



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

## ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

# VLIV DERIVÁTŮ KAPSAICINU NA PÁLIVOST CHILLI PAPRIČEK

INFLUENCE OF CAPSAICIN DERIVATIVES ON PUNGENCY OF CHILI PEPPERS

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Sabina Paulišová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

BRNO 2020

## Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1446/2019 Akademický rok: 2019/20  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Studentka: **Bc. Sabina Paulišová**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.**

### Název diplomové práce:

Vliv derivátů kapsaicinu na pálivost chilli papriček

### Zadání diplomové práce:

1. Zpracujte literární přehled dané problematiky:
  - chilli papričky – charakteristika, složení, vlastnosti; popis vybraných odrůd
  - kapsaicinoidy – popis, vlastnosti
  - možnosti stanovení kapsaicinoidů – princip, provedení, přehled aplikací
  - pálivost, její sensorické vnímání; možnosti sensorického hodnocení pálivosti – přehled aplikací
2. Pomocí metody HPLC identifikujte deriváty kapsaicinu ve vybraných odrůdách chilli papriček
3. Pomocí vhodných sensorických metod zhodnoťte jejich pálivost
4. Posuďte vliv jednotlivých derivátů kapsaicinu na intenzitu pálivosti vzorků

### Termín odevzdání diplomové práce: 31.7.2020:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

-----  
Bc. Sabina Paulišová  
student(ka)

-----  
doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.  
vedoucí práce

-----  
prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2020

-----  
prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.  
děkan



## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vlivem tří nejvíce zastoupených kapsaicinoidů – kapsaicinu, dihydrokapsaicinu a nordihydrokapsaicinu – na sensorické vlastnosti pěti odrůd chilli papriček. Pro tuto práci byly vybrány odrůdy Aji Lemon Drop, Serrano, Jamaican Yellow, Habanero Chocolate a Bhut Jolokia.

Stanovení obsahu kapsaicinoidů bylo provedeno za použití HPLC-DAD. Obsah kapsaicinu v sušených plodech se pohyboval v rozmezí 359–29 320  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , obsah dihydrokapsaicinu v mezích 130–7 767  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a obsah nordihydrokapsaicinu v rozsahu 7–456  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Pálivost vzorků činila 8 928–601 338 SHU.

Senzorického hodnocení vybraných odrůd chilli papriček se zúčastnilo 20 hodnotitelů reprezentující běžné spotřebitele. Předmětem hodnocení byla především intenzita pálení a ostrosti, její příjemnost a identifikace místa projevu tepelných vjemů. Dále nástup pálení a ostrosti od vložení papriček do úst, doba trvání tepelných pocitů, intenzita sladkosti a šťavnatosti, přítomnost dalších chutí a textura plodu. Mezi výsledky hodnocení byly pozorovány statisticky významné rozdíly. Nízká intenzita pálení i ostrosti odrůdy Jamaican Yellow byla hodnocena jako neutrální až spíše příjemná, zatímco vysoká intenzita tepelných vjemů odrůd Habanero Chocolate a Bhut Jolokia byla vnímána jako nepříjemná. Odrůdy Aji Lemon Drop a Serrano byly ze sensorického hlediska posuzovány velmi podobně.

Spojením výsledků měření obsahu kapsaicinoidů a sensorické analýzy byly nalezeny významné korelační vztahy mezi hodnocenými parametry. S vyšším obsahem kapsaicinoidů v papričkách se zvyšovala jejich pálivost (vyjádřená v jednotkách SHU), současně byla při konzumaci zaznamenána vyšší intenzita tepelných vjemů a jejich delší trvání. Naopak s vysokou intenzitou pálení i ostrosti klesala příjemnost těchto vjemů. Nástup těchto pocitů neměl na pozorované vlastnosti vliv. S vyšší intenzitou šťavnatosti byla zaznamenána i vyšší sladkost plodů; z hlediska obsahu pálivých látek ani intenzity tepelných vjemů však nebyly tyto vlastnosti významné. Vliv jednotlivých kapsaicinoidů na místo účinku tepelného vjemu nebyl statisticky prokázán.

## Klíčová slova

Chilli papričky, kapsaicinoidy, pálivost, HPLC, sensorická analýza

## **Abstract**

This diploma thesis is focused on the influence of the three most represented capsaicinoids – capsaicin, dihydrocapsaicin and nordihydrocapsaicin – on the sensory properties of five varieties of chili peppers. Aji Lemon Drop, Serrano, Jamaican Yellow, Habanero Chocolate and Bhut Jolokia were selected for this thesis.

Determination of capsaicinoids content was performed using HPLC-DAD. The content of capsaicin in dried fruits ranged from 359 to 320  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , the content of dihydrocapsaicin in the range of 130–7 767  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  and the content of nordihydrocapsaicin in the range of 7–456  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . The pungency of the samples was 8 928–601 338 SHU.

The sensory evaluation of selected varieties of chili peppers was attended by 20 evaluators representing ordinary consumers. The subject of the evaluation was mainly the intensity of burning and sharpness, its pleasantness and identification of the place of manifestation of thermal sensations. Furthermore, the onset of burning and sharpness from the insertion of peppers into the mouth, the duration of thermal sensations, the intensity of sweetness and juiciness, the presence of other flavors and the texture of the fruit. Statistically significant differences were observed between the evaluation results. The low intensity of burning and sharpness of the Jamaican Yellow variety was assessed as neutral to rather pleasant, while the high intensity of thermal sensations of the Habanero Chocolate and Bhut Jolokia varieties was perceived as unpleasant. The Aji Lemon Drop and Serrano varieties were judged very similar from a sensory point of view.

By combining the results of capsaicinoids content measurement and sensory analysis, significant correlation relationships were found between the evaluated parameters. With a higher content of capsaicinoids in peppers, their pungency (expressed in SHU) increased, at the same time a higher intensity of thermal sensations and their longer duration were found during consumption. On the contrary, with a high intensity of burning and sharpness, the pleasantness of these perceptions decreased. The onset of these feelings did not affect the observed properties. The higher the intensity of juiciness, the higher the sweetness of the fruit; however, these properties were not significant in terms of the content of combustibles or the intensity of thermal sensations. The effect of individual capsaicinoids on the site of thermal sensation has not been statistically proven.

## **Keywords**

Chili peppers, capsaicinoids, pungency, HPLC, sensory analysis

PAULIŠOVÁ, Sabina. *Vliv derivátů kapsaicinu na pálivost chilli papriček* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-07-23]. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124111>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce doc. Ing. Eva Vítová, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucí diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studentky

## Poděkování:

*Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí doc. Ing. Evě Vítové, Ph.D. za odborné rady a pomoc při tvorbě této diplomové práce. Poděkování patří také pěstitelkám Aleně Doležalové a Haně Polanské za poskytnutí vzorků papriček a cenných informací. Poděkovat bych chtěla i všem, kteří mi přinášeli inspiraci a přispěli tak k dokončení této práce. Velký dík patří i mé rodině, která mě během celého studia velmi podporovala.*

## OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Teoretická část .....	10
2.1	Chilli papričky .....	10
2.1.1	Charakteristika chilli papriček.....	10
2.1.2	Druhy chilli papriček .....	11
2.1.2.1	Paprika čínská ( <i>Capsicum chinense</i> ) .....	11
2.1.2.2	Paprika setá/roční ( <i>Capsicum annuum</i> ) .....	12
2.1.2.3	Paprika křovitá ( <i>Capsicum frutescens</i> ).....	12
2.1.2.4	Paprika křídlatá ( <i>Capsicum baccatum</i> ).....	13
2.1.2.5	Paprika chlupatá ( <i>Capsicum pubescens</i> ) .....	13
2.1.3	Pěstování.....	14
2.1.4	Posklizňová úprava .....	15
2.1.4.1	Sušení.....	15
2.1.4.2	Zmrazení .....	16
2.1.4.3	Nakládání .....	16
2.1.4.4	Konzervování.....	16
2.1.4.5	Uzení .....	16
2.1.4.6	Výroba chilli oleje .....	16
2.1.4.7	Koření .....	16
2.1.4.8	Výroba pálivých omáček .....	16
2.1.4.9	Pryskyřice (oleoresin).....	17
2.2	Chemické složení papriky .....	17
2.2.1	Voda.....	17
2.2.2	Sacharidy .....	17
2.2.3	Lipidy.....	17
2.2.4	Proteiny a aminokyseliny .....	18
2.2.5	Vitaminy .....	18
2.2.5.1	Vitamin C.....	18
2.2.5.2	Vitamin E.....	18
2.2.5.3	Vitamin B.....	19
2.2.5.4	Vitamin A .....	19
2.2.6	Minerální látky .....	20

2.2.7	Karotenoidy .....	20
2.2.8	Kapsaicinoidy .....	21
2.2.8.1	Kapsaicin a dihydrokapsaicin .....	22
2.2.8.2	Nordihydrokapsaicin.....	23
2.3	Vybrané odrůdy chilli papriček .....	23
2.3.1	Aji Lemon Drop.....	23
2.3.2	Serrano.....	23
2.3.3	Jamaican Yellow.....	24
2.3.4	Habanero Chocolate .....	24
2.3.5	Bhut Jolokia Red .....	25
2.4	Senzorické hodnocení chilli papriček .....	26
2.4.1	Pálivost a ostrost.....	26
2.4.2	Mechanismus účinku kapsaicinu .....	26
2.4.3	Senzorické hodnocení pálivosti .....	27
2.4.4	Způsoby provedení senzorické analýzy .....	28
2.5	Metody stanovení kapsaicinoidů.....	29
2.5.1	Extrakce .....	30
2.5.2	UV-VIS spektrofotometrie .....	30
2.5.3	Elektrochemické metody .....	31
2.5.4	Chromatografické metody .....	32
2.5.4.1	Chromatografie na tenké vrstvě.....	32
2.5.4.2	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie .....	32
2.5.4.3	Plynová chromatografie s hmotnostní detekcí.....	33
2.6	Výsledky studií vybraných odrůd chilli papriček .....	34
2.6.1	Studie papriček Aji Lemon Drop.....	34
2.6.2	Studie papriček Serrano.....	34
2.6.3	Studie papriček Jamaican Yellow.....	35
2.6.4	Studie papriček Habanero Chocolate .....	36
2.6.5	Studie papriček Bhut Jolokia Red .....	36
2.7	Statistické metody .....	39
2.7.1	Analýza rozptylu.....	39
2.7.2	Kruskal-Wallisův test .....	40
2.7.3	Analýza hlavních komponent .....	40

3	Experimentální část.....	41
3.1	Použité chemikálie a laboratorní vybavení .....	41
3.1.1	Pomůcky a přístroje .....	41
3.1.2	Chemikálie pro stanovení kapsaicinoidů .....	41
3.2	Analyzované vzorky .....	41
3.3	Použité metody a experimentální techniky .....	42
3.3.1	Senzorická analýza .....	42
3.3.2	Stanovení kapsaicinoidů pomocí HPLC-DAD.....	43
3.4	Statistické zpracování výsledků.....	44
4	Výsledky a diskuze .....	45
4.1	Charakterizace vzorků chilli papriček podle obsahu kapsaicinoidů .....	45
4.1.1	Obsah kapsaicinu .....	45
4.1.2	Obsah dihydrokapsaicinu .....	47
4.1.3	Obsah nordihydrokapsaicinu .....	48
4.1.4	Celkový obsah kapsaicinoidů a pálivost.....	49
4.1.5	Analýza hlavních komponent – obsah kapsaicinoidů.....	51
4.2	Charakterizace vzorků chilli papriček podle výsledků senzorické analýzy.....	52
4.2.1	Hodnocení papričky Aji Lemon Drop .....	53
4.2.2	Hodnocení papričky Serrano .....	54
4.2.3	Hodnocení papričky Jamaican Yellow .....	55
4.2.4	Hodnocení papričky Habanero Chocolate .....	56
4.2.5	Hodnocení papričky Bhut Jolokia .....	58
4.2.6	Porovnání odrůd .....	59
4.2.7	Analýza hlavních komponent – senzorická analýza.....	62
4.3	Vliv kapsaicinoidů na pálivost chilli papriček.....	63
5	Závěr .....	65
6	Použitá literatura .....	68
7	Seznam použitých zkratk .....	76
8	Seznam příloh .....	77
9	Přílohy .....	78

# 1 ÚVOD

Historie chilli papriček, známých také jako feferonky nebo kajenský pepř, sahá až do 6. tisíciletí př. n. l. [1, 2]. První zmínky o jejich pěstování pochází z Amazonie v Jižní Americe [3, 4]. Po objevení Ameriky se plody i rostliny rozšířily po celém světě, a to zejména díky portugalským a španělským mořeplavcům. Sušené plody chilli papriček totiž představovaly cenné koření, v té době sloužilo především jako náhrada za pepř. Dnes se pěstuje více než 150 různých odrůd chilli papriček. Nejvýznamnějšími pěstiteli jsou Mexiko, Indie, Kalifornie, Texas, Nové Mexiko a Arizona [3].

Většina prací týkajících se chilli papriček se zabývá stanovením kapsaicinu ve vybrané odrůdě nebo senzoricou analýzou. V prvním případě jde většinou o stanovení samotného kapsaicinu, případně kapsaicinoidů – tedy skupiny derivátů, které se většinou zahrnují pod kapsaicin a dále se nesePARovaly. V případě senzoricé analýzy se u dané odrůdy popisují její vlastnosti při konzumaci, tj. pálivost, ostrost a jejich intenzita, sladkost papriček, přítomnost dalších chutí apod. Spojení obou těchto metod může objasnit vliv tří nejvíce zastoupených derivátů – kapsaicinu, dihydrokapsaicinu a nordihydrokapsaicinu, na pálivost (případně ostrost) chilli papriček.

Hlavním cílem této práce bylo posoudit vliv uvedených kapsaicinoidů na pálivost pěti vybraných odrůd chilli papriček. Kapsaicinoidy byly stanoveny pomocí HPLC-DAD, pálivost byla hodnocena senzoricou.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

Tato práce je zaměřena na zkoumání vlivu derivátů kapsaicinu na pálivost chilli papriček. Následující kapitoly teoretické části se zabývají charakteristikou chilli papriček, jejich složením, vlastnostmi a popisem vybraných odrůd. Hlavní pozornost je věnována popisu kapsaicinoidů, pálivosti a jejímu senzoričkému vnímání a možnostem jejich analytického a senzoričkému stanovení.

### 2.1 Chilli papričky

#### 2.1.1 Charakteristika chilli papriček

Botanicky se paprika řadí do čeledi lilkovitých (*Solanaceae*), kam patří například mochně, tabák, durman, kustovnice nebo rajčata [5]. Přesné zařazení zobrazuje Tab. 1. Schéma stavby plodu papriky je uvedeno na Obr. 1. Vnitřní uspořádání plodu je rozděleno přepážkami, což vedlo k pojmenování rodu paprik jako *Capsicum* (schránka) [3]. Jednotlivé odrůdy se liší jak velikostí rostliny, tak tvarem, barvou a chutí plodu. Průměrná výška rostliny se pohybuje okolo 90 cm, listy na stonku rostou jednotlivě a jejich délka je v rozmezí 3–13 cm. Barva květů je většinou bílá nebo fialová, zatímco barva plodu může být velmi různorodá. Závisí především na odrůdě a také na stupni zralosti. Nezralé plody bývají zelené, bílé, fialové či žluté, zatímco zralé plody mohou být červené, oranžové, hnědé, ale rovněž i bílé nebo žluté. Čerstvé papričky se považují za zeleninu, sušené (a často mleté) plody za koření [1].

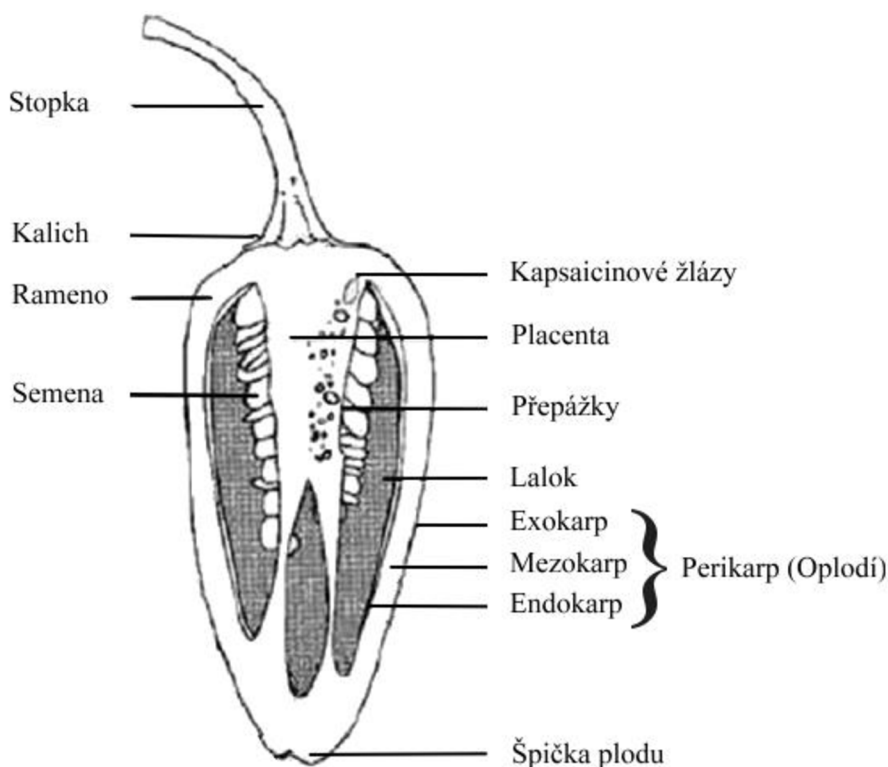
Tab. 1: Botanické zařazení chilli papriček [6]

<b>Říše</b>	Rostliny ( <i>Plantae</i> )
<b>Podříše</b>	Cévnaté rostliny ( <i>Tracheobionta</i> )
<b>Oddělení</b>	Krytosemenné ( <i>Magnoliophyta</i> )
<b>Třída</b>	Vyšší dvouděložné ( <i>Rosopsida</i> )
<b>Řád</b>	Lilkotvaré ( <i>Solanales</i> )
<b>Čeleď</b>	Lilkovité ( <i>Solanaceae</i> )
<b>Rod</b>	Paprika ( <i>Capsicum</i> )

Rostlinné alkaloidy, zvané kapsaicinoidy, které jsou přítomné v chilli papričkách, způsobují jejich palčivost a ostrost. Nejznámější z této skupiny látek je kapsaicin. Jeho obsah závisí na odrůdě a podmínkách během pěstování, a to především na intenzitě slunečního svitu a teplotě. Jedná se o bílou krystalickou látku, která je velmi stabilní i při sušení a mrazu. Dalšími přítomnými alkaloidy jsou dihydrokapsaicin, nordihydrokapsaicin, homokapsaicin, homodihydrokapsaicin nebo nonivamid. Ačkoli je kapsaicin většinou nejvíce zastoupený, není rozhodně jediný, který se podílí na pálivosti chilli papriček [7–9]. Jedná se o látky rozpustné v alkoholu a tucích, čehož se využívá i při senzoričké analýze. Mléčné produkty s vysokým obsahem tuku totiž přerušují vazby mezi kapsaicinoidy a receptory bolesti a lze je tak použít jako chuťové neutralizátory [1, 9].



Mimo jiné jsou papriky výborným zdrojem vitamínu C. Dále obsahují karotenoidy, a to především kapsanthin,  $\beta$ -karoten a violaxanthin; flavonoidy a také saponiny. Díky svému složení mají blahodárné působení na lidský organismus. Mezi prokázané účinky při konzumaci patří stimulace žaludečních šťáv a peristaltiky střeva, zevně působí protizánětlivě, proti křečím a jako analgetikum. Díky přítomnosti antioxidantů jsou papriky schopné neutralizovat volné radikály a chránit tak tělo před vznikem rakoviny, příp. jiných civilizačních chorob [10, 11].



Obr. 1: Schéma stavby plodu chilli papričky, upraveno [6]

## 2.1.2 Druhy chilli papriček

Chilli papričky se dělí do pěti hlavních druhů, v rámci kterých existuje více než 3 000 odrůd. Ty vznikly přirozeným vývojem, nebo byly cíleně pěstovány tak, aby odolávaly klimatickým podmínkám, nemocem a vyhovovaly kulinářskému a komerčnímu použití. Hlavní druhy tvoří paprika čínská (*Capsicum chinense*), paprika setá či roční (*Capsicum annuum*), paprika křovitá (*Capsicum frutescens*), paprika křídlatá (*Capsicum baccatum*) a paprika chlupatá (*Capsicum pubescens*) [12].

### 2.1.2.1 Paprika čínská (*Capsicum chinense*)

Charakteristickými vlastnostmi tohoto druhu jsou široké listy a celková stavba rostliny. Plody jsou silně pálivé a mají výraznou ovocnou chuť i vůni. Pálivost plodů se pohybuje od 100 000 do 1 000 000 SHU (Scoville Heat Units, viz kap. 2.4.1). Řadí se sem například Habanero (Obr. 2), Bhut Jolokia, Jamaican Yellow nebo Scotch Bonnet [12].

Tento druh je velmi oblíbený ve všech tropických oblastech, především však v oblasti Karibiku. Rostliny jsou 30–135 cm vysoké v závislosti na podmínkách. Plody jsou v plné zralosti žluté, oranžové až tmavě červené [1].



Obr. 2: *Habanero Yellow (C. chinense)* [13]

#### 2.1.2.2 *Paprika setá/roční (Capsicum annuum)*

Rostliny tohoto druhu jsou jednoleté a dosahují výšky 0,5–1,5 metru. Listy jsou kopinaté a střídavé, květy mají bílé a rostou jednotlivě. Mohou být pětičetné až sedmičetné. Typickými zástupci jsou Jalapeño, Cayenne Red nebo Serrano (Obr. 3) [1, 6].

Pochází z oblasti Střední a Jižní Ameriky, v současné době se jedná o nejrozšířenější druh chilli. Do Evropy byla dovezena Kryštofem Kolumbem, ale do Čech a na Moravu se dostala pravděpodobně díky tureckým nájezdníkům [6, 14, 15].



Obr. 3: *Serrano (C. annuum)* [16]

#### 2.1.2.3 *Paprika křovitá (Capsicum frutescens)*

Jedná se o poměrně vysoké a zároveň pevné keřiky. Plody jsou často malé a pálivé, a to v rozmezí 50 000–100 000 SHU. Tento druh je náchylný na světlo; při jeho nedostatku dochází k růstu větví s většími mezerami od hlavního stonku, zatímco na přímém slunci roste košatější keř. Mezi odrůdy patří například Tabasco (Obr. 4) nebo Bird's Eye [12].

Tento druh pochází pravděpodobně z Jižní nebo Střední Ameriky. Rozšířil se v tropických a subtropických oblastech, kde roste i divoce. Plody jsou v plné zralosti jasně červené [17].



Obr. 4: Tabasco (*C. frutescens*) [18]

#### 2.1.2.4 Paprika křídlatá (*Capsicum baccatum*)

Typickými rysy druhu *Capsicum baccatum* jsou drobné listy na hustém keříku se silným kmenem. Keřiky jsou odolnější vůči chladu, suchu a jasnému slunci. Plody jsou malé a jejich pálivost se pohybuje mezi 3 000 a 100 000 SHU. Zahrnuje odrůdu Peppadew nebo Aji Lemon Drop (Obr. 5) [12].

Je nejpěstovanějším druhem v Jižní Americe, pěstuje se v Chile, Bolívii a Peru. Květy mají krémové zabarvení a obsahují tmavě zelené, hnědé nebo žluté tečky na okvěti. Barva plodu jde od žluté, přes oranžovou až po červenou [6].



Obr. 5: Aji Lemon Drop (*Capsicum baccatum*) [19]

#### 2.1.2.5 Paprika chlupatá (*Capsicum pubescens*)

Charakteristickou vlastností druhu *Capsicum pubescens* jsou chlupaté stonky a listy. Rostliny jsou vyšší, některé odrůdy dorůstají do výšky a šířky až 1,5 metru. Kořeny velmi dobře dřevnatí, a díky tomu se někdy označuje jako „stromová chilli paprika“ [1].

Obecně se jedná o papriky dosahující pálivosti až 100 000 SHU. Nejznámější odrůdou je Rocoto (Obr. 6) z Jižní Ameriky, pro kterou jsou typická černá semena uvnitř plodu [12].

Květy bývají fialově až modrofialově zbarvené. Plody mohou být žluté (R. Canario) nebo červené (R. Manzano) [1, 12].



Obr. 6: Rocoto (*Capsicum pubescens*) [20]

### 2.1.3 Pěstování

Chilli papričky pocházejí z různých oblastí, od kterých se odvíjí také různé podmínky při jejich pěstování [12]. K naklíčení se vybírají pouze zdravá vitální semena bez viditelného poškození a nežádoucích černých skvrn. Nesmí být ani napadená škůdci nebo plísněmi. Před naklíčením jsou semena skladována v suchu a temnu maximálně po dobu 3 let, při dlouhodobějším skladování lze využít vakuově balená nebo hluboce zmrazená semena [1].

Při klíčení je pro semena důležité teplo a světlo. U tropických druhů *Capsicum chinense* a *pubescens* se optimální teplota klíčení pohybuje mezi 25 až 35 °C. Jelikož trvá delší dobu, je vhodné vyset semena již v únoru. Druhy *Capsicum annuum* a *frutescens* klíčí v rozmezí teplot 15–25 °C a zároveň poměrně krátkou dobu, takže je možné je zasévat koncem února či začátkem března. Pro správné vyklíčení je důležité pravidelné zalévání a zajištění proudění vzduchu, aby se předešlo vzniku plísní [12, 21]. Přibližný vývoj rostliny od zasetí semen je popsán v Tab. 2.

V oblastech mírného pásu je důležité načasování výsevu, neboť od zasetí k dozrání plodů rostlina potřebuje asi 6–9 měsíců. Vhodné podmínky se často zajišťují domácím předpěstováním a následným umístěním sazenic do skleníků nebo fóliovníků. V případě pěstování paprik v záhonu se s přesazováním čeká až do poloviny května [12].

Péče o rostlinu během pěstování zahrnuje dostatečný přísun tepla, vody, světelného záření a hnojiva. Teplo a světlo je důležité pro zrání plodů, což se odráží i v jejich chutnosti. Zároveň se tak zvyšuje vitalita a odolnost rostliny vůči nákazám. Množství kapsaicinoidů v papričce se zvyšuje s rostoucí teplotou při pěstování. Rostlina nejprve získává živiny ze zeminy, ale od druhého až třetího týdne od vyklíčení je důležité hnojení; ideálně hnojivem s vyšším obsahem draslíku [12, 21].

Tab. 2: Přibližný vývoj rostliny od zasetí [12]

1. března	Zasetí semen.
10. března	Vyrašení sazeniček.
20. března	Pikýrování sazenic se dvěma lístky do květináčů s průměrem 10 cm.
25. dubna	Přesazení sazenic s 6–8 listy do květináčů s průměrem 25–30 cm. Přesun sazenice na konečné místo.
7. června	Rostlina dosahuje cca 30 cm, na hlavním stonku se objevují první květy. Začínají se objevovat postranní výhonky.
15. července	Na hlavním stonku se objevují první plody, postranní výhonky kvetou.
20. července	Sklizeň prvních chilli papriček.
30. července	Rostlina neustále plodí.
15. srpna	Všechny plody se zbarvují do červena.
5. září	Rostlina stále plodí. Pro zachování plodnosti je vhodné ji přesunout na teplejší stanoviště.
1. října	V chladném a nekrytém místě začíná rostlina odumírat.

#### 2.1.4 Posklizňová úprava

Po úspěšném vypěstování a sklizni zralých plodů je dobré papričky vhodným způsobem zpracovat. Nejčastěji se používá sušení, zmrazení, nakládání, konzervování a uzení, dále také výroba oleje, koření, omáček a pryskyřic.

##### 2.1.4.1 Sušení

Jedná se o klasickou metodu konzervace, při které se odstraní voda, která by jinak mohla sloužit jako prostředí pro množení mikroorganismů, především plísní [22]. V suchých oblastech se papričky suší na slunci, jinak se suší ve svazcích na vzduchu. Ale ne všechny odrůdy jsou pro tuto úpravu vhodné. Například Habanero má voskový povlak a pro řádné usušení je třeba papričku nejprve nakrájet. Podobně je na tom i paprička Serrano, která má silnou dužinu a rovněž není vhodná k sušení. Naopak paprička Cayenne bývá poměrně vyschlá už před sklizní. Obecně se lépe suší delší, méně šťavnaté plody [12].

Sušením se zachová míra pálivosti, ale změní se flavour, tedy chuť a vůně. Často bývá méně ovocná, ale zároveň bohatší. Papričky mohou připomínat jiné sušené plody – rozinky, čaj, tabák nebo čokoládu [12].



#### **2.1.4.2 Zmrazení**

Nejjednodušším způsobem uchování chilli papriček je zmrazení. Výhoda této metody spočívá v prostém uložení čerstvě utržených plodů do mrazničky, neboť není potřeba papričky dalším zákrokem upravovat. Po zmrazení nedochází ke slepení plodů a je možné je jednotlivě odebírat podle potřeby. Nevýhodou ale je, že papričky po rozmrazení měknou a ztrácí svou křupavost [12].

#### **2.1.4.3 Nakládání**

Papričky se nakládají do směsi vody, octa, soli a cukru. Roztok se zahřívá k varu, následně se částečně ochladí a poté se papričky nakládají [12]. Ocet a sůl představuje prevenci proti mikrobiálnímu kažení. Solný lák a jeho účinnost jsou důležité pro rychlost pronikání kyseliny octové do celého plodu. Zároveň má vliv na čas potřebný k dosažení minimální hodnoty pH 4,6. Celý proces přirozeně trvá až 6 dní, ale může být urychlen například blanšírováním [6].

#### **2.1.4.4 Konzervování**

Při této metodě je potřeba nejprve odstranit slupky spařováním nebo pečením. Plody se zpracovávají při teplotě 100 °C asi 50 minut, aby nedošlo k nadměrnému změknutí. Po tepelném ošetření se plody okyselují, aby se inaktivovaly spory mikroorganismů. Hodnota pH 4,6 je limitní hranicí pro *Clostridium botulinum* [6].

#### **2.1.4.5 Uzení**

Uzené chilli papričky, známé jako chipotle, se používají především v mexické kuchyni. Jedná se o sušenou a vyuzenou papričku Jalapeño. Papričky určené k uzení se ponechávají na keřích co nejdéle. Sklízí se ve chvíli, kdy jsou temně červené a ztratí většinu své vlhkosti. Následně se umísťují do uzavřených udíren na kovový gril. Během uzení je nutné papričky každé 3–4 hodiny míchat, zlepšuje se tím pronikání kouře. Uzení může trvat až 4 dny. Ukončeno je ve chvíli, kdy je paprička zcela vysušená. Z pěti kilogramů čerstvých papriček lze připravit asi půl kila chipotle [23].

#### **2.1.4.6 Výroba chilli oleje**

Chilli olej je možné vyrobit ze sušených chilli papriček. Suché plody se nejprve naruší pomocí nože nebo jehly a vloží se do vybraného oleje. Následně dochází k extrakci látek rozpustných v tucích. Čerstvé papričky nejsou vhodné, protože by mohlo dojít k přemnožení mikroorganismů a uhnívání papriček [12].

#### **2.1.4.7 Koření**

Koření se vyrábí ze sušených chilli papriček mletím. Je možné mlít a míchat plody různých odrůd [24]. V případě pálivých paprik se mele plod včetně semen a semenné přepážky. U sladkých paprik se pomele pouze suchý plod bez semen [3].

#### **2.1.4.8 Výroba pálivých omáček**

K výrobě pálivých omáček se používá směs chilli papriček, vody, octa, soli a cukru, podobně jako při jejich nakládání. I v tomto případě má směs octa a soli antimikrobiální účinek. Směs se přivede k varu a následně se rozmixuje nebo přepasíruje. Po dosažení požadované konzistence se plní do sklenic a je připravena ke konzumaci [12].

### 2.1.4.9 Pryskyřice (*oleoresin*)

Extrakcí chilli papriček vhodným rozpouštědlem lze získat pryskyřici (výtažek). Tu lze využít v potravinářském, kosmetickém nebo farmaceutickém průmyslu [25].

K extrakci se používá oplodí, vhodným rozpouštědlem je aceton nebo hexan. Rozpouštědlo se odstraňuje odpařením za mírných teplot a za sníženého tlaku. Vzniklá pryskyřice je viskózní až polotuhá, má typické aroma i chuť chilli papriček. Přidává se do potravin pro zvýraznění ostrosti, chuti a barvy, ale vzhledem k vysoké koncentraci musí být nejprve zředěna, nejčastěji olejem [6].

## 2.2 Chemické složení papriky

Plody rodu *Capsicum* lze konzumovat čerstvé nebo i upravené některou z výše popsaných posklizňových metod. Složení paprik je velmi různorodé a bohaté a má vliv na senzorycké vlastnosti a výživovou hodnotu [6, 26].

### 2.2.1 Voda

U čerstvých paprik má největší hmotnostní zastoupení voda. Druhy s tenkou stěnou plodu obsahují 79–84 % vody, zatímco masité zeleninové druhy 90–93 %. Množství vody je závislé na klimatických podmínkách. Plod utržený za suchého počasí obsahuje méně vody než plod utržený za deště. Sušené plody mají 15–20 % vody, zbytek představuje sušina. Sušené papričky jsou vhodnější na skladování a dopravu [6].

### 2.2.2 Sacharidy

Obsah sacharidů je v závislosti na druhu a odrůdě různý, ale celkově činí asi 4,3 % a je tvořen především pentózami, hexózami a vlákninou. Červené zralé plody obsahují 90–98 % glukózy [6]. Slupku papriky tvoří vláknina, v suchých plodech může zastupovat až 20 % hmotnosti [27].

Metabolismus sacharidů se během vývoje plodu dělí do tří fází. V primární fázi dochází k růstu a hromadění hexóz. Během sekundární fáze dochází k poklesu tvorby hexóz a akumuluje se sacharóza a škrob. Třetí fáze je zrání a degradují při ní vzniklé škroby a sacharóza a zároveň se znovu hromadí hexózy [27].

### 2.2.3 Lipidy

Tuky se v chilli papričkách nachází v žilkách plodů, semenech a oplodí. Svým složením jsou podobné lipidům obsaženým obecně v rostlinách. Celkově je ve zralých plodech obsaženo asi 400 mg lipidů na 100 g papriček. Skládají se z 82 % neutrálních lipidů, 2 % fosfolipidů a 16 % glykolipidů; 60 % z celkového množství představují triacylglyceroly (TAG). Z fosfolipidů je nejvíce zastoupen fosfatidylcholin. Mastné kyseliny jsou v papričkách zastoupeny kyselinou palmitovou, linolovou a linolenovou, přičemž kyselina linolová tvoří až 70 % všech mastných kyselin [6].

## 2.2.4 Proteiny a aminokyseliny

Obsah bílkovin se v závislosti na odrůdě mění; v některých případech může být v plodech přítomno až 1,9 g bílkovin na 100 g papriček [28]. Maďarské studie prokázaly přítomnost lysinu, leucinu, prolinu, tyrosinu, threoninu, tryptofanu, methioninu, valinu, fenylalaninu, asparaginu, alaninu, glycinu a kyseliny glutamové [6]. V semenech jsou přítomny i další aminokyseliny, jako například serin, histidin, izoleucin nebo kyselina asparagová. U semen se obsah jednotlivých aminokyselin pohybuje v rozmezí od 0,5 g do 3,4 g na 100 g papriček [29].

## 2.2.5 Vitaminy

Paprika je významným zdrojem vitaminů C, E, B a A; ostatní vitaminy jsou zastoupeny v menší míře. Jedná se o nízkomolekulární organické sloučeniny, které jsou pro člověka esenciální. Jsou součástí enzymů a regulují lidský metabolismus [30, 31].

### 2.2.5.1 Vitamin C

Zdrojem vitaminu C v lidské potravě je především ovoce a zelenina. Chemicky se jedná o kyselinu L-askorbovou. Má vysokou antioxidační aktivitu, díky tomu má schopnost neutralizovat volné radikály a chránit tak tělo před vznikem rakoviny [10, 11]. Důležitý je pro hydroxylační reakce, syntézu prostaglandinu a absorpci a transport železa. Vyskytuje se ve čtyřech stereoisomerech, přičemž jen L-askorbová kyselina vykazuje aktivitu vitaminu C. Dalšími izomery jsou kyselina L-isoaskorbová, kyselina D-askorbová a kyselina D-isoaskorbová. Označení vitamin C se používá i pro celý reversibilní redoxní systém, který zahrnuje kyselinu L-monodehydroaskorbovou a kyselinu L-dehydroaskorbovou [30].

Denní příjem vitaminu C se pohybuje mezi 60–200 mg [15]. Plody papriky jsou na kyselinu L-askorbovou velmi bohaté. V čerstvých paprikách se množství pohybuje v rozmezí 45–240 mg na 100 g plodu, některé odrůdy *Capsicum annuum* dosahují až 340 mg na 100 g paprik. Jeho množství se zvyšuje zráním, celkově ale závisí na klimatických podmínkách a na odrůdě [32, 33]. Je nejcitlivější ze všech vitaminů, jeho obsah klesá až o 30 % během posklizňových úprav [6]. Ke ztrátám dochází oxidací, působením tepla, světla a stykem s kovy [31].

