

**VYUŽITIE RAKYTNÍKA REŠETLIAKOVÉHO PRI VÝROBE POTRAVÍN
S PRIDANOU HODNOTOU A PROCESNÉ ZMENY VYBRANÝCH
BIOAKTÍVNYCH LÁTOK S TÝM SÚVISIACE**

**USE OF SEA BUCKTHORN IN THE PRODUCTION OF VALUE-ADDED FOOD
AND RELATED PROCESS CHANGES OF SELECTED BIOACTIVE SUBSTANCES**

**Andrea Mendelová¹ – Ľubomír Mendel² – Jozef Golian¹ – Lucia Zelenáková¹
Miriam Solgajová¹ – Anna Kolesárová¹**

**¹ Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko**

**² Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum,
Výskumný ústav rastlinnej výroby, Bratislavská 122, 921 01 Piešťany, Slovensko**

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-100-6-0245>



ABSTRAKT

Rakytník rešetliakový, ktorý sa vyznačuje obsahom širokého spektra bioaktívnych látok, je veľmi vhodnou surovinou na výrobu potravín s pridanou hodnotou. V našej práci sme sa zamerali na výrobu rakytníkových džemov s rôznym podielom rakytníkovej šťavy. V džemoch sme sa hodnotili obsah celkových karotenoidov a polyfenolov. Zistili sme, že obsah celkových karotenoidov sa v džemoch pohyboval v hodnotách 0,53–8,43 mg·100 g⁻¹ sušiny a obsah celkových polyfenolov 65,2–551,69 mg GAE·100 g⁻¹ sušiny. V procese spracovania základného polotovaru, ktorým bol jablkovo-rakytníkový pretlak nastal výrazný pokles obsahu oboch sledovaných zložiek. Pokles obsahu celkových karotenoidov bol 77,45–79,6 % a pokles obsahu celkových polyfenolov 79,82–83,17 %. Mierne nižšie hodnoty poklesu sme zaznamenali vo výrobkoch s vyšším podielom rakytníka.

Kľúčové slová: rakytník rešetliakový, džem, karotenoidy, polyfenoly, procesné zmeny

ABSTRACT

Sea buckthorn, which is characterized by the content of a wide range of bioactive substances, is a very suitable raw material to produce food with added value. In our work, we focused on the production of sea buckthorn jams with different proportions of sea buckthorn juice. In jams, we focused on evaluating the content of total carotenoids and polyphenols. We found that the content of total carotenoids in jams ranged from 0.53 to 8.43 mg·100 g⁻¹ dry matter and the content of total polyphenols from 65.2 to 551.69 mg GAE·100 g⁻¹ dry matter. In the process of processing the basic semi-finished product, which was apple-sea buckthorn puree, there was a significant decrease in the content of both monitored components. The decrease in the content of total carotenoids was 77.45 to 79.6% and the decrease in the content of total polyphenols was 79.82 to 83.17%. We recorded a slightly lower decrease in values in products with a higher proportion of sea buckthorn.

Keywords: sea buckthorn, jam, carotenoids, polyphenols, process changes

ÚVOD

Rakytník rešetliakový je celosvetovo známy ako liečivá, okrasná a úžitková rastlina, s vysokým obsahom vitamínov, flavonoidov, karotenoidov, minerálnych látok a ďalších biologicky cenných látok, najmä v plodoch ale i iných častiach rastliny. Z tohto dôvodu má rakytník značný hospodársky význam a široký potenciál využitia. Plody sú všestrannou surovinou v potravinárskom priemysle, dajú sa spracovať na celý

rad nealkoholických nápojov, sušené plody a výlisky, lyofilizovaný rakytníkový prášok, sirupy, nátierky ale i víno, pivo, pálenku a olej, a v primeranom množstve sa začleňuje do širokej škály výrobkov ako napríklad med, čokoláda, müsli tyčinky či raňajkové kaše (Ciesarová et al., 2020; Zhang et al., 2023). Rakytník sa po celom svete využíva na výrobu približne tisícky potravín. V Číne je oficiálne registrovaných viac ako 1500 spoločností, ktoré sa zaoberajú výrobou potravinárskych produktov na báze rakytníka (Chen et al., 2023). V Pakistane sa plody sušia na komerčné účely, pričom kôra a konáre sa následne využívajú ako palivo v zimných mesiacoch (Nawaz et al., 2019). Počas olympijských hier v roku 1992 v Soule boli osviežujúce nápoje z rakytníka oficiálnym nápojom čínskych športovcov. Do svojich jedál rakytník pridávali aj indickí vojaci, ktorí pracovali pri extrémne nízkych teplotách (Gâtlan a Gutt, 2021). Šťava z rakytníka sa teší obľube v Nemecku i v krajinách Škandinávie. V oblasti Mongolska sa využíva na výrobu rôznych nápojov, ktoré sú veľmi populárne (Mei et al., 2023). Šťava z rakytníka je vyhľadávaným produktom a slúži aj ako základná zložka na ďalšie spracovanie, napríklad na výrobu sirupu. Výživová hodnota šťavy a sirupu závisí od špecifických metód spracovania a použitých výrobných technológií (Verbeyst et al., 2013).

