alespoň jedna musí být iontovým vodičem elektrického proudu. Pomocí změn elektrochemických vlastností v čidle tvořeném chloridem lithným, které nastávají po ustavení rovnováhy mezi obsahem vlhkosti v potravině a okolním vzduchem, lze vyvést elektronickým převodníkem hodnotu  $a_w$  [72].

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 Přístroje a pomůcky

Digitální analytické váhy KERN 220-4M (Kern & Sohn GmbH, Balingen, Německo)

Váhy KERN 440-33 (Kern & Sohn GmbH, Balingen, Německo)

Sušárna Heratherm AP-OMH180 (Thermo Fisher Scientific s. r. o., Brno, ČR)

UltraScan VIS (HunterLab, USA)

AquaLab TDL Water Activity Meter (METER Group, Inc USA)

DATA Logger LOG 32 (DOSTMANN Electronic GmbH, Waldenbergweg, Švýcarsko)

### 2.2 Příprava sušenek

V této práci byly použity vzorky rostlinných prášků (mouky: řepná, konopná, jablečná, kaštanová a plantainová), které byly zakoupeny u firmy MOUKY.cz.

Podle **Tabulky 2**, dle výroby sušenek byla zvolena základní receptura: 350 g polohrubé mouky, 130 g másla, 150 g cukrové moučky, 2 žloutky z vajec a 6 g prášku do pečiva.

Tato základní receptura byla použita pro kontrolní vzorek. Dále byla receptura modifikovaná s tím, že se mění obsah pšeničné mouky, která byla zčásti nahrazena jinými druhy mouk. Ostatní suroviny byly ve stejném množství. Mezi tyto alternativní druhy mouk patří: řepná, konopná, jablečná, kaštanová a plantainová. Pomocí upravené receptury byly vytvořeny ostatní vzorky.

**Tabulka 2** – Základní a modifikované receptury pro výrobu sušenek

	<b>Kontrolní</b>	<b>Experiment</b>
<b>Polohrubá pšeničná mouka (Belbake, Lidl Stiftung, Německo)</b>	350 g	297,5 g
<b>Rostlinný prášek</b>	X	52.5 g (15 %)
<b>Máslo 82 % (Pilos, Lidl Stiftung, Německo)</b>	130 g	130 g
<b>Cukr moučka (Belbake, Lidl Stiftung, Německo)</b>	150 g	150 g
<b>Žloutky (Lidl Stiftung, Německo)</b>	2 ks	2 ks
<b>Prášek do pečiva (Dr. Oetker, Bielefeld, Německo)</b>	1/2	½

Nejprve byly všechny suroviny zváženy a smíchané podle receptury. Viz. **Tabulka 2**. Těsto bylo mícháno, dokud nebylo zbaveno hrudek. Dále bylo těsto zabaleno do potravinářské fólie a ponecháno v ledničce 1,5 h. Potom bylo těsto rozváleno na placku o definované tloušťce (0,5 cm), byl vykrojen kulový tvar o průměru 3 cm a sušenky se pekly při 190 °C cca 10 min. Stejným způsobem bylo uděláno těsto a upečeny sušenky z rostlinných druhů mouky. Z celé dávky každého těsta bylo upečeno cca 25–30 sušenek, které byly až po vychladnutí roztříděny tak, že pět sušenek různé barvy z každého druhu mouky bylo vloženo do sáčků a ponecháno na světle po dobu 48 hodin, dalších pět sušenek různé barvy z každého druhu mouky bylo vloženo do sáčků a ponecháno na stejnou dobu ve tmě. Stejně počty sušenek byly vzaty a ponechány na plechu bez jakéhokoliv obalu ve tmě a na světle po dobu 48 hodin.

Na měření barevnosti byly vzaty tři sušenky různé barvy z každého druhu mouky.

Pro měření  $a_w$  byly vzorky zhomogenizované, promíchané mezi sebou a nasypané do speciálních krabiček.



### 2.3 Měření $a_w$

Aktivita vody byla měřena na přístroji AquaLab TDL Water Activity Meter při 25 °C, kdy bylo dáno na misku pro měření aktivity vody takové množství vzorku, aby bylo zaplněno dno. Pomocí pinzety byla miska se vzorkem vložena do tohoto přístroje a po ustanovení rovnováhy (cca 3 min.) byla odečtena hodnota aktivity vody vzorku. Hodnoty  $a_w$  byly měřeny pro čerstvě připravené sušenky (po vychladnutí) a po skladování. Každý typ sušenek byl změřen celkem ve třech opakováních. Výsledky jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr se standardní odchylkou měření.

### 2.4 Měření barevnosti

Pro měření barevného spektra zkušebních vzorků byl použit UltraScan VIS s integrační koulí v geometrii  $d/8^\circ$  a standardizovaným osvětlením D65. Před měřením bylo nutné měřicí přístroj standardizovat. Barva byla měřena v odraženém světle v režimu zahrnující složku přímého odrazu. Standardizace byla provedena vždy stejným způsobem podle předepsaného postupu v technických listech. Po zapnutí přístroje byla nejdříve provedena kalibrace na černou barvu tak, že do přístroje byla umístěna speciální černá kalibrační destička (**Obrázek 6** vlevo). Stejným způsobem byl přístroj standardizován na bílou barvu pomocí bílé kachle (viz **Obrázek 6** vpravo). Po dokončení těchto dvou kalibrací bylo již prováděno měření vzorků tak, že každý vzorek byl postupně přitisknut k okénku a bylo použito odpovídající tlačítko.



**Obrázek 6** – Kalibrační destičky

Vlevo je Light Trap Standard – destička pro kalibrace bílé barvy

Vpravo je Instrument Standard – destička pro kalibrace černé barvy

U všech vzorků byly měřeny parametry barevnosti  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$ ,  $C^*$  a  $h^\circ$ , a to jak u čerstvých vzorků, tak u vzorků po uskladnění. Každý typ sušenky byl změřen minimálně třikrát a výsledky byly uvedeny jako aritmetický průměr se standardní odchylkou měření.

Naměřená data pak byla vložena do programu Microsoft Office Excel, v němž byly jednotlivé hodnoty upraveny a připraveny pro své další zpracování.

## **2.5 Měření vlhkosti prostředí**

Vlhkost prostředí byla měřena pomocí přístroje DATA Logger LOG 32 ve tmě a na světle při 25 °C. Data byla následně převedena do programu Microsoft Office Excel.

## **2.6 Zpracování a hodnocení získaných údajů**

Všechna data byla zpracována v programu Microsoft Office Excel. V tomto programu docházelo k vyhodnocování dat. Výsledky byly vyjádřeny jako aritmetický průměr  $\pm$  standardní odchylka.

Ze získaných hodnot se určily průměrné hodnoty jasů ( $L^*$ ), sytosti ( $C^*$ ), odstínu ( $h^\circ$ ) a barevných os ( $a^*$ ,  $b^*$ ). Jas značí světlost vzorků, sytost pak udává, jestli sledovaná barva obsahuje příměsí neutrální šedé nebo bílé. Odstín udává vlastnost barvy, která dává barvě základní pojmenování, a barevné osy poté zobrazují barevnou škálu jednotlivých vzorků.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Po upečení bylo vidět, že sušárna nesuší rovnoměrně (**Obrázek 7**), proto byly vybrány tři vzorky tak, aby byly zastoupeny barvy s co největším subjektivním rozdílem. Z každé trojice měření byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka.

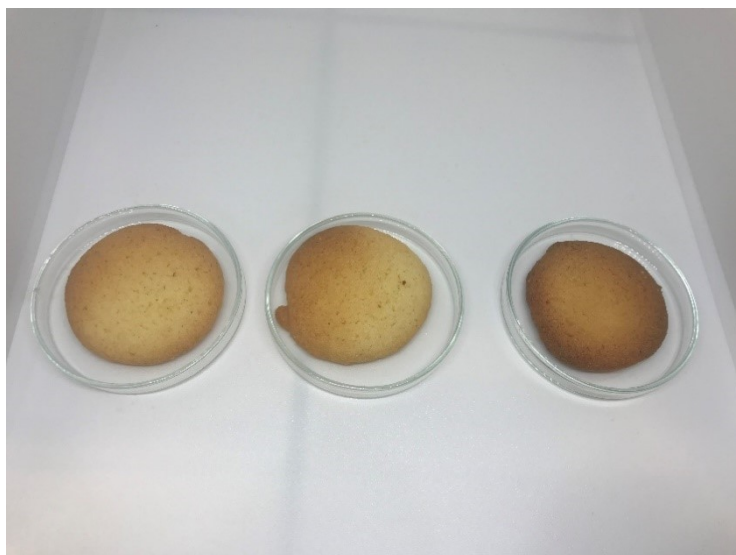
Je důležité uvést možný vliv Maillardovy reakce (neenzymové hnědnutí potravin, způsobené projevem změn probíhajících při tepelném zpracování potravin). Ta mohla způsobit tmavší vzhled, který může být i výsledkem karamelizační reakce probíhající během pečení. Tyto reakce jsou ovlivňované řadou faktorů, jako je aktivita vody, pH, teplota, obsah cukrů, typ a poměr aminosloučenin. Rozdíl v barvě sušenek může také souviset s rozdílem mezi barvou pšeničné mouky (bílá) a jiným zbarvením ostatních mouk [73].

#### 3.1 Měření po upečení

Byla změřena celková barevnost každého vzorku a vypočítán aritmeticky průměr se směrodatnou odchylkou. Dále výsledky byly porovnané s vědeckými výzkumy.

##### 3.1.1 Kontrolní vzorek

Vzhledově jsou sušenky na **Obrázku 7** světle žluté s přechodem až do hnědé barvy a mají křehkou strukturu.