### 2.2.5.2 Vitamin E

Vitamin E je souhrnný název pro osm derivátů benzopyran-6-olu, jejichž základní strukturu tvoří sloučeniny tokol a tokotrienol. Ty obsahují chromanový cyklus s postranním izoprenoidním řetězcem. Je důležitým antioxidantem lipofilních látek – chrání nenasycené mastné kyseliny před poškozením volnými radikály [30].

Papriky jsou na vitamin E rovněž bohaté. V červené paprice se koncentrace tokoferolů pohybuje od 3,7 do 236 mg na 100 g sušiny, což je srovnatelné s obsahem vitaminu E ve špenátu či chřestu. Ve slupce je obsažen především  $\alpha$ -tokoferol, zatímco semena obsahují hlavně  $\gamma$ -tokoferol. Jejich maximum se vyskytuje v plně zralosti plodů (až 41,7 mg/100 g sušiny). Celkový obsah závisí na odrůdě a zralosti [6].



### 2.2.5.3 Vitamin B

Vitamin B<sub>1</sub> (thiamin) obsahuje thiazolový cyklus, který je spojený přes methylenovou skupinu s pyrimidinem. Vyskytuje se volně, nebo s estericky vázanou fosforečnou skupinou jako mono, di nebo trifosfát. Je kofaktorem enzymů v energetickém metabolismu, zejména při katalýze cukrů. V malém množství ho syntetizuje intestinální mikroflóra, přesto musí být doplňován potravou [30]. V paprikách se vyskytuje v koncentracích okolo 0,4–0,6 mg na 100 g paprik [6].

Vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin) je tvořen isoalloxazinovým jádrem s navázaným ribitolem v poloze N-10. Podobně jako thiamin se riboflavin vyskytuje volně nebo ve formě esteru kyseliny fosforečné. Účastní se dýchacího řetězce a dalších metabolických procesů, například jako oxidoreduktázy – koenzymy FAD a FMN [30]. Ve 100 g paprik je koncentrace riboflavinu asi 0,93–1,66 g [6].

Vitamin B<sub>3</sub> (niacin) se vyskytuje v podobě kyseliny nikotinové a nikotinamidu. Jeho deriváty, například NAD nebo NADP, mají klíčovou roli v energetickém metabolismu buňky. Slouží totiž k přenášení elektronů v respiračních systémech. Většina tohoto vitamínu je přijímána z masa a masných výrobků [30]. V plodech paprik činí obsah niacinu 13,6–15,4 mg na 100 g [6].

Vitamin B<sub>6</sub>, známý také jako pyridoxin, je souhrnným označením pro tři biologicky aktivní deriváty – pyridoxamin, pyridoxol a pyridoxal. Tento vitamin je kofaktorem enzymů v metabolických procesech aminokyselin, například při dekarboxylaci, deaminaci nebo transaminaci [30]. V plodech papriky druhu *Capsicum annuum* byl nalezen v množství 0,224 mg/100 g [34].

### 2.2.5.4 Vitamin A

Vitamin A je označován také jako retinol a podle své struktury se řadí mezi izoprenoidy. V přírodě se vyskytuje asi 50 provitaminů A, ze kterých se v játrech syntetizuje retinol. Patří mezi ně karoteny ( $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ -karoten) a xanthofyly [30]. Za nejvýznamnější zdroj je považována mrkev, ovšem i papriky obsahují velké množství provitaminů A včetně  $\alpha$  a  $\beta$ -karotenu a  $\beta$ -kryptoxanthinu. Hladiny provitaminů A na 100 g čerstvé hmotnosti plodů jsou trojnásobně až pětinasobně vyšší u červených, oranžových a hnědých papriček, než u žlutých, fialových a zelených [34].

Je nezbytný pro diferenciaci spojovacích membrán, rohovky a sítnice a pro integritu epitelových buněk. Doporučený denní příjem provitaminů A se vyjadřuje pomocí ekvivalentu retinolové aktivity (RAE), přičemž 1 RAE odpovídá 12  $\mu$ g  $\alpha$ -karotenu, 24  $\mu$ g  $\beta$ -karotenu a 24  $\mu$ g  $\beta$ -kryptoxanthinu. U mužů i žen je doporučený příjem 700–900  $\mu$ g RAE/den. Tato hodnota může být splněna například spotřebou 3–4 g červené mleté papriky. Například v chilli papričce rodu *Capsicum annuum* bylo nalezeno 45  $\mu$ g retinolu a 535  $\mu$ g  $\beta$ -karotenu ve 100 g plodů [34].

## 2.2.6 Minerální látky

V paprikách je nejvíce zastoupen draslík, který je důležitý pro udržení osmotického tlaku a ke správnému přenosu nervových vzruchů. Ve významnějším množství se vyskytuje fosfor, vápník a hořčík. Fosfor je esenciálním prvkem, součástí nukleových kyselin a fosfolipidů. Nachází se také ve sloučeninách s makroergickými vazbami (ATP) a účastní se většiny metabolických drah v těle. Vápník je základní součástí kostí a zubů, nachází se rovněž ve svalích, krvi a dalších tkáních. Hořčík má rovněž význam pro správnou činnost svalů a nervů. V malé míře je dále zastoupen sodík, fluor, železo, zinek, mangan a měď [30]. Jejich obsah ve 100 g paprik *Capsicum annuum* je znázorněn v Tab. 3.

Tab. 3: Minerální látky v paprikách *Capsicum annuum* [34]

Prvek	Množství v mg na 100 g
Draslík (K)	175
Fosfor (P)	20
Vápník (Ca)	10
Hořčík (Mg)	10
Sodík (Na)	3
Fluor (F)	2
Zinek (Zn)	0,13
Mangan (Mn)	0,122
Měď (Cu)	0,066

## 2.2.7 Karotenoidy

Karotenoidy jsou lipofilní barviva vyskytující se ve fotosyntetických rostlinách, řasách a mikroorganismech. Strukturně se řadí mezi tetraterpeny, jejichž základem je 8 izoprenových jednotek. V současnosti mají více než 700 charakterizovaných struktur a některé z nich se řadí k provitaminům A. Vyskytují se v odstínech žluté až červené barvy. Dělí se na karoteny a xanthofyly [35–37].

Na základě jejich biologického významu se klasifikují jako primární a sekundární karotenoidy. Primární se přímo účastní fotosyntézy, například  $\beta$ -karoten. Sekundární karotenoidy, kterými jsou například lykopen,  $\alpha$ -karoten nebo kapsanthin, nemají přímou roli ve fotosyntéze [37].

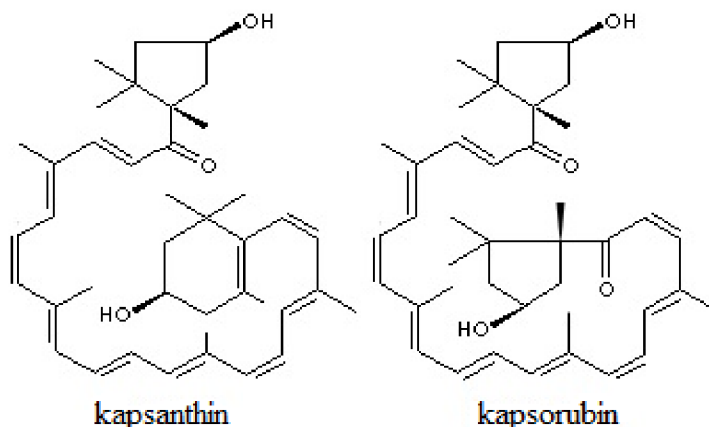
Karoteny jsou složeny z acyklického nebo alicyklického nenasyceného uhlíkového řetězce. Mezi acyklické karoteny se řadí například lykopen. K alicyklickým karotenům můžeme přiřadit  $\alpha$ ,  $\beta$  a  $\gamma$ -karoten, které jsou současně provitaminy A [35, 37].

Xanthofyly jsou kyslíkaté deriváty karotenů. V rostlinách mají největší zastoupení ze skupiny karotenoidů. Jedná se také o provitaminy A. Patří sem například lutein (derivát  $\alpha$ -karotenu) nebo zeaxanthin (derivát  $\beta$ -karotenu) [35].

I v případě karotenoidů je *trans* izomerace stabilnější než *cis*. Významné změny ve vlastnostech karotenoidů způsobuje interakce se světlem, teplem, oxidačními a chemickými činidly, které způsobují změnu izomerace. Hydroxykarotenoidy v ovoci a zelenině jsou převážně esterifikovány s mastnými kyselinami. Esterifikace pravděpodobně zvyšuje odolnost proti tepelným, foto a enzymatickým oxidačním reakcím [37].

V rostlinách se karotenoidy vyskytují v chloroplastech fotosyntetických tkání a chromoplastech v ovoci a u květin. Esterifikované formy můžeme najít v různých tkáních, volné jsou v listech [37].

Červená paprika je na karotenoidy velmi bohatá. Jejich obsah se pohybuje od 0,1 do 3,2 g na 100 g sušiny s výrazným rozdílem ve složení podle odrůdy a stupně zralosti. Brilantní červenou barvu dávají papričkám ketokarotenoidy, kapsanthin, kapsorubin a kryptokapsin. Žluté a oranžové zbarvení způsobují  $\beta$ -karoten, zeaxanthin, violaxanthin a  $\beta$ -kryptoxanthin. Kapsanthin představuje 30–70 % všech karotenoidů ve většině odrůd. Jeho poměr s kapsorubinem se zvyšuje v pokročilých stádiích zrání [37].

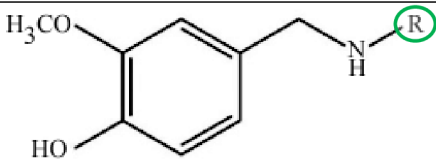
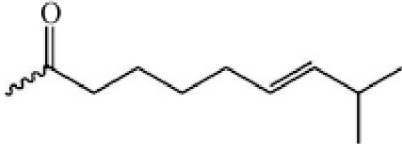
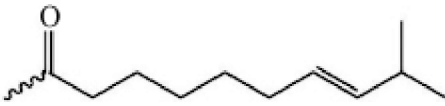
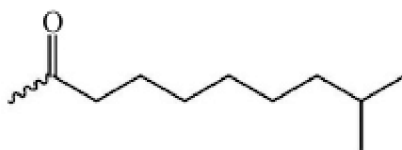
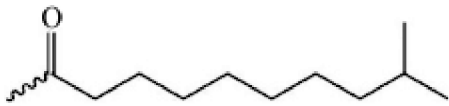
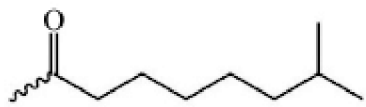



Obr. 7: Struktura kapsanthinu a kapsorubinu [38]

### 2.2.8 Kapsaicinoidy

Kapsaicinoidy jsou fenolické rostlinné alkaloidy specifické pro rod *Capsicum*. Řadí se mezi sekundární metabolity a jsou složeny z vanillylaminové „hlavy“ a „ocasů“ mastné kyseliny [39]. Primárně slouží k odrazení savců před konzumací plodů, zničení rostliny a semen [6]. Jedná se o účinné látky v chilli papričkách, které u lidí způsobují pálení. Chemická struktura každého kapsaicinoidu obsahuje vaniloidní skupinu (tj. aromatický kruh s hydroxylovou a methylovou skupinou; guajakol), dlouhý uhlovodíkový řetězec a polární amidovou skupinu. Vykazují antioxidační, antimutagenní a antikarcinogenní vlastnosti [39]. Řadí se mezi ně kapsaicin, homokapsaicin, dihydrokapsaicin, homodihydrokapsaicin, nordihydrokapsaicin a nonivamid. Jejich strukturu znázorňuje Tab. 4.

Tab. 4: Struktura kapsaicinoidů [40]

Kapsaicinoidy		
-R – uhlovodíkový řetězec	Kapsaicin	
	Homokapsaicin	
	Dihydrokapsaicin	
	Homodihydrokapsaicin	
	Nordihydrokapsaicin	
	Nonivamid	

### 2.2.8.1 Kapsaicin a dihydrokapsaicin

Kapsaicin, nebo také *trans*-8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamid ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ), je bílá krystalická látka bez chuti a zápachu, rozpustná v tucích a nerozpustná ve vodě [41]. Je nejvíce zastoupeným kapsaicinoidem, spolu s dihydrokapsaicinem tvoří asi 80–90 % přirozeně se vyskytujících kapsaicinoidů v paprikách. Jejich poměr je nejčastěji 1:1 nebo 2:1 [40]. Dihydrokapsaicin (N-(4-hydroxy-3-methoxybenzyl)-8-methylnonamid,  $C_{18}H_{29}NO_3$ ) je rovněž lipofilní bezbarvá krystalická látka bez zápachu [41]. Jeho zastoupení v papričkách činí asi 22 %, ale vždy záleží na odrůdě a podmínkách během pěstování [40].

Kapsaicin i dihydrokapsaicin vykazují antioxidační aktivitu. Při vnějším i vnitřním použití mají různé biologické účinky. Působí analgeticky, proti nádorům, obezitě, kardiovaskulárním, močovým a gastrointestinálním problémům [40].

### 2.2.8.2 Nordihydrokapsaicin

Nordihydrokapsaicin (7-methyl-N-vanillyloktanamid,  $C_{17}H_{27}NO_3$ ) je v čistém stavu bezbarvá krystalická až voskovitá látka bez chuti a zápachu. Je třetím nejvíce zastoupeným kapsaicinoidem hned za kapsaicinem a dihydrokapsaicinem. Jeho obsah v papričkách se pohybuje okolo 7 % ze všech kapsaicinoidů. Například v plodech *C. frutescens* je průměrná hodnota nordihydrokapsaicinu 0,1  $\mu\text{g}$  v 1 g čerstvého plodu. Samotný má pálivost asi 9 100 000 SHU, což je více než polovina pálivosti čistého kapsaicinu. Je dráždivý a způsobuje slzení očí a pálení nosních dírek [40, 42].

## 2.3 Vybrané odrůdy chilli papriček

Pro tuto práci bylo vybráno celkem 5 druhů chilli papriček, a to Aji Lemon Drop, Serrano, Jamaican Yellow, Habanero Chocolate a Bhut Jolokia. V následujících kapitolách je uvedena jejich bližší charakteristika.

### 2.3.1 Aji Lemon Drop

Tato paprička (Obr. 8) se řadí do rodu *Capsicum baccatum*. Pochází z Peru a tvoří až 60–80 cm vysoký keř, který je bohatě větvený. Plody mají citronově žlutou barvu, za běžných podmínek dorůstají v 5 cm dlouhé a 2 cm široké lusky. Vyznačují se hladkým lesklým povrchem, slabou slupkou a silnou dužinou. Jejich chuť je nejprve kyselá a poté přechází v ostrost. Díky tomu se hodí do zeleninových salátů, rizota a pokrmů, kam se dává limetka nebo citron. Pálivost se uvádí od 30 000 do 100 000 SHU [43].



Obr. 8: Plody Aji Lemon Drop, World of Chilli

### 2.3.2 Serrano

Paprička Serrano (Obr. 9) spadá do rodu *Capsicum annum*. Výška keře se pohybuje mezi 60 a 80 cm. Plody jsou červené a zelené, ale mohou přecházet i do žluté, hnědé či oranžové. Lusky velmi připomínají papričky Jalapeño. Jsou totiž asi 4 cm dlouhé a 1,5–2 cm široké. Plod má velmi tenkou slupku a zároveň velmi silnou dužinu. Paprička je vhodná ke všem posklizňovým úpravám (výroba omáček, nakládání, zavařování) kromě sušení. Z jednoho keře je možné sklídit až 150 kusů papriček. Jejich pálivost se pohybuje v rozsahu 10 000 až 30 000 SHU [43].



Obr. 9: Plody Serrano, World of Chilli

### 2.3.3 Jamaican Yellow

„Jamajská žlutá“ (Obr. 10) je chilli paprička, kterou řadíme do rodu *Capsicum chinense*. Pochází z Karibiku a dorůstá výšky až 70 cm. Je velmi atraktivní, především díky barvě a tvaru plodu. Ten připomíná malý létající talíř o průměru cca 5 cm, který má jasně žlutou barvu. Celý plod texturou připomíná houbu (po zmáčknutí se vrátí do původního stavu, aniž by praskl). Hodí se k přímé konzumaci, sušení a tepelnému opracování, neboť tím neztrácí barvu, chuť, vůni ani ostrost. Má ovocnou chuť připomínající jablka, meruňky nebo citrusy. Udávaná pálivost je 30 000 až 100 000 SHU [43].



Obr. 10: Plody Jamaycan Yellow [44]

### 2.3.4 Habanero Chocolate

Habanero Chocolate (Obr. 11) je 70–80 cm vysoká rostlina patřící do rodu *Capsicum Chinense*. Z poměrně křehkého stonku ráda roste i do šíře, její listy jsou světle zelené a mají vejčitý až srdčitý tvar zakončený špičkou. Plody jsou 5 cm dlouhé a 4 cm široké se středně silnou dužinou a mají typický tvar většiny Habaner. Ten je daný nepravidelným zvlněným povrchem bez znatelné špičky s prolisy. Dozrává do charakteristické hnědé čokoládové barvy. Má hořkou až zemitou chuť. Je vhodná především do pálivých omáček. Na stupnici pálivosti se pohybuje v mezích 250 000 až 700 000 SHU [43].





Obr. 11: Plody Habanero Chocolate, World of Chilli

### 2.3.5 Bhut Jolokia Red

Tato paprička je známá také jako Naga Jolokia či Ghost chilli (Obr. 12). Jedná se o mezidruhového křížence *Capsicum chinense* a *Capsicum frutescens*, ale obecně se řadí do rodu *C. chinense*. Pochází z Indie a až do roku 2007 byla uznávána jako nejpálivější paprika světa. Jejím dalším křížením s Habanerem vznikl hybrid Carolina Reaper, který je v současnosti považován za nejpálivější papričku a je zapsán v Guinnessově knize rekordů [43].

Bhut Jolokia dorůstá výšky až 100 cm a šířky až 80 cm. Za vhodných podmínek tvoří košatý keř, ze kterého je možné sklídit i 80 kusů plodů. Ty jsou v plné zralosti jasně červené a mají charakteristické nakrabacení. Lusky bývají 6 cm dlouhé a 2 cm široké. Mají slabou slupku i dužinu, navzdory tomu jsou poměrně šťavnaté a mají výrazné ovocné aroma. Odrůda je vhodná na sušení, do nejrůznější omáček a extraktů. Pálivost se pohybuje v rozmezí 700 000 až 1 500 000 SHU [72].



Obr. 12: Plody Bhut Jolokia Red, World of Chilli

## 2.4 Senzorické hodnocení chilli papriček

### 2.4.1 Pálivost a ostrost

Za nejvýraznější vjem chilli papriček lze považovat pocit pálení či bolesti, za který jsou zodpovědné výše zmíněné kapsaicinoidy. Kapsaicin byl poprvé izolován P. A. Buchtholzem v roce 1816. Své jméno dostal až o 30 let později, kdy ho v krystalické formě získal L. T. Tresh. Roku 1878 ho rovněž izoloval maďarský lékař E. Hőgyes, který mu přiřadil zodpovědnost za pálivý a dráždivý pocit při styku s kůží a sliznicemi a zvýšenou sekreci žaludečních šťáv [6].

Pálivost či ostrost chilli papriček se vyjadřuje pomocí Scovilleovy (či Scovilleho) stupnice, která byla sestavena na základě organoleptického testu v roce 1912. Při testu se předkládá nejméně pěti hodnotitelům roztok z paprik, vody a cukru. Roztok se ředí tolikrát, než alespoň 3 z 5 hodnotitelů přestanou cítit pálení. Počet Scovilleových jednotek pálivosti SHU (Scoville heat units) odpovídá počtu ředění původního roztoku. Pokud má tedy Habanero až 700 000 SHU, je nutné roztok až 700 000× zředit, aby nebyla pálivost detekovatelná. Z této metody je patrné, že je velmi subjektivní, a tedy i nepřesná. Proto se v současnosti využívá vysokoúčinná kapalinová chromatografie a přepočtení zjištěného množství kapsaicinoidů na jednotky SHU. Ten vychází z předpokladu, že 1 µg kapsaicinoidů v 1 g plodu odpovídá přibližně 15 SHU (koeficient se uvádí 15–16) [6].

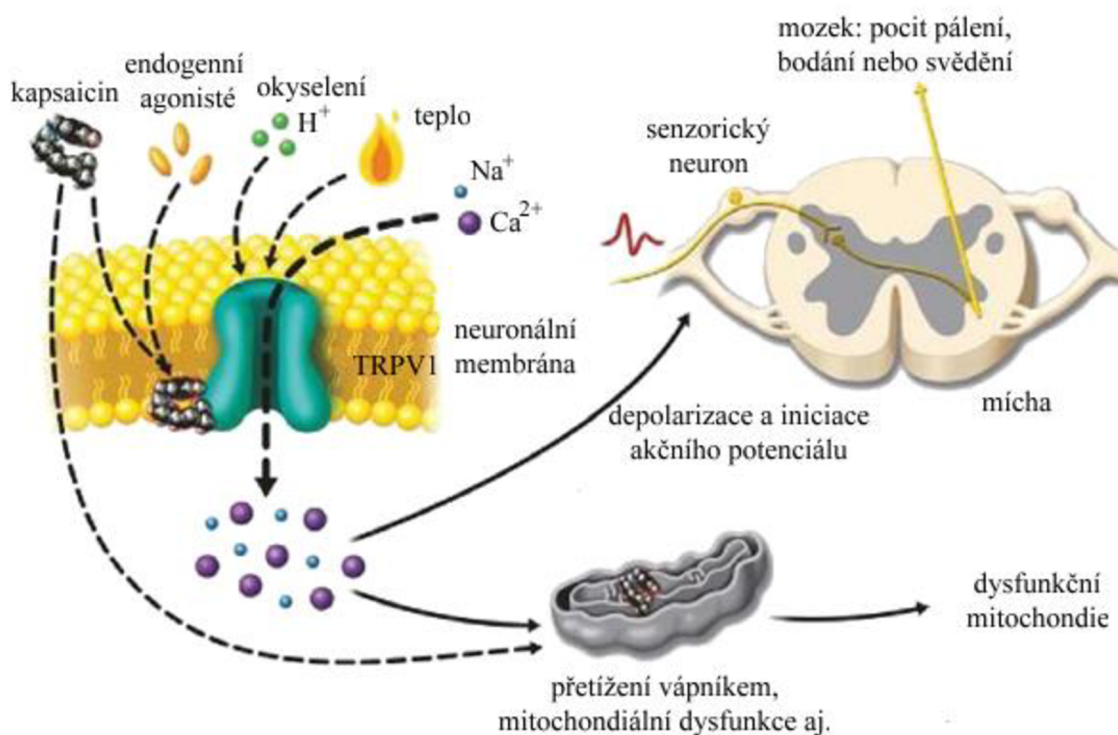
Podle množství Scovilleových jednotek se rozlišuje pět úrovní pálivosti papriček: nepálivé (0–700 SHU), mírně pálivé (700–3 000 SHU), středně pálivé (3 000–25 000 SHU), velmi pálivé (25 000–70 000 SHU) a velmi vysoce pálivé (> 80 000 SHU) [45].

### 2.4.2 Mechanismus účinku kapsaicinu

Při konzumaci chilli papriček se kapsaicin váže na vanilloidní receptory, přesněji na receptorové vanilloidy 1 (TRPV1), které se vyskytují převážně na sensorických neuronech [46]. Receptor TRPV1 byl poprvé identifikován u potkanů. Tvoří ho 838 aminokyselin a u lidí má stejnou strukturu. Jedná se o neselektivní kationtový kanál řízený ligandem, který se vyskytuje primárně v malých vláknech nociceptorů (receptorů bolesti). Nachází se také ve střevech, mozkových tkáních a gliových buňkách, močovém měchýři, ledvinách a žírných buňkách. Receptor se spojuje s kationtovým kanálem propustným pro vápenaté a sodné ionty. Je umístěn v plazmatické membráně a endoplazmatickém retikulu a jeho úlohou je regulovat intracelulární hladinu vápníku. Kanál lze aktivovat endogenními i exogenními stimuly. Endogenními látkami mohou být endovanilloidy, exogenním stimulem může být právě kapsaicin nebo jiní chemičtí agonisté. TRPV1 obsahuje podjednotku, která je tepelně citlivá a zodpovědná za pocit pálení při kontaktu s kapsaicinem. Navázání kapsaicinu na receptor zvyšuje koncentraci vápníku uvnitř buňky, což vede k uvolnění neuropeptidů (substance P a peptidu souvisejícím s genem vápníku) [47]. Substance P (z anglického „pain“ jako „bolest“) je peptid složený z 11 aminokyselinových zbytků tachykininů. Jedná se o neuropeptid sloužící jako neurotransmitter a neuromodulátor, takže zesiluje nebo vzrušuje většinu buněčných procesů [48, 49]. Kontakt kapsaicinu a sensorických neuronů tak v daném místě způsobuje bolest, zánět a pocit tepla. Při lokální aplikaci na kůži působí analgeticky v důsledku znecitlivění sensorických neuronů způsobeného látkou P [50]. Účinky však nejsou pouze analgetické.



Bylo zjištěno, že se podílí i na uvolňování somatostatinu (hormonu inhibujícího růstový hormon) a endotelinu (polypeptidu způsobujícího stažení cév) [51, 52]. Nákres působení je naznačen na Obr. 13.



Obr. 13: Schéma působení kapsaicinu, upraveno podle [53]

### 2.4.3 Senzorické hodnocení pálivosti

Pro sensorické hodnocení pálivosti papriček byl vyvinut lexikon, který popisuje jejich vlastnosti. Obsahuje pět popisných a diskriminačních atributů, a to vývoj, trvání, místo, pocit a intenzitu [54].

Vývojem je myšlen nástup účinku, tedy jestli se pálivost či ostrost projeví ihned, nebo až s časovým odstupem. V angličtině se pro tento atribut používá označení „build-up“. Trvání je doba, po kterou hodnotitel pociťuje pálení či ostrost. Místo je část těla, ve které se pocit tepla projevuje. Mohou to být například rty, špička jazyka, patro nebo krk. Pocit vyjadřuje rozdíl mezi pálivostí a ostrostití. Pálení se označuje jako „ploché teplo“, které se projevuje, jako by se pocit tepla nanášel štětcem, zatímco ostrost, nebo také „ostré teplo“, připomíná píchání špendlíky a bolest tkáně v daném místě. Jinak řečeno pálivost je tepelný vjem, ostrost bolestivý vjem. Intenzita se měří analyticky a přepočítává se na Scovilleovy jednotky SHU. Především intenzita je velice subjektivní faktor a neexistuje pro ni žádná standardní označení, často se ale pálivost udává jako mírná, střední, pálivá a extra pálivá [54] nebo nepálivá, mírně pálivá, středně pálivá, velmi pálivá a velmi vysoce pálivá [45].

Bylo zjištěno, že smyslové vnímání intenzity výrazně ovlivňují osobnostní a kulturní faktory. Zároveň mají vliv i stravovací návyky, které souvisejí s kulturou a genetikou. Například spotřebitelé v Asii preferují ostrost, zatímco na jihozápadě USA upřednostňují pálivost. Pro sensorické hodnocení chilli papriček je tedy vhodné používat specifickou terminologii, která poskytuje co nejvíce informací o vlastnostech papričky během konzumace [54–56].

Při hodnocení tepelného vjemu se ukázalo, že kromě intenzity je možné rozeznat i různé kapsaicinoidy. Například kapsaicin a dihydrokapsaicin se projevují velmi dráždivě, často se popisují jako „typický“ tepelný pocit při konzumaci chilli papriček. Obě sloučeniny působí především v ústech, na patře, zadní části jazyka a v krku. Nordihydrokapsaicin se projevuje naopak nejméně dráždivě, převážně v přední části jazyka a na patře. Homodihydrokapsaicin způsobuje dráždivé a velmi ostré pocity, které nastupují pozvolna a mají dlouhé trvání v oblasti patra, zadní části jazyka a hrdla. Kombinace různých kapsaicinoidů a koncentrací vytváří specifické vlastnosti každé papričky [54, 57]. Popis některých odrůd dle lexikonu je znázorněn v Tab. 5.

Tab. 5: Popis pálivosti různých odrůd [54]

Odrůda	Nástup	Trvání	Místo	Pocit	Intenzita
<b>Cayenne</b>	rychlý	rychlé rozptýlení	přední a střední část úst	ostrý	pálivá
<b>Aji Lemon Drop</b>	rychlý	rychlé rozptýlení	špička jazyka	ostrý	pálivá
<b>Bhut Jolokia</b>	opožděný	přetrvávající	zadní část krku	pálivý	extra pálivá
<b>Habanero</b>	opožděný	přetrvávající	zadní část krku	pálivý	velmi pálivá
<b>Rocoto</b>	rychlý	velmi přetrvávající	celá ústa, rty, patro a hrdlo	neuvěřitelně ostrý	velmi pálivá
<b>Tabasco</b>	opožděný	přetrvávající	rty a jazyk	pálivý	pálivá

#### 2.4.4 Způsoby provedení senzorické analýzy

V případě hodnocení dalších deskriptorů (mimo pálivosti a ostrosti) je vhodné použít čerstvé plody. Lze tak hodnotit například šťavnatost, sladkost, hořkost, kyselost a další přítomné chutě, texturu – tedy strukturu papričky, tloušťku dužiny, slupky apod. Pro hodnocení pálivosti či ostrosti se používají různé metody využívající plody sušené i čerstvé, které se však často kvůli přesnosti nahrazují metodami analytickými.

Jeden z možných způsobů využívá čerstvé plody, které jsou sklizeny ve fázi zralosti spojené se spotřebou. Papričky se sklízí z různých keřů a krájí se na malé kousky. Hodnotitelé tyto kousky konzumují pomocí plastových lžiček a mají možnost obdržet více porcí vzorku. Po určení tepelného profilu ho zaznamenají do dotazníku. Pro vyjádření intenzity pálivosti se používá stupnice – mírná, střední, pálivá, velmi pálivá a extrémně pálivá. Tato metoda byla použita k analýze celkem 41 odrůd chilli papriček ve vědeckém centru Fabian Garcia Science v Las Cruces. Mezi testovanými vzorky byly i papričky Aji Lemon Drop, Bhut Jolokia a Habanero. Výsledky jsou zahrnuty v Tab. 5. [54].

Jiná metoda využívá extrakty ze sušených chilli papriček. Mleté papričky se extrahují po dobu 20 minut ve vodě o teplotě 90 °C, následně se provede filtrace a ředění vodou o teplotě 20 °C. Vyškolení hodnotitelé porovnávají tyto vzorky se standardními roztoky syntetického kapsaicinu (N-vanillyl-N-nonamidu). Tento způsob byl použit k určení pálivosti papriček pomocí sensorické analýzy s ověřením přesnosti pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (High Performance Liquid Chromatography – HPLC). Dvanáctičlenný panel využil k hodnocení 15 cm stupnici, kde 0 cm odpovídalo žádnému pálení, 1,25 cm prahovému pálení, 5 cm nepatrnému pálení, 10 cm mírnému pálení a 15 cm silnému pálení. Testování probíhalo u kulatého stolu za použití červených světél. Vzorky byly podávány v plastových kelímcích označených kódem po 10 ml porcích. Pro zajímavost, hodnocení bylo provedeno podle následujícího postupu:

1. Očistěte patro před prvním vzorkem (standardní vzorek) nesolenou sušenkou a pramenitou vodou o teplotě 20 °C.
2. Vezměte první vzorek do úst a držte jej asi 5 sekund.
3. Vyčkejte 30 sekund.
4. Ohodnoťte první vzorek.
5. Očistěte patro pomocí nesolené sušenky a pramenitou vodou o teplotě 20 °C po dobu 60 sekund.
6. Opláchněte ústa pramenitou vodou o teplotě 20 °C těsně před druhým (zkušebním) vzorkem.
7. Vezměte druhý vzorek do úst, držte jej asi 5 sekund a pomalu polkněte.
8. Vyčkejte 30 sekund.
9. Ohodnoťte druhý vzorek.

V případě hodnocení jednoho vzorku je analýza dokončena. Pokud následují další vzorky, hodnotitelé vyčkají 5 minut, během kterých řádně očistí ústa sušenkami a vodou. Následně se opakují kroky 1–9. Hodnoceno bylo celkem 60 paprik, vždy dvě sady vzorků během jedné série. Studie byla provedena pomocí pěti panelů ve třech mezipodnikových laboratořích. Výsledky tohoto způsobu jsou reprodukovatelné a vysoce korelují ( $r^2 = 0,92$ ) s výsledky analytické metody HPLC [58].

Existuje i metoda podle normy ASTM (American Society for Testing and Materials) E 1083-00. Podle ní se mleté chilli máčí po dobu 20 minut v horké vodě s polysorbátem-80 (tj. neiontový tenzid a emulgátor z polyethoxylovaného sorbitanu a kyseliny olejové), následně se provede filtrace a ředění vodou o pokojové teplotě. Školení hodnotitelé porovnávají extrakt se standardním roztokem syntetického kapsaicinu o známé koncentraci. Průběh hodnocení je načasovaný. Pro jeden vzorek trvá 2 minuty, pro dva testované vzorky trvá 9 minut [59].

## 2.5 Metody stanovení kapsaicinoidů

Kapsaicinoidy je nejprve nutné z chilli papriček izolovat (převést do roztoku), k čemuž se používá klasická extrakce pomocí různých rozpouštědel. K jejich následnému stanovení lze použít řadu dále uvedených analytických metod.

### 2.5.1 Extrakce

Při extrakci je v první řadě důležité vybrat takové rozpouštědlo, aby se extrahovala konkrétní sloučenina (nebo skupina sloučenin) v co největším množství a čistotě. Pro kapsaicinoidy se nejčastěji používá methanol, ethanol, acetonitril a voda. Zvýšit efektivitu extrakce lze například úpravou teploty, dobou extrakce, množstvím extrahovadla, potažmo vzorku atp. Tyto techniky je možné doplnit také použitím macerace, enzymů, mikrovlnného záření nebo ultrazvuku, mícháním pomocí magnetické míchačky, Soxhletovou extrakcí nebo superkritickou tekutinou [60]. Tento krok je velmi důležitý, protože analytickými metodami lze kvantifikovat jen to, co bylo úspěšně extrahováno z matrice vzorku.

Zvýšení výtěžnosti kapsaicinoidů až o 32 % umožňuje použití enzymů pektinázy, karbohydrázy a glukonázy. Ultrazvuková extrakce (Ultrasound-Assisted Extraction – UAE) využívá kavitace, při které dochází k průchodu ultrazvukové vlny organickým rozpouštědlem, čímž se zvyšuje míchání a pronikání rozpouštědla do matrice vzorku. Výhodou je redukce množství rozpouštědel, nižší teplota a doba extrakce. Soxhletova metoda je tradiční, ovšem pro kapsaicinoidy ne úplně vhodná. Doba extrakce je poměrně dlouhá, s tím souvisí i vyšší spotřeba energie a výtěžky kapsaicinoidů jsou ve srovnání s jinými způsoby extrakce nízké. Superkritická fluidní extrakce (Supercritical Fluid Extraction – SFE) se využívá k extrakci bioaktivních látek s výhodou mírných teplot, nižší spotřeby energie a získáním extraktů o vysoké čistotě. Jako superkritické rozpouštědlo se používá oxid uhličitý, hlavně kvůli nízké ceně, netoxicitě, nehořlavosti, inertnosti a vysoké extrakční kapacitě. Kombinací SFE s ultrazvukem lze významně zvýšit výtěžek. Extrakce pomocí mikrovln (Microwave-Assisted Extraction – MAE) kombinuje tradiční extrakci rozpouštědlem s účinkem mikrovlnného záření, čímž se zvyšuje kinetika extrakce. Výtěžek kapsaicinoidů se až zdvojnásobí a doba procesu se výrazně snižuje. Vysokotlaká extrakce rozpouštědlem (Pressurized Liquids Extraction – PLE) umožňuje vysokou rozpustnost sloučeniny v rozpouštědle při udržení rozpouštědla pod bodem varu. Díky tomu dochází k intenzivnímu pronikání rozpouštědla do vzorku. Ze čtyř porovnávaných metod v rámci jedné studie měla PLE nejvyšší procentuální výtěžnost kapsaicinoidů. Výsledky studie jsou uvedeny v Tab. 6 [60].

Tab. 6: Účinnost extrakčních metod v % [61]

Extrakční metoda	Kapsaicin	Dihydrokapsaicin	Nordihydrokapsaicin
UAE	85,26 ± 1,35	89,46 ± 1,31	86,72 ± 1,31
MAE	86,36 ± 1,12	88,26 ± 1,21	87,46 ± 1,27
PLE	98,31 ± 1,46	97,27 ± 1,13	97,91 ± 1,05
SOX	88,31 ± 1,03	87,32 ± 1,22	1,13

UAE – ultrazvukem asistovaná extrakce, MAE – extrakce pomocí mikrovln,  
PLE – extrakce kapalin pod tlakem, SOX – Soxhletova extrakce

### 2.5.2 UV-VIS spektrofotometrie

Ke stanovení kapsaicinoidů je možné použít UV-VIS spektrofotometrii (UltraViolet-Visible Spectroscopy). Ze standardních vzorků kapsaicinoidů se připraví

kalibrační křivka za použití acetonitrilu jako rozpouštědla. Extrakce do acetonitrilu se provede i s neznámým vzorkem. Měření se provádí při 280 nm, kde se nachází absorpční maximum kapsaicinu a dihydrokapsaicinu [62].

