

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra bezpečnosti potravin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Použití kolorimetrie ve vztahu k senzorickému hodnocení  
pekařských výrobků**

**Bakalářská práce**

**Monika Kadlecová**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. et Ing. Lucie Jurkaninová Ph.D.**

**2023 © ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Použití kolorimetrie ve vztahu k senzorickému hodnocení pekařských výrobků jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4. 2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. et Ing. Lucii Jurkaninové, Ph.D., za vedení mé práce, cenné rady a pomoc při zpracování. Dále bych ráda poděkovala své rodině a rodinným přátelům za podporu při studiu.

# Použití kolorimetrie ve vztahu k senzorickému hodnocení pekařských výrobků

## Souhrn

Tato práce se zabývala možností přidání silic do základního receptu pro přípravu housiček a jejich následného vlivu na konečný výrobek. Byl sledován vliv na specifický objem pečiva, který se přidáním silice výrazně neměnil. Hodnotila se také barva výrobků, kdy jsme vycházeli z předpokladu, že čím tmavší, tím větší množství akrylamidu. A protože je akrylamid genotoxický, mutagenní, neurotoxický a karcinogenní je na místě jeho hladinu v pekařských výrobcích hlídat. Všechny housičky s přidáním jakékoli koncentrace silice změnili svou barvu, kdy tato změna byla vyjádřena pomocí delta E výpočtu. Dále bylo pomocí dotazníku provedeno senzorické hodnocení výrobků, aby mohlo být zjištěno, zda je pro potencionální zákazníky takovýto druh výrobku akceptovatelný. U všech 4 hodnocených silic (tymián, oregano, lemongrass, skořice) došlo k vyššímu průměrnému hodnocení chutě a celkového dojmu, než dosáhla základní receptura bez přidání silic. Z těchto výsledků můžeme usuzovat, že přidání těchto výrobků do portfolia prodejců by pro zákazníky mohlo být atraktivní, ale vzhledem ke zdravotním rizikům spojených s konzumací akrylamidu je třeba k tomu přistupovat s rozvahou. V neposlední řadě byla sledována doba trvanlivosti, respektive čas od upečení do prvního náznaku plísňe u uzavřených housiček v mikrotenovém sáčku. Zejména u výrobků s vyšším množstvím přidané silice došlo k prodloužení této doby trvanlivosti až o 7 dnů.

**Klíčová slova:** kolorimetrie, akrylamid, pekařské výrobky, senzorická analýza

# **The application of colorimetry in relation to the sensory evaluation of bakery products**

## **Summary**

This work was concerned with the possibility of adding essential oils to the basic recipe for the preparation of rolls and their subsequent effect on the final product. The effect on the specific volume of baked goods was monitored, which did not change significantly with the addition of essential oil. The color of the products was also evaluated, based on the assumption that the darker the product, the greater the amount of acrylamide. And because acrylamide is genotoxic, mutagenic, neurotoxic and carcinogenic, its level in bakery products should be monitored. All rolls with the addition of any concentration of essential oil changed their color, when we expressed this change using a delta E calculation. Furthermore, a sensory evaluation of the products was carried out with the help of a questionnaire in order to find out whether this type of product is acceptable for potential customers. For all 4 evaluated essential oils (thyme, oregano, lemongrass, cinnamon) there was a higher average evaluation of taste and overall impression than the basic recipe without the addition of essential oils. From these results, we can conclude that the addition of these products to the offer portfolio could be attractive to customers, but due to the health risk associated with the consumption of acrylamide, this should be approached with caution. Last but not least, the shelf life, i.e. the time from baking to the first sign of mold, was monitored for closed rolls in a microtene bag. Especially for products with a higher amount of added essential oil, this shelf life was extended by up to 7 days.

**Keywords:** colorimetry, acrylamide, bakery products, sensory evaluation

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Charakteristika pekařských výrobků .....</b>	<b>10</b>
3.1.1	Základní suroviny pro pekárenskou výrobu.....	11
3.1.1.1	Mouka .....	11
3.1.1.2	Voda .....	12
3.1.1.3	Sůl.....	13
3.1.1.4	Droždí .....	13
3.1.2	Pečení.....	14
<b>3.2</b>	<b>Akrylamid.....</b>	<b>16</b>
3.2.1	Charakteristika .....	16
3.2.2	Legislativní dokumenty monitorující množství akrylamidu v potravinách.....	17
3.2.3	Vznik akrylamidu.....	18
3.2.4	Možnosti snížení množství akrylamidu v pekařských výrobcích .....	20
3.2.5	Metody stanovení.....	22
<b>3.3</b>	<b>Kolorimetrie .....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>26</b>
4.1.1	Použité suroviny.....	26
4.1.2	Pečení.....	27
4.1.3	Specifický objem pečiva .....	28
4.1.4	Stanovení barvy pomocí prostoru CIE L*a*b* .....	28
4.1.5	Senzorické hodnocení.....	29
4.1.6	Doba trvanlivosti.....	29
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>Specifický objem pečiva.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2</b>	<b>Stanovení barvy pomocí prostoru CIE L*a*b* .....</b>	<b>31</b>
<b>5.3</b>	<b>Senzorické hodnocení.....</b>	<b>37</b>
<b>5.4</b>	<b>Skladovací pokus .....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>41</b>
<b>6.1</b>	<b>Specifický objem pečiva.....</b>	<b>41</b>
<b>6.2</b>	<b>Stanovení barvy pomocí prostoru CIE L*a*b* .....</b>	<b>41</b>
<b>6.3</b>	<b>Senzorické hodnocení.....</b>	<b>42</b>

6.4	Skladovací pokus .....	43
7	Závěr .....	43
8	Literatura.....	45
9	Samostatné přílohy .....	1

# 1 Úvod

Pekařské výrobky jsou v České republice součástí každodenního jídelníčku velké části obyvatel. Protože jsou konzumovány často a v hojné míře, je na místě zajímat se a neustále se pokoušet vymýšlet nové receptury, které by zákazníky zaujaly a rozšiřovat tím portfolio výběru.

V této práci bylo zkoumáno, zda a případně jak potencionální zákazníci přijmou pekařské výrobky ve formě houstiček s přídavkem silic tymiánu, oregana, lemongrass a skořice. Byl zkoumán vliv přídavku silic na specifický objem pečiva a také na dobu trvanlivosti výrobků. Zároveň byla sledována zejména barva finálních výrobků s ohledem na akrylamid, který se v pekařských výrobcích vyskytuje a který má neblahý vliv na lidské zdraví. Barva výrobků byla měřena pomocí spektrofotometru a pomocí delta E výpočtu byla následně vyhodnocena změna barvy v závislosti na přidání silice do základní receptury.



## 2 Cíl práce

Cílem práce je provedení sensorického hodnocení výrobků s přidáním silic pomocí dotazníku pro získání odpovědí potencionálních zákazníků na otázky ohledně barvy, vůně, chutě, celkového dojmu a dalších parametrů. Dále bude provedeno hodnocení vlivu přidání silice do základní receptury na specifický objem pečiva, stanovení barvy výrobků pomocí spektrofotometru v barevném prostoru CIE LAB a následné vyhodnocení změny barvy pomocí delta E výpočtu a v neposlední řadě zjištění rozdílu doby trvanlivosti od základní receptury po přidání různých silic v různých koncentracích.

### 3 Literární řešerše

#### 3.1 Charakteristika pekařských výrobků

Podle vyhlášky o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta č. 18/2020 Sb. je pekařským výrobkem výrobek získaný tepelnou úpravou těst nebo hmot, jehož sušina je s výjimkou trvanlivého a jemného pečiva ze šlehaných hmot, proteinových a čistoizrnných výrobků a bezlepkových pekařských výrobků v převažujícím podílu tvořena mlýnskými obilnými výrobky. Kdy mlýnskými obilnými výrobky jsou považovány výrobky získané zpracováním jednoho nebo více botanických druhů obilovin, pohanky nebo jiných pseudoobilovin nebo rýže vícestupňovým mlýnským postupem; mlýnskými obilnými výrobky nejsou škrob a vitální lepek (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Běžné pečivo je tvarovaný pekařský výrobek, vyrobený z pšeničné nebo žitné mouky, přísad a přídatných látek, který obsahuje méně než 8,2 % bezvodého tuku a méně než 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost mlýnských obilných výrobků (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Jemným pečivem označujeme pekařský výrobek vyrobený z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek, který obsahuje nejméně 8 % bezvodého tuku nebo nejméně 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků, popřípadě plněný různými náplněmi před pečením nebo plněný po upečení džemem, povidly, ovocnou pomazánkou nebo náplněmi, které jsou mikrobiálně stabilní za běžných podmínek uvádění na trh, nebo povrchově upravený (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Trvanlivé pečivo je pekařské výrobek vyrobený z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek, s obsahem vody nejvýše 10 % a u perníků, preclíků a trvanlivých tyčinek s obsahem vody nejvýše 16 %, popřípadě plněný náplněmi, které jsou stabilní za podmínek uvádění na trh, nebo potahovaný či povrchově upravený (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Chléb je pekařský výrobek kypřený kvasem, popřípadě droždím, ve tvaru veky, bochníku nebo formový s výjimkou netradičních druhů chleba, o hmotnosti nejméně 400 g, s výjimkou krájeného chleba a netradičních druhů chleba. Následují nejčastější druhy chlebů vyskytující se snadno k dostání v obchodech (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Prvním je pšeničný chléb nebo obecně pšeničné pečivo, kdy pšeničné pečivo je pekařský výrobek, který obsahuje nejméně 90 % pšeničných mlýnských obilných výrobků, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků.

Druhým je žitný chléb nebo žitné pečivo, kdy žitné pečivo je pekařský výrobek, který obsahuje nejméně 90 % žitných mlýnských obilných výrobků, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Mezi další druhy patří pečivo, které se skládá ze 2 typů mouk, nejčastěji se můžeme setkat s pečivem žitnopšeničným a pšeničnožitným.

Žitnopšeničný chléb nebo žitnopšeničné pečivo je pekařský výrobek, který obsahuje více než 50 % žitných mlýnských obilných výrobků a více než 10 % pšeničných mlýnských obilných výrobků, vztaženo na celkovou hmotnost mlýnských obilných výrobků. Pšeničnožitný chléb

nebo pšeničnožitné pečivo je pekařský výrobek, který obsahuje nejméně 50 % pšeničných mlýnských obilných výrobků a více než 10 % žitných mlýnských obilných výrobků, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Celozrný chléb nebo celozrné pečivo je pekařský výrobek, který obsahuje nejméně 80 % celozrných mouk nebo jim odpovídající množství mlýnských obilných výrobků tak, aby byly zahrnuty všechny složky zrna, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

Vícezrný chléb nebo vícezrné pečivo je pekařský výrobek, jehož těsto obsahuje kromě mlýnských obilných výrobků ze pšenice a žita další složky jako mlýnské obilné výrobky z obilovin jiných botanických druhů, pseudoobiloviny, luštěniny nebo olejnin v celkovém množství nejméně 5 %, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků (Vyhláška č. 18/2020 Sb.).

### **3.1.1 Základní suroviny pro pekárenskou výrobu**

Příhoda et al. (2003) uvádí, že základními surovinami pro pekárenskou výrobu jsou mouka, voda, sůl a droždí. Nejvyužívanější obilovina na světě pro pekařské využití je pšenice, konkrétně pšenice obecná. V České republice se pro pekařské výrobky využívá i žito, u kterého se ale v posledních letech snížila produkce. A protože se žito nevyužívá ve velké míře pro krmení zvířat, lze předpokládat, že se snížilo i množství podílu žitných mouk v rámci pekárenství (Příhoda et al. 2003).

#### **3.1.1.1 Mouka**

Vlastnosti mouky souvisí se stavbou obilného zrna, jeho chemickým složením, rozmístěním chemických složek a jejich následné změny po průběhu reakcí uvnitř zrna při jeho zrání, vymílání mouky či skladování. Nejvýznamnější dělení odrůd pšenice obecné je na měkké a tvrdé, kdy v pekařství byly vnímány jako kvalitnější tvrdé pšenice. To se časem změnilo a již není takový problém pracovat i s měkkými odrůdami, z důvodu změn v technologii výroby a využívání chemických zlepšovatel ve formě rozsáhlých zlepšovacích přísad. Technologicky nejvýznamnější částí zrna je endosperm, což je vnitřní obsah zrna, který obsahuje zásobní látky pro klíčící rostlinu a jehož většinu (téměř  $\frac{3}{4}$ ) tvoří škrob. Přestože bílkoviny v zrně tvoří asi jen 10 % endospermu, kolísání v jejich množství a jejich rozdílná kvalita, jsou hlavními ukazateli pekárenské zpracovatelné kvality pšeničné mouky.

V České republice je základním typem pšeničné mouky hladká mouka T 530, kdy toto označení mouky značí, že mouka obsahuje do 0,6 % popela v sušině. Dalšími využívanými moukami jsou pšeničné chlebové typu T 700, nazývajících se též chlebová světlá, T 1050 nebo T 1000, takzvaná chlebová tmavá.

Tabulka 1: Členění hladké mouky, vlastní zpracování dle Příhoda et al. (2003)

Název	% popela
pšeničná světlá	do 0,60 %
pšeničná polosvětlá	do 0,75
pšeničná chlebová	do 1,15 %
žitná světlá	do 0,65 %
žitná tmavá	do 1,10 %

Složením jsou si pšeničné a žitné zrna velmi podobné, přičemž v žitném zrně nalezneme vyšší obsah pentosanů (od 6,6 do 10 %) oproti zrně pšeničnému (6-7 %). Ty jsou důvodem rozdílné pekárenské zpracovatelské kvality žitné mouky a příznivě ovlivňují vláčnost střídy, zpomalují stárnutí a například kvůli nim je v kůrce žitných výrobků větší množství derivátů hydroxymethylfurfuralu oproti výrobkům pšeničným. Jako u mouk pšeničných se žitné hladké mouky označují pomocí zastoupení popela v sušině (Příhoda et al. 2003). Dle výsledků ČSÚ (Český statistický úřad) z roku 2020 se spotřeba pšeničné mouky v posledních letech snižovala. Průměrná roční spotřeba pšeničné mouky je 97 kg a u žitné mouky to je 9 kg na osobu (Český statistický úřad, 2021).

### 3.1.1.2 Voda

Podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody platí:

- pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví
- nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoli druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví
- u surových nebo pitných vod, u kterých je při úpravě uměle snižován obsah vápníku nebo hořčíku, nesmí být po úpravě obsahu hořčíku nižší než 10 mg/l a obsah vápníku nižší než 30 mg/l

Tvrdost vody, představující obsah v ní rozpuštěných vápenatých a hořečnatých složek, určuje kvalitu vody. Při velmi vysokých hodnotách tvrdosti vody se doporučuje zvýšení dávky droždí či přídavek sladové moučky. Dalším ukazatelem kvality je její kyselost nebo alkalita, které mohou ovlivňovat technologické postupy, například fermentaci u těsta kypřeného droždím a může způsobit menší objem výsledného pečiva (Příhoda et al. 2003).

Obecně lze říci, že při použití měkké vody je těsto volnější a lepkavější a vykazuje sníženou vaznost vody. Ztužení lepku a zpomalení fermentace způsobuje tvrdá voda.

Díky polárnímu charakteru vody mohou vznikat vodíkové vazby mezi vodou v mouce či těstě a hydroxylovými skupinami v glukosových jednotkách, které tvoří škrob. Pokud je v těstě dostatek vody, dojde k bobtnání, kdy rozdělení mezi složkami je z 45 % škrob, 31 % bílkoviny, 24 % pentosany. Uvedená procenta souvisí se schopností vázat vodu škrobu, bílkovin a pentosanů, kdy nejvíce vody váží pentosany, které jsou schopné navázat až patnáctinásobek své hmotnosti (Příhoda et al. 2003).

### 3.1.1.3 Sůl

Sůl je název pro chlorid sodný jako krystalický produkt obsahující nejméně 97 % chloridu sodného v sušině, dodávaný v potravinářské kvalitě (Příhoda et al. 2003). Podle vyhlášky č. 398/2016 o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici se sůl člení na jedlou sůl:

- s jodem,
- s jodem a fluorem,
- s jodem a „název látky, kterou byla obohacena“
- s „název látky, kterou byla obohacena“

Přidáním soli může dojít ke snížení aktivity kvasinek, což má za následek snížení produkce oxidu uhličitého mající vliv na zpomalení průběhu zrání. Proto se sůl přidává až do těsta, a to v množství 0,5 až 2,5 % na celkovou hmotnost mouky (Sun et al., 2021). Množství nad 1-2 % na mouku ovlivňuje chuť výrobku, kdy v kombinaci s cukrem dochází k takzvané plné chuti výrobku (Příhoda et al. 2003). Sůl zároveň ovlivňuje i sensorickou kvalitu výrobku, a to tak, že napomáhá jeho zbarvení při pečení. Ve velkovýrobě je časté využití solanky, nasyceného roztoku NaCl, ve vodě o koncentraci 19-26 % (Sun et al., 2021).

### 3.1.1.4 Droždí

Ve vyhlášce č. 248/2018 Sb. o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí je droždí definováno jako:

- a) kvasinky *Sacharomyces cerevisiae* Hansen, rasy droždářenské, získané biotechnologickým postupem množení čistých kvasničných kultur vypěstovaných na cukerných substrátech obohacených živinami, stimulanty a pomocnými látkami,
- b) pekařským droždím čerstvým kvasinky uvedené pod písmenem a) schopné způsobit kynutí těst,
- c) pekařským droždím sušeným nebo též vitálním, sušeným droždím kvasinky uvedené pod písmenem b) upravené sušením,
- d) sušeným droždím jedlým kvasinky uvedené pod písmenem a), upravené sušením a neschopné způsobit kynutí těst.