Belcar a Gorzelany (2022) predstavili inovatívny prístup k diverzifikácii sortimentu potravín a zvýšeniu výživovej hodnoty pšeničného piva pridaním odtučnenej rakytníkovej šťavy. Výrobný proces zahŕňal použitie pšenice ozimnej a prídavok 5 % a 10 % rakytníkovej šťavy do produktu počas fermentácie. Senzorické hodnotenia ukázali, že pšeničné piva obohatené o 5 % rakytníkovej šťavy boli medzi spotrebiteľmi dobre hodnotené vďaka ich jemnej kyslej ale osviežujúcej chuti a zaujímavej vôni. Výsledky fyzikálno-chemických analýz ukázali, že pšeničné piva s rakytníkovou šťavou vykazovali zvýšenú kyslosť v porovnaní s kontrolnými vzorkami, výrazný nárast polyfenolov v rozmedzí od 249,7 do 274,1 mg GAE·l⁻¹ (GAE – ekvivalent kyseliny gálovej) a zvýšenie antioxidačnej aktivity. Ďalej autori zistili prítomnosť kyseliny askorbovej v produktoch (2,5–4,5 mg·100 ml⁻¹) a flavónových glykozidov. Z tejto štúdie vyplýva, že v pivovarníckom priemysle by sa potenciálne mohol objaviť nový trend v podobe pšeničného piva obohateného o rakytníkovú šťavu v objeme do 5 %.

Vedľajší produkt, ktorý vznikne pri extrakcii šťavy z rakytníka, sú rakytníkové výlisky. V súčasnosti sa časť rakytníkových výliskov používa ako krmivo pre zvieratá alebo likviduje, najmä z dôvodu nedostatočnej spracovateľskej infraštruktúry (Husain et al., 2018; Wu et al., 2024). Produkcia takéhoto odpadu v potravinárskom priemysle vedie nielen k strate cenných zdrojov, ale predstavuje aj značné ekonomické a environmentálne výzvy. V záujme minimalizácie odpadu a zvyšovania nutričnej hodnoty potravín Stanciu et al. (2023) experimentovali so začlenením rakytníkových výliskov do výrobného procesu pekárenských výrobkov. V rámci svojho výskumu použili tri rôzne odrody rakytníka a výlisky zmiešali s pšeničnou múkou v množstve 6, 8 a 10 % s cieľom vytvoriť funkčný chlieb. Autori zistili, že výsledné produkty boli bohatým zdrojom vlákniny, bielkovín a lipidov, pričom vykazovali nižšiu energetickú hodnotu v porovnaní s kontrolnou vzorkou. Autori ďalej poukázali na silné antioxidačné a antimikrobiálne vlastnosti, ktoré sa zvyšovali s prídavkom rakytníkových výliskov. Mikrobiologické hodnotenia odhalili, že prídavok výliskov v množstve 6 % predĺžil trvanlivosť chleba o 24 hodín, zatiaľ čo prídavok 8 % až o 97–120 hodín. Mnohé štúdie naznačili, že rastlinné extrakty bohaté na polyfenoly majú potenciál inhibovať rozmnožovanie patogénnych baktérií a húb. Výsledky senzorickej analýzy ukázali, že spotrebitelia preferovali chlieb s prídavkom 6 % a 8 % rakytníkových výliskov. Tieto chleby sa vyznačovali sviežou vôňou, svetlou kôrkou, dobre vyvinutou pórovitosťou a pružnou striedkou. Chleby s vyšším podielom rakytníkových výliskov už vykazovali výraznú kyslú a horkú chuť, silnú rakytníkovú vôňu a mali menej pórovitú striedku (Manso et al., 2022; Stanciu et al., 2023).

Mliečne výrobky, najmä jogurty, sa v poslednom období stali kľúčovou zložkou ľudskej stravy. V dôsledku toho sa výrobcovia mliečnych výrobkov snažia uspokojiť súčasné požiadavky a preferencie spotrebiteľov a rozšíriť sortimentovú škálu. Za týmto účelom Brodziak et al. (2021) vyrábali jogurty s prídavkom

rakytníkovej peny v množstve 5 % a jogurtových kultúr (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* a *Streptococcus thermophilus*). V porovnaní s kontrolnou vzorkou sa jogurt s rakytníkom vyznačoval vyšším obsahom sušiny vrátane celkových bielkovín, tuku a kyseliny mliečnej. Z mikrobiologického hľadiska sa počas 21 dní skladovania nezaznamenal rast žiadnych koliformných baktérií či ich spór. Zo senzorického hľadiska bol jogurt s prídavkom rakytníkovej peny dobre akceptovaný hodnotiacou komisiou.

Zpracovanie bobúľ rakytníka skúmali aj Terpou et al. (2017), pričom sušené plody použili ako imobilizačný nosič probiotického kmeňa *Lactobacillus casei* pri výrobe syra typu feta. V porovnaní so syrom vyrobeným bez nosiča probiotických kmeňov, v syre obsahujúcom rakytník autori potvrdili zvýšenie počtov probiotických baktérií. Okrem toho sa pridaním rakytníka do syrov dosiahlo zlepšenie fyzikálno-chemických vlastností, kyslá chuť plodov sa efektívne zamaskovala, zvýšila sa aróma a mikrobiologická bezpečnosť syrov.

