

Bioaktivní jedlé obaly potravin rostlinného původu

Bc. Eva Horníková

Diplomová práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Eva Horníková**
Osobní číslo: **T200050**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Bioaktivní jedlé obaly potravin rostlinného původu**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Jedlé obaly.
2. Bioaktivní látky.
3. Možnosti aplikace jedlých obalů.

II. Praktická část

1. Příprava směsí z polysacharidů a proteinů s bioaktivním potenciálem.
2. Charakteristika připravených směsí.
3. Aplikace na potraviny rostlinného původu.
4. Zhodnocení výsledků a diskuze.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] CERQUEIRA, Miguel Ângelo Parente Ribeiro, Ricardo Nuno Correia PEREIRA, Óscar Leandro da Silva RAMOS, José António Couto TEIXEIRA a António Augusto VINCENTE, ed. Edible food packaging: materials and processing technologies. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2016], xxiii, 445 s. Contemporary food engineering. ISBN 9781482234169
- [2] MA, Jinju, Zhiqiang ZHOU, Kai LI, et al. Novel edible coating based on shellac and tannic acid for prolonging postharvest shelf life and improving overall quality of mango. *Food Chemistry* [online]. 2021, 354 [cit. 2021-5-31]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.129510
- [3] MORADI, Mehran, Seyedeh Alaleh KOUSHEH, Roghayieh RAZAVI, et al. Review of microbiological methods for testing protein and carbohydrate-based antimicrobial food packaging. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2021, 111, 595-609 [cit. 2021-5-31]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2021.03.007
- [4] SHARMA, Shubham, Sandra BARKAUSKAITE, Amit K. JAISWAL a Swarna JAISWAL. Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry* [online]. 2021, 343 [cit. 2021-5-31]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2020.128403

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Magda Janalíková, Ph.D.**
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Náhrada plastových obalů alternativním řešením je aktuálním tématem řešeným na mnoha výzkumných pracovištích po celém světě. Tato práce se zabývá jednou z alternativ použití směsi zeinu a chitosánu. V teoretické části byly blíže specifikovány jaké látky se pro přípravu jedlých obalů používají a možnosti jejich budoucího využití. V praktické části byly připraveny směsi zein-chitosanu s přísávkem antioxidantů (kyselina citrónová a askorbová), nanocelulózy a esenciálních olejů (skořice a tymián). Tyto roztoky byly charakterizovány pomocí měření viskozity a zeta potenciálu. Po aplikaci na jablka byla provedena široká škála testů jako ztráta váhy, textury, změny pH, změna hnědnutí a zároveň byla provedena mikrobiologická analýza. Jako doplňkové měření byla provedena senzorická analýza. Bylo zjištěno, že přítomnost esenciálních olejů a nanocelulózy má výrazný vliv na zlepšení trvanlivosti, snížení ztráty váhy a textury. Naopak přítomnost antioxidantů prokázala, že jejich přítomnost má výrazný vliv na zpomalení hnědnutí jablíček a stabilitu hodnoty pH. Jelikož samotné biopolymery jako zein a chitosan nevykazují dostatečnou biologickou a mechanickou ochranu, přísávek bioaktivních látek může nedostačující vlastnosti napravit. Práce ukázala, že přísávek esenciálních olejů a antioxidantů má příznivý vliv na zlepšení vlastností jedlých obalů.

Klíčová slova: jedlé obaly, zein, chitosan, skořice, tymián, nanocelulóza, trvanlivost

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the study of the extension of shelf life of coated apples with various solutions based on zein-chitosan. The theoretical part was specified in more details what substances are used for the preparation of edible packaging and the possibilities of their future use. In the practical part, biopolymer mixtures of zein-chitosan were prepared with the addition of antioxidants (citric and ascorbic acid), nanocellulose and essential oils (cinnamon and thyme). The solutions were applied to red apples (Gala variety, Šampion) and stored for 9. days at room temperature, where a wide range of tests such as weight loss, texture, pH changes, browning changes and at the same time microbiological analysis was performed. Among other things, the viscosity and zeta potential of the solutions alone were measured. Sensory analysis was performed as an additional measurement. The presence of essential oils and nanocellulose has been found to have a significant effect on improving durability, reducing weight loss and texture. On the contrary, the presence of antioxidants has shown that their presence has a significant effect on the slowing down of apple browning and the stability of the pH value. As biopolymers such as zein and chitosan alone do not show sufficient biological and mechanical protection, the addition of bioactive substances can remedy insufficient properties. The work has shown that the addition of essential oils and antioxidants has a positive effect on improving the properties of edible packaging.

Keywords: edible coating, zein, chitosan, cinnamon, thyme, nanocellulose, durability

Touto cestou by som rada poďakovala svojej vedúcej diplomovej práce, pani Mgr. Magde Janalíkovej, Ph.D. za ústretovosť, odborné rady, trpezlivosť a čas, ktorý mi po celý čas venovala. Taktiež veľké ďakujem patrí pani Ing. Lucke Pavlátkovej za pomoc v laboratóriu, praktické rady a priateľskú atmosféru pri realizácii praktickej časti tejto práce.

Ďalej by som chcela poďakovať pani laborantkám Ing. Veronike Kučabovej a pan Ing. Olge Vlčkovej, za ich pomoc s prácou v laboratóriu.

Na záver by som chcela poďakovať mojej rodine, blízkym kamarátom a priateľovi za podporu a trpezlivosť počas celého môjho štúdia.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

OBSAH	8
ÚVOD	11
I. TEORETICKÁ ČÁST	12
1 JEDLÉ OBALY	13
1.1 PRÍSADY NA VÝROBU OBALOV RASTLINNÉHO PÔVODU	14
1.1.1 PŠENIČNÝ LEPOK.....	14
1.1.2 ALGINÁT	14
1.1.3 CELULÓZA.....	15
1.1.4 PEKTÍN	16
1.1.5 ŠKROB.....	16
1.1.6 KARAGENÁN	17
1.1.7 ZEÍN	18
1.2 PRÍSADY NA VÝROBU OBALOV ŽIVOČÍŠNEHO PÔVODU	19
1.2.1 MLIEČNE BIELKOVINY	19
1.2.2 KOLAGÉN A ŽELATÍNA	20
1.2.3 PRODUKTY HMYZU (HODVÁBNY FIBROÍN, ŠELAK, VČELÍ VOSK)	22
1.2.4 CHITOSÁN	23
2 BIOAKTÍVNE LÁTKY	25
2.1 ANTIOXIDANTY	25
2.1.1 KYSELINA ASKORBOVÁ	26
2.1.2 A-TOKOFEROL (VITAMÍN E).....	26
2.1.3 ČAJOVÉ EXTRAKTY	27
2.1.4 OVOCNÉ SEMENÁ	28
2.2 ANTIMIKROBIÁLNE LÁTKY POUŽÍVANÉ V JEDLÝCH FILMOCH A OBALOCH	29
2.2.1 KONZERVAČNÉ LÁTKY	29
2.2.2 ORGANICKÉ KYSELINY	30
2.2.3 BAKTERIOCÍNY.....	31
2.2.4 ESENCIÁLNE OLEJE, BYLINKY A KORENIE	31
2.3 PROBIOTIKÁ	33
3 MOŽNOSTI APLIKÁCIE JEDLÝCH OBALOV	35
3.1 SPÔSOBY BALENIA	35
3.2 LEGISLATÍVA	36
3.3 APLIKÁCIA JEDLÝCH OBALOV	37

3.3.1	OVOCIE A ZELENINA.....	37
3.3.2	MLIEČNE VÝROBKY.....	37
3.3.3	MÄSOVÉ VÝROBKY	38
	II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	39
	4 CIEĽ PRÁCE	40
	5 MATERIÁLY A METÓDY	41
5.1	POMÔCKY A PRÍSTROJE	41
5.2	CHEMICKÉ LÁTKY	41
5.3	POUŽITÉ VZORKY	42
5.4	PRÍPRAVA ROZTOKOV A MÉDIÍ	42
5.4.1	PRÍPRAVA ZÁSOBNÉHO ROZTOKU CHITOSÁNU.....	42
5.4.2	PRÍPRAVA ZÁSOBNÉHO ROZTOKU ZEÍNU.....	42
5.4.3	PRÍPRAVA FYZIOLOGICKÉHO ROZTOKU	42
5.4.4	PRÍPRAVA ZÁSOBNÉHO ROZTOKU KYSELÍN (ANTIOXIDANTY)	43
5.4.5	PRÍPRAVA 5% ZÁSOBNÉHO ROZTOKU TWEEN 20.....	43
5.4.6	PRÍPRAVA PRACOVNÝCH ROZTOKOV POLYMÉROV S AKTÍVNÝMI LÁTKAMI	43
5.4.7	PRÍPRAVA ŽIVNÝCH MÉDIÍ (PCA, CHYGA, VRBA).....	44
5.5	METÓDY	45
5.5.1	ZETA POTENCIÁL	45
5.5.2	VISKOZITA	46
5.5.3	STANOVENIE PH.....	46
5.5.4	STRÁTA VÁHY	46
5.5.5	MERANIE TEXTÚRY	46
5.5.6	MERANIE HNEDNUTIA	46
5.5.7	MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA.....	47
5.5.8	SENZORICKÁ ANALÝZA	47
	_6 VÝSLEDKY A DISKUSIA	48
6.1	ZETA POTENCIÁL	48
6.2	VISKOZITA	50
6.3	STANOVENIE PH.....	50
6.4	STRATA VÁHY	52
6.5	MERANIE TEXTÚRY	54
6.5.1	PEVNOSŤ	54
6.5.2	MERANIE KONZISTENCIE	56
6.6	MERANIE HNEDNUTIA	58

6.7	MIKROBIOLÓGICKÁ ANALÝZA	61
6.8	SENZORICKÁ ANALÝZA	62
I	ZÁVĚR.....	63
II	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66
III	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	75
IV	ZOZNAM OBRÁZKOV.....	76
V	ZOZNAM TABULIEK.....	77
VI	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

O vývoj jedlých obaloch v posledných rokoch vzrástol veľký záujem. Je to predovšetkým z dôvodu ochrany nášho životného prostredia, keďže plasty a iné syntetické látky nemajú negatívny dopad len na životné prostredie, ale aj človeka samotného. Preto jedlé obaly vzbudili veľký záujem, najmä vďaka ich biodegradabilite a potenciálnou možnosťou náhrady syntetických materiálov.

Tak ako syntetické obaly, ktoré sa vyrábajú zo syntetických polymérov, tak na výrobu jedlých obalov sa používajú polyméry. Tie sa získavajú ale z jedlých zdrojov, ktoré sú pre človeka netoxické. Tieto biopolyméry delíme na polysacharidy, lipidy a proteíny. Tieto látky tvoria v obaloch maticu a používajú sa buď samostatne, alebo sa navzájom kombinujú. Okrem hlavnej matrice, sa do obalov používajú aj iné látky, ktoré zlepšujú vlastnosti samotného obalu. Medzi ne patria plastifikátory a bioaktívne látky.

Plastifikátory majú za úlohu zaistiť to, aby samotný obal nebol príliš krehký. Bioaktívne látky môžu mať pre použitie mnoho výhod, či už je zlepšenie fyzikálnych, chemických a biologických vlastností obalov, ako sú spomalenie dozrievania, znižovanie straty váhy, zmena farby, spomalenie mikrobiologickej kontaminácie, tak môžu mať aj z nutričného hľadiska značný význam pre človeka. Veľa bioaktívnych látok, napríklad ako esenciálne oleje, majú v svojej chemickej štruktúre zabudované prospešné látky ako vitamíny a antioxidanty, ktoré v ľudskej strave nesmú chýbať.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 JEDLÉ OBALY

Záujem o jedlé obaly v posledných rokoch výrazne vstúpil práve z dôvodu udržiteľnosti, biodegradability a chcenosti o zníženie znečistenia životného prostredia. Jedlé obaly sú vyrábané najmä z netoxických jedlých zložiek ako sú polysacharidy, bielkoviny a tuky. Látky sa môžu v obaloch používať samostatne, alebo môžu byť rôzne kombinované z dôvodu zvyšovania ich efektívnosti a ochrany pre potravinu, ktorá sa obaluje.

Na výrobu jedlých obalov sa používajú suroviny, ktoré sa izolujú z potravín a bežne konzumujeme, a teda pre človeka sú netoxické. Hlavnými zložkami týchto polymérov sú proteíny, škroby a gummy, ktoré sa väčšinou získavajú z celulózy. Okrem celulózy sa môžu využívať aj napríklad vosky a živice (Baldwin, *et al.*, 2012).

To, aký polymér sa na výrobu obalov bude používať, závisí aj od potraviny, ktorá sa do nej bude obalovať. Vlastnosti polymérov má každý polymér iné. Polyméry, ktoré tvoria maticu obalu, môžeme rozdeliť na polysacharidové, proteínové a lipidové.

Napríklad polysacharidové obaly sú hydrofilné, skvelo zabráňujú výmene plynov s vonkajším prostredím, ale naopak radi nasávajú vlhkosť. Naopak majú ale dobrú permeabilitu pre kyslík a oxid uhličitý a odolávajú migrácií lipidov (Hassan *et al.*, 2017).

Polysacharidy sa bežne využívajú pre výrobu jedlých obalov a filmov, keďže sú bezfarebné, bezolejové a majú nízky obsah kalórií. Polysacharidy majú všestranné využitie, zároveň sú finančne dostupné. Medzi sacharidové matrice patria deriváty celulózy, deriváty škrobu, chitosány, pektín, karagény, algináty a gummy (Hassan *et al.*, 2017).

Proteínové matrice sú ako polysacharidové taktiež hydrofilné. Filmy a obaly tvorené proteínmi sú jedlé, biodegradabilné a sú vynikajúcou bariérou pre kyslík, oxid uhličitý a lipidy, najmä pri nízkej relatívnej vlhkosti. Sú ale citlivé na vodu, preto majú obmedzené vlastnosti bariéry voči prieniku vodnej pary. Najviac využívaných proteínov pre tvorbu obalov a filmov sú kaseíny, kolagény, želatíny, glutény, srvátkové proteíny a zeín (Athanassiou, 2020).

Na zlepšenie bariéry filmov je možné modifikovať sekundárne, terciálne a kvartérne štruktúry tak, aby tvorili vhodné bariéry. Práve priepustnosť vodných pár a kyslíková priepustnosť sú väčšinou vlastnosťami, ktoré determinujú schopnosť ochrániť potravinu od vonkajšieho prostredia (Gennadios, *et al.*, 2002) (Zhang, *et al.*, 2014).

Tuky sú látky, ktoré sú nerozpustné vo vode a získavajú sa extrakciou pomocou nepolárnych organických rozpúšťadiel. Lipidy a vosky sú viac permeabilné pre plyny, ale tým, že sú hydrofóbne, lepšie chránia produkt voči vyparovaniu vody. Tuky sa delia na dve skupiny, tie ktoré sa dajú hydrolyzovať – vosky a tie, ktoré sa nedajú hydrolyzovať. Lipidové obaly a filmy sú zvyčajne voskové, acylglycerolové, prípadne nátery na báze živice (McMurry, 2011).

Filmy a obaly sa používajú prevažne na ovocie a zeleninu, kde zvyšujú lesk a zároveň atraktivitu suroviny. Nátery sa využívajú aj v masnom priemysle na mrazené polotovary či chladené mäso, kde chránia surovinu pred oxidáciou tuku.

Patria sem vosky ako karnaubské, kandelilové, ryžové, včelie a vosky na báze ropy, ako parafíny. Ďalej oleje ako sú kukuričné, sójové a palmové (Baldwin, *et al.*, 2012).

1.1 Prísady na výrobu obalov rastlinného pôvodu

1.1.1 Pšeničný lepok

Pšeničný lepok je globulárny proteín, ktorý sa získava zo pšeničnej múky. Je nerozpustný vo vode, no pri nízkom pH a nízkej iónovej sile môže byť rozpustný. Lepok má skvelé vlastnosti pri pečení, pretože má skvelú elasticitu a súdržnosť (Krochta, 2002).

Skladá sa z dvoch hlavných bielkovín - gliadán a glutenín. Práve filmy z glutenínu sú silné a tvoria skvelú bariéru proti strate pary. Gliadinové filmy vykazujú naopak lepšie optické vlastnosti

Gluténové filmy sú homogénne, transparentné, silné a tvoria skvelú bariéru proti strate vody. Ovocie obalené v tomto filme má predĺženú trvanlivosť, pevnejšiu konzistenciu a bráni surovinu pred stratou vody (Wittaya, 2012).

1.1.2 Alginát

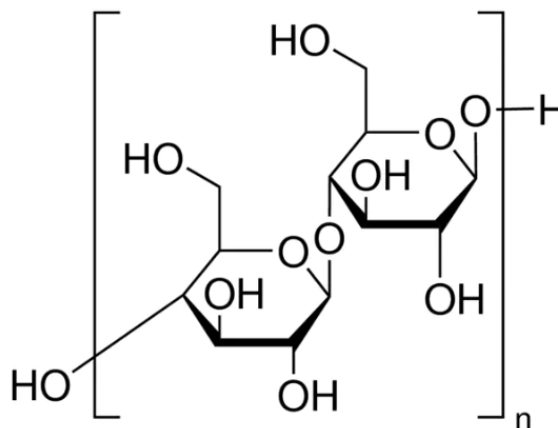
Alginát je polysacharid získavajúci sa z hnedej riasy (*Phaeophyceae*). Ide o efektívny biopolymér, ktorý má koloidné vlastnosti ako sú zahusťovanie, suspenzné formovanie, tvorba gélu a zároveň zlepšuje stabilitu. Ide o polymér 2 lineárnych polymérov kyseliny urónovej (Huber, Embuscado, 2009).

Alginátové jedlé obaly sú efektívne na rôzne druhy ovocia. Dokážu inhibovať tvorbu etylénu, znižovať stratu váhy, kyslosti a potláčajú zmeny textúry a farby. Zároveň predlžujú trvanlivosť (Valero *et al.*, 2013).

Alginát sodný v jednej štúdií bol použitý na čerešne. Životnosť čerešní je približne 8 dní. S alginátom sodným sa životnosť predĺžila na 16 dní. Alginátové obaly sa v štúdií využili aj na plátky jablka, ktoré boli skladované pri 5°C s 85% RH. Obaly boli efektívne proti strate vody, proti strate textúry a farbe (Olivas *et al.*, 2007).

1.1.3 Celulóza

Celulóza (Obr. 1) je súčasťou bunkových stien rastlín a taktiež je súčasťou podporných tkanív rastlín. Ide o významný stavebný homopolysacharid, ktorý je tvorený jednotkami D-glukóza spojené β -1,4 glykozidickými väzbami. Získava sa z rôznych rastlín vrátane drevín (Sharma *et al.*, 2018).

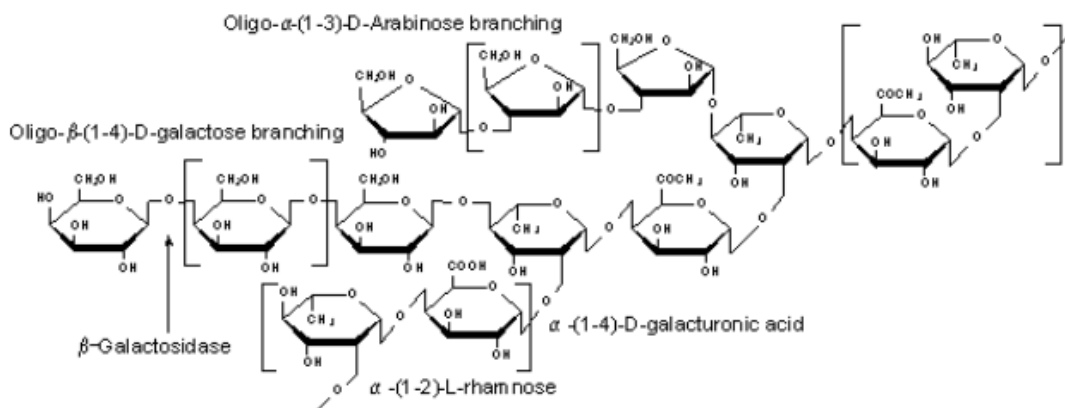


Obr. 1 Chemická štruktúra celulózy (Merck, 2022)

Deriváty celulózy sa získavajú chemickou úpravou čistej celulózy. Všeobecne deriváty celulózy v jedlých obaloch sú bez zápachu, bez chuti a sú bezfarebné. Celulóza je veľmi hygroskopická, preto nie je dobrou bariérou proti vodnej pare. Derivát karboxymethylcelulóza patrí medzi sľubné deriváty, ktoré sa skladajú z β -D-glukózy a β -D-gluko-pyranosyl-2-O-(karboxylmethyl)-monosódnej soli spojené cez β -1,4-glykozidickú väzbu. Karboxymethylcelulóza bola v jednej štúdií pridaná na plátky jablka spolu s kyselinou citrónovou, kedy došlo k predĺženiu trvanlivosti, spomaleniu mäknutiu a vďaka kyseline sa spomalilo aj hnednutie (Koushesh *et al.*, 2016).

1.1.4 Pektín

Pektín (Obr. 2) je vedľajším produktom pri výrobe štiav ovocia ako sú citrusy a jablká. Ide o heteropolysacharid, ktorý sa skladá z homopolymérnej jednotky kyseliny galaktúronovej, ktorá je prepojená s kyselinou α -L-rhamnopyranózou (Huber, Embuscado, 2009). Pektín má v potravinárstve široké využitie, najmä pre jeho želirujúce vlastnosti, ktoré sa využívajú pre výrobu marmelád a želatín (Valdés *et al.*, 2015).

