

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Nikola Široká

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta chemicko-technologická

Biologicky aktivní látky v plodech trnky obecné

Bakalářská práce

2023

Nikola Široká

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Nikola Široká**
Osobní číslo: **C19628**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Biologicky aktivní látky v plodech trnky obecné**
Téma práce anglicky: **Biologically-active substances in blackthorn fruits**
Zadávající katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. Charakterizujte botanické zařazení trnky obecné (*Prunus spinosa*). Definujte její výživové složení a obsah biologicky aktivních látek (vitamíny, minerály, polyfenolické látky).
2. V práci se zaměřte na využití plodů (a výrobků z nich) v potravinářství, popř. medicíně/léčitelství. Pro zpracování využijte převážně zahraniční odbornou literaturu (periodika, monografie)
3. V závěru formulujte svá doporučení pro jejich pravidelnou konzumaci.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:
Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. června 2023**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Petr Česla, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Biologicky aktivní látky v plodech trnky obecné jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Nikola Široká v. r

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Liboru Červenkoví, Ph.D. za poskytnuté rady a prospěšné připomínky, které mi pomohly při psaní bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu studia.

ANOTACE

Tato práce se zabývá biologicky aktivními látkami. Pozornost je věnována složení trnky obecné a jejímu využití. Dále jsou specifikovány účinky na lidské zdraví. V neposlední řadě jsou v této práci popsány metody pro stanovení přírodních potravinářských barviv obsažených v trnce obecné.

KLÍČOVÁ SLOVA

trnka obecná, barviva, fyziologické účinky, antioxidant

TITLE

Biologically-active substances in blackthorn fruits

ANNOTATION

This thesis deals with the biologically active substances. Attention is paid to the composition blackthorn fruits and her exploitation. Further, the effects on human health are specified. Finally, there are described methods of natural food colouring analysis in blackthorn fruits.

KEYWORDS

Blackthorn fruits, pigment, physiological effects, antioxidant

OBSAH

Úvod	12
1. Botanika trnky obecné.....	13
2. Chemické složení <i>Prunus spinosa</i>	15
2.1 Voda	15
2.2 Sacharidy	15
2.2.1 Polysacharidy	15
2.2.2 Pektin.....	15
2.3 Lipidy	16
2.3.1 Mastné kyseliny.....	17
2.4 Aminokyseliny.....	19
2.5 Bílkoviny	19
2.6 Vitaminy	20
2.6.1 Kyselina askorbová / Vitamin C.....	20
2.6.2 Tokoferoly / Vitamin E	21
2.6.3 Thiamin / B1.....	22
2.6.4 Riboflavin / B2	23
2.6.5 Niacin / Vitamin B3.....	23
2.6.6 Pyridoxin / Vitamin B6.....	24
2.6.7 Folát / B9	24
2.7 Minerální látky	25
2.7.1 Draslík	26
2.7.2 Fosfor.....	26
2.7.3 Hořčík.....	26
2.7.4 Sodík.....	27
2.7.5 Vápník	27
2.8 Organické kyseliny.....	28
2.9 Fenolické sloučeniny.....	29
2.9.1 Polyfenoly.....	29
2.9.2 Fenolické kyseliny.....	30
2.9.3 Flavonoidy	30
2.9.4 Flavonoly	31
2.9.5 Flavony	31
2.9.6 Flavanony	31

2.9.7 Isoflavony	31
2.9.8 Taniny	32
2.9.9 Karotenoidy	32
2.9.10 Antokyany	35
3. Použití trnky obecné	38
3.1 Zdravotnictví	38
3.2 Potravinářství	38
3.2.1 Výroba ovocných destilátů	38
3.2.2 Výroba ovocného octa	38
3.3 Zemědělství	39
3.4 Historické využití	39
4. Závěr	40
5. Použitá literatura	41

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obr. 1: Pupeny trnky obecné	13
Obr. 2: Květy trnky obecné.....	13
Obr. 3: Plody trnky obecné	13
Obr. 4: Glukóza.....	16
Obr. 5: Kyselina palmitová	19
Obr. 6: Kyselina olejová	19
Obr. 7: Kyselina linolová.....	19
Obr. 8: Kyselina askorbová	21
Obr. 9: α -tokoferol	22
Obr. 10: β -tokoferol	22
Obr. 11: γ -tokoferol	22
Obr. 12: δ -tokoferol	22
Obr. 13: β -karoten.....	34
Tabulka 1: Sacharidy obsažené v trnce obecné	16
Tabulka 2: Mastné kyseliny obsažené v trnce obecné	18
Tabulka 3: Tokoferoly obsažené v trnce obecné	21
Tabulka 4: Vitaminy skupiny B obsažené v trnce obecné.....	25
Tabulka 5: Minerální látky obsažené v trnce obecné	28
Tabulka 6: Organické kyseliny obsažené v trnce obecné stanovené pomocí HPLC.....	29
Tabulka 7: Fenolické kyseliny obsažené v trnce obecné	30
Tabulka 8: Flavonoidy obsažené v plodech trnky obecné stanovené ultrazvukovou extrakcí	32
Tabulka 9: Nutriční profil antokyanů v koblíchách a „Beinjho“ pečivu.....	36

SEZNAM ZKRATEK

FW	hmotnost čerstvého materiálu
DW	hmotnost suchého materiálu
SFA	nasyčené mastné kyseliny
MUFA	mononenasyčené mastné kyseliny
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
DNA	deoxyribonukleová kyselina
RNA	ribonukleová kyselina
NAD	nikotinamidadenindinukleotid
NADP	nikotinamidadenindinukleotidfosfát
AAS	atomová absorpční spektrometrie
ATP	adenosintrifosfát
GAE	ekvivalenty kyseliny galové
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie

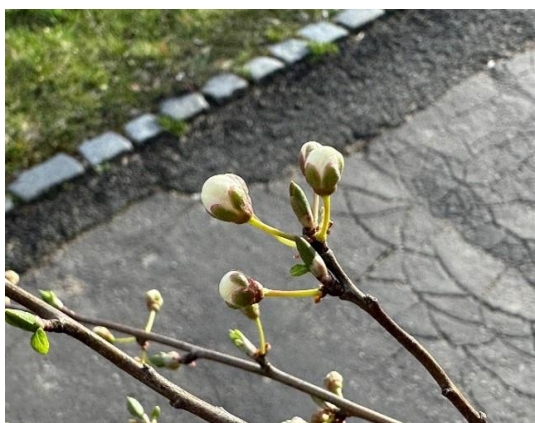
Úvod

Trnka obecná (*Prunus spinosa*) je nejrozšířenější keř na našich mezích a hájích. Je velmi trnitá a bohatě využívána hmyzem a ptactvem. Řadí se mezi největší čeleď růží, *Rosaceae*. Tato rostlina má široké využití, ve zdravotnictví, v kuchyni jako nutričně bohatá potravina, ale postupně nachází uplatnění i v průmyslu pro získání potravinářských barviv. Obsahuje ve vodě rozpustná barviva antokyany a v tucích rozpustná barviva karotenoidy. Její plody mají typickou svírající chuť, která se vytrácí už po prvních mrazech. Hojně se využívá pro přípravu džemů a různých nápojů.

Karotenoidy společně s antokyany působí v trnce obecné jako antioxidanty a mají pozitivní účinek na lidské zdraví. Pomáhají chránit před vznikem kardiovaskulárního onemocnění, rakoviny, působí protizánětlivě a zmírňují obezitu s cukrovkou. Lze je stanovit extrakcí, kterou volíme podle druhu stanovovaného materiálu, tak abychom získaly maximální možný extrakční výtěžek.

1. Botanika trnky obecné

Trnka obecná (*Prunus spinosa*) je hustě květnatý 2-3 m vysoký listnatý keř s dlouhými ostrými trny a švestkovitými plody (viz Obrázek 3 ¹), které rostou od konce léta do začátku podzimu. Jeho bílé silně vonící květy dorůstají v průměru až 2 cm a mají pět okvětních lístků rostoucí před listy (viz Obrázek 1-2 ²). Pochází z Evropy, západní Asie a severozápadní Afriky. ³ Patří do čeledi růží *Rosaceae*. *Rosaceae* je 19. největší čeledí rostlin. Zahrnuje až 100 rodů a 3100 druhů. Mezi nejvýznamnější patří jablka, hrušky, mandle, švestky, třešně a další. Plody a ořechy této čeledi mají podle studií ochranný účinek proti lidským degenerativním onemocněním, jako je cukrovka, kardiovaskulární onemocnění a další. ^{4, 5}



Obr. 1: Pupeny trnky obecné



Obr. 2: Květy trnky obecné



Obr. 3: Plody trnky obecné

Trnka obecná je velmi cenným zdrojem fenolických kyselin, flavonolů a antokyanů. ⁶ Používá se k léčbě kašle, jako diuretika, projímadlo, antispasmodikum a působí protizánětlivě. ⁷

Je známá od 19. století. Její plody mají štiplavou chuť, a proto není vhodná pro přímou spotřebu. Je to způsobeno vysokým obsahem tříslovin, které dávají společně s antokyany vysokou antioxidační, protizánětlivou a antibakteriální aktivitu. Plody se stávají požitelnými až po prvních mrazech. Lze je použít pro přípravu džemů a různých nápojů.⁷

2. Chemické složení *Prunus spinosa*

2.1 Voda

Voda je nejvíce rozšířenou složkou v čerstvých rostlinných buněčných potravinových materiálech, více než 80–90 % (hmotnostních). Ve většině se nachází v ovoci a zelenině. Což ovlivňuje zpracování, zejména sušení a zmrazování čerstvého ovoce a zeleniny. Nachází se v různých kompartmentech buněk (vakuoly, cytoplazmy, buněčné stěny, extracelulární prostory). Vodu můžeme rozdělovat na volnou a vázanou. V ovoci a zelenině se nachází volná voda, volně vázaná voda a silně vázaná voda. Intracelulární voda, včetně cytoplazmy a vakuol, jsou považovány za volně vázanou vodu. Extracelulární voda, která je umístěná v pórech a kapilárách je považována za volnou vodu. ⁸ Vlhkost v plodech trnky obecné činí 60,86 g/100 g FW vody. ⁹

2.2 Sacharidy

Sacharidy představují z chemického hlediska polyhydroxyketony a polyhydroxyaldehydy a jsou nejhojnější a nejrozšířenější přírodní produkt. Rozdělujeme je podle sacharidových jednotek na monosacharidy/disacharidy (1-2 sach. jednotek), oligosacharidy (2 a více sach. jednotek) a polysacharidy (10 a více sach. jednotek). Jsou zdrojem energie a mají stavební funkci. Sacharidy jsou nedílnou součástí v potravinářském průmyslu a ve farmacii. Využívají se v lécích proti neurologickým onemocněním, rakovině a metabolickým poruchám.