Při porovnání spektrofotometrických metod a metod kvantifikace pomocí HPLC u různých vzorků papričky Chiltepin byly prokázány rozdíly v celkovém obsahu kapsaicinoidů v rozmezí 2–24 mg na kilogram suché hmotnosti. Celkové kapsaicinoidy kvantifikované pomocí HPLC ovšem úzce korelují s hodnotami spektrofotometru ( $r = 0,91$ ). Spektrofotometrické stanovení lze tedy použít jako účinnou a nákladově efektivní metodu kvantifikace, která se velmi přibližuje skutečnému obsahu kapsaicinoidů v paprice [62].

### 2.5.3 Elektrochemické metody

Elektrochemických metod existuje celá řada. Využívají různé typy a modifikace elektrod a pohybují se v různém rozmezí rozsahu a přesnosti. Většina z nich vykazuje vysokou citlivost a přesnost, díky čemuž jsou vhodné pro potravinářské i farmaceutické účely.

V extraktech chilli papriček je možné stanovit kapsaicin pomocí sklovité uhlíkové elektrody s imobilizovanými uhlíkovými nanotrubicemi se zlatými nanočásticemi. Kapsaicin je vhodný pro elektrochemické metody, protože je elektroaktivní díky přítomné guajakolové skupině. Charakteristická ireverzibilní elektrochemická oxidace této skupiny v molekule kapsaicinu způsobuje redoxní reakci při skenování. Při tom dochází ke ztrátě dvou elektronů a protonů. Limit detekce senzoru je  $0,2761 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . V rámci studie této elektrody byl vzorek kapsaicinu připraven ze 100 g zralých plodů chilli papriček. Navážka se zahřívala ve 350 ml absolutního ethanolu za použití refluxu po dobu dvou hodin. Následně byla provedena filtrace a destilace k odstranění přebytku ethanolu [63].

Dalším možným způsobem je použití kombinace adsorpční stripovací voltametrie (Adsorptive Stripping Voltametry – AdSV) a detekce pomocí diferenciální pulzní voltametrie (Differential Pulse Voltametry – DPV) s jednorázovou nemodifikovanou sítotiskovou uhlíkovou elektrodou. Během studie byl zjištěn detekční limit kapsaicinoidů  $0,05 \mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$  a linearita v rozsahu  $0,16\text{--}16,37 \mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Metoda je citlivá, jednoduchá, má nízké náklady a vykazuje selektivitu pro různé kapsaicinoidy [64].

Využit lze i modifikovanou uhlíkovou elektrodu s mezoporézní buněčnou pěnou. Elektroda je citlivá na oxidaci kapsaicinu pomocí 0,1 M roztoku kyseliny chloristé. V rámci studie byla nalezena lineární odezva v rozmezí  $0,76\text{--}11,65 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  s korelačním koeficientem 0,9990. Limit detekce byl stanoven na  $0,08 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  [65].

Od roku 2008 bylo popsáno velké množství elektroanalytických metod pro kvantifikaci kapsaicinu ze sušených plodů nebo omáček. Tím vznikly studie od grafitových elektrod a jejich modifikace přes kompozity se zlatými nanočásticemi až po borem dopované diamantové elektrody v přítomnosti dodecylsulfátu sodného. U těchto metod byla pozorována akumulace kapsaicinu a jeho ireverzibilní oxidace, která znečišťuje povrch elektrod [66].

Pro čerstvé plody paprik lze použít elektrochemickou metodu, která využívá iontové kapaliny. Jedná se o organické soli nebo směsi organických a anorganických iontů. Tyto látky rozpouští širokou škálu materiálů za výrazně mírnějších a bezpečnějších podmínek. Samy o sobě tvoří extrémně účinné elektrolyty, které je možné spojit s extrakčním procesem.

Měření je citlivé i na kyselinu L-askorbovou. Kapsaicin lze extrahovat a kvantifikovat jako indikátor pálivosti a vitamin C jako indikátor čerstvosti. K extrakci a měření kapsaicinu je vhodné použít poměr 5:1 iontové kapaliny ku množství chilli. Optimální iontovou kapalinu tvoří 1-ethyl-3-methylimidazolium hydrogensulfát a celý proces trvá 1 hodinu při teplotě 50 °C. K měření je možné použít sklovitou uhlíkovou elektrodu a kvantifikovat množství kapsaicinu (případně kyseliny L-askorbové), aniž by došlo ke znečištění elektrody [66].

## 2.5.4 Chromatografické metody

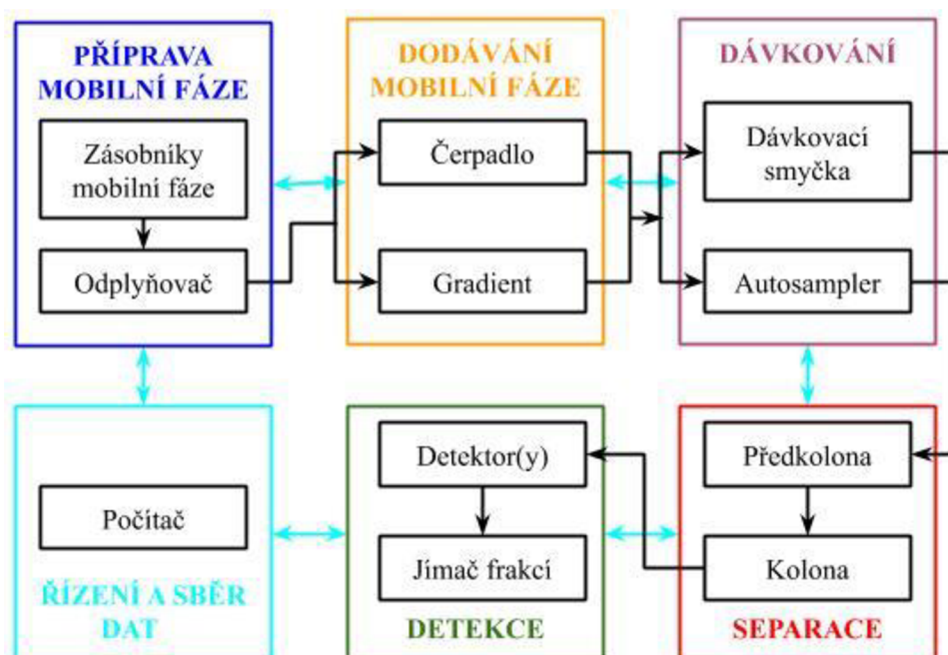
### 2.5.4.1 Chromatografie na tenké vrstvě

Přítomnost kapsaicinoidů v extraktech lze prokázat tenkovrstvou chromatografií (Thin Layer Chromatography – TLC). V tomto případě se používá hliníková folie s vrstvou silikagelu, standardní roztok kapsaicinoidu a roztok neznámého vzorku. Mobilní fází je petrolether, chloroform a acetonitril v poměru 40:45:15. Chromatogram se vyvíjí v jodové komoře a detekce probíhá pod UV zářením při 302 nm [67].

### 2.5.4.2 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie

Nejpřesnější a nejčastěji využívanou metodou ke stanovení kapsaicinoidů je vysokoúčinná kapalinová chromatografie. Jedná se o separační analytickou metodu založenou na různé interakci látek ve směsi mezi mobilní (pohyblivou) fází a stacionární (nepohyblivou) fází. V případě kapalinové chromatografie je mobilní fází kapalina, zatímco stacionární fáze je tuhá látka nebo kapalina ukotvená na pevném nosiči [68].

Chromatograf se skládá ze zásobníku mobilní fáze s odplyňovačem, čerpadla, dávkovací smyčky nebo autosampleru, kolony s předkolonou (ochrana kolony před nečistotami), detektoru a počítače, který řídí a kontroluje celý proces analýzy (viz Obr. 14) [68].



Obr. 14: Schéma kapalinového chromatografu [68]

Pro separaci kapsaicinoidů z chilli papriček se nejčastěji využívají chromatografické metody založené na různé polaritě látek. S tím souvisí rozdělení na techniky s normálními fázemi (NP) a reverzními fázemi (RP). Chromatografie s normálními fázemi používá k separaci méně polární mobilní fázi (MF) a polárnější stacionární fázi (SF), zatímco u reverzní techniky je polarita fází opačná [68]. Kapsaicinoidy jsou organické sloučeniny hydrofobního charakteru, proto je vhodnější technikou chromatografie s obrácenými fázemi. Jako MF se nejčastěji používá směs acetonitrilu, vody a kyseliny octové, mravenčí nebo fosforečné.

Nejdůležitější součástí přístroje je chromatografická kolona, kde dochází k separaci analytů. Kolona je nerezová trubice s vnitřním průměrem v řádu několika milimetrů a délky kolem 5 až 25 cm. Kolona je naplněná stacionární fází, obvykle chemicky modifikovaným oxidem křemičitým. Běžně jsou navázány uhlovodíkové funkční skupiny C<sub>8</sub>–C<sub>18</sub> [68].

K dosažení optimální účinnosti separace, rozlišení a selektivity je důležité zvolit vhodnou kombinaci stacionární a mobilní fáze, teploty kolony, gradientu a dalších parametrů. V případě techniky s reverzními fázemi mají analyty s menší polaritou vyšší retenci než analyty polárnější [68]. U tří nejvíce zastoupených kapsaicinoidů dochází nejprve k eluci nordihydrokapsaicinu, následně je vyloučen kapsaicin a nakonec dihydrokapsaicin.

Finálním krokem chromatografického měření je detekce rozseparovaných analytů. V případě kapsaicinoidů se nejčastěji používá UV-VIS detektor s diodovým polem (Diode Array Detector – DAD) a fluorescenční detektor, případně tandemová technika HPLC-MS, kde je jako detektor využit hmotnostní spektrometr (Mass Spectrometry – MS) [68].

#### **2.5.4.3 Plynová chromatografie s hmotnostní detekcí**

V některých studiích byla pro stanovení kapsaicinoidů použita plynová chromatografie s hmotnostní detekcí.

Plynová chromatografie (Gas Chromatography – GC) využívá jako mobilní fázi inertní nosný plyn. Dochází tak pouze k interakci vzorku se stacionární fází; vzorek ani stacionární fáze s nosným plynem neinteraguje. Jako kolony se používají náplňové kolony ze skla nebo nerezové oceli nebo kapilární trubice z velmi čistého křemene potažené vrstvou polyimidu s délkou 10–50 m a vnitřním průměrem 0,25 mm. Do vyhřátého injektoru se dávkuje vzorek, který je buď kapalný a mžikově se odpaří, nebo plynný a je rovnou unášen nosným plynem na kolonu, kde dochází k separaci. Za kolonou se nachází detektor, který zpracovává signál na chromatogram. Spojení s hmotnostním spektrometrem jako detektorem (GC-MS) je velmi časté. Technika umožňuje analyzovat nízké koncentrace a poskytuje informace o molekulové hmotnosti [68].

Studie zaměřená na obsah kapsaicinoidů v papričkách Jalapeño, Habanero a Bhut Jolokia použila toluen jako extrakční činidlo. K derivatizaci kapsaicinoidů na více těkavou formu pro GC-MS analýzu byl použit BSTFA (N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamid). K ionizaci byla využita elektronová ionizace (EI) a k detekci iontová past [69].



Při srovnávací analýze exprese ovocných metabolitů a perzistentních genů mezi Bhut Jolokia a jinými druhy *Capsicum* byla provedena extrakce do methanolu, filtrace se síranem sodným, odpaření do sucha ve vakuu a rozpuštění zbytku v acetonitrilu. Následně byla provedena centrifugace a filtrace přes membránový filtr. Takto připravený vzorek byl analyzován pomocí GC-MS. Identifikace kapsaicinoidů byla provedena na základě retenčních časů a porovnání s knihovnou spekter a kvantifikace z ploch píků [70].

## 2.6 Výsledky studií vybraných odrůd chilli papriček

Během posledních let proběhlo několik studií chilli papriček s různým zaměřením. Řada z nich se zabývá obsahem kapsaicinu a dihydrokapsaicinu, nutriční hodnotou různých kultivarů, sensorickou analýzou odrůd, různými podmínkami pěstování a podobně. Největší pozornost je věnována odrůdě Bhut Jolokia, hlavně kvůli vysokému obsahu kapsaicinoidů.

### 2.6.1 Studie papriček Aji Lemon Drop

V rámci studie pěstitelských vlastností chilli papriček v podmínkách jižní Moravy (konkrétně v Ladné) byly sledovány obsahové látky a produkce u několika kultivarů. Pálivost Aji Lemon Drop byla vypočtena z obsahu kapsaicinu a dihydrokapsaicinu a celkově dosáhla hodnoty 102 607 SHU. Koncentrace kapsaicinoidů nebyly uvedeny [71].

Pěstitelky těchto paprik uvádějí pálivost 30 000–100 000 SHU. Barvu popisují jako jásavě žlutou, chuť citronově kyselou a zároveň ostrou [72].

Při screeningu genotypů chilli papriky jako zdroje kapsaicinoidů a antioxidantů za podmínek simulovaného stresu ze sucha byly za normálních podmínek (tedy s dostatkem vody) dvakrát sklizeny a analyzovány plody Aji Lemon Drop. První sklizeň proběhla v září 2019, přičemž průměrný obsah kapsaicinu činil  $920,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a dihydrokapsaicinu  $512,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  čerstvé hmotnosti. Při druhé sklizni v říjnu 2019 byl pozorován pokles obou obsahů; u kapsaicinu na  $378,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a dihydrokapsaicinu na  $279,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  čerstvé hmotnosti. Po přepočtu byla pálivost po první sklizni přibližně 21 500 SHU, zatímco po druhé sklizni necelých 9 900 SHU. V podmínkách sucha byla pozorována vyšší pálivost plodů [73].

Studie zaměřená na nutriční hodnotu a pálivost různých druhů paprik stanovila pálivost Aji Lemon Drop na 254 374 SHU. Papriky byly pěstovány venku na území Severní Ameriky [74]

Ani v jedné studii nebyla měřena koncentrace nordihydrokapsaicinu nebo dalších derivátů. Pro popis pálivosti byla provedena sensorická analýza této odrůdy. Její výsledky jsou znázorněny v Tab. 5. Studie nesloužila k popisu všech sensorických atributů, ale k sestavení terminologie pro hodnocení pálivosti paprik [54]. Podrobnější popis (chuť, vůně, textura apod.) nebyl zaznamenán v žádné studii.

### 2.6.2 Studie papriček Serrano

Během studie hypoglykemických a hypocholesterolemických vlastností papriček byl současně zjišťován rozdíl v obsahu kapsaicinu v závislosti na způsobu sušení. K tomuto experimentu byla použita paprička Serrano. Sušení probíhalo solárně při  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  nebo konvenčně v sušárně při  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V čerstvých plodech byla pálivost přepočtena z koncentrace kapsaicinu na 34 500 SHU, v plodech sušených solárně na 24 600 SHU a konvenčně na 411 000 SHU. Rozdíly byly připisovány teplotě, času a způsobu sušení [75].



Mexická studie se zabývala obsahem kapsaicinoidů a přibližným složením mexických papriček ve státě Chihuahua. V sušených papričkách Serrano bylo stanoveno  $627,48 \pm 17,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  kapsaicinu a  $399,77 \pm 5,48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  dihydrokapsaicinu, což odpovídá 16 538,78 SHU (relativní směrodatná odchylka (Relative Standard Deviation – RSD) 1 %). Stanovení bylo provedeno pomocí HPLC [76].

Při studiu nutričních vlastností byla paprička Serrano vystavena různým teplotám během skladování. Při zvyšování skladovací teploty k 25 °C docházelo ke zvýšení obsahu kapsaicinu, zatímco při 4 a 8 °C byl obsah konstantní. Během skladování docházelo k výkyvům obsahu kapsaicinu v rozmezí 4,2–15,5 mg na 100 g čerstvých plodů. Zároveň byla pozorována barva plodů, která se za vyšších teplot měnila ze zelené na oranžovou až červenou. Při nízkých teplotách bylo pozorováno chladové poškození, které se projevilo ztmavnutím semen. Při 25 °C byla zaznamenána ztráta pevnosti plodu v důsledku úbytku vody a činnosti enzymů. Chuť papriček nebyla v rámci experimentu popsána [77].

V oblasti Comarca Lagunera na severu Mexika byly papričky *Capsicum annuum* charakterizovány obsahem kapsaicinoidů pomocí HPLC s diodovým polem. Papričky byly pěstovány na poli a ve skleníku bez regulace teploty, aby byl zřejmý účinek tepla. Z výsledků v Tab. 7 je patrné, že obsah celkových kapsaicinoidů v plodech Serrano byl zvýšen s vyšší teplotou. Hodnoty obsahu kapsaicinoidů jsou vztaženy na suchou hmotnost plodu [78].

Tab. 7: Obsah kapsaicinoidů v papričkách Serrano v  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  suché hmotnosti [78]

	n-DHC	C	DHC	h-C	h-DHC	Pálivost [SHU]
<b>pole</b>	$0,53 \pm 0,04$	$1,52 \pm 0,01$	$3,54 \pm 0,01$	ND	$0,64 \pm 0,09$	$86\,427,2 \pm 635,4$
<b>skleník</b>	$2,47 \pm 0,08$	$4,76 \pm 0,22$	$10,14 \pm 0,56$	$0,36 \pm 0,03$	$0,31 \pm 0,14$	$262\,916,3 \pm 13\,306,4$

*n-DHC – nordihydrokapsaicin, C – kapsaicin, DHC – dihydrokapsaicin, h-C – homokapsaicin, h-DHC – homodihydrokapsaicin, ND – nebylo detekováno*

Pěstitelky této odrůdy na jižní Moravě uvádí pálivost 10 000–30 000 SHU. Papričku popisují jako drobnější Jalapeños s tenkou slupkou a silnou dužinou. Barva plodů se mění ze zelené na červenou podle stupně zralosti. Ke konzumaci doporučují i zelené plody [72].

### 2.6.3 Studie papriček Jamaican Yellow

Paprička Jamaican Yellow byla také zahrnuta do výše zmíněné studie pěstitelských vlastností chilli papriček v podmínkách jižní Moravy. Ze všech testovaných vzorků papriček bylo naměřeno nejméně kapsaicinu v této odrůdě. Pálivost po přepočtu dosáhla na 7 892 SHU [71].

V Ladné rovněž probíhalo hodnocení parametrů výnosu různých genotypů chilli papriček za účelem identifikace vhodné odrůdy, která by mohla být doporučena pěstitelům ve střední Evropě. Pokus byl realizován v letech 2016 a 2018 v plastovém skleníku. Z hlediska parametrů a stability výnosu byla doporučena odrůda Jamaican Yellow [79]. V roce 2016 bylo průměrně sklizeno až 100 plodů z jedné rostliny, obsah vitamínu C činil  $1\,732 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a pálivost dosáhla na výše zmíněných 7 892 SHU [71]. O dva roky později byl průměrný počet plodů přibližně 75 na rostlinu, vitamín C dosahoval cca  $1\,200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a pálivost se řádově zvýšila až ke 100 000 SHU [79]. Hodnocení byla podrobena také paprička Aji Lemon Drop. Zatímco v roce 2016 byla pálivost 102 607 SHU [71], o dva roky později byla o něco menší [79].

Při zkoumání nutričních vlastností a pálivosti papriček byla testována také odrůda Jamaican Yellow. Ve venkovních podmínkách Severní Ameriky dosáhla pálivosti 215 656 SHU [74].

Pěstitelky v Ladné udávají pálivost v místních podmínkách 30 000–100 000 SHU. Ze senzoričského hlediska je možné zaznamenat houbovitou strukturu plodu a při konzumaci jablečnou, meruňkovou nebo citrusovou příchut' [72].

#### **2.6.4 Studie papriček Habanero Chocolate**

Průměrná pálivost plodů Habanero Chocolate v podmínkách jižní Moravy byla v roce 2016 stanovena na 443 064 SHU. Hodnota vitamínu C byla v průměru 1 222 mg·kg<sup>-1</sup> [71]. V roce 2018 průměrná pálivost překonala hranici 600 000 SHU, zatímco obsah vitamínu C klesl pod hodnotu 1 000 mg·kg<sup>-1</sup> [79].

Mexická studie zahrnuje do výzkumu odrůdu Habanero bez uvedení barvy plodů (kromě „Chocolate – hnědé“ může být například žlutá, červená nebo oranžová, a i obsah kapsaicinoidů se může lišit). V tomto případě bylo v sušených plodech změřeno 9097,35 ± 183,33 mg·kg<sup>-1</sup> kapsaicinu a 4023,63 ± 152,55 mg·kg<sup>-1</sup> dihydrokapsaicinu. Po přepočtu na pálivost dosahuje Habanero průměrně 211 247,65 SHU [76].

Habanero Chocolate byla také podrobena zkoumání nutričních vlastností a pálivosti. V severoamerických venkovních podmínkách byly vypěstovány papričky s průměrnou hodnotou pálivosti 521 007 SHU (RSD 0,3 %) [74].

Pěstitelky této odrůdy v Ladné udávají pálivost 250 000–700 000 SHU. Při konzumaci je možné cítit hořkou až zemitou chuť. Plod má poměrně tenkou slupku i dužinu, navzdory tomu je relativně šťavnatý [72].

Senzoričské hodnocení ani další studie obsahu kapsaicinoidů Habanero Chocolate nebyly provedeny. Studie se více zaměřují na častější druhy Habanero – žluté, červené a oranžové. V měřítku pálivosti papriky Habanero zaujímají vyšší příčky. Například Red Savina Habanero dosahuje 580 000 SHU, zatímco žluté Habanero přesahuje 892 700 SHU [80]. Popis pálení žlutých a červených plodů Habanero je uveden v Tab. 5 [54].

Ve studii variability obsahu kapsaicinoidů v papričkách Habanero bylo zakoupeno 10 plodů chilli papriček od deseti různých dodavatelů, přičemž 2 dodavatelé poskytli plody sušené. Celkem bylo získáno 100 vzorků a všechny byly analyzovány jednotlivě pomocí plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (GC-MS). Po analýze bylo zjištěno normální rozdělení dat. Hodnoty pálivosti u jednotlivých dodavatelů i mezi dodavateli byly konzistentní. Průměrná pálivost plodů Habanero v rámci jednoho dodavatele činila 253 000 SHU (RSD 35 %), zatímco pálivost mezi různými dodavateli byla 253 000 SHU (RSD 40 %). Průměrná pálivost plodů se uvádí 231 000 SHU (RSD 53 %) [69].

#### **2.6.5 Studie papriček Bhut Jolokia Red**

Plody papriček Bhut Jolokia Red pěstované v roce 2016 v Ladné dosahovaly průměrné pálivosti 673 268 SHU a obsahu vitamínu C 1 245 mg·kg<sup>-1</sup> [69]. Pěstitelky uvádí pálivost paprik pěstovaných v tomto místě 700 000–1 500 000 SHU [72].

Za normálních pěstebních podmínek byly provedeny dvě sklizně této odrůdy, stejně jako v případě Aji Lemon Drop. Při první sklizni v září 2019 bylo v čerstvých plodech změřeno průměrně 41 440,3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu a 13 425,3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu. Plody z druhé sklizně v říjnu 2019 obsahovaly průměrně 32 752,1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu a 8639,2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu. Bylo zjištěno, že v podmínkách sucha se průměrná pálivost zvýšila (podobně jako v případě Aji Lemon Drop – viz výše). Bhut Jolokia Red reagovala na deficit vody zvýšenou syntézou kapsaicinoidů nejvýrazněji [73].

Studii variability obsahu kapsaicinoidů byla podrobena také Bhut Jolokia. Papričky byly zakoupeny od velkých a specializovaných obchodů a pěstitelů, aby se dosáhlo celkového počtu vzorků 100. Distribuce dat byla po analýze GC-MS zkosená. Analýzou rozptylu bylo zjištěno, že 79 % variability bylo způsobeno variabilitou u dodavatele, zbylých 21 % variabilitou mezi dodavateli. Tato variabilita je pravděpodobně dána odrůdou. Průměrná pálivost plodů od jednoho dodavatele byla 537 000 SHU (RSD 27 %). Mezi dodavateli byla stanovena na 537 000 SHU (RSD 56 %). Průměrná pálivost plodů Bhut Jolokia se uvádí 563 000 SHU (RSD 68 %). Výsledky celé studie naznačují, že rozdíly jsou poměrně vysoké, a proto je vhodnější analyzovat plody papriky jednotlivě [69].

Odrůda Bhut Jolokia byla v Indii studována jako bohatý zdroj kapsaicinu s širokou aplikací a ekonomickým potenciálem. První zmínky o kultivaru uvádějí pálivost 855 000 SHU, v roce 2007 bylo zaznamenáno 1 100 304 SHU. Roku 2015 byl průměrný obsah kapsaicinoidů 41,79  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , což odpovídá 668 649 SHU. V severovýchodní Indii bylo testováno 92 vzorků této odrůdy a obsah kapsaicinoidů kolísal mezi 11,95–72,05  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  s odpovídajícími hladinami 191 135–1 152 832 SHU. Zároveň byla zjištěna vysoce významná pozitivní korelace mezi kapsaicinem a dihydrokapsaicinem – akumulace kapsaicinu zvyšuje akumulaci dihydrokapsaicinu. Díky vysokému obsahu kapsaicinoidů má tento kultivar velkou poptávku na trhu, což může pozitivně ovlivnit prosperitu severovýchodní části Indie [81].

Bhut Jolokia byla pěstována v Košicích a následně testována na obsah kapsaicinu v čerstvých a sušených plodech. Pomocí HPLC bylo v čerstvých plodech stanoveno 3 041  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu ( $\approx$  54 738 SHU), zatímco v sušených plodech byl obsah kapsaicinu 25 944  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ( $\approx$  466 992 SHU). Do studie byly zahrnuty také různé papriky Habanero, bohužel ale ne Habanero Chocolate. Jejich pálivost byla řádově 3–23× menší [82].

Ve shrnutí proběhlých studií odrůdy Bhut Jolokia a farmakologické aktivity kapsaicinu byl potvrzen obsah kapsaicinu v plodech 3–5 %. Byly prokázány také pozitivní účinky kapsaicinoidů, například protizánětlivé vlastnosti, inhibice bakteriálního růstu, gastrointestinální přínosy, antioxidační a kardiovaskulární aktivita, analgetické vlastnosti, preventivní účinky proti rakovině aj. [83].

Srovnávací analýza exprese ovocných metabolitů a perzistentních genů mezi Bhut Jolokia a jinými druhy *Capsicum* ve svém experimentu použila 63 plodů této odrůdy z několika různých částí severovýchodní Indie – Assamu, Nagalandu, Manipuru a Meghalayi. Obsah kapsaicinoidů byl stanoven pomocí GC-MS analýzy. Ve všech plodech byly koncentrace kapsaicinu v rozmezí 11 528,33–52 823,17  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , dihydrokapsaicin byl v mezích 2 547,33–26 455,19  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Nordihydrokapsaicin a nonivamid se pohybovaly od nedetekovatelných množství až po 914,10  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , respektive 816,70  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Všechny

koncentrace byly vztaženy na suchou hmotnost plodů. Po převedení na pálivost se papričky Bhut Jolokia vyskytovaly v rozsahu 272 897,1–999 726,6 SHU [70].

Průměrnou pálivost 616 806 SHU dosáhly papričky Bhut Jolokia Red pěstované v Severní Americe ve venkovních podmínkách. Žlutá varianta této odrůdy měla průměrnou pálivost 391 264 SHU [74].

Studie zaměřená na posouzení živin a obsah kapaicoidů zkoumala odrůdu Bhut Jolokia. Průměrně bylo ve 100 g plodů zjištěno  $89,69 \pm 1,03$  g vlhkosti,  $1,59 \pm 0,10$  g bílkovin,  $0,82 \pm 0,03$  g tuku,  $4,83 \pm 0,19$  g vlákniny a  $2,36 \pm 0,07$  g uhlovodíků s celkovou energetickou hodnotou  $24,44 \pm 1,03$  kJ. Ve 100 g plodů bylo rovněž stanoveno  $1,98 \pm 0,13$  mg železa,  $0,11 \pm 0,01$  mg zinku,  $40,08 \pm 1,73$  mg fosforu,  $0,08 \pm 0,01$  mg mědi,  $0,19 \pm 0,04$  mg manganu,  $8,79 \pm 0,95$  mg vápníku a  $17,59 \pm 0,97$  mg hořčíku. Dále bylo ve 100 g paprik stanoveno  $0,46 \pm 0,12$  g kapaicinu,  $0,09 \pm 0,02$  g dihydrokapaicinu a  $0,004 \pm 0,001$  g nordihydrokapaicinu s odpovídající pálivostí 87 959 SHU [84].

Při studiu vlivu světla na akumulaci kapaicoidů v chilli papričkách byly na rostliny aplikovány různé světelné intenzity – bez zastínění ( $S_0$ ), 50 a 70 % stínu ( $S_{50}$  a  $S_{70}$ ). Rostliny Bhut Jolokia vykazovaly nejvyšší obsah kapaicoidů při  $S_{70}$ , kdy pálivost dosahovala 1 111 721 SHU. Při zastínění  $S_{50}$  pálivost odpovídala 870 232 SHU, zatímco na plném světle dosahovala pouze 680 880 SHU. To je způsobeno tím, že při nízké intenzitě světla se zvyšují hladiny fenylalanin amonium lyázy, které hrají klíčovou roli v biosyntéze kapaicoidů. Naopak při plné intenzitě světla se rostliny brání poškození buněk zvyšováním ligninu v buněčné stěně pomocí fenylpropanoidové dráhy, která se také účastní syntézy kapaicoidů, ale konkurenčním způsobem. Při vysoké intenzitě světla stimuluje lignifikaci buněčné stěny, zatímco je produkce kapaicoidů inhibována [85].

Studie, která se v roce 2009 zaměřila na tuto odrůdu, zaznamenala ve 100 g čerstvých plodů 4090 mg kapaicinu a 1274 mg dihydrokapaicinu. V přepočtu na pálivost se jedná o 1 001 304 SHU. Papričky byly pěstovány ve skleníku na Michiganské státní univerzitě [86].

Bhut Jolokia byla použita také při studiu vlivu organických rozpouštědel na extrakční účinnost terapeutického kapaicinu. Nejvyšší účinnost vykazoval aceton (1 347 439 SHU) a acetonitril (1 266 250 SHU), následovaný ethanolem (1 246 523 SHU). Nepolární rozpouštědla (hexan, benzen, chloroform) a polární aprotická rozpouštědla (methanol, voda) nedosahovala hodnot ani 1 000 000 SHU [87].

Na severovýchodě Indie byla Bhut Jolokia testována z hlediska obsahu kapaicinu, karotenoidů a vitamínu C. Celkem bylo analyzováno 16 genotypů z různých států. Obsah kyseliny L-askorbové se mezi genotypy významně lišil, a to od 92,07 mg do 301,11 mg na 100 g čerstvých plodů. Obsah kapaicinu vykazoval také velké rozdíly. Minimální zaznamenaná hodnota činila 0,75 % suché hmotnosti plodu, zatímco maximální dosahovala 3,65 %. Karotenoidy rovněž ukázaly velké rozdíly mezi genotypy. Koncentrace  $\beta$ -karotenu se pohybovala od 1,02 do 5,26  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  a koncentrace  $\alpha$ -karotenu od 0,97 do 4,45  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  [88].

Zkoumání vlivu sušení na fyzikálně-chemické vlastnosti papriček Bhut Jolokia z trhu v Kohimě zahrnovalo sušení na slunci a v sušárně při 40 °C a 70 °C. Sledována byla celá řada vlastností včetně obsahu vitamínu C a kapsaicinu. Senzorické atributy byly hodnoceny pomocí devítibodové hedonické stupnice. Obsah kapsaicinu vztažený na hmotnost čerstvých plodů se pohyboval okolo 2,30 % jak v čerstvých, tak i sušených plodech. Bylo ale pozorováno mírné snížení obsahu kapsaicinu (0,01 %) při sušení v sušárně způsobené degradací kapsaicinu. Sušení dále způsobilo ztrátu těkavých sloučenin, anthokyanů a karotenoidů. Hodnocení barvy a vzhledu na slunci a v sušárně sušených plodů se významně lišila ( $p < 0,05$ ). Papričky sušené na slunci měly nižší skóre, protože došlo ke změně barvy na tmavě hnědou způsobené mikrobiální aktivitou uvnitř paprik. Také textura byla lépe hodnocena u paprik sušených v sušárně. Nejlepší celková přijatelnost byla zjištěna u plodů sušených v sušárně při 70 °C. Navzdory tomu papričky sušené při 40 °C nevykazovaly rozdíl s kontrolním produktem [89].

Z hlediska pálivosti je Bhut Jolokia popsána v rámci tvorby terminologie pro sensorické hodnocení chilli papriček. Výsledky hodnocení jsou v Tab. 5 [54]. Žádné další studie sensorickou analýzu této odrůdy nezmiňují. Pěstitelky z Ladné popisují papričku jako tenkostěnnou a vrásčitou. Při konzumaci je velmi ostrá i pálivá [70].

## 2.7 Statistické metody

Při zpracování velkého množství dat je potřeba použít pokročilejší statistické metody. Pro definování závěrů experimentů se běžně používá hypotézové testování. Existuje celá řada hypotézových testů, které se dělí na parametrické a neparametrické. U parametrických testů je nutné specifikovat typ rozdělení, případně jeho parametry. Nejčastěji se jedná o předpoklad normality dat. Příkladem takového testu je analýza rozptylu (Analysis of Variance – ANOVA). Neparametrické testy jsou takové testy, u kterých není třeba znát typ rozdělení dat [90]. Příkladem je Kruskal-Wallisův test, což je obdoba analýzy rozptylu, ale s nenormálním rozdělením dat [91]. Z vícerozměrných analýz se často používá analýza hlavních komponent (Principal Component Analysis – PCA), která slouží ke zjednodušení popisu skupiny s lineárně závislými (korelovanými) znaky [92]. Tyto statistické postupy byly aplikovány v rámci této práce a jsou stručně popsány v následujících kapitolách.

### 2.7.1 Analýza rozptylu

Analýza rozptylu je statistická metoda, která používá řadu analytických testů k identifikaci možných rozdílů průměrných hodnot více než dvou souborů dat (např. vzorky různých odrůd chilli papriček). Cílem analýzy rozptylu je identifikovat, jestli jsou statisticky významné rozdíly způsobené hodnotou proměnné nebo nahodilými chybami. Při volbě nulové hypotézy se předpokládá, že mezi vzorky není v daném parametru statisticky významný rozdíl. Pokud je nulová hypotéza zamítnuta, je možné vzorky rozdělit do skupin na základě měřeného parametru [93].

Tukeyho test se běžně aplikuje spolu s hypotézovými testy. Jeho úkolem je zjistit, kolik průměrů se liší provedením více srovnávacích testů. Na základě toho rozděluje jednotlivé parametry do skupin [91].

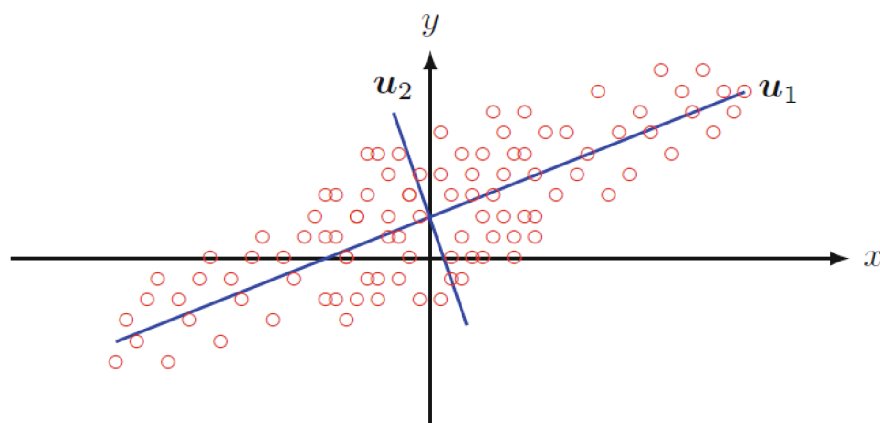
## 2.7.2 Kruskal-Wallisův test

Kruskal-Wallisův test porovnává střední hodnoty (mediány) více než dvou souborů dat, což umožňuje zjistit, zda se soubory liší nebo ne. Na rozdíl od analýzy rozptylu se používá pro testování dat s nenormálním rozdělením. Toto rozdělení je očekáváno například u výsledků sensorické analýzy, kde každý hodnotitel používal stupnici od 1 do 5. Kruskal-Wallisův test tedy slouží ke stejnému účelu jako ANOVA s rozdílem, že se jedná se o neparametrický test, který používá mediány místo průměrů [91].

## 2.7.3 Analýza hlavních komponent

Při zkoumání vztahů mezi různými parametry, v této práci mezi chemickým složením papírek a jejich sensorickým hodnocením, se pracuje s velkým množstvím dat (znaků). Všechny znaky ale nemusí být pro analýzu významné. PCA umožňuje snížit velké množství dat, které popíše několika málo proměnnými, tzv. hlavními komponentami. Například 20 původních znaků lze adekvátně zastoupit dvěma nebo třemi hlavními komponentami. Pokud jsou původní proměnné nekorelované, analýza neobsahuje nic. Pokud jsou silně korelované, ať už kladně nebo záporně, analýza dosahuje nejlepších výsledků [94]. Jednu osu tvoří hlavní komponenta 1 a je vedena ve směru největší variability mezi objekty. Druhá osa je vedena stejným způsobem, je kolmá na osu první a tvoří ji komponenta 2. Otáčením původních os se dosahuje maximální variability mezi zkoumanými znaky [95].

