

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

**FYZIKÁLNE VLASTNOSTI
VYBRANÝCH POTRAVINÁRSKYH MATERIÁLOV
AKO UKAZOVATELE KVALITY**

Dizertačná práca

**Nitra 2020
Veronika Ardonová, Ing.**

Abstrakt

Cieľom dizertačnej práce bolo urobiť literárny prehľad, namerať hodnoty konduktivity pre vzorky medu, kapacity, odporu, impedancie a stratového činiteľa, určiť permitivitu a relatívnej permitivitu pre vzorky pergy, fazule Mungo, kváskového chleba s novými odrodami čierneho ovsa Hucul a Norik, vzorky medových cukríkov a čokolády v závislosti od frekvencie, určiť rozdiely v priebehoch frekvenčných závislostí, navrhnúť využitie elektrických vlastností, posúdiť koreláciu medzi jednotlivými vzorkami a ich elektrickými vlastnosťami.

Zisťovali sme závislosť elektrickej vodivosti vzoriek medu od teploty. Merania sme uskutočnili prístrojom Konduktometer Agilent 3200 C. Elektrické vlastnosti (odpor, impedanciu, kapacitu a stratový činiteľ) ostatných vzoriek sme merali prístrojom Good Will 821, vo frekvenčnom rozsahu od 0,1 kHz po 200 kHz. Vzorky pergy, ktoré sme mali k dispozícii, boli polyflorálne a pohánkové. Ďalšími vzorkami boli tradičné kváskové chleby vyrobené s prídavkom nových slovenských odrôd čiernych ovsov odrody Norik a Hucul s 3 %, 6 %, 9 % podielom. Vzorku fazule Mungo sme zakúpili v potravinách. Elektrické merania vzorky fazule Mungo sme uskutočnili pri rôznych relatívnych vlhkostiach. Vzorky medových cukríkov boli vyrobené firmou podľa zaužívej receptúry, išlo o recept s trstinovým cukrom. Firma požiadala SPU v Nitre o vyriešenie ich vysokej lepivosti. Následne boli tieto cukríky obalené v práškovom cukre, v kukuričnom, ryžovom a zemiakovom škrobe. Pre vzorky čokolády s prídavkom sušených listov mäty piepornej, s prídavkom kandizovaných mladých výhonkov smreka obyčajného, s prídavkom kandizovanej dužiny tekvice muškátovej, s prídavkom sušených listov kapucínky väčšej, s prídavkom kandizovaných plodov josty kríkovej a sušených lupeňov ruže šípovej sme tiež namerali elektrické vlastnosti. Jedna vzorka čokolády bola kontrolná. Z nameraných a vypočítaných hodnôt sme zostrojili grafické závislosti elektrických veličín od frekvencie a od teploty. Popísali sme vzťahy medzi elektrickými vlastnosťami a niektorými kvalitatívnymi charakteristikami meraných vzoriek.

V závere sú zhodnotené namerané výsledky elektrických vlastností vzoriek a je uvedený návrh ich využitia. Na základe teplotných závislostí konduktivity je možné rozlíšiť merané druhy medu, čím sa potvrdila hypotéza 4. Našimi meraniami sme potvrdili, že teplota ovplyvňuje mnohé procesy prebiehajúce v potravinách a veľa vlastností potravinárskych materiálov. Teplotná závislosť sa dá modelovať exponenciálnou funkciou pre konduktivitu vzoriek medu platí Arrheniova rovnica a tým sme dokázali hypotézu 1.

Pre všetky vzorky čokolády okrem vzorky s kapucínkou existuje vysoká tesnosť medzi mocninou regresnou rovnicou a nameranými hodnotami. Pre vzorku s kapucínkou platí veľmi dobrá tesnosť. Hodnoty kapacity je možné využiť na rozlíšenie prídavku v čokoláde vo frekvenčnom intervale (50 – 200) kHz, okrem vzoriek s prídavkom mäty a smreku. S výnimkou týchto dvoch vzoriek, kde je to trochu problematické, sa potvrdila platnosť hypotézy 2.