**Obrázek 7** – Sušenky s přidavkem pšeničné polohrubé mouky

Po měření na spektrofotometru byly získány výsledky viz **Tabulka 3**

**Tabulka 3** – Barevnost kontrolního vzorku

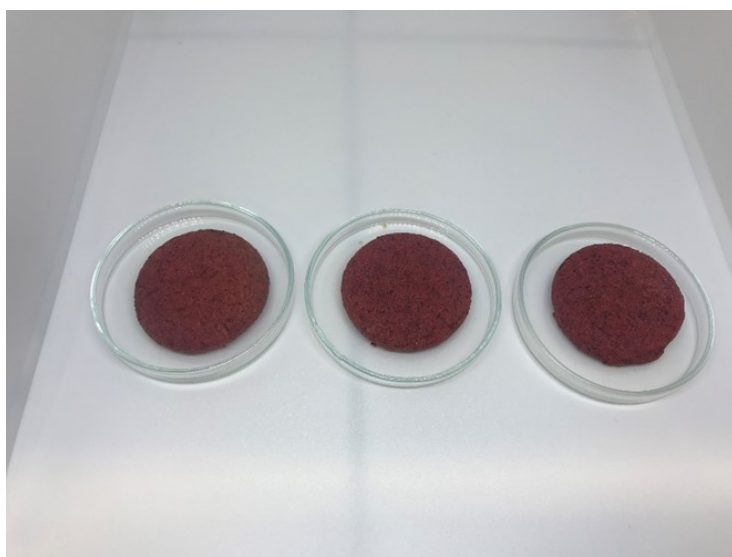
Průměr	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
vzorek	70,1±4,1	11,3±3,1	38,1±0,4	39,8±4,1	73,5±1,4

Jedná se o aritmetický průměr ± standardní odchylka (N=počet měření)

Hodnota jasů je 70,1, to znamená, že vzorek na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) spadá do světlejší části škály. To odpovídá vizuálnímu hodnocení. Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) nabývá kladných čísel. Jeho hodnota je 11,3 a nachází se v červené oblasti. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) máme hodnotu 38,1, která je ve žluté oblasti, což odpovídá typu vyrobeného produktu.  $C^*$  = síla nebo čistota barvy (množství šedi v poměru k odstínu), kde 0 je (šedá) a 100 (plně sytá barva). Její hodnota je 39,8. To znamená, že vzorek se blíží víc k šedé části. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  je 73,5° (odpovídá žluté barvě).

### 3.1.2 Vzorek s přidavkem řepné mouky

Vizuálně je barva sušenek na **Obrázku 8** růžově-červená s malým hnědnutím po okrajích.



**Obrázek 8** – Sušenky s přidavkem řepné mouky

Po měření na spektrofotometru byly získány výsledky viz. **Tabulka 4**

**Tabulka 4** – Barevnost řepného vzorku

Průměr	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
vzorek	42,1±3,3	24,9±2,6	20,4±0,7	32,2±3,3	39,4±2,4

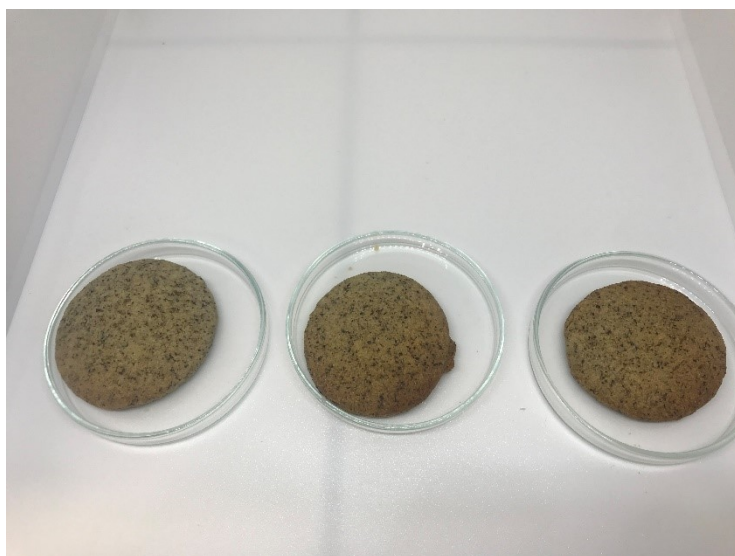
Jedná se o aritmetický průměr ± standardní odchylka (N=počet měření)

Hodnota jasu je 42,1 na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá), odpovídá tedy světlejší části škály. Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) nabývá kladných čísel. Jeho hodnota je 29,9 a nachází se v červené oblasti. To odpovídá vizuálnímu hodnocení. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) máme hodnotu 20,4, která je ve žluté oblasti. Hodnota  $C^*$  se rovná 32,2 a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  je 39,4°.

Ve své práci F. Aulia a W. B. Sunarharum provedli podobné zkoumání vlivu přísadků řepné mouky na kvalitu sušenek a zjistili, že prášek má obecně nižší světlost ( $L^*$ ), ( $a^*$ ) a vlhkost, ale zároveň došlo k malému zvýšení žloutnutí ( $b^*$ ). Během procesu ohřevu docházelo ke snížení výraznosti červené barvy nebo se objevovaly změny barvy na jasně žlutou, a to kvůli Maillardově reakci, ke které docházelo v důsledku oxidace lipidů a interakci mezi aminokyselinami a produkty oxidace lipidů. Čím vyšší je podíl prášku z červené řepy, tím více se snižují  $L^*$  a  $b^*$  hodnoty při zvyšování  $a^*$ . Výsledky také ukázaly, že sušenky měly větší hodnotu  $a^*$  než  $b^*$  kvůli obsahu pigmentu betalainu, který přispívá k červené barvě a je stabilní při teplotě pod 40 ° C. Bylo zjištěno, že vyšší obsah červené řepy snižuje tvrdost a lámavost cukrovinek z červené řepy, zatímco vlhkost klesá [62].

### 3.1.3 Vzorek s přísadkem konopné mouky

Vizuálně je barva sušenek na **Obrázku 9** šedo-zelená s hnědnutím u krajů.



**Obrázek 9** – Sušenky s přísadkem konopné mouky

Po měření na spektrofotometru byly získány výsledky viz. **Tabulka 5**

**Tabulka 5** – Barevnost konopného vzorku

Průměr	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
vzorek	50±2,5	6,4±3	24,9±2,9	18,6±2,5	76,1±3,5

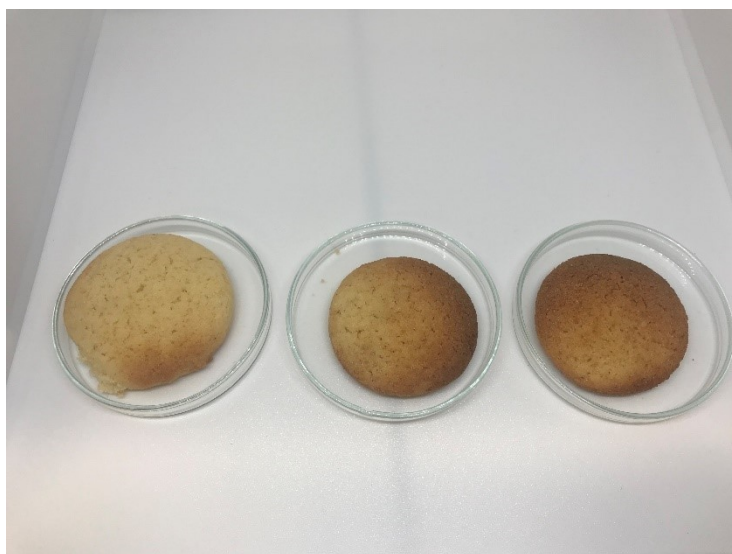
Jedná se o aritmetický průměr ± standardní odchylka (N=počet měření)

Hodnota jasu je 50 na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá), a proto odpovídá světlé části škály. Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) nabývá kladných čísel (6,4) a nachází se v červené oblasti. Ale jestli vizuálně hodnotíme vzorek jako vzorek zelené barvy, podle hodnot vidíme, že se vzorek blíží k zelené oblasti, ale nedosahuje ji. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) máme hodnotu 24,9, která je ve žluté oblasti. Hodnota  $C^*$  se rovná 18,6, to znamená, že vzorek má hodně příměsi v barvě a blíží se k šedé části. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  je 76,1°.

Při studiu prací Nilgün Ertaş a Mine Aslan, kteří prováděli výzkum s různým podílem konopné mouky v sušenkách, se ukázalo, že mezi těmito sušenkami byl významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) v barvě oproti pšeničným sušenkám. Konopné vzorky byly výrazně tmavší než kontrolní. Přidání konopné mouky způsobilo zvýšení průměrných hodnot vzorků kvůli nedostatku lepku v konopných semínkách [74].

### 3.1.4 Vzorek s přidavkem jablečné mouky

Vizuálně jasně žlutá barva na **Obrázku 10** u jednoho vzorku, ostatní měly výraznou oranžovohnědou barvu.



**Obrázek 10** – Sušenky s přidavkem jablečné mouky

Po měření na spektrofotometru byly získány výsledky viz. **Tabulka 6**

**Tabulka 6** – Barevnost jablečného vzorku

Průměr	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
vzorek	62,5±8,8	12,3±4,3	35,2±0,7	37,5±8,8	70,8±0,9

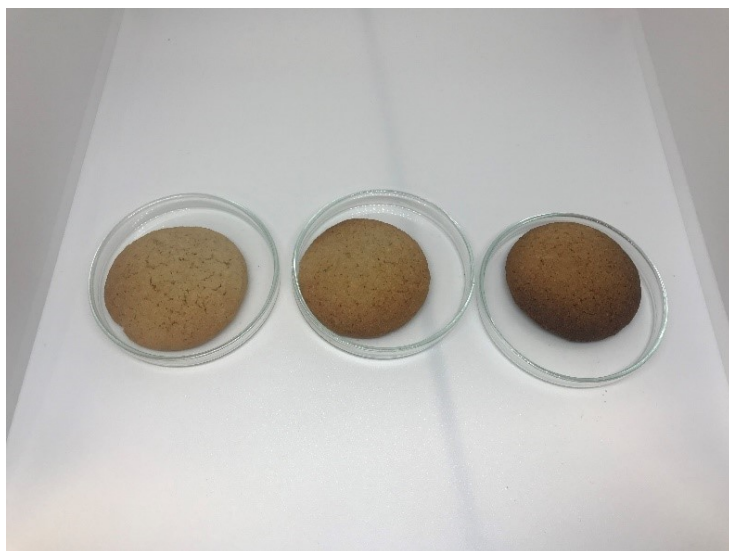
Jedná se o aritmetický průměr ± standardní odchylka (N=počet měření)

Hodnota jasu je 62,5, to znamená, že vzorek na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) spadá do světlé části škály. To odpovídá vizuálnímu hodnocení. Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) nabývá kladných čísel. Jeho hodnota je 12,3 a nachází se v červené oblasti. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) máme hodnotu 35,2, která je ve žluté oblasti, což odpovídá typu vyrobeného produktu. Hodnota  $C^*$  se rovná 37,5 a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  je 70,8°.

Práce Snežany Zlatanović a kol. ukázala, že jablečnou mouku lze doporučit jako náhražku pšeničné mouky. Neboť sušenky s přídavkem jablečného prášku měly vyšší obsah komponentů podporujících zdraví ve srovnání s kontrolními vzorky, navíc pokles během skladování byl malý. Hodnocení spotřebitelů pomocí speciálních testů také potvrdilo, že nahrazení až 50% pšeničné mouky jablečnou neohrožuje přijatelnost produktů, zároveň poskytuje příjemnou příchuť jablek a křupavou strukturu po dobu 12 měsíců skladování [75].

