

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv pulzního elektrického pole na senzoryckou jakost
ošetřené zeleniny**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Izabela Kovaříková

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: prof. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv pulzního elektrického pole na senzoricou jakost ošetřené zeleniny" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 11. dubna 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, za cenné rady a připomínky, a hlavně za velkou trpělivost a obdivuhodnou ochotu při konzultacích poskytnutých ke zpracování praktické části této práce. Děkuji také panu Ing. Pavlu Kouřimovi za jeho podnětné rady a čas, který mi věnoval a zároveň za pomoc při realizaci senzorického hodnocení včetně přípravy vzorků. Dále bych ráda poděkovala panu prof. Jiřímu Blahovcovi za jeho myšlenku zkoumat senzorické vlastnosti mrkve ošetřené pulzním elektrickým polem a možnost se na tomto výzkumu podílet v rámci diplomové práce. Děkuji paní Ing. Petře Škvorové za pomoc při hodnocení a psychickou podporu při zpracování dat.

Vliv pulzního elektrického pole na sensorickou jakost ošetřené zeleniny

Souhrn

Ošetření potravin pulzním elektrickým polem (PEF) je moderní netermální metoda, která dokáže zvýšit využitelnost cenných látek a zároveň ovlivnit sensorické vlastnosti zeleniny. Protože konzumace zeleniny je celosvětově nižší, než je doporučováno, a mrkev obecná patří mezi jednu z nejčastěji konzumovaných zelenin u nás, byla tato práce zaměřena na výzkum sensorických vlastností právě mrkve obecné.

V rámci praktické části byla provedena celkem tři sensorická hodnocení mrkve za použití metody sensorického profilu. Toto hodnocení bylo u druhého a třetího hodnocení doplněno párovou preferenční zkouškou. Cílem prvního hodnocení bylo zjistit, jak ovlivní pulzní elektrické pole texturní vlastnosti mrkve v porovnání s čerstvou mrkví. Součástí druhého hodnocení bylo navíc sledovat závislost sensorických změn mrkve ošetřené pulzním elektrickým polem na čase servírování a také pozorovat rozdílnost hodnocení v případě celého plátku mrkve oproti plátku mrkve bez vnitřní části. Výsledky párové preferenční zkoušky z druhého hodnocení ukázaly, že mezi vzorky nejsou statisticky průkazné rozdíly, což mohlo být způsobeno malým počtem hodnotitelů pro tuto metodu. Třetí hodnocení bylo zaměřeno na sledování texturních, ale i chuťových změn mrkve vlivem pulzního elektrického pole oproti mrkvi čerstvé a také byla aplikována párová preferenční zkouška.

Na základě všech třech sensorických hodnocení mrkve lze učinit závěr, že pulzní elektrické pole statisticky významně ovlivní texturní vlastnosti mrkve ve šťavnatosti, elasticitě a pružnosti. Třetí hodnocení potvrdilo, že pulzní elektrické pole ovlivní i chuťové vlastnosti mrkve. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny v celkové intenzitě chuti a intenzitě sladké chuti. Párová preferenční zkouška určila, že hodnotitelé statisticky významně preferovali mrkev ošetřenou pulzním elektrickým polem oproti mrkvi čerstvé. Nejčastějšími důvody preference byla větší šťavnatost a intenzivnější chuť.

Hypotéza, která tvrdí, že pulzní elektrické pole ovlivní texturní i chuťové charakteristiky mrkve byla potvrzena. Naopak hypotéza, že sensorická jakost ošetřených vzorků bude záviset na době mezi ošetřením a hodnocením byla vyvrácena.

Celkově lze konstatovat, že pulzní elektrické pole zlepšuje sensorické vlastnosti mrkve.

Klíčová slova: chuť, konzistence, pulzní elektrické pole, zelenina

Effect of pulsed electric fields on the sensory quality of the treated vegetable

Summary

Pulsed electric field (PEF) treatment of food is a modern non-thermal method that can increase the utilization of health-promoting substances and affect the sensory properties of vegetables. Since the consumption of vegetables worldwide is lower than recommended and carrots are one of the most commonly consumed vegetables in our country, this work focused on the investigation of sensory properties of carrots.

In the practical part, a total of three sensory evaluations of carrots were carried out using the sensory profile method. This evaluation was complemented by a paired preference test for the second and third evaluations. The aim of the first evaluation was to determine how the pulsed electric field affects the textural properties of carrots, compared to fresh carrots. The second evaluation included observing the dependence of the sensory changes of pulsed electric field treated carrots on the time of serving and also noting the difference in the evaluation of a whole carrot slice compared to a carrot slice without the inner part. The results of the paired preference test from the second evaluation showed that there were no significant differences between the samples, which may have been due to the small number of participants for this method. The third evaluation was aimed at observing changes in taste and texture of carrots due to the pulsed electric field compared to fresh carrots and a paired preference test was also applied.

Based on all three sensory evaluations of carrots, it can be concluded that the pulsed electric field will significantly affect the textural properties of carrots in juiciness, elasticity and flexibility. The third evaluation confirmed that the pulsed electric field will also affect the taste characteristics of carrots. Significant differences were found in sweetness and overall flavour intensity. A paired preference test determined that the evaluators had significant preference for carrots treated in pulsed electric field over fresh carrots. The most common reasons for preference were greater juiciness and more intense flavor.

The hypothesis that pulsed electric field treatment would affect the textural and flavour characteristics of carrots was accepted. Conversely, the hypothesis that the sensory quality of treated samples would depend on the time between treatment and serving was rejected.

Overall, it can be concluded that pulsed electric field improves the sensory characteristics of carrots.

Keywords: consistency, pulsed electric field, taste, vegetable

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
2.1 Cíl práce	9
2.2 Vědecká hypotéza.....	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Senzorická analýza potravin	10
3.2 Metoda ošetření potravin pulzním elektrickým polem	12
3.2.1 Historie pulzního elektrického pole.....	12
3.2.2 Princip metody pulzního elektrického pole	14
3.2.3 Využití pulzního elektrického pole v potravinářství	15
3.3 Mrkev obecná	19
3.3.1 Vliv pulzního elektrického pole na vlastnosti mrkve	20
3.3.2 Vliv pulzního elektrického pole na sensorickou jakost mrkve.....	23
4 Metodika	25
4.1 Materiál a metody	25
4.2 Statistické metody	28
5 Výsledky.....	29
5.1 První hodnocení.....	29
5.1.1 Pavučinový graf.....	29
5.1.2 Rozdíly mezi vzorky.....	30
5.1.3 Korelace mezi proměnnými.....	31
5.2 Druhé hodnocení	32
5.2.1 Pavučinové grafy	32
5.2.2 Rozdíly mezi vzorky.....	34
5.2.3 Korelace mezi proměnnými.....	42
5.2.4 Párová preferenční zkouška	43
5.3 Třetí hodnocení	44
5.3.1 Pavučinový graf.....	44
5.3.2 Rozdíly mezi vzorky.....	45
5.3.3 Korelace mezi proměnnými.....	46
5.3.4 Párová preferenční zkouška	48
6 Diskuze	49
7 Závěr	51
8 Literatura.....	52
9 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Ošetření pulzním elektrickým polem (PEF) je moderní metoda, kterou lze v potravinářství použít například pro netermální konzervaci tekutých či kašovitých forem potravin. Průmyslově se takto PEF metoda ale stále ještě nepoužívá převážně kvůli její vysoké pořizovací ceně. Specifické účinky této metody je možné využít i při úpravě potravin před dalším zpracováním. Například napomáhá extrakci, sušení, dehydrataci či zmrazování. Její hlavní výhoda je, že při aplikaci nedochází k zahřátí potraviny, a proto nezpůsobuje degradaci některých zdravých prospěšných termolabilních látek. Díky této vlastnosti dokáže PEF nahradit tepelnou pasteraci, jejíž aplikace na potravinu tyto látky zničí. Již proběhla řada výzkumů týkajících se využití PEF pro konzervaci tekutých a kašovitých potravin i dalšího jejího využití. Existuje ale jen velmi málo studií, které by zkoumaly přímo aplikaci PEF na potraviny v celku za účelem zlepšení jejich sensorických vlastností či využitelnosti biologicky aktivních látek. PEF funguje na principu elektroporace, což znamená, že dokáže poškodit membrány buněk ošetřené potraviny, a tím díky zvětšení propustnosti elektroporovaných membrán i potenciálně zvýšit využitelnost biologicky cenných látek.

Vzhledem k tomu, že postupem času ubývá nároků konzumentů na co nejnižší cenu potravin, a naopak roste zájem o co nejvyšší jakost, jsou výrobci nuceni vyvíjet nové produkty a těmto trendům se co nejvíce přizpůsobit. Potravin je na trhu více než dostatek, a proto jsou výrobci nuceni svádět obrovský konkurenční boj a stále vyvíjet nové potraviny dle přání zákazníků. To představuje pro výrobce nelehký úkol, jelikož musí vyvíjet potraviny, které mají co nejvyšší biologickou hodnotu a co nejnižší obsah přídatných látek. A zároveň jsou pod nátlakem obchodních řetězců, které požadují co nejdelsí dobu použitelnosti a co nejnižší cenu dané potraviny. K vývoji těchto produktů slouží sensorická analýza, díky které lze vyhodnotit potenciálně úspěšný produkt na trhu. K této analýze se využívají metody popsané v ČSN. Před samotným uvedením nového výrobku na trh je vhodné výrobek otestovat pomocí některé z metod spotřebitelského hodnocení kvality výrobků. Pokud chce výrobce na trhu s produktem uspět je sensorické testování nezbytné, jelikož sensorická jakost potravin představuje pro spotřebitele jeden z rozhodujících faktorů při jeho výběru. Kromě vývoje nových potravin je důležité testovat i nové technologické zpracování již známých potravin.

Vzhledem k tomu, že celosvětová spotřeba ovoce a zeleniny je zdaleka nižší, než je doporučováno Světovou zdravotnickou organizací, byla tato práce zaměřena na novou technologickou úpravu mrkve, jedné z nejběžněji pěstovaných a konzumovaných druhů zeleniny u nás. Vyšší příjem zeleniny se doporučuje zejména pro její vysoký obsah vitamínů, minerálních látek a dalších biologicky cenných látek, které plní řadu důležitých funkcí v lidském organismu. Tyto látky mají zejména pozitivní vliv na hladinu krevního tlaku a cholesterolu, dále přispívají k flexibilitě tepen, zdraví kostí, mozku, zraku, trávicího traktu a dalších. Konzumace syrové mrkve může pro některé konzumenty představovat zátěž vzhledem k jejím texturním vlastnostem. Pro starší osoby trpící bolestmi zubů může být konzumace takto tvrdé zeleniny nepředstavitelná. Taktéž děti nepatří mezi největší konzumenty kořenové zeleniny. Spotřeba kořenové zeleniny v roce 2019 dětmi předškolního věku představovala pouhých 11 g/dítě/den (SZÚ 2020). Proto je nutné upravit zeleninu tak, aby byla pro ně co nejlépe stravitelná, vypadala lákavě, a navíc chutnala dobře. Tyto podmínky by mohla splňovat metoda zpracování PEF, která dokáže ovlivnit texturní vlastnosti mrkve. To by bylo

možné aplikovat buď v domácím prostředí, kdyby mohlo dojít k vývoji nového domácího spotřebiče pro úpravu zeleniny nebo by mohlo dojít k vývoji nového produktu v průmyslové výrobě. Velká výhoda použití PEF v domácnosti by byla rychlost samotného ošetření. Při vývoji spotřebiče by bylo nutné vyřešit jeho bezpečnost při užívání spotřebitelem. Mrkev obsahuje řadu zdraví prospěšných látek jako je betakaroten, vláknina, minerální látky, biologicky aktivní látky a další vitamíny. Vstřebatelnost těchto látek závisí na řadě faktorů. Metoda PEF dokáže zvýšit vstřebatelnost těchto významných látek obsažených v mrkvi. Dalo by se tedy říci, že se jedná o metodu, která může zlepšit celkovou jakost mrkve.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jaký vliv má ošetření pulzním elektrickým polem na sensorickou jakost mrkve a sledovat změny hodnocených sensorických deskriptorů v závislosti na době mezi ošetřením a hodnocením.

2.2 Vědecká hypotéza

Ošetření pulzním elektrickým polem ovlivní texturní i chuťové charakteristiky mrkve. Sensorická jakost ošetřených vzorků bude záviset na době mezi ošetřením a hodnocením.

3 Literární rešerše

3.1 Senzorická analýza potravin

Senzorická analýza představuje multidisciplinární vědu, která spojuje obory biologie, fyziologie, chemie, psychologie a sociologie (Chambers 2019). V potravinářském průmyslu představuje senzorická analýza jeden z nástrojů, který lze využít pro umístění výrobku na trh ve vztahu ke konkurenci, reklamu, cenovou politiku, distribuci, vztahy se zákazníky, ale také pro marketingovou strategii (Iannario et al. 2012). Někteří autoři uvádí, že 75-90 % nových potravinářských výrobků selže v prvním roce po uvedení na trh. Tomuto neúspěchu dokáže předejít správně zacílená senzorická analýza, a především spotřebitelská hodnocení a zvýšit tak šanci nových výrobků na úspěch (Talavera & Chambers 2017).

Tato vědecká metoda vnímá produkty zrakovými, chuťovými, sluchovými, hmatovými a čichovými smysly a vysvětluje reakce na ně pomocí měření, vyvolávání, analýzy a interpretace. Především se jedná o hodnocení vzhledu, vůně, chutí a textury výrobku (Stone et al. 2012).

Z fyziologického hlediska působí na smyslové receptory senzoricky aktivní látky, které vlivem podráždění reflektují do centrální nervové soustavy vzruch, kde dochází ke vzniku počítka. Vlivem osobních zkušeností a emocí hodnotitele se počitek stává komplexnější a dochází ke vzniku vjemu, pomocí kterého hodnotitel předložený objekt posuzuje (Pokorný et al. 1997).

Před samotným sběrem dat je nutné zvolit vhodnou metodu. Těch existuje mnoho, ale dají se volně rozdělit do dvou skupin. Jedná se o diskriminační a deskriptivní metody (Piggott et al. 1998). Na základě zvolené metody je nutný výběr hodnotitelů. V případě spotřebitelské analýzy je nezbytná správná formulace otázek, aby neproškolení hodnotitelé dokázali poskytnout potravinářským vývojářům užitečná data (Moskowitz 1988).

Pro vyjádření vjemů na hédonických stupnicích nebo seřazení výrobků dle senzorických vlastností je nutné zvolit proškolený senzorický panel. Během analýzy se shromažďují získané výsledky, které vyjadřují preference a reakce hodnotitelů s ohledem na vlastnosti daného produktu. Je potřeba si uvědomit, že se jedná o výsledek lidského rozhodnutí a složitých interakcí podmíněných osobní historií, proměnným prostředím a vlastnostmi produktů, které působí na způsob provedení průzkumu (Iannario et al. 2012). Problém je tedy často s jednotlivými lidskými úsudky. Ty nejsou vždy konzistentní a jsou náchylné k chybám způsobeným jak psychologickými, tak vnějšími faktory. Účastníci senzorického panelu by měli být zdraví, citliví, se zájmem a analytickými schopnostmi. Měli by být schopni nebrat ohled na osobní pocity a preference a brát v úvahu jednotlivé vlastnosti potravin. Emocionální faktory jsou důležitější, než faktory fyzické jako je např. pohlaví či věk jedince (Armstrong et al. 1997).

V souvislosti s velmi častým problémem udržení motivace a zájmu hodnotitelů se objevuje velký potenciál pro využívání počítačů. Mnoho aspektů senzorické analýzy se provádí ručně. V tomto ohledu by mohla být práce efektivnější a prováděna právě pomocí počítačů. Jedná se např. o výběr senzorických panelů, údržbu databáze, administraci, sběr, zadávání a analýza dat atp. Počítače mohou analytikům poskytnout pomoc při vyhodnocování, nedokáží však vyvozovat závěry. Velkou výhodou je flexibilita, přesnost a okamžitá zpětná

vazba. Jako nevýhoda se jeví neosobní povaha takového systému, která může mít za následek negativní reakci spotřebitelů. Přestože standardní sensorické testy lze provádět pomocí počítačů, celkově automatizovaná sensorická analýza je stále na počátku vývoje (Armstrong et al. 1997). Během analýzy je tedy nutné zajistit co nejméně rušivých vlivů, které by měly za následek neobjektivní výsledky. Všeobecné pokyny pro výběr metod, přípravu, předkládání a hodnocení vzorků, výběr hodnotitelů i vybavení místnosti proto udává norma ČSN ISO 6658 (ČSN ISO 6658 2009).

Veškeré podmínky pro hodnocení, které by měly být pracovištěm pro sensorickou analýzu zajištěny, pak udává norma ČSN EN ISO 8589. Jedná se především o hladinu zvuku, vlhkost, pohyb vzduchu, teplotu, zrakové vjemy, pachy a kontakt mezi hodnotiteli (ČSN EN ISO 8589 2008). Neméně důležitá je norma ČSN EN ISO 8586, která udává kritéria pro výběr posuzovatelů. V první řadě je potřeba určit počet hodnotitelů potřebných pro danou analýzu, získat kandidáty a stanovit kritéria pro jejich výběr. Při jejich výběru je nutné brát v úvahu nejen jejich znalosti a předpoklady k degustaci, časové možnosti a zdravotní stav, ale také motivaci, komunikační schopnosti, psychologické aspekty, schopnost koncentrace a týmové práce (Čejka et al. 2018).

3.2 Metoda ošetření potravin pulzním elektrickým polem

Ošetření pulzním elektrickým polem (PEF) představuje jednu z moderních netermálních metod využívaných při zpracování potravin. Jedná se o metodu, která má velký potenciál pro zpracování potravin na průmyslové úrovni, jelikož má řadu výhod oproti jiným používaným způsobům. U potravin ošetřených PEF byla zaznamenána minimální změna sensorických a nutričních vlastností a zároveň efektivní inaktivace mikroorganismů a enzymů (Barbosa-Cánovas & Zhang 2018). Tyto výhody splňují stále rostoucí požadavky spotřebitelů na co nejméně zpracované potraviny, které si zachovávají přirozený vzhled, barvu a chuť, ale zároveň disponují dostatečnou dobou trvanlivosti pro distribuci a rozumnou dobou skladování v domácím prostředí před samotnou konzumací. Vzhledem k tomu, že PEF ošetřené potraviny si zachovávají vyšší kvalitu oproti potravinám konzervovaným tepelnými metodami, jsou pro spotřebitele atraktivnější, a proto mohou představovat pro výrobce vyšší výnosy (Kumar et al. 2015).

3.2.1 Historie pulzního elektrického pole

Historie využití stejnosměrného či střídavého elektrického pole pro potravinářské účely započala již na začátku dvacátého století. Byly demonstrovány různé příklady použití elektrického pole pro inaktivaci mikroorganismů, konzervování, ohmický ohřev, vaření, stimulaci či likvidaci bakterií. Vystávaly otázky ohledně použití různých forem elektřiny pro dezinfekci vody a likvidaci mikroorganismů v dalších kapalinách. Diskutovalo se například o aplikaci elektrického výboje, oscilačních proudů či stejnosměrných a střídavých polí. Likvidace bakterií byla vysvětlována teplem produkovaným elektrickou energií, nikoli samotným polem. Počátek využití pulzního elektrického pole pro potraviny sahá do poloviny dvacátého století. Největší zájem ze strany výzkumníků o metodu PEF byl započat objevem elektroporace v 50.-60. letech 20. století, kdy byly zahájeny výzkumy v Německu, na Ukrajině a v Moldavsku (Sitzmann et al. 2017).

První, kdo informoval o vzniku, použití a vlivu PEF na buněčné membrány, byl německý inženýr Heinz Helmut Doevenspeck (Kumar et al. 2015). Přestože byl Doevenspeck vyučený zámečnický, který si až po druhé světové válce doplnil vzdělání a dosáhl titulu strojního inženýra, už ve čtyřicátých letech jeho snažení vyústilo k prvním patentovým přihláškám (Barbosa-Cánovas et al. 2018). Ačkoliv nebyl vědecky založený člověk, byl velmi nadšený a zainteresovaný do vlivu elektrických pulzů na různé biologické materiály, a především na to, jak je fyzikálně a chemicky ovlivňují. Rozsáhlé výzkumy prováděl v suterénu svého domu, který přestavěl na sofistikovanou laboratoř. I přesto dokázal v roce 1960 ve své patentové přihlášce popsat výhody použití PEF, mezi které patří zabránění zvyšování teploty, vyšší výnosnost díky nízké spotřebě energie, potlačení elektrolýzy, šetrné zpracování surovin, zachování biologické aktivity a likvidace patogenních zárodků (Sitzmann et al. 2017). Vzhledem k tomu, že Doevenspeck žil na pobřeží, navázal spolupráci s místní firmou zpracovávající ryby, kde prováděl řadu pokusů, které vyústily až k samotnému prodeji rybí moučky a rybiho oleje zpracované za pomoci metody PEF. Zjistil totiž, že při aplikaci PEF na syrový živočišný materiál se svalová vlákna smrští a z buněk se uvolní tekutiny. Tímto způsobem lze získat oleje či tuky z živočišného materiálu. Bylo zjištěno, že takto zpracovaná

rybí moučka byla velmi kvalitní, měla dlouhou trvanlivost a obsah vitamínu A se během půlročního skladování prakticky nezměnil (Barbosa-Cánovas et al. 2018). Dalším předmětem Doevenspeckova zkoumání byl vliv intenzity elektrických impulzů na biologický materiál. Při svých experimentech s bakterií *Escherichia coli* dospěl k závěru, že při aplikaci elektrického napětí nižšího než 3 kV/cm dojde ke zrychlení jejího růstu, a naopak při zvýšení intenzity se růst sníží. Aplikace velmi vysokých intenzit elektrického pole způsobí likvidaci bakterií. V období mezi 70. a 80. léty 20. století byly poprvé vědecky prozkoumány a potvrzeny Doevenspeckovo výsledky ohledně likvidace mikroorganismů pomocí metody PEF na Hannoverské univerzitě. Následovala první pilotní linka PEF ve spolupráci s firmou Krupp, která byla uvedena do provozu roku 1985, a protože přinesla velmi pozitivní výsledky byla tato technologie představena veřejnosti téhož roku na veletru ve Frankfurtu. Ve společnosti Krupp probíhaly rozsáhlé výzkumy pod vedením pana inženýra Sitzmanna zabývající se sterilizací rostlinných šťáv a mléka. Až do roku 1996 Sitzman hledal různá využití PEF včetně rozbíjení buněk ovoce s cílem zvýšení výtěžnosti vylisovaných šťáv či rozbíjení buněčných membrán brambor při výrobě škrobu za účelem snížení zbytkové vody (Sitzmann et al. 2017).

V roce 1949 se o využití elektrického pole při zpracování potravin začali zajímat dva ukrajinští inženýři, kteří svými objevy také přispěli k rozvoji technologie PEF. Anatolij Zagorul'ko se věnoval zkoumání vlivu elektrické energie na zpracování cukrové řepy. Jeho cílem bylo zvýšení extrakce při výrobě cukru. K těmto pokusům se nechal inspirovat českým profesorem Jaroslavem Dědkem (Sitzmann et al. 2017). Profesor Dědek byl celosvětově uznávaný vědec a analytický chemik specializující se na cukrářské technologie (Froněk 2012). Zagorul'ko pozoroval praskání buněčných membrán vlivem střídavého a stejnosměrného elektrického pole a označil tento proces jako elektroplasmolýzu. Tento proces byl vysvětlen jako selektivní přehřátí plazmatických obalů bez významného ohřevu prostředí. Později se zaměřil na aplikaci pulzního elektrického pole a zjistil, že elektroplasmolýza zvýšila výtěžnost šťáv cukrové řepy při lisování dvakrát až třikrát. Další, kdo se zabýval tímto tématem byl inženýr Boris Flaumenbaum, který přispěl mnoha pracemi týkajícími se elektrostability různých druhů ovoce. Dokázal empiricky stanovit vztah mezi dobou elektroplasmolýzy a intenzitou elektrického pole: $\tau = K/E^2$, kde K je parametr elektrostability, který závisí na frekvenci, typu elektrického pole, druhu materiálu a stupni rozmělnění tkáně. Dle jeho výzkumů jsou nejméně elektrostabilní jahody a nejvíce jablka. Dospěl k závěru, že stejnosměrné elektrické pole má větší účinek než střídavé (Sitzmann et al. 2017).