V pekárenské výrobě droždí způsobuje zvýšení objemu těsta kypřícími plyny, především oxidem uhličitým, který je konečným produktem fermentace, dále změny ve struktuře těsta a ovlivňuje sensorické vlastnosti pečiva. Při fermentaci vznikají i další látky ovlivňující vůni a chuť pečiva jako například aldehydy, ketony, alkoholy a jiné karbonylové sloučeniny. Droždí také přispívá k nutriční hodnotě pekařských výrobků, zejména co se týká obsahu bílkovin a vitaminů (Příhoda et al. 2003). Kučerová (2010) uvádí formy droždí, které jsou využívány, a to čerstvé lisované droždí, granulované droždí, aktivní sušené droždí a instantní sušené droždí.

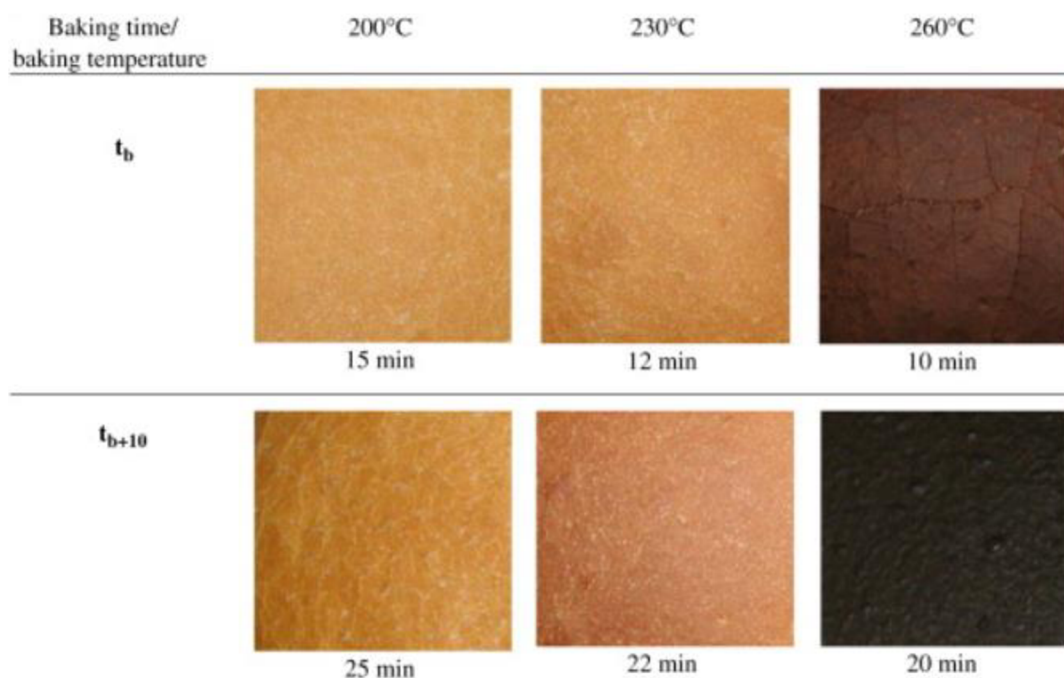
### 3.1.2 Pečení

Při zrání a kynutí těsta s droždím nebo při zrání kvasu dochází poprvé ke vzniku aromatických a chuťových látek, kdy vzniklé látky jsou metabolity při alkoholovém kvašení způsobené kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*. Největší část aromatických látek ale vzniká až v průběhu pečení, kdy na povrchu výrobku se při vypékání mohou dostat teploty až k 180 °C, uprostřed středy teploty nepřekročí 100 °C. Látky způsobující aroma a chuť jsou aldehyd furfural, zejména jeho derivát hydroxymethylfurfural vznikající především v kůrce, a deriváty aminokyseliny prolinu, který tvoří až 10 % aminokyselin pšeničné bílkoviny (Příhoda et al. 2003).

Pečení nám u pekařských výrobků zajišťuje vznik typického aromatu a chuti a zároveň se významně podílí na sensorické kvalitě výrobku. Hlavním přínosem je prodloužení trvanlivosti, zvýšení stravitelnosti a zajištění zdravotní nezávadnosti z pohledu mikrobiální kontaminace.

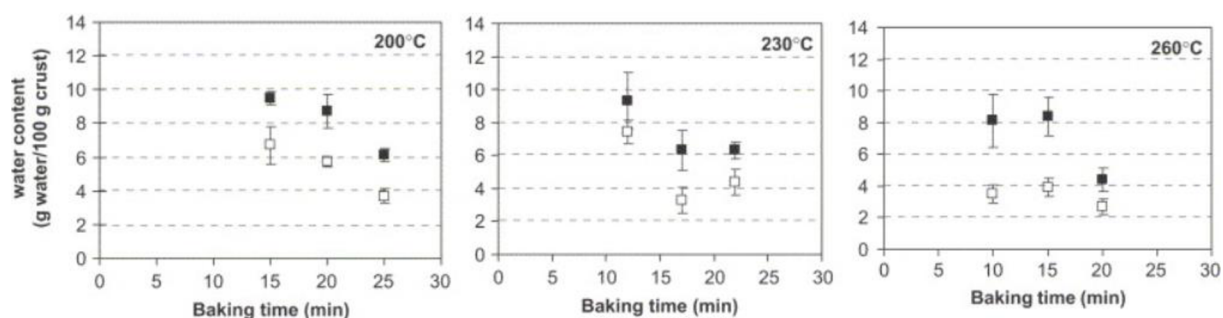
V průběhu počáteční fáze, takzvaném zapékání, se teploty pohybují kolem 270-280 °C. Po zasunutí chleba do pece se pec zapařuje, kdy po krátké době následuje odpuštění páry a následné pečení s pozvolně se snižující teplotou do teploty 230-210 °C, kdy tato část se nazývá vypékání. Pro chléb českého typu je při hmotnosti 1,5 kg optimální doba pečení kolem 50 minut. Po upečení následuje chladnutí, které je důležité z pohledu udržení sensorické kvality a zdravotní nezávadnosti (Příhoda et al. 2003).

Ahrné et al. (2007) studovali vliv teploty kůrky a obsahu vody na tvorbu akrylamidu při pečení světlého pečiva v patrové peci bez cirkulace vzduchu při 200, 230 a 260 °C po dobu 10, 12 a 15 minut. Při vyšších teplotách bylo třeba kratší doby k dosažení úplného propečení středy, obecně hodnotíme jako stav, kdy střída dosáhne 98 °C. Při teplotě 260 °C byla výsledkem nepřijatelná barva kůrky po 10 minutách. Při snížení teploty na 200 °C se doba potřebná k dosažení teploty středy prodloužila na 15 minut, ale barva kůrky byla přijatelná.



Obrázek 1: Obrázky chleba pečeného při 200, 230 a 260 °C při nejdelší a nejkratší zvolené době pečení.  $t_b$  je doba pečení potřebná k dosažení plně vyvinuté střídky, tj. aby středová teplota chleba dosáhla 98 °C;  $t_b+10$  je  $t_b+10$  min. (Ahrné et al., 2007)

Autoři rozdělili měření teploty kůrky na vnější (1 mm od povrchu) a vnitřní (2 mm od povrchu) frakci, kde měřili teploty, kdy rozdíl těchto teplot v místech vzdálených 1 mm byl kolem 10 °C. Následující obrázek ukazuje, že se vzrůstající teplotou a dobou pečení klesal obsah vody, což se později ukázalo jako důležitý faktor při vznikajícího akrylamidu v kůrce během pečení (Ahrné et al., 2007).



Obrázek 2: Obrázek: Obsah vody v kůrce I (□; 1 mm od povrchu) a kůrce II (■; 2 mm od povrchu) během pečení chleba při 200, 230 a 260 °C (Ahrné et al., 2007).

## 3.2 Akrylamid

### 3.2.1 Charakteristika

Akrylamid, amid akrylové kyseliny nebo také prop-2-enamid je v čistém stavu bílá krystalická látka bez zápachu (Keramat et al. 2011). Mezi prvními známými zdroji této látky byla pitná voda či tabákový kouř (Velíšek & Hajšlová 2009). V roce 2002 ale švédští vědci našli tuto škodlivinu s karcinogenním potenciálem i v potravinách, což odstartovalo mezinárodní výzkum zaměřený nejen na objasnění vzniku a zhodnocení zdravotních rizik, ale i na nalezení postupů, podle kterých by bylo možné množství tohoto kontaminantu v potravinách minimalizovat (Velíšek & Hajšlová 2009). Je zařazen mezi karcinogeny skupiny 2A, působí genotoxicky, neurotoxicky a nepříznivě ovlivňuje reprodukci (Sarion et al. 2021).

Je dobře rozpustný ve vodě a na vzduchu reaktivní, snadno polymerizuje za vzniku polyakrylamidu, který je netoxický, ale často obsahuje rezidua nepolymerizovaného akrylamidu, který toxicitu vykazuje (Papoušek et al. 2013). Polyakrylamid se v chemickotechnologickém průmyslu využívá jako flokulant při čištění pitných a odpadních vod, v papírenském průmyslu, jako těsnicí materiál při stavbách, či jako aditivum do kosmetických a průmyslových produktů (Papoušek et al. 2013).

V lidském těle je akrylamid metabolizován na glycidamid, který je zodpovědný hlavně za genotoxicitu akrylamidu, konkrétně může vyvolávat mutagenitu genů na chromozomální úrovni (Duke et al. 2017). Glycidamid je reaktivnější než akrylamid a může reagovat s makromolekulami jako je hemoglobin za vzniku aduktů, přičemž vznik těchto aduktů je důvod akrylamidové potencionální karcinogenity (Crawford et al. 2019).

Průměrný denní příjem pro běžnou populaci se odhaduje na  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u dětí se předpokládá příjem dvakrát až třikrát větší než u dospělých (Velíšek & Hajšlová 2009). K dietární expozici akrylamidu přispívají zejména smažené bramborové hranolky (16-30 %), smažené bramborové lupínky (6-46 %), káva (13-39 %), pečivo a sladké sušenky (10-20 %), chléb a křehký chléb (10-30 %) a v menší míře i ostatní potraviny (< 10 %) (Velíšek & Hajšlová 2009). Je nutné zmínit, že množství přijatého akrylamidu z potravy se v různých zemích liší, a to z důvodu rozdílného potravinového koše dané země (Velíšek & Hajšlová 2009). Podle Sarion et al. (2021) jsou pekařské výrobky jedním z hlavních zdrojů příjmu akrylamidu z potravy. Naopak Keramat et al. (2011) ale udává, že pekařské výrobky, zejména chléb a rohlík, dosahují nízkých hodnot akrylamidu, přičemž nejvíce se ho vyskytuje v kůrce a pouze nepatrné množství se dostane i do středy chleba. Výjimkou uvádí Keramat et al. (2011) křehký chléb, ve kterém se akrylamid vyskytuje značně.

Akrylamid se ve větších koncentracích nachází v potravinách rostlinného původu bohatých na škrob a tepelně upravených při teplotách přesahující  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ , zejména se tedy jedná o pečení, smažení, fritování, pražení nebo grilování (Papoušek et al. 2013). Přítomnost tohoto kontaminantu lze z větší části vysvětlit jako důsledek Maillardovy reakce, neenzymatického hnědnutí, ve které reagují aminokyseliny, především asparagin, s redukujícími cukry, fruktosou a glukosou (Papoušek et al. 2013), čemuž se budeme blíže věnovat v kapitole vznik akrylamidu.



### 3.2.2 Legislativní dokumenty monitorující množství akrylamidu v potravinách

Jak už bylo zmíněno, v roce 2002 na sebe strhl akrylamid mezinárodní pozornost, a proto není žádným překvapením, že na to musel zareagovat i Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA). V roce 2017 bylo přijato opatření s účinností v roce 2018, které má zmírňovat obsah akrylamidu, zejména v potravinách, kde je jeho větší množství očekáváno (Nařízení komise (EU) 2017/2158). V nařízení jsou například instrukce pro vhodné skladování brambor, které se dále zpracovávají na bramborové hranolky, či zvolení vhodné odrůdy brambor, u níž je obsah prekurzorů pro vznik akrylamidu vzhledem k regionálním podmínkám co nejnižší (Nařízení komise (EU) 2017/2158). Porovnávací hodnoty pro obsah akrylamidu ve vybraných potravinách jsou znázorněné na obrázku 3.

<i>potravina</i>	<i>porovnávací hodnota (µg/kg)</i>
hranolky	500
bramborové lupínky z čerstvých brambor a bramborového těsta	750
bramborové krekry jiné bramborové výrobky z bramborového těsta	
Měkký chléb	
pšeničný chléb	50
měkký chléb, jiný než pšeničný chléb	100
Snídaňové cereálie (kromě obilné kaše)	
a) výrobky z otrub a celozrnné cereálie, zrna pufovaná v pufovacím dělu	300
b) pšeničné a žitné výrobky	300
c) výrobky z kukuřice, ovsa, pšenice špaldy, ječmene a rýže	150
sušenky a oplatky	350
kekry s výjimkou bramborových krekřů	400
křupavý chléb	350
perník	800
výrobky podobné ostatním výrobkům této kategorie	300
pražená káva	400
instantní (rozpustná) káva	850
Náhražky kávy	
a) náhražky kávy výhradně z obilovin	500
b) náhražky kávy ze směsi obilovin a čekanky	2000
c) náhražky kávy výhradně z čekanky	4000
potraviny pro malé děti, obilné příkrmy pro kojence a malé děti, kromě sušenek a sucharů	40
sušenky a suchary pro kojence a malé děti	150

Obrázek 3: Porovnávací hodnoty pro přítomnost akrylamidu v potravinách dle čl. 1 odst. 1 Nařízení Komise (EU) 2017/2158

Dalším důležitým legislativním dokumentem je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin, které „Obsahuje základní ustanovení umožňující zajistit vysokou úroveň ochrany lidského zdraví a zájmů spotřebitelů, pokud jde o potraviny, zejména

*s přihlédnutím k rozmanitosti nabídky potravin včetně tradičních výrobků, a současně zajišťovat účinné fungování vnitřního trhu. Stanoví jednotné zásady a povinnosti, prostředky pro vytvoření silné vědecké základny, účinná organizační opatření a postupy, z nichž se má vycházet při rozhodování v otázkách bezpečnosti potravin a krmiv.*” (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002).

Hlavním cílem Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin je „*Dosažení vysoké úrovně ochrany lidského života a zdraví je jedním ze základních cílů potravinového práva, jak je stanoveno v nařízení (ES) č. 178/2002. Uvedené nařízení rovněž stanoví další jednotné zásady a definice pro potravinové právo na vnitrostátní úrovni a na úrovni Společenství, včetně cíle dosáhnout volného pohybu potravin ve Společenství.*”

V Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004 je uvedeno „*Obecné požadavky na označování potravin jsou doplněny řadou ustanovení vztahujících se na všechny potraviny za určitých okolností anebo na určité skupiny potravin. Kromě toho existuje řada zvláštních pravidel vztahujících se na konkrétní potraviny.*”

### **3.2.3 Vznik akrylamidu**

Akrylamid vzniká při vysokých teplotách nad 120°C, kterých se dosahuje například při smažení či pečení. V jídlech ze syrových ingrediencí se nevyskytuje stejně jako u přípravy při nižších teplotách, tedy pod 120 °C, nevyskytuje se tedy například ve vařící vodě (Jackson & Al-Taher 2005). Množství akrylamidu v potravinách roste při přípravě v rozmezí 120-175 °C a při ještě vyšších teplotách množství klesá (Mottram et al. 2002; Taubert et al. 2004). Mechanismus, který by vysvětloval klesání obsahu akrylamidu nad 175 °C, není znám.