V súčasnosti veľkou výzvou pre potravinársky priemysel je vývoj vegánskych produktov s vysokou výživovou hodnotou, funkčnosťou a senzorickou príťažlivosťou. Tento trend podporuje rastúci celosvetový počet vegánov, ktorý v roku 2023 dosiahol predstavuje približne 1,1 % svetovej populácie. Kvôli tomu sa Maftai et al. (2023) vo svojom výskume zamerali na vývoj nápojov na báze sójového mlieka, rakytníkového sirupu, inulínu a probiotických baktérií *Lactobacillus casei* ssp. *paracasei*. Výsledky autorov naznačujú, že prášok z rakytníka a inulín priaznivo ovplyvnili reologické a chuťové vlastnosti nápoja. Záverom autori konštatovali, že vytvorenie symbiotických nápojov s prídavkom 20 % rakytníkového sirupu, ktoré spájajú zdravotné výhody prebiotík a probiotík, sú značným prísľubom pre nápojový priemysel.

Cieľom práce bolo navrhnúť receptúru a pripraviť rakytníkový džem s rôznym podielom rakytníka, pripravené vzorky zhodnotiť senzoricky, vo vzorkách zanalyzovať obsah celkových karotenoidov a polyfenolov a sledovať ich zmeny v procese spracovania.

MATERIÁL A METODIKA

V práci sme použili šťavu z rakytníka, ktorá pozostávala zo zmesi odrôd Leikora a Askola, ktoré boli zabezpečené z poľnohospodárskeho družstva v Tvrdošovciach, ktoré podľa dostupných informácií pestuje rakytník na ploche 12,5 ha. Obec Tvrdošovce sa nachádza v geomorfologickom celku Podunajská pahorkatina. Toto územie je súčasťou Podunajskej nížiny, Žitavskej pahorkatiny, ktorá je súčasťou Podunajskej vrchoviny. Centrálny bod obce sa nachádza v nadmorskej výške 120 m n. m. Z klimatického hľadiska sa región zaraďuje do mierne vlhkej až suchej ale teplej oblasti. Priemerná ročná teplota v regióne je na úrovni 9–10 °C. Oblasť sa podľa priemerného ročného úhrnu zrážok vyznačuje podpriemernými až nízkymi zrážkami, ktorých množstvo sa pohybuje od 500–550 mm. V tejto zemepisnej oblasti prevládajú prevažne severozápadné a juhovýchodné vetry, ale zriedkavo aj vetry z východu a severu. Z pohľadu pôdných druhov prevláda najmä černoziem, čiernica a hnedozem s vysokou produkčnou schopnosťou. Pri posudzovaní zrnitosti sú to prevažne piesočnato-hlinité až ílovité pôdy.

Odroda Leikora pochádza z Nemecka, je známa svojou odolnosťou voči rezu a mrazuvzdornosťou. Plody úplnú zrelosť dosahujú koncom septembra a na začiatku októbra, sú oválne, kyslasté plodov a majú žiarivo oranžový odtieň. Priemerná hmotnosť plodu je približne 0,65 g. Odroda Askola je rovnako nemecká odroda, ktorá vykazuje pozoruhodnú odolnosť voči mrazivému prostrediu, je schopná tolerovať teploty až do –40 °C. Plody, ktoré dozrievajú začiatkom septembra, sú stredne veľké, majú oválny až valcovitý tvar, s tmavooranžovým odtieňom. Priemerná hmotnosť plodu je 0,36 g (Komžík, 2021).

Okrem rakytníka sme v práci použili aj pretlak z jabĺk odrody Gala. Odroda Gala vznikla krížením odrôd Golden Delicious s Kidd's Orange Red. Patrí k odrodám, ktoré produkujú malé až stredne veľké plody s okrúhlym až kužeľovitým tvarom s priemerom 5–7 cm. Šupka má stredne pevnú štruktúru, základná farba

je žltá pokrytá červenými pruhmi. Dužina sa vyznačuje žltou farbou, pevnou chrumkavou štruktúrou, plody sú aromatické a majú príjemnú sladkú chuť.