V potravinářském průmyslu se používají například ke konzervaci, k dochucování potravin a ke zvýšení energetické hodnoty potravin. ¹⁰

2.2.1 Polysacharidy

Polysacharid je makromolekulární látka, která se hojně vyskytuje v přírodě. Je důležitý při udržování životní aktivity organismů. ¹¹ Je složen z více než 10 monosacharidů, které jsou spojeny glykosidickými vazbami. Utváří lineární nebo rozvětvené řetězce. Hraje důležitou roli v komunikaci mezi buňkami, adhezi buněk a molekulárním rozpoznávání v imunitním systému. Mezi polysacharidy patří pektin, glykogen, škrob, celulóza a další. ¹² Nachází se v rostlinách, zvířatech a mikroorganismech. Mají protizánětlivé, protinádorové účinky a podílejí se na správné funkci imunitního systému. ¹³

2.2.2 Pektin

Je to heteropolysacharid běžně se vyskytuje v suchozemských rostlinách. Řadí se mezi glykany a glykokonjugáty rostlinné buněčné stěny. ¹⁴ Pektin je přítomný v buněčných stěnách. Hrají

velmi důležitou roli ve vývoji rostlin a při reakci na bioticky a abiotický stres. Vyskytují se ve středních lamelách a primárních stěnách dvouděložných rostlin, tvoří 30 % suché hmoty buněčné stěny. ¹⁵ V literatuře bylo popsáno více chemických struktur. Jeho chemická struktura obsahuje zbytky kyseliny uronové spojené vazbami α -1-4-glykosidů a v postranním řetězci se nachází cukry, jako jsou xylóza, arabinóza, glukóza (viz Obrázek 4 ¹⁶), fruktóza, manóza, galaktóza. ¹⁷

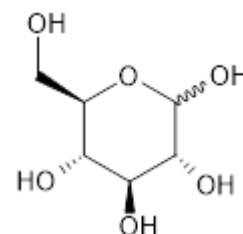
Význam a fyziologické účinky

Využívá se v potravinářském průmyslu. Používá se jako přídatná látka do potravin, želírující činidlo, stabilizátor a jako tuková náhražka. Například k výrobě želé, náplní v pekařském průmyslu, přidává se do nápojů vyrobených ze sóji či z pšenice. V organismu napomáhá ke snížení lipidů v krvi. ^{17, 14}

Obsah jednotlivých sacharidů obsažených v plodech trnky obecné je vypsán níže v tabulce 1. ⁷ Čerstvé plody trnky obecné obsahují 5,52 g/100 g a mražené plody obsahují 5 g/100 g veškerých sacharidů. ¹⁸ Z výsledků vyplývá, že čerstvé i mražené plody trnky obecné mají téměř stejný obsah veškerých sacharidů.

Tabulka 1: Sacharidy obsažené v trnce obecné

Sacharidy	Koncentrace [g/100 g sušiny]
Fruktóza	6,95
Glukóza	29,84
Sacharóza	0,27
Veškerý cukr	37,06



Obr. 4: Glukóza

2.3 Lipidy

Lipidy jsou estery vyšších mastných kyselin a glycerolu a základní makroživinou pro lidské tělo, kterému poskytuje energii a esenciální mastné kyseliny. Jsou součástí buněčných a organelových membrán. ¹⁹ Lipidy jsou hydrofilní, lipofilní malé molekuly a nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v nepolárních rozpouštědlech. V živých buňkách jsou potřebné k udržení buněčné struktury, poskytují energii a podílejí se na buněčné signalizaci. ²⁰ Skládají se z mastných kyselin, které se dělí na nasycené (jsou bez dvojných vazeb), mononenasycené (obsahují jednu dvojnou vazbu), polynenasycené (obsahují dvě a více dvojných vazeb) a podle

konfigurací dvojných vazeb na cis nebo trans mastné kyseliny. Esenciální mastné kyseliny musí být získávány z potravy, zejména z ryb a rybích olejů. ²¹

Nejrozšířenějším druhem lipidů jsou triacylglyceroly. Dále se dělí na diacylglyceroly a monoacylglyceroly. Diacylglyceroly se nachází v jedlých olejích. Objevuje se stále více důkazů, že diacylglyceroly pomáhají proti obezitě, chronickému metabolickému syndromu a snižuje hladinu postprandiálního séra triacylglycerolů. Nadměrný příjem způsobuje řadu onemocnění. Například obezitu, kardiovaskulární onemocnění, některé typy rakoviny, steatohepatitidu a další. Enzym rozkládající lipidy se nazývá lipáza. ¹⁹

Čerstvé plody trnky obecné obsahují 0,37 g/100 g a mražené plody obsahují 0,33 g/100 g lipidů. ¹⁸ Čerstvé i mražené plody trnky obecné obsahují téměř stejné množství lipidů.

2.3.1 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou z chemického hlediska karboxylové kyseliny a základní složkou tuků. Dělí se na nenasycené, nasycené (jsou bez dvojných vazeb, viz Obrázek 5 ¹⁶), mononenasycené (obsahují jednu dvojnou vazbu, viz Obrázek 6 ¹⁶), polynenasycené (obsahují dvě a více dvojných vazeb). ²¹

Nenasycené mastné kyseliny mohou existovat v cis- nebo trans-konfiguraci. V cis-konfiguraci se nachází přirozeně a jsou silnými induktory adipozomů (lipidové kapsičky), které mají důležitou roli v buněčné signalizaci, regulaci metabolismu lipidů, kontrole syntézy a sekrece zánětlivých mediátorů. Lipidové kapsičky jsou místa pro tvorbu eikosanoidů v buňkách během procesu zánětu a rakoviny. Trans-konfigurace je výsledkem technologického zpracování, jako je hydrogenace. ²¹

Esenciální mastné kyseliny se řadí do polynenasycených mastných kyselin a hrají významnou roli v mnoha biochemických drahách. Mají antitrombotický, protizánětlivý, antiaterogenní, antiarytmický a hypolipidemický účinek. Snižuje rizika kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny, osteoporózy, diabetu, Alzheimerovi choroby, demence, porucha pozornosti s hyperaktivitou u dětí a další. Řadíme se například kyselinu α -linolenovou, kyselinu linolovou (viz Obrázek 7 ¹⁶) a další. ²¹

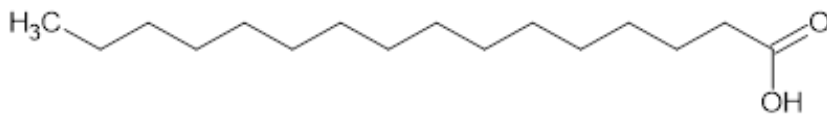
Obsah všech mastných obsažených v plodech trnky obecné je vypsán níže v tabulce 2. ⁷ Z ní je patrné, že v plodech trnky převažují mononenasycené mastné kyseliny. Nejvíce je obsaženo kyseliny olejové 57,58 % a celkově nejvíce obsahuje mononenasycených mastných kyselin

Mastné kyseliny byly stanoveny plynovou a kapalinovou chromatografií s plamenovou ionizační detekcí.⁹

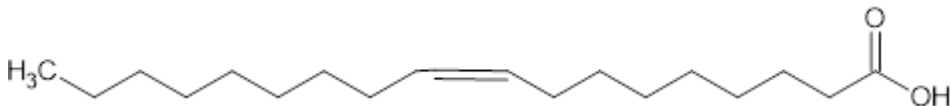
Tabulka 2: Mastné kyseliny obsažené v trnce obecné

Název mastné kyseliny	zkratka	skupina	Obsah [%]
Kyselina kaprylová	C8:0	SFA	0,01
Kyselina kaprinová	C10:0	SFA	0,02
Kyselina laurová	C13:0	SFA	0,1
Kyseliny myristová	C14:0	SFA	0,09
Kyselina myristoolejová	C14:1	MUFA	0,03
Kyselina pentadecylová	C15:0	SFA	0,03
Kyselina palmitová	C16:0	SFA	6,5
Kyselina palmitoolejová	C16:1	MUFA	0,67
Kyselina heptadecylová	C17:0	SFA	0,11
Kyselina heptadecenová	C17:1c	MUFA	0,1
Kyselina stearová	C18:0	SFA	2,51
Kyselina olejová	C18:1n9c	MUFA	57,58
Kyselina linolová	C18:2n9c	PUFA	23,57
Kyselina α -linolenová	C18:3n3	PUFA	2,79
Kyselina arachová	C20:0	SFA	0,56
Kyselina eikosenová	C20:1c	MUFA	0,06
Kyselina (cis, cis, cis) - 11, 14, 17-eikosatrienová+kyselina heneikosanová	C20:3n3+C21:0	PUFA	0,03
Kyselina behenová	C22:0	SFA	0,32
Kyselina trikosanová	C23:0	SFA	4,42
Kyselina lignocerová	C24:0	SFA	0,48
Celkové množství nasycených mastných kyselin		SFA	15,16
Celkové množství mononenasycených mastných kyselin		MUFA	58,45
Celkové množství polynenasycených mastných kyselin		PUFA	26,4

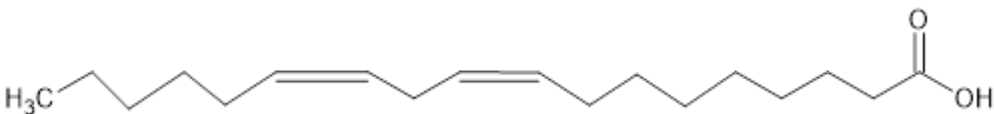
SFA jsou nasycené mastné kyseliny, MUFA jsou mononenasycené mastné kyseliny a PUFA jsou polynenasycené mastné kyseliny.



Obr. 5: Kyselina palmitová



Obr. 6: Kyselina olejová



Obr. 7: Kyselina linolová

2.4 Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou základní stavební jednotkou bílkovin. ²² Jsou to základní organické molekuly v každém organismu a rozpustné ve vodě. V chemické struktuře obsahují aminoskupinu, karboxylovou skupinu a postranní řetězec. Hrají důležitou roli při syntéze proteinů, stabilitě osmotického tlaku, neurotransmisí a v metabolismu. Využívají se v potravinářském průmyslu jako sladidla (aspartam je L-fenylalanin), dodávají chuť potravinám a zlepšují výživovou hodnotu. Aminokyseliny mají farmakologické účinky, protinádorové, proti únavě, přispívají proti chronickým onemocněním jater. ²³

2.5 Bílkoviny

Bílkoviny jsou organické makromolekulární látky. Skládají se z uhlíku, kyslíku, dusíku, vodíku, síry a fosforu. Jejich vlastnosti a funkce závisí na struktuře. Proteiny rozdělujeme na jednoduché a složené proteiny. Jednoduché jsou složeny z aminokyselin a složené obsahují kromě aminokyselin další složku k nim připojenou. Jako jsou glykoproteiny, lipoproteiny a další. Bílkoviny jsou důležité pro lidské tělo. Mají funkci stavební, enzymatickou, transportní a imunitní. ²²

Bílkoviny jsou důležitou složkou v potravě. Určují texturní, sensorické a nutriční vlastnosti potravin. Z chemického hlediska jsou proteiny tvořeny aminokyselinami, které jsou spojeny peptidovými vazbami. ²⁴

Čerstvé plody trnky obecné obsahují 0,8 g/100 g a mražené plody obsahují 0,34 g/100 g proteinů. ¹⁸ Čerstvé plody obsahují více bílkovin než mražené.