### 3.1.5 Vzorek s přídavkem kaštanové mouky

Vizuálně béžovo-hnědá barva vzorků na **Obrázku 11**, jeden vzorek měl vypálené tmavo-hnědé okraje.



**Obrázek 11** – Sušenky s přídavkem kaštanové mouky

Po měření na spektrofotometru byly získány výsledky viz. **Tabulka 7**

**Tabulka 7** – Barevnost kaštanového vzorku

Průměr	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
vzorek	58,7±2,9*	11,9±1,9	31±1,6*	33,2±2,9*	69,1±2,2

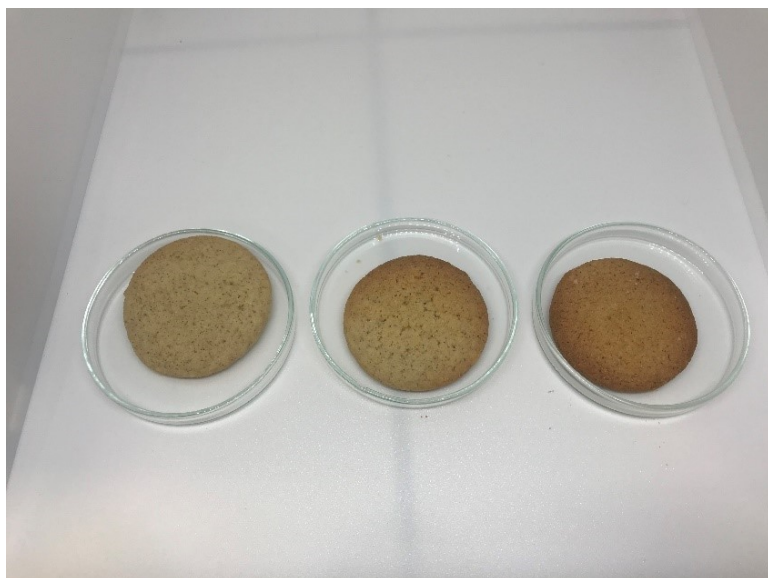
Jedná se o aritmetický průměr ± standardní odchylka (N=počet měření)

Hodnota jasu je 58,7, to znamená, že vzorek na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) spadá do světlé části škály. To odpovídá vizuálnímu hodnocení. Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) nabývá kladných čísel. Jeho hodnota je 11,9 a nachází se v červené oblasti. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) máme hodnotu 31, která je ve žluté oblasti, což odpovídá typu vyrobeného produktu. Hodnota  $C^*$  se rovná 33,2 a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  je 69,1°.

V své práci Torra Marta, Belorio M. a kol. ukazovali, že kombinace cizrné a kaštanové mouky zlepšovaly celkovou přijatelnost sušenek oproti těm, které byly vyrobené pouze z jedné z těchto mouk. Výrobky z kaštanové mouky měly menší průměr než obyčejné sušenky, taky byly tmavší a tvrdší. Kromě toho použití této mouky umožňovalo výrobu cukrovinek považovaných za výrobky „S vysokým obsahem vlákniny“ [76].

### 3.1.6 Vzorek s přidavkem plantainové mouky

Na **Obrázku 12** byly vizuálně béžovo-šedé sušenky s křehkou strukturou.



**Obrázek 12** – Sušenky s přidavkem plantainové mouky

Po měření na spektrofotometru byly získány výsledky viz. **Tabulka 8**



**Tabulka 8** – Barevnost plantainového vzorku

Průměr	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
vzorek	60,3±8,1	8,8±5,9*	27,7±2,6*	29,4±8,1*	73,3±4,4

Jedná se o aritmetický průměr ± standardní odchylka (N=počet měření)

Hodnota jasu je 60,3, to znamená, že vzorek na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) spadá do světlé části škály. To odpovídá vizuálnímu hodnocení. Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) nabývá kladných čísel. Jeho hodnota je 8,8. Nachází se v červené oblasti, ale blíží se zelené. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) máme hodnotu 27,7, která je ve žluté oblasti, což odpovídá typu vyrobeného produktu. Hodnota  $C^*$  se rovná 29,4 a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  je 73,3°.

V odborné studii Yana Cahyana a kol., kde také byl v sušenkách použit banánový podíl, jsou zaznamenány u barvy konečného produktu podobné výsledky. V závěru se lze dočíst: „Přidáním banánové mouky se snížila lehkost, Hue a to vedlo k odlišné barvě ve srovnání s kontrolou. S nárůstem podílu banánové mouky v sušenkách nastávalo snížení tvrdosti vzorků, ale toto snížení neovlivňuje přijatelnost textury sušenek pro spotřebitele kromě 75% banánové mouky“ [77].

### 3.2 Celkové porovnání barevnosti vzorků sušenek po upečení

V této části byly porovnávány průměrné hodnoty  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , odstínu, sytosti barvy a aktivity vody pro všechny vzorky.

#### 3.2.1 Jas $L^*$

Hodnoty jasu, jak je vidět v **Tabulce 9**, jsou velmi rozptýlené, pohybují se v intervalu mezi 42,1–70,1 pro všechny vzorky. Při porovnání kontrolního vzorku s jablečnou, kaštanovou a plantainovou moukou vidíme, že ty hodnoty už nejsou tak daleko od sebe, pohybují se v intervalu mezi 58,7–70,1 a barva sušenek je podobná. Na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) kontrolní jablečné, kaštanové a plantainové vzorky spadají do světlejší části škály a řepná i konopná se nacházejí uprostřed, ale směřují víc do tmavé části.

Vyšší hodnotu  $L^*$  vykazoval kontrolní vzorek, naopak nižší hodnotu měly sušenky s přídavkem řepné mouky. Tak nízké hodnoty u vzorků se řepnou a konopnou moukou byly způsobeny tím, že od začátku měly tmavě červenou barvu typickou pro řepnou mouku a zelenou pro konopnou.

Vizuálně je kontrolní vzorek nejjasnější, zatímco sušenky z banánové mouky byly vzhledově tmavší. Toto vizuální pozorování bylo potvrzeno instrumentální analýzou, jež ukázala, že kontrolní sušenka zobrazovala vyšší  $L^*$  ve srovnání se sušenkami z banánové mouky. Vizuálně jsou jablečné sušenky nejvíc podobné kontrolnímu vzorku, což se shoduje s jejich naměřenými hodnoty, které se blíží sušenkám z obyčejné mouky. Sušenky s přídavkem kaštanové mouky nejsou tak světlé jako ostatní a jejich barva se nejvíc přibližuje k tmavší zóně.

**Tabulka 9** – Hodnoty jasu

Vzorek	Průměr $L^*$ se směrodatnou odchylkou
Kontrolní	70,1±4,1
Řepný	42,1±3,3
Konopný	50±2,5
Jablečný	62,5±8,8
Kaštanový	58,7±2,9
Plantainový	60,3±8,1

### 3.2.2 Přejít mezi červenou a zelenou $a^*$

Při porovnávání  $a^*$  zanedbáme hodnoty řepné a konopné mouky, protože tam je jasně vidět červená a zelená barva. U ostatních vzorků je  $a^*$  důležité.

**Tabulka 10** – Hodnoty  $a^*$

Vzorek	Průměr $a^*$ se směrodatnou odchylkou
Kontrolní	11,3±3,1
Řepný	24,9±2,6
Konopný	6,4±3
Jablečný	12,3±4,3
Kaštanový	11,9±1,9
Plantainový	8,8±5,9

Parametr  $a^*$  ve všech případech nabýval kladných čísel, hodnoty se pohybují mezi 8,8–12,3, (Tabulce 10). S ohledem na velikost standardních odchylek lze tvrdit, že parametry  $a^*$  je u vzorků sušenek s přídavkem jablečné, kaštanové a plantainové mouky podobný s kontrolními sušenkami.

Nejvíce se vzorkem shodují sušenky s přidavkem kaštanové mouky, barva sušenek s přidavkem jablečné mouky se posouvá více do červené oblasti. U plantainové mouky vidíme malé hodnoty, i subjektivně tyto vzorky nejsou výrazné.

Parametr  $a^*$  ve všech případech nabýval kladných čísel, hodnoty se pohybují mezi 8,8–12,3, (**Tabulka 10**). S ohledem na velikost standardních odchylek lze tvrdit, že parametr  $a^*$  je u vzorků sušenek s přidavkem jablečné, kaštanové a plantainové mouky podobný s kontrolními sušenkami.

Nejvíce se se vzorkem shodují sušenky s přidavkem kaštanové mouky, barva sušenek s přidavkem jablečné mouky se posouvá více do červené oblasti. U plantainové mouky vidíme malé hodnoty, i subjektivně tyto vzorky nejsou výrazné.

### 3.2.3 Přejít mezi žlutou a modrou $b^*$

Naměřené hodnoty na ose  $b^*$  (žlutá-modrá) /v **Tabulce 11**/ nabývají kladných čísel, spadají do žluté oblasti, což odpovídá typu vyrobeného produktu. Jak je vidět z tabulky, kontrolní vzorek má vyšší hodnotu  $b^*$ . Skoro stejných hodnot nabývají jablečné a kaštanové vzorky. Plantainové vzorky mají nižší  $b^*$  hodnoty – méně nažloutlé tóny.

**Tabulka 11** – Hodnoty  $b^*$

Vzorek	Průměr $b^*$ se směrodatnou odchylkou
Kontrolní	38,1±0,4
Řepný	20,4±0,7
Konopný	24,9±2,9
Jablečný	35,2±0,7
Kaštanový	31±1,6
Plantainový	27,7±2,6

### 3.2.4 Sytost barvy $C^*$

Při porovnávání hodnot  $C^*$  z **Tabulky 12** lze vyčíst, že všechny vzorky nemají čistou barvu, nacházejí se téměř v jedné šedé oblasti mezi 18,6–39,8 a mají v sobě mnoho příměsí jiných barev. Menší hodnotu mají sušenky s přidavkem konopné mouky a jsou nejvíce znečištěné jinými barvami. Větší hodnotu ukazuje kontrolní vzorek.

**Tabulka 12** – Průměrné hodnoty  $C^*$ 

Vzorek	Průměr $C^*$ se směrodatnou odchylkou
Kontrolní	39,8±4,1
Řepný	32,2±3,3
Konopný	18,6±2,5
Jablečný	37,5±8,8
Kaštanový	33,2±2,9
Plantainový	29,4±8,1

### 3.2.5 Odstín $h^\circ$

Na **Obrázku 4** je znázorněno, jak se pohybuje odstín na standardním barevném kole od  $0^\circ$  až ke  $360^\circ$ . Podle **Tabulky 13** vidíme, že poloha všech vzorků kromě řepného je skoro stejná a pohybuje se od  $69,1^\circ$ – $76,1^\circ$ . Hodnota řepného vzorku znamená, že sušenky mají úplně odlišnou barvu než ostatní, což se shoduje s vizuálním hodnocením.