Také v Moldavsku v 60.-70. letech 20. století probíhala studie elektroplasmolýzy. Především se aplikovala a zkoumala z pohledu ovlivňování mikroorganismů, sterilizaci potravin ale také výtěžnosti šťáv. Ve výrobně šťáv probíhaly pokusy na mrkvi, švestkách, meruňkách, hroznech a jablkách. PEF zvýšila vylisnost šťáv o 10-15 % a navíc šťáva obsahovala méně kalů. Vědci z Moldavska prokázali rozdílnost mezi elektrickým a tepelným ošetřením. Předpokládali, že tepelné ošetření poškozuje buněčnou membránu i stěnu, zatímco elektrické ošetření má vliv pouze na buněčnou membránu. Přestože byla prokázána řada výborných vlastností elektrických metod (zařízení mohou aplikovat elektrické pole DC charakteru, AC charakteru nebo používají pulzní elektrické pole – PEF), nikdy nedošlo k jejich průmyslovému využití, protože s sebou přinášely řadu technických obtíží a nebyl na ně dostatek finančních prostředků (Sitzmann et al. 2017).

3.2.2 Princip metody pulzního elektrického pole

Metoda pulzního elektrického pole spočívá v aplikaci pulzů vysokého napětí do potraviny umístěné mezi dvěma elektrodami. Špičkové hodnoty intenzity použitého elektrického pole se pohybují od stovek V/cm do desítek kV/cm podle konkrétního účelu. Vzhledem k tomu, že celková doba působení elektrického pole je velmi krátká, nedochází k tepelným změnám samotné potraviny (Kumar et al. 2015).

Aplikace pulzního elektrického pole po dobu několika mikrosekund má za následek lokální změny struktury a rychlý rozpad buněčné membrány. Jedná se o jev nazývaný elektroporace. Elektroporace může být buď reverzibilní či ireverzibilní. Může tedy dojít k trvalému poškození buněčných membrán, které se využívá k inaktivaci mikroorganismů v potravinářství anebo k vratnému procesu, který je využíván v oblasti rostlinné či mikrobiální genetiky za účelem vnesení cizorodého materiálu např. DNA do buňky. Reverzibilní proces musí být důkladně kontrolován, aby nedošlo k usmrcení organismů během ošetření. Bezprostředně po aplikaci PEF dojde k opětovnému uzavření buněčných membrán. Reverzibilní či ireverzibilní elektroporace je dána intenzitou elektrického pole, dobou trvání pulzů a počtem pulzů. Pro dosažení nevratné elektroporace se využívá aplikace pulzního elektrického pole o vysoké intenzitě (HIPEF). Po aplikaci elektrického pole se membrány stávají propustnými pro malé molekuly. Propustnost membrány způsobuje bobtnání, které může vést až k jejímu prasknutí (Kumar et al. 2015).

PEF zařízení zahrnuje několik komponentů jako je zdroj energie, akumulací kondenzátory, spínače, ošetrovací komory, snímače napětí, proudu a teploty a aseptické balící zařízení. Mezi důležité faktory technologie PEF patří generování vysokých intenzit elektrického pole, správná konstrukce komor, která zajišťuje rovnoměrné ošetření potravin při současném minimálním zahřátí potraviny a konstrukce elektrod, která by měla minimalizovat elektrolyzu (Kumar et al. 2015).

Mezi hlavní výhody aplikace PEF patří schopnost usmrtit vegetativní buňky, zachování chutě, barvy a živin, žádné riziko z toxikologického hlediska, poměrně krátká doba aplikace a neškodnost pro životní prostředí. Aplikace PEF je nejvíce vhodná pro tekuté potraviny, pasterizaci ovocných šťáv, polévek, mléka a tekutých vajec z důvodu dobrého kontaktu potraviny s elektrodami a také proto, že tekutá potravina je při procesu zpracovávána kontinuálně během pohybu v potrubí, do kterého jsou elektrody integrovány. Mezi hlavní nevýhody lze zařadit hlavně vysoké pořizovací náklady, použitelnost pouze na tekuté a kašovitě potraviny, riziko nerovnoměrného ošetření potraviny a dále nepříznivý vliv produktů elektrolyzy na ošetřovanou potravinu (Kumar et al. 2015). Někteří vědci zjistili, že může docházet k uvolňování složek elektrod jako jsou železo, nikl nebo chrom. Tomuto riziku lze ale předejít použitím uhlíkových elektrod, úpravou parametrů ošetření nebo úpravou složení zpracovaného produktu. Celkově je metoda PEF považována za bezpečnou pro použití na potraviny díky tomu, že během aplikace nedochází k žádným rizikovým chemickým reakcím (Nowosad et al. 2021).

3.2.3 Využití pulzního elektrického pole v potravinářství

Stále více se zlepšující životní úroveň lidí vede k poptávce po vysoce kvalitních potravinách z pohledu čerstvosti, výživové hodnoty a jejich nezávadnosti. Současné metody průmyslového zpracování se však spoléhají na tradiční tepelné a chemické metody jako jsou např. sterilizace, sušení za přímého ohřevu a extrakce rozpouštědlem, které mohou mít negativní dopad na kvalitu a bezpečnost potravin. Technologie PEF má velký potenciál pro zkvalitnění zpracování potravin tím, že doplní nebo nahradí tradiční metody. V poslední době se tato technika využívá v oblasti:

- mikrobiální inaktivace,
- extrakce složek,
- výroby vína,
- rozmrazování,
- sušení,
- zmrazování,
- enzymatické inaktivace (Wang et al. 2018).

Ošetření PEF představuje novou metodu konzervace potravin oceňovanou pro svou schopnost eliminovat bakterie v potravinách bez použití vysokých teplot, což má za následek minimální ovlivnění sensorických a nutričních vlastností ošetřené potraviny (Nowosad et al. 2021). Sepulveda et al. (2009) zkoumali použití PEF v kombinaci s mírným tepelným ošetřením s cílem prodloužit trvanlivost plnotučného mléka. V případě nesprávné konzervace mléka může dojít ke kažení a rozvoji patogenních mikroorganismů, převážně bakterie *Escherichia coli*, *Listeria spp.* a *Pseudomonas* (Nowosad et al. 2021). Pět pulzů s vrcholovou intenzitou elektrického pole 35 kV/cm a délce přibližně 2,3 μ s bylo aplikováno na mléko při teplotě 65 °C a udržováno po dobu kratší než 10 s. Bylo zjištěno, že doba trvanlivosti mléka se prodloužila minimálně o 24 dní (Sepulveda et al. 2009).

Aplikace PEF inaktivuje gramnegativní i grampozitivní bakterie v plnotučném mléce již při 50 °C. Tepelně konzervované mléko vydrží mikrobiologicky stabilní 21 dní při teplotě skladování 4 °C. Tepelná konzervace mléka má ale nepříznivé účinky, mezi které patří neenzymatické hnědnutí, degradace laktózy, denaturace syrovátkových bílkovin a také poškození vlastností smetany (Nowosad et al. 2021).

Niu et al. (2020) ve své studii zkoumali vliv PEF na likvidaci patogenních mikroorganismů v hroznové šťávě. K inaktivaci tří různých kmenů mikroorganismů (*Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*) použili ošetření elektrickým polem v rozmezí 9-27 kV/cm po dobu 34-275 μ s při počáteční teplotě ošetření 40 °C. Ukázalo se, že účinnost PEF na rychlost inaktivace je u různých mikroorganismů ve stejném potravinářském výrobku rozdílná, což může být způsobeno různými charakteristikami mikroorganismů, jako jsou mikrobiální druhy a velikost buněk. Nejmenší odolnost vůči ošetření PEF vykazovala kvasinka *Saccharomyces cerevisiae* jako další bakterie *Escherichia coli* a poslední *Staphylococcus aureus*.

Bylo zjištěno, že PEF nedokáže účinně inaktivovat spory mikroorganismů, ale pouze vegetativní buňky. Metodu PEF lze tedy účinně využívat k pasterizaci, ale nelze ji aplikovat za účelem sterilizace potravin (Nowosad et al. 2021).

Enzymy jsou méně citlivé na působení PEF nežli mikroorganismy, proto je zapotřebí pro inaktivaci enzymů použití PEF o vyšší intenzitě. Marsellés-Fontanet & Martín-Belloso (2007) se zaměřili na zkoumání enzymatické aktivity po aplikaci PEF na hroznovou šťávu, která je velmi citlivá k působení mnoha enzymů. Bylo zjištěno, že PEF významně neovlivnilo fyzikálně-chemické a sensorické vlastnosti šťávy, ale dokázalo snížit aktivitu peroxidázy a polyfenol oxidázy.

PEF způsobuje permeabilizaci rostlinných i živočišných tkání, což způsobuje zvýšení přenosu hmoty a tepla v tkáních mezi buňkami a jejich okolím. Toho lze využít ke zvýšení efektivity při procesu sušení (Donsí et al. 2010).

Donsí et al. (2010) ve své práci popisují aplikaci PEF jako předúpravu před sušením mrkve. Díky zvýšené permeabilitaci buněčné stěny dochází ke zrychlení přenosu hmoty během osmotické dehydratace mrkve. PEF bylo aplikováno v celkové energii 19 kJ/kg pomocí pulzů o délce 100 μ s s intenzitou elektrického pole 0,6 kV/cm. Výsledným efektem bylo celkové snížení doby sušení na vzduchu při teplotě 60 °C ze 140 na 110 minut. Na druhou stranu PEF způsobilo změknutí dehydratovaného produktu.

Vlivu PEF na zrání zvěřiny se ve své studii věnovali Mungure et al. (2020). Zkoumali účinky elektrického pole s nízkým pulsem (LPEF-2,5 kV, 50 Hz, 20 μ s) a elektrického pole s vysokým pulsem (HIPEF 10 kV, 50 Hz, 20 μ s) na kvalitativní vlastnosti mokré a suché stařené zvěřiny. Studie ukázala, že použití PEF může zlepšit přenos hmoty a kinetiku sušení, což vede ke zkrácení doby zpracování a lepší kontrole úbytku hmotnosti při suchém zrání zvěřiny. Pozorování prokázalo, že HIPEF může zrychlit dobu sušení (o 6 %) a zlepšit křehkost zvěřiny během procesu suchého zrání, což zvýší kvalitu produktu a také efektivitu výroby.

Hrozny révy vinné obsahují různé fenolové sloučeniny, které se nacházejí zejména ve slupce, a které se při tradičních vinařských metodách extrahují jen částečně. V červeném víně se nachází hlavní fenolové látky antokyany, které jsou zodpovědné za červenou barvu vína, ale také za jeho typickou hořkost a trpkost. Obsah těchto látek závisí na odrůdě a pěstitelských metodách, ale také na technologii zpracování vína. Běžné metody zvyšování obsahu fenolových látek ve víně prodlužují dobu výroby, zhoršují kvalitu nebo zvyšují náklady na výrobu. Ošetření PEF by mohlo představovat účinnou náhradu těchto tradičních metod pouze s mírnou spotřebou energie. Bylo potvrzeno, že PEF dokáže zvýšit koncentraci antokyanů ve šťávě a zároveň vede ke zvýšení účinnosti lisování, a tedy k většímu výtěžku šťávy. PEF lze použít i pro zvýšení kvality šťávy z bílých hroznů. Optimální podmínky ošetření vyžadovaly příkon energie 20 kJ/kg při teplotě 1,5 °C o intenzitě elektrického pole 0,75 kV/cm. Výsledkem předúpravy PEF bylo např. zvýšení výtěžnosti šťávy z 67 na 75 %, snížení zákalu, a také ke zvýšení obsahu polyfenolů o více než 10 % (Donsí et al. 2010).

Zmrazování potravin má jeden zásadní problém. Při zmrazení dojde k vytvoření krystalků ledu, které mohou ničit tkáň, což způsobí, že po rozmrazení produkty ztratí svou kvalitu a svůj tvar. Takové produkty jsou pro konzumenty nepřijatelné, a proto se vědci snaží vymyslet novou technologii zachování kvality zmrazených produktů a zároveň urychlit zmrazování a rozmrazování. Ukázalo se, že aplikace PEF dokáže tyto problémy u určitých potravin vyřešit. Např. bylo aplikováno PEF s vakuovou impregnací za současného použití

kryoprotektiv jako je trehalóza, sacharóza, glukóza a fruktóza. Po rozmrazení bylo zjištěno, že si listy špenátu zachovaly turgor a životaschopnost díky kombinaci těchto technologií. Také plátky mrkve ošetřené PEF po namočení v různých kryoprotekčních a texturizačních prostředcích měly vyšší pevnost po rozmrazení než neošetřený plátek (Nowosad et al. 2021).

Dřívější studie prokázaly, že ošetření potravin pomocí této technologie by mohlo zlepšit přenos hmoty a tepla, proto Jiaheng Li et al. (2020) zkoumali rychlost rozmrazování a také změny kvality lososa obecného zmrazeného a rozmrazeného po předchozím ošetření pomocí PEF. Získané vzorky porovnali se stejnými hodnotami vzorků bez předchozího ošetření. Výsledky ukázaly, že použití PEF zkrátilo dobu rozmrazování o 20 min z $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Svalová vlákna ošetřena PEF byla po rozmrazení lépe zachována, což vedlo ke snížení jejich celkového úbytku o 6 %. Lze konstatovat, že použití technologie PEF má potenciál prodloužit čerstvost zmrazeného a později rozmrazeného lososa obecného.

Extrakce je jeden z nejčastěji používaných procesů v chemii k získání cenných látek, který obvykle zahrnuje chemické nebo tepelné zahřívání vzorku. Studie uvádí, že použití PEF pro extrakci dokáže zvýšit jejich účinnost, minimalizovat poškození extrahovaných látek a zkrátit dobu extrakce. PEF je ideální pro zvýšení extrakce různých vnitrobuněčných sloučenin. Jak již bylo popsáno, PEF lze uplatnit např. pro extrakci fenolických sloučenin při výrobě vína, dále pro získání cukru z cukrové řepy nebo třeba fytosterolů z kukuřice. Navíc díky PEF mají extrahované šťávy vysokou čistotu. Existuje zde ale riziko destrukce buněčné stěny či zničení buněčného turgoru, ke kterému může dojít při použití příliš vysoké intenzity PEF. Dále může mít nepříznivý vliv na viskozitu a elasticitu buněčných tkání (Nowosad et al. 2021).

Soliva-Fortuny et al. (2017) se ve své studii věnovali vlivu PEF na obsah fenolů a flavan-3-olu a také na jejich antioxidační aktivitu v jablkách skladovaných při různých teplotách po dobu 48 hodin. Nejvyšší nárůst obsahu fenolů (13 %) a flavan-3-olu (92 %) byl zaznamenán u jablek ošetřených PEF nejnižšími parametry elektrického pole. Ve srovnání s neošetřenými vzorky byla antioxidační aktivita vyšší u jablek ošetřených PEF a to o 43 %. Nowosad et al. (2021) popisují, že po aplikaci PEF dojde ke zvýšení extrakce polyfenolů z rajčat, hroznů či brutnáku lékařského. PEF zkrátí dobu extrakce polyfenolů a zvýší jejich antioxidační aktivitu. Intenzita pulzů je přímo úměrná množství extrahovaných polyfenolů a jejich antioxidační aktivitě.

Jiné studie ukazují, že použití metody PEF při výrobě ovocných a zeleninových šťáv dochází k zachování vyššího množství vitamínů v porovnání s tradičními metodami tepelné konzervace. Odriozola-Serrano et al. (2008) použili PEF metodu při výrobě jahodové šťávy, kdy bylo aplikováno elektrické pole o intenzitě 35 kV/cm po dobu $1700\text{ }\mu\text{s}$ ve formě bipolárních obdélníkových pulsů o šířce $4\text{ }\mu\text{s}$ opakované s frekvencí 100 Hz . Zjistili, že v jahodové šťávě došlo k zachování 98 % vitamínu C, kdežto při tepelné pasterizaci po dobu 60 sekund při $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ došlo k poklesu jeho obsahu na 94-95 %.

Cortés et al. (2006) se zaměřili na obsah vitamínu A v pomerančové šťávě. Dospěli k závěru, že si šťáva ošetřená PEF zachovala o 8,1 % vitamínu A více než šťáva pasterovaná. Také Salvia-Trujillo et al. (2011) porovnávali obsah vitamínu B2 v mléce a ovocných šťávách

ošetřených PEF a tradiční metodou pasterace. Ovocné šťávy byly připraveny z kiwi, manga, pomeranče a ananasu. V mléce a ve všech šťávách ošetřených metodou HIPEF bylo zachováno vyšší množství vitamínu B2 než v těch, které byly ošetřeny tepelně.

PEF technologii lze použít pro vývoj nových potravin. Polikovský et al. (2019) se zaměřili na vývoj udržitelného zdroje bílkovin z makroskopických řas. Makrořasy i mikrořasy by mohly poskytovat vyšší výtěžnost bílkovin na jednotku plochy, než suchozemské rostliny používané jako zdroje bílkovin jako je pšenice, sója či luštěniny. Proto aby se mohly bílkoviny z řas používat pro lidskou spotřebu je potřeba, aby byly extrahovatelné, stravitelné a především bezpečné. Největší riziko při vývoji nových potravin představují potravinové alergie. V poslední době byly testovány různé způsoby rozrušování buněk, které pomáhají při extrakci bílkovin. Jednalo se např. o ultrazvuk, mikrovlnnou asistenci či vysokotlakou homogenizaci.

V současné době se pro extrakci běžně používají tepelné či chemické metody, které mohou ovlivnit nutriční hodnotu extrahovaných bílkovin a peptidů. Tyto metody mohou měnit alergenní vlastnosti bílkovin a také zanechávat nežádoucí chemické látky. Tyto problémy dokáží vyřešit netermální metody jako je právě pulzní elektrické pole. PEF navíc umožňuje selektivní extrakci proteinů.

3.3 Mrkev obecná

Mrkev obecná setá nese latinský název *Daucus carota* a patří do čeledi miříkovité neboli *Apiaceae*. Jedná se o výhradně dvouletou bylinu. Mrkev je chlupatá jednoduchými chlupy a vzácně může být i lysá. Lodyhy jsou většinou větvené, přímé a rýhované. Dorůstá do výšky 70–150 cm. Kořen je dužnatě zesílený, nevětvený, válcovitý nebo mírně kuželovitý. První přízemní listy rostou vzpřímeně. Lodyžní listy jsou v obrysu trojúhelníkovité (Tomšovic 1997). Během období květení od poloviny července do září je rostlina schopna vytvořit až 100 květů (Mitich 1996).

Mrkev je jedna z mála druhů zeleniny, která se pěstuje po celém světě, především v mírných pásech, tropech a subtropích často jako zimní plodina. Původem pochází ze země jižní Asie, kde byla objevena již v 10. století (Boadi et al. 2021). V polovině 15. století se z této oblasti rozšířila dál do Evropy, severní Afriky i Číny. Její původní zbarvení bylo fialové, červené, bílé a žluté. Až v 18. století se v Nizozemsku začala pěstovat oranžová mrkev, která postupně nahradila ostatní barvy. Dodnes se však můžeme v některých oblastech světa setkat s mrkví zbarvenou jednou z původních barev (Arscott & Tanumihardjo 2010). Mrkev obecná se často pěstuje na polích či zahradních kulturách jako kořenová zelenina, výjimečně i jako krmivo. Jedná se o nejvýznamnější kořenovou zeleninu v České republice (Tomšovic 1997).

K pěstování mrkve se v současné době využívá celosvětově asi 1,2 milionu hektarů půdy. Mrkev je plodinou citlivou na vysoké teploty, proto roste především v mírném pásmu a v tropických oblastech je její produkce omezená (Boadi et al. 2021). Největšími producenty mrkve je Čína, Rusko a Spojené státy s podílem téměř 50 % celkové světové úrody (Arscott & Tanumihardjo 2010). Mrkev je všeobecně nenáročná na půdní i klimatické podmínky. Nejraději má lehčí, propustné, hluboké a záhřevné půdy. Dále jsou vhodné hlinitopísčité s dostatečně velkým obsahem humusu a písčitohlinité půdy. V těžších, hlinitých půdách rostou mrkve hůře zbarvené a s větším zakřivením kořenů oproti lehkým půdám s dostatečným množstvím humusu. Ideální pH půdy pro růst kořenů mrkve je od 6,7 do 7,5. Nižší teploty mezi 9 a 12 °C podporují charakteristickou křehkost, šťavnatost a sladkost, naopak vysoké teploty způsobují tvrdost kořenů. (ÚKZÚZ 2014) Mrkev nemá ráda kyselé a zamokřené půdy. Před výsevem je nezbytné půdu kvalitně mechanicky zpracovat. Výsev probíhá přímo do záhonu. Pěstování pro produkci kořene je jednoleté. Sklizeň probíhá ve stadiu listových růžic. Často se také urychluje pěstování za pomoci pařníků či skleníků (Tomšovic 1997).

Mrkev je významnou kořenovou zeleninou, která pro člověka představuje důležitý zdroj vitamínů, minerálních látek a přírodních antioxidantů s antikarcinogenní aktivitou (Sharma et al. 2012).

Divoká mrkev byla používána jako lék už ve starém Řecku a Římě. Koncem 16. a začátkem 17. století britští bylinkáři Nicholas Culpeper i John Gerard doporučovali mrkev pro různé druhy onemocnění. Culpeper tvrdil, že výluh ze sušených listů mrkve zmírňuje flatulenci, působí proti ledvinovým kamenům a tlumí ženské obtíže. Postupem času opadl zájem o mrkev, který byl opět navrácen počátkem 20. století, kdy vědci objevili karoten obsažený v kořenu i listech mrkve (Mitich 1996).

Mrkev dále obsahuje vápník, fosfor, železo, hořčík, sodík, draslík, měď a zinek (Sharma et al. 2012). Holland et al. (1991) uvádí následující složení mrkve: voda 88,8 %, bílkoviny

0,7 %, tuky 0,5 %, sacharidy 6 % z toho cukry 5,6 %, hrubá vláknina 2,4 %, dále K (240 mg/100 g), Na (40 mg/100 g), Ca (34 mg/100 g), P (25 mg/100 g), Mg (9 mg/100 g), Fe (0,4 mg/100 g), Cu (0,02 mg/100 g), Zn (0,2 mg/100 g), karoteny (5,33 mg/100 g), vitamín thiamin (0,04 mg/100 g), riboflavin (0,02 mg/100 g), niacin (0,2 mg/100 g), vitamín C (4 mg/100 g) a energii (126 kJ/100 g).

Antioxidanty hrají v zelenině důležitou roli v prevenci proti nemocem souvisejícím s oxidačním stresem. Ten uvolňuje v těle kyslíkaté radikály, které kromě stárnutí způsobují poruchy, jako je např. šedý zákal, kardiovaskulární onemocnění, revmatismus, autoimunitní a nádorová onemocnění. Právě přírodní antioxidanty radikály z buněk odstraňují a snižují výskyt těchto onemocnění. Mrkev je bohatá na antioxidanty jako jsou alfa-karoten, beta-karoten, lykopen a lutein. Konzumace mrkve také posiluje imunitní systém, chrání před vznikem cévní mozkové příhody, srdečním onemocněním, astmatem, vysokým krevním tlakem, osteoporózou a dalšími chorobami. Vzhledem k výraznému množství různých sloučenin, které mrkev obsahuje, je tak považována za funkční zeleninu se zdravými prospěšnými vlastnostmi (Singh et al. 2001).

3.3.1 Vliv pulzního elektrického pole na vlastnosti mrkve

Mrkev se primárně pěstuje pro konzumaci v čerstvém stavu či pro přípravu různých pokrmů v domácnostech. I přesto se ale mrkev průmyslově zpracovává na různé produkty. Z mrkve se vyrábí lisovaná mrkvová šťáva, která se prodává buď samostatně nebo obohacená o další složky jiné zeleniny či ovoce. Dále se z mrkve vyrábí pyré, které se používá jako dětská výživa, z dehydratované mrkve se vyrábí chipsy nebo prášek a nakrájená mrkev na tenká kolečka se smaží obdobně jako brambory při výrobě brambůrek (Lim 2015).