2.6 Vitaminy

Známe až třináct základních vitaminů a jsou velmi důležitou složkou naší potravy. Přispívají k správnému fungování organismu. Většinu z nich získáváme potravou, některé z nich si umí organismus v určité míře syntetizovat sám, například vitamin C. ²⁵

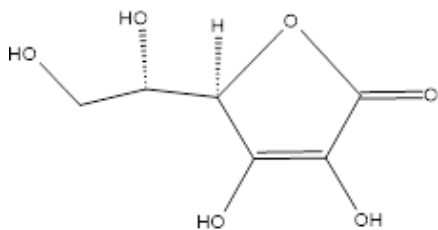
Vitaminy jsou základní mikroživinou pro náš organismus. Rozdělujeme je na vitaminy rozpustné v tucích (lipofilní), kterými jsou vitaminy A, D, E, K a na vitaminy rozpustné ve vodě (hydrofilní) kam zahrnujeme vitamin C a vitaminy B-komplex. Vitaminy rozpustné ve vodě fungují jako prekurzory enzymů a enzymových kofaktorů v energetickém metabolismu, pomáhají udržovat stav kůže, vlasů a jsou důležité pro správnou funkci svalů, jater a očí. Vitaminy rozpustné v tucích pomáhají udržovat stav kostí, jsou důležité pro správnou funkci očí a jsou důležitými antioxidanty. ²⁶ Obsah vitaminů skupiny B je vypsán v tabulce 4 a vitaminu E v tabulce 3. ^{7, 40}

2.6.1 Kyselina askorbová / Vitamin C

Kyselina askorbová (viz Obrázek 8 ¹⁶) je vitamin rozpustný ve vodě a jeden z nejdůležitějších antioxidantních činidel. Hraje důležitou roli v biologických procesech, jako je metabolismus aminokyselin, biosyntéza hormonů, tvorba kolagenu a udržování našeho imunitního systému. ²⁷ Lidské tělo si vitamin C nedokáže samo syntetizovat, musí ho přijímat potravou. Je hojně využíván v potravinářství, kosmetice a ve farmacii. Pro stanovení kyseliny askorbové je spousta analytických metod, spektrofotometrie, chromatografie, kolorimetrie, amperometrie a další. ²⁸

Přírodně se nachází v zelenině, citrusových plodech, zejména v kiwi, mangu, pomerančích, paprikách, jahodách a dále. ²⁷ Nedostatek vitaminu C v lidském těle může způsobit anémii, degeneraci svalů, Parkinsonovu chorobu, Alzheimerovu chorobu, infekce a špatné hojení ran. Naopak nadbytek může vést k močovým kamenům, průjmům a podráždění žaludku. ²⁸

Trnka obecná má vysoký obsah vitaminu C v rozmezí 5,14 – 15,35 mg/100 g. ²⁹ A vykazuje vysoké antioxidantní účinky, až 43,6 mmol/g. ¹⁸



Obr. 8: Kyselina askorbová

2.6.2 Tokoferoly / Vitamin E

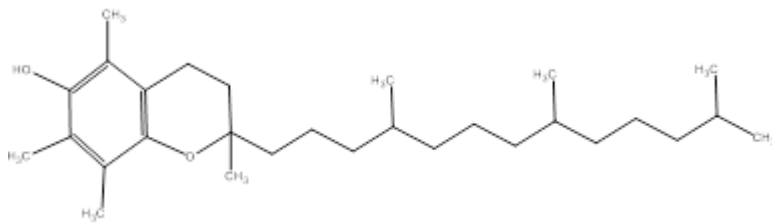
Vitamin E se řadí mezi vitaminy rozpustné v tucích. Tokoferoly jsou důležité lipofilní antioxidanty a pomáhají proti peroxidaci lipidů v rostlinných a živočišných buňkách a tkáních. Jejich hlavní biologickou funkcí je chránění buněčných membrán před poškozením volnými radikály.¹⁸ Obsah veškerých tokoferolů obsažených v trnce obecné je uveden v tabulce 3.⁷ Na obrázcích 9-12 níže jsou vyobrazeny chemické struktury vitaminu E.¹⁶

Molekulární struktura tokoferolů se skládá z chromanového kruhu připojeného k fytylovému postrannímu řetězci v poloze 2 chromanového kruhu. Rozdíly v počtu a v polohách methylových skupin na aromatickém kruhu určují konkrétní tokoferol. Na chromanovém kruhu je připojena hydroxylová skupina, která je dárce vodíkových atomů a podmiňuje antioxidační účinek.¹⁸

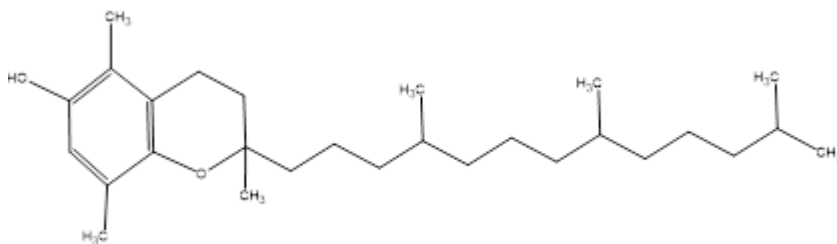
Vitamin E se nachází v rostlinných potravinách, jako jsou ořechy, rostlinné oleje, některé druhy ovoce a zeleniny.³⁰ Nedostatek vede k ataxii.³¹

Tabulka 3: Tokoferoly obsažené v trnce obecné

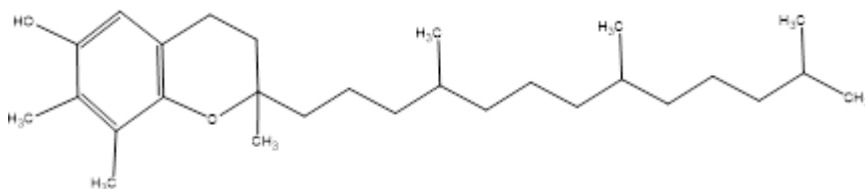
Název	Obsah [mg/100 g DW]
α -tokoferol	7,18
β -tokoferol	0,06
γ -tokoferol	1,91
δ -tokoferol	0,10
Tokoferoly celkem	9,25



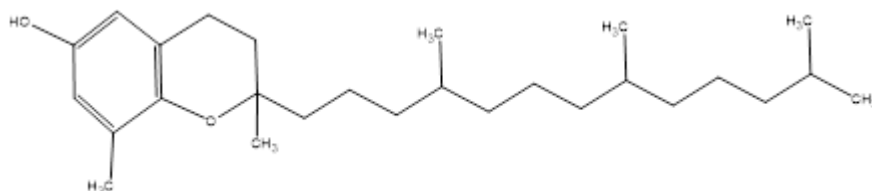
Obr. 9: α -tokoferol



Obr. 10: β -tokoferol



Obr. 11: γ -tokoferol



Obr. 12: δ -tokoferol

2.6.3 Thiamin / B1

Thiamin je ve vodě rozpustný vitamin důležitý pro katabolismus sacharidů, aminokyselin a glukoneogenezi. Thiaminpyrofosfát je kofaktorem pro dva enzymy v oxidačních dráhách po glykolýze. Jedná se o komplex pyruvát dehydrogenázy, který se používá k přeměně na acetyl-CoA a α -ketoglutarátdehydrogenázy, který se používá k přeměně α -ketoglutarátu na sukcinyl-CoA. Thiaminpyrofosfát je také kofaktorem pro komplex rozvětvené α -ketokyseliny dehydrogenázy, který se používá k přeměně leucinu, isoleucinu a valinu na acetyl-CoA a sukcinyl-CoA, které jsou převáděny do Krebsova cyklu generující ATP. Thiaminpyrofosfát slouží i jako kofaktor biochemických reakcí řízených transketolásou

v anabolické pentózové fosfátové dráze. NAD(P)H, je jeden z produktů této cesty, je nutný pro syntézu mastných kyselin, steroidních hormonů a produkci glutathionu.³²

Thiamin si naše tělo nedokáže syntetizovat, musí být přijímán potravou. Nedostatek vitamínu B1 bývá u alkoholiků, u lidí s malabsorpcí, s nedostatečným příjmem kalorií, s nadměrným metabolismem thiaminu (strava s vysokým obsahem cukru) nebo pacienti s nadměrnou ztrátou (hemodialýzy, peritoneální dialýzy). Nedostatek ovlivňuje nervový a kardiovaskulární systém, může vést až k smrti. Projevy nedostatku: ataxií, oční nálezy (slabost okulomotorických svalů, poruchy zraku), neuropsychiatrický stav charakterizovaný zmateností a deliriem, chronické trvalé neurologické následky na mozku (hluboké ztráty paměti) beri-beri (onemocnění nervového systému). Přebytek vitamínu B1 odchází močí, nedochází k toxicitě.³² Zdroje thiaminu: kvasnice, hovězí maso, vejce, ryby, luštěniny, ořechy, obiloviny.³²

2.6.4 Riboflavin / B2

Riboflavin je ve vodě rozpustný vitamin. Naše tělo si ho nedokáže syntetizovat, musí být přijímán potravou. Potravou ho získáváme ve dvou formách, jako volný (riboflavin) nebo vázaný na proteiny (flavoprotein). Většina potravin obsahuje vázanou formu, a proto musí být vitamin B2 uvolněn z nosných proteinů, na které jsou vázány. Toho dosáhneme denaturací v žaludku a následnou hydrolyzou. Tkáňové specifické transportní proteiny přepravují riboflavin do intracelulárního aparátu odpovědného za biosyntézu flavokoenzymů, flavinmononukleotidu a flavinadenindinukleotidu. Flavokoenzymy zajišťují funkčnost velkého množství flavoproteinů, které se podílejí na bioenergetice, redoxní homeostáze, opravě DNA, remodelaci chromatinu, skládání proteinů, apoptóze a dalších fyziologických procesech.³³

Když dojde k poškození či narušení homeostázy riboflavínu může docházet k multisystémové disfunkci, jako jsou neuromuskulární poruchy, anémie, abnormální vývoj plodu a kardiovaskulární onemocnění. Nedostatek bývá u alkoholiků, u lidí požívající léků na předpis, v důsledku fototerapie u kojenců a během laktace. Při nedostatku vitamínu B2 dochází k ariboflavinóze, projevující se šeroslepostí, šedým zákalem, únavou, anémií, zpomalením růstu, migrény, dermatologické problémy. Nízký příjem vitamínu B2 při těhotenství má za následek zvýšené riziko vrozené srdeční vady. Zdroje riboflavínu: mléčné výrobky, vejce, játra, ledvinky, obilniny, luštěniny.³³

2.6.5 Niacin / Vitamin B3

Niacin je ve vodě rozpustný vitamin. Obsahuje dvě hlavní formy, kyselinu nikotinovou a nikotinamid. Je součástí nikotinamidových koenzymů, NAD a NADP, které jsou klíčovými

složkami metabolismu. Naše tělo umí přeměňovat z aminokyseliny tryptofanu na niacin. Niacin zvyšuje poměr NAD⁺/ NADH. ³⁴

Nemoc z nedostatku vitamínu B3 a jeho prekurzoru tryptofanu se nazývá pelagra. Dále může vyvolat demenci, průjem a kožní problémy (dermatitida). Naopak vysoký příjem kyseliny nikotinové přispívá při léčbě hyperlipidémie a některých procesů cévních onemocnění. Nikotinamid dokáže blokovat apoptózu vyvolanou léky. Zdroje vitamínu B3: maso, mléčné výrobky, vejce, luštěniny, kvasnice, pšeničné klíčky, ořechy. ^{34, 35}

Apoptóza je forma programované buněčné smrti spojená se změnami morfologie buněk. Jako je smrštění buněk, jaderná fragmentace, kondenzace chromatinu a fragmentace chromozomální DNA. ³⁵ Pelagra je onemocnění vyskytující se převážně u alkoholiků a lidí s nedostatečným příjmem potravy a živin. ³⁴ Pelagra je charakteristická symetrickými fotosenzitivními kožními vyrážkami, gastrointestinálními projevy, neurologickými a psychiatrickými poruchami. Tyto znaky se označují jako nemoc tří D: dermatitida, demence, diarea. Tato nemoc, pokud se neléčí může končit až smrtí. Nemusí se objevit všechny projevy pelagry a kožní projevy se mohou lišit. Fotosenzitivní kožní problémy mohou být rozděleny na fototoxické a fotoalergické povahy. ³⁶