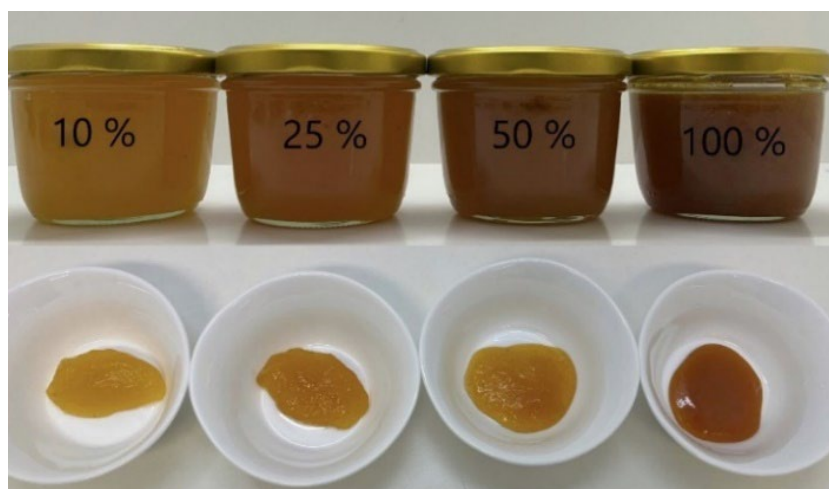
Z rakytníka rešetliakového sme ako základný polotovár pripravili rakytníkovú šťavu. Proces zberu spočíval v odrezaní letorastov, na ktorých sa nachádzali zrelé plody. Letorasty sme následne zmrazili pri teplote $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pred lisovaním sme ich oddelili od letorastov v zmrazenom stave. Plody sme následne vylisovali na automatickom lise Multipress Automatic MP80 (Braun, Nemecko), získanú šťavu sme precedili cez sito s cieľom odstránenia nežiadúcich mechanických prímiesí. V rakytníkovej šťave sme stanovili ukazovatele základného chemického zloženia a celkový obsah polyfenolov a karotenoidov.

Jablká sme používali vo forme jablkového pretlaku. Umyté a na štvrtiny rozdelené plody sme tepelne ošetrili vo vodnom kúpeli pri teplote $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 2 minút, následne sme plody ochladili studenou vodou a pasírovali pomocou pasírky Robot Cube C80 (Robot Coupe, Francúzsko) na sitách s otvormi 0,5 mm.

Rakytníkové džemy s rôznym podielom rakytníkovej šťavy sme vyrobili v zmysle Vyhlášky 44/2012 Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR o ovocných džemoch, rôsoloch, marmeládach a sladenom gaštanovom pyrė v kvalitatívne triede Extra džem, čo znamená že podiel ovocia v 1 kg konečného výrobku musí byť minimálne 350 gramov. Podľa vyhlášky 44/2012 musí mať hotový výrobok minimálny obsah refraktometrickej sušiny 60 %. Obsah kyselín nie je normou stanovený, jeho prídavok sa určuje na základe senzorickeho posúdenia výrobku. Džem sme pripravili s obsahom rakytníkovej šťavy 10 %, 25 %, 50 % a 100 %, zvyšný podiel ovocia tvoril jablkový pretlak. Ako pomocné suroviny sme použili sacharózu a pektín. Vzhľadom na vyšší obsah organických kyselín v ovocí sme kyselinu citrónovú nepridávali. Receptúry džemov sme vypočítali ako hmotnostnú bilanciu cukornej sušiny a ovocných zložiek. Pri výpočte receptúry sme vychádzali z výslednej refraktometrickej sušiny výrobku (60 %) a množstva použitej sacharózy (530 g), pričom zároveň sme museli splniť požiadavku minimálneho podielu ovocnej zložky vo výrobku (tab. 1, obr. 1).

Tabuľka 1: Receptúra rakytníkových džemov

Vzorka džemu	Sacharóza [g]	Ovocný pretlak [g]
100 % rakytník	530	673
50 % rakytník + 50 % jablká	530	574
25 % rakytník + 75 % jablká	530	549
10 % rakytník + 90 % jablká	530	515



Obrázok 1: Rakytníkové džemy s rôznym podielom rakytníka rešetliakového (foto autor)

Var džemov prebiehala v nádobe s veľkou výhrevnou plochou, aby bol proces varu dostatočne plynulý. Proces varu prebiehal v dvoch fázach. V prvej fáze sme ovocnú zložku priviedli do varu bez prídavku cukru. V priebehu varu by sa mala odpariť prevažná časť prebytočnej vody a sušina ovocnej dužiny zahustiť na minimálne 18–20 %. V závere prvej fázy výroby sme k čiastočne zahustenej ovocnej zložke pridali pektín zmiešaný s cukrom v množstve 20 gramov na 1 kilogram výrobku. V druhej fáze varu sme pridali sacharózu. V našom výrobnom procese sme var ukončili na základe kontroly teploty výrobku (103 °C) a vykonaním rýchlej skúšky rôsolovania.

V pripravených džemoch sme stanovovali rozpustnú sušinu, celkové cukry, celkové kyseliny, obsah celkových karotenoidov a polyfenolov.

Na stanovenie obsahu celkových cukrov a organických kyselín sme využili analyzátor ALPHA Bruker Optik GMBH. Analyzátor ALPHA slúži pre rýchlu analýzu ovocných a zeleninových štiav, muštov a vín metódou infračervenej spektroskopie, ktorá je založená na interakcii elektromagnetického žiarenia z infračervenej oblasti s molekulou alebo časťou molekuly. Na analýzu sme použili prefiltrovanú a odstredenú šťavu z ovocnej drene a extrakty z ovocných džemov.

Stanovovanie celkového obsahu polyfenolov sme uskutočnili metódou s Folin – Ciocalteu činidlom. Princíp metódy je založený na reakcii činidla s polyfenolmi obsiahnutými v analyzovanej vzorke za vzniku modrého komplexu. Intenzita modrého sfarbenia je priamo úmerná obsahu prítomných polyfenolov. Celkový obsah polyfenolov sa vyhodnotí spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 700 nm (Lachman et al., 2003). Obsah celkových polyfenolov sme vypočítali z kalibračnej krivky kyseliny gallovej o koncentrácii 50–800 mg·l⁻¹.