Jeden z důležitých procesů při zpracování mrkve je blanšírování. Tato metoda se používá před zmrazováním, dehydratací nebo výrobou mrkvového pyré z důvodu inaktivace enzymů, které způsobují kažení a pokles nutriční hodnoty mrkve. Jedná se o zahřívání mrkve dlouhé 6 min při 80 °C. Blanšírování zvyšuje antioxidační aktivitu mrkve v průměru o 34,3 %, naopak ale delší doba blanšírování snižuje obsah karotenoidů (Hui & Evranuz 2015).

Shamaila et al. (1996) se ve své práci věnovali změnám kvality mrkvové šťávy blanšírované 0-300 s. Za pomoci plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrie identifikovali těkavé látky a dále provedli senzorickou analýzu vlastností mrkvové šťávy za přítomnosti proškoleného senzorického panelu. Dospěli k závěru, že existuje korelace mezi dobou blanšírování, obsahem těkavých látek a senzorickými vlastnostmi šťávy. Během blanšírování po dobu jedné minuty se většina těkavých látek snížila nejméně o 50 %. Jednalo se především o terpenoidy (sabinen, β -pinen, β -myrcen, limonen, trans-karyofylen, α -humulen, β -bisabolen a α -farnesen). S dobou tepelného opracování mrkvové šťávy se snižovala i senzorická jakost mrkve. Docházelo k postupnému horšení textury, barvy, sladkosti i chuti, pouze vůně se zlepšovala.

Quintão-Teixeira et al. (2013) se ve své studii zaměřili na inhibici aktivity peroxidázy v mrkvové šťávě, která je nutná pro zabránění zhoršení senzorické jakosti. Především jde o změnu barvy, chuti a ztráty živin. Při aplikaci pulzního elektrického pole o intenzitě 35 kV/cm po dobu 1,5 ms došlo k inaktivaci až 93 % původní aktivity peroxidázy.

Další enzym, který hraje důležitou roli v čerstvosti šťávy je pektinmethyl esteráza, která zvyšuje množství kalů. Po ošetření PEF o intenzitě 15-30 kV/cm a délce 100-800 μ s byla její aktivita významně snížena a šťáva si tak zachovala dobré vlastnosti déle než jeden měsíc (Vorobiev & Lebovka 2020).

Zhang & Barbarosa Cánovas (2018) se zabýval inaktivací bakterie *Escherichia coli* v mrkvové šťávě za použití pulzního elektrického pole. Z jeho výsledků vyplývá, že úroveň inaktivace bakterie roste s vyšší intenzitou elektrického pole a vyšším počtem pulzů. Při 20 kV/cm a 1449 pulzech došlo k inaktivaci 3,8 log, naopak při 5 kV/cm byla míra inaktivace značně snížena. Při intenzitě větší než 10kV/cm křivka inaktivace prudce klesla, proto bylo konstatováno, že kritická intenzita pulzního elektrického pole pro inaktivaci *Escherichie coli* v mrkvovém džusu je 5-10 kV/cm.

Ukázalo se, že ošetření PEF je užitečné pro zachování organoleptických vlastností, obsahu askorbové kyseliny, karotenoidů a dalších nutričně hodnotných látek obsažených v mrkvových šťávách v porovnání s tepelným ošetřením (Salehi 2020).

Grimi et al. (2007) se zaměřili na studium vícestupňové extrakce rozpuštěných látek z plátků mrkve o různých velikostech včetně mytí, lisování a použití PEF. Mrkev obsahuje jak ve vodě rozpustné cukry, tak i nerozpustné složky jako jsou karotenoidy. Bylo zjištěno, že použitím PEF se zvýšila výtěžnost šťávy a obsah rozpustných látek v ní, naopak většina karotenoidů nebyla zachycena ve šťávě, ale zůstala uvnitř lisovacího koláče. Obsah vylišovaného koláče bohatého na vitamíny a karotenoidy lze použít jako přísadu do dietních potravin.

Aplikace PEF změnil celkový obsah karotenoidů v závislosti na jeho intenzitě (Aguiló-Aguayo et al. 2014). Grimi (2009) uvádí, že výtěžnost šťávy po aplikaci PEF se zvyšuje podle typu lisu od 4 do 54 % a fyzikálně-chemickou analýzou šťávy zjistil, že se zvýšila extrakce biologicky aktivních látek.

Bylo zjištěno, že karotenoidy jsou téměř nerozpustné ve vodě, což vede k jejich omezené extrahovatelnosti do šťávy. Také byla zkoumána extrakce karotenoidů za pomoci různých organických rozpouštědel. Ukázalo se, že aplikace PEF zvyšuje extrakci v metanolu. U neošetřeného vzorku bylo extrahováno 170 mg/100 g sušiny beta-karotenu naproti tomu u ošetřeného bylo dosaženo až 207 mg/100 g (Vorobiev & Lebovka 2020).

Mrkev obsahuje polyacetyleny, které představují potenciálně prospěšné látky pro lidské zdraví. Například u falcarinolu byly zjištěny cytotoxické účinky u několika druhů nádorových onemocnění. Vzhledem k tomu, že jsou tyto látky termicky nestabilní a lipofilní, je nutné je extrahovat bez použití vysokých teplot. K extrakci se využívají organická rozpouštědla. Aguiló-Aguayo et al. (2014) extrahovali polyacetyleny tlakovou kapalínovou extrakcí za použití 100% ethylacetátu při tlaku 800 psi. Použití PEF (0,25 kV/cm, 6 ms) zvýšilo množství získaného falcarindiolu a falcarindiol-3-acetátu z mrkvového pyré trojnásobně.

Další metoda, ve které se uplatní PEF je sušení mrkve, která se používá ke konzervaci. Samotné sušení může mít negativní vliv na vlastnosti mrkve, především na barvu, strukturu a obsah cenných látek jako je například beta-karoten. PEF dokáže urychlit proces sušení a tím i zkrátit tepelný záhřev mrkve, který způsobuje barevné změny. Liu et al. (2019) studovali kinetiku sušení při různých teplotách po ošetření PEF. Dospěli k závěru, že použití PEF snížilo dobu sušení o 33-35 % při všech zkoumaných teplotách a také zjistili, že degradace beta-karotenu byla nižší oproti usušeným vzorkům bez předchozího ošetření metodou PEF.

Degradace beta-karotenu je tím větší, čím déle sušení probíhá a čím větší teploty se k sušení používají. Například při sušení při 75 °C došlo k degradaci beta-karotenu u vzorků ošetřených PEF o 30 mg/100 g sušiny méně než u neošetřených vzorků (Vorobiev & Lebovka 2020).

Akin et al. (2009) se ve své práci věnovali fyzikálním, chemickým a mikrobiálním změnám v mrkvové šťávě ošetřené PEF. V rámci své studie se zaměřili na sledování pH vzorků. Postupně byla zvyšována intenzita PEF od 13 do 27 kV/cm a po každé aplikaci bylo měřeno pH. Mezi kontrolními vzorky a vzorky ošetřenými PEF nebyl při měření pH zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Dále sledovali změnu cukernatosti. Brix kontrolních vzorků mrkvové šťávy byl 13,2 po aplikaci elektrického pole o intenzitě 27 kV/cm se změnil na 13,34. Ani titrovatelná kyselost se s rostoucí intenzitou elektrického pole neměnila. Statisticky významný rozdíl mezi vzorky nebyl zjištěn ani při sledování vodivosti. Zvýšená intenzita elektrického pole nezpůsobila významné změny v obsahu vitamínu C v mrkvové šťávě. Koncentrace vitamínu C v kontrolních vzorcích byla 3,91 mg/l, u vzorků ošetřených PEF byla 4,10 mg/l. V rámci mikrobiologického testování se zaměřili na celkový počet plísni a kvasinek, aerobních mezofilních bakterií a bakterií z čeledi *Enterobacteriaceae*. Dospěli k závěru, že zvýšená intenzita elektrického pole statisticky významně snížila počty všech sledovaných mikroorganismů. Dále sledovali obsah některých minerálních látek. Zaměřili se na vápník, hořčík, sodík a draslík. Po ošetření mrkvové šťávy technologií PEF nedošlo k žádným signifikantním změnám v obsahu těchto látek.

López-Gámez et al. (2021) se zaměřili na výzkum fenolových sloučenin a karotenoidů v čerstvé mrkvi. Jelikož jsou tyto látky uloženy ve vakuolách a chromoplastech nebo vázány na vlákninu, je složité, aby se během trávení dostatečně uvolnily a uplatnily své zdraví prospěšné účinky v organismu. Vzhledem k tomu, že pulzní elektrické pole způsobuje prasknutí buněčných membrán, aplikovali vědci tuto technologii na mrkev a následně vyhodnotili biologickou dostupnost těchto sloučenin. Mrkev v celku byla ošetřena 5 pulzy o napětí 3,5 kV/cm. Ačkoliv metoda žádným způsobem neovlivnila obsah karotenoidů, biologická dostupnost se zvýšila o 11,9 %. Také se zvýšil obsah některých fenolových látek, především kumarinové kyseliny o 163,2 % a celková biodostupnost těchto látek o 20,8 %.

3.3.2 Vliv pulzního elektrického pole na sensorickou jakost mrkve

Dle výsledků různých výzkumů z oblasti výživy a psychologie vyplývá, že sensorická kvalita ovoce a zeleniny má zásadní vliv na míru její konzumace a tím i na lidské zdraví. Sladká chuť je všeobecně oblíbená a tato vlastnost převažuje právě u mrkve (Ulrich & Nothnagel 2006).

Na sensorické vlastnosti mrkve má vliv nejen způsob zpracování a výběr technologie, ale také samotná odrůda mrkve, lokalita růstu mrkve a také skladování mrkve. V průběhu skladování dochází k nárůstu aromatických látek jako jsou některé terpeny a aldehydy, ale k chuťovým změnám nedochází (Varming et al. 2004). V syrové zelenině bylo identifikováno více než 100 aromatických sloučenin, které mohou ovlivnit její kvalitu (Ulrich & Nothnagel 2006).

V roce 1997 provedli Bruckner et al. průzkum trhu v okolí Berlína zaměřený na sensorické vlastnosti mrkve. V jejich práci porovnávali jednotlivé deskriptory sensorických vlastností mrkve jak proškolení hodnotitelé, tak běžní spotřebitelé. Z průzkumu vyplynulo, že běžní spotřebitelé vnímají pouze několik vlastností mrkve. Nejdůležitější je pro ně šťavnatost, křupavost a tvrdost mrkve (Bruckner et al. 2000).

Roininen et al. (2003) se zaměřili na studium preferencí textury různě zpracované mrkve u dvou spotřebitelských skupin. Jednalo se o skupinu dospělých ve věku od 23 do 40 let a o skupinu starších osob ve věku nad 60 let. Starší i mladí respondenti považovali za obtížně požitelné syrové plátky a nahrubo nastrouhanou mrkev, která pro ně představovala dlouhou dobu žvýkání, byla tvrdá, křehká, křupavá a suchá, naopak za lehce stravitelné považovaly obě skupiny vhlké, hladké a dužnaté vzorky jako byla např. vařená mrkev. Mladší respondenti preferovali oproti starším hrubší texturu mrkve představující větší křupavost a tvrdost. Vzorky, které se vyznačovaly jemnou texturou jako např. mrkvové pyré ale nechutnaly ani jedné skupině.

Před samotným zpracováním mrkve je nutné mrkev blanširovat, aby se zachovala její barva, zabránilo se růstu mikroorganismů a inaktivovala se činnost enzymů. Zvyšující se teplota a délka blanširování negativně ovlivňuje tvrdost mrkve, a protože tvrdost mrkve je jeden z nejdůležitějších parametrů pro spotřebitele, je nutné vyvinout metodu pro předúpravu, která zabrání přílišnému měknutí mrkve při blanširování. Spotřebitelé požadují texturu zpracované mrkve co nejvíce podobnou čerstvé mrkvi. Bylo prokázáno, že infuze vápenatých solí do mrkve dokáže ovlivnit tvrdost a pevnost mrkve po blanširování díky tvorbě příčných vazeb mezi pektiny a vápenatými ionty. Tato předúprava je ale zdlouhavá, a tak se ji Leong et al. (2018) pokusili urychlit pomocí PEF. Výsledná tvrdost mrkve byla hodnocena spotřebiteli. Mrkev bez předúpravy byla považovaná spotřebiteli za nejméně tvrdou a hned po ní následovala mrkev ošetřená PEF. Mrkev ošetřená PEF urychlila infuzi vápenatých solí do mrkve a byla vyhodnocena jako tvrdší než pouze blanširovaná. V porovnání s mrkví, u které nebylo provedeno ošetření PEF, ale pouze infuze, byla textura horší. Ošetření PEF má tedy negativní vliv na zachování tvrdosti mrkve.

O texturních vlastnostech po ošetření celé mrkve metodou PEF napsali ve své práci, která se primárně zaměřovala na biodostupnost karotenoidů a fenolových látek López-Gámez et al. (2021). Dle jejich zjištění se po aplikaci PEF významně snížila tvrdost mrkve, a naopak soudržnost zůstala nezměněna. Snížení pevnosti je přičítáno změnám ve vnitřní struktuře

mrkve, ke které dochází vlivem PEF. Identifikace těchto změn byla podpořena vytvořením mikrostrukturních snímků. V mrkvové tkáni dochází vlivem PEF k zesílení oddělování buněk, což je pravděpodobně způsobeno degradací středních lamel. Dále by změny v buněčných stěnách mohly změnit objem vody absorbované do sítě polysacharidů, což může vést k dalším texturním i jiným sensorickým změnám.

Banerjee et al. (2016) aplikovali pulzní elektrické pole na různé druhy zeleninových šťáv a zaměřili se na sledování sensorických změn. Jednalo se o vzorky šťáv extrahovaných ze zelí, okurky, tykve, máty a kadeřávku. U vzorků byla pozorována chuť, barva a vůně a byly porovnány s neošetřenými vzorky. Závěrem studie bylo konstatováno, že nebyly zaznamenány žádné změny v sensorických vlastnostech šťáv. To znamená, že PEF dokáže nahradit tepelnou pasteraci bez jakýchkoliv ztrát chuti, barvy a dalších vlastností (Binoti et al. 2012).

Vliv pulzního elektrického pole, ultrafialového záření a světelných pulzů o vysoké intenzitě v kombinaci s manotermosonikací (kombinací zvýšeného tlaku, tepla a ultrazvuku) na sensorické vlastnosti pomerančovo-mrkvové šťávy zkoumali Caminiti et al. (2012). Bylo aplikováno pulzní elektrické pole o napětí 24 kV/cm po dobu 93 μ s při 18 Hz, manotermosonikace byla použita při 400 kPa, 35 °C, 1000 W, 20kHz. Sensorická analýza byla provedena proškolenými hodnotiteli, kteří hodnotili vzhled, vůni, chuť, sladkost, kyselost a celkovou přijatelnost šťáv na škále od 1-9. Všechny tři metody byly porovnávány s konvenčním způsobem ošetření, tedy pasterací. Všechny tři metody byly hodnoceny sensorickým panelem téměř totožně ve všech deskriptorech. V porovnání s pasterací byly celkově hodnoceny méně příznivě. Jediný deskriptor, u kterého panelisté uvedli preferenci alternativního ošetření oproti konvenčnímu byl vzhled. Za tento znatelný pokles kvality patrně může aplikace manotermosonikace.

Vzhledem k tomu, že pulzní elektrické pole dokáže nahradit šetrnou pasterizaci ovocných a zeleninových šťáv, se Rivas et al. (2006) zaměřili na porovnání těchto dvou metod v jejich fyzikálně-chemických vlastnostech u pomerančovo-mrkvové šťávy. Součástí jejich výzkumu byla i sensorická analýza, při které zjistili, že pro hodnotitele byla příjemnější vůně a chuť vzorků ošetřených PEF oproti vzorkům ošetřených HTST (ošetření vysokou teplotou po krátkou dobu). Navíc vzorky ošetřené PEF si déle zachovávaly barvu.

Aktin et al. (2009) sledovali změnu barvy mrkvové šťávy po ošetření metodou PEF. Pulzní elektrické pole bylo aplikováno v pěti různých intenzitách od 13 do 27 kV/cm. Bylo zjištěno, že mezi kontrolním vzorkem a vzorkem PEF nedošlo k žádnému významnému rozdílu v barevnosti.

4 Metodika

4.1 Materiál a metody

Pro účely experimentální části této práce byla provedena senzorická analýza senzorickým panelem tvořeným celkem osmdesáti hodnotiteli ve věku od 22 do 59 let. Hodnocení bylo uskutečněno v senzorické laboratoři na České zemědělské univerzitě dle podmínek normy ČSN EN ISO 8589:2008 a bylo provedeno celkem 3x. Vliv pulzního elektrického pole byl zkoumán na mrkvi obecné a byla použita metoda hodnocení senzorického profilu při použití grafické lineární orientované nestrukturované stupnice o délce 100 mm. Pro druhé a třetí hodnocení byla navíc použita párová preferenční zkouška. U třetího hodnocení měli hodnotitelé uvést důvod preference. Vzor formuláře je uveden v příloze 1 a 2. Pro první a druhé hodnocení senzorického profilu byly stanoveny tyto deskriptory:

- Příjemnost vůně (0 % = velmi špatná, 100 % = vynikající)
- Příjemnost textury (0 % = velmi špatná, 100 % = vynikající)
- Pružnost (0 % = velmi lámavý, 100 % = velmi pružný)
- Tvrdost (0 % = velmi měkký, 100 % = velmi tvrdý)
- Elasticita (0 % = plastický, 100 % = elastický)
- Křehkost (v ústech) (0 % = velmi křehký, 100 % = velmi houževnatý)
- Soudržnost (v ústech) (0 % = velmi rozpadavý, 100 % = velmi soudržný)
- Šťavnatost (v ústech) (0 % = velmi suchý, 100 % = velmi šťavnatý)
- Intenzita dřevité chuti (0 % = neznatelná, 100 % = velmi silná)

Pro třetí a hodnocení byly navíc přidány tyto deskriptory:

- Příjemnost chuti celkově (0 % = velmi špatný, 100 % = vynikající)
- Celková intenzita chuti (0 % = neznatelná, 100 % = velmi silná)
- Intenzita sladké chuti (0 % = neznatelná, 100 % = velmi silná)

Každému hodnotiteli bylo předloženo dostatečné množství vzorku, který byl označen náhodným čtyřmístným kódem a jako neutralizátor chuti byla k dispozici neperlivá voda. Délka hodnocení nebyla časově omezena.

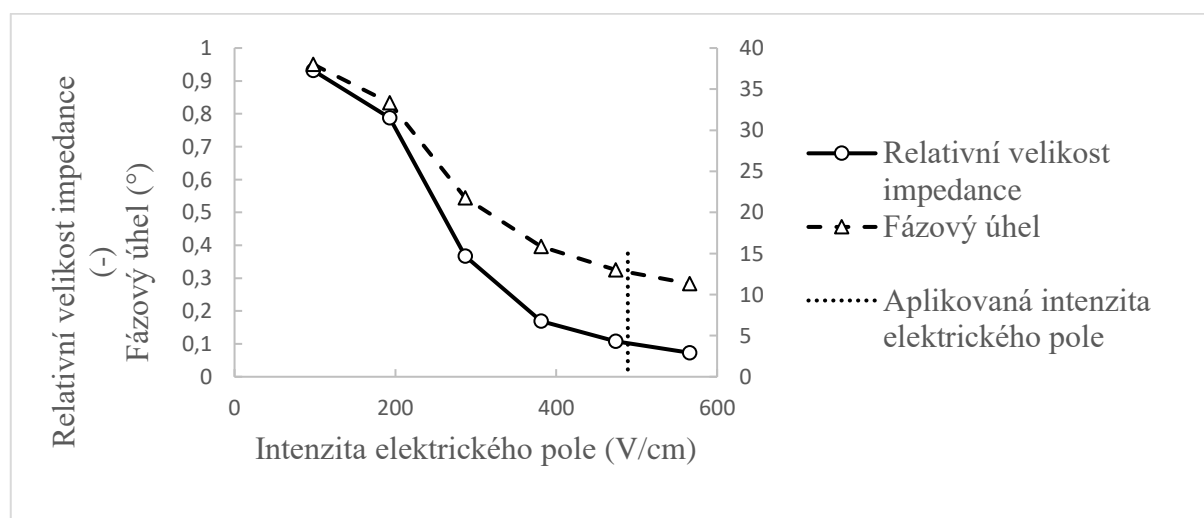
První degustace byla provedena 28. 1. 2021 a zúčastnilo se jí celkem devět hodnotitelů (2 muži a 7 žen). Pro hodnocení byla použita mrkev ze supermarketu Kaufland. Byly připraveny dva vzorky mrkve, kterým byla škrabkou odstraněna vrchní vrstva. Plátkovačem byly přesně odříznuty plátky o tloušťce $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$. První vzorek byl servírován čerstvý a druhý byl ošetřen metodou PEF. S ohledem na parametry a možnosti aparatury byly metodou PEF upravovány vždy dva plátky na sobě s celkovou tloušťkou přibližně 3 mm. Vzorky byly hodnotitelům podávány ihned po dokončení a oba vzorky najednou.

Druhé senzoričké hodnocení bylo uskutečněno 25. 8. 2021, kdy byly vzorky hodnoceny senzoričkým panelem složeným ze šesti hodnotitelů (1 muž a 5 žen). K degustaci byla použita mrkev ze školního pozemku odrůdy Jereda. Byly vybrány největší kořeny ze sklizně čtyři měsíce od zasetí. Průměry kořenů v nejširší části byly cca $35 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. Při druhé degustaci bylo připraveno 8 vzorků stejným způsobem jako v předchozím hodnocení. Vzhledem k tomu, že struktura a zastoupení různých typů buněk ve vnitřní části kořene se v průběhu zrání mění, byla odstraněna střední část kořene u 4 vzorků, aby byla získána homogenní směs a omezen vliv doby sklizně degustovaných mrkví. Vzorky byly hodnotitelům podávány po dvojicích. První dvojici vzorků představovala mrkev ošetřená PEF ihned podaná hodnotitelům k degustaci a čerstvě ukrojená neošetřená mrkev taktéž servírovaná ihned. Druhá dvojice vzorků byla ošetřena stejným způsobem jako ta první, ale mezi přípravu a servírování byla zakomponována pauza 15 minut. Následně byly servírovány vzorky ošetřené stejným způsobem, ale bez střední části kořene.

Třetí degustace byla rozdělena do dvou dnů. Byla provedena 7. 12. 2021, kdy se jí zúčastnilo celkem 25 proškolených hodnotitelů (22 žen a 3 muži) a 14. 12. 2021, kdy bylo k dispozici 40 hodnotitelů (9 mužů a 31 žen). Při těchto hodnoceních byla použita mrkev ze supermarketu Kaufland a byla upravena stejným způsobem jako při prvním hodnocení. Senzoričkému panelu byly předkládány pouze dva vzorky, a to PEF ošetřená mrkev a čerstvá mrkev. Oba vzorky byly předkládány najednou ihned po aplikaci PEF.

Zdrojem PEF signálu bylo zařízení PEC-1 (Pulsed Electric Cooker) vyvinuté na Technické fakultě ČZU. Zdroj aplikuje na vhodnou potravinu střídavé elektrické pole obdélníkového tvaru o amplitudě napětí 150-160 V a frekvenci 18 kHz ve formě krátkodobých pulzů. Intenzitu elektrického pole lze volit vhodnou tloušťkou upravované potraviny, která se umísťuje mezi elektrody. Při tloušťce hodnocených mrkvových plátků 3 mm byla tak aplikována intenzita se špičkovými hodnotami přibližně 500 V/cm. Doba trvání pulzu byla 10 ms. Opakováním jednotlivých pulzů s neměnnou amplitudou bylo díky kumulativnímu efektu možné dosáhnout dostatečného stupně PEF ošetření potraviny. Zařízení pracuje s poměrně malými intenzitami elektrického pole, je tedy vhodné pro elektroporaci buněčných membrán specifických typů rostlinných tkání (dužina kořene mrkve), ale není již použitelné například pro pasterizaci. Před vlastními sensorickými hodnoceními byl ověřen dostatečný stupeň zmíněného typu účinku PEF na hodnocených vzorcích pro použitou intenzitu pole a zvolený počet opakování. Byly proto změřeny změny impedance vzorků v závislosti na hodnotě intenzity aplikovaného elektrického pole. Elektroporaci buněčných membrán dochází ke změně obou parametrů impedance jak její velikosti, tak fázového úhlu.