2.6.6 Pyridoxin / Vitamin B6

Vitamin B6 je ve vodě rozpustný vitamin, vytváří tři hlavní formy Pyridoxin, pyridoxal a pyridoxamin. Nachází se v mnoha potravinách, ale vyskytuje se pouze ve své glykosylované formě. Hraje důležitou roli jako koenzym v různých reakcích v metabolismu lipidů, hemů, nukleových kyselin, bílkovin a sacharidů. V metabolismu aminokyselin se podílí na syntéze neurotransmiterů, má důležitou funkci nervového systému. Pyridoxin je důležitý v imunitním a endokrinním systému. ³⁷

Postrádání vitamínu B6 mají hlavně alkoholici a rizikový pacienti (s poruchou funkce ledvin, revmatoidní artritidou, malabsorbčním syndromem). Nedostatek způsobuje růstovou retardaci, ataxii. Postrádání pyridoxinu má za následek vážné příznaky související s nervovým systémem, křeče, podrážděnost a deprese. U starších lidí je dlouhodobý nedostatek vitamínu B6 spojený se vznikem demence. Vysoké dávky pyridoxinu mohou vyvolat polyneuropatii. Zdroje vitamínu B6: ryby, hovězí játra, brambory, škrobová zelenina. ³⁷

2.6.7 Folát / B9

Folát neboli kyselina listová je vitamin rozpustný ve vodě. Naše tělo ho nedokáže syntetizovat, musí být přijímán z potravy. Je to základní prvek pro syntézu RNA i DNA a pro buněčné dělení,

růst i vývoj. Tyto procesy jsou podmíněny metabolickými procesy, které jsou ovlivněny nedostatkem folátu. V potravinách se běžně váže na bílkovinné a sacharidové matrice, které omezují jeho biologickou dostupnost. Jeho ztráty z potravin mohou nastat při jeho úpravách. Zejména při zahřívání a oxidaci. Mletí potravin naopak přispívá k uvolňování folátu. Kyselina askorbová zlepšuje jeho stabilitu.³⁸

Postrádáním folátu trpí hlavně alkoholici a lidé s různými nemocemi a vysokým příjmem zpracovaných potravin a s nízkým příjmem čerstvého ovoce, luštěnin a zeleniny. Jeho nedostatečný příjem v potravě vyvolává různé zdravotní problémy, kardiovaskulární onemocnění, megaloblastická anémii. Jeho příjem hraje důležitou roli i během těhotenství, předchází defektům neurální trubice a dalším nepříznivým onemocněním. Zdroje folátu: čerstvé ovoce, listová zelenina, nerafinovaná zrna.³⁸

Tabulka 4: Vitaminy skupiny B obsažené v trnce obecné

Vitamin	Zkratka	Obsah v trnce obecné [mg/100 g]
Thiamin	B1	0,31
Riboflavin	B2	0,8
Niacin	B3	2,1
Pyridoxin	B6	0,84
Folát	B9	24,75

2.7 Minerální látky

Minerální látky jsou anorganické látky přítomné v rostlinách, potravinách atd. Jsou nezbytné pro udržení fyzikálně-chemických procesů v našem těle. Řadíme je mezi základní živiny. Nemají energetickou hodnotu. Rozdělují se na makro (hlavní), mikro a stopové prvky. Mezi makro prvky řadíme vápník, fosfor, sodík, chlorid a mezi mikro prvky řadíme železo, měď, kobalt, jód, zinek, fluor, mangan. Mezi stopové prvky řadíme nikl, bor, vanad. Denní příjem makroelementů je větší než 100 mg za den a mikroelementů je menší než 100 mg za den. Minerální látky můžeme stanovit pomocí AAS metody či kalorimetricky.³⁹

Minerální látky hrají zásadní roli při správném růstu a fungování rostlin. Působí jako kofaktory různých enzymů. Jejich nedostatek vede k řadě fyziologických poruch, včetně pomalého růstu a problémům s kostmi.⁴⁰ Spolu se stopovými prvky jsou nezbytné pro správnou funkci

nervového přenosu, kontrakci svalů, imunitního systému a acidobazické rovnováhy v těle. Udržují správnou funkci metabolismu a homeostázy. ⁴¹

Podle tabulky 5 se nejvíce v trnce obecné nachází draslík, fosfor, hořčík, sodík a vápník. ⁴²

2.7.1 Draslík

Draslík patří mezi nejvíce vyskytovaným kationtem v lidském těle, nachází se převážně v intracelulární tekutině. Pomáhá regulovat rovnováhu tekutin, svalové kontrakce a nervové signály, snižuje krevní tlak a zadržování vody. Chrání před mrtvicí, zabraňuje vzniku osteoporózy a ledvinovým kamenům. Zdroje draslíku: hovězí maso a játra, banány, špenát, hrozny, ořechy. ⁴³ Draslík je nezbytný pro správnou funkci svalů, nervů a buněk. ⁴⁴

V rostlinách se vyskytuje jako kationt K^+ . Pomáhá při syntéze bílkovin, aktivuje některé enzymy. Ovlivňuje osmózu. Při nedostatku dochází ke skvrnám či tečkovatěné na starších listech, spálené kraje listů a oslabené kořeny a stonky. ³⁹

2.7.2 Fosfor

Patří mezi základní prvek stavební kamenů života. Je nezbytný pro produkci potravin a veškerý život, včetně rostlin, zvířat a bakterií. Nelze ho vyrobit. Je jedenáctým nejhojnějším prvkem v zemské kůře. V přírodě se vyskytuje ve formě apatitu, fosforitu a dalších. Při nedostatku fosforu v půdě ovlivňuje růst plodin. Je základní složkou DNA, RNA a ATP zodpovědnou za transport energie do mozku. ⁴⁵ Vysoké hladiny fosforu souvisí s rozvojem arteriosklerózy, onemocnění kostí a kardiovaskulárním onemocněním. Široké a rostoucí používání přídatných látek do potravin, relativně ve vysokém množství, mají za následek vysoké hladiny fosforu v potravinách a tím spojené zdravotní problémy. Zdroje fosforu: vejce, mléčné výrobky, játra, maso, uzeniny. ⁴⁶ Fosfor je nezbytný pro správnou funkci cév a kostí. ⁴⁴

V rostlinách se vyskytuje ve formě aniontů $H_2PO_4^-$ a HPO_4^{2-} . Je složkou nukleových kyselin, fosfolipidů, ATP a několika koenzymů. Při nedostatku dochází k nachovatění žilek na starších listech a vyrůstá méně plodů. ³⁹

2.7.3 Hořčík

Je jedním z nejdůležitějších prvků v lidském těle. Podílí se na řadě biochemických procesů, pro správné fungování kardiovaskulárního, alimentárního, endokrinního a osteoartikulárního systému. Hraje důležitou roli v biochemii mozku, ovlivňuje několik neurotransmisních cest spojených s rozvojem deprese. Při nedostatku hořčíku dochází k apatii, depresi, agitovanosti, úzkosti, deliria a změny osobnosti. Špatná výživa, gastrointestinální a renální onemocnění,

inzulínová rezistence, alkoholismus, stres a některé léky vedou k nedostatku hořčíku. Hořčík lze doplňovat tabletkami. Zdroje hořčíku: semena, špenát, brokolice, kakao, ořechy, avokádo, ryby. ⁴⁷

Fyzické cvičení může vyčerpat hořčík v našem těle. Spolu s minimálním příjmem hořčíku v potravě může dojít k narušení energetického metabolismu, funkci svalů, příjmu kyslíku a rovnováhu elektrolytů. V důsledku toho může být ohrožena schopnost vykonávat fyzickou práci. Imunitní systém může být dočasně potlačen a může dojít k infekci, zejména horních cest dýchacích. Hořčík je silně spojen s imunitním systémem v nespecifických i specifických imunitních odpovědích. Bylo prokázáno, že deficit hořčíku souvisí s poruchou buněčné imunitní funkce. Nedostatek vede k imunopatologickým změnám. ⁴⁸ Hořčík upravuje hladinu cukru v krvi a krevní tlak. ⁴⁴

V rostlinách se vyskytuje jako kationt Mg^{2+} . Je složkou chlorofylu a aktivuje některé enzymy. Při nedostatku dochází k chloróze a k povislým listům. ³⁹

2.7.4 Sodík

Sodík se v našem těle vyskytuje převážně v extracelulárním tekutinovém kompartmentu. Fyziologicky je homeostáza sodíku založena na schopnosti ledvin vylučovat přijímaný sodík v potravě. Regulace vylučování sodíku ledvinami je zajištěna několika regulačními systémy, pro- a antinatriuretickými systémy. Které působí lokálně či na dálku a doplňují své kinetické a mechanické účinky. ⁴⁹ Sodík patří mezi nejběžněji vyskytované minerály a přijímáme ho v potravinách ve formě chloridu sodného (soli). Je nezbytný pro život a správné fungování našeho těla. Neukládá se do zásob, a proto ho musíme pravidelně konzumovat. Nadměrný příjem soli má za následek kardiovaskulární onemocnění, mrtvici a vysoký krevní tlak. ⁵⁰ Sodík je nezbytný pro správnou funkci svalů a nervů. ⁴⁴

2.7.5 Vápník

Vápník je nejhojněji vyskytujícím se prvkem v lidském těle, tvoří 1,5–2,2 % hmotnosti lidského těla. Podílí se na řadě fyziologických funkcí. Podporuje růst kostí, zubů, udržuje stabilní srdeční frekvenci a zlepšuje metabolické hladiny v buňkách. Při nedostatku dochází k řadě nemocem. Jako je osteoporóza, rakovina tlustého střeva, křivice a hypertenze. V rostlinné stravě se kromě vápníku nachází i kyselina fytová, kyselina šťavelová a kyselina fosforečná, které snadno sráží požitý vápník ve střevech. Takže ionty vápníku nemohou být absorbovány lidským tělem. Zdroje vápníku: mléčné výrobky, ořechy semena, brokolice, řeřicha. ⁵¹

V rostlinách se vyskytuje jako kationt Ca^{2+} . Je důležitý pro tvorbu a stabilitu buněčných stěn, a zachování membránové struktury a její propustnosti. Aktivuje některé enzymy a reguluje řadu reakcí. Při nedostatku jsou listy rostlin zdeformované, koncové pupeny odumírají a dochází k redukci křenu. ³⁹

Tabulka 5: Minerální látky obsažené v trnce obecné

Značka	Minerální látky	Koncentrace [mg /kg FW]
Al	Hliník	24,79
Ca	Vápník	917,93
Cd	Kadmium	4,65
Cr	Chrom	3,34
Co	Kobalt	0,37
Cu	Měď	15,83
Fe	Železo	40,44
K	Draslík	29 152,19
Mg	Hořčík	2010,6
Na	Sodík	1030,5
Ni	Nikl	20,86
P	Fosfor	2412,05
Pb	Olovo	1,83
Se	Selen	7,11
Zn	Zinek	30,8
B	Bor	34,57