Vzorka kváskového chleba odrody Norik s podielom 3 % dosahuje najnižšie hodnoty odporu, vzorka odrody Norik s podielom 6 % dosahuje vyššie hodnoty ako kontrolná vzorka a pri nízkych frekvenciách majú závislosti prudko klesajúci charakter. Aj na základe uvedených priebehov možno konštatovať, že hodnoty odporu v intervale od 20 kHz do 200 kHz by mohli byť využité na odlišenie chlebov s rôznym obsahom múky z čiernych ovsov. Potvrdili sme hypotézu číslo 3.

Závislosti kapacity pre polyflorálnu a pohánkovú pergu od frekvencie majú výrazne odlišný charakter, čo sa dá využiť na rozlíšenie týchto dvoch typov, čím sa potvrdila hypotéza č. 4.

Na základe závislosti kapacity od frekvencie pre medové cukríky môžeme skonštatovať, že najvyššie hodnoty dosahujú cukríky, ktoré sú obalené práškovým cukrom a najnižšie hodnoty dosahujú cukríky obalené zemiakovým škrobom. Frekvenčné závislosti kapacity je možné využiť na zistenie druhu obalu na cukríkoch vo frekvenčnom intervale od 30 kHz do 200 kHz. Je zrejmé, že hodnoty kapacity pre cukríky obalené práškovým cukrom sú výrazne odlišné od ostatných. Opäť sa potvrdila hypotéza 2.

Hodnoty impedancie by bolo možné využiť na zisťovanie vlhkosti fazule Mungo. Vzhľadom na rovnomerné vzájomné posunutie kriviek pre jednotlivé vlhkosti takmer v celom meranom frekvenčnom intervale by sme mohli odporučiť na určovanie vlhkosti frekvencie v pásme (30 – 200) kHz. Potvrdili sme platnosť 5. hypotézy.

Závislosti stratového činiteľa od relatívnej vlhkosti majú charakter diagramu Cole-Cole, čo dokazuje, že v materiáloch (podobný priebeh sme dostali aj pre krajce chleba a čokolády) prebiehajú relaxačné procesy, čím bola potvrdená platnosť hypotézy 6.

Kľúčové slová: elektrické vlastnosti, potravinárske materiály, med, perga, chlieb, fazuľa, medové cukríky, čokoláda, korelácie, Model Double Cole

Obsah

Zoznam skratiek a značiek.....	9
Úvod.....	11
1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....	13
1.1 Fyzikálne vlastnosti.....	13
1.1.1 Hmotnostné vlastnosti.....	13
1.1.2 Geometrické vlastnosti.....	13
1.1.2.1 Zrornosť.....	14
1.1.2.2 Usporiadanie častíc.....	14
1.1.2.3 Povrchové vlastnosti.....	14
1.1.3 Tepelné vlastnosti	15
1.1.4 Mechanické vlastnosti.....	17
1.1.5 Optické vlastnosti.....	18
1.1.5.1 Svetlo.....	18
1.1.5.2 Optická otáčavosť.....	18
1.1.5.3 Index lomu.....	19
1.1.5.4 Farba.....	20
1.1.5.5 Meranie optických vlastností potravín	21
1.1.6 Elektrické vlastnosti.....	21
1.1.6.1 Vodivosť (konduktancia).....	22
1.1.6.2 Konduktivita.....	22
1.1.6.3 Odpor.....	23
1.1.6.5 Permittivita	24
1.1.6.6 Relatívna permitivita	24
1.1.6.7 Impedancia.....	25
1.1.6.8 Admittancia	27
1.1.6.9 Využitie elektrických vlastností potravín.....	27
1.1.7 Akustické vlastnosti	27
1.1.7.1 Mechanické vlnenie.....	28
1.1.7.2 Zvuk.....	28
1.1.7.3 Ultrazvuk	28
1.1.7.4 Vlastnosti zvuku	29