V Grafu 1 je zobrazena změna parametrů impedance vzorku mrkve z druhého hodnocení v závislosti na velikosti amplitudy intenzity aplikovaného elektrického pole při deseti opakováních pulzu. Zobrazeny jsou relativní změny velikosti impedance, tedy poměr hodnoty po aplikaci ku hodnotě počáteční a u fázového úhlu jsou ponechány hodnoty absolutní v úhlových stupních. V grafu jsou dobře patrné tři oblasti. Pro nízké intenzity pole (0-200 V/cm) se účinky pole neprojeví nebo jsou jen mírné a změřená změna impedance je malá. Ve střední části (200-400 V/cm) účinky pole rostou a hodnoty impedance po aplikaci PEF výrazně klesají. Pro ještě vyšší intenzity pole (400 V/cm a výš) jsou již elektroporační účinky elektrického pole téměř maximální a další zvyšování intenzity pole již z hlediska úpravy potraviny pro ochutnávku elektroporaci buněčných membrán nemá smysl. Námi použitá intenzita elektrického pole na přípravu hodnocených vzorků se nachází v poslední zmíněné oblasti grafu. U vzorků mrkví při prvním, druhém i třetím sensorickém hodnocení byly změny měřených elektrických vlastností velmi podobné.



Graf 1: Závislost změny impedance na amplitudě intenzity elektrického pole

4.2 Statistické metody

Získaná data byla zpracována za použití programu Excel verze 2202 (Microsoft), kde byly zjištěny průměry a směrodatné odchylky. Dále zde byly vytvořeny pavučinové grafy a zpracována data pro další použití. Data byla vyhodnocena za pomoci programu Statistica 12 od firmy StatSoft. Zde byla použita jednofaktorová analýza rozptylu (ANOVA) a analýza rozptylu s interakcemi, dále byla aplikována Scheffého post-hoc metoda. Rozdíly mezi vzorky byly zobrazeny na grafech vytvořených v programu Statistica. Dále byl vytvořen dendrogram zobrazující hierarchické shlukování, projekce případů do faktorové roviny a projekce proměnných do faktorové roviny pomocí metody hlavní komponenty (PCA). Korelační analýza byla též aplikována a vytvořena v programu Statistica. Pro jednotlivé testy byla stanovena hladina významnosti alfa 0,05.

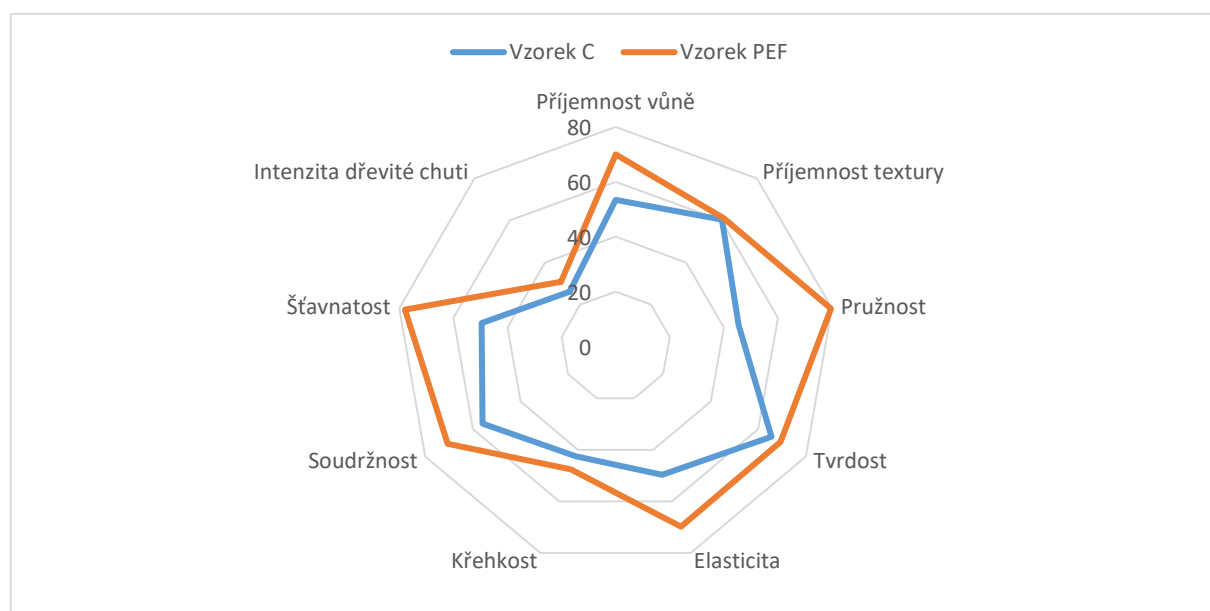
5 Výsledky

5.1 První hodnocení

5.1.1 Pavučinový graf

V rámci prvního sensorického hodnocení byly zjišťovány statisticky významné rozdíly mezi vzorky mrkve ošetřeny pulzním elektrickým polem (PEF) a vzorky kontrolními (C), u kterých ošetření neproběhlo. Oba vzorky byly hodnotitelům podány ihned k degustaci.

Výsledky hodnocení jsou zaznamenány v pavučinovém grafu 2, který zobrazuje průměrné hodnoty jednotlivých deskriptorů.



Graf 2: První hodnocení sensorického profilu

Graf 2 ukazuje největší rozdíl mezi vzorky v pružnosti, elasticitě a šťavnatosti. Rozdíly v těchto deskriptorech byly následně potvrzeny Scheffeho post-hoc metodou na hladině významnosti 0,05 jako statisticky průkazné. Mírné rozdíly se nachází v příjemnosti vůně a soudržnosti, ale tyto rozdíly byly za použití Scheffeho post-hoc metody vyhodnoceny jako statisticky nevýznamné. Největší shoda mezi vzorky je v příjemnosti textury, tvrdosti, křehkosti a intenzitě dřevité chuti.

5.1.2 Rozdíly mezi vzorky

Následující tabulka 1 zobrazuje průměry \pm směrodatné odchylky jednotlivých deskriptorů vzorku PEF a vzorku C.

Tabulka 1: Průměry a směrodatné odchylky 1. hodnocení

	PEF	C
Příjemnost vůně	70 \pm 19 ^{ab}	53 \pm 18 ^{ab}
Příjemnost textury	61 \pm 20 ^{ab}	60 \pm 25 ^{ab}
Pružnost	80 \pm 19 ^a	46 \pm 20 ^b
Tvrdost	69 \pm 19 ^{ab}	66 \pm 13 ^{ab}
Elasticita	70 \pm 25 ^a	50 \pm 14 ^b
Křehkost	48 \pm 20 ^{ab}	42 \pm 22 ^{ab}
Soudržnost	71 \pm 17 ^{ab}	56 \pm 17 ^{ab}
Šťavnatost	78 \pm 13 ^a	50 \pm 19 ^b
Intenzita dřevité chuti	31 \pm 27 ^{ab}	26 \pm 23 ^{ab}

Jednofaktorová ANOVA ukázala statisticky významné rozdíly v jednotlivých závisle proměnných, které jsou zobrazeny v tabulce pomocí indexů. V případě, že mezi vzorky neexistuje statisticky významný rozdíl nachází se u hodnoty směrodatné odchylky stejné indexy u obou vzorků, pokud jsou mezi vzorky významné rozdíly jsou indexy rozdílné.

5.1.3 Korelace mezi proměnnými

Tabulka 2: Korelace mezi proměnnými

Označ. korelace jsou významné na hlad. $P < 0,0500$, $N=18$					
Proměnná	Příjemnost vůně	Příjemnost textury	Pružnost	Tvrдост	Elasticita
Příjemnost vůně	1,0000				
Příjemnost textury	0,1327	1,0000			
Pružnost	0,4481	-0,0179	1,0000		
Tvrдост	-0,0575	-0,1899	-0,0563	1,0000	
Elasticita	0,4296	-0,0553	0,4865	-0,2852	1,0000
Křehkost	0,1159	0,4033	0,2369	-0,4126	0,0726
Soudržnost	0,1172	-0,0975	0,3962	-0,2155	0,5254
Šťavnatost	0,1180	-0,1217	0,5435	0,1288	0,5795
Intenzita dřevité chuti	-0,3218	-0,6759	0,1490	0,0918	0,3669

Proměnná	Křehkost	Soudržnost	Šťavnatost	Intenzita dřevité chuti
Příjemnost vůně				
Příjemnost textury				
Pružnost				
Tvrдост				
Elasticita				
Křehkost	1,0000			
Soudržnost	-0,3428	1,0000		
Šťavnatost	0,0200	0,2450	1,0000	
Intenzita dřevité chuti	-0,4554	0,5048	0,3726	1,0000

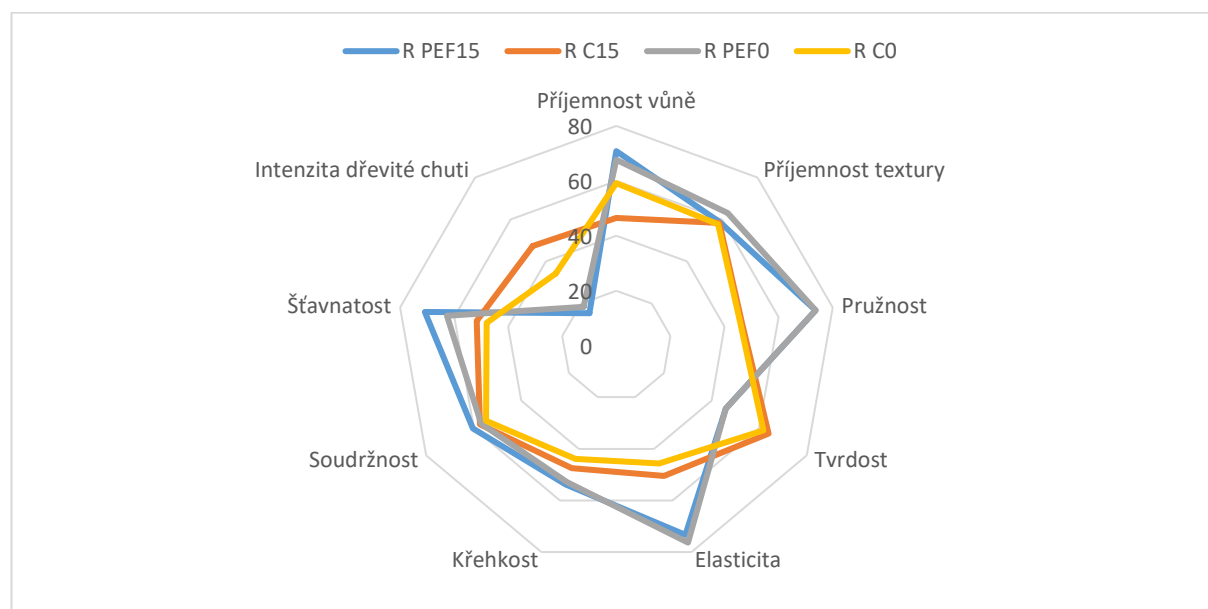
V tabulce 2 jsou zobrazeny korelace mezi proměnnými. Statisticky významné korelace na hladině významnosti 0,05 jsou znázorněny červeně. Příjemnost textury silně negativně koreluje s intenzitou dřevité chuti. Pružnost středně koreluje s elasticitou a šťavnatostí. Elasticita dále středně koreluje se soudržností a šťavnatostí. Střední závislost existuje mezi soudržností a intenzitou dřevité chuti.

5.2 Druhé hodnocení

5.2.1 Pavučinové grafy

V rámci druhého sensorického hodnocení bylo testováno osm vzorků. Při tomto hodnocení byly sledovány tři působící faktory na výsledky sensorického hodnocení. Jednalo se o způsob ošetření vzorku, tzn. vzorek ošetřen pulzním elektrickým polem (PEF) nebo neošetřen (C). Dále o čas, kdy byl vzorek podán k degustaci, a to buď ihned po ošetření nebo po 15minutové prodlevě (dolní index $_{0,15}$) a poslední faktor představoval část vzorku, tedy celý plátek mrkve včetně vnitřní části (W) a plátek mrkve, u kterého byla odstraněna vnitřní část tak, aby bylo docíleno homogenity vzorku (R).

Výsledky hodnocení jsou zaznamenány v pavučinovém grafu 3 a 4, které zobrazují průměrné hodnoty jednotlivých deskriptorů.



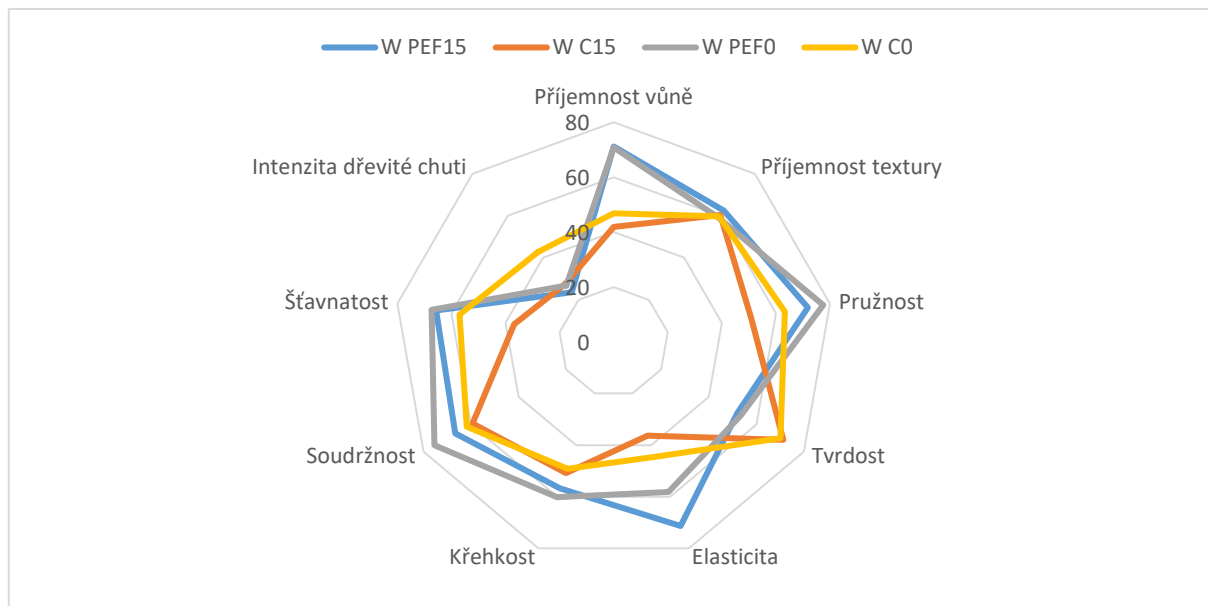
Graf 3: Druhé hodnocení profilu mrkve – vzorky bez vnitřní části

Graf 3 ukazuje výsledky průměrů jednotlivých deskriptorů vzorků bez vnitřní části.

Z grafu lze vyčíst, že faktor čas prakticky neovlivnil hodnocení ani v jednom z následujících deskriptorů. U vzorků R PEF15 a R PEF0 došlo pouze k nepatrné změně ve šťavnatosti. Při porovnání čerstvých neošetřených vzorků mrkve lze vidět, že došlo pouze k drobným změnám u příjemnosti vůně a intenzity dřevité chuti. Žádný z těchto rozdílů však nebyl vyhodnocen Scheffeho post-hoc metodou jako statisticky významný.

Mezi vzorky ošetřeny pulzním elektrickým polem (PEF) a neošetřeny (C) byly zaznamenány největší odlišnosti v pružnosti, tvrdosti, elasticitě a šťavnatosti. V případě vzorku R C15 lze vidět významnější rozdíl v porovnání s ošetřeny vzorky PEF i v příjemnosti vůně a intenzitě dřevité chuti. Scheffeho post-hoc metoda potvrdila, že všechny tyto rozdíly jsou

statisticky významné na hladině pravděpodobnosti 0,05. Lze si všimnout, že nepatrný rozdíl mezi vzorky existuje v křehkosti. Tento rozdíl nebyl potvrzen Scheffeho post-hoc metodou jako statisticky významný. Naopak největší shoda mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky byla zaznamenána v příjemnosti textury a soudržnosti.



Graf 4: Druhé hodnocení profilu mrkve – vzorky včetně vnitřní části

V grafu 4 jsou zobrazeny průměry jednotlivých deskriptorů vzorků celé mrkve včetně vnitřní části. I při hodnocení celé mrkve lze z grafu vyčíst, že čas podání nemá zásadní vliv na sensorické změny mrkve ošetřené pulzním elektrickým polem. K největší shodě došlo v příjemnosti vůně, příjemnosti textury, tvrdosti, šťavnatosti a intenzitě dřevité chuti. Nepatrné rozdíly lze vidět v pružnosti, elasticitě, křehkosti a soudržnosti. Výsledky hodnocení čerstvé mrkve podané ihned a po 15 minutách ukazují mírné odlišnosti v pružnosti, elasticitě, šťavnatosti a intenzitě dřevité chuti. Naopak se shodují v příjemnosti textury, křehkosti a soudržnosti. Následné vyhodnocení dat pomocí Scheffeho post hoc-metody ukázalo, že mezi vzorky neexistuje ani jeden statisticky významný rozdíl v závislosti na čase servírování vzorků.

Při porovnání vzorků ošetřených pulzním elektrickým polem (PEF) a neošetřených (C) lze vidět odlišnosti v příjemnosti vůně, pružnosti a elasticitě. Navíc vzorek W C15 se odlišuje od vzorků PEF ve šťavnatosti. K největší shodě mezi všemi čtyřmi vzorky došlo v příjemnosti textury. Scheffeho post-hoc metoda potvrdila, že statisticky významné rozdíly mezi vzorky existují v příjemnosti vůně, pružnosti, tvrdosti, elasticitě, šťavnatosti a intenzitě dřevité chuti.

5.2.2 Rozdíly mezi vzorky

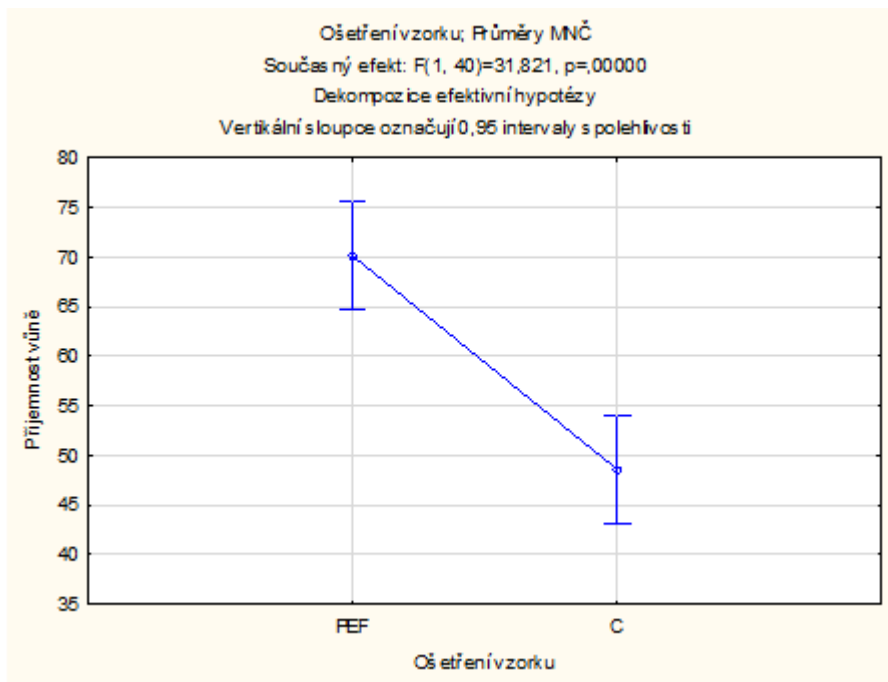
ANOVA s interakcemi ukázala statisticky průkazné rozdíly v závislosti na některých jednotlivých faktorech např. rozdíly ve způsobu ošetření vzorku u pružnosti či rozdíly v testované části vzorku u elasticity. Veškeré rozdíly mezi vzorky v jednotlivých faktorech jsou zobrazeny v grafech 5–12.

Při zohlednění spolupůsobení všech třech faktorů (všech interakcí) byly mezi jednotlivými 8 vzorky uvedenými v tabulce 3 zjištěny v některých případech rozdíly, které jsou vyznačeny indexy. V případě, že u směrodatné odchylky není index, znamená to, že mezi vzorky v jednom řádku neexistuje statisticky významný rozdíl v dané proměnné, a tudíž si jsou všechny vzorky v řádku podobné. Pokud mají čísla rozdílné indexy, znamená to, že mezi nimi existuje statisticky významný rozdíl, naopak vzorky se stejným indexem se statisticky neliší.

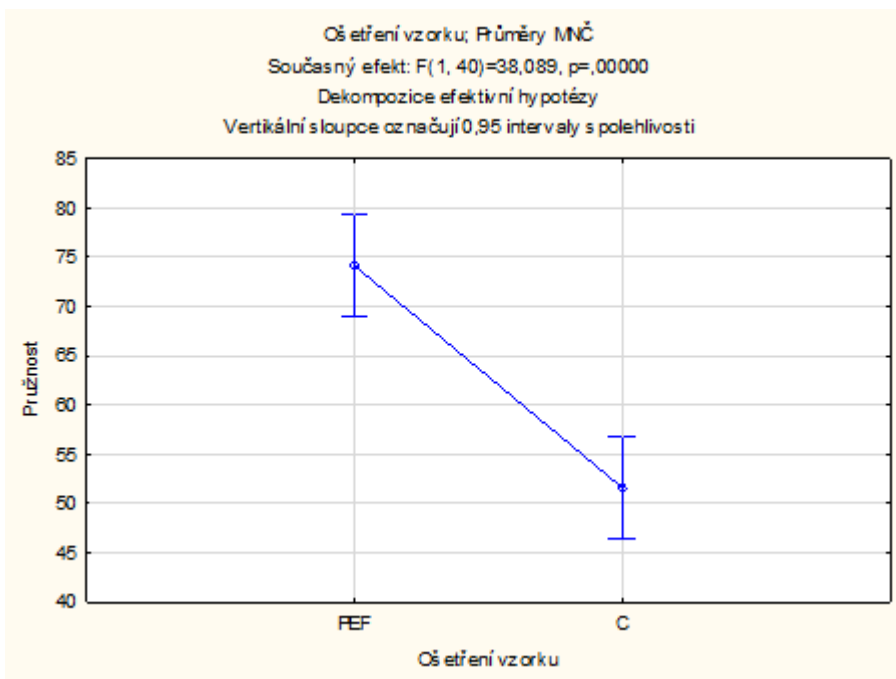
Tabulka 3 zobrazuje průměry \pm směrodatné odchylky jednotlivých deskriptorů z druhého senzoričského hodnocení mrkve.