2.8 Organické kyseliny

Poměr organických kyselin k obsahu cukru v plodech ovoce a zeleniny se používá k identifikaci jejich zralosti. Koncentrace organických kyselin má vliv na chuť a kvalitu ovoce. V potravinářském průmyslu má řadu výhod, například inhibují růst mikroorganismů a usnadňují konzervační procesy. Ovlivňují organoleptické vlastnosti, stimuluje růst mikroorganismů, koaguluje bílkoviny a plní pufovací funkci. Mají antioxidační aktivitu, která má ochrannou roli proti různým nemocem. Alkalizují lidské tělo, ovlivňují průběh metabolických procesů, inhibují růst nežádoucí mikroflóry, zlepšují vstřebávání nehemového železa z rostlinných potravin, stimuluje činnost trávicích žláz a střevní peristaltiku. V zelenině se vyskytují ve vázané formě a v ovoci ve volné formě. V ovoci se nachází hlavně kyselina

jablečná, citronová, vinná, šťavelová a jantarová, způsobují pokles hodnot pH. V zelenině se organické kyseliny nachází ve formě solí. Nejvyšší množství kyselin obsahuje nezralé ovoce a následně se postupně snižuje.⁴²

Nachází se ve vakuolách. V rané fázi plodů ovoce se hromadí organické kyseliny a mají za následek kyselou chuť ovoce. V procesu zrání dochází k poklesu organických kyselin a zvýšení sacharidů v plodech ovoce.⁵² Obsah všech organických kyselin obsažených v trnce obecně je uvedený v tabulce 6.⁴⁰

Tabulka 6: Organické kyseliny obsažené v trnce obecné stanovené pomocí HPLC

Název organické kyseliny	Koncentrace [mg/100 g]
Kyselina jablečná	158
Kyselina mléčná	126
Kyselina citronová	44
Kyselina fumarová	1,64
Kyselina chinová	nedetekováno

2.9 Fenolické sloučeniny

Rostlinné fenolické sloučeniny působí jako antioxidant, strukturální polymer (lignin), atraktant (flavonoidy, karotenoidy), UV clony (flavonoidy) a při obranných reakcích (taniny a fytoalexiny). Z fyziologického hlediska působí protizánětlivě.⁵³

2.9.1 Polyfenoly

Polyfenoly jsou sekundární rostlinné sloučeniny. Nachází se v ovoci, zelenině a v bylinách. Představují velkou skupinu 10 000 různých sloučenin, obsahující jeden či více aromatických kruhů s jednou nebo více hydroxylovými skupinami. Klasifikují se podle fenolových kruhů, které obsahují a podle strukturálních prvků, které tyto kruhy vážou. Nejvíce vyskytujícími polyfenoly jsou flavonoidy a fenolové kyseliny. V rostlinách se podílejí na obraně proti různým typům stresu a poskytují ochranu proti reaktivním druhům kyslíku a dusíku, UV záření, patogenům a rostlinným predátorům. Využívají se v potravinářství a v kosmetice. Po staletí se využívají jejich četné biologické účinky pro podporu zdraví.⁵⁴ Působí protizánětlivě, diuretický, detoxikačně (čistí krev). Doporučují se při srdečních potížích, jako je zánět

srdečního svalu, srdeční neuróza či ateroskleróza. ⁵⁵ Obsah polyfenolů se vyjadřuje jako ekvivalent kyseliny galové (Gallic acid Equivalent, GAE). V trnce obecné se nachází 11,24 - 18,70 g GAE/kg polyfenolů. ⁵⁶

2.9.2 Fenolické kyseliny

Rozdělují se do dvou tříd: deriváty kyseliny benzoové (kyselina gallová a protokatechová) a deriváty kyseliny skořicové (kyselina kumarová, kávová a ferulová). ⁵⁷ Hydroxybenzoové kyseliny se nachází v jedlých rostlinách a nemají vysokou nutriční hodnotu. Kyselina gallová je biosyntetickým prekurzorem hydrolyzovatelných tříslovin, kde se vyskytuje jako komplexní ester cukru. V necukerné formě se vyskytuje ve víně, zeleném a černém čaji, mangu a v hroznech. Hydroxyskořicové kyseliny se nachází v glykosylovaných formách nebo esterech kyseliny chinové, šikimové a kyseliny vinné. Kombinací kyseliny kávové a kyseliny chinové vzniká kyselina chlorogenová, která se nachází v ovoci (borůvky, kiwi, švestky, třešně) a ve vysoké koncentraci v kávě (70-350 mg v jednom šálku). Kyselina kávová je nejrozšířenější kyselinou v ovoci a zelenině. Kyselina ferulová se běžně nachází v obilovinách, tvoří až 90 % celkového obsahu polyfenolů v pšeničném zrně. ⁵⁸

Obsah fenolických kyselin v plodech trnky obecné je obsažen v tabulce 7. ⁵⁹ Pomocí spektrofotometrie bylo zjištěno 4,13 mg/100 g fenolických kyselin v plodech trnky obecné. ⁶⁰

Tabulka 7: Fenolické kyseliny obsažené v trnce obecné

Fenolické kyseliny	Koncentrace [mg/kg DW]
Kyselina chlorogenová	22,32
Kyselina protokatechová	14,38
Kyselina kávová	1,82
Kyselina kumarová	1,53
Kyselina gallotannin	2,54

2.9.3 Flavonoidy

Flavonoidy jsou nejrozšířenější polyfenoly v naší stravě. Jejich chemická struktura obsahuje dva benzenové kruhy spojené s tříuhlíkatým řetězcem, vzniká uspořádání C6-C3-C6, které označujeme jako A, B a C. Dělíme je do šesti skupin: flavony, flavonoly (cibule, brokolice),

flavanoly (čaj), flavanony (grapefruit), isoflavony (sója) a antokyany (bobulové ovoce). Nachází se v ovoci a zelenině. ⁵⁷

2.9.4 Flavonoly

Nachází se v rostlinách v glykosylované formě. Jejich chemická struktura obsahuje cukrovou složku, nejčastěji glukózu či rhamnosum je přítomna na 3-pozici C-kruhu. Mezi hlavními flavonoly řadíme quercetin, kaempferol a myricetin. Najdeme je v ovoci, jedlých rostlinách, víně a čaji. Ačkoli představují nejrozšířenější skupinu flavonoidů, jejich denní příjem je nízký (15–20 mg/den). ⁵⁸

2.9.5 Flavony

Chemická struktura může mít spoustu substitucí, hydroxylace, methylace, O-alkylace, glykosylace. V rostlinách jsou přítomny ve formě 7-O-glykosidů. Mezi zástupce flavonů řadíme apigenin a luteolin. Denní příjem je velmi nízký (0,3–1,6 mg/den). ⁵⁸

2.9.6 Flavanony

Jsou to neplanární flavonoidy nacházející se v citrusových plodech ve formě mono- a diglykosidy nebo v aglykonové formě. Mezi zástupce flavanonů řadíme naringenin a hesperetin. Denní příjem v potravě je nevyšší v Evropě (20,4–50,6 mg/den). ⁵⁸

2.9.7 Isoflavony

Jsou klasifikovány jako fytoestrogeny, kvůli své strukturní podobnosti s estrogeny. Mezi zástupce isoflavonů řadíme daidzein, genistein a glyciten. Nachází se hlavně v sójových bobech, sójových výrobcích a v luštěninách. Ve výrobcích ze sóji se vyskytují jako aglykon nebo glykosid, závisí na způsobu zpracování těchto produktů. Denní příjem je velmi nízký (0,1 -1,2 mg/den). ⁵⁸

Obsah veškerých flavonoidů obsažených v trnce obecné je vypsán v tabulce 8. ⁵³ Pomocí ultrazvukové extrakce bylo zjištěno 300,78 mg/100 g flavonoidů. ⁵⁹ A pomocí spektrofotometrie bylo zjištěno 5,09 mg/100 g flavonoidů v plodech trnky obecné. ⁶⁰

Tabulka 8: Flavonoidy obsažené v plodech trnky obecné stanovené ultrazvukovou extrakcí

Flavonoidy	Nehydrolyzovaný vzorek [mg/kg FW]	Hydrolyzovaný vzorek [mg/kg FW]
Rutin	7,58	Nedetekováno
Hesperidin	27,7	Nedetekováno
Myricetin	4,97	Nedetekováno
Quercetin	5,65	23,82
Lutolein	0,25	0,64
Naringenin	4,98	12,26
Isorhamnetin	0,46	1,52

2.9.8 Taniny

Taniny/flavanoly neboli třísloviny jsou bohatou skupinou sekundárních rostlinných sloučenin, představují čtvrtou nejhojnější skupinu sloučenin v cévnatých rostlinných tkáních. Jsou to fenolové sloučeniny. Dělí se do dvou skupin: hydrolyzovatelné třísloviny a kondenzované třísloviny.⁶¹ Taniny jsou rozmanité v tvorbě svých struktur, způsobené mnoha možnostmi tvorby oxidačních vazeb.⁵⁷ Mají jedinečné chemické vlastnosti. Jsou to inhibitory enzymů a vytváří komplexy s proteiny. V ekologii hrají důležitou roli v boji proti patogenům, býložravcům a měnícím podmínkám v prostředí. Využívají se v potravinářství a v medicíně. Mají pozitivní vliv na lidské zdraví a léčbu nemocí. Snižují krevní tlak, pomáhá při kardiovaskulárním onemocnění, mají protizánětlivý, antioxidační, antivirový, antimikrobiální, antialergenní, antikarcinogenní a antitrombotický účinek.⁶¹ V trnce obecné se nachází 30,10 mg/100 g flavanolů.⁶²

2.9.9 Karotenoidy

Jsou to antioxidanty, přírodní a v tucích rozpustné pigmenty. Vytváří žlutou, oranžovou a červenou barvu.⁶³ Karotenoidy patří do třídy tetraterpenů, složených ze 40 atomů uhlíku, tvořených spojením 8 izoprenových jednotek. Ty, co obsahují více než 10 konjugovaných vazeb mají schopnost fixovat monomolekulární kyslík během fotochemických procesů, což vysvětluje žluté až žlutooranžové zbarvení a jeho antioxidační potenciál. Rozdělujeme je do dvou tříd, karoteny (lykopen, β – karoten) a xantofyly (astaxanthin, fucoxanthin, kanthaxanthin a další). Xantofyly jsou syntetizovány v plastidech rostlin a v řasách. Některé z nich nejsou rozpustné ve vodě, středně rozpustné v organických rozpouštědlech a zcela rozpustné v tucích. Mají charakteristické zbarvení, které je dáno přítomností xantofylů na jejich chemické struktuře.¹⁴ Jsou velice náchylné k izomeracím a k oxidaci.⁶³

Výskyt a zdroje

Nachází se především v rostlinných potravinách, ale také v rybách a koryších. Ryby a koryši obsahují zejména červenou barvu karotenoidů. Například papriky, mrkve, kukuřice, rajčata, meloun, losos, krevety, krab a dále. ⁶³

Využití a fyziologické účinky

Hojně se využívají v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. V potravinářství se využívají jako barviva nebo jako přídatné látky do potravin. Mají funkci jako protinádorové činidlo. Jsou vhodné jako prevence proti kardiovaskulárním onemocněním a přispívají ke správnému fungování imunitního systému. ⁶⁴ Pomáhají snížit riziko chronických onemocnění. ¹⁴ Chrání lidskou kůži před slunečním zářením, snižuje riziko revmatoidní artritidy, depresivních symptomů. ⁶³

Antioxidační aktivita

Ochrana lidského zdraví proti různým nemocem je připisováno antioxidační aktivitě. Oxidační stres je považován za příčinu ve vývoji degenerativních onemocnění. Karotenoidy snižují markery oxidačního stresu a přispívají ke správné funkci imunitního systému. ⁶³