1.1.7.5 Akustické vlastnosti v potravinách.....	29
1.1.8 Voda.....	29
1.1.8.1 Fyzikálne vlastnosti vody	30
1.1.8.2 Chemické vlastnosti vody.....	31
1.1.8.3 Biologické vlastnosti vody	32
1.1.8.4 Meranie vlhkosti	32
1.1.8.5 Vlhkosť pevných látok	33
1.1.9 Vlastnosti fázového rozhrania.....	35
1.1.10 Textúrne a technologické vlastnosti.....	35
1.1.10.1 Popis textúrnych vlastností.....	36
2 Cieľ	37
3 Metodika práce a metódy skúmania	39
3.1 Med	39
3.1.1 Druhy medu.....	41
3.1.2 Zloženie medu.....	43
3.1.3 Vlastnosti medu.....	43
3.1.4 Chemické zloženie medu	45
3.1.5 Fyzikálno – chemické vlastnosti medu	47
3.1.6 Elektrická vodivosť medu	48
3.1.7 Hustota medu	49
3.2 Perga.....	50
3.2.1 Výrobný proces Pergy.....	52
3.2.2 Chemické zloženie Pergy.....	52
3.2.3 Perga z medicínskeho hľadiska.....	52
3.3 Chlebíky	53
3.3.1 Druhy chleba	54
3.3.2 Výrobný proces chlebu	55
3.3.2.1 Základné kroky pri výrobe chleba	57
3.4 Fazuľa.....	57
3.4.1 Chemické zložky fazule	58
3.4.1.1 Bielkoviny	58
3.4.1.2 Sacharidy	59
3.4.1.3 Lipidy	59

3.4.1.4 Minerálne látky	60
3.4.1.5 Vitamíny	60
3.4.2 Fazuľa Mungo	61
3.4.2.1 Fazuľa Mungo z medicínskeho hľadiska	62
3.5 Cukrovinky	62
3.5.1 Suroviny na výrobu cukrovínok	63
3.5.1.1 Cukry	63
3.5.1.2 Sladidlá	65
3.5.1.3 Bielkoviny	68
3.5.1.4 Želírujúce látky	69
3.5.2 Rozdelenie cukrovínok	69
3.5.2.1 Amorfné cukrovinky	69
3.5.2.2 Kryštálické cukrovinky	70
3.6 Čokoláda	71
3.6.1 Druhy čokolád	72
3.6.2 Suroviny na výrobu čokolády	74
3.6.2.1 Kakaové bôby	74
3.6.2.2 Kakaová hmota	75
3.6.2.3 Kakaové maslo	75
3.6.3 Vlastnosti čokoládových hmôt a čokoládových výrobkov	76
3.6.3.1 Chemické zloženie čokolády	76
3.6.3.2 Fyzikálne vlastnosti čokolády	79
3.6.3.3 Zdravotné účinky čokolády	81
3.7 Charakteristika použitých zariadení a pomôcok	82
3.7.1 Konduktometer Agilent 3200C	82
3.7.2 Merací prístroj LCR mostík GoodWill 821	83
3.7.3 Sériové rozhranie	84
3.7.3.1 Dátový tok RS 232	84
3.7.4 Snímače	85
3.7.5 Digitálna váha KERN PCB 1000-2	86
3.7.6 Digitálne posuvné meradlo	86
3.8 Postup merania elektrických vlastností vzoriek	87
3.8.1 Postup pri meraní vlastností medu	87

3.8.2 Postup merania pergy, fazule Mungo, chlebíkov, cukríkov a čokolády	88
3.9 Spracovanie nameraných hodnôt	90
3.10 Modelovanie elektrických vlastností potravín	91
4 Výsledky práce a diskusia	96
4.1 Závislosť konduktivity od teploty pre vzorky medu	96
4.1.1 Porovnanie konduktivity medových vzoriek	98
4.2 Závislosť kapacity, odporu a impedancie od frekvencie pre pergu	99
4.2.1 Sypná hmotnosť pergy	105
4.3 Závislosť odporu a impedancie od frekvencie pre fazuľu Mungo	105
4.4 Frekvenčná závislosť kapacity, odporu a impedancie pre vzorky chlebíka - kontrolná vzorka, s prídavkom ovsu odrody Hucul a Norik	109
4.5 Frekvenčná závislosť kapacity, odporu a impedancie pre vzorky cukríkov	114
4.6 Frekvenčná závislosť kapacity, relatívnej permitivity, odporu a impedancie pre vzorky čokolády s prídavkami	119
Záver	124
Návrh na využitie poznatkov pre ďalší rozvoj vedy a praxe	134
Zoznam použitej literatúry	135