Akrylamid vzniká při neenzymatickém hnědnutí a podle Randhir et al. (2008) reakce tohoto hnědnutí, které nastávají v jídle, mohou být způsobené:

- a) degradaci askorbové kyseliny
- b) peroxidací lipidů
- c) cukr-cukr karamelizací
- d) Maillardovou reakcí

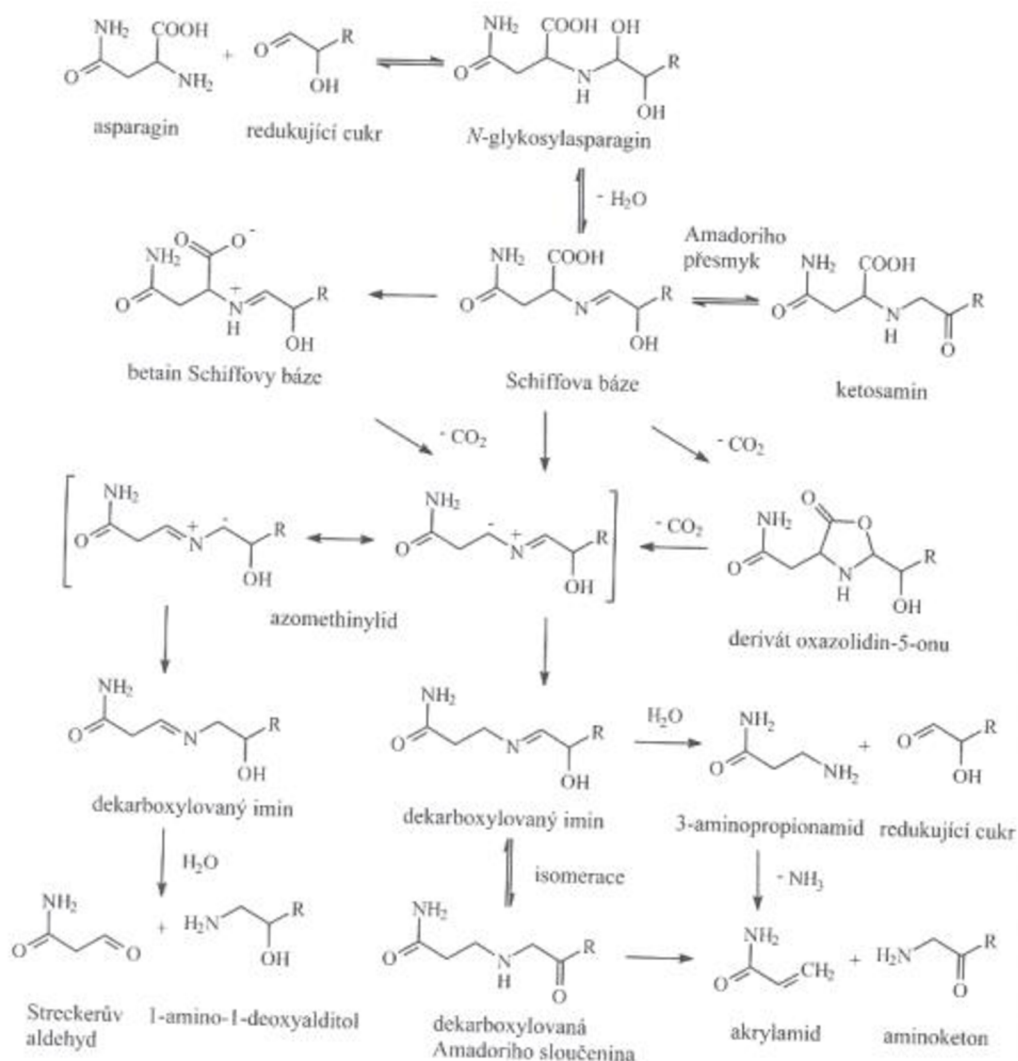
Obecně se vyskytují 3 procesy, které způsobují hnědnutí v potravinách. Prvním je Maillardova reakce, při které dochází k reakci karbonylových sloučenin (aldehydů, ketonů, redukujících cukrů) s aminy, druhá je karamelizace, která nastává při zahřátí cukrů na vysoké teploty a třetí je enzymatické hnědnutí katalyzované enzymy jako například polyfenoloxidáza, lipoxygenáza či peroxidáza (Owusu-Apenten 2005).

Akrylamid vzniká především v Maillardově reakci, které se říká i neenzymatické hnědnutí, což je reakce mezi redukujícími cukry a určitými aminokyselinami (Velíšek & Hajšlová 2009). Nejčastější aminokyselinou je asparagin (Velíšek & Hajšlová 2009; Mottram

et al. 2002) a Mottram et al. (2002) zmiňuje ještě aminokyselinu methionin. Obecně je Maillardova reakce citlivá na pH a se vzrůstajícím pH roste i rozsah barevné reakce (Owusu-Apente 2005). Zároveň nejnáze dochází ke vzniku akrylamidu při hodnotách pH 8 (Rydberg et al. 2003). Podle Pundir et al. (2019) vzniká akrylamid zejména pomocí Maillardovy reakce a při vzniku akroleinu.

Při vzniku akrylamidu se díky chemickým jevům upřednostňují cukry s krátkým řetězcem, které se formují do cyklického poloacetátu a jsou vystaveny nukleofilnímu útoku alfa-aminokyselin (Maan et al. 2020). Primárně vzniká karbinolamin N-glykosylasparagin, ze kterého po dehydrataci vzniká příslušná Schiffova báze (Velíšek & Hajšlová 2009). Její dekarboxylací vzniká azomethinylid a jeho dekarboxylací vzniká příslušný imin, který má dvojnou vazbu mezi uhlíkem z cukru a dusíkem (Velíšek & Hajšlová 2009). Pokud dojde k hydrolyze iminu vznikne původní cukr a 3-aminopropionamid, nebo může pomocí isomerace vzniknout dekarboxylovaná Amadoriho sloučenina (Velíšek & Hajšlová 2009). Akrylamid vzniká po rozštěpení kovalentní vazby a mezi uhlíkem a dusíkem a zároveň vzniká aminoketon (Velíšek & Hajšlová 2009).

Alternativně může vznikat akrylamid také z akroleinu, který vzniká při zahřátí oleje nad jeho kouřový bod (Liu et al. 2015). Při těchto teplotách se glycerol rozkládá za vzniku akroleinu, který se oxiduje na akrylovou kyselinu a v přítomnosti asparaginu vzniká akrylamid (Hedegaard et al. 2008).



Obrázek 4: Mechanismus tvorby akrylamidu v přítomnosti alfa-hydroxykarbonylových sloučenin (Velišek & Hajšlová 2009).

### 3.2.4 Možnosti snížení množství akrylamidu v pekařských výrobcích

Podle Veliška & Hajšlová (2009) jsou pro konečnou kontaminaci akrylamidem důležité faktory obsah redukujících cukrů, asparaginu a dalších volných aminokyselin ve výchozí surovině, teplotní profil aplikovaný při zpracování/výrobě, hodnota pH, obsah vody a použití aditivních látek v dané receptuře. Nejvhodnější zásahy pro snížení koncentrací akrylamidu v potravinách rozdělené na dobu fáze zpracování, a to na předúpravu, změnu složení a změnu procesu (Anese et al. 2009). K předúpravě Anese (2009) uvádí možnost chemického máčení v aditivních roztocích, rozdílné fyzikálně-chemické zpracování, použití kvasnicové či mléčné fermentace, použití asparaginasy či kombinace dříve zmíněných. Při změně složení se mohou nahradit přísady, které podporují vznik akrylamidu, nebo naopak přidat složky, které vznik akrylamidu inhibují (Anese et al. 2009). Změna procesu se může týkat snížení tepelného příkonu, zvýšení relativní vlhkosti při ohřevu, způsobu přenosu tepla nebo se můžeme vyvarovat rychlému zchlazení (Anese et al. 2009).

Metody ke snížení nežádoucích účinků akrylamidu ve stravě dle (Friedman & Levin 2008) zahrnují:

- a) výběr brambor, obilovin a další odrůdy rostlin pro dietetické použití, které obsahují nízké hladiny prekurzorů akrylamidu, jmenovitě asparagin;
- b) odstranění prekurzorů před zpracováním;
- c) použití enzymu aspariginasy k hydrolýze asparaginu na kyselinu asparagovou;
- d) výběr podmínek zpracování (pH, teplota, čas, zpracovatelská a skladovací atmosféra), které minimalizují tvorbu akrylamidu;
- e) přidání složky potravy, o kterých bylo prohlášeno, že zabraňují formaci akrylamidu;
- f) odstranění/zachycení akrylamidu po jeho vytvoření pomocí chromatografie, odpařování, polymerace nebo reakce s jinými složkami potravin;
- g) snížení toxicity in vivo

Například při výrobě perníků se používají kypřící přípravky na bázi uhličitanu amonného, které, díky obsahu prekurzorů pro vznik akrylamidu, mohou obsahovat vysoké koncentrace tohoto kontaminantu (Velíšek & Hajšlová 2009).

Za nejrozšířenější prekurzor je považován asparagin, jehož obsah se může v pšeničných zrnech mnohonásobně zvýšit v reakci na nedostatek síry a z tohoto důvodu je doporučeno hnojit potravinářskou pšenici sírou v množství 20 kg/ha (Raffan et al. 2020), kdy podle Muttucumaru (2008) je doporučeno hnojit minimálně 15 kg síry na hektar. Množství asparaginu závisí na genotypu plodin a zároveň obecně vzrůstalo při vyšších dávkách dusíku, a to nejvíce při brzké jarní aplikaci (Martínek et al. 2009). Při zamoření listovou chorobou se díky použití fungicidu snížil obsah asparaginu i při vyšších dávkách dusíku (Martínek et al. 2009). Dále je možnost pro snížení množství asparaginu použit enzym L-aspariginasy, při použití jejichž 300 enzymových jednotek bylo naměřeno 73-97% redukce vzniku akrylamidu v kůrce a stříde (Kumar et al. 2013). Naopak při přidání enzymu aspariginosy do žitného chleba nedošlo k významnému úbytku množství akrylamidu a při analýze ekonomických aspektů vyšlo najevo, že využití ve výrobě není nákladově efektivní (Kunkulberga et al. 2014). Přídavek glycinu nebo prolinu taktéž snižuje množství akrylamidu, a to z důvodu konkurence těchto aminokyselin s asparaginem (Chen et al. 2019).

Dále přídavek kyseliny citronové do žitného těsta snížil obsah akrylamidu v chlebu o 66 %, ale měl negativní vliv na chuť, proto by bylo nutné najít optimální množství kyseliny citronové, do kterého lze přidat beze změny sensorických vlastností (Kunkulberga et al. 2014).

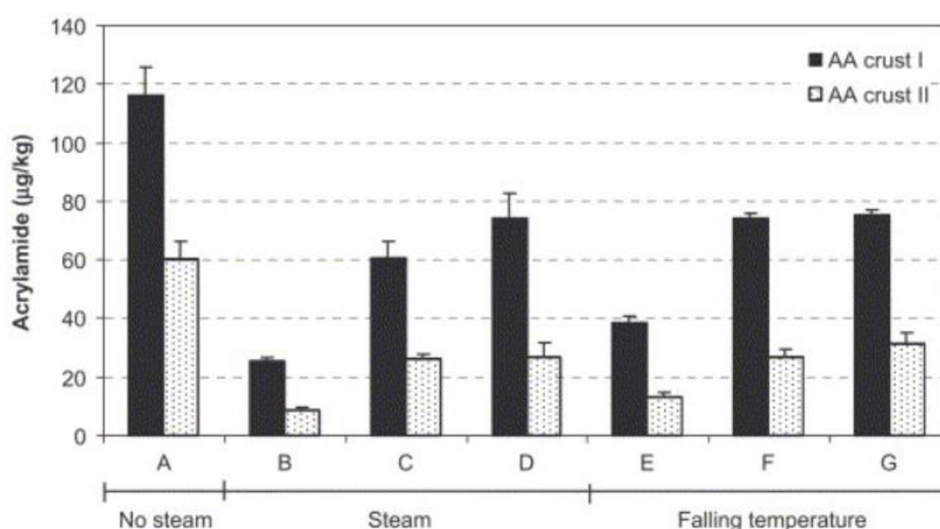
Kmeny probiotických mikroorganismů, zejména bakterií mléčného kvašení v kvásku, významně snížily akrylamid o 38,33 % a s ohledem na kmenově specifický potenciál probiotik ve vazbě s akrylamidem, pořadí kmenů bylo *Saccharomyces* (82 %), > *Lactobacillus* (39,28 %), > *Leuconostoc* (34,35 %), > *Pediococcus* (25,90 %) (Emadi et al. 2021). Z těchto výsledků lze usuzovat, že kváskovou fermentaci s vybranými potencionálními kmeny probiotik lze bezpečně použít k redukci akrylamidu v cereálním chlebu (Emadi et al. 2021).

Vakuová modifikace byla vysoce účinná při snižování obsahu akrylamidu v chlebové kůrce s požadovanou strukturou a barvou chleba a vakuově modifikované vzorky měly o 59,8 % nižší obsah akrylamidu (Šimšek 2022). Pečení v atmosféře N<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> snížilo množství akrylamidu o 50 % a při pečení v SO<sub>2</sub> bylo zabráněno vzniku akrylamidu v chlebu (Gülcan et al. 2020).

Snížení obsahu akrylamidu v potravinách pomocí derivátů vápníku vyžaduje pečlivé zvážení, protože jakákoli změna ve složení může mít nepříznivé účinky ve smyslu tvorby dalších procesních kontaminantů, jako je HMF (hydroxy-methyl-furfural), během zahřívání (Gökmen & Şenyuva 2006). Existují důkazy, že kationty účinně zabraňují tvorbě Schiffovy báze, která je klíčovým meziproduktem vedoucím k akrylamidu, a hlavně mění reakční cestu směrem k dehydrataci glukózy vedoucí k HMF a furfuralu (Gökmen & Şenyuva 2006). Puracal Act 100 a  $\text{CaCl}_2$  jsou dva komerčně dostupné deriváty vápníku a když se tyto sloučeniny přidají do těsta v množství 0,5 %, je možné snížit tvorbu akrylamidu až o 70 %, aniž by došlo k jakékoli významné změně sensorických vlastností sušenek (Açar et al. 2010).

Podle Açar et al. (2010) je po přidání derivátů vápníku při výrobě sušenek možná zvýšená tvorba HMF (hydroxy-methyl-furfural), studie ukázaly, že hladiny HMF byly stále nízké, a to v hodnotách méně než 5 mg/kg.

Další možností, jak snížit obsah akrylamidu při pečení, je vstříknutí páry do pece, což se běžně využívá během počátečních fází pečení ke zlepšení struktury a barvy kůrky. Pečení v páře snížilo jak teplotu kůrky, tak teplotní rozdíl mezi vnější a vnitřní kůrkou, což vedlo k nižší koncentraci akrylamidu než při pečení bez páry. Ahmé et al. (2007) publikoval výsledky, ve kterých došlo po snížení teploty pece po 5, 10 a 15 minutách ke snížení koncentrace akrylamidu o 67 %, 36 %, 35 %, ve srovnání s koncentrací vytvořenou pečením při konstantní teplotě. Pomocí páry bylo možné upéct chléb na přibližně stejnou barevnou úroveň jako při tradičním pečení, ale s podstatně nižším obsahem akrylamidu.



Obrázek 5: Množství akrylamidu vytvořeného ve vnější (AA crust 1) a vnitřní kůrce (AA crust 2) při pečení bez páry, s párou a při klesající teplotě v průběhu pečení.

### 3.2.5 Metody stanovení

V posledních letech bylo vyvinuto mnoho metod ke stanovení monomeru akrylamidu, zejména ve vodě, biologických tekutinách a tepelně neupravených potravinách (cukr, polní plodiny, houby). Většinou se jedná o klasické metody založené na vysokoúčinné kapalinové

chromatografii (HPLC), plynové chromatografii (GC) (Taeymans et al. 2004) nebo o kapilární elektroforézu (CE) a ELISA (Kepekci Tekkeli et al. 2011). První hlášenou metodou, týkající se analýzy akrylamidu ve vařených a zpracovaných potravinách, byla kapalinová chromatografie s hmotnostní spektrometrií (LC-MS) v květnu 2002 (Rosén & Hellenäs 2002).

Většina organizací a vlád uznala LC-MS/MS s izotopovým ředěním, GC-MS nebo GC - MS/MS po derivatizaci jako standardní metody pro kvantifikaci akrylamidu v tepelně zpracovaných potravinách (Hu et al. 2015). Tyto metody představují vysokou přesnost a citlivost, stejně jako dobrou stabilitu a reprodukovatelnost, díky čemuž jsou spolehlivé pro analýzu a detekci akrylamidu (Pan et al. 2020). Navíc díky dobrému separačnímu efektu lze LCMS/MS využít pro současnou detekci akrylamidu a dalších toxických sloučenin v jednom vzorku (Lee et al. 2015).

Obecně při chromatografii se využívá rovnováhy mezi dvěma nemísitelnými složkami. Z toho důvodu se řadí mezi separační metody, a je při ní možné zjistit současně složení i koncentraci směsi. Základem této metody je distribuce složek směsi mezi dvě fáze – stacionární a mobilní. Stacionární fáze může mít mnoho podob a může být vyjádřena například tuhou fází, mobilní fáze je nejčastěji plyn nebo kapalina. Tato metoda závisí na rozdělovacím koeficientu, který vyjadřuje poměr rovnovážných koncentrací v obou zmíněných fázích (Káš et al. 2012).

Při použití kapalinové chromatografie (LC) je mobilní fází kapalina, která prostupuje fází stacionární. Základem této metody je odlišná afinita složek směsi k těmto dvěma fázím. Může se využívat pro široké spektrum sloučenin, včetně netěkavých a termolabilních látek (Káš et al. 2012).

V případě plynové chromatografie (GC) je mobilní fáze tvořena nosným plynem. Principem metody je, že v koloně neustále prochází nosný plyn, do kterého umístíme vzorek, který se odpaří a je dále unášen nosným plynem, dále projde dělicím procesem a detektor zachytí a určí druh a zároveň koncentraci separovaných látek (Káš et al. 2012).

### 3.3 Kolorimetrie

Vizuální kolorimetrie, jedna z nejstarších analytických metod, se používala již v dobách Řeků a Římanů, i když začala nabývat modernějšího vědeckého charakteru, až když v roce 1729 Pierre Bouguer stanovil, že pokud určitá šířka barevného skla pohltí polovinu světla, které vychází ze zdroje, potom dvojnásobná šířka zmenší světlo na čtvrtinu jeho původní hodnoty. Asi o 30 let později navrhl Jean-Henri Lambert (1728–1777) první matematický vztah, že logaritmus poklesu intenzity světla (dnes bychom řekli převrácené hodnoty propustnosti) se rovná součinu průhlednosti tělesa krát jeho tloušťka. Konečně v roce 1850 Auguste Beer stanovil vztah mezi koncentrací a optickou hustotou (nyní nazývaný absorbance), což vedlo k současné podobě Beer-Lambertova zákona (také nazývaného Lambert-Beerův zákon nebo dokonce Lambert-Beer-Bouguerův zákon) (Rouessac F. & Rouessac A., 2007).