**Tabulka 13** – Průměrné hodnoty  $h^\circ$ 

Vzorek	Průměr $h^\circ$ se směrodatnou odchylkou
Kontrolní	73,5±1,4
Řepný	39,4±2,4
Konopný	76,1±3,5
Jablečný	70,8±0,9
Kaštanový	69,1±2,2
Plantainový	73,3±4,4

### 3.2.6 Aktivita vody vzorků sušenek

Po upečení byla provedena kontrola aktivity vody, která ukázala, že menší  $a_w$  byla u kontrolního a kaštanového vzorku (0,42), ostatní sušenky měly hodnoty mezi 0,51-0,6 (**Tabulka 14**).

Hodnoty  $a_w$  pozorované u všech sušenek ukazují, že jsou z mikrobiologického hlediska stabilní ( $a_w < 0,6$ ). Na základě výsledků lze konstatovat, že nahrazením 15% pšeničné mouky jinými rostlinnými prášky došlo ve většině případů k výraznému nárůstu hodnoty aktivity vody, s výjimkou použití kaštanové mouky.

**Tabulka 14** – Průměrné hodnoty  $a_w$

Vzorek	Průměr $a_w$
Kontrolní	0,42
Řepný	0,51
Konopný	0,60
Jablečný	0,57
Kaštanový	0,42
Plantainový	0,54

### 3.3 Vliv skladování na barevnost sušenek

V této kapitole bylo posouzeno, jaký vliv mělo skladování na barevnost každého druhu sušenek.

#### 3.3.1 Kontrolní vzorek

Z **Tabulky 15** je zřejmé, že hodnota jasu se na světle a ve tmě trochu liší. Ale při porovnávání vlivu obalu lze říct, že zde nejsou pozorovatelné výrazně odlišné výsledky. Větší hodnotu ukazovaly vzorky, které byly uloženy ve tmě. A podle stupnice od 0 (černá) do 100 (bílá) leží ve světlé oblasti, blíží se bílé. Menší hodnotu  $L^*$  měly vzorky ponechané na světle. Taková hodnota se nacházela uprostřed mezi bílou a černou oblastí.

Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) všude nabýval kladných čísel a ležel v červené části. Větší hodnota byla u vzorků, které byly ponechané na světle, a menší byla u vzorků ve tmě. Obal neměl zásadní vliv na změny hodnot.

Vzorky mají kladné hodnoty, proto na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) jsou ve žluté části, což odpovídá typu vyrobeného produktu. Větší hodnotu měl vzorek ležící na světle. Menší měl taky vzorek na světle. Vliv obalu zanedbáváme.

Parametr  $C^*$  - síla nebo čistota barvy – 0 je šedá zóna a 100 značí plně sytou barvu. Hodnoty vzorků se blíží středu. Podle hodnot – větší  $C^*$  měly vzorky ponechane na světle, menší  $C^*$  patřil vzorkům ve tmě = je barva znečištěna a nachází se v šedé oblasti.

Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  se pohybovala mezi  $69,8^\circ$ – $78,6^\circ$ .

**Tabulka 15** – Průměrné hodnoty barevnosti kontrolního vzorku se směrodatnou odchylkou

Kontrolní vzorek	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
<b>Xa</b>	66,4±12,2	10,1±8,7	35,5±5,2	37,3±12,2	75,4±7,3
<b>Xb</b>	63,8±3,9	15±1,8	40,8±1,6	43,5±3,9	69,8±1,4
<b>Ya</b>	72,71±5,8	7,5±4,8	35,9±3,3	36,8±5,8	78,6±4,3
<b>Yb</b>	69,2±6,1	9,8±5,8	36,2±3,1	37,7±6,1	75,4±4,4

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu (mikrotenový sáček)

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.3.2 Vzorek s přidavkem řepné mouky

Při porovnávání hodnot byl zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot. Jak je vidět z **Tabulky 16**, hodnota jasu se na světle a ve tmě o trochu lišila. Větší hodnotu ukazoval vzorek, který byl uložen na světle. Podle stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) ležel v tmavé oblasti, blížil se k prostředku bílé strany. Menší hodnotu  $L^*$  dávaly vzorky ponechané ve tmě.

Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) ve všech případech nabýval kladných čísel a ležel v červené části. Větší hodnoty byly u vzorků na světle a nejmenší – ve tmě.

Vzorky mají kladné hodnoty, proto jsou na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) ve žluté části. Větší hodnoty byly u vzorků na světle a nejmenší – ve tmě.

Parametr  $C^*$  – síla nebo čistota barvy – 0 je šedá zóna a 100 značí plně sytou barvu. Vzorky se blížily středu. Podle hodnot – větší  $C^*$  patřil vzorku na světle, menší  $C^*$  naopak vzorkům ze tmy – je barva je znečištěna a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  se pohybovala mezi 37,2°–42°.

**Tabulka 16** – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem řepné mouky se směrodatnou odchylkou

Řepný vzorek	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
<b>Xa</b>	36,5±1,4	26±4	21±4,2	33,4±1,4	38,8±5,6
<b>Xb</b>	39,2±2,7	26,7±1,6	24±1,9	35,9±2,7	42±2,3
<b>Ya</b>	38,4±0,6	26,5±0,8	20,2±2,3	33,3±0,6	37,2±2,1
<b>Yb</b>	38,8±5,4	25,1±1,3	19,9±2,2	32,1±5,4	38,3±2,3

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.3.3 Vzorek s přidavkem konopné mouky

Při porovnávání hodnot byl zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot. Jak je vidět z **Tabulky 17** hodnota jasu se na světle a ve tmě o trochu liší. Větší hodnotu ukazoval vzorek, který byl položen na světle. Podle stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) ležel v tmavé oblasti, blížil se prostředku k bílé straně. Menší hodnotu  $L^*$  měl vzorek ponechaný na světle.

Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) všude nabývá kladných čísel, leží v červené části, ale blíží se k zelené části. Větší hodnotu ukazoval vzorek, který ležel na světle. Menší hodnota byla u vzorku ležícího ve tmě.

Vzorky mají kladné hodnoty, proto jsou na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) ve žluté části. Větší hodnota byla zjištěna u vzorků skladovaných na světle a menší ve tmě.

Parametr  $C^*$  – síla nebo čistota barvy – 0 je šedá zóna a 100 značí plně sytou barvu. Vzorky se blíží 0. Podle hodnot – větší  $C^*$  byl u vzorků ze světla a menší  $C^*$  dávaly vzorky ponechané ve tmě – je barva znečištěna a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  se pohybovala mezi 76,1°–79°.

**Tabulka 17** – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem konopné mouky se směrodatnou odchylkou

Konopný vzorek	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
<b>Xa</b>	48,9±1,8	6,8±1,3	27,3±1,6	28,2±1,8	76,1±1,8
<b>Xb</b>	52±1,1	5,4±1	25,9±1,2	26,5±1,1	78,2±1,4
<b>Ya</b>	50,6±2,2	5,8±2,3	25,4±1,9	26,1±2,2	77,4±2,4
<b>Yb</b>	49,9±3,7	4,5±1,4	22,8±2,7	23,3±3,7	79±2,9

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.3.4 Vzorek s přidavkem jablečné mouky

Při porovnávání hodnot byl zanedbán vliv obalu, který nedával významné kolísání hodnot. Jak je vidět z **Tabulky 18**, hodnota jasu se na světle a ve tmě o trochu liší. Větší hodnotu vykazoval vzorek, který byl uložen na světle. Podle stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) leží ve světlé oblasti, blíží se 100. Menší hodnotu  $L^*$  vykazoval vzorek ležící ve tmě.

Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) všude nabývá kladných čísel, leží v červené části, ale blíží se k zelené části. Nejvyšší hodnotu ukazoval vzorek ponechaný ve tmě. Menší hodnota byla u vzorku ležícího ve tmě.

Vzorky mají kladné hodnoty, proto jsou na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) ve žluté části. Vyšší hodnoty ukazují dva vzorky: jeden ponechaný ve tmě a druhý, který ležel na světle. Menší hodnota byla u vzorku ležícího ve tmě.

Parametr  $C^*$  – síla nebo čistota barvy – 0 je šedá zóna a 100 značí plně sytou barvu. Vzorky se blíží středu. Podle hodnot – větší  $C^*$  byl u vzorku ve tmě a menší  $C^*$  dával vzorek ponechaný ve tmě – je barva znečištěna a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  se pohybovala mezi 69,6°–73,9°.



**Tabulka 18** – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem jablečné mouky se směrodatnou odchylkou

Jablečný vzorek	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
<b>Xa</b>	64,3±7,5	12,1±4	36,5±0,9	38,6±7,5	71,9±2,2
<b>Xb</b>	67,3±3,1	11,2±2,6	36,4±1,3	38,2±3,1	72,9±1,6
<b>Ya</b>	62,7±4,2	13,6±2,5	36,5±1,4	39±4,2	69,6±1,1
<b>Yb</b>	66,6±5,9	9,7±5,4	32,6±1,2	34,2±5,9	73,9±2,7

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.3.5 Vzorek s přidavkem kaštanové mouky

Při porovnávání hodnot byl zanedbán vliv obalu, který nedával významné kolísání hodnot. Jak je vidět z **Tabulky 19** hodnota jasu se na světle a ve tmě o trochu liší. Větší hodnotu ukazoval vzorek, který byl položen ve tmě. Podle stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) leží ve světlé oblasti, nejbliž leží ke středu. Menší hodnotu  $L^*$  dával vzorek ležící ve tmě.

Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) všude nabývá kladných čísel, leží v červené části. Vyšší hodnotu vykazují vzorky ponechané na světle. Nižší hodnota je u vzorků ležících ve tmě.

Vzorky mají kladné hodnoty, proto jsou na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) ve žluté části. Větší hodnoty vykazují vzorky ležící na světle a menší hodnoty byly u sušenek, které byly ve tmě.

Podle hodnot – větší  $C^*$  měly vzorky na světle a menší  $C^*$  měly vzorky ve tmě – je barva znečištěna a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  se pohybovala mezi 68,9°–70,8°.