Stanovenie obsahu celkových karotenoidov sme uskutočnili podľa metodiky Hegedúsová, Mezeyová, Andrejiová (2016). Príprava vzorky pozostávala z homogenizácie vzoriek, ich rozotieraní s morským pieskom a acetónom do úplného uvoľnenia farbív zo vzoriek. Získaný acetónový extrakt s extrahovanými karoténmi sme opakovane pretrepávali s petroléterom. Za pomoci destilovanej vody prebiehalo fázovanie vrstiev zamerané na odstránenie zvyšku acetónu. Následne sme petroléterovú fázu nasýtenú karoténmi vysušili síranom sodným bezvodým. Absorbancia vzoriek sa kvantitatívne stanovila pri vlnovej dĺžke 450 nm pomocou spektrofotometra.

Senzorické hodnotenie vykonala šesťčlenná komisia, pričom sa použila deväťbodová hedonická stupnica. Vzorky boli hodnotené na základe kvalitatívnych vlastností vrátane ich vizuálneho vzhľadu, vône, textúry, chuti a celkového zážitku po konzumácii.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rakytník a rakytníková šťava sa vyznačuje mnohými zdravotnými výhodami a aj napriek svojej kyslosti a trpkosti je veľmi sľubnou surovinou pre vývoj inovatívnych potravín. Pre lepšiu prijateľnosť výrobkov spotrebiteľmi, je nevyhnutné vyvážiť prirodzenú kyslosť charakteristickú pre rakytník. Aby sme v našich produktoch dosiahli uvedenú rovnováhu a zvýšili senzorickú príťažlivosť rakytníkových džemov, rozhodli sme sa zmiešať rakytníkovú šťavu a jablkový pretlak pomeroch 100:0, 50:50, 25:75, 10:90.

Džemy sa v závislosti od podielu rakytníkovej zložky vyznačovali rôznou farebnou škálou od slabo-žltej po intenzívnu oranžovú až jemne hnedú. Použitie jablkového pretlaku zjemnilo chuťové vlastnosti a zlepšilo intenzívnu ostrú vôňu rakytníkovej šťavy, ktorá prevládala v 100% džemoch. Senzorické hodnotenie poukázalo na dobrú akceptovateľnosť výrobkov aj s vyšším podielom rakytníka, ako najlepšie boli hodnotené rakytníkové džemy s 50% podielom rakytníka (tab. 2).

Tabuľka 2: Hodnotenie senzorickej kvality rakytníkových džemov

Vzorka džemu	Vzhľad	Vôňa	Konzistencia	Chuť	Celkový dojem	Priemerný počet bodov
10 % rakytník + 90 % jablko	4,6	4,3	6,3	6	6	5,44
25 % rakytník + 75 % jablko	5,5	4,6	6,3	6,3	5,8	5,70
50 % rakytník + 50 % jablko	7,1	5,5	5,6	6,6	6,6	6,28
100 % rakytník	5,6	4,6	6	4,8	5,1	5,22

Geertsen, Holm, Giacalone (2016) uskutočnili výskum zameraný na vnímanie inovatívnych nápojov pripravených z rakytníka rešetliakového zo strany dánskych spotrebiteľov. Experimentovalo sa s rôznymi koncentraciami rakytníkovej šťavy, ktorá bola zmiešaná s ďalšími prísadami ako sú hrušky, jablká, červená repa, červené ribezle, šípky, arónia, fenikel a med. Autori dospeli k záveru, že z hľadiska celkovej prijateľnosti boli vyvíjané nápoje pozitívne prijaté a vykazovali porovnateľnú popularitu s komerčne dostupnými šťavami.

Tabuľka 3: Chemické zloženie rakytníkových džemov s prídavkom jablkového pretlaku v rôznych pomeroch

Vzorka džemu	Celková sušina [%]	Rozpustná sušina [°Brix]	Celkové cukry [g·100 g ⁻¹ ČH]	Celkové kyseliny [g·100 g ⁻¹ ČH]	Celkové karotenoidy [mg·100 g ⁻¹ ČH]	Celkové polyfenoly [mg GAE·100 g ⁻¹ ČH]
100 % rakytník	65,45	63,2	54,6	1,71	5,52	361,08
50 % rakytník + 50 % jablko	62,46	61,7	55,3	1,02	1,74	133,05
25 % rakytník + 75 % jablko	63,07	62,1	55,7	0,68	0,78	81,36
10 % rakytník + 90 % jablko	62,31	61,4	55,9	0,57	0,33	40,68