Vizuální kolorimetrie, používaná po více než čtyři století, je zjednodušenou formou instrumentální absorpční spektrometrie. Vzhledem ke své nízké ceně a často překvapivé přesnosti je proto široce používána. Nejjednodušší kolorimetrie, používané pro rutinní měření, byly vizuální komparátory. Nesslerovy zkumavky, používané po mnoho let, sestávaly z odměrných skleněných zkumavek s plochým dnem naplněných různými koncentracemi

standardních roztoků smíchaných s derivatizačním činidlem. Roztok, který má být analyzován, byl umístěn se stejným činidlem do stejné zkumavky a barva byla porovnána s barvou standardů, kdy konečné hodnocení probíhalo pomocí principu stejná barva se rovná stejné koncentraci. Za tímto účelem byly tyto zkumavky umístěny nad zdrojem bílého světla, aby bylo možné pozorovat prostup světla. Tyto selektivní testy, připravené k použití a nevyžadující žádné přístrojové vybavení, doplňují zavedené metody a svou rychlostí pomáhají rozšířit rozsah semikvantitativních analýz (Rouessac F. & Rouessac A., 2007). Obecně platí, že kvalitativní analýza stanoví chemickou identitu druhů ve vzorku, zatímco kvantitativní analýza určuje relativní množství těchto druhů v numerických výsledcích. Semikvantitativní analýza je na rozmezí mezi kvalitativními a kvantitativními metodami. Může poskytnout detekci přítomnosti analytu včetně přibližného množství porovnáním se standardem v přípustné koncentraci (Phechkrajang & Yooyong, 2017).

Platnost Lambert-Beerova zákona lze využít dvěma způsoby. Tím prvním je již dříve zmíněné porovnání vzorku se sadou standardů, kde je důležitou podmínkou stejná tloušťka vrstvy, čehož lze docílit používáním identických zkumavek či kyvet. Pokud se rovná  $l_1$  s  $l_2$  musí se zároveň rovnat  $c_1$  a  $c_2$ . Jinými slovy standard, který barevně odpovídá vzorku má i stejnou koncentraci. Tuto metodu můžeme nazývat srovnávací (Dolejšková, 2000).

Druhá používaná metoda se nazývá vyrovnávací či poměrová a její principem je využití zařízení (kolorimetru), které je schopno měnit tloušťku vrstev pozorovaného roztoku tak, aby v průhledu byla totožná barva v obou roztocích. V tomto případě nemusíme vytvářet sadu standardů, ale stačí nám jediný vzorek. Pokud je index pro vzorek  $x$  a pro standard  $s$ , tak dle Dolejšková (2000) platí:

$$c_x = c_s * \frac{l_s}{l_x}$$

Kolorimetrie je metoda rychlá, nenákladná a nevyžaduje speciálně proškolené pracovníky. Měření může probíhat za denního i umělého světla, neboť metoda nezávisí na druhu použitého světla. Mezi výjimky patří umělé barevné standardy (barevné stupnice). Nevýhodou je časová náročnost při tvoření řady standardů, které nejsou stálé a snadno může dojít k nepřesnostem při měření. Zároveň zejména srovnávací metoda je závislá na vlastnostech a citlivosti lidského oka. Průměrně je chyba vizuálního srovnání kolem 5 % (Malát 1956).

Lambert-Beerův zákon nám sděluje závislost absorbance na tloušťce vrstvy  $l$  [cm], molárním absorpčním koeficientu  $\varepsilon$  [ $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ] a na koncentraci roztoku  $c$  [ $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ].

$$A = l * \varepsilon * c$$

Absorbance je tedy bezrozměrná veličina a je spojena s transmitancí  $T$ , kdy vztah mezi nimi je znázorněn v rovnici:

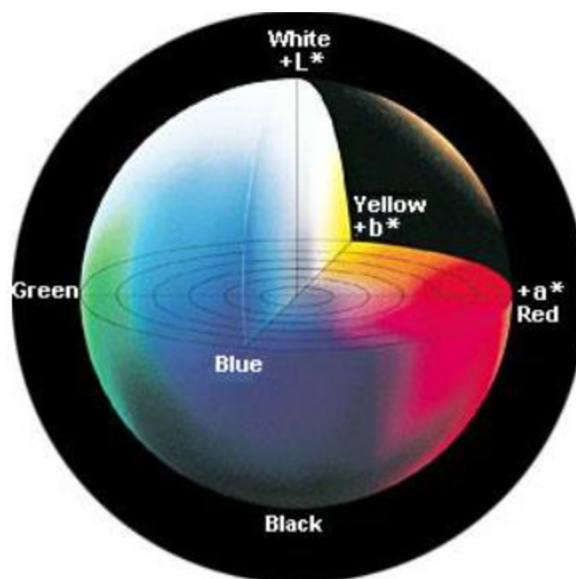
$$A = -\log T$$



Pokud víme, že transmittance je 100 %, respektive absorbance je nulová, znamená to, že všechno záření prošlo vzorkem a vzorek tedy žádné nepohltil. Naopak při nulové transmittanci je veškeré záření pohlceno vzorkem (Housecroft & Constable 2006).

Barevný prostor CIE  $L^*a^*b^*$  (také označovaný jako CIE LAB je jedním z nejoblíbenějších barevných prostorů pro měření barev objektů. Byl definován v roce 1976 pro barevnou komunikaci a dnes je široce používán v mnoha průmyslových odvětvích pro řízení a správu barev. Patří mezi jeden z nejjednodušších barevných prostorů, protože vzdálenosti v souřadnicovém diagramu se rovnají vnímanému rozdílu barev. (Konica Minolta, 2018).

Pro stanovení barvy jsme využili jednotného barevného prostoru CIE  $L^*a^*b^*$ , který se skládá ze tří částí, kde  $L^*$  znázorňuje světlost barvy v rozmezí 0 až 100 (světlá až černá),  $a^*$  barvu od zelené (-) po červenou (+) a  $b^*$  barvu od modré (-) po žlutou (+). Sytost barev se zvyšuje s pohybem směrem ven, naopak v oblasti středu se vyskytují málo syté odstíny (Konica Minolta, 2018). Tyto 3 body vytvoří jedinečné souřadnice v trojrozměrném prostoru, kde představují přesně definovanou barvu. Zároveň tyto parametry korelují s tvorbou hnědých pigmentů zvaných melanoidiny. Vyšší hodnoty části  $L^*$  představují méně reakcí neenzymatického zhnědnutí, a naopak vyšší hodnoty  $a^*$  jsou známkou vysoké rychlosti Maillardovy reakce (Gülcan et al., 2020; Starowicz & Zieliński, 2019).



Obrázek 6: Barevný prostor CIE  $L^*a^*b^*$   
([www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/07.html](http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/07.html))

## 4 Praktická část

Praktická část práce probíhala v Potravinářském pavilonu ČZU v sekci pekárenské výroby, kde probíhala veškerá příprava a následné pečení.

### 4.1 Metodika

#### 4.1.1 Použité suroviny

Základními surovinami pro přípravu těsta byly voda, sůl, droždí a mouka. Mouka byla použita od výrobce Mlýny J. Voženílek, spol. s.r.o., konkrétně Předměřická mouka pšeničná světlá hladká – T530, která byla dodávána v pytlích po 15 kg. Doplnujícími surovinami v těstě byly 4 druhy silic a to tymián, lemongrass a skořice – cejlonský typ, které byly od značky Sigma-Aldrich, a oregano, které bylo od značky BIOMEDICA spol. s.r.o.

Jako výchozí recepturu bylo vybráno následující množství surovin: 150 g pšeničné hladké světlé mouky, 2,5 g soli, 86 ml vody, 4,5 g lisovaného droždí.

Množství přepočtených surovin pro vytvoření těsta:

- 200 g pšeničné hladké světlé mouky T530
- 3,3 g soli
- 114 ml vody
- 6 g lisovaného droždí

Silice – koncentrace:

- Tymián 0,9170 g/ml
- Oregano 0,8888 g/ml
- Lemongrass 0,896 g/ml
- Skořice 1,025 g/ml

Pro práci se silicemi byla určena chtěná množství přidané silice, která činila 0,5,10,20,40 a 80 mg/100 g mouky. Pomocí vzorce, kde  $m$  představuje hmotnost v gramech a  $\rho$  hustotu v g/ml silice, vyjde výsledek v  $\mu$ l.

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Tabulka 2: Přepočet množství silice na 200 g mouky – tymián

tymián			
koncentrace mg/100 g	hustota silice g/ml	dávkování dle hustoty $\mu$ l / 100 g mouky	přídavek do receptury $\mu$ l / 200 g mouky
0	0,917	0	0
5	0,917	5,4530	10,91
10	0,917	10,9050	21,81
20	0,917	21,8103	43,62
40	0,917	43,6205	87,24
80	0,917	87,2410	174,48

Tabulka 3: Přepoččet množství silice na 200 g mouky – oregáno

oregáno			
koncentrace mg/100 g	hustota silice g/ml	dávkování dle hustoty $\mu\text{l} / 100 \text{ g mouky}$	přídavek do receptury $\mu\text{l} / 200 \text{ g mouky}$
0	0,88880	0	0
5	0,88880	5,6256	11,25
10	0,88880	11,2511	22,50
20	0,88880	22,5023	45,00
40	0,88880	45,0045	90,01
80	0,88880	90,0090	180,02

Tabulka 4: Přepoččet množství silice na 200 g mouky – lemongrass

lemongrass			
koncentrace mg/100 g	hustota silice g/ml	dávkování dle hustoty $\mu\text{l} / 100 \text{ g mouky}$	přídavek do receptury $\mu\text{l} / 200 \text{ g mouky}$
0	0,896	0	0
5	0,896	5,5804	11,16
10	0,896	11,1607	22,32
20	0,896	22,3214	44,64
40	0,896	44,6429	89,29
80	0,896	89,2857	178,57

Tabulka 5: Přepoččet množství silice na 200 g mouky – skořice

skořice			
koncentrace mg/100 g	hustota silice g/ml	dávkování dle hustoty $\mu\text{l} / 100 \text{ g mouky}$	přídavek do receptury $\mu\text{l} / 200 \text{ g mouky}$
0	1,025	0	0
5	1,025	4,8781	9,76
10	1,025	9,7561	19,51
20	1,025	19,5122	39,02
40	1,025	39,0244	78,05
80	1,025	78,0488	156,10

#### 4.1.2 Pečení

Pro vážení surovin jsme používali analytické váhy a pro hnětení těsta kuchyňský robot Domino s kuchyňským hákem. Nejprve byly naváženy všechny suroviny v požadovaném množství. Prvním krokem bylo vložení mouky do kuchyňského robotu, do které byly přidány silice, které byly dále 2 minuty promíchány, aby bylo dosaženo co nejrovnoměrnějšího rozmísení silic v mouce. Následně bylo droždí rozpuštěno ve vlažné vodě a přidáno společně se solí do robotu. Směs se míchala 2 minuty rychle a poté 10 minut pomalu. Po vyndání z robotu bylo těsto přikryto miskou a ponecháno 20 minut k odpočinutí. Následovalo vážení, tvoření tvaru a dělení na jednotlivé 60g klonky, při každé koncentraci po 5 kusech, které pak byly na plechu odneseny do kynárny na 40 minut. Následovalo pečení v peci na režim “houska”, při kterém počáteční teplota byla 260 °C s postupným snížením na 237 °C, celkově trvající 13 minut. Po vytáhnutí z pece byly housičky ponechány k vychladnutí. Dále u nich bylo sledováno, zda přidání silice mělo vliv na dobu trvanlivosti, barvu housičky, měrný objem pečiva a zkoumána senzorická kvalita pomocí vypracovaného dotazníku podaného hodnotitelům.

### 4.1.3 Specifický objem pečiva

Objem houstiček byl zjištěn pomocí semen řepky, kdy byly postaveny 2 hrnce do sebe a horní naplněn řepkou a následně plný hrnec zarovnan pravítkem. Přebytek řepky, který se dostal do spodního hrnce byl vysypán. Z horního hrnce byly odsypány 2/3 řepky a vloženy 3 houstičky opět zasypané řepkou. Hrnec byl následně opět zarovnan pravítkem a přebytek řepky změřen v odměrném válci, čímž byl stanoven objem pečiva v ml.

Specifický objem pečiva ( $\text{cm}^3$ , ml / 100 g mouky) byl určen podle vzorců:

$$\text{Hmotnost mouky ve 3 ks pečiva} = \frac{\text{hmotnost klonek} \cdot \text{hmotnost mouky v receptuře (g)}}{\text{celková hmotnost těsta (g)}}$$

A následně vypočtena objemovou výtěžnost pečiva podle vzorce:

$$\text{Objemová výtěžnost} = \frac{\text{zjištěný objem 3 ks pečiva (ml)} \cdot 100}{\text{hmotnost mouky na 3 ks pečiva (g)}}$$

### 4.1.4 Stanovení barvy pomocí prostoru CIE L\*a\*b\*

Barva byla měřena pomocí spektrofotometru CM-600d pod úhlem  $10^\circ$  a při režimu D65 (denní světlo), ve kterém došlo k 5 měření na různých místech.

V barevném prostoru CIE L\*a\*b\* je rozdíl mezi dvěma barvami vyjádřen pomocí vzorce:

$$\Delta E_{Lab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

K porovnání barvy kůrky i střídky u jednotlivých houstiček byl použit výpočet  $\Delta E$ , při kterém od sebe byly odečteny průměr naměřených hodnot  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$  u dané koncentrace silice, která byla zkoumána, a průměr naměřených hodnot  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$ , naměřených u kontrolního vzorku bez přídavku silice (Mokrzycki & Tatol, 2011).

Podle Mokrzycki & Tatol (2011) standardní pozorovatel vidí rozdíl v barvě následovně:

- $0 < \Delta E < 1$  – pozorovatel si nevšimne rozdílu
- $1 < \Delta E < 2$  – rozdíl může zaznamenat pouze zkušený pozorovatel
- $2 < \Delta E < 3,5$  – nezkušený pozorovatel si také všimne rozdílu
- $3,5 < \Delta E < 5$  – je patrný jasný rozdíl v barvě
- $5 < \Delta E$  – pozorovatel si všimne dvou různých barev

#### 4.1.5 Senzorické hodnocení

Pomocí vyplněných dotazníků bylo zjišťováno, které silice s jakou koncentrací byly konzumenty nejlépe ohodnoceny. U jednotlivých housiček byly bodově hodnoceny na stupnici od 1 (velmi špatná) až 6 (vynikající) – barva, vůně, textura kůrky, textura střídky, chuť a celkový dojem. Dotazník je k nahlédnutí v samostatných přílohách.

#### 4.1.6 Doba trvanlivosti

Doba trvanlivosti byla zkoumána tak, uzavřením housiček všech koncentrací ze všech druhů silic do mikrotenového sáčku a následným čekáním do prvního náznaku plísně. Tento den byl pak zaznamenán. Sledován byl vliv přidání silice do receptury na prodloužení trvanlivosti výsledného výrobku.

### 5 Výsledky

#### 5.1 Specifický objem pečiva

Podle uvedených výsledků můžeme vidět, že kontrolní vzorek housiček měl objemovou výtěžnost  $451 \text{ cm}^3 / 100\text{g}$  mouky. Tuto hodnotu tedy použijeme jako porovnávací a zároveň jsme si vypočetli průměry všech objemových výtěžností v rámci jedné silice. V tomto hodnocení největší objemové výtěžnosti dosáhly housičky s příměsí skořicové silice, kde průměr činil  $507 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$  mouky. Následované kontrolním vzorkem s  $451 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$  mouky. Obdobně na tom byly silice lemongrass se  $441 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$  a tymián se  $440 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$  mouky. Největší rozestup mezi dvěma silicemi byl u předposledního tymiánu  $440 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$  mouky a posledním oreganem, kde průměrná objemová výtěžnost byla pouze  $360 \text{ cm}^3 / 100 \text{ g}$  mouky. Opakujícím se trendem u téměř všech silic můžeme vidět to, že největší objemovou výtěžnost dosáhli housičky každé silice u své 3. koncentrace.