Tabulka 3: Průměry a směrodatné odchylky 2. hodnocení

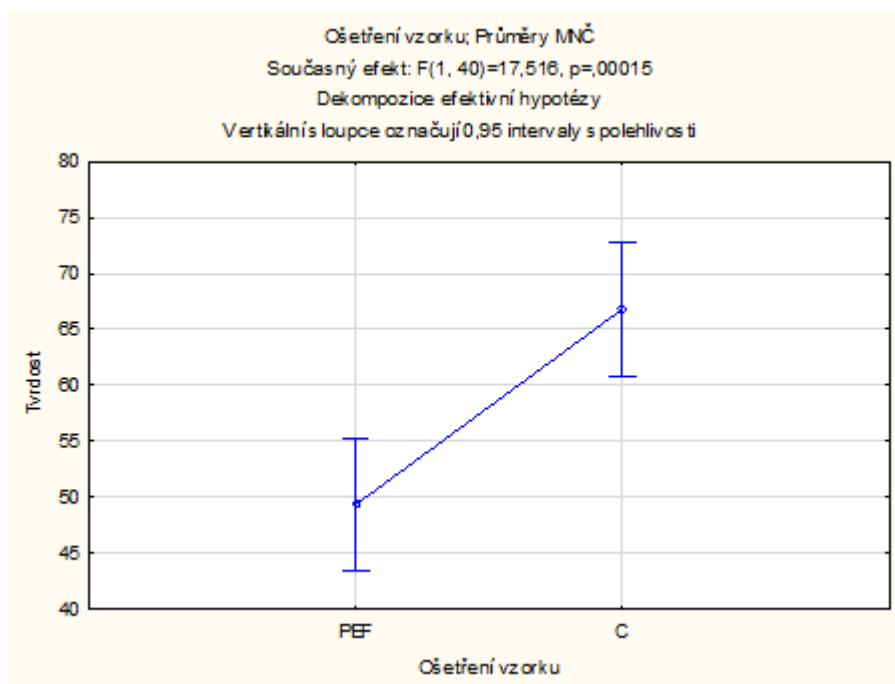
	W PEF ₀	W PEF ₁₅	R PEF ₀	R PEF ₁₅	W C ₀	W C ₁₅	R C ₀	R C ₁₅
Příjemnost vůně	71 \pm 11	71 \pm 8	68 \pm 14	71 \pm 18	47 \pm 12	42 \pm 11	59 \pm 6	47 \pm 20
Příjemnost textury	59 \pm 10	63 \pm 18	63 \pm 10	59 \pm 15	60 \pm 22	60 \pm 16	58 \pm 17	58 \pm 15
Pružnost	78 \pm 8 ^a	72 \pm 11 ^{ab}	74 \pm 10 ^{ab}	74 \pm 13 ^{ab}	63 \pm 16 ^{ab}	51 \pm 17 ^{ab}	46 \pm 9 ^b	47 \pm 14 ^b
Tvrдость	54 \pm 23	52 \pm 15	46 \pm 17	46 \pm 16	70 \pm 11	71 \pm 14	62 \pm 7	64 \pm 6
Elasticita	58 \pm 25 ^{ab}	71 \pm 10 ^a	76 \pm 10 ^a	73 \pm 12 ^a	45 \pm 20 ^{ab}	36 \pm 10 ^b	46 \pm 10 ^{ab}	51 \pm 11 ^{ab}
Křehkost	60 \pm 13	57 \pm 11	53 \pm 16	54 \pm 11	49 \pm 27	51 \pm 12	44 \pm 14	48 \pm 11
Soudržnost	75 \pm 22	67 \pm 10	57 \pm 14	60 \pm 9	62 \pm 22	59 \pm 13	55 \pm 11	57 \pm 5
Šťavnatost	67 \pm 21	66 \pm 16	63 \pm 10	71 \pm 17	57 \pm 21	37 \pm 19	48 \pm 12	52 \pm 12
Intenzita dřevité chuti	27 \pm 18	24 \pm 14	19 \pm 10	15 \pm 9	43 \pm 23	28 \pm 21	34 \pm 20	47 \pm 23



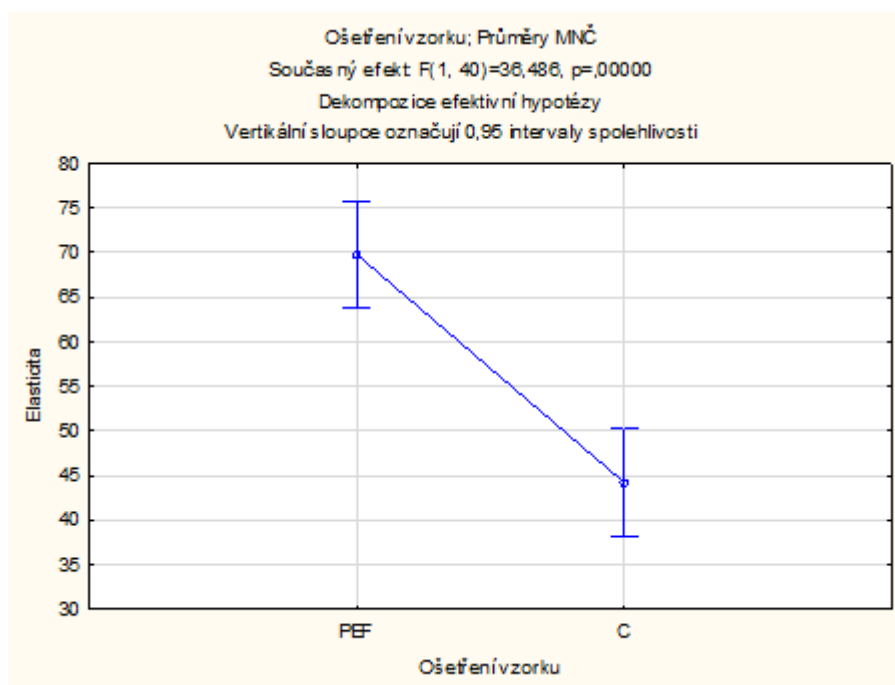
Graf 5: ANOVA s interakcemi pro příjemnost vůně



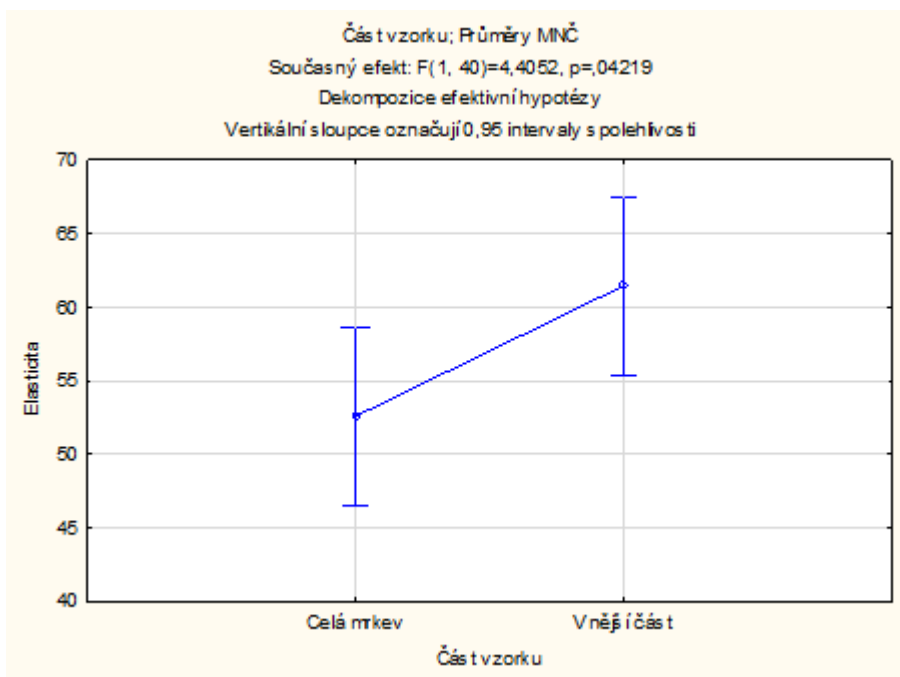
Graf 6: ANOVA s interakcemi pro pružnost



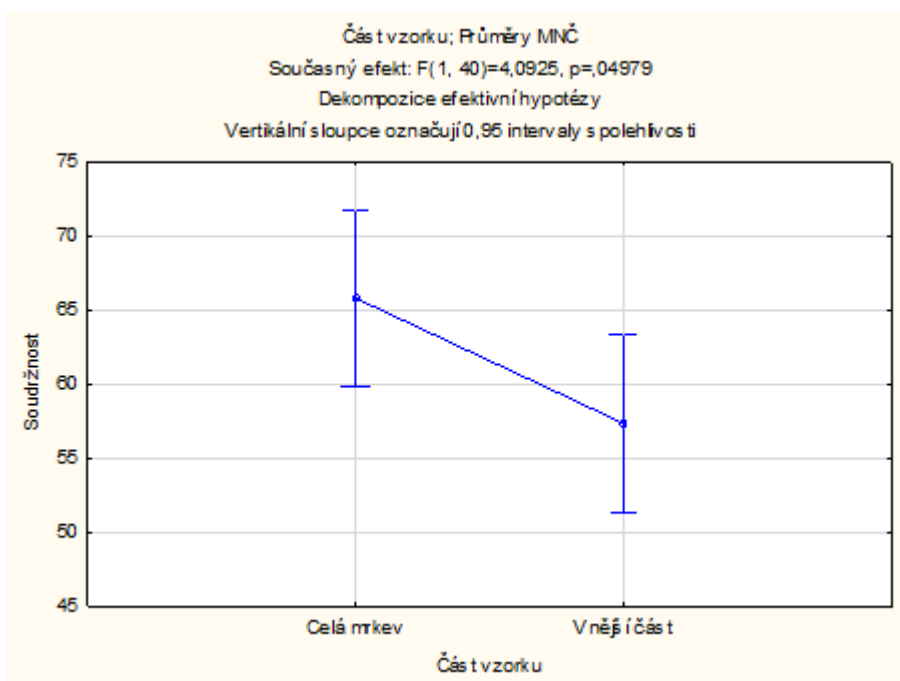
Graf 7: ANOVA s interakcemi pro tvrdost



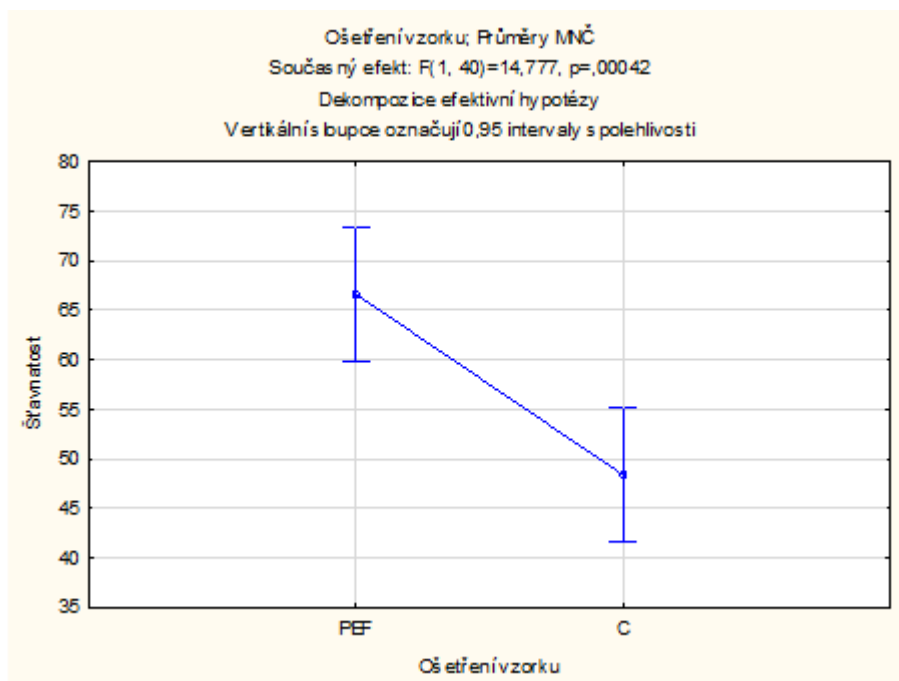
Graf 8: ANOVA s interakcemi pro elasticitu



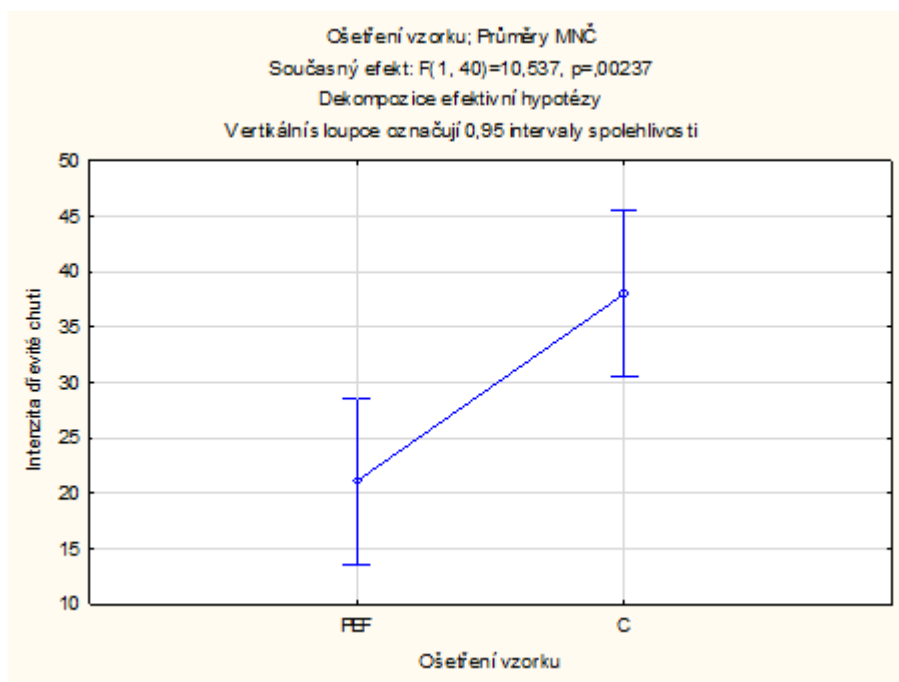
Graf 9: ANOVA s interakcemi pro elasticitu



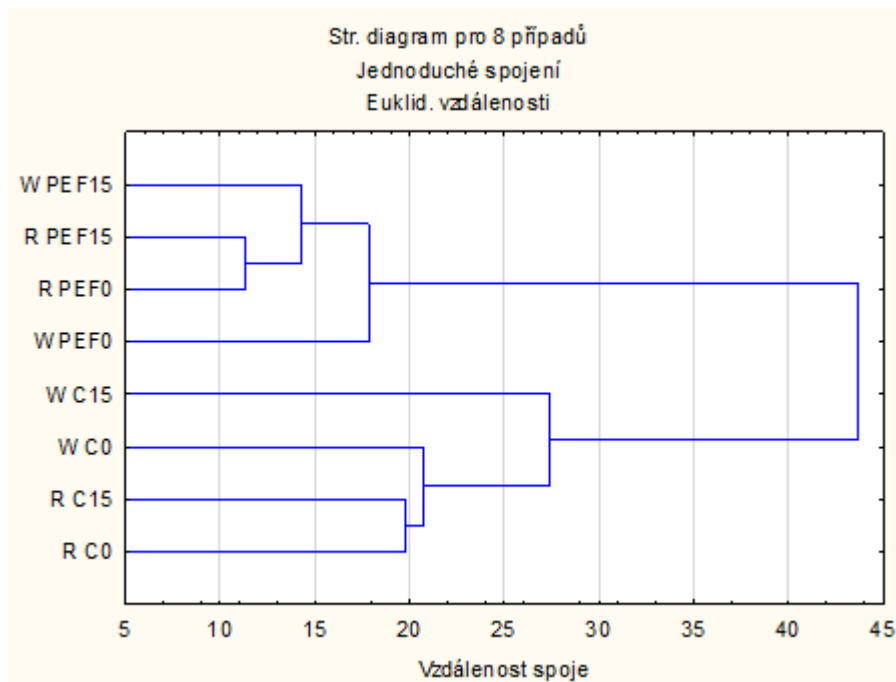
Graf 10: ANOVA s interakcemi pro soudržnost



Graf 11: ANOVA s interakcemi pro štávnatost

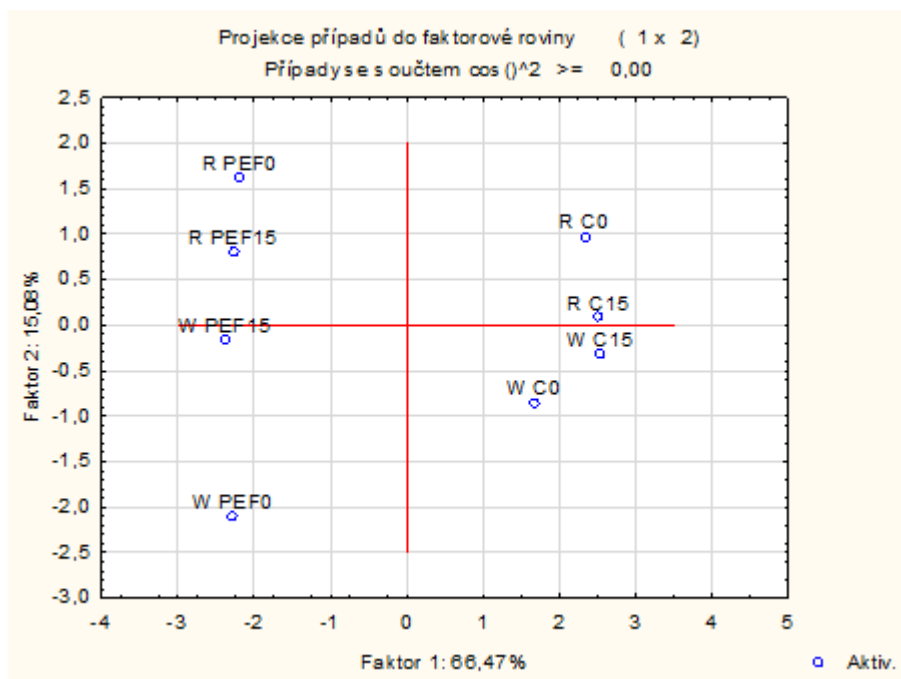


Graf 12: ANOVA s interakcemi pro intenzitu dřevité chuti



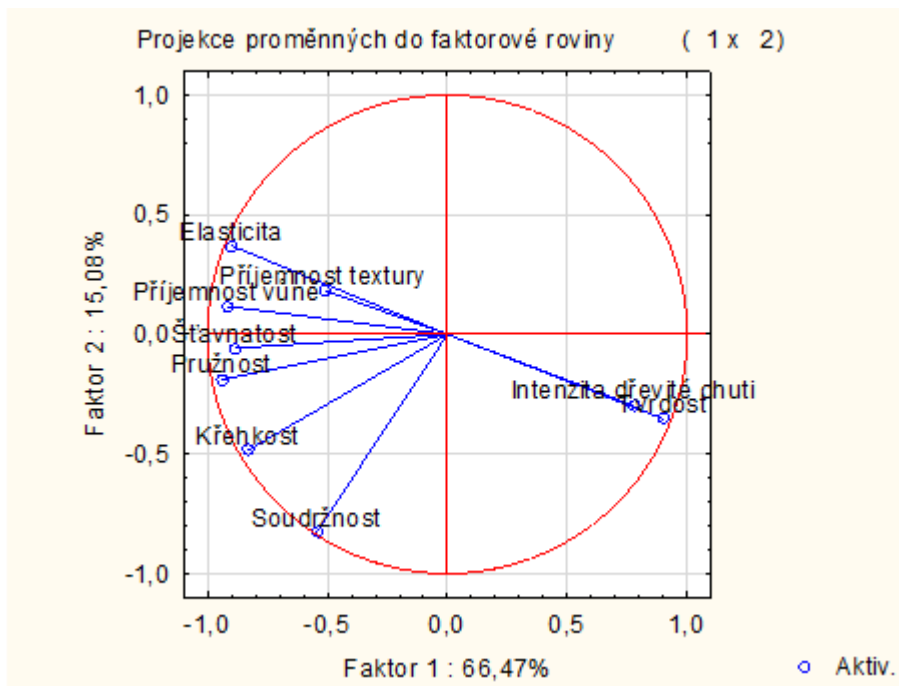
Graf 13: Hierarchické shlukování

Graf 13 zobrazuje shlukovou analýzu. Před sloučením do finálního seskupení zde vznikly dva velké shluky. První velký shluk obsahuje všechny vzorky, které byly ošetřeny pulzním elektrickým polem. Tyto vzorky se shromažďují ve vzdálenosti 18. Naopak druhý shlukuje všechny vzorky, které nebyly ošetřeny pulzním elektrickým polem. Shromažďují se ve vzdálenosti 27. Vzhledem k tomu, že poslední velké seskupení vzniklo až ve vzdálenosti 44, znamená to, že je shluk vzorků ošetřených PEF a shluk vzorků neošetřených PEF velmi odlišný. Nejkratší vzdálenost mezi shluky tvoří vzorek R PEF15 a R PEF0. Tyto vzorky jsou si nejvíce podobné, shromažďují se ve vzdálenosti 12.



Graf 14: Projekce případů do faktorové roviny

Graf 14 zobrazuje projekci případů do faktorové roviny. Vzorek R C15 se vzorkem W C15 si jsou nejvíce podobné, protože jsou umístěny nejbližší k sobě. Na grafu jsou zobrazeny shluky dvou skupin. Vzorky neošetřené jsou vyobrazeny v pravé části a všechny vzorky ošetřené PEF jsou umístěny v levé části projekce. Vzhledem k tomu, že vzorky C se nacházely blíže k sobě než vzorky PEF, znamená to, že si jsou vzorky C celkově více podobné. Deskriptory, které způsobují větší odlišnosti mezi vzorky PEF jsou zobrazeny v grafu 15.



Graf 15: Projekce proměnných do faktorové roviny

Graf 15 projektuje proměnné do faktorové roviny. Lze z grafu vyčíst, že křehkost a soudržnost jsou dva deskriptory, které odlišují vzorek W PEF0 od ostatních vzorků. Pružnost a šťavnatost nejvíce odlišuje vzorek W PEF15 od ostatních vzorků. Pro kontrolní vzorky C neexistují dominantní deskriptory, na základě kterých by se od sebe vzorky výrazně odlišovaly.

5.2.3 Korelace mezi proměnnými

Tabulka 4: Korelace mezi proměnnými

Označ. korelace jsou významné na hlad. $P < 0,0500$, $N=48$					
Proměnná	Příjemnost vůně	Příjemnost textury	Pružnost	Tvrдост	Elasticita
Příjemnost vůně	1,0000				
Příjemnost textury	0,0588	1,0000			
Pružnost	0,3359	-0,0125	1,0000		
Tvrдост	-0,5279	-0,0897	-0,3201	1,0000	
Elasticita	0,5851	0,1006	0,4726	-0,4893	1,0000
Křehkost	0,3069	0,0975	0,1757	-0,0762	0,1439
Soudržnost	0,1118	0,0459	0,1109	0,1922	-0,0762
Šťavnatost	0,4454	-0,0400	0,1917	-0,3512	0,5244
Intenzita dřevité chuti	-0,3243	-0,3374	-0,4614	0,2335	-0,3735

Proměnná	Křehkost	Soudržnost	Šťavnatost	Intenzita dřevité chuti
Příjemnost vůně				
Příjemnost textury				
Pružnost				
Tvrдост				
Elasticita				
Křehkost	1,0000			
Soudržnost	0,6801	1,0000		
Šťavnatost	0,5115	0,3093	1,0000	
Intenzita dřevité chuti	-0,1462	-0,0092	-0,0924	1,0000

V tabulce 4 jsou zaznamenány korelace mezi jednotlivými deskriptory. Červeně označené jsou statisticky významné korelace. Střední závislost existuje mezi příjemností vůně a pružností, tvrdostí, elasticitou, křehkostí, šťavnatostí a intenzitou dřevité chuti. Dále existuje střední závislost mezi příjemností textury a intenzitou dřevité chuti. Pružnost středně koreluje s tvrdostí, elasticitou a intenzitou dřevité chuti. Tvrдост je středně závislá na elasticitě a šťavnatosti. Střední závislost existuje mezi elasticitou a šťavnatostí a intenzitou dřevité chuti a elasticitou. Mezi křehkostí a soudržností existuje silná závislost, dále křehkost středně koreluje se šťavnatostí. Soudržnost středně koreluje se šťavnatostí.

5.2.4 Párová preferenční zkouška

Výsledky párové preferenční zkoušky jsou zobrazeny v tabulkách 5–9.