Legenda: ČH – čerstvá hmota

Obsah celkovej sušiny v rakytníkových džemoch sa pohyboval od 62,31 do 65,45 %. Celková sušina výrobkov je tvorená predovšetkým cukrami. Cukry, ktoré sú obsiahnuté v džemoch reprezentujú prirodzené cukry prítomné v ovocí a pridaný cukor, ktorý je dôležitou konzervačnou látkou. Pomer týchto cukrov sa líši podľa druhu ovocia a jeho zrelosti. Celkový obsah cukru v rakytníkových džemoch sa pohyboval od 54,6 do 55,9 g·100 g⁻¹ ČH. Tento obsah je nižší v porovnaní s obsahom cukru v jablkovom džeme (69,12 g·100 g⁻¹ ČH), broskyňovom džeme (69,14 g·100 g⁻¹ ČH) a ananášovom džeme (72,42 g·100 g⁻¹ ČH), ako uvádzajú Jaiswal, Patel a Naik (2015). Rozpustná sušina v džemoch sa pohybovala od 61,4 do 63,2 °Brix. Z hľadiska celkovej kyslosti je jednoznačne vidieť nárast kyslosti so zvyšujúcim sa prídavkom rakytníka a to v rozpätí 0,57–1,71 g·100 g⁻¹ ČH. Tieto hodnoty sa zhodujú s hodnotami, ktoré uvádzajú Marszałek, Lipowski a Skapska (2014) pre rôzne miešané rakytníkové džemy – rakytníkovo-jablkový (0,86 %), rakytníkovo-egrešový (1,30 %), rakytníkovo-malinový (1,16 %) a rakytníkovo-jahodový (1,00 %).

Tabuľka 4: Procesné zmeny obsahu polyfenolov a karotenoidov v džemoch

Pomer rakytník: jablko (%)	Vzorka	Celkové karotenoidy [mg·100 g ⁻¹ SH]	Úbytok karotenoidov v džemoch [%]	Celkové polyfenoly [mg GAE·100 g ⁻¹ SH]	Úbytok polyfenolov v džemoch [%]
100 % rakytník	pretlak	55,57	77,45	4062,96	79,82
	džem	8,43		551,69	
50 % rakytník + 50 % jablko	pretlak	23,42	79,27	2023,11	81,66
	džem	2,79		213,02	
25 % rakytník + 75 % jablko	pretlak	11,18	79,36	1338,74	82,45
	džem	1,24		128,99	
10 % rakytník + 90 % jablko	pretlak	4,35	79,68	753,12	83,17
	džem	0,53		65,29	

Legenda: Pretlak – zmes rakytníkovej šťavy a jablkového pretlaku, SH – sušina výrobku

Ako napovedá tabuľka 4 celkový obsah polyfenolov bol najvyšší v džemoch pripravených zo 100 % rakytníkovej šťavy (551,69 mg GAE·100 g⁻¹ SH) a najnižší obsah bol v džemoch s prídavkom 10 % rakytníkovej šťavy (65,29 mg GAE·100 g⁻¹ SH). Celkový obsah karotenoidov sa pohyboval v rakytníkových džemoch od 0,53–8,43 mg·100 g⁻¹ SH, so stúpajúcim podielom rakytníkovej šťavy stúpaj aj obsah celkových karotenoidov. Počas spracovania ovocia na džemy došlo k priemernému percentuálnemu zníženiu obsahu karotenoidov o 77,45–79,6 %. V 100% rakytníkovom džeme sa po zohľadnení navážky ovocia na 100 g hotového výrobku zachovalo 22,55 % celkových karotenoidov. Čo sa týka celkového obsahu polyfenolov zistili sme, že v produktoch došlo k poklesu obsahu celkových polyfenolov o 79,82–83,17 %. V 100% rakytníkovom džeme sa po zohľadnení navážky ovocia na 100 g hotového výrobku zachovalo 20,18 % celkových polyfenolov. Všeobecne môžeme konštatovať, že so zvyšujúcim sa podielom rakytníkovej šťavy sa nepatrne zvyšovala stabilita celkových karotenoidov a polyfenolov.

Karotenoidy boli preskúvané vo viacerých modelových systémoch a rovnako boli identifikované faktory, ktoré ovplyvňujú ich stabilitu. Medzi tieto faktory patrí typ a fyzikálna forma karotenoidov, prítomnosť kyslíka a kovov v surovine, vystavenie svetlu, intenzita tepelného spracovania a teplota skladovania. Z uvedených príčin je preto stabilita karotenoidov v potravinách veľmi rozdielna (Atencio et al., 2022). Karotenoidy sú v dôsledku prítomnosti dvojitych väzieb vo svojom uhlíkovom reťazci náchylné na izomerizáciu (*cis*; *trans*) a oxidáciu (Provesi, Dias, Amante, 2011).

Rababah et al. (2011) zistili, že tepelné ošetrenie pri výrobe jahodových, čerešňových, marhuľových, figových a pomarančových džemov zapríčinilo výrazný úbytok celkových polyfenolov až 93 %, 88 %, 72 %, 69 %. Dôvodom môže byť zníženie celkového obsahu kyseliny elagovej a tiež narušenie bunkovej štruktúry počas spracovania.

V džemoch z čiernych ríbezlí, čučoriedok a čiernych malín sa zistila strata celkových polyfenolov 26 %, 49 % a 80 % v porovnaní s čerstvým ovocím (Savikin et al., 2009).