**Tabulka 19** – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem kaštanové mouky se směrodatnou odchylkou

<b>Kaštanový vzorek</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>C^*</math></b>	<b><math>h^\circ</math></b>
<b>Xa</b>	59,1±2,7	10,1±3	28,3±4,9	30±2,7	70,7±5,6
<b>Xb</b>	57,1±3,8	12,2±2,2	31,5±1,5	33,8±3,8	68,9±2,2
<b>Ya</b>	54,3±4,1	10±5,3	25,4±6,2	27,4±4,1	69,5±7,8
<b>Yb</b>	60,9±1,4	10,2±2,3	28,9±2,1	30,7±1,4	70,8±2,8

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.3.6 Vzorek s přidavkem plantainové mouky

Při porovnávání hodnot byl zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot. Jak je vidět z **Tabulky 20**, hodnota jasu se na světle a ve tmě o trochu liší. Vyšší hodnoty vykazovaly vzorky, který byly uloženy na světle. Podle stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) se hodnoty blíží k světlé oblasti, na prostředek, ale spíše k bílé straně. Menší hodnoty  $L^*$  měly vzorky ponechané ve tmě.

Parametr  $a^*$  (červená – zelená oblast) všude nabývá kladných čísel, leží v červené části, ale blíží se 0. Vyšší hodnotu vykazoval vzorek ponechaný ve tmě. Menší hodnota byla u vzorku ležícího ve tmě.

Vzorky mají kladné hodnoty, proto jsou na ose  $b^*$  (žlutá – modrá oblast) ve žluté části. Vyšší hodnoty byly u vzorků ze světla menší u vzorků ve tmě.

Podle hodnot – větší  $C^*$  vzorek umístěný na světle, menší  $C^*$  vzorek ze tmy – je barva znečištěna a je v šedé oblasti. Poloha na standardním barevném kole – hodnota  $h^\circ$  se pohybovala mezi  $71,1^\circ$ – $75,6^\circ$ .

**Tabulka 20** – Průměrné hodnoty sušenek s přidavkem plantainové mouky se směrodatnou odchylkou

Plantainový vzorek	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
<b>Xa</b>	61,9±3	10,2±3,8	31,5±2,3	33,2±3	72,5±3,3
<b>Xb</b>	61,2±3,2	9,5±3,7	29,9±2,3	31,5±3,2	72,8±3,3
<b>Ya</b>	61,3±2,9	7,7±3,2	29±4,1	30,1±2,9	75,6±4,8
<b>Yb</b>	60,7±4,7	10,4±3,6	30,1±2,4	32±4,7	71,1±2,8

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.4 Celkové porovnání vzorků po 48 hodinách

#### 3.4.1 Jas $L^*$

Při porovnávání hodnot byl zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot. V **Tabulce 21** vidíme, že hodnoty  $L^*$  se liší v závislosti na tom, zda byly vzorky ponechány na světle nebo ve tmě.

Na světle: při porovnání kontrolního vzorku s jablečnou, kaštanovou a plantainovou moukou bylo zjištěno, že se hodnoty pohybovaly mezi 57,1–67,3. Vizuálně měly sušenky podobnou barvu. Na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) spadají vzorky do světlejší části škály. Světlejší byl kaštanový vzorek, naopak tmavší hodnotu dával jablečný vzorek. Nejvíce jsou kontrolnímu vzorku podobné sušenky s přidavkem jablečné mouky. Ve tmě: u stejných vzorků se hodnoty jasu pohybovaly mezi 54,3–72,71. Na stupnici od 0 (černá) do 100 (bílá) spadaly vzorky do světlejší části škály. Světlejší byl kaštanový vzorek, naopak tmavší hodnotu dával kontrolní vzorek. Nejvíce jsou kontrolnímu vzorku podobné sušenky s přidavkem jablečné mouky.

Takovéto kolísání je velmi podobné vzorkům na světle, ale je vidět / podle průměrných hodnot /, že vzorky skladované ve tmě se nacházejí ve světlejší oblasti a blíží se ke 100.

**Tabulka 21** – Průměrné hodnoty jasu se směrodatnou odchylkou

Vzorek	Xa	Xb	Ya	Yb
Kontrolní	66,4±12,2	63,8±3,9	72,71±5,8	69,2±6,1
Jablečný	64,3±7,5	67,3±3,1	62,7±4,2	66,6±5,9
Kaštanový	59,1±2,7	57,1±3,8	54,3±4,1	60,9±1,4
Plantainový	61,9±3	61,2±3,2	61,3±2,9	60,7±4,7

X-sušenky ponechané na světle

Y-sušenky ponechané ve tmě

a-sušenky, které ležely bez obalu

b-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.4.2 Přejít mezi červenou a zelenou $a^*$

Při porovnávání  $a^*$  byly zanedbané hodnoty řepné a konopné mouky, protože u těchto produktů je červená a zelená barva jasně viditelná, na rozdíl od ostatních vzorků, kde je  $a^*$  důležitá. Při porovnávání hodnot byl také zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot.

Parametr  $a^*$  nezpůsobil významné kolísání hodnot, v **Tabulce 22**, ve všech případech nabýval kladných čísel a nacházel se v červené oblasti. Na světle: při porovnávání kontrolního vzorku s jablečnou, kaštanovou a plantainovou moukou se ukázalo, že se hodnoty pohybují mezi 9,5–15. Menší hodnotu měl plantainový vzorek, vyšší hodnotu dával kontrolní. Nejvíce se se vzorkem shodují sušenky s přídavkem jablečné mouky. Ve tmě: u stejných vzorků se hodnoty  $a^*$  pohybují mezi 7,5–13,6. Nejvíce se se vzorkem shodují sušenky s přídavkem plantainové mouky. Světlejší byl kontrolní vzorek, naopak tmavší hodnotu dával jablečný vzorek. Podle průměrných hodnot lze konstatovat, že se vzorky, které byly na světle, posouvají více do červené oblasti než vzorky ve tmě.

**Tabulka 22** – Průměrné hodnoty  $a^*$  se směrodatnou odchylkou

Vzorek	Xa	Xb	Ya	Yb
<b>Kontrolní</b>	10,1±8,7	15±1,8	7,5±4,8	9,8±5,8
<b>Jablečný</b>	12,1±4	11,2±2,6	13,6±2,5	9,7±5,4
<b>Kaštanový</b>	10,1±3	12,2±2,2	10±5,3	10,2±2,3
<b>Plantainový</b>	10,2±3,8	9,5±3,7	7,7±3,2	10,4±3,6

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.4.3 Přejít mezi žlutou a modrou $b^*$

Při porovnávání  $b^*$  byly zanedbané hodnoty řepné a konopné mouky, protože u těchto produktů je červená a zelená barva jasně viditelná, na rozdíl od ostatních vzorků. Také byl zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot. Na ose  $b^*$  (žlutá – modrá) nabývají změřené hodnoty kladných čísel, spadají do žluté oblasti, což odpovídá typu vyrobeného produktu. / **Tabulka 23**/ Na světle: hodnoty vzorků se pohybují mezi 28,3 pro kaštanové sušenky a 40,8 pro kontrolní vzorek. Ve tmě: u stejných vzorků se hodnoty  $b^*$  pohybují mezi 25,4 u kaštanových sušenek a 36,5 u jablečného vzorku.

Nejvíce se s kontrolním vzorkem, ve tmě a na světle, shodují sušenky s přídavkem jablečné mouky. Podle průměrných hodnot vykazují sušenky uchovávané na světle vyšší hodnoty  $b^*$  a pohybují se víc do žluta než sušenky skladované ve tmě.

**Tabulka 23** – Průměrné hodnoty  $b^*$  se směrodatnou odchylkou

Vzorek	Xa	Xb	Ya	Yb
<b>Kontrolní</b>	35,5±5,2	40,8±1,6	35,9±3,3	36,2±3,1
<b>Jablečný</b>	36,5±0,9	36,4±1,3	36,5±1,4	32,6±1,2
<b>Kaštanový</b>	28,3±4,9	31,5±1,5	25,4±6,2	28,9±2,1
<b>Plantainový</b>	31,5±2,3	29,9±2,3	29±4,1	30,1±2,4

**X**-sušenky ponechané na světle

**Y**-sušenky ponechané ve tmě

**a**-sušenky, které ležely bez obalu

**b**-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.4.4 Sytost barvy C\*

Při porovnávání hodnot C\* z **Tabulky 24** bylo vidět, že všechny vzorky nemají čistou barvu, téměř se nacházejí v jedné šedé oblasti a mají v sobě mnoho příměsí jiných barev. Vliv obalu byl zanedbán, neboť hodnoty významně neovlivnil. Na světle: hodnoty vzorků se pohybovaly mezi 30–43,5, což je posouvá víc ke střední oblasti. Menší hodnotu vykazoval kaštanový vzorek, naopak větší hodnotu měl vzorek kontrolní. Ve tmě: při porovnání kontrolního vzorku s jablečnou, kaštanovou a plantainovou moukou je zřejmé, že se hodnoty pohybovaly mezi 27,4–37,7. Menší hodnotu měl kaštanový vzorek, naopak největší hodnota byla u kontrolního.

Je vidět, že vzorky, které se nacházely ve tmě, ztratily sytost a vykazovaly menší hodnoty než sušenky na světle. Nejvíce jsou kontrolnímu vzorku ve tmě a na světle podobné sušenky s přidavkem jablečné mouky.

**Tabulka 24** – Průměrné hodnoty C\* se směrodatnou odchylkou

Vzorek	Xa	Xb	Ya	Yb
Kontrolní	37,3±12,2	43,5±3,9	36,8±5,8	37,7±6,1
Jablečný	38,6±7,5	38,2±3,1	39±4,2	34,2±5,9
Kaštanový	30±2,7	33,8±3,8	27,4±4,1	30,7±1,4
Plantainový	33,2±3	31,5±3,2	30,1±2,9	32±4,7

X-sušenky ponechané na světle

Y-sušenky ponechané ve tmě

a-sušenky, které ležely bez obalu

b-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.4.5 Odstín $h^\circ$

Při porovnávání  $h^\circ$  byly zanedbány hodnoty řepné a konopné mouky, protože u těchto sušenek bylo jejich červené a zelené zbarvení jasně vidět, na rozdíl od ostatních vzorků. A byl zanedbán vliv obalu, který nezpůsobil významné kolísání hodnot. Z **Tabulky 25** lze vyčíst, že poloha všech vzorků je skoro stejná. Na světle: při porovnání kontrolního vzorku s jablečnou, kaštanovou a plantainovou moukou se hodnoty pohybovaly mezi 68,9 u kaštanového vzorku a 75,4 u vzorku kontrolního. Nejvíce je kontrolní vzorek podobný vzorku s přidanou kaštanovou moukou. Ve tmě: u stejných vzorků jsou čísla v rozmezí od 61,7 u kaštanových sušenek do 82,9 u kontrolních sušenek. Nejvíce je kontrolní vzorek podobný vzorku s přidanou plantainovou moukou.