Tabulka 5: Preferenční hodnocení pro vzorky R0

	Vzorek R C ₀	Vzorek R PEF ₀
Počet preferenčních hodnocení (n)	2 (33,33 %)	4 (66,67 %)
Počet hodnocení celkem (N)	6 (100 %)	

Tabulka 6: Preferenční hodnocení pro vzorky R15

	Vzorek R C ₁₅	Vzorek R PEF ₁₅
Počet preferenčních hodnocení (n)	2 (33,33 %)	4 (66,67 %)
Počet hodnocení celkem (N)	6 (100 %)	

Tabulka 7: Preferenční hodnocení pro vzorky W0

	Vzorek W C ₀	Vzorek W PEF ₀
Počet preferenčních hodnocení (n)	3 (50 %)	3 (50 %)
Počet hodnocení celkem (N)	6 (100 %)	

Tabulka 8: Preferenční hodnocení pro vzorky W15

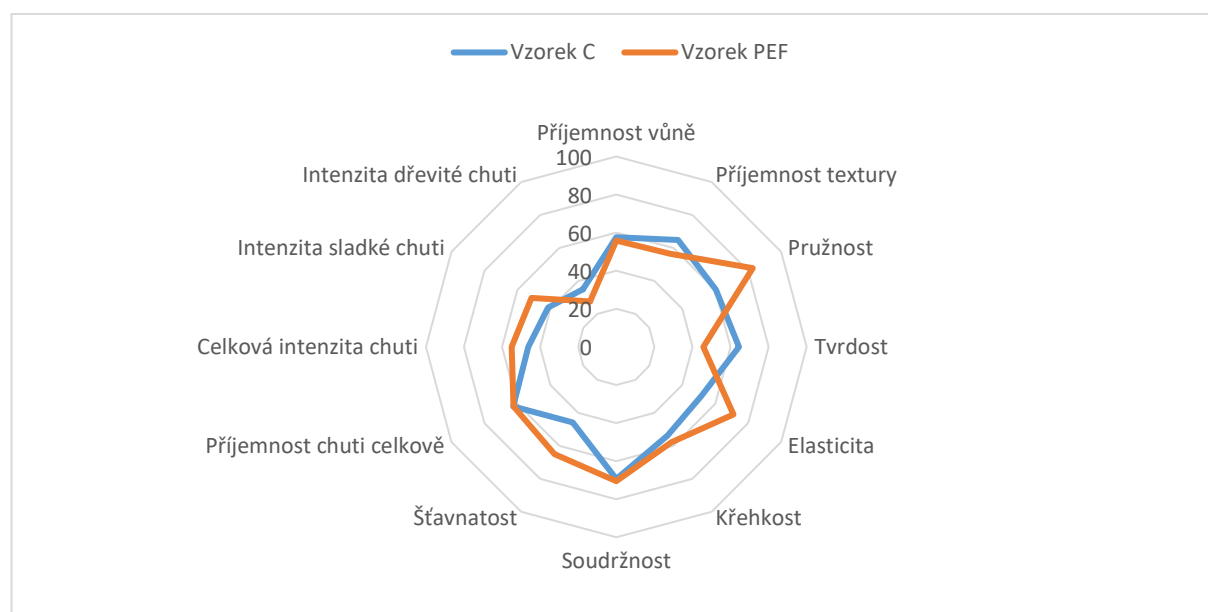
	Vzorek W C ₁₅	Vzorek W PEF ₁₅
Počet preferenčních hodnocení (n)	1 (16,67 %)	5 (83,33 %)
Počet hodnocení celkem (N)	6 (100 %)	

Minimální počet hodnotitelů pro párovou preferenční zkoušku dle tabulky viz příloha 3 je 8, z čehož alespoň 7 hodnotitelů musí preferovat stejný vzorek, aby bylo možné výsledky považovat za statisticky průkazné na hladině pravděpodobnosti 0,05. Vzhledem k tomu, že preferenční zkoušky se účastnilo pouze 6 hodnotitelů, je nutno všechny rozdíly mezi vzorky považovat za statisticky neprůkazné.

5.3 Třetí hodnocení

5.3.1 Pavučinový graf

V rámci třetího sensorického hodnocení byly zjišťovány statisticky významné rozdíly mezi vzorky mrkve ošetřenými pulzním elektrickým polem (PEF) a vzorky kontrolními (C), u kterých ošetření neproběhlo. Oba vzorky byly hodnotitelům podány ihned k degustaci.



Graf 16: Třetí hodnocení sensorického profilu

Graf 16 ukazuje průměrné hodnoty jednotlivých deskriptorů. Největší shoda je zaznamenána u příjemnosti vůně, soudržnosti a příjemnosti chuti celkově. Naopak největší odlišnosti lze vidět u pružnosti, tvrdosti, elasticity a šťavnatosti. Tyto rozdíly byly za použití Scheffeho post-hoc metody vyhodnoceny jako statisticky významné na hladině pravděpodobnosti 0,05. Mírné rozdíly se nachází i u příjemnosti textury, celkové intenzity chuti, intenzity sladké chuti a intenzity dřevité chuti. Scheffeho post-hoc metoda prokázala, že existují rozdíly i v příjemnosti textury, celkové intenzitě chuti a intenzitě sladké chuti.

5.3.2 Rozdíly mezi vzorky

Tabulka 9 zobrazuje průměry \pm směrodatné odchylky jednotlivých deskriptorů vzorku PEF a vzorku C.

Tabulka 9: Průměry a směrodatné odchylky 3. hodnocení

	PEF	C
Příjemnost vůně	56 \pm 24 ^{ab}	58 \pm 20 ^{ab}
Příjemnost textury	56 \pm 23 ^a	65 \pm 16 ^b
Pružnost	83 \pm 16 ^a	60 \pm 23 ^b
Tvrдость	46 \pm 25 ^a	64 \pm 18 ^b
Elasticita	71 \pm 24 ^a	52 \pm 22 ^b
Křehkost	58 \pm 21 ^{ab}	54 \pm 22 ^{ab}
Soudržnost	71 \pm 18 ^{ab}	69 \pm 22 ^{ab}
Šťavnatost	65 \pm 19 ^a	46 \pm 22 ^b
Příjemnost chuti celkově	62 \pm 20 ^{ab}	63 \pm 18 ^{ab}
Celková intenzita chuti	55 \pm 20 ^a	46 \pm 20 ^b
Intenzita sladké chuti	55 \pm 24 ^a	42 \pm 20 ^b
Intenzita dřevité chuti	28 \pm 20 ^{ab}	35 \pm 22 ^{ab}

Jednofaktorová ANOVA ukázala statisticky významné rozdíly v jednotlivých závisle proměnných, které jsou zobrazeny v tabulce pomocí indexů. V případě, že mezi vzorky neexistuje statisticky významný rozdíl, nachází se u hodnoty směrodatné odchylky stejné indexy u obou vzorků, pokud jsou mezi vzorky významné rozdíly, jsou indexy rozdílné.

5.3.3 Korelace mezi proměnnými

Tabulka 11: Korelace mezi proměnnými

Označ. korelace jsou významné na hlad. $P < 0,0500$, $N=132$						
Proměnná	Příjemnost vůně	Příjemnost textury	Pružnost	Tvrдост	Elasticita	Křehkost
Příjemnost vůně	1,0000					
Příjemnost textury	0,3534	1,0000				
Pružnost	0,0634	-0,0135	1,0000			
Tvrдост	0,0770	0,1724	-0,2970	1,0000		
Elasticita	0,0423	-0,1331	0,4503	-0,3187	1,0000	
Křehkost	0,0234	-0,0809	0,1449	-0,0986	0,1891	1,0000
Soudržnost	0,0529	0,1306	0,1254	0,0411	0,1723	0,4394
Šťavnatost	0,0528	-0,0423	0,2661	-0,3010	0,3144	0,0470
Příjemnost chuti celkově	0,3549	0,3680	0,0369	-0,0240	-0,0096	-0,0471
Celková intenzita chuti	0,1377	0,0425	-0,0054	-0,0420	0,0529	-0,0696
Intenzita sladké chuti	0,1678	0,0027	0,0500	-0,0663	-0,0348	-0,0486
Intenzita dřevité chuti	-0,0986	0,0401	-0,2031	0,1899	-0,0846	-0,1223

Proměnná	Soudržnost	Šťavnatost	Příjemnost chuti celkově	Celková intenzita chuti	Intenzita sladké chuti	Intenzita dřevité chuti
Příjemnost vůně						
Příjemnost textury						
Pružnost						
Tvrдост						
Elasticita						
Křehkost						
Soudržnost	1,0000					
Šťavnatost	0,0433	1,0000				
Příjemnost chuti celkově	0,1473	0,3379	1,0000			
Celková intenzita chuti	0,1067	0,4568	0,5250	1,0000		
Intenzita sladké chuti	0,0439	0,3748	0,4462	0,7234	1,0000	
Intenzita dřevité chuti	-0,1070	-0,2633	-0,2826	-0,1452	0,0375	1,0000

V tabulce 11 jsou červeně označené významné korelace mezi proměnnými. Z tabulky lze vyhodnotit, že příjemnost vůně středně koreluje s příjemností textury a příjemností chuti celkově. Střední závislost existuje mezi příjemností textury a tvrdostí a příjemností chuti celkově a příjemností textury. Pružnost negativně koreluje s tvrdostí a intenzitou dřevité chuti a pozitivně koreluje s elasticitou a šťavnatostí. Mezi tvrdostí a elasticitou a šťavnatostí a intenzitou dřevité chuti existuje středně silná závislost. Elasticita pozitivně koreluje s křehkostí, soudržností a šťavnatostí na střední úrovni. Mezi křehkostí a soudržností existuje střední závislost. Šťavnatost navíc ještě koreluje s příjemností chuti celkově, celkovou intenzitou chuti, intenzitou sladké chuti a intenzitou dřevité chuti. Příjemnost chuti celkově dále středně koreluje s celkovou intenzitou chuti, intenzitou sladké chuti a intenzitou dřevité chuti. Celková intenzita chuti jako jediná silně koreluje s intenzitou sladké chuti.

5.3.4 Párová preferenční zkouška

Výsledky párové preferenční zkoušky jsou zaneseny do tabulky 10.

Tabulka 10: Preferenční hodnocení

	Vzorek C	Vzorek PEF
Počet preferenčních hodnocení (n)	24 (36,36 %)	42 (63,64 %)
Počet hodnocení celkem (N)	66 (100 %)	

Vzhledem k tomu, že celkový počet hodnotitelů byl 66 a 42 z nich dalo přednost vzorku PEF, lze rozdíly mezi vzorky považovat za statisticky významné na hladině pravděpodobnosti $p = 95 \%$. Hodnota n a N byla porovnána s tabulkovými hodnotami viz příloha 3, kdy pro počet hodnocení $N = 66$ je nutné mít minimálně 41 odpovědí pro jeden ze vzorků.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že hodnotitelé dávali přednost mrkvi ošetřené pulzním elektrickým polem před čerstvou mrkví. Jako důvod preference nejvíce hodnotitelů uvedlo celkovou příjemnost chuti, chuť podle nich byla intenzivnější. Tento důvod uvedlo 29 hodnotitelů. Dále 19 hodnotitelů poznamenalo, že dali přednost PEF mrkvi díky její větší šťavnatosti. 18 hodnotitelů uvedlo, že PEF mrkev byla sladší, a proto ji preferovali. Mezi méně časté důvody preference patřila větší křehkost, zachovaná křupavost, lepší vůně, měkkost, jemnost, soudržnost a lepší barva. Jeden hodnotitel uvedl, že se mu PEF mrkev zdála méně sladká, a proto ji preferuje.

Hodnotitelé, kteří preferovali čerstvou mrkev označili za důvody preference nejčastěji celkovou chuť, sladkost, vůni a texturu. 17 hodnotitelů uvedlo, že mrkev preferují více díky její celkové chuti, někteří z nich uvedli, že chuť je přirozenější. 5 hodnotitelů poznamenalo, že si zvolilo tento vzorek díky jeho lepší vůni, 4 dali přednost tomuto vzorku kvůli textuře. Dále hodnotitelé uváděli různé důvody v menší četnosti, a to větší čerstvost, vyšší tvrdost, lepší křupavost nebo menší sladkost.

6 Diskuze

V rámci praktické části této práce proběhla celkem tři hodnocení sensorického profilu vzorku mrkve ošetřené PEF a kontrolního vzorku. Ze získaných výsledků ze všech třech hodnocení vyplývá, že PEF má vliv především na pružnost, elasticitu a šťavnatost mrkve ($p < 0,05$).

Bruckner et al. (2000) ve své práci uvádí, že pro spotřebitele mrkve z okolí Berlína je důležitých jen pár sensorických aspektů při výběru mrkve. Nejdůležitější je pro ně šťavnatost, křupavost a tvrdost. Výsledky této diplomové práce ukazují, že PEF mrkve byly výrazně šťavnatější než neošetřené, což je pozitivní. V druhém a třetím hodnocení bylo zjištěno, že PEF mrkve ztrácí tvrdost a stávají se měkčími a pružnějšími, což může naopak pro některé spotřebitele představovat negativní změnu.

Naopak ale Roininen et al. (2003) ve své studii preferencí textury různě zpracované mrkve u dvou spotřebitelských skupin (dospělí 23-40 let a starší 60 let) uvádí, že obě skupiny považovaly syrové plátky a nahrubo nastrouhanou mrkev za obtížně požitelnou. Takto připravená čerstvá mrkev jim zabrala delší dobu žvýkání, byla příliš tvrdá a suchá. Respondenti preferovali vzorky mrkve, které byly šťavnatější, hladší a dužnatější jako např. vařená mrkev. Vařením se ale snižuje nutriční hodnota mrkve, protože během vaření dochází k degradaci cenných termolabilních látek, a proto by mohla mrkev ošetřená pulzním elektrickým polem představovat pro tyto respondenty ideální variantu zpracování. Navíc Roininen et al. (2003) uvádí, že mladší respondenti preferovali větší křupavost a tvrdost oproti starším respondentům. Textura PEF mrkve by tak mohla vyhovovat osobám starším 60 let.

Na základě výsledků párové preferenční zkoušky vyplynulo, že hodnotitelé preferují mrkev ošetřenou PEF oproti mrkvi čerstvé. Jako nejčastější důvod preference PEF mrkve uváděli větší šťavnatost. Tento výsledek potvrzuje i výsledky průzkumu trhu, který provedl Bruckner et al. (2000), při kterém zjistili, že nejdůležitější vlastností mrkve pro spotřebitele je šťavnatost.

López-Gámez et al. (2021) ve své práci dospěli k závěru, že použitím metody PEF se změní některé texturní vlastnosti mrkve. Přestože nepoužívali testování textury za pomoci sensorického panelu, ale hodnotili texturu za použití moderních přístrojů, docílili stejných výsledků jako v této diplomové práci. López-Gámez et al. (2021) uvedli, že po aplikaci PEF se významně snížila tvrdost mrkve a soudržnost zůstala nezměněna. V rámci všech třech sensorických hodnocení mrkve, které jsou součástí této diplomové práce nebyla ani jednou zaznamenána statisticky významná změna v soudržnosti. Při druhém a třetím hodnocení došlo ke statisticky významné změně v tvrdosti mrkve. V obou případech se vlivem aplikace PEF tvrdost snížila.

Doposud neexistují studie, ve kterých by autoři provedli sensorické hodnocení plátků jakéhokoliv druhu zeleniny ošetřené pulzním elektrickým polem. Většina studií byla věnována sledování parametrů zeleninových šťáv ošetřených PEF za účelem nahrazení tradičních metod pasterace. Sledovány byly převážně změny v obsahu nutričně významných látek ve šťávách.

Banerjee et al. (2016) provedli senzoričnou analýzu niekoľkých druhů zeleninových šťáv po aplikaci PEF. Zaměřili se na sledování změn v chuti, barvě a vůni u šťáv extrahovaných ze zelí, okurky, tykve, máty a kadeřávku. Ošetřené šťávy porovnávali s neošetřenými vzorky a dospěli k závěru, že metoda PEF neovlivní žádným způsobem chuť, barvu ani vůni ani jedné z testovaných šťáv. V této diplomové práci sice nebyly zkoumány barevné změny mrkve, ale byly sledovány změny v příjemnosti vůně, příjemnosti chuti a také celkové intenzity chuti. Statisticky významná změna v příjemnosti vůně byla zaznamenána v rámci jednoho hodnocení. Také bylo zjištěno, že dojde ke změně v celkové intenzitě chuti. Mrkev ošetřená PEF byla hodnocena jako chuťově intenzivnější oproti neošetřené. Ke změně v příjemnosti chuti nedošlo. Banerjee et al. (2016) dospěli k jinému výsledku než my, což je pravděpodobně způsobeno tím, že byly sledovány změny zeleniny ošetřené PEF v jiném stavu. Další roli zde může hrát jiný druh zeleniny.

Změny vůně a chuti po aplikaci PEF na pomerančovo-mrkvovou šťávu také sledovali Rivas et al. (2006) Ti ale porovnávali změny se šťávou ošetřenou metodou HTST. Zjistili, že pro hodnotitele byla příjemnější chuť a vůně vzorku mrkve ošetřené PEF. Vzhledem k tomu, že neporovnávali šťávu PEF se šťávou neošetřenou, nelze tyto výsledky porovnat s výsledky dosaženými v této diplomové práci.

Na pomerančovo-mrkvovou šťávu se také zaměřil Caminiti et al. (2012), který sledoval senzoričké změny u šťávy ošetřené PEF a dalšími moderními metodami. Jako kontrolní vzorek použil šťávu ošetřenou tepelnou pasterací, proto ani tyto výsledky nelze porovnat s našimi.

V rámci třetího hodnocení došlo při aplikaci pulzního elektrického pole na plátky jednoho kořene mrkve k postupnému černání peridermu. Vedoucí katedry zahradnictví doc. Ing. Martin Koudela, Ph.D. z fakulty Agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity tvrdí, že tento jev mohl nastat buďto na základě specifických vlastností daného kořene mrkve či nastavením pulzního zařízení. Vzhledem k tomu, že intenzita pulzního elektrického pole byla pro všechna hodnocení vždy stejná, je pravděpodobnější že se jednalo o chybu na straně mrkve a nejedná se tedy o nektrtizaci tkáně na základě příliš vysokých intenzit pulzního elektrického pole. Tento jev mohlo vyvolat přemrznutí pletiva, dehydratace pletiva, napadení fytoaptogenem nebo se také mohlo jednat o reakci na změnu složení atmosféry při skladování. Ačkoliv barva vzorků nebyla zcela přirozená pro mrkev, hodnotitelé se nenechali barvou ovlivnit, a i přesto preferovali více mrkev PEF před mrkví čerstvou.

López-Gámez (2021) uvedl, že se vlivem pulzního elektrického pole zvýšila biologická dostupnost karotenoidů o 11,9 % a fenolových látek o 20,8 %. Jeho studie dokazuje, že aplikace pulzního elektrického pole dokáže zvýšit nutriční hodnotu čerstvé mrkve. Stále je ale za potřebí udělat více studií, které by se týkaly biologické dostupnosti látek obsažených v mrkvi po aplikaci PEF. Dále by bylo vhodné udělat průzkum, zdali by spotřebitelé měli o takovou zeleninu zájem. Z našeho hodnocení je zřejmé, že hodnotilům ze senzoričkého hlediska více vyhovuje mrkev PEF. Z výzkumu preferencí textury mrkve, který provedli Roininen et al. (2003) také vyplynulo, že zpracovaná mrkev je pro hodnotitele příjemnější než čerstvá. Otázkou ale je, zdali by ji dali vědomě přednost před čerstvou.

7 Závěr

Na základě výzkumu, který byl zaměřený na vliv pulzního elektrického pole na sensorickou jakost ošetřené mrkve, lze potvrdit stanovenou hypotézu, že ošetření pulzním elektrickým polem ovlivní texturní i chuťové charakteristiky mrkve. Prvním hodnocením bylo zjištěno, že pulzní elektrické pole ovlivňuje pružnost, elasticitu a šťavnatost. Výsledky z druhého hodnocení přinesly statisticky významné rozdíly v příjemnosti vůně, pružnosti, tvrdosti, elasticitě, šťavnatosti a intenzitě dřevité chuti. Třetím hodnocením bylo zjištěno, že pulzní elektrické pole způsobuje změny v příjemnosti textury, pružnosti, tvrdosti, elasticitě, šťavnatosti, celkové intenzitě chuti a intenzitě sladké chuti.

Naopak druhou část vědecké hypotézy, která tvrdí, že sensorická jakost ošetřených vzorků bude záviset na době mezi ošetřením a hodnocením, potvrdit nelze. Druhé hodnocení bylo zaměřeno na sledování tohoto parametru. Výsledky statistického zpracování dat nepotvrdily ani jednu změnu v hodnocených deskriptorech mrkve v závislosti na čase hodnocení s pravděpodobností 95 %.

Párová preferenční zkouška byla aplikována při druhém a třetím hodnocení. Výsledky druhého hodnocení nelze považovat za statisticky průkazné vzhledem k nízkému počtu hodnotitelů. Naopak výsledky z třetího hodnocení lze považovat za statisticky průkazné na hladině pravděpodobnosti 95 %. Hodnotitelé preferovali vzorek ošetřený pulzním elektrickým polem oproti vzorku čerstvé mrkve, a to nejčastěji z důvodu výraznější chuti a šťavnatosti.

Vzhledem k tomu, že hodnotitelé preferovali mrkev ošetřenou pulzním elektrickým polem na úkor mrkve čerstvé, lze konstatovat, že pulzní elektrické pole je metoda, která dokáže zlepšit sensorické vlastnosti mrkve. Tato úprava mrkve by mohla najít uplatnění hlavně mezi staršími konzumenty či dětmi, pro které může být čerstvá mrkev příliš tvrdá, suchá či chuťově nevýrazná.

Do budoucna by bylo vhodné provést výzkumy, které by se týkaly aplikace pulzního elektrického pole i na jiné druhy zeleniny a vyhodnocení jejich sensorických vlastností. Dále by mohla být více prozkoumána biologická dostupnost látek obsažených v různých druzích zeleniny ošetřených pulzním elektrickým polem.

8 Literatura

- Aguiló-Aguayo I, Hossain MB, Brunton N, Lyng J, Valverde J, Rai DK. 2014. Pulsed electric fields pre-treatment of carrot purees to enhance their polyacetylene and sugar contents. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **23**:79–86.
- Akin E, Evrendilek GA. 2009. Effect of pulsed electric fields on physical, chemical, and microbiological properties of formulated carrot juice. *Food Science and Technology International* **15**:275–282.
- Grimi PN. 2009. Vers l'intensification du pressage industriel des agroressources par champs électriques pulsés: étude multi-échelles [PhD. Thesis]. Université de Technologie Compiègne, Compiègne.
- Armstrong G, Iiveen HM, McDowell D, Blair T. 1997. Sensory analysis and assessor motivation: Can computers make difference? In *Food Quality and Preference* **8**:1-7.
- Arcott SA, Tanumihardjo SA. 2010. Carrots of Many Colors Provide Basic Nutrition and Bioavailable Phytochemicals Acting as a Functional Food. *Comprehensive reviews in food science and food safety* **9**:223-239.
- Banerjee S. 2016. Experimental validation on effects of pulsed electric field treatment on the sensory quality of vegetable juices. *Food technology and preservation* **1**:56-60.
- Barbosa-Cánovas G, Aguilera JM, Candoğan K, Hartel RW, Ibarz A, Peleg M, Rahman S, Rao MA, Roos Y, Welti-Chanes J. 2006. Pulsed electric fields technology for the food industry. Springer, Switzerland.
- Boadi NO, Badu M, Kortei NK, Saah SA, Annor B, Mensah MB, Okyere H, Fiebor A. 2021. Nutritional composition and antioxidant properties of three varieties of carrot (*Daucus carota*). *Scientific African (e00801)* DOI: 10.1016/j.sciaf.2021.e00801.
- Brückner B, Röger B, Auerswald H. 2000. Dimensions of sensory carrot quality. *Acta Horticulturae* **517**: 351-360.
- Caminiti IM, Noci F, Morgan DJ, Cronin DA, Lyng JG. 2012. The effect of pulsed electric fields, ultraviolet light or high intensity light pulses in combination with manothermosonication on selected physico-chemical and sensory attributes of an orange and carrot juice blend. *Food and Bioprocess Processing* **90**:442–448.
- Čejka P, Olšovská J, Štěrbá K, Slabý M, Vrzal T. 2018. Methods of Evaluating of Sensory Assessors – Part 1. *Kvasný Průmysl* **64**:14–20.
- ČSN EN ISO 6658. 2009. Senzorická analýza – Metodologie – Všeobecné pokyny. Český normalizační institut, Praha.
- ČSN EN ISO 8589. 2008. Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště. Český normalizační institut, Praha.
- Chambers E. 2019. Analysis of sensory properties in foods: A special issue. *Foods* **8**:1-3.
- Cortés C, Torregrosa F, Esteve MJ, Frígola A. 2006. Carotenoid profile modification during refrigerated storage in untreated and pasteurized orange juice and orange juice treated with high-intensity pulsed electric fields. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**: 6247–6254.
- Donsí F, Ferrari G, Pataro G. 2010. Applications of pulsed electric field treatments for the enhancement of mass transfer from vegetable tissue. *Food Engineering Reviews* **2**:109–130.