Obsah celkových polyfenolov v ovocných nátierkach sledovali aj Jaiswal et al. (2015). Najvyšší obsah celkových polyfenolov zistili v džeme pripravenom z plodov *Syzygium cumini* s obsahom polyfenolov (5,58 mg GAE·100 g⁻¹ ČH), potom nasledoval broskyňový džem (4,40 mg GAE·100 g⁻¹ ČH), džem zo zmiešaného ovocia (4,16 mg GAE·100 g⁻¹ ČH), mangový džem (2,56 mg GAE·100 g⁻¹ ČH) a nakoniec s najnižším obsahom ananášový džem (1,98 mg GAE·100 g⁻¹ ČH). V porovnaní s našimi výsledkami, aj pri prídavku 10 % rakytníka a driená sa zachoval v džemoch vyšší obsah polyfenolov. Môžeme potvrdiť, že v našom výskume pripravený 100% rakytníkový džem v porovnaní s džemom z plodov *Syzygium cumini* obsahuje 12,95 krát viac polyfenolov.

Z uvedených výskumov vyplýva, že tepelné spracovanie má negatívny vplyv na celkový obsah polyfenolov, pričom percentuálny úbytok kolíše v závislosti od druhu ovocia, odrody ovocia a zloženia džemu a technológie prípravy. Vysokotlaková technológia výroby džemov sa ukazuje ako sľubná náhrada tepelného spracovania, ktorá zabezpečuje mikrobiologickú bezpečnosť, ale aj zachovanie bioaktívnych zložiek potravinárskych výrobkov. Počas výskumu Sravani et al. (2017) porovnávali jahodové džemy vyrobené vysokotlakovou technológiou a konvenčnou varnou metódou. Zo zistených výsledkov vyplynulo, že džemy spracované pod tlakom 200–600 MPa v priebehu 30 minút pri teplote 50 °C mali celkový obsah fenolov v rozmedzí od 47,64 do 48,56 mg GAE·100 g⁻¹ SH, a zaznamenal sa len 9 % úbytok fenolov v porovnaní s čerstvými jahodami. Na druhej strane jahodové džemy vyrobené konvenčnou metódou obsahovali 31,19 mg GAE·100 g⁻¹ SH, čo svedčí o 40 % poklese polyfenolických zlúčenín. Výraznú degradáciu autori pozorovali aj v obsahu antokyánov, pričom džemy pripravené klasickou metódou mali o 23 % nižší obsah antokyánov.

ZÁVER

V poslednom období zaznamenáva potravinársky priemysel zvyšujúci sa dopyt po inovatívnych potravinách s pridanou hodnotou. Veľmi vhodnou surovinou na výrobu takýchto potravín je aj rakytník rešetliakový, ktorý sa vyznačuje obsahom širokého spektra bioaktívnych látok. V našej práci sme sa zamerali na výrobu rakytníkových džemov s rôznym podielom rakytníkovej šťavy. Po senzorickej stránke konzumenti najlepšie hodnotili džemy s 50% podielom rakytníkovej šťavy. Okrem základných ukazovateľov zloženia ako sú obsah rozpustnej sušiny, celkových cukrov a kyselín sme v džemoch hodnotili aj obsah celkových karotenoidov a polyfenolov a ich zmeny, ktoré nastávajú vplyvom procesu spracovania. Zistili sme, že v procese spracovania základného polotovaru, ktorým bol jablkovo-rakytníkový pretlak, nastal výrazný pokles obsahu oboch sledovaných zložiek. Pokles obsahu celkových karotenoidov bol 77,45–79,6 % a pokles obsahu celkových polyfenolov bol 79,82–83,17 %. Mierne nižšie hodnoty poklesu sme zaznamenali vo výrobkoch s vyšším podielom rakytníka.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0402.

LITERATÚRA

- Atencio, S., Verkempinck, S., Reineke, K., Hendrickx, M., Van Loey, A. (2022): Heat and Light Stability of Pumpkin-Based Carotenoids in a Photosensitive Food: A Carotenoid-Coloured Beverage. *Foods*, 11(3), 485. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods11030485>
- Belcar, J., Gorzelany, J. (2022): Feasibility of Defatted Juice from Sea-Buckthorn Berries (*Hippophae rhamnoides* L.) as a Wheat Beer Enhancer. *Molecules*, 27(12), 3916. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules27123916>.
- Brodziak, A., Król, J., Matwijczuk, A., Czernecki, T., Glibowski, P., Wlazło, Ł., Litwińczuk, A. (2021): Effect of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Mousse on Properties of Probiotic Yoghurt. *Applied Sciences*, 11(2), 545. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11020545>
- Ciesarová, Z., Murkovic, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, L., Panovská, Z., Revenco, D., Burčová, Z. (2020): Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International*, 133(1), 109170. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>
- Gätlan, A. M., Gutt, G. (2021): Sea Buckthorn in Plant Based Diets. An Analytical Approach of Sea Buckthorn Fruits Composition: Nutritional Value, Applications, and Health Benefits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 1–23. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ijerph18178986>
- Geertsen, J. L., Holm, A., Giacalone, D. (2016): Consumer – led development of novel sea –buckthorn based beverages. *Journal of Sensory Studies*, 31(3), 245–255. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/joss.12207>
- Hegedúsová, A., Mezeyová, I., Andrejiová, A. (2016): Metódy stanovenia vybraných biologicky aktívnych látok. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 75 s.
- Husain, M., Rathore, J. P., Rasool, A., Parrey, A. A., Kumar Vishwakarma, D., Mahendar, K. (2018): Seabuckthorn: A multipurpose shrubs species in Ladakh cold desert. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 1330–1337. Dostupné z: <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartR/6-1-142-518.pdf>