Analytické stanovení

Nejběžnější analytické stanovení karotenoidů je extrakce, kterou volíme podle druhu stanovovaného materiálu, tak abychom získaly maximální možný extrakční výtěžek. Z nejčastěji používaných technik je extrakce organickými rozpouštědly. Dále můžeme použít extrakci pomocí enzymů, ultrazvuku a mikrovln, mechanické extrakce a další. ⁶⁴

Po extrakci stanovované látky můžeme využít například spektrofotometrii, při které se měří absorbance. ⁹

Extrakce organickými rozpouštědly

Hlavním cílem je oddělit jednotlivé molekuly od celé matrice, v pevné i kapalné formě. Extrakci lze provést z pevné fáze do kapaliny či z kapaliny do kapaliny. Nejčastěji používaná extrakční činidla jsou petrolether, aceton, hexan, ethanol, diethylether, methanol, voda, ethylacetát a další. Vliv na účinnost extrakce má hlavně teplota a složení rozpouštědel. Nevýhody této extrakce jsou časově náročný proces, vyžaduje velké množství rozpouštědel, vysoké teploty a další. ⁶⁴

Enzymová extrakce

Využívá se spíše jako úprava před samotným stanovením. Výhody jejich využití, přispívají ke zlepšení celkového výtěžku stanovení, účinnosti extrakčních činidel, výtěžnosti extrakce a snížení potřebného množství extrakčních činidel. Využívané enzymy jsou papain, pepsin a trypsin. Nevýhody enzymy jsou příliš drahé, potřebují optimální prostředí, teplotu, množství živin a kyslíku pro správnou funkci. ⁶⁴

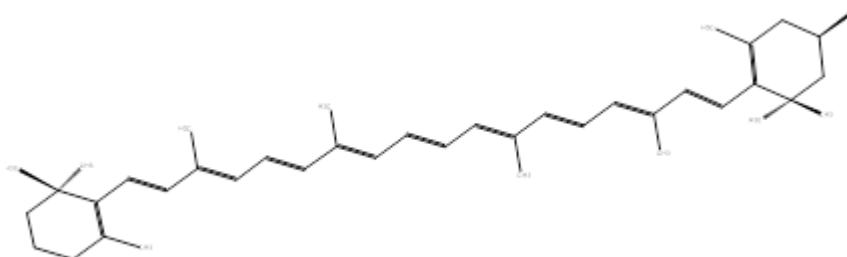
Ultrazvuková extrakce

Řadí se mezi čisté a zelené extrakční techniky, používá se minimální množství organických rozpouštědel. Využívá se pro samotné stanovení nebo jako úprava před stanovením. Používá se i ke stanovení flavonoidů, cukrů a minerálních látek. Výhody snížení obsahu potřebných rozpouštědel, zkrácení doby extrakce a snížení použité teploty. ⁶⁴

β -karoten

V plodech trnky obecné se zejména nachází β -karoten (viz Obrázek 13). ^{16, 9}

Je to nejvýznamnější člen skupiny karotenoidů a přírodních barviv. ⁶⁵ Má oranžovou až červenou pigmentaci, proto se využívá jako barvivo v potravinářství. ⁶⁶ Je členem tetraterpenoidů a obsahuje 2 β -iononové kruhy. β -karoteny vytváří mnoho struktur. Například all-trans- β -karoten, 9-cis- β -karoten, 13-cis- β -karoten a další. All-trans- β -karoten je prekurzorem vitamínu A. ⁶⁵ Má nízkou rozpustnost ve vodě, silnou antioxidační kapacitu a vysokou aktivitu provitaminu A, proto pozitivně působí na kardiovaskulární a oční onemocnění, proti některým typům rakoviny a chronickým onemocněním. Můžeme ho získat z doplňků potravin nebo z běžně vyskytujících se potravin. Nejčastěji se vyskytuje v potravinách v doprovodu lipidů. ⁶⁶



Obr. 13: β -karoten

V sušené trnce obecné byl zjištěn β – karoten 0,78 mg/100 g. ⁹ Čerstvé plody trnky obecné obsahují 0,04 μ g/100 g mražené plody obsahují 0,032 μ g/100 g β – karotenu. ¹⁸ Z výsledků je zřejmé, že se nejvíce karotenoidů nachází v sušených plodech trnky obecné.

2.9.10 Antokyany

Antokyany jsou přírodní a ve vodě rozpustné pigmenty. Vytváří červenou, modrou a fialovou barvu. Patří mezi flavonoidy, vyskytují se ve formě glykosidů nebo acylglykosidů. Jsou sestaveny ze dvou aromatických kruhů spojených třemi uhlíkovými heterocyklickými kruhy, obsahující kyslík. Šest antokyanidinů se vyskytuje běžně v potravinách, pelargonidin, kyanidin, delphinidin, peonidin, petunidin a malyidin. Liší se počtem a stupně methylace hydroxylových skupin v kruhu B. Obecně platí, hydroxylace zvyšuje modrost a snižuje stabilitu. Methylace zvyšuje zarudnutí i stabilitu. Cukry mohou být konjugovány na antokyanidiny.⁶³

Obsah antokyanů v potravinách je ovlivněno odrůdou, zralostí, pěstitelskými postupy, pěstitelskou oblastí, ročním obdobím, zpracováním a skladováním. Z chemického hlediska můžeme ovlivnit barvu a stabilitu antokyanů teplotou, pH, světlem, kyslíkem, enzymy, kovovými ionty, cukry, siřičitany.⁶³

Výskyt a zdroje

Vyskytují se zejména v ovoci a zelenině. Nachází se například v jahodách, třešních, borůvkách, bramborách, mrkvi, a brusinkách.⁶³

Využití a fyziologické účinky

Využití v potravinářském průmyslu jako barviva a funkční složky je značně omezeno pro jejich nízkou stabilitu a interakci s jinými sloučeninami v matrici potravin.⁶³ Plody trnky obecné obsahují vysoké množství kyanidinu a peonidinu.⁶⁷

Antokyany z trnky obecné byly použity na koblíchách a brazilském měkkém mléčném pečivu zvaném „Beinjho“, a jejich aplikace byla sledována z chemických a fyzikálních vlastností po výrobě a 24 hodinách. Sledováním nutričního profilu, který zahrnoval analýzu vlhkosti, popela, bílkovin, tuků, sacharidů a energie, získali tyto výsledky. Obsažené v tabulce 9. Při sledování koblíhy bylo zjištěno, že intenzivní fialová barva polevy po 24 hodinách ztratila svou intenzitu a u „Beinjho“ pečiva také po 24 hodinách ztratilo barvivo svůj tón a přibližovalo se k růžové barvě. Při použití tohoto barviva nedošlo k žádným velkým změnám.⁶⁷

Tabulka 9: Nutriční profil antokyanů v koblích a „Beinjiho“ pečivu

	Vlhkost [g/100g]	Popel [g/100g]	Bílkoviny [g/100g]	Tuky [g/100g]	Sacharidy [g/100g]	Energie [kcal/100g]
Koblihy	12,7	1,20	5,9	32,8	60	559
„Beinjiho“	12,0	1,3	9,3	15,0	74	470

Plody trnky obecné byly využity na výrobu zmrzliny. Zmrzlina je směs mléka, tuku, sladidel, emulgátorů, stabilizátorů, ovoce a aromatických látek. Je složena z ledových krystalů, vzduchových buněk, tukových globulí, cukru, bílkovin, minerálů a vody. Má důležitou roli v lidské stravě, je užitečná pro své nutriční složení. Ovoce přidané do zmrzliny poskytuje přírodní antioxidanty, minerální látky, vitaminy, vlákninu, přírodní barviva, nízký obsah cholesterolu a tuku. Jsou také cenným zdrojem protirakovinných látek a pozitivně přispívají organoleptickým vlastnostem produktů.⁶⁸

Plody trnky obecné byly před použitím zmrazeny na -20 °C a poté se z nich vyrobila zmrzlina. Byly sledovány chemické a fyzikální vlastnosti, sensorika, analýza barev pomocí kolorimetru a stanovení obsahu fenolů a flavonoidů.⁶⁸

Titrační kyselost vzorků zmrzliny se zvyšovala s přírůstkem koncentrace trnky obecné a hodnoty pH vzorků se snižovaly. Což bylo způsobeno pravděpodobně obsahem organických kyselin v trnce. Přidání plodů trnky obecné nezpůsobilo žádný výrazný vliv na hodnoty viskozity a některé sensorické vlastnosti (textura, tání, chuť, gumová struktura a celková přijatelnost). Podle statického vyhodnocení sensorické analýzy bylo ovlivněno pouze barevné skóre zmrzliny jednotlivých koncentrací. Po shrnutí výsledků se ukázalo, že trnka obecná je vhodným ovocem pro výrobu zmrzliny z hlediska nutričních, sensorických a fyzikálně - chemických vlastností.⁶⁸

Antokyaniny mají antioxidační, antialergické, protizánětlivé, antivirové, antimikrobiální, antimutagenní účinky, zlepšuje mikrocirkulace. Zmírňují cukrovku a obezitu.⁶³ Snižují ischemické choroby srdeční, mrtvice a další.⁶⁷

Antioxidační aktivita

Antioxidační aktivita antokyanů napomáhá předejít různým nemocem. Například Alzheimerovu chorobu, kardiovaskulární onemocnění, neurodegenerativní onemocnění, laterální sklerózu, zachování správné funkce zraku a další. ⁶⁹

Analytické stanovení

Nejběžnější analytické stanovení antokyanů je extrakce, kterou volíme podle druhu stanovovaného materiálu, tak abychom získaly maximální možný extrakční výtěžek. Z nejčastěji používaných technik je extrakce s použitím vody, jako rozpouštědla. Následuje izolace a sušení. Tento proces vyžaduje velkou spotřebu energie a dlouhou dobu extrakce. Jako další se používá ultrazvukové a mikrovlnné extrakce. ⁷⁰ Po extrakci stanovované látky můžeme využít například spektrofotometrii nebo vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii.