Tabulka 6: Výsledky objemové výtěžnosti – kontrolní vzorek

<b>Kontrolní vzorek</b>			
Množství silice (mg / 100 g)	Objem 3 ks pečiva (ml)	Hmotnost mouky ve 3 ks pečiva (g)	Objemová výtěžnost ( $\text{cm}^3$ , ml / 100 g mouky)
0	500	111	451

Tabulka 7: Výsledky objemové výtěžnosti – tymiánová silice

<b>Silice TYMIÁN</b>		
Množství silice (mg / 100 g)	Objem 3 ks pečiva (ml)	Objemová výtěžnost (cm <sup>3</sup> , ml / 100 g mouky)
5	505	455
10	445	401
20	530	478
40	465	419
80	495	446

Tabulka 8: Výsledky objemové výtěžnosti – oreganová silice

<b>Silice OREGANO</b>		
Množství silice (mg / 100 g)	Objem 3 ks pečiva (ml)	Objemová výtěžnost (cm <sup>3</sup> , ml / 100 g mouky)
5	345	311
10	430	387
20	445	401
40	400	360
80	380	342

Tabulka 9: Výsledky objemové výtěžnosti – silice lemongrass

<b>Silice LEMONGRASS</b>		
Množství silice (mg / 100 g)	Objem 3 ks pečiva (ml)	Objemová výtěžnost (cm <sup>3</sup> , ml / 100 g mouky)
5	500	451
10	480	432
20	535	482
40	485	437
80	450	405

Tabulka 10: Výsledky objemové výtěžnosti – skořicová silice

<b>Silice SKOŘICE</b>		
Množství silice (mg / 100 g)	Objem 3 ks pečiva (ml)	Objemová výtěžnost (cm <sup>3</sup> , ml / 100 g mouky)
5	525	473
10	610	550
20	575	518
40	570	514
80	535	482

## 5.2 Stanovení barvy pomocí prostoru CIE L\*a\*b\*

Při stanovování barvy pomocí spektrofotometru CM-600d byla u kontrolního vzorku v kůrce průměrná hodnota L\*, která vyjadřuje světlost kůrky, 61,632, a\*, která vyjadřuje začervenání, 11,618 a b\*, která vyjadřuje zažloutnutí, 36,324.

Tabulka 11: Stanovení hodnot L\*a\*b\* u kontrolního vzorku – kůrka

	kontrola - kůrka					0 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$
L*	68,88	68,08	66,91	67,48	36,81	0 $\mu$ l	61,632	12,42817992
a*	10,66	11,38	11,29	11,73	13,03		11,618	0,785910936
b*	35,75	36,51	35,08	37,28	37		36,324	0,810249344

Tabulka 12: Stanovení hodnot L\*a\*b\* a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – kůrka při přidání 5 mg silice do 100 g mouky

	tymián - kůrka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	66,6	60,29	58,26	67,33	72,71	10,9 $\mu$ l	65,038	5,196873676	4,35325
a*	10,59	15,14	16,09	10,56	4,38		11,352	4,162073522	
b*	33,38	36,98	36,75	34,23	26,79		33,626	3,692287096	

Tabulka 13: Stanovení hodnot L\*a\*b\* a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – kůrka při přidání 10 mg silice do 100 g mouky

	tymián - kůrka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	61,54	68,85	58,36	52,01	57,16	21,8 $\mu$ l	59,584	5,557411628	4,4068
a*	14,71	10,85	16,81	17,85	17,21		15,486	2,545911232	
b*	37,38	34,66	39,13	35	38,02		36,838	1,735861746	

Tabulka 14: Stanovení hodnot L\*a\*b\* a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – kůrka při přidání 20 mg silice do 100 g mouky

	tymián - kůrka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,07	35,41	68,88	69,69	63,5	43,6 $\mu$ l	60,91	12,92681709	1,15476
a*	15,11	14,24	9,9	8,36	13,86		12,294	2,659951879	
b*	39,78	39,14	34,48	33,14	38,06		36,92	2,632474121	

Tabulka 15: Stanovení hodnot L\*a\*b\* a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – kůrka při přidání 40 mg silice do 100 g mouky

	tymián - kůrka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	69,26	68,15	59,81	67,8	70,71	87,2 $\mu$ l	67,146	3,805882815	6,26142
a*	9,24	8,72	16,57	8,41	7,04		9,996	3,366616105	
b*	33,6	32,8	38,94	32,53	31,33		33,84	2,651995475	

Tabulka 16: Stanovení hodnot L\*a\*b\* a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – kůrka při přidání 80 mg silice do 100 g mouky

	tymián - kůrka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	64,85	60,19	47,82	59,03	60,79	174,5 $\mu$ l	58,536	5,705427591	5,43574
a*	12,49	16,7	19,19	16,68	13,73		15,758	2,37944027	
b*	36,09	40,22	37,76	38,84	37,11		38,004	1,423497102	

Tabulka 17: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – kůrka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	oregano - kůrka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	73,06	72,88	70,56	73,2	71,53	11,2 $\mu$ l	72,246	1,032465012	11,1504
a*	9,76	9,61	10,42	9,02	7,32		9,226	1,052	
b*	35,52	33,87	35,09	34,02	30,92		33,884	1,608410395	

Tabulka 18: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – kůrka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	oregano - kůrka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,78	61,4	65,49	59,09	63,71	22,5 $\mu$ l	63,494	3,039095918	3,12564
a*	11,52	15,3	13,71	17,19	12,59		14,062	2,003470988	
b*	35,3	37,67	37,68	38,67	35,17		36,898	1,406206244	

Tabulka 19: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – kůrka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	oregano - kůrka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	62,06	66,99	63,6	67,94	63,09	45,0 $\mu$ l	64,736	2,302473453	6,8863
a*	11,34	9,33	12,34	9,73	11,98		10,944	1,204800398	
b*	29,91	29,05	32,1	28,68	31,33		30,214	1,311710334	

Tabulka 20: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – kůrka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	oregano - kůrka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	68,91	67,2	67,95	73,15	60,49	90,0 $\mu$ l	67,54	4,082528628	6,82622
a*	10,03	11,56	12	8,31	14,19		11,218	1,971247321	
b*	31,68	33,09	34,81	29,9	35,16		32,928	1,963480583	

Tabulka 21: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – kůrka při přidání 80 mg / 100 g mouky

	oregano - kůrka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	68,01	67,93	65,68	69,01	59,71	180,0 $\mu$ l	66,068	3,360609469	5,63428
a*	11,86	12,04	12,73	8,51	15,76		12,18	2,31126805	
b*	33,3	33,81	33,66	28,41	35,3		32,896	2,3445989	

Tabulka 22: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – kůrka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	skořice - kůrka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	72,98	75,16	70,43	71,38	71,51	9,8 $\mu$ l	72,292	1,649792714	15,2183
a*	5,67	4,7	3,25	7,04	3,65		4,862	1,377699532	
b*	29,97	28,57	23,45	31,96	25,15		27,82	3,116100127	

Tabulka 23: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – kůrka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	skořice - kůrka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\phi$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	73,17	75,72	72,46	67,55	70,37	19,6 $\mu$ l	71,854	2,748516691	13,3561
a*	6,13	4,41	4,67	6,71	7,22		5,828	1,109818003	
b*	31,04	28,75	27,9	29,26	32,9		29,97	1,789256829	



Tabulka 24: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – kůrka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	skořice - kůrka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,24	70,21	72,62	77,21	70,78	39,2 $\mu$ l	71,612	3,290163522	14,9545
a*	8,33	6,89	5,16	5,23	10,42		7,206	1,989156605	
b*	32,25	29,78	27,3	3,18	37,98		26,098	11,99387911	

Tabulka 25: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – kůrka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	skořice - kůrka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	74,55	70,38	74,45	70,38	71,24	78,4 $\mu$ l	72,2	1,904279391	14,2121
a*	5,57	5,14	5,91	5,75	5,85		5,644	0,27709926	
b*	29,59	27,25	30,2	28,58	29,05		28,934	1,000771702	

Tabulka 26: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – kůrka při přidání 80 mg / 100 g mouky

	skořice - kůrka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	52,12	59,19	61,57	63,35	64	156,8 $\mu$ l	60,046	4,299472526	3,5239
a*	17,81	15,2	14,79	13,62	12,27		14,738	1,843598655	
b*	34,78	36,18	37,24	36,82	34,55		35,914	1,076691228	

Tabulka 27: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – kůrka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	lemongrass - kůrka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,03	72,48	70,87	71,59	50,53	11,2 $\mu$ l	66,5	8,198624275	6,15474
a*	12,04	8,92	10,6	10,36	6,97		9,778	1,717677502	
b*	35,68	33,65	34,17	36,22	25,47		33,038	3,899637932	

Tabulka 28: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – kůrka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	lemongrass - kůrka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	66,05	65,35	65,77	63,35	65,09	22,4 $\mu$ l	65,122	0,945947144	4,26763
a*	12,96	13,57	14,29	14,42	13,81		13,81	0,52585169	
b*	36,71	37,26	38,19	37,81	37,19		37,432	0,515146581	

Tabulka 29: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – kůrka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	lemongrass - kůrka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	64,38	66,64	37,8	68,82	59,15	44,8 $\mu$ l	59,358	11,24782717	2,49679
a*	13,86	11,08	12,14	9,23	16,31		12,524	2,416680368	
b*	37,64	34,36	36,72	33,06	37,38		35,832	1,805795116	

Tabulka 30: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – kůrka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	lemongrass - kůrka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	61,27	63,53	64,56	64,26	66,39	89,6 $\mu$ l	64,002	1,659342038	4,17231
a*	17,15	14,57	13,75	15,35	12,06		14,576	1,687431184	
b*	40,34	37,87	37,01	40,12	35		38,068	1,997192029	

Tabulka 31: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – kůrka při přidání 80 mg / 100 g mouky

	lemongrass - kůrka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{\sigma}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,53	70,24	64,17	69,81	63,56	179,2 $\mu$ l	67,062	2,774810985	5,63952
a*	11,7	10,14	15,72	10,64	16,04		12,848	2,528386046	
b*	36,05	34,78	39,91	35,25	40,12		37,222	2,317303605	

Nejvyšší hodnoty  $L^*$  v kůrce byly naměřeny u vzorku s přidáním skořicové silice a u její nejnižší koncentrace. Naopak nejnižší hodnoty  $L^*$ , a to 58,536, jsme zjistily u tymiánové silice a u její nejvyšší koncentrace. Co se týče hodnoty  $a^*$ , tak nejvyšší hodnota 15,758 byla naměřena u 5. koncentrace tymiánové silice, naopak nejnižší 4,862 u 1. koncentrace skořicové silice. 38,068 byla nejvyšší hodnota  $b^*$  u 4. koncentrace silice lemongrass, nejnižší hodnota byla 26,098 u 3. koncentrace skořicové silice.

Při stanovování barvy pomocí spektrofotometru CM-600d byla u kontrolního vzorku ve střídce průměrná hodnota  $L^*$  znázorňující světlost 75,148,  $a^*$  znázorňující začervnění 0,212 a  $b^*$  znázorňující zažloutnutí 18,906.

Tabulka 32: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  u kontrolního vzorku – střídka

	kontrola - střídka					0 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{\sigma}$	směrodatná odchylka $\sigma$
L*	73,62	78,04	75,21	76,34	72,53	0 $\mu$ l	75,148	1,948182743
a*	0,27	0,04	0,12	0,13	0,5		0,212	0,161913557
b*	19,12	18,78	18,27	19,18	19,18		18,906	0,351089732

Tabulka 33: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – střídka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	tymián - střídka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{\sigma}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	76,73	79,93	74,93	75,8	80,01	10,9 $\mu$ l	77,48	2,111435531	2,34524
a*	0,14	0,05	0,35	0,36	0,06		0,192	0,136733317	
b*	18,94	17,94	18,47	20,08	17,86		18,658	0,811083226	

Tabulka 34: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – střídka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	tymián - střídka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{\sigma}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	76,29	79,74	80,21	80,75	77,76	21,8 $\mu$ l	78,95	1,66993413	3,81083
a*	0,3	0,09	0,16	0,14	0,5		0,238	0,148377896	
b*	19,48	18,23	19,47	18,57	20,07		19,164	0,669256304	

Tabulka 35: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – střídka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	tymián - střídka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{\sigma}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	79,14	78,94	78,06	80,2	81,13	43,6 $\mu$ l	79,494	1,064285676	4,39836
a*	0,37	0,19	0,35	0,23	0,22		0,272	0,073321211	
b*	20,76	19,35	19,45	18,96	19,38		19,58	0,614263787	

Tabulka 36: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – střídka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	tymián - střídka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	73,73	76,49	76,62	72,87	79,41	87,2 $\mu$ l	75,824	2,325834044	0,6892
a*	0,29	0,31	0,34	0,46	0,27		0,334	0,067111847	
b*	18,5	18,43	19,19	19,81	18,88		18,962	0,504832646	

Tabulka 37: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice tymián – střídka při přidání 80 mg / 100 g mouky

	tymián - střídka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	76,28	79,29	81,18	78,57	77,31	174,5 $\mu$ l	78,526	1,682410176	3,43671
a*	0,51	0,28	0,26	0,32	0,45		0,364	0,098508883	
b*	20,07	19,17	18,55	19,99	19,82		19,52	0,579102754	

Tabulka 38: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – střídka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	oregano - střídka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	75,78	74,8	71,69	74,1	76,81	11,2 $\mu$ l	74,636	1,733673556	3,22481
a*	1,02	0,81	0,91	0,88	0,94		0,912	0,06910861	
b*	22,01	22,55	22,09	21,78	21,63		22,012	0,314731632	

Tabulka 39: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – střídka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	oregano - střídka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	72,93	71,97	73,32	71,31	74,24	22,5 $\mu$ l	72,754	1,025604212	3,01939
a*	0,57	0,7	0,62	0,53	0,45		0,574	0,084047606	
b*	21,48	21,51	21,32	18,85	20,39		20,71	1,016562836	

Tabulka 40: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – střídka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	oregano - střídka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	69,52	68,45	68,78	66,96	71,58	45,0 $\mu$ l	69,058	1,511454928	6,1428
a*	0,29	0,37	0,39	0,5	0,3		0,37	0,075630682	
b*	20,18	18,93	19,42	19,44	20,5		19,694	0,567295338	

Tabulka 41: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – střídka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	oregano - střídka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\bar{x}$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	72,96	75,64	74,91	73,16	75,57	90,0 $\mu$ l	74,448	1,163295319	0,9848
a*	0,54	0,23	0,18	0,52	0,25		0,344	0,153701008	
b*	17,96	18,18	18,22	19,32	17,45		18,226	0,611869267	

Tabulka 42: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice oregano – střídka při přidání 80 mg / 100 g mouky

	oregano - střídka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	74,79	74,97	74,41	78,14	76,93	180,0 $\mu$ l	75,848	1,440977446	0,88726
a*	0,35	0,38	0,51	0,43	0,24		0,382	0,089308454	
b*	19,91	19,06	19,84	19,93	18,38		19,424	0,614446092	

Tabulka 43: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – střídka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	skořice - střídka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	60,84	69,27	65,98	66,66	68,45	9,8 $\mu$ l	66,24	2,948525055	8,92543
a*	0,48	0,41	0,53	0,56	0,25		0,446	0,110381158	
b*	16,82	20,03	20,26	20,11	19,84		19,412	1,303064081	

Tabulka 44: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – střídka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	skořice - střídka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	66,53	51,51	63,76	67,2	64,99	19,6 $\mu$ l	62,798	5,769829807	12,359
a*	0,6	1,01	0,49	0,06	0,44		0,52	0,305090151	
b*	19,6	16,25	19,39	17,6	19,9		18,548	1,401647602	

Tabulka 45: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – střídka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	skořice - střídka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,26	70,26	68,2	70,53	74,36	39,2 $\mu$ l	70,122	2,450766411	5,03149
a*	0,49	0,35	0,61	0,25	0,16		0,372	0,161789987	
b*	17,38	19,59	18,99	19,25	18,46		18,734	0,771092731	

Tabulka 46: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – střídka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	skořice - střídka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	68,92	69,59	69,33	71,71	68	78,4 $\mu$ l	69,51	1,225316286	5,72788
a*	0,77	0,85	0,58	0,46	0,66		0,664	0,137491818	
b*	19,79	21,02	19,49	19,44	19,31		19,81	0,625107991	

Tabulka 47: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice skořice – střídka při přidání 80 mg / 100 g mouky

	skořice - střídka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	73,9	71,1	74,23	72,64	72,08	156,8 $\mu$ l	72,79	1,156581169	2,76761
a*	0,79	1,03	0,67	0,95	0,86		0,86	0,12489996	
b*	19,46	20,33	19,45	21,38	20,39		20,202	0,714909785	

Tabulka 48: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – střídka při přidání 5 mg / 100 g mouky

	lemongrass - střídka					5 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	68,62	72,44	73,02	72,75	72,49	11,2 $\mu$ l	71,864	1,635146477	3,31622
a*	0,56	0,42	0,41	0,38	0,42		0,438	0,062737549	
b*	18,63	18,17	19,98	20,5	19,26		19,308	0,851995305	

Tabulka 49: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – střídka při přidání 10 mg / 100 g mouky

	lemongrass - střídka					10 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	74,18	71,61	73,51	75,9	73,71	22,4 $\mu$ l	73,782	1,374123721	1,37106
a*	0,32	0,4	0,32	0,18	0,32		0,308	0,071105555	
b*	19,42	18,36	18,87	18,45	19,77		18,974	0,546794294	

Tabulka 50: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – střídka při přidání 20 mg / 100 g mouky

	lemongrass - střídka					20 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	67,52	66,61	66,49	68,21	64,34	44,8 $\mu$ l	66,634	1,307862378	8,52429
a*	0,43	0,41	0,54	0,36	0,78		0,504	0,150013333	
b*	19,26	19,28	19,37	19,15	18,97		19,206	0,137200583	

Tabulka 51: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – střídka při přidání 40 mg / 100 g mouky

	lemongrass - střídka					40 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	71,56	73,15	71,22	70,41	70,82	89,6 $\mu$ l	71,432	0,941475438	3,72442
a*	0,38	0,25	0,46	0,41	0,43		0,386	0,072828566	
b*	18,99	18,66	19,52	19,14	19,12		19,086	0,276810404	