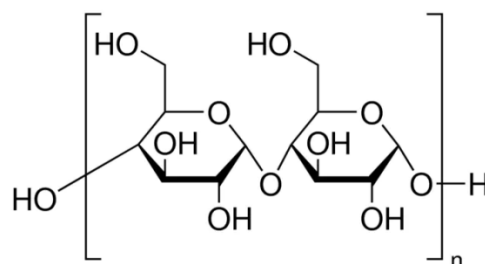


Obr. 2 Pektín a pektináza (Merck, 2022)

Využitie pektínu sa našlo aj v jedlých obaloch a filmoch, kde zlepšuje vlastnosti a predlžuje trvanlivosť. Je dobrou bariérou proti prenosu plynov a vlhkosti. Tým, že je skvelou bariérou proti migrácii tukov, používa sa preto pre potraviny, ktoré majú vysoký obsah tukov (Athanassiou, 2020).

1.1.5 Škrob

Škrob (Obr. 3) je polysacharid zložený z podjednotiek glukózy. Skladá sa z dvoch typov – amylopektín a amyulóza, ktoré sú v rastlinách zastúpené približne v pomere 80:20. Amyulóza je rozpustná vo vode, zatiaľ čo amylopektín vo vode rozpustný nie je (Khan *et al.*, 2014).



Obr. 3 Škrob (Merck, 2022)

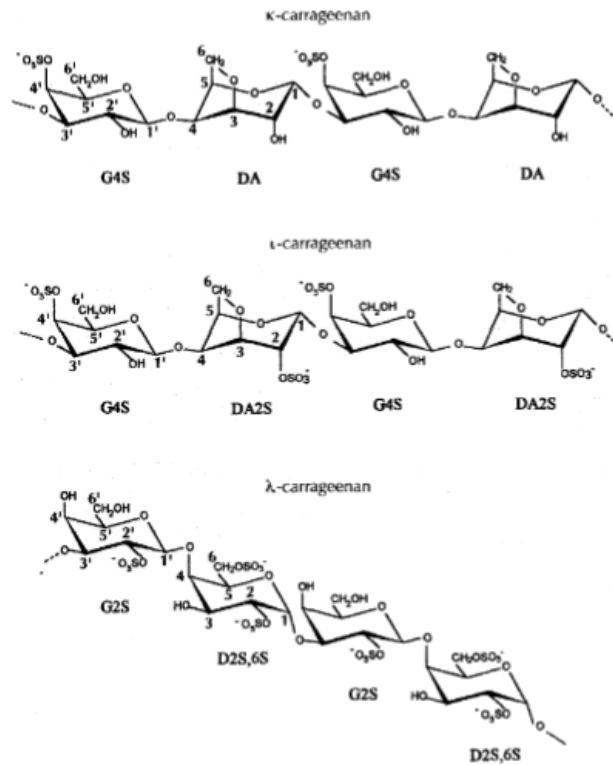
Pri tvorbe filmov a obalov je dôležité, z akej rastliny sa škrob získava, keďže vlastnosti obalu sa výrazne líšia. (Khan *et al.*, 2014) Napríklad kukuričný škrob má oproti iným škrobom vysoký obsah amylózy, čo napomáha k menšiemu prepúšťaniu kyslíka. Škrobové filmy sú málo odolné a sú odolné voči vode. Tieto vlastnosti sa dajú ale vylepšiť hydrofilným plastifikátorom. Škrobové obaly sa využívajú ako sáčky pre ovocie, zeleninu a pečivo. Zo škrobu sa okrem iného vyrábajú aj jedlé príbory či taniere, ktorých využitie v dnešnej dobe stúpa na popularite (Vodrážka, 1996).

1.1.6 Karagenán

Karagenány sú sulfátové polysacharidy, ktoré sa získavajú z červených rias, konkrétne z ich bunkových stien. Ide o komplex minimálne piatich rôzne vo vode rozpustných polymérov galaktózy. Počas mierneho sušenia tvoria gely v prítomnosti monovalentných alebo divalentných kationov soli, čo vedie k tvorbe trojrozmernej siete tvorenej polysacharidovými dvojzátvicami, ktorá sa po odparení rozpúšťadla stáva pevnou (Campo, *et al.*, 2009).

Sú rôzne druhy karagénov (Obr 4), od κ , ι a λ , no najviac sa využíva ι -karagenán, pretože vytvára číre a elastické gély (Huber, Embuscado, 2009).

Karagenány sa používajú v kombinácií s látkami ktoré spolu tvoria komplex, ktorý spomaľuje stratu váhy, konzistencie a zároveň aj znižuje rýchlosť dýchania a mikrobiálny rast. Karagenánové filmy sa používajú bežne ako filmy pre zmrazené či chladené potraviny, ako sú napríklad ryby. Vďaka filmu chránia senzorické vlastnosti a bránia proti oxidácií tukov (Athanassiou, 2020).



Obr 4 κ, ι a λ – karagenán (Ruiter, Rudolph, 1997)

1.1.7 Zeín

Zeín sa skladá zo skupiny proteínov, ktoré sú rozpustné v alkohole. Tie sa získavajú z endospermu kukurice, kde sú navzájom prepojené disulfidickými väzbami. Pri získavaní zeínu sú tieto väzby štiepené redukčnými činidlami počas extrakcie.

Zeín sa skladá z troch proteínových frakcií: α-zeín, β-zeín a γ-zeín. α-zeín tvorí približne 75-85 % celkového zeínu, β-zeín 10-15 % a γ-zeín 5-10%. Tieto frakcie majú vysoký obsah nepolárnych aminokyselín ako sú leucín, alanín a prolín, ktoré spôsobujú to, že je zeín nerozpustný vo vode.

Filmotvorné vlastnosti zeínu sú známe už po stáročia. Aj keď je proteín, má veľmi skvelú odolnosť voči vode. Zeínové filmy sú krehké, čo sa dá vylepšiť primiešaním napríklad gluténom alebo sójovým proteínom, ktoré jeho odolnosť môžu zlepšovať. Je zároveň málo odolný voči vlhkosti, čo sa dá zlepšiť pridaním ílu (Baldwin, *et al.*, 2012).

Vo viacerých štúdiách bol zeín aplikovaný na rôzne druhy ovocia a zeleniny, kde zeín oproti neobalenej suroviny predĺžil trvanlivosť suroviny, spomalil stratu váhy, zmenu farby a konzistencie (Athanassiou, 2020).

V štúdií (Baysal *et al.*, 2010) skúmali antibakteriálne a antioxidantné vlastnosti zeínu na marhuliach. Kvalita marhulí bola udržiavaná po dobu 10 mesiacoch pri 5-20 °C. V štúdií (Bai, *et al.*, 2003) bol zeín použitý na celé jablká za cieľom náhrady šelaku, ktorý sa

používa na potraviny pre vytvorenie lesklého efektu. Zeín lesklý efekt na jablkách dosiahol, okrem iného predĺžil aj trvanlivosť a spomalil bunkové dýchanie. V štúdií (Gol, *et al*, 2014) testovali 5% zeínu v kombinácii s 10% želatínou na mangu. Táto kombinácia mala priaznivý vplyv na oddialenie zmien v úbytku hmotnosti, pH, titračnej kyslosti a zmenu obsahu karotenoidov. Zároveň v porovnaní s kontrolou, došlo k retencii kyseliny askorbovej a prirodzenému obsahu fenolov. Celkovo zeín so želatínou spomalili dozrievanie manga a predĺžili trvanlivosť manga počas skladovania. V štúdií (Torun, Feramuz, 2022) testovali 20% zeínu na ošúpaných strúčikov cesnaku, ktoré boli monitorované pri 15 °C po dobu 45 dní. Ošetrovanie zeínom zachovalo farebné vlastnosti, spomalilo stratu váhy a spomalilo stratu cukrov o dvakrát menej v porovnaní s kontrolou. Celkovo zeínom potiahnuté strúčiky predĺžilo skladovanie oproti kontrole až o 15 dní. Zeín je skvelo kompatibilný s inými zložkami, preto jeho nedostačujúce vlastnosti môžu byť jednoducho posilnené inými funkčnými činidlami s antioxidačnými alebo aromatickými vlastnosťami (Shendurse, 2018).

1.2 Prísady na výrobu obalov živočíšneho pôvodu

1.2.1 Mliečne bielkoviny

Kazeíny sú hlavnými proteínmi v mlieku. Majú taktiež aj rôzne formy, medzi ktoré patria α_1 -, α_2 -, β -, γ - a κ -kazeíny. Patria medzi fosfoproteíny, ktoré obsahujú približne 0,85% fosforu (Krochta, 2002).

Alfa kazeíny tvoria flexibilné jedlé filmy s vysokým obsahom vody, dobrou priepustnosťou pre vodnú paru a malou priepustnosťou pre plyny. Obsahujú nabité zvyšky, menej prolínu a hydrofóbných zvyškov. Beta kazeíny sú naopak hydrofóbne, vytvárajú filmy s nízkou priepustnosťou vodnej pary a nízkou priepustnosťou pre plyny. Kappa kazeíny majú strednú hydrofóbnosť.

Kazeíny vyzrážajú z mlieka pri pH 4,6 a teplote 20°C. Vyzrážané kazeíny sa dokážu rozpustiť neutralizáciou po pridaní zásad, kedy vznikajú kazeináty sodné alebo vápenaté. Tieto druhy filmov majú dobrú mechanickú pevnosť, no majú nízku pružnosť a sú citlivé na vlhkosť (Shendurse, 2018).

Kazeíny vo filmoch boli aplikované na rôzne druhy zeleniny a ovocia, ako mrkva, cuketa, jablká a zeler. Ich prídavkom došlo k poklesu straty vlhkosti a hodnoty priepustnosti

kyslíka. Zároveň mali skvelý konzervačný a antioxidačný účinok na jablkách a zemiakoch, kde pomáhajú predchádzať hnednutiu (Krochta, 2002).

Ďalšou mliečnou bielkovinou využívanou v jedlých obaloch je srvátka. Srvátka obsahuje približne 20% bielkovín v mlieku, je zložená z α -laktalbumínu, β -laktoglobulínu, albumínu hovädzieho séra, imunoglobulínu a proteóza-peptónu (Shendurse, 2018).

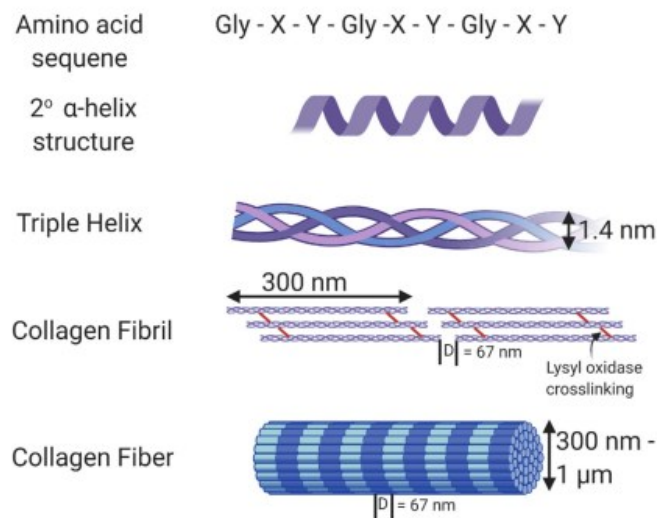
Srvátkové obaly sú transparentné, flexibilné, bezfarebné, bez pachu. Sú skvelou bariérou proti prechodu kyslíka a arómat z odzdušia. V štúdií Perez, *et al.*, 2005 obalili čerstvé jablká do jedlého obalu obohatené práve o srvátku, kde došlo k spomaleniu enzymatického nednutia. V štúdiu od Tzoumaki, *et al.*, 2005 aplikovali srvátku na špargľu a sledovali parametre ako strata hmotnosti, textúra, vzhľad a farba. Srvátka mala pozitívny účinok na zachovanie kvality.

Srvátka môže mať univerzálne využitie aj u jedlých obalov. Môže sa využívať ako náter pre syry, mrazených či chladených rýb. U rýb majú pozitívny účinok pred prienikom kyslíka, čím sa srvátka používa ako prevencia nežiadúcej oxidácie lipidov (Shendurse, 2018).

1.2.2 Kolagén a želatína

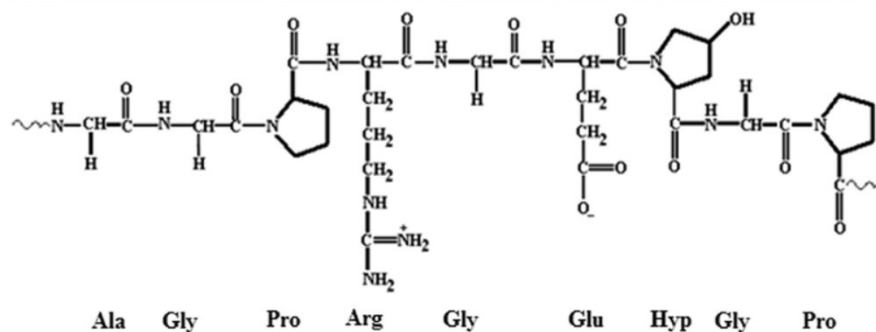
Kolagén (Obr. 5) je súčasťou kože, kostí, spojivových tkanív dobytky a prasiat, z čoho sa aj získava. Ide o fibrilárny proteín, ktorý sa skladá z 3 paralelných α reťazcov, ktoré vytvárajú spolu trojvláknovú špirálovú štruktúru (Huber, Embuscado, 2009).

Kolagénové filmy majú skvelé mechanické vlastnosti a taktiež sú skvelou bariérou proti úniku kyslíka. Kolagén sa využíva na obalenie klobásiek, ale aj iných masných výrobkov (Haug, *et al.*, 2004).



Obr. 5 Štruktúra kolagénu (Walimbe, Panitch, 2020)

Želatína (Obr. 6) obsahuje veľké množstvo aminokyselín ako prolín, hydroxyprolín, glycín. Získava sa z kolagénu a v potravinách má široké využitie, vrátane výroby filmov a obalov. Má dobrú mechanickú stabilitu, silu a flexibilitu. Sú číre, nepriepustné, ale sú senzitivne pre vodnú paru z prostredia (Wills, Golding, 2015).



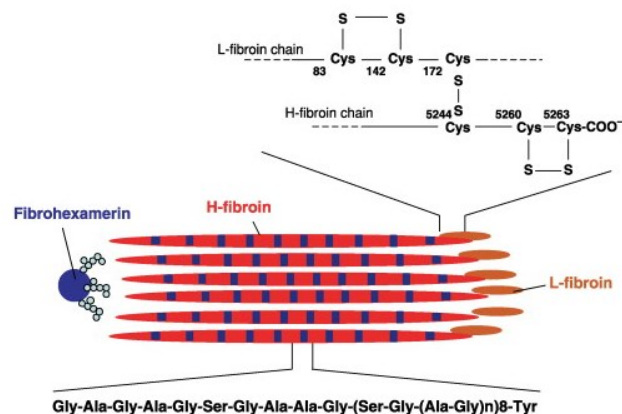
Obr. 6 Želatína (ResearchGate, 2022)

Želatínové obaly sa využívajú pre obalovanie masných výrobkov. Masné výrobky chránia pred stratou vody, redukujú zmeny farby a zároveň neovplyvňujú chuť výrobkov. Bravčová želatína vie chrániť tuk pred oxidáciou a taktiež stabilizuje farbu (Villegas, et al., 2014).

1.2.3 Produkty hmyzu (hodvábný fibroín, šelak, včelí vosk)

Hodvábný fibroín (Obr. 7) sa vyrába extrahovaním z hodvábných zámotkov produkovaných priadkou morušovou. Surový hodváb sa skladá z dvoch paralelných fibroinových filamentov, ktoré držia spolu s vrstvou sericínu, ktorý sa pri výrobe fibroínu odstraňuje. Hodvábný fibroín má vysokú molekulárnu hmotnosť a skladá sa z dvoch reťazcov – H (heavy) a L (light), ktoré sú spojené disulfidickou väzbou. H reťazec je bohatý na glycín a obsahuje hydrofóbne opakujúce jednotky, ktoré sú schopné tvoriť β -list kryštály, čo dáva proteínu vynikajúce mechanické vlastnosti a flexibilitu. L reťazec je hydrofilný, amorfny a elastický (Koh, *et al.*, 2015).

Fibroín má všestranné využitie, tým, že je polymorfný, dokáže sa kontrolovaným procesom meniť na rôzne formy, čím sa dá zvýšiť hodnota β -list kryštálov, čo vo výsledku znamená, že sa znižuje priepustnosť pre kyslík a vodnú paru (Kim, *et al.*, 2015). V Marelli *et al.*, 2016 aplikovali fibroín na jahody a banány, ktoré skladovali pri 22°C s 38% relatívnou vlhkosťou. V oboch prípadoch došlo k predĺženiu trvanlivosti, zníženiu straty hmotnosti, zníženiu priepustnosti kyslíka, úniku vodných pár a taktiež to spomalilo proces straty farby a straty konzistenie.



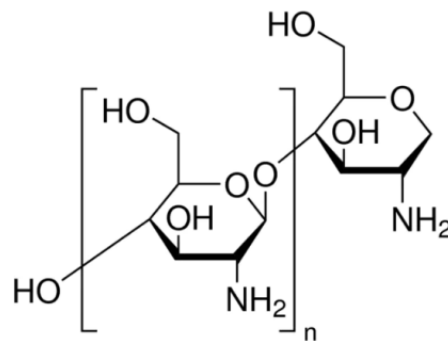
Obr. 7 Hodvábný fibroín (Science direct, 2022)

Šelak sa získava zo sekrétu hmyzu *Laccifer lacca*. Šelak má všestranné využitie, dobre sa rozpúšťa v alkoholoch a alkalických roztokoch. Je kompatibilný s väčšinou voskov, čím dosahuje vyšší lesk. Šelakom sa bežne poťahuje ovocie a cukrovinky obalené v čokoláde. Šelak na ovocí napomáha k atraktívnejšiemu vzhľadu pre konzumenta, ale zároveň predlžuje trvanlivosť a znižuje úbytok hmotnosti (Athanassiou, 2020) (Jinji, *et al.*, 2021).

Včelí vosk je mix uhľovodíkov, alkoholov, tukov a esterov. Včelí vosk má skvelé viskoelastické vlastnosti. Teplota topenia je 60°C. Včelí vosk sa mieša s inými polysacharidmi a proteínmi, do ktorého sa mieša ovocie a zelenina, čo slúži ako prostriedok konzervácie (Athanassiou, 2020).

1.2.4 Chitosán

Chitosán (Obr. 8) sa vyrába z chitínu, ktorý je druhým najviac zastúpeným polysacharidom v prírode, hneď po celulóze. Ide o deacetylovaný derivát chitínu. Chitosán je netoxický, biologicky kompatibilný a obsahuje reaktívne skupiny, ktoré inhibujú radu baktérií a húb. Aj napriek tomu, že chitín samotný nie je rozpustný vo väčšine organických rozpúšťadiel, chitosán je naopak rozpustný v zredených roztokoch kyselín (Harish *et al.*, 2007).



Obr. 8 Chitosán (Merck, 2022)

Zdrojom chitínu, z ktorých sa neskôr získava chitosán, sú morské živočíchy ako krevety, humry, krabi a korýše. Okrem morských živočíchov môžu byť zdrojom chitosánu aj plesne, konkrétne *Mucoromycota*, ktorý má špeciálnu štruktúru bunkovej steny a dokáže syntetizovať chitosán deacetyláciou chitínu. Táto plesň je jedna z mála, ktorá dokáže syntetizovať chitosán v rozmedzí 1-10% suchej váhy na bunku. Medzi snubných producentov chitínu patria plesne aj ako *Mucorales*, *Mucor*, *Absidia*, *Rhizopus*, *Cunninghamella*, *Phycomyces*. Chitosán z plesní má oproti tomu získavaného z morských živočíchov homogénnu dĺžku polyméru, vysoký stupeň deacetylácie a je rozpustný. Zároveň aj výroba nie je závislá od ročného obdobia a je šetrnejšia k životnému prostrediu, keďže sa vyrába menej odpadu a používa menej chemikálií (Dzurendova, *et al.*, 2022).

Tab. 1 Možnosti aplikácie chitosánu

Potravina	Benefity	
Paprika, uhorka	Spomalenie bunkového dýchania, straty farby, vädnutie a zníženie plesňových infekcií	(Ghaouth, <i>et al.</i> , 1991)
Jahody	Spomalenie hnitia	(Jiang, Li, 2001)
Paradajky	Spomalenie zrenie a predĺženie životnosti	(Ghaouth, <i>et al.</i> , 1992)
Mrkva	Lepšie zachovanie farby, zlepšenie senzorickej a mikrobiálnej kvality	Pushkala, <i>et al.</i> , 2012
Cheddar	Zlepšenie antibakteriálnych vlastností (<i>Listeria monocytogenes</i>)	(Cui, <i>et al.</i> , 2016)

Chitosánové obaly jednoznačne ukázali, že chránia potravinu pred stratou vlhkosti, spomaľujú zmeny farieb, zvyšujú antioxidačnú aktivitu a taktiež majú aj antimikrobiálne vlastnosti (Tab. 1). Môžu sa využívať na viaceré potravinárske komodity, okrem ovocia a zeleniny sa využívajú aj na obalenie vysokotočných masných výrobkov, syrov a orechov. Tým, že zvyšujú antioxidačnú aktivitu, majú skvelú bariéru proti prechodu kyslíka a vlhkosti a tým dokážu ochrániť tuky pred nežiadúcou oxidáciou (Baldwin, *et al.*, 2012).

2 BIOAKTÍVNE LÁTKY

Okrem zmienených polymérov, ktoré tvoria matricu obalu, sa môžu používať aj iné prísady, ktoré buď vylepšujú alebo modifikujú funkciu matrice (plastifikátory, emulzifikátory) alebo bioaktívne látky, ktoré vylepšujú kvalitu, stabilitu a bezpečnosť balených potravín.

Bioaktívne látky sú extra nutričné zložky, ktoré sa v malých množstvách nachádzajú prirodzene v potravinách. Bežne sa nájdu v niekoľkých druhov rastlín, zvierat, morských živočíchov a mikroorganizmoch, z ktorých sa môžu získavať extrakciou či inými biotechnologickými metódami. Extrahované zlúčeniny môžu byť začlenené na výrobu nových funkčných potravín, čím sa predĺži ich trvanlivosť a nutričná kvalita. Medzi najpoužívanejšie bioaktívne zlúčeniny patria antioxidanty, antimikrobiálne látky a probiotiká (Quirós-Sauceda, *et al*, 2014).

Začlenenie bioaktívnych látok má pozitívne účinky na predĺženie trvanlivosti a nutričných vlastností potravín, no môžu mať aj svoje nevýhody, ako napríklad nechutenstvo, no môžu aj negatívne interagovať s inými zložkami v potravinovej matrici, čo môže viesť k strate kvality potravinových produktov (Thi-Nga, 2021).

2.1 Antioxidanty

Antioxidanty sú molekuly, ktoré pomáhajú proti škodlivým účinkom voľných radikálov, ktoré majú pre ľudské zdravie a spracovanie potravín mnoho benefitov. Medzi zdroje antioxidantov patria bežne dostupné suroviny ako ovocie, zelenina, olejnaté semená, obilniny či bylinky. Konkrétne zdroje antioxidantov sú látky ako kyselina askorbová, kyselina citrónová, karotenoidy, flavonoidy a fenolické látky. Okrem týchto prírodných zdrojov sa môžu v potravinách používať aj syntetické antioxidanty, konkrétne butylovaný hydroxyanizol, butylovaný hydroxytoluén, propylgalát, oktylgalát, dodecylgalát, etoxychín, askorbylpalmitát a terciárny butylhydrochinón (Brewer, 2011).

Antioxidanty majú pre potravinárske účely rôzne pozitívne benefity, čo sa týka k ochrany potravín proti účinkom voľných radikálov, ako aj k predĺženiu ich trvanlivosti. Na druhej strane ich funkčnosť je značne obmedzená. Väčšina z nich sú náchylné na vysokú teplotu a svetlo, vysokú prchavosť, obmedzenú rozpustnosť či nepríjemnú chuť (Thi-Nga, 2021).

Hlavnými antioxidantami sú fenoly, ktoré môžu byť rozdelené do 4 hlavných skupín, a to sú fenolové kyseliny, kde patria kyseliny ako gáľová, kofeínová a rozmarínová. Potom

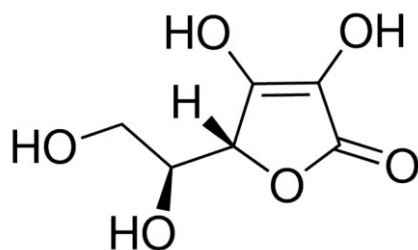
fenolové diterpény, kde patrí karnosol a karnosolová kyselina. Flavonoidy, kde patria kvercetín a katechín a poslednou skupinou sú prchavé oleje, medzi ktoré patria eugenol, thymol a mentol (Brewer, 2011).

Častými zdrojmi prírodných antioxidantov, ktoré sa využívajú pre výrobu jedlých obalov a filmov sú väčšinou bylinky, ktoré bežne v kuchyni používame na dochucovanie. Tie sa môžu používať buď vo forme extraktov alebo esenciálnych olejov.

2.1.1 Kyselina askorbová

Kyselina askorbová (Obr. 9), inak aj vitamín C, patrí medzi organické zlúčeniny, konkrétne deriváty glukózy, ktorá je rozpustná vo vode. Kyselina askorbová je skvelým antioxidantom a stabilizátorom, ponúka 4 –OH skupiny, ktoré môžu darovať vodík do oxidačného systému. Okrem iného, vitamín C napomáha stabilizovať vitamíny E a A (Varvara, *et al*, 2016).

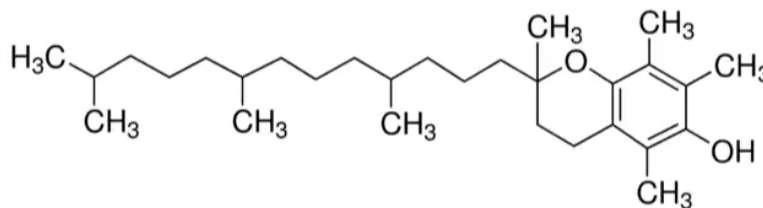
V jedlých obaloch a filmoch sa kyselina askorbová využíva najmä pre jej antibrowning vlastnosti, teda potlačuje hnednutie napríklad nakrájaného ovocia, predlžuje trvanlivosť a napomáha udržiavať farbu (Quirós-Sauceda, *et al*, 2014).



Obr. 9 Vitamín C (Merck, 2022)

2.1.2 α -Tokoferol (Vitamín E)

α -Tokoferol (Obr. 10) patrí medzi vitamíny rozpustné v tukoch a nachádza sa prevažne v listoch rastlín, konkrétne v chloroplastových obaloch a tylakoidných membránach v blízkosti fosfolipidov. Okrem oxidácie tukov, α -Tokoferol chráni pred oxidáciou aj bielkoviny, napríklad ako α -aminoadipového semialdehydu a γ -glutámového semialdehydu z oxidovaných myofibrilárnych proteínov (Lund, *et al*, 2011).

Obr. 10 α -Tokoferol (Merck, 2022)

2.1.3 Čajové extrakty

Čaj je jeden z najpopulárnejších nápojov pre jeho príjemnú chuť a zdravotné benefity. Čaj má skvelé antioxidačné vlastnosti najmä vďaka obsiahnutým katechínom, theaflavínom, thearubigínom a flavonolom (Tab. 2). Čajové listy vykazujú vysokú schopnosť zachytávať voľné radikály (Thi-Nga, 2021).

Tab. 2 Možnosti aplikácie extraktov z čaju ((Brewer, 2011), (Thi-Nga, 2021))

Typ čaju	Biopolymérna matrica	Vlastnosti
Zelený čaj	Chitosán	Zlepšenie mechanickej bariéry a bariéry proti odparovaniu vodnej pary, zvýšenie fenolického obsahu a antioxidačnej aktivity
	Škrob zemiakový	Zvýšená ochrana proti oxidácií lipidov, zvýšená stabilita farby (u čerstvého hovädzieho mäsa), zvýšená rýchlosť priepustnosti vodnej pary, zvýšená pružnosť
	Alginát	Zvýšenie antioxidačnej aktivity, zvýšenie vodnej bariéry
Zelený a čierny čaj	Chitosán	Zvýšenie bariéry proti odpareniu vodnej pary, zvýšenie antioxidačných vlastností
Zelený, čierny a oolong čaj	Obilný proteín	Zvýšená protekcia voči oxidácií lipidov na čerstvo skladovanom bravčovom mäse (10 dní, 4°C)

Existujú 3 druhy čajov: čierny, zelený a oolong, ktoré vznikajú rôznymi technologickými procesmi. Zelený čaj má najvyšší obsah fenolov, z čoho 94% sú flavonoidy. Oolong čaj obsahuje približne 18% fenolov a 4,4% flavonoidov. Čierny čaj predovšetkým je v popredí za ostatnými čajmi v obsahu theaflavínov a thearubiginov. Okrem spomínaných obsahuje aj kyseliny chlorogénne, kávové, kyselinu p-kumarovú a chinovú (Brewer, 2011).

Čajové extrakty predstavujú atraktívny zdroj antioxidantov, ktoré je možné použiť v oblasti jedlých obalov. Rôzne extrakty, či ich kombinácia, boli zavedené do rôznych biopolymérnych matric ako sú chitosán, škrob, alginát a želatína (Brewer, 2011).

2.1.4 Ovocné semená

Zaujímavým zdrojom antioxidantov sú ovocné semená, vedľajšie produkty potravinárskeho priemyslu. Semená z hrozna, grapefruitu, manga a kôry granátového jablka sú bohaté na biologicky aktívne látky, najmä antioxidanty (Tab. 3). Semená z ovocia obsahujú veľké množstvo fenolových zlúčenín ako sú katechíny, epikatechíny, galáty, kvercetín a kyselina galová. Okrem toho obsahujú aj významné množstvo prokyanidínu, luteínu, zeaxantínu, kryptoxantínu, β -karoténu a α -tokoferolu (Thi-Nga, 2021).

Tab. 3 Možnosti aplikácie ovocných semien (Thi-Nga, 2021)

Typ semená	Biopolymérna matrica	Vlastnosti
Hrozno	Agar	Zlepšenie farby, UV bariéry, obsahu vlhkosti, rozpustnosti vo vode a priepustnosti vodných pár, povrchové napätie a flexibilitu
	Chitosán	Zlepšuje priepustnosť vodnej pary, zlepšuje zmäčavosť povrchu, zvyšuje celkový obsah fenolu a antioxidačnej aktivity, znižuje pevnosť v ťahu
Grepfruit a zelený čaj	želatína	Zvýšenie antioxidačnej aktivity
Kôra z granátového jablka	Chitosán	Zvýšenie UV bariéry, zvýšenie ochrany proti vlhkosti, znížená vodná priepustnosť,

2.2 Antimikrobiálne látky používané v jedlých filmoch a obaloch

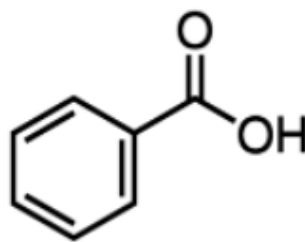
V prírode existuje veľké množstvo rôznych antimikrobiálnych zlúčenín, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu v obrane proti všetkým druhom živých mikroorganizmov.

Na mikroorganizmus antimikrobiálne látky pôsobia dvomi spôsobmi, mikrobiostaticky, teda ich rast a rozmnožovanie pozastavujú, alebo mikrobiocídne, priamo ich usmrcujú. Okrem iného závisí aj, na aký organizmus pôsobia. Podľa toho sa delia na bakteriocídne či bakteriostatické, a u kvasiniek či plesní sú to fungistatické alebo fungicídne.

Medzi látky, ktoré sa využívajú do jedlých obalov a filmov a sú zároveň aj konzervačné látky, radíme najmä benzoáty, propionáty, sorbany, parabény, organické kyseliny, baktériocíny ale aj prírodné konzervačné látky ako éterické oleje a lyzozým (Quirós-Sauceda, *et al*, 2014).

2.2.1 Konzervačné látky

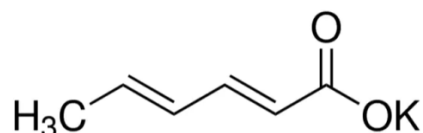
Kyselina benzoová (Obr. 11) a benzoáty sú veľmi často využívanými konzervačnými látkami v potravinách, tým sú aj bezpečné pre využitie. Inhibujú rast patogénov, plesní a kvasiniek.



Obr. 11 Kyselina benzoová (Merck, 2022)

Benzoát sodný je najviac využívaný v jedlých obaloch pretože je rozpustný vo viacerých filmoch a obalov a zostáva aktívny aj po rozpustení. Jeho antimikrobiálna aktivita je závislá na hodnote pH, najviac aktívny je v nedisociovej forme, čo sa deje v pH okolo 4. Dobrými matricami sú metylcelulóza, chitosán či kolagénové filmy, ktoré majú relatívne nízke pH. Obaly s touto konzervačnou látkou sú vhodné pre potraviny, ktoré sú mierne kyslé ako syry a fermentované masné výrobky (Cagri, *et al*, 2003).

Sorban draselný (Obr. 12) je konzervačná látka, ktorá je rozpustná vo vode. Sorbitan draselný má vysokú antimikrobiálnu aktivitu pri nízkom pH na širokú škálu mikroorganizmov a hoc je aktívny pri nízkom pH, v jedlých obaloch je najaktívnejší pri pH 6. Najviac sa pridáva do obalov polysacharidových alebo proteínových, ako metylcelulóza, srvátka a chitosán (Cagri, *et al*, 2003) (Mehyar, *et al*, 2011).

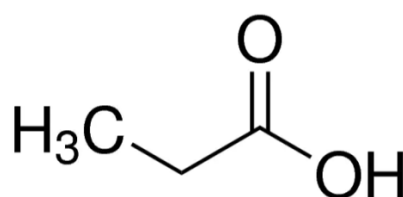


Obr. 12 Sorban draselný (Merck, 2022)

2.2.2 Organické kyseliny

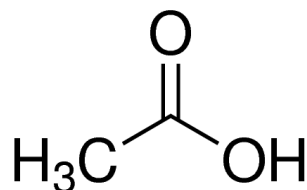
Kyselina propionová (Obr. 13) je monokarboxylová kyselina, ktorá sa biologickou cestou vytvára ako produkt anaerobého metabolizmu baktérie rodu *Propionibacterium* (PubChem, 2022). Švajčiarsky syr obsahuje práve 1% kyseliny propionovej, ktoré dodáva syru charakteristickú chuť a vôňu. Funguje ako aj prevencia voči nežiadúcim plesniam. Produkuje ju *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*.

Antimikrobiálna aktivita závisí na hodnote pH, kde v nedisociovej forme má 45x vyššiu účinnosť, ako vo forme disociovej. Najefektívnejší je v kyslých pH, teda vo filmoch bohaté na chitosán a kolagén. Spolu inhibujú širokú škálu plesní a kvasiniek, no aj niektoré druhy baktérií (Cagri, *et al*, 2003).



Obr. 13 Kyselina propionová (Merck, 2022)

Kyselina octová (Obr. 14) je produkovaná baktériami rodu *Acetobacter*, a kyselina a jej soli sú aktívne voči širokej škále patogénnych mikroorganizmov. Kyselina octová sa môže využívať do obalov a filmov bohaté na chitosán, alginát a kolagén. Aktivita kyseliny octovej môže byť navýšená pridaním iných organických kyselín ako kyseliny benzoová, sorbitová (Cagri, *et al*, 2003).



Obr. 14 Kyselina octová (Merck, 2022)

DL-Kyselina mliečnaja je racemický izomér, ktorý je produktom fermentácie pyruátu viacerých baktérií mliečneho kvasenia, prirodzene teda vzniká v širokej škále fermentovaných výrobkov. Ide o bezfarebnú až žltú sirupovitú kvapalinu bez zápachu. Okrem toho, že je produktom fermentácie a teda sa nachádza v rade fermentovaných produktov, do potravín sa pridáva aj zvlášť, napríklad ako konzervant. Konkrétne sa využíva ako antimikrobiálna látka v mäsiarskom priemysle, kde sa používa na povrchové ošetrenie pokožky mäsa. Ako aj ostatné organické kyseliny, tak aj táto sa využíva vo filmoch chitosánových a kolagénových (PubChem, 2022) (Cagri, *et al*, 2003).

2.2.3 Bakteriocíny

Nizín je proteín z 34 aminokyselín, ktorý je produktom fermentácie určitých kultúr kmeňa *Lactococcus lactis*. Má inhibičné vlastnosti voči širokému spektru grampozitívnych baktérií, vrátane *Listeria monocytogenes*. V kombinácii s chelatačným činidlom je aktívny aj proti niektorým gramnegatívnym baktériám. Nizín je jeden z najviac využívaných bakteriocínov pre výrobu jedlých obalov, používa sa najmä do proteínových obalov ako sú srvátka, pšeničné proteíny či sójové proteíny (Cagri, *et al*, 2003) (O’Keeffe, Hill, 1999).

Pediocín je bielkovinový bakteriocín produkovaný *Pediococcus acidilactici*. Má úzke spektrum zabíjania a sú toxické len pre niektoré baktérie, ktoré súvisia s produkčným kmeňom (Cagri, *et al*, 2003) (O’Keeffe, Hill, 1999).

2.2.4 Esenciálne oleje, bylinky a korenie

Esenciálne oleje sú nositeľom vône, aróma a chuti bylín a korenia. Získavajú sa z rôznych častí rastlín pomocou extrakcie alebo destilácie organickými rozpúšťadlami, alebo superkritickou extrakciou za použitia oxidu uhličitého. Väčšina esenciálnych olejov má okrem antimikrobiálnych účinkov aj antioxidačné. (Tab. 4)

Filmy a obaly obsahujúce esenciálne oleje, ktoré sú rozpustné v etanole. Majú značnú aktivitu voči baktériám, plesniam a kvasinkám. Antimikrobiálna účinnosť esenciálnych olejov je už známa po stáročia, no využitie v potravinách je limitované práve ich silnou arómou (Brewer, 2011) (Sharma, *et. al*, 2021).

Tab. 4 Významné antimikrobiálne zložky esenciálných olejov (Brewer, 2011)

Olej	Hlavná zložka	Antimikrobiálne vlastnosti
Škorica	Trans-cinnamaldehyd	Patogénne baktérie, <i>Fusarium</i> , <i>Aspergillus</i>
Klinček	Eugenol	Patogénne baktérie, <i>Aspergillus</i>
Koriander	Linalool	Patogénne baktérie, <i>Saccharomyces</i>
Eukalyptus	Eucalyptol	Patogénne baktérie, <i>Saccharomyces</i> , <i>Candida</i>
Citrón	Limonén, ocimén	Patogénne baktérie, <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>
Oregáno	Tymol, karvakol	Patogénne baktérie, <i>Fusarium</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Candida</i> (Sakkas, Papadopoulou, 2017)
Tymián	Tymol	Patogénne baktérie, <i>Aspergillus</i> , <i>Saccharomyces</i> (Sakkas, Papadopoulou, 2017)

Kôra škorice obsahuje veľké množstvo antioxidantov, ako sú fenolové kyseliny: kyselina vanilová, kávová, gálová, kyselina benzoová, benzaldehyd, kyselina arová.

Škorica (*Cinnamomum zeylanicum*) má antimikrobiálne účinky proti takmer všetkým potravinami prenášanými mikróbami (Tab. 5). Škorica obsahuje eugenol, cinnamaldehyd, kyselinu benzoovú, benzaldehyd, cinnamyl acetát a kyselinu škoricovú. Kombinácia týchto látok má pozitívne inhibičné účinky. Najväčšie inhibičné účinky má cinnamaldehyd, aromatický aldehyd, ktorý inhibuje aminokyselinovú dekarboxylázovú aktivitu, čo pomáha inhibovať viaceré patogénne mikroorganizmy. Škoricová kôra obsahuje približne 50,5% cinnamaldehydu, ktorý je vysoko elektronegatívny. Takéto elektronegatívne zlúčeniny zasahujú do biologických procesov zahŕňujúcich prenos elektrónov a reagujú so zložkami aminokyselín či nukleových kyselín, čím inhibujú rast mikroorganizmov. Škoricové silice majú zároveň fungicídne a fungistatické účinky proti širokej rade húb a kvasiniek (Gupta, *et al*, 2008) (Brewer, 2011).

Tab. 5 Zóna inhibície (mm) škoricového oleja a extraktu proti baktériam a hubám na Mueller-Hinton agare (Gupta, *et al*, 2008)

Mikroorganizmus	Škoricový extrakt	Škoricový olej	Pozitívna kontrola
<i>Bacillus</i> sp.	14	14	14
<i>Staphylococcus aureus</i>	16	20	17
<i>Listeria monocytogenes</i>	10	18	12
<i>Micrococcus luteus</i>	15	18	14
<i>Escherichia coli</i>	11	16	12
<i>Klebsiella</i> sp.	11	14	12
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	16	11
<i>Aspergillus</i> sp.	10	24	16
<i>Penicillium</i> sp.	35	35	32
<i>Rhizopus</i> sp.	0	26	18
<i>Rhizomucor</i> sp.	10	40	20

*Negatívna kontrola je vždy 0 mm. Negatívna kontrola – dimethylsulfooxid. Pozitívna kontrola – propionát sodný

Tymián (*Thymus vulgaris*) je jeden z najviac komerčne vyrábaných esenciálnych olejov, keďže je využívaný ako prírodný konzervant v potravinárstve pre svoje antioxidantné, antibakteriálne a antifungicídne účinky. Taktiež sa využíva pre svoje aróma, pre výrobu viacerých nápojov a pokrmov, ale svoje využitie má napríklad aj pre výrobu pleťovej kozmetiky (Sakkas, Papadopoulou, 2017).

Tymiánový olej má antibakteriálny účinok, ktorý je spojený s prítomnosťou flavonoidov ako sú karvakol, tymol, eugenol, alifatických fenolov, ako aj saponínov, luteolínu a tetrametoxylovaných flavónov. Tieto antimikrobiálne látky sú účinné proti rade patogénov, ako sú napríklad *L. monocytogenes*, *E. coli*, *B. cereus*, *Campylobacter*, *Salmonella* a *S. aureus*. Okrem iného má olej z tymiánu antifungicídne účinky proti rade plesní, ako sú napríklad *Candida albicans*, *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Saccharomyces cerevisiae* (Sakkas, Papadopoulou, 2017).

2.3 Probiotiká

Probiotiká sú zložky mikrobiálnych buniek, ktoré majú pozitívny vplyv na zdravie. Prirodzene sa nachádzajú v črevách človeka, kde majú radu dôležitých funkcií ako sú udržiavanie črevnej mikroflóry, zabránenie premnoženiu patogénov a taktiež pomáhajú pri

trávení potravy. Najviac bežne používaných probiotík sú bifidobaktérie, baktérie mliečneho kvasenia a niektoré kvasinky (Quirós-Sauceda, *et al.*, 2014).

López de Lacey, *et al.*, 2012 zakomponovali probiotické baktérie *Lactobacillus acidophylus* a *Bifidobacterium bifidum* do želatínových obalov, ktoré boli aplikované na ryby. Probiotiká potlačili rast mikroorganizmov produkujúcich sírovodík o 2 log cykly, zároveň znížili hodnotu pH. Aplikácia probiotík do želatínových obalov je preto sľubná technika pre budúce konzervovanie rýb.

Probiotiká môžu v obaloch mať antimikrobiálne vlastnosti ako aj zlepšenie nutričného skóre potraviny pre ich priaznivý účinok na ľudské zdravie (Quirós-Sauceda, *et al.*, 2014).

3 MOŽNOSTI APLIKÁCIE JEDLÝCH OBALOV

Produkcia jedlých obalov a filmov je v dnešnej dobe na úrovni štúdií, ich komerčné využitie je zatiaľ limitované. Napriek rôznych výhodám, ktoré sú z pohľadu životného prostredia a zvýšenia nutričného skóre, ich produkcia má aj mnoho prekážok, na ktorých treba popracovať (Falguera, *et al*, 2011).

Jedlé obaly môžu mať dve funkcie. Jeden z nich je, že chránia potravinu pred znečistením a teda pred konzumáciou sa obal odstráni. Druhá funkcia je, že je obal súčasťou potraviny a konzumuje sa spolu s potravinou. Medzi takéto jedlé obaly, ktoré bežne konzumujeme, sú napríklad párky, ktoré sú potiahnuté v črievku (Patel, 2019) (Yousuf, *et al*, 2018) (Falguera, *et al*, 2011).

Niektoré z hlavných prínosov jedlých obalov a filmov sú:

- kontrola riadenia prenosu plynov a vody
- zníženie mikrobiálneho rastu a potlačenie fyziologických porúch
- redukcia oxidačných reakcií
- zachovanie pevnosti
- zlepšenie vizuálneho vzhľadu povrchu produktu
- začlenenie funkčných zložiek (antioxidanty, nutrične výživné látky, antimikrobiálne látky)

3.1 Spôsoby balenia

Spôsoby balenia môžu byť dvojaké, film, ktorý obalí samotnú surovinu alebo obal môže byť podaný priamo na povrch suroviny. Filmy sa môžu vytvárať stuhnutím roztavených látok, ako sú lipidy, parafíny a vosky, následne ich odlievaním a roztieraním roztokov filmu, následne sa nechajú zaschnúť pod kontrolou. Neskôr sa film môže aplikovať na kúsky potravín (Baldwin, *et al.*, 2012).

Jedlé obaly použité priamo na povrch sa môžu vykonávať rôznymi spôsobmi ako sú napríklad namáčanie, sprejovanie, rýžovanie, čo závisí od charakteru potraviny a od fyzikálnych vlastností obalu (Baldwin, *et al.*, 2012) (Moradi, *et al.* 2021).

Namáčanie prebieha namočením suroviny do roztoku. Po namáčaní sa nechá odtečť prebytok roztoku a suší sa pri izbovej teplote s alebo bez prúdenia vzduchu. U tohto spôsobu je výhoda rovnomerného náteru. Naopak je ťažko kontrolovateľná mikrobiálna čistota roztoku pri opakovanom ponáraní a hrúbka samotného náteru (Grant, Burns, 1994).

Sprejovanie dovoľuje vytvorenie tenkého náteru, ktorý naopak nemusí byť rovnomerný. Sprejovanie je oproti ponáraníu časovo ale aj hygienicky výhodnejší. (Fellows, 2000).

Rýžovanie je proces, kedy je surovina vložená do otáčajúcej misy a roztok sa pridáva počas pohybu výrobku, kedy sa postupne distribuuje po celom povrchu výrobku. Táto metóda nie je vhodná pre suroviny, ktoré nie sú odolné voči mechanickému namáhaniu spôsobené pohybom (Fellows, 2000).

3.2 Legislatíva

Podmienky, aké by mali obaly potravín mať, špecifikuje rada zákonov. Jeden z tých najviac všeobecných je zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobkoch. Ten špecifikuje aké vlastnosti by mali obaly potravín mať, konkrétne obaly by mali surovinu chrániť pred znehodnotením. Ďalšie je vyhláška ministerstva zdravotníctva, č. 38/2001, Zb.. V tejto vyhláške sú špecifikované rôzne hygienické požiadavky na látky prichádzajúce do styku s potravinami. Zákon č. 258/2000 Zb. hovorí o ochrane verejného zdravia, vrátane obaloch a ich bezpečnosti. Zákon č. 477/2001 Zb. sa týka obalov, ktorý hovorí o tom, ako je potrebné s obalmi nakladať a zároveň sa tam nachádzajú požiadavky na označovanie.

Z nariadení je tu Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1935/2004, ktoré kladie požiadavky o materiáloch a predmetoch určených pre styk s potravinami, kde sa taktiež zmieňuje, že sa do obalu potravín môžu používať rôzne látky, ktoré sa môžu postupne uvoľňovať do potraviny s cieľom zlepšenia jej vlastností. V smernici Európskeho parlamentu a Rady 2018/852 je špecifikované, že do konca 31.12.2030 musí byť minimálne 70% hmotnosti obalového odpadu recyklovaná (Eur-Lex, 2022) (Zákony pro lidi, 2022).

3.3 Aplikácia jedlých obalov

3.3.1 Ovocie a zelenina

Čerstvé ovocie a zelenina majú vlastnú pokožku, ktorá chráni vnútorné prostredie pred vonkajším škodlivými javmi. Táto ochrana môže byť posilnená použitím jedlých obalov na povrch ovocia a zeleniny.

V dnešnej dobe väčšina konzumentov siaha po čerstvých surovinách, preto sa vedci snažia nájsť možnosti obalenia potravín, aby predĺžili trvanlivosť po zbere úrody.

Čerstvé, alebo minimálne spracované ovocie a zelenina, sú suroviny, ktoré veľmi ľahko podliehajú skaze. Transportom alebo nesprávnym skladovaním môže dôjsť jednoducho k oslabeniu bunkovej steny, zvýšeniu transpiračných javov, strate turgidity, mäknutiu, strate vody, hnednutiu a strate farby. Práve jedlé obaly môžu napomáhať vytvoreniu ochrannej bariéry, ktorá spomaľuje výmenu plynov, stratu váhy, zníženie mikrobiálneho rastu, spomaľovanie hnednutia, mäknutie, stratu konzistencie, aróma a podobne.

Mnohé výskumy sa práve zameriavajú na výrobu jedlých obalov práve u ovocia a zeleniny (Baldwin, et al., 2012).

3.3.2 Mliečne výrobky

Syry sú jedným zo skvelých zdrojov látok bohatých na tuky, cukry, bielkoviny, vitamíny a minerálne látky. Na trhu existujú rôzne druhy syrov, od lacnejších či drahších, ktoré sú náročnejšie na výrobu. Keďže výroba syra je sled viacerých technologických krokov, vrátane implikovania mikrobiálnej kultúry, pri výrobe sa udejú množstvo biochemických procesov, ktoré ak sú synchronizované a vyvážené, vedú k výrobkom s vysoko žiadúcimi arómami a chuťami. Ak ale biochemické procesy nie sú kontrolovateľné, môže to viesť k tvorbe nepríjemných a nevratných väd u syroch. Jedlé obaly pri výrobe syra majú potenciálnu vlastnosť minimalizovať nežiadúce javy pri výrobe syra (Baldwin, et al., 2012).

Jedlé obaly a filmy môžu potenciálne vytvárať modifikovanú atmosféru, zlepšovať kvalitu zrenia, zvyšovať trvanlivosť, zlepšiť bezpečnosť počas skladovania, zabrániť organoleptickým zmenám a obaly obohatené o antimikrobiálne látky či antioxidanty môžu inhibovať rast nežiadúcej mikroflóry a potlačovať oxidačné procesy. (Baldwin, et al., 2012).

V jednej štúdií testovali polysacharidové obaly na syre. Použili rôzne formuly, kde základ tvorili chitosán, galaktomanán a agar. Ako plastifikátor použili kukuričný olej. V štúdií sa zisťovali povrchové vlastnosti syra, zmáčavosť povlakov na syre. Na filmoch sa zisťovali vlastnosti pre priepustnosť vodnej pary, kyslíka a oxidu uhličitého. Najlepšie vlastnosti vykazoval 1,5% galaktomanán s 2% glycerolu a 0,5% kukuričného oleja. Pri spotrebe kyslíka a produkcie oxidu uhličitého, došlo k zníženiu rýchlosti výmeny v porovnaní s neobaleným syrom. Neobalený syr mal na konci experimentu rozsiahly rast plesní oproti vzorke, ktorý bol obalený (Cerqueira, *et al.*, 2009).

3.3.3 Mäsové výrobky

Mäsové výrobky prechádzajú rôznymi technologickými procesmi, kedy môžu byť vystavené sekundárnej mikrobiálnej kontaminácii. Jedným z nežiaducich mikroorganizmov u mäsových výrobkov je *Listeria monocytogenes*, ktorá je schopná tvorby biofilmu a teda pri nedodržaní správnej hygienickej praxe môže ovplyvniť radu výrobkov. Práve jedlé obaly na báze derivátov celulózy, alginátov, gúm s prídavkom organických kyselín ako sú octová a mliečna, môže inhibovať vývoj mikroorganizmov (Debeaufort, *et al.*, 1998).

Jedlé obaly môžu zlepšiť kvalitu čerstvého, mrazeného a spracovaného mäsa, vrátane morských plodov a rýb, tým, že spomaľujú stratu vody, znižujú oxidáciu lipidov a zmenu farby.

Mäsové výrobky sú bohaté na tuky, ktoré pri nesprávnom skladovaní môžu podliehať nežiadúcej skáze – oxidácii. Práve potiahnutím výrobkov do jedlého obalu obohateného o antioxidanty, môže pomôcť s predĺžením trvanlivosti. Vo viacerých štúdiách sa preto do jedlých obalov použili esenciálne oleje, ktoré majú prirodzené antimikrobiálne a antioxidačné vlastnosti. Medzi také esenciálne oleje patria napríklad rozmarínový olej, oregánový olej, tymiánový olej (Smaoui, *et al.*, 2022).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce bolo aplikovať rôzne antimikrobiálne roztoky na báze zeín-chitosánu na rozkrájené jablká a pomocou širokej škály testov sledovať ich vlastnosti a predĺženie trvanlivosti oproti kontrole.

5 MATERIÁLY A METÓDY

5.1 Pomôcky a prístroje

- Analytické váhy Sartorius Basic (Sartorius AG, Nemecko)
- Magnetické miešadlo Hei-Standard (Heidolph, Nemecko)
- Ultrazvuková vaňa (Kraintek Czech, Česká republika)
- Spektrofotomer TECAN Sunfire (Tecan, USA)
- Laminárny box (Clean Air, Holandsko)
- Laboratórny inkubátor (Mettler, Nemecko)
- Vpichovací pH meter (Shanghai Puchun Measure Instrument Co., Ltd., Čína)
- Spirál plater (Eddie Jet 2W, Španielsko)
- Párny sterilizátor Varioklav 75S (Labortechnik AG, Nemecko)
- Detektor intenzity rozptylu svetla ZETASIZER Nano Series ZS 90 (Malvern Instruments Limited, Veľká Británia)
- Detektor intenzity rozptylu svetla ZETASITER Nano Series ZS 90
- Laboratórna trepačka Vortex (Biosan, Lotyšsko)
- Laboratórna centrifúga LMC-3000 (Biosan, Lotyšsko)
- Automatické pipety (Eppendorf, Nemecko)
- Textúrometer (Tectra a.s., Česká republika)
- Mikrotitračná doštička (Gama, Česká republika)
- Osminkový krájač na jablká (Tescoma, Česká republika)
- Laborátorne sklo a pomôcky (Petriho misky, kádinky, skúmavky, odmerné válce, zásobné fľaše, lyžice, pinzety, skalpel, doska na krájanie)

5.2 Chemické látky

- Zeín (TCI, Japonsko)
- Chitosan nízkomolekulárny (Sigma-Aldrich, USA)

- Tymián (*Thymus vulgaris*) (Nobilis Tilia, Španielsko)
- Škorica (*Cinnamomum zeylanicum*) (Nobilis Tilia, Španielsko)
- Tween 20 (Sigma-Aldrich, USA)
- Absolútny etanol (PENTA Chemicals, Česká republika)
- Chlorid sodný (PENTA Chemicals, Česká republika)
- PCA – plate count agar (HiMedia, India)
- VRBA - violet Red Bile Agar (HiMedia, India)
- CHYGA- chloramphenicol Yeast Glucose Agar (HiMedia, India)

5.3 Použité vzorky

- Jablko voľné červené, odroda Gala, Šampión
Zem pôvodu: Poľsko, zakúpené v supermarkete Billa s.r.o.
Zakúpené: pre 1. meranie 8.3.2022, 2. meranie 22.3.2022, 3. meranie 5.4.2022

5.4 Príprava roztokov a médií

5.4.1 Príprava zásobného roztoku chitosánu

Bol pripravený 0,5% roztok príslušného roztoku chitosánu, ktorý sa zmiešal s 1% roztokom kyseliny citrónovej. Roztok sa následne umiestnil do ultrazvukovej vane, kde bol umiestnený po dobu 10 minút v 40 °C. Následne sa roztok miešal približne 4 hodiny na magnetickom miešadle do úplného rozpustenia.

5.4.2 Príprava zásobného roztoku zeínu

Bol pripravený 2% zeínu v 75% etanole a následne sa roztok miešal približne 30 minút pri 40 °C na magnetických miešadlách. Následne sa roztok previedol do 100 ml odmernej banky a bol doplnený po rysku. Roztok sa následne umiestnil do ultrazvukovej vane, kde bol umiestnený po dobu 10 minút v 50 % amplitúde.

5.4.3 Príprava fyziologického roztoku

Na prípravu fyziologického roztoku bolo navážené 8,5 g NaCl na 1000 ml destilovanej vody. Následne prebehla sterilizácia pri teplote 121 °C po dobu 20 minút.

5.4.4 Příprava zásobného roztoku kyselín (Antioxidanty)

Boli pripravené zásobné roztoky 15% kyseliny askorbovej a 30% kyseliny citrónovej rozpustené v destilovanej vode. Pre prípravu 100 ml kyseliny askorbovej sa navážilo 15 g kyseliny a 85 g vody a pre kyselinu citrónovú sa navážilo 30 g kyseliny a pridalo sa 70 g vody.

5.4.5 Příprava 5% zásobného roztoku Tween 20

Na výrobu 5% roztoku sa použilo 5 g polysorbátu TWEEN 20, ktorý sa rozpustil v 95 g 75% etanolu.

5.4.6 Příprava pracovných roztokov polymérov s aktívnymi látkami

a) Příprava Zeín-chitosánového roztoku (základný roztok)

Do kádinky bolo navážené množstvo pripraveného zásobného roztoku zeínu, to sa miešalo na miešadle a do toho sa postupne po 30 minútách pridával chitosán a Tween 20.

Do základného roztoku sa na konci napipetovalo presné množstvo kyselín.

b) Příprava základného roztoku s nanocelulózou

Navážilo sa potrebné množstvo nanocelulózy, do ktorého sa pridalo presné množstvo základného roztoku. Pol hodiny sa to nechalo miešať a neskôr sa to dalo na ultrazvuk na 10 minút pri 50% amplitúde.

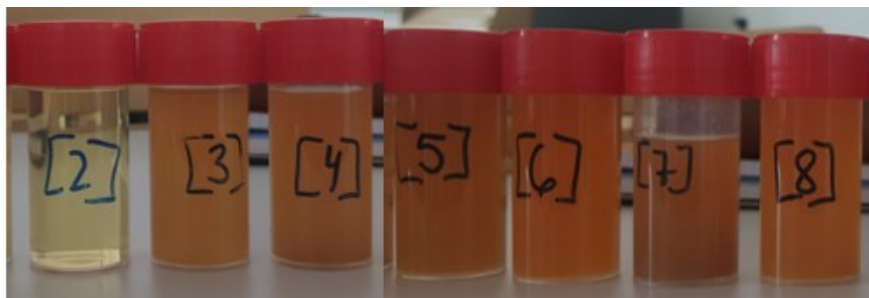
Na konci sa pridalo presné množstvo kyselín.

c) Příprava roztokov s esenciálnymi olejmi

Na začiatok sa navážilo potrebné množstvo olejov, následne sa pridali zásobný roztok zeínu. To sa nechalo 30 minút miešať a pridalo sa potrebné množstvo chitosánu. To sa nechalo znova miešať a pridalo sa potrebné množstvo Tweenu 20. To sa znova nechalo miešať 30 minút a následne sa pridali antioxidanty.

d) Příprava roztokov s esenciálnymi olejmi a nanocelulózou

Roztoky s esenciálnymi olejmi a nanocelulózou sa pripravovali rovnako ako v bode c), akurát sa nanocelulóza pridala spolu s antioxidantmi.



Obr. 15 Roztoky polymérov zeín-chitosánových a vody s antioxidantmi (č.2)

Na Obr. 15 je možné vidieť farebné odlišnosti daných roztokov. Percentuálne a presné zloženie všetkých roztokov je znázornené Tab. 6 a v Tab. 4.

Tab. 6 Pracovné roztoky a ich zloženie

		Aktívna látka	CNC	Antioxidanty
1	Destilovaná voda			
2	Destilovaná voda			1% + 1%
3	Zeín:Chitosán 7:1			1% + 1%
4	Zeín:Chitosán 7:1		0,1%	1% + 1%
5	Zeín:Chitosán 7:1	2% tymiánový olej		1% + 1%
6	Zeín:Chitosán 7:1	2% škoricový olej		1% + 1%
7	Zeín:Chitosán 7:1	2% tymiánový olej	0,1%	1% + 1%
8	Zeín:Chitosán 7:1	2% škoricový olej	0,1%	1% + 1%

*Percentuálne prídavky látok sa vzťahujú na objem zmesi zeín:chitosán 25 ml.

Tab. 7 Pracovné roztoky, prídavky jednotlivých zložiek

	voda (ml)	Zeín (ml)	Chitosán (ml)	CNC (g)	Tween 20 (ml)	Esenciálny olej (g)	K. citrónová (ml)	K. askorbová (ml)
1	25							
2	25						0,83	1,67
3		21,9	3,1		2 ml		0,83	1,67
4		21,9	3,1	0,025	2 ml		0,83	1,67
5		21,9	3,1		2 ml	0,5	0,83	1,67
6		21,9	3,1		2 ml	0,5	0,83	1,67
7		21,9	3,1	0,025	2 ml	0,5	0,83	1,67
8		21,9	3,1	0,025	2 ml	0,5	0,83	1,67

5.4.7 Príprava živných médií (PCA, CHYGA, VRBA)

Pre prípravu agaru bolo podľa návodu navážené množstvo média (s presnosťou na 0,1 g), doplnené destilovanou vodou na potrebný objem a následne sterilizované v autokláve (121 °C/20 min).

5.5 Metódy

Jablká (Odroda Šampión, Zem pôvodu: Poľsko) boli zakúpené v miestnom supermarkete. Starostlivo boli vybrané jablká v podobnej veľkosti a farbe, bez známok mechanického a biologického poškodenia. Priemerná hodnota všetkých testovaných jabĺk bola $146,9 \text{ g} \pm 13,9 \text{ g}$ ($n= 28$). Následne sa jablká premyli destilovanou vodou a nakrájali sa na osminky (pomocou sterilného krájača na jablká) a následne sa osminky nakrájali na polovicu, teda z jedného jablka sa získalo dokopy 16 kúskov. Priemerná váha jedného kúska predstavovala $8,3 \text{ g} \pm 2,2 \text{ g}$ ($n= 160$).

Čo najskôr po nakrojení boli jablká ponorené do film-tvarujúceho roztoku (Na Obr. 15 je možné vidieť farebné odlišnosti daných roztokov. Percentuálne a presné zloženie všetkých roztokov je znázornené Tab. 6 a v Tab. 4.

Tab. 6) po dobu 1 minúty. Následne boli vložené do plastových krabičiek, kde sa nechali obschnúť po dobu 1 hodiny v laminárnom boxe. Po uplynutí doby sa jablká uzavreli alobalom a skladovali sa pri izbovej teplote ($24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) s relatívnou vlhkosťou vzduchu $20\% \pm 1\%$ a skladovali sa po dobu 9 dní. Biochemické a mikrobiologické testy sa predvádzali v odberoch v 0., 3., 6. a 9 dni. Celé jedno meranie bolo vykonané dvakrát a jedenkrát bolo meranie predvádzané bez antioxidantov po dobu 6 dní s odbermi 0., 1., 2., 3. a 6. pre dokázanie, či prítomné antioxidanty v prvých dvoch meraniach mali vplyv na spomalenie hnednutia jabĺk.

5.5.1 Zeta potenciál

Meranie zeta potenciálu bolo uskutočnené pomocou prístroja ZETASIZER Nano Series ZS 90. Princíp je založený na premeraní roztokov pomocou metódy laserovej Dopplerovskej mikroeletroforézy.

Pracovný roztok ($6 \text{ } \mu\text{L}$) z tab. sa zmiešal s dvakrát po sebe sfiltrovaným etanolom (3 ml). Pre filtrovanie sa využil injekčný filter o veľkosti pórov $0,2 \text{ } \mu\text{L}$. Zriedená vzorka bola pomocou injekčnej striekačky prevedená do kyvety a uzavretá viečkom.

Následne bolo prevedené samotné meranie pri teplote $25 \text{ }^\circ\text{C}$ v troch opakovaniach a výsledky boli zaznamenané v programe Zetasizer Software (Malvern Instruments Ltd., Veľká Británia). Výsledky boli vyhodnotené pomocou modelu Smoluchovského.

5.5.2 Viskozita

Do nádoby reometru sa nalialo 8 ml vzorky, ktorá sa následne umiestnila do kalibračného puzdra, ku ktorému bolo pripevnené teplotné číslo. Meranie prebiehalo na vikoziometri Brookfield pri 200 rpm za použitia spindlu SC4-18 pri teplote 25 ± 5 °C.

5.5.3 Stanovenie pH

Pomocou vpichovacieho pH metru bolo merané pH v roztoku homogenizovaného jablka a fyziologického roztoku v pomere 1:9. Každá vzorka pre jedno meranie bola meraná dvakrát.

5.5.4 Stráta váhy

Pomocou analytických váh (s presnosťou na 0,001 g) boli obalené vzorky vážené.

Úbytok hmotnosti bol následne vypočítaný pomocou vzorka:

$$\text{Úbytok hmotnosti (\%)} = \frac{(m_{\text{počiatočná}} - m_{\text{dňa odberu}})}{m_{\text{počiatočná}}} \cdot 100 \quad (1)$$

5.5.5 Meranie textúry

Každá vzorka bola meraná dvakrát z rôznych strán o čo najrovnejšej ploche. Vzorka sa vložila do mištičky v tvare diamantu a vpichovacia sonda bola nastavená približne 0,5 cm nad vzorku. Čas vpichu bol 30 sekúnd. Výsledky boli následne vyhodnotené pomocou NEXYGEN Plus texture analysis softvéru.

5.5.6 Meranie hnednutia

Vzorka o množstve 0,1 g bola navážená na analytických váhach (s presnosťou na 0,001 g) a následne hokejkou rozmixovaná v eppendorfovej mikrotube (1,5 ml) spolu s 1 ml 75 % etanolu. Následne vzorky boli vložené na trepačku po dobu 30 minút a neskôr sa centrifugovali pri rýchlosti 4500 m/s. Následne bolo zo suspenzie napipetované 200 µL na mikrotitračnú doštičku. Vzorky sa následne merali pomocou spektrofotometru na zariadení TECAN, využíval sa program pre meranie browning indexu, pri vlnovej dĺžke 420 nm.

5.5.7 Mikrobiologická analýza

Každá testovaná vzorka bola navážená v pomere 1:9 (vzorka:fyziologický roztok) a následne sa vzorka zhomogenizovala. Následne sa odpipetovalo 1 ml do plastového kalíšku, ktorý bol vložený do automatického Spiral plater, kde sa mikropipetou odpipetovalo 50 μ L inokula a rozotrela sa špirálou na petriho misky s agarom.

Na každú vzorku pripadali dve misky PCA (kultivácia 48 hodín pri 30 °C), dve misky Chygy (kultivácia 3-4 dní pri izbovej teplote, približne 24 °C) a jedna miska Vrby (kultivácia 24 hodín pri 37 °C).

5.5.8 Senzorická analýza

Všetky druhy vzoriek boli testované u 7 respondentov. Výsledky sa zaznamenávali na pripravený protokol, ktorý sa skladal z dvoch úloh. V prvej boli sledované znaky, ktoré sa hodnotili päťbodovou stupnicou. Sledovali sa znaky ako farba a vzhľad, konzistencia a chuť a vôňa. Druhá úloha bola usporiadanie vzoriek od najviac po najmenej preferované.

6 VÝSLEDKY A DISKUSIA

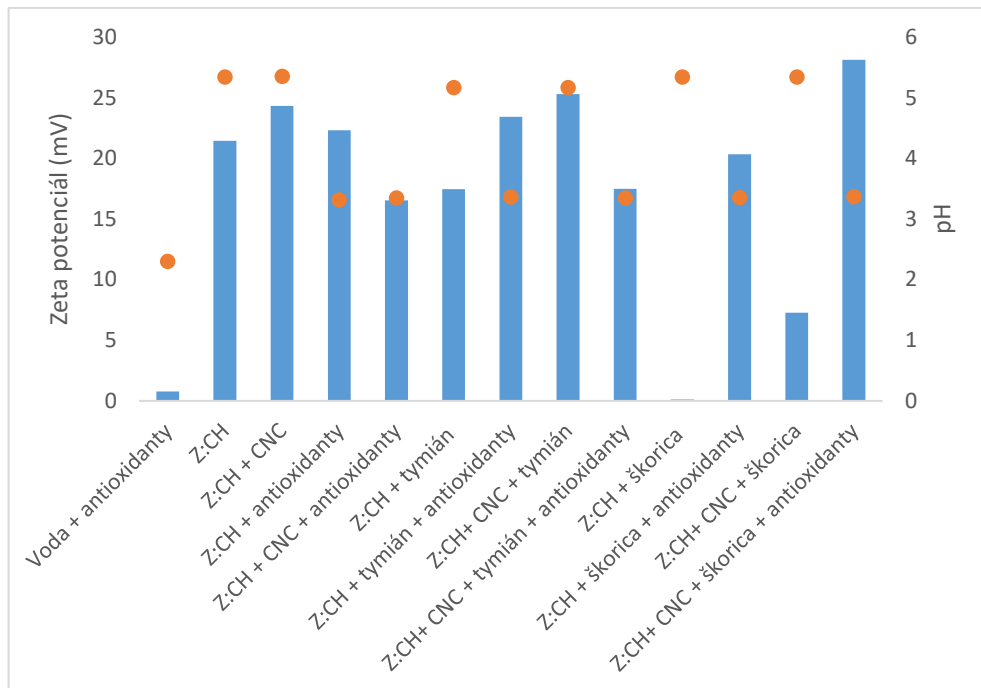
6.1 Zeta potenciál

U prvej dvojice Z:CH je vidieť (Tab. 8), že prídavok CNC má mierny vplyv na nárast náboja o 2,8 mV. Medzi vzorkami Z:CH a Z:CH + antioxidantmi je taktiež vidieť, že prídavok antioxidantov má priaznivý efekt na zeta potenciál a došlo k nárastu o 0,8 mV. Aminokupiny v chitosáne sú priaznivo nabité v kyslom prostredí, teda dochádza k nárastu zeta potenciálu. Podobné výsledky zaznamenali aj v práci Sedlaříková, *et al*, 2019. Zaujímavosťou ale je, že u Z:CH s prídavkom CNC a antioxidantov je hodnota zeta potenciálu nižšia, ako u základného roztoku Z:CH. (o 5 mV) Zjavne prítomnosť antioxidantov a CNC spolu má opačný účinok na základný roztok, ako v prípade, keď sa tie látky nachádzajú v roztoku samostatne.

Tab. 8 Namerané hodnoty zeta potenciálu

	[mV]
Voda + antioxidanty	0,8 ± 1,7
Z:CH	21,5 ± 0,5
Z:CH + CNC	24,3 ± 1,6
Z:CH + antioxidanty	22,3 ± 1,9
Z:CH + CNC + antioxidanty	16,5 ± 1,5
Z:CH + tymián	17,5 ± 1,5
Z:CH + tymián + antioxidanty	23,4 ± 1,7
Z:CH+ CNC + tymián	25,3 ± 2,9
Z:CH+ CNC + tymián + antioxidanty	17,5 ± 3,9
Z:CH + škorica	0,1 ± 0,5
Z:CH + škorica + antioxidanty	20,3 ± 3,2
Z:CH+ CNC + škorica	7,3 ± 1,6
Z:CH+ CNC + škorica + antioxidanty	28,1 ± 3,7

Pri roztoku Z:CH s prídavkom aktívnej látky tymianu je vidieť, že prídavok tymianu k základnému roztoku mal negatívny vplyv na zeta potenciál, keďže došlo k poklesu náboja o 4 mV. S prídavkom antioxidantov alebo CNC došlo v oboch prípadoch k nárastu zeta potenciálu (5,9 mV s antioxidantmi a 7,8 mV s CNC). Prídavok antioxidantov a CNC malo rovnaký výsledok ako v prvom prípade, a teda došlo k poklesu náboja. Zaujímavosťou ale je, že sa hodnota vyrušila na rovnakú hodnotu, ako základný roztok Z:CH s tymianom (17,5 mV).



Obr. 16 Grafické znázornenie nárastu a poklesu zeta potenciálu u roztokov a ich namerané pH hodnoty

Roztok Z:CH s prídavkom aktívnej látky škorice má oproti základnému roztoku Z:CH takmer nulový náboj (Obr. 15 Obr. 16). V práci Pavlátková, 2020 sa taktiež meral zeta potenciál u Z:CH roztokov s prídavkom škorice, kde boli hodnoty zeta potenciálu až mínusové

(-13 mV). Rozdiely medzi meraniami vznikli pravdepodobne na základe toho, že roztoky sa riedili v destilovanej vode, pričom roztoky pre túto diplomovú prácu boli rozriedené v 75% etanole.

Zvláštnosťou je, že u roztoku škorice s antioxidantmi (20 mV) je náboj vyšší, ako u roztoku s CNC (7,27 mV), pričom v predchádzajúcich prípadoch to bolo práve opačne. Taktiež prídanie antioxidantov spolu s CNC nemalo negatívny vplyv, ako tomu bolo v predchádzajúcich prípadoch, ale opačný, potenciál vzrástol od základného roztoku so škoricomou o 28 mV.

Okolo každej častice sa rozprestiera elektrická dvojvrstva, ktorá sa skladá zo Šternovej vrstvy a difúznej vrstvy. Šternová vrstva je tvorená z hydratovaných iónov, ktoré sú silne naviazané na povrch častíc a spolu s koloidnými časticami sa pohybujú. Difúzna vrstva tvorí ióny, ktoré sú voľne naviazané a ich pohyb je nezávislý na pohybe koloidných častíc. Tieto dve vrstvy oddeľuje rovina sklzu, kde vznikajúci elektrokinetický potenciál sa

nazýva zeta potenciál. Veľkosť potenciálu ukazuje na stupeň elektrostatického odpudzovania medzi vrstvami, čo má vplyv na stabilitu systému. Potenciál s rozmedzím od -10 do 10 mV sa považuje za neutrálny. Systém s potenciálom -30 mV sa považuje za silne antiontový, naopak systém s 30 mV sa považuje za silne kationtový. (Mora-Huertaset *al.*, 2010)

6.2 Viskozita

Hodnoty viskozity u vzoriek klesali takmer v každom prípade po pridaní akékoľvek zložky navyše. (Tab. 9) V prípade pridaní aktívnej zložky v porovnaní s čistým zeín-chitosánovým roztokom, došlo k poklesu o 0,67 Pa.s u vzorky s tymiánom a o 1,39 Pa.s u vzorky so škorickou. Prídavok nanocelulózy, antioxidantov spolu alebo po jednom taktiež ukázali klesajúci trend v porovnaní s čistým roztokom. Tento pokles viskozity po pridaní zlúčeniny môže byť následkom narušenia intramolekulárnych a medzimolekulových síl medzi zeínom a chitosánom, kedy sa narušila štruktúra siete a došlo k vznikom nových vodíkových väzieb. (Sun, *et al.*, 2018)

Tab. 9 Namerané hodnoty viskozity

	[Pa.s]
Z:CH	4,57 ± 0,18
Z:CH + CNC	3,77 ± 0,05
Z:CH + antioxidanty	3,28 ± 0,01
Z:CH + CNC + antioxidanty	3,40 ± 0,03
Z:CH + tymian	3,90 ± 0,03
Z:CH + tymian + antioxidanty	3,49 ± 0,02
Z:CH+ CNC + tymian	3,57 ± 0,02
Z:CH+ CNC + tymian + antioxidanty	3,91 ± 0,07
Z:CH + škorica	3,18 ± 0,08
Z:CH + škorica + antioxidanty	3,36 ± 0,02
Z:CH+ CNC + škorica	4,22 ± 0,02
Z:CH+ CNC + škorica + antioxidanty	3,29 ± 0,04

6.3 Stanovenie pH

Vzhľadom k možnosti výrazného vplyvu na experiment bola u každého vzorku stonovená pH hodnota. (Tab. 10) Hodnota pH je závislá od prítomnosti kyselín v danej vzorke. Počas skladovania dochádza k postupnému rozkladu organických kyselín, preto sa očakáva, že bude dochádzať k postupnému nárastu pH. Táto hypotéza sa potvrdila u vzoriek z tretieho

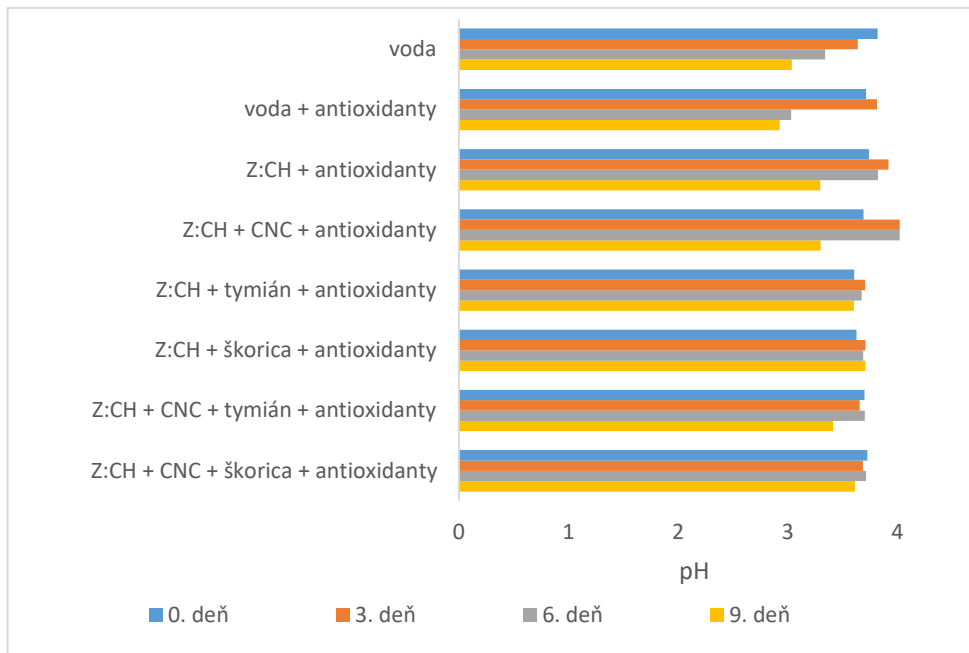
merania, ktoré neboli obohatené o antioxidanty (Obr. 18). U vzoriek v iných práciach, kde boli použité antioxidanty dochádzalo naopak k malému poklesu pH (Farina, et al., 2020).

Tab. 10 Namerané hodnoty pH

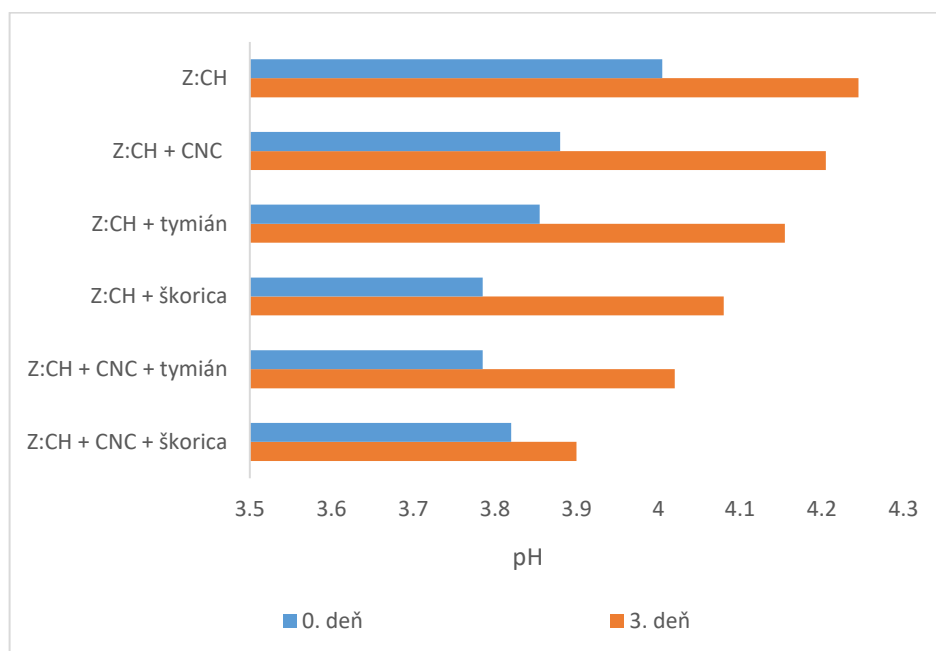
Vzorky	Deň 0	Deň 3	Deň 6	Deň 9
voda	$3,82 \pm 0,06$	$3,6 \pm 0,3$	$3,34 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,4$
Voda + antioxidanty	$3,715 \pm 0,08$	$3,8 \pm 0,5$	$3,03 \pm 0,7$	$2,9 \pm 0,4$
Z:CH + antioxidanty	$3,74 \pm 0,2$	$3,92 \pm 0,13$	$3,8 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,6$
Z:CH + CNC + antioxidanty	$3,69 \pm 0,2$	$4,02 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,2$
Z:CH + škorica + antioxidanty	$3,61 \pm 0,1$	$3,70 \pm 0,2$	$3,68 \pm 0,02$	$3,60 \pm 0,02$
Z:CH + tymián + antioxidanty	$3,63 \pm 0,01$	$3,7 \pm 0,1$	$3,69 \pm 0,07$	$3,71 \pm 0,04$
Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty	$3,70 \pm 0,08$	$3,7 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,2$	$3,42 \pm 0,15$
Z:CH + CNC + tymián + antioxidanty	$3,73 \pm 0,01$	$3,7 \pm 0,2$	$3,72 \pm 0,09$	$3,61 \pm 0,12$

U Obr. 17 a Obr. 18 je možné vidieť zmenu pH v závislosti na čase. V obr. 19 sú znázornené výsledky pH vzoriek, ktoré sú bez antioxidantov. V porovnaní so vzorkami, ktoré sú obohatené o antioxidanty (Obr. 17), je možné povedať, že prítomnosť antioxidantov malo značný vplyv na stabilitu pH. U vzoriek bez antioxidantov (Obr. 18) už po 3. dni dochádzalo k výraznému nárastu pH, čo sa oproti vzorkám s antioxidantmi (Obr. 17) nedialo. Je preto možné povedať, že prítomnosť antioxidantov majú priaznivý účinok na stabilitu pH.

Z Obr. 17, u vzoriek s antioxidantmi, je vidieť, že najstabilnejšie pH bolo u vzoriek obohatené o esenciálne kyseliny vo všetkých prípadoch. Zmeny v pH dochádzalo u týchto vzoriek, v porovnaní s kontrolami a Z:CH bez esenciálnych olejov, k minimálnemu kolísaniu pH. Je teda možné povedať, že kombinácia antioxidantov a esenciálnych olejov má pozitívny vplyv na stabilitu pH.



Obr. 17 Grafické znázornenie zmeny pH v čase u vzoriek s antioxidantmi



Obr. 18 Grafické znázornenie zmeny pH v čase u vzoriek bez antioxidantov

6.4 Strata váhy

Postupná strata váhy je znázornená v Tab. 11. V tretí deň boli najmenšie straty zaznamenané u jabĺk obalených v škorici s a aj bez nanocelulózy. Zároveň nízke straty boli

aj u jablkách obalené v čistej vode, v kontrole. Naopak najvyššie straty vody boli zaznamenané pri vzorke Z:CH + antioxidanty s 9,1% stratou hmotnosti.

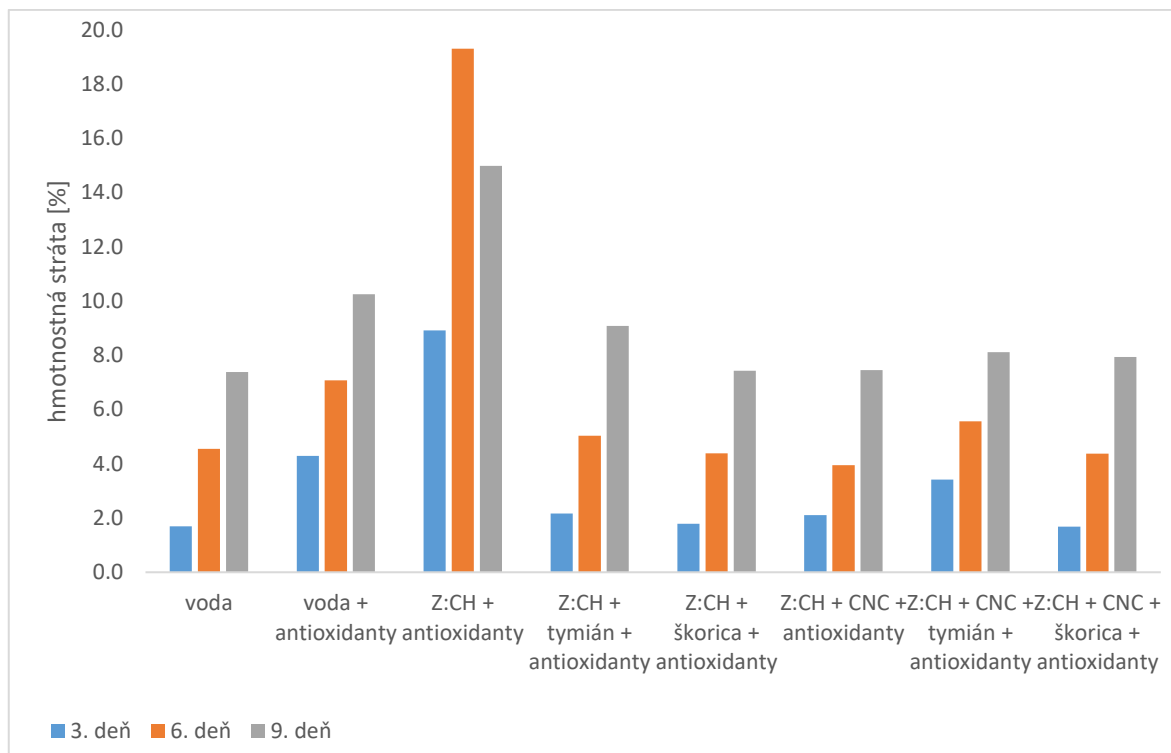
V šiesty deň boli najmenšie straty pri vzorke zeín:chitosán + nanocelulóza s 3,9% stratami.

Vzorky s esenciálnymi olejmi mali oproti kontrole (vode) nižšie straty, no nie príliš výrazné. Najvyššie straty boli opäť zaznamenané u vzorku Z:CH + antioxidanty s 12,1%.

Najnižšie straty, no nie príliš významné v porovnaní s kontrolou, boli zaznamenané pri vzorkách so škoricom a Z:CH + CNC v deviaty deň. Naopak najvyššie straty boli pri vzorke Z:CH + antioxidanty, kde strata bola 15,1%. Druhú najvyššou stratu mala voda s antioxidantmi (10,3 %).

Tab. 11 Strata váhy v odberoch 3., 6. a 9. deň (%)

Vzorky	Deň 3 (%)	Deň 6 (%)	Deň 9 (%)
voda	1,7 ± 0,7	4,6 ± 1,8	7,4 ± 2,6
Voda + antioxidanty	4,3 ± 3,6	7,1 ± 3,2	10,3 ± 3,3
Z:CH + antioxidanty	8,9 ± 9,3	19,3 ± 5,2	15,0 ± 8,1
Z:CH + CNC + antioxidanty	2,1 ± 0,9	3,9 ± 1,2	7,5 ± 3,6
Z:CH + škorica + antioxidanty	2,2 ± 1,2	5,0 ± 1,9	9,1 ± 4,0
Z:CH + tymián + antioxidanty	1,8 ± 0,7	4,44 ± 1,6	7,4 ± 2,8
Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty	3,4 ± 2,7	5,6 ± 2,4	8,1 ± 2,3
Z:CH + CNC + tymián + antioxidanty	1,7 ± 0,6	4,4 ± 2,1	4,4 ± 2,1



Obr. 19 Grafické znázornenie straty váhy v odberoch 3., 6., a 9. dní

Z celkových výsledkov nie je možné povedať, žeby kombinácia látok v obale mali významný vplyv na zmiernenie straty váhy v porovnaní s kontrolami (Obr. 19). Je ale možné povedať, že prítomnosť nanocelulózy a esenciálnych olejov má významný vplyv na zníženie straty váhy v porovnaní s zeín-chitosánovým obalom obohatených o antioxidanty, kde došlo k najvyššej strate váhy v porovnaní s kontrolou. V štúdií Haiping *et. al.*, (2011) testovali vzorky chitosánových obalov obohatených o rôzne antioxidanty, vrátane 1% chitosánu s 2% kyseliny askorbovej, kde v porovnaní s neobaleným vzorkom boli straty na váhe nižšie, čo v prípade nášho merania bolo naopak opačné. Je možné preto povedať, že prítomnosť zeínu má negatívny vplyv na zmiernenie straty váhy.

6.5 Meranie textúry

6.5.1 Pevnosť

Na Obr. 20 je vidieť grafické znázornenie poklesu pevnosti v závislosti na čase. U obidvoch vzoriek vody dochádzalo k takmer lineárnemu poklesu pevnosti, teda vždy sa pevnosť znížila o rovnaké percento. (Obr. 20) Medzi vzorkami zeínu a chitosánu s/bez nanocelulózy je vidieť, že vzorky s CNC boli výrazne stabilnejšie a došlo k najnižšej strate na pevnosti. Vzorky bez nanocelulózy sa strata pevnosti podobala kontrole – vode.

Z:CH + CNC v 3. dni príliš na pevnosti nestratil. K menšiemu poklesu pevnosti došlo až v 6. dni.

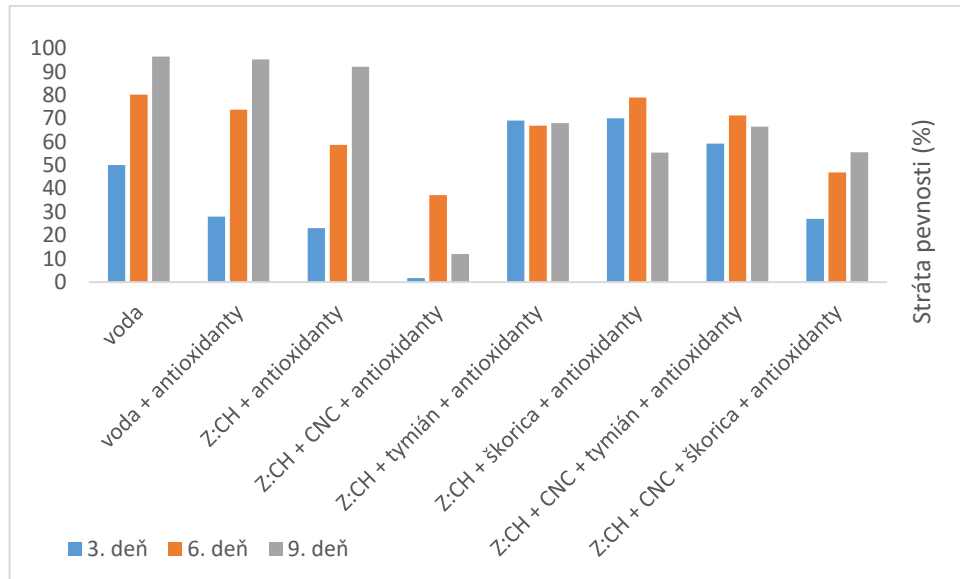
V sade so škorickou je vidieť, že aj v tomto prípade strata na pevnosti bola najnižšia u vzorky s CNC. Obidve vzorky boli ale oproti kontrole výrazne stabilné proti strate pevnosti.

Sada s tymiánom naopak ukázala podobnú stabilitu v obidvoch prípadoch. V 3. dni došlo k poklesu, no po ostatné dni k poklesu pevnosti už výrazne nedochádzalo.

Tab. 12 Nameraná hodnoty pevnosti

	0. deň [N]	3. deň [N]	6. deň [N]	9. deň [N]
voda	$3,2 \pm 3,2$	$1,6 \pm 0,5$	$0,6 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,1$
Voda + antioxidanty	$2,0 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,6$	$0,1 \pm 0,1$
Z:CH + antioxidanty	$2,6 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,6$	$1,07 \pm 0,17$	$0,2 \pm 0,1$
Z:CH + CNC + antioxidanty	$1,8 \pm 0,5$	$1,7 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,2$
Z:CH + škorica + antioxidanty	$2,5 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,4$
Z:CH + tymián + antioxidanty	$2,4 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,7$
Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty	$2,3 \pm 0,7$	$0,9 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,4$
Z:CH + CNC + tymián + antioxidanty	$1,8 \pm 0,2$	$1,3 \pm 1,3$	$0,9 \pm 0,6$	$0,8 \pm 0,5$

Na Obr. 20 je vidieť, že najnižšia celková strata pevnosti bola u vzorky zeín-chitosán s nanocelulózou. Po 3. dňoch došlo len k 1,7% strate pevnosti. V 6. dni došlo k 37% strate, čo je oproti iným vzorkám stále dobrý výsledok. V 9. dni bola strata opäť nízka (12%), no predpokláda sa, že strata v pevnosti mohla byť ďaleko nižšia a v tomto prípade sa jednalo o stabilnejší kus jablka. U vzoriek s tymiánom a u vzorky so škorickou bez nanocelulózy už po 3. dni nedochádzalo k výraznejšiemu poklesu pevnosti. Naopak nízke straty, a najviac stabilná vzorka po zeíne-chitosánu s nanocelulózou bola nameraná u vzorky so škorickou s nanocelulózou. K poklesu dochádzalo postupne, po 3. dni bola strata 27%, po 6. dňoch 47% a po 9. dňoch 55%.



Obr. 20 Percentuálna strata pevnosti (%)

Z Obr. 20 a z hodnôt v Tab. 12 je možné povedať, že vzorky s esenciálnymi kyselinami oproti kontrole výrazne spomaľovali stratu pevnosti. U všetkých vzoriek s nanocelulózou je ale značné, že nanocelulóza mala výrazne pozitívny vplyv na pevnosť vzoriek. Tento poznatok sa podarilo potvrdiť aj v štúdiu Deng, *et al.*, (2017), kde testovali vplyv nanocelulózy na pevnosť hrášku. Prítomnosť nanocelulózy mal pozitívny efekt na zníženie straty pevnosti v porovnaní s inými skúmanými vzorkami.

6.5.2 Meranie konzistencie

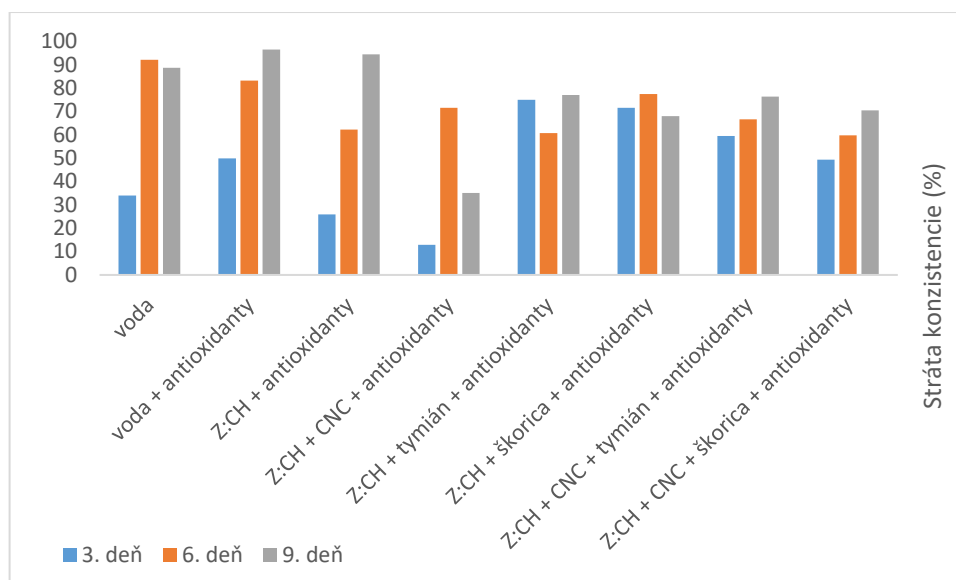
V Tab. 13 U Z:CH s CNC je vidieť nižšiu stratu konzistencie oproti obom kontrolám, ale aj tej istej vzorky bez nanocelulózy.

Pri strednom grafe je vidieť, že u oboch vzoriek s tymianom došlo k nižším stratám na konzistencii oproti kontrolám. Ako to bolo u pevnosti, tak aj tu v oboch prípadoch je strata konzistencie podobná. V 3. dni došlo k prudkému poklesu konzistencie, no nasledujúce dni sa konzistencia držala v podobných hodnotách. Rozdiel vzorky s CNC a bez nie je príliš významný.

V Obr. 21 je vidieť, že u oboch vzoriek škorice je strata konzistencie oproti kontrolám výrazne nízka. Podobne ako to bolo u tymianu, aj v tomto prípade došlo v 3. dni k prudkému poklesu, no v najbližších dňoch sa to výrazne nekolísalo.

Tab. 13 Namerané hodnoty konzistencie

	0. deň [Nmm]	3. deň [Nmm]	6. deň [Nmm]	9. deň [Nmm]
voda	12,8 ± 7,5	8,4 ± 1,1	1,01 ± 0,12	1,5 ± 1,5
Voda + antioxidanty	8,9 ± 0,6	4,5 ± 0,5	1,5 ± 1,4	0,31 ± 0,09
Z:CH + antioxidanty	10,1 ± 0,6	7,5 ± 2,4	3,8 ± 0,9	0,6 ± 0,2
Z:CH + CNC + antioxidanty	7,90 ± 4,2	6,9 ± 1,9	2,3 ± 0,8	5,1 ± 1,4
Z:CH + škorica + antioxidanty	9,6 ± 0,9	2,4 ± 0,5	3,78 ± 0,15	2,2 ± 0,4
Z:CH + tymián + antioxidanty	9,7 ± 0,9	2,74 ± 0,13	2,2 ± 0,2	3,09 ± 0,15
Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty	9,1 ± 4,5	3,7 ± 0,9	3,0 ± 0,6	2,1 ± 0,7
Z:CH + CNC + tymián + antioxidanty	8,2 ± 1,9	4,1 ± 3,6	3,29 ± 0,10	2,4 ± 0,6



Obr. 21 Grafické znázornenie straty konzistencie (%) v závislosti na čase

Výsledky v Obr. 21 sú obdobné, ako to bolo pri pevnosti. Najnižšie straty konzistencie zaznamenala zeín-chitosánová vzorka s nanocelulózu, kde po 3. dni boli straty len 7,9%. Po 6. dni došlo k prudkému poklesu konzistencie a v 9. dni naopak pokles bol minimálny. Keďže hodnoty pevnosti a konzistencie boli hodnotené za rovnakého merania, je teda možné znova povedať, že vzorka v 9. dni bola výrazne stabilnejšia. U vzoriek s esenciálnymi olejmi došlo vo všetkých prípadoch k nižšej strate konzistencie, ako to bolo u kontrol a vzorky zeín-chitosán. Ak sa, ale pozrieme na vzorky s esenciálnymi kyselinami s a bez nanocelulózy, je vidieť, že u vzoriek s nanocelulózy dochádzalo k stratám konzistencie postupne, pričom pri vzorkách bez nanocelulózy došlo už v rámci 3. dňa

k prudkému poklesu konzistencie. Všetky vzorky esenciálnych kyselín ale mali podobnú stratu konzistencie v 9. dni.

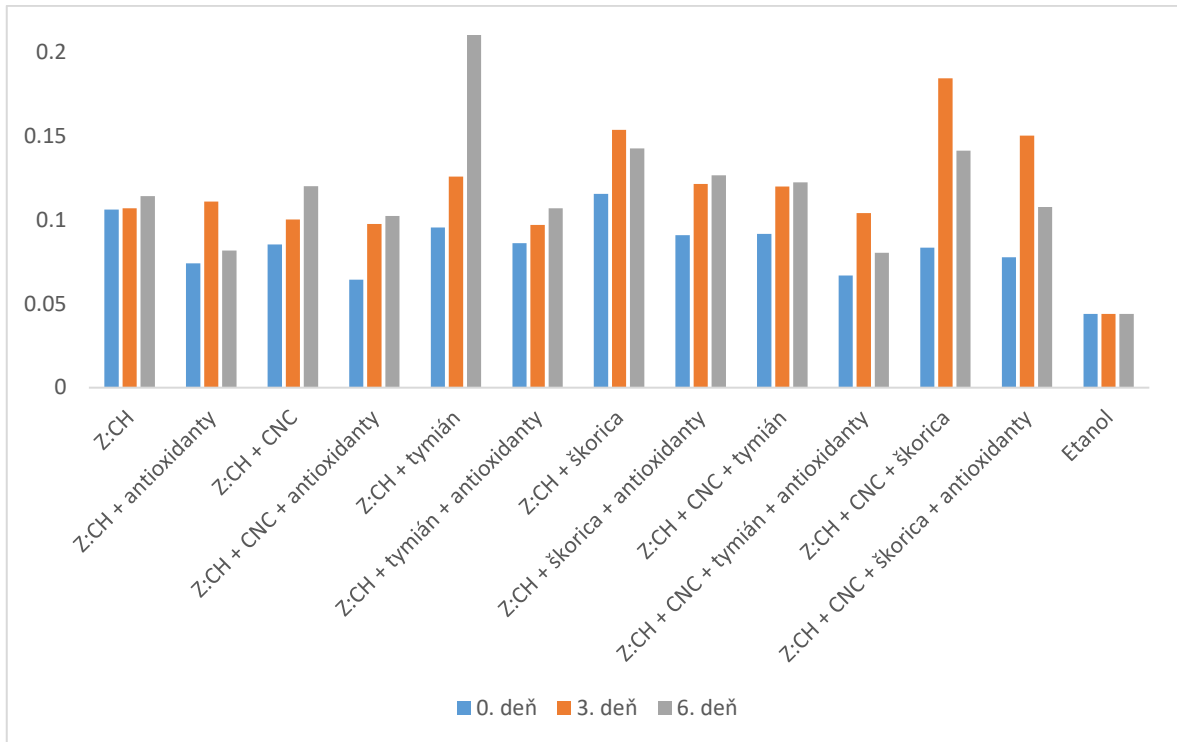
6.6 Meranie hnednutia

V Tab. 14 je vidieť, že vo všetkých prípadoch vzoriek s antioxidantmi došlo k výraznému spomaleniu hnednutia. Tento dej bolo možné zazrieť aj voľne okom, vid'. obr. 25-27.

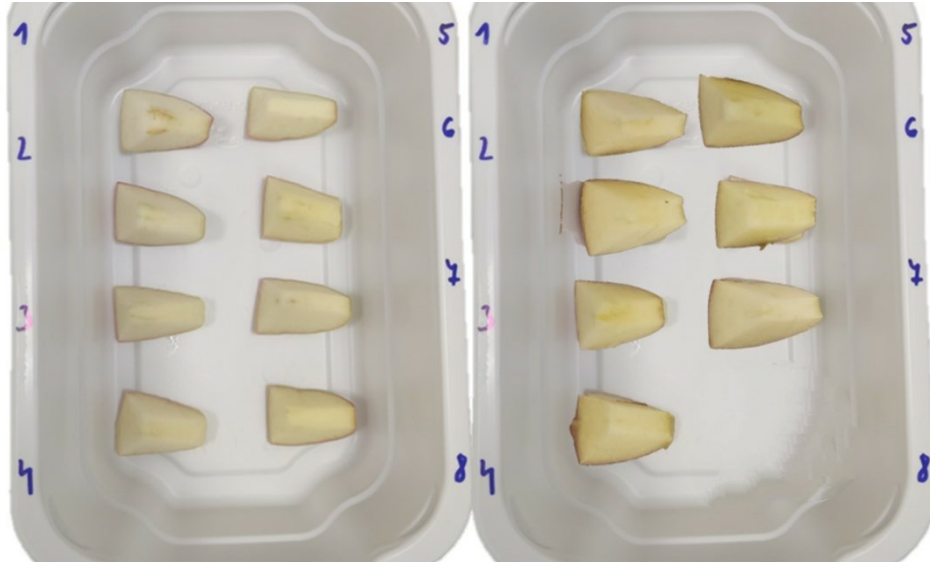
Tab. 14 Namerané hodnoty absorbancie

	0. deň	3. deň	6. deň	9. deň
voda	0,077 ± 0,1	0,076± 0,006	0,10± 0,04	0,093± 0,014
Voda + antioxidanty	0,067 ± 0,1	0,094± 0,002	0,078± 0,008	0,094± 0,008
Z:CH + antioxidanty	0,074± 0,1	0,111± 0,008	0,08± 0,02	0,09± 0,03
Z:CH + CNC + antioxidanty	0,064± 0,1	0,098± 0,016	0,102± 0,009	0,096± 0,007
Z:CH + škorica + antioxidanty	0,086± 0,1	0,097± 0,017	0,11± 0,02	0,103± 0,014
Z:CH + tymián + antioxidanty	0,091± 0,1	0,12± 0,03	0,13± 0,04	0,096± 0,06
Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty	0,067± 0,1	0,104± 0,019	0,081± 0,004	0,068± 0,002
Z:CH + CNC + tymián + antioxidanty	0,078± 0,1	0,15± 0,02	0,11± 0,02	0,13± 0,04
Etanol	0,044± 0,001	0,044± 0,001	0,044± 0,001	0,044± 0,001

U vzoriek bez antioxidantov došlo k výraznému zhnedenutiu už v 2. dni v porovnaní so vzorkami, ktoré antioxidanty obsahovali. V poslednom dni merania (Obr. 25) boli vzorky bez antioxidantov chytené už plesňou. Preto sme sa rozhodli ďalej v meraní nepokračovať.



Obr. 22 Porovnanie rýchlosti hnednutia vzoriek s a bez prídavku antioxidantov



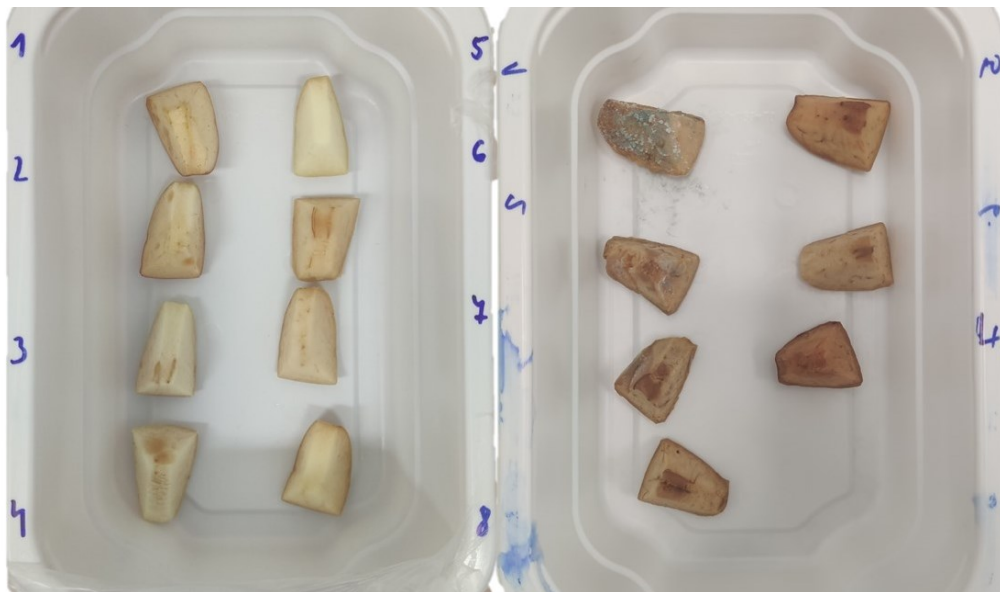
Obr. 23 Na ľavo vzorky s antioxidantmi v 0. deň, na pravo vzorky bez antioxidantov v rovnakom čase

*legenda: miska naľavo: 1 – voda, 2 – voda + antioxidanty, 3 – Z:CH + antioxidanty, 4 – Z:CH+ CNC + antioxidanty, 5 – Z:CH+ škorica + antioxidanty, 6 – Z:CH+ tymián + antioxidanty, 7 – Z:CH+ CNC + tymián + antioxidanty 8 – Z:CH+ CNC + škorica + antioxidanty, miska napravo: 1 – voda, 2 – Z:CH, 3 – Z:CH + CNC, 4 – Z:CH+ škorica, 5 – Z:CH+ tymián, 6 – Z:CH+ CNC + tymián, 7 – Z:CH+ CNC + škorica



Obr. 24 Naľavo vzorky s antioxidantmi v 3. deň, napravo vzorky bez antioxidantov v rovnakom čase

*legenda: miska naľavo: 1 – voda, 2 – voda + antioxidanty, 3 – Z:CH + antioxidanty, 4 – Z:CH+ CNC + antioxidanty, 5 – Z:CH+ škorica + antioxidanty, 6 – Z:CH+ tymián + antioxidanty, 7 – Z:CH+ CNC + tymián + antioxidanty 8 – Z:CH+ CNC + škorica + antioxidanty, miska napravo: 1 – voda, 2 – Z:CH, 3 – Z:CH + CNC, 4 – Z:CH+ škorica, 5 – Z:CH+ tymián, 6 – Z:CH+ CNC + tymián, 7 – Z:CH+ CNC + škorica



Obr. 25 Na ľavo vzorky s antioxidantmi v 6. deň, na pravo vzorky bez antioxidantov v rovnakom čase

*legenda: miska naľavo: 1 – voda, 2 – voda + antioxidanty, 3 – Z:CH + antioxidanty, 4 – Z:CH+ CNC + antioxidanty, 5 – Z:CH+ škorica + antioxidanty, 6 – Z:CH+ tymián + antioxidanty, 7 – Z:CH+ CNC + tymián + antioxidanty 8 – Z:CH+ CNC + škorica + antioxidanty, miska napravo: 1 – voda, 2 – Z:CH, 3 – Z:CH + CNC, 4 – Z:CH+ škorica, 5 – Z:CH+ tymián, 6 – Z:CH+ CNC + tymián, 7 – Z:CH+ CNC + škorica

6.7 Mikrobiologická analýza

V tabuľke (Tab.15) je možné vidieť výsledky nárastu mikroorganizmov na daných médiách v závislosti na čase. V dni, kedy sa jablká pripravovali, je vidieť, že nedošlo k nárastu žiadnych mikroorganizmov, čo je výsledkom predvedenej správnej aseptickéj práci.

V 3. dni ostali prevažne všetky vzorky bez nárastu mikroorganizmov až na kontrolné vzorky vody, kde došlo k premnoženiu baktérií na PCA agare, plesní a kvasiniek na CHYGA agare. Žiadne koliformné baktérie na týchto médiách nenarástli. Prvý nárast mikroorganizmov u vzoriek s esenciálnymi olejmi došlo až v 6. dni, konkrétne u vzoriek so škorickou, kde došlo k prerasteniu najmä plesní. Prvé kolónie sa objavili aj na vzorke s tymianom s CNC, kde na PCA došlo k nárastu log 2,6 CFU/g a log 2,8 CFU/g plesní a kvasiniek na CHYGA agare. V 9. dni došlo k prerasteniu na PCA agare takmer u všetkých vzoriek. U vzorkách s tymianom a so škorickou s CNC došlo taktiež k nárastu plesní. Na VRBA agare nedošlo k nárastu koliformných baktérií takmer v žiadnom prípade. Na jablkách sa koliformné baktérie neočakávali, ich nárast u niektorých vzoriek mohlo byť následkom sekundárnej kontaminácie.

Tab.15 Nárast mikroorganizmov na PCA, CHYGA a VRBA u vzoriek v závislosti na čase

	0. deň (log CFU/g)			3. deň (log CFU/g)			6. deň (log CFU/g)			9. deň (log CFU/g)		
	PCA	Chyga	Vrba	PCA	Chyga	Vrba	PCA	Chyga	Vrba	PCA	Chyga	Vrba
1	< 2,3	< 2,3	< 2,3	> 4,3	> 4,3	< 2,3	> 4,3	> 4,3	< 2,3	> 4,3	> 4,3	< 2,3
2	< 2,3	< 2,3	< 2,3	> 4,3	> 4,3	< 2,3	> 4,3	> 4,3	< 2,3	> 4,3	> 4,3	< 2,3
3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	3,4	< 2,3	3,8	> 4,3	3,4	> 4,3	> 4,3	> 4,3
4	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	> 3	> 4,3	3,5	> 4,3	> 4,3	1,6
5	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	2,4	> 4,3	< 2,3	> 4,3	2,7	< 2,3
6	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	> 4,3	3,6	2,3
7	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	3,2	3,5	2,7
8	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	< 2,3	2,6	2,8	< 2,3	> 4,3	3,3	< 2,3

*1= voda, 2= Voda + antioxidanty, 3= Z:CH + antioxidanty, 4= Z:CH + CNC + antioxidanty, 5= Z:CH + škorica + antioxidanty, 6= Z:CH + tymian + antioxidanty, 7= Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty, 8= Z:CH + CNC + tymian + antioxidanty

U všetkých vzoriek je vidieť, že najviac stabilné boli vzorky s esenciálnymi olejmi vo všetkých prípadoch až do 6. dňa, v porovnaní s kontrolami, kde k prepuknutiu došlo už v 3. dni. Je teda možné povedať, že antimikrobiálna aktivita esenciálnych olejov pôsobila pozitívne a inhibovala rast mikroorganizmov. Taktiež na inhibovanie rastu malo zásluhu aj nanocelulóza, ktorá je taktiež známa pre svoje antimikrobiálne účinky voči širokej škále baktérií a plesní (Faiz, *et al*, 2021).

6.8 Senzorická analýza

Senzorická analýza bola predvádzaná u 7 respondentov, ktorí dostali slepé vzorky, teda o zložení daných roztokov neboli informovaní. (Vid'. príloha 1)

Tab. 16 Vyhodnotenie senzorickej analýzy

		voda	voda + antioxidanty	Z:CH + antioxidanty	Z:CH + CNC + antioxidanty	Z:CH + tymián + antioxidanty	Z:CH + škorica + antioxidanty	Z:CH + CNC + tymián + antioxidanty	Z:CH + CNC + škorica + antioxidanty
Vzhľad a farba	1 - vynikajúci	3	7	4	8	4	3	6	3
	2 - chváľitebný	1		4		3	4	2	5
	3 - dobrý	4				1	1		
	4 - neuspokojivý								
	5 - neprijateľné/nevyhovujúce								
Konzistencia	1 - vynikajúci	7	5	2	2	1	1	2	1
	2 - chváľitebný	1	1	3	4	1	1	1	5
	3 - dobrý		2	3		4	5	3	2
	4 - neuspokojivý				2	2	1	1	
	5 - neprijateľné/nevyhovujúce							1	
Vôňa a chuť	1 - vynikajúci	5	3						
	2 - chváľitebný	1	2	3	2				2
	3 - dobrý	1	3		2		2	1	1
	4 - neuspokojivý	1		4	4	2	3	1	3
	5 - neprijateľné/nevyhovujúce			1		6	3	6	2

Výsledky hodnotenia (Tab. 16) vzhľadu nepoukazujú jednoznačne na značný rozdiel vo vzhľade a farbe. Je to pravdepodobne spôsobené tým, že respondenti vzorky testovali čerstvo po obalení. Teda rozdiel vo farbe a vzhľade je za takýto krátky čas veľmi nepatrný.

Výsledky u konzistencie ukázali, že najviac preferovaným vzorkom bolo jablčko vo vode. Najhoršie hodnotené boli vzorky s esenciálnymi olejmi.

Vôňa a chuť boli najpozitívnejšie hodnotené u oboch variánt s vodou. Najhoršie boli hodnotené vzorky s tymiánom. Chuť tymiánu bola tak výrazná, že na jazyku zanechávala páľivý pocit. Druhým najhoršie hodnoteným vzorkom bola vzorka so škorice. Chuť škorice bola oproti tymiánu viac znášateľná, no väčšine respondentov jej koncentrácia vadila.

Po ukončení celej senzorickej analýzy bol vedený krátky rozhovor s respondentmi. Všetci označili vzorky s esenciálnymi olejmi s nanocelulózou za menej aromatické, ako bez nanocelulózy. Nanocelulóza pohltla časť aromatických látok, čo viedlo k výsledku zníženiu intenzity chuti esenciálneho oleja.

ZÁVĚR

Práce bola zameraná na prípravu antimikrobiálnych roztokov, konkrétne 6 roztokov na bázy zeínu-chitosánu v pomere 7:1 a dvoch kontrol vody, konkrétne vody samostatnej a vody obohatené o antioxidanty. Všetky zeín-chitosánové roztoky boli postupne obohatené o ďalšie látky ako nanocelulóza (0,1%), antioxidanty ako kyselina citrónová (1%) a askorbová (1%) a esenciálne oleje ako tymián (2%) a škorica (2%). Tieto roztoky boli následne aplikované na jablká červené (odroda Gala, Šampión) a sledovali sa fyzikálne, chemické a mikrobiologické zmeny počas doby uchovávanía, ktorá bola 9 dní. V čase odberu (0., 3., 6. a 9.) bola vykonaná široká škála testov, kde sa pozorovali zmeny medzi jednotlivými odberami.

Z meraní boli vykonané zeta potenciál a viskozita. Tieto testy sa predvádzali na samotných roztokoch. Pri meraní zeta potenciálu sa ukázalo, že prídavok antioxidantov pôsobilo kladne na aminoskupiny v chitosáne, preto dochádzalo k vzrastu do kladných hodnôt oproti vzorkám bez antioxidantov. Keďže za stabilné častice sa berú častice s viac ako 30 mV, z pomedzi všetkých vzoriek sa ukázala vzorka so škoricom, nanocelulózou a antioxidantmi, s hodnotou 28 mV. Meranie viskozity ukázalo, že čím sa toho do roztoku viac pridalo, tým viskozita klesala. Preto najvyššia viskozita bola nameraná u čistých vzoriek zeín-chitosánu ($4,57 \pm 0,18$), naopak najnižšia u zeín-chitosánu so škoricom ($3,18 \pm 0,08$). Pokles viskozity po pridaní vzoriek môže byť následkom narušenia síl medzi zeínom a chitosánom.

V čase odberoch boli vykonané testy ako pH, stráta váhy, zmena textúry, zmena hnednutia a zároveň bola vykonaná mikrobiologická analýza. Čo sa týka pH, jeho hodnota závisí na obsahu kyselín. Očakáva sa, že časom tieto kyseliny sa začnú štiepiť, a tak dôjde k nárastu pH. U vzoriek, ktoré boli obohatené o esenciálne oleje, dochádzalo počas všetkých 9 dní k minimálnym zmenám v pH. Naopak k poklesu pH dochádzalo u kontrol, kde nedochádzalo k očakávanému nárastu, ale naopak k poklesu pH. Keďže vzorky kontroly boli oproti ostatným vzorkám rýchlejšie skazené, je možné, že prítomná mikroflóra metabolizovala produkty, ktoré pH znižovala. Pre porovnanie bolo vykonané 3. meranie u vzoriek, ktoré neboli obohatené o antioxidanty. U týchto vzoriek sa hypotéza nárastu pH potvrdila u všetkých vzoriek, vrátane u tých, ktoré boli obohatené o esenciálne oleje (Obr. 18). Je teda možné povedať, že na stabilitu pH mal vplyv nie len prídavok esenciálnych olejov, ale aj antioxidantov. U stráty váhy nedošlo k významným výsledkom v porovnaní s kontrolou. Naopak najvyššia strata váhy bola zaznamenaná u roztoku zeín-

chitosán obohateného o antioxidanty, kde aj v porovnaní s kontrolou boli straty na váhe vyššie. U textúrometru boli merané dve veličiny - pevnosť a konzistencia. V obidvoch prípadoch došlo k podobným výsledkom. Najstabilnejšia stráta v textúre bola u vzoriek obohatených o esenciálne oleje, kde došlo k strate textúry v 3. dni a nasledujúce dni k výrazným zmenám nedochádzalo. Naopak u ostatných vzoriek dochádzalo k lineárnemu nárastu straty. Taktiež bolo preukázané, že vzorky obohatené o nanocelulózu boli o niečo menej náchylné na stratu oproti vzorkám bez nej. Meranie hnednutia predstavovalo, ako rýchlo vzorky v závislosti na čase zhnednú. Keďže vplyv esenciálnych olejov nemal výrazný vplyv na hnednutie, naopak vzhľadovo vzorky vyzerali hnedšie oproti kontrolám, preto sa porovnanie použilo doplnkové meranie sady bez antioxidantov. U týchto dvoch sadách bolo hneď už po 1. dni vidieť veľké rozdiely, kde u vzorkách bez antioxidantov bolo v porovnaní s tými obohatenými výrazne viac zhnednuté, oproti tým obohatenými. Výsledky sa preukázali nie len na základe nameraných absorbancií, ale aj vizuálne. Je teda možné povedať, že prídavok antioxidantov malo výrazne pozitívny vplyv na vzhľad jabĺčiek. Mikrobiologické testovanie ukázalo, že vzorky obohatené o esenciálne oleje sú najviac stabilné, respektívne mali významný vplyv na predĺženie trvanlivosti jabĺčok. Okrem esenciálnych olejov mali vplyv na trvanlivosť aj vzorky obohatené o nanocelulózu, ktorá taktiež napomáhala k podpore stability a predĺženiu trvanlivosti. Pre porovnanie, kontroly vody k došlo výraznému nárastu baktérií a plesní už v 3. dni, naopak u ostatných vzoriek došlo k nárastu mikroorganizmov až v 6. dni. U vzorky tymiánu s antioxidantmi a vzorky škorice, antioxidantov a nanocelulózy, nedošlo k žiadnemu nárastu mikroorganizmov až do 9. dňa.

Ako doplnkové testovanie bola vykonaná senzorická analýza, keďže ide o jedlé obaly, teda možnosti konzumácie obalu spolu s potravinou. Vzorky boli hodnotené medzi siedmimi respondentmi, ktorí hodnotili znaky ako vzhľad, konzistencia, chuť a vôňa. Vzhľadovo nedošlo takmer k žiadnym dôležitým výsledkom, keďže vzorky boli testované v deň namáčania do roztokov. Významné zmeny boli namerané najmä u konzistencie, chuti a vône, kde vo všetkých prípadoch boli viac preferovanými vzorky kontrol, teda voda a voda obohatená o antioxidanty. Naopak najmenej preferovanými vzorkami boli vzorky s tymiánom. Chuťovo bol tymián veľmi výrazný, až na jazyku páľil. Táto vlastnosť bola mierne zmiernená u vzorky s prídavkom nanocelulózy, ktorá časť aromatických látok esenciálneho oleja pohltila. Vzorky škorice boli viac preferovanejšími, no stále boli vzorky výrazne aromatické a jablčko tak strácalo svoju prirodzenosť.

Keďže v posledných rokoch sa kladie veľká pozornosť na znižovanie odpadu, najmä plastov, do popredia sa tak dostávajú možnosti biodegrabilného balenia, medzi ktoré patria aj jedlé obaly. Keďže biopolyméry, ktoré tvoria matricu obalu, nevykazujú dostatočnú mechanickú a biologickú ochranu, mnoho výskumov sa zameriava na pridaní bioaktívnych látok, ktoré majú zlepšiť vlastnosti ochrany. Vďaka tejto práci bolo potvrdené, že esenciálne oleje škorica a tymián majú významný vplyv a skvelý potenciál ovplyvniť pozitívne vlastnosti jedlých obalov. Ich využitie a najmä zníženie koncentrácií na poživatelné hodnoty, by mohli byť vecou budúceho výskumu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ATHANASSIOU, Athanassia, 2020. *Sustainable Food Packaging Technology*. John Wiley. ISBN 9783527820085.
- [2] B. GOL, Neeta a T.V. Ramana RAO. Influence of zein and gelatin coatings on the postharvest quality and shelf life extension of mango (*Mangifera indica* L.). *Fruits* [online]. 2014, 69(2), 101-115 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0248-1294. Dostupné z: doi:10.1051/fruits/2014002
- [3] Bai, J., Alleyne, V., Hagenmaier, R.D. et al. (2003). Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). *Postharvest Biology and Technology* 28 (2): 259–268. doi: 10.1016/S0925-5214(02)00182-5.
- [4] BALDWIN, Elizabeth A., Robert HAGENMAIER a Jinhe BAI, 2012. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* [online]. New York: Taylor&Francis Group [cit. 2022-04-24]. ISBN 978-1-4200-5966-3.
- [5] BAYSAL, T., S.E. BÍLEK a E. APAYDIN, 2010. The effect of corn zein edible film coating on intermediate moisture apricot (*Prunus Armenica* L.) quality [online]. Turkey: *Association of Food Technology*, 245–249 [cit. 2022-04-24]. ISSN 1300-3070. Dostupné z: <http://www.gidadernegi.org>
- [6] BREWER, M.S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2011, 10(4), 221-247 [cit. 2022-04-24]. ISSN 15414337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x
- [7] CAGRI, ARZU, ZEYNEP USTUNOL a ELLIOT T. RYSER. Antimicrobial Edible Films and Coatings. *Journal of Food Protection* [online]. 67, 833-848 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.833>
- [8] CAMPO, Vanessa Leiria et al., 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers*. (Volume 77, 2), 167-180. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>
- [9] CERQUEIRA, Miguel A., Álvaro M. LIMA, Bartolomeu W. S. SOUZA, José A. TEIXEIRA, Renato A. MOREIRA a António A. VICENTE. Functional Polysaccharides as Edible Coatings for Cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 2009, 57(4), 1456-1462 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf802726d

- [10] CUI, H.Y. et al. Anti-listeria effects of chitosan-coated nisin-silica liposome on Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science* [online]. 99(11), 8598-8606 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0022-0302. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11658>
- [11] DENG, Zilong, Jooyeoun JUNG, John SIMONSEN, Yan WANG a Yanyun ZHAO. Cellulose Nanocrystal Reinforced Chitosan Coatings for Improving the Storability of Postharvest Pears Under Both Ambient and Cold Storages. *Journal of Food Science* [online]. 2017, 82(2), 453-462 [cit. 2022-05-02]. ISSN 00221147. Dostupné z: doi:[10.1111/1750-3841.13601](https://doi.org/10.1111/1750-3841.13601)
- [12] DZURENDOVA, Simona, Cristian Bolano LOSADA, Benjamin Xavier DUPUY-GALET, Kai FJÆR a Volha SHAPAVAL. Mucoromycota fungi as powerful cell factories for modern biorefinery. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2022, 106(1), 101-115 [cit. 2022-05-07]. ISSN 0175-7598. Dostupné z: doi:[10.1007/s00253-021-11720-1](https://doi.org/10.1007/s00253-021-11720-1)
- [13] EUR-Lex [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: www.eur-lex.europa.eu
- [14] FALGUERA, Víctor, Juan Pablo QUINTERO, Alberto JIMÉNEZ, José Aldemar MUÑOZ a Albert IBARZ. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2011, 22(6), 292-303 [cit. 2022-04-24]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:[10.1016/j.tifs.2011.02.004](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004)
- [15] FARINA, Vittorio, Roberta PASSAFIUME, Ilenia TINEBRA, Eristanna PALAZZOLO a Giuseppe SORTINO. Use of Aloe Vera Gel-Based Edible Coating with Natural Anti-Browning and Anti-Oxidant Additives to Improve Post-Harvest Quality of Fresh-Cut 'Fuji' Apple. *Agronomy* [online]. 2020, 10(4) [cit. 2022-04-26]. ISSN 2073-4395. Dostupné z: doi:[10.3390/agronomy10040515](https://doi.org/10.3390/agronomy10040515)
- [16] Fellows, P. 2000. Coating or enrobing. In Fellows, P (Ed.). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. 3rd ed. Woodhead, Cambridge, UK. pp. 455–461.
- [17] GENNADIOS, Aristippos, Sang PARK, Zhi JU a Navam HETTIARACHCHY. Formation And Properties Of Soy Protein Films And Coatings. GENNADIOS, Aristippos, ed. *Protein-Based Films and Coatings* [online]. CRC Press, 2002, 2002-02-07 [cit. 2022-04-17]. ISBN 978-1-58716-107-0. Dostupné z: doi:[10.1201/9781420031980.ch4](https://doi.org/10.1201/9781420031980.ch4)
- [18] GHAOUTH, Ahmed El, Rathy PONNAMPALAM, François CASTAIGNE a Joseph ARUL. Chitosan Coating to Extend the Storage Life of Tomatoes. *HortScience* [online].

1992, 27(9), 1016-1018 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0018-5345. Dostupné z: doi:10.21273/HORTSCI.27.9.1016

[19] GHAOUTH, AHMED, JOSEPH ARUL, RATHY PONNAMPALAM a MARCEL BOULET. USE of CHITOSAN COATING to REDUCE WATER LOSS and MAINTAIN QUALITY of CUCUMBER and BELL PEPPER FRUITS. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 1991, 15(5), 359-368 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-4549.1991.tb00178.x

[20] Grant, L, and Bums, JK. 1994. Ch. 8. Application of coatings. In: Krochta, JM, Baldwin, EA, and Nisperos-Carriedo, M (Eds.). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic, Lancaster, PA. pp. 189–200

[21] GUPTA, Charu et al., 2008. Comparative analysis of the antimicrobial activity of cinnamon oil and cinnamon extract on some food-borne microbes. *African Journal of Microbiology Research* [online]. 247-251 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.5897/AJMR.9000180

[22] HARISH PRASHANTH, K.V. a R.N. THARANATHAN. Chitin/chitosan: modifications and their unlimited application potential—an overview. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2007, 18(3), 117-131 [cit. 2022-04-17]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2006.10.022

[23] HASSAN, Bilal, Shahzad Ali Shahid CHATHA, Abdullah Ijaz HUSSAIN, Khalid Mahmood ZIA a Naseem AKHTAR. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2018, 109, 1095-1107 [cit. 2022-04-17]. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097

[24] HAUG, Ingvild J., Kurt I. DRAGET a Olav SMIDSRØD. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids* [online]. 2004, 18(2), 203-213 [cit. 2022-04-17]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/S0268-005X(03)00065-1

[25] HUBER, Kerry C. a Milda E. Embuscado EMBUSCADO. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. 2009. ISBN 978-0-387-92823-4.

- [26] JIANG, Yueming a Yuebiao LI, May 2001. Effects of chitosancoating on post harvest life and quality of long an fruit. *FoodChemistry* [online]. 139-143 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00246-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00246-6)
- [27] KHAN, Muhammad KashifIqbal, Hulya CAKMAK, Şebnem TAVMAN, Maarten SCHUTYSER a Karin SCHROËN. Anti-browning and barrier properties of edible coatings prepared with electrospraying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2014, 25, 9-13 [cit. 2022-04-17]. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:[10.1016/j.ifset.2013.10.006](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.10.006)
- [28] KIM, Dae-Hyeong, Jonathan VIVENTI, Jason J. AMSDEN, et al. Dissolvable films of silk fibroin for ultra thin conformal bio-integrated electronics. *Nature Materials* [online]. 2010, 9(6), 511-517 [cit. 2022-04-17]. ISSN 1476-1122. Dostupné z: doi:[10.1038/nmat2745](https://doi.org/10.1038/nmat2745)
- [29] KOH, Leng-Duei, Yuan CHENG, Choon-Peng TENG, et al. Structures, mechanical properties and applications of silk fibroin materials. *Progress in Polymer Science* [online]. 2015, 46, 86-110 [cit. 2022-04-17]. ISSN 00796700. Dostupné z: doi:[10.1016/j.progpolymsci.2015.02.001](https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2015.02.001)
- [30] KOUSHESH SABA, Mahmoud a Ommol Banin SOGVAR. Combination of carboxymethylcellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cutapples. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2016, 66, 165-171 [cit. 2022-04-17]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:[10.1016/j.lwt.2015.10.022](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.022)
- [31] KROCHTA, John. Proteins as Raw Materials for Films and Coatings. GENNADIOS, Aristippos, ed. Protein-Based Films and Coatings [online]. *CRC Press*, 2002, 2002-02-07 [cit. 2022-04-17]. ISBN 978-1-58716-107-0. Dostupné z: doi:[10.1201/9781420031980.ch1](https://doi.org/10.1201/9781420031980.ch1)
- [32] LÓPEZ DE LACEY, A.M. et al., 2012. Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innovative FoodScience & Emerging Technologies*. Madrid, Spain, (Volume 16), 277-282. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.07.001>
- [33] LUND, Marianne N., Marina HEINONEN, Caroline P. BARON a Mario ESTÉVEZ. Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition & Food Research* [online]. 2011, 55(1), 83-95 [cit. 2022-04-24]. ISSN 16134125. Dostupné z: doi:[10.1002/mnfr.201000453](https://doi.org/10.1002/mnfr.201000453)

- [34] MA, Jinju, Zhiqiang ZHOU, Kai LI, et al. Novel edible coating based on shellac and tannic acid for prolonging postharvest shelf life and improving overall quality of mango. *Food Chemistry* [online]. 2021, 354 [cit. 2022-05-09]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.129510
- [35] MARELLI, B., M. A. BRECKLE, D. L. KAPLAN a F. G. OMENETTO. Silk Fibroin as Edible Coating for Perishable Food Preservation. *Scientific Reports* [online]. 2016, 6(1) [cit. 2022-04-17]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/srep25263
- [36] MCMURRY, John, 2011. *Organic Chemistry*. 2011. Brooks/ColeCengageLearning. ISBN 9780840054531.
- [37] MEHYAR, Ghadeer F. et al., 2011. Antifungal Effectiveness of Potassium Sorbate Incorporated in Edible Coatings Against Spoilage Molds of Apples, Cucumbers, and Tomatoes during Refrigerated Storage. *Journal of Food Science* [online]. 2011, 76, M210-M217 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02059.x
- [38] MERCK [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: www.sigmaaldrich.com
- [39] Molecular depot [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: www.moleculardepot.com
- [40] MORADI, Mehran, Seyedeh Alaleh KOUSHEH, Roghayieh RAZAVI, et al. Review of microbiological methods for testing protein and carbohydrate-based antimicrobial food packaging. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2021, 111, 595-609 [cit. 2022-05-09]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2021.03.007
- [41] MORA-HUERTAS, C.E., H. FESSI, A. ELAISSARI a Yoshinobu IZUMI, 2010. Polymer based nanocapsules for drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics*. 385(1-2), 113-142. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2009.10.018. ISSN 03785173. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378517309007273>
- [42] National Center for Biotechnology Information (2022). PubChem Compound Summary for CID 612, Lactic acid. Retrieved April 24, 2022 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lactic-acid>.
- [43] National Center for Biotechnology Information (2022). PubChem Compound Summary for CID 1032, Propionic acid. Retrieved April 24, 2022 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Propionic-acid>.

- [44] NORRRAHIM, Mohd Nor Faiz, Norizan Mohd NURAZZI, Mohd Azwan JENOL, et al. Emerging development of nanocellulose as an antimicrobial material: an overview. *Materials Advances* [online]. 2021, 2(11), 3538-3551 [cit. 2022-05-07]. ISSN 2633-5409. Dostupné z: doi:10.1039/D1MA00116G
- [45] O'KEEFFE, Triona a Colin HILL, 1999. BACTERIOCINS: Potential in Food Preservation. *Encyclopedia of Food Microbiology* [online]. 183-191 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1006/rwfm.1999.0150
- [46] OLIVAS, G.I., D.S. MATTINSON a G.V. BARBOSA-CÁNOVAS. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2007, 45(1), 89-96 [cit. 2022-04-17]. ISSN 09255214. Dostupné z: doi:10.1016/j.postharvbio.2006.11.018
- [47] PATEL, Prachi. Edible Packaging. *ACS Central Science* [online]. 2019, 5(12), 1907-1910 [cit. 2022-04-24]. ISSN 2374-7943. Dostupné z: doi:10.1021/acscentsci.9b01251
- [48] PEREZ-GAGO, M.B., M. SERRA, M. ALONSO, M. MATEOS a M.A. DEL RÍO. Effect of whey protein- and hydroxypropylmethylcellulose- based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Post harvest Biology and Technology* [online]. 2005, 36(1), 77-85 [cit. 2022-04-17]. ISSN 09255214. Dostupné z: doi:10.1016/j.postharvbio.2004.10.009
- [49] PUSHKALA, R., K.R. PARVATHY a N. SRIVIDYA, October 2012. Chitosan powder coating, a novel simple technique for enhancement of shelflife quality of carrot shreds stored in macroperforated LDPE packs. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 11-20 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.03.003
- [50] QI, Haiping, Wenzhong HU, Aili JIANG, Mixia TIAN a Yingqiu LI. Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2011, 12(1), 62-66 [cit. 2022-05-02]. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifset.2010.11.001
- [51] QUIRÓS-SAUCEDA, Ana Elena, Jesús Fernando AYALA-ZAVALA, Guadalupe I. OLIVAS a Gustavo A. GONZÁLEZ-AGUILAR. Edible coatings as encapsulating matrices for bioactive compounds: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2014, 51(9), 1674-1685 [cit. 2022-04-17]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-013-1246-x

- [52] Researchgate [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: www.researchgate.net
- [53] RUITER, Gerhard A. a Brian RUDOLPH, 1997. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 8(12), 389-395. DOI: 10.1016/S0924-2244(97)01091-1. ISSN 09242244. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224497010911>
- [54] SAKKAS, Hercules a Chrissanthy PAPADOPOULOU. Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme EssentialOils. *Journal of Microbiology and Biotechnology* [online]. 2017, 27(3), 429-438 [cit. 2022-04-17]. ISSN 1017-7825. Dostupné z: [doi:10.4014/jmb.1608.08024](https://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024)
- [55] SEDLAŘÍKOVÁ, Jana, Magda JANALÍKOVÁ, Ondřej RUDOLF, Jana PAVLAČKOVÁ, Pavlína EGNER, Petra PEER, Vendula VARAĐOVÁ a Jiří KREJČÍ. Chitosan/Thyme Oil Systems as Affected by Stabilizing Agent: Physical and Antimicrobial Properties. *Coatings* [online]. 2019, 9(3) [cit. 2022-05-08]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: [doi:10.3390/coatings9030165](https://doi.org/10.3390/coatings9030165)
- [56] SHARMA, Poorva, V. P. SHEHIN, Navpreet KAUR a Pratibha VYAS. Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: a review. *International Journal of Vegetable Science* [online]. 2018, 25(3), 295-314 [cit. 2022-04-17]. ISSN 1931-5260. Dostupné z: [doi:10.1080/19315260.2018.1510863](https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1510863)
- [57] SHARMA, Shubham, Sandra BARKAUSKAITE, Amit K. JAISWAL a Swarna JAISWAL. Essential oils as additives in active food packaging. *Food Chemistry* [online]. 2021, 343 [cit. 2022-05-09]. ISSN 03088146. Dostupné z: [doi:10.1016/j.foodchem.2020.128403](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128403)
- [58] SHENDURSE, AM. Milk protein based edible films and coatings—preparation, properties and food applications. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering* [online]. 2018, 8(2) [cit. 2022-04-17]. ISSN 23734310. Dostupné z: [doi:10.15406/jnhfe.2018.08.00273](https://doi.org/10.15406/jnhfe.2018.08.00273)
- [59] SMAOUI, Slim, Hajer BEN HLIMA, Loleny TAVARES, Olfa BEN BRAÏEK, Karim ENNOURI, Slim ABDELKAFI, Lotfi MELLOULI a Amin MOUSAVI KHANEGHAH. Application of eco-friendly active films and coatings based on natural antioxidant in meat products: A review. *Progress in Organic Coatings* [online]. 2022, 166 [cit. 2022-04-24]. ISSN 03009440. Dostupné z: [doi:10.1016/j.porgcoat.2022.106780](https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106780)

- [60] SUN, Guohou, Tieqiang LIANG, Wenying TAN a Lijuan WANG. Rheological behaviors and physical properties of plasticized hydrogel films developed from κ -carrageenan incorporating hydroxypropylmethylcellulose. *Food Hydrocolloids* [online]. 2018, 85, 61-68 [cit. 2022-05-03]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2018.07.002
- [61] STUCHELL, YVONNE M. a JOHN M. KROCHTA. Edible Coatings on Frozen King Salmon: Effect of Whey Protein Isolate and Acetylated Monoglycerides on Moisture Loss and Lipid Oxidation. *Journal of Food Science* [online]. 1995, 60(1), 28-31 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2621.1995.tb05599.x
- [62] TORUN, Mehmet a Feramuz OZDEMIR, 2022. Milk protein and zein coatings over peeled garlic cloves to extend their shelf life. *Scientia Horticulturae* [online]. 291 [cit. 2022-04-24]. ISSN 0304-4238. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110571
- [63] TRAN, Thi-Nga, ATHANASSIOU, Athanassia, ed., 2021. Active Antioxidant Additives in Sustainable Food Packaging. *Sustainable Food Packaging Technology* [online]. Chapter 13 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1002/9783527820078.ch13
- [64] TZOUMAKI, Maria V., Costas G. BILIADERIS a Miltiadis VASILAKAKIS. Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry* [online]. 2009, 117(1), 55-63 [cit. 2022-04-17]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.076
- [65] VALDÉS, Arantzazu, Nuria BURGOS, Alfonso JIMÉNEZ a María GARRIGÓS. Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings. *Coatings* [online]. 2015, 5(4), 865-886 [cit. 2022-04-17]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings5040865
- [66] VALERO, Daniel, Huertas M. DÍAZ-MULA, Pedro J. ZAPATA, Fabián GUILLÉN, Domingo MARTÍNEZ-ROMERO, Salvador CASTILLO a María SERRANO. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* [online]. 2013, 77, 1-6 [cit. 2022-04-17]. ISSN 09255214. Dostupné z: doi:10.1016/j.postharvbio.2012.10.011
- [67] VARVARA, Michele, Giancarlo BOZZO, Chiara DISANTO, Cosimo Nicola PAGLIARONE a Gaetano Vitale CELANO, 2016. The use of the ascorbic acid as food additive and technical-legal issues. *Italian Journal of Food Safety* [online]. 5(1), 7-10.

DOI: 10.4081/ijfs.2016.4313. ISSN 2239-7132. Dostupné z: <http://www.pagepressjournals.org/index.php/ijfs/article/view/ijfs.2016.4313>

[68] VILLEGAS, R., T. P. O'CONNOR, J. P. KERRY a D. J. BUCKLEY. Effect of gelatin dip on the oxidative and colour stability of cooked ham and bacon pieces during frozen storage. *International Journal of Food Science and Technology* [online]. 1999, 34(4), 385-389 [cit. 2022-04-17]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2621.1999.00284.x

[69] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie*. 2. opr. vyd. Praha: Academia, 1996. ISBN 80-200-0600-1.

[70] WALIMBE, Tanaya a Alyssa PANITCH. Best of Both Hydrogel Worlds: Harnessing Bioactivity and Tunability by Incorporating Glycosamino glycans in Collagen Hydrogels. *Bioengineering* [online]. 2020, 7(4) [cit. 2022-04-29]. ISSN 2306-5354. Dostupné z: doi:10.3390/bioengineering7040156

[71] WILLS, Ron B. H. a John Brett GOLDING, 2015. *Advances in postharvest fruit and vegetable technology*. 2015. Florida: Boca Raton, Florida : CRC Press, [2015]. ISBN 978148221697.

[72] WITTAYA, Thawien. Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties. AMER EISSA, Ayman, ed. *Structure and Function of Food Engineering* [online]. In *Tech*, 2012, 2012-08-22 [cit. 2022-04-17]. ISBN 978-953-51-0695-1. Dostupné z: doi:10.5772/48167

[73] YOUSUF, Basharat, Ovais Shafiq QADRI a Abhaya Kumar SRIVASTAVA. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT* [online]. 2018, 89, 198-209. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.051. ISSN 00236438. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817308046>

[74] *Zákony pro lidi* [online]. 2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: www.zakonyprolidi.cz

[75] ZHANG, Yachuan, Curtis REMPEL a Derek MCLAREN. Edible Coating and Film Materials. *Innovations in Food Packaging* [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 305-323 [cit. 2022-04-17]. ISBN 9780123946010. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-394601-0.00012-6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Z:CH	Zeín - chitosán
CNC	Nanocelulóza
PCA	Plate count agar
VRBA	Violet Red Bile Agar
CHYGA	Chloramphenicol Yeast Glucose Agar

ZOZNAM OBRÁZKOV


Obr. 1 Chemická štruktúra celulózy (Merck, 2022)	15
Obr. 2 Pektín a pektináza (Merck, 2022)	16
Obr. 3 Škrob (Merck, 2022).....	16
Obr. 4 κ , ι a λ – karagenán (Ruiter, Rudolph, 1997).....	18
Obr. 5 Štruktúra kolagénu (Walimbe, Panitch, 2020)	21
Obr. 6 Želatína (ResearchGate, 2022)	21
Obr. 7 Hodvábný fibroín (Science direct, 2022)	22
Obr. 8 Chitosán (Merck, 2022).....	23
Obr. 9 Vitamín C (Merck, 2022)	26
Obr. 10 α -Tokoferol (Merck, 2022).....	27
Obr. 11 Kyselina benzoová (Merck, 2022).....	29
Obr. 12 Sorban draselný (Merck, 2022)	30
Obr. 13 Kyselina propiónová (Merck, 2022).....	30
Obr. 14 Kyselina octová (Merck, 2022)	31
Obr. 16 Roztoky polymérov zeín-chitosánových a vody s antioxidantmi (č.2)	44
Obr. 17 Grafické znázornenie nárastu a poklesu zeta potenciálu u roztokov a ich namerané pH hodnoty	49
Obr. 18 Grafické znázornenie zmeny pH v čase u vzoriek s antioxidantmi.....	52
Obr. 19 Grafické znázornenie zmeny pH v čase u vzoriek bez antioxidantov	52
Obr. 20 Grafické znázornenie straty váhy v odberoch 3., 6., a 9. dní	54
Obr. 21 Percentuálna strata pevnosti (%)	56
Obr. 22 Grafické znázornenie straty konzistencie (%) v závislosti na čase	57
Obr. 23 Porovnanie rýchlosti hnednutia vzoriek s a bez prídavku antioxidantov	59
Obr. 24 Na ľavo vzorky s antioxidantmi v 0. deň, na pravo vzorky bez antioxidantov v rovnakom čase	59
Obr. 25 Na ľavo vzorky s antioxidantmi v 3. deň, na pravo vzorky bez antioxidantov v rovnakom čase	60
Obr. 26 Na ľavo vzorky s antioxidantmi v 6. deň, na pravo vzorky bez antioxidantov v rovnakom čase	60

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Možnosti aplikácie chitosánu	24
Tab. 2 Možnosti aplikácie extraktov z čaju ((Brewer, 2011), (Thi-Nga, 2021)	27
Tab. 3 Možnosti aplikácie ovocných semien (Thi-Nga, 2021).....	28
Tab. 4 Významné antimikrobiálne zložky esenciálných olejov (Brewer, 2011).....	32
Tab. 5 Zóna inhibície (mm) škoricového oleja a extraktu proti baktériam a hubám na Mueller-Hinton agare(Gupta, <i>et al</i> , 2008)	33
Tab. 6 Pracovné roztoky a ich zloženie	44
Tab. 7 Pracovné roztoky, prídavky jednotlivých zložiek	44
Tab. 8 Namerané hodnoty zeta potenciálu.....	48
Tab. 9 Namerané hodnoty viskozity	50
Tab. 10 Namerané hodnoty pH.....	51
Tab. 11 Strata váhy v odberoch 3., 6. a 9. deň (%).....	53
Tab. 12 Nameraná hodnoty pevnosti	55
Tab. 13 Namerané hodnoty konzistencie.....	57
Tab. 14 Namerané hodnoty absorbancie.....	58
Tab.15 Nárast mikroorganizmov na PCA, CHYGA a VRBA u vzoriek v závislosti na čase	61
Tab. 16 Vyhodnotenie senzorickej analýzy	62

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: PROTOKOL PRE SENZORICKÚ ANALÝZU

		Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická Protokol pre senzorické hodnotenie jablák obalených v jedlých obaloch	
Meno a priezvisko:		Dátum:	
Skupina:		Podpis:	

Úloha 1: Hodnotenie farby, konzistencie, vône a chuti

Pomocou stupnice ohodnoťte farbu a vzhľad, konzistenciu, vôňu a chuť predložených vzorkov. Výsledky zapíšte do tabuľky.

	Vzorka A	Vzorka B	Vzorka C	Vzorka D
Vzhľad a farba				
konzistencia				
Vôňa a chuť				

	Vzorka E	Vzorka F	Vzorka G	Vzorka H
Vzhľad a farba				
konzistencia				
Vôňa a chuť				

Stupnica pre vzhľad a farbu:

1. Vynikajúce - charakterické pre jablčko, bez známok hnednutia,
2. Chváľitebné - menej výrazné ako u prvého stupňa
3. Dobré - menej výrazné ako u druhého stupňa, jemné známky hnednutia
4. Neuspokojivé - jablčko príliš zhnednuté, známky zvráštenia sa,
5. Neprijateľné/nevyhovujúce - hnedé, zvráštené,

Stupnica pre konzistenciu:

1. Vynikajúce - typické na jablčko, príjemne tuhá, šľavnatá
2. Chváľitebné - menej výrazné ako u prvého stupňa
3. Dobré - menej výrazné ako u druhého stupňa, mierne múčnaté

4. Neuspokojivé - výrazne múčne, nie je šľavnaté,
5. Neprijateľné/nevyhovujúce - múčne, nešľavnaté, konzistencia netuhá

Stupnica pre vôňu

1. Vynikajúce - Typická pre jablčko a (prípadne olejoch = tymian, škorica), svieža
2. Chváľitebné - menej výrazné / trochu výrazné
3. Dobré - málo výrazné / príliš výrazné
4. Neuspokojivé - nevýrazné / výrazné
5. Neprijateľné/nevyhovujúce - hnojúca / štipľavá po použitých surovinách

Stupnica pre chuť

1. Vynikajúce - Typická pre jablčko a (prípadne olejoch = tymian, škorica), svieža
2. Chváľitebné - menej výrazné / trochu výrazné
3. Dobré - málo výrazné / príliš výrazné
4. Neuspokojivé - nevýrazné / výrazné
5. Neprijateľné/nevyhovujúce - hnojúca / štipľavá po použitých surovinách