Důležitým ukazatelem pro vyhodnocení výsledků PCA je komponentní skóre. Jedná se o soustavu souřadnic objektů v nově vytvořeném prostoru, který je definován hlavními komponentami 1 a 2. Význam daného znaku roste s vyšším skóre jednotlivých komponent. Výsledek PCA lze graficky zobrazit a rozlišit tak jednotlivé skupiny znaků (viz ukázka na Obr. 15) [96].



Obr. 15: Grafické znázornění pozorování v rozptylovém grafu s optimalizací pomocí vytvořených hlavních komponent  $u_1$  a  $u_2$  [97]

## 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1 Použité chemikálie a laboratorní vybavení

#### 3.1.1 Pomůcky a přístroje

- běžné laboratorní sklo
- lednice
- mikrofiltr 0,45  $\mu\text{m}$  (Chromservis Syringe filters, ČR)
- jednotka pro přípravu ultračisté deionizované vody ELGA PureLab Classic UV (Veolia Water Systems Ltd., UK)
- analytické laboratorní váhy AND HA-202M (A&D Company, Japonsko)
- reciprokační třepačka GFL 3006 (Gesellschaft für Laborortechnik mbH, Německo)
- ultrazvuková lázeň Ultrasonic Compact cleaner PSO 3000A (PowerSonic s.r.o., Slovensko)
- kapalinový chromatograf Agilent Infinity 1260 (Agilent Technologies, USA) s kolonou Poroshell 120 C18; 4,5×150 mm; 2,7  $\mu\text{m}$
- sušárna Memmert UFE 550 (Memmert, Německo)
- vialky
- mikropipety (labopette®, Německo)
- ochranné rukavice

#### 3.1.2 Chemikálie pro stanovení kapsaicinoidů

- methanol pro HPLC  $\geq 99,9\%$  (Sigma-Aldrich, USA)
- acetonitril pro HPLC  $\geq 99,9\%$  (Sigma-Aldrich, USA)
- kyselina octová (Sigma-Aldrich, USA)
- kapsaicin 89,46 % (Sigma-Aldrich, Německo)
- dihydrokapsaicin 89 % (Sigma-Aldrich, Německo)
- nordihydrokapsaicin 97,63 % (Sigma-Aldrich, Německo)

### 3.2 Analyzované vzorky

K analýze bylo použito pět komerčně získaných odrůd chilli papriček:

1. Aji Lemon Drop (*Capsicum baccatum*)
2. Serrano (*Capsicum annuum*)
3. Jamaican Yellow (*Capsicum chinense*)
4. Habanero Chocolate (*Capsicum chinense*)
5. Bhut Jolokia (*Capsicum chinense*)

Všechny vzorky pochází z prodejny World of Chilli. Papriky byly pěstovány ve fóliovníku v Ladné u Břeclavi, sběr plodů proběhl na konci září 2019 v konzumní zralosti [43].

Před senzorickou analýzou byly uchovávány při 5 °C po dobu dvou dní.

Pro stanovení kapsaicinoidů byly papričky nakrájeny a usušeny v sušárně při teplotě 40 °C do konstantní hmotnosti. Skladovány byly při laboratorní teplotě v hermeticky uzavíratelné nádobě.



### 3.3 Použité metody a experimentální techniky

#### 3.3.1 Senzorická analýza

**Pomůcky:** Dřevěné prkénko, nůž, ochranné rukavice, plastové kelímky (50 ml a 200 ml), fix, dotazníky, tužky, stopky.

**Chuťový neutralizátor:** Plnotučné mléko, smetana.

**Příprava vzorku a sensorického hodnocení:** Papričky byly krájeny v ochranných rukavicích na dřevěném prkénku na tenké podélné proužky ve směru od stopky po špičku plodu. Takto nakrájené papričky byly přemístěny do plastového kelímku (50 ml) s označeným kódem (viz Tab. 8). Kelímky (200 ml) byly naplněny plnotučným mlékem se smetanou a podávány mezi jednotlivými vzorky jako chuťový neutralizátor.

Tab. 8: Kódové označení vzorků

Kód	Paprička
101	Aji Lemon Drop
201	Serrano
301	Jamaycan Yellow
401	Habanero Chocolate
501	Bhut Jolokia

**Předmět hodnocení:** Sensorická analýza probíhala ve dnech 8. a 9. října 2019 od 13 do 16 hodin. Hodnotitelé z řad běžných spotřebitelů (celkem 20) byli proškoleni a seznámeni s dotazníkem. Předmětem dotazníku byl slovní popis papričky při konzumaci, zaměřený především na intenzitu a příjemnost pálení potažmo ostrosti, jejich nástup od vložení do úst a trvání po 10 minutách. Důraz byl kladen i na lokalizaci těchto pocitů. Dále byla hodnocena intenzita šťavnatosti a sladkosti, přítomnost dalších chutí papriček a vlastnosti slupky. Z tohoto důvodu byly použity čerstvé plody chilli papriček. K hodnocení byla použita pětibodová stupnice. Náhled dotazníku obsahuje Příloha 1.

**Vlastní hodnocení:** Vzorky byly hodnotitelům předkládány postupně v plastových kelímcích s číselným kódem (viz Obr. 16). Mezi jednotlivými vzorky bylo podáváno mléko se smetanou. Hodnotitelé dodržovali časové přestávky mezi vzorky, aby nedocházelo ke zkreslení hodnocení. Své hodnocení zaznamenávali tužkou do předloženého dotazníku.



Obr. 16: Připravené vzorky na sensorickou analýzu



### 3.3.2 Stanovení kapsaicinoidů pomocí HPLC-DAD

**Pomůcky:** Přístroj HPLC Agilent Infinity 1260, lodičky, špachtle, třecí miska s tloučkem, analytické váhy, ultrazvuková lázeň, reciprokační třepačka, pipety a špičky, injekční stříkačky, filtry 0,45  $\mu\text{m}$ , vialky.

**Chemikálie:** Methanol, acetonitril, kyselina octová, standardní látky: kapsaicin (čistota 89,46 %), dihydrokapsaicin (čistota 89 %), nordihydrokapsaicin (čistota 97,63 %); Sigma-Aldrich, Německo.

Obsah kapsaicinu, dihydrokapsaicinu a nordihydrokapsaicinu ve vzorcích chilli papriček byl analyzován pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s UV-VIS detekcí a diodovým polem. Nastavení přístroje je znázorněno v Tab. 9.

Tab. 9: Nastavení HPLC analýzy

Přístroj	HPLC Agilent Infinity 1260
Objem nástřiku	5 $\mu\text{l}$
Průtok mobilní fáze	1 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$
Složení mobilní fáze	50:50 – acetonitril : 1% kyselina octová
Teplota v termostatu	30 $^{\circ}\text{C}$
Detektor	DAD UV-VIS
Nastavená vlnová délka v detektoru	280 nm
Kolona	Poroshell 120 C18; 4,5 $\times$ 150 mm; 2,7 $\mu\text{m}$

**Kalibrační křivka:** Roztoky pro kalibrační křivku byly připraveny pomocí komerčního standardu kapsaicinu, který byl rozpuštěn v methanolu. Z takto připraveného zásobního roztoku byla připravena kalibrační křivka o koncentracích 5; 25 a 50  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Stejným způsobem byly připraveny kalibrační křivky pro dihydrokapsaicin a nordihydrokapsaicin. Kalibrační křivky obsahuje Příloha 2.

**Příprava vzorků:** Sušené plody byly nejprve rozmělněny ve třecí misce. Pomocí analytických vah byl do Erlenmeyerových baněk navážen vždy 1 g vzorku s přesností na 1 mg. Do baňky bylo následně napipetováno 10 ml methanolu a baňka byla umístěna do ultrazvukové lázně po dobu 15 minut při laboratorní teplotě. Poté byla baňka vložena na třepačku na dobu 24 hodin při 150 rpm. Po takto provedené extrakci bylo přidáno 15 ml methanolu (celkový objem 25 ml). Takto připravené roztoky vzorků byly pomocí injekční stříkačky s mikrofiltrem přefiltrovány do vialek a 2–100 $\times$  zředěny podle očekávaného obsahu jednotlivých derivátů. Poté byly analyzovány pomocí HPLC s výše uvedeným nastavením. Každý vzorek byl připraven ve dvou opakováních.

**Pálivost:** Z naměřených obsahů kapsaicinu, dihydrokapsaicinu a nordihydrokapsaicinu byla vypočtena pálivost podle vztahu [78]:

$$Pálivost = (C + DHC) \cdot 16,1 + n - DHC \cdot 9,3 [SHU] \quad (1)$$

kde  $C$  je obsah kapsaicinu v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny,  $DHC$  je obsah dihydrokapsaicinu v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny a  $n - DHC$  je obsah nordihydrokapsaicinu v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny.

### 3.4 Statistické zpracování výsledků

Data byla zpracována a vyhodnocena pomocí programu MS Excel 365.

Pro stanovení kapsaicinoidů byl každý vzorek analyzován dvakrát ( $n = 2$ ), výsledky jsou uvedeny ve tvaru průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, příp. graficky. Chybové úsečky vyjadřují směrodatnou odchylku měření.

Senzorické hodnocení provádělo 20 hodnotitelů. Výsledky jsou vyjádřeny jako medián ( $n = 20$ ).

Pro zjištění rozdílů mezi vzorky a rozdělení do skupin na základě obsahu jednotlivých kapsaicinoidů byla použita ANOVA s následným Tukeyho testem. V případě senzorické analýzy byl aplikován Kruskal-Wallisův test.

Ke grafickému znázornění rozdílů a zkoumání korelačních vztahů mezi jednotlivými parametry byla provedena PCA.

Veškeré statistické testování bylo provedeno na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ . Ke statistickému vyhodnocení byl použit software XLSTAT.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato práce je zaměřena na zkoumání vlivu tří nejvýznamnějších kapsaicinoidů – kapsaicinu, dihydrokapsaicinu a nordihydrokapsaicinu – na pálivost pěti vybraných odrůd chilli papriček. Konkrétně byly vybrány odrůdy Aji Lemon Drop, Serrano, Jamaican Yellow, Habanero Chocolate a Bhut Jolokia na základě doporučení pěstitelek tak, aby se mezi sebou co nejvíce lišily v pálivosti (potažmo ostrosti), chuti i celkové přijatelnosti.

Kapsaicinoidy byly stanoveny pomocí metody HPLC-DAD (viz kap. 3.2.2) a výsledky stanovení byly přepočítány na pálivost v jednotkách SHU. Intenzita a příjemnost pálivosti byly zároveň hodnoceny sensoricky pomocí jednoduchých stupnic (viz kap. 3.2.1).

### 4.1 Charakterizace vzorků chilli papriček podle obsahu kapsaicinoidů

Obsah kapsaicinoidů ve vzorcích chilli papriček, změřený pomocí HPLC-DAD, je uveden v Tab. 10. Pálivost byla vypočítána podle rovnice (1).

*Tab. 10: Obsah kapsaicinoidů ve vzorcích chilli papriček v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny a jejich pálivost v jednotkách SHU*

Odrůda	C	DHC	n-DHC	Pálivost
<b>Aji Lemon Drop</b>	$2\,298 \pm 163^{\text{C}}$	$1\,398 \pm 88^{\text{B}}$	$182 \pm 19^{\text{B}}$	$61\,194 \pm 4213^{\text{C}}$
<b>Serrano</b>	$359 \pm 37^{\text{C}}$	$488 \pm 48^{\text{B}}$	$158 \pm 16^{\text{B}}$	$15\,100 \pm 1519^{\text{C}}$
<b>Jamaican Yellow</b>	$421 \pm 30^{\text{C}}$	$130 \pm 10^{\text{B}}$	$7 \pm 1^{\text{C}}$	$8\,928 \pm 654^{\text{C}}$
<b>Habanero Chocolate</b>	$14\,275 \pm 2\,046^{\text{B}}$	$2\,091 \pm 369^{\text{B}}$	$122 \pm 24^{\text{B}}$	$264\,630 \pm 39\,101^{\text{B}}$
<b>Bhut Jolokia</b>	$29\,320 \pm 1\,934^{\text{A}}$	$7\,767 \pm 1818^{\text{A}}$	$456 \pm 54^{\text{A}}$	$601\,338 \pm 60\,911^{\text{A}}$

*C – kapsaicin, DHC – dihydrokapsaicin, n-DHC – nordihydrokapsaicin; hodnoty ve sloupcích označené různými písmeny se statisticky významně liší ( $p < 0,05$ )*

#### 4.1.1 Obsah kapsaicinu

Nejvyšší obsah kapsaicinu ze všech vzorků chilli papriček byl změřen v odrůdě Bhut Jolokia, průměrně  $29\,320 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 7 %), což je přibližně 2,4 % suché hmotnosti plodu. V rámci studie v Ladné [73] bylo v čerstvých plodech sklizených v září stanoveno průměrně  $41\,440,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu. V říjnové sklizni byl průměrný obsah kapsaicinu  $32\,752,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  čerstvé hmotnosti. Námí změřená hodnota je cca o 12 % vyšší, než kolik bylo stanoveno v sušených plodech Bhut Jolokia ve studii provedené v Košicích [82]. V porovnání s papričkami pěstovanými v severovýchodní Indii [70] je tento obsah lehce nadprůměrný. Ve studii zaměřené na živiny a obsah kapsaicinoidů v této odrůdě [84] bylo nalezeno cca o 84 % méně kapsaicinu. Naopak v papričkách pěstovaných na Michiganské státní univerzitě bylo stanoveno přibližně o 40 % kapsaicinu více. Procentuální obsah kapsaicinu odpovídá koncentračnímu rozsahu v papričkách měřených na severovýchodě Indie [88] i výsledkům studie zkoumající vliv sušení na fyzikálně-chemické vlastnosti papriček [89].

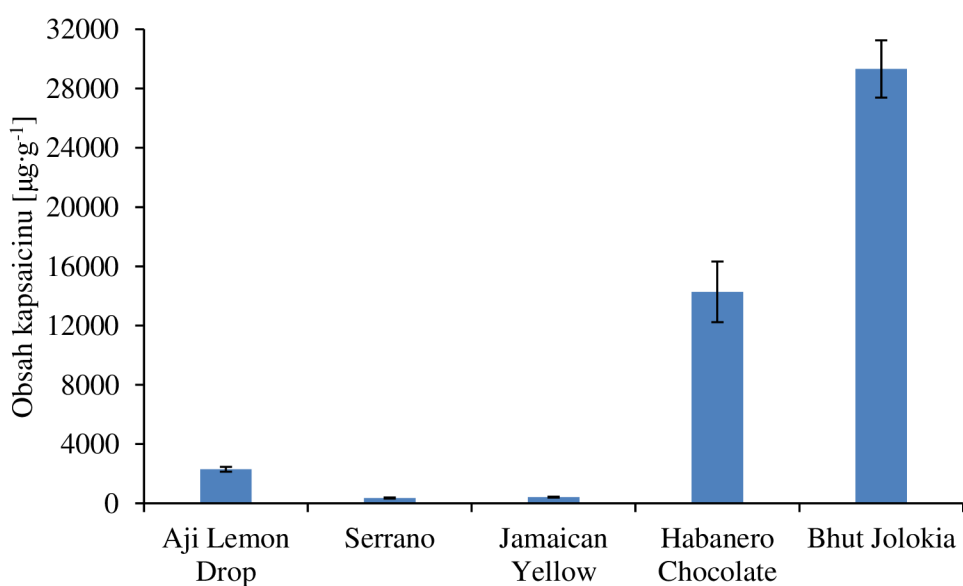
Druhý nejvyšší obsah kapsaicinu byl zaznamenán v odrůdě Habanero Chocolate. Průměrný obsah byl stanoven na 14 275  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 14 %), což odpovídá 1,4 % suché hmotnosti plodu. V mexické studii [76] bylo v papričkách Habanero (bez specifikace barvy plodu) stanoveno přibližně o 36 % méně kapsaicinu.

V odrůdě Aji Lemon Drop byl průměrný obsah kapsaicinu stanoven na 2298  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 7 %), tj. asi 0,3 % suché hmotnosti papričky. V čerstvých plodech v rámci studie v Ladné [73] bylo v září 2019 stanoveno 920,5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu, zatímco v říjnu téhož roku pouze 378,9  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu.

V papričkách Jamaican Yellow byl průměrný obsah kapsaicinu stanoven na 421  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 7 %); tj. přibližně 0,4 % suché hmotnosti plodu. V žádné studii nebyl uveden obsah kapsaicinu v této odrůdě, se kterým by bylo možné hodnotu porovnat.

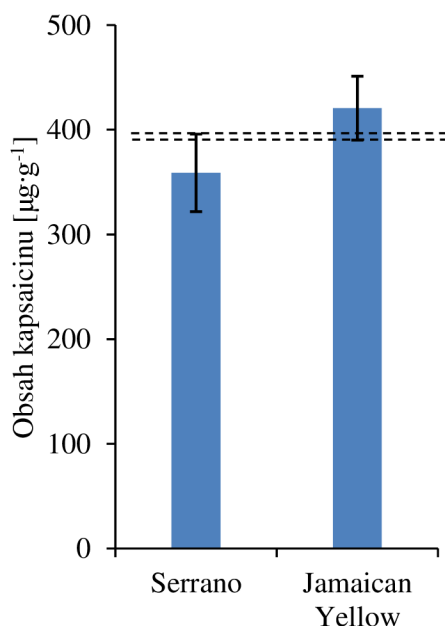
Nejméně kapsaicinu bylo změřeno v odrůdě Serrano, a to v průměru 359  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 10 %), což odpovídá téměř 0,4 % suché hmotnosti papričky. V porovnání s papričkami pěstovanými v mexickém státě Chihuahua [76] je tento obsah téměř 2× nižší. Studie zabývající se nutričními vlastnostmi této odrůdy [77] stanovila obsah kapsaicinu v čerstvých plodech na 42–155  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Ve srovnání s papričkami pěstovanými na poli v severní části Mexika [78] je obsah v českých vzorcích 4,2× nižší. Papričky pěstované ve skleníku v rámci stejné studie vykazovaly 13,2× vyšší obsah kapsaicinu oproti vzorkům měřeným v této práci, tedy 4 760  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny.

Z naměřených výsledků je patrné, že mezi vzorky byly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu kapsaicinu. Na základě Tukeyho testu byly papričky rozděleny do tří skupin A, B a C (viz Tab. 10). Skupinu A tvoří paprička Bhut Jolokia, skupinu B s téměř polovičním obsahem kapsaicinu Habanero Chocolate a skupinu C papričky Aji Lemon Drop, Serrano a Jamaican Yellow, neboť si byly obsahem kapsaicinu velmi blízké. Toto rozdělení je patrné z Grafu 1.



Graf 1: Porovnání obsahu kapsaicinu ve vzorcích chilli papriček

Graf 2 znázorňuje papričky Serrano a Jamaican Yellow, které si jsou obsahem kapsaicinu nejbližší. RSD obsahu kapsaicinu v těchto dvou odrůdách se částečně prolíná, což je znázorněno pomocí chybových úseček.



Graf 2: Porovnání obsahu kapsaicinu v odrůdách Serrano a Jamaican Yellow

#### 4.1.2 Obsah dihydrokapsaicinu

Největší obsah dihydrokapsaicinu byl stanoven v odrůdě Bhut Jolokia, a to  $7\,767\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 23 %), což je téměř 0,8 % hmotnosti suchého plodu. Obsah dihydrokapsaicinu v čerstvých plodech byl v rámci studie v Ladné [73] stanoven na  $13\,425,3\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  po sklizni v září 2019 a na  $8\,639,2\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  po sklizni v říjnu 2019. V porovnání s papričkami pěstovanými v různých částech severovýchodní Indie [70] je námi změřený obsah dihydrokapsaicinu ve vzorku podprůměrný. Studie zaměřená na živiny [84] stanovila přibližně o 88 % dihydrokapsaicinu méně. V rámci výzkumu na Michiganské státní univerzitě [86] bylo zjištěno o 64 % více dihydrokapsaicinu než v našich papričkách.

Habanero Chocolate mělo druhý nejvyšší obsah dihydrokapsaicinu, přesněji  $2\,091\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 18 %), což odpovídá přibližně 0,2 % hmotnosti sušiny. Mexická studie [76] stanovila v odrůdě Habanero cca o 48 % méně dihydrokapsaicinu.

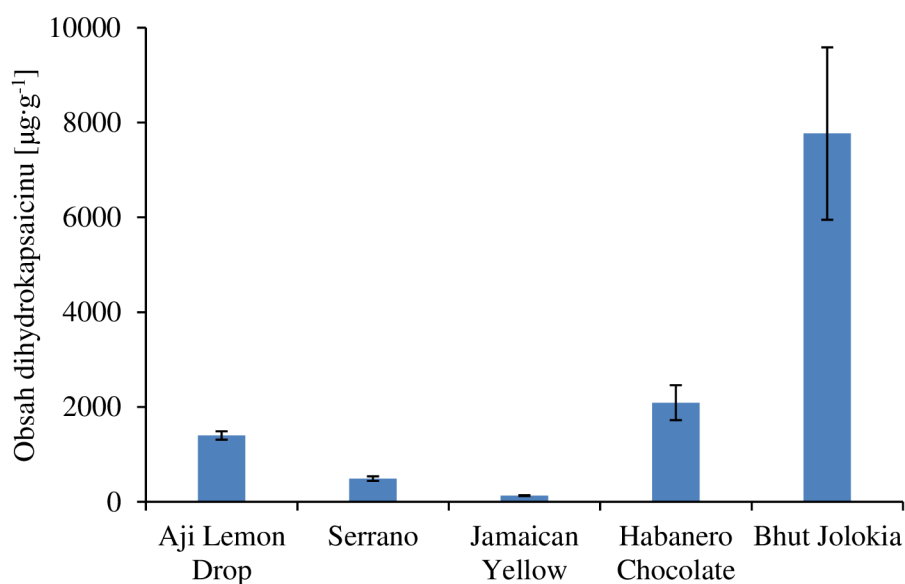
V sušině odrůdy Aji Lemon Drop bylo stanoveno  $1\,398\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu (RSD 6 %), tj. asi 0,1 % suché hmotnosti papričky. V čerstvých plodech po sklizni v Ladné v září 2019 byl obsah dihydrokapsaicinu stanoven na  $512,2\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a po sklizni v říjnu 2019 pouze na  $279,2\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  [73].

Obsah dihydrokapsaicinu v papričkách Serrano byl stanoven na  $488\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 10 %), tj. asi 0,05 % hmotnosti suchého plodu. Z analyzovaných kultivarů papriček je to jediná odrůda, která dosáhla vyššího obsahu dihydrokapsaicinu než kapsaicinu. Mexická studie zaměřená na obsah kapsaicinoidů [76] stanovila v této odrůdě přibližně o 18 % méně dihydrokapsaicinu. V papričkách pěstovaných na poli na severu Mexika [78] byl stanoven více než  $7\times$  vyšší obsah dihydrokapsaicinu, než v našich papričkách pěstovaných

ve fóliovníku v Ladné. V rámci stejné studie měly papričky pěstované ve skleníku téměř 21× vyšší obsah dihydrokapsaicinu oproti našim vzorkům.

Nejméně dihydrokapsaicinu bylo změřeno v odrůdě Jamaican Yellow, a to 130  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 7 %), tj. 0,01 % hmotnosti. Žádná studie neuvádí obsah dihydrokapsaicinu v této odrůdě. Také v obsahu dihydrokapsaicinu byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi vzorky, jak je patrné z Grafu 3.

Na základě Tukeyho testu byly papričky rozděleny do dvou skupin. Skupinu A tvoří odrůda Bhut Jolokia, ostatní odrůdy jsou zahrnuty do skupiny B (viz Tab. 10). Toto rozdělení je rovněž zřejmé z Grafu 3, neboť se odrůda Bhut Jolokia významně lišila v obsahu dihydrokapsaicinu od ostatních papriček.



Graf 3: Porovnání obsahu dihydrokapsaicinu ve vybraných odrůdách chilli papriček

#### 4.1.3 Obsah nordihydrokapsaicinu

Odrůda Bhut Jolokia obsahovala také nejvíce nordihydrokapsaicinu ze všech testovaných vzorků, a to 456  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 12 %), tj. téměř 0,05 % hmotnosti suchého plodu. Studie ze severovýchodní Indie [70] uvádí interval obsahu nordihydrokapsaicinu od nedetekovatelného množství až po 914,1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny, což je až 2× více než v našich plodech vypěstovaných v Česku. Studie sledující obsah živin a kapsaicinoidů [84] v tomto kultivaru stanovila obsah nordihydrokapsaicinu na 40  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny, což je 11,4× méně oproti testovaným vzorkům.

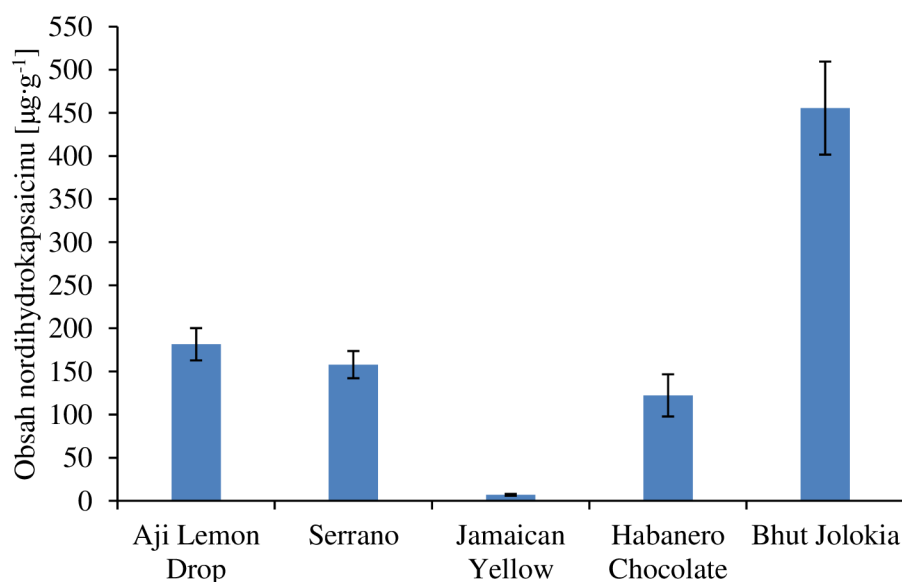
Druhý nejvyšší obsah nordihydrokapsaicinu zaznamenala paprička Aji Lemon Drop, přesněji 182  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 10 %), což odpovídá téměř 0,02 % suché hmotnosti. Literatura neudává obsah nordihydrokapsaicinu v této odrůdě, proto ji nelze porovnat.

Obsah nordihydrokapsaicinu v odrůdě Serrano byl stanoven na 158  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 10 %), cca 0,02 % hmotnosti suchého plodu. Studie zkoumající vliv teploty při pěstování na obsah kapsaicinoidů [78] stanovila v papričkách pěstovaných na poli téměř 3,4× více nordihydrokapsaicinu, než v našich vzorcích produkovaných ve fóliovníku v Ladné. Papričky pěstované ve skleníku v rámci stejné studie dosahovaly až 15,6× vyššího obsahu tohoto derivátu.

V odrůdě Habanero Chocolate byl obsah nordihydrokapsaicinu stanoven na  $122 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 20 %), tj. přibližně 0,01 % hmotnosti. Obsah tohoto derivátu v Habanero Chocolate není uveden v žádné literatuře

Nejnižší obsah nordihydrokapsaicinu byl stanoven v papričce Jamaican Yellow, konkrétně  $7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny (RSD 16 %), tedy 0,0007 % suché hmotnosti. V žádné literatuře není uveden obsah nordihydrokapsaicinu v této odrůdě.

I v případě nordihydrokapsaicinu byly nalezeny značné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami, což je patrné z Grafu 4. Papričky byly na základě Tukeyho testu rozděleny do tří skupin (viz Tab. 10). Skupina A, kam byla zařazena odrůda Bhut Jolokia, je charakteristická vysokým obsahem nordihydrokapsaicinu. Do skupiny B byly zařazeny odrůdy Aji Lemon Drop, Serrano a Habanero Chocolate, přičemž všechny papričky obsahovaly velmi podobné množství tohoto derivátu. Odrůda Jamaican Yellow tvoří samostatnou skupinu C, která je charakterizována velmi malým obsahem nordihydrokapsaicinu.



Graf 4: Porovnání obsahu nordihydrokapsaicinu ve vybraných odrůdách chilli papriček

#### 4.1.4 Celkový obsah kapsaicinoidů a pálivost

Obsah všech kapsaicinoidů byl vypočten jako součet dílčích derivátů. Pálivost byla přepočtena z obsahu jednotlivých kapsaicinoidů podle rovnice (1). Výsledná pálivost se však může mezi studii lišit, protože není definován přesný vzorec pro výpočet pálivosti. Často se používá koeficient 15–16 pro přepočet  $1 \mu\text{g}$  kapsaicinoidů na jednotky SHU [6]. Hodně studií také stanovuje pouze kapsaicin, případně kapsaicin a dihydrokapsaicin, jejichž obsah je následně přepočítáván na pálivost.

Nejvyšší obsah kapsaicinoidů byl stanoven v odrůdě Bhut Jolokia, který tvořil 3,7 % hmotnosti sušiny. Pálivost byla vyčíslena na 601 338 SHU (RSD 10 %). Pěstitelky udávají pálivost v intervalu 700 000–1 500 000 SHU [72], kterou ale měřené vzorky nedosahují. Změřená hodnota je po započtení RSD shodná s hodnotou pálivosti ve studii variability obsahu kapsaicinoidů [69] i s pálivostí papriček pěstovaných ve venkovních podmínkách v Severní Americe [74]. Vypočtená pálivost rovněž odpovídá intervalu pálivosti v papričkách testovaných ve dvou studiích v Indii [70, 81]. Oproti papričkám testovaným



v Košicích [82] je tato pálivost asi o 22 % vyšší. Studie zaměřená na živiny a obsah kapsaicinoidů [84] stanovila téměř 7× menší pálivost. Pálivost našich vzorků se blíží hodnotě pálivosti papriček pěstovaných při plné intenzitě světla, které dosahovaly 680 880 SHU [85]. V porovnání s výsledky z Michiganské státní univerzity je vypočtená pálivost místních vzorků o 67 % nižší. Výsledek rovněž potvrzuje výsledky studie vlivu organických rozpouštědel na extrakční účinnost, kde pálivost papriček extrahovaných methanolem nedosahovala ani 1 000 000 SHU [87].

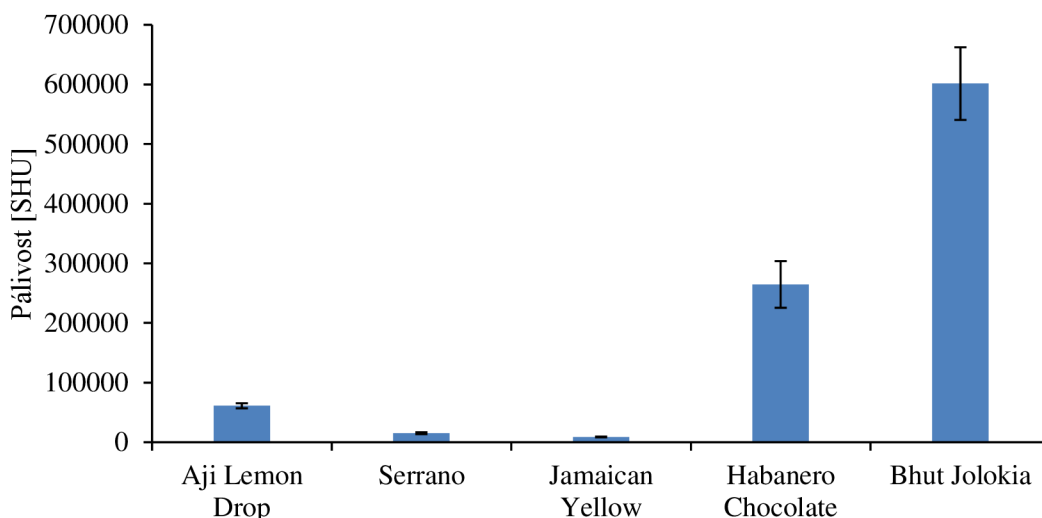
Habanero Chocolate obsahovalo druhý nejvyšší obsah kapsaicinoidů, celkem 1,6 % hmotnosti suchého plodu. Vypočtená pálivost dosahovala 264 630 SHU (RSD 15 %). Tato hodnota odpovídá rozsahu uváděnému pěstitelkami [72]. Z pohledu průměrné pálivosti Habanero Chocolate pěstovaných v Ladné znamená tato hodnota pokles pálivosti – v roce 2016 byla průměrná pálivost stanovena na 443 064 SHU a v roce 2018 překonala hranici 600 000 SHU [79]. Ve srovnání s mexickou studií zabývající se pálivostí odrůdy Habanero [76] je pálivost měřených vzorků o 20 % vyšší. Oproti papričkám pěstovaným v severoamerických venkovních podmínkách je však pálivost téměř 2× menší [74]. Vypočtená pálivost odpovídá všem intervalům pálivosti zmíněným ve studii variability obsahu kapsaicinoidů v papričkách Habanero [69].

Třetí nejvyšší obsah kapsaicinoidů byl stanoven v odrůdě Aji Lemon Drop, celkem 0,4 % suché hmotnosti plodu s odpovídající pálivostí 61 194 SHU (RSD 7 %). Pálivost odpovídá intervalu udávaném pěstitelkami [72]. Oproti výsledkům z Ladné z roku 2016 [71] je však tato hodnota o 68 % nižší. V porovnání s výsledky ze stejné sklizně, tedy ze září 2019, je pálivost přibližně o 65 % vyšší [73]. Pálivost papriček z říjnové sklizně stejné studie se liší až o 84 %. Papričky pěstované ve venkovních podmínkách v Severní Americe [74] naopak dosahovaly přibližně 4× vyšší pálivosti.

Přibližně 0,1 % kapsaicinoidů v suché hmotnosti plodu obsahovala paprička Serrano. Pálivost byla přepočtena na 15 100 SHU (RSD 10 %). Hodnota spadá do rozsahu pálivosti udávaného pěstitelkami [72]. V porovnání s papričkami sušenými různými způsoby je tato hodnota pálivosti o 63 % nižší, než u papriček sušených solárně. Papričky sušené konvenčně při 60 °C dosahovaly až 27× vyšší pálivosti oproti místním plodům [75]. V rámci RSD se vypočtená pálivost shoduje s pálivostí papriček pěstovaných v mexickém státě Chihuahua [76]. Naopak papričky pěstované na poli a ve skleníku v oblasti Comarca Lagunera [78] byly téměř 6×, resp. 17× pálivější oproti našim vzorkům.

Nejméně kapsaicinoidů bylo stanoveno v odrůdě Jamaican Yellow – asi 0,06 % hmotnosti sušiny s odpovídající pálivostí 8 928 SHU (RSD 7 %). Pěstitelky udávají interval pálivosti od 30 000 do 100 000 SHU [72], kterému však měřené vzorky neodpovídají. Pálivost této papričky se na základě studií jeví jako nestálá, jelikož v roce 2016 byla pálivost papriček z Ladné stanovena na 7 892 SHU (tj. přibližně o 12 % méně) [71], zatímco v roce 2018 se řádově zvýšila až ke 100 000 SHU (cca 11× více) [79]. Papričky pěstované ve venkovních podmínkách Severní Ameriky jsou téměř 24× pálivější [74].