Tabulka 52: Stanovení hodnot  $L^*a^*b^*$  a  $\Delta E$  u vzorků s přidáním silice lemongrass – střídka při přidání 80 mg / 100 g mouky

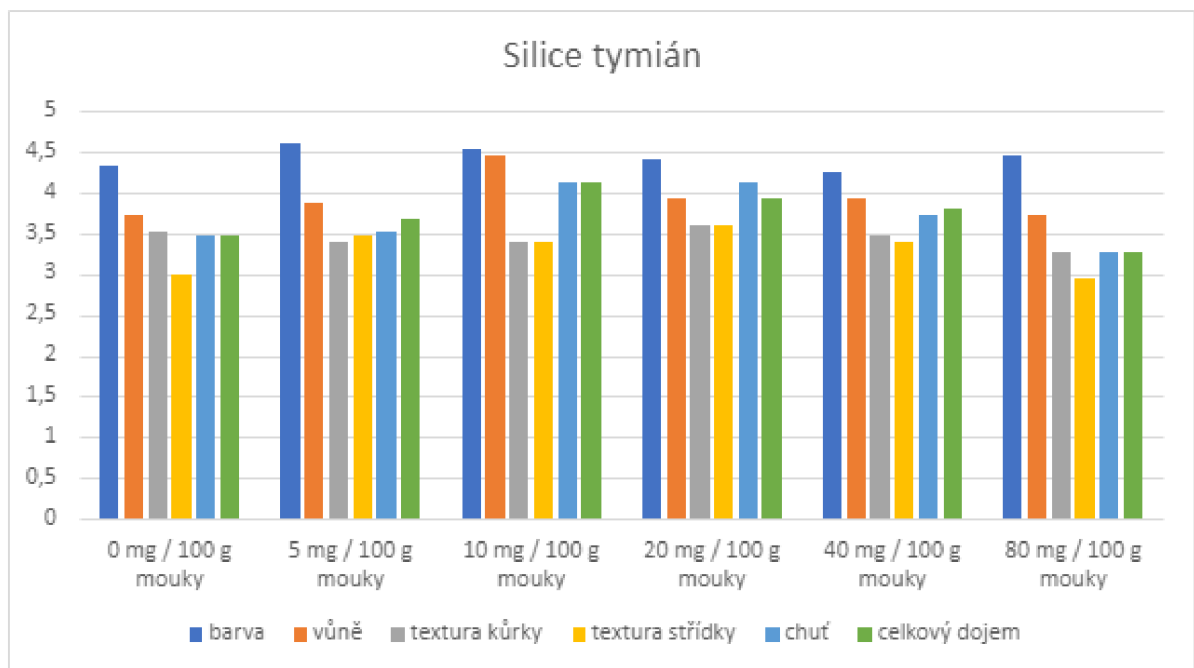
	lemongrass - střídka					80 mg / 100 g mouky	průměr $\sigma$	směrodatná odchylka $\sigma$	$\Delta E$
L*	71,55	70,86	71,88	71,71	71,65	179,2 $\mu$ l	71,53	0,351738539	3,97511
a*	0,55	0,43	0,53	0,42	0,55		0,496	0,058514955	
b*	21	19,66	20,87	21,02	20,09		20,528	0,552644551	

Největší hodnoty  $L^*$  79,494 ve střídce byly naměřeny u vzorku s přidáním tymiánové silice při přidání 20 mg / 100 g mouky. Naopak nejmenší hodnoty  $L^*$ , a to 62,24, jsme zjistily u skořicové silice při přidání 5 mg / 100 g mouky. Co se týče hodnoty  $a^*$ , tak největší hodnota 0,912 byla naměřena u přidání 5 mg / 100 g mouky oreganové silice, naopak nejmenší 0,192 u přidání 5 mg / 100 g mouky tymiánové silice. 22,012 byla nejvyšší hodnota  $b^*$  u přidání 5 mg / 100 g mouky oreganové silice, nejmenší hodnota byla 18,226 u přidání 40 mg / 100 g mouky oreganové silice.

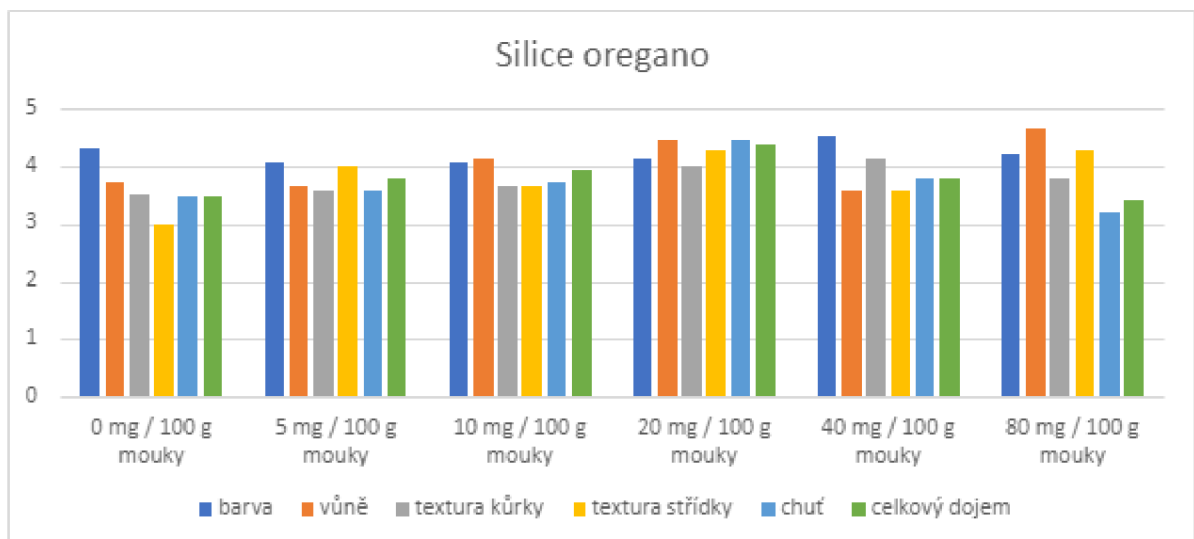
### 5.3 Senzorické hodnocení

Pro senzorické hodnocení jsme využili dotazník, při kterém dotazovaní hodnotili na

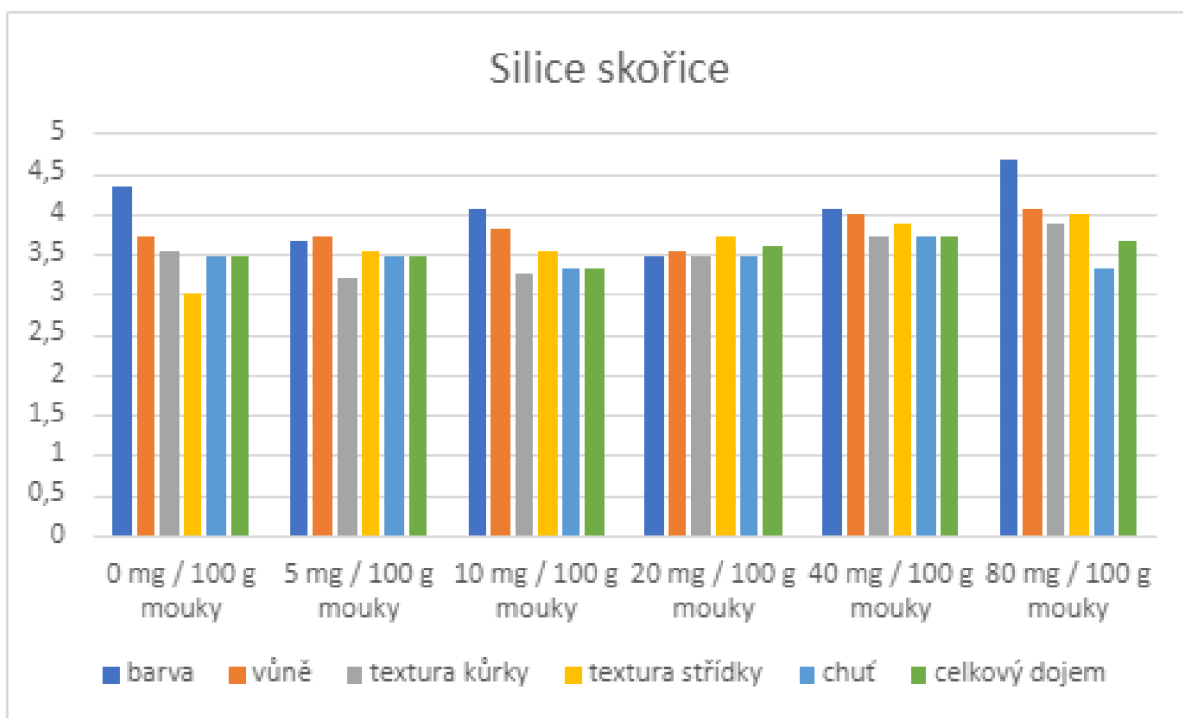
stupnici 1 (velmi špatná) až 6 (vynikající) kategorie: barva, vůně, textura kůrky, textura střídky, chuť a celkový dojem. Výsledky jsme interpretovali pomocí grafů, kdy jsme porovnávali vždy kontrolu s danými koncentracemi sledované silice.



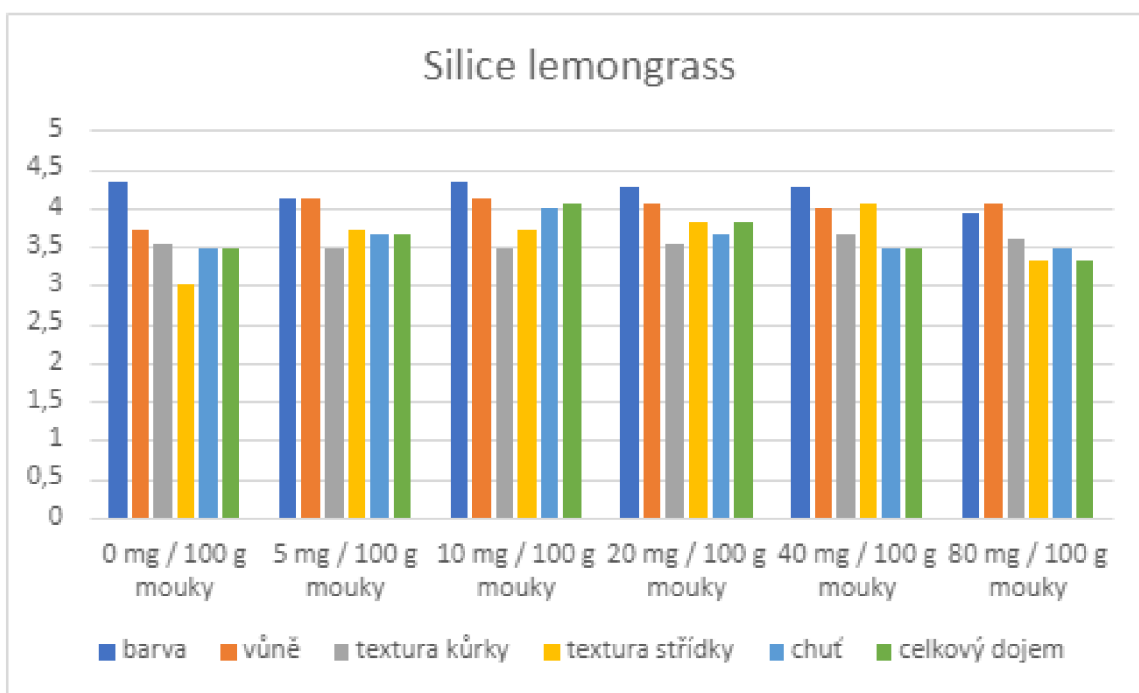
Obrázek 7: Senzorické hodnocení silice tymián



Obrázek 8: Senzorické hodnocení silice oregano



Obrázek 9: Senzorické hodnocení silice skořice



Obrázek 10: Senzorické hodnocení silice lemongrass

Vůně a chuť byly subjektivně hodnoceny ihned po upečení a vychladnutí a hodnocení bylo zaznamenáno do tabulky.

Tabulka 53: Subjektivní sensorické hodnocení vůně a chuti silic tymián a oregano

tymián	vůně	chuť	oregano	vůně	chuť
5 mg / 100 g mouky	neznatelná	nádech	5 mg / 100 g mouky	slabá	není cítit
10 mg / 100 g mouky	slabá	lehce cítit	10 mg / 100 g mouky	slabá	nádech
20 mg / 100 g mouky	mírná	příjemná	20 mg / 100 g mouky	příjemná	příjemná
40 mg / 100 g mouky	mírná	výraznější chuť	40 mg / 100 g mouky	příjemná	výraznější chuť až nepříjemné
80 mg / 100 g mouky	příjemná	pachut do hořka	80 mg / 100 g mouky	nepříjemná	pachut do hořka hodně

Tabulka 54: Subjektivní sensorické hodnocení vůně a chuti silic skořice a lemongrass

lemongrass	vůně	chuť	skořice	vůně	chuť
5 mg / 100 g mouky	neznatelná	neznatelná	5 mg / 100 g mouky	neznatelná	neznatelná
10 mg / 100 g mouky	slabá	nádech	10 mg / 100 g mouky	slabá	lehce cítit
20 mg / 100 g mouky	mírná	příjemná	20 mg / 100 g mouky	mírná	příjemná
40 mg / 100 g mouky	výraznější	výraznější chuť	40 mg / 100 g mouky	příjemná	výraznější chuť
80 mg / 100 g mouky	intenzivní	pálí na jazyku	80 mg / 100 g mouky	nepříjemná	pálí na jazyku

#### 5.4 Skladovací pokus

Houstičky po upečení a vychladnutí byly uzavřeny do mikrotenového sáčku, který byl zavázán na uzlík a následně bylo zaznamenáno datum prvního výskytu plísně. Byla sledována změna doby trvanlivosti způsobenou přidáním silice do běžné receptury oproti receptuře kontrolní, tedy bez přídavku silice. V tabulce 56 jsou uvedeny data počátků plesnivění a z toho vycházející doby trvanlivosti. Pokud houstička nezačala plesnivět po celou dobu pokusu je hodnocena jako *bez známek* a doba trvanlivosti je hodnocena jako *N* (nezaznamenáno).

Tabulka 55: Doba trvanlivosti – kontrolní vzorek

kontrola	počátek plesnivění	doba trvanlivosti (dny)
14.03.2023	27.3.	14

Tabulka 56: Doba trvanlivosti – silice tymián, oregano

tymián	koncentrace	počátek plesnivění	doba trvanlivosti (dny)	oregano	koncentrace	počátek plesnivění	doba trvanlivosti (dny)
14.03.2023	1	29.3.	16	15.03.2023	1	3.4.	20
	2	25.3.	12		2	bez známek	N
	3	29.3.	16		3	bez známek	N
	4	bez známek	N		4	8.4.	25
	5	bez známek	N		5	bez známek	N

Tabulka 57: Doba trvanlivosti – silice lemongrass, skořice

lemongrass	koncentrace	počátek plesnivění	doba trvanlivosti (dny)	skořice	koncentrace	počátek plesnivění	doba trvanlivosti (dny)
15.03.2023	1	bez známek	N	15.03.2023	1	bez známek	N
	2	26.3.	12		2	31.3.	17
	3	bez známek	N		3	3.4.	20
	4	25.3.	11		4	bez známek	N
	5	4.4.	21		5	2.4.	19



## 6 Diskuse

V této kapitole jsou hodnoceny výsledky houštíček s přidavkem silic (tymián, oregano, skořice, lemongrass) získané při stanovení specifického objemu pečiva, stanovení barvy pomocí prostoru CIE L\*a\*b\*, senzorickém hodnocení a skladovacím pokusu. Byl pozorován vliv přidání silice a případně její koncentrace do základní receptury a její následné ovlivnění finálního produktu.

### 6.1 Specifický objem pečiva

Průměrná objemová výtěžnost u houštíček s přidavkem tymiánové silice byla 439,8 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky.

Průměrná objemová výtěžnost u houštíček s přidavkem oreganové silice byla 360,2 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky.

Průměrná objemová výtěžnost u houštíček s přidavkem silice lemongrass byla 441,4 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky.

Průměrná objemová výtěžnost u houštíček s přidavkem skořicové silice byla 507,4 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky.

Průměrná objemová výtěžnost byla větší oproti kontrole pouze u skořicové silice a to 451 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky.

Při přidání silic tymián, oregano a lemongrass docházelo ke stejnému jevu a to takovému, že objemová výtěžnost rostla od přidání 5 mg / 100 g mouky až do přidání 20 mg / 100 g mouky, kde dosáhla svého maxima a následně při přidání 40 a 80 mg / 100 g mouky začala klesat. Pouze u skořicové silice došlo k maximu již při přidání 10 mg / 100 g a následně s rostoucí koncentrací silice objemová výtěžnost od této maximální hodnoty klesala.

Objemová výtěžnost byla ovlivněna značením houštíček před pečením pro jejich rozeznání, kdy byly nožem nařiznuty. Principem čím větší koncentrace tím více zářezů.

### 6.2 Stanovení barvy pomocí prostoru CIE L\*a\*b\*

Nejvyšší hodnoty L\* v kůrce byly naměřeny u vzorku se skořicovou silicí a s přidáním 5 mg / 100 g mouky. Naopak nejnižší hodnoty L\*, a to 58,536, jsme zjistily u tymiánové silice při přidání 80 mg / 100 g mouky.