- Chen, A., Feng, X., Dorjsuren, B., Chimedtseren, Ch., Damda, T. A., Zhang, Ch. (2023): Traditional food, modern food and nutritional value of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): a review. *Journal of Future Foods*, 3(3), 191–205. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.02.001>
- Jaiswal, S., Patel, M., Naik, S. (2015): Physico-chemical properties of *Syzygium cuminii* (L.) Skeels jam and comparative antioxidant study with other fruit jam. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 6(1), 9–15. Dostupné z: <https://doi.org/10.56042/ijnpr.v6i1.6036>
- Komžík, M. (2021): Menej známe ovocné druhy 1. diel. Ing. Marián Komžík. 160 s.
- Lachman, J., Proněk, D., Hejtmánková, A., Dudjak, J., Pivec, V., Faitová, K. (2003): Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Horticultural Science*, 30(4), 142–147. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/3876-HORTSCI>
- Maftai, N. M., Iancu, A. V., Goroftei Bogdan, R. E., Gurau, T. V., Ramos-Villarroel, A., Pelin, A. M. (2023): A Novel Symbiotic Beverage Based on Sea Buckthorn, Soy Milk and Inulin: Production, Characterization, Probiotic Viability, and Sensory Acceptance. *Microorganisms*, 11(3), 736. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030736>
- Manso, T., Lores, M., Miguel, T. (2022): Antimicrobial Activity of Polyphenols and Natural Polyphenolic Extracts on Clinical Isolates. *Antibiotics*, 11(1), 46. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010046>
- Marszałek, K., Lipowski, J., Skapska, S. (2014): Wykorzystanie rokitnika pospolitego (*Hippophae rhamnoides* L.) do produkcji dżemów. *Przemysł fermentacyjny i owocowo-warzywny*, 3, 12–14. Dostupné z: <https://doi.org/10.15199/65.2016.6.6>
- Mei, D., Ma, X., Fu, F., Cao, F. (2023): Research Status and Development Prospects of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Resources in China. *Forests*, 14(12), 2416. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/f14122461>
- Nawaz, M. A., Khan, A., Khalid, U., Buerkert, A., Wiehle, M. (2019): Superfruit in the Niche-Underutilized Sea Buckthorn in Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Sustainability*, 11(20), 5840. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su11205840>
- Provesi, J., Dias, C., Amante, E. (2011): Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 128(1), 195–202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.027>
- Rababah, T., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., N Alhamad, M., Ereifej, K., Al-U'datt, M. (2011): Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1096–1102. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>
- Savikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Tasić, S., Menković, N., Stević, T., Dordević, B. (2009): Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certificated area in Serbia. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(3), 212–217. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0123-2>
- Sravani, V., Ravi, N., Roopa, N., Kumar, S., Pandey, A. K., Chauhan, O. P. (2017): Use of high pressure technology for the development of novel jam and its quality evaluation during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(11), 3562–3568. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2814-2>
- Stanciu, I., Ungureanu, E. L., Popa, E. E., Geicu-Cristea, M., Draghici, M., Mitelut, A. C., Mustatea, G., Popa, M. E. (2023): The Experimental Development of Bread with Enriched Nutritional Properties Using Organic Sea Buckthorn Pomace. *Applied Sciences*, 13(11), 6513. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13116513>

Terpou, A., Gialleli, A. I., Bosnea, L., Kanellaki, M., Koutinas, A. A., Castro, G. R. (2017): Novel cheese production by incorporation of sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L.) supported probiotic cells. *LWT – Food Science and Technology*, 79(1), 616–624.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.021>

Verbeyst, L., Bogaerts, R., Pancken, I., Hendrickx, M., Loey, A. (2013): Modelling of Vitamin C Degradation during Thermal and High-Pressure Treatments of Red Fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 1015–1023. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0784-y>

Wu, D., Zhihao, Y., Jiong, L., Huilin, H., Qile, X., Xingqian, Y., Donghong, L. (2024): Optimizing the Solvent Selection of the Ultrasound-Assisted Extraction of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Pomace: Phenolic Profiles and Antioxidant Activity. *Foods*, 13(8), 482.

Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13030482>

Zhang, X., Li, M., Zhu, L., Geng, Z., Liu, X., Cheng, Z., Zhao, M., Zhang, Q., Yang, X. (2023): Sea Buckthorn Pretreatment, Drying, and Processing of High-Quality Products: Current Status and Trends. *Foods*, 12(23), 4255. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods12234255>

Kontaktná adresa: doc. Ing. Andrea Mendelová, PhD., Ústav potravinárstva, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: andrea.mendelova@uniag.sk