Lze tedy konstatovat, že poloha vzorků se výrazně neliší od toho, jestli byly ve tmě nebo na světle.

**Tabulka 25** – Průměrné hodnoty  $h^\circ$  se směrodatnou odchylkou

Vzorek	Xa	Xb	Ya	Yb
<b>Kontrolní</b>	75,4±7,3	69,8±1,4	78,6±4,3	75,4±4,4
<b>Jablečný</b>	71,9±2,2	72,9±1,6	69,6±1,1	73,9±2,7
<b>Kaštanový</b>	70,7±5,6	68,9±2,2	69,5±7,8	70,8±2,8
<b>Plantainový</b>	72,5±3,3	72,8±3,3	75,6±4,8	71,1±2,8

X-sušenky ponechané na světle

Y-sušenky ponechané ve tmě

a-sušenky, které ležely bez obalu

b-sušenky, které ležely v mikrotenovém sáčku

### 3.4.6 Aktivita vody po skladování

Z tabulky je vidět, jaké jsou výsledky měření po uplynutí 48 hodin. Nejnižší aktivitu vody v mikrotenovém sáčku a bez něj měl kontrolní vzorek. Nejvyšší  $a_w$  v obalu měl vzorek s přidavkem konopné mouky, nejvyšší  $a_w$  bez obalu měly vzorky s přidavkem řepné a konopné mouky.

Kontrolní vzorek v obalu snížil svoji aktivitu oproti výsledku prvního dne po upečení, naopak vzorky bez obalu mohly nabrat vlhkost prostředí a zvýšily  $a_w$ . To je pravděpodobně způsobeno ztrátou vody ze sušenek do prostoru obalu. Stejně výsledky můžeme pozorovat u vzorků s přidavkem kaštanové a plantainové mouky, Odlišné výsledky nám vycházejí při porovnání řepných, konopných a jablečných vzorků. Jejich nejnižší vodní aktivita byla u bezobalových sušenek, obalené sušenky měly  $a_w$  blízko vzorkům po upečení.

Výsledkem je, že aktivita vody nemusí souviset se světlem nebo tmou, ale souvisí s typem balení. Pokles  $a_w$  po 48 hodinám skladování sušenek je dostatečně nízký, aby se zabránilo mikrobiálnímu růstu ( $a_w < 0,6$ ).

Ve své odborné práci Pestorić M. a ostatní porovnávali fyzikálně-chemické změny bezlepkových rýžovo-pohankových sušenek během skladování a došli k závěru, že skladování při teplotě okolí vedlo k zvýšení hodnoty  $a_w$  a postupem času se vzorky změkčily, na rozdíl od vzorků udržovaných na vyšší hodnotě tepla [78].

Důležité je zmínit fakt, který se týká propustnosti mikrotenového sáčku a jeho vlivu na konečné výsledky. Mikrotenové sáčky (HDPE) jsou hygienicky nezávadné, vyrobené z vysokohustotního polyetylénu – jak uvádí výrobce – nepropouští vodu, odolávají vlhku, mají minimální propustnost vodních par, kyslíku, tuků a aromatických látek. [79] Teoreticky je vliv sáčku minimální, ale prakticky to nelze s určitostí tvrdit, protože vlhkost mohla proniknout do sáčků, které nebyly moc dobře zatáhnuté.

Obalové materiály mají zásadní vliv na kvalitu a trvanlivost sušenek. Způsobují změny v kvalitě balených potravin, zejména jim jsou připisovány vady ve změně barvy a příchuti. Procesy vedoucí k změnám kvality jsou zahájeny za přítomnosti světla a při dlouhé expozici [80].

Rozdílná aktivita vody – při srovnání kontrolního vzorku s ostatními – souvisí s různým složením rostlinných prášků.

**Tabulka 26** – Hodnoty aktivity vody

Vzorek	Průměr $a_w$	V mikrotenovém sáčku	Bez mikrotenového sáčku
Kontrolní	0,420	0,358	0,477
Řepný	0,513	0,522	0,489
Konopný	0,599	0,572	0,489
Jablečný	0,574	0,533	0,488
Kaštanový	0,422	0,382	0,478
Plantainový	0,542	0,430	0,488

Jak je vidět v **Tabulce 27** s kontrolním vzorkem se v poměru bílkovin a sacharidů shoduje jen kaštanová mouka, ostatní druhy prášků mají zvýšený počet sacharidů a minimální obsah bílkovin. Tento fakt může ovlivňovat konečné výsledky tím, že řepná, jablečná, plantainová mouka mají výrazně větší aktivitu vody /v **Tabulce 26**/. Konopná mouka má opačný poměr, což taky dává značný vliv na  $a_w$ .

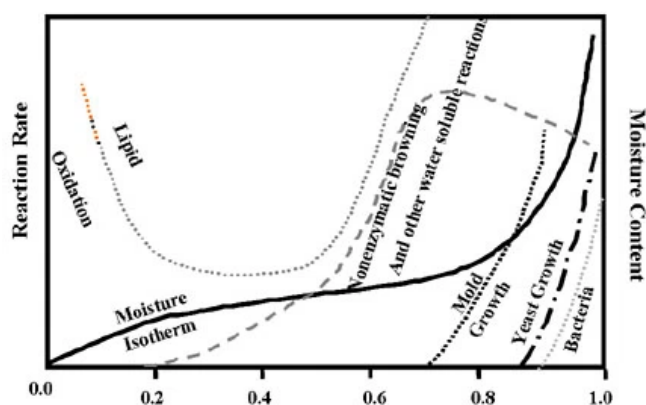


**Tabulka 27** – Poměr bílkovin k sacharidům [81]

Druh mouky	Bílkoviny (g ve 100 g)	Sacharidy (g ve 100 g)
Pšeničná polohrubá	11,3	69,6
Řepná	1,4	73,1
Konopná	48,6	4,4
Jablečná	0,85	82,4
Kaštanová	6,3	64,4
Plantainová	3,2	76,3

Vyšší obsah vlhkosti v potravinách je obvykle spojen se zvýšenou vodní aktivitou, která zase urychluje chemické reakce, jako je oxidace lipidů [82]. Oxidace lipidů způsobuje žluklost, která vede ke vzhledovým změnám, ztrátě trvanlivosti a zisku, ke zhoršení výživové hodnoty produktu. Trvanlivost potravin s nízkým obsahem vlhkosti a s vodní aktivitou pod 0,5 je primárně omezena oxidací lipidů a neenzymatickým hnědnutím [83].

Sušenky včetně mnoha potravin s nízkým obsahem vlhkosti patří mezi ty nejlepší přispěvatele nasycených tuků.



**Obrázek 13** – Oxidace lipidů [83]

**Obrázek 13** představuje chemickou „mapu stability“, jak ji popsal Labuza. Je vidět, že v rozmezí vlhkosti meziproduktů může nastat mnoho reakcí způsobujících zhoršení kvality, hnědnutí, aktivitu enzymů, mikrobiální růst, včetně oxidace lipidů. Tyto potraviny tedy představují potenciální problémy, pokud jde o produkt přijatelný pro lidskou spotřebu.

Podle křivky na **Obrázku 13** lze říct, že čím vyšší  $a_w$ , tím rychleji probíhá oxidace lipidů. Tenhle děj by mohl způsobit určitý problém u experimentálních vzorků, kde byla zjištěna vyšší  $a_w$  ve srovnání s kontrolním vzorkem.

Jan R. a spolupracovníci ve svém výzkumem zjistili, že obsah vlhkosti, aktivita vody, volné mastné kyseliny a peroxidové hodnoty skladovaných produktů se zvýšily ve všech baleních, zatímco tvrdost, hodnoty  $L^*$  a sensorické skóre se snížily [84].

### 3.4.7 Vlhkost

Po uplynutí 48 hodin bylo zjištěno, že teplota prostředí se pohybovala v rozmezí 19,4–24,9 °C na světle a od 21–24,8 °C ve tmě. Relativní vlhkost byla mezi 38,4–48,1 % na světle a 44,1–50,2 % ve tmě. Kolísání hodnot vlhkosti mohlo mít určitý vliv na konečnou aktivitu vody v sušenkách, hlavně u sušenek bez obalu, a to díky schopnosti nasávat vlhkost prostředí.

**Tabulka 28** – Vlhkost a teplota v laboratoři

Na světle	min	max
teplota(°C)	19,4	24,9
vlhkost	38,4	48,1
Ve tmě	min	max
teplota(°C)	21	24,8
vlhkost	44,1	50,2

### 3.4.8 Barevná odchylka $\Delta E^*$

Barevná odchylka, která je vyjádřena vzorkem (12)

$$E^* = [(L^*_{\text{standard}} - L^*_{\text{vzorek}})^2 + (a^*_{\text{standard}} - a^*_{\text{vzorek}})^2 + (b^*_{\text{standard}} - b^*_{\text{vzorek}})^2]^{1/2} \quad (12)$$

určuje nejkratší vzdálenost mezi souřadnicemi standardu a vzorku v uvedeném barevném prostoru, konkrétně hodnotu odchylky od standardu [26].

Barevné odchylky byly porovnávány jen u jablečné, kaštanové a plantainové mouky, protože ostatní prášky měly výrazně odlišnou barvu a kvůli tomu by toto porovnávání bylo zbytečné. Z výpočtu podle vzorku (12) vidíme, že hodnota  $\Delta E^*$  jablečné mouky se rovná 8,18, hodnota kaštanové mouky je 13,52 a u plantainové mouky je tato hodnota 14,49. Na základě těchto čísel můžeme říct, že u všech vzorků mouk nastávají výrazné změny barevnosti, kde  $\Delta E^*$  je větší než 5. Lze tedy konstatovat, že sušenky s přídavkem jablečné mouky jsou oproti jiným barevně nejbliž kontrolnímu vzorku.

## 4 ZÁVĚR

Z naměřených výsledků lze vyvodit, že barevnost sušenek s přidavkem malého množství (15 %) rostlinných prášků značně závisí na podmínkách skladování a celkovém složení všech surovin, ale použití mikrotenového sáčku nemělo významný vliv. Celkově mouky, které byly skladované ve tmě po dobu 48 hodin, vykazovaly lepší výsledky stability barvy než ty, které byly ponechány na světle. Polohrubé mouce byl podle naměřených hodnot nejbližší jablečný rostlinný prášek.

Dále bylo zjištěno, že aktivita vody nezávisí na světle, ale je ovlivňovaná typem skladování. Ukázalo se, že použitím mikrotenového sáčku lze zamezit tomu, aby sušenky nasávaly vlhkost z prostředí. Ale pouze ty sušenky, které měly podíl bílkovin k sacharidům podobný polohrubé mouce.