Co se týče hodnoty a\*, průměrné hodnoty intenzity červené barvy, tak nejvyšší hodnota 15,758 byla naměřena u přidání 80 mg / 100 g mouky tymiánové silice, naopak nejnižší 4,862 u přidání 5 mg / 100 g mouky skořicové silice.

38,068 byla nejvyšší hodnota b\*, průměrná hodnota intenzity žluté barvy, při přidání 40 mg / 100 g mouky silice lemongrass, nejnižší hodnota byla 26,098 při přidavku 20 mg / 100 g mouky skořicové silice.

Největší hodnoty L\* 79,494 ve střídce byly naměřeny u vzorku s přidáním tymiánové

silice a u přídavku 20 mg / 100 g mouky. Naopak nejmenší hodnoty  $L^*$ , a to 62,24, jsme zjistily u skořicové silice u přídavku 5 mg / 100 g mouky.

Co se týče hodnoty  $a^*$ , tak největší hodnota 0,912 byla naměřena u přídavku 5 mg / 100 g mouky oreganové silice, naopak nejmenší 0,192 při přídavku 5 mg / 100 g mouky tymiánové silice.

22,012 byla nejvyšší hodnota  $b^*$  při 5 mg / 100 g mouky oreganové silice, nejmenší hodnota byla 18,226 u přidání 40 mg / 100 g mouky oreganové silice.

Hodnocení barvy pomocí  $\Delta E$  udává, jaký je rozdíl barvy od kontrolního vzorku. Následující hodnoty vypovídají o hodnotě  $\Delta E$  při hodnocení kůrky.

U tymiánové silice byla největší hodnota vypočtena u přídavku 40 mg / 100 g mouky s hodnotou 6,26, podle které můžeme říci, že průměrný pozorovatel si všimne dvou různých barev. Naopak nejnižší byla při přídavku 20 mg / 100 g mouky s hodnotou 1,15, a zároveň byla celkově nejmenší u všech silic, u které si rozdíl může všimnout pouze zkušený pozorovatel.

Nejvyšší hodnota u oreganové silice byla u přídavku 5 mg / 100 g mouky s hodnotou 11,05, kdy byl jasný rozdíl barvy ve s přídavkem silice a kontrolního vzorku. Nejnižší hodnota 3,13 byla vypočtena u přídavku 10 mg / 100 g mouky, kdy i nezkušený pozorovatel by si rozdíl v barvách všiml.

Vzorky s přídavkem skořicové silice měly nejvyšší hodnoty ze všech silic. Při přídavku 5 mg / 100 g mouky, a tedy i celkově, nejvyšší hodnota dosáhla hodnoty 15,22. Nejnižší u silice skořice byla 3,52.

Nejvyšší hodnota  $\Delta E$  při přídavku silice lemongrass byla u přídavku 5 mg / 100 g mouky s hodnotou 6,15. Nejnižší s přídavkem 20 mg / 100 g mouky s hodnotou 2,50.

### 6.3 Senzorické hodnocení

Po zprůměrování nám výsledek 4,45 ukazuje, že nejlépe hodnocenou barvu, bez závislosti na koncentraci, měli houstičky s přidáním tymiánové silice.

Naopak nejhůře hodnocenou barvu získala skořicová silice s hodnotou 4,00. Při sledování parametru vůně nejlepší hodnocení 4,01 získala silice oregano a nejhoršího výsledku 3,73 dosáhl kontrolní vzorek.

Co se týče textury kůrky nejlepší hodnocení 3,84 získala silice oregano, naopak 3,43 tymiánová silice.

Textura střídky dosáhla nejvyššího hodnocení 3,96 silice oregano, nejméně pak 3,00 kontrolní vzorek.

Chuťově byly nejlépe hodnoceny silice tymiánu a oregana s průměrem 3,76, nejhůře s hodnotou 3,47 kontrola spolu se skořicovou silicí.

Nejlepší celkový dojem zanechala tymiánová skořice s průměrem 3,76, s nejhorším průměrem 3,11 skončila oreganová silice.

Nepřesnost sensorického hodnocení mohla být způsobena špatným výběrem po sobě jdoucích vzorků, kdy u vyšších koncentrací se vyskytovala až hořká chuť, která mohla následně ovlivnit vnímání následujících vzorků.

## 6.4 Skladovací pokus

Z výsledků můžeme vidět, že doba trvanlivosti u kontrolního vzorku, tedy bez přidání silice, byla 14 dní.

U tymiánu se doba trvanlivosti prodloužila na 16 dní, tedy o 2 dny při přidání 5 a 20 mg / 100 g mouky, zatímco při přidání 10 mg / 100 g mouky jsme zaznamenali první plesnivění již 12. den.

Oreganová silice zplesnivěla při přidání 5 mg / 100 g mouky a doba trvanlivosti byla 20 dní, tedy o 6 dní delší než u kontrolního vzorku. Dále zplesnivěla 4. koncentrace, u které se trvanlivost prodloužila o 11 dní, což byla nejdéle prodloužená trvanlivost ze všech silic a jejich koncentrací.

12. den jsme zaznamenali plesnivění také u silice lemongrass, konkrétně u přidání 10 mg / 100 g mouky, a dokonce u přidání 20 mg / 100 g mouky byla doba bez plísně pouze 11 dní. Nejdelší prodloužení trvanlivosti zaznamenala při přidání 80 mg / 100 g mouky, a to až na 21 dní.

Houstičky s přídavkem skořicové silice při přidání 10 mg / 100 g mouky prodloužili dobu trvanlivosti o 3 dny na 17 dní, přídavek 80 mg / 100 g mouky pak o 5 dní na 19 dní. Přídavek 20 mg / 100 g mouky prodloužil dobu trvanlivosti o 6 dní.

Skladovací pokus probíhal od upečení houstiček, tedy od 14.3. u houstiček s přidáním tymiánové silice a od 15.3. u houstiček s přídavkem silic oreganové, skořicové a lemongrass. Ukončen byl 8.4. 2023, kdy po tomto datu již první známky plesnivění nebyly zaznamenávány.

U skladovacího pokusu nám některé houstičky nezplesnivěly vůbec, a to může být způsobeno špatným skladováním, zejména nedostatečným utážením uzlíku na pytlíku, kvůli čemuž mohly houstičky uschnout dříve, než se u nich projevila plíseň. Další možností je, že přidání silice zamezilo růstu plísní, to ale není moc pravděpodobné, protože když se podíváme na výsledky, tak například u silice lemongrass zplesnivěly vyšší koncentrace, zatímco nižší zůstaly bez plísně.

## 7 Závěr

Práce popisovala ovlivnění konečného výrobku při přidání silic do základní receptury, zejména pak specifický objem pečiva, senzorické hodnocení, změnu doby trvanlivosti a změnu barvy.

Co se týče specifické objemové výtěžnosti pečiva tak pouze při přidání skořicové silice došlo k navýšení hodnoty specifické objemové výtěžnosti na průměrných 507,4 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky oproti kontrole, která dosáhla hodnoty 451,0 cm<sup>3</sup>, ml / 100 g mouky. U ostatních silic, tedy tymián, oregano, lemongrass, došlo ke snížení specifického objemové výtěžnosti oproti základní receptuře. Zároveň se u 3 ze 4 silic opakoval jev, při kterém houstičkám od přídavku 5 mg do přídavku 20 mg / 100 g mouky rostl specifický objem pečiva, při přídavku 20 mg / 100 g mouky dosáhl maxima a při přídavku 40 a 80 mg / 100 g mouky pozvolna klesal. Výjimkou byla silice skořice, u které došlo k maximu již při přídavku 10 mg / 100 g mouky.

Hodnocení změny barvy od kontrolního vzorku jsme prováděli na základě delta E výpočtu.

Ve střídce byla nejvyšší hodnota 12,36 dosažena u přidavku 10 mg / 100 g mouky skořicové silice. Naopak nejnižší 0,69 byla naměřena při přidavku 40 mg / 100 g mouky tymiánové silice.

V kůrce nejvyšší hodnota 15,22 byla u přidavku 5 mg / 100 g mouky skořicové silice a nejnižší hodnota 1,15 byla naměřena při přidavku 20 mg / 100 g mouky tymiánové silice.

Při senzoričtém hodnocení bylo dosaženo nejlepšího hodnocení z nejvyšší hodnoty 6:

- Barvy: při přidavku 80 mg / 100 g mouky skořicové silice s hodnocením 4,67
- Vůně: při přidavku 80 mg / 100 g mouky oreganové silice s hodnocením 4,67
- Textury kůrky: při přidavku 20 mg / 100 g mouky oreganové silice s hodnocením 4,00
- Textury střídky: při přidavku 80 mg / 100 g mouky oreganové silice s hodnocením 4,27
- Chuti: při přidavku 20 a 40 mg / 100 g mouky tymiánové silice s hodnocením 4,13
- Celkového dojmu: při přidavku 20 mg / 100 g mouky oreganové silice s hodnocením 4,40

Při senzoričtém hodnocení bylo dosaženo nejnižšího průměrného hodnocení:

- Barvy: při přidavku 20 mg / 100 g mouky skořicové silice s hodnocením 3,47
- Vůně: při přidavku 20 mg / 100 g mouky skořicové silice s hodnocením 3,53
- Textury kůrky: při přidavku 5 mg / 100 g mouky oreganové silice s hodnocením 4,00
- Textury střídky: při přidavku 80 mg / 100 g mouky tymiánové silice s hodnocením 2,93
- Chuti: při přidavku 80 mg / 100 g mouky oreganové silice s hodnocením 3,20
- Celkového dojmu: při přidavku 80 mg / 100 g mouky tymiánové silice s hodnocením 3,26

Nejdelší dobu trvanlivosti do zplesnivění jsme sledovali u přidání 40 mg / 100 g mouky silice oregano, kdy u tohoto vzorku se prodloužila doba trvanlivosti o 11 dní. U přidavku 80 mg / 100 g mouky silice lemongrass dosáhla prodloužení doba trvanlivosti o 7 dní oproti kontrolnímu vzorku bez přidavku silice. Pouze u silice lemongrass došlo u přidavků 10 a 40 mg / 100 g mouky ke zjištění ještě kratší doby trvanlivosti do zplesnivění, než měl kontrolní vzorek a to o 2 a 3 dny. Při přidání 20 mg / 100 g mouky silice skořice se prodloužila doba trvanlivosti o 6 dní čímž, jako při přidavku 80 mg / 100 g mouky silice lemongrass a samozřejmě při přidavku 40 mg / 100 g mouky silice oregano s nejdelší trvanlivostí, významně prodloužila dobu trvanlivosti vzorku.

Z těchto výsledků vyplývá, že přidání 80 mg / 100 g mouky silice do základní receptury na jednu stranu prodloužuje trvanlivost výrobku, na druhou ale již také množství není přijatelné chuťově. Další zkoumání přidání jiných silic do receptury a zejména jejich množství by v budoucnosti mohlo obohatit výběr pekařských výrobků v supermarketech.

## 8 Literatura

Açar, Ö., M. Pollio, R. Di Monaco, V. Fogliano, and V. Gökmen. 2010. Effect of Calcium on Acrylamide Level and Sensory Properties of Cookies. *Food and Bioprocess Technology* 5:519-526. DOI: 10.1007/s11947-009-0317-5

Ahrné L, Andersson C-G, Floberg P, Rosén J, Lingnert H. 2007. Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Steam and falling temperature baking. *LWT - Food Science and Technology* 40:1708–1715. DOI:10.1016/j.lwt.2007.01.010

Anese, M., M. Suman, and M. Nicoli. 2009. Technological Strategies to Reduce Acrylamide Levels in Heated Foods. *Food Engineering Reviews* 1:169-179. DOI: 10.1007/s12393-009-9008-2

Crawford, Kahlon, Wang, and Friedman. 2019. Acrylamide Content of Experimental Flatbreads Prepared from Potato, Quinoa, and Wheat Flours with Added Fruit and Vegetable Peels and Mushroom Powders. *Foods* 8:228. DOI: 10.3390/foods8070228

Český statistický úřad, 2021: Spotřeba obilovin v hodnotě mouky v roce 2020. [cit. 2022-11-30]. Dostupné z: [www.czso.cz/documents/10180/143060175/27013921g1.pdf/b7b930aa-d161-4f58-82f5-7b5df6827f14?version=1.1](http://www.czso.cz/documents/10180/143060175/27013921g1.pdf/b7b930aa-d161-4f58-82f5-7b5df6827f14?version=1.1)

Dolejšková J., 2000: *Chemie I.: vybrané kapitoly z obecné, anorganické a analytické chemie*. 3. vyd. upr., Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, ISBN 80-213-0676-9

Duke, T., P. Ruestow, and G. Marsh. 2017. The influence of demographic, physical, behavioral, and dietary factors on hemoglobin adduct levels of acrylamide and glycidamide in the general U.S. population. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58:700-710. DOI: 10.1080/10408398.2016.1215289

Emadi, A., B. Yousefi, M. Eslami, and A. Abdolshahi. 2021. Reduction of acrylamide formation in bread and fried potato products using probiotic microorganisms: a systematic review and dose–response meta-analysis. *Journal of Food Measurement and Characterization* 15:4277-4287. DOI: 10.1007/s11694-021-00997-5

Friedman, M., and C. Levin. 2008. Review of Methods for the Reduction of Dietary Content and Toxicity of Acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:6113-6140. DOI:10.1021/jf0730486

Gökmen, V., and H. Şenyuva. 2006. Effects of some cations on the formation of acrylamide and furfurals in glucose–asparagine model system. *European Food Research and Technology* 225:815-820. DOI: 10.1007/s00217-006-0486-7

Gülcan Ü, Candal Uslu C, Mutlu C, Arslan-Tontul S, Erbaş M. 2020. Impact of inert and inhibitor baking atmosphere on HMF and acrylamide formation in bread. *Food Chemistry* 332:127434. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127434

Hedegaard, R., K. Granby, H. Frandsen, J. Thygesen, and L. Skibsted. 2007. Acrylamide in bread. Effect of prooxidants and antioxidants. *European Food Research and Technology* 227:519-525. DOI: 10.1007/s00217-007-0750-5

Housecroft, C. & Constable, E. 2006. *Chemistry: An introduction to organic, inorganic and physical chemistry*. 3rd ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2006, 1285 s. ISBN 01-312-7567-4

Hu, Q., X. Xu, Y. Fu, and Y. Li. 2015. Rapid methods for detecting acrylamide in thermally processed foods: A review. *Food Control* 56:135-146. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.03.021

Jackson, L., and F. Al-Taher. 2005. Effects of Consumer Food Preparation on Acrylamide Formation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*:447-465. DOI: 10.1007/0-387-24980-X\_34

Káš, J., M. Kodíček, O. Valentová. 2012. *Laboratorní techniky biochemie*, 2. vydání. VŠCHT, Praha. ISBN 978-80-7080-586-2

Kepekci Tekkeli, S., C. Önal, and A. Önal. 2011. A Review of Current Methods for the Determination of Acrylamide in Food Products. *Food Analytical Methods* 5:29-39. DOI:10.1007/s12161-011-9277-2

Keramat, J., A. LeBail, C. Prost, and M. Jafari. 2010. Acrylamide in Baking Products: A Review Article. *Food and Bioprocess Technology* 4:530-543. DOI: 10.1007/s11947-010-0495-1

Konica Minolta Sensing Singapore Pte Ltd (Konica Minolta), 2018, What is CIE 1976 Lab Color Space? - Konica Minolta Color, Light, and Display Measuring Instruments. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/>

Kučerová J., 2010: *Technologie cereálií*. 1.vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 141 s. ISBN 80-7157-811-8

Kunkulberga, D., I. Gedrovica, V. Ozolina, I. Ciprovica, and V. Sterna. 2014. Acrylamide reduction options in rye bread. *FOODBALT* 2014:117-121. ISSN 2255-9817

Lee, K., G. Lee, H. Kim, M. Oh, S. Chu, I. Hwang, J. Lee, A. Choi, C. Kim, and H. Park. 2015. Determination of Heterocyclic Amines and Acrylamide in Agricultural Products with Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Toxicological Research* 31:255-264. DOI:10.5487/TR.2015.31.3.255

Liu, Y., P. Wang, F. Chen, Y. Yuan, Y. Zhu, H. Yan, and X. Hu. 2015. Role of plant polyphenols in acrylamide formation and elimination. *Food Chemistry* 186:46-53. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.03.122

Maan, A., M. Anjum, M. Khan, A. Nazir, F. Saeed, M. Afzaal, and R. Aadil. 2020. Acrylamide Formation and Different Mitigation Strategies during Food Processing – A Review. *Food Reviews International* 38:70-87. DOI: 10.1080/87559129.2020.1719505

Malát M., 1956: Kolorimetrie, 1.vyd. ČSAV Praha

Martinek, P., K. Klem, M. Váňová, V. Bartáčková, L. Večerková, P. Bucher, and J. Hajšlová. 2009. Effects of nitrogen nutrition, fungicide treatment and wheat genotype on free asparagine and reducing sugars content as precursors of acrylamide formation in bread. *Plant, Soil and Environment* 55:187-195. DOI: 10.17221/382-pse

Mohan Kumar, N., C. Shimray, D. Indrani, and H. Manonmani. 2013. Reduction of Acrylamide Formation in Sweet Bread with l-Asparaginase Treatment. *Food and Bioprocess Technology* 7:741-748. DOI: 10.1007/s11947-013-1108-6

Mokrzycki, Wojciech & Tatol, Maciej, 2011, Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*. 20. 383-411. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: [www.researchgate.net/publication/236023905\\_Color\\_difference\\_Delta\\_E\\_-\\_A\\_survey](http://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey)

Mottram, D., B. Wedzicha, and A. Dodson. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419:448-449. DOI: 10.1038/419448a

Muttucumaru, N., J. Elmore, T. Curtis, D. Mottram, M. Parry, and N. Halford. 2008. Reducing Acrylamide Precursors in Raw Materials Derived from Wheat and Potato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:6167-6172. DOI: 10.1021/jf800279d

Pan, M., K. Liu, J. Yang, L. Hong, X. Xie, and S. Wang. 2020. Review of Research into the Determination of Acrylamide in Foods. *Foods* 9:524. DOI:10.3390/foods9040524

Papoušek, R., Nováková, P., Marková, E., and Barták, P. 2013. Analýza akrylamidu metodou GC-MS. *Chemické Listy* [online]. 107(3), 255–260. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: [www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/752](http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/752)

Phechkrajang CM, Yooyong S. 2017. Fast and simple method for semiquantitative determination of calcium propionate in bread samples. *Journal of Food and Drug Analysis* 25:254–259. DOI: 10.1016/j.jfda.2016.03.013

Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná, D., 2003: Základy pekárenské technologie, 1.vyd.Praha: Podnikatelský svaz pekařů a cukrářů v ČR, s. 363 ISBN 80- 90292-2-16

- Pundir, C., N. Yadav, and A. Chhillar. 2019. Occurrence, synthesis, toxicity and detection methods for acrylamide determination in processed foods with special reference to biosensors: A review. *Trends in Food Science & Technology* 85:211-225. DOI:10.1016/j.tifs.2019.01.003
- Raffan, S., J. Oddy, and N. Halford. 2020. The Sulphur Response in Wheat Grain and Its Implications for Acrylamide Formation and Food Safety. *International Journal of Molecular Sciences* 21:3876. DOI: 10.3390/ijms21113876
- Randhir, R., Y. Kwon, and K. Shetty. 2008. Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedlings. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 9:355-364. DOI:10.1016/j.ifset.2007.10.004
- Rosén, J., and K. Hellenäs. 2002. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *The Analyst* 127:880-882. DOI:10.1039/b204938d
- Rydberg, P., S. Eriksson, E. Tareke, P. Karlsson, L. Ehrenberg, and M. Törnqvist. 2003. Investigations of Factors That Influence the Acrylamide Content of Heated Foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:7012-7018. DOI: 10.1021/jf034649+
- Sarion, C., G. Codină, and A. Dabija. 2021. Acrylamide in Bakery Products: A Review on Health Risks, Legal Regulations and Strategies to Reduce Its Formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18:4332. DOI: 10.3390/ijerph18084332
- Shen, Y., G. Chen, and Y. Li. 2019. Effect of added sugars and amino acids on acrylamide formation in white pan bread. *Cereal Chemistry* 96:545-553. DOI: 10.1002/cche.10154
- Starowicz M, Zieliński H. 2019. How maillard reaction influences sensorial properties (color, flavor and texture) of food products? *Food Reviews International* 35:707–725. DOI: 10.1080/87559129.2019.1600538
- Sun C, Zhou X, Hu Z, Lu W, Zhao Y, Fang Y. 2021. Food and salt structure design for saltreducing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 67:102570. DOI:10.1016/j.ifset.2020.102570
- Taeymans, D. et al. 2004. A Review of Acrylamide: An Industry Perspective on Research, Analysis, Formation, and Control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44:323-347. DOI: 10.1080/10408690490478082
- Taubert, D., S. Harlfinger, L. Henkes, R. Berkels, and E. Schömig. 2004. Influence of Processing Parameters on Acrylamide Formation during Frying of Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:2735-2739. DOI: 10.1021/jf035417d



Tuta Şimşek, S. 2022. Vacuum modification of partial-baked wheat bread: Evaluation of the physicochemical, microstructural properties and acrylamide content. *Journal of Cereal Science* 105:103467. DOI: 10.1016/j.jcs.2022.103467

Velišek, J., and J. Hajšlová. 2009. *Chemie potravin II.*, 3rd edition. OSSIS, Tábor. ISBN 978-80-86659-16-9

### **Legislativní dokumenty:**

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 ze dne 29. dubna 2004 o hygieně potravin.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004

Nařízení Komise (EU) 2017/2158 ze dne 20. listopadu 2017, kterým se stanoví zmírňující opatření a porovnávací hodnoty pro snížení přítomnosti akrylamidu v potravinách

Vyhláška č. 248/2018 Sb. o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí

Vyhláška č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

Vyhláška č. 398/2016 o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dresinky a hořčici

### **Obrázky:**

Let's look at some color spaces. . . i - part I - precise color communication: Konica Minolta. (n.d.). [cit. 2023-04-03] Dostupné z: [www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/07.html](http://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part1/07.html)



## 9 Samostatné přílohy

*Příloha 1: Dotazník použitý k sensorickému hodnocení pečiva - 1. část*

Pohlaví:

Zdravotní stav:

Věk:

*Jednotlivé vzorky ohodnoťte na stupnici 1 (velmi špatné) až 6 (vynikající).*

*Stupnice: 6 - vynikající, 5 - dobrá, 4 - ucházející, 3 - neutrální, 2 - špatná, 1 – velmi špatná*

### Senzorické hodnocení pečiva - silice TYMIÁN

	<u>Vzorek č. 1</u>	<u>Vzorek č. 2</u>	<u>Vzorek č. 3</u>	<u>Vzorek č. 4</u>	<u>Vzorek č. 5</u>	<u>Vzorek č. 6</u>
Barva						
Vůně						
Textura kůrky						
Textura střídky						
Chuť						
Celkový dojem						

### Senzorické hodnocení pečiva - silice OREGANO

	<u>Vzorek č. 1</u>	<u>Vzorek č. 2</u>	<u>Vzorek č. 3</u>	<u>Vzorek č. 4</u>	<u>Vzorek č. 5</u>
Barva					
Vůně					
Textura kůrky					
Textura střídky					
Chuť					
Celkový dojem					

*Příloha 2: Dotazník použitý k sensorickému hodnocení pečiva - 2. část*

**Senzorické hodnocení pečiva - silice LEMONGRASS**

	<u>Vzorek č. 1</u>	<u>Vzorek č. 2</u>	<u>Vzorek č. 3</u>	<u>Vzorek č. 4</u>	<u>Vzorek č. 5</u>
Barva					
Vůně					
Textura kůrky					
Textura střídky					
Chuť					
Celkový dojem					

**Senzorické hodnocení pečiva - silice SKOŘICE**

	<u>Vzorek č. 1</u>	<u>Vzorek č. 2</u>	<u>Vzorek č. 3</u>	<u>Vzorek č. 4</u>	<u>Vzorek č. 5</u>
Barva					
Vůně					
Textura kůrky					
Textura střídky					
Chuť					
Celkový dojem					

*Příloha 3: Rozkrojené housičky - tymián - 1. část*



*Příloha 4: Rozkrojené housičky - tymián - 2. část*



*Příloha 5: Rozkrojené housičky - tymián - 3. část*

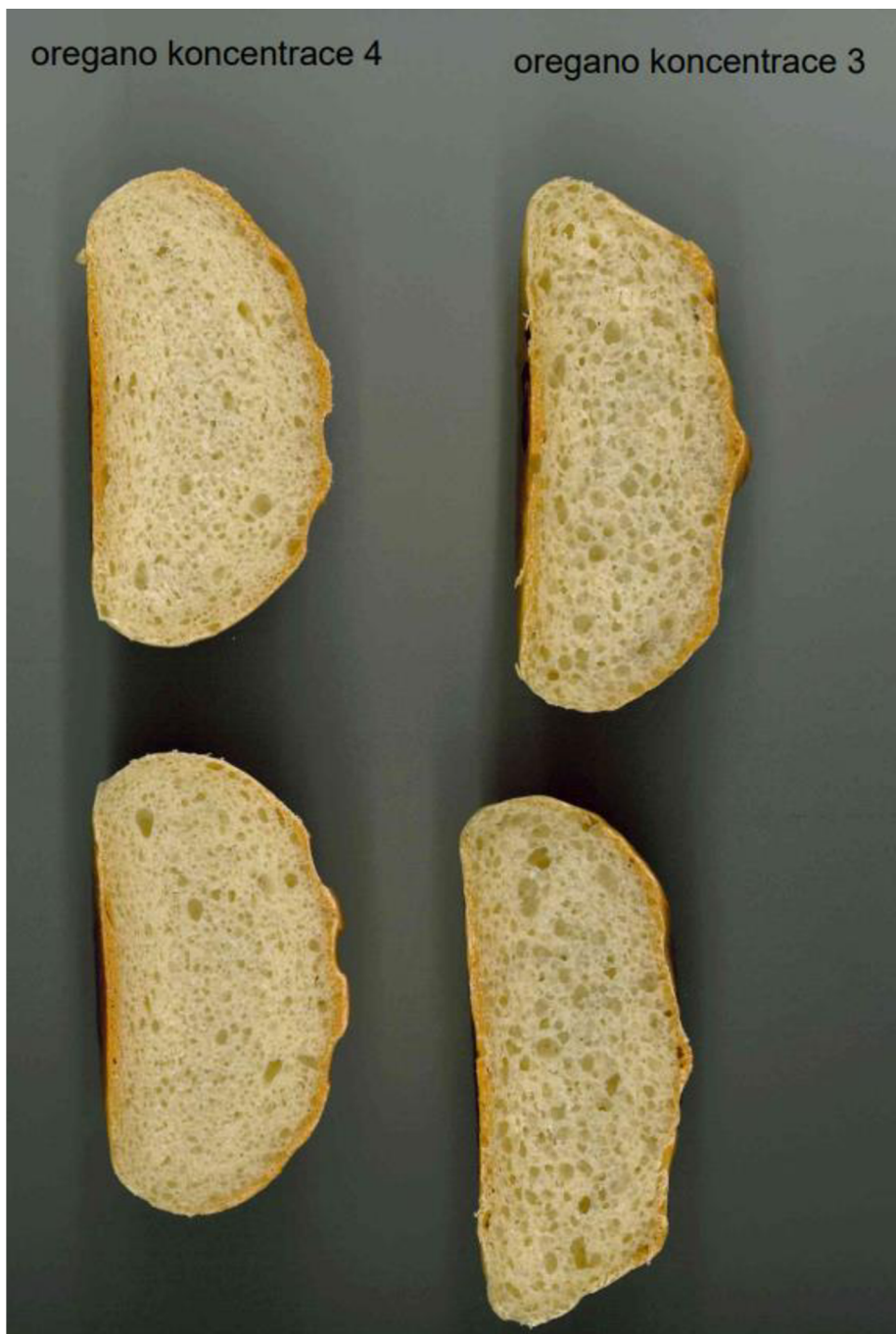


*Příloha 6: Rozkrojené housičky - oregano - 1. část*

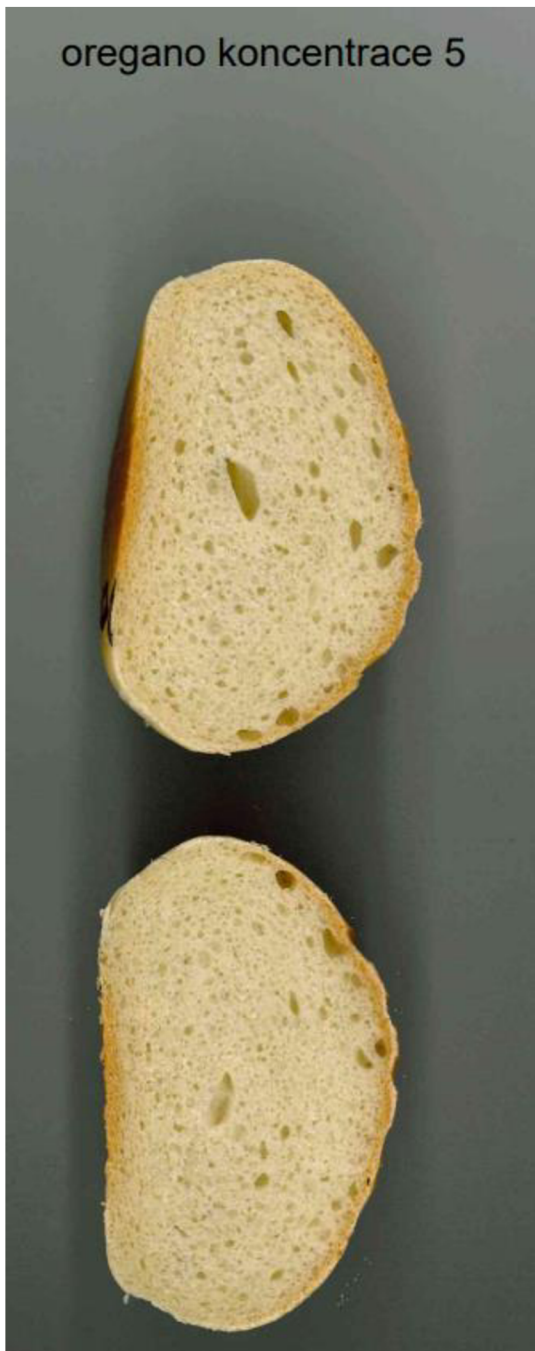




*Příloha 7: Rozkrojené housičky - oregano - 2. část*



*Příloha 8: Rozkrojené housičky - oregano - 3. část*



*Příloha 9: Rozkrojené housičky - lemongrass - 1. část*



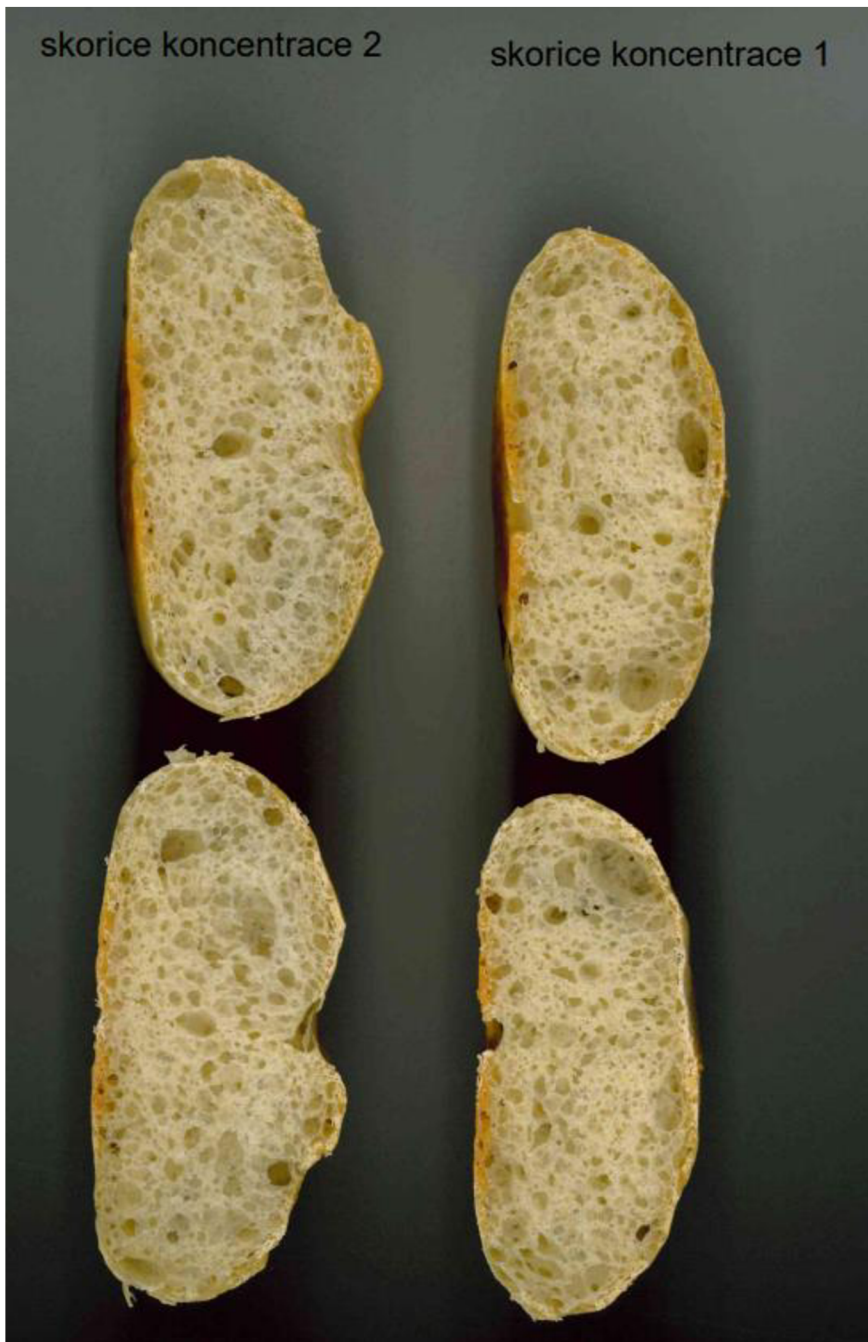
*Příloha 10: Rozkrojené housičky -lemongrass - 2. část*



*Příloha 11: Rozkrojené housičky -lemongrass - 3. část*



*Příloha 12: Rozkrojené housičky -skořice - 1. část*



*Příloha 13: Rozkrojené housičky -skořice - 2. část*