- Froněk D. 2012. Profesor Jaroslav Dědek – vynikající cukrovarnický vědec a analytik. *Listy cukrovarnické a řepařské* **1**:34-38.
- Grimi N, Praporscic I, Lebovka N, Vorobiev E. 2007. Selective extraction from carrot slices by pressing and washing enhanced by pulsed electric fields. *Separation and Purification Technology* **58**:267–273.
- Holland B, Unwin ID, Buss DH. 1991. *Vegetables, Herbs and Spices. The Fifth Supplement to McCance & Widdowson's The Composition of Foods*. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Hui YH, Ozgul Evranuz E. 2015. *Handbook of Vegetable Preservation and Processing, Second Edition*. CRC Press, Boca Raton.
- Iannario M, Manisera M, Piccolo D, Zuccolotto P. 2012. Sensory analysis in the food industry as a tool for marketing decisions. *Advances in Data Analysis and Classification* **6**:303–321.
- Jiaheng L, Jiyong S, Xiaowei H, Xiaobo Z, Zhihua L, Di Z, Wen Z, Yiwei X. 2020. Effects of pulsed electric field on freeze thaw quality of Atlantic salmon. *Innovative food science & emerging technologies* **65**:1-8.
- Kumar Y, Kumar Patel K, Kumar V, Professor A. 2015. Pulsed Electric Field Processing in *Food Technology* **2**:6-17.
- Leong SY, Du D, Oey I. 2018. Pulsed Electric Fields enhances calcium infusion for improving the hardness of blanched carrots. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **47**:46–55.
- Lim TK. 2015. *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants*. Springer, Netherlands.
- Lima Binoti M, Afonso I, Ramos M, Quintão LJ, Ii T, Stringheta PC, Rodrigues V, Minim P, Mônica I, Pirozi R. 2012. Pulsed electric field. *Ciência Rural* **5**:934–941.
- López-Gámez G, Elez-Martínez P, Quiles-Chuliá A, Martín-Belloso O, Hernando-Hernando I, Soliva-Fortuny R. 2021. Effect of pulsed electric fields on carotenoid and phenolic bioaccessibility and their relationship with carrot structure. *Food and Function* **12**: 2772–2783.
- Liu C. 2019. *Effet du pré-traitement par champ électrique pulsé sur le séchage et la friture des légumes: cas des pommes de terre et des carottes [PhD. Thesis]*. Université de Technologie de Compiègne, Compiègne.
- Marsellés-Fontanet ÁR, Martín-Belloso O. 2007. Optimization and validation of PEF processing conditions to inactivate oxidative enzymes of grape juice. *Journal of Food Engineering* **83**:452–462.
- Mitich LW. 1996. Wild Carrot (*Daucus carota* L.). *Weed Technology* **10**:455-457.
- Moskowitz HR. 1988. *Applied sensory analysis of foods*. CRC Press, New York.
- Mungure TE, Farouk MM, Birch EJ, Carne A, Staincliffe M, Stewart I, Bekhit AEA. 2020. Effect of PEF treatment on meat quality attributes, ultrastructure and metabolite profiles of wet and dry aged venison *Longissimus dorsi* muscle. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **65**:1-9.
- Niu D, Zeng XA, Ren EF, Xu FY, Li J, Wang MS, Wang R. 2020. Review of the application of pulsed electric fields (PEF) technology for food processing in China. *Food Research International* **137**:2-13.

- Nowosad K, Sujka M, Pankiewicz U, Kowalski R. 2021. The application of PEF technology in food processing and human nutrition. In *Journal of Food Science and Technology* **58**:397–411.
- Odrizola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. 2008. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *European Food Research and Technology* **228**:239–248.
- Piggott JR, Simpson SJ, Williams SAR. 1998. Sensory analysis. *International Journal of Food Science and Technology* **33**:7-18.
- Pokorný J, Valentová H, Pudil F. 1997. *Senzorická analýza potravin – laboratorní cvičení*. VŠCHT, Praha.
- Polikovskiy M, Fernand F, Sack M, Frey W, Müller G, Golberg A. 2019. In silico food allergenic risk evaluation of proteins extracted from macroalgae *Ulva* sp. with pulsed electric fields. *Food Chemistry* **276**:735–744.
- Quintão-Teixeira LJ, Soliva-Fortuny R, Mota Ramos A, Martín-Belloso O. 2013. Kinetics of Peroxidase Inactivation in Carrot Juice Treated with Pulsed Electric Fields. *Journal of Food Science* **78**:223-228.
- Ruprich J, Bischofová S, Pernicová H, Řehůřková I, Blahová J, Dofková MJ. 2020. SZÚ. CZVP Brno, Praha. Available from: <http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/vice-zeleniny-a-ovoce-v-diete-zlepsi-zdravi> (accessed March 2022).
- Rivas A, Rodrigo D, Martínez A, Barbosa-Cánovas G, Rodrigo M. 2006. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT – Food Science and Technology* **39**:1163–1170.
- Roininen K, Filliop L, Kilcast D, Lahteenm L, Roininen K, Fillion Kilcast LD, Lahteenm L. 2003. Perceived eating difficulties and preferences for various textures of raw and cooked carrots in young and elderly suatects. *Journal of Sensory Studies* **18**:437-451.
- Salehi F. 2020. Physico-chemical properties of fruit and vegetable juices as affected by pulsed electric field: a review. *International Journal of Food Properties* **23**:1036–1050.
- Salvia-Trujillo L, Morales-De La Peña M, Rojas-Graü A, Martín-Belloso O. 2011. Changes in water-soluble vitamins and antioxidant capacity of fruit juice-milk beverages as affected by high-intensity pulsed electric fields (HIPEF) or heat during chilled storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**:10034–10043.
- Sepulveda DR, Góngora-Nieto MM, Guerrero JA, Barbosa-Cánovas G. 2009. Shelf life of whole milk processed by pulsed electric fields in combination with PEF-generated heat. *LWT – Food Science and Technology* **42**:735–739.
- Shamaila M, Durance T, Girard B. 1996. Water Blanching Effects on Headspace Volatiles and Sensory Attributes of Carrots. *Journal of food science* **61**:1105-1306.
- Sharma KD, Karki S, Thakur NS, Attri S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot-A review. *Journal of Food Science and Technology* **49**:22–32.
- Singh G, Kawatra A, Sehgal S. 2001. Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots. *Plant Foods for Human Nutrition* **56**:359–364.
- Sitzmann W, Vorobiev E, Lebovka N. 2017. *Handbook of Electroporation*. Springer, Cham.
- Stone H, Bleibaum R, Thomas HA. 2012. *Sensory evaluation practices*. Academic Press, Amsterdam.

- Soliva-Fortuny R, Vendrell-Pacheco M, Martin-Belloso O, Elez-Martinez P. 2017. Effect of pulsed electric fields on the antioxidant potential of apples stored at different temperatures. *Postharvest Biol Technol* **132**:195–201.
- Talavera M, Chambers E. 2017. Using sensory sciences help products succeed. *British Food Journal* **119**:2130–2144.
- Tomšovic P. 1997. Květena České republiky. Academia, Praha.
- Ulrich D, Nothnagel T. 2006. Effective Screening of Aroma Pattern in Carrots. *Acta Horticulturae* **712**:907-910.
- ÚKZÚZ. 2014. Mrkev obecná setá. Rostlinolékařský portál. ÚKZÚZ. Available from: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c44a5ab%22#r|p|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c44a5ab|popis (accessed February 2022).
- Varming C, Jensen K, Møller S, Brockhoff PB, Christiansen T, Edelenbos M, Bjørn GK, Poll L. 2004. Eating quality of raw carrots – Correlations between flavour compounds, sensory profiling analysis and consumer liking test. *Food Quality and Preference* **15**:531–540.
- Vorobiev E, Lebovka N. 2020. *Processing of Foods and Biomass Feedstocks by Pulsed Electric Energy*. Springer, Cham.
- Wang Q, Li Y, Sun DW, Zhu Z. 2018. Enhancing Food Processing by Pulsed and High Voltage Electric Fields: Principles and Applications. *Food Science and Nutrition* **58**:2285–2298.
- Zhang QH, Barbarosa Cánovas VG. 2018. *Pulsed electric fields in food processing: Fundamental aspects and applications*. Routledge, New York.

9 Samostatné přílohy

Příloha 1: Protokol z prvního a druhého hodnocení

HODNOCENÍ MRKVE

Jméno a příjmení: **Zdravotní stav:**

Datum: **Hodina:**

Úkol: Očichejte, posuďte hmatem mezi prsty, a následně ochutnejte předložené vzorky. Soustředte se zejména na hodnocení jejich textury. K hodnocení použijte grafické stupnice.

Vzorek:

PŘÍJEMNOST VŮNĚ: _____
velmi špatná _____ vynikající

PŘÍJEMNOST TEXTURY: _____
velmi špatná _____ vynikající

PRUŽNOST: _____
velmi lámavý _____ velmi pružný

TVRDOST: _____
velmi měkký _____ velmi tvrdý

ELASTICITA: _____
plastický _____ elastický

KŘEHKOST: (v ústech) _____
velmi křehký _____ velmi houževnatý

SOUDRŽNOST: (v ústech) _____
velmi rozpadavý _____ velmi soudržný

ŠŤAVNATOST: (v ústech) _____
velmi suchý _____ velmi šťavnatý

INTENZITA DŘEVITÉ CHUTI: _____
neznatelná _____ velmi silná

Vzorek:

PŘÍJEMNOST VŮNĚ:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
PŘÍJEMNOST TEXTURY:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
PRUŽNOST:	_____	_____
	velmi lámavý	velmi pružný
TVRDOST:	_____	_____
	velmi měkký	velmi tvrdý
ELASTICITA:	_____	_____
	plastický	elastický
KŘEHKOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi křehký	velmi houževnatý
SOUDRŽNOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi rozpadavý	velmi soudržný
ŠŤAVNATOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi suchý	velmi šťavnatý
INTENZITA DŘEVITÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

Z předložené dvojice vzorků preferuji vzorek č.....

Příloha 2: Protokol ze třetího hodnocení

HODNOCENÍ MRKVE

Jméno a příjmení: **Zdravotní stav:**

Datum: **Hodina:**

Úkol: Očichejte, posuďte hmatem mezi prsty, a následně ochutnejte předložené vzorky. Soustřeďte se zejména na hodnocení jejich textury. K hodnocení použijte grafické stupnice.

Vzorek:

PŘÍJEMNOST VŮNĚ:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
PŘÍJEMNOST TEXTURY:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
PRUŽNOST:	_____	_____
	velmi lámavý	velmi pružný
TVRDOST:	_____	_____
	velmi měkký	velmi tvrdý
ELASTICITA:	_____	_____
	plastický	elastický
KŘEHKOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi křehký	velmi houževnatý
SOUDRŽNOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi rozpadavý	velmi soudržný
ŠŤAVNATOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi suchý	velmi šťavnatý
PŘÍJEMNOST CHUTI CELKOVĚ:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
CELKOVÁ INTENZITA CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
INTENZITA SLADKÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
INTENZITA DŘEVITÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

Vzorek:

PŘÍJEMNOST VŮNĚ:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
PŘÍJEMNOST TEXTURY:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
PRUŽNOST:	_____	_____
	velmi lámavý	velmi pružný
TVRDOST:	_____	_____
	velmi měkký	velmi tvrdý
ELASTICITA:	_____	_____
	plastický	elastický
KŘEHKOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi křehký	velmi houževnatý
SOUDRŽNOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi rozpadavý	velmi soudržný
ŠŤAVNATOST: (v ústech)	_____	_____
	velmi suchý	velmi šťavnatý
PŘÍJEMNOST CHUTI CELKOVĚ:	_____	_____
	velmi špatná	vynikající
CELKOVÁ INTENZITA CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
INTENZITA SLADKÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná
INTENZITA DŘEVITÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

Z předložené dvojice vzorků preferuji vzorek č.....

Protože (důvod preference).....

Příloha 3: Tabulka pro hodnocení párové preferenční zkoušky

Celkový počet odpovědí N	Minimální počet odpovědí pro jeden ze vzorků n	Celkový počet odpovědí N	Minimální počet odpovědí pro jeden ze vzorků n	Celkový počet odpovědí N	Minimální počet odpovědí pro jeden ze vzorků n
8	7	29	20	50	32
9	8	30	20	51	33
10	9	31	21	52	33
11	9	32	22	53	34
12	10	33	22	54	34
13	10	34	23	55	35
14	11	35	23	56	35
15	12	36	24	57	36
16	12	37	24	58	36
17	13	38	25	59	37
18	13	39	26	60	37
19	14	40	26	61	38
20	15	41	27	62	39
21	15	42	27	63	39
22	16	43	28	64	40
23	16	44	28	65	40
24	17	45	29	66	41
25	18	46	30	67	41
26	18	47	30	68	42
27	19	48	31	69	43
28	19	49	31	70	43

Příloha 4: Výsledky z prvního hodnocení senzoričského profilu mrkve

Hodnotitel	Pohlaví	Vzorek	Příjemnost vůně	Příjemnost textury	Pružnost	Tvrdot	Elasticita	Křehkost	Soudržnost	Šťavnatost	Intenzita dřevité chuti
1	M	C	60	69	49	67	34	58	59	53	22
1	M	PEF	50	58	81	61	51	64	68	84	37
2	F	C	45	95	58	53	56	37	54	70	17
2	F	PEF	75	40	72	59	82	53	58	82	35
3	F	C	56	61	42	83	43	30	36	67	28
3	F	PEF	29	71	87	71	70	61	80	78	65
4	F	C	22	30	24	73	27	33	47	58	27
4	F	PEF	74	63	93	32	89	69	83	81	25
5	F	C	36	14	35	77	51	2	73	47	82
5	F	PEF	89	20	100	76	100	14	94	97	80
6	M	C	71	71	31	41	45	69	48	17	3
6	M	PEF	66	67	96	93	46	55	54	72	4
7	M	C	63	65	59	63	72	65	48	71	23
7	M	PEF	79	78	44	85	86	59	47	86	13
8	F	C	49	82	27	65	66	27	91	36	24
8	F	PEF	88	80	86	60	80	27	91	71	18
9	F	C	79	56	85	68	53	61	48	27	9
9	F	PEF	80	73	58	87	24	26	61	50	1

Příloha 5: Scheffeho post-hoc test 1. hodnocení: Výsledky z programu Statistica

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost vůně (Data pro statistiku anova)		
	Vzorek	1	2
		53,444	70
1	C		0,076183
2	PEF	0,076183	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost textury (Data pro statistiku anova)		
	Vzorek	1	2
		60,333	61,111
1	C		0,942213
2	PEF	0,942213	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Pružnost (Data pro statistiku anova)		
	Vzorek	1	2
		45,556	79,667
1	C		0,001573
2	PEF	0,001573	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Tvrdot (Data pro statistiku anova)		
	Vzorek	1	2
		65,556	69,333
1	C		0,622957
2	PEF	0,622957	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Elasticita (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 403,60, sv = 16,000		
	Vzorek	1 49,667	2 69,778
1	C		0,049649
2	PEF	0,049649	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Křehkost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 443,03, sv = 16,000		
	Vzorek	1 42,444	2 47,556
1	C		0,613514
2	PEF	0,613514	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Soudržnost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 281,00, sv = 16,000		
	Vzorek	1 56	2 70,667
1	C		0,081963
2	PEF	0,081963	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Šťavnatost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 273,69, sv = 16,000		
	Vzorek	1 49,556	2 77,889
1	C		0,002237
2	PEF	0,002237	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita dřevité chuti (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 614,74, sv = 16,000		
	Vzorek	1 26,111	2 30,889
1	C		0,688122
2	PEF	0,688122	

Příloha 6: Výsledky druhého hodnocení senzoričského profilu mrkve

Hodnotitel	Pohlaví	Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení	Přijemnost vůně	Přijemnost textury	Pružnost	Tvrdost	Elasticita	Křehkost	Soudržnost	Šťavnatost	Intenzita dřevité chuti
1	F	PEF	W	15	79	54	72	64	71	63	65	62	27
1	F	C	W	15	33	38	70	73	20	64	73	25	27
1	F	PEF	W	0	61	67	74	45	20	73	81	76	21
1	F	C	W	0	29	32	85	83	17	29	59	26	64
1	F	PEF	R	15	78	75	54	43	53	46	51	62	15
1	F	C	R	15	53	50	51	61	44	51	51	41	68
1	F	PEF	R	0	77	71	69	63	69	39	57	63	25
1	F	C	R	0	56	27	55	51	31	28	37	49	26
2	M	PEF	W	15	60	54	67	30	57	49	63	48	40
2	M	C	W	15	52	66	45	67	42	65	65	66	58
2	M	PEF	W	0	66	61	86	36	48	45	80	57	32
2	M	C	W	0	39	69	40	68	43	63	86	85	61
2	M	PEF	R	15	68	51	64	33	65	40	48	46	30
2	M	C	R	15	44	65	33	67	37	63	62	65	67
2	M	PEF	R	0	70	49	67	31	60	30	42	47	33
2	M	C	R	0	55	65	33	63	39	61	64	67	53
3	F	PEF	W	15	71	92	88	57	65	54	66	51	25
3	F	C	W	15	29	47	72	93	38	40	53	20	9
3	F	PEF	W	0	63	69	65	96	45	68	99	49	5
3	F	C	W	0	62	39	60	79	39	98	93	71	56
3	F	PEF	R	15	37	60	85	68	78	46	64	86	8
3	F	C	R	15	62	34	37	64	58	33	61	68	33
3	F	PEF	R	0	40	76	87	57	80	61	71	58	11
3	F	C	R	0	56	51	44	72	45	39	58	50	47
4	F	PEF	W	15	68	60	60	62	71	41	51	67	13
4	F	C	W	15	56	71	44	73	30	53	53	46	10
4	F	PEF	W	0	71	56	85	62	69	45	74	43	45
4	F	C	W	0	47	65	78	51	80	35	44	65	23
4	F	PEF	R	15	79	56	86	40	88	59	59	61	4
4	F	C	R	15	72	66	67	57	67	51	52	38	29
4	F	PEF	R	0	77	64	84	63	87	54	46	63	15
4	F	C	R	0	57	65	55	62	51	53	53	51	8
5	F	PEF	W	15	82	74	80	36	81	72	80	90	2
5	F	C	W	15	42	82	46	50	49	40	40	19	14
5	F	PEF	W	0	91	61	75	46	78	74	85	89	10
5	F	C	W	0	55	94	57	72	47	43	47	40	7
5	F	PEF	R	15	86	75	84	30	77	67	70	79	15
5	F	C	R	15	16	75	58	61	44	50	55	49	18
5	F	PEF	R	0	77	62	71	33	81	71	75	68	6
5	F	C	R	0	71	72	51	57	49	52	66	35	16
6	F	PEF	W	15	67	41	64	63	83	62	75	76	35
6	F	C	W	15	39	58	28	72	39	43	72	45	47
6	F	PEF	W	0	73	41	80	36	89	56	33	90	48

6	F	C	W	0	49	59	60	68	41	27	42	55	46
6	F	PEF	R	15	77	35	69	62	79	65	70	91	20
6	F	C	R	15	32	60	33	74	53	37	63	49	69
6	F	PEF	R	0	65	56	64	29	81	62	50	77	21
6	F	C	R	0	60	66	37	66	59	30	51	36	56

Příloha 7: Jednorozměrné výsledky pro každou závisle proměnnou: Výsledky z programu Statistica

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně volnosti	Příjemnost vůně SČ	Příjemnost vůně PČ	Příjemnost vůně F	Příjemnost vůně p
Abs. člen	1	169100	169100	966,3088	0
Ošetření vzorku	1	5568,5	5568,5	31,8209	0,000002
Část vzorku	1	136,7	136,7	0,7811	0,382089
Čas hodnocení (min)	1	150,5	150,5	0,8601	0,359262
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	315,2	315,2	1,8011	0,187146
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	336	336	1,9202	0,173517
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	17,5	17,5	0,1001	0,753329
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	82,7	82,7	0,4725	0,495801
Chyba	40	6999,8	175		
Celkem	47	13607			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně volnosti	Příjemnost textury SČ	Příjemnost textury PČ	Příjemnost textury F	Příjemnost textury p
Abs. člen	1	172320,3	172320,3	692,119	0
Ošetření vzorku	1	40,3	40,3	0,162	0,689467
Část vzorku	1	12	12	0,0482	0,827346
Čas hodnocení (min)	1	0,1	0,1	0,0003	0,985495
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	12	12	0,0482	0,827346
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	4,1	4,1	0,0164	0,898739
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	44,1	44,1	0,1771	0,676165
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	44,1	44,1	0,1771	0,676165
Chyba	40	9959	249		
Celkem	47	10115,7			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně	Pružnost	Pružnost	Pružnost	Pružnost
volnosti	SČ	PČ	F	p	
Abs. člen	1	189882,5	189882,5	1186,117	0
Ošetření vzorku	1	6097,5	6097,5	38,089	0
Část vzorku	1	426	426	2,661	0,110674
Čas hodnocení (min)	1	229,7	229,7	1,435	0,238039
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	295	295	1,843	0,182225
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	28,5	28,5	0,178	0,675221
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	266	266	1,662	0,204776
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	42,2	42,2	0,264	0,610531
Chyba	40	6403,5	160,1		
Celkem	47	13788,5			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně	Tvrdość	Tvrdość	Tvrdość	Tvrdość
volnosti	SČ	PČ	F	p	
Abs. člen	1	162052,5	162052,5	776,0671	0
Ošetření vzorku	1	3657,5	3657,5	17,5158	0,000152
Část vzorku	1	638	638	3,0555	0,088138
Čas hodnocení (min)	1	2,5	2,5	0,0121	0,913059
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	3,5	3,5	0,0169	0,897335
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	17,5	17,5	0,0839	0,773567
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	4,7	4,7	0,0224	0,881653
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	0,2	0,2	0,0009	0,976244
Chyba	40	8352,5	208,8		
Celkem	47	12676,5			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně	Elasticita	Elasticita	Elasticita	Elasticita
volnosti	SČ	PČ	F	p	
Abs. člen	1	156066	156066	727,3686	0
Ošetření vzorku	1	7828,5	7828,5	36,486	0
Část vzorku	1	945,2	945,2	4,4052	0,042189
Čas hodnocení (min)	1	35	35	0,1632	0,688361
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	17,5	17,5	0,0817	0,776537
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	136,7	136,7	0,6371	0,429494
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	7,5	7,5	0,0351	0,852433
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	638	638	2,9736	0,092355
Chyba	40	8582,5	214,6		
Celkem	47	18191			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně	Křehkost	Křehkost	Křehkost	Křehkost
volnosti	SČ	PČ	F	p	
Abs. člen	1	129168,8	129168,8	559,5758	0
Ošetření vzorku	1	784,1	784,1	3,3968	0,072744
Část vzorku	1	270,8	270,8	1,1729	0,285287
Čas hodnocení (min)	1	6,7	6,7	0,0292	0,865084
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	2,1	2,1	0,009	0,924788
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	44,1	44,1	0,191	0,664457
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	30,1	30,1	0,1303	0,719995
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	4,1	4,1	0,0177	0,894859
Chyba	40	9233,3	230,8		
Celkem	47	10375,2			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně	Soudržnost	Soudržnost	Soudržnost	Soudržnost
volnosti	SČ	PČ	F	p	
Abs. člen	1	181917,2	181917,2	867,1842	0
Ošetření vzorku	1	500,5	500,5	2,3859	0,130307
Část vzorku	1	858,5	858,5	4,0925	0,049793
Čas hodnocení (min)	1	20	20	0,0954	0,758978
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	188	188	0,8963	0,349466
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	20	20	0,0954	0,758978
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	221	221	1,0536	0,31085
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	38,5	38,5	0,1836	0,670575
Chyba	40	8391,2	209,8		
Celkem	47	10237,8			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně	Šťavnatost	Šťavnatost	Šťavnatost	Šťavnatost
volnosti	SČ	PČ	F	p	
Abs. člen	1	158700	158700	586,7455	0
Ošetření vzorku	1	3996,8	3996,8	14,7768	0,000424
Část vzorku	1	30,1	30,1	0,1112	0,740497
Čas hodnocení (min)	1	75	75	0,2773	0,601391
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	21,3	21,3	0,0789	0,780277
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	396,7	396,7	1,4669	0,232948
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	850,1	850,1	3,1429	0,083872
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	147	147	0,5435	0,465293
Chyba	40	10819	270,5		
Celkem	47	16336			