## POŽITÁ LITERATURA

- [1] CUTHILL, Innes C.; ALLEN, William L.; ARBUCKLE, Kevin; CASPERS, Barbara; CHAPLIN, George; HAUBER, Mark E.; HILL, Geoffrey E.; JABLONSKI, Nina G.; JIGGINS, Chris D.; KELBER, Almut. The biology of color. *Science*. 2017, 357(6350), str. 470-477. Dostupné z: doi:10.1126/science.aan0221
- [2] ASLAM, Mubeen M., Are you selling the right colour? A cross-cultural review of colour as a marketing cue. *Journal of Marketing Communications* [online]. 2006, 12(1), str. 15-30 [cit. 2021-02-26]. ISSN 1352-7266. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13527260500247827>.
- [3] MARKOVÁ, Alena. *Používání barev v marketingové komunikaci na základě jejich vnímání odlišnými kulturami*. Praha, 2020. 104 s. Bakalářská práce (Bc). Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Institut komunikačních studií a žurnalistiky. Katedra marketingové komunikace a public relations. Vedoucí diplomové práce Ing. Mgr. Jana Rosenfeldová.
- [4] CHARVÁT, Václav. *Estetické působení barev*. Kladno 2010. Bakalářská práce (Bc). Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Ústav profesního rozvoje pracovníků ve školství. PhDr. Vedoucí práce Jan Šmíd, Ph.D.
- [5] Bibliografické citace. Bezdrátové sítě kolem nás [online]. [cit. 11.03.2021]. Dostupný z: <https://wirelessly.webnode.cz/bezdratove-prenosove-technologie/rozdeleni-elektromagnetickeho-zareni/>
- [6] Bibliografické citace. Základy nauky o barvě [online]. [cit. 11.03.2021]. Dostupný z: <https://www.powerwiki.cz/attach/A5M15ES1/A5M15ES1-04-Barva.pdf>.
- [7] RAUNER, Karel. Fyzika kolem nás. Václav Kohout<sup>1</sup>, *Nakladatelství Fraus*, s.r.o., Plzeň. Historie a elementární základy teorie barev III. Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni ve spolupráci s ústřední komisí FO, dalšími fakultami připravujícími učitele fyziky a Českou nukleární společností pod patronací Jednoty českých matematiků a fyziků, 29. července 2013, č.2, str.40-42. ISSN 1211-1511.

- [8] JANÍK, D. *Zdroje světla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 80 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marie Havlíková, Ph.D.
- [9] Bibliografické citace. Encyklopedie fyziky, Barevný trojúhelník. [online]. c2005. [cit 2021.03.11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/548-barevny-trojjuhelnik>.
- [10] MALIŠOVÁ, Marcela. *Metodika měření barevného spektra u vybraných stavebních materiálů v závislosti na vlivu prostředí*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb, 2015, 99 s., Vedoucí práce Ing. David Buj.
- [11] CORTEZ Regina, LUNA-VITAL Diego A., MARGULIS Daniel, and GONZALEZ DE MEJIA Elvira. Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(1) 2016. [online] [cit 2021.03.11]. Dostupné z: 10.1111/1541-4337.12244.
- [12] SNĚHOTA, Pavel. *Prostorové rozložení jasu a barev*. Časopis Světlo, 2009, roč. 12, č. 4, str. 46-49. ISSN 1212-0812.
- [13] ATODIRESEI Gheorghe – Virgil, SANDU Ioan Gabriel. Chromatic characterization in a lab system for natural dyed materials, Prior Activation in Atmospheric Plasma Type DBD. *REV. CHIM.* (Bucharest) 2013, 64 č. 2. [online] [cit 2021.03.11]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1068.1298&rep=rep1&type=pdf>.
- [14] FEISNER, Edith Anderson. 2006 str. 56. *Colour: how to use colour in art and design*. Laurence King Publishing. ISBN: 9781856694414.
- [15] ŠATAROVÁ, Hana. *Vnímání barev při zhoršených světelných podmínkách*. Kladno, Květen 2017. Bakalářská práce (Bc). České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, Katedra přírodovědných oborů. Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jana Urzová.
- [16] CHMELA P. *Matematické vyjádření barvy a problémy barevného vidění*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 9 (1964), č. 2, 65--[72 a], 73, str. 70. Dostupné z: <http://dml.cz/dmlcz/137655>.
- [17] LABRECQUE, Lauren I.; MILNE, George R. Exciting red and competent blue: the importance of color in marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2012, 40.5: str. 711-727. ISSN: 1552-7824.

- [18] WAYLON Ch. Image coloring PowerPoint PPT Presentation 2014, in SlideServe.com. [online] [cit 2021.03.11]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/chaz/image-coloring>
- [19] SALÁKOVÁ, Soňa. *Návrh varovných symbolů pro nízké hladiny osvětlenosti: Design of warning symbols for low levels of illuminations*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. Bakalářské práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michalu Vikovi Ph. D.
- [20] NESTEROV D. I. and FEDOROVA M. Yu. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, *International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2017)*. Colour perception in ancient world, 21–22 September 2017, Chelyabinsk, Russian Federation. Ser.: Mater. Sci. Eng. 262 012139. 2017, Volume 262.
- [21] Bibliografické citace. Techmania Science Center Otevřená encyklopedie [online]. [cit. 28. 02. 2021]. Dostupný z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/lidske-oko>.
- [22] SYNEK Svatopluk, SKORKOVSKÁ Šárka. Fyziologie oka a vidění, 2., doplněné a přepracované vydání. *Grada Publishing*, Praha 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [23] KVAPILÍKOVÁ, Květa: Anatomie a embryologie oka, 1. vydání, *Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně*, Brno, 2000, str. 31-93.
- [24] doc. RNDr. SLAVÍK Antonín, Ph.D. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie. Pavel Chmela, Matematické vyjádření barvy a problémy barevného vidění. Vol. 9 (1964), č. 2, 65-- [72 a], 73. Dostupné z: <http://dml.cz/dmlcz/137655>.
- [25] HOLÍŠOVÁ, Klára. *Barevné vidění* [online]. Brno, 2007 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/4882q8/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Tomáš Jurečka, Ph.D.
- [26] VOLHEJNOVÁ, Klára. *Vizuální hodnocení barevných rozdílů a barevné preference* [online]. Liberec 2007 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/3656/mgr\\_13512.pdf?sequence=1](https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/3656/mgr_13512.pdf?sequence=1). Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, fakulta textilní. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Michal Vik, PhD.
- [27] DOHNAL, Miroslav. Fyzikální základy reprodukce obrazu. Vyd. 1. Pardubice: *Univerzita Pardubice*, 2003. ISBN 80-7194-567-6.

- [28] RÝPAR, Petr. *Měření a kalibrace barevných monitorů*. Pardubice 2012 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/46155>. Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Fribert, Dr.
- [29] VIK, Michal. *Základy měření barevnosti*. Vyd. 1. Liberec: *Technická univerzita*, 1995. ISBN 80-7083-162-6.
- [30] KAPLANOVÁ Marie a kolektiv, *Moderní polygrafie, Svaz polygrafických podnikatelů*, 3. vydání, Praha: 2012, 391 stran. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [31] LAŠTUVIČKA, Petr. *Měření koncentrací roztoků spektrofotometrem*[online]. Pardubice 2009[cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/34390/LaštuvickaP\\_Měření%20koncentrací\\_MF\\_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/34390/LaštuvickaP_Měření%20koncentrací_MF_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Univerzita Pardubice, fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Fribert Dr.
- [32] KONICA, Minolta Comparing colorimeters and spectrophotometers. [online]. 2014 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part3/01.html>
- [33] ZHU, F. Properties and food uses of chestnut flour and starch. *Food Bioprocess Technol* 10, 1173–1191 (2017). Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1909-0>.
- [34] PŘIBYLOVÁ, Tereza. *Bioaktivní látky v jablkách a jejich vliv na lidské zdraví* [online]. Pardubice, 2018 [cit. 2021-02-16]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/oujtxi/>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce doc. Mgr. Roman Kand'ár, Ph.D.
- [35] NAVRÁTILOVÁ, Kristýna. *Výroba plnotučné hořčice s využitím kurkumy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 38 s. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/14300>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav biochemie a analýzy potravin. Vedoucí práce Jandásek, Josef.
- [36] KLÍMA, Miroslav. *Využití hospodářsky významných brukvovitých plodin v měnících se podmínkách klimatu*, Vedoucí autorského kolektivu doc. RNDr. Jaroslava Ovesná, CSc. *Využití adaptabilních druhů a odrůd při klimatické změně v zemědělství*, Praha, listopad 2020, s.36. ISBN 978-80-88351-16-0.

- [37] SERAFIN-ANDRZEJEWSKA Magdalena, KOŁODZIEJCZYK Monika, BZOWY-WÓJTOWICZ Aneta, KOZAK Marcin. *Nové perspektivy pěstování a využití hořčice bílé (Sinapis alba L.)*, *Sborník z konference „Prosperující olejniny*, 2009, 10.-11.12, s.108.
- [38] STRÁNSKÁ, Adéla. *Využití konopí setého ve výuce chemie*. 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra chemie a didaktiky chemie. Vedoucí práce Holada, Karel.
- [39] TVRDÁ, Kristýna. *Čočka – její druhy a nutriční význam*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 42 s. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/21761>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin. Vedoucí práce Sumczynski, Daniela.
- [40] CHALÁNKOVÁ, Veronika. *Nutriční význam luštěnin ve výživě člověka*. 2018. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu I.LF a VFN v Praze. Vedoucí práce Bušová, Milena.
- [41] LUKÁŠOVÁ, Lucie. *Vliv odrůdy hrachu setého na obsah organických živin* [online]. Brno, 2020 [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/pudei1/>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce prof. Ing. Jiří Skládanka, Ph.D.
- [42] VELKOVÁ, Gabriela. *Charakteristika a vlastnosti červené řepy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, [cit. 2021-02-19]. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/22070>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Škrovánková, Soňa.
- [43] ZÁMEČNÍKOVÁ, Kateřina. *Netradiční druhy exotického ovoce a jejich využití v gastronomii*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/41043>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin. Vedoucí práce Vojtíšková, Petra.
- [44] SIUDOVÁ, Dominika. *Využití netradičních druhů obilovin pro výrobu běžného pečiva* [online]. Brno, 2017 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/cy3lup/>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce Ing. Viera Šottníková, Ph.D.