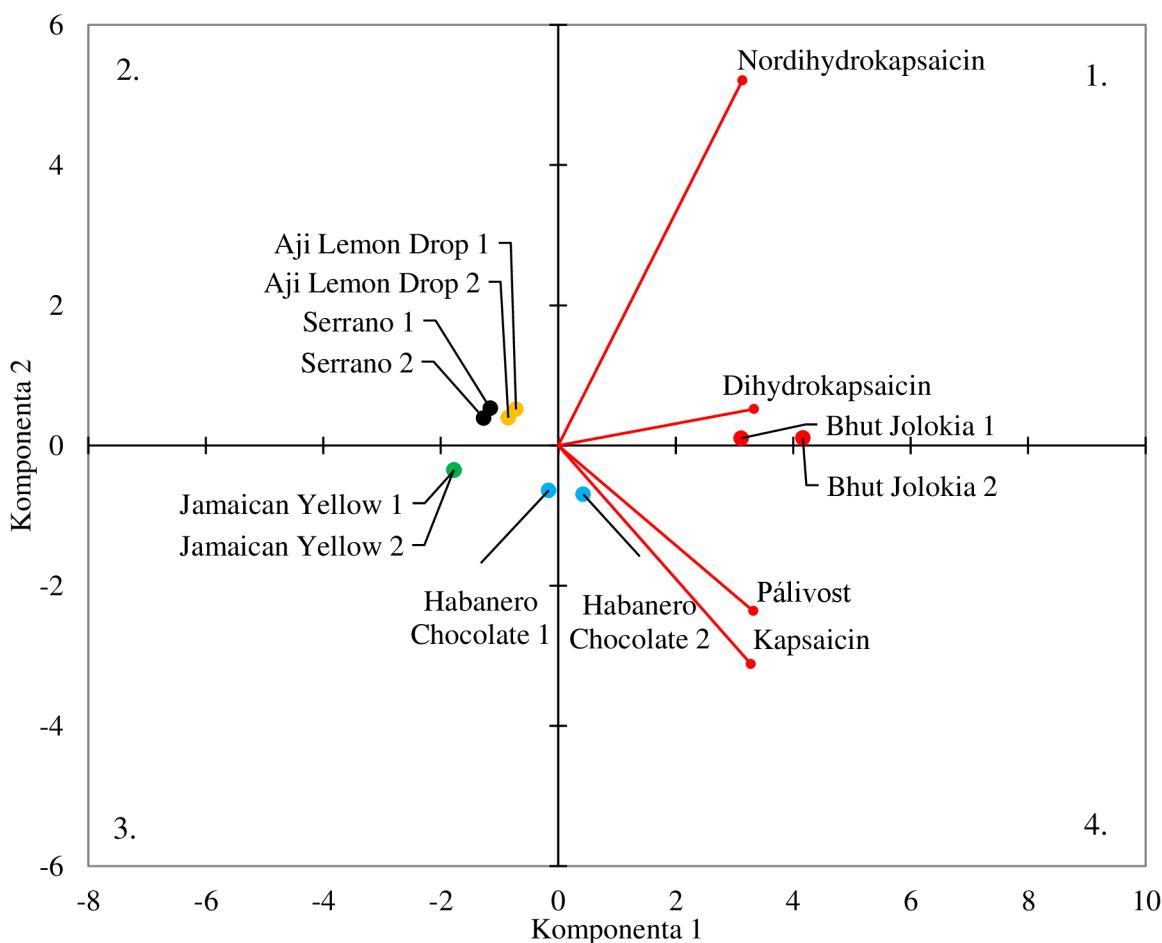
Z celkového obsahu kapsaicinoidů i přepočtené pálivosti jsou patrné značné rozdíly mezi odrůdami, což je také vyjádřeno pomocí pálivosti v Grafu 5. Na základě Tukeyho testu byly papričky rozděleny do tří skupin (viz Tab. 10). Skupinu A tvoří Bhut Jolokia s nejvyšším obsahem všech kapsaicinoidů. Habanero Chocolate spadá do skupiny B, která má téměř poloviční obsah těchto látek oproti skupině A. Skupinu C tvoří ostatní odrůdy s výrazně menším obsahem kapsaicinoidů. V porovnání s výsledky dosud publikovaných studií byly zaznamenány rozdíly v obsahu jednotlivých derivátů i celkové pálivosti dokonce i v rámci stejných odrůd, které jsou často způsobeny různými faktory – od podmínek a místa pěstování až po přípravu vzorků, především způsobu extrakce [61, 69, 73].



Graf 5: Porovnání pálivosti vybraných odrůd chilli papriček

#### 4.1.5 Analýza hlavních komponent – obsah kapsaicinoidů

Analýza hlavních komponent výsledků dvou paralelních měření vzorků chilli papriček sloužila k vizualizaci chemického složení vzorků. PCA vycházela ze čtyř proměnných (obsahu kapsaicinu, dihydrokapsaicinu, nordihydrokapsaicinu a celkové pálivosti). Pozorování byla projektována do dvourozměrného grafu hlavních komponent 1 a 2, které dohromady nesly 99,39 % původní variability. Komponenta 1 zaujala 94,33 % celkové variability a byla silně korelována všemi výše zmíněnými proměnnými. Z Grafu 6 jsou patrné rozdíly mezi odrůdami. Každý kultivar zaujal v grafu svou charakteristickou oblast. Pravá hemisféra (1. a 4. kvadrant) je zóna, která je charakteristická pro všechny pálivé látky, a tedy i samotnou pálivost. Odrůda Bhut Jolokia se výrazně lišila od ostatních v obsahu všech kapsaicinoidů, především dihydrokapsaicinu. Zaujala tak oblast s pozitivním skóre komponenty 1, které bylo dáno silným „factor loadingem“ od všech kapsaicinoidů. Ostatní odrůdy papriček se projektovaly do nulové a negativní oblasti komponenty 1 (například Habanero Chocolate), což indikovalo menší obsah těchto látek. Komponenta 2 má z hlediska dihydrokapsaicinu malý vliv; naopak lépe rozděluje papričky podle obsahu kapsaicinu a nordihydrokapsaicinu. Kultivary Aji Lemon Drop a Serrano byly zařazeny do 2. kvadrantu. Tyto odrůdy si byly velmi podobné především z hlediska obsahu nordihydrokapsaicinu. Paprička Aji Lemon Drop měla vyšší obsah kapsaicinu i dihydrokapsaicinu, proto je oproti Serrano umístěna více vpravo ve prospěch těchto dvou látek. Odrůda Jamaican Yellow má nejnižší skóre z hlediska komponenty 1, což potvrzuje její nejmenší pálivost.



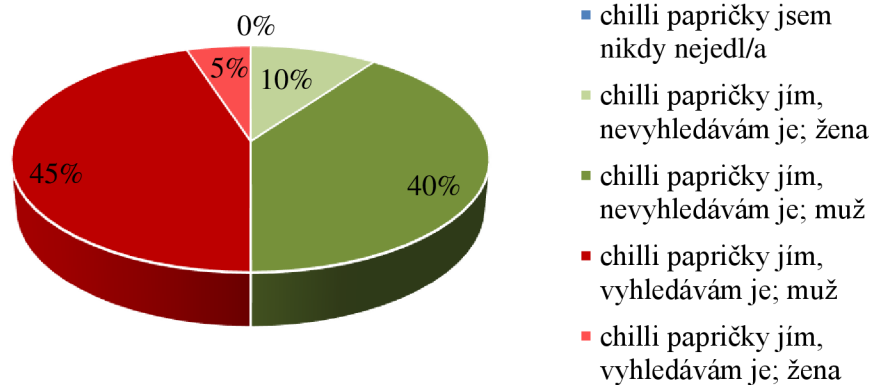
Graf 6: Projekce vzorků chilli papriček do faktorové roviny komponent 1 a 2

#### 4.2 Charakterizace vzorků chilli papriček podle výsledků sensorické analýzy

Senzorické hodnocení chilli papriček bylo zaměřeno především na hodnocení pálivosti a ostrosti. Kromě toho byly hodnoceny i další související vlastnosti – šťavnatost a sladkost, příp. přítomnost dalších chutí. Z hlediska textury byly hodnoceny vlastnosti slupky, které mohou ovlivnit celkovou přijatelnost vzorku. Hodnotitelé měli za úkol slovně popsat vjemy, které pociťují při konzumaci vzorků. Zaměřit se měli především na nástup pálení/ostrosti a místo, kde tyto vjemy cítí. Intenzita a příjemnost uvedených vlastností byla hodnocena pomocí jednoduchých stupnic.

V následujících kapitolách je uvedena charakterizace sensorických vlastností jednotlivých odrůd chilli papriček, výsledky jsou znázorněny formou pavučinových grafů.

Senzorického hodnocení se zúčastnilo celkem 20 hodnotitelů, z nichž 3 byly ženy a 17 muži. Oblíbenost chilli papriček znázorňuje Graf 7. Z něj je patrné, že polovina hodnotitelů (z nichž 5 % jsou ženy) chilli papričky vyhledává, zatímco druhá polovina je nevyhledává, ale konzumuje je. Mezi hodnotiteli byl jeden kuřák.



Graf 7: Oblíbenost chilli papriček mezi hodnotiteli

#### 4.2.1 Hodnocení papričky Aji Lemon Drop

Výsledky slovního hodnocení odrůdy Aji Lemon Drop bylo velmi různorodé. Někteří hodnotitelé uvedli rychlý nástup ostrosti s poměrně dlouhým trváním. Nejintenzivnější účinky byly pocíťovány mezi 1. a 2. minutou, poté ostrost ustupovala a paprička spíše páčila. Jiní hodnotitelé naopak uvedli minimální ostrost a malou páčivost s pomalým nástupem účinku. Pocit ostrosti hodnotitelé zmiňují na špičce jazyka, následně celém jazyku a patře. Po polknutí cítili pálení v krku. Z dalších chutí byla zaznamenána příjemná sladkost, tóny chilli čokolády a rajčat, jemná kyselost a svěžest.

Intenzita pálení papričky Aji Lemon Drop byla vyhodnocena jako málo intenzivní až středně intenzivní a hodnotitelé ji vnímali spíše příjemně. Páčivost se projevila do jedné minuty, nejčastěji však hodnotitelé uvedli nástup pálení 1–5 sekund od vložení do úst. Až 30 % hodnotitelů pocíťovalo páčivost i po desetiminutovém intervalu. Celkem 95 % hodnotitelů uvedlo pálení na jazyku, 42 % z nich blíže specifikovalo špičku jazyka. Další z nich uvedli zadní, spodní a pravou část jazyka, ostatní celý jazyk. Dále 40 % hodnotitelů cítilo pálení rtů, 15 % pálení tváří, 15 % pálení v krku, 5 % pálení uší, 5 % pálení v žaludku a 20 % pálení na patře.

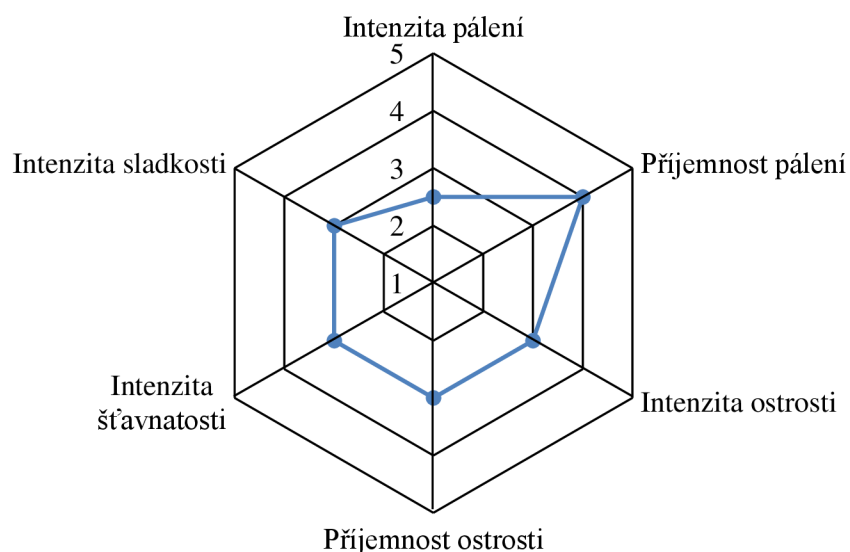
Ostrost hodnotitelé shledali středně intenzivní a její příjemnost jako neutrální. Pocit ostrosti se projevil do dvou minut, ale často už do 20 sekund od vložení do úst. Po 10 minutách cítilo ostrost 20 % hodnotitelů. Celkem 95 % hodnotitelů cítilo ostrost na jazyku, 30 % uvedlo špičku jazyka, 5 % jeho přední polovinu, 5 % spodní část a 5 % pravou část jazyka; 30 % hodnotitelů dále zmínilo pocit ostrosti na rtech, 10 % na tvářích, 10 % na patře a 5 % v žaludku.

Paprička byla středně sladká a středně šťavnatá. Při hodnocení chuti zaznamenalo 40 % hodnotitelů kyselost, 40 % ovocné tóny a 10 % hořkost. Dále byla zmíněna chuť rajčete a sladké papriky, trpkost a chuť zeleniny. Tenkost slupky popsalo 45 % hodnotitelů, 50 % zmínilo silnou dužinu; 40 % uvedlo křehkost a 35 % pevnost luskou.

Přehledný slovní popis obsahuje Příloha 3. Znázornění mediánů vlastností hodnocených na pětibodové stupnici je v Grafu 8.

V porovnání s popisem tepelného vjemu různých odrůd byl výsledný vjem hodnocen spíše jako ostrost (viz Graf 8), což je shodné se studií [54]. Nástup ostrosti se přiklání k rychlému projevu, což odpovídá časovému intervalu do 20 sekund od vložení do úst (pro pálivost 1–5 sekund). Pouze 20 % hodnotitelů cítilo ostrost i po 10 minutách a trvání pocitu se tak spíše přiklání k rychlému rozptýlení, které zmiňuje uvedená studie. Celkem 30 % hodnotitelů uvádí, shodně s touto studií, špičku jazyka jako místo účinku ostrosti. Intenzity porovnat nelze, zmíněná studie používala jiný typ stupnice.

Kyselost, kterou zmiňují pěstitelky [72], zaznamenalo 40 % hodnotitelů. Shodně s popisem pěstitelky byla vyhodnocena i ostrost této odrůdy.



*Graf 8: Mediány intenzit a příjemnosti hodnocených vlastností odrůdy Aji Lemon Drop. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné*

#### 4.2.2 Hodnocení papričky Serrano

Pálivost a ostrost odrůdy Serrano byla slovně popsána kontroverzně. Celkem 40 % hodnotitelů uvedlo střední až intenzivní pálivost nebo ostrost s velmi rychlým nástupem, zatímco 60 % hodnotitelů popsalo pomalý nástup pálení, minimální ostrost nebo dokonce žádnou pálivost ani ostrost. Několik hodnotitelů popsalo nejprve pálení a následný nástup ostrosti. Tyto pocity se projevily na jazyku a po polknutí i v krku. Dále byla zaznamenána sladká chuť, ovocné aroma, hořkost, malá šťavnatost a houbovitá struktura. Jednomu hodnotiteli vyvolala konzumace této papričky škytavku.

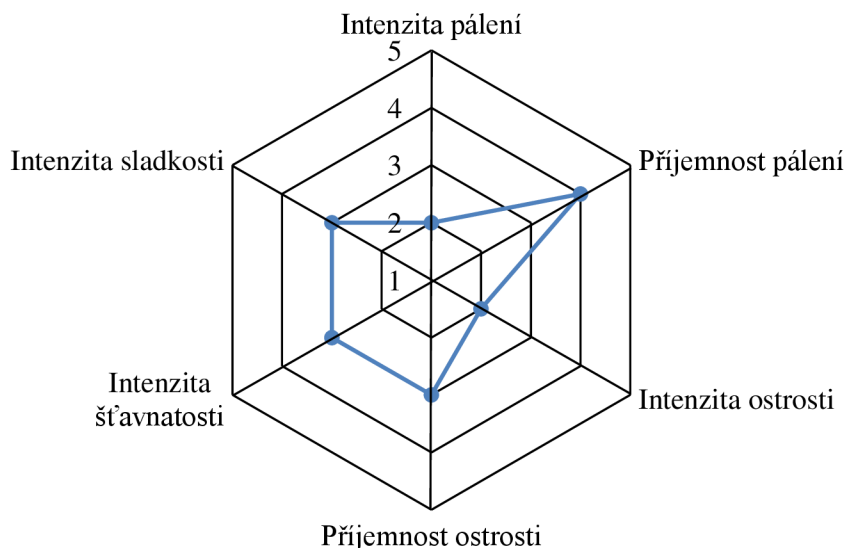
Pálivost papričky Serrano byla popsána jako málo intenzivní, což bylo hodnotitelům spíše příjemné. Nástup pálení nastal do 80 sekund, většina hodnotitelů jej zaznamenala do 20 sekund. Po 10 minutách pocit pálení přetrvával u 30 % hodnotitelů. Všichni hodnotitelé uvedli pálení jazyka, blíže byla zmíněna jeho špička, okraj a střed; 35 % hodnotitelů zaznamenalo pálení v krku, 25 % pálení rtů, 20 % pálení tváří, 20 % pálení na patře a 5 % v žaludku.

Intenzita ostrosti byla také hodnocena jako malá s neutrální příjemností. Ostrost se projevila do 2 minut, nejčastěji v intervalu 40–60 sekund po vložení do úst. Ostrost tedy nastoupila až po pocitu pálení. Pouze u 15 % hodnotitelů tento pocit přetrval i po 10 minutách. Celkem 85 % hodnotitelů cítilo ostrost na jazyku, rovněž byly blíže specifikovány jeho špička, kraj a střed; 20 % hodnotitelů zaznamenalo tento pocit na rtech, 20 % v krku, 10 % na patře a 5 % na tvářích.

Paprička Serrano se jevila jako středně sladká i středně šťavnatá. Z dalších vlastností 45 % hodnotitelů cítilo při konzumaci hořkost, 40 % ovocnou chuť a 10 % cítilo kyselost. Zmíněna byla také chuť třešňi, kapie a zeleniny. Z hlediska textury popsal 80 % hodnotitelů slupku jako pevnou a 25 % jako tenkou; 70 % hodnotitelů zmínilo silnou dužinu, 15 % hodnotitelů popsal lusk jako křehký a 15 % jako houbovitý. Z dalších texturních vlastností byla zmíněna tuhost a gumovitost plodu.

Přehledný slovní popis obsahuje Příloha 3. Graf 9 znázorňuje mediány vlastností hodnocených na pětibodové stupnici.

Shodně s popisem pěstitelek [72] byla vyhodnocena textura lusku, tedy silná dužina a tenká slupka plodu.



*Graf 9: Mediány intenzit a příjemnosti hodnocených vlastností odrůdy Serrano. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné*

#### 4.2.3 Hodnocení papričky Jamaican Yellow

Paprička Jamaican Yellow byla slovně popsána jako velmi málo pálivá i ostrá, téměř až nezatelně. Vývoj pálivosti byl hodnocen jako dlouhý s následným nástupem ostrosti. Oba vjemy cítila většina hodnotitelů velmi jemně a krátkou dobu. Chuťově byla hodnocena jako nevýrazná a sladká.

Intenzita pálení papričky Jamaican Yellow byla popsána jako malá až velmi malá, což hodnotitelům vzbuzovalo neutrální až spíše příjemné pocity. Pálení nastalo do 1,5 minuty, nejčastěji po 20 sekundách. Po 10 minutách přetrvalo pálení pouze u 15 % hodnotitelů.



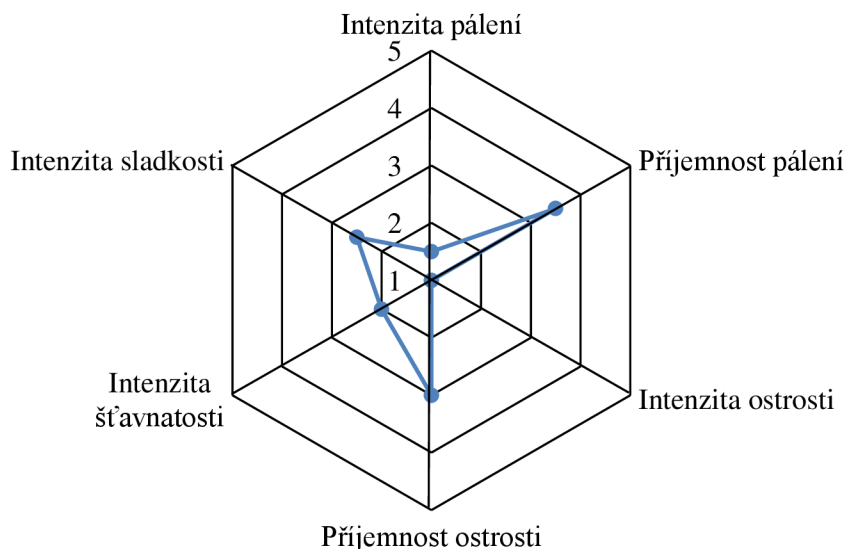
Celkem 65 % hodnotitelů cítilo pálení jazyka; zmíněna byla jeho špička, spodní strana, přední a zadní polovina, 35 % hodnotitelů páčila paprička v krku, 20 % na rtech, 15 % na patře a 5 % na tvářích.

Ostrost byla hodnocena jako velmi málo intenzivní, což bylo také pocitově neutrální. Pocit ostrosti nastoupil do 2 minut, často po 20 sekundách od konzumace. Ostrost vůbec nezaznamenalo 30 % hodnotitelů, pouze 10 % hodnotitelů cítilo ostrost po desetiminutovém intervalu. Celkem 60 % hodnotitelů uvedlo pocit ostrosti na jazyku, konkrétně na jeho špičce, středu, spodní části a zadní polovině; 25 % hodnotitelů cítilo ostrost v krku, 15 % na rtech, 10 % na patře, 5 % na tvářích a 5 % v žaludku.

Intenzita šťavnatosti papričky Jamaican Yellow byla hodnocena jako malá, intenzita sladkosti jako malá až střední. Z dalších vlastností cítilo 30 % hodnotitelů při konzumaci kyselost, 25 % hořkost, 15 % ovocnou chuť, 5 % trpkost a 5 % chuť čokolády. Z texturních vlastností 55 % hodnotitelů popsalo slupku jako tenkou, 45 % jako silnou, 45 % jako houbovitou, 40 % jako pevnou a 15 % jako křehkou. Lusk byl popsán jako měkký a gumový.

Příloha 3 obsahuje přehledný slovní popis. Znázornění mediánů vlastností hodnocených na pětibodové stupnici je v Grafu 10.

Hodnotitelé se s popisem pěstitelek [72] shodují v houbovitě struktuře plodu a s ovocnými tóny, které je možné při konzumaci zaznamenat.



*Graf 10: Mediány intenzit a příjemnosti hodnocených vlastností odrůdy Jamaican Yellow. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné*

#### 4.2.4 Hodnocení papričky Habanero Chocolate

Habanero Chocolate bylo slovně ohodnoceno jako vysoce pálivé i ostré. Nástup pálivosti i ostrosti byl popsán jako zdoluhavý, ostrost převládala nad pálivostí. Zpočátku hodnotitelé cítili výraznou hořkost, někteří zaznamenali čokoládové tóny a kyselost. Pocit ostrosti specifikovali jako silné řezání v krku, na rtech a dásních. Paprička některým hodnotitelům vyvolala nadměrné slinění, pocení, slzení očí a obtížné dýchání. Obecně byla paprička hodnocena jako nejméně chutná.



Pálivost Habanero Chocolate byla vyhodnocena jako intenzivní, což hodnotitelům bylo spíše nepříjemné. Pálivost se projevila nejčastěji do půl minuty od vložení papričky do úst. Polovina hodnotitelů cítila pálení i po 10 minutách od konzumace vzorku. Celkem 95 % hodnotitelů uvedlo pocit pálení na jazyku, blíže byla zmíněna jeho přední část; 65 % hodnotitelů cítilo pálení v krku, 50 % na rtech, 35 % na tvářích, 25 % na patře, 25 % v žaludku a 5 % v nose.

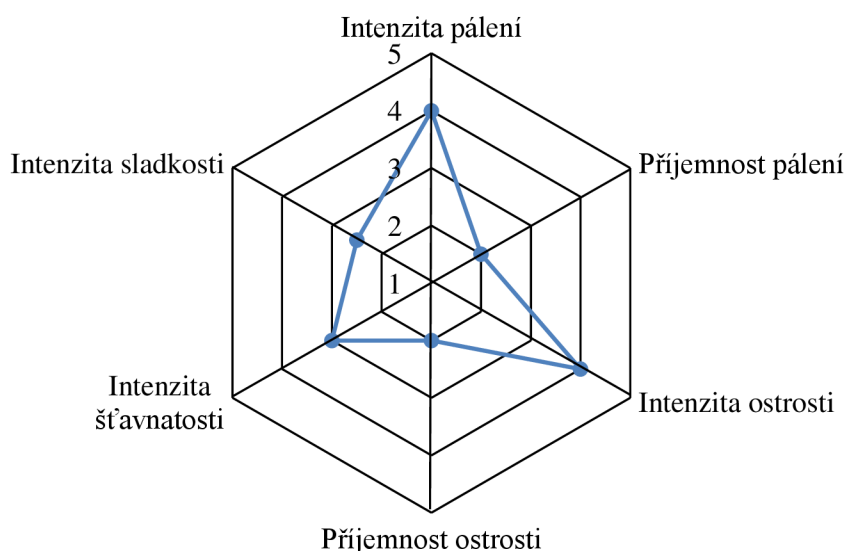
Ostrost této papričky byla rovněž intenzivní a spíše nepříjemná. Projevila se do 1,5 minuty od vložení do úst, nejčastěji za 10 sekund. Po 10 minutách přetrvál pocit ostrosti u 55 % hodnotitelů. Až 95 % hodnotitelů cítilo ostrost na jazyku, konkrétně na jeho špičce a okraji, 50 % hodnotitelů zmínilo ostrost na rtech, 50 % v krku, 30 % na patře, 20 % na tvářích, 5 % v žaludku, 5 % v nosní dutině a 5 % na dásních.

Habanero Chocolate bylo ohodnoceno jako středně šťavnaté a málo až středně sladké. Z hlediska dalších vjemů cítilo 45 % hodnotitelů při konzumaci hořkost, 35 % čokoládovou chuť, 25 % ovocnou chuť a 15 % kyselost. Dále byla zaznamenána chuť višně, ananasu, tropického ovoce a kávy. Slupku popsalo 55 % hodnotitelů jako pevnou, 35 % jako tenkou; 50 % hodnotitelů zmínilo silnou dužinu, 40 % křehkost a 25 % houbovitou strukturu plodu.

Přehledný slovní popis obsahuje Příloha 4. Znázornění mediánů vlastností hodnocených na pětibodové stupnici je v Grafu 11.

S popisem pěstitelek [72] hodnotitelé shodně zmínili hořkost plodu. Z texturního hlediska shodně vnímali i tenkost slupky, ale dužinu popsali jako silnou, nikoliv tenkou. Rovněž potvrzují střední šťavnatost papričky.

V porovnání s popisem pálivosti červených a žlutých papriček Habanero [54] se Habanero Chocolate liší místem účinku, který je lokalizován spíše v přední části jazyka. Z hlediska pocitu bylo Habanero Chocolate hodnoceno rovnocennou intenzitou pálivosti i ostrosti, zatímco žluté a červené plody byly hodnoceny jako „neuvěřitelně ostré“ [54].



*Graf 11: Mediány intenzit a příjemností hodnocených vlastností odrůdy Habanero Chocolate. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné*

#### 4.2.5 Hodnocení papričky Bhut Jolokia

Vývoj chuti Bhut Jolokia byl slovně popsán podobně jako u Habanero Chocolate – nejprve pálení, které přešlo do ostrosti. Většina hodnotitelů se shodla na nejvyšší intenzitě pálení i ostrosti na špičce jazyka, dále v krku, patře a na rtech. Někteří hodnotitelé cítili hořkost a sladkost, jiní nebyli schopni zaznamenat další chutě kvůli vysoké intenzitě pálení a ostrosti. Paprička rovněž vyvolávala nadměrnou tvorbu slin, pocení a uvolnění dýchacích cest.

Pálivost papričky Bhut Jolokia byla hodnocena jako intenzivní a spíše nepříjemná. Pálivost se projevila do minuty od začátku konzumace, nejčastěji za 10 sekund. Většina hodnotitelů cítila pálení po 10 minutách, pouze u 35 % hodnotitelů tento pocit nepřetrval. Celkem 95 % hodnotitelů uvedlo pálení jazyka, zejména jeho špičku a spodní stranu; 50 % hodnotitelů cítilo pálivost na rtech, 50 % v krku, 40 % v žaludku, 20 % na tvářích, 20 % na patře, 15 % v nosní dutině a 5 % pálily uši.

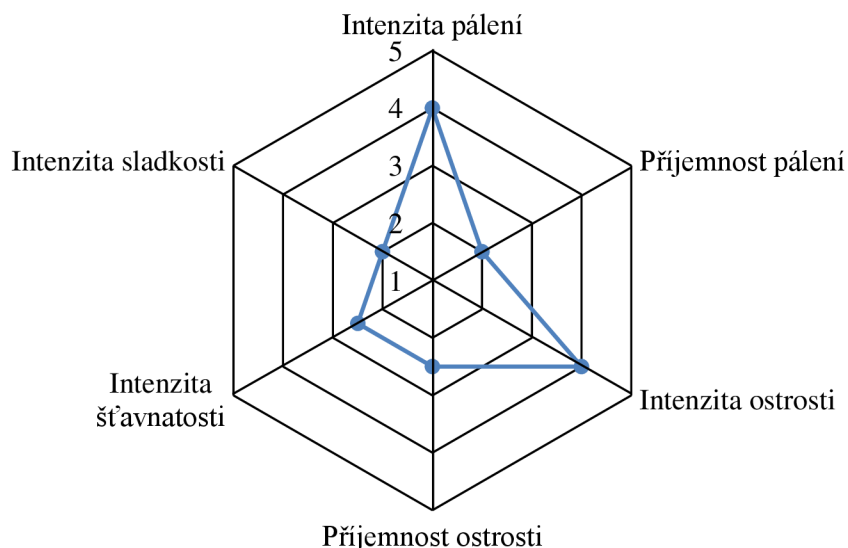
Ostrost byla také hodnocena jako intenzivní, což působilo neutrálně až spíše nepříjemně. Nástup ostrosti byl do dvou minut, nejčastěji po 30 sekundách; oproti pálivosti byla ostrost opožděná. Ostrost cítilo 55 % hodnotitelů i po 10 minutách, zatímco zbylých 45 % ne; 95 % hodnotitelů uvedlo pocit ostrosti na jazyku, rovněž hlavně na jeho špičce a spodní straně, 60 % hodnotitelů cítilo ostrost na rtech, 40 % v krku, 20 % na patře, 15 % na tvářích, 10 % v žaludku a 5 % v nosní dutině.

Vzorek papričky byl ohodnocen jako středně/málo šťavnatý a málo sladký. Co se týče dalších vjemů, 45 % hodnotitelů cítilo hořkost, 20 % ovocné tóny, 15 % kyselost a 5 % chuť čokolády. Chuť papričky byla také přirovnána k chuti rajčete. Z hlediska textury popsalo 85 % hodnotitelů slupku jako tenkou, 55 % jako křehkou a 20 % jako pevnou; 15 % hodnotitelů popsalo dužinu jako silnou a 40 % hodnotitelů uvedlo houbovitou strukturu plodu.

Příloha 4 obsahuje přehledný slovní popis. Znázornění mediánů vlastností hodnocených na pětibodové stupnici je v Grafu 12.

Hodnotitelé se s popisem pěstitelek [72] shodují v hodnocení tenkosti slupky, ovšem některým hodnotitelům se dužina zdála silná. Rovněž byly hodnotiteli zaznamenány ovocné tóny, šťavnatost a houbovitá (vrásčitá) struktura, kterou pěstitelky zmiňují.

V porovnání s popisem pálivosti Bhut Jolokia v rámci tvorby sensorické terminologie [54] hodnotitelé vnímali stejně intenzivně ostrost i pálivost, zatímco se zmíněná studie přiklání k pálivému pocitu. Liší se rovněž i popis nástupu tepelného vjemu – pálivost se projevila nejčastěji do 10 sekund a následně přešla v ostrost, zatímco studie [54] uvádí opožděný projev pálení. Přetrvávající pocit i vysoká intenzita tepelného vjemu se s touto studií shoduje s našimi výsledky.



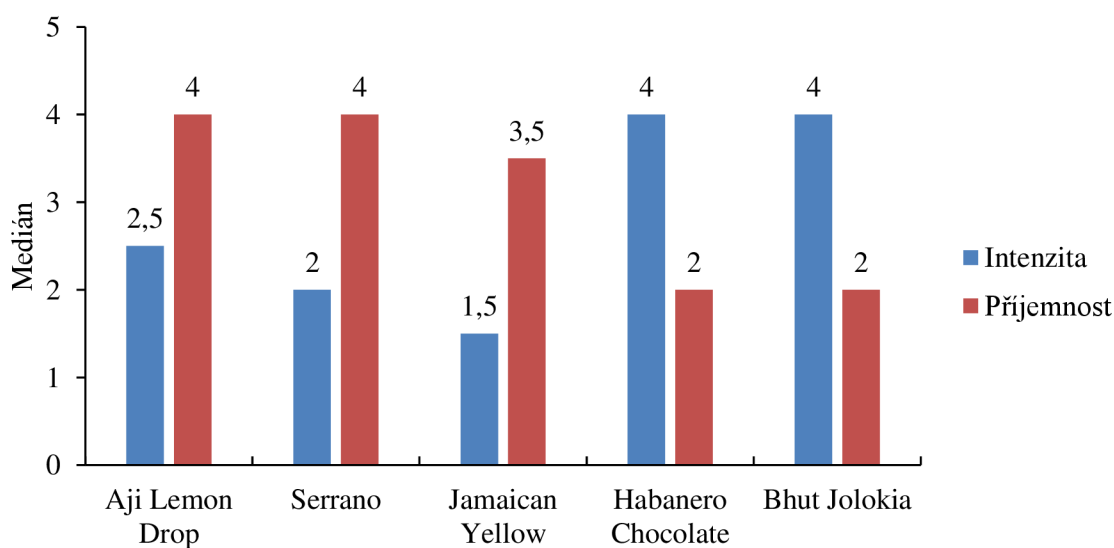
Graf 12: Mediány intenzit a příjemnosti hodnocených vlastností odrůdy Habanero Chocolate. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné

#### 4.2.6 Porovnání odrůd

V této kapitole je znázorněno porovnání odrůd podle jednotlivých hodnocených vlastností. Výsledky jsou znázorněny formou sloupcových a pavučinových grafů.

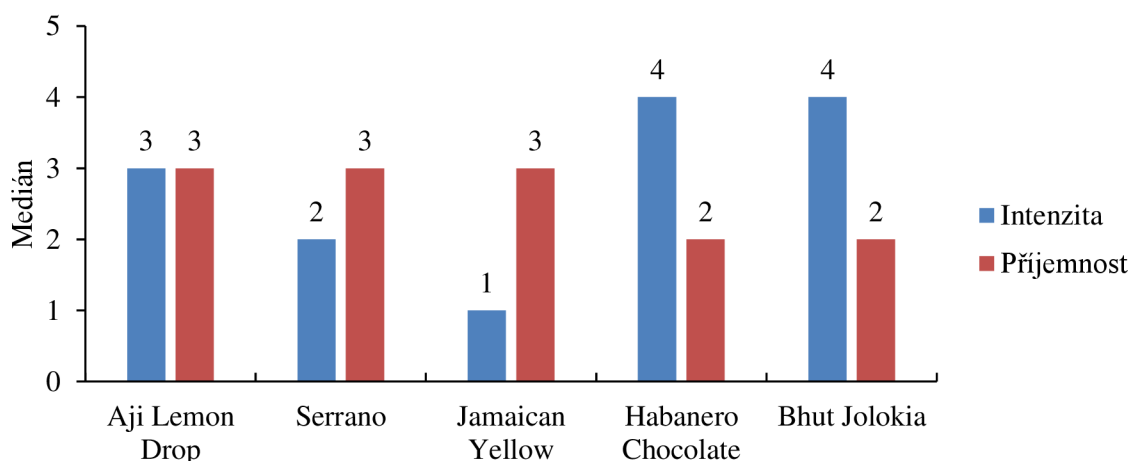
Mezi odrůdami byly na základě výsledků sensorického hodnocení zaznamenány rozdíly. Zároveň byl pozorován vztah mezi intenzitou vjemu a jeho příjemností.

Graf 13 znázorňuje porovnání intenzity a příjemnosti pálení. Z grafu je patrné, že papričky Aji Lemon Drop a Serrano vykazovaly nižší intenzitu pálení a hodnotitelům byla tato intenzita příjemná. Jamaican Yellow vykazovala velmi nízkou intenzitu pálení, proto byla příjemnost hodnocena jako neutrální až příjemná. Papričky Habanero Chocolate a Bhut Jolokia naopak pálily intenzivně a hodnotitelé shledali tuto intenzitu spíše nepříjemnou.



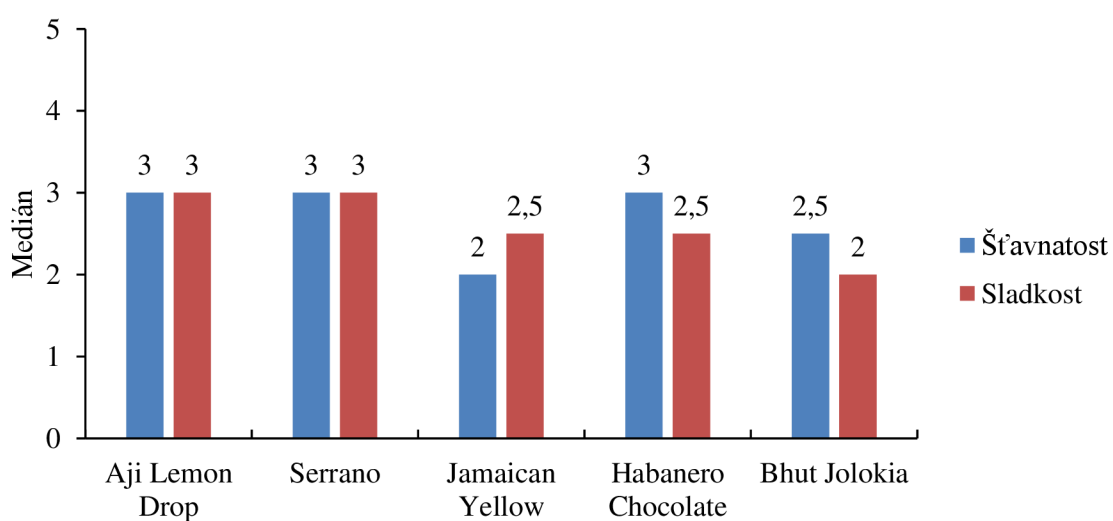
Graf 13: Porovnání intenzity a příjemnosti pálení papriček. Použitá stupnice pro intenzitu pálení: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost pálení: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné

Srovnání intenzity a příjemnosti ostrosti znázorňuje Graf 14. Paprička Aji Lemon Drop vykazovala střední intenzitu ostrosti, Serrano malou intenzitu a Jamaican Yellow velmi malou intenzitu ostrosti. Ve všech případech byla tato intenzita zhodnocena jako neutrální. Intenzivní ostrostí se projevovaly papričky Habanero Chocolate a Bhut Jolokia. Hodnotitelům byla tato intenzita spíše nepříjemná, ale obecně byli ještě schopni rozeznat další chuťové vlastnosti papriček.



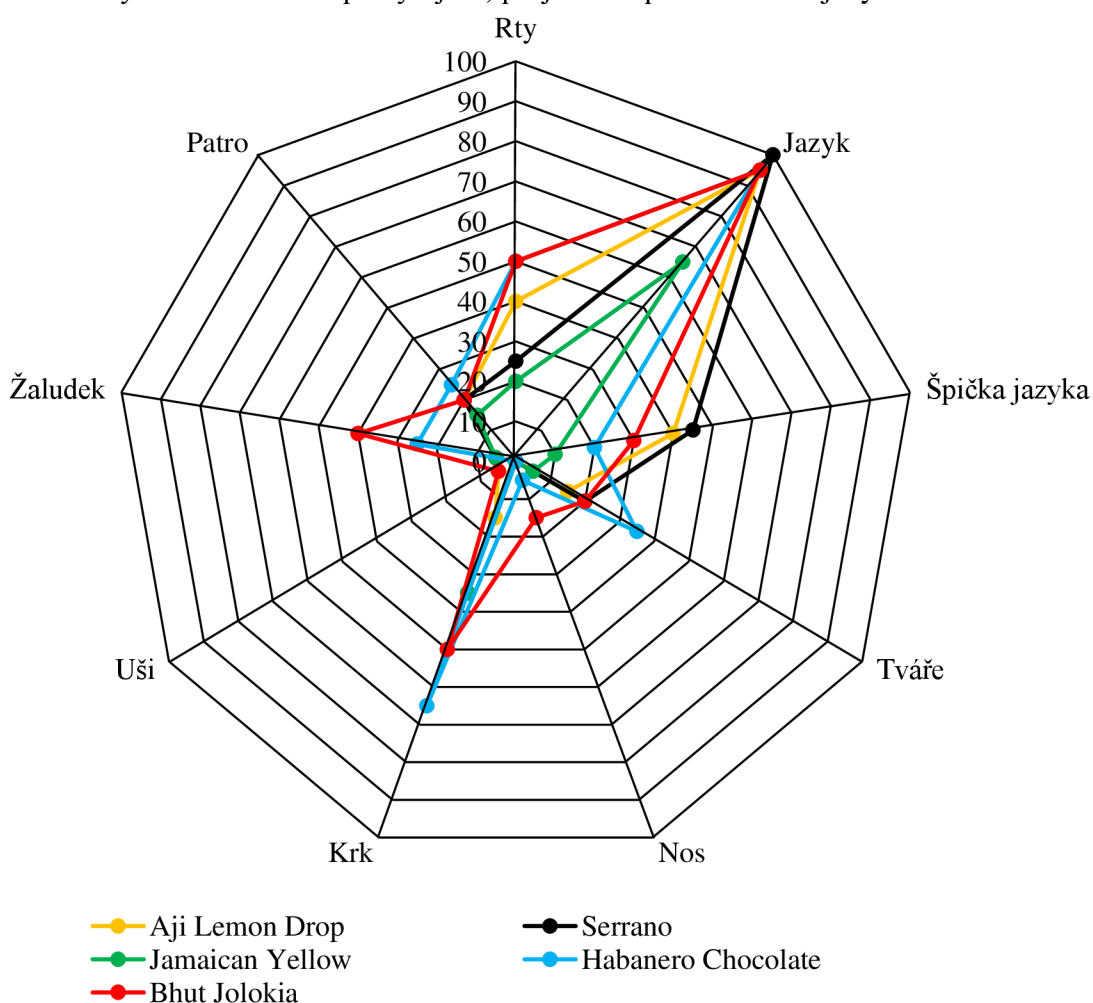
*Graf 14: Porovnání intenzity a příjemnosti ostrosti papriček. Použitá stupnice pro intenzitu ostrosti: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní. Použitá stupnice pro příjemnost ostrosti: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné*

Graf 15 zobrazuje medián intenzity šťavnatosti a sladkosti papriček. Papričky Aji Lemon Drop, Serrano a Habanero Chocolate byly ohodnoceny jako středně šťavnaté, Bhut Jolokia byla o něco méně šťavnatá a Jamaican Yellow málo šťavnatá. Současně papričky Aji Lemon Drop a Serrano zaznamenaly střední intenzitu sladkosti, o něco menší intenzitu Jamaican Yellow a Habanero Chocolate. Málo sladkou chuť měla paprička Bhut Jolokia.

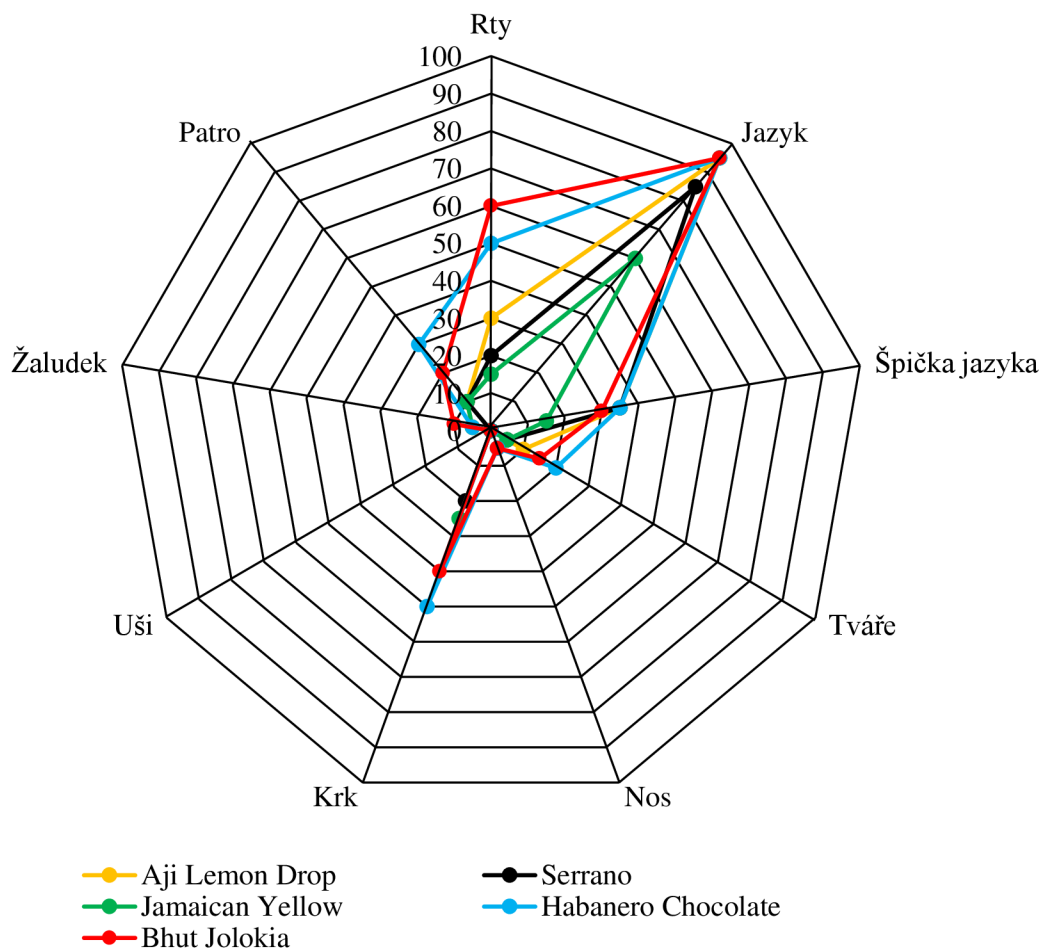


*Graf 15: Intenzita šťavnatosti a sladkosti papriček. Použitá stupnice pro intenzitu šťavnatosti: 1 velmi málo šťavnatá → 5 velmi silně šťavnatá. Použitá stupnice pro intenzitu sladkosti: 1 velmi málo sladká → velmi sladká*

V pavučinových Grafech 16 a 17 je znázorněno procentuální zastoupení hodnotitelů, kteří cítili pálivost, potažmo ostrost, v uvedeném místě. Z obou grafů je patrné, že se vzorky z hlediska působení tepelných vjemů více či méně lišily. Z pohledu pálivosti i ostrosti byl tepelný vjem nejčastěji zaznamenán na jazyku. V případě odrůd Habanero Chocolate a Bhut Jolokia byly oba vjemy ve větší míře zaznamenány i v krku a na rtech. Z Grafu 16 je také patrné, že paprička Bhut Jolokia páčila více v žaludku, na špičce jazyka a v nosní dutině, zatímco Habanero Chocolate bylo více pálivé v krku, na tvářích a patře. Odrůdy Aji Lemon Drop a Serrano si byly z hlediska intenzity tepelných vjemů velmi podobné (viz výše), nicméně pálivost i ostrost byly vnímány v různé míře a na různých místech, což je zřejmé z Grafu 16 a Grafu 17. Z uvedených grafů je rovněž patrné, že paprička Jamaican Yellow, která byla obecně hodnocena jako nejméně pálivá i ostrá, zaujala střed pavučinových grafů; pokud však byl zaznamenán tepelný vjem, projevil se především na jazyku.



Graf 16: Procentuální zastoupení hodnotitelů, kteří cítili pálivost v daném místě



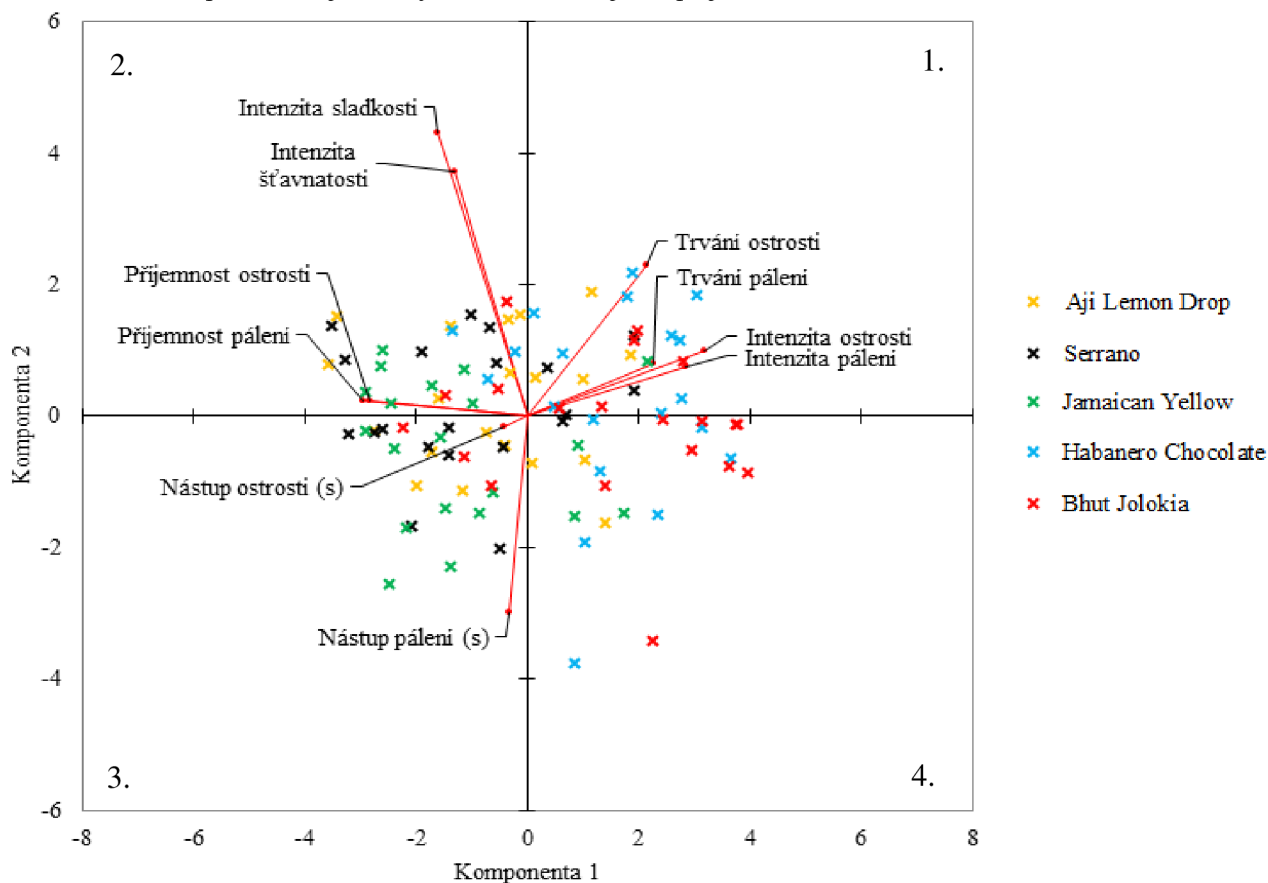
Graf 17: Procentuální zastoupení hodnotitelů, kteří cítili ostrost v daném místě

#### 4.2.7 Analýza hlavních komponent – senzorická analýza

Analýza hlavních komponent byla provedena také s výsledky senzorického hodnocení. PCA vycházela z deseti proměnných (intenzity ostrosti, pálení, sladkosti a šťavnatosti; příjemnosti pálení a ostrosti, nástupu pálení a ostrosti a trvání pálení a ostrosti), které byly na základě Kaiserova kritéria rozděleny do tří hlavních komponent popisujících 66,00 % celkové variability. Pro vizualizaci dat byla zvolena dvourozměrná plocha dvou komponent 1 a 2 vysvětlující 53,29 % celkové variability. Hlavní komponenty byly pozitivně nebo negativně korelovány původními proměnnými senzorických veličin.

Komponenta 1 zaujala 39,94 % celkové variability a byla pozitivně korelována intenzitou a trváním pálení i ostrosti. Naopak negativně byla korelována všemi ostatními vlivy, tedy intenzitou sladkosti a šťavnatosti, nástupem a příjemností tepelných pocitů. Komponenta 2 se 13,35 % celkové variability byla pozitivně ovlivněna všemi intenzitami, příjemností a trváním tepelných vjemů. Negativně pak nástupem pálení a ostrosti.

Z vizuální projekce v Grafu 18 je patrné, že na základě sensorické analýzy nebylo možné papričky jednoznačně rozdělit. Při bližším pohledu si lze všimnout, že papričky Bhut Jolokia a Habanero Chocolate byly formovány do pravé hemisféry (1. a 4. kvadrantu), která se vyznačuje vysokou intenzitou obou tepelných vjemů. Naopak paprička Jamaican Yellow byla projektována v levé hemisféře (2. a 3. kvadrantu), která indikuje nízkou intenzitu a vyšší příjemnost pálení/ostrosti. Z grafického znázornění jsou patrné i extrémní případy, kdy i vysoká intenzita tepelného vjemu byla hodnocena jako příjemná.



Graf 18: Projekce sensorického hodnocení vzorků chilli papriček do faktorové roviny komponent 1 a 2

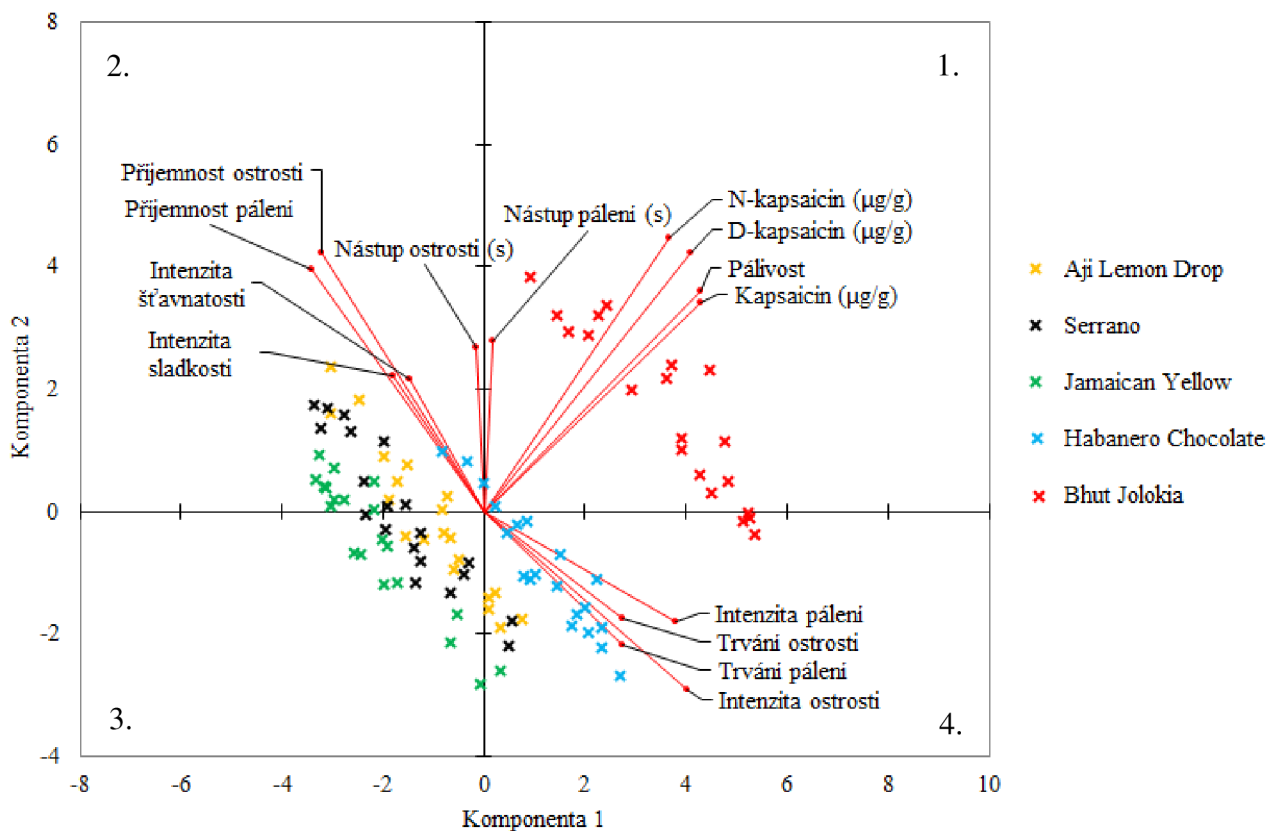
### 4.3 Vliv kapsaicinoidů na pálivost chilli papriček

Výsledky měření obsahu kapsaicinoidů a sensorické analýzy byly propojeny pomocí analýzy hlavních komponent. Pro PCA bylo použito 14 výchozích proměnných (všechny zmíněné v kap. 4.1.5 a 4.2.7), které byly podle Kaiserova kritéria shrnuty do čtyř hlavních komponent popisujících 74,85 % celkové variability. Ke znázornění dat byla použita dvourozměrná faktorová rovina hlavních komponent 1 a 2, které popisovaly 56,84 % celkové variability.



Komponenta 1, popisující 41,58 % celkové variability, byla středně až silně korelována obsahem všech kapsaicinoidů, pálivostí, intenzitou a trváním pálivosti i ostrosti. Středně silnou negativní korelací byla ovlivněna intenzitou sladkosti a šťavnatosti a příjemností obou tepelných vjemů. Minimální vliv byl zjištěn u nástupu ostrosti i pálivosti. Komponenta 2 charakterizovala 15,26 % celkové variability. Středně silně byla korelována obsahem všech kapsaicinoidů, pálivostí, intenzitou šťavnatosti a sladkosti, příjemností a nástupy pálení i ostrosti. Naopak slabě až středně silně byla negativně korelována intenzitami a trváním tepelných vjemů.

Z Grafu 19 je patrné, že propojení výsledků obou analýz umožnilo rozdělení vzorků do charakteristických oblastí dvou hlavních komponent 1 a 2. Odrůda Bhut Jolokia byla projektována převážně do oblasti pozitivního skóre obou komponent, která je charakteristická především vysokým obsahem kapsaicinoidů a vysokou pálivostí. Habanero Chocolate zaujalo střední oblast grafu. Tato oblast se také vyznačuje vysokým obsahem kapsaicinoidů, nicméně je odrůda více „přitahována“ k vysoké intenzitě a dlouhému trvání tepelných vjemů, které se u tohoto kultivaru projevovaly. Odrůdy Aji Lemon Drop a Serrano byly znázorněny částečně přes sebe, což potvrzuje jejich velkou podobnost. Typickými znaky pro tyto odrůdy jsou nižší obsahy pálivých látek a vyšší příjemnost tepelných vjemů. Odrůda Jamaican Yellow se „odtáhla“ do oblasti s nejnižším skóre komponenty 1, která značí velmi nízký obsah kapsaicinoidů a malou pálivost, což znovu potvrzuje všechny získané výsledky.



Graf 19: Projekce výsledků měření kapsaicinoidů a sensorické analýzy do faktorové roviny komponent 1 a 2

V rámci analýzy byly pozorovány také korelační vztahy mezi zkoumanými vlastnostmi papriček. Obsah tří nejvíce zastoupených kapsaicinoidů spolu silně koreloval ( $r = 0,83-0,96$ ). To znamená, že se se zvyšujícím obsahem jedné pálivé látky zvyšoval obsah i dalších kapsaicinoidů. Silná korelace byla nalezena také mezi pálivostí a obsahem všech kapsaicinoidů, zejména u obsahu kapsaicinu byla téměř absolutní ( $r = 0,998$ ). Tento vztah byl očekávaný a logický, protože pálivost vychází právě z obsahu kapsaicinoidů. Středně silná pozitivní korelace byla pozorována i mezi obsahem kapsaicinoidů a intenzitou pálení i ostrosti. Středně silná korelace byla nalezena také mezi intenzitami a trváním tepelných vjemů. Z hlediska příjemnosti byla pozorována středně silná až silná negativní korelace vůči intenzitě tepelných vjemů – tedy s rostoucí intenzitou pálení/ostrosti klesala jejich příjemnost. Nástup tepelných vjemů neměl vůči ostatním vlastnostem významný vliv. Byla nalezena také středně silná korelace mezi intenzitou šťavnatosti a intenzitou sladkosti. S vyšší intenzitou šťavnatosti tedy byla vyšší i sladkost plodů; vůči ostatním vlastnostem však měly tyto dvě intenzity zanedbatelný vliv.

Přehlednou korelační matici mezi všemi zkoumanými vlastnostmi obsahuje Příloha 9.

## 5 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo stanovit obsah tří nejvíce zastoupených kapsaicinoidů – kapsaicinu, dihydrokapsaicinu a nordihydrokapsaicinu – v plodech pěti odrůd chilli papriček a posoudit jejich vliv na sensorické vlastnosti papriček. Dalším cílem bylo také najít vztah mezi chemickým složením a sensorickým hodnocením a získané výsledky statisticky propojit a vizualizovat pomocí PCA.

Teoretická část této práce zahrnuje literární rešerši, která se zabývá charakteristikou chilli papriček, jejími druhy, pěstováním, posklizňovými úpravami, chemickým složením se zaměřením na pálivé látky, popisem vybraných odrůd chilli papriček, sensorickým hodnocením, metodami stanovení kapsaicinoidů, výsledky studií zabývajících se stejnými odrůdami, a statistickými metodami, které byly použity pro vyhodnocení. Experimentální část se věnuje sensorické analýze, analýze kapsaicinoidů pomocí HPLC-DAD a statistickému zpracování výsledků.

V sušině odrůdy Aji Lemon Drop bylo stanoveno  $2298 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu (RSD 7 %),  $1398 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu (RSD 6 %) a  $182 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  nordihydrokapsaicinu (RSD 10 %). Vypočtená pálivost dosahovala 61 194 SHU (RSD 7 %). Odrůda Serrano obsahovala v sušině  $359 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu (RSD 10 %),  $488 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu (RSD 10 %) a  $158 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  nordihydrokapsaicinu (RSD 10 %). Pálivost Serrano byla stanovena na 15 100 SHU (RSD 10 %). Sušina odrůdy Jamaican Yellow obsahovala  $421 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu (RSD 7 %),  $130 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu (RSD 7 %) a  $7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  nordihydrokapsaicinu (RSD 16 %). Z testovaných vzorků dosáhla tato odrůda nejnižší pálivosti, a to 8 928 SHU (RSD 7 %). V sušině Habanero Chocolate bylo stanoveno  $14\,275 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu (RSD 14 %),  $2\,091 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu (RSD 18 %) a  $122 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  nordihydrokapsaicinu (RSD 20 %). Pálivost této odrůdy dosahovala 264 630 SHU (RSD 15 %). Nejvyšší množství kapsaicinoidů v sušině obsahovala odrůda Bhut Jolokia, a to  $29\,320 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  kapsaicinu (RSD 7 %),  $7\,767 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  dihydrokapsaicinu (RSD 23 %) a  $456 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  nordihydrokapsaicinu (RSD 12 %). Celková pálivost byla stanovena na 601 338 SHU (RSD 10 %). S tímto souborem dat byla provedena ANOVA, která prokázala statisticky významné rozdíly mezi odrůdami jak z hlediska jednotlivých obsahů kapsaicinoidů, tak i z hlediska celkové pálivosti vzorků. Dále byla provedena analýza hlavních komponent, která tyto statisticky významné rozdíly v chemickém složení mezi odrůdami potvrdila a rozdělila vzorky do charakteristických oblastí hlavních komponent 1 a 2.

Největší část dat byla tvořena výsledky sensorické analýzy. Hodnotitelé byli zaměřeni především na posouzení intenzity a příjemnosti pálení/ostrosti a místo, kde tyto tepelné vjemy cítili. Dalšími hodnocenými vlastnostmi byly nástup tepelných vjemů od vložení papričky do úst, intenzita sladkosti a šťavnatosti, textura plodu a přítomnost dalších chutí. Ze získaných dat byl vypracován sensorický profil každé odrůdy. Vlastnosti hodnocené na pětibodové stupnici byly vyjádřeny formou mediánu do sloupcových a pavučinových grafů, ze kterých byly patrné rozdíly mezi odrůdami. Ke statistickému zpracování byl použit Kruskal-Wallisův test, který tyto rozdíly mezi vzorky potvrdil. Pro vizualizaci dat byla provedena PCA, která ale vzorky na základě sensorického hodnocení jednoznačně nerozdělila. Bylo to dáno tím, že analýza vycházela ze subjektivního hodnocení každého

hodnotitele a každý vnímal intenzitu, příjemnost i celkovou přijatelnost vzorku jinak, a proto se vzorky v grafickém znázornění prolínaly. Projevila se tak skutečnost, že hodnotitelé nebyli speciálně vyškoleni na hodnocení chilli papriček a reprezentovali běžné konzumenty těchto pálivých plodů. Z PCA vizualizace byly patrné také případy, kdy i vysoká intenzita tepelných vjemů byla vnímána jako příjemná, zatímco většina hodnotitelů tuto intenzitu považovala za nepřijatelnou.

Propojení výsledků měření obsahu kapsaicinoidů a sensorické analýzy pomocí PCA umožnilo vizualizovat vztahy mezi sledovanými parametry. Odrůdy byly jednoznačně rozděleny do charakteristických oblastí hlavních komponent 1 a 2, čímž se znovu potvrdily velké rozdíly v chemickém složení i sensorickém hodnocení vzorků. Byly také pozorovány korelační vztahy mezi proměnnými. S vyšším obsahem kapsaicinoidů v papričkách se zvyšovala jejich pálivost (vyjádřená v jednotkách SHU), současně byla při konzumaci zaznamenána vyšší intenzita tepelných vjemů a jejich delší trvání. Naopak s vysokou intenzitou pálení i ostrosti klesala příjemnost těchto vjemů. Nástup těchto pocitů neměl na pozorované vlastnosti vliv. S vyšší intenzitou šťavnatosti byla zaznamenána i vyšší sladkost plodů; z hlediska obsahu pálivých látek ani intenzity tepelných vjemů však nebyly tyto vlastnosti významné. Vliv jednotlivých kapsaicinoidů na místo účinku tepelného vjemu nebyl statisticky prokázán.

Výsledky této práce prokázaly významné rozdíly ve složení a sensorických vlastnostech různých odrůd chilli papriček. Pro lepší pochopení zkoumaných vlivů by bylo vhodné analyzovat celé spektrum kapsaicinoidů. Z hlediska sensorické analýzy by přesnější výsledky poskytl trénovaný panel hodnotitelů.

## 6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DEWITT, D. a BOSLAND, P. W. *The Complete Chile Pepper Book: A Gardener's Guide to Choosing, Growing, Preserving, and Cooking*. Timber Press, 2009. s. ISBN 9780881929201.
- [2] ALCRAFT, R., 2. *Koření*. 1. vyd. Čestlice: Rebo, 2009. s. ISBN 978-80-255-0208-2.
- [3] CRAZE, R., *Koření: [základní příručka o využívání koření pro zdraví a pohodu]*. 1. vyd. Praha: Fortuna Print, s. ISBN 80-7321-010-X.
- [4] WATSON, L. a DALLWITZ, M. J. 1992 onwards. The families of Flowering Plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 16th December 2019. delta-intkey.com
- [5] ZHANG, Z., LU, A. a D'ARCY, W., Solanceae. In: *Http://www.efloras.org/* [online]. 1978 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=2&taxon\\_id=10828](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=10828)
- [6] BOSLAND, P. W. a VOTAVA, E. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford, Oxford: Cabi, 1999. s. ISBN 0851993354 9780851993355.
- [7] SARPRAS, M. et al. Comparative Analysis of Fruit Metabolites and Pungency Candidate Genes Expression between Bhut Jolokia and Other Capsicum Species. *Plos One*, 2016, sv. 11, č. 12, s. 19. ISSN 1932-6203. Dostupné také z: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0167791>
- [8] DUELUND, L. a MOURITSEN, O. G. Contents of capsaicinoids in chillies grown in Denmark. *Food Chemistry*, 2017, sv. 221, s. 913-918. ISSN 0308-8146.
- [9] Kapsaicinoidy. [www.gorolchilli.cz](http://www.gorolchilli.cz). [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.gorolchilli.cz/clanky/kapsaicin>
- [10] *Rostlinná medicína*. Praha: Reader's Digest Výběr, 2003. ISBN 80-861-9673-9.
- [11] ARENS, U. *Jídlo jako jed, jídlo jako lék: [abecední průvodce bezpečnou a zdravou výživou]*. Praha: Reader's Digest Výběr, 1998. ISBN 80-902-0697-2.
- [12] NICKELS, J. *Jak pěstovat chilli: Průvodce domácím pěstováním chilli papriček*. Vydání první. Plzeň: Josef Krejčík, 2015. s. ISBN 978-80-905353-4-3
- [13] Piqsels. In: [www.piqsels.com](http://www.piqsels.com) [online]. [cit. 2020-02-05]. Dostupné z: <https://p0.piqsels.com/preview/543/327/747/capsicum-food-nature-Yellow.jpg>
- [14] PETŘÍKOVÁ, K. a MALÝ, I. *Základy pěstování plodové zeleniny*. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1998. s. ISBN 9788071051657.
- [15] VERMEULEN, N. *Encyklopedie bylin a koření*. 2. vyd. Čestlice: Rebo, 2001. ISBN 80-7234-169-3.
- [16] Flickr. In: [www.flickr.com](http://www.flickr.com) [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/naotoj/20446752238/in/photostream/>
- [17] KYBAL, J. *Naše a cizí koření*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1988. ISBN 07-027-88.
- [18] Pxhere. In: [www.pxhere.com](http://www.pxhere.com) [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://pxhere.com/cs/photo/1160657>
- [19] Live Staticflickr. In: [www.live.staticflickr.com](http://www.live.staticflickr.com) [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: [https://live.staticflickr.com/4415/36675837925\\_5d3deab554\\_b.jpg](https://live.staticflickr.com/4415/36675837925_5d3deab554_b.jpg)
- [20] Wikimedia. In: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org) [online]. [cit. 2020-02-06]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Rocoto.jpg>

- [21] FARRELL, H. *Pěstování ze semen: hrnkové rostliny, které potěší celou rodinu*. Vydání první. Praha: Knižní klub, 2016. s. ISBN 978-80-242-5237-7.
- [22] ANDREWS, J. *The Peppers Cookbook: 200 Recipes from the Pepper Lady's Kitchen*. USA: University of North Texas Press, 2005. s. ISBN 1-57441-193-4.
- [23] Pepper heads for life. [www.pepperheadsforlife.com](http://www.pepperheadsforlife.com) [online]. [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://pepperheadsforlife.com/chipotle-pepper-scoville-heat-units-shu/>
- [24] KADLEC, P. *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2009. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [25] FERNÁNDEZ-RONCO, M. P. et al. Equilibrium data for separation of oleoresin capsicum using supercritical CO<sub>2</sub>: A theoretical design of a countercurrent gas extraction column. *Journal of Supercritical Fluids*, 2011, 57(1), 1-8. DOI: 10.1016/j.supflu.2011.02.011. ISSN 08968446. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896844611000672>
- [26] JANICK, J. a PAULL, R. E. *The Encyclopedia of Fruit and Nuts*. CABI, 2008. ISBN 9780851996387
- [27] NIELSEN, T. H., SKJAERBAE, H. C. a KARLSEN P. Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants. *Physiologia Plantarum*. 2006, (82), 311-319. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1991.tb00099.x. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1399-3054.1991.tb00099.x>
- [28] MAGUIRE, K., *Někdo to rád pálivé: úplný průvodce pěstováním, sklizením a uchováváním chilli papriček*. Praha: Slovart, 2015. ISBN 978-80-7529-101-1.
- [29] ZOU, Y., MA, K a TIAN, M. Chemical composition and nutritive value of hot pepper seed (*Capsicum annuum*) grown in Northeast Region of China. *Food Science and Technology*. 2015, 35(4), 659-663. DOI: 10.1590/1678-457X.6803. ISSN 1678-457X. Dostupné také z: <https://www.researchgate.net/publication/282774808>
- [30] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5900-3.
- [31] ODSTRČIL, J. a ODSTRČILOVÁ, M. *Chemie potravin*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-701-3435-6.
- [32] MARTINEZ, S. et al. The effects of ripening stage and processing systems on vitamin C content in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2005, sv. 56, č. 1, s. 45-51. ISSN 0963-7486. Dostupné také z: <https://www.researchgate.net/publication/7725947>
- [33] TEODORO, A. F. P. et al. Vitamin C content in Habanero pepper accessions (*Capsicum chinense*). *Horticultura Brasileira*, 2013, sv. 31, č. 1, s. 59-62. ISSN 0102-0536. Dostupné také z: <https://pdfs.semanticscholar.org/7116/5b179825fb597daf54e87c24fd321ed1a910.pdf>
- [34] OLATUNJI, T. L. a AFOLAYAN, A. J. The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food Science & Nutrition*. 2018, 6(8), 2239-2251. DOI: 10.1002/fsn3.790. ISSN 20487177. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/fsn3.790>
- [35] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5901-1.

- [36] TANUMIHARDJO, S. A. *Carotenoids and human health*. New York: Humana Press, 2013, xxiii, 331 pages [cit. 2020-02-22]. Nutrition and health (Totowa, N.J.). ISBN 16-270-3202-9.
- [37] ARIMBOOR, R., NATARAJAN, R. B, MENON, K. R., CHANDRASEKHAR, L. P. a MOORKOTH, V. Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability – a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2015, 52(3), 1258-1271. DOI: 10.1007/s13197-014-1260-7. ISSN 0022-1155. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-014-1260-7>
- [38] Chemicalland21, *Paprika Oleoresin*, [online]. [cit 2020-02-25] Dostupné z: <http://www.chemicalland21.com/lifescience/foco/PAPRIKA%20OLEORE SIN.htm>
- [39] ANTONIOUS, G. F. Capsaicinoids and Vitamins in Hot Pepper and Their Role in Disease Therapy. *Capsaicin and its Human Therapeutic Development*. InTech, 2018, 2018-08-01. DOI: 10.5772/intechopen.78243. ISBN 978-1-78923-520-3. Dostupné také z: <http://www.intechopen.com/books/capsaicin-and-its-human-therapeutic-development/capsaicinoids-and-vitamins-in-hot-pepper-and-their-role-in-disease-therapy>
- [40] ROLLYSON, W. D., STOVER, C. A., BROWN, K. C. et al. Bioavailability of capsaicin and its implications for drug delivery. *Journal of Controlled Release*. 2014, 196, 96-105. DOI: 10.1016/j.jconrel.2014.09.027. ISSN 01683659. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168365914006701>
- [41] VELÍŠEK, J. a HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin*. OSSIS, 2009. s. ISBN 9788086659152.
- [42] Nordihydrocapsaicin. *Pepperheads for life* [online]. [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://pepperheadsforlife.com/the-scoville-scale/nordihydrocapsaicin/>
- [43] POLANSKÁ, H., Ústní sdělení, World of Chilli, Brno 2020.
- [44] Jamaican Yellow, In: [www.chili-shop24.com](http://www.chili-shop24.com) [online]. [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.chili-shop.com/growing-chillies/chili-seeds/spice-level-7-8/1416/jamaican-Yellow-chili-seeds>
- [45] OTHMAN, Z. A. A., AHMED, Y. B. H., HABILA, M. A. a GHAFAR, A. A., Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in Capsicum Fruit Samples using High Performance Liquid Chromatography. *Molecules*. 2011, 16(10), 8919-8929. DOI: 10.3390/molecules16108919. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/16/10/8919>
- [46] CORTRIGHT, D. N. a SZALLASI, A. Biochemical pharmacology of the vanilloid receptor TRPV1. An update. *European Journal of Biochemistry*. 2004, 71(10), 1814-1819. DOI: 10.1111/j.1432-1033.2004.04082.x. ISSN 0014-2956. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1432-1033-2004.04082.x>
- [47] REYES-ESCOGIDO, M., GONZALEZ-MONDRAGON, E. G. a VAZQUEZ-TZOMPANTZI, E. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. *Molecules*. 2011, 16(2), 1253-1270. DOI: 10.3390/molecules16021253. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/16/2/1253>
- [48] HARRISON, S. *Substance P*. 33(6), 555-576. DOI: 10.1016/S1357-2725(01)00031-0. ISSN 13572725. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1357272501000310>



- [49] O'CONNOR, T. M., O'CONNELL, J., O'BRIEN, D. I., GOODE, T., BREDIN, C. P. a SHANAHAN, F. The role of substance P in inflammatory disease. *Journal of Cellular Physiology*. 2004, 201(2), 167-180. DOI: 10.1002/jcp.20061. ISSN 0021-9541. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jcp.20061>
- [50] BEVAN, S. a SZOLCSÁNYI, J. Sensory neuron-specific actions of capsaicin: mechanisms and applications. *Trends in Pharmacological Sciences*. 1990. 11(8), 331-333. DOI: 10.1016/0165.6147(90)90237-3. ISSN 016561147. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0165614790902373>
- [51] SZOLCSÁNZI, J., OROSZI, G., NÉMETH, J., SZILVÁSSY, Z. a TÓSAKI, Á. Endothelin release by capsaicin in isolated working rat heart. *European Journal of Pharmacology*. 1999, 376(3), 247-250. DOI: 10.1016/S0014-2999(99)0037-X. ISSN 00142999. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001429999900374X>
- [52] DUTTA, A. a DESHPANDE, S. B. Mechanisms underlying the hypertensive response induced by capsaicin. *International Journal of Cardiology*. 2010, 145(2), 358-359. DOI: 10.1016/j.ijcard.2010.02.034. ISSN 01675273. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167527310001016>
- [53] ANAND, P. a BLEY, K. Topical capsaicin for pain management: therapeutic potential and mechanisms of action of the new high-concentration capsaicin 8% patch. *British Journal of Anaesthesia*. 2011, 107(4), 490-502. DOI: 10.1093/bja/aer260. ISSN 00070912. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007091217330295>
- [54] GUZMÁN, I. a BOSLAND, P. W. Sensory properties of chile pepper heat – and its importance to food quality and cultural preference. *Appetite*. 2017, 117, 186-190. DOI: 10.1016/j.appet.2017.06.026. ISSN 01956663. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195666316310339>
- [55] NOLDEN, A. A. a HAYES, J. E. Perceptual and affective responses to sampled capsaicin differ by reported intake. *Food Quality and Preference*. 2017, 55, 26-34. DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.08.003. ISSN 09503293. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095032931630163X>
- [56] RISSO, D. S., GIULIANI, C., ANTINUCCI, M., MORINI, G., GARAGNANI, P., TOFANELLI, S. a LUISELLI, D. A bio-cultural approach to the study of food choice: The contribution of taste genetics, population and culture. *Appetite*. 2017, 114, 240-247. DOI: 10.1016/j.appet.2017.03.046. ISSN 01956663. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195666316305165>
- [57] KRAJEWSKA, A. M. a POWERS, J. J. Sensory Properties of Naturally Occurring Capsaicinoids. *Journal of Food Science*. 1988, 53(3), 902-905. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb08981.x. ISSN 0022-1147. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1988.tb08981.x>
- [58] GILLETTE, M. H., APPEL, C. E. a LEGO, M. C. A New Method for Sensory Evaluation of Red Pepper Heat. *Journal of Food Science*. 1984, 49(4), 1028-1033. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb10386.x. ISSN 0022-1147. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.1984.tb10386.x>

- [59] KU, K. H., LEE, K. a PARK, J. B. Physicochemical Properties and Sensory Evaluation for the Heat Level (Hot Taste) of Korean Red Pepper Powder. *Preventive Nutrition and Food Science*. 2012, 17(1), 29-35. DOI: 10.3746/pnf.2012.17.1.029. ISSN 2287-1098. Dostupné také z: <http://www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/NODE01821217>
- [60] LU, M., HO, C. T. a HUANG, Q. Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2017, 25(1), 27-36. DOI: 10.1016/j.jfda.2016.10.023. ISSN 10219498. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1021949816301867>
- [61] LIU, A., HAN, CH., ZHOU, X., ZHU, Z., HUANG, F. a SHEN, Y. Determination of three capsaicinoids in *Capsicum annuum* by pressurized liquid extraction combined with LC-MS/MS. *Journal of Separation Science*. 2013, 36(5), 857-762. DOI: 10.1002/jssc.201200942. ISSN 16159306. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jssc.201200942>
- [62] GONZÁLEZ-ZAMORA, A., SUERRA-CAMPOS, E., PÉREZ-MORALES, R., VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C., GALLEGOS-ROBLES, M. A., LÓPEZ-MARTÍNEZ, D. a GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. Measurement of Capsaicinoids in Chiltepin Hot Pepper: A Comparison Study between Spectrophotometric Methon and High Performance Liquid Chromatography Analysis. *Journal of Chemistry*. 2015, 1-10. DOI: 10.1155/2015/709150. ISSN 2090-9063. Dostupné také z: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2015/709150/>
- [63] MPANZA, T., SABELA, M. I., MATHENJWA, S. S., KANCHI, S. a BISETTY, K. Elektrochemical Determination of Capsaicin and Silymarin Using a Glassy Carbon Electrode Modified by Gold Nanoparticle Decorated Multiwalled Carbon Nanotubes. *Analytical Letters*. 2014. 47(17), 2813-2828. DOI: 10.1080/00032719.2014.924010. ISSN 0003-2719. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00032719.2014.924010>
- [64] LYU, Q., ZHANG, X., ZHANG, Z., CHEN, X., ZHOU, Y., WANG, H a DING. M. A simple and sensitive electrochemical method for the deremination of capsaicinoids in chilli peppers. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2019, 288, 65-70. DOI: 10.1016/k.snb.2019.02.104. ISSN 09254005. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925400519303284>
- [65] XUE, Z., HU, CH., RAO, H., WANG, X., ZHOU, X., LIU, X. a LU, X. A novel electrochemical sensor for capsaicin based on mesoporous cellular foams. *Analytical Methods*. 2015, 7(3), 1167-1174. DOI: 10.1039/C4AY02537G. ISSN 1759-9660. Dostupné také z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C4AY02537G>
- [66] LAU, B. B. Y., PANCHOMPOO, J. a ALDOUS, L. Extraction and electrochemical detection of capsaicin and ascorbic acid from fresch chilli using ionic liquids. *New Journal of Chemistry*. 2015, 39(2), 860-867. DOI: 10.1039/C4NJ01416B. ISSN 1144-0546. Dostupné také z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C4NJ01416B>

- [67] NAGOTH, J. A., RAJ, J. P. P. a LEBEL, A. L. Comparative Study on the Extraction of Capsaicinoids from Capsicum chinese and their Analysis by Phosphomolybdic Acid Reduction and HPLC. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2014, 28(2), 247-252. ISSN 0976-044X. Dostupné také z: <http://globalresearchonline.net/journalcontents/v28-2/44.pdf>
- [68] ČÁSLAVSKÝ, J. Ústní sdělení, prezentace. VUT 2018
- [69] SWEAT, K. G., BROATCH, J., BORROR, C., HAGAN, K. a CAHILL, T. M. Variability in capsaicinoid content and Scoville heat ratings of commercially grown Jalapeño, Habanero and Bhut Jolokia peppers. *Food Chemistry*. 2016, 210, 606-612. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.04.135. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616306719>
- [70] M, S., GAUR, R., SHARMA, V.. et al. Comparative Analysis of Fruit Metabolites and Pungency Candidate Genes Expression between Bhut Jolokia and Other Capsicum Species. *PLOS ONE*. 2016, 11(12). DOI: 10.1371/journal.pone.0167791. ISSN 1932-6203. Dostupné také z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0167791>
- [71] KONEČKOVÁ, J. *Hodnocení pěstitelských vlastností vybraných zástupců chilli paprik v podmínkách Jižní Moravy*. Lednice, 2017. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Tomáš Kopta.
- [72] DOLEŽALOVÁ, A., POLANSKÁ, H., majitelky firmy World of Chilli s.r.o., Starobrněnská 20, Brno. Ústní sdělení.
- [73] KOPTA, T., SEKARA, A., POKLUDA, R., FERBY, V. a CARUSO, G. Screening of Chilli Pepper Genotypes as a Source of Capsaicinoids and Antioxidants under Conditions of Simulated Drought Stress. *Plant*. 2020, 9(3). DOI: 10.3390/plants9030364. ISSN 2223-7747. Dostupné také z: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/3/364>
- [74] KANTAR, M. B., ADNERSON, J. E., LUCHT, S. A. et al. Vitamin Variation in Capsicum Spp. Provides Opportunities to Improve Nutritional Value of Human Diets. *PLOS ONE*. 2016, 11(8). DOI: 10.1371/journal.pone.0161464. ISSN 1932-6203. Dostupné také z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0161464>
- [75] MAGIED, M. A. M., SALAMA, N. A. R. a ALI, M. R. Hypoglycemic and Hypocholesterolemia Effects of Intra-gastric Administration of Dried Red Chili Pepper (*Capsicum Annum*) in Alloxan-Induced Diabetic Male Albino Rats Fed with High-Fat-Diet. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2014, 2(11), 850-856. DOI: 10.12691/jfnr-2-11-15. ISSN 2333-1119. Dostupné také z: <http://pubs.sciepub.com/jfnr/2/11/15/index.html>
- [76] ORELLANA-ESCOBEDO, L., GARCIA-AMEZQUITA, L. E., OLIVAS, G. I., ORNELAS-PAZ, J. J. a SEPULVEDA, D.R. Capsaicinoids content and proximate composition of Mexican chilli peppers (*Capsicum* spp.) cultivated in the State of Chihuahua. *CyTA – Journal of Food*. 2013, 11(2), 179-184. DOI: 10.1080/19476337.2012.716082. ISSN 1947-6337. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19476337.2012.716082>

- [77] MIRANDA-MOLINA, F. S., VALLE-GUADARRAMA, S., GUERRA-RAMÍREZ, D., ARÉVALO-GALARZA, M. D. L., PÉREZ-GRAJALES, M. a ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Quality attributes and antioxidant properties of Serrano chili peppers (*Capsicum annuum* L.) affected by thermal conditions postharvest. *International Food Research Journal*. 2019, 26(6), 1889-1898. Dostupné také z: [http://ifrj.upm.edu.my/26%20\(06\)%202019/25%20-%20IFRJ19467.R1-Final.pdf](http://ifrj.upm.edu.my/26%20(06)%202019/25%20-%20IFRJ19467.R1-Final.pdf)
- [78] GONZÁLEZ-ZAMORA, A., SIERRA-CAMPOS, E., LUNA-ORTEGA, J., PÉREZ-MORALES, R., ORTIZ, J. a GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. Characterization of Different *Capsicum* Varieties by Evaluation of Their Capsaicinoids Content by High Performance Liquid Chromatography, Determination of Pungency and Effect of High Temperature. *Molecules*. 2013, 18(11), 13471-13486. DOI: 10.3390/molecules181113471. ISSN 1420-3049. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1420-3049/18/11/13471>
- [79] KOPTA, T., ŠLOSÁR, M., ANDREJIOVÁ, A., JURICA M. a POKLUDA, R. The influence of genotype and season on the biological potential of chilli pepper cultivars. *Folie Horticulturae*. 2019, 31(2), 365-374. DOI: 10.2478/fhort-2009-0029. Dostupné také z: <https://content.sciendo.com/view/journals/fhort/31/2/article-p365.xml>
- [80] CANTO-FLICK, A., BALAM-UC, E., BELLO-BELLO, J. J., et al. Capsaicinoids Content in Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): Hottest Known Cultivars. *HortScience*. 2008, 43(5), 1344-1349. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1344. ISSN 0018-5345. Dostupné také z: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/43/5/article-p1344.xml>
- [81] GOGOI, B. *Capsicum chinense* Jacq. (Bhut Jolokia) – rich source of capsaicin with wide application and economic potential. *Annals of Plant Sciences*. 2017, 6(8), 1664-1667. DOI: 10.21746/aps.2017.8.3. ISSN 2287-688X. Dostupné také z: <http://annalsofplantsciences.com/index.php/aps/article/view/343>
- [82] POPELKA, P., JEVINOVÁ, P., ŠMEJKAL, K. a ROBA, P. Determination of Capsaicin Content and Pungency Level of Different Fresh and Dried Chilli Peppers. *Folia Veterinaria*. 2017, 61(2), 11-16. DOI: 10.1515/fv-2017-0012. ISSN 2453-7837. Dostupné také z: <http://content.sciendo.com/view/journals/fv/61/2/article-p11.xml>
- [83] BARUAH, S., ZAMAN, M. K., RAJBONGSHI, P. a DAS, S. A Review on Recent Researches on Bhut Jolokia and Pharmacological Activity of Capsaicin. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2014, 24(2), 89-94. ISSN 0976-044X. Dostupné také z: <http://globalresearchonline.net/journalcontents/v24-2/15.pdf>
- [84] ANANTHAN, R., SUBASH, K. a LONGVAH, T. Capsaicinoids, amino acid and fatty acid profiles in different fruit components of the world hottest Naga king chilli (*Capsicum chinense* Jacq.). *Food Chemistry*. 2018, 238, 51-57. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.073. ISSN 03088146. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616320957>

- [85] JEEATID, N., TECHAWONGSTIEN, S., SURIHARN, B., BOSLAND, P. W. a TECHAWONGSTIEN, S. Light intensity affects capsaicinoid accumulation in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2017, 58(2), 103-110. DOI: 10.1007/s13580-017-0165-6. ISSN 2211-3452. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13580-017-0165-6>
- [86] LIU, Y a NAIR, M. G. Capsaicinoids in the Hottest Pepper Bhut Jolokia and its Antioxidant and Antiinflammatory Activities. *Natural Product Communications*. 2010, 5(1), 91-94. DOI: 10.1177/1934578X1000500122. ISSN 1934-578X. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1934578X1000500122>
- [87] NAGOTH, A. J. a PREETAM, R. J. P. Impact of Organic Solvents in the Extraction Efficiency of Therapeutic Analogue Capsaicin from *Capsicum chinense* Bhut Jolokia Fruits. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2014, 6(2), 159-164. ISSN 0975 1556. Dostupné také z: <http://impactfactor.org/PDF/IJPCR/6/IJPCR,Vol6,Issue2,Article9.pdf>
- [88] MENA, E., WARADE, S. D., ANSARI, M. T. a RAMJAN, M. D. Evaluation of capsaicin, Ascorbic acid,  $\alpha$ -Carotene and  $\beta$ -Carotene in Bhut Jolokia (*Capsicum chinense* Jacq.) genotypes from North East India. *The Pharma Innovation Journal*. 2018, 7(7), 93-97. ISSN 2277-7695. Dostupné také z: <http://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue7/PartB/7-6-23-252.pdf>
- [89] KENNAO, E. et al. Effect of Drying on Physicochemical Characteristics of Bhut Jolokia (Chilli Pepper). *Journal of Food Processing and Technology*. 2020, 11(3). DOI: 10.35248/2157-7110.20.11.823. Dostupné také z: <https://www.longdom.org/open-access/effect-of-drying-on-physicochemical-characteristics-of-bhut-Jolokia-chilli-pepper.pdf>
- [90] DORDA, M. Testování statistických hypotéz. In: *HomeL* [online]. [cit. 2020-07-01]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~dor028/KMORII\\_3.pdf](http://homel.vsb.cz/~dor028/KMORII_3.pdf)
- [91] Intermediate Statistics For Dummies. RUMSEY, D. *Intermediate Statistics For Dummies*. Hoboken: Wiley Publishing, 2007. ISBN 978-0-470-04520-6.
- [92] MILITKÝ, J. *Analýza hlavních komponent – PCA* [online]. In: [cit. 2020-07-01]. Dostupné z: <https://meloun.upce.cz/docs/license/sylaby-predmetu/militky/pca.pdf>
- [93] CURRELL, G. a DOWMAN A. *Essential Mathematics and Statistics for Science*. 2. Chichester: John Wiley, 2009. ISBN 978-0-470-69449-7.
- [94] MANLY, B. F. J. *Multivariate Statistical Methods: A Primer*. 3rd. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2004. ISBN 978-1-4822-8598-7.
- [95] HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Vyd. 2., opr. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-736-7123-9.
- [96] ANDĚL, J. *Statistické metody*. Vyd. 3. Praha: Matfyzpress, 2003. ISBN 80-867-3208-8.
- [97] VIDAL, R., MA, Y. a SASTRY, S. S. *Generalized Principal Component Analysis*. New York: Springer-Verlag New York, 2016. DOI: 10.1007/978-0-387-87811-9. ISBN 978-0-387-87810-2.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

- AdSV – Adsorpční stripovací voltametrie  
ANOVA – Analýza rozptylu  
ASTM – Standardizační organizace (American Society for Testing and Materials)  
ATP – Adenosintrifosfát  
BSTFA – (N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamid)  
C – Kapsaicin  
DAD – Detektor s diodovým polem  
DHC – Dihydrokapsaicin  
DPV – Diferenciální pulzní voltametrie  
EI – Elektronová ionizace  
FAD – Flavinadenindinukleotid  
FMN – Flavinmononukleotid  
GC – Plynová chromatografie  
h-C – Homokapsaicin  
h-DHC – Homodihydrokapsaicin  
HPLC – Vysokoučinná kapalinová chromatografie  
MAE – Extrakce pomocí mikrovln  
MF – Mobilní fáze  
MS – Hmotnostní spektrometrie  
NAD – Nikotinamidindinukleotid  
NADP – Nikotinamidindinukleotidfosfát  
n-DHC – Nordihydrokapsaicin  
NP – Normální fáze  
PCA – Analýza hlavních komponent  
PLE – Vysokotlaká extrakce rozpouštědlem  
RAE – Ekvivalent retinolové aktivity  
RP – Reverzní fáze  
RSD – Relativní směrodatná odchylka  
SF – Stacionární fáze  
SFE – Superkritická fluidní extrakce  
SHU – Jednotky pálivosti (Scoville Heat Units)  
SOX – Soxhletova extrakce  
TLC – Chromatografie na tenké vrstvě  
TRPV1 – Vanilloidní receptor 1  
UAE – Ultrazvuková extrakce  
UV – Ultrafialová část spektra  
VIS – Viditelná část spektra

## **8 SEZNAM PŘÍLOH**

*Příloha 1: Dotazník senzorické analýzy*

*Příloha 2: Kalibrační křivky*

*Příloha 3: Slovní popis vzorků 101–301*

*Příloha 4: Slovní popis vzorků 401 a 501*

*Příloha 5: Výsledky hodnocení intenzity pálení a ostrosti*

*Příloha 6: Výsledky hodnocení příjemnosti pálení a ostrosti*

*Příloha 7: Výsledky hodnocení intenzity šťavnatosti a sladkosti*

*Příloha 8: Ukázkový chromatogram 5× ředěného vzorku Aji Lemon Drop*

*Příloha 9: Korelační matice pozorovaných vlastností chilli papriček*



## 9 PŘÍLOHY

*Příloha 1: Dotazník senzorické analýzy*

### **DOTAZNÍK PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ VYBRANÝCH DRUHŮ CHILLI PAPRIČEK**

Vážení hodnotitelé,  
zhodnoťte, prosím, předložené vzorky chilli papriček.

Hodnotitel:

Datum:

Čas:

Zdravotní stav:                      kuřák/nekuřák    žena/muž

Jaké je Vaše stanovisko před ochutnáváním?

- chilli papričky jsem nikdy nejedl/a
- chilli papričky jím velmi málo, nevyhledávám je
- chilli papričky jím, aktivně je vyhledávám

**Popište své pocity a vjemy po ochutnání následujících vzorků chilli papriček (např. pálivost, intenzita apod.):**

<b>Kód vzorku</b>	
<b>101</b>	
<b>201</b>	
<b>301</b>	
<b>401</b>	
<b>501</b>	

Zhodnoťte předložené vzorky v následujících znacích, použijte uvedené stupnice, svá hodnocení zapište do příslušné tabulky.

### 1. Pálivost

Kód vzorku	Intenzita pálení	Příjemnost pálení	Nástup pálení (od vložení do úst)	Trvání po 10 minutách (od vložení do úst – ano/ne)
101				
201				
301				
401				
501				

#### Intenzita pálení:

1. Velmi málo intenzivní
2. Málo intenzivní
3. Středně intenzivní
4. Intenzivní
5. Velmi intenzivní

#### Příjemnost pálení:

1. Velmi nepříjemné – příliš výrazné, nelze rozeznat jiné vlastnosti papričky
2. Spíše nepříjemné – velmi výrazné, ale ještě lze rozeznat jiné vlastnosti papričky
3. Neutrální
4. Spíše příjemné
5. Velmi příjemné

#### Zaškrtněte, kde všude cítíte pálení:

Kód vzorku	Rty	Jazyk nebo jeho část (uved'te která)	Tváře	Nos	Krk	Uši	Žaludek	Jiné:
101								
201								
301								
401								
501								

### 2. Ostrost (pocit řezání do jazyka, bolest)

Kód vzorku	Intenzita ostrosti	Příjemnost ostrosti	Nástup ostrosti (od vložení do úst)	Trvání po 10 minutách (od vložení do úst – ano/ne)
101				
201				
301				
401				
501				

**Intenzita ostrosti:**

1. Velmi málo intenzivní
2. Málo intenzivní
3. Středně intenzivní
4. Intenzivní
5. Velmi intenzivní

**Příjemnost ostrosti:**

1. Velmi nepříjemné – příliš výrazné, nelze rozeznat jiné vlastnosti papričky
2. Spíše nepříjemné – velmi výrazné, ale ještě lze rozeznat jiné vlastnosti papričky
3. Neutrální
4. Spíše příjemné
5. Velmi příjemné

**Zaškrtněte, kde všude cítíte ostrost:**

Kód vzorku	Rty	Jazyk nebo jeho část (uved'te která)	Tváře	Nos	Krk	Uši	Žaludek	Jiné:
101								
201								
301								
401								
501								

**3. Šťavnatost a sladkost**

Kód vzorku	Intenzita šťavnatosti	Intenzita sladkosti
101		
201		
301		
401		
501		

**Intenzita šťavnatosti**

1. Velmi málo šťavnatá, suchá
2. Málo šťavnatá
3. Středně šťavnatá
4. Silně šťavnatá
5. Velmi silně šťavnatá

**Intenzita sladkosti**

1. Velmi málo sladká
2. Málo sladká
3. Středně sladká
4. Spíše sladká
5. Velmi sladká

**5. Přítomnost dalších chutí – ano/ne**

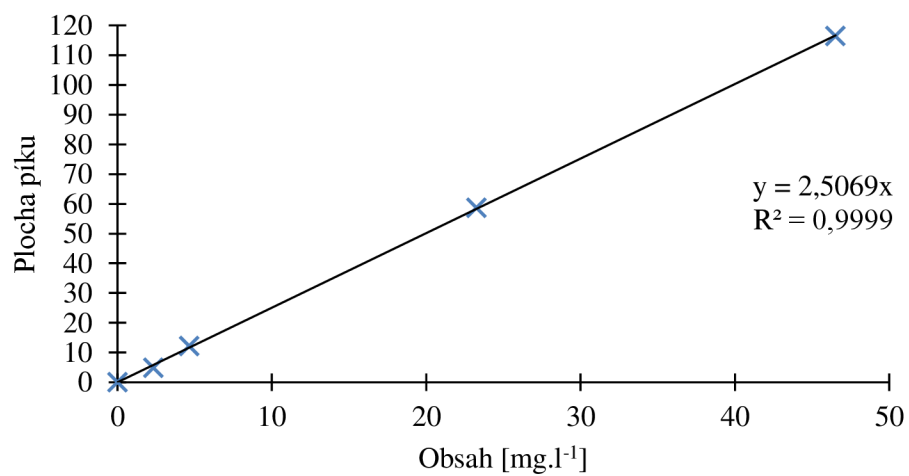
<b>Kód vzorku</b>	<b>Hořká</b>	<b>Kyselá</b>	<b>Čokoládová</b>	<b>Ovocná</b>	<b>Jiná:</b>
101					
201					
301					
401					
501					

**6. Vlastnosti slupky****Zaškrtněte jednu nebo více možností**

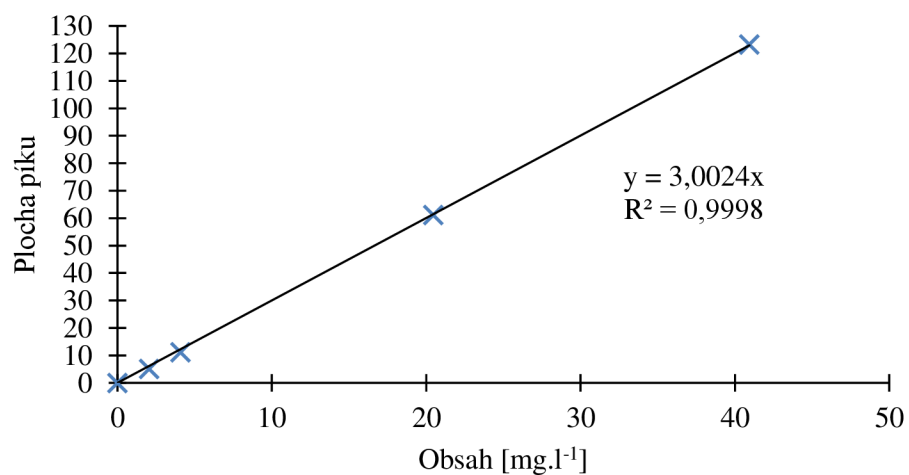
<b>Kód vzorku</b>	<b>Tenká</b>	<b>Silná</b>	<b>Křehká</b>	<b>Pevná</b>	<b>Houbovitá</b>	<b>Jiná:</b>
101						
201						
301						
401						
501						

Příloha 2: Kalibrační křivky

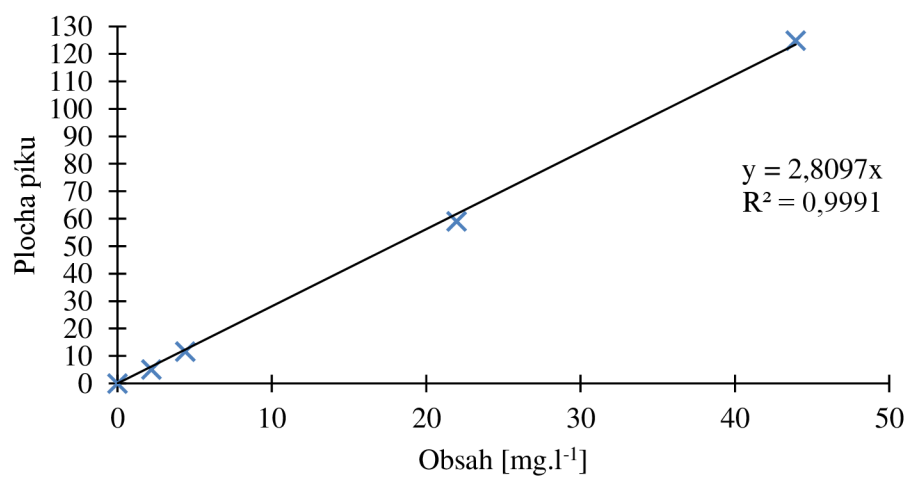
Kapsaicin



Dihydrokapsaicin



Nordihydrokapsaicin



*Příloha 3: Slovní popis vzorků 101–301*

Vzorek	Aji Lemon Drop (101)	Serrano (201)	Jamaican Yellow (301)
Hodnotitel	Slovní popis		
1	Rychlý nástup, řízné na špičce jazyka, střední intenzita.	Pomalý nástup pálení, minimální ostrost, příjemná sladká chuť.	Nepálivá paprička, neutrální chuť.
2	Sladká, málo pálivá, pálivost nastupuje jemně po minutě, chuťově mezi paprikou a rajčetem. Pálivost minimální, ostrost žádná. Chuť mizí ani ne po 5 minutách.	Pálivost po pár sekundách, šťavnatá, ostrost se ze středu jazyka rozšiřuje na celý jazyk, po polknutí řeže v krku, příjemně pálí.	Pálivost nastupuje dlouho, řezání je opožděné oproti vzorku 201, chuťově nevýrazná.
3	Příjemná chuť, po 15 sekundách zmírnění ostrosti. Po celých 10 minut stálý pocit ostrosti v ústech.	Po určité době velmi rychlý nástup ostrosti. Po zbytek času pálivost neustupuje. Po 1 minutě nástup škytání a pocení. Konec škytavky po 3. minutě.	Málo pálivá chuť, ostrost není přítomna.
4	Nepříjemný pach, pálivost nastupuje po chvíli.	Sušší vzorek, menší pálivost. Nejslabší.	Sušší vzorek, téměř bez vůně. Dost palčivý.
5	Příjemná sladkost po odeznění počátečního pálení, připomíná tóny chilli čokolády.	Silnější nástup ostrosti oproti vzorku 101, méně příjemná. Sladká před nástupem ostrosti.	Ostrost nastupuje až po pálení, ale velmi rychle přejde. Mírně připomíná čokoládu.
6	Pálivost nevýrazná, intenzita velmi nízká. Nepříliš intenzivní chuť, slabý požitek. Ostrost téměř žádná.	Delší nástup pálivosti, příjemná pálivost. Nižší intenzita pálivosti, spíš ostrá než pálivá.	Velmi dlouhý nástup pálivosti, pálivost nevýrazná, skoro žádná chuť, téměř žádná ostrost. Intenzita velmi nízká.

*Příloha 3: Slovní popis vzorků 101–301 – pokračování*

Vzorek	Aji Lemon Drop (101)	Serrano (201)	Jamaican Yellow (301)
Hodnotitel	Slovní popis		
7	Spíše pálivá, jemně nakyslá, svěží. Po 1,5 minutě se projevuje ostrost. Celkově poměrně příjemná chuť, ale sušší paprička.	Hodně pálivá, ovocné aroma, pozdější nástup ostrosti.	Skoro nepálí, trpčí, sušší, později ostrá.
8	Ze začátku příjemná sladká chuť, po cca 20 s nastupuje příjemné jemné pálení, které následně mírně klesá. Odhad pálivost 3000 SHU.	Chuť připomíná kapii, podle vzhledu se jedná o Jalapeño. Pomalý nástup pálivosti, odhad 10 000 SHU.	Příjemná sladká vůně, sladká chuť, po odeznění šťavnatosti není výrazná. Minimální pálivost, odhad pod 1000 SHU.
9	Docela pálivé, bez dalších příchutí.	Příjemně pálivá a ostrá, zároveň i sladká.	Spíše slabě pálivá, ale bez dalších příchutí.
10	Po konzumaci ihned pálí, první minutu nejintenzivnější. Velice příjemná paprička, po 7 minutách bez ostrosti, po 8 minutách bez pálivosti.	Velmi slabá paprička, páčila asi po dobu jedné minuty, ostrost se projevuje velmi jemně a na opravdu krátkou chvíli.	Nepálivá paprička, velice lehce je cítit ostrost na špičce jazyka (asi 5 sekund).
11	Mezi 1. a 2. minutou nejsilnější ostrost, kolem 4. minuty zeslabení. Po 6 minutách přestává ostrost na jazyku. Slza na krajíčku. Po 10 minutách pouze slabé pálení.	Málo intenzivní, ostrost minimální, spíše pálivost – maximum kolem 1. minuty.	Bez ostrosti, pálivost minimální.
12	Nejprve pálení na špičce jazyka, následně páčil celý jazyk a horní patro. Slinění, ústup pálení.	Pomalý nástup pálivosti, bez ostrosti, rychlý ústup pálení.	Pomalý nástup pálivosti, bez ostrosti, krátký čas pálení.



*Příloha 3: Slovní popis vzorků 101–301 – pokračování*

Vzorek	Aji Lemon Drop (101)	Serrano (201)	Jamaican Yellow (301)
Hodnotitel	Slovní popis		
13	Příjemný vzorek jako celek, dost ostrá, málo pálivá, ale chutná a šťavnatá.	Hodně slabá pálivost i ostrost, nemá moc zajímavou chuť. Dost hořká, málo šťavnatá a je houbovitá.	Slabší na ostrost i pálení než vzorek 201, příjemná chuť, celkem šťavnatá, není hořká.
14	Slabé pálení na jazyku, po chvíli ustane.	Trochu silnější pálení na jazyku a v ústech, ne příliš intenzivní.	Středně intenzivní pálení na jazyku a chvilkově i v krku.
15	Slabý pocit pálení v ústech a na jazyku, po pár minutách vyprchal.	Postupný nástup pálení (středně) na patře a později v krku, trochu ostrost v krku, po zhruba 2 minutách začíná postupně ustupovat, pocit ostrosti citelný, ale slabší. Po 10 minutách lze ostrost i pálení cítit, ale slabě.	Nejprve pocit ostrosti v krku, přidává se pálení, které ustupuje rychleji. Při nástupu spíše nepříjemné, ale relativně rychle odezní. Intenzita pálení se zdá slabší než ostrost.
16	Rozumně pálivá, chutná.	Podobná paprička jako vzorek 101, ale pálivější.	Méně sladký vzorek než předchozí.
17	Pocit pálení v ústech a na horním patře, rychlý nástup ostrosti, poté pálení.	Slabší vzorek než 101, rychlý nástup pálení. Po cca 4 minutách nepálí.	Jemné pálení v krku po polknutí.
18	Rychlý intenzivní nástup, brnění jazyka, pocit pálení v krku, po cca 6 minutách odeznívající.	Pozvolný nástup pálivosti, nejvíce 2 minuty po konzumaci. Příjemná pálivost, postupně odeznívá.	Velmi jemná, příjemná a nasládlá paprika.

*Příloha 3: Slovní popis vzorků 101–301 – pokračování*

Vzorek	Aji Lemon Drop (101)	Serrano (201)	Jamaican Yellow (301)
Hodnotitel	Slovní popis		
19	Rychlý nástup ostrosti, příjemná pálivost, dlouhotrvající ostrost, krásně šťavnatá, po rozkousnutí semínka intenzivnější.	Pomalejší nástup ostrosti, zato intenzivnější než u 101, pálivost minimálně, rychlý ústup.	Pomalejší nástup pálení i ostrosti, rychlé odeznívání. Příjemná chuť, po rozkousnutí semínka více hřeje.
20	Rychlý nástup, příjemná pálivost, při polknutí výraznější ostrost.	Paprička nepálí, ani není ostrá.	Velmi pozvolný nástup. Příjemná lehká pálivost, která dlouho trvá.

*Příloha 4: Slovní popis vzorků 401 a 501*

Vzorek	Habanero Chocolate (401)	Bhut Jolokia (501)
Hodnotitel	Slovní popis	
1	Pomalý nástup, možno zaznamenat v prvních 10 s výrazně hořkou chutí, relativně nepříjemnou. Intenzita pálení i ostrosti vysoká.	Pomalý nástup ostrosti, poté velmi intenzivní na špičce jazyka a patře. Příjemná pálivost.
2	Nádherné aroma, vyniká chutí nad vzorky 101, 201 a 301, je sladká. Po 5 minutách řeže do dásní, pálivost po 5 minutách odeznívá. Ostrá na rtech a jazyku.	Maximální slinivost, pálivost nastupuje dlouho, je intenzivní. Řeže po stranách jazyka, po 4 minutách pálivost ustupuje.
3	Pocit silného řezání v krku a na rtech. Nechutné.	Ostrost na špičce jazyka.
4	Téměř bez vůně, hořká hlavně zpočátku, než začne pálit. Nechutná, suchá. Vyvolává pocení, po 5 minutách i smrkání.	Zpočátku hodně hořká, vyvolává pocení, smrkání a nadměrnou tvorbu slin. Nejostřejší.
5	Výrazně ostrá a pálivá, nejdříve byla cítit chuť ananasu. Má příjemnou chuť, ostrost mírně přehnaná, vyvolává smrkání.	Paprička časem pálí víc a víc, porovnatelně ostrá jako vzorek 401. Těžko cítit nějaké jiné chutě.
6	Zdlouhavější nástup pálivosti i ostrosti, po nástupu vysoká intenzita, po polknutí pálení v krku na krátkou dobu (cca půl minuty). Rychlá ztráta pálivosti, velmi dlouho trvající ostrost.	Delší nástup chuti, ideální intenzita pálivosti, větší ostrost než pálivost po 6 minutách. Dlouho trvající chuť, osvěžující, dlouhodobá ostrost.
7	Pomalý nástup pálivosti, nakonec poměrně intenzivní pálivá i ostrá. Šťavnatější, atypické aroma.	Nejpálivější, pomalý nástup, nakonec velmi intenzivní.

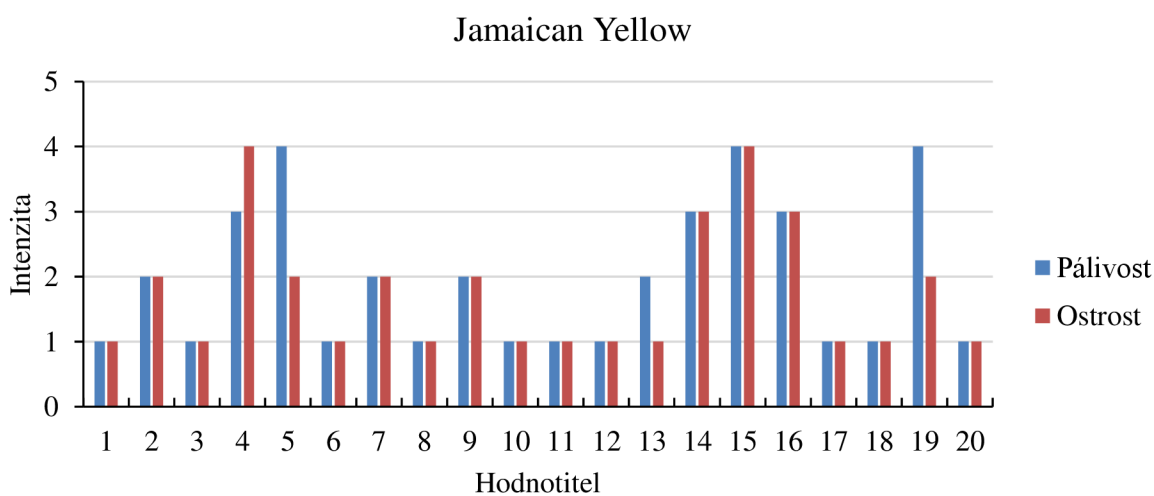
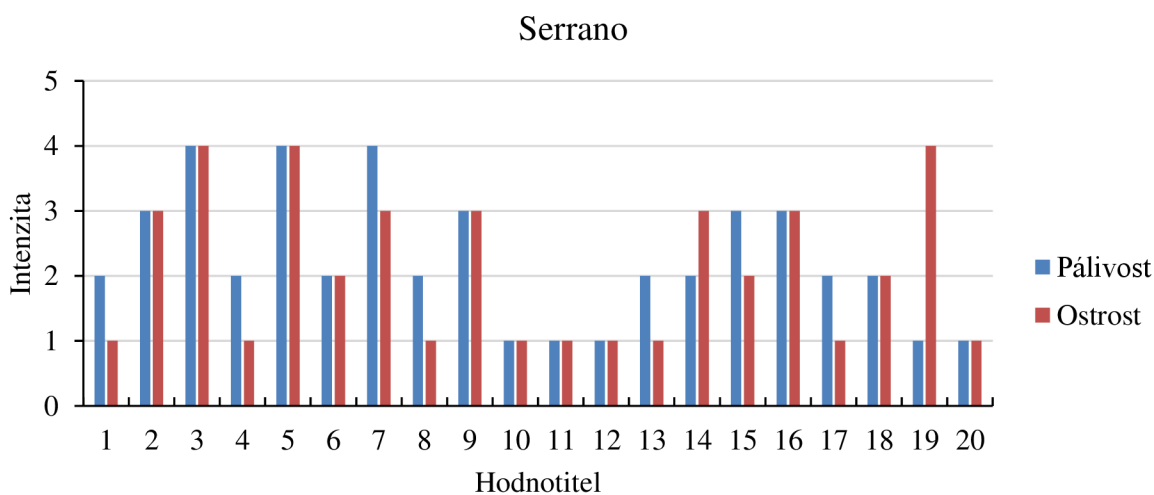
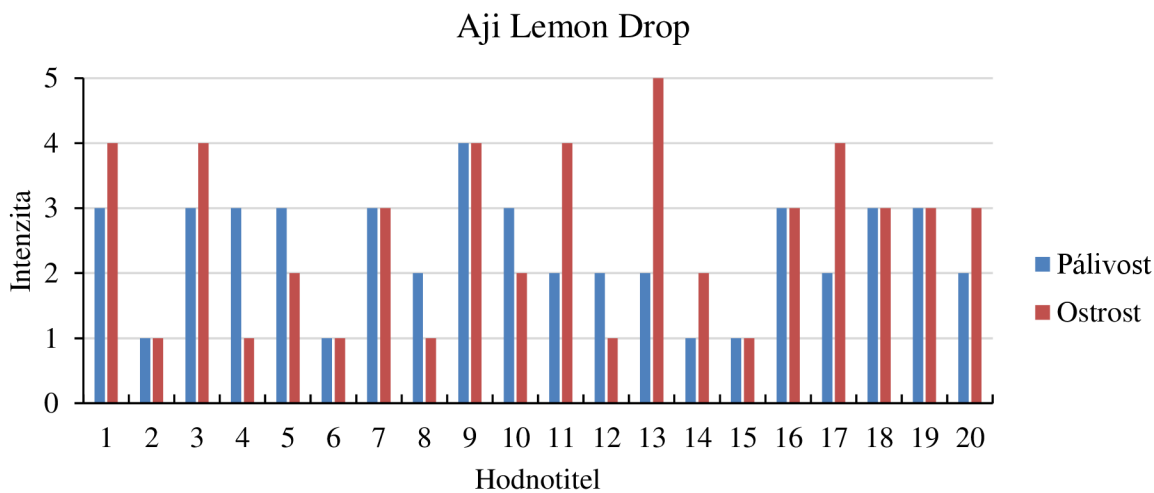
*Příloha 4: Slovní popis vzorků 401 a 501 – pokračování*

Vzorek	Habanero Chocolate (401)	Bhut Jolokia (501)
Hodnotitel	Slovní popis	
8	Příjemná ovocná vůně, výborná chuť, připomíná tropické ovoce, nedosahuje však na Habanero Yellow. Pálivost po nástupu přetrvává, ostrost klesá po úvodním intenzivním nástupu. Odhad 350 000 SHU, Habanero Chocolate.	Málo intenzivní vůně, převládá pálivost a ostrost. Po odeznění počáteční sladkosti je bez chutě. Nedosahuje chuťových kvalit jako jiné více pálivé papričky. Odhad 800 000 až 900 000 SHU.
9	Pálivá, částečně kyselé-čokoládová. Nechutná. Rychlý nástup i pokles pálivosti.	Silně pálivá, jiné chutě nejdou cítit.
10	Velmi sladká chuť s příjemným pálením – asi minutu velmi intenzivní, poté pomalu ustupuje. Ostrost první minutu velmi intenzivní, po cca 4 minutách příjemné řezání do špičky a boku jazyka.	Chutná paprička s asi 30sekundovým pálením, ostrost chvilku intenzivní, pak velmi mírná.
11	Po 30 sekundách silná ostrost na jazyku, slza ukápla. Vyvolává smrkání. Pálení v krku i žaludku (mírnější než v ústech), od 6. minuty snižování na intenzitě.	Ostrost na rtech a jazyku po 20 sekundách, i po 5 minutách ostrost přetrvává. Pálivost menší.
12	Nepříliš příjemná chuť, velmi pozvolný nástup pálivosti i ostrosti, postupně převládá ostrost nad pálivostí. Slzení očí.	Velmi pomalý nástup pálivosti, bez ostrosti, nepříliš příjemná chuť.
13	Hodně hořká, sušší, hodně ostrá, méně pálivá. Spíš nechutná.	Pomalý nástup pálení a ostrosti, hodně ostrá, celkem pálivá, chutná.

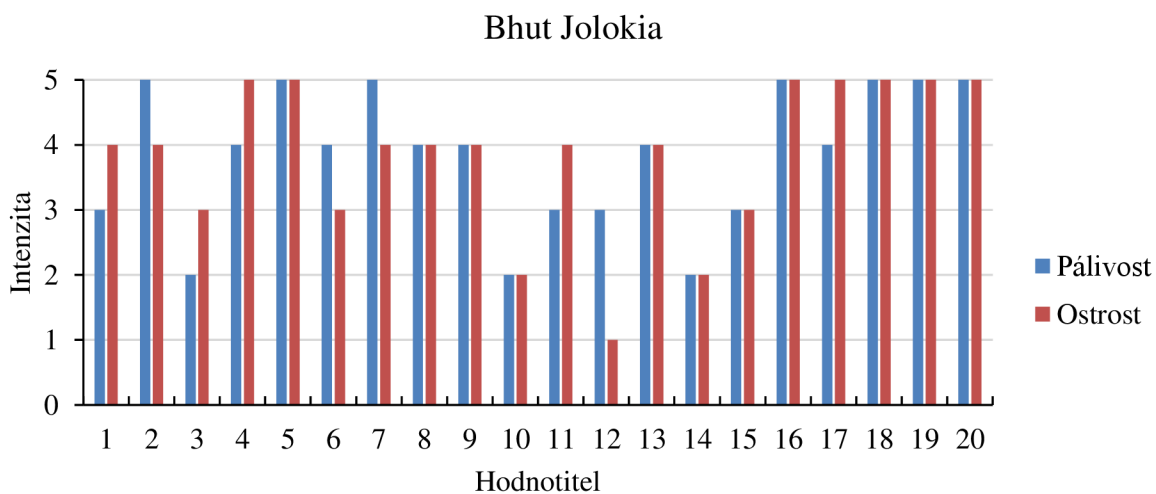
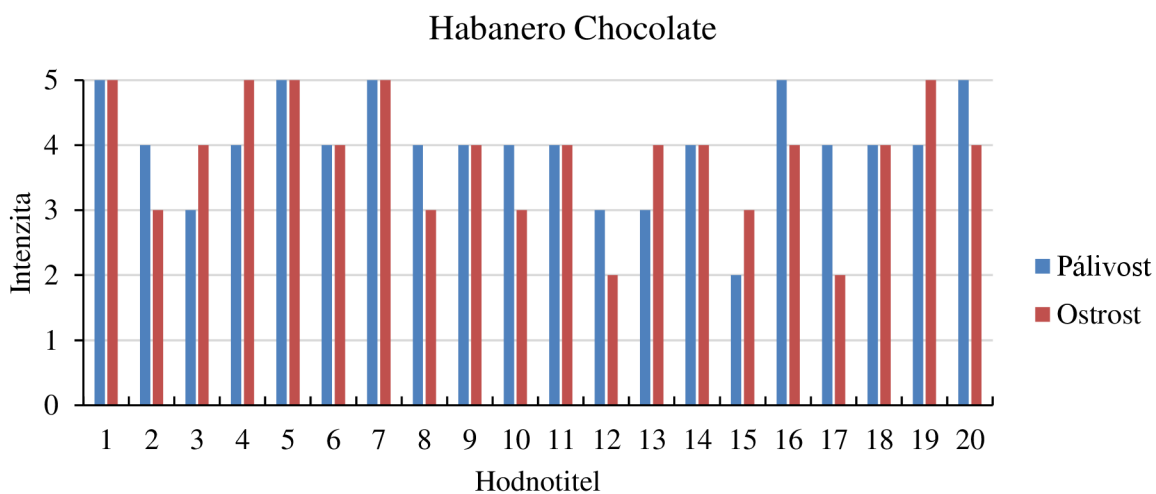
*Příloha 4: Slovní popis vzorků 401 a 501 – pokračování*

Vzorek	Habanero Chocolate (401)	Bhut Jolokia (501)
Hodnotitel	Slovní popis	
14	Intenzivní pálení na jazyku a dočasné pálení v krku.	Jemné pálení, ale pouze chvilkově.
15	Zpočátku slabší nástup, za 1,5 minuty ostrost v krku, ale celkově spíše slabší a příjemná. Pomalý ústup. Po 10 minutách lze cítit ostrost na patře, která nebyla zpočátku zřetelná.	Nástup od půl minuty, pomalý ústup.
16	Velmi štiplavá, vyvolává pocení.	Pálivější a ostřejší než vzorek 401, delší dobu odeznívalo pálení.
17	Ostrá paprička, lze cítit chuť čokolády. Vyvolává slinění a smrkání. Po 5 minutách ustává.	Po 4,5 minutách nástup pálení. Nejsilnější paprika. Vyvolává silné slinění a pocit pálení na hrudi.
18	Velmi rychlý nástup ostrosti, pocit brnění jazyka, lehké pálení v krku, nadměrné slinění, po 5-6 minutách ústup.	Ohromně rychlý nástup ostrosti a pálení, nejdříve v krku, poté na jazyku a následně na rtech a na patře. Odstoupení ostrosti po 7 minutách, poté lehce pálí na patře a na rtech.
19	Poměrně výrazná počáteční bolest i přes pomalejší nástup, v 6. minutě stále bolí, v 10. minutě již snesitelné.	Nejrychlejší nástup pálivosti a nejpomalejší nástup ostrosti. Pálivost rychle ustupuje ostrosti, ta je srovnatelná se vzorkem 401. Nechutná.
20	Velmi pozvolný nástup. Vyvolává slzení, bolest v ústech a obtížné dýchání. Intenzivní pálivost ustupuje v příjemnou.	Špička jazyka v jednom ohni, bolest neustupuje.

Příloha 5: Výsledky hodnocení intenzity pálení a ostrosti. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní.

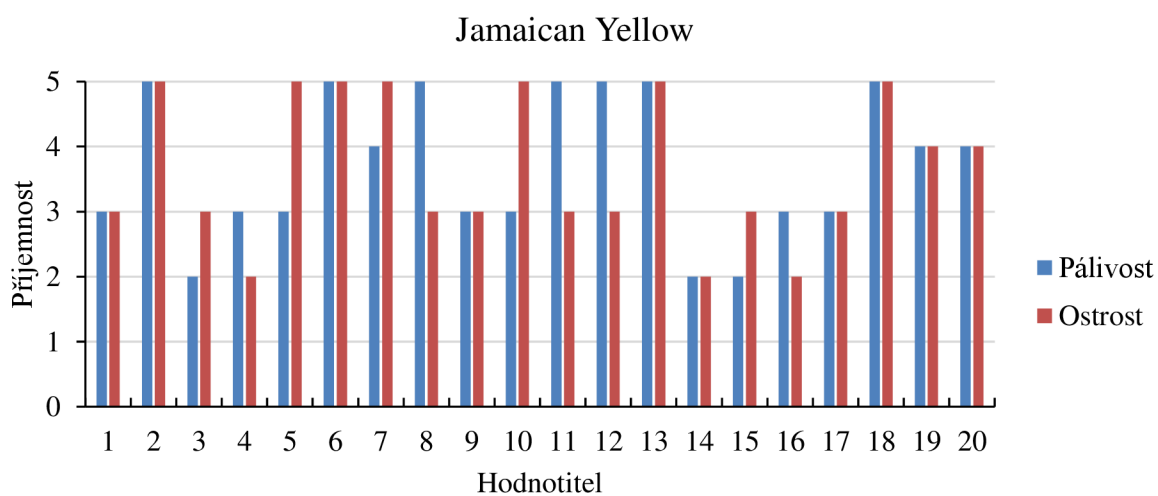
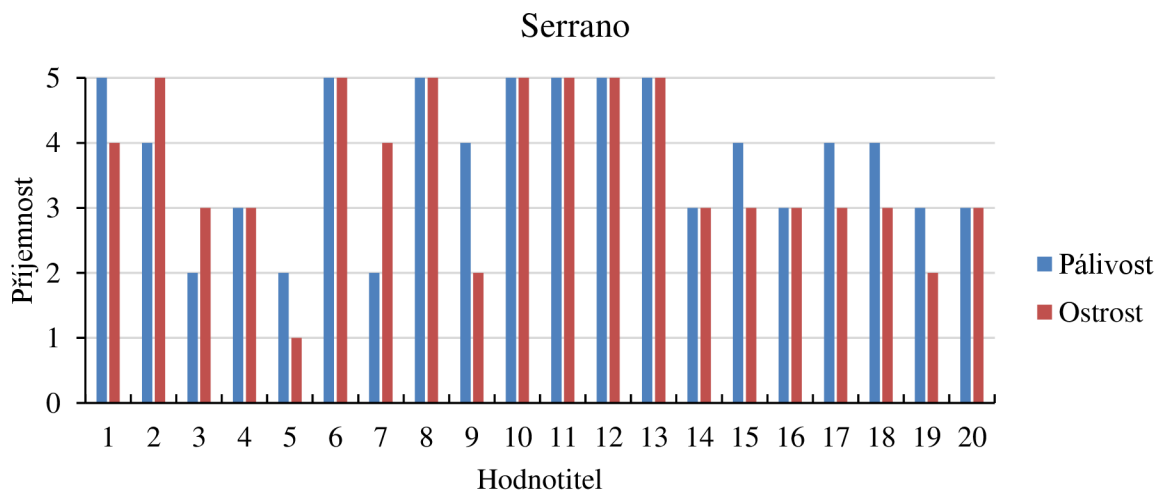
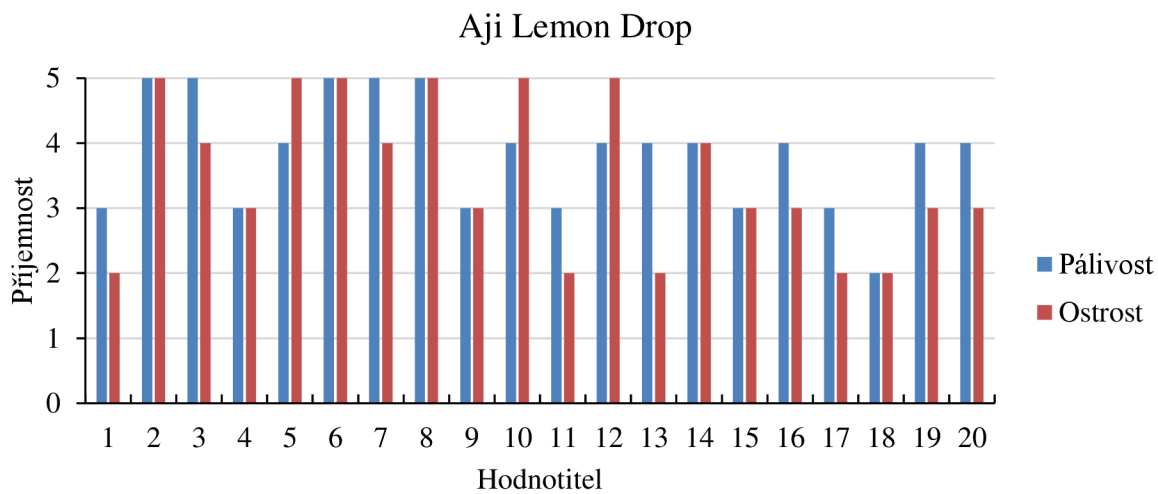


*Příloha 5: Výsledky hodnocení intenzity pálení a ostrosti – pokračování. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní.*

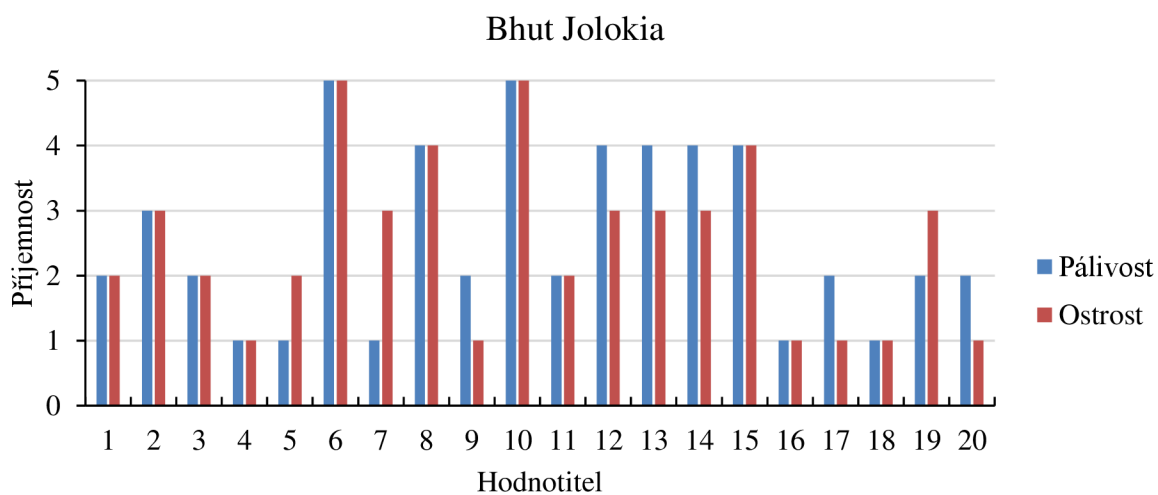
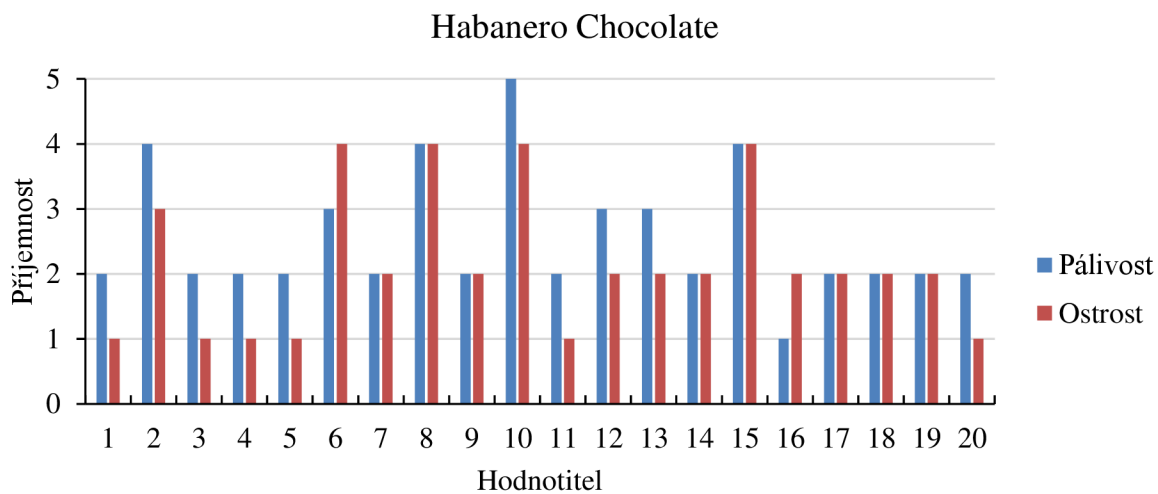




Příloha 6: Výsledky hodnocení příjemnosti pálení a ostrosti. Použitá stupnice pro příjemnost: 1 velmi nepříjemné → 5 velmi příjemné

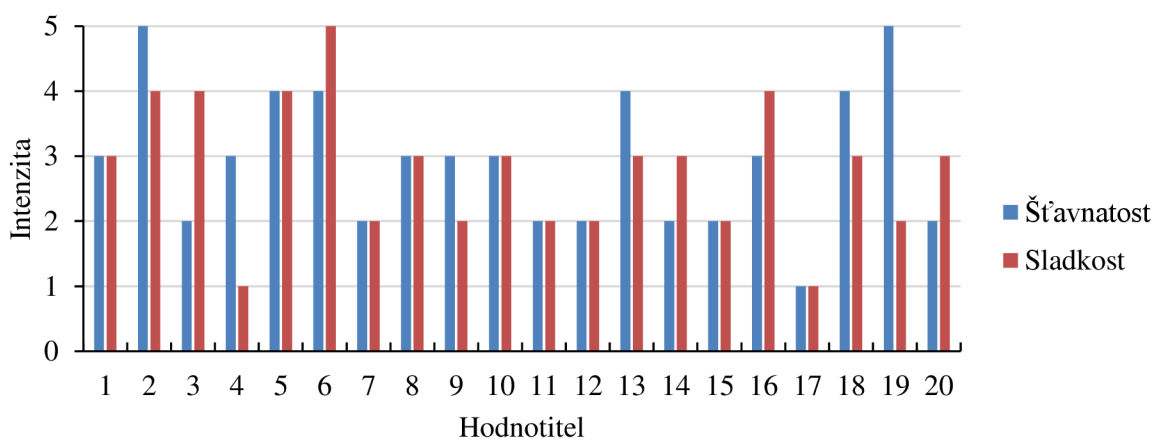


*Priloha 6: Vysledky hodnoceni prijemnosti paleni a ostrosti – pokračovani. Pouzita stupnice pro prijemnost: 1 velmi neprijemne → 5 velmi prijemne*

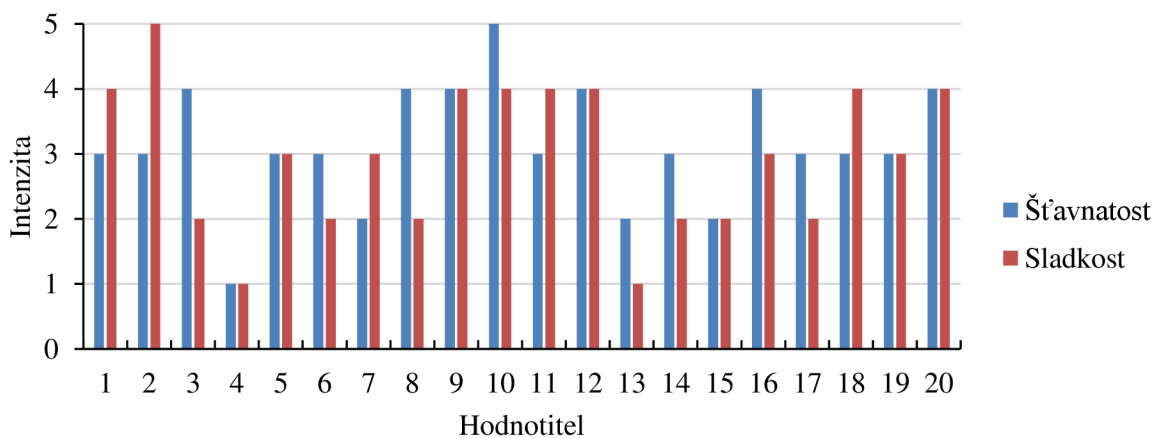


Příloha 7: Výsledky hodnocení intenzity šťavnatosti a sladkosti. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní.

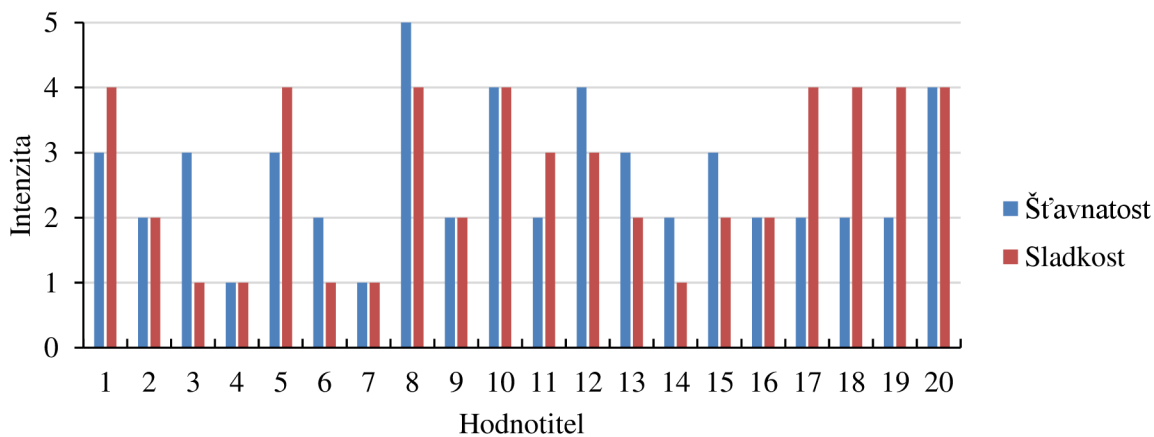
### Aji Lemon Drop



### Serrano

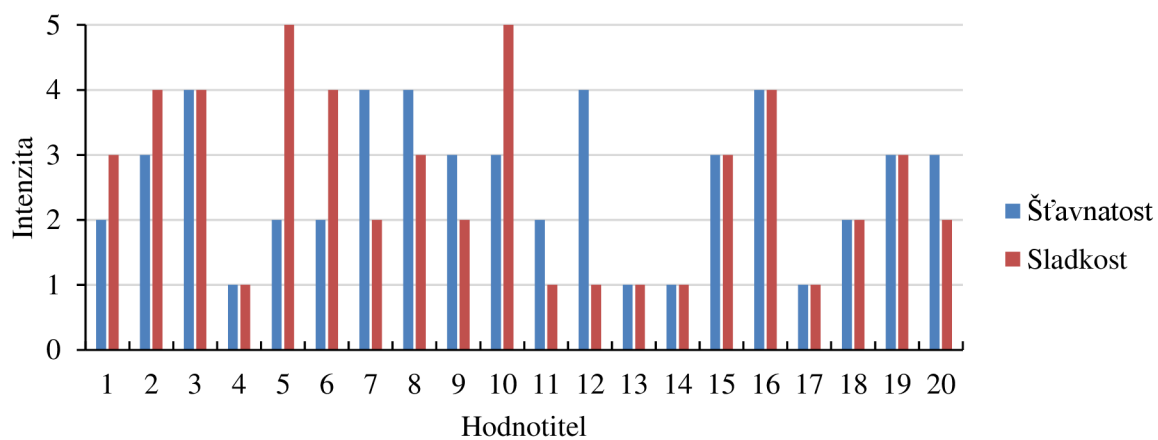


### Jamaican Yellow

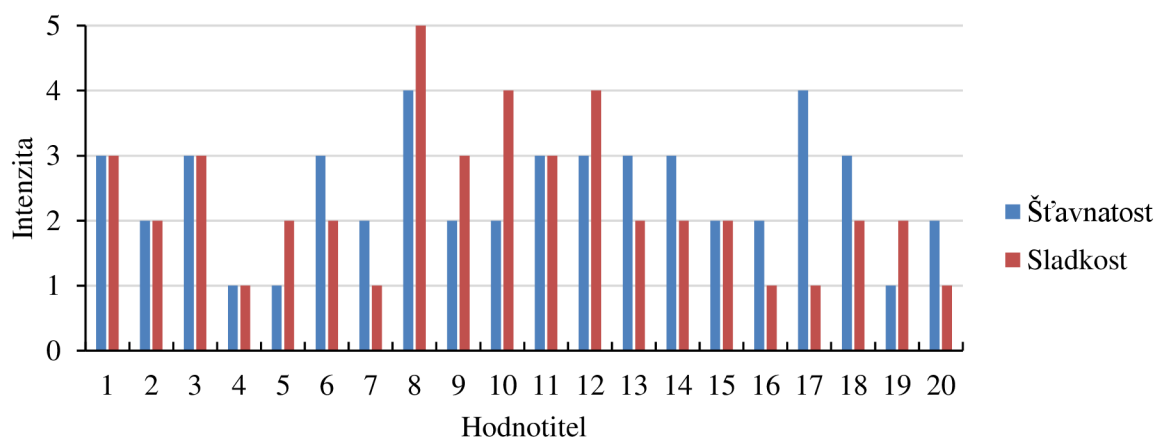


Příloha 7: Výsledky hodnocení intenzity šťavnatosti a sladkosti – pokračování. Použitá stupnice pro intenzitu: 1 velmi málo intenzivní → 5 velmi intenzivní.

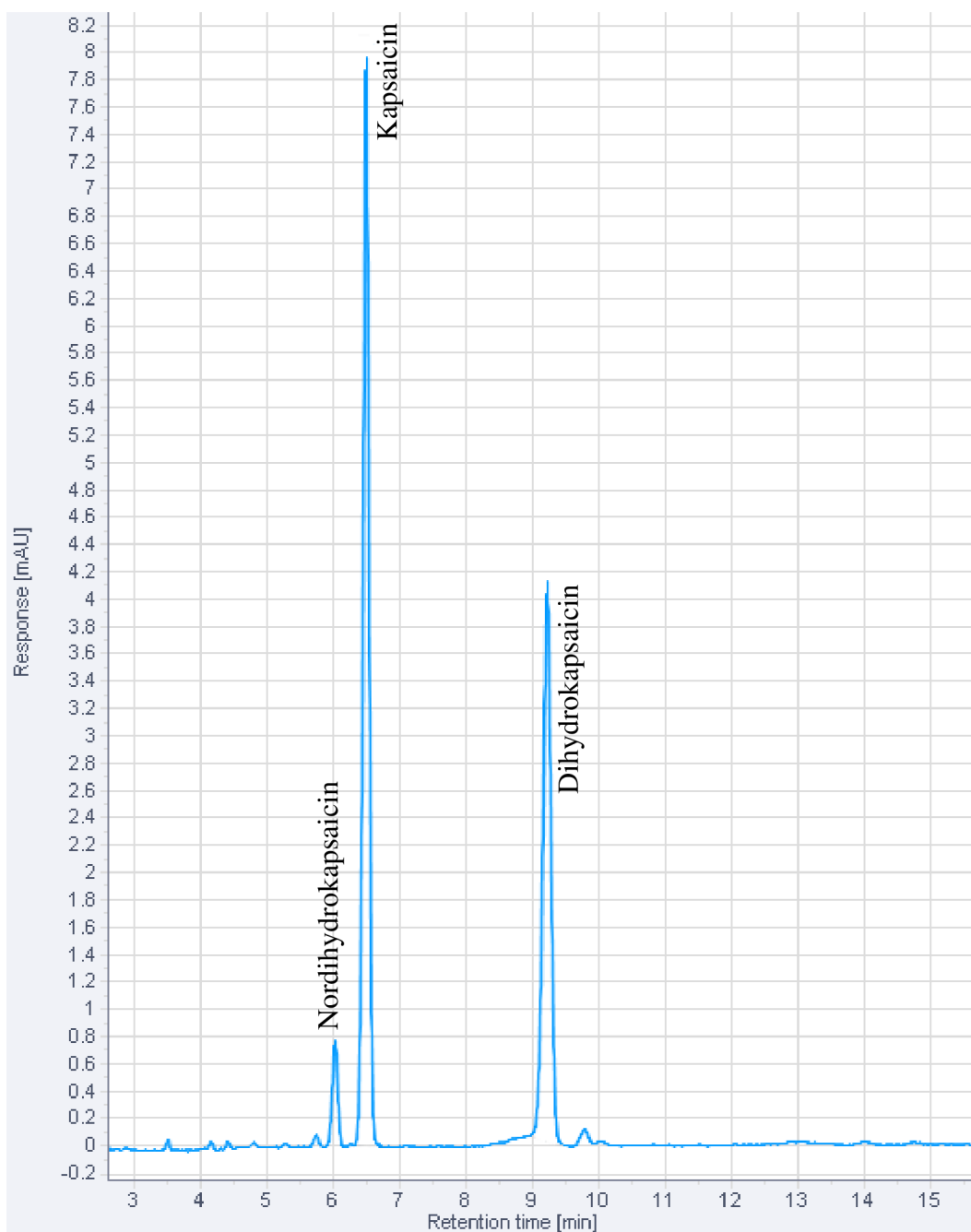
### Habanero Chocolate



### Bhut Jolokia



Příloha 8: Ukázkový chromatogram 5× ředěného vzorku Aji Lemon Drop; osa x – retenční čas v minutách, osa y – odezva v mAU



*Příloha 9: Korelační matice pozorovaných vlastností chilli papriček*

Proměnné	Inten. pálení	Příjem. pálení	Inten. ostrosti	Příjem. ostrosti	Nástup pálení	Trvání pálení	Nástup ostrosti	Trvání ostrosti	Intenzita šťavnatosti	Intenzita sladkosti	C	DHC	n-DHC	Pálivost
Intenzita pálení	<b>1</b>	-0,619	0,777	-0,500	-0,047	0,500	0,074	0,462	-0,226	-0,234	0,583	0,482	0,391	0,566
Příjemnost pálení	-0,619	<b>1</b>	-0,666	0,773	0,092	-0,383	0,149	-0,407	0,257	0,374	-0,426	-0,345	-0,250	-0,412
Intenzita ostrosti	0,777	-0,666	<b>1</b>	-0,685	-0,082	0,621	-0,078	0,557	-0,238	-0,249	0,546	0,472	0,407	0,534
Příjemnost ostrosti	-0,500	0,773	-0,685	<b>1</b>	-0,011	-0,373	0,352	-0,400	0,192	0,343	-0,388	-0,300	-0,219	-0,372
Nástup pálení	-0,047	0,092	-0,082	-0,011	<b>1</b>	-0,056	0,157	-0,166	0,066	-0,162	0,143	0,131	0,073	0,141
Trvání pálení	0,500	-0,383	0,621	-0,373	-0,056	<b>1</b>	0,076	0,320	-0,174	-0,186	0,299	0,295	0,298	0,300
Nástup ostrosti	0,074	0,149	-0,078	0,352	0,157	0,076	<b>1</b>	0,051	0,052	-0,012	0,002	0,035	0,081	0,009
Trvání ostrosti	0,462	-0,407	0,557	-0,400	-0,166	0,320	0,051	<b>1</b>	-0,026	-0,138	0,387	0,327	0,268	0,377
Intenzita šťavnatosti	-0,226	0,257	-0,238	0,192	0,066	-0,174	0,052	-0,026	<b>1</b>	0,453	-0,181	-0,154	-0,075	-0,176
Intenzita sladkosti	-0,234	0,374	-0,249	0,343	-0,162	-0,186	-0,012	-0,138	0,453	<b>1</b>	-0,188	-0,183	-0,140	-0,188
C	0,583	-0,426	0,546	-0,388	0,143	0,299	0,002	0,387	-0,181	-0,188	<b>1</b>	0,959	0,834	0,998
DHC	0,482	-0,345	0,472	-0,300	0,131	0,295	0,035	0,327	-0,154	-0,183	0,959	<b>1</b>	0,937	0,974
n-DHC	0,391	-0,250	0,407	-0,219	0,073	0,298	0,081	0,268	-0,075	-0,140	0,834	0,937	<b>1</b>	0,862
Pálivost	0,566	-0,412	0,534	-0,372	0,141	0,300	0,009	0,377	-0,176	-0,188	0,998	0,974	0,862	<b>1</b>

*C – kapsaicin, DHC – dihydrokapsaicin, n-DHC – nordihydrokapsaicin*