70

Čerstvé plody trnky obecné obsahují 71,75 g/100 g a mražené plody obsahují 66,78 g/100 g. Čerstvé plody obsahují více antokyanů než mražené. ¹⁸

3. Použití trnky obecné

3.1 Zdravotnictví

Trnka obecná díky svému chemickému složení se využívá ve zdravotnictví. Ve fytoterapii k léčbě kašle, jako diuretikum, projímadlo, antispasmodikum a působí protizánětlivě. Z okvětních lístků se připravuje čaj, sirupy, čerstvá šťáva a tinktury.⁷¹

3.2 Potravinářství

Plody trnky obecné mají svíravou chuť a dozrávají až po přejitím mrazem. Nachází využití i v potravinářství k výrobě džemů, želé, zavařenin, vín, octu a destilátů.⁷¹ Ve Francii jsou nakládány ve slaném nálevu jako olivy.⁷²

3.2.1 Výroba ovocných destilátů

Na výrobu ovocných destilátů se využívá kolonová metoda destilace s rektifikačními patry. Skládá se ze čtyř základních kroků: příprava ovoce (rmutování), fermentace, destilace a skladování. Ovoce se drtí (rmutuje) mechanickým způsobem na válcové mlecí stoličce či postupným dutinovým čerpadlem, které drtí dužinu ovoce a zároveň udržuje většinu pecek před praskáním. Prasklé pecky zvyšuje v lihovinách množství uretanu a benzaldehydu. Protože pecky obsahuje amygdalin, komplex kyanidu, benzaldehydu a glukózy. Benzaldehyd působí pozitivně na chuť, je znám jako hořký mandlový olej. Uretan je karcinogenní látka. Výsledná kaše se transportuje do fermentoru, kde je míchána a ochlazována na teplotu 15-20 °C. Kvasinky se rozpouští ve vodě a přidávají se k rozemletému ovoci. Fermentace trvá po dobu 10–45 dnů a během se měří stupně Brix (% rozpustné sušiny, hmotnostní báze). Zkvašená zápara se destiluje. Využívá kolonová metoda destilace s rektifikačními patry. Po destilaci se čirá lihovina skladuje ve skle s vysokou odolností po dobu až 3 měsíce. Poté se plní do lahví a expanduje.⁷³

3.2.2 Výroba ovocného octa

Ovocné octy se vyrábí z ovocných vín. Typické chutě ovoce zůstávají v konečném produktu. Většina těchto octů se vyrábí hlavně v Evropě.⁷⁴

Ovocná vína se 15 minut odstředí, aby se odstranily kvasinky a nerozpuštěné látky. Poté se vína zředí sterilní vodou na požadovaný obsah alkoholu, očkují se octovými bakteriemi rodu *Acetobacter* a nechají se působit. Octové bakterie oxidují za přítomnosti kyslíku ethanol na kyselinu octovou. Byly provedeny 100 ml octové fermentace v Erlenmeyerových baňkách s bavlněnými zátkami umožňující výměnu plynu. Po fermentování octových bakterií v Erlenmeyerových baňkách. Byl obsah těchto baňek přesunut do kádě s upraveným ovocným

vínem, kde proběhne fermentační proces. Poté proběhne odstředění. Celý proces je sledován, měří se celková kyselost kalorimetrickou titrací NaOH. ⁷⁴

3.3 Zemědělství

Keře trnky obecné se sází jako hranice proti úniku dobytka. Chrání je ostrými trny a tuhými větvemi. Využívají se také na různých svazích, které dokáží efektivně zpevnit. Díky svému rozsáhlému kořenovému systému. ⁷²

3.4 Historické využití

V minulosti měl keř trnky obecné bohaté využití. Jeho dřevo se používalo pro výrobu velmi tvrdých vycházkových holí a trny při uzavírání jitrnic, podobně jako dnes špejle. Dříve přadleny žvýkaly plody trnky pro podporu tvorby slin, které využívaly k vlhčení nití při předení. ⁷²

4. Závěr

V trnce obecné se nachází dvě přírodní barviva antokyany (barviva rozpustná ve vodě) a karotenoidy (barviva rozpustná v tucích). Antokyany vytváří červenou, modrou a fialovou barvu, zatím co Karotenoidy vytváří žlutou, oranžovou a červenou barvu. Tyto barviva jsou v potravinářském průmyslu hojně využívána. Avšak využití antokyanů z trnky obecné není jednoduché. Jedná se o velice nestabilní přírodní barvivo a interaguje s jinými sloučeninami v matrici potravin. Lze ho ovlivnit v potravinách pomocí pH, teploty, světla, kyslíku, enzymů, pěstitelskými postupy, zpracováním, skladováním a další. V laboratořích se provádí pokusy s tímto barvivem obsaženém v trnce obecné. Například bylo využito na obarvení polevy koblihy, těsta brazilského měkkého mléčného pečiva zvaném „Beinjho“, zmrzliny a další. Hodnotily se chemické a fyzikální vlastnosti, nutriční profil a výdrž barviva. Závěrem se došlo, že antokyany z trnky obecné jsou nestabilní barvivo. Poleva z koblihy postupně ztratila svou intenzitu a obarvené těsto u „Beinjho“ pečiva se přibližovalo k růžové barvě. U zmrzliny došlo k výkyvům pH a titrační kyselosti v důsledků různých koncentrací, působením organických kyselin obsažených v trnce. Naopak v sensorické analýze nezpůsobila žádný významný vliv. Po shrnutí všech výsledků se ukázalo, že trnka obecná je vhodným ovocem pro výrobu zmrzliny. Díky svým nutričním, sensorickým, chemickým a fyzikálním vlastnostem. V této oblasti se dále nepolevuje a se hledá širší řešení pro využití barviv a plodů z trnky obecné.

Trnka obecná je velmi cenným zdrojem antioxidantů, které jsou prospěšné pro lidský organismus. Působí protizánětlivě, proti kardiovaskulárním onemocnění, diureticky, podporuje imunitní systém a pomáhá při cukrovce a obezitě. Proto se značně využívá i ve zdravotnictví pro výrobu léků.

Plody trnky obecné jsou nutričně bohaté ovoce plné vitaminů, minerálních látek a antioxidantů. Využívají se na výrobu džemů, destilátů, octů, sirupů a dalších. Má nespočet příznivých účinků na lidské zdraví. Každý z nás by měl být seznamem s tímto ovocem a zařadit ho do svého jídelníčku.

5. Použitá literatura

1. Trnka obecná: Nenáročný kvetoucí keř, který plodí zdravé ovoce. *Woman only - Zahrad*. Published online 2022. <https://www.womanonly.cz/trnka-obecna-nenarocny-kvetouci-ker-ktery-plodi-zdrave-ovoce/>
2. Široká N. Vlastní fotografie. Published online 2023.
3. Murati T, Miletić M, Štefanko A, et al. Comparative assessment of *Prunus spinosa* L. flower extract in non-neoplastic hepatocytes and hepatoblastoma cells. *South African J Bot*. 2019;123:36-42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.02.006>
4. Marčetić M, Samardžić S, Ilić T, Božić DD VB. Fenolické složení, Antioxidační, antienzymatické, antimikrobiální a prebiotické vlastnosti *Prunus spinosa* L. ovoce. *Potraviny*. Published online 2022;11(20):3289. doi:<https://doi.org/10.3390/foods11203289>
5. Ogah O, Watkins CS, Ubi BE, Oraguzie NC. Phenolic Compounds in Rosaceae Fruit and Nut Crops. *J Agric Food Chem*. 2014;62(39):9369-9386. doi:10.1021/jf501574q
6. Popović BM, Blagojević B, Kucharska AZ, et al. Exploring fruits from genus *Prunus* as a source of potential pharmaceutical agents – *In vitro* and in silico study. *Food Chem*. 2021;358:129812. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129812>
7. Sabatini L, Fraternali D, Di Giacomo B, et al. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activity of *Prunus spinosa* L. fruit ethanol extract. *J Funct Foods*. 2020;67:103885. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103885>
8. Li D, Zhu Z, Sun D-W. Visualization and quantification of content and hydrogen bonding state of water in apple and potato cells by confocal Raman microscopy: A comparison study. *Food Chem*. 2022;385:132679. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132679>
9. Barros L, Carvalho AM, Morais JS, Ferreira ICFR. Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterisation in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. *Food Chem*. 2010;120(1):247-254. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.016>
10. Li S, Wu D, Lv G, Zhao J. Carbohydrates analysis in herbal glycomics. *TrAC Trends Anal Chem*. 2013;52:155-169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.05.020>
11. Liu C, Hu D, Zhu H, et al. Preparation, characterization and immunoregulatory activity of derivatives of polysaccharide from *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. *Int J Biol Macromol*. 2022;216:225-234. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.122>

12. Yu Y, Shen M, Song Q, Xie J. Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review. *Carbohydr Polym.* 2018;183:91-101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.009>
13. Qin J, Wang H, Zhuang D, et al. Structural characterization and immunoregulatory activity of two polysaccharides from the rhizomes of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. *Int J Biol Macromol.* 2019;136:341-351. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.088>
14. Čchen, Chung-lina;Čang, Chuaa;Tian, Jinhua;Shi, Johnb;Linhardt, Robert J.c;Ye, Tian Ding Xingqiana;Čchen Š, S. Recovery of High Value-Added Nutrients from Fruit and Vegetable Industrial Wastewater. *Recover High Value-Added Nutr from Fruit Veg Ind Wastewater.* 2019;18(5):1388-1402. doi:10.1111/1541-4337.12477
15. Shahin L, Zhang L, Mohnen D, Urbanowicz BR. Insights into pectin O-acetylation in the plant cell wall: structure, synthesis, and modification. *Cell Surf.* 2023;9:100099. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tcs.2023.100099>
16. Široká N. ChemSketch. Published online 2023.
17. Müller-Maatsch J, Bencivenni M, Caligiani A, et al. Pectin content and composition from different food waste streams. *Food Chem.* 2016;201:37-45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.012>
18. SIKORA, Elżbieta; BIENIEK, Małgorzata I., BORCZAK B. Composition and antioxidant properties of fresh and frozen stored blackthorn fruits (*Prunus spinosa L.*). *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2013;12(4):365-372. <https://www.food.actapol.net/volume12/issue4/abstract-3.html>
19. Xu Q, Wang W, Sun-Waterhouse D, et al. Exploring the fates and molecular changes of different diacylglycerol-rich lipids during in vitro digestion. *Food Chem.* 2023;416:135677. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135677>
20. Huang C, Freter C. Lipid Metabolism, Apoptosis and Cancer Therapy. *Int J Mol Sci.* 2015;16(1):924-949. doi:10.3390/ijms16010924 WE - Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)
21. Orsavova Jana; Misurcova, Ladislava ;Vavra, Ambrozova; Vicha, Robertc; Mlcek J. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *Int J Mol Sci.* 2015;16(6):12871-12890. doi:10.3390/ijms160612871
22. Małecki, Jana, B, Małecki J.;Muszyński, Siemowitc; Sołowiej BG. Proteins in food systems—bionanomaterials, conventional and unconventional sources, functional

- properties, and development opportunities. *Polymers (Basel)*. 2021;13(15). doi:10.3390/polym13152506
23. Xu Q, Deng H LX. Application of Amino Acids in the Structural Modification of Natural Products: A. *Front Chem*. 2021;9:1. doi:10.3389/fchem.2021.650569
 24. Shahidi F, Send mail to Shahidi F.;Dissanayaka CS. Phenolic-protein interactions: insight from in-silico analyses. *Food Prod Process Nutr*. 2023;5(1). doi:10.1186/s43014-022-00121-0
 25. Jalil AT, Imad jabar H, Al-Tae MM, et al. Prediction of solubility of vitamins in the mixed solvents using equation of state. *Fluid Phase Equilib*. 2023;567:113715. doi:https://doi.org/10.1016/j.fluid.2022.113715
 26. Lee J, Kim B, Sim H-J, et al. Development of a certified reference material for the analysis of vitamins in multivitamin tablets. *J Anal Sci Technol*. 2023;14(1). doi:10.1186/s40543-023-00368-3
 27. Bakhsh H, Palabiyik IM, Kumar Oad R, et al. SnO₂ nanostructure based electroanalytical approach for simultaneous monitoring of vitamin C and vitamin B6 in pharmaceuticals. *J Electroanal Chem*. 2022;910:116181. doi:https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2022.116181
 28. Kaçar C, Erden PE. An amperometric biosensor based on poly(l-aspartic acid), nanodiamond particles, carbon nanofiber, and ascorbate oxidase–modified glassy carbon electrode for the determination of l-ascorbic acid. *Anal Bioanal Chem*. 2020;412(22):5315-5327. doi:10.1007/s00216-020-02747-w
 29. María Ruiz-Rodríguez, B., De Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Fernández-Ruiz, V., De Cortes Sánchez-Mata, M., Cámara, M., & Tardío J. *Wild blackthorn (Prunus spinosa L) hawthorn (Crataegus monogyna Jacq) fruits as Valuab sources antioxidants*. 2014;69(1):61-73. 10.1051/fruits/2013102
 30. Zhang YJ, Yang SS, Wu QM, et al. Dietary vitamin E intake and new-onset hypertension. *Hypertens Res*. doi:10.1038/s41440-022-01163-0
 31. Jiang Q. Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. *Free Radic Biol Med*. 2014;72:76-90. doi:https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2014.03.035
 32. Kerns JC, Gutierrez JL. *Thiamin*. *Adv Nutr*. 2017;8(2):395-397. doi:https://doi.org/10.3945/an.116.013979
 33. Balasubramaniam, S (Balasubramaniam, Shanti) ; Christodoulou, J (Christodoulou, John) ; Rahman, S (Rahman S. Disorders of riboflavin metabolism. *J Inherit Metab*