Efekt	Jednorozm. výsledky pro každou záv. proměnnou (Data pro statistiku anova)				
	Sigma-omezená parametrizace				
	Dekompozice efektivní hypotézy				
	Stupně volnosti	Intenzita dřevité SČ	Intenzita dřevité chuti PČ	Intenzita dřevité chuti F	Intenzita dřevité chuti p
Abs. člen	1	41890,08	41890,08	128,5366	0
Ošetření vzorku	1	3434,08	3434,08	10,5372	0,002369
Část vzorku	1	21,33	21,33	0,0655	0,799377
Čas hodnocení (min)	1	56,33	56,33	0,1729	0,679809
Ošetření vzorku*Část vzorku	1	588	588	1,8042	0,186773
Ošetření vzorku*Čas hodnocení (min)	1	12	12	0,0368	0,848801
Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	602,08	602,08	1,8474	0,181695
Ošetření vzorku*Část vzorku*Čas hodnocení (min)	1	602,08	602,08	1,8474	0,181695
Chyba	40	13036	325,9		
Celkem	47	18351,92			

Příloha 8: Scheffeho post-hoc test pro všechny závislé i nezávislé proměnné 2. hodnocení:
Výsledky z programu Statistica

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost vůně (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 175,00, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			70,833	71,167	67,667	70,833	46,833	41,833	59,167	46,5	
1 PEF	Celá mrkev	0		1	0,999982	1	0,228035	0,070937	0,933976	0,212967	
2 PEF	Celá mrkev	15	1		0,999964	1	0,212967	0,064974	0,923919	0,198607	
3 PEF	Vnější část	0	0,999982	0,999964		0,999982	0,404637	0,153835	0,988586	0,383498	
4 PEF	Vnější část	15	1	1	0,999982		0,228035	0,070937	0,933976	0,212967	
5 C	Celá mrkev	0	0,228035	0,212967	0,404637	0,228035		0,999603	0,912906	1	
6 C	Celá mrkev	15	0,070937	0,064974	0,153835	0,070937	0,999603		0,64296	0,999749	
7 C	Vnější část	0	0,933976	0,923919	0,988586	0,933976	0,912906	0,64296		0,900923	
8 C	Vnější část	15	0,212967	0,198607	0,383498	0,212967	1	0,999749	0,900923		

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost textury (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 248,97, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			59,167	62,5	63	58,667	59,667	60,333	57,667	58,333	
1 PEF	Celá mrkev	0		0,999992	0,99998	1	1	1	1	1	
2 PEF	Celá mrkev	15	0,999992		1	0,99998	0,999997	1	0,999903	0,999964	
3 PEF	Vnější část	0	0,99998	1		0,999953	0,999992	0,999998	0,999811	0,999923	
4 PEF	Vnější část	15	1	0,99998	0,999953		1	1	1	1	
5 C	Celá mrkev	0	1	0,999997	0,999992	1		1	1	1	
6 C	Celá mrkev	15	1	1	0,999998	1	1		0,999998	1	
7 C	Vnější část	0	1	0,999903	0,999811	1	1	0,999998		1	
8 C	Vnější část	15	1	0,999964	0,999923	1	1	1	1		

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Pružnost (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 160,09, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			77,5	71,833	73,667	73,667	63,333	50,833	45,833	46,5	
1	PEF	Celá mrkev	0		0,998794	0,999909	0,999909	0,800989	0,094457	0,022349	0,027473
2	PEF	Celá mrkev	15	0,998794		0,999999	0,999999	0,985168	0,335571	0,112123	0,132361
3	PEF	Vnější část	0	0,999909	0,999999		1	0,955752	0,233969	0,069092	0,082769
4	PEF	Vnější část	15	0,999909	0,999999	1		0,955752	0,233969	0,069092	0,082769
5	C	Celá mrkev	0	0,800989	0,985168	0,955752	0,955752		0,885157	0,576563	0,62475
6	C	Celá mrkev	15	0,094457	0,335571	0,233969	0,233969	0,885157		0,999467	0,999794
7	C	Vnější část	0	0,022349	0,112123	0,069092	0,069092	0,576563	0,999467		1
8	C	Vnější část	15	0,027473	0,132361	0,082769	0,082769	0,62475	0,999794	1	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Tvrdost (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 208,81, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			53,5	52	46	46	70,167	71,333	61,833	64	
1	PEF	Celá mrkev	0		1	0,99691	0,99691	0,775653	0,709899	0,994055	0,976721
2	PEF	Celá mrkev	15	1		0,999263	0,999263	0,690031	0,617943	0,984016	0,951661
3	PEF	Vnější část	0	0,99691	0,999263		1	0,325832	0,267516	0,818123	0,700015
4	PEF	Vnější část	15	0,99691	0,999263	1		0,325832	0,267516	0,818123	0,700015
5	C	Celá mrkev	0	0,775653	0,690031	0,325832	0,325832		1	0,994055	0,999118
6	C	Celá mrkev	15	0,709899	0,617943	0,267516	0,267516	1		0,986934	0,997318
7	C	Vnější část	0	0,994055	0,984016	0,818123	0,818123	0,994055	0,986934		0,999999
8	C	Vnější část	15	0,976721	0,951661	0,700015	0,700015	0,999118	0,997318	0,999999	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Elasticita (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 214,56, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			58,167	71,333	76,333	73,333	44,5	36,333	45,667	50,5	
1	PEF	Celá mrkev	0		0,927317	0,704678	0,857732	0,912593	0,478485	0,944251	0,996742
2	PEF	Celá mrkev	15	0,927317		0,999798	1	0,217417	0,034672	0,268124	0,540593
3	PEF	Vnější část	0	0,704678	0,999798		0,999994	0,075733	0,008774	0,098921	0,260452
4	PEF	Vnější část	15	0,857732	1	0,999994		0,14679	0,020385	0,185516	0,418361
5	C	Celá mrkev	0	0,912593	0,217417	0,075733	0,14679		0,995171	1	0,999325
6	C	Celá mrkev	15	0,478485	0,034672	0,008774	0,020385	0,995171		0,989141	0,89609
7	C	Vnější část	0	0,944251	0,268124	0,098921	0,185516	1	0,989141		0,999839
8	C	Vnější část	15	0,996742	0,540593	0,260452	0,418361	0,999325	0,89609	0,999839	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Křehkost (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 230,83, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			60,167	56,833	52,833	53,833	49,167	50,833	43,833	47,5	
1	PEF	Celá mrkev	0		0,99999	0,998049	0,999243	0,977191	0,991273	0,832278	0,950647
2	PEF	Celá mrkev	15	0,99999		0,999965	0,999995	0,997412	0,999469	0,943473	0,991273
3	PEF	Vnější část	0	0,998049	0,999965		1	0,999981	1	0,992997	0,999757
4	PEF	Vnější část	15	0,999243	0,999995	1		0,999901	0,999995	0,986844	0,999243
5	C	Celá mrkev	0	0,977191	0,997412	0,999981	0,999901		1	0,999757	1
6	C	Celá mrkev	15	0,991273	0,999469	1	0,999995	1		0,998552	0,99999
7	C	Vnější část	0	0,832278	0,943473	0,992997	0,986844	0,999757	0,998552		0,999981
8	C	Vnější část	15	0,950647	0,991273	0,999757	0,999243	1	0,99999	0,999981	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Soudržnost (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 209,78, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			75,333	66,667	56,833	60,333	61,833	59,333	54,833	57,333	
1	PEF	Celá mrkev	0		0,992554	0,672399	0,857591	0,913017	0,811791	0,546918	0,702487
2	PEF	Celá mrkev	15	0,992554		0,984229	0,998967	0,999827	0,997357	0,955663	0,988389
3	PEF	Vnější část	0	0,672399	0,984229		0,999981	0,999782	0,999998	1	1
4	PEF	Vnější část	15	0,857591	0,998967	0,999981		1	1	0,99959	0,999993
5	C	Celá mrkev	0	0,913017	0,999827	0,999782	1		0,999998	0,998033	0,999893
6	C	Celá mrkev	15	0,811791	0,997357	0,999998	1	0,999998		0,999893	1
7	C	Vnější část	0	0,546918	0,955663	1	0,99959	0,998033	0,999893		0,999998
8	C	Vnější část	15	0,702487	0,988389	1	0,999993	0,999893	1	0,999998	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Šťavnatost (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 270,48, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			67,333	65,667	62,667	70,833	57	36,833	48	51,667	
1	PEF	Celá mrkev	0		1	0,999942	0,999992	0,99001	0,204281	0,758252	0,903337
2	PEF	Celá mrkev	15	1		0,999997	0,999884	0,9966	0,267469	0,832833	0,944959
3	PEF	Vnější část	0	0,999942	0,999997		0,997663	0,999785	0,40811	0,930148	0,985544
4	PEF	Vnější část	15	0,999992	0,999884	0,997663		0,948294	0,107729	0,571736	0,766271
5	C	Celá mrkev	0	0,99001	0,9966	0,999785	0,948294		0,716593	0,995697	0,999857
6	C	Celá mrkev	15	0,204281	0,267469	0,40811	0,107729	0,716593		0,98422	0,926068
7	C	Vnější část	0	0,758252	0,832833	0,930148	0,571736	0,995697	0,98422		0,999899
8	C	Vnější část	15	0,903337	0,944959	0,985544	0,766271	0,999857	0,926068	0,999899	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita dřevité chuti (Data pro statistiku anova)										
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy										
	Chyba: meziskup. PČ = 325,90, sv = 40,000										
Ošetření vzorku	Část vzorku	Čas hodnocení (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	
			26,833	23,667	18,5	15,333	42,833	27,5	34,333	47,333	
1	PEF	Celá mrkev	0		0,999998	0,998534	0,989156	0,932301	1	0,99926	0,789213
2	PEF	Celá mrkev	15	0,999998		0,999938	0,998534	0,841097	0,999992	0,993104	0,642344
3	PEF	Vnější část	0	0,998534	0,999938		0,999998	0,608833	0,997603	0,93581	0,385899
4	PEF	Vnější část	15	0,989156	0,998534	0,999998		0,449289	0,984889	0,847053	0,2545
5	C	Celá mrkev	0	0,932301	0,841097	0,608833	0,449289		0,945595	0,998335	0,999976
6	C	Celá mrkev	15	1	0,999992	0,997603	0,984889	0,945595		0,999599	0,816069
7	C	Vnější část	0	0,99926	0,993104	0,93581	0,847053	0,998335	0,999599		0,977878
8	C	Vnější část	15	0,789213	0,642344	0,385899	0,2545	0,999976	0,816069	0,977878	

Příloha 9: Výsledky hodnocení senzorickeho profilu mrkve třetí hodnocení

Hodnotitel	Pohlaví	Vzorek	Přijemnost vůně	Přijemnost textury	Pružnost	Tvrdość	Elasticita	Křehkost	Soudržnost	Šťavnatost	Přijemnost chuti celkově	Celková intenzita chuti	Intenzita sladké chuti	Intenzita dřevité chuti
1	F	PEF	48	58	97	4	95	47	72	47	68	56	38	21
1	F	C	51	56	65	71	40	68	35	17	35	33	35	68
2	F	PEF	23	32	97	13	23	73	61	56	82	70	57	19
2	F	C	68	75	97	28	64	33	74	52	67	63	67	25
3	F	PEF	100	84	100	0	88	71	83	67	77	63	97	52
3	F	C	48	97	33	76	30	55	47	25	51	20	34	63
4	F	PEF	62	63	89	4	92	70	69	74	61	63	72	13
4	F	C	43	58	55	76	68	59	67	45	39	38	40	39
5	M	PEF	70	26	91	35	93	45	85	70	75	78	63	61
5	M	C	16	76	84	70	63	21	61	35	83	75	52	71
6	F	PEF	65	65	84	74	87	36	74	79	71	59	75	39
6	F	C	65	62	48	61	31	50	68	28	59	40	49	27
7	F	PEF	79	64	67	76	76	77	77	58	62	38	51	38
7	F	C	73	39	49	75	65	77	78	61	23	22	27	67
8	F	PEF	98	90	98	55	99	80	60	72	90	75	50	45
8	F	C	80	78	34	7	85	76	40	80	80	20	15	18
9	M	PEF	27	38	61	46	72	30	47	75	69	43	45	15
9	M	C	22	65	65	64	37	18	79	60	55	22	30	35
10	F	PEF	12	73	93	26	80	60	51	74	34	29	54	63
10	F	C	20	64	76	62	71	36	36	48	31	17	24	62
11	F	PEF	16	7	100	7	86	72	82	63	45	70	56	27
11	F	C	57	67	54	61	62	71	84	34	64	68	59	36
12	F	PEF	82	83	88	11	82	52	45	66	66	63	27	3
12	F	C	77	63	41	63	63	28	29	73	66	56	13	6
13	F	PEF	42	31	84	56	26	30	42	42	55	55	55	44
13	F	C	70	69	56	52	48	55	62	80	85	86	86	6
14	F	PEF	68	80	96	33	85	46	93	88	85	61	61	22
14	F	C	90	90	61	58	59	25	90	74	77	59	62	41
15	F	PEF	78	77	74	53	68	16	69	84	88	87	76	30
15	F	C	67	43	24	87	26	85	24	14	55	30	55	75
16	F	PEF	88	74	100	70	92	63	92	88	73	50	74	69
16	F	C	47	77	68	33	65	77	100	38	50	35	57	39
17	F	PEF	54	32	92	9	89	88	88	73	53	46	57	7
17	F	C	83	50	65	33	70	76	85	74	90	49	41	20
18	F	PEF	100	100	92	47	34	48	66	77	100	89	88	2
18	F	C	100	72	45	61	47	58	79	26	100	62	51	22
19	M	PEF	34	81	77	89	88	100	100	28	79	35	49	55
19	M	C	46	85	30	75	19	39	82	61	88	79	58	24
20	F	PEF	51	17	91	48	86	84	79	49	46	42	53	39
20	F	C	78	49	80	89	95	65	83	34	29	32	49	75
21	F	PEF	91	74	100	84	94	30	75	39	56	90	83	85
21	F	C	36	50	20	83	57	23	67	42	49	61	62	74

22	F	PEF	29	28	61	53	70	76	76	68	27	15	5	66
22	F	C	81	78	19	65	10	53	21	83	77	75	59	24
23	F	PEF	6	13	90	91	25	66	96	82	3	83	74	16
23	F	C	58	35	6	88	1	70	91	15	71	82	71	9
24	F	PEF	82	67	84	68	68	36	71	79	79	77	60	21
24	F	C	50	77	68	83	65	90	89	75	76	58	26	41
25	F	PEF	80	56	85	70	95	92	99	81	65	67	19	1
25	F	C	49	60	64	82	71	93	91	53	44	57	10	2
26	F	PEF	38	40	95	52	50	93	100	81	91	88	81	2
26	F	C	50	99	80	51	40	71	100	64	100	45	69	26
27	M	PEF	37	83	78	74	12	55	55	58	89	57	74	41
27	M	C	46	75	87	66	20	64	51	74	75	66	65	32
28	F	PEF	28	35	23	39	91	61	80	95	51	98	94	73
28	F	C	36	85	1	96	25	34	92	3	95	67	52	33
29	M	PEF	75	69	87	64	57	37	59	62	63	52	59	45
29	M	C	66	80	83	93	25	70	36	29	43	45	33	53
30	M	PEF	20	49	100	14	100	94	100	73	90	69	29	0
30	M	C	49	78	70	72	51	90	100	49	71	23	9	0
31	F	PEF	90	66	86	41	83	65	40	49	70	54	66	14
31	F	C	64	24	73	67	37	7	23	2	23	9	0	74
32	F	PEF	35	47	62	34	54	29	34	75	45	54	71	33
32	F	C	40	55	43	65	34	34	35	50	33	64	51	66
33	F	PEF	40	42	64	16	81	72	83	67	16	23	13	14
33	F	C	73	65	54	39	44	54	67	62	74	66	62	23
34	F	PEF	58	66	84	46	86	76	76	60	67	56	56	47
34	F	C	31	55	68	75	75	74	87	15	60	34	42	48
35	F	PEF	39	44	63	41	30	55	71	56	63	52	46	24
35	F	C	39	60	70	45	28	45	89	54	60	41	20	29
36	F	PEF	50	29	83	8	62	48	70	75	74	49	38	36
36	F	C	80	73	84	45	74	47	59	46	76	27	11	12
37	F	PEF	39	9	92	29	95	83	71	76	45	45	57	14
37	F	C	86	43	72	89	81	57	68	77	72	53	67	5
38	F	PEF	53	41	91	40	79	35	47	34	46	43	35	18
38	F	C	72	69	21	28	66	70	97	51	73	78	60	23
39	M	PEF	63	41	77	57	69	74	65	59	69	41	49	20
39	M	C	50	66	34	71	36	28	39	28	61	51	39	35
40	F	PEF	68	19	86	28	89	36	59	66	49	39	59	4
40	F	C	64	73	61	47	65	37	62	50	61	42	51	5
41	F	PEF	96	82	76	66	20	23	80	66	70	64	61	21
41	F	C	68	85	51	96	2	15	81	44	57	49	46	48
42	F	PEF	52	73	91	70	90	89	88	76	58	62	33	24
42	F	C	63	59	79	83	82	69	65	58	80	60	53	31
43	M	PEF	65	35	96	72	77	62	85	42	51	15	16	4
43	M	C	50	77	86	75	69	70	94	9	51	0	0	0
44	F	PEF	79	85	72	75	18	51	82	96	91	79	90	31
44	F	C	64	73	69	76	28	57	79	49	65	26	24	50

45	F	PEF	36	66	73	76	78	59	62	80	82	85	88	13
45	F	C	53	73	77	72	78	61	86	70	77	66	62	22
46	F	PEF	60	56	39	48	46	31	66	76	71	63	64	33
46	F	C	32	59	23	66	48	23	79	30	49	35	31	40
47	F	PEF	48	64	83	30	75	46	74	88	82	64	58	63
47	F	C	53	69	65	59	66	56	87	42	64	55	27	79
48	M	PEF	72	78	80	33	95	37	63	72	89	77	59	31
48	M	C	12	58	54	72	42	28	65	31	48	47	33	30
49	F	PEF	75	53	78	84	52	39	37	82	78	48	49	26
49	F	C	34	73	31	76	47	38	36	56	46	21	22	62
50	F	PEF	70	47	83	50	26	72	49	37	61	59	70	4
50	F	C	45	36	78	60	16	70	53	49	46	8	9	21
51	F	PEF	61	76	98	98	97	45	75	30	39	42	5	3
51	F	C	75	75	94	95	72	33	75	31	59	36	30	14
52	F	PEF	11	30	98	34	99	17	36	79	79	42	31	14
52	F	C	24	28	69	74	84	8	36	26	74	60	55	10
53	M	PEF	52	80	92	28	54	66	74	61	57	25	20	12
53	M	C	83	79	82	53	77	89	85	35	47	41	36	38
54	F	PEF	45	76	84	63	92	83	72	61	29	51	11	16
54	F	C	70	46	39	65	46	68	84	34	69	81	69	9
55	M	PEF	72	49	85	26	61	64	49	49	57	55	63	6
55	M	C	66	39	89	49	34	67	74	49	52	36	52	38
56	F	PEF	44	26	87	45	80	67	63	48	51	40	42	40
56	F	C	42	60	65	70	43	30	73	38	41	21	15	58
57	M	PEF	83	93	95	23	78	45	86	11	39	25	10	54
57	M	C	69	84	85	61	50	30	66	46	82	30	41	13
58	F	PEF	27	91	97	24	56	78	93	30	26	16	24	25
58	F	C	59	86	92	42	21	90	90	10	56	30	49	58
59	F	PEF	82	48	24	73	47	71	96	16	51	18	14	27
59	F	C	48	58	48	60	48	69	85	15	50	38	28	53
60	F	PEF	28	30	69	17	69	68	56	59	27	33	44	27
60	F	C	25	52	53	26	74	54	56	63	52	54	41	38
61	F	PEF	63	81	83	71	80	53	79	63	65	52	41	34
61	F	C	77	75	93	77	69	46	83	81	90	55	57	6
62	F	PEF	55	60	94	14	85	34	65	79	74	67	70	36
62	F	C	70	49	25	57	29	59	70	37	58	46	36	66
63	F	PEF	11	71	67	34	50	30	46	67	37	42	5	10
63	F	C	94	76	87	57	42	59	81	49	75	36	23	8
64	F	PEF	63	63	85	75	61	73	83	88	90	65	88	9
64	F	C	50	50	89	65	86	77	77	70	71	65	65	33
65	F	PEF	46	55	83	57	95	81	94	91	66	53	22	12
65	F	C	71	65	74	46	85	70	97	94	89	70	45	17
66	F	PEF	72	64	87	30	73	33	40	76	64	64	54	7
66	F	C	84	63	75	68	51	34	56	31	61	41	26	27

Příloha 10: Scheffeho post-hoc test 3. hodnocení: Výsledky z programu Statistica

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost vůně (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 493,51, sv = 130,00		
	Vzorek	1 55,848	2 57,606
1	PEF		0,650235
2	C	0,650235	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost textury (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 392,46, sv = 130,00		
	Vzorek	1 56,439	2 64,879
1	PEF		0,015732
2	C	0,015732	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Pružnost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 402,42, sv = 130,00		
	Vzorek	1 82,742	2 60,303
1	PEF		0
2	C	0	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Tvrdost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 481,46, sv = 130,00		
	Vzorek	1 45,773	2 64,424
1	PEF		0,000003
2	C	0,000003	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Elasticita (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 533,59, sv = 130,00		
	Vzorek	1 70,985	2 51,545
1	PEF		0,000004
2	C	0,000004	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Křehkost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 465,67, sv = 130,00		
	Vzorek	1 57,848	2 53,833
1	PEF		0,287117
2	C	0,287117	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Soudržnost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 388,62, sv = 130,00		
	Vzorek	1 70,53	2 69,394
1	PEF		0,741071
2	C	0,741071	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Šťavnatost (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 410,50, sv = 130,00		
	Vzorek	1 64,97	2 45,879
1	PEF		0
2	C	0	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost chuti celkově (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 374,28, sv = 130,00		
	Vzorek	1 62,439	2 62,576
1	PEF		0,967764
2	C	0,967764	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková intenzita chuti (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 393,08, sv = 130,00		
	Vzorek	1 55	2 46,318
1	PEF		0,013104
2	C	0,013104	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita sladké chuti (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 475,98, sv = 130,00		
	Vzorek	1 51,485	2 41,485
1	PEF		0,009487
2	C	0,009487	

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita dřevité chuti (Data pro statistiku anova)		
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 454,38, sv = 130,00		
	Vzorek	1 27,576	2 34,879
1	PEF		0,051183
2	C	0,051183	