- [45] ESPINOZA-HERRERA, J.; MARTÍNEZ, L.M.; SERNA-SALDÍVAR, S.O.; CHUCK-HERNÁNDEZ, C. Methods for the modification and evaluation of cereal proteins for the substitution of wheat gluten in dough systems. *Foods* 2021, 10, 118. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10010118>.
- [46] LIBERSKÁ, Anna. *Lepek a jeho spojitost s různými onemocněními a poruchami*[online]. Pardubice, 2020 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://hdl.handle.net/10195/76476>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce Korecká, Lucie.
- [47] VOSÁHLOVÁ, Tereza. *Problematika nemocí spojených s konzumací lepku*. 2019. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta, Ústav hygieny. Vedoucí práce Hrnčířová, Dana.
- [48] STRNADELOVÁ, Vladimíra, Zerzán, Jan. Radost ze zdravých dětí. 3. vydání. *Olomouc: Anag*, 2007, str.456. ISBN 978-80-726-383-52.
- [49] NOVÁKOVÁ, Nikola. *Moderní analytické metody na sledování alergenů v potravinách* [online]. Pardubice, 2017 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/itkpcw/>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce Ing. Tomáš Hájek, Ph.D.
- [50] HAVLÍK, Jaroslav, Marounek, Milan. *Živiny a živinové potřeby člověka*. 2. vydání. Praha: *Česká zemědělská univerzita v Praze*, 2013, str.134. ISBN 978-80-213-2374-2.
- [51] FUCHS, Martin. *Alergie číhá v jídle a pití*. 2. vydání. Praha: *ADELA*, 2005. 187 s. ISBN 80-902532-5-3.
- [52] HUSSAIN Syed Zameer, BEIGH Mushtaq Ahmed, NASEER Bazila, AMIN Tawheed & NAIK Haroon Rashid. Characteristics of resistant starch in water chestnut flour as improved by preconditioning process, *International Journal of Food Properties*, 2019, 22:1, str. 449-461. Dostupný z: 10.1080/10942912.2019.1588300.
- [53] ONISZCZUK Anna, WIDELSKA Gabriela, WÓJTOWICZ Agnieszka. Content of phenolic compounds and antioxidant activity of new gluten-free pasta with the addition of chestnut flour. *Molecules* 2019, tom 24, č. 2623 [online]. [cit. 16.03.2021]. Dostupný z: [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=D36oFOFtqgC4troRhFA&page=1&doc=9&cacheurlFromRightClick=no](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=D36oFOFtqgC4troRhFA&page=1&doc=9&cacheurlFromRightClick=no).

- [54] ESPINOSA-SOLIS, V; ZAMUDIO-FLORES, PB; TIRADO-GALLEGOS, JM atd. Evaluation of cooking quality, nutritional and texture characteristics of pasta added with oat bran and apple flour. *Foods*, 2019, č.8, článek 299. Dostupný z: doi:10.3390/foods8080299.
- [55] Bibliografické citace. MOUKY.cz[online]. [cit. 11.02.2021]. Dostupný z: <https://www.mouky.cz/mouky/eshop/47-1-JABLECNA-MOUKA>.
- [56] PĂUCEAN A., MAN S., MUSTE S., POP A., CHIȘ S. and COTIȘEL D. Physico-Chemical and Sensory Properties of Wheat Bread Supplemented With Mustard Flour. *Bulletin of University of agricultural sciences and veterinary medicine cluj- napoca-food science and technology*, 2018 str. 82-85. Dostupný z WWW: 10.15835/buasvmcn-fst:0017.
- [57] Bibliografické citace. MOUKY.cz[online]. [cit. 11.02.2021]. Dostupný z: <https://www.mouky.cz/mouky/eshop/45-1-HORCICNA-MOUKA>.
- [58] NILGÜN Ertaş, MINE Aslan. Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour. *Acta Scientiarum Polonorum-technologie Alimentaria* 19(2) 2020, str. 177–184. Dostupný z: <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0795>.
- [59] GONCU, A; CELIK, I. Investigation of some properties of gluten-free tarhanas produced by red, green and yellow lentil whole flour. *Food Science and Technology* 2020, t. 40, str. 574-581. Dostupný z: <https://doi.org/10.1590/fst.34919>.
- [60] SRIDHARAN S., MEINDERS Marcel B.J., BITTER Johannes H., NIKIFORIDIS Constantinos V. Pea flour as stabilizer of oil-in-water emulsions: Protein purification unnecessary, *Food Hydrocolloids*, 2020, t. 101, č. 105533, ISSN 0268-005X. Dostupný z: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105533>.
- [61] VATANSEVER S., WHITNEY K., OHM J., SIMSEK S., HALL C., Physicochemical and multi-scale structural alterations of pea starch induced by supercritical carbon dioxide + ethanol extraction, *Food Chemistry*, 2021, t. 344, č. 128699, ISSN 0308-8146, Dostupný z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128699>.
- [62] AULIA F. and SUNARHARUM W. B. Beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *rubra* L.) flour proportion and oven temperature affect the physicochemical characteristics of beetroot cookies. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2020, 475 012040. Dostupný z: doi:10.1088/1755-1315/475/1/012040.

- [63] GRASSI DE ALCÂNTARA R., FUKUMASU H., RASPANTINI P., RASPANTINI L. E. R., STEEL C. J., DE CARVALHO OLIVEIRA L., DE CARVALHO R. A., VANIN F. M. "Baking effect on resistant starch digestion from composite bread produced with partial wheat flour substitution", *Journal of Food Quality*, t. 2020, ID 9245035, str. 13, 2020. Dostupný z: <https://doi.org/10.1155/2020/9245035>.
- [64] LEON-MENDEZ, G; LEON-MENDEZ, D; PAJARO-CASTRO, N. Preparation of a biscuit based on banana (*Musa abb*) and sweet potato (*Ipomea batatas*) flours. *Revista Chilena de Nutricion* 2020, t. 47, str. 406-410. Dostupný z: 10.4067/S0717-75182020000300406.
- [65] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.*
- [66] MACHOŇOVÁ, Tereza. *Tradiční a moderní metody stanovení vlhkosti v potravinách.* Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 54 s. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/40570>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav technologie potravin. Vedoucí práce Bučková, Martina.
- [67] ESKIN, N. A. M. a FERREIDON S. *Biochemistry of foods. Third edition. ISBN 978-0-12-242352-9.*
- [68] RAHMAN, Shafiur. *Food properties handbook. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2009. ISBN 978-0-8493-5005-4.*
- [69] BARBOSA-CANOVAS, Gustavo V., *Water activity in foods: fundamentals and applications / 1st ed. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, 2007. str.435. il. IFT Press series. ISBN 978-0-8138-2408-6 (váz.). Signatura C41601.*
- [70] Bibliografické citace. ANZDOC. *Osmoanabiosa. princip osmoanabiosy. aktivita vody. aktivita vody. aktivita vody (vodní aktivita) aktivita vody [online]. [cit. 13.04.2021]. Dostupný z: <https://adoc.pub/osmoanabiosa-princip-osmoanabiosy-aktivita-vody-aktivita-vod.html>.*
- [71] DALGIÇ, A. C., PEKMEZ H. a BELIBAĞLI K. B. Effect of drying methods on the moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of mint leaves. *Journal of Food Science and Technology*. 2012, 49(4), str. 439-449.

- [72] JELÍNKOVÁ, Kateřina. *Vliv přísad karobového prášku na antioxidační vlastnosti muffinů*. [online]. Pardubice, 2018 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://hdl.handle.net/10195/70786>. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce doc. Ing. Libor Červenka, Ph. D.
- [73] Bibliografické citace. Informační centrum bezpečnosti potravin. Maillardova reakce. [online]. c2021. [cit 2021.05.20]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92038.aspx>
- [74] ERTAS, Nilgun a ASLAN Mine. Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour. *Acta Scientiarum Polonorum-Technologia Alimentaria*. 2020, 19(2), str. 177-184. Dostupné z: 10.17306/J.AFS.2020.0795
- [75] ZLATANOVIC, S., KALUSEVIC A., MICIC D. a LALICIC-PETRONIJEVIC J. Functionality and storability of cookies fortified at the industrial scale with up to 75 % of apple pomace flour produced by dehydration: 561. *Foods*. 2019, 8(11). Dostupné z: doi:10.3390/foods8110561
- [76] TORRA, M., BELORIO M., AYUSO M., CAROCHO M., FERREIRA I.C.E.R, BARROS L. a GOMEZ M. Chickpea and chestnut flours as non-gluten alternatives in cookies: 911. *Foods*. 2021, 10(5). Dostupné z: doi:10.3390/foods10050911
- [77] YANA, C., ABDURROHMAN R., TIEN S.H., HERLINA M., TRI Y. Application of heat-moisture-treated banana flour as composite material in hard biscuit. *Journal of Food*. 2020, (18:1), str. 599-605. Dostupné z: 10.1080/19476337.2020.1805514
- [78] PESTORIĆ, M., SAKAČ M., PEZO L., ŠKROBOT D., NEDELJKOVIĆ N., JOVANOVIĆ P., FILIPČEV B. a MANDIĆ A. Physicochemical changes of the glutenfree rice-buckwheat cookies during storage – artificial neural network model. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*. 2019, (63(4), str. 609–617. Dostupné z: <https://doi.org/10.3311/PPch.13155>
- [79] Bibliografické citace. Mikrotenové sáčky – HDPE, blokové, volné, odnošené s průhmatem. *EKOLAS* [online]. [cit. 2021-6-19]. Dostupné z: <https://www.ekolas.cz/sacky-hdpe.html>
- [80] PATRIGNANI, M., CONFORTI P.A. a LUPANO C.E. The role of lipid oxidation on biscuit texture during storage. *Food Science and Technology*. 2014 (49/8), str. 1925-1931. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12550>

[81] Bibliografické citace. Centrum pro databázi složení potravin: Databáze složení potravin ČR, verze 8.20 [online]. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2020. Dostupné z: <http://www.nutridatabaze.cz/>

[82] Rockland, LB, Nishi SK. Influence of water activity on food product quality and stability, *Food Technol*, 1980, 34: str. 42–51.

[83] LABUZA, T. P. , McNALLY L., GALLAGHER D., HAWKES J., HURTADO F., stability of intermediate moisture foods. 1. Lipid Oxidation, January 1972, *Journal of Food Sciences*. 1972, (37/1), str. 154-159. Dostupné z: 10.1111/j.1365-2621.1972.tb03408.x

[84] JAN, R., SAXENA D.C., SINGH S. Effect of storage conditions and packaging materials on the quality attributes of gluten-free extrudates and cookies made from germinated chenopodium (*Chenopodium album*) flour. *Food Measure*. 2017, 11(3), str. 1071–1080. Dostupné z: 10.1007/s11694-017-9484-7