- Dis.* 2019;42(4):608-619. doi:10.1002/jimd.12058
34. Bates CJ. *Niacin* and pellagra. In: Caballero BBT-E of HN (Fourth E, ed. Academic Press; 2013:322-329. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821848-8.10249-5
 35. Kim, SW; Lee, JH; Moon, JH; Nazim, UMD; Lee, YJ; Seol, JW; Hur, J; Eo, SK; Lee, JH; Park, SY. *Niacin* alleviates TRAIL-mediated colon cancer cell death via autophagy flux activation. *Oncotarget.* 2016;7(4):4356-4368. doi:10.18632/oncotarget.5374
 36. Gupta, Y (Gupta, Yashashree); Shah, I (Shah I. Ethionamide-induced Pellagra. *J Trop Pediatr.* 2015;61(4):301-303. doi:10.1093/tropej/fmv021
 37. Bossard V, Bourmeyster N, Pasini S, et al. Problematic rise of vitamin B6 supplementation overuse and potential risk to bariatric surgery patients. *Nutrition.* 2022;102:111738. doi:https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111738
 38. Pravst, I ; Lavrisa, A; Hribar, M; Hristov, H; Kvarantan, N; Seljak, BK; Gregoric, M; Blaznik, U; Gr A. Dietary Intake of Folate and Assessment of the Folate Deficiency Prevalence in Slovenia Using Serum Biomarkers. *Nutrients.* 2021;13(11):3860. doi:10.3390/nu13113860
 39. Soetan, K. O., C. O. Olaiya and OEO. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African J food Sci.* 2010;4(5):200-222.
 40. Rashid, Madiha C, M. Z, Z. A, et al. Assessment of Mineral Nutrient Efficiency in Genetically Diverse Spinach Accessions by Biochemical and Functional Marker Strategies. *Front Plant Sci.* 2022;13:2. doi:10.3389/fpls.2022.889604
 41. Amin MN, Siddiqui SA, Uddin MG, et al. Increased Oxidative Stress, Altered Trace Elements, and Macro-Minerals Are Associated with Female Obesity. *Biol Trace Elem Res.* 2020;197(2):384-393. doi:10.1007/s12011-019-02002-
 42. Nawirska-Olszańska A, Biesiada A, Sokół-Łętowska A, Kucharska AZ. Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. *Food Chem.* 2014;148:415-419. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.080
 43. Sun, HB; Weaver C. Rise in Potassium Deficiency in the US Population Linked to Agriculture Practices and Dietary Potassium Deficits. *J Agric Food Chem.* 2020;68(40):11121-11127. doi:10.1021/acs.jafc.0c05139
 44. Yusuf, E; Tkacz, K; Turkiewicz; Wojdylo, A; Nowicka P. Analysis of chemical compounds' content in different varieties of carrots, including qualification and quantification of sugars, organic acids, minerals, and bioactive compounds by UPLC. *Eur FOOD Res Technol.* 2021;12:3053-3062. doi:10.1007/S00217-021-03857-0

45. D. Cordell SW. Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate about Long-Term Phosphorus Security. *SUSTAINABILITY*. 2011;3(10):2027-2049. doi:10.3390/su3102027
46. Lou-Arnal, LM; Arnaudas-Casanova, L; Caverni-Munoz, A; Vercet-Tormo, A; Caramelo-Gutierrez, R; Munguia-Navarro P. Hidden sources of phosphorus: presence of phosphorus-containing additives in processed foods. *Nefrologia*. 2014;34(4):498-506. doi:10.3265/Nefrologia.pre2014.Apr.12406
47. Serefko, A; Szopa, A; Poleszak E. Magnesium and depression. *Biochem Mol Biol - SCIE*. 2016;29(3):112-119. doi:10.1684/mrh.2016.0407
48. Laires, MJ; Monteiro C. Exercise, *magnesium* and immune function. *Biochem Mol Biol - SCIE*. 2008;21(2):92-96. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000257665700003>
49. Faucon A-L, Vidal-Petiot E. Le bilan du *sodium* : nouveaux aspects. *Nutr Clin Métabolisme*. 2020;34(4):286-294. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nupar.2020.08.002>
50. DeSimone, JA; Beauchamp, GK; Drewnowski, A; Johnson G. Sodium in the food supply: challenges and opportunities. *Nutr Rev*. 2013;71(1):52-59. doi:10.1111/nure.12006
51. Wu X, Wang F, Cai X, Wang S. Glycosylated peptide-*calcium* chelate: Characterization, calcium absorption promotion and prebiotic effect. *Food Chem*. 2023;403:134335. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134335>
52. Bae, Haejin; Yun SK, Send mail to Yun S.K.; Jun, Ji Hae; Yoon, Ik Koo; Nam, Eun Young; Kwon JH. Assessment of organic acid and sugar composition in apricot, plumcot, plum, and peach during fruit development. *J Appl Bot Food Qual*. 2014;87:24-29. doi:10.5073/JABFQ.2014.087.004
53. Ozkan, Gursel; Ozkan G. Phenolic compounds, organic acids, vitamin c and antioxidant capacity in *Prunus Spinosa* L. Fruits. *Comptes Rendus L'Academie Bulg des Sci*. 2019;72(2):267-273. doi:10.7546/CRABS.2019.02.17
54. Eva Brglez Mojzer, Maša Knez Hrnčič, Mojca Škerget, Željko Knez UB. Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules*. 2016;21(7):901-939. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules21070901>
55. Marchelak A, Owczarek A, Rutkowska M, et al. New insights into antioxidant activity of *Prunus spinosa* flowers: Extracts, model polyphenols and their phenolic metabolites in plasma towards multiple *in vivo*-relevant oxidants. *Phytochem Lett*. 2019;30:288-

295. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phytol.2019.02.011>
56. Natić M, A.; Pavlović A, et al. Nutraceutical properties and phytochemical characterization of wild Serbian fruits. *Eur Food Res Technol.* 2019;245(2):469-478. doi:10.1007/s00217-018-3178-1
57. Mumper JD and Russell J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. 2010;15(10):7313-7352. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
58. Fantini M, A, M.; S mail to F, et al. *In vitro* and *in vivo* antitumoral effects of combinations of polyphenols, or polyphenols and anticancer drugs: Perspectives on cancer treatment. *Int J Mol Sci.* 2015;16(5):9236-9282. doi:10.3390/ijms16059236
59. Damar I, I.; S mail to D, Yilmaz E. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds in blackthorn (*Prunus spinosa L.*): characterization, antioxidant activity and optimization by response surface methodology. *J Food Meas Charact.* 2023;17(2):1467-1479. doi:10.1007/s11694-022-01723-5
60. Katanić Stanković JS, A.; Mićanović N, et al. Polyphenolic Profile, Antioxidant and Antidiabetic Potential of Medlar (*Mespilus germanica L.*), Blackthorn (*Prunus spinosa L.*) and Common Hawthorn (*Crataegus monogyna Jacq.*) Fruit Extracts from Serbia. *Horticulturae.* 2022;8(11):1053. doi:10.3390/horticulturae8111053
61. Adamczyk B, A, B.; S mail to A, et al. Tannins and Their Complex Interaction with Different Organic Nitrogen Compounds and Enzymes: Old Paradigms versus Recent Advances. *ChemistryOpen.* 2017;6(5):610-614. doi:10.1002/open.201700113
62. Sabatini L, A.; Bratrstvi D, et al. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activity of *Prunus spinosa L.* fruit ethanol extract,. *J Funct Foods.* 2020;67:7. doi:10.1016/j.jff.2020.103885
63. Rodriguez-Amaya DB. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Res Int.* 2019;124:200-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.028>
64. Martins N, Ferreira ICFR. Wastes and by-products: Upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related applications. *Trends Food Sci Technol.* 2017;62:33-48. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.014>
65. Grune T, Lietz G, Palou A, et al. β -Carotene Is an Important Vitamin A Source for Humans, . *J Nutr.* 2010;140(12):2268S-2285S. doi:<https://doi.org/10.3945/jn.109.119024>
66. Gomes A, Costa ALR, Sobral PJ do A, Cunha RL. Delivering β -carotene from O/W

- emulsion-based systems: Influence of phase ratio and carrier lipid composition. *Food Hydrocoll Heal.* 2023;3:100125. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100125>
67. Backes E, Leichtweis MG, Pereira C, et al. *Ficus carica L.* and *Prunus spinosa L.* extracts as new anthocyanin-based food colorants: A thorough study in confectionery products. *Food Chem.* 2020;333:127457. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127457>
68. Kavaz Yüksel A. The Effects of Blackthorn (*Prunus Spinosa L.*) Addition on Certain Quality Characteristics of Ice Cream. *J Food Qual.* 2015;38(6):413-421. doi:[10.1111/jfq.12170](https://doi.org/10.1111/jfq.12170)
69. Miyake S, Takahashi N, Sasaki M, Kobayashi S, Tsubota K, Ozawa Y. Vision preservation during retinal inflammation by anthocyanin-rich bilberry extract: cellular and molecular mechanism. *Lab Investig.* 2012;92(1):102-109. doi:<https://doi.org/10.1038/labinvest.2011.132>
70. Leichtweis MG.;Pereira C;Priet. Ultrasound as a Rapid and Low-Cost Extraction Procedure to Obtain Anthocyanin-Based Colorants from *Prunus spinosa L.* Fruit epicarp: Comparative study with conventional heat-based extraction. *Molecules.* 2019;24(3):573. doi:[10.3390/molecules24030573](https://doi.org/10.3390/molecules24030573)
71. Sabatini L.; Bratrštví D.; Di Giacomo B.; et al. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activity of *Prunus spinosa L.* fruit ethanol extract. *J Funct Foods.* 2020;67:2. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103885>
72. Mařhová M. Trnka obecná – využití a recepty. *Bylinkový ráj.* Published online 2021. https://bylinkovyraj.net/trnka-obecna-vyuziti-a-recepty/?fbclid=IwAR3PQR4wj_6lUbHKpY4HUvXS4c9GzZeQM3bJ7tf19o0kk4A5o3Hbij62SNU
73. Claus, Michael J., Berglund KA. Fruit brandy production by batch column distillation with reflux. *J Food Process Eng.* 2005;28(1):53-67. doi:[10.1111/j.1745-4530.2005.00377.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2005.00377.x)
74. Coelho E, ;, Genisheva Z, et al. Vinegar production from fruit concentrates: effect on volatile composition and antioxidant activity. *J Food Sci Technol.* 2017;54:4112-4122. doi:[10.1007/s13197-017-2783-5](https://doi.org/10.1007/s13197-017-2783-5)