



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Diplomová práce

Netradiční rostlinné zdroje pektinu a možnosti
jejich využití
Non-traditional plant sources of pectin and the
possibilities of their use

Autor(ka) práce: Bc. Simona Červená

Vedoucí práce: doc. Ing. Jana Pexová Kalinová, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Hlavním cílem diplomové práce je shromáždit informace o druzích rostlin, které by byly vhodnými netradičními zdroji pektinu. Dílčím cílem je na vybraném druhu ověřit možnost jeho využití jako zdroje pektinu pro potravinářství. Diplomová práce představuje 13 rostlinných druhů, u kterých hodnotí chemické složení, vlastnosti, a především možnosti jejich využití. Experimentální část ověřuje teoretické poznatky na jednom z představených zástupců – tykvi olejné. U vybraného druhu byla stanovena: výťažnost hrubého pektinu, vaznost vody, vaznost oleje, ochota tvorby želé a filmu. Nejperspektivnějšími rostlinami byly shledány: *Amaranthus cruentus*, *Beta vulgaris*, *Crataegus monogyna*, *Cucurbita pepo*, *Daucus carota*, *Helianthus annuus*, *Linum usitatissimum*, *Pisum sativum*, *Solanum lycopersicum*. Druhy mají potenciál pro vysoký obsah bioaktivních látek, zejména pektinů. Pektin lze doporučit k využití nejen v potravinářství, ale i v lékařství, farmacii a obalovém sektoru.

Klíčová slova: pektin, netradiční zdroje pektinu, želírovací schopnost, využití pektinu

Abstract

The main objective of the diploma thesis is to collect information on plant species that would be suitable non-traditional sources of pectin. Another objective is to verify on a selected species the possibility of its use as a source of pectin for the food industry. The diploma introduces 13 plant species and evaluates their chemical composition, properties and especially the possibilities of their use. The experimental part verifies the theoretical knowledge on one of the introduced representatives – oil pumpkin. The following parameters were determined for the selected species: yield of crude pectin, water binding, oil binding, and willingness to form jelly and film. The most promising plants were found to be: *Amaranthus cruentus*, *Beta vulgaris*, *Crataegus monogyna*, *Cucurbita pepo*, *Daucus carota*, *Helianthus annuus*, *Linum usitatissimum*, *Pisum sativum*, *Solanum lycopersicum*. The species have the potential for a high content of bioactive substances, especially pectins. Pectin can be recommended for use not only in the food industry, but also in the medical, pharmaceutical and packaging sectors.

Keywords: pectin, non-traditional sources of pectin, gelling ability, pectin utilization

Poděkování

Děkuji vedoucí diplomové práce doc. Ing. Janě Pexové Kalinové Ph.D. za její čas a cenné rady, zejména v experimentální oblasti. Poděkování patří rovněž firmě AGRO-EL Znojmo, která mi poskytla tykve olejně.

Obsah

Úvod.....	7
1 Pektiny	8
1.1 Obecné vlastnosti pektinů	8
1.2 Funkce pektinů v rostlině	8
1.3 Struktura pektinů	9
1.4 Podmínky tvorby gelu	10
1.5 Aplikace pektinů.....	11
2 Tradiční zdroje pektinu	13
3 Netradiční zdroje pektinu	15
3.1 Zeleninové zdroje pektinu	17
3.1.1 Hrách setý (<i>Pisum sativum</i>)	17
3.1.2 Mrkev obecná (<i>Daucus carota</i>)	19
3.1.3 Tykev obecná (<i>Cucurbita pepo</i>)	20
3.1.4 Rajče jedlé (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	22
3.1.5 Řepa obecná (<i>Beta vulgaris</i>).....	23
3.2 Ovocné zdroje pektinu.....	24
3.2.1 Temnoplodec černoplodý (<i>Aronia melanocarpa</i>).....	24
3.2.2 Bez černý (<i>Sambucus nigra</i>)	26
3.2.3 Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i>)	27
3.2.4 Růže šípková (<i>Rosa canina</i>).....	28
3.2.5 Hloh jednosemenný (<i>Crataegus monogyna</i>).....	29
3.3 Ostatní zdroje pektinu	31
3.3.1 Len setý (<i>Linum usitatissimum</i>)	31
3.3.2 Slunečnice roční (<i>Helianthus annuus</i>)	32
3.3.3 Laskavec krvavý (<i>Amaranthus cruentus</i>).....	34
4 Cíle práce	37

5	Materiál a metodika.....	38
5.1	Materiál	38
5.2	Lokalizace pektinu v buňkách.....	38
5.3	Stanovení výtěžnosti hrubého pektinu.....	39
5.4	Stanovení vaznosti.....	40
5.4.1	Vaznost vody.....	40
5.4.2	Vaznost oleje.....	40
5.5	Hodnocení želé	41
5.6	Tvorba filmu.....	42
5.7	Statistické vyhodnocení výsledků	43
6	Výsledky	44
6.1	Lokalizace pektinu v buňkách.....	44
6.2	Stanovení sušiny tykve olejné	45
6.3	Stanovení výtěžnosti hrubého pektinu.....	45
6.4	Stanovení vaznosti vody a oleje	45
6.5	Hodnocení želé	46
6.5.1	Želírovací schopnost pektinu tykve olejné.....	46
6.5.2	Barva želé z tykve olejné	47
6.6	Vlastnosti filmu	47
6.6.1	Průhlednost filmu.....	47
6.6.2	Tloušťka filmu	48
6.6.3	Barevnost filmu.....	48
7	Diskuse.....	49
	Závěr	52
8	Literatura	54
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek	66

Úvod

V současné době nabývá stále většího významu snaha o dosažení trvale udržitelného rozvoje. Udržitelný rozvoj je založen na rovnováze environmentálního, ekonomického a sociálního pilíře.

Největší překážkou udržitelnosti je rychle se rozrůstající lidská populace a rozvíjející se průmysl. Téměř všechny státy musí čelit výzvám jako jsou – změna klimatu, znečišťování ekosystémů, přečerpávání přírodních zdrojů, ztráta úrodné půdy, nárůst produkce odpadu, změna demografického uspořádání či prohlubující se nerovnosti.

Zásadním úkolem pro společnost je omezit dopady průmyslu na ekosystémy. Cílem je například zmírnit únik chemikálií do volné přírody nebo optimalizovat využívání zdrojů.

Jedna z hlavních oblastí, na kterou je třeba se zaměřit je potravinářský průmysl. Potravinářství má zajistit dostatek potravin pro obživu lidstva – mnohdy je však produkce nadbytečná. Podle organizace FAO se na světě ročně vyhodí až jedna třetina potravin, což odpovídá 1,3 miliardy tunám. Markantnější problém s odpadovým hospodářstvím je hlášen ve vyspělých zemích. Podíl vyprodukovaného odpadu na osobu odpovídá ročně v Evropě a USA 95 až 115 kg, což je zhruba desetkrát více než v subsaharské Africe či jihovýchodní Asii (Agrnavigator.cz, 2011; AVČR, 2023).

Největší ztráty jsou hlášeny u rostlinných komodit. Ztráty vznikají již při prvovýrobním zpracování surovin. Odpad z rostlinných materiálů se používá buďto jako krmivo pro hospodářská zvířata, na zelené hnojení, na kompostování, jako surovina k výrobě bioplynu anebo se jako takový likviduje (Agrnavigator.cz, 2011).

Zbytky po zpracování ovoce a zeleniny obsahují řadu bioaktivních sloučenin (např. pektiny, aminokyseliny, vitaminy, minerální látky, flavonoidy, karotenoidy, sacharidy, lipidy, mastné kyseliny), které lze aplikovat v mnoha oborech. Pektiny jsou strukturální polysacharidy, podílející se na stavbě buněčných stěn vyšších rostlin. Množství pektinu a jeho charakteristické vlastnosti jsou dány především zdrojem rostlinné biomasy a metodou izolace. Díky svým inherentním funkčním vlastnostem, snadné dostupnosti, netoxicitě a levné výrobní ceně jsou pektické polysacharidy stále více žádané na světovém trhu.

Rostoucí poptávka trhu vede k hledání nových zdrojů pektinu. V souvislosti se zvyšujícím se zájmem o zachování trvale udržitelného rozvoje je snaha odhalit skrytý potenciál pektinu přítomného v různých netradičních zdrojích rostlinného původu.

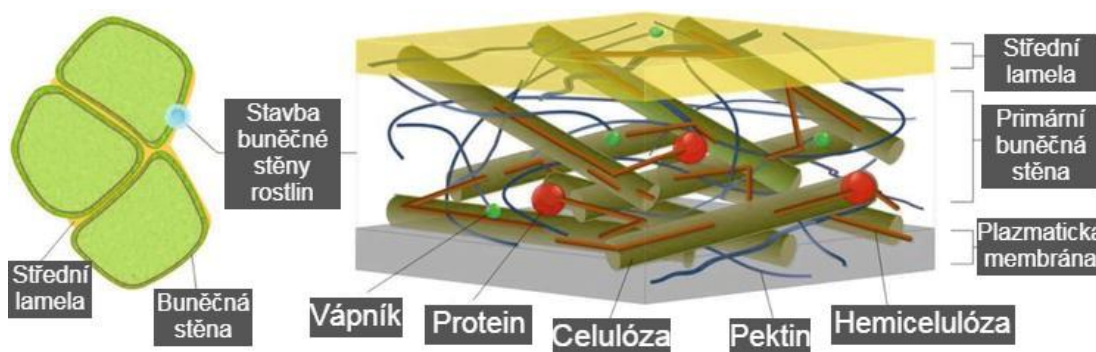
1 Pektiny

1.1 Obecné vlastnosti pektinů

Pektiny jsou polysacharidy představující přibližně jednu třetinu sušiny buněčné stěny vyšších rostlin. Nižší podíly těchto polysacharidů se nacházejí v buněčných stěnách trav. Koncentrace pektinu je nejvyšší ve střední lamelle buněčné stěny a směrem k plazmatické membráně postupně klesá (Sriamornsak, 2003g). Stavba buněčné stěny rostlin je znázorněna na obrázku 1.

Obecně platí, že pektiny jsou rozpustné ve vodě. Rozpustnost monovalentních kationtových solí pektinových kyselin je lepší než rozpustnost divalentních a trivalentních kationtů. Suchý práškový pektin má po přidání do vody tendenci k velmi rychlé hydrataci a k tvorbě shluků. Tvorbě shluků lze zabránit například smícháním pektinového prášku s vodorozpustným materiálem (Sriamornsak, 2003g).

Podobně jako rozpustnost, je i viskozita roztoku pektinu ovlivňována molekulovou hmotností, koncentrací přípravku, hodnotou pH, přítomností opačně nabitých iontů v roztoku a stupněm esterifikace. Viskozita, rozpustnost a gelace jsou provázány. Faktory zvyšující sílu gelu mohou snižovat rozpustnost, a naopak zvyšovat viskozitu (Sriamornsak, 2003g).



Obrázek 1: Stavba buněčné stěny rostlin (Robledo a Vázquez, 2019)

1.2 Funkce pektinů v rostlině

Složitá struktura pektinu predikuje mnoho funkcí ve vývoji a růstu rostlin. Na základě studií byla prokázána například korelace mezi schopností epidermálních buněk diferencovat se na prodlužující se vláknité buňky a pektinovým obalem na primárních stěnách a vyvíjejících se bavlněných vlákních (Ridley et al., 2001).

Primární úlohou pektinů je zpevnění buněčné stěny rostlin. Dále se podílí na buněčné adhezi, zajišťují turgiditu, definují poréznost buněčných stěn, ovlivňují transport

iontů, zvyšují mechanickou i teplotní odolnost a celkově mají vliv na aktivaci imunitního systému rostlin (Gawkowska et al., 2018; Lara-Espinoza et al., 2018).

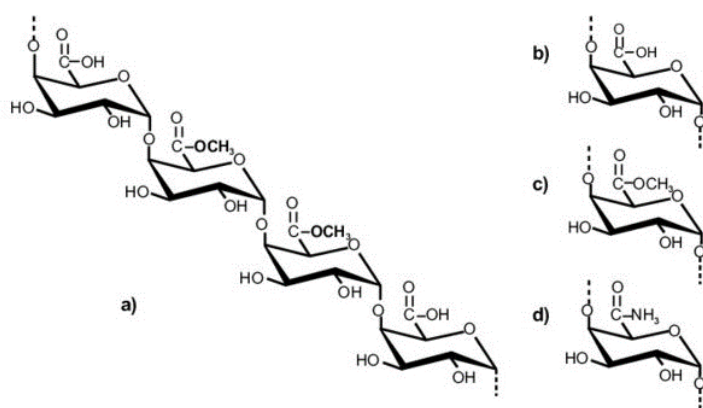
1.3 Struktura pektinů

Pektiny jsou v podstatě lineární polysacharidy. Podobně jako většina ostatních rostlinných polysacharidů jsou polydisperzní a polymolekulární. Charakteristické jsou rozdílným složením, které je dané zdrojem a podmínkami aplikovanými během izolace. Každý vzorek pektinu má specifické parametry. Například molekulová hmotnost či obsah jednotlivých podjednotek se odlišuje molekulu od molekuly. Přestože byly pektiny objeveny před více než 200 lety, není jejich složení a struktura prozatím zcela objasněna (Sriamornsak, 2003g).

Pektiny jsou složeny z několika stovek až tisíců sacharidových jednotek v konfiguraci podobné řetězci (Sriamornsak, 2003g). Řetězec je tvořen převážně molekulami α -1,4-D-galakturonové kyseliny. Některé typy pektinu mohou obsahovat i substituční skupiny – methanolvé, octové, fenolové či amidové (obrázek 2) (Sundarraaj et al., 2017).

Na základě rentgenových studií difrakčních vláken byla u galakturonanových segmentů prokázána schopnost tvorby helixů (Sriamornsak, 2003g).

Nejvýznamnějšími pektickými polysacharidy jsou: homogalakturonan (HG), rhamnogalakturonan I (RGI), rhamnogalakturonan II (RGII), xylogalakturonan (XGA) a apiogalakturonan (AGA) (Gawkowska et al., 2018; Harholt et al., 2010; Lara-Espinoza et al., 2018; Mohnen, 2008; Ridley et al., 2001).



Obrázek 2: (a) opakující se segment molekuly pektinu a funkční skupiny: (b) karboxyl; (c) ester; (d) amid v pektinovém řetězci (Sundarraaj, 2012)

Vzhledem ke složité struktuře není přesný mechanismus biosyntézy pektinů zcela objasněn. Podle mnoha provedených studií bylo prozatím dokázáno, že převážná část

syntézy polysacharidů probíhá na Golgiho vezikulách (Gawkowska et al., 2018; Harholt et al., 2010; Lara-Espinoza et al., 2018; Mesbahi et al., 2005; Mohnen, 2008).

1.4 Podmínky tvorby gelu

Nejpodstatnější využití pektinu je založeno na jeho schopnosti tvorby gelů. Pektiny lze klasifikovat podle stupně esterifikace (DE), který ovlivňuje tvorbu gelu. Průběh esterifikace závisí na druhu tkáně a její zralosti. Na základě procentuálního podílu karboxylových skupin esterifikovaných metanolem rozlišujeme vysoce methoxylové pektiny (HM) a nízko methoxylové pektiny (LM). Pro HM pektiny je běžný podíl od 60 do 75 % a u LM pektinů je podíl skupin nižší než 50 % (Sriamornsak, 2003g).

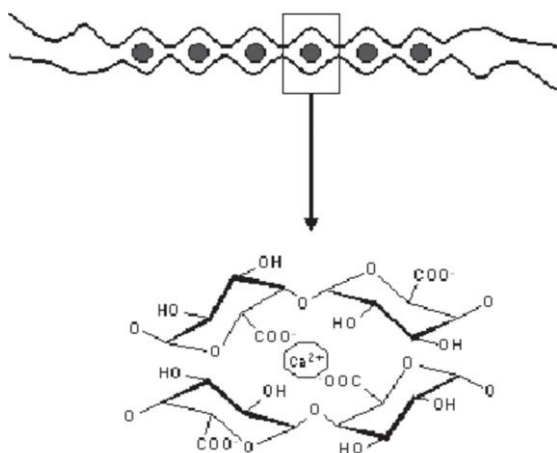
HM pektiny vyžadují pro gelovatění specifické podmínky – nízké pH (2,5–3,5) a přítomnost rozpustných pevných látek (sacharóza, sorbitol, ethylenglykol). Hlavní funkcí cukrů při tvorbě gelů je snížit aktivitu vody kvůli stabilizaci spojovacích zón podporou hydrofobních interakcí. Účinek cukrů závisí na jejich molekulární geometrii a na interakcích se sousedními molekulami vody (Lara-Espinoza et al., 2018).

Vzniklý gel je považován za dvourozměrnou síť molekul pektinu, ve které je imobilizováno rozpouštědlo s cukry. Výsledný systém je odolný vůči deformaci. Vytváření 3D sítě je založeno na tvorbě spojovacích zón stabilizovaných vodíkovými vazbami mezi karboxylovými skupinami, sekundárními alkoholovými skupinami a hydrofobními interakcemi mezi methylestery. HM – pektinové gely vykazují schopnost tepelné reverzibility. HM pektiny jsou rozpustné v horké vodě a často obsahují disperzní činidlo, zabráňující hrudkování (Lara-Espinoza et al., 2018).

LM pektiny želírují nezávisle na obsahu cukru a jsou více stabilní vůči vlhkosti a teple než HM pektiny. Výhodou je rovněž jejich širší rozmezí pH, při kterém dokážou tvořit gely. LM pektiny želírují v přítomnosti dvojmocných kationtů, nejčastěji vápenatých. Proces gelovatění lze snadno zvrátit přidáním monovalentních iontů, obvykle vápenatých nebo draselných. V těchto systémech způsobuje gelovatění tvorba intermolekulárních spojovacích zón mezi páry karboxylových skupin v homogalakturonických hladkých oblastech řetězců (Lara-Espinoza et al., 2018).

Mechanismus LM-pektinové gelace spočívá především ve známém modelu „egg-box“ (obrázek 3). Po počáteční silné asociaci dvou polymerů do dimeru, následuje utváření slabé interdimerní agregace. Agregace je řízena zejména elektrostatickými

interakcemi a iontovou vazbou karboxylových skupin. Želírovací schopnost LM pektinů se zvyšuje s klesajícím stupněm methylace (Lara-Espinoza et al., 2018; Sriamornsak, 2003g).



Obrázek 3: Schematické znázornění vazby vápníku na polygalaktonátové sekvence: dimer „egg box“ a „egg-box“ dutina (Sriamornsak, 2003h)

Životnost spojů jednotlivých karboxylových skupin je určena silou elektrostatických vazeb. Vazby jsou stabilní, pokud je na vnitřní straně každého zúčastněného řetězce nejméně sedm po sobě jdoucích karboxylových skupin. Přítomnost methylových skupin v primární páteři omezuje rozsah možnosti tvorby gelu. Amidace naopak zlepšuje gelovací schopnost LM pektinů (Sriamornsak, 2003g).

LM pektiny s blokovou distribucí volných karboxylových skupin jsou velmi citlivé na nižší množství vápníku. Některé rostliny, jako jsou brambory či cukrová řepa, obsahují acetylové skupiny. Acetylové skupiny sice zabraňují tvorbě gelu s vápenatými ionty, ale zvyšují stabilitu pektinové emulze. Textura gelů s nízkým obsahem methoxylových pektinů může být řízena úpravou poměru pektinu a vápníku. Vysoký obsah pektinu a relativně malé množství vápníku podporuje elasticitu gelu. I když cukr není u LM pektinů k tvorbě gelů klíčový, může jeho přítomnost zvýšit pevnost i kvalitu gelů. Přítomnost malého množství cukru (10–20 %) snižuje množství vápníku potřebného ke gelaci. Vyšší koncentrace cukru (nad 60 %) naopak narušují proces gelace, jelikož dehydratace cukru podporuje vodíkové vazby a zeslabuje sílu vazeb dvojmocných iontů (Lara-Espinoza et al., 2018; Sriamornsak, 2003g).

1.5 Aplikace pektinů

Možnosti využití pektických polysacharidů jsou velmi rozsáhlé. Pektiny se uplatňují nejen v potravinářství, lékařském průmyslu a farmacii, ale i v dalších nově se rozvíjejících sektorech (obrázek 4) (Chandel et al., 2022a).

V potravinářském průmyslu jsou díky všestranným želírovacím vlastnostem používány HM i LM pektiny. HM pektiny se používají jako gelující a texturizační činidla (džemy, želé). S rozvíjejícím se trendem produktů se sníženým obsahem cukru narůstá poptávka i po LM pektinech. LM pektiny jsou přidávány do řady nízkokalorických potravin, vhodných především pro diabetiky. V pekařských výrobcích plní pektiny funkci strukturotvorných činidel a v mlékárenském průmyslu jsou aplikovány do zakysaných výrobků pro stabilizaci (Chandel et al., 2022a).

Pektiny mají příznivý vliv na zdraví organismu. Disponují silnými probiotickými, antioxidačními a antibakteriálními vlastnostmi. Ve farmacii se z pektinů připravují například léky na různé gastrointestinální poruchy. Experimentální studie odhalily, že vysoký stupeň esterifikace a molekulová hmotnost pektinu, může pomoci jedincům trpícím mírnou cholesterolemií. Pektiny dále podporují hojení ran a působí synergeticky na medikamenty k léčbě rakoviny (Chandel et al., 2022a).

Dalším průmyslovým odvětvím potenciální aplikace pektických polysacharidů je obalový sektor. Pektiny jsou dobrými substancemi na výrobu jedlých filmů a balicích fólií. Výhodou pektinových povlaků je obnovitelnost a biologická odbouratelnost. Filmy chrání potraviny před vnějším prostředím, čímž prodlužují trvanlivost výrobků (Chandel et al., 2022a).



Obrázek 4: Aplikace pektinu (Chandel et al., 2022b)

2 Tradiční zdroje pektinu

Mezi hlavní zdroje pektinu pro komerční účely jsou řazeny zejména jablka a citrusové plody (pomeranče, citróny, limetky, grapefruity, pomela, mandarinky). Velký význam mají bezpochyby i vedlejší produkty z průmyslových zpracování zmíněných plodů – citrusové kůry a jablečné výlisky (Cortés-Camargo et al., 2023; Chandel et al., 2022a; Lara-Espinoza et al., 2018; Thakur et al., 1997).

Za tradiční zdroje pektinu jsou považovány druhy ovoce, běžně pěstované na území České republiky: švestky, angrešt, kdoule, třešně, jahody, maliny, ostružiny, rybíz, hrozny, hrušky a řada dalších (tabulka 1) (Lara-Espinoza et al., 2018; Muñoz-Almagro et al., 2021; Sozaeva et al., 2016).

Tabulka 1: Tradiční zdroje pektinu – výtěžnost, metody extrakce

zdroj	výtěžek pektinu [%]	extrakční metoda	reference
angrešt	7,01	extrakce kyselinou citrónovou	(Konrade et al., 2023)
citrusové plody	5,2–35	extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou dusičnou, mikrovlnná extrakce, ultrazvuková metoda	(Dranca a Oroian, 2018; Chandel et al., 2022a; Pagliaro et al., 2015)
černý rybíz	2,7–12,1	extrakce kyselinou citrónovou	(Alba et al., 2018; Konrade et al., 2023)
červený rybíz	2,2–8,8	extrakce kyselinou citrónovou	(Konrade et al., 2023; Muñoz-Almagro et al., 2021)
hroznové výlisky	2–32,3	extrakce kyselinou dusičnou, ultrazvuková extrakce pomocí kyseliny citrónové	(Alba et al., 2018; Spinei a Oroian, 2021)
hrušky	4,2–6,8 g/100g sušiny	enzymatická extrakce rekombinantní polygalakturonázou	(Chandel et al., 2022a)
jablečné výlisky	4,2–19,8	extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou dusičnou	(Dranca a Oroian, 2018; Chandel et al., 2022a; Pagliaro et al., 2015)
jahody	3,9–9	extrakce kyselinou citrónovou	(Muñoz-Almagro et al., 2021)
kdoule	1,25–10,49	extrakce vodou, extrakce směsí ethanolu a vody	(Minaiyan et al., 2012; Qin et al., 2019)
maliny	8,8–12,2	extrakce kyselinou citrónovou	(Muñoz-Almagro et al., 2021)

ostružiny	3,7–9,1	extrakce kyselinou citrónovou	(Muñoz-Almagro et al., 2021)
švestky	9,64–13,26	extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou dusičnou, extrakce kyselinou chlorovodíkovou	(Khan a Nandkishor, 2019; Konrade et al., 2023)
třešně	3,31–5,32	extrakce kyselinou citrónovou	(Du et al., 2023; Konrade et al., 2023)

3 Netradiční zdroje pektinu

Trend hledání nových zdrojů pektinu nabývá v současné době stále více na významu (Lara-Espinoza et al., 2018). V souvislosti s rostoucím zájmem o zachování trvale udržitelného rozvoje by potenciálním řešením mohlo být například využití vedlejších odpadních produktů průmyslu (Cortés-Camargo et al., 2023; Lara-Espinoza et al., 2018).

Mezi nejvýznamnější odpadní průmyslové produkty jsou řazeny: řízky cukrové řepy, olivové výlisky, zbytky slunečnicových hlávek, mangová kůra, slupky sójových bobů, amarant, vyřazená mrkev a zbytky po seřezání fazolí a pórku (Gnanasambandam a Proctor, 1999; Chandel et al., 2022a; Christiaens et al., 2015; Lara-Espinoza et al., 2018).

Častým předmětem diskuse je úvaha o cukrové řepě jakožto komerčním zdroji pektinu. Vysoký obsah pektinu v cukrové řepě podnítil zájem k výzkumu plodiny. Výsledky studií byla odhalena řada strukturních nevýhod pektinu oproti citrusovým a jablečným zdrojům. Nejzásadnější překážkou se ukázala omezená želírovací schopnost. Na základě zjištěných poznatků, byla cukrová řepa označena za plodinu nevhodnou pro komerční výrobu (Chandel et al., 2022a; Turquois et al., 1999).

Další alternativou je využití slupek, kůry, skořápek a semen některých rostlin. Za zmínku stojí pektin získávaný z ořechů (mandle, pistácie, vlašské ořechy), luštěninových lusků a semen, kakaových lusků či kukuřičného šustí (Colodel a Petkowicz, 2019; Cortés-Camargo et al., 2023; Higuera-Coelho et al., 2021).

Nové zdroje pektinů, jejichž výzkumem se vědci v posledních letech zajímají, jsou různé druhy zeleniny. Zeleninové zdroje pektinu jsou prezentovány především zástupci jako: tykve, lilek, mrkev, cibule, luštěniny, pórek, celer, čajot, rajčata (Babbar et al., 2016; Cortés-Camargo et al., 2023; Christiaens et al., 2015; Lara-Espinoza et al., 2018).

Zdrojem pektických polysacharidů pro budoucí aplikace by mohly být rovněž méně známé ovocné druhy, běžně rostoucí v České republice. Vhodnými jsou například dřeviny rodů – *Aronia*, *Crataegus*, *Rosa*, *Sambucus* a *Sorbus* (Guo et al., 2019; Ho et al., 2015; Kulling et al., 2008; Ognyanov et al., 2016; Zlobin et al., 2012).

Příklady výtěžností netradičních rostlinných zdrojů pektinů, extrahovaných různými metodami jsou uvedeny v tabulce 2. Charakteristické vlastnosti vybraných zástupců z těchto zdrojů jsou shrnuty v tabulce 3.

Tabulka 2: Netradiční zdroje pektinu – výtěžnost, metody extrakce

zdroj	výtěžek pektinu [%]	extrakční metoda	reference
bez černý	0,23–1,54	extrakce vodou	(Nawirska-Olszańska et al., 2022; Pascariu a Israel-Roming, 2022)
hloh obecný	11,96–20,96	extrakce kyselinou citrónovou, enzymatická extrakce celulázou, xylanázou	(Guo et al., 2019; Novikova a Skrypnik, 2021)
hrách setý	1,4–25,1	extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou dusičnou, enzymatická extrakce	(Gutöhrlein et al., 2020; Noguchi et al., 2020; Ramirez et al., 2021)
jeřáb ptačí	2–10,59	extrakce pomocí šťavelanu amonného, extrakce kyselinou chlorovodíkovou	(Deren'ko a Suprunov, 1979; Zlobin et al., 2012)
kakaovník pravý	2–7,62	extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou chlorovodíkovou, extrakce kyselinou askorbovou	(Chandel et al., 2022a; Priyangini et al., 2018)
laskavec krvavý	10,2–25	enzymatická hydrolýza, extrakce kyselinou šťavelovou, extrakce kyselinou chlorovodíkovou	(Minzanova et al., 2014c; Minzanova et al., 2014d)
len setý	5,56–25	enzymatická hydrolýza pektinázou, extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou chlorovodíkovou	(Ahmad et al., 2021; Guilloux et al., 2009)
mangovník indický	13,85–17,15	extrakce kyselinou chlorovodíkovou, extrakce kyselinou citrónovou, mikrovlnná extrakce, ultrazvuková metoda	(Chandel et al., 2022a; Wang et al., 2016)
mrkev obecná	5–27,1	extrakce kyselinou citrónovou, ultrazvuková enzymatická extrakce (celuláza, hemiceluláza)	(Encalada et al., 2019; Jafari et al., 2017)
rajče jedlé	9,3–35,7	ultrazvuková metoda, mikrovlnná extrakce, extrakce kyselinou šťavelovou, ohmická extrakce s ohřevem	(Grassino et al., 2016e; Grassino et al. 2016f; Sengar et al., 2020)
růže šípková	1,7–14,8	extrakce kyselinou chlorovodíkovou, extrakce kyselinou šťavelovou, extrakce šťavelanem amonným, extrakce roztokem chloridu vápenatého	(Ognyanov et al., 2016; Ropciuc et al., 2015)

řečík pistáciový	10,3–18,13	extrakce pomocí kyseliny citrónové, kyseliny chlorovodíkové a kyseliny sírové s extrakcí za pomoci ultrazvuku, mikrovlnná extrakce	(Chandel et al., 2022a; Kazemi et al., 2019)
řepa obecná	4,37–28,84	enzymatická extrakce xylanázou, celulázou a jejich směsmi, ultrazvuková metoda, extrakce pomocí šťavelanu amonného	(Chandel et al., 2022a; Mesbahi et al., 2005)
slunečnice roční	7,3–25	alkalické praní, extrakce hexametfosforečnanem sodným s následným vysrážením kyselinou chlorovodíkovou	(Chandel et al., 2022a; Iglesias a Lozano, 2004; Miyamoto a Chang, 1992)
temnoplodec černoplodý	0,3–8	extrakce vodou	(Kulling et al., 2008; Oziembłowski et al., 2022)
tykev obecná	3,1–20,9	alkalická extrakce, extrakce vodou, extrakce kyselinou citrónovou, extrakce kyselinou dusičnou, extrakce kyselinou chlorovodíkovou, mikrovlnná extrakce, ultrazvuková metoda	(Hamed a Mustafa, 2018; Košťálová et al., 2009; Košťálová 2010; Košťálová et al., 2013; Košťálová et al., 2016; Noh et al., 2022; Nurdjanah a Usmiati, 2006)

3.1 Zeleninové zdroje pektinu

3.1.1 Hrách setý (*Pisum sativum*)

Hrách setý je jednoletá bylina z čeledi bobovitých. Jedná se o starou kulturní plodinu, která je rozšířena téměř po celém světě. Nejhojněji se vyskytuje na polích a zahradách. Časté jsou i plané formy plodiny, vyskytující se na skládkách, rumišťích nebo okrajích komunikací (Chrtková, 1995).

Na trhu je nabízena řada odrůd hrachu setého. Odrůdy jsou vybírány na základě klimatických podmínek a plánovaného budoucího využití. Rostlina je pěstována nejen pro plody, ale i pro nať (zdroj píce, zelené hnojení) (Chrtková, 1995).

Hrách setý obsahuje 20–30 % proteinů. Podíl globulinů je výrazně vyšší než albuminů – představuje přibližně 65–80 %. Kromě proteinů jsou v izolátech či koncentrátech hrachových bílkovin přítomny – sacharidy (3–10 %), lipidy (0,3–3,5 %) a vlhkost (4–9 %). Pro dobré nutriční vlastnosti se uplatňuje jako potravinová složka ve

výživě lidí i hospodářských zvířat. Významné množství proteinů vzbudilo zájem vědců ve výzkumu nových vlastností. Ukázalo se, že hrách vyniká příznivými emulgačními vlastnostmi. Do budoucna by mohl pomoci v hledání spotřebitelsky přívětivých rostlinných bílkovinných přísad, které by nahradily živočišné zdroje či alergenní složky (Burger a Zhang, 2019).

Příznivé účinky hrachu na zdraví člověka zajišťuje i přítomnost bioaktivních peptidů. Tyto peptidy inhibují například enzym konvertující angiotenzin (ACE), oligopeptid zvyšující krevní tlak (Burger a Zhang, 2019).

Při komerčním zpracování luštění dochází k mechanické separaci hrachových slupek. Výhodou vznikajících vedlejších produktů je nenáročnost na skladování. Hrachové slupky lze, na rozdíl od jiných vedlejších odpadních produktů, shromažďovat v suchém stavu až do dalšího zpracování potravinářským závodem. Hrachové slupky představují přibližně 7–12 % celkové hmoty hrachu (Gutöhrlein et al., 2020). V České republice se produkce hrachu setého pohybuje kolem 3 t/ha (SZIF, 2023). Jelikož je hrách jednou z nejvýznamnějších luštěnin na trhu, má využití odpadních produktů velký potenciál (Gutöhrlein et al., 2020).

Převážná část hmoty hrachových slupek (až 75 %) je tvořena celulózou a hemice-lulózou. Další složkou jsou uronové kyseliny (9–17 %), z nichž nejvýznamnější je kyselina galaktouronová (Gutöhrlein et al., 2020).

Gutöhrlein et al. (2020) zkoumali vliv různých parametrů (teplota, pH, čas) na výtěžek a složení pektických polysacharidů (PPS) v hrachových slupkách. PPS byly extrahovány kyselinou dusičnou a citrónovou. Kyselina citrónová poskytla nepatrně vyšší množství PPS (3,5–9,8 %) než kyselina dusičná (1,4–8 %). Vyšší výtěžnost (25 %) uvedli Noguchi et al. (2020), kteří extrahovali pektin z hrachové vlákniny za pomoci enzymů. Ukázali tak jednu z možných cest, jak efektivně využít vedlejší produkty, vznikající extrakcí škrobu a bílkovin ze semen hrachu.

Na základě stupně methylace náleží plodina k LM pektinům. PPS z hrachových slupek vykazují povrchově aktivní vlastnosti, díky kterým je lze použít ke stabilizaci disperzních potravinových systémů – pěn, emulzí (Gutöhrlein et al., 2020).

Přestože nejsou odpadní produkty ze zpracování hrachu prozatím tolik využívány, jsou do budoucna potenciálními alternativními zdroji nejen pektinů, ale i obnovitelných zdrojů energie (Nimbalkar et al., 2018).

Existuje mnoho komerčních aplikací luštěninových extraktů aplikovaných i v kosmetickém průmyslu. Peptidické hydrolyzáty hrachu fungují jako zvlhčovače pokožky a látky zklidňující její podráždění (Tassoni et al., 2020).

Hrách setý je také jednou z luštěnin uplatňující se v rozvíjejícím se obalovém sektoru. Filmy jsou odvozovány z hrachových proteinů a jejich zajímavostí je odolnost vůči prostupnosti UV záření (Tassoni et al., 2020).

3.1.2 Mrkev obecná (*Daucus carota*)

Mrkev obecná je dvouletá bylina z čeledi miříkovitých. Jedná se o heliofilní druh, preferující sušší zásadité půdy bohaté na živiny. Vyžaduje důkladnou předset'ovou přípravu, omezující deformaci kořenů. Pěstována je na polích a zahradách, odkud se rozšiřuje na louky, do travních porostů, příkopů, naspů a na další ruderalní místa s nezačleněným vegetačním krytem (Kocián, 2003).

V současné době existuje již mnoho kultivarů mrkve obecné. Některé typy mají válcovitý tvar kořenu, jiné větvenovité. Odrůdy se od sebe dále odlišují například barvou kořenů či obsahem cukrů. Mrkev obecná je pěstována po celém světě, zejména v mírném pásmu. V tropických a subtropických oblastech je vysévána jako zimní plodina. V České republice je z pohledu výše produkce považována za velmi významnou kořenovou zeleninu (Kocián, 2003). Produkce mrkve odpovídá zhruba 36 t/ha (SZIF, 2023). Sklizeň probíhá zpravidla v prvním roce, kdy je kvalita kořene nejvyšší. V druhém roce rostlina kvete, vytváří semena a kvalita kořene se zhoršuje (Kocián, 2003).

Mrkev obecná je kořenová zelenina bohatá na bioaktivní sloučeniny, z nichž nejvýznamnější jsou karotenoidy a vláknina (Sharma et al., 2012). Dále se ve zdužnatěném kořenu nachází – cukry, steroly, fosfolipidy, vitaminy (A, C), vitaminy skupiny B a jiné minerální látky (Kocián, 2003).

Pro řadu důležitých obsahových látek se uplatňuje nejen potravinářském sektoru, ale i v lidovém léčitelství. Mrkev obecná zlepšuje zrak. Vhodnou složkou jídelníčku je při jaterní dietě, napomáhá v optimalizaci výměny minerálních látek, při srdečních obtížích, chudokrevnosti a všeobecně v podpoře imunitního systému. Vnější aplikace kašovitých obkladů z kořene urychluje léčbu kožních problémů. Plodina má projímavý a močopudný účinek a dokáže harmonizovat narušenou střevní mikroflóru. Využíván je nejen kořen, ale i mrkvová nať. Z mrkvové nati je možné připravit kašovité obklady či koupele (Kocián, 2003).

Uplatnění mrkve v potravinářském sektoru nabývá stále vyššího významu. Obsah zdraví prospěšných látek vede k nárůstu spotřeby mrkvových výrobků (šťáva, sušený

prášek, konzervy, nakládaná zelenina, bonbóny a další). Při výrobě mrkvové šťávy vzniká velké množství odpadu. V současnosti se vedlejší produkty likvidují jako krmivo nebo se přidávají do kompostů. Do budoucna by mrkvové výlisky mohly přispět k vývoji potravinových přísad a doplňků stravy (Sharma et al., 2012).

Jafari et al. (2017) se zabývali studií fyzikálně-chemických vlastností pektinu z mrkvových výlisků. Pektin byl izolován za pomoci kyseliny citrónové. Maximálního výtěžku pektinu (15,2 %) bylo dosaženo při 90 °C. Zjištěn byl vysoký obsah jednotek kyseliny D-galakturonové (75,5 %), který zajišťuje pevnost struktury pektinu a vypoovídá o dobré emulgační aktivitě. Mrkvový pektin je klasifikován jako nízko methoxylový, což bylo potvrzeno i z výsledků studie. Stupeň methylace se pohyboval v rozmezí 22,1–51,8 %.

3.1.3 Tykev obecná (*Cucurbita pepo*)

Tykev obecná je jednodomá jednoletá bylina z čeledi tykvovitých. Z původní oblasti výskytu – Střední Ameriky, postupně pronikla do evropských a asijských zemí. Pěstuje se zejména v teplejších místech mírného pásma – na polích, zahradách, kompostech. Rostlina se snadno přizpůsobuje klimatickým podmínkám. Vyskytovat se tak může i v horských či semiaridních oblastech (Vobořil, 2014). V České republice je výše tržní produkce přibližně 18 t/ha (SZIF, 2023).

Pro tykve je typická obrovská vnitrodruhová variabilita. Plody se mohou výrazně lišit tvarem, barvou i velikostí. Tykev obecná se vyznačuje tvrdými ostrohrannými lodyhami, drsnými ostře laločnatými listy a žlutými květy. Stopky plodů jsou tvrdé, hranaté a na konci bývají rozšířené. Slupka plodu je pevná, často bradavičnatá a plody mají výrazné hrany. Jedním z nejvýznamnějších poddruhů tykve obecné je tykev olejná (Vobořil, 2014).

Tykev obecná je přirozeným zdrojem bioaktivních sloučenin – karotenoidů, tokoferolů, fenolů, terpenoidů, saponinů, sterolů, mastných kyselin, funkčních sacharidů i polysacharidů. Karotenoidy a tokoferoly jsou nejvíce koncentrovány v semenech a slupce plodů. Semena dále obsahují velké množství tuků, proteinů a aminokyselin. Slupka plodů a listy rostliny obsahují několik speciálních bioaktivních proteinů, které prokázaly konzervační účinky (Salehi et al., 2019).

V potravinářském průmyslu se nejvíce zpracovává dužnina a semena plodu. Z dužniny tykví se nejčastěji vyrábí pyré, pokrmy a šťávy pro děti i kojence či džemy. Dužninu je rovněž možné kandovat či zamrazit. Jelikož je tykev bohatá na barviva – karotenoidy, získává se z ní pigment ve formě prášků. Práškové barvivo je novým

trendem v gastronomii. Používá se k zatraktivnění pekařských, cukrářských, těstovinových i mléčných výrobků. Prášek z tykve by se v budoucnu mohl uplatnit ve vývoji funkčních potravin (Kulczyński a Gramza-Michałowska, 2019).

Semena plodu tykve olejné jsou nezbytnou surovinou pro výrobu dýňového oleje. Olej působí příznivě na lidský organismus. Bylo prokázáno, že napomáhá například v léčbě benigní hyperplazie prostaty (Kulczyński a Gramza-Michałowska, 2019). Široké uplatnění má i moučka ze semen, která se používá pro kosmetické účely (Vobořil, 2014).

Plody tykví jsou v mnoha zemích považovány za léčivé a zdraví prospěšné potraviny. Vynikají vysokým obsahem – vitamínů, minerálních látek, fenolů, vlákniny, aminokyselin a mají tak významné antimikrobiální účinky (Salehi et al., 2019). Bioaktivní sloučeniny účinně neutralizují volné radikály, čímž zabraňují v potenciálním rozvoji mnoha onemocnění (Kulczyński a Gramza-Michałowska, 2019). Dýňové extrakty vykazují dobrou antibakteriální a antifungální aktivitu, která je dána přítomností steroidů, flavonoidů, tríslovin, alkaloidů a saponinů (Salehi et al., 2019).

Dýňové slupky se stále více uplatňují v oblasti farmacie, díky obrovskému množství antioxidantů (Cvetković et al., 2021).

Z dýňových semen a slupek lze extrahovat proteiny, které se dále využívají v oblasti rozvoje výroby jedlých filmů nebo v obalovém sektoru (Noh et al., 2022).

Vysoký obsah lignocelulózy předurčuje odpady dýní k využití na výrobu bioetanolu. Lignocelulózová biomasa se skládá převážně z komplexních sacharidů (celulóza, hemicelulóza) a aromatického polymeru (lignin). Lignin zpevňuje buněčné stěny a potlačuje enzymatickou aktivitu. Před zahájením výrobního cyklu je proto nutné narušení ligninu a změna krystalické struktury celulózy, aby došlo ke zvýšení citlivosti vůči enzymové aktivitě. Optimalizace předúpravy je zásadní pro zvýšení produkce požadovaných sloučenin, například celulózy (Noh et al., 2022).

Dýňová semena a slupky tykve olejné obsahují značné množství pektinu, který se nejčastěji extrahuje metodou kyselé hydrolýzy. Díky schopnosti zvyšovat viskozitu a tvořit vazbu s vodou má získaný pektin velký potenciál v potravinářském sektoru. Uplatňuje se například jako želírovací látka (džemy, rosoly), zahušťovadlo nebo jako stabilizátor v ovocných šťávách či mléce. Schopnost pektinu tvořit gel je silně ovlivněna stupněm esterifikace. Podle jedné z provedených studií dosahuje hodnota DE u tykve obecně běžně až 70 % a výtěžnost se pohybuje v rozmezí 3,1–20,9 (Hamed

a Mustafa, 2018; Košťálová et al., 2009; Košťálová et al., 2010; Košťálová et al., 2013; Košťálová et al., 2016; Noh et al., 2022; Nurdjanah a Usmiati, 2006).

3.1.4 Rajče jedlé (*Solanum lycopersicum*)

Rajče jedlé je jednoletá plodina z čeledi lilkovitých, která pochází z horských oblastí Střední a Jižní Ameriky. Do Evropy bylo rajče dovezeno jako okrasná rostlina v 16. století. V současnosti je již rozšířeno po celém světě, především v mírných a subtropických oblastech. V České republice je pěstováno v zahradách i v zemědělských kulturách. Plané formy se objevují na skládkách, rumišťích nebo v blízkosti železničních tratí (Hoskovec, 2008). Tržní produkce rajčat v České republice se pohybuje kolem 18 t/ha (SZIF, 2023).

Při průmyslovém zpracování plodiny vzniká velké množství vedlejších produktů. Rajčatové výlisky jsou směsí slupek, zbytků dužniny a semen. Kromě základních složek (tuky, cukry, bílkoviny) obsahují celou řadu bioaktivních látek: vláknina, karotenoidy, fenolické sloučeniny, hemicelulóza, pektiny, vitaminy, minerální látky, glykoalkaloidy a jiné (Domínguez et al., 2020; Navarro-González et al., 2011).

Největší potenciál pro využití v potravinářském sektoru mají především vláknina a pektické polysacharidy. Rajčatová vláknina vyniká vysokou koncentrací antioxidantů – fenolické sloučeniny, lykopen (Navarro-González et al., 2011). Kvantifikace těchto sloučenin však vyžaduje zdokonalení extrakčních technik, protože fenolické sloučeniny jsou vázány na buněčnou stěnu a lykopen je přítomen uvnitř chromoplastu. Extrakci lze provádět několika způsoby: buďto pomocí ultrazvukové techniky, vysokého hydrostatického tlaku, mikrovln nebo použitím rozpouštědel a modifikátorů (Domínguez et al., 2020).

V případě extrakce organickými rozpouštědly lze získat oleoresin. Oleoresin je polotuhá směs bohatá na pryskyřice, silice, lykopen a další karotenoidy. Slibné výsledky z mnohých studií naznačují, že aplikace směsi v masném průmyslu přináší řadu výhod. Oleoresin obecně zlepšuje nutriční kvalitu a sensorické vlastnosti masných produktů. Snižuje například oxidaci lipidů, čímž zvyšuje stabilitu výrobků a prodlužuje dobu trvanlivosti (Domínguez et al., 2020).

Další bioaktivní látkou podstatnou pro budoucí potravinářské aplikace je pektin. Podle několika provedených výzkumů náleží pektin, extrahovaný z rajčatových slupek, do skupiny HM pektinů. Fakt dokládá studie zaměřená na extrakci pektických látek ultrazvukovou metodou. Sengar et al. (2020) uvedli, že stupeň esterifikace se

v závislosti na zvolené extrakční technice pohybuje v rozmezí 59,76–76,00 % a výtěžnost dosahuje 9,3–25,42 %. Slupky rajčete jedlého by tak mohly být použity jako želírující činidlo v různých potravinářských aplikacích (Sengar et al., 2020).

Vedlejší produkty mají uplatnění nejen v potravinářském průmyslu. Pro obsah bi-oaktivních látek jsou atraktivní i pro lékařství, energetiku a farmaceutický nebo kosmetický průmysl. Někteří využívají rajčatové zbytky jako organické hnojivo či krmivo pro hospodářská zvířata (Fritsch et al., 2017; Navarro-González et al., 2011).

Rajčatové výlisky vykazují protizánětlivé, antialergenní, antimikrobiální, kardioprotektivní a antioxidační vlastnosti. Strava bohatá na rajčatové produkty prospívá zdravotnímu stavu. Pomáhá například ve snížení rizika výskytu kardiovaskulárních onemocnění a různých typů rakoviny (Domínguez et al., 2020).

3.1.5 Řepa obecná (*Beta vulgaris*)

Řepa obecná je povětšinou dvouletou plodinou z čeledi laskavcovitých. Kulturní subspecie se pěstují v mírných pásmech téměř po celém světě, nejhojněji v Evropě a Severní Americe. Mezi nejznámější variety řepy obecné jsou řazeny variety *rubra* a *altissima*, známé jako řepa červená a cukrová (Tomšovic, 1990).

Řepa vyžaduje hlubší hlinité, jílovitohlinité nebo písčitohlinité půdy s neutrální reakcí a dostatečně teplé podnebí. Limitujícím faktorem je především vláha, proto jsou v sušších oblastech dobré výnosy podmíněny závlahou. Řepa bývá běžně vysévána jak na pole, tak do zahrad. K hlavním produktivním oblastem plodiny jsou v České republice řazeny – Polabí, dolní Povltaví, Haná a Jihomoravská pahorkatina (Tomšovic, 1990). Produkce řepy obecné dosahuje v České republice zhruba 14 t/ha (SZIF, 2023).

Řepa obecná je pěstována zejména pro kořen bohatý na cukry, který je žádanou surovinou pro cukrovarnický průmysl. V menší míře jsou jako špenátová zelenina zpracovávány listy. Při zpracování vzniká velké množství odpadních produktů, takzvaných řízků (Mesbahi et al., 2005; Tomšovic, 1990). Podobně jako samotný kořen jsou i vedlejší produkty bohaté na cukry, vlákninu, minerální látky, vitaminy, aminokyseliny, mastné kyseliny, barviva (betalainy) a pektiny (Nemzer et al., 2011).

Pektické polysacharidy představují přibližně 25 % sušiny řepných řízků. Podle jedné ze studií se výtěžek extrahovaného pektinu pohyboval v rozmezí hodnot 5,7–22,4 % a stupeň esterifikace byl 58,92 % (Mesbahi et al., 2005). Pektické oligosacharidy mají příznivý vliv na zdraví. Na trhu jsou žádanou surovinou pro výrobu prebiotik. Zajišťují inhibici patogenních bakterií, optimalizaci činnosti trávicí

soustavy nebo snižují hladinu glukózy v krvi a výskyt rakoviny tlustého střeva (Babbar et al., 2016).

Mesbahi et al. (2005) se zabývali porovnáním extrahovaného řepného pektinu s komerčním citrusovým typem pektinu. Zkoumali účinky persíranu amonného a vliv úpravy pH hodnot na viskozitu a gelovací vlastnosti.

Výsledky studie naznačují, že řepný pektin lze použít v určitých potravinách (kečupy, ovocné sirupy) jako zahušťovadlo nebo činidlo zvyšující viskozitu. V porovnání s citrusovým pektinem není řepný pektin schopen tvorby dostatečně pevných gelů. Horší želírovací schopnost pektinu může být dána jeho nižší molekulovou hmotností a přítomností acetylových skupin. Pro zlepšení jeho funkčních vlastností je zapotřebí provádět další studie. Navýšit viskozitu a želírovací potenciál by mohlo pomoci například kyselější pH nebo přidání persíranu amonného, látky utvářející oxidační vazby mezi pektinovými řetězci (Mesbahi et al., 2005).

Plodina obsahuje významné množství betalainů, uplatňujících se jako potravinářská barviva se silnou antioxidační aktivitou. Nedávno byla objevena nová metoda velkoobjemového chromatografického čištění extraktu z kořene řepy, která poskytuje kvalitní produkt, vhodný pro různé aplikace ve farmacii nebo potravinářských technologiích. Snižování obsahu cukru navíc otevírá cestu pro izolaci betalainů či jiných minoritních betalainových složek ve větším měřítku (Nemzer et al., 2011).

Dále lze řepné řízky uplatnit jako složku krmiva pro hospodářská zvířata nebo v oblasti energetiky (výroba bioetanolu) (Babbar et al., 2016).

3.2 Ovocné zdroje pektinu

3.2.1 Temnoplodec černoplodý (*Aronia melanocarpa*)

Temnoplodec černoplodý je keř z čeledi růžovitých, pocházející z východní části Severní Ameriky. Postupem času se rozšířil zejména na sever Evropy, do Německa, Polska, Běloruska, Ruska, Íránu, Turecka a na sever Afriky. Jedná se o nenáročnou rostlinu, která se dokáže vyrovnat i se silnějšími mrazy. Temnoplodec černoplodý se dříve vysazoval na vinicích. Dnes je běžně pěstován v zahradách nebo jako okrasná rostlina v parcích. Plody dozrávají během srpna a září (Biela, 2008; Křísa a Kirschner, 1992). Temnoplodec produkuje nejvíce bobulí od sedmého roku po výsadbě – 3 až 8 kg (Wonderhedge team, 2024).

Čerstvé plody mají trpkou chuť, proto se přímo konzumují pouze zřídka. Častěji jsou využívány jako surovina v potravinářském průmyslu. Z plodů se připravují především šťávy, džemy, pyré, želé, čaje, vína, likéry, lihoviny, potravinářská barviva a další doplňky výživy (Sidor a Gramza-Michałowska, 2019).

V průmyslu se nejvíce uplatňují bobule, jako jedny z nejbohatších ovocných zdrojů polyfenolů a sorbitolu. Kromě polyfenolických sloučenin obsahují také – vlákninu, vitaminy (B, C, E, K), minerální látky (K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn), karotenoidy, pektiny, organické kyseliny, sacharidy, rutin a další (Kulling at al., 2008; Sidor a Gramza-Michałowska, 2019).

Vysoký obsah fenolů zaručuje dobrou antioxidační aktivitu a příznivé účinky na zdravotní stav organismu. Temnoplodec černoplodý má dlouhodobou tradici jak v evropském, tak v severoamerickém léčitelství (Kulling at al., 2008). Dokáže pomoci například při léčbě vysokého krevního tlaku, aterosklerózy a jiných chronických zánětlivých onemocněních. Značné množství rutinu v plodech je využíváno ve farmaceutickém sektoru pro výrobu léčiv (Biela, 2008).

Antioxidanty z výlisků navyšují trvanlivost potravin a antibakteriální látky se běžně aplikují v oblasti jedlých filmů (Lee at al., 2020).

Plody aronie se řadí mezi ovocné druhy s průměrným obsahem pektinu. Výtěžnost pektinu z čerstvého ovoce se běžně pohybuje v hodnotách 0,3–0,75 % (Oziembłowski et al., 2022). Oziembłowski et al. (2022) se zabývali izolací pektinů ze šťávy aronie pomocí destilované vody a dosáhli nepatrně vyššího podílu pektinů: 0,38–0,89 %. Nejvyšší obsah pektinu byl zaznamenán ve druhém vzorku, který byl ošetřen pomocí metody pulzního elektrického pole. Ošetření šťáv nemělo statisticky významný vliv na výsledky výzkumu.

Jurendić a Ščetar (2021) hodnotili nutriční profil a chemickou skladbu aronie. Vyzdvižen byl především obsah dietní vlákniny. Vláknina se vyznačovala značným podílem celulózy (35 %), hemicelulózy (34 %) a pektinu (8 %). Díky schopnosti sorpce škodlivých a minerálních látek, se jevila klíčovou pro lékařský průmysl.

Přestože mají čerstvé plody relativně nízký obsah pektinu, lze je díky dostatečné kyselosti použít pro výrobu džemů. Podíl pektinů je možné, pro zlepšení želírovací aktivity, navýšit například přidávkem jablek (Park et al., 2016).

Park et al. (2016) provedli studii zaměřenou na kvalitativní vlastnosti a antioxidační aktivitu aroniového džemu obohaceného o jablečnou kaši. Zkoumáno bylo: pH, textura, barva, obsah polyfenolů a senzorické vlastnosti. Výzkum ukázal, že při snížení

množství aronie došlo k zvýšení hodnoty pH (z 3,97 na 4,40), snížení obsahu polyfenolů a k poklesu antioxidační aktivity. Nejpříjemnější texturní parametry jevil čistý aroniový džem bez příměsí. S ohledem na senzorické vlastnosti a fyziologickou aktivitu je nejideálnější přidat do aroniového džemu 30 % jablečné složky.

3.2.2 Bez černý (*Sambucus nigra*)

Bez černý je dřevina z čeledi kalinovitých. Rozšířen je téměř po celé Evropě, objevuje se na severu Afriky i v Asii. Zavlečen byl například na Azory, východ Severní Ameriky a do jižní Argentiny. V České republice se vyskytuje hojně po celém území. Pro bez černý jsou optimální teplejší oblasti s vlhkými humózními půdami bohatými na dusík. Nejběžněji roste na rumištích a světlinách – paseky, okraje lesů, dále podél vodních toků nebo v obcích (Houska, 2007). Plody jsou mezi lidmi běžně označovány jako bezinky (Sidor a Gramza-Michałowska, 2015). Produkce dosahuje kolem 20 kg bezinek na rostlinu (Göttingerová, 2016).

Zpracovávají jsou zejména květ a plody dřeviny. Květenství i plody bezu černého jsou vhodnou surovinou pro výrobu kosmetických přípravků, chránících pokožku před UV zářením. Odolnost vůči UV záření zajišťuje přítomnost polyfenolů. V jedné ze studií se ukázalo, že emulze připravená z extraktu plodů bezu černého má vyšší účinnost než mnohé komerční produkty (Sidor a Gramza-Michałowska, 2015).

Bezinky jsou dobrým zdrojem proteinů, aminokyselin, sacharidů, vlákniny, pektických polysacharidů, vitaminů a minerálních látek. Dále jsou v plodech přítomny – fenolické sloučeniny a antokyany, dodávající bezinkám charakteristickou černofialovou barvu. Lipidy se nacházejí především v semenech ve formě olejů (Sidor a Gramza-Michałowska, 2015).

Stejně jako v minulosti i nyní je bez černý ceněný v lidovém léčitelství a farmacii. Bezinky mají léčivé účinky dané přítomností fenolů, sloučenin s antioxidačními vlastnostmi. Lze je využít nejen při nachlazení, onemocnění dýchacích cest, cukrovce, kardiovaskulárních onemocněních a obezitě, ale i na popáleniny, otoky, řezné rány a bolest zubů (Ho et al., 2015; Sidor a Gramza-Michałowska, 2015).

Přestože není černý bez toxickou rostlinou, může konzumace nezralých plodů způsobit střevní potíže. Důvodem je vyšší koncentrace kyanogenních glykosidů (sambunigrin, prunasin, holokain a zierin), přeměňujících se během trávení na kyanovodík. Tepelná úprava suroviny vede k rozkladu sambunigrinu, což omezuje zmiňovaná zdravotní rizika (Sidor a Gramza-Michałowska, 2015). V potravinářském sektoru se z plodů nejčastěji vyrábějí zavařeniny, šťáva, víno nebo likéry. Květenství se obalují

a připravují se z nich řízky. Bezinková šťáva se dříve používala také jako přírodní barvivo na textilie (Houska, 2007).

Nawirska-Olszańska et al. (2022) se zabývali srovnáváním chemického složení vybraných odrůd bezu černého. Posuzováno bylo osm odrůd – šest pěstovaných na jedné farmě a dvě rostoucí ve volné přírodě. U testovaných odrůd byl hodnocen obsah řady bioaktivních látek, mimo jiné i obsah pektických polysacharidů. Výťažnost pektinů byla stanovována Morrisovou metodou a dosahovala 0,83–1,54 %. Nejvyšší podíl pektinů byl zjištěn u divoce rostoucích kultivarů.

Bioaktivní polysacharidy z bezu černého nebyly prozatím dostatečně prozkoumány. Jisté však je, že pektické látky plní nutriční funkci a podporují zdraví organismu (Ho et al., 2015). Ho et al. (2015) se zaměřili na studii vztahu mezi strukturou a imunomodulační aktivitou pektinů bezu černého. Výsledky vazebné analýzy a testů vedly k stanovisku, že rozvětvené části arabinogalaktanů navázané na oblast rhamnogalakturonanu, jsou klíčové pro imunomodulační aktivitu bezu. Imunomodulační polysacharidy mohou být látkami, jejichž účinek pomáhá v léčbě chřipky a nachlazení. Pro plné objasnění schopností polysacharidů je třeba dalších výzkumů.

3.2.3 Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*)

Jeřáb ptačí je dřevina z čeledi růžovitých. Běžněji se vyskytuje ve formě stromu, ale ani keře nejsou výjimkou. Jedná se o euroasijský druh, který byl zavlečen i do Severní Ameriky. V České republice je rozšířen hojně až roztroušeně po celém území, mimo oblast subalpínských Vysokých Sudet. Roste na pasekách, ve světlých lesích, podél komunikací, na skalách i ruderalizovaných stanovištích. Preferuje vlhké až mírně suché kyselé půdy s nižším obsahem živin (Mrázek, 2009).

Jeřáb ptačí je bohatě plodící dřevinou, jejíž předností je rychlý růst (Mrázek, 2009). Jedna rostlina dokáže vyprodukovat přibližně 80 až 100 kg ovoce. Plody obsahují vitaminy (C, B1, B2, PP, K, kyselinu listovou, karotenoidy), oligoprvky, flavonoidy (rutin), třísloviny, glykosidy, fosfolipidy, antokyany, sacharidy, polysacharidy (pektin) a organické kyseliny (Dubey et al., 2010; Zlobin et al., 2012).

Díky bohatému komplexu biologicky aktivních látek jsou plody jeřábu široce používány v lidové medicíně a farmacii. Mají diuretické účinky a příznivě ovlivňují trávení. Užívání plodů s vysokým obsahem pektinů je vhodné jako prevence před otravou solemi těžkých kovů. Přípravky z jeřábu ptačího napomáhají s léčbou mnoha závažných onemocnění – hepatitidy, chudokrevnosti či dny (Zlobin et al., 2012).

Plody jsou důležitou složkou výživy jak lesní zvěře a ptactva, tak lidí (Mrázek, 2009). V Evropě se jeřabiny často konzumují syrové nebo se z nich vyrábějí – džemy, sirupy, vína a pálenky. Obyvatelé Estonska přidávají plody do tradičního chleba (Softys et al., 2020; Zlobin et al., 2012). Z jeřábu ptačího se získává kyselina sorbová, která se na trhu uplatňuje jako potravinový konzervant (Dubey et al., 2010).

V průmyslových sektorech jsou využívány nejen plody, ale také dřevo a listy. Dřevo se zpracovává na dýhy, násady nebo výrobu hudebních nástrojů. Podle jedné ze studií mají listy potenciál v rozvíjejícím se oboru biosyntézy nanočástic stříbra a zlata. Vodný extrakt z listů rostliny funguje jako dobré redukční činidlo. Do budoucna je tak možné uvažovat o jeřábu ptačím jako o slibném alternativním zdroji pro syntézu nanočástic ze solných roztoků (Dubey et al., 2010; Mrázek, 2009).

Zlobin et al. (2012) se zabývali studií pektických polysacharidů plodů jeřábu ptačího odrůdy Rowan. Analýzou získaných dat se zjistilo, že rostlina obsahuje polysacharidy s vysokým stupněm methylesterifikace – 49–51 %. Výtěžek pektických polysacharidů Rowanu byl 4,2 %. Vodné roztoky pektických polysacharidů vykazovaly výraznou antioxidační aktivitu.

3.2.4 Růže šípková (*Rosa canina*)

Růže šípková je statný keř z čeledi růžovitých, jehož plodem jsou červeně zbarvené šípky. Dřevina preferuje suché biotopy – stráně, okraje lesů či polí, okolí lidských sídel. Rozšířena je téměř po celé Evropě. Areál výskytu zasahuje až na Kanárské ostrovy, do severozápadní Afriky, Malé Asie, Střední Asie a do Jižní i Severní Ameriky. V České republice roste od nížin až po horské oblasti (Rak, 2007). Produkce plodů na jednu rostlinu dosahuje nejčastěji od 2 do 3 kg, v závislosti na odrůdě (Gardenlux.decorexpro.com, 2015).

Květy jsou žádanou surovinou zejména v potravinářském, kosmetickém i barvířském průmyslu. Obsahují velké množství flavonoidů, látek pozitivně ovlivňujících zdraví. V současné době roste zájem i o sušené okvětní lístky, nabízené na trhu v sortimentu mezi takzvanými jedlými květy. Výtažky z květů mohou být použity jako přísady do nápojů, jogurtů a řady kosmetických produktů. Pro výraznou příjemnou vůni jsou široce zastoupeny v oblasti parfumerie (Demasi et al., 2023).

Šípky jsou cenným zdrojem vitaminů, zejména vitaminu C. Dále obsahují cukry, organické kyseliny, aminokyseliny, karotenoidy, minerální látky, flavonoidy, tříslovinu, silice a polysacharidy (pektiny) (Roman et al., 2013). Pro vysoký obsah vitaminů se šípky uplatňují v kuchyni i lidové medicíně. Plody jsou zpracovávány na komerční

výrobu mnoha produktů: džemy, želé, čaje, džusy, likéry, vína a řada dalších potravinářských a funkčních přísad. Přidávají se do probiotických nápojů, jogurtů nebo polévek (Jalili et al., 2020; Ognyanov et al., 2016).

Šípky podporují správnou funkci imunitního systému a jsou tak doporučovány jako doplněk stravy. V tradičním lidovém léčitelství je využívali již ve starověku. Plody napomáhají s léčbou rýmy, chřipky, střevních problémů, kurdějí, osteoartrózy či v boji proti infekci močových cest (Jalili et al., 2020). Výsledky jednoho z výzkumů odhalily antidiabetické vlastnosti, dané nejspíše obsahem monosacharidů, oligosacharidů a pektinů (Roman et al., 2013).

Pektické polysacharidy přispívají k snižování hladiny cholesterolu v krvi a fungují jako přírodní profylaktická látka. Bylo prokázáno, že pektiny účinně odstraňují olovo a rtuť z gastrointestinálního traktu a dýchacích orgánů (Ropciuc et al., 2015).

Pro šípkový pektin je typický vysoký stupeň methylesterifikace – 62 % a jeho výtěžnost je ovlivněna metodou extrakce. Při extrakcích kyselinou chlorovodíkovou, šťavelanem amonným a kyselinou šťavelovou byly hlášeny výtěžky – 1,7 %, 2 %, 12,6 %, v uvedeném pořadí (Ognyanov et al., 2016).

Teodorescu et al. (2023) se zabývali experimentální studií zaměřenou na fytochemický profil želírovaných produktů z šípků. Silný vliv na změnu profilu měl především poměr cukru. Přídavek cukru způsobil významný pokles obsahu tuku, karotenoidů, popela, a naopak navýšil obsah sacharidů i kvalitu texturních parametrů. Představen byl také potenciál šípků pro nutraceutické aplikace. Čerstvá dužnina plodů byla obohacena o pektin, naočkována *Lactobacillus acidophilus* a lyofilizována. Prášek vykazoval uspokojivou životaschopnost buněk a dobré antidiabetické účinky.

Rostlina funguje jako vysoce účinné redukční činidlo, které lze použít k syntéze nanočástic stříbra pro biologický výzkum (Gulbagca et al., 2019).

Při zpracování šípků vzniká velké množství odpadů v podobě semen. Podle jedné ze studií by se semena mohla v budoucnu uplatnit jako surovina pro výrobu granulovaného aktivního uhlí (Gürses et al., 2006).

3.2.5 Hloh jednosemenný (*Crataegus monogyna*)

Hloh jednosemenný je keř, popřípadě nízký strom, náležící k čeledi růžovitých. Vyskytuje se především v Evropě a v západní části Asie. V České republice je hojný v planárním a kolinním stupni termofytika. Hloh je světlomilnou a teplomilnou rostlinou, která pro růst upřednostňuje sušší půdy s bazickým podkladem. Nejčastěji se objevuje v řídkých listnatých a smíšených lesích, na mezích, křovinných stráních,

v údolních svazích, zarůstajících travnatých společenstvech, méně na skalách a sutích. Často je vysazován podél komunikací (Holub, 1992).

Hloh je velmi početný rod, zahrnující více než tisíc druhů. Pro střední Evropu jsou nejtypičtějšími druhy – *Crataegus monogyna*, *Crataegus laevigata* a v Číně je jedním z nejvýznamnějších druh *Crataegus pinnatifida* (Zhang et al., 2022).

Biomasa hlohu je dobrým zdrojem bílkovin, aminokyselin, cukrů, organických kyselin, pektických polysacharidů, minerálních látek, vitaminů, vlákniny, terpenoidů, fenolů a flavonoidů (Zhang et al., 2022). Výnosy plodů se pohybují mezi 2 až 3 kg na rostlinu (Ercisli et al., 2015).

Hloh má široké uplatnění v řadě průmyslových odvětví. Sbírány jsou jak jeho plody, tak listy a květy. Čerstvé plody lze konzumovat přímo bez nutnosti mytí nebo fumigace. S pokrokem vědy a techniky se zpracování hlohu rozvíjí a sortiment je stále rozmanitější. Hloh je složkou mnoha výrobků – konzervy, džemy, pekařské, mlékařské i masné výrobky, čaje, ovocná piva a vína (Zhang et al., 2022).

Ceněný je rovněž jako surovina ve farmaceutickém sektoru. Konzumace potravinářských produktů s obsahem hlohu příznivě ovlivňuje zažívání, čímž napomáhá od trávicích poruch. Hloh disponuje antibakteriálními a protizánětlivými účinky, které jsou dány vysokou koncentrací lignanů, polysacharidů a flavonoidů. Pektické polysacharidy zlepšují například zánět jater a flavonoidy fungují jako antikoagulanty nebo prostředky pro léčbu neurodegenerativních onemocnění (Zhang et al., 2022).

Vzhledem k nadměrnému obsahu organických kyselin v rostlině je nutné při výrobě produktů z hlohu přidat velké množství cukru k dochucení. Tento fakt bohužel brání diabetickým pacientům využívat zdravotních výhod rostliny (Zhang et al., 2022).

Novikova a Skrypnik (2021) zveřejnili výsledky studie zaměřené na optimalizaci podmínek enzymatické extrakce pektických polysacharidů z plodů hlohu. Pektin byl izolován pomocí enzymů celulózy a xylanázy. Nejvyšší výtěžnosti – 15,2 %, bylo dosaženo při teplotě 41 °C. Hlohový pektin obsahoval 58,5 % kyseliny galakturonové a vykazoval vysoký stupeň esterifikace.

Pektické polysacharidy lze extrahovat i ze zbytků plodů hlohu po výrobě vína (Zhang et al., 2022). Studii zmíněného potenciálu odpadového materiálu se zabývali Zhang et al. (2022). Pektické polysacharidy byly izolovány pomocí roztoku kyseliny citrónové. Ukázalo se, že zpracování plodů způsobilo degradaci molekulárního řetězce, což vedlo ke snížení molekulové hmotnosti pektinů. Oproti pektinům z plodů

ovoce před výrobou, došlo u pektinů ze zbytkových surovin ke zhoršení želírovací schopnosti. Zlepšit viskozitu by mohl proces zmrazování a rozmrazování.

Hlohový pektin funguje jako účinný emulgační a stabilizační prostředek. Vykazuje vyšší viskozitu než komerčně dostupný jablečný či citrusový pektin a v budoucnu by tak mohl být jeho náhradou. Emulgační vlastnosti jsou připisovány rovnováze mezi vysokomolekulárními a hydrofobními částmi v jejich struktuře (Guo et al., 2019).

Výsledky analýz odhalily vysoký potenciál pektinu v tvorbě komplexních sloučenin. Pektiny ochotně váží těžké a radioaktivní kovy – ionty mědi, olova, kobaltu. Produkty na bázi hlohového pektinu jsou klasifikovány mezi funkční produkty, vyznačující se terapeutickými a preventivními vlastnostmi. Doporučovány jsou například jako dietní výživa pro ty, kteří pracují s těžkými kovy (Novikova a Skrypnik, 2021).

3.3 Ostatní zdroje pektinu

3.3.1 Len setý (*Linum usitatissimum*)

Len setý je jednoletá bylina z čeledi Inovitých. Jedná se o prastarou kulturní rostlinu, která byla pravděpodobně vyšlechtěna z mediteránního druhu *Linum bienne*. V České republice je len setý pěstován jako polní kultura v chladnějších podhorských oblastech. V současnosti je jeho rozšíření na našem území užší než dříve. Kultury lnu jsou omezeny zejména na severní Moravu, Českomoravskou vrchovinu a Předšumaví. Preferuje lehčí hlinitopísčité půdy. V plané formě se objevuje na ruderalních stanovištích nebo podél cest (Hrouda, 1997).

Rod zahrnuje zhruba 230 druhů, rozšířených v mírném a subtropickém pásmu obou polokoulí. Hlavním těžištěm výskytu lnu je oblast Středozeří a Severní Amerika (Hrouda, 1997).

Len setý je tradiční plodina, pěstovaná především pro olejnatá semena, popřípadě vlákninu. Lněné semínko se skládá z: 37–41 % tuku, 28–29 % vlákniny, 20 % proteinů, 2,4–3,4 % popela a vlhkosti 6,5–7,7 % (Lorenc et al., 2022). Výnos semene lnu setého dosahuje až 2 t/ha (ÚKZUZ, 2020).

Lněné semínko je cenným zdrojem látek s hydrokoloidními vlastnostmi. V semínku se nacházejí zpravidla dva typy hydrokoloidů – lněná guma a proteiny. Funkční vlastnosti a zdravotní přínosy předurčují použití těchto hydrokoloidů v potravinářství a dalších průmyslových oblastech (Lorenc et al., 2022).

Oba typy hydrokoloidů zlepšují senzorické vlastnosti pekařských a masných výrobků. Pečivo činí měkčí a oddalují proces tvrdnutí během skladování. Lněná guma je

látka bez výrazných chuťových vlastností, díky čemuž je žádanou surovinou. Stabilizuje smetanové výrobky a snižuje rychlost synereze jogurtů i zmrzlin. Lněné proteiny fungují jako pěnidla a mohou být náhradou vajec ve veganských produktech. Kromě potravinářských aplikací se zmiňované hydrokoloidy uplatňují v lékařství nebo farmaceutickém průmyslu. Biologické vlastnosti látek mají pozitivní vliv na lidské zdraví. Pomáhají například s léčbou diabetu, snížením cholesterolu, léčbou obezity, kardiiovaskulárních problémů či s hyperglykemií (Lorenc et al., 2022).

Lněná guma je běžně využívána i v dalších zpracovatelských odvětvích – kosmetickém, polygrafickém, textilním, tabákovém či papírenském průmyslu. V imobilizované formě ji lze aplikovat ve výrobě gelových částic umožňujících ekologickou adsorpci olejů z odpadních vod. Spolu s nanokrystaly celulózy tvoří lněná guma nanokompozitivní materiály nebo biopolymery – suroviny pro výrobu bioplastů. Jeden z výzkumů se zabývá potenciální aplikací gumy a proteinů ve vývoji nových typů funkčních povlaků. Látky lze použít nejen jako funkční činidla v oblasti jedlých filmů, ale i jako aktivní složku zapouzdřovacích materiálů léků (Lorenc et al., 2022).

Výtěžek pektinu z lněných semen se odlišuje dle metody extrakce. Ahmad et al. (2021) izolovali pektické polysacharidy metodou kyselé extrakce. Nejvyšší výtěžek poskytla kyselina chlorovodíková (11,61 %) a nejnižší kyselina citrónová (5,56 %). V jiné studii byly pektinové frakce extrahovány enzymatickou hydrolýzou prostřednictvím pektináz s výtěžností 25 % (Guilloux et al., 2009).

Díaz-Rojas et al. (2004) hodnotili želírovací vlastnosti lněného pektinu. Pektin byl extrahován alkalickým postupem za pomoci činidla sekvestrujícího vápník. Výsledky ukázaly, že semena jsou zdrojem pektinu s nízkým stupněm methylesterifikace. Tato skutečnost umožňuje předpovídat gelovací kapacitu v přítomnosti vápenatých iontů, jak bylo již prokázáno v dřívějších studiích.

3.3.2 Slunečnice roční (*Helianthus annuus*)

Slunečnice roční je jednoletá bylina z čeledi hvězdnicovitých. Původně byla pěstována v Severní Americe, Mexiku a Peru. Časem se plodina rozšířila nejen po celé Americe, ale i do dalších oblastí. Vyskytuje se v Evropě, střední a jižní Asii, jižní Africe, Austrálii a Makaronésii. Na americkém kontinentu roste v prériích, na loukách, podél komunikací nebo na ruderálních stanovištích, do nadmořské výšky kolem 3000 metrů. V České republice je pěstována především na polích a zahradách v teplejších nížinných oblastech (Hoskovec, 2007).

Slunečnice roční je pěstována zejména pro semena na výrobu oleje. Výnosy slunečnicových nažek se standardně pohybují mezi 2 až 3 t/ha (Vaňatová, 2008). Semena obsahují především vlákninu, proteiny, lipidy, sacharidy, polysacharidy, nenasycené mastné kyseliny, fenolické sloučeniny, antioxidanty, vitaminy a minerální látky. Při lisování oleje vzniká velké množství odpadních produktů – pokrutin. Slunečnicové pokrutiny vynikají vysokým podílem bioaktivních sloučenin. Ve srovnání se semeny jsou dokonce bohatší na vlákninu a proteiny s vyváženou skladbou aminokyselin (Iglesias a Lozano, 2004; Petraru et al., 2021).

V současné době vzrůstá poptávka po nových zdrojích rostlinných proteinů, což otevírá příležitost pro využití slunečnicových pokrutin jako možného zdroje. Pokrutiny jsou často přidávány do krmiva hospodářských zvířat nebo jsou aplikovány ve vývoji funkčních potravin (Petraru et al., 2021).

Slunečnicový olej je pro snadnou dostupnost a zdravotní přínosy žádanou surovinou. Pomáhá například snižovat hladinu cholesterolu v krvi, čímž omezuje riziko srdečních chorob. Již dlouhá léta se extrahovaný olej uplatňuje i v kosmetickém průmyslu. Přidáván je do mnoha kosmetických přípravků – mýdel, šamponů, masážních olejů či čistících mikroemulzí. Dalším sektorem potenciální aplikace slunečnicového oleje je rozvíjející se oblast bioenergetiky (Nguyen et al., 2021; Petraru et al., 2021).

Hlávky slunečnice roční jsou dobrým zdrojem nízko methoxylového pektinu, na jejichž potenciál je zaměřena řada studií (Iglesias a Lozano, 2004). Iglesias a Lozano (2004) se zabývali extrakcí a charakterizací slunečnicového pektinu dvěma metodami – KIM a LIN. Pektin byl extrahován hexametafosfátem sodným s následným vysrážením – buď okyseleným alkoholem (KIM), nebo roztokem kyseliny chlorovodíkové (LIN). Vyšší viskozitu a pevnost gelu vykazoval pektin extrahovaný metodou KIM. Stupeň esterifikace dosahoval hodnoty kolem 11 % a výtěžek pektinu byl $7,4 \pm 0,3$ g a $11,6 \pm 0,5$ g pro KIM a LIN, v daném pořadí.

Slunečnicový pektin je možné použít jako želírovací činidlo ve výrobcích s nízkým obsahem cukru – nízkokalorické džemy či želé, cukrářské želé výrobky a jiné potravinářské aplikace (Iglesias a Lozano, 2004).

Slunečnicové hlávky představují úspěšnou alternativu pro budoucí balení potravinových produktů. Výhodou je jejich obnovitelnost a ekonomická dostupnost, díky které umožňují vývoj biologicky odbouratelných materiálů (Petraru et al., 2021).

3.3.3 Laskavec krvavý (*Amaranthus cruentus*)

Laskavec krvavý je jednoletá bylina z čeledi laskavcovitých. Jedná se o kulturní druh, který pravděpodobně pochází z tropické části Ameriky. Rozšířen je po celém světě, s výjimkou Austrálie. V minulosti byl výskyt laskavce hojnější, nyní je kultura na ústupu. V České republice je laskavec krvavý pěstován jako okrasná rostlina po celém území. Plané formy se přechodně objevují v zahradách i polích, podél komunikací, na březích řek, rumišťích, kompostech i skládkách (Jehlík, 1990). Výnosy čerstvých listů jsou v našich klimatických podmínkách značně variabilní, dosahují 0,6–2,4 t/ha (Šestáková, 2014).

Základní složky bilance živin zahrnují: sacharidy, pektické polysacharidy, proteiny, lipidy, rutin, vitaminy a minerální látky. Laskavec krvavý přitahuje pozornost vědců především díky vysokému obsahu proteinů s vyváženým podílem aminokyselin a přítomnosti významných bioaktivních látek (flavonoidy, pektické polysacharidy, karotenoidy) (Minzanova et al., 2014d).

Laskavec krvavý se uplatňuje nejen v potravinářství, ale i ve farmacii a lidovém léčitelství. Ve farmacii je používán jako hemostatikum. Odvar z laskavce účinně eliminuje radionuklidy. Jde o bylinu, která vyniká antioxidační a hepatoprotektivní aktivitou. Napomáhá například při léčbě gastrointestinálního traktu či malárii (Minzanova et al., 2014c).

Minzanova et al. (2014d) shrnuli a systematizovali poznatky o vývoji nových metod izolace pektinu z laskavce krvavého. Zasloužili se o navržení technologie jeho integrovaného zpracování. Podstatou technologie je možnost extrakce pektinu, rutinu a proteinů ze sušené biomasy v rámci jednoho výrobního procesu. Hydrolyzu biomasy zesiluje aplikace syrovátky jako hydrolytického média. Meziprodukty extrakce hydrolyzy lze dále využít jako doplněk ke krmení drůbeže, hnojivo nebo pro výrobu bioplynu. Přídavek extrakčních produktů do krmiv kuřat může významně navýšit hmotnost a přispět k snížení úmrtnosti.

Amarantový pektin je charakteristický vysokým stupněm esterifikace (55–75 %) a výtěžností (25 %). Bylo zjištěno, že pro dosažení nejvyšší výtěžnosti, je optimální zvolit extrakci metodu enzymatické hydrolyzy. Výhodou pektických polysacharidů je ochota tvorby komplexních sloučenin. Tato skutečnost umožňuje navrhovat a vyvíjet řadu medikamentů (Minzanova et al., 2014c).

Získaný pektinový přípravek je světle šedý až smetanově zbarvený prášek s výbornými organoleptickými vlastnostmi. V kombinaci s vodou poskytuje stabilní gely,

žádané v potravinářském průmyslu. Extrahované bioaktivní sloučeniny z laskavce se přidávají do řady potravinářských výrobků – cukrovinky, mléčné výrobky, pečivo, konzervované potraviny (Minzanova et al., 2014c).

Tabulka 3: Charakteristika netradičních rostlinných zdrojů pektinu

druh	produkce	vlastnosti, aplikace pektinů	zdroj
bez černý	20 kg/ks	imunomodulační aktivita, využití v lékařství	(Göttingerová, 2016; Ho et al., 2015; Na- wirska-Olszańska et al., 2022)
hloh jednosemenný	2–3 kg/ks	vysoký stupeň methyleste- rifikace, dobré emulgační a stabilizační vlastnosti, vyšší viskozita pektinu, vysoký potenciál tvorby komplex- ních sloučenin	(Ercisli et al., 2015; Guo et al., 2019; No- vikova a Skrypnik, 2021)
hrách setý	3 t/ha	nízký stupeň methylesterifi- kace, stabilizační vlastnosti	(Gutöhrlein et al., 2020; Noguchi et al., 2020; Ramirez et al., 2021; SZIF, 2023)
jeřáb ptačí	80–100 kg/ks	vysoký stupeň methyleste- rifikace, výrazné antioxi- dační vlastnosti	(Deren'ko a Supru- nov, 1979; Zlobin et al., 2012)
laskavec krvavý	0,6–2,4 t/ha	vysoký stupeň methyleste- rifikace, vysoký potenciál tvorby komplexních slouče- nin, využití ve farmacii	(Minzanova et al., 2014c; Minzanova et al., 2014d; Šestáková, 2014)
len setý	2 t/ha	nízký stupeň methylesterifi- kace, dobré želírovací vlastnosti	(Ahmad et al., 2021; Guilloux et al., 2009; ÚKZUZ, 2020)
mrkev obecná	36 t/ha	nízký stupeň methylesterifi- kace, vysoký obsah jedno- tek kyseliny D-galakturon- ové, dobré želírovací vlast- nosti	(Encalada et al., 2019; Jafari et al., 2017; SZIF, 2023)
rajče jedlé	18 t/ha	vysoký stupeň methyleste- rifikace, dobré želírující vlastnosti	(Grassino et al., 2016e; Grassino et al. 2016f; Sengar et al., 2020; SZIF 2023)
růže šípková	2–3 kg/ks	vysoký stupeň methyleste- rifikace, využití v lékařství	(Gardenlux.decorex- pro.com, 2015; Ognyanov et al., 2016; Ropciuc et al., 2015)

řepa obecná	14 t/ha	vysoký stupeň methylesterifikace, nižší molekulová hmotnost, přítomnost acetylových skupin, horší želírovací schopnost, využití v lékařství, výroba prebiotik, schopnost zvyšovat viskozitu	(Chandel et al., 2022a; Mesbahi et al., 2005; SZIF, 2023)
slunečnice roční	2–3 t/ha	nízký stupeň methylesterifikace, dobré želírovací vlastnosti	(Chandel et al., 2022a; Iglesias a Lozano, 2004; Miyamoto a Chang, 1992; Vaňatová, 2008)
temnoplodec černoplodý	3–8 kg/ks	nízký stupeň methylesterifikace, horší želírovací vlastnosti	(Kulling et al., 2008; Oziembłowski et al., 2022; Wonderhedge team, 2024)
tykev obecná	18 t/ha	vysoký stupeň methylesterifikace, dobrá želírovací schopnost, schopnost zvyšovat viskozitu	(Hamed a Mustafa, 2018; Košťálová et al., 2009; Košťálová et al., 2010; Košťálová et al., 2013; Košťálová et al., 2016; Noh et al., 2022; Nurdjanah a Usmiati, 2006; SZIF, 2023)

4 Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je shromáždit informace o druzích rostlin, které by byly vhodnými netradičními zdroji pektinu – případně látek s podobnými vlastnostmi.

Dílčím cílem je na vybraném druhu ověřit možnost jeho využití jako zdroje pektických polysacharidů pro potravinářství.

5 Materiál a metodika

5.1 Materiál

Plody tykve olejné (*Cucurbita pepo* var. *oleifera*) (odrůda GL RUDOLF) pro experiment byly poskytnuty firmou AGRO-EL Znojmo, která se specializuje především na lisování oleje ze semen tykve.

Zaslané tykve byly očištěny a umyty od hlíny. Každá tykev byla nejprve rozpůlena a poté z ní byla odstraněna semena s dužninou. Očištěné oplodí bylo rozkrájeno na drobné kusy o velikosti přibližně 1 cm (obrázek 5). Plechy s biomasou byly zváženy a jejich hmotnost zaznamenána. Plechy se umístily do sušičky, kde se biomasa tři dny vysoušela při teplotě 50 °C. Po vysušení byla biomasa zvážena a rozemleta na drobnou frakci na nožovém mlýnu.



Obrázek 5: Příprava biomasy tykve olejné na sušení (vlastní foto)

5.2 Lokalizace pektinu v buňkách

Alkalický hydroxylamin hydrochlorid reaguje s methylestery pektinů za vzniku hydroxamových kyselin. Kyselina hydroxamová reaguje s feritickými ionty za vzniku červenooranžových komplexů (Gee et al., 1959).

Pokud jsou přítomny esterifikované pektiny, vzniká výrazné červenooranžové zbarvení. Intenzita barvy je úměrná stupni methylesterifikace pektinu a jejich množství.

Reakce umožňuje mikroskopickou lokalizaci methylesterifikovaných pektinů (Gee et al., 1959).

Test je chemicky selektivní a je považován za lepší, než nespecifické barvení získané rutheninovou červení (Gee et al., 1959).

Použité přístroje, pomůcky: Filtrační papíry, mikroskop, zalamovací nůž.

Použité chemikálie, materiál: Roztok hydroxylaminu, roztok obsahující 1 objem koncentrované HCl a 2 objemy 95 % ethanolu, 10 % roztok chloridu železitého v 60 % ethanolu obsahující 0,1 M HCl, tykev olejná.

- Z tykve olejně byl odříznut tenký plátek biomasy.
- Plátek byl umístěn na sklíčko a zakryt několika kapkami alkalického roztoku hydroxylaminu a ponechán působení 5–10 minut.

(Roztok obsahuje stejné objemy hydroxidu sodného – 14 g ve 100 ml 60 % ethanolu a hydroxylamin chloridu – 14 g ve 100 ml 60 % ethanolu.)

- Přidáno bylo 5 až 10 kapek roztoku obsahujícího 1 objem koncentrované HCl a 2 objemy 95 % ethanolu.
- Ze sklíčka byl pomocí filtračního papíru odsát přebytečný roztok.
- Přidal se 10 % roztok chloridu železitého v 60 % ethanolu obsahující 0,1 N HCl.
- Pektin byl dehydratován, očištěn a pozorován pod mikroskopem.

5.3 Stanovení výtěžnosti hrubého pektinu

Extrakce pektinu z předpřipravené biomasy tykve olejně byla prováděna pomocí kyseliny chlorovodíkové s následným vysrážením ethanolom. Průběh extrakce je znázorněn na obrázku 6. Postup izolace pektických polysacharidů byl následující.

Použité přístroje, pomůcky: Varná deska, analytická váha, pH metr, teploměr, odměrný válec (500 ml), lžice, skleněná tyčinka, kádinky, filtrační aparatura, Büchnerova nálevka, filtrační papíry.

Použité chemikálie, materiál: 0,2 M kyselina chlorovodíková (450 ml), namletá biomasa tykve olejně (20 g), ethanol (cca 900 ml).

- Bylo odváženo 20 g suché namleté dýňové biomasy.
- V odměrném válci bylo odměřeno 450 ml 0,2 M roztoku kyseliny chlorovodíkové.
- Roztok 0,2 M kyseliny chlorovodíkové byl smíchán s navázkou dýňového prášku. Kyselost roztoku byla upravena na pH = 1.
- Suspenze byla zahřívána v digestoři při 80 °C po dobu 60 minut.
- Po zahřátí byla suspenze dvakrát přefiltrována za sníženého tlaku.

- Získaný filtrát byl přelit do odměrného válce a jeho objem byl zaznamenán.
- K filtrátu bylo přidáno dvojnásobné množství ethanolu, který způsobil vznik sraženiny.
- Sražená suspenze byla přefiltrována a filtráty byly sušeny při 40 °C do konstantní hmotnosti.



Obrázek 6: Extrakce dýňového pektinu (vlastní foto)

5.4 Stanovení vaznosti

5.4.1 Vaznost vody

Vzorky pektinu (0,02 g) byly umístěny do předem zvážených zkumavek. Do každé zkumavky byly přidány 2 ml destilované vody. Zkumavky byly vloženy do vortexového mixéru a míchány při teplotě 23 °C po dobu 24 hodin. Vzorky byly centrifugovány při 4500 ot./min. po dobu 15 minut a poté ponechány odkapání na filtračním papíru 60 minut. Po odkapání byly na analytických váhách zjištěny hmotnosti pevných podílů. Kapacita byla vyjádřena jako množství zadržené vody v g na g nativního pektinu.

5.4.2 Vaznost oleje

Vzorky pektinu (0,02 g) byly umístěny do předem zvážených zkumavek. Do každé zkumavky byly přidány 2 ml řepkového oleje. Zkumavky byly vloženy do vortexového mixéru a míchány při teplotě 23 °C po dobu 24 hodin. Vzorky byly centrifugovány při 4500 ot./min. po dobu 15 minut a poté ponechány odkapání na filtračním

papíru na 60 minut. Po odkapání byly na analytických váhách zjištěny hmotnosti pevných podílů. Kapacita byla vyjádřena jako množství zadržeho oleje v g na g nativního pektinu.

5.5 Hodnocení želé

Z extrahovaného dýňového pektinu bylo připraveno a následně hodnoceno želé. Množství pektinu na výrobu želé bylo naváženo dle tříd želé (tabulka 4).

Tabulka 4: Třídy želé (Gee et al., 1959)

třída želé	pektin [g]
100	2,500
110	2,275
120	2,085
130	1,925
140	1,785
150	1,665
160	1,560
170	1,470
180	1,390
190	1,315
200	1,250

Želé z tykve olejné bylo porovnáváno se vzorky želé, připravených z citrusového pektinu od firmy Grešík. Hodnocena byla: barva (subjektivní i objektivní metodou) a parametry dobrého želé. Při přípravě želé se postupovalo podle následující ověřené metodiky (Gee et al., 1959).

Použité přístroje, pomůcky: Varná deska, analytická váha, pH metr, teploměr, ruční refraktometr, odměrný válec (250 ml), lžice, skleněná tyčinka, plastový kelímek, kádinka, gumička.

Použité chemikálie, materiál: Cukr krupice (25 g), roztok kyseliny citrónové (5 g v 10 ml), roztok citrátu sodného (2,5 g v 10 ml), citrusový pektin, dýňový pektin.

- Byly připraveny roztoky kyseliny citrónové a citrátu sodného.
- Byla zvážena prázdná kádinka a zaznamenána její hmotnost (w_1).
- Do kádinky bylo přidáno 80 ml destilované vody, poté 1 ml roztoku kyseliny citrónové a 0,25 ml citrátu sodného.
- Kádinka byla zahřívána pomocí horké plotny na přibližně 102 °C.

-
- Mezitím bylo odváženo 125 g cukru krupice a 0,8925 g pektinu. Z odváženého cukru bylo naváženo 8,925 g. Odebraná navážka byla v menší kádince smíchána s pektinem.
 - Kádinka byla sejmuta z plotny a do zahřátého roztoku byla vmíchána směs pektinu s cukrem. Po rozpuštění směsi byla kádinka položena opět na plotnu.
 - Při zahřívání byl do roztoku přidán zbývající cukr. Dále byl roztok míchán do rozpuštění veškerého cukru a dosažení bodu varu. Kádinka byla odstraněna a bylo provedeno zkušební vážení (w_2) (hmotnost kádinky + lžíce + želé).
 - Během varu byla kádinka s roztokem několikrát sejmuta a zkušebně zvážena. Proces varu pokračoval až do konečné hmotnosti 182,5 g ($w_1 - w_2$).
 - Po dosažení požadované hmotnosti byla kádinka odstraněna z plotny a ponechána chladnutí po dobu 1 minuty. Pomocí lžíce byla z povrchu sebrána pěna a želé bylo rozlito do skleněných nádob vymazaných olejem.
 - Nádoby s pektinem byly přikryty papírem a ponechány stát 18 až 24 hodin.
 - Želé různých jakostí byly připraveny jako výše v různých šaržích.
 - Po 18 nebo 24 hodinách bylo želé vyjmuto z pohárků a umístěno na talíře.
 - Želé bylo nakrájeno nožem a testováno na charakteristickou kvalitu dobrého želé.

Požadavek dobrého želé:

- a) řezané želé by měly mít ostré hrany
- b) želé by se při řezání nemělo lepit na nůž
- c) želé by mělo být pevné a při protřepání se chvět
- d) želé by mělo mít optimální křehkost

5.6 Tvorba filmu

Přefiltrovaný hrubý pektin z tykve olejné byl s filtračním papírem umístěn na Petriho misku a sušen při teplotě 75 °C. Po vysušení byly u dýňového filmu hodnoceny kvalitativní parametry (průhlednost, tloušťka, barevnost). Parametry byly srovnávány s kontrolním vzorkem klasického plastového filmu určeného pro obalové účely potravin.

Průhlednost filmu byla zkoumaná přiložením filmu na náhodný tištěný text. Pozornost byla soustředěna zejména na nedokonalosti, které by mohly narušovat čitelnost. Tloušťka filmů byla změřena pomocí posuvného měřidla.

Barevnost filmů byla určována objektivní metodou, použitím kolorimetru. Výstupem byly parametry definující barvu: L, a, b, c, H (tabulka 5). U každého filmu byla provedena tři opakování, ze kterých byla vypočtena průměrná hodnota a směrodatná odchylka.

Tabulka 5: Stupnice CIELab (Vik, 1995)

L	míra jasů barvy
a	podíl červené (+), zelené (-) barvy
b	podíl žluté (+), modré (-) barvy
c	sytost barvy
H	odstín barvy daný dominantní vlnovou délkou

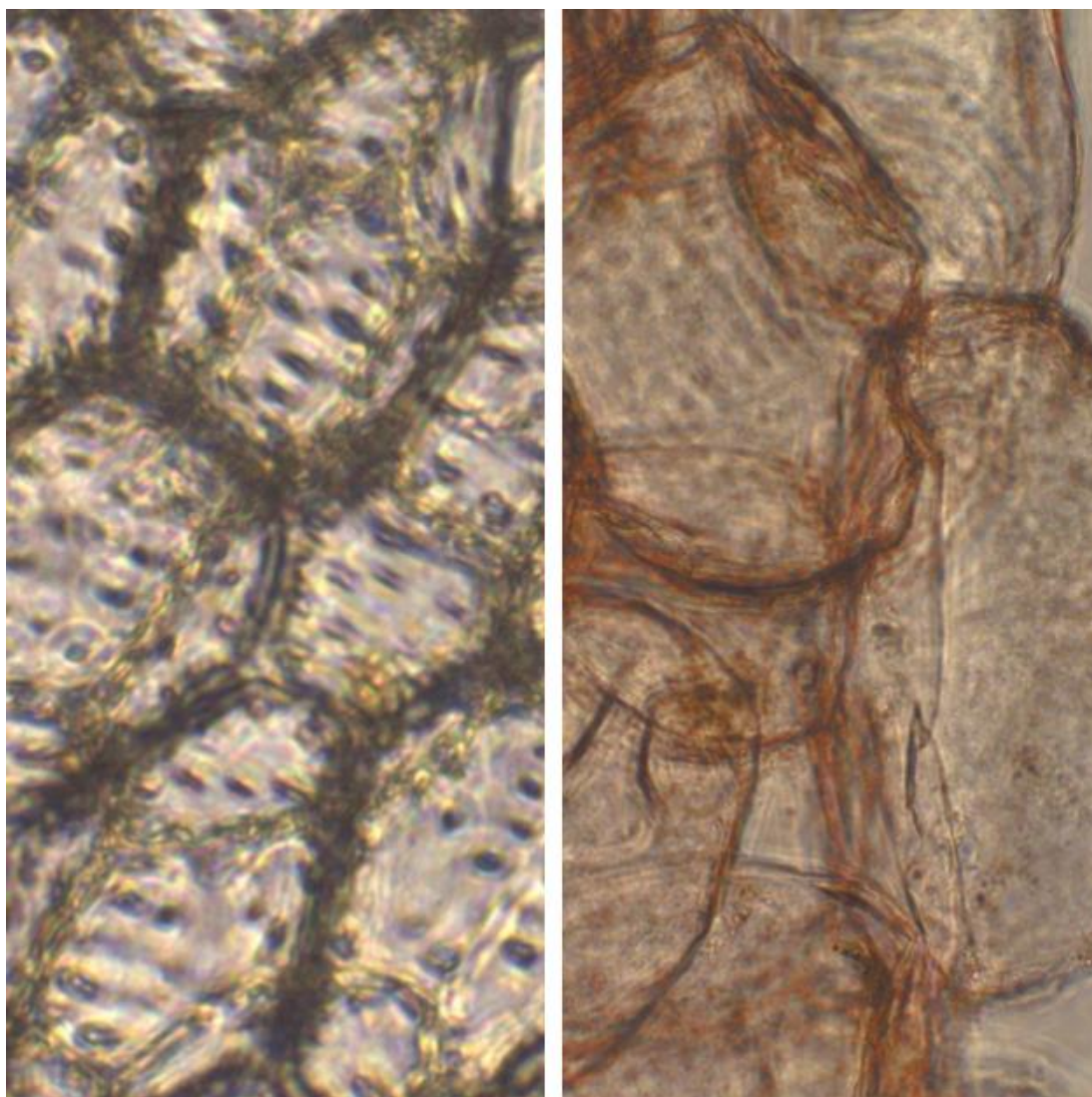
5.7 Statistické vyhodnocení výsledků

Získané výsledky byly vyhodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu a následným Tukeyho testem při hladině významnosti $P \leq 0,05$.

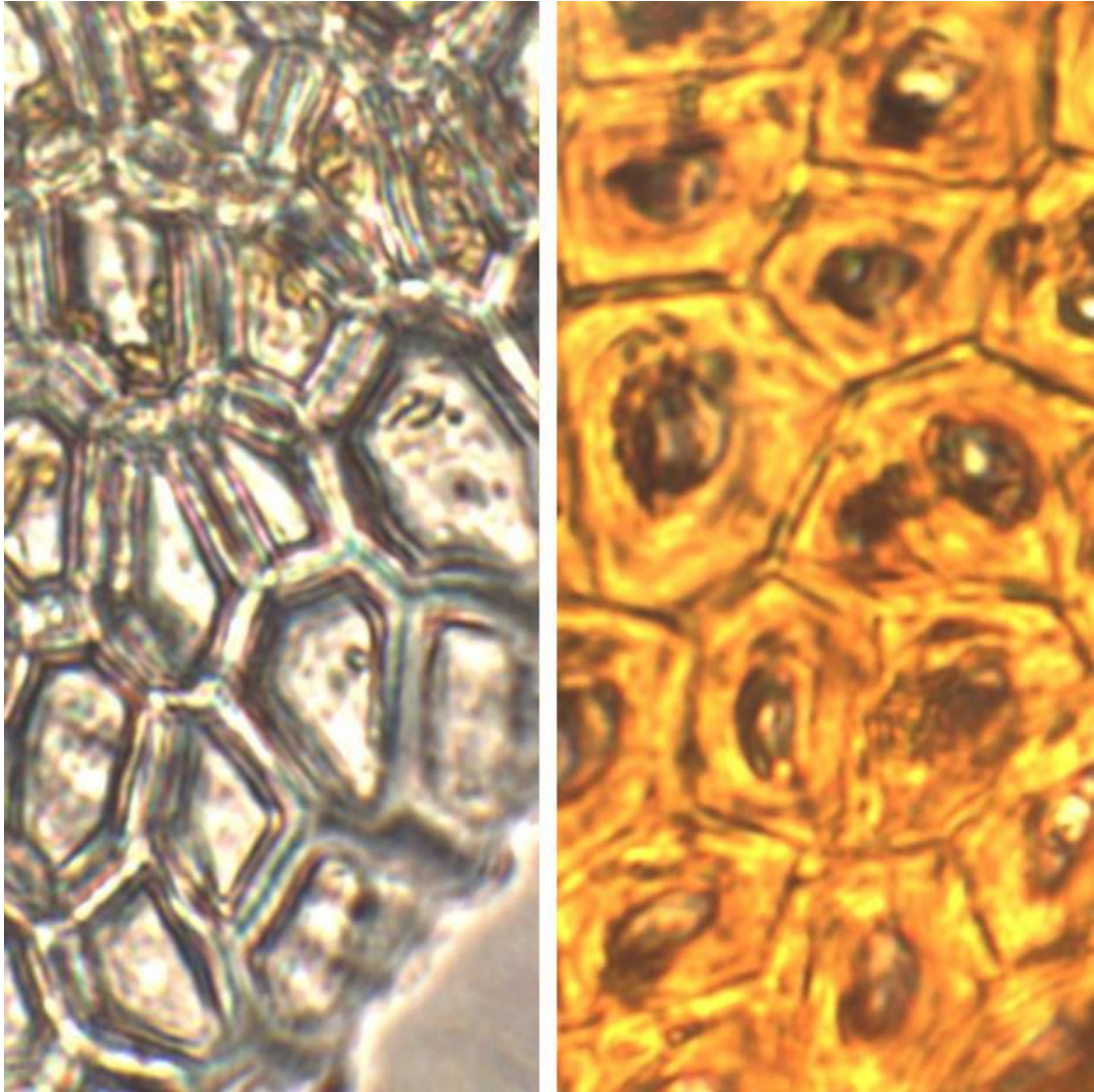
6 Výsledky

6.1 Lokalizace pektinu v buňkách

Podle ověřené metodiky byl připraven preparát z povrchové slupky tykve olejné. Obarvený preparát byl pozorován pod mikroskopem při zvětšení 400. Barvení zvýraznilo pektin, čímž usnadnilo jeho lokalizaci v buňkách. Červenooranžové zbarvení označuje přítomnost methylesterifikovaných pektinů. Snímky z pozorovaných preparátů slupky tykve – mezokarp a exokarp jsou znázorněny na obrázcích 7 a 8.



Obrázek 7: Buňky slupky tykve (mezokarp): nebarvené, po barvení – oranžová barva = pektin (vlastní foto)



Obrázek 8: Buňky povrchové slupky (exokarp) plodu: nebarvené, po barvení – oranžová barva = pektin (vlastní foto)

6.2 Stanovení sušiny tykve olejné

Hmotnost čerstvé biomasy tykve olejné byla 4,861 kg. Po vysušení materiálu se hmotnost snížila na 0,231 kg. Obsah sušiny v biomasy tykve olejné představoval 4,74 %.

6.3 Stanovení výtěžnosti hrubého pektinu

Kyselou extrakcí biomasy tykve olejné bylo získáno $4,34 \pm 0,067$ g pektinu, což odpovídá výtěžnosti $10,86 \pm 0,11$ %.

6.4 Stanovení vaznosti vody a oleje

Průměrná vaznost vody a oleje citrusovým pektinem byla téměř o polovinu nižší než výsledná vaznost vody a oleje dýňovým pektinem (tabulka 6).

Tabulka 6: Stanovení vaznosti pektinu (voda, olej)

vaznost vody [g/g]		
citrusový pektin	2,79	a
dýňový pektin	5,64	b
vaznost oleje [g/g]		
citrusový pektin	3,23	a
dýňový pektin	6,15	b

a–b: statisticky průkazný rozdíl mezi citrusovým a dýňovým pektinem

6.5 Hodnocení želé

6.5.1 Želírovací schopnost pektinu tykve olejné

Želírovací schopnost pektinu byla ovlivněna především zvolenou třídou želé a hodnotou pH. Parametry dobrého želé nabyly následných hodnot (tabulka 7). Ochota tvorby želé byla nejvyšší u třídy želé 100 a pH 2, kdy byly u dýňového želé patrné ostré hrany (obrázek 9).

Tabulka 7: Parametry dobrého želé dle tříd želé (TŽ) a pH

parametry dobrého želé	TŽ 140, pH 3	TŽ 100, pH 3	TŽ 100, pH 2
A	žádné ostré hrany	žádné ostré hrany	ostré hrany
B	drží se nože	drží se nože	drží se nože
C	není pevná a chvějící se	není pevná a chvějící se	není pevná a chvějící se
D	příliš měkké a tekuté	měkké, tekuté	měkké



Obrázek 9: Zkouška parametrů dobrého želé: dýňové želé (TŽ 140), dýňové želé (TŽ 100), citrusové želé (TŽ 100) (vlastní foto)

6.5.2 Barva želé z tykve olejné

Želé z tykve olejné bylo zbarveno do oranžovohnědého odstínu a citrusové želé bylo čiré. Kolorimetrem naměřené parametry barev vyrobených vzorků želé (L, a, b, c, H) jsou zaznamenány v tabulce 8.

Tabulka 8: Barva želé (dýně, kontrolní vzorek)

	L	a	b	c	H
dýně					
aritmetický průměr	29,52	6,32	4,85	7,97	37,51
směrodatná odchylka	0,31 b	0,30 b	0,19 a	0,25 a	1,50 a
kontrola					
aritmetický průměr	45,13	2,86	11,36	11,7	75,88
směrodatná odchylka	0,28 a	0,11 a	1,36 b	1,68 b	0,86 b

a–b: statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami

6.6 Vlastnosti filmu

6.6.1 Průhlednost filmu

Klasický film byl zcela průhledný. Průhlednost pektinového filmu byla uspokojivá. Čitelnost textu narušovaly občasné bubliny a tmavší zbarvení – dané přítomností karotenoidů (obrázek 10).



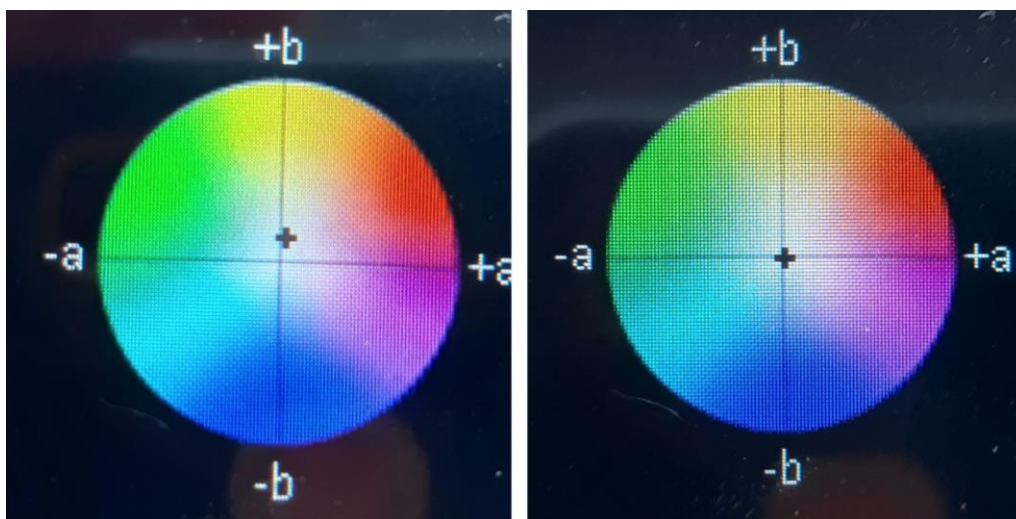
Obrázek 10: Průhlednost pektinového a klasického filmu (vlastní foto)

6.6.2 Tloušťka filmu

Průměrná tloušťka pektinového i klasického filmu byla shodná – 0,15 mm.

6.6.3 Barevnost filmu

Klasický film byl bezbarvý, kdežto pektinový byl zbarven do oranžovohnědého odstínu (obrázek 10). Kolorimetrem naměřené hodnoty barevnosti filmů jsou zobrazeny na obrázku 11 a uvedeny v tabulce 9.



Obrázek 11: Porovnání barevnosti pektinového (vlevo) a klasického (vpravo) filmu (vlastní foto)

Tabulka 9: Barevnost filmu

	L	a	b	c	H
dýně					
aritmetický průměr	75,78	5,10	20,10	20,70	75,64
směrodatná odchylka	0,43 b	0,46 b	2,14 a	2,17 a	0,78 a
kontrola					
aritmetický průměr	91,68	0,90	1,99	2,20	294,5
směrodatná odchylka	0,26 a	0,10 a	0,04 b	0,03 b	2,82 b

a–b: statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami

7 Diskuse

Práce představuje potenciál netradičních rostlinných zdrojů pektinu. Poukazuje zejména na potenciál poddruhu tykve obecné – tykve olejné. Dokumentuje její fyzikálněchemické vlastnosti a možnost aplikace extrahovaných pektických polysacharidů v průmyslových odvětvích.

Velikost globálního trhu s pektinem nabývá na významu. V roce 2017 byla velikost oceněna na 1,06 mld USD a do roku 2026 se předpokládá nárůst na 1,87 mld USD (Polarismarketresearch.com, 2018). V současné době prezentuje největší část komerčně dostupného pektinu citrusová kůra (85,5 %), jablečné výlisky (14,0 %) a řízky cukrové řepy (0,5 %) (Dranca a Oroian, 2018). Zmiňované zdroje jsou charakterizovány výtěžnostmi pektinů: 5,2–35 %, 4,2–19,8 % a 4,37–28,84 % (Dranca a Oroian, 2018; Chandel et al., 2022a; Mesbahi et al., 2005; Pagliaro et al., 2015).

Přestože jsou tradiční druhy rostlin upřednostňovány před novými zdroji – mají svá úskalí. Nejrozšířenější extrakční metodou je horká kyselá extrakce. Metoda sice zachovává původní strukturu pektinu, ale snižuje jeho kvalitu. Pektin je ochuzován o řadu bioaktivních složek, jejichž ztráta je běžně kompenzována přidavkem syntetických antioxidantů a barviv. Použití minerálních kyselin rovněž zatěžuje životní prostředí. Pro minimalizaci dopadu na životní prostředí vědci doporučují upřednostnit extrakci pomocí slabší organické kyseliny – kyseliny citrónové. Výběr této extrakční metody u pektinu s vyšší molekulovou hmotností přislubuje vysoké výtěžnosti (Konrade et al., 2023; Torkova et al., 2018).

Cestou pro zkvalitnění životního prostředí a dosažení trvale udržitelného rozvoje by mohlo být využití nových zdrojů pektinu. Obrovský potenciál byl objeven zejména u vedlejších průmyslových produktů jako – řízky cukrové řepy, zbytky slunečnicových hlávek, luštěniny, tykve, rajčata nebo mrkev. Výtěžnost zmíněných alternativních zdrojů je srovnatelná s tradičními zdroji pektinu (Chandel et al., 2022a; Christiaens et al., 2015; Gnanasambandam a Proctor, 1999; Lara-Espinoza et al., 2018).

Z hlediska produkce plodů, bohatých na pektické polysacharidy, se jako vhodné nové zdroje jeví: mrkev obecná (36 t/ha), rajče jedlé (18 t/ha), tykev obecná (18 t/ha) a jeřáb ptačí (80–100 kg/rostlinu) (SZIF, 2023; Zlobin et al., 2012). Vysoká produkce plodů – kolem 20 kg/rostlinu, byla zaznamenána i u bezu černého. Oproti výše zmíněným druhům obsahuje dřevina nižší podíl pektinů (0,23–1,54 %), což je překážkou pro

budoucí uplatnění v průmyslových odvětvích (Göttingerová, 2016; Nawirska-Olszańska et al., 2022; Pascariu a Israel-Roming, 2022).

Jedním z nejperspektivnějších zdrojů byla shledána tykev olejná. Výhodou plodiny je dobrá přizpůsobivost klimatickým podmínkám a nízká náročnost na pěstování (Vobořil, 2014). Druh byl zvolen na základě vysokého stupně esterifikace (až 70 %), který vypovídá o jeho dobrých gelujících vlastnostech a předurčuje ho pro široké uplatnění v potravinářství (Noh et al., 2022). Během průmyslového zpracování plodů vzniká velké množství odpadů. Příkladem je výroba oleje, pro který jsou žádaná pouze semena, a zbytek plodů se likviduje (Kulczyński a Gramza-Michałowska, 2019).

Vedlejší produkty tykve olejné obsahují značné množství pektických polysacharidů (Salehi et al., 2019). Obecně se výtěžnost pektinů u tykví pohybuje v hodnotách 3,1–20,9 % (Hamed a Mustafa, 2018; Košťálová et al., 2009; Košťálová et al., 2010; Košťálová et al., 2013; Košťálová et al., 2016; Noh et al., 2022; Nurdjanah a Usmiati, 2006).

Při našem experimentálním stanovením výtěžnosti hrubého pektinu z biomasy tykve olejné byla zjištěna výtěžnost 10,85 %. Pektin byl izolován metodou kyselé extrakce pomocí 0,2 M kyseliny chlorovodíkové s následným vysrážením ethanolem.

Hamed a Mustafa (2018) získali extrakcí kyselinou dusičnou a kyselinou citrónovou z dýňových slupek 6,2 % a 7,2 % methylesterifikovaného pektinu. Srovnatelný výtěžek (6,3–8,7 %) uvedli rovněž Nurdjanah a Usmiati (2006), kteří izolovali pektické polysacharidy kyselinou chlorovodíkovou.

Košťálová et al. (2016) porovnávali mikrovlnnou extrakci s tradiční extrakcí kyselinou chlorovodíkovou. Přestože výtěžnost pektinu byla u obou metod srovnatelná – kolem 7 %, ukázala se mikrovlnná extrakce jako perspektivnější. Potenciál metody spočívá ve výrazném zkrácení doby extrakce a možnosti modifikace pektických polysacharidů z dýně v jednom kroku.

Výše uvedené studie potvrzují, že jedním z hlavních faktorů ovlivňujícím výtěžnost pektinů je volba extrakční metody. Nejvyšší výtěžnost (20,9 %) byla zaznamenána při izolaci pektických polysacharidů ze štyrské olejové dýně sekvenční extrakcí vodou a zředěnou alkálií. Výhodou extrakce vodou je především zachování vysokého stupně esterifikace, predikujícího slibné želírovací schopnosti (Košťálová et al., 2009; Košťálová et al., 2013).

Izolaci pektinu z tykve olejné se zabývala řada studií. Zatímco některé studie potvrdily významné množství methoxyly (Košťálová et al., 2013; Noh et al., 2022), jiné

výzkumy klasifikovaly dýňový pektin jako nízko methoxylový (Košťálová et al., 2010; Košťálová et al., 2013; Nurdjanah a Usmiati, 2006). Během našeho mikroskopického pozorování preparátu povrchové slupky tykve olejné byl lokalizován vysoký podíl methylesterifikovaného pektinu. Přítomnost methoxyly byla výrazně znatelná díky provedenému barvení.

Ochota tvorby želé je však závislá na mnoha faktorech (třída želé, pH, kvalita pektinu aj.). Příkladem je naše studie, ve které i přes lokalizaci značného množství methoxylového pektinu, byla želírovací schopnost nižší. Nejlepších parametrů dýňového želé bylo dosaženo u třídy želé 100 a pH 2. Želé mělo ostré hrany, ale jeho pevnost nebyla dostatečná. Kvalitu želé nejspíše narušila přítomnost karotenoidů, barviv, která mohla přejít do pektinu během extrakce. Některé studie poukázaly na nízký podíl methoxyly v získaném dýňovém pektinu (Košťálová et al., 2010; Košťálová et al., 2013; Nurdjanah a Usmiati, 2006). Nižší hodnota methylesterifikovaného pektinu mohla být i příčinnou narušení procesu tuhnutí a tvorby želé.

Experimentální šetření poukázalo na možnost uplatnění polysacharidů tykve olejné v obalovém sektoru. Izolovaný hrubý pektin byl použit k ověření ochoty tvorby filmu. Vyrobený dýňový film vykazoval dobrou homogenitu a uspokojivou průhlednost. Jedinými nedostatky byly tmavší oranžovohnědé zbarvení a drobné bubliny na povrchu filmu.

Potenciálem polysacharidů pro tvorbu biofilmu se již dříve zabývali Princey et al. (2021), kteří z biomasy tykve vyextrahovali amyulózu a poté ji použili pro přípravu filmu, u kterého byly hodnoceny fyzikálněchemické vlastnosti. Vznikl světlejší žlutý film bez zápachu, jenž se snadno rozkládal, vykazoval dobrou antibakteriální i antifungální aktivitu a vysokou absorpci vody (63,68 %). Tykev obecnou lze na základě provedené analýzy a získaných výsledků doporučit jako vhodnou alternativní surovinou pro obalový sektor.

Závěr

Celkem bylo popsáno 13 druhů rostlin, z nichž 5 náleželo k čistě zeleninovým zdrojům a 5 mezi ovocné zdroje. Zdokumentovány byly – *Amaranthus cruentus*, *Aronia melanocarpa*, *Beta vulgaris*, *Crataegus monogyna*, *Cucurbita pepo*, *Daucus carota*, *Helianthus annuus*, *Linum usitatissimum*, *Pisum sativum*, *Rosa canina*, *Sambucus nigra*, *Solanum lycopersicum*, *Sorbus aucuparia*.

Rostlinné druhy obsahují řadu biologicky aktivních látek. Pozornost byla kladena především na přítomnost pektických polysacharidů. Pektické polysacharidy se uplatňují zejména v potravinářském průmyslu, dále v lékařství, farmacii a obalovém sektoru. V potravinářství jsou nejvíce ceněny jejich všestranné želírovací schopnosti. Pektiny zajišťují například dobré strukturní vlastnosti pekařských výrobků nebo je lze aplikovat jako stabilizátory v mléčných výrobcích. Disponují silnými probiotickými, antioxidantními a antibakteriálními vlastnostmi, díky nimž příznivě ovlivňují zdraví organismu.

Výtěžnost pektinů se odlišovala v závislosti na zdroji biomasy a metodě izolace. Nejvyšší výtěžnost – 35 % byla zaznamenána u druhu *Solanum lycopersicum* za použití ultrazvukové techniky. Za perspektivní byly shledány rovněž rostliny *Beta vulgaris* (28,8 %), *Daucus carota* (27,1 %), *Pisum sativum* (25,1 %) a *Cucurbita pepo* (20,9 %).

Na základě zdokumentovaných charakteristik, slibné výtěžnosti pektických polysacharidů a výše produkce byla pro experimentální šetření zvolena tykev olejná.

Obsah sušiny v biomase tykve olejné představoval 4,74 %. Mikroskopickou lokalizací pektinu v buňkách povrchové slupky tykve byla prokázána značná přítomnost methylesterifikovaného pektinu. Výtěžnost hrubého pektinu extrahovaného z biomasy pomocí kyseliny chlorovodíkové byla 10,85 %.

Vlastnosti a schopnosti izolovaného dýňového pektinu byly hodnoceny a srovnávány s parametry citrusového pektinu. Vaznost vody a oleje dosáhla slibných hodnot 5,64 g/g a 6,15 g/g, což je téměř dvakrát více než u citrusového pektinu.

Ochota pektinu utvářet dobré želé byla největší u třídy želé 100 a pH 2. Dýňové želé mělo hnědooranžovou barvu. Přestože hrany želé byly ostré, jeho struktura nebyla dostatečně pevná. Dýňový pektin se ukázal být vhodnou surovinou pro výrobu filmů.

Studie odhalila potenciál několika netradičních zdrojů. Často se jednalo o druhy rostlin, při jejichž průmyslových zpracování vzniká velké množství vedlejších produktů (*Beta vulgaris*, *Cucurbita pepo*, *Daucus carota*, *Helianthus annuus*, *Pisum sativum*, *Solanum lycopersicum*). Do budoucna je vhodné podpořit extrakci pektinů z těchto toků rostlinného odpadu. K dosažení konkurenceschopnosti na globálním trhu je zásadní optimalizace extrakční metody pektických polysacharidů.

8 Literatura

- Agronavigator.cz (2011). FAO: Třetina potravin se vyhazuje. [online] Informační centrum bezpečnosti potravin [cit. 07. 02. 2023]. Dostupné z: <https://bezpecnostpotravin.cz/fao-tretina-potravin-se-vyhazuje/>
- Ahmad, M. M., El-Kader, A., Amal, E., Abozed, S. S. (2021). Optimization of flaxseed cake pectin extraction and shelf-life prediction model for pear fruit preserved by pectin edible coating. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(12): 7481-7493.
- Alba, K., Macnaughtan, W., Laws, A. P., Foster, T. J., Campbell, G. M., Kontogiorgos, V. (2018). Fractionation and characterisation of dietary fibre from blackcurrant pomace. *Food Hydrocolloids*, 81: 398-408.
- AVČR (2023). *Plytvání jídlem: více než miliarda tun potravin se každý rok vyhodí*. [online] [cit. 07. 02. 2023]. Dostupné z: <https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/socialne-ekonomicke-vedy/Plytvani-jidlem-vice-nez-miliarda-tun-potravin-se-kazdy-rok-vyhodi/>
- Babbar, N., Dejonghe, W., Gatti, M., Sforza, S., Elst, K. (2016). Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(4): 594-606.
- Biela, M. (2008). Aronia melanocarpa (Michx.) Elliott – temnoplodec černoplodý / arónia čiernoplodá. [online] Botany.cz. [cit. 16. 06. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/aronia-melanocarpa/>
- Burger, T. G. a Zhang, Y. (2019). Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 25-33.
- Colodel, C. a de Oliveira Petkowicz, C. L. (2019). Acid extraction and physicochemical characterization of pectin from cubiu (*Solanum sessiliflorum* D.) fruit peel. *Food Hydrocolloids*, 86: 193-200.
- Cortés-Camargo, S., Román-Guerrero, A., Alpizar-Reyes, E., Pérez-Alonso, C. (2023). New sources of pectin: extraction, processing, and industrial applications. In utilization of pectin in the food and drug industries. *IntechOpen*.
- Cvetković, D., Stanojević, L., Zvezdanović, J., Stanojević, J., Savić, D., Karabegović, I., Danilović, B. (2021). Pumpkin fruit (*Cucurbita pepo* L.) as a source of phytochemicals useful in food and pharmaceutical industries. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5): 4596-4607.
-

-
- Demasi, S., Caser, M., Scariot, V. (2023). Hot and cold drying of edible flowers affect metabolite patterns of extracts and decoctions. *Folia Horticulturae*, 35(1):193-207.
- Deren'ko, S. A. a Suprunov, N. I. (1979). Technology of the production of pectin substances from the fruit of *Sorbus aucuparia*. *Chemistry of Natural Compounds*, 15(6): 686-688.
- Díaz-Rojas, E. I., Pacheco-Aguilar, R., Lizardi, J., Argüelles-Monal, W., Valdez, M. A., Rinaudo, M., Goycoolea, F. M. (2004). Linseed pectin: gelling properties and performance as an encapsulation matrix for shark liver oil. *Food Hydrocolloids*, 18(2): 293-304.
- Domínguez, R., Gullón, P., Pateiro, M., Munekata, P. E., Zhang, W., Lorenzo, J. M. (2020). Tomato as potential source of natural additives for meat industry. A review. *Antioxidants*, 9(1): 73.
- Dranca, F. a Oroian, M. (2018). Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications. *Food Research International*, 113: 327-350.
- Du, Y., Zhang, S., Sun-Waterhouse, D., Zhou, T., Xu F., Waterhouse, G. I., Wu, P. (2023). Physicochemical, structural and emulsifying properties of RG-I enriched pectin extracted from unfermented or fermented cherry pomace. *Food Chemistry*, 405: 134985.
- Dubey, S. P., Lahtinen, M., Särkkä, H., Sillanpää, M. (2010). Bioprospective of *Sorbus aucuparia* leaf extract in development of silver and gold nanocolloids. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 80(1): 26-33.
- Encalada, A. M. I., Pérez, C. D., Flores, S. K., Rossetti, L., Fissore, E. N., Rojas, A. M. (2019). Antioxidant pectin enriched fractions obtained from discarded carrots (*Daucus carota* L.) by ultrasound-enzyme assisted extraction. *Food Chemistry*, 289: 453-460.
- Ercisli, S., Yanar, M., Sengul, M., Yildiz, H., Topdas, E. F., Taskin, T., Zengin, Y., Yilmaz, K. U. (2015). Physico-chemical and biological activity of hawthorn (*Crataegus* spp. L.) Fruits in Turkey. *Acta scientiarum Polonorum. Hortorum cultus*, 14 (1): 83-93.
- Fritsch, C., Staebler, A., Happel, A., Cubero Márquez, M. A., Aguiló-Aguayo, I., Abadias, M., Belotti, G. (2017). Processing, valorization and application of bio-waste derived compounds from potato, tomato, olive and cereals: a review. *Sustainability*, 9(8): 1492.
-

-
- Gardenlux.decorexpro.com, (2015). *Gardenlux.decorexpro.com* [online] [cit. 17. 01. 2024] Dostupné z: <https://gardenlux.decorexpro.com/cs/sad-i-ogorod/dekorativnye-kustarniki/vidy-i-sorta-shipovnika-foto-s-nazvaniyami-i-opisaniem.html>
- Gawkowska, D., Cybulska, J., Zdunek, A. (2018). Structure-related gelling of pectins and linking with other natural compounds: A review. *Polymers*, 10(7): 762.
- Gee, M., Reeve, R. M., McCready, R. M. (1959). Measurement of plant pectic substances, reaction of hydroxylamine with pectinic acids. Chemical studies and histochemical estimation of the degree of esterification of pectic substances in fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7(1): 34-38.
- Gnanasambandam, R. a Proctor, A. (1999). Preparation of soy hull pectin. *Food Chemistry*, 65(4): 461-467.
- Göttingerová, M. (2016) *Možnosti využití plodů netradičních ovocných druhů*. Bakalářská práce, Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta.
- Grassino, A. N., Brnčić, M., Vikić-Topić, D., Roca, S., Dent, M., Brnčić, S. R. (2016e). Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. *Food Chemistry*, 198: 93-100.
- Grassino, A. N., Halambek, J., Djaković, S., Brnčić, S. R., Dent, M., Grabarić, Z. (2016f). Utilization of tomato peel waste from canning factory as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibitor. *Food Hydrocolloids*, 52: 265-274.
- Guilloux, K., Gaillard, I., Courtois, J., Courtois, B., Petit, E. (2009). Production of arabinoxylan-oligosaccharides from flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(23): 11308-11313.
- Gulbagca, F., Ozdemir, S., Gulcan, M., Sen, F. (2019). Synthesis and characterization of *Rosa canina*-mediated biogenic silver nanoparticles for anti-oxidant, antibacterial, antifungal, and DNA cleavage activities. *Heliyon*, 5(12).
- Guo, Q., Du, J., Jiang, Y., Goff, H. D., Cui, S. W. (2019). Pectic polysaccharides from hawthorn: Physicochemical and partial structural characterization. *Food Hydrocolloids*, 90: 146-153.
- Gutöhrlein, F., Drusch, S., Schalow, S. (2020). Extraction of low methoxylated pectin from pea hulls via RSM. *Food Hydrocolloids*, 102: 105609.
- Gürses, A., Doğar, Ç., Karaca, S., Acikyildiz, M., Bayrak, R. (2006). Production of granular activated carbon from waste *Rosa canina* sp. seeds and its adsorption characteristics for dye. *Journal of Hazardous Materials*, 131(1-3): 254-259.
-

-
- Hamed, A. A. R. a Mustafa, S. E. (2018). Extraction and assessment of pectin from pumpkin peels. *Asian Journal of Natural Product Biochemistry*, 16(1): 1-7.
- Harholt, J., Suttangkakul, A., Vibe Scheller, H. (2010). Biosynthesis of pectin. *Plant Physiology*, 153(2): 384-395.
- Higuera-Coelho, R. A., Lizarraga, L., Ponce, N. M., Stortz, C. A., Rojas, A. M., Bernhardt, D. C., Fissore, E. N. (2021). Novel gelling pectins from *Zea mays* husks' agro-industrial residue and their interaction with calcium and iron (II). *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 26: 100273.
- Ho, G. T. T., Ahmed, A., Zou, Y. F., Aslaksen, T., Wangensteen, H., Barsett, H. (2015). Structure–activity relationship of immunomodulating pectins from elderberries. *Carbohydrate Polymers*, 125: 314-322.
- Holub J. (1992): *Crataegus L.* – hloh. In: Hejný S., Slavík B., Kirschner J., Křísa B. (Eds.), *Květena České republiky 3*, p. 488–525, Academia, Praha.
- Hoskovec, L. (2007). *Helianthus annuus L.* – slunečnice roční / slnečnica ročná. [online] Botany.cz [cit. 05. 10. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/helianthus-annuus/>
- Hoskovec, L. (2008). *Solanum lycopersicum L.* – lilek rajče / rajčiak jedlý. [online] Botany.cz [cit. 16. 10. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/solanum-lycopersicum/>
- Houska, J. (2007). *Sambucus nigra L.* – bez černý / baza čierna. [online] Botany.cz [cit. 07. 09. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/sambucus-nigra/>
- Hrouda L. (1997): *Linum L.* – len. In: Slavík B., Chrtěk J. jun., Tomšovic P. (Eds.), *Květena České republiky 5*, p. 168–178, Academia, Praha.
- Chandel, V., Biswas, D., Roy, S., Vaidya, D., Verma, A., Gupta, A. (2022a). Current advancements in pectin: extraction, properties and multifunctional applications. *Foods*, 11(17): 2683.
- Chandel, V., Biswas, D., Roy, S., Vaidya, D., Verma, A., Gupta, A. (2022b). Multifunctional applications of pectin. [online] MDPI [cit. 23. 11. 2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11172683>
- Christiaens, S., Uwibambe, D., Uyttebroek, M., Van Droogenbroeck, B., Van Loey, A. M., Hendrickx, M. E. (2015). Pectin characterisation in vegetable waste streams: a starting point for waste valorisation in the food industry. *LWT-Food Science and Technology*, 61(2): 275-282.
- Chrtková A. (1995): *Pisum L.* – hrách. In: Slavík B., Smejkal M., Dvořáková M., Grulich V. (Eds.), *Květena České republiky 4*, p. 437–438, Academia, Praha.
-

-
- Iglesias, M. T. a Lozano, J. E. (2004). Extraction and characterization of sunflower pectin. *Journal of Food Engineering*, 62(3): 215-223.
- Jafari, F., Khodaiyan, F., Kiani, H., Hosseini, S. S. (2017). Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 157: 1315-1322.
- Jalili, C., Taghadosi, M., Pazhouhi, M., Bahrehmand, F., Miraghaee, S. S., Pourmand, D., Rashidi, I. (2020). An overview of therapeutic potentials of *Taraxacum officinale* (dandelion): a traditionally valuable herb with a reach historical background. *WCRJ World Cancer Res. J*, 7: e1679.
- Jehlík V. (1990): *Amaranthus L. – laskavec*. In: Hejny S., Slavík B., Hrouda L., Skalický V. (Eds.), *Květena České republiky 2*, p. 292–310, Academia, Praha.
- Jurendić, T. a Ščetar, M. (2021). *Aronia melanocarpa* products and by-products for health and nutrition: A review. *Antioxidants*, 10(7): 1052.
- Kazemi, M., Khodaiyan, F., Labbafi, M., Hosseini, S. S., Hojjati, M. (2019). Pistachio green hull pectin: Optimization of microwave-assisted extraction and evaluation of its physicochemical, structural and functional properties. *Food Chemistry*, 271: 663-672.
- Khan, M. a Nandkishor. (2019). Optimization of extraction condition and characterization of low methoxy pectin from wild plum. *Journal of Packaging Technology and Research*, 3: 215-221.
- Kocián, P. (2003). Mrkev obecná. [online] *Květena ČR* [cit. 06. 11. 2023]. Dostupné z: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=149>
- Konrade, D., Gaidukovs, S., Vilaplana, F., Sivan, P. (2023). Pectin from fruit- and berry-juice production by-products: determination of physicochemical, antioxidant and rheological properties. *Foods*, 12 (1615): 1-16.
- Košťálová, Z., Hromádková, Z., Ebringerová, A. (2009). Chemical evaluation of seeded fruit biomass of oil pumpkin (*Cucurbita pepo L. var. Styriaca*). *Chemical Papers*, 63(4): 406-413.
- Košťálová, Z., Hromádková, Z., Ebringerová, A. (2010). Isolation and characterization of pectic polysaccharides from the seeded fruit of oil pumpkin (*Cucurbita pepo L. var. Styriaca*). *Industrial Crops and Products*, 31(2): 370-377.
- Košťálová, Z., Hromádková, Z., Ebringerová, A. (2013). Structural diversity of pectins isolated from the Styrian oil-pumpkin (*Cucurbita pepo var. styriaca*) fruit. *Carbohydrate Polymers*, 93(1): 163-171.
-

Košťálová, Z., Aguedo, M., Hromádková, Z. (2016). Microwave-assisted extraction of pectin from unutilized pumpkin biomass. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 102: 9-15.

Křísa B. a Kirschner J. (1992): Aronia Medik. – temnoplodec. In: Hejný S., Slavík B., Kirschner J., Křísa B. (Eds.), *Květena České republiky 3*, p. 484, Academia, Praha.

Kubát K. (1988): Papaver L. – mák. In: Hejný S., Slavík B., Chrtek J., Tomšovic P., Kovanda M. (Eds.), *Květena České socialistické republiky 1*, p. 482–492, Academia, Praha.

Kulczyński, B. a Gramza-Michałowska, A. (2019). The profile of secondary metabolites and other bioactive compounds in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* pumpkin cultivars. *Molecules*, 24(16): 2945.

Kulling, S. E. a Rawel, H. M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)—A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Medica*, 74(13): 1625-1634.

Lara-Espinoza, C., Carvajal-Millán, E., Balandrán-Quintana, R., López-Franco, Y., & Rascón-Chu, A. (2018). Pectin and pectin-based composite materials: Beyond food texture. *Molecules*, 23(4): 942.

Lee, K. H., Chun, Y., Jang, Y. W., Lee, S. K., Kim, H. R., Lee, J. H., Yoo, H. Y. (2020). Fabrication of functional bioelastomer for food packaging from aronia (*Aronia melanocarpa*) juice processing by-products. *Foods*, 9(11): 1565.

Lorenc, F., Jarošová, M., Bedrníček, J., Smetana, P., Bárta, J. (2022). Structural characterization and functional properties of flaxseed hydrocolloids and their application. *Foods*, 11(15): 2304.

Mesbahi, G., Jamalian, J., Farahnaky, A. (2005). A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*, 19(4): 731-738.

Minaiyan, M., Ghannadi, A., Etemad, M., Mahzouni, P. (2012). A study of the effects of *Cydonia oblonga* Miller (Quince) on TNBS-induced ulcerative colitis in rats. *Research in pharmaceutical sciences*, 7(2): 103.

Minzanova, S. T., Mironov, V. F., Tsepaveva, O. V., Mironova, L. G., Vyshtakalyuk, A. B., Mindubaev, A. Z., Pashagin, A. V. (2014c). Isolation and structural and chemical analysis of pectinic polysaccharides from *Amaranthus cruentus*. *Chemistry of Natural Compounds*, 50: 54-59.

-
- Minzanova, S. T., Mironov, V. F., Vyshtakalyuk, A. B., Tsepaeva, O. V., Mironova, L. G., Konovalov, A. I. (2014d). Pectic polysaccharides from the plant *Amaranthus cruentus*. Water-soluble complexes of amaranth pectin with macro-and microelements. *Russian Chemical Bulletin*, 63: 2142-2155.
- Miyamoto, A. a Chang, K. C. (1992). Extraction and physicochemical characterization of pectin from sunflower head residues. *Journal of Food Science*, 57(6): 1439-1443.
- Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 11(3): 266-277.
- Mrázek, T. 2009. *Sorbus Aucuparia L. – jeřáb ptačí / jarabina vtáčia*. [online] Botany.cz [cit. 14. 09. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/sorbus-aucuparia/>
- Muñoz-Almagro, N., Ruiz-Torralba, A., Méndez-Albiñana, P., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B., Moreno, R., Villamiel, M., Montilla, A. (2021). Berry fruits as source of pectin: Conventional and non-conventional extraction techniques. *International Journal of Biological Macromolecules*, 186: 962-974.
- Navarro-González, I., García-Valverde, V., García-Alonso, J., Periago, M. J. (2011). Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International*, 44(5): 1528-1535.
- Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Spórna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michałowski, T., Wybraniec, S. (2011). Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris L.*) dried extracts. *Food Chemistry*, 127(1): 42-53.
- Nguyen, D. T. C., Nguyen, T. T., Le, H. T., Nguyen, T. T. T., Bach, L. G., Nguyen, T. D., Van Tran, T. (2021). The sunflower plant family for bioenergy, environmental remediation, nanotechnology, medicine, food and agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19: 3701-3726.
- Nimbalkar, P. R., Khedkar, M. A., Chavan, P. V., Bankar, S. B. (2018). Biobutanol production using pea pod waste as substrate: Impact of drying on saccharification and fermentation. *Renewable Energy*, 117: 520-529.
- Noguchi, M., Hasegawa, Y., Suzuki, S., Nakazawa, M., Ueda, M., Sakamoto, T. (2020). Determination of chemical structure of pea pectin by using pectinolytic enzymes. *Carbohydrate Polymers*, 231, 115738.
- Noh, N. A. N. M., Karim, L., Omar, S. R. (2022). Value-added products from pumpkin wastes: a review. *Malaysian Journal of Science Health & Technology*, 8(1): 77-84.
-

-
- Novikova, A. E. a Skrypnik, L. N. (2021). Combined surfactant and enzyme-assisted extraction of pectin from hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.) fruits. *Equipment and Technology of Food Production*, 51(4): 733-742.
- Nurdjanah, N. a Usmiati, S. (2006). Ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit labu kuning. *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 3(1): 13-23.
- Ognyanov, M., Remoroza, C., Schols, H. A., Georgiev, Y., Kratchanova, M., Kratchanov, C. (2016). Isolation and structure elucidation of pectic polysaccharide from rose hip fruits (*Rosa canina* L.). *Carbohydrate Polymers*, 151: 803-811.
- Oziembłowski, M., Trenka, M., Czaplicka, M., Maksimowski, D., Nawirska-Olszańska, A. (2022). Selected properties of juices from black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) fruits preserved using the PEF method. *Applied Sciences*, 12(14): 7008.
- Pagliaro M., Chavarría-Hernández N., Ciriminna R., Hernández A. I. R. (2015). Pectin: A new perspective from the biorefinery standpoint. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 4: 1-8.
- Park, S. H., Park, J. H., Noh, J. G., Shin, H., Lee, S. H., Kim, Y., Eom, H. J. (2016). Quality characteristics and antioxidant activities of aronia jams added with apple. *Korean Journal of Food Preservation*, 23(2): 180-187.
- Pascariu, O. E. a Israel-Roming, F. (2022). Bioactive compounds from Elderberry: Extraction, health benefits, and food applications. *Processes*, 10(11): 2288.
- Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. (2021). Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11): 2487.
- Polarismarketresearch.com, (2018). *Pectin market size, share, trends, & industry analysis report, by sources (thickener, stabilizer, gelling agent, fat replacer), by application (Food & beverage, pharmaceuticals, bakery, dairy products), by regions: segment forecast, 2018–2026*. [online] [cit. 23. 01. 2024]. Dostupné z: <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/pectin-market>
- Princey, J. M., Nandhini, A., Poojadevi, G., Divya, S. N. (2021). Antimicrobial activity and physicochemical analysis of bio-degradable films from Cucurbita pepo and Musa paradisiaca. *Oriental Journal of Chemistry*, 37: 6.
- Priyangini, F., Walde, S.G., Chidambaram, R. (2018). Extraction optimization of pectin from cocoa pod husks (*Theobroma cacao* L.) with ascorbic acid using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 202: 497-503.
-

-
- Qin, Z., Liu, H. M., Cheng, X. C., Wang, X. D. (2019). Effect of drying pretreatment methods on structure and properties of pectins extracted from Chinese quince fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137: 801-808.
- Rak, L. (2007). *Rosa canina* L. – růže šípková / ruža šípová. [online] Botany.cz [cit. 21. 09. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/rosa-canina/>
- Ramirez, C. S. V., Temelli, F., Saldana, M. D. (2021). Production of pea hull soluble fiber-derived oligosaccharides using subcritical water with carboxylic acids. *The Journal of Supercritical Fluids*, 178: 105349.
- Ridley, B. L., O'Neill, M. A., Mohnen, D. (2001). Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*, 57(6): 929-967.
- Robledo, V. R. a Vázquez, L. I. C. (2019). Stavba buněčné stěny rostlin. [online] Intechopen.com [cit. 13. 01. 2024]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/66458>
- Roman, I., Stănilă, A., Stănilă, S. (2013). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rosa canina* L. biotypes from spontaneous flora of Transylvania. *Chemistry central journal*, 7(1): 1-10.
- Ropciuc, S., Leahu, A., Oroian, M., Iuliana, C. (2015). Correlative relationship of pectin and ascorbic acid at the biotypes of the species *Rosa canina* L. from Bukovina area. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie si Tehnologie de Industrie Alimentara*, 14(A): 271-278.
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Capanoglu, E., Adrar, N., Catalkaya, G., Shaheen, S., Cho, W. C. (2019). Cucurbita plants: from farm to industry. *Applied Sciences*, 9(16): 3387.
- Sengar, A. S., Rawson, A., Muthiah, M., Kalakandan, S. K. (2020). Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste. *Ultrasonics Sonochemistry*, 61: 104812.
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1): 22-32.
- Sidor, A. a Gramza-Michałowska, A. (2015). Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food—a review. *Journal of Functional Foods*, 18: 941-958.
- Sidor, A. a Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry *Aronia melanocarpa* L.—A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. *Molecules*, 24(20): 3710.
-

Sołtys, A., Galanty, A., Podolak, I. (2020). Ethnopharmacologically important but underestimated genus *Sorbus*: A comprehensive review. *Phytochemistry Reviews*, 19: 491-526.

Sozaeva, D. R., Dzhaboeva, A. S., Shaova, L. G., Tsagoeva, O. K. (2016). The pectin content in different types of fruit crops and their physicochemical characteristics. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2: 170-174.

Spinei, M. a Oroian, M. (2021). The potential of grape pomace varieties as a dietary source of pectic substances. *Foods*, 10(4): 867.

Sriamornsak, P. (2003g). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. *Silpakorn University International Journal*. 3(1-2): 206-228.

Sriamornsak, P. (2003h). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. [online] Research gate [cit. 04. 06. 2023]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-calcium-binding-to-polygalacturonate-sequences-egg-box_fig3_215872059 tohle je ale normální článek, upravte, platí i jinde u toho kde máte odkaz na research gate

Sundarraaj, A. A. a Ranganathan, T. V. (2017). A review-pectin from agro and industrial waste. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 12(10): 1777-1801.

Sundarraaj, A. A. (2012). (a) Opakující se segment molekuly pektinu a funkční skupiny: (b) karboxyl; (c) ester; (d) amid v pektinovém řetězci. [online] Research gate [cit.04. 06. 2023]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/321170657_Extraction_of_Pectin_from_Different_Fruit_Wastes_due_to_the_Quality_Upgradation_of_Jellies_Preparation-Review#fullTextFileContent

SZIF (2023). Zpráva o trhu zeleniny. *TIS ČR*, 27 (2-3): 1-12.

Šestáková, I. (2014). *Amarant jako netradiční potravina ve výživě člověka*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Tassoni, A., Tedeschi, T., Zurlini, C., Cigognini, I. M., Petrusan, J. I., Rodríguez, Ó., Corvini, P. F. (2020). State-of-the-art production chains for peas, beans and chick-peas—valorization of agro-industrial residues and applications of derived extracts. *Molecules*, 25(6): 1383.

Teodorescu, A. A., Milea, Ș. A., Păcularu-Burada, B., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., Râpeanu, G., Stănciuc, N. (2023). Customized Technological Designs to Improve the Traditional Use of *Rosa canina* Fruits in Foods and Ingredients. *Plants*, 12(4): 754.

-
- Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., Rao, M. A. (1997). Chemistry and uses of pectin—A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37(1): 47-73.
- Tomšovic P. (1990): Beta L. – řepa. In: Hejný S., Slavík B., Hrouda L., Skalický V. (Eds.), *Květena České republiky 2*, p. 219–223, Academia, Praha.
- Torkova, A. A., Lisitskaya, K. V., Filimonov, I. S., Glazunova, O. A., Kachalova, G. S., Golubev, V. N., Fedorova, T. V. (2018). Physicochemical and functional properties of Cucurbita maxima pumpkin pectin and commercial citrus and apple pectins: a comparative evaluation. *PloS One*, 13(9): e0204261.
- Turquois, T., Rinaudo, M., Taravel, F. R., Heyraud, A. (1999). Extraction of highly gelling pectic substances from sugar beet pulp and potato pulp: influence of extrinsic parameters on their gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 13(3): 255-262.
- ÚKZUZ. (2020). Seznam doporučených odrůd - len setý. In: Šmirous, P., Pavelek, M., Kraus, P., Hron, V., Říha, V. (Eds.). *Olejniny*. ÚKZUZ, Brno, 95-106, 978-80-7401-180-1.
- Vaňatová, P. (2008). Slunečnice slibuje slušné výnosy. [online] Úroda.cz [cit. 18. 01. 2024]. Dostupné z: <https://uroda.cz/slunecnice-slibuje-slusne-vynosy/>
- Vik, M. (1995): Měření barevnosti a vzhledu: barevné odchylky [online]. [cit. 06. 03. 2024]. Dostupné z: <http://dirk.kmi.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Kolorimetrie/vcoldif.pdf>
- Vobořil, P., (2014). Cucurbita pepo L. – tykev obecná / tekvice obyčejná. [online] Botany.cz [cit. 30. 08. 2023]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/cucurbita-pepo/>
- Wang, M., Huang, B., Fan, C., Zhao, K., Hu, H., Xu, X., Liu, F. (2016). Characterization and functional properties of mango peel pectin extracted by ultrasound assisted citric acid. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91:794-803.
- Wonderhedge team (2024). Aronie – černý jeřáb – nejzdravější živý plot. [online] [cit. 17. 01. 2024]. Dostupné z: <https://www.aronie-cz.cz/>
- Zhang, J., Chai, X., Zhao, F., Hou, G., Meng, Q. (2022). Food applications and potential health benefits of hawthorn. *Foods*, 11(18): 2861.
- Zlobin, A. A., Martinson, E. A., Litvinets, S. G., Ovechkina, I. A., Durnev, E. A., Ovodova, R. G. (2012). Pectin polysaccharides of rowan Sorbus aucuparia L. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 38: 702-706.
-

Seznam obrázků

Obrázek 1: Stavba buněčné stěny rostlin	8
Obrázek 2: (a) opakující se segment molekuly pektinu a funkční skupiny: (b) karboxyl; (c) ester; (d) amid v pektinovém řetězci	9
Obrázek 3: Schematické znázornění vazby vápníku na polygalaktonátové sekvence: dimer „egg box“ a „egg-box“ dutina.....	11
Obrázek 4: Aplikace pektinu.....	12
Obrázek 5: Příprava biomasy tykve olejné na sušení.....	38
Obrázek 6: Extrakce dýňového pektinu	40
Obrázek 7: Buňky slupky tykve (mezokarp): nebarvené, po barvení – oranžová barva = pektin	44
Obrázek 8: Buňky povrchové slupky (exokarp) plodu: nebarvené, po barvení – oran- žová barva = pektin	45
Obrázek 9: Zkouška parametrů dobrého želé: dýňové želé (TŽ 140), dýňové želé (TŽ 100), citrusové želé (TŽ 100).....	46
Obrázek 10: Průhlednost pektinového a klasického filmu.....	47
Obrázek 11: Porovnání barevnosti pektinového (vlevo) a klasického (vpravo) filmu	48

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tradiční zdroje pektinu – výtěžnost, metody extrakce	13
Tabulka 2: Netradiční zdroje pektinu – výtěžnost, metody extrakce.....	16
Tabulka 3: Charakteristika netradičních rostlinných zdrojů pektinu	35
Tabulka 4: Třídy želé (Gee et al., 1959)	41
Tabulka 5: Stupnice CIELab (Vik, 1995)	43
Tabulka 6: Stanovení vaznosti pektinu (voda, olej).....	46
Tabulka 7: Parametry dobrého želé dle tříd želé (TŽ) a pH	46
Tabulka 8: Barva želé (dýně, kontrolní vzorek).....	47
Tabulka 9: Barevnost filmu